Il presente testo è un semplice strumento di documentazione e non produce alcun effetto giuridico. Le istituzioni dell'Unione non assumono alcuna responsabilità per i suoi contenuti. Le versioni facenti fede degli atti pertinenti, compresi i loro preamboli, sono quelle pubblicate nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea e disponibili in EUR-Lex. Tali testi ufficiali sono direttamente accessibili attraverso i link inseriti nel presente documento

►**B**

REGOLAMENTO DELEGATO (UE) 2017/654 DELLA COMMISSIONE

del 19 dicembre 2016

che integra il regolamento (UE) 2016/1628 del Parlamento europeo e del Consiglio, in relazione ai requisiti tecnici e generali relativi ai limiti di emissione e all'omologazione per i motori a combustione interna destinati alle macchine mobili non stradali

(GU L 102 del 13.4.2017, pag. 1)

Modificato da:

		Gazzetta ufficiale		
		n.	pag.	data
►**M1**	Regolamento delegato (UE) 2018/236 della Commissione del 20 dicembre 2017	L 50	1	22.2.2018
►**M2**	Regolamento delegato (UE) 2018/989 della Commissione del 18 maggio 2018	L 182	61	18.7.2018
►**M3**	Regolamento delegato (UE) 2021/1398 della Commissione del 4 giugno 2021	L 299	1	24.8.2021

▼B

REGOLAMENTO DELEGATO (UE) 2017/654 DELLA COMMISSIONE

del 19 dicembre 2016

che integra il regolamento (UE) 2016/1628 del Parlamento europeo e del Consiglio, in relazione ai requisiti tecnici e generali relativi ai limiti di emissione e all'omologazione per i motori a combustione interna destinati alle macchine mobili non stradali

Articolo 1

Definizioni

Si applicano le seguenti definizioni:

1) «indice di Wobbe» o «W»: il rapporto tra il corrispondente potere calorifico di un gas per unità di volume e la radice quadrata della sua densità relativa nelle stesse condizioni di riferimento:

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

2) «fattore di spostamento λ» o «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 quando il motore è alimentato con una composizione di gas diversa dal metano puro;

3) «modalità a carburante liquido»: la normale modalità di funzionamento di un motore a doppia alimentazione durante la quale il motore non utilizza un carburante gassoso per nessuna sua condizione di funzionamento;

4) «modalità a doppia alimentazione»: la normale modalità di funzionamento di un motore a doppia alimentazione durante la quale, in determinate condizioni di funzionamento del motore, il motore usa contemporaneamente carburante liquido e carburante gassoso;

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

6) «regolatore»: un dispositivo o una strategia di controllo che regola automaticamente il regime o il carico del motore, diverso da un limitatore di velocità del tipo installato sui motori della categoria NRSh, che limita il regime massimo del motore con il solo scopo di evitare il funzionamento del motore oltre un determinato limite;

7) «temperatura ambiente»: riferito a un ambiente di laboratorio (ad es. camera di pesata dei filtri), la temperatura all'interno dell'ambiente di laboratorio specificato;

8) «strategia di base per il controllo delle emissioni» o «BECS»: una strategia di controllo delle emissioni che è attiva per tutto l'intervallo di coppia e regime ai quali funziona il motore, a condizione che non sia attivata la strategia ausiliaria di controllo delle emissioni (AECS);

▼B

9) «reagente»: qualsiasi sostanza di consumo o non recuperabile necessaria al buon funzionamento del sistema di post-trattamento e a tal fine utilizzata;

10) «strategia ausiliaria di controllo delle emissioni» o «AECS»: una strategia di controllo delle emissioni che si attiva e modifica temporaneamente una strategia di base di controllo delle emissioni (BECS) per un determinato scopo e in risposta a una serie di condizioni ambientali e/o di funzionamento specifiche e che resta attiva finché tali condizioni perdurano;

11) «buona pratica ingegneristica»: valutazioni basate su principi scientifici e tecnici generalmente accettati e sulle informazioni pertinenti disponibili;

12) «alto regime (n_{hi})»: il regime massimo del motore al quale si ottiene il 70 % della potenza massima;

13) «basso regime (n_{lo})»: il regime minimo del motore al quale si ottiene il 50 % della potenza massima;

14) «potenza massima» o «P_{max}»: la potenza massima in kW indicata dal costruttore;

15) «diluizione a flusso parziale»: il metodo di analisi dei gas di scarico in cui una parte del flusso totale di gas di scarico viene separata e successivamente miscelata con una quantità opportuna di aria di diluizione a monte del filtro di campionamento del particolato;

16) «deriva»: la differenza tra un segnale zero o di taratura e il valore rispettivo indicato da uno strumento di misurazione immediatamente dopo il suo utilizzo in una prova delle emissioni;

17) «tarare lo span»: regolare uno strumento in modo che indichi correttamente uno standard di taratura corrispondente a un valore compreso tra il 75 % e il 100 % del valore massimo dell'intervallo dello strumento o dell'intervallo d'uso previsto;

18) «gas di span»: una miscela di gas purificata utilizzata per tarare lo span negli analizzatori di gas;

19) «filtro HEPA»: filtri antiparticolato ad alta efficienza che raggiungono un'efficienza minima iniziale di rimozione del particolato del 99,97 % in base alla norma ASTM F 1471–93;

20) «taratura»: il processo di regolazione della risposta del sistema di misurazione a un segnale in entrata in modo che il risultato corrisponda a una serie di segnali di riferimento;

21) «emissioni specifiche»: le emissioni di massa espresse in g/kWh;

22) «richiesta dell'operatore»: un intervento dell'operatore per regolare la potenza del motore;

▼B

23) «regime di coppia massima»: il regime al quale si ottiene la coppia massima del motore progettata dal fabbricante;

24) «regime controllato dal motore»: la velocità di funzionamento del motore quando è controllata dal regolatore installato;

25) «emissioni del basamento aperto»: ogni flusso dal basamento del motore che viene emesso direttamente nell'ambiente;

26) «sonda»: la prima sezione del condotto di trasferimento che trasferisce il campione al componente successivo del sistema di campionamento;

27) «intervallo di prova»: il periodo di tempo in cui vengono determinate le emissioni specifiche al banco frenato;

28) «gas di zero»: un gas che produce un valore pari a zero quando immesso in un analizzatore;

29) «tarato a zero»: uno strumento che è stato regolato in modo da indicare un valore zero in risposta a uno standard di taratura zero, come l'azoto purificato o l'aria purificata;

30) «ciclo di prova stazionario non stradale a regime variabile» (di seguito denominato «NRSC a regime variabile»): un ciclo di prova stazionario non stradale diverso dal NRSC in regime costante;

31) «ciclo di prova stazionario non stradale a regime costante» (di seguito denominato «NRSC a regime costante»): uno qualsiasi dei seguenti cicli di prova in regime stazionario non stradali definiti nell'allegato IV del regolamento (UE) 2016/1628: D2, E2, G1, G2 o G3;

32) «aggiornamento-registrazione»: la frequenza a cui l'analizzatore fornisce nuovi valori attuali;

33) «gas di taratura»: una miscela purificata di gas utilizzata per tarare gli analizzatori di gas;

34) «stechiometrico»: riguardante il particolare rapporto di aria e carburante in cui, se il carburante fosse completamente ossidato, non rimarrebbe né carburante né ossigeno;

35) «dispositivo di stoccaggio»: un filtro antiparticolato, un sacchetto di campionamento o qualsiasi altro dispositivo utilizzato per il campionamento per lotti;

36) «diluizione a flusso totale»: il metodo di miscelazione del flusso dei gas di scarico con aria di diluizione prima della separazione di una parte del flusso dei gas di scarico diluiti per l'analisi;

37) «tolleranza»: l'intervallo in cui deve essere compreso il 95 % di una serie di valori registrati di una determinata quantità, mentre il restante 5 % dei valori registrati devia dall'intervallo di tolleranza;

▼B

38) «modalità di servizio»: una modalità speciale di un motore a doppia alimentazione che viene attivata a scopo di riparazione o per spostare la macchina mobile non stradale a un luogo sicuro se non è possibile il funzionamento nella modalità a doppia alimentazione.

Articolo 2

Requisiti per gli altri carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti

I carburanti di riferimento e gli altri carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti inclusi da un costruttore in una domanda di omologazione UE di cui all'articolo 25, paragrafo 2, del regolamento (UE) 2016/1628 sono conformi alle caratteristiche tecniche e sono descritti nella scheda informativa conformemente all'allegato I del presente regolamento.

Articolo 3

Disposizioni in materia di conformità della produzione

Al fine di garantire che i motori in produzione siano conformi al tipo omologato come stabilito dall'articolo 26, paragrafo 1, del regolamento (UE) 2016/1628, le autorità di omologazione prendono le misure e seguono le procedure di cui all'allegato II del presente regolamento.

▼M2

Articolo 4

Metodologia di adeguamento dei risultati delle prove delle emissioni condotte in laboratorio al fine di includere i fattori di deterioramento

I risultati delle prove delle emissioni condotte in laboratorio sono adeguati al fine di includere i fattori di deterioramento, compresi quelli legati alla misurazione del numero di particelle (PN) e ai motori alimentati a gas, di cui all'articolo 25, paragrafo 1, lettera c), del regolamento (UE) 2016/1628 conformemente alla metodologia di cui all'allegato III del presente regolamento.

▼B

Articolo 5

Requisiti relativi alle strategie di controllo delle emissioni e alle misure di controllo degli NO_X e del particolato

Le misurazioni e le prove relative alle strategie di controllo delle emissioni di cui all'articolo 25, paragrafo 3, lettera f), punto i), del regolamento (UE) 2016/1628 e alle misure di controllo degli NO_X di cui all'articolo 25, paragrafo 3, lettera f), punto ii), del medesimo regolamento, nonché le misure di controllo delle emissioni di particolato inquinante, compresa la documentazione necessaria a dimostrare tali misure, sono eseguite conformemente ai requisiti tecnici di cui all'allegato IV del presente regolamento.

▼B

Articolo 6

Misurazioni e prove relative alla superficie associata al ciclo di prova stazionario non stradale

Le misurazioni e le prove relative alla superficie di cui all'articolo 25, paragrafo 3, lettera f), punto iii), del regolamento (UE) 2016/1628 sono eseguite conformemente ai requisiti tecnici dettagliati di cui all'allegato V del presente regolamento.

Articolo 7

Condizioni e metodi per l'esecuzione delle prove

Le condizioni per l'esecuzione delle prove di cui all'articolo 25, paragrafo 3, lettere a) e b), del regolamento (UE) 2016/1628, i metodi per determinare le regolazioni di carico e velocità del motore di cui all'articolo 24 del medesimo regolamento, i metodi per tenere in considerazione le emissioni di gas dal basamento di cui all'articolo 25, paragrafo 3, lettera e), punto i), del medesimo regolamento e i metodi per determinare e tenere in considerazione la rigenerazione continua e periodica dei sistemi di post-trattamento dei gas di scarico di cui all'articolo 25, paragrafo 3, lettera e), punto ii), del medesimo regolamento sono conformi ai requisiti stabiliti nell'allegato VI, parti 5 e 6, del presente regolamento.

Articolo 8

Procedure per l'esecuzione delle prove

Le prove di cui all'articolo 25, paragrafo 3, lettera a) e lettera f), punto iv), del regolamento (UE) 2016/1628 sono eseguite in conformità alle procedure stabilite nell'allegato VI, parte 7, e nell'allegato VIII del presente regolamento.

Articolo 9

Procedure per la misurazione e il campionamento delle emissioni

La misurazione e il campionamento delle emissioni di cui all'articolo 25, paragrafo 3, lettera b), del regolamento (UE) 2016/1628 sono eseguite in conformità alle procedure stabilite nell'allegato VI, parte 8, del presente regolamento e nell'appendice 1 di tale allegato.

Articolo 10

Apparecchi per l'esecuzione delle prove, per la misurazione e il campionamento delle emissioni

Gli apparecchi per l'esecuzione delle prove di cui all'articolo 25, paragrafo 3, lettera a), del regolamento (UE) 2016/1628 e per la misurazione e il campionamento delle emissioni di cui all'articolo 25, paragrafo 3, lettera b), del medesimo regolamento sono conformi ai requisiti tecnici e alle caratteristiche stabiliti nell'allegato VI, parte 9, del presente regolamento.

▼B

Articolo 11

Metodo di valutazione dei dati e calcoli

I dati di cui all'articolo 25, paragrafo 3, lettera c), del regolamento (UE) 2016/1628 devono essere valutati e calcolati secondo i metodi stabiliti nell'allegato VII del presente regolamento.

Articolo 12

Caratteristiche tecniche dei carburanti di riferimento

I carburanti di riferimento di cui all'articolo 25, paragrafo 2, del regolamento (UE) 2016/1628 sono conformi alle caratteristiche tecniche stabilite nell'allegato IX del presente regolamento.

Articolo 13

Specifiche tecniche dettagliate e condizioni per la consegna di un motore separatamente dal suo sistema di post-trattamento dei gas di scarico

Se un costruttore consegna un motore separatamente dal suo sistema di post-trattamento dei gas di scarico a un costruttore di apparecchiature originali («OEM») nell'Unione, come previsto all'articolo 34, paragrafo 3, del regolamento (UE) 2016/1628, tale consegna è conforme alle specifiche tecniche dettagliate e alle condizioni stabilite nell'allegato X del presente regolamento.

Articolo 14

Specifiche tecniche dettagliate e condizioni per l'immissione temporanea sul mercato ai fini delle prove sul campo

L'immissione temporanea sul mercato di motori non omologati UE in conformità al regolamento (UE) 2016/1628 è autorizzata a norma dell'articolo 34, paragrafo 4, del medesimo regolamento, ai fini delle prove sul campo a condizione che tali motori siano conformi alle specifiche tecniche dettagliate e rispettino le condizioni stabilite nell'allegato XI del presente regolamento.

Articolo 15

Specifiche tecniche dettagliate e condizioni per i motori per uso speciale

L'omologazione UE di motori per uso speciale e l'autorizzazione per la loro immissione sul mercato sono accordate in conformità all'articolo 34, paragrafi 5 e 6, del regolamento (UE) 2016/1628 a condizione che siano rispettate le specifiche tecniche dettagliate e condizioni stabilite nell'allegato XII del presente regolamento.

Articolo 16

Accettazione di omologazioni equivalenti di motori

I regolamenti UNECE, o le relative modifiche, di cui all'articolo 42, paragrafo 4, lettera a) del regolamento (UE) 2016/1628 e gli atti dell'Unione di cui all'articolo 42, paragrafo 4, lettera b) del medesimo regolamento figurano nell'allegato XIII del presente regolamento.

▼B

Articolo 17

Informazioni e istruzioni destinate agli OEM

Le informazioni e istruzioni dettagliate destinate agli OEM di cui all'articolo 43, paragrafi 2, 3 e 4, del regolamento (UE) 2016/1628 figurano nell'allegato XIV del presente regolamento.

Articolo 18

Informazioni e istruzioni destinate agli utilizzatori finali

Le informazioni e istruzioni dettagliate destinate agli utilizzatori finali di cui all'articolo 43, paragrafi 3 e 4, del regolamento (UE) 2016/1628 figurano nell'allegato XV del presente regolamento.

Articolo 19

Standard di prestazione e valutazione dei servizi tecnici

1. I servizi tecnici si conformano agli standard di prestazione stabiliti nell'allegato XVI del presente regolamento.

2. Le autorità di omologazione valutano i servizi tecnici secondo le procedure stabilite nell'allegato XVI del presente regolamento.

Articolo 20

Caratteristiche dei cicli di prova stazionari e transitori

I cicli di prova stazionari e transitori di cui all'articolo 24 del regolamento (UE) 2016/1628 sono conformi alle caratteristiche stabilite nell'allegato XVII del presente regolamento.

▼M2

Articolo 20 bis

Disposizioni transitorie

1. Fatta salva l'applicazione delle disposizioni del presente regolamento, come modificato dal regolamento delegato (UE) 2018/989 della Commissione, fino al 31 dicembre 2018 le autorità di omologazione continuano inoltre a rilasciare omologazioni UE a tipi di motori o a famiglie di motori in conformità al presente regolamento, nella sua versione applicabile al 6 agosto 2018.

2. Fatta salva l'applicazione delle disposizioni del presente regolamento, come modificato dal regolamento delegato (UE) 2018/989 della Commissione, fino al 30 giugno 2019 gli Stati membri autorizzano inoltre l'immissione sul mercato di motori basati su un tipo di motore omologato in conformità al presente regolamento, nella sua versione applicabile al 6 agosto 2018.

▼M3

3. Restano valide le omologazioni UE di un tipo di motore o di una famiglia di motori omologati in conformità al regolamento delegato (UE) 2017/654 prima del 24 agosto 2021.

▼B

Articolo 21

Entrata in vigore e applicazione

Il presente regolamento entra in vigore il ventesimo giorno successivo alla pubblicazione nella *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*.

Il presente regolamento è obbligatorio in tutti i suoi elementi e direttamente applicabile in ciascuno degli Stati membri.

▼B

ALLEGATI

Numero dell'allegato	Titolo dell'allegato	Pagina
I	Requisiti per gli altri carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti	
II	Disposizioni in materia di conformità della produzione	
III	Metodologia di adeguamento dei risultati delle prove delle emissioni eseguite in laboratorio al fine di includere i fattori di deterioramento	
IV	Requisiti relativi alle strategie di controllo delle emissioni e alle misure di controllo degli NO_x e del particolato	
V	Misurazioni e prove relative alla superficie associata al ciclo di prova stazionario non stradale	
VI	Condizioni, metodi, procedure e apparecchi per l'esecuzione delle prove, per la misurazione delle emissioni e il campionamento	
VII	Metodo per la valutazione dei dati e calcoli	
VIII	Requisiti di prestazione e procedure di prova per i motori a doppia alimentazione	
IX	Caratteristiche tecniche dei carburanti di riferimento	
X	Specifiche tecniche dettagliate e condizioni per la consegna di un motore separatamente dal suo sistema di post-trattamento dei gas di scarico	
XI	Specifiche tecniche dettagliate e condizioni per l'immissione temporanea sul mercato ai fini delle prove sul campo	
XII	Specifiche tecniche dettagliate e condizioni per i motori per uso speciale	
XIII	Accettazione di omologazioni equivalenti di motori	
XIV	Informazioni e istruzioni destinate agli OEM	
XV	Informazioni e istruzioni destinate agli utilizzatori finali	
XVI	Standard di prestazione e valutazione dei servizi tecnici	
XVII	Caratteristiche dei cicli di prova stazionari e transitori	

▼B

ALLEGATO I

Requisiti per gli altri carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti

1. **Requisiti per i motori alimentati a combustibili liquidi**

1.1. Nel presentare domanda di omologazione UE i costruttori hanno la possibilità di selezionare una delle seguenti opzioni per quanto riguarda la gamma di carburanti con cui il motore può funzionare:

a) motore funzionante con la normale gamma di carburanti, in conformità ai requisiti di cui al punto 1.2; oppure

b) motore funzionante con un carburante specifico, in conformità ai requisiti di cui al punto 1.3;

1.2. Requisiti per i motori funzionanti con la normale gamma di carburanti (diesel, benzina)

Un motore funzionante con la normale gamma di carburanti deve soddisfare i requisiti di cui ai punti da 1.2.1 a 1.2.4.

1.2.1. Se funziona con i carburanti di riferimento specificati all'allegato IX, punti 1.1 o 2.1, il motore capostipite deve rispettare i valori limite applicabili di cui all'allegato II del regolamento (UE) n. 2016/1628 e soddisfare i requisiti di cui al presente regolamento.

▼M2

1.2.2. Poiché la direttiva 98/70/CE del Parlamento europeo e del Consiglio ([1]) non prevede una norma del Comitato europeo di normazione («norma CEN») per il gasolio destinato alle macchine non stradali o una tabella delle proprietà del carburante per il gasolio destinato alle macchine non stradali, il carburante di riferimento per il diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali) indicato nell'allegato IX deve rappresentare un gasolio destinato alle macchine non stradali disponibile in commercio con tenore di zolfo non superiore a 10 mg/kg, numero di cetano non inferiore a 45 e tenore di estere metilico di acidi grassi («FAME») non superiore a 8,0 % v/v. Se non altrimenti disposto in conformità ai punti 1.2.2.1, 1.2.3 e 1.2.4, il costruttore deve rilasciare all'utilizzatore finale una corrispondente dichiarazione conforme ai requisiti di cui all'allegato XV secondo cui il funzionamento del motore con gasolio destinato alle macchine non stradali è limitato ai carburanti con tenore di zolfo non superiore a 10 mg/kg (20 mg/kg al punto di distribuzione finale), numero di cetano non inferiore a 45 e tenore di FAME non superiore a 8,0 % v/v. Il costruttore può, facoltativamente, specificare altri parametri (ad esempio potere lubrificante).

▼B

1.2.2.1. ►M2 Se non soddisfa anche il requisito di cui al punto 1.2.3, il costruttore del motore non può indicare in alcun momento che un tipo di motore o una famiglia di motori può funzionare all'interno dell'Unione con carburanti disponibili in commercio diversi da quelli che soddisfano i requisiti di cui al presente punto, ovvero: ◄

a) per la benzina, la direttiva 98/70/CE o la norma CEN EN 228:2012. È ammessa l'aggiunta di olio lubrificante conformemente alle specifiche del costruttore;

b) per il diesel (diverso dal gasolio destinato alle macchine non stradali), la direttiva 98/70/CE del Parlamento europeo e del Consiglio o la norma CEN EN 590:2013;

([1]) Direttiva 98/70/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 13 ottobre 1998, relativa alla qualità della benzina e del combustibile diesel e recante modificazione della direttiva 93/12/CEE del Consiglio (GU L 350 del 28.12.1998, pag. 58).

▼M2

c) per il diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali), la direttiva 98/70/CE combinata a un numero di cetano non inferiore a 45 e un tenore di FAME non superiore a 8,0 % v/v.

▼B

1.2.3. Se il costruttore permette il funzionamento di un motore con carburanti disponibili in commercio diversi da quelli identificati al punto 1.2.2, come ad es. B100 (EN 14214:2012 + A1:2014), B20 o B30 (EN 16709:2015), o con altri carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti, oltre a soddisfare i requisiti di cui al punto 1.2.2.1 egli deve inoltre:

a) dichiarare, nella scheda informativa prevista dal regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi ([1]), le specifiche relative ai carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti disponibili sul mercato con i quali il motore è in grado di funzionare;

b) dimostrare la capacità del motore capostipite di soddisfare i requisiti del presente regolamento per quanto concerne i carburanti, le miscele di carburanti o le emulsioni di carburanti dichiarati;

c) essere responsabile di soddisfare i requisiti del monitoraggio in servizio specificati nel regolamento delegato (UE) 2017/655 della Commissione sul controllo delle emissioni dei motori in servizio ([2]) per quanto concerne i carburanti, le miscele di carburanti o le emulsioni di carburanti dichiarati, compresi i composti di carburanti, miscele ed emulsioni e i carburanti disponibili in commercio identificati al punto 1.2.2.1.

1.2.4. Per i motori ad accensione comandata il rapporto della miscela carburante/olio deve corrispondere a quello raccomandato dal costruttore. La percentuale di olio contenuta nella miscela carburante/lubrificante deve essere registrata nella scheda informativa prevista dal regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi.

1.3. Requisiti per i motori funzionanti con un carburante specifico (ED 95 o E 85)

Un motore funzionante con un carburante specifico (ED 95 o E 85) deve soddisfare i requisiti di cui ai punti 1.3.1 e 1.3.2.

1.3.1. ED 95: se funziona con il carburante di riferimento specificato nell'allegato IX, punto 1.2, il motore capostipite deve rispettare i valori limite applicabili di cui all'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628 e soddisfare i requisiti di cui al presente regolamento.

1.3.2. E 85: se funziona con il carburante di riferimento specificato nell'allegato IX, punto 2.2, il motore capostipite deve rispettare i valori limite applicabili di cui all'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628 e soddisfare i requisiti di cui al presente regolamento.

([1]) Regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 della Commissione, del 19 dicembre 2016, che stabilisce i requisiti amministrativi relativi ai limiti di emissione e all"omologazione di motori a combustione interna destinati alle macchine mobili non stradali in conformità al regolamento (UE) 2016/1628 del Parlamento europeo e del Consiglio (cfr. pagina 364 della presente Gazzetta ufficiale).

([2]) Regolamento delegato (UE) 2017/655 della Commissione, del 19 dicembre 2016, che integra il regolamento (UE) 2016/1628 del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda il monitoraggio delle emissioni di inquinanti gassosi da motori a combustione interna in servizio installati su macchine mobili non stradali (cfr. pagina 334 della presente Gazzetta ufficiale).

▼B

2. **Requisiti per i motori alimentati a gas naturale/biometano (NG) o a gas di petrolio liquefatto (GPL), compresi i motori a doppia alimentazione**

2.1. Nel presentare domanda di omologazione UE i costruttori hanno la possibilità di selezionare una delle seguenti opzioni per quanto riguarda la gamma di carburanti con cui il motore può funzionare:

a) motore funzionante con la gamma universale di carburanti, in conformità ai requisiti di cui al punto 2.3;

b) motore funzionante con una gamma limitata di carburanti, in conformità ai requisiti di cui al punto 2.4;

c) motore funzionante con un carburante specifico, in conformità ai requisiti di cui al punto 2.5;

2.2. Le tabelle che sintetizzano i requisiti per l'omologazione UE di motori alimentati a gas naturale/biometano, di motori alimentati a GPL e di motori a doppia alimentazione figurano nell'appendice 1.

2.3. Requisiti per i motori funzionanti con la gamma universale di carburanti

2.3.1. Per i motori alimentati a gas naturale/biometano, compresi i motori a doppia alimentazione, il costruttore deve dimostrare che il motore capostipite è in grado di adattarsi a qualsiasi composizione di gas naturale/biometano possibilmente reperibile in commercio. Tale dimostrazione deve aver luogo conformemente a quanto previsto nella parte 2 e, nel caso di motori a doppia alimentazione, anche alle ulteriori disposizioni relative alla procedura di adattamento al carburante di cui all'allegato VIII, punto 6.4.

2.3.1.1. Per i motori alimentati a gas naturale/biometano compresso (GNC) esistono in generale due tipi di carburante, uno ad alto potere calorifico (gas H) e uno a basso potere calorifico (gas L), ma con una significativa dispersione in tutti e due i gruppi; essi differiscono in modo significativo per quanto riguarda il contenuto energetico espresso dall'indice di Wobbe e il loro fattore di spostamento λ (S_λ). 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 come 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 come appartenenti al gruppo L. La composizione dei carburanti di riferimento riflette le estreme variazioni di tali parametri.

Il motore capostipite deve soddisfare i requisiti del presente regolamento per i carburanti di riferimento G_R (carburante 1) e G_{25} (carburante 2), come specificati nell'allegato IX, oppure per i carburanti equivalenti creati usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come specificato nell'allegato IX, appendice 1, senza alcun aggiustamento manuale al sistema di alimentazione del motore tra le due prove (è richiesta l'autoregolazione). Dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento. Tale periodo di adattamento consiste nell'esecuzione del precondizionamento per le seguenti prove delle emissioni conformemente al rispettivo ciclo di prova. Per i motori sottoposti a prova con ciclo stazionario non stradale («NRSC»), in cui il ciclo di precondizionamento non è sufficiente a mettere il motore in condizione di autoregolarsi al carburante, è ammessa l'esecuzione di un periodo di adattamento alternativo specificato dal costruttore prima del precondizionamento del motore.

2.3.1.1.1. Il costruttore può sottoporre a prova il motore con un terzo carburante (carburante 3) se il fattore di spostamento λ (S_λ) è compreso tra 0,89 (ossia il gruppo inferiore del G_R) e 1,19 (ossia il gruppo superiore del G_{25}), per esempio se il carburante 3 è un carburante disponibile in commercio. I risultati di questa prova possono essere utilizzati come base per la valutazione della conformità della produzione.

▼B

2.3.1.2. Per i motori alimentati a gas naturale/biometano liquefatto (GNL), il motore capostipite deve soddisfare i requisiti del presente regolamento per i carburanti di riferimento G_R (carburante 1) e G_{20} (carburante 2), come specificati nell'allegato IX, oppure per i carburanti equivalenti creati usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come specificato nell'allegato IX, appendice 1, senza alcun aggiustamento manuale al sistema di alimentazione del motore tra le due prove (è richiesta l'autoregolazione). Dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento. Tale periodo di adattamento consiste nell'esecuzione del precondizionamento per le seguenti prove delle emissioni conformemente al rispettivo ciclo di prova. Per i motori sottoposti a prova con ciclo NRSC, in cui il ciclo di precondizionamento non è sufficiente a mettere il motore in condizione di autoregolarsi al carburante, è ammessa l'esecuzione di un periodo di adattamento alternativo specificato dal costruttore prima del precondizionamento del motore.

2.3.2. Per i motori alimentati a gas naturale/biometano compresso (GNC) autoregolabili al gruppo dei gas H da una parte e al gruppo dei gas L dall'altra, e che commutano tra il gruppo H e il gruppo L mediante commutatore, il motore capostipite deve essere sottoposto a prova con il carburante di riferimento pertinente specificato nell'allegato IX per ciascun gruppo, con il commutatore su ciascuna posizione. I carburanti sono G_R (carburante 1) e G_{23} (carburante 3) per il gruppo dei gas H e G_{25} (carburante 2) e G_{23} (carburante 3) per il gruppo dei gas L oppure i carburanti equivalenti creati usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come specificato nell'allegato IX, appendice 1. Il motore capostipite deve soddisfare i requisiti del presente regolamento in entrambe le posizioni del commutatore, senza alcun aggiustamento al cambio di carburante tra le due prove in ciascuna posizione del commutatore. Dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento. Tale periodo di adattamento consiste nell'esecuzione del precondizionamento per le seguenti prove delle emissioni conformemente al rispettivo ciclo di prova. Per i motori sottoposti a prova con ciclo NRSC, in cui il ciclo di precondizionamento non è sufficiente a mettere il motore in condizione di autoregolarsi al carburante, è ammessa l'esecuzione di un periodo di adattamento alternativo specificato dal costruttore prima del precondizionamento del motore.

2.3.2.1. Il costruttore può sottoporre a prova il motore con un terzo carburante (carburante 3) al posto del carburante G_{23} se il fattore di spostamento λ (S_λ) è compreso tra 0,89 (ossia il gruppo inferiore del G_R) e 1,19 (ossia il gruppo superiore del G_{25}), per esempio se il carburante 3 è un carburante disponibile in commercio. I risultati di questa prova possono essere utilizzati come base per la valutazione della conformità della produzione.

2.3.3. Per i motori alimentati a gas naturale/biometano, il rapporto dei risultati delle emissioni «r» si determina come segue per ciascun inquinante:

$$r = \frac{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento 2}}{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento 1}}$$

oppure

$$r_a = \frac{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento 2}}{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento 3}}$$

nonché

$$r_b = \frac{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento 1}}{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento 3}}$$

▼B

2.3.4. Per i motori alimentati a GPL il costruttore deve dimostrare che il motore capostipite è in grado di adattarsi a qualsiasi composizione di carburante possibilmente reperibile in commercio.

Per i motori alimentati a GPL vi sono variazioni della composizione C_3/C_4 che si riflettono sui carburanti di riferimento. Il motore capostipite deve soddisfare i requisiti di emissione per i carburanti di riferimento A e B specificati nell'allegato IX, senza alcun aggiustamento al cambio di carburante tra le due prove. Dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento. Tale periodo di adattamento consiste nell'esecuzione del precondizionamento per le seguenti prove delle emissioni conformemente al rispettivo ciclo di prova. Per i motori sottoposti a prova con ciclo NRSC, in cui il ciclo di precondizionamento non è sufficiente a mettere il motore in condizione di autoregolarsi al carburante, è ammessa l'esecuzione di un periodo di adattamento alternativo specificato dal costruttore prima del precondizionamento del motore.

2.3.4.1. Il rapporto dei risultati delle emissioni «r» si determina come segue per ciascun inquinante:

$$r = \frac{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento B}}{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento A}}$$

2.4. Requisiti per i motori funzionanti con una gamma limitata di carburanti

Un motore funzionante con una gamma limitata di carburanti deve soddisfare i requisiti di cui ai punti da 2.4.1 a 2.4.3.

▼M2

2.4.1. Motori alimentati a GNC e progettati per funzionare con i gas del gruppo H o con i gas del gruppo L.

▼B

2.4.1.1. Il motore capostipite deve essere sottoposto a prova con il carburante di riferimento pertinente come specificato nell'allegato IX per il gruppo corrispondente. I carburanti sono G_R (carburante 1) e G_{23} (carburante 3) per il gruppo di gas H e G_{25} (carburante 2) e G_{23} (carburante 3) per il gruppo di gas L oppure i carburanti equivalenti creati usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come specificato nell'allegato IX, appendice 1. Il motore capostipite deve soddisfare i requisiti del presente regolamento, senza alcun aggiustamento al cambio di carburante tra le due prove. Dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento. Tale periodo di adattamento consiste nell'esecuzione del precondizionamento per le seguenti prove delle emissioni conformemente al rispettivo ciclo di prova. Per i motori sottoposti a prova con ciclo NRSC, in cui il ciclo di precondizionamento non è sufficiente a mettere il motore in condizione di autoregolarsi al carburante, è ammessa l'esecuzione di un periodo di adattamento alternativo specificato dal costruttore prima del precondizionamento del motore.

2.4.1.2. Il costruttore può sottoporre a prova il motore con un terzo carburante (carburante 3) al posto del carburante G_{23} se il fattore di spostamento λ (S_λ) è compreso tra 0,89 (ossia il gruppo inferiore del G_R) e 1,19 (ossia il gruppo superiore del G_{25}), per esempio se il carburante 3 è un carburante disponibile in commercio. I risultati di questa prova possono essere utilizzati come base per la valutazione della conformità della produzione.

▼B

2.4.1.3. Il rapporto dei risultati delle emissioni «r» si determina come segue per ciascun inquinante:

$$r = \frac{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento 2}}{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento 1}}$$

Oppure

$$r_a = \frac{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento 2}}{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento 3}}$$

nonché

$$r_b = \frac{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento 1}}{\text{risultato emissioni del carburante di riferimento 3}}$$

▼M2

_____

▼B

2.4.2. Per i motori alimentati a gas naturale o GPL e progettati per funzionare con una composizione specifica di carburante.

2.4.2.1. Il motore capostipite deve soddisfare: nel caso del GNC i requisiti per le emissioni dei carburanti di riferimento G_R e G_{25} o dei carburanti equivalenti creati usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come specificato nell'allegato IX, appendice 1; nel caso del GNL i requisiti per le emissioni dei carburanti di riferimento G_R e G_{20} o dei carburanti equivalenti creati usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come specificato nell'allegato IX, appendice 2; oppure nel caso del GPL i requisiti per i carburanti di riferimento A e B come specificato nell'allegato IX. Tra una prova e l'altra è ammessa la regolazione del sistema di alimentazione. Tale regolazione consiste in una ritaratura della banca dati del sistema di alimentazione, senza alcuna modifica nella strategia di controllo o nella struttura fondamentale di tale banca dati. Se necessario, è permessa la sostituzione di parti direttamente correlate con la portata di carburante (come gli ugelli dell'iniettore).

2.4.2.2. Per i motori alimentati a GNC il costruttore può sottoporre a prova il motore con i carburanti di riferimento G_R e G_{23}, o con i carburanti di riferimento G_{25} e G_{23}, oppure con i carburanti equivalenti creati usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come specificato nell'allegato IX, appendice 1, nel qual caso l'omologazione UE è valida, rispettivamente, solo per il gruppo di gas H o solo per il gruppo di gas L.

2.4.2.3. Alla consegna al cliente il motore deve recare la targhetta specificata nell'allegato III del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi indicante la composizione del carburante per la quale il motore è stato tarato.

2.5. Requisiti per i motori funzionanti con un carburante specifico alimentati a gas naturale/biometano liquefatto (GNL)

I motori funzionanti con un carburante specifico alimentati a gas naturale/biometano liquefatto devono soddisfare i requisiti specificati ai punti 2.5.1 e 2.5.2.

2.5.1. Motori funzionanti con un carburante specifico alimentati a gas naturale/biometano liquefatto (GNL)

▼B

2.5.1.1. Il motore deve essere tarato per una composizione specifica di gas GNL, tale che il fattore di spostamento λ non si discosti di oltre il 3 % dal fattore di spostamento λ del carburante G_{20} di cui all'allegato IX, e se il suo tenore di etano non supera l'1,5 %.

2.5.1.2. Se non sono soddisfatti i requisiti di cui al punto 2.5.1.1, il costruttore deve presentare la richiesta per un motore funzionante con la gamma universale dei carburanti, conformemente alle prescrizioni del punto 2.1.3.2.

▼M2

2.5.2. Motori a doppia alimentazione funzionanti con un carburante specifico alimentati a Gas Naturale Liquefatto (GNL)

2.5.2.1. In una famiglia di motori a doppia alimentazione i cui motori sono tarati per una composizione specifica di gas GNL, tale che il fattore di spostamento λ non si discosti di oltre il 3 % dal fattore di spostamento λ del carburante G_{20} specificato nell'allegato IX, e il cui tenore di etano non superi l'1,5 %, il motore capostipite deve essere sottoposto a prova soltanto con il carburante gassoso di riferimento G_{20} o con il carburante equivalente creato usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come specificato nell'allegato IX, appendice 1.

▼B

2.6. Omologazione UE del membro di una famiglia di motori

2.6.1. Con l'eccezione del caso citato al punto 2.6.2, l'omologazione UE di un motore capostipite viene estesa a tutti i membri 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 2.5) o lo stesso gruppo di carburanti (nel caso dei motori descritti ai punti 2.3 o 2.4) per cui il motore capostipite ha ottenuto l'omologazione UE.

▼M3

2.6.2. Se ritiene che, per quanto riguarda il motore capostipite selezionato, la domanda trasmessa non sia pienamente rappresentativa della famiglia di motori definita nell'allegato IX del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656, l'autorità di omologazione può selezionare e sottoporre a prova un motore di riferimento alternativo e, se necessario, un ulteriore motore di riferimento.

▼B

2.7. Requisiti aggiuntivi per i motori a doppia alimentazione

Per ottenere l'omologazione UE di un tipo di motore o di una famiglia di motori a doppia alimentazione, il costruttore deve:

a) eseguire le prove indicate nell'appendice 1, tabella 1.3;

b) oltre ai requisiti di cui alla parte 2, dimostrare che i motori a doppia alimentazione sono stati sottoposti alle prove e soddisfano i requisiti stabiliti nell'allegato VIII.

▼B

Appendice 1

Riepilogo del processo di omologazione per motori alimentati a gas naturale e GPL, compresi i motori a doppia alimentazione

Le tabelle 1.1, 1.2 e 1.3 riportano un riepilogo del processo di omologazione per i motori alimentati a gas naturale e GPL e del numero minimo di prove necessarie per l'omologazione dei motori a doppia alimentazione.

Tabella 1.1

Omologazione UE dei motori alimentati a gas naturale

	Punto 2.3: Requisiti per i motori funzionanti con la gamma universale di carburanti	Numero di prove	Calcolo di «r»	Punto 2.4: Requisiti per i motori funzionanti con una gamma limitata di carburanti	Numero di prove	Calcolo di «r»
Riferirsi al punto 2.3.1. Motore a gas naturale adattabile a qualsiasi composizione di carburante	G_R (1) e G_{25} (2) Su richiesta del costruttore, il motore può essere sottoposto a prova con un terzo carburante disponibile in commercio (3), se S_l = 0,89 — 1,19	2 (max. 3)	$r = \frac{\text{fuel 2}(G_{25})}{\text{fuel 1}(G_R)}$ e, se provato con un terzo carburante: $r_a = \frac{\text{fuel 2}(G_{25})}{\text{fuel 3(market fuel)}}$ e $r_b = \frac{\text{fuel 1}(G_R)}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$			
Riferirsi al punto 2.3.2. Motore a gas naturale in grado di autoregolarsi tramite un commutatore	G_R (1) e G_{23} (3) per H e G_{25} (2) e G_{23} (3) per L Su richiesta del costruttore, il motore può essere provato con un carburante disponibile in commercio (3) diverso da G_{23}, se S_l = 0,89 — 1,19	2 per la gamma H e 2 per la gamma L; nella rispettiva posizione del commutatore	$r_b = \frac{\text{fuel 1}(G_R)}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$ e $r_a = \frac{\text{fuel 2}(G_{25})}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$			
Riferirsi al punto 2.4.1. motore a gas naturale predisposto per funzionare con gas della gamma H o gas della gamma L				G_R (1) e G_{23} (3) per H o G_{25} (2) e G_{23} (3) per L Su richiesta del costruttore, il motore può essere provato con un carburante disponibile in commercio (3) diverso da G_{23}, se S_l = 0,89 — 1,19	2 per la gamma H o 2 per la gamma L2	$r_b = \frac{\text{fuel 1}(G_R)}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$ per la gamma H o $r_a = \frac{\text{fuel 2}(G_{25})}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$ per la gamma L

▼B

	Punto 2.3: Requisiti per i motori funzionanti con la gamma universale di carburanti	Numero di prove	Calcolo di «r»	Punto 2.4: Requisiti per i motori funzionanti con una gamma limitata di carburanti	Numero di prove	Calcolo di «r»
Riferirsi al punto 2.4.2. Motore a gas naturale predisposto per funzionare con una specifica composizione di carburante				G_R (1) e G_{25} (2), è ammessa la regolazione tra una prova e l'altra. Su richiesta del costruttore il motore può essere provato con: G_R (1) e G_{23} (3) per H o G_{25} (2) e G_{23} (3) per L	2 2 per la gamma H o 2 per la gamma L	

Tabella 1.2

Omologazione UE dei motori alimentati a GPL

	Punto 2.3: Requisiti per i motori funzionanti con la gamma universale di carburanti	Numero di prove	Calcolo di «r»	Punto 2.4: Requisiti per i motori funzionanti con una gamma limitata di carburanti	Numero di prove	Calcolo di «r»
Riferirsi al punto 2.3.4. Motore a GPL adattabile a qualsiasi composizione di carburante	carburante A e carburante B	2	$r = \frac{\text{fuel B}}{\text{fuel A}}$			
Riferirsi al punto 2.4.2. Motore GPL predisposto per funzionare con una specifica composizione di carburante				Carburante A e carburante B, la regolazione è ammessa tra una prova e l'altra	2	

Tabella 1.3

Numero minimo di prove necessarie per l'omologazione UE dei motori a doppia alimentazione

Tipo di doppia alimentazione	Modalità a carburante liquido	Modalità a doppia alimentazione			
		GNC	GNL	GNL_{20}	GPL
1A		Universale o limitata (2 prove)	Universale (2 prove)	Specifica per il carburante (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)
1B	Universale (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)	Universale (2 prove)	Specifica per il carburante (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)

▼B

Tipo di doppia alimentazione	Modalità a carburante liquido	Modalità a doppia alimentazione			
		GNC	GNL	GNL_{20}	GPL
2A		Universale o limitata (2 prove)	Universale (2 prove)	Specifica per il carburante (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)
2B	Universale (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)	Universale (2 prove)	Specifica per il carburante (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)
3B	Universale (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)	Universale (2 prove)	Specifica per il carburante (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)

▼B

ALLEGATO II

Disposizioni in materia di conformità della produzione

1. **Definizioni**

Ai fini del presente allegato si applicano le seguenti definizioni:

1.1. «sistema di gestione della qualità»: serie di elementi tra loro correlati o interagenti di cui si servono le organizzazioni per orientare e controllare il modo in cui vengono attuate le politiche di qualità e vengono conseguiti gli obiettivi di qualità;

1.2. «audit»: processo di raccolta di prove usato per valutare l'efficienza nell'applicazione dei criteri di audit; un audit deve essere oggettivo, imparziale e indipendente e il processo che lo accompagna deve essere sistematico e documentato;

1.3. «misure correttive»: processo di risoluzione dei problemi con conseguente adozione di misure per eliminare le cause di una non conformità o di una situazione indesiderabile, nonché volto a evitare che dette circostanze si ripetano;

2. **Scopo**

2.1. La conformità della disposizioni di produzione mira a garantire che il motore sia conforme alle specifiche e ai requisiti di prestazione e di marcatura del tipo di motore omologato o della famiglia di motori omologata.

2.2. Le procedure comprendono, intrinsecamente, la valutazione dei sistemi di gestione della qualità (vale a dire la «valutazione iniziale» definita nella parte 3) e le verifiche e i controlli legati alla produzione (vale a dire le «disposizioni relative alla conformità del prodotto» definite nella parte 4).

3. **Valutazione iniziale**

3.1. Prima di rilasciare l'omologazione UE, l'autorità di omologazione deve verificare l'esistenza di sufficienti disposizioni e procedure stabilite dal costruttore che garantiscano un efficace controllo finalizzato a garantire che i motori in produzione siano conformi al tipo omologato o alla famiglia omologata.

3.2. Alla valutazione iniziale si applicano gli orientamenti per gli audit dei sistemi di gestione della qualità e/o dell'ambiente di cui alla norma EN ISO 19011:2011.

3.3. L'autorità di omologazione deve dirsi soddisfatta della valutazione iniziale e delle disposizioni in materia di conformità del prodotto di cui alla parte 4 tenendo conto, ove necessario, di una delle disposizioni di cui ai punti da 3.3.1 a 3.3.3 o, se del caso, di una combinazione di tutte le suddette disposizioni o alcune di esse.

3.3.1. La valutazione iniziale e/o la verifica delle disposizioni relative alla conformità del prodotto devono essere eseguite dall'autorità che rilascia l'omologazione o da un organismo designato che agisce per conto di tale autorità.

3.3.1.1. Per stabilire l'entità della valutazione iniziale da eseguire, l'autorità di omologazione può tener conto dei dati disponibili in merito alla certificazione del costruttore che non è stata accettata a norma del punto 3.3.3.

▼M2

3.3.2. La valutazione iniziale e la verifica delle disposizioni relative alla conformità dei prodotti possono essere eseguite anche in collaborazione con l'autorità di omologazione di un altro Stato membro o con l'organismo designato a tal fine da tale autorità.

▼B

3.3.2.1. In tal caso l'autorità competente dell'altro Stato membro redige una dichiarazione di conformità indicando le aree e gli impianti di produzione considerati che riguardano i motori cui conferire l'omologazione UE.

3.3.2.2. Quando riceve una domanda di dichiarazione di conformità dall'autorità competente di uno Stato membro che rilascia l'omologazione UE, l'autorità competente dell'altro Stato membro invia senza indugio la dichiarazione di conformità oppure comunica di non essere in grado di fornire tale dichiarazione.

3.3.2.3. Nella dichiarazione di conformità devono figurare almeno i seguenti dati:

3.3.2.3.1. gruppo o impresa (ad es. Automobili XYZ);

3.3.2.3.2. organismo particolare (ad es: divisione europea);

3.3.2.3.3. fabbrica/officina (ad es. officina motori 1 (Regno Unito) — officina motori 2 (Germania));

3.3.2.3.4. tipi di motore/comprese le famiglie

3.3.2.3.5. ambiti sottoposti a verifica (ad es. assemblaggio del motore, prove al motore, post-trattamento)

3.3.2.3.6. documenti esaminati (ad es. manuale e procedure di garanzia della qualità dell'impresa e dell'officina);

3.3.2.3.7. data della valutazione (ad es. audit eseguito dal 18 al 30.5.2013)

3.3.2.3.8. visita di controllo prevista (ad es. ottobre 2014).

3.3.3. L'autorità di omologazione deve inoltre accettare la certificazione adeguata del costruttore relativamente alla norma armonizzata EN ISO 9001:2008 oppure a una norma armonizzata equivalente che soddisfa i requisiti relativi alla valutazione iniziale di cui al punto 3.3. Il costruttore deve inoltre fornire i dettagli della certificazione e informare l'autorità che rilascia l'omologazione di qualsiasi revisione della sua validità o del campo di applicazione.

4. **Disposizioni relative alla conformità del prodotto**

4.1. Tutti i motori omologati UE a norma del regolamento (UE) 2016/1628, di questo regolamento delegato, del regolamento delegato (UE) 2017/655 e del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 devono essere costruiti in conformità al tipo di motore omologato o alla famiglia di motori omologata e devono soddisfare i requisiti del presente allegato, del regolamento (UE) 2016/1628 e dei summenzionati regolamenti delegati e di esecuzione.

4.2. Prima di rilasciare un'omologazione UE a norma del regolamento (UE) 2016/1628 e degli atti delegati e di esecuzione adottati a norma di tale regolamento, l'autorità di omologazione deve verificare l'esistenza di disposizioni adeguate e di piani di controllo documentati, da concordare con il costruttore per ogni omologazione, e condurre a scadenze specificate le prove o i controlli ad esse associati necessari a verificare la continuità della conformità al tipo di motore omologato o alla famiglia di motori omologata, comprese, se del caso, le prove specificate nel regolamento (UE) 2016/1628 e negli atti delegati e di esecuzione adottati a norma di tale regolamento.

▼B

4.3. Il titolare dell'omologazione EU deve:

4.3.1. garantire l'esistenza e l'applicazione di procedure per un efficace controllo della conformità dei motori al tipo di motore omologato o alla famiglia di motori omologata;

4.3.2. avere accesso alle apparecchiature di prova o di altro genere, necessarie per verificare la conformità a ciascun tipo di motore omologato o famiglia di motori omologata;

4.3.3. accertarsi che i risultati delle prove o dei controlli siano registrati e i documenti allegati siano tenuti a disposizione per un periodo massimo di 10 anni da concordare con l'autorità di omologazione;

4.3.4. per i motori delle categorie NRSh e NRS, tranne che per i motori NRS-v-2b e NRS-v-3, accertarsi che per ciascun tipo di motore siano condotti almeno i controlli e le prove prescritti dal regolamento (UE) 2016/1628 e dagli atti delegati e di esecuzione adottati a norma di tale regolamento. Per le altre categorie il costruttore e l'autorità di omologazione possono concordare prove a livello di componente o assemblaggio di componenti con criteri adeguati;

4.3.5. analizzare i risultati di ciascun tipo di prova o controllo per verificare e assicurare la stabilità delle caratteristiche del prodotto, tenuto conto delle variazioni ammissibili della produzione industriale;

4.3.6. assicurare che eventuali serie di campioni o elementi destinati alla prova che presentano una non conformità per il tipo di prova in questione diano luogo a un ulteriore campionamento e a un'ulteriore prova o controllo.

4.4. Qualora l'autorità di omologazione ritenga che i risultati degli audit o controlli ulteriori di cui al punto 4.3.6 non siano soddisfacenti, il costruttore deve garantire il repentino ripristino della conformità della produzione tramite misure correttive ritenute soddisfacenti dalla medesima autorità di omologazione.

5. **Disposizioni relative alla verifica continua**

5.1. L'autorità che ha rilasciato l'omologazione UE può verificare in qualsiasi momento i metodi di controllo della conformità della produzione applicati in ciascun impianto di produzione mediante audit periodici. A tal fine, il costruttore deve consentire l'accesso ai locali di produzione, ispezione, prova, immagazzinamento e distribuzione e fornire tutte le informazioni necessarie per quanto concerne la documentazione del sistema di gestione della qualità e i relativi verbali.

5.1.1. Il normale approccio per lo svolgimento di tali audit periodici consiste nel controllare la costante efficacia delle procedure di cui alle parti 3 e 4 (valutazione iniziale e disposizioni relative alla conformità del prodotto).

5.1.1.1. Le attività di ispezione eseguite dai servizi tecnici (qualificati o riconosciuti conformemente al punto 3.3.3) devono essere riconosciute come conformi ai requisiti di cui al punto 5.1.1 per quanto riguarda le procedure stabilite all'atto della valutazione iniziale.

▼B

5.1.1.2. La frequenza minima delle verifiche (diverse da quella di cui al punto 5.1.1.1) finalizzate a garantire che i relativi controlli della conformità della produzione, effettuati in applicazione delle parti 3 e 4, siano esaminati per un periodo compatibile con il clima di fiducia instaurato dall'autorità competente deve essere almeno biennale. L'autorità di omologazione è tuttavia tenuta a effettuare verifiche supplementari in base alla produzione annuale, i risultati delle precedenti ispezioni, la necessità di controllare misure correttive e a seguito di una richiesta motivata di un'altra autorità di omologazione o di un'autorità di vigilanza del mercato.

5.2. In occasione di ogni riesame devono essere messi a disposizione dell'ispettore i verbali delle prove e dei controlli e la documentazione relativa alla produzione, in particolare quelli delle prove o dei controlli documentati come prescritto al punto 4.2.

5.3. L'ispettore può selezionare a caso alcuni campioni che saranno sottoposti alle prove nel laboratorio del costruttore o presso le strutture del servizio tecnico, nel qual caso saranno effettuate solo prove fisiche. Il numero minimo di campioni può essere determinato in funzione dei risultati dei controlli effettuati dal costruttore.

5.4. Se il livello di controllo non appare soddisfacente, ovvero se si avverte la necessità di verificare la validità delle prove effettuate in applicazione del punto 5.2 oppure a seguito di una richiesta motivata di un'altra autorità di omologazione o di un'autorità di vigilanza del mercato, l'ispettore è tenuto a selezionare dei campioni da sottoporre a prova nel laboratorio del costruttore o da inviare al servizio tecnico affinché siano effettuate le prove fisiche conformemente ai requisiti stabiliti alla parte 6 del regolamento (UE) 2016/1628 e dagli atti delegati e di esecuzione adottati a norma di tale regolamento.

5.5. Se l'autorità di omologazione o l'autorità di omologazione di un altro Stato membro ritiene non soddisfacenti i risultati di un'ispezione o di un riesame di monitoraggio, ovvero nel caso previsto dall'articolo 39, paragrafo 3, del regolamento (UE) 2016/1628, l'autorità di omologazione deve accertarsi che siano presi i provvedimenti necessari a ripristinare la conformità della produzione quanto prima possibile.

6. **Conformità dei requisiti relativi alle prove di produzione in caso di esito non soddisfacente del controllo della conformità del prodotto di cui al punto 5.4.**

6.1. In caso di esito non soddisfacente del controllo della conformità del prodotto di cui al punto 5.4 o al punto 5.5, la conformità della produzione deve essere verificata mediante prove di emissione in base alla descrizione contenuta nei certificati di omologazione UE di cui all'allegato IV del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi.

6.2. Se non diversamente disposto al punto 6.3, si applica la seguente procedura:

6.2.1. Per l'ispezione prelevare a caso tre motori e, se del caso, tre sistemi di post-trattamento dalla produzione in serie del tipo di motori in esame. All'occorrenza vanno aggiunti ulteriori motori per consentire di giungere a una decisione di approvazione o rifiuto. Per giungere alla decisione di approvazione devono essere sottoposti a prova almeno quattro motori.

6.2.2. Una volta che l'ispettore ha selezionato i motori il costruttore non può eseguire alcuna regolazione su tali motori selezionati.

▼B

6.2.3. Sottoporre i motori alla prova delle emissioni conformemente a requisiti dell'allegato VI o, nel caso dei motori a doppia alimentazione, conformemente ai requisiti dell'allegato VIII, appendice 2, e con i cicli di prova pertinenti per il tipo di motore secondo i requisiti dell'allegato XVII.

▼M2

6.2.3.1. In deroga al punto 6.2.3, nel caso in cui venga presentato un verbale di prova esistente per i motori della categoria RLL ai fini dell'omologazione a norma dell'articolo 7, paragrafo 2, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656, il valore percentuale del carico e della potenza e il fattore di ponderazione per il numero di modalità del ciclo di prova di tipo F ai fini del presente allegato possono essere gli stessi di quelli usati per la prova di omologazione.

▼B

6.2.4. I valori limite sono quelli stabiliti nell'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628. In caso di motori dotati di post-trattamento con rigenerazione periodica secondo quanto descritto nell'allegato VI, punto 6.6.2, correggere i singoli risultati delle emissioni di inquinanti gassosi o di particolato inquinante con il fattore applicabile per il tipo di motore. In tutti i casi i singoli risultati delle emissioni di inquinanti gassosi o di particolato inquinante devono essere corretti con il fattore di deterioramento applicabile per il tipo di motore ►M2 , quale determinato in conformità all'allegato III ◄.

6.2.5. Le prove devono essere eseguite solo su motori nuovi.

6.2.5.1. Su richiesta del costruttore, le prove possono essere eseguite su motori sottoposti a un rodaggio massimo pari al 2 % del periodo di durabilità delle emissioni oppure, se questo valore è inferiore al precedente, a 125 ore. In questo caso il rodaggio deve essere eseguito dal costruttore, il quale si impegna a non effettuare alcuna regolazione sui motori. Qualora il costruttore preveda una specifica procedura di rodaggio al punto 3.3 della scheda informativa, come previsto dall'allegato I del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi, il rodaggio deve essere eseguito secondo tale procedura.

6.2.6. La produzione in serie dei motori in questione è considerata conforme o non conforme al tipo omologato sulla base di prove dei motori effettuate mediante campionamento, come specificato in appendice, quando siano stati ottenuti, nel primo caso, un'approvazione per tutti gli inquinanti e, nel secondo caso, un rifiuto per un inquinante, secondo i criteri di prova applicati nell'appendice 1 e illustrati nella figura 2.1.

6.2.7. Quando viene decisa l'approvazione per un inquinante, questa non può essere modificata in seguito al risultato di eventuali ulteriori prove eseguite per decidere in merito ad altri inquinanti.

Se non viene decisa l'approvazione per tutti gli inquinanti e non viene rifiutato alcun inquinante, la prova deve essere effettuata su un altro motore.

6.2.8. Se non viene presa alcuna decisione, il costruttore può decidere in qualunque momento di interrompere la prova. In tal caso si registra la decisione di rifiuto.

6.3. In deroga al punto 6.2.1, per i tipi di motori con un volume di vendite nell'UE inferiore a 100 unità all'anno si applica la seguente procedura:

6.3.1. Prelevare a caso un motore e, se pertinente, un sistema di post-trattamento dalla produzione in serie del tipo di motore considerato per sottoporlo a ispezione.

6.3.2. Se il motore soddisfa i requisiti di cui al punto 6.2.4, viene decisa l'approvazione e non è necessaria alcuna prova ulteriore.

6.3.3. Se la prova non soddisfa i requisiti di cui al punto 6.2.4 si segue la procedura descritta ai punti da 6.2.6 a 6.2.9.

▼B

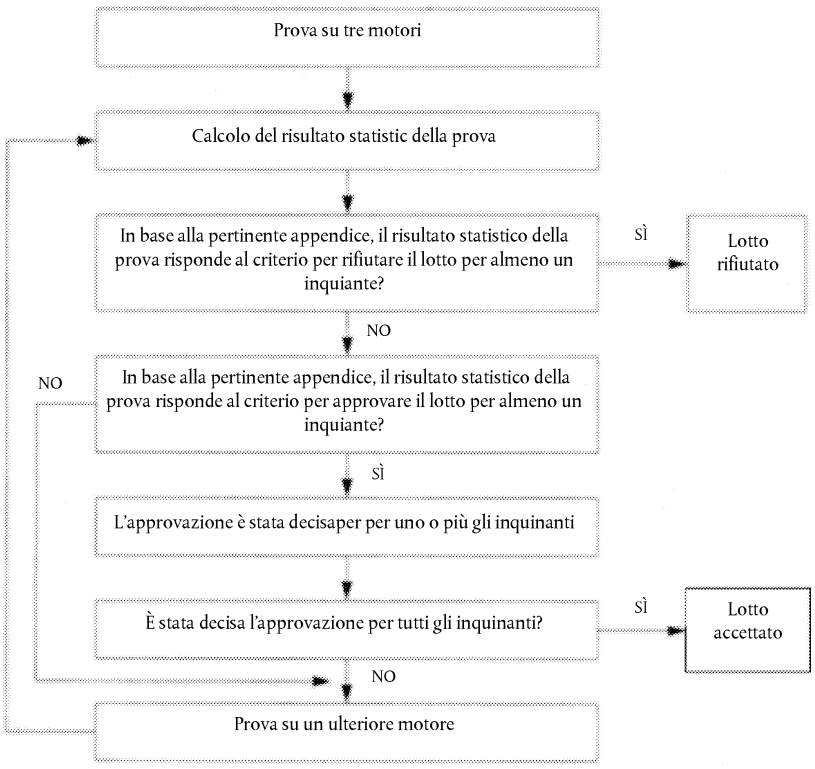
6.4. Tutte queste prove possono essere eseguite con i carburanti applicabili disponibili in commercio. Su richiesta del costruttore si utilizzano tuttavia i carburanti di riferimento descritti nell'allegato IX. ►M2 Per i motori alimentati a gas naturale/biometano (GN) o a gas di petrolio liquefatto (GPL), compresi i motori a doppia alimentazione, le prove devono essere eseguite con almeno due dei carburanti di riferimento per ciascun motore alimentato a gas; fanno eccezione i motori alimentati a gas che detengono un'omologazione per uno specifico carburante, i quali devono essere sottoposti a prova con un solo carburante di riferimento, come descritto nell'appendice 1 dell'allegato I. ◄. Nei casi in cui viene utilizzato più di un carburante gassoso di riferimento, i risultati devono dimostrare che il motore rispetta i valori limite con ciascuno dei carburanti.

6.5. Non conformità di motori alimentati a gas

In caso di controversie relative alla conformità di motori alimentati a gas, compresi i motori a doppia alimentazione, se si usa un carburante disponibile in commercio, le prove devono essere eseguite con ciascun carburante di riferimento con il quale è stato sottoposto a prova il motore capostipite e, su richiesta del costruttore, con l'eventuale carburante aggiuntivo 3 di cui ai punti 2.3.1.1.1, 2.3.2.1 e 2.4.1.2 con il quale avrebbe potuto essere sottoposto a prova il motore capostipite. I risultati devono poi essere eventualmente convertiti mediante un calcolo che applica i fattori «r», «r_a» o «r_b» pertinenti, come descritto nell'allegato I, punti 2.3.3, 2.3.4.1 e 2.4.1.3. Se r, r_a r r_b sono inferiori a 1 non si applica alcuna correzione. I risultati misurati e, se del caso, i risultati calcolati devono dimostrare che il motore rispetta i valori limite con tutti i carburanti pertinenti (carburanti 1, 2 ed eventualmente carburante 3 nel caso dei motori a gas naturale e carburanti A e B nel caso dei motori a GPL).

Figura 2.1

Schema della prova di conformità della produzione



▼B

Appendice 1

Procedura della prova di conformità della produzione

1. La presente appendice descrive la procedura da applicare per verificare la conformità della produzione con riferimento alle emissioni inquinanti.

2. Con una dimensione minima del campione pari a tre motori, la procedura di campionamento deve essere stabilita in modo che la probabilità che un lotto sia accettato con il 30 % di produzione difettosa sia pari a 0,90 (rischio del produttore = 10 %), mentre la probabilità che un lotto sia accettato con il 65 % di produzione difettosa sia pari a 0,10 (rischio del consumatore = 10 %).

3. Per ciascuno degli inquinanti presenti nelle emissioni si applica la seguente procedura (cfr. figura 2.1):

   dove: n = numero dei campioni esaminati.

4. Determinare per il campione il risultato statistico della prova quantificando il numero totale delle prove non conformi all'ennesima.

5. Quindi:

   a) se il risultato statistico della prova è inferiore o uguale al numero per l'approvazione per la dimensione del campione indicata nella tabella 2.1, l'inquinante deve essere approvato;

   b) se il risultato statistico della prova è superiore o uguale al numero per il rifiuto per la dimensione del campione indicata nella tabella 2.1, l'inquinante deve essere rifiutato;

   c) altrimenti si procede alla prova di un motore supplementare conformemente al punto 6.2 applicando il procedimento di calcolo al campione maggiorato di un'unità.

I numeri per l'approvazione e per il rifiuto indicati nella tabella 2.1 devono essere calcolati conformemente alla norma internazionale ISO 8422/1991.

Tabella 2.1

Risultati statistici per la prova di conformità della produzione

Dimensione minima del campione: 3 — Dimensione minima del campione per l'approvazione: 4

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Numero per l'approvazione	Numero per il rifiuto
3	—	3
4	0	4
5	0	4
6	1	5
7	1	5
8	2	6
9	2	6

▼B

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Numero per l'approvazione	Numero per il rifiuto
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

▼B

ALLEGATO III

Metodologia di adeguamento dei risultati delle prove delle emissioni eseguite in laboratorio al fine di includere i fattori di deterioramento

1. **Definizioni**

Ai fini del presente allegato si applicano le seguenti definizioni:

1.1. «ciclo di invecchiamento»: condizioni di funzionamento della macchina mobile non stradale o del motore (regime, carico, potenza) da riprodurre durante il periodo di accumulo di esercizio;

1.2. «componenti fondamentali legati alle emissioni»: il sistema di post-trattamento del gas di scarico, la centralina elettronica con relativi sensori e attuatori e il ricircolo dei gas di scarico (EGR), compresi i relativi filtri, refrigeranti, valvole di controllo e tubi;

1.3. «manutenzione fondamentale legata alle emissioni»: manutenzione da eseguire sui componenti fondamentali legati alle emissioni;

1.4. «manutenzione legata alle emissioni»: manutenzione che influisce in modo significativo sulle emissioni o che può incidere sul deterioramento dei livelli delle emissioni della macchina mobile non stradale o del motore durante il funzionamento nelle normali condizioni d'uso;

1.5. «famiglia di motori-sistemi di post-trattamento»: raggruppamento di motori, deciso dal costruttore, composto da famiglie di motori (secondo definizione) ulteriormente raggruppate in una famiglia di famiglie di motori che utilizzano lo stesso sistema di post-trattamento del gas di scarico;

1.6. «manutenzione non legata alle emissioni»: manutenzione che non influisce in modo sostanziale sulle emissioni e che non ha un effetto duraturo sul deterioramento dei livelli delle emissioni della macchina mobile non stradale o del motore durante il funzionamento nelle normali condizioni d'uso;

1.7. «programma di accumulo di esercizio»: il ciclo di invecchiamento e il periodo di accumulo di esercizio che serve a determinare i fattori di deterioramento della famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori;

2. **Aspetti generali**

2.1. Il presente allegato illustra in dettaglio le procedure di selezione dei motori da sottoporre a prova con un programma di accumulo di esercizio al fine di determinare fattori di deterioramento per l'omologazione UE di tipi di motori o di famiglie di motori e le valutazioni di conformità della produzione. I fattori di deterioramento devono essere applicati alle emissioni misurate conformemente alle disposizioni dell'allegato VI e calcolate conformemente all'allegato VII in conformità alle procedure definite, rispettivamente, ai punti 3.2.7 e 4.3.

2.2. Alle prove di accumulo di esercizio e a quelle volte a determinare il deterioramento dei livelli delle emissioni non è necessario che assista l'autorità di omologazione.

▼B

2.3. Il presente allegato descrive inoltre le operazioni di manutenzione legate e non legate alle emissioni che possono o devono essere eseguite sui motori sottoposti a un programma di accumulo di esercizio. Tali operazioni di manutenzione devono essere conformi a quelle effettuate su motori in servizio e devono essere comunicate agli utilizzatori finali di motori nuovi.

3. **Categorie di motori NRE, NRG, IWP, IWA, RLL, RLR, SMB, ATS e sottocategorie NRS-v-2b and NRS-v-3**

3.1. Selezione dei motori per stabilire i fattori di deterioramento del periodo di durabilità delle emissioni

3.1.1. In seno a una famiglia di motori definita nell'allegato IX, parte 2, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi, si scelgono i motori su cui effettuare le prove di emissione per stabilire i fattori di deterioramento del periodo di durabilità delle emissioni.

▼M2

3.1.2. Motori appartenenti a famiglie di motori diverse possono essere raggruppati in altre famiglie in base al tipo di sistema di post-trattamento del gas di scarico utilizzato oppure, se non è utilizzato alcun sistema di post-trattamento, in base alla somiglianza delle caratteristiche tecniche del sistema di controllo delle emissioni. I motori che presentano differenze di alesaggio, corsa, configurazione, sistema di gestione dell'aria o del carburante possono essere considerati equivalenti sotto il profilo delle caratteristiche di deterioramento delle emissioni, se il costruttore fornisce all'autorità di omologazione dati attestanti che tale decisione è suffragata da valide argomentazioni tecniche. Per inserire nella stessa famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori famiglie di motori aventi specifiche tecniche e modalità di installazione dei sistemi di post-trattamento analoghe, il costruttore deve fornire all'autorità di omologazione dati che dimostrino come tali motori abbiano prestazioni simili a livello di riduzione delle emissioni.

3.1.3. Il motore di prova deve essere rappresentativo delle caratteristiche di deterioramento delle emissioni delle famiglie di motori cui saranno applicati, ai fini dell'omologazione, i risultanti fattori di deterioramento. Il costruttore del motore deve selezionare un motore che rappresenti la famiglia di motori, il gruppo di famiglie di motori o la famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori, in conformità al punto 3.1.2, per la prova sul programma di accumulo di esercizio di cui al punto 3.2.2; la sua decisione deve essere comunicata all'autorità di omologazione prima dell'inizio di qualsiasi prova.

3.1.4. Se l'autorità di omologazione decide che il peggior caso di emissioni della famiglia di motori, del gruppo di famiglie di motori o della famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori è rappresentato meglio da un altro motore, il motore di prova deve essere selezionato di comune accordo tra l'autorità di omologazione e il costruttore.

▼B

3.2. Determinazione dei fattori di deterioramento del periodo di durabilità delle emissioni

▼M2

3.2.1. Aspetti generali

I fattori di deterioramento applicabili a una famiglia di motori, a un gruppo di famiglie di motori o a una famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori si ricavano in base ai motori selezionati secondo un programma di accumulo di esercizio che prevede prove periodiche delle emissioni gassose e di particolato per ciascun ciclo di prova applicabile alla categoria di motori, come indicato nell'allegato IV del regolamento (UE) 2016/1628. Nel caso dei cicli di prova transitori non stradali per i motori della categoria NRE («NRTC»), vanno usati solo i risultati del ciclo NRTC con avviamento a caldo («NRTC con avviamento a caldo»).

▼B

3.2.1.1. Su richiesta del costruttore, l'autorità di omologazione può autorizzare l'uso di fattori di deterioramento calcolati con procedure diverse da quelle di cui ai punti da 3.2.2 a 3.2.5. In tal caso il costruttore deve però dimostrare, in un modo che l'autorità di omologazione ritenga soddisfacente, che le procedure alternative utilizzate non sono meno rigorose di quelle di cui ai punti da 3.2.2 a 3.2.5.

3.2.2. Programma di accumulo di esercizio

I programmi di accumulo di esercizio possono essere eseguiti, a discrezione del costruttore, facendo funzionare una macchina mobile non stradale dotata del motore selezionato con un programma di accumulo di esercizio «in servizio» oppure facendo funzionare il motore selezionato con un programma di accumulo di esercizio «su dinamometro». Il costruttore non è obbligato a usare carburante di riferimento per l'accumulo di esercizio tra i punti di prova di misurazione delle emissioni.

3.2.2.1. Accumulo di esercizio «in servizio» e «su dinamometro»

3.2.2.1.1. Il costruttore deve stabilire la forma e la durata dell'accumulo di esercizio e del ciclo di invecchiamento dei motori affidandosi alla buona pratica ingegneristica.

3.2.2.1.2. Il costruttore deve stabilire i punti di prova in cui saranno misurate le emissioni gassose e di particolato durante i cicli applicabili, nel modo seguente:

3.2.2.1.2.1. Se si esegue un programma di accumulo di esercizio più breve del periodo di durabilità delle emissioni conformemente al punto 3.2.2.1.7, il numero minimo di punti di prova da fissare è pari a tre: uno all'inizio, uno circa a metà e uno alla fine del programma di accumulo di esercizio.

3.2.2.1.2.2. Se si esegue un programma di accumulo di esercizio che dura fino al termine del periodo di durabilità delle emissioni, il numero minimo di punti di prova da fissare è pari a due: uno all'inizio e uno alla fine del programma di accumulo di esercizio.

3.2.2.1.2.3. Il costruttore può inoltre eseguire la prova su punti intermedi equamente distribuiti.

3.2.2.1.3. I valori delle emissioni al punto iniziale e al termine del periodo di durabilità delle emissioni calcolati conformemente alle disposizioni del punto 3.2.5.1 oppure misurati conformemente alle disposizioni del punto 3.2.2.1.2.2 devono rientrare nei limiti applicabili per la famiglia di motori. I singoli risultati delle emissioni ai punti di prova intermedi possono tuttavia superare tali valori limite.

3.2.2.1.4. Per le categorie o sottocategorie di motori alle quali si applica un NRTC, o per le categorie o sottocategorie di motori NRS alle quali si applica un ciclo di prova transitorio non stradale per motori ad accensione comandata con candela a diametro largo («LSI-NRTC»), il costruttore può richiedere l'approvazione dell'autorità di omologazione per eseguire un solo ciclo di prova (NRTC o LSI-NRTC con avviamento a caldo, a seconda dei casi, oppure NRSC) in ciascun punto di prova e per eseguire l'altro ciclo di prova solo all'inizio e alla fine del programma di accumulo di esercizio.

3.2.2.1.5. In caso di categorie o sottocategorie di motori per i quali non esiste un ciclo transitorio non stradale applicabile di cui all'allegato IV del regolamento (UE) 2016/1628, si effettua solo il NRSC in ciascun punto di prova.

3.2.2.1.6. I programmi di accumulo di esercizio possono variare secondo la famiglia di sistemi di post-trattamento.

▼B

3.2.2.1.7. I programmi di accumulo di esercizio possono essere più brevi del periodo di durabilità delle emissioni, ma non possono essere più brevi dell'equivalente di almeno un quarto del periodo di durabilità delle emissioni pertinente specificato nell'allegato V del regolamento (UE) 2016/1628.

3.2.2.1.8. È consentito accelerare l'invecchiamento, modificando il programma di accumulo di esercizio in base al consumo di carburante. Tale aggiustamento deve essere basato sul rapporto tra il consumo di carburante tipico della prova «in servizio» e il consumo del ciclo di invecchiamento, a condizione che il secondo non superi il primo di oltre il 30 %.

3.2.2.1.9. Previo accordo dell'autorità di omologazione il costruttore può ricorrere a metodi alternativi di accelerazione dell'invecchiamento.

3.2.2.1.10. Il programma di accumulo di esercizio va descritto dettagliatamente nella domanda di omologazione UE e comunicato all'autorità di omologazione prima che le prove abbiano inizio.

3.2.2.2. L'autorità di omologazione deve informare il costruttore se decide che sono necessarie ulteriori misurazioni tra i punti scelti da quest'ultimo. Il costruttore modifica il programma accumulo di esercizio e lo sottopone all'approvazione dell'autorità di omologazione.

3.2.3. Prove del motore

3.2.3.1. Stabilizzazione del motore

3.2.3.1.1. Per ogni famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori il costruttore deve determinare il numero di ore di funzionamento della macchina mobile non stradale o del motore necessarie a stabilizzare il sistema di post-trattamento. Su richiesta dell'autorità di omologazione, il costruttore deve mettere a disposizione i dati e le analisi utilizzati per stabilire il numero di ore necessario. In alternativa, per stabilizzare il sistema di post-trattamento del motore, il costruttore può far funzionare la macchina mobile non stradale o il motore nel ciclo di invecchiamento per un periodo compreso tra 60 e 125 ore o per una durata equivalente.

3.2.3.1.2. Il punto finale del periodo di stabilizzazione di cui al punto 3.2.3.1.1 si considera punto iniziale del programma di accumulo di esercizio.

3.2.3.2. Prove di accumulo di esercizio

3.2.3.2.1. Una volta effettuata la stabilizzazione, il motore deve essere sottoposto al programma di accumulo di esercizio scelto dal costruttore come descritto al punto 3.2.2. A intervalli periodici durante il programma di accumulo di esercizio stabilito dal costruttore e, se del caso, deciso dall'autorità di omologazione conformemente al punto 3.2.2.2, il motore deve essere sottoposto alla prova delle emissioni gassose e del particolato con i cicli NRSC e NRTC con avviamento a caldo o con i cicli LSI-NRTC e NRSC applicabili alla categoria di motore, conformemente all'allegato IV del regolamento (UE) 2016/1628.

Il costruttore può scegliere di misurare le emissioni di inquinanti a monte di un sistema di post-trattamento del gas di scarico separatamente dalle emissioni di inquinanti a valle di un sistema di post-trattamento del gas di scarico.

A norma del punto 3.2.2.1.4, se si decide di eseguire a ogni punto di prova un solo ciclo di prova (NRTC, LSI-NRTC o NRSC con avviamento a caldo), allora l'altro ciclo di prova (NRTC, LSI-NRTC o NRSC con avviamento a caldo) deve essere eseguito all'inizio e alla fine del programma di accumulo di esercizio.

▼B

Conformemente al punto 3.2.2.1.5, in caso di categorie o sottocategorie di motori per le quali non esiste un ciclo transitorio non stradale applicabile di cui all'allegato IV del regolamento (UE) 2016/1628, si effettua solo il ciclo NRSC in ciascun punto di prova.

3.2.3.2.2. Durante il programma di accumulo di esercizio, sul motore va effettuata la manutenzione di cui al punto 3.4.

3.2.3.2.3. Durante il programma di accumulo di esercizio, sul motore o sulla macchina mobile non stradale può essere effettuata una manutenzione non programmata, per esempio se il normale sistema diagnostico del costruttore rileva un problema che indichi all'operatore della macchina mobile non stradale la presenza di un guasto.

3.2.4. Verbali

3.2.4.1. I risultati di tutte le prove di emissione (NRTC, LSI-NRTC o NRSC con avviamento a caldo) eseguite durante il programma di accumulo di esercizio devono essere messi a disposizione dell'autorità di omologazione. Se viene invalidata una prova di emissione, il costruttore deve fornire una spiegazione dei motivi che hanno portato all'invalidamento. In tal caso, si effettua un'altra serie di prove di emissione entro le successive 100 ore di funzionamento.

3.2.4.2. Il costruttore deve conservare le registrazioni di tutte le informazioni relative a tutte le prove di emissione e alla manutenzione effettuata 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 eseguite durante il programma di accumulo di esercizio.

3.2.5. Determinazione dei fattori di deterioramento

3.2.5.1. Se si esegue un programma di accumulo di esercizio conformemente al punto 3.2.2.1.2.1 o al punto 3.2.2.1.2.3, per ciascun inquinante misurato a ogni punto di prova con cicli NRTC, LSI-NRTC e NRSC con avviamento a caldo durante il programma di accumulo di esercizio deve essere effettuata un'analisi di regressione lineare «best fit» in base a tutti i risultati di prova. I risultati di ciascuna prova per ogni inquinante vanno espressi con lo stesso numero di cifre decimali del valore limite per tale inquinante, come previsto per la famiglia di motori, più una cifra decimale aggiuntiva.

Se, a norma del punto 3.2.2.1.4 o del punto 3.2.2.1.5 è stata eseguito per ogni punto di prova un solo ciclo di prova (NRTC, LSI-NRTC o NRSC con avviamento a caldo), l'analisi di regressione deve essere eseguita solo in base ai risultati della prova del ciclo eseguito a ogni punto di prova.

Il costruttore può richiedere anticipatamente all'autorità di omologazione di approvare la regressione non lineare.

3.2.5.2. I valori di emissione di ogni sostanza inquinante all'inizio del programma di accumulo di esercizio e alla fine del periodo di durabilità delle emissioni applicabile al motore sottoposto a prova devono essere:

a) determinati per estrapolazione dell'equazione di regressione di cui al punto 3.2.5.1, se si esegue un programma di accumulo di esercizio conformemente al punto 3.2.2.1.2.1 o al punto 3.2.2.1.2.3; oppure

b) misurati direttamente, se si esegue un programma di accumulo di esercizio conformemente al punto 3.2.2.1.2.2.

▼M2

Se si usano valori di emissione per famiglie di motori dello stesso gruppo di famiglie di motori o della stessa famiglia di sistemi di post-trattamento che però hanno periodi di durabilità delle emissioni diversi, allora i valori delle emissioni al punto finale del periodo di durabilità delle emissioni vanno ricalcolati per ogni periodo di durabilità delle emissioni, estrapolando o interpolando l'equazione di regressione illustrata al punto 3.2.5.1.

▼B

3.2.5.3. Per ogni sostanza inquinante, si dice fattore di deterioramento (DF) il rapporto tra i valori di emissione applicati alla fine del periodo di durabilità delle emissioni e quelli applicati all'inizio del programma di accumulo di esercizio (fattore di deterioramento moltiplicativo).

Il costruttore può richiedere anticipatamente all'autorità di omologazione di approvare l'applicazione di un DF aggiuntivo per ciascun inquinante. Il DF aggiuntivo si definisce come differenza tra i valori di emissione calcolati alla fine dell'periodo di durabilità del motore e quelli calcolati all'inizio del programma di accumulo di esercizio.

Un esempio per determinare i DF utilizzando la regressione lineare è illustrato nella figura 3.1 per le emissioni di NO_x.

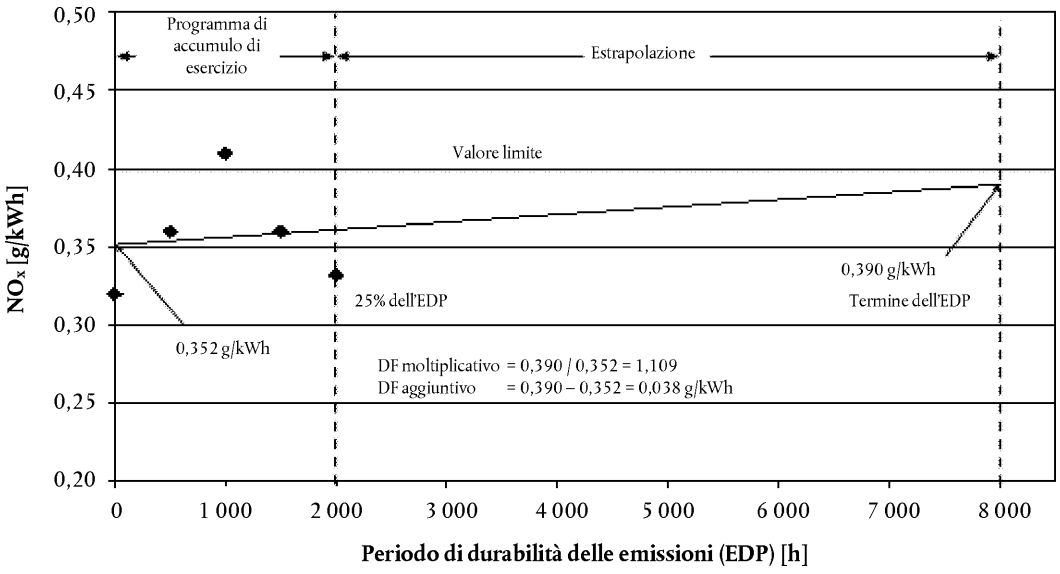
In una serie di inquinanti non è consentito mescolare DF moltiplicativi e additivi.

Se il risultato del calcolo è inferiore a 1,00 per un DF moltiplicativo o a 0,00 per un DF aggiuntivo, il valore del DF è fissato rispettivamente a 1,00 e a 0,00.

A norma del punto 3.2.2.1.4, se si decide di eseguire un solo ciclo di prova (NRTC, LSI-NRTC o NRSC con avviamento a caldo) in ciascun punto di prova e di eseguire l'altro ciclo (NRTC, LSI-NRTC or NRSC con avviamento a caldo) solo all'inizio e alla fine del programma di accumulo di esercizio, il DF calcolato per il ciclo di prova eseguito in ciascun punto si applica anche all'altro ciclo di prova.

Figura 3.1

Esempio di determinazione del DF



▼B

3.2.6. Fattori di deterioramento predefiniti

3.2.6.1. Anziché usare un programma di accumulo di esercizio per determinare i DF, i costruttori dei motori possono scegliere di usare i DF moltiplicativi predefiniti di cui alla tabella 3.1.

Tabella 3.1

Fattori di deterioramento predefiniti

Ciclo di prova	CO	HC	NO_x	PM	PN
NRTC e LSI-NRTC	1.3	1.3	1.15	1.05	1.0
NRSC	1.3	1.3	1.15	1.05	1.0

Non vanno indicati i DF aggiuntivi assegnati. I DF moltiplicativi predefiniti non possono essere trasformati in DF aggiuntivi.

▼M2

_____

3.2.6.1.1. In deroga al punto 3.2.6.1, per il PN è ammesso l'uso di un DF aggiuntivo pari a 0,0 oppure di un DF moltiplicativo pari a 1,0, combinato ai risultati delle precedenti prove con DF che non hanno portato alla determinazione di un valore per il PN, se sono soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

a) la precedente prova con DF è stata eseguita su un motore dotato di una tecnologia che avrebbe potuto essere inclusa nella stessa famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori, conformemente al punto 3.1.2, in qualità di famiglia di motori cui si intende applicare i DF; e

b) i risultati della prova sono stati utilizzati in una precedente omologazione rilasciata prima della data applicabile ai fini dell'omologazione UE indicata nell'allegato III del regolamento (UE) 2016/1628.

▼B

3.2.6.2. Se si usano DF predefiniti, il costruttore consegna all'autorità di omologazione prove incontrovertibili del fatto che dalle componenti di controllo delle emissioni si può ragionevolmente attendere la durabilità di emissione associata a tali fattori predefiniti. Tali prove possono basarsi su analisi del progetto, su test o su una combinazione di entrambi.

3.2.7. Applicazione dei fattori di deterioramento

3.2.7.1. I motori devono rispettare i limiti di emissione per ciascun inquinante validi per la famiglia di motori, previa applicazione dei fattori di deterioramento al risultato della prova misurato in conformità all'allegato VI (emissioni specifiche per particolato e ogni singolo gas, ponderate per ciclo). A seconda del tipo di DF, si applicano le seguenti disposizioni:

a) moltiplicativo: (emissione specifica ponderata per ciclo) × DF ≤ limite di emissione

b) aggiuntivo: (emissione specifica ponderata per ciclo) + DF ≤ limite di emissione

L'emissione specifica ponderata per ciclo può comprendere l'aggiustamento per rigenerazione periodica, se del caso.

▼B

3.2.7.2. Per un DF moltiplicativo relativo a NO_x + HC occorre determinare e applicare separatamente il DF per gli HC e per gli NO_x nel calcolo dei livelli di deterioramento delle emissioni sulla base del risultato di una prova di emissione prima di combinare i valori di deterioramento risultanti per gli NO_x e per gli HC al fine di stabilire la conformità al limite di emissione.

3.2.7.3. Il costruttore può trasferire i DF calcolati per una determinata famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori a un motore che non rientri nella stessa famiglia di sistemi di post-trattamento. In tali casi, il costruttore deve dimostrare all'autorità di omologazione che il motore per il quale era stata in origine sottoposta a prova la famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori e il motore al quale vengono trasferiti i DF hanno specifiche tecniche e requisiti di installazione sulla macchina mobile non stradale simili e che sono simili anche le emissioni di tale motore.

Se i DF sono trasferiti a un motore con un periodo di durabilità delle emissioni diverso, essi devono essere ricalcolati per il periodo di durabilità delle emissioni applicabile mediante estrapolazione o interpolazione dell'equazione di regressione, di cui al punto 3.2.5.1.

3.2.7.4. Il DF per ciascun inquinante e per ciascun ciclo di prova deve essere registrato nel verbale di prova di cui all'allegato VI, appendice 1, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi.

3.3. Verifica della conformità della produzione

3.3.1. La conformità della produzione dal punto di vista del rispetto dei limiti delle emissioni viene controllata in base all'allegato II, parte 6.

3.3.2. Il costruttore può scegliere di misurare le emissioni inquinanti a monte di un sistema di trattamento del gas di scarico nello stesso momento in cui viene eseguita la prova di omologazione UE. A tale scopo il costruttore può sviluppare DF informali distinti per il motore (senza sistema di post-trattamento) e per il sistema di post-trattamento che può essere impiegato negli audit alla fine della linea di produzione.

3.3.3. Ai fini dell'omologazione UE si registrano nel verbale di prova di cui all'allegato VI, appendice 1, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi solo i DF calcolati conformemente ai punti 3.2.5 o 3.2.6.

3.4. Manutenzione

Ai fini del programma di accumulo di esercizio, si effettua la manutenzione prevista nel manuale di uso e manutenzione del costruttore.

3.4.1. Interventi di manutenzione programmata legata alle emissioni

3.4.1.1. Gli interventi di manutenzione programmata legata alle emissioni a motore acceso, intrapresi al fine di eseguire un programma di accumulo di esercizio, vanno effettuati a intervalli equivalenti a quelli specificati nelle istruzioni di manutenzione del costruttore per l'utilizzatore finale della macchina mobile non stradale o del motore. Il programma di manutenzione può essere eventualmente aggiornato durante il programma di accumulo di esercizio, purché nessun intervento di manutenzione sia cancellato dal programma di manutenzione dopo la sua esecuzione sul motore di prova.

▼B

3.4.1.2. Qualsiasi intervento di regolazione, smontaggio, pulizia o sostituzione di componenti fondamentali legati alle emissioni, eseguito regolarmente nell'arco del periodo di durabilità delle emissioni allo scopo di evitare un malfunzionamento del motore va effettuato solo nella misura tecnicamente necessaria per assicurare un corretto funzionamento del sistema di controllo delle emissioni. Si deve evitare la necessità di una sostituzione programmata durante il programma di accumulo di esercizio e dopo un determinato periodo di funzionamento del motore di componenti fondamentali legati alle emissioni diversi da quelli qualificati come materiale di consumo che va sostituito regolarmente. In tale contesto, il materiale di consumo che va sostituito regolarmente oppure i componenti che richiedono un intervento di pulizia dopo un determinato periodo di funzionamento del motore sono qualificati come materiale di consumo che va sostituito regolarmente.

3.4.1.3. I requisiti per gli interventi di manutenzione programmata sono soggetti all'approvazione dell'autorità di omologazione prima che sia rilasciata un'omologazione UE e devono essere inclusi nel manuale per l'utente. ►M2 L'autorità di omologazione non rifiuta l'approvazione di requisiti per gli interventi di manutenzione ragionevoli e necessari dal punto di vista tecnico, tra cui quelli identificati al punto 3.4.1.4. ◄

3.4.1.4. Per il programma di accumulo di esercizio il costruttore del motore deve specificare gli interventi di regolazione, pulizia, eventuale manutenzione e sostituzione programmata delle seguenti parti:

— filtri e refrigeranti nel ricircolo dei gas di scarico (EGR),

— eventuale valvola di ventilazione positiva del basamento,

— estremità degli iniettori del carburante (è consentita solo la pulizia),

— iniettori di carburante,

— turbocompressore,

— centralina elettronica del motore con relativi sensori e attuatori,

— sistema di post-trattamento del particolato (e relative componenti),

— sistema di post-trattamento degli NO_x (e relativi componenti),

— ricircolo dei gas di scarico (EGR), inclusi tutti i tubi e le relative valvole di controllo,

— qualsiasi altro sistema di post-trattamento del gas di scarico.

3.4.1.5. Gli interventi programmati di manutenzione fondamentale legata alle emissioni vanno effettuati solo se è richiesto che siano effettuati «in servizio» e se tale richiesta è comunicata all'utilizzatore finale del motore o della macchina mobile non stradale.

3.4.2. Modifiche della manutenzione programmata

Il costruttore deve inoltrare all'autorità di omologazione una domanda di approvazione di nuovi interventi di manutenzione programmata da effettuare durante il programma di accumulo di esercizio e da raccomandare in seguito agli utilizzatori finali dei motori o

▼B

delle macchine mobili non stradali. La domanda deve essere corredata di dati che dimostrino la necessità dei nuovi interventi di manutenzione programmata e dell'intervallo di manutenzione raccomandato.

3.4.3. Interventi di manutenzione programmata non legata alle emissioni

Gli interventi di manutenzione programmata non legata alle emissioni, che siano ragionevoli e necessari dal punto di vista tecnico (cambio dell'olio, sostituzione del filtro dell'olio, del filtro del carburante, del filtro dell'aria, manutenzione del sistema di raffreddamento, regolazione del minimo, regolatore, coppia di serraggio del motore, gioco delle valvole e degli iniettori, regolazione della tensione delle cinghie, ecc.), possono essere eseguiti sui motori o sulle macchine mobili non stradali scelti per il programma di accumulo di esercizio, agli intervalli massimi raccomandati dal costruttore all'utilizzatore finale (ad es. non agli intervalli raccomandati per l'uso intenso).

3.5. Riparazioni

3.5.1. Le riparazioni dei componenti di un motore scelto per un programma di accumulo di esercizio vanno effettuate solo in seguito a un guasto del componente o a un malfunzionamento del motore. Non sono ammesse riparazioni del motore stesso, del sistema di controllo delle emissioni o del sistema di alimentazione del carburante, tranne nei casi di cui al punto 3.5.2.

3.5.2. Se durante il programma di accumulo di esercizio il motore il sistema di controllo delle emissioni o quello di alimentazione si guastano, l'accumulo di esercizio deve essere annullato e riavviato con un nuovo motore.

Il paragrafo precedente non si applica se i componenti guasti sono sostituiti con componenti equivalenti che hanno accumulato un numero comparabile di ore di funzionamento.

4. **Categorie di motori e sottocategorie NRSh e NRS, escluse NRS-v-2b e NRS-v-3**

4.1. La categoria del periodo di durabilità delle emissioni (EDP) e il rispettivo fattore di deterioramento (DF) si determinano come descritto alla presente parte 4.

4.2. Una famiglia di motori si considera conforme ai valori limite richiesti per una sottocategoria di motori se i risultati delle prove delle emissioni di tutti i motori di quella stessa famiglia, una volta corretti con il DF moltiplicativo di cui alla parte 2, risultano essere inferiori o uguali ai valori limite imposti per tale sottocategoria di motori. Tuttavia se uno o più risultati delle prove delle emissioni di uno o più motori di quella stessa famiglia, una volta corretti con il DF moltiplicativo di cui alla parte 2, risultano superare uno o più singoli valori limite richiesti per quella sottocategoria di motori, allora l'intera famiglia si considera non conforme ai valori limite imposti per tale sottocategoria di motori.

4.3. I DF si determinano nel modo seguente:

4.3.1. Su almeno un motore sottoposto a prova che rappresenta la configurazione prescelta maggiormente suscettibile di superare i limiti di emissioni di HC + NO_x e costruito in modo da essere rappresentativo dei motori in produzione, la prova delle emissioni deve essere eseguita seguendo la procedura (intera) come descritto nell'allegato VI, dopo il numero di ore che corrisponde alla stabilizzazione delle emissioni.

▼B

4.3.2. Se la prova è effettuata su più di un motore, i risultati devono essere calcolati sulla media dei risultati di tutti i motori sottoposti a prova, arrotondati allo stesso numero di cifre decimali del limite applicabile, più una ulteriore cifra significativa.

4.3.3. Le prove delle emissioni devono quindi essere eseguite nuovamente in seguito all'invecchiamento del motore. La procedura di invecchiamento dovrebbe essere tale da consentire al costruttore di prevedere adeguatamente il deterioramento delle emissioni durante l'uso nel EDP del motore, tenendo conto del tipo di usura e di altri meccanismi di deterioramento previsti per il tipico utilizzo che potrebbero ripercuotersi sulle prestazioni a livello di emissioni. Se la prova è effettuata su più di un motore, i risultati devono essere calcolati sulla media dei risultati di tutti i motori sottoposti a prova, arrotondati allo stesso numero di cifre decimali del limite applicabile, più una ulteriore cifra significativa.

4.3.4. Al termine dell'EDP le emissioni (valore medio, se del caso) per ciascun inquinante regolamentato devono essere divise in base alle emissioni stabilizzate (valore medio, se del caso) e arrotondate a due cifre significative. Il numero risultante, se non inferiore a 1,00, è il valore del DF. Altrimenti al DF deve essere assegnato un valore pari a 1,00.

4.3.5. Il costruttore può programmare ulteriori punti per la prova delle emissioni tra il punto della prova delle emissioni stabilizzato e il termine del periodo di durabilità delle emissioni. Se sono previste prove intermedie, i punti di prova devono essere distribuiti uniformemente sull'EDP (± 2 ore) e uno di essi deve situarsi a metà dell'EDP (± 2ore).

4.3.6. Per ciascun inquinante HC + NO_x e CO deve essere tracciata una retta tra i punti di rilevamento, considerando che la prova iniziale sia avvenuta all'ora zero e utilizzando il metodo dei minimi quadrati. Il DF è l'emissione calcolata al termine dell'EDP divisa per l'emissione calcolata all'ora zero.

Il DF per ciascun inquinante e per ciclo di prova applicabile deve essere registrato nel verbale di prova di cui all'allegato VII, appendice 1, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi.

4.3.7. I fattori di deterioramento calcolati possono riguardare anche altre famiglie oltre a quelle utilizzate come riferimento per il loro calcolo, a condizione che prima di ottenere l'omologazione UE il costruttore dimostri all'autorità di omologazione che si può ragionevolmente prevedere che le famiglie di motori interessate presentino caratteristiche analoghe di deterioramento delle emissioni alla luce della progettazione e della tecnologia utilizzate.

Segue un elenco non limitativo delle classificazioni di progettazioni e tecnologie:

— motori convenzionali a due tempi senza sistema di post-trattamento,

— motori convenzionali a due tempi dotati di catalizzatore dello stesso materiale attivo e carico e con lo stesso numero di celle per cm^2,

— motori a due tempi dotati di sistema di evacuazione fumi stratificato,

▼B

— motori a due tempi dotati di catalizzatore dello stesso materiale attivo e carico e con lo stesso numero di celle per cm^2,

— motori a quattro tempi dotati di catalizzatore con la stessa tecnologia a valvole e sistema di lubrificazione identico,

— motori a quattro tempi non dotati di catalizzatore con la stessa tecnologia a valvole e sistema di lubrificazione identico.

4.4. Categorie di EDP

4.4.1. Per le categorie di motori di cui al regolamento (UE) 2016/1628, allegato V, tabelle V-3 e V-4, che hanno valori alternativi per l'EDP, i costruttori devono dichiarare la categoria di EDP applicabile a ciascuna famiglia di motori al momento dell'omologazione UE. Tale categoria deve essere la categoria indicata nella tabella 3.2 che più si avvicina alla vita utile prevista dell'apparecchiatura su cui si prevede di installare i motori, secondo quanto indicato dal costruttore degli stessi. Il costruttore deve conservare i dati necessari a giustificare la scelta della categoria di EDP per ciascuna famiglia di motori e, su richiesta, fornirli all'autorità di omologazione.

Tabella 3.2

Categorie di EDP

Categoria di EDP	Uso del motore
Cat. 1	Prodotti per l'uso privato
Cat. 2	Prodotti per l'uso semiprofessionale
Cat. 3	Prodotti per l'uso professionale

4.4.2. Il costruttore deve dimostrare, in un modo che l'autorità di omologazione ritenga soddisfacente, che la categoria di EDP dichiarata è appropriata. I dati che giustificano la scelta della categoria di EDP operata dal costruttore per una data famiglia di motori possono comprendere (elenco non esaustivo):

— studi relativi alla durata di vita delle apparecchiature su cui sono installati i motori,

— valutazioni tecniche di motori invecchiati in seguito a normale usura per accertare il momento in cui le prestazioni del motore si deteriorano al punto da comprometterne l'utilità e/o affidabilità tanto da rendere necessaria la riparazione o la sostituzione,

— dichiarazioni di garanzia e periodi di garanzia,

— documentazione di marketing riguardante la vita del motore,

— verbali di guasti presentati dagli utilizzatori, e

— valutazioni tecniche della durabilità, espressa in ore, di specifiche tecnologie, specifici materiali e specifici progetti di motori.

▼B

ALLEGATO IV

Requisiti relativi alle strategie di controllo delle emissioni e alle misure di controllo degli NO_x e del particolato

1. **Definizioni, abbreviazioni e requisiti generali**

1.1. Ai fini del presente allegato si applicano le seguenti definizioni e abbreviazioni:

1) «codice diagnostico di guasto (DTC)»: un codice numerico o alfanumerico che identifica o designa un NCM e/o un PCM;

2) «DTC confermato e attivo»: un DTC che viene memorizzato quando il sistema NCD e/o PCD stabilisce che è presente un malfunzionamento;

3) «famiglia di motori NCD»: un raggruppamento di motori, stabilito dal costruttore, avente metodi comuni di monitoraggio/diagnosi degli NCM;

4) «sistema diagnostico di controllo degli NO_x (NCD)»: sistema a bordo del motore in grado di:

a) individuare un malfunzionamento del controllo degli NO_x;

b) individuare la probabile causa di malfunzionamenti del controllo degli NO_x con dati memorizzati nel computer e/o comunicare tali dati all'esterno;

5) «malfunzionamento del controllo degli NO_x (NCM)»: tentativo di manipolazione del sistema di controllo degli NO_x di un motore o malfunzionamento di tale sistema, forse dovuto a manipolazioni, che una volta individuato richiede, a norma del presente regolamento, l'attivazione di un segnale di avviso o di un sistema di persuasione;

6) «sistema diagnostico di controllo del particolato (PCD)»: sistema a bordo del motore in grado di:

a) individuare un malfunzionamento del controllo del particolato;

b) individuare la probabile causa di malfunzionamenti del controllo del particolato con dati memorizzati nel computer e/o comunicare tali dati all'esterno;

7) «malfunzionamento del controllo del particolato (PCM)»: tentativo di manipolazione del sistema di post-trattamento del particolato di un motore o il malfunzionamento di tale sistema, forse dovuto a manipolazioni, che una volta individuato richiede, a norma del presente regolamento, l'attivazione di un segnale di avviso o di un sistema di persuasione;

8) «famiglia di motori PCD»: un raggruppamento di motori, stabilito dal costruttore, avente metodi comuni di monitoraggio/diagnosi dei PCM;

9) «scanner»: apparecchiatura di prova esterna usata per la comunicazione esterna tra il sistema NCD e il sistema PCD.

▼B

1.2. Temperatura ambiente

Fermo restando quanto stabilito dall'articolo 2, paragrafo 7, quando si fa riferimento alla temperatura ambiente in relazione ad ambienti diversi da un laboratorio, si applicano le seguenti disposizioni:

1.2.1. Per un motore installato su un banco di prova la temperatura ambiente deve essere la temperatura dell'aria di combustione fornita al motore, a monte di qualsiasi componente del motore sottoposto a prova.

1.2.2. Per un motore installato su una macchina mobile non stradale la temperatura ambiente deve essere la temperatura dell'aria immediatamente a contatto con il perimetro esterno della macchina stessa.

2. **Requisiti tecnici relativi alle strategie di controllo delle emissioni**

2.1. La presente parte 2 si applica per i motori a controllo elettronico delle categorie NRE, NRG, IWP, IWA, RLL e RLR, conformi ai limiti di emissione della «fase V» di cui all'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628 e che usano il controllo elettronico per determinare sia la quantità, sia la fasatura dell'iniezione di carburante o che utilizzano il controllo per attivare, disattivare o modulare il sistema di controllo delle emissioni usato per ridurre gli NO_x.

2.2. Requisiti relativi alla strategia di base per il controllo delle emissioni

2.2.1. La strategia di base per il controllo delle emissioni deve essere concepita in modo che, in condizioni di impiego normali, il motore sia conforme alle prescrizioni del presente regolamento. L'impiego normale non si limita alle condizioni di controllo di cui al punto 2.4.

2.2.2. Strategie di base per il controllo delle emissioni sono, tra le altre, le carte e gli algoritmi per il controllo:

a) della tempistica dell'iniezione di carburante dell'accensione (fasatura del motore);

b) del ricircolo dei gas di scarico (EGR);

c) del dosaggio del reagente catalitico per il sistema SCR.

2.2.3. È vietata qualsiasi strategia di base per il controllo delle emissioni che possa operare una distinzione tra il funzionamento del motore in sede di prova di omologazione UE standardizzata e altre condizioni di funzionamento e possa di conseguenza ridurre il livello di controllo delle emissioni quando il motore non funziona nelle condizioni effettivamente contemplate dalla procedura di omologazione UE.

▼M2

2.2.3.1. In deroga al punto 2.2.3, per le (sotto)categorie di motori che non sono sottoposti a cicli di prova transitori non stradali ai fini dell'omologazione UE, la strategia di base per il controllo delle emissioni può individuare i casi in cui si verifichino condizioni di funzionamento transitorie e applicare la corrispondente strategia per il controllo delle emissioni. In questo caso la strategia per il controllo delle emissioni deve essere inclusa nella descrizione completa della strategia di base per il controllo delle emissioni di cui all'allegato I, punto 1.4, del regolamento (UE) 2017/656 e nelle informazioni riservate relative alla strategia per il controllo delle emissioni che figura nell'appendice 2 di tale allegato.

2.2.4. Al momento della prova di omologazione UE il costruttore deve dimostrare al servizio tecnico, sulla base della documentazione di cui al punto 2.6, che il funzionamento della strategia di base per il controllo delle emissioni rispetta le disposizioni della presente parte.

▼B

2.3. Requisiti relativi alla strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni

▼M2

2.3.1. Un motore o una macchina mobile non stradale possono attivare una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni purché tale strategia ausiliaria:

▼B

2.3.1.1. non riduca in via permanente l'efficacia del sistema di controllo delle emissioni;

2.3.1.2. funzioni soltanto al di fuori delle condizioni di controllo di cui ai punti 2.4.1, 2.4.2 o 2.4.3 per gli scopi definiti al punto 2.3.5 e solo fintanto che ciò sia necessario a tali scopi, ad eccezione di quanto consentito dai punti 2.3.1.3, 2.3.2 e 2.3.4;

2.3.1.3. sia attivata solo eccezionalmente nelle condizioni di controllo di cui, rispettivamente, ai punti 2.4.1, 2.4.2 o 2.4.3, sia stata dimostrata necessaria agli scopi identificati al punto 2.3.5, sia stato approvata dall'autorità di omologazione e non sia attivata più a lungo di quanto necessario a tali scopi.

2.3.1.4. assicuri un livello di prestazioni del sistema di controllo delle emissioni che sia il più vicino possibile a quello fornito dalla strategia di base di controllo delle emissioni.

2.3.2. Se la strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni si attiva durante la prova di omologazione UE, l'attivazione non deve avvenire solamente di fuori delle condizioni di controllo di cui al punto 2.4 e il suo scopo non deve essere limitato ai criteri di cui al punto 2.3.5.

2.3.3. Se la strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni non si attiva durante la prova di omologazione UE, deve essere dimostrato che tale strategia è attiva solo finché necessario per gli scopi di cui al punto 2.3.5.

2.3.4. Funzionamento a freddo

È possibile attivare una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni su un motore dotato di ricircolo dei gas di scarico (EGR), a prescindere dalle condizioni di controllo di cui al punto 2.4, se la temperatura ambiente è inferiore a 275 K (2 °C) e se è soddisfatto uno dei due criteri seguenti:

a) la temperatura del collettore di aspirazione è pari o inferiore alla temperatura definita con la seguente equazione: $IMT_c = P_{IM} / 15{,}75 + 304{,}4$, dove: IMT_c è la temperatura calcolata del collettore di aspirazione espressa in K, e P_{IM} è la pressione assoluta del collettore di aspirazione espressa in kPa;

b) la temperatura del refrigerante del motore è pari o inferiore alla temperatura definita con la seguente equazione: $ECT_c = P_{IM} / 14{,}004 + 325{,}8$, dove: ECT_c è la temperatura calcolata del refrigerante del motore espressa in K, e P_{IM} è la pressione assoluta del collettore di aspirazione espressa in kPa.

2.3.5. Ad eccezione di quanto consentito dal punto 2.3.2, una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni può essere attivata solo per i seguenti scopi:

a) mediante segnali di bordo per proteggere da danni il motore (compreso il dispositivo di trattamento dell'aria) e/o la macchina mobile non stradale su cui il motore è installato;

b) per motivi di sicurezza operativa;

c) per prevenire emissioni eccessive, in fase di avviamento a freddo, di riscaldamento o di spegnimento;

▼B

d) in specifiche condizioni ambientali o di funzionamento e a scapito del controllo di un inquinante regolamentato, per mantenere tutti gli altri inquinanti regolamentati entro i valori limite di emissione appropriati per il motore in questione. La finalità è compensare fenomeni naturali in modo da assicurare un controllo accettabile di tutti i componenti delle emissioni.

2.3.6. Al momento della prova di omologazione UE il costruttore deve dimostrare al servizio tecnico che il funzionamento dell'eventuale strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni è conforme alle disposizioni della presente parte. La dimostrazione deve consiste di una valutazione della documentazione di cui al punto 2.6.

2.3.7. È vietato l'uso di una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni non conforme ai punti da 2.3.1 a 2.3.5.

2.4. Condizioni di controllo

Le condizioni di controllo specificano un intervallo relativo all'altitudine, alla temperatura ambiente e al refrigerante del motore che determina se le strategie ausiliarie per il controllo delle emissioni possano essere attivate in via generale o eccezionale conformemente al punto 2.3.

Le condizioni di controllo specificano una pressione atmosferica misurata come pressione statica atmosferica assoluta (su umido o secco) («pressione atmosferica»).

2.4.1. Condizioni di controllo per i motori delle categorie IWP e IWA:

a) altitudine non superiore a 500 metri (o equivalente pressione atmosferica di 95,5 kPa);

b) temperatura ambiente compresa tra 275 K e 303 K (2 °C-30 °C);

c) temperatura del refrigerante del motore superiore a 343 K (70 °C).

2.4.2. Condizioni di controllo per i motori della categoria RLL:

a) altitudine non superiore a 1 000 metri (o equivalente pressione atmosferica di 90 kPa);

b) temperatura ambiente compresa tra 275 K e 303 K (2 °C-30 °C);

c) temperatura del refrigerante del motore superiore a 343 K (70 °C).

2.4.3. Condizioni di controllo per i motori delle categorie NRE, NRG e RLR:

a) pressione atmosferica pari o superiore a 82,5 kPa;

b) temperature ambiente compresa nel seguente intervallo:

— pari o superiore a 266 K (– 7 °C),

— pari o inferire alla temperatura determinata dalla seguente equazione alla pressione atmosferica specificata: $T_c = – 0{,}4514 \times (101{,}3 – P_b) + 311$, dove: T_c è la temperatura ambiente calcolata [K] e P_b è la pressione atmosferica [kPa];

c) temperatura del refrigerante del motore superiore a 343 K (70 °C).

2.5. Se si usa il sensore della temperatura dell'aria di aspirazione del motore per stimare la temperatura dell'aria ambiente, lo scarto normale tra due punti di misurazione deve essere valutato per un determinato tipo di motore o una famiglia di motori. Se utilizzato, la temperatura dell'aria di aspirazione misurata deve essere corretta di un valore corrispondente allo scarto nominale, al fine di stimare l'aria ambiente per un'installazione che usa il tipo di motore o la famiglia di motori specificati.

▼B

La valutazione dello scarto deve essere effettuata affidandosi alla buona pratica ingegneristica in base a elementi tecnici (calcoli, simulazioni, risultati sperimentali, dati ecc.) comprendenti:

a) Le categorie tipiche di macchine mobili non stradali sulle quali sarà installato il motore di un determinato tipo o di una determinata famiglia; e

b) le istruzioni di montaggio fornite all'OEM dal costruttore.

Una copia della valutazione deve essere messa a disposizione dell'autorità di omologazione, su sua richiesta.

2.6. Documentazione richiesta

▼M2

_____

2.6.1. Il costruttore deve rispettare i requisiti di documentazione stabiliti nell'allegato I, parte A, punto 1.4, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 e nell'appendice 2 del medesimo allegato.

2.6.2. Il costruttore provvede a che tutti i documenti utilizzati a tal fine siano contrassegnati da un numero di identificazione e riportino la data di rilascio. Egli informa l'autorità di omologazione di qualsiasi variazione dei dati registrati. In tal caso rilascia una versione aggiornata dei documenti interessati, in cui le pagine pertinenti sono contrassegnate chiaramente in modo da indicare la data della revisione e la natura della modifica o, in alternativa, una nuova versione consolidata corredata di un indice contenente una descrizione dettagliata e la data di ciascuna modifica.

▼B

3. **Requisiti tecnici relativi alle misure di controllo degli NO_x**

3.1. La presente parte 3 si applica per i motori a controllo elettronico delle categorie NRE, NRG, IWP, IWA, RLL e RLR, conformi ai limiti di emissione della «fase V» di cui all'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628 e che usano il controllo elettronico per determinare sia la quantità, sia la fasatura dell'iniezione di carburante o che utilizzano il controllo per attivare, disattivare o modulare il sistema di controllo delle emissioni usato per ridurre gli NO_x.

3.2. Il costruttore deve fornire informazioni che descrivano compiutamente le caratteristiche operative funzionali delle misure di controllo degli NO_x avvalendosi dei documenti di cui all'allegato I del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656.

3.3. La strategia di controllo degli NO_x deve funzionare in tutte le condizioni ambientali normalmente presenti nel territorio dell'Unione, in particolare alle basse temperature ambiente.

3.4. Se si usa un reagente, il costruttore deve dimostrare che l'emissione di ammoniaca nel ciclo di prova previsto della procedura di omologazione UE non supera un valore medio di 25 ppm per i motori della categoria RLL e 10 ppm per i motori di tutte le altre categorie applicabili.

3.5. Se su una macchina mobile non stradale sono installati serbatoi di reagente, o serbatoi siffatti sono a essa collegati, indicare il mezzo per prelevare il campione di reagente all'interno dei serbatoi. Il punto di prelievo del campione deve essere facilmente accessibile senza richiedere l'utilizzo di strumenti o dispositivi speciali.

3.6. Oltre ai requisiti di cui ai punti da 3.2 a 3.5, si applicano le seguenti disposizioni:

▼B

a) per i motori della categoria NRG, i requisiti tecnici di cui all'appendice 1;

b) per i motori della categoria NRE:

i) i requisiti di cui all'appendice 2 se il motore è destinato a essere usato esclusivamente al posto di motori della «fase V» delle categorie IWP e IWA, conformemente all'articolo 4, paragrafo 1, punto 1, lettera b), del regolamento (UE) 2016/1628; oppure

ii) i requisiti di cui all'appendice 1 per i motori non compresi dal sottopunto i);

c) per i motori delle categorie IWP, IWA e RLR i requisiti tecnici di cui all'appendice 2;

d) per i motori della categoria RLL, i requisiti tecnici di cui all'appendice 3.

4. **Requisiti tecnici relativi alle misure di controllo del particolato inquinante**

4.1. La presente parte si applica ai motori delle sottocategorie soggette a limitazioni del PN conformemente ai limiti di emissione della «fase V» di cui all'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628, dotati di un sistema di post-trattamento del particolato. Nei casi in cui il sistema di controllo degli NO_x e il sistema di controllo del particolato condividono gli stessi componenti fisici (per esempio stesso substrato SCR su filtro, lo stesso sensore della temperatura dei gas di scarico, ecc.), i requisiti della presente parte non si applicano ad alcuna componente o ad alcun malfunzionamento in cui, dopo aver esaminato la valutazione motivata fornita dal costruttore, l'autorità di omologazione conclude che un malfunzionamento del controllo del particolato nel campo di applicazione della presente parte comporterebbe un malfunzionamento corrispondente del controllo degli NO_x nel campo di applicazione della parte 3.

4.2. I dettagli dei requisiti tecnici relativi alle misure di controllo del particolato inquinante sono specificati all'appendice 4.

▼B

Appendice 1

Requisiti tecnici aggiuntivi per le misure di controllo degli NO_x per i motori delle categorie NRE e NRG, compreso il metodo di dimostrazione di tali strategie

1. **Introduzione**

La presente appendice stabilisce requisiti aggiuntivi al fine di assicurare il corretto funzionamento delle misure di controllo degli NO_x. Essa comprende requisiti destinati a motori che utilizzano un reagente per ridurre le emissioni. L'omologazione UE è subordinata all'applicazione delle pertinenti disposizioni relative alle istruzioni per l'operatore, ai documenti di installazione, al sistema di allerta dell'operatore, ai sistemi di persuasione e all'antigelo del reagente di cui alla presente appendice.

2. **Requisiti generali**

Il motore deve essere munito di un sistema diagnostico di controllo degli NO_x (NCD) in grado di individuare malfunzionamenti del controllo degli NO_x (NCM). I motori che rientrano nella presente parte 2 devono essere progettati, costruiti e installati in modo da soddisfare i requisiti qui indicati per tutta la consueta durata di vita del motore in condizioni di utilizzo normali. Nel conseguire questo obiettivo è accettabile che motori utilizzati al di là del periodo di durabilità delle emissioni, di cui all'allegato V, del regolamento, (UE) 2016/1628, mostrino un certo deterioramento delle prestazioni e della sensibilità del sistema diagnostico di controllo degli NO_x (NCD), per cui le soglie di cui al presente allegato possono essere superate prima dell'attivazione del sistema di allerta e/o di persuasione.

2.1. Informazioni richieste

2.1.1. Se il sistema di controllo delle emissioni richiede l'uso di un reagente, allora il tipo, la concentrazione (in caso di reagente in soluzione), la temperatura di funzionamento e il riferimento a norme internazionali per quanto concerne la composizione, la qualità e altre caratteristiche di tale reagente, devono essere precisate dal costruttore conformemente alle disposizioni dell'allegato I, parte B, del regolamento di esecuzione 2017/656 sui requisiti amministrativi.

2.1.2. Al momento dell'omologazione UE, l'autorità di omologazione deve disporre di informazioni dettagliate scritte ed esaurienti sulle caratteristiche operative e funzionali del sistema di allerta dell'operatore di cui alla parte 4 e del sistema di persuasione di cui alla parte 5.

2.1.3. Il costruttore deve fornire agli OEM la documentazione contenente le istruzioni di installazione del motore sulla macchina mobile non stradale in modo tale che il motore, il sistema di controllo delle emissioni e le parti della macchina mobile non stradale funzionino in conformità ai requisiti della presente appendice. Tale documentazione deve comprendere i requisiti tecnici dettagliati del motore (software, hardware e comunicazione) necessari alla corretta installazione del motore sulla macchina mobile non stradale.

2.2. Condizioni operative

▼M2

2.2.1. Il monitoraggio del livello del reagente nel serbatoio deve avvenire in tutte le condizioni in cui la misurazione è tecnicamente fattibile (ad esempio in tutte le condizioni in cui un reagente liquido non sia congelato).

▼M2

2.2.2. L'antigelo del reagente deve essere utilizzato a temperature ambienti pari o inferiori a 266 K (– 7 °C).

2.2.3. Tutti gli elementi del sistema diagnostico di controllo degli NO_x diversi da quelli elencati ai punti 2.2.1 e 2.2.2 devono, come minimo, essere operativi nelle condizioni di controllo applicabili di cui al punto 2.4 del presente allegato per ciascuna categoria di motori. Il sistema diagnostico deve rimanere operativo al di fuori di tale intervallo, laddove tecnicamente possibile.

▼B

2.3. Antigelo del reagente

▼M2

2.3.1. È consentito l'uso di un serbatoio e di un sistema di dosaggio del reagente, siano essi riscaldati o non riscaldati. Un sistema riscaldato deve soddisfare i requisiti di cui ai punti da 2.3.2.2 a 2.3.2.2.4. Un sistema non riscaldato deve soddisfare i requisiti di cui al punto 2.3.2.3.

▼B

2.3.1.1. L'uso di un serbatoio del reagente e di un sistema di distribuzione del reagente non riscaldato deve essere indicato nelle istruzioni scritte consegnate all'utilizzatore finale della macchina mobile non stradale.

2.3.2. Serbatoio e sistema di distribuzione del reagente

2.3.2.1. Se il reagente è congelato, deve essere utilizzabile al massimo entro 70 minuti dopo l'avviamento del motore a una temperatura ambiente di 266 K (– 7 °C).

▼M2

2.3.2.2. Criteri di progettazione di un sistema riscaldato

Un sistema riscaldato va progettato in modo da soddisfare i requisiti di prestazione di cui ai punti da 2.3.2 a 2.3.2.2.4 se sottoposto a prova secondo la procedura definita.

▼B

2.3.2.2.1. Il serbatoio e il sistema di distribuzione del reagente devono essere stabilizzati a 255 K (– 18 °C) per 72 ore oppure finché il reagente non sia solidificato, se questo evento si verifica prima.

2.3.2.2.2. Trascorso il periodo di stabilizzazione di cui al punto 2.3.2.2.1, la macchina mobile non stradale/il motore viene avviato e fatto funzionare alla temperatura ambiente di 266 K (– 7 °C), o inferiore, come segue:

a) da 10 a 20 minuti, al minimo; seguiti da

b) fino a 50 minuti a un carico nominale non superiore al 40 %.

2.3.2.2.3. Al termine della procedura di prova di cui al punto 2.3.2.2.2, il sistema di distribuzione del reagente deve essere pienamente operativo.

▼M2

2.3.2.2.4. La valutazione dei criteri di progettazione può avvenire nella camera di prova fredda, utilizzando una macchina mobile non stradale intera o parti rappresentative di quelle destinate a essere montate su una macchina mobile non stradale, oppure con prove sul campo.

2.3.2.3. Attivazione del sistema di allerta e di persuasione dell'operatore per un impianto non riscaldato.

▼M2

2.3.2.3.1. Il sistema di allerta dell'operatore di cui ai punti da 4 a 4.9 deve attivarsi se non avviene alcun dosaggio del reagente a una temperatura ambiente ≤ 266 K (– 7°C).

2.3.2.3.2. Il sistema di persuasione di livello «grave» di cui al punto 5.4 deve attivarsi se, entro un massimo di 70 minuti dall'avviamento del motore, non avviene alcun dosaggio del reagente a una temperatura ambiente ≤ 266 K (– 7 °C).

———————

▼B

2.4. Requisiti del sistema diagnostico

2.4.1. Il sistema diagnostico di controllo degli NO_x (NCD) deve essere in grado di individuare i malfunzionamenti del controllo degli NO_x (NCM), mediante codici diagnostici di guasto (DTC), memorizzati nel computer, e, su richiesta, di comunicare tali dati all'esterno del veicolo.

2.4.2. Requisiti di registrazione dei codici diagnostici di guasto (DTC)

2.4.2.1. Il sistema NCD deve registrare un DTC per ogni singolo malfunzionamento del controllo degli NO_x (NCM).

2.4.2.2. Entro 60 minuti di funzionamento del motore, il sistema NCD deve stabilire se esiste un malfunzionamento rilevabile, nel qual caso deve memorizzare un DTC «confermato e attivo» e attivare il sistema di allerta secondo le modalità di cui alla parte 4.

2.4.2.3. Se occorrono più di 60 minuti di funzionamento perché i sistemi di monitoraggio individuino e confermino un NCM (ad es. se tali sistemi usano modelli statistici o misurano il consumo di fluidi della macchina mobile non stradale), l'autorità di omologazione può autorizzare un periodo di monitoraggio più lungo, purché il costruttore ne giustifichi la necessità (ad es. motivi tecnici, risultati sperimentali, esperienze acquisite, ecc.).

2.4.3. Requisiti relativi alla cancellazione dei codici diagnostici di guasto (DTC)

a) Il sistema NCD non deve poter cancellare i DTC dalla memoria del computer finché non sia stato risolto il guasto relativo a tale DTC.

b) Il sistema NCD può cancellare tutti i DTC su comando di uno scanner o di uno strumento di manutenzione forniti su richiesta dal costruttore del motore o ricorrendo a un codice fornito dal costruttore del motore.

2.4.4. Un sistema NCD non deve essere programmato o comunque progettato per disattivarsi del tutto o in parte in base all'età della macchina mobile non stradale durante la vita effettiva del motore, né deve contenere algoritmi o strategie tese a ridurre la sua efficacia nel tempo.

2.4.5. Tutti i codici riprogrammabili del computer e i parametri operativi del sistema NCD devono essere antimanomissione.

▼B

2.4.6. Famiglia di motori NCD

Spetta al costruttore determinare la composizione di una famiglia di motori NCD. Il raggruppamento dei motori in una famiglia di motori NCD deve fondarsi su criteri di buona pratica ingegneristica e deve essere subordinato all'approvazione dell'autorità di omologazione

Motori anche non appartenenti alla stessa famiglia di motori possono tuttavia appartenere alla stessa famiglia di motori NCD.

2.4.6.1. Parametri che definiscono una famiglia di motori NCD

Una famiglia di motori NCD è caratterizzata da parametri fondamentali di progetto che devono essere comuni a tutti i motori che ne fanno parte.

Si considerano appartenenti alla stessa famiglia di motori NCD i motori che hanno in comune i seguenti parametri fondamentali:

a) i sistemi di controllo delle emissioni;

b) i metodi di monitoraggio NCD;

c) i criteri per il monitoraggio NCD;

d) i parametri di monitoraggio (ad es. frequenza).

Queste similarità devono essere provate dal costruttore per mezzo di opportune dimostrazioni tecniche o altre procedure e devono essere sottoposte all'autorità di omologazione per approvazione.

Il fabbricante può chiedere che l'autorità di omologazione autorizzi differenze meno rilevanti nei metodi di monitoraggio/diagnosi del sistema NCD dovute a variazioni nel modo di configurare il motore, se ritiene somiglianti tali metodi e se essi differiscono solo per soddisfare caratteristiche specifiche delle componenti considerate (p.es. dimensione, flusso dei gas di scarico ecc.); o se le somiglianze sono emerse grazie alla buona pratica ingegneristica.

3. **Requisiti relativi alla manutenzione**

▼M2

3.1. L'OEM deve fornire a tutti gli utilizzatori finali di nuove macchine mobili non stradali istruzioni scritte sul sistema di controllo delle emissioni e sul suo corretto funzionamento, in conformità all'allegato XV.

▼B

4. **Sistema di allerta dell'operatore**

4.1. La macchina mobile non stradale deve essere munita di un sistema di allerta dell'operatore che informi, con segnali luminosi, se il livello o la qualità del reagente sono insufficienti, se la sua distribuzione si è interrotta o se è presente un malfunzionamento del tipo di cui alla parte 9 che attiverà il sistema di persuasione dell'operatore se non viene riparato tempestivamente. Il sistema di allerta deve restare attivo anche dopo l'attivazione del sistema di persuasione dell'operatore di cui alla parte 5.

4.2. Il segnale di avviso deve essere diverso da quello usato per segnalare malfunzionamenti o interventi di manutenzione del motore, ma può essere veicolato dallo stesso sistema di allerta.

▼B

4.3. Il sistema di allerta dell'operatore può consistere in un uno o più segnali luminosi oppure nella visualizzazione di brevi messaggi, tra i quali, ad esempio, messaggi indicanti:

a) il tempo restante fino all'attivazione dei sistemi di persuasione con segnale di livello «non grave» e/o «grave»;

b) l'intensità dell'intervento del sistema di persuasione di livello «non grave» e/o «grave»: ad esempio, l'eventuale riduzione della coppia;

c) le condizioni alle quali la disattivazione della macchina mobile non stradale può essere sbloccata.

Se vengono visualizzati messaggi, il sistema usato per visualizzarli può essere lo stesso usato per altri interventi di manutenzione.

4.4. Per avvertire l'operatore, il costruttore può facoltativamente completare il sistema di allerta con segnali acustici. All'operatore è consentito sopprimere i segnali acustici.

4.5. Il sistema di allerta dell'operatore si attiva nei modi specificati rispettivamente ai punti 2.3.3.1, 6.2, 7.2, 8.4 e 9.3.

4.6. Il sistema di persuasione dell'operatore deve disattivarsi al cessare delle condizioni che ne hanno provocato l'attivazione. Il sistema di allerta dell'operatore non deve disattivarsi automaticamente senza che siano state risolte le cause della sua attivazione.

4.7. Il sistema di allerta può essere interrotto temporaneamente da altri segnali di allerta che trasmettano messaggi importanti per la sicurezza.

4.8. Ulteriori informazioni relative alle procedure di attivazione e di disattivazione del sistema di allerta dell'operatore sono descritte alla parte 11.

4.9. Nella domanda di omologazione UE a norma del presente regolamento, il costruttore deve dimostrare il funzionamento del sistema di allerta come specificato nella parte 10.

5. **Sistema di persuasione dell'operatore**

5.1. Il motore è munito di un sistema di persuasione dell'operatore fondato su uno dei seguenti principi:

5.1.1. un sistema di persuasione a due stadi, che inizi con un segnale di persuasione di livello «non grave» (riduzione delle prestazioni) seguito da un segnale di persuasione di livello «grave» (effettiva interruzione del funzionamento della macchina mobile non stradale);

5.1.2. un sistema di persuasione a uno stadio con segnale di livello «grave» (effettiva interruzione del funzionamento della macchina mobile non stradale) attivato alle condizioni di un sistema di persuasione con segnale di livello «non grave», come specificato ai punti 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1 e 9.4.1.

Se il costruttore sceglie di spegnere il motore per soddisfare il requisito di persuasione a uno stadio, allora il segnale relativo al livello del reagente può essere attivato, a discrezione del costruttore, alle condizioni descritte al punto 6.3.2 anziché alle condizioni del punto 6.3.1.

▼B

5.2. Il motore può essere munito di un dispositivo che disattivi la persuasione dell'operatore a condizione che siano soddisfatti i requisiti di cui al punto 5.2.1.

5.2.1 Il motore può essere munito di un dispositivo che disattivi temporaneamente la persuasione dell'operatore durante un'emergenza dichiarata dal governo nazionale o regionale, dai loro servizi di emergenza o dalle loro forze armate.

5.2.1.1. Tutte le seguenti condizioni si applicano se il motore è munito di un dispositivo che disattivi temporaneamente la persuasione dell'operatore:

a) il sistema di persuasione dell'operatore può essere disattivato dall'operatore stesso per un periodo massimo pari a 120 ore di funzionamento;

b) il metodo di attivazione deve essere progettato in modo da impedirne l'azionamento accidentale grazie a una doppia azione volontaria e deve essere chiaramente contrassegnato almeno con l'avvertenza «USARE SOLO IN CASO DI EMERGENZA»;

c) la disattivazione deve essere annullata automaticamente allo scadere delle 120 ore e l'operatore deve avere la possibilità di annullare manualmente la disattivazione se l'emergenza è terminata;

d) allo scadere delle 120 ore di funzionamento non deve più essere possibile disattivare il sistema di persuasione a meno che la funzione di disattivazione non sia stata ripristinata con un codice di sicurezza temporaneo del costruttore o la centralina elettronica di controllo sia stata riconfigurata da un tecnico di servizio qualificato oppure per mezzo di un elemento di sicurezza equivalente unico per ogni motore;

e) il numero totale e la durata degli azionamenti del sistema di disattivazione deve essere salvato su una memoria elettronica non volatile o su contatori in modo da garantire che le informazioni non possano essere cancellate intenzionalmente. Le autorità nazionali di controllo devono poter leggere tali registrazioni con uno scanner;

▼M2

e *bis*) una descrizione delle modalità di accesso alle registrazioni di cui alla lettera e) e un metodo di lettura di tali registrazioni devono essere inclusi nella documentazione informativa di cui all'allegato I, parte A, del regolamento (UE) 2017/656;

▼B

f) il costruttore deve tenere un registro di ogni richiesta di ripristino del dispositivo di disattivazione temporanea del sistema di persuasione e, su richiesta, deve mettere tale registro a disposizione della Commissione o delle autorità nazionali.

5.3. Sistema di persuasione di livello «non grave»

5.3.1. Il sistema di persuasione con segnale di livello «non grave» deve attivarsi quando si verifica una qualsiasi delle condizioni specificate ai punti 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1 e 9.4.1.

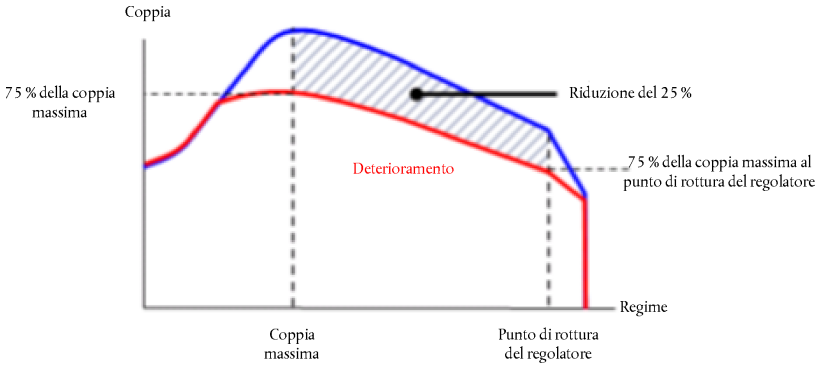
5.3.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello «non grave» deve ridurre gradualmente la coppia massima disponibile nell'intervallo del regime del motore almeno del 25 % tra il regime di rotazione di coppia massima e il punto d'intervento del regolatore di cui alla figura 4.1. Il tasso di riduzione della coppia non deve essere inferiore all'1 % al minuto.

▼B

5.3.3. Si possono usare altre misure di persuasione che siano state presentate all'autorità di omologazione e abbiano lo stesso segnale di gravità o uno maggiore.

Figura 4.1

Diagramma di riduzione della coppia nel sistema di persuasione con segnale di livello «non grave»



5.4. Sistema di persuasione di livello «grave»

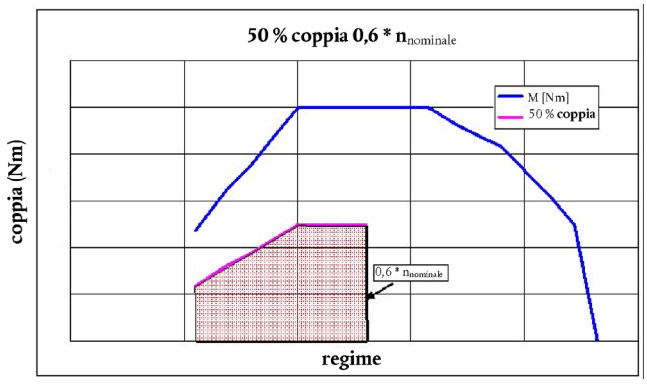
5.4.1. Il sistema di persuasione con segnale di livello «grave» deve attivarsi quando si verifica una delle condizioni specificate ai punti 2.3.3.2, 6.3.2, 7.3.2, 8.4.2 e 9.4.2.

5.4.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello «grave» deve ridurre le prestazioni della macchina mobile non stradale a livelli sufficientemente onerosi da indurre l'operatore a risolvere i problemi di cui alle parti da 6 a 9. Sono accettabili le seguenti strategie:

5.4.2.1. La coppia del motore tra il regime di coppia massima e il punto d'intervento del regolatore deve essere gradualmente ridotta in misura non inferiore all'1 % al minuto e passare da una coppia di livello «non grave» (figura 4.1) a non più del 50 % della coppia massima; mentre per i motori a regime variabile il regime del motore deve essere gradualmente ridotto a non più del 60 % del regime nominale (figura 4.2) nello stesso periodo di tempo in cui viene ridotta la coppia.

Figura 4.2

Diagramma di riduzione della coppia nel sistema di persuasione con segnale di livello «grave»



5.4.2.2. Si possono usare altre misure di persuasione che siano state presentate all'autorità di omologazione e abbiano lo stesso segnale di gravità o uno maggiore.

▼B

5.5. Per ragioni di sicurezza e per consentire diagnosi autoriparatrici, è ammesso l'uso di una funzione di superamento del sistema di persuasione per ottenere l'intera potenza, purché:

a) sia attiva per non più di 30 minuti; e

b) sia limitata a 3 interventi durante ciascun periodo di attività del sistema di persuasione dell'operatore.

5.6. Il sistema di persuasione dell'operatore deve disattivarsi quando cessano le condizioni che ne hanno provocato l'attivazione. Il sistema di persuasione dell'operatore deve disattivarsi automaticamente senza che siano state risolte le cause della sua attivazione.

5.7. Ulteriori informazioni relative alle procedure di attivazione e di disattivazione del sistema di persuasione dell'operatore sono descritte alla parte 11.

5.8. Nella domanda di omologazione UE a norma del presente regolamento, il costruttore deve dimostrare il funzionamento del sistema di persuasione come specificato alla parte 11.

6. **Disponibilità del reagente**

6.1. Indicatore di livello del reagente

La macchina mobile non stradale deve essere munita di un indicatore che informi chiaramente l'operatore del livello del reagente presente nell'apposito serbatoio. Per ottenere il livello minimo accettabile di prestazione dell'indicatore del reagente occorre che esso indichi in modo continuo il livello del reagente quando il sistema di allerta dell'operatore di cui alla parte 4 è attivato. L'indicatore del reagente può avere la forma di un display digitale o analogico e indicare il livello come percentuale della capacità del serbatoio, della quantità di reagente restante o della stima delle ore di funzionamento restanti.

6.2. Attivazione del sistema di allerta dell'operatore

6.2.1. Il sistema di allerta dell'operatore, di cui alla parte 4, deve attivarsi quando il livello del reagente scende al di sotto del 10 % (o a una percentuale superiore, a discrezione del costruttore) della capacità dell'apposito serbatoio.

6.2.2. Oltre all'indicatore del reagente, l'avvertimento fornito deve essere sufficientemente chiaro da far capire all'operatore che il livello del reagente è basso. Se il sistema di allerta comprende un sistema di visualizzazione di messaggi, il messaggio visualizzato deve indicare che il livello del reagente è basso (ad es. «livello d'urea basso», «livello di AdBlue basso» o «livello di reagente basso»).

6.2.3. Non è necessario che, inizialmente, il sistema di allerta dell'operatore sia sempre attivo (non occorre cioè che un messaggio sia costantemente esposto), ma l'attivazione deve farsi più frequente fino a un'intensità massima via via che il serbatoio si svuota e si avvicina il momento di attivazione del sistema di persuasione dell'operatore (ad es., frequenza con cui lampeggia una luce). Il tutto deve culminare con una notifica all'operatore, visualizzata a un livello scelto dal costruttore, che diventa più evidente quando entra in funzione il sistema di persuasione dell'operatore di cui al punto 6.3 rispetto al momento della sua prima attivazione.

▼B

6.2.4. Non deve essere possibile disattivare o ignorare facilmente l'avvertimento continuativo. Se il sistema di allerta comprende un sistema di visualizzazione di messaggi, deve essere visualizzato un messaggio esplicito (per esempio, «riempire il serbatoio di urea», «riempire il serbatoio di AdBlue» o «riempire il serbatoio di reagente»). L'avvertimento continuativo può essere temporaneamente interrotto da altri segnali di avvertimento che trasmettano messaggi importanti per la sicurezza.

6.2.5. Non deve essere possibile disattivare il sistema di allerta dell'operatore prima che il serbatoio del reagente sia stato riempito fino a un livello che impedisca l'attivazione del sistema.

6.3. Attivazione del sistema di persuasione dell'operatore

6.3.1. Il sistema di persuasione con segnale di livello «non grave» (di cui al punto 5.3) deve attivarsi quando il livello del serbatoio del reagente è inferiore al 2,5 % (o una percentuale maggiore, a discrezione del costruttore) della sua capacità nominale massima.

6.3.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello «grave» (di cui al punto 5.4) deve attivarsi quando il serbatoio del reagente è vuoto, ovvero quando il sistema di distribuzione non può più attingere reagente dal serbatoio (o a qualsiasi livello inferiore al 2,5 % della sua capacità nominale massima, a discrezione del costruttore).

6.3.3. Tranne nei casi consentiti al punto 5.5, non deve essere possibile disattivare il sistema di persuasione con segnali di livello «non grave» o «grave», prima che sia stato riempito il serbatoio del reagente fino a un livello che impedisca l'attivazione del sistema.

7. **Controllo della qualità del reagente**

7.1. Il motore o la macchina mobile non stradale devono essere muniti di mezzi in grado di determinare la presenza di un reagente non appropriato.

7.1.1. Il costruttore deve stabilire una concentrazione del reagente minima accettabile, CD_{min}, che dia luogo a emissioni di NO_x dallo scarico non superiori al valore più basso tra il limite di NO_x applicabile moltiplicato per 2,25 oppure il limite di NO_x applicabile addizionato di 1,5 g/kWh. Per le sottocategorie di motori con un limite combinato di HC e NO_x, il valore limite degli NO_x applicabile ai fini del presente punto deve essere il valore limite combinato di HC e NO_x ridotto di 0,19 g/kWh.

▼M2

7.1.1.1. Durante la dimostrazione di cui alla parte 13 occorre utilizzare il valore di CD_{min} specificato dal costruttore e registrato nella parte C della scheda informativa di cui all'allegato I del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656.

▼B

7.1.2. Qualsiasi concentrazione di reagente inferiore al CD_{min} deve essere individuata e considerata un reagente non appropriato ai fini del punto 7.1.

7.1.3. Per la qualità del reagente deve essere previsto un contatore dedicato, detto «contatore connesso alla qualità del reagente», che conta il numero di ore in cui il motore ha funzionato con un reagente non appropriato.

▼B

7.1.3.1. A discrezione del costruttore uno stesso contatore può essere usato, oltre che per il guasto legato alla qualità del reagente, anche per uno o più guasti elencati alle parti 8 e 9.

7.1.4. Ulteriori informazioni relative ai criteri e ai meccanismi di attivazione e disattivazione del contatore connesso alla qualità del reagente sono descritte alla parte 11.

7.2. Attivazione del sistema di allerta dell'operatore

Se il sistema di controllo conferma che la qualità del reagente non è appropriata, deve attivarsi il sistema di allerta dell'operatore descritto alla parte 4. Se il sistema di allerta comprende un sistema di visualizzazione di messaggi, deve essere visualizzato un messaggio indicante la ragione dell'avvertimento (ad es., «urea non appropriata». «AdBlue non appropriato» o «reagente non appropriato»).

7.3. Attivazione del sistema di persuasione dell'operatore

7.3.1. Il sistema di persuasione con segnale di livello «non grave» (di cui al punto 5.3) deve attivarsi se la qualità del reagente non viene corretta entro 10 ore di funzionamento del motore successive all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto 7.2.

7.3.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello «grave» (di cui al punto 5.4) deve attivarsi se la qualità del reagente non viene corretta entro 20 ore di funzionamento del motore successive all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto 7.2.

7.3.3. Se il malfunzionamento continua a ripetersi, il numero di ore che precedono l'attivazione dei sistemi di persuasione dovrà essere ridotto con il meccanismo descritto alla parte 11.

8. **Attività di distribuzione del reagente**

8.1. Il motore deve essere munito di un mezzo che accerti l'interruzione della distribuzione.

8.2. Contatore connesso all'attività di distribuzione del reagente

8.2.1. Per l'attività di distribuzione deve essere previsto un contatore dedicato, detto «contatore connesso all'attività di distribuzione», che conta il numero di ore in cui il motore ha funzionato durante l'interruzione dell'attività di distribuzione del reagente. Ciò non è necessario se l'interruzione è richiesta dalla centralina elettronica di controllo del motore perché le condizioni operative della macchina mobile non stradale sono tali che i livelli di emissione non richiedono distribuzione di reagente.

8.2.1.1. A discrezione del costruttore uno stesso contatore può essere usato, oltre che per il guasto legato alla distribuzione del reagente, anche per uno o più guasti elencati alle parti 7 e 9.

8.2.2. Ulteriori informazioni relative ai criteri e ai meccanismi di attivazione e disattivazione del contatore dell'attività di distribuzione del reagente sono descritte alla parte 11.

8.3. Attivazione del sistema di allerta dell'operatore

Il sistema di allerta dell'operatore descritto alla parte 4 deve attivarsi nel caso di un'interruzione della distribuzione che mette in funzione il contatore dell'attività di distribuzione del reagente secondo quanto descritto al punto 8.2.1. Se il sistema di allerta comprende un sistema di visualizzazione di messaggi, deve essere visualizzato un messaggio indicante la ragione dell'allerta (ad es., «malfunzionamento nella distribuzione dell'urea», «malfunzionamento nella distribuzione di AdBlue» o «malfunzionamento nella distribuzione del reagente»).

▼B

8.4. Attivazione del sistema di persuasione dell'operatore

8.4.1. Il sistema di persuasione con segnale di livello «non grave» (di cui al punto 5.3) deve attivarsi se l'interruzione della distribuzione del reagente non viene corretta entro 10 ore di funzionamento successive all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto 8.3.

8.4.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello «grave» (di cui al punto 5.4) deve attivarsi se l'interruzione della distribuzione del reagente non viene corretta entro 20 ore di funzionamento successive all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto 8.3.

8.4.3. Se il malfunzionamento continua a ripetersi, il numero di ore che precedono l'attivazione dei sistemi di persuasione dovrà essere ridotto con il meccanismo descritto alla parte 11.

▼M2

9. **Altri guasti attribuibili a manomissioni**

9.1. Oltre al livello del reagente nel relativo serbatoio, alla sua qualità e all'interruzione del suo dosaggio, devono essere monitorati i seguenti guasti perché potrebbero essere attribuiti a forme di manomissione:

a) guasti al sistema diagnostico di controllo degli NO_x (NCD), come descritto al punto 9.2.1;

b) guasti alla valvola del ricircolo dei gas di scarico (EGR), come descritto al punto 9.2.2.

9.2. Requisiti di monitoraggio e contatori

9.2.1. Sistema NCD

9.2.1.1. Il sistema diagnostico di controllo degli NO_x (NCD) deve essere monitorato per individuare guasti elettrici e la rimozione o disattivazione di qualsiasi sensore che impedisca di diagnosticare altri guasti di cui alle parti da 6 a 8 (monitoraggio dei componenti).

Un elenco non esaustivo dei sensori che influiscono sulla capacità diagnostica include quelli che misurano direttamente la concentrazione degli NO_x, i sensori della qualità dell'urea, i sensori ambientali e quelli usati per controllare l'attività di dosaggio del reagente, il suo livello o il suo consumo.

9.2.1.2. Un contatore va assegnato a ciascun errore di monitoraggio. I contatori del sistema NCD devono contare il numero di ore di funzionamento del motore durante le quali il DTC associato a un malfunzionamento del sistema NCD è risultato attivo. Uno stesso contatore può essere usato per diversi guasti del sistema NCD.

9.2.1.2.1. A discrezione del costruttore uno stesso contatore può essere usato, oltre che per i guasti al sistema NCD, anche per uno o più sistemi elencati nelle parti 7 e 8 e al punto 9.2.2.

9.2.1.3. Ulteriori informazioni relative ai criteri e ai meccanismi di attivazione e disattivazione dei contatori del sistema NCD sono descritte nella parte 11.

9.2.2. Valvola EGR ostruita

9.2.2.1. Il sistema di ricircolo dei gas di scarico (EGR) deve essere monitorato per individuare un'eventuale valvola EGR ostruita.

▼M2

9.2.2.2. Un contatore va assegnato a una valvola EGR ostruita. Il contatore della valvola EGR deve contare il numero di ore di funzionamento del motore durante le quali il DTC associato a una valvola EGR ostruita è risultato attivo.

9.2.2.2.1. A discrezione del costruttore uno stesso contatore può essere usato, oltre che per i guasti alla valvola EGR ostruita, anche per uno o più sistemi elencati nelle parti 7 e 8 e al punto 9.2.1.

9.2.2.3. Ulteriori informazioni relative ai criteri e ai meccanismi di attivazione e disattivazione del contatore della valvola EGR sono descritte alla parte 11.

▼B

9.3. Attivazione del sistema di allerta dell'operatore

Il sistema di allerta dell'operatore di cui alla parte 4 deve attivarsi se si verificano gli errori di cui al punto 9.1 e deve indicare la necessità di riparazioni urgenti. Se il sistema di allerta comprende un sistema di visualizzazione di messaggi, deve essere visualizzato un messaggio indicante la ragione dell'avvertimento (ad es., «distacco della valvola di distribuzione del reagente» o «guasto grave riguardante le emissioni»).

9.4. Attivazione del sistema di persuasione dell'operatore

9.4.1. Il sistema di persuasione con segnale di livello «non grave» (di cui al punto 5.3) deve attivarsi se il guasto specificato al punto 9.1 non viene corretto entro 36 ore di funzionamento del motore successive all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto 9.3.

9.4.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello «grave» (di cui al punto 5.4) deve attivarsi se il guasto specificato al punto 9.1 non viene corretto entro 100 ore di funzionamento del motore successive all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto 9.3.

9.4.3. Se il malfunzionamento continua a ripetersi, il numero di ore che precedono l'attivazione dei sistemi di persuasione dovrà essere ridotto con il meccanismo descritto alla parte 11.

▼M2

9.5. In alternativa ai requisiti di monitoraggio di cui al punto 9.2, il costruttore può monitorare i guasti utilizzando un sensore per gli NO_x posizionato nel sistema di scarico. In tal caso:

a) il valore degli NO_x al quale deve essere rilevato l'NCM non deve superare il valore più basso tra il limite di NO_x applicabile moltiplicato per 2,25 e il limite di NO_x applicabile addizionato di 1,5 g/kWh. Per le sottocategorie di motori con un limite combinato di HC e NO_x, il valore limite degli NO_x applicabile ai fini del presente punto deve essere il valore limite combinato di HC e NO_x ridotto di 0,19 g/kWh;

b) è consentito l'uso di un unico segnale di allerta, comprendente, ove si utilizzino messaggi, l'indicazione «livello di NO_x elevato - causa sconosciuta»,

c) al punto 9.4.1, il numero massimo di ore di funzionamento del motore tra l'attivazione del sistema di allerta dell'operatore e l'attivazione del sistema di persuasione di livello «non grave» deve essere ridotto a 10;

▼M2

d) al punto 9.4.2, il numero massimo di ore di funzionamento del motore tra l'attivazione del sistema di allerta dell'operatore e l'attivazione del sistema di persuasione di livello «grave» deve essere ridotto a 20.

▼B

10. **Requisiti relativi alla dimostrazione**

10.1. Aspetti generali

La conformità ai requisiti della presente appendice deve essere dimostrata durante l'omologazione UE effettuando, come illustrato nella tabella 4.1 e specificato nella presente parte 10:

a) una dimostrazione dell'attivazione del sistema d'allerta;

b) una dimostrazione dell'attivazione del sistema di persuasione con segnale di livello «non grave», se del caso

c) una dimostrazione dell'attivazione del sistema di persuasione con segnale di livello «grave».

10.2. Famiglie di motori e famiglie di motori NCD

La conformità di una famiglia di motori o di una famiglia di motori NCD ai requisiti della presente parte 10 può essere dimostrata sottoponendo a prova uno dei membri della famiglia in esame, purché il costruttore dimostri all'autorità di omologazione che i sistemi di controllo necessari a soddisfare i requisiti della presente appendice sono simili per l'intera famiglia.

▼M2

10.2.1. La dimostrazione della similarità dei sistemi di controllo per altri membri della famiglia di motori NCD può essere effettuata presentando alle autorità di omologazione elementi come algoritmi, analisi funzionali ecc.

▼B

10.2.2. Il motore da sottoporre a prova è scelto dal costruttore d'accordo con l'autorità di omologazione; tale motore può, ma non deve necessariamente, essere il motore capostipite della famiglia in esame.

▼M2

10.2.3. Se i motori di una famiglia di motori appartengono a una famiglia di motori NCD che ha già ottenuto l'omologazione UE di cui al punto 10.2.1 (figura 4.3), la conformità di tale famiglia di motori si ritiene dimostrata senza prove ulteriori, purché il costruttore dimostri all'autorità di omologazione che i sistemi di controllo necessari a soddisfare i requisiti della presente appendice sono simili nell'ambito delle famiglie di motori e di motori NCD considerate.

Tabella 4.1

Riepilogo dei contenuti della procedura di dimostrazione in conformità alle disposizioni dei punti 10.3 e 10.4

Meccanismo	Elementi dimostrativi
Attivazione del sistema di allerta di cui al punto 10.3	— 2 prove di attivazione (compresa la scarsità di reagente) — ulteriori elementi dimostrativi, a seconda dei casi
Attivazione del sistema di persuasione di livello «non grave» di cui al punto 10.4	— 2 prove di attivazione (compresa la scarsità di reagente) — ulteriori elementi dimostrativi, a seconda dei casi — 1 prova di riduzione della coppia

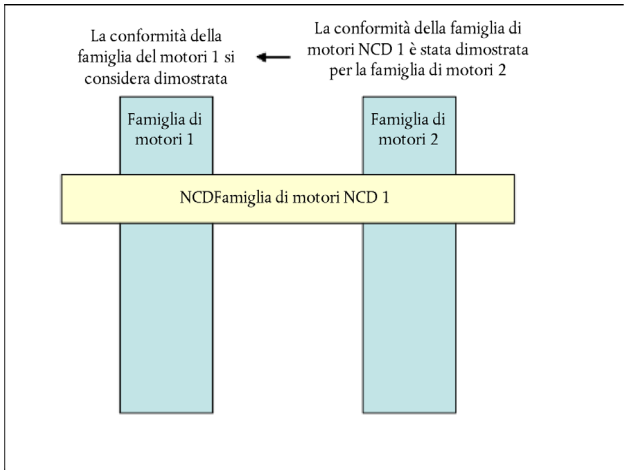
▼M2

Meccanismo	Elementi dimostrativi
Attivazione del sistema di persuasione di livello «grave» di cui al punto 10.4	— 2 prove di attivazione (compresa la scarsità di reagente) — ulteriori elementi dimostrativi, a seconda dei casi

▼B

Figura 4.3

Conformità di una famiglia di motori NCD dimostrata in precedenza



10.3. Dimostrazione dell'attivazione del sistema di allerta

▼M2

10.3.1. La conformità dell'attivazione del sistema di allerta deve essere dimostrata mediante l'esecuzione di due prove: una relativa alla scarsità di reagente e l'altra riguardante una categoria di guasti individuata nelle parti 7, 8 o 9.

10.3.2. Scelta dei guasti da sottoporre a prova tra quelli di cui alle parti 7, 8 o 9.

10.3.2.1. L'autorità di omologazione deve selezionare una categoria di guasti. Qualora venga selezionato un guasto tra quelli di cui alle parti 7 o 9, si applicano i requisiti aggiuntivi di cui rispettivamente ai punti 10.3.2.2 o 10.3.2.3.

10.3.2.2. Per dimostrare l'attivazione del sistema di allerta in caso di qualità non appropriata del reagente, deve essere scelto un reagente con una diluizione del principio attivo pari almeno a quella comunicata dal costruttore in conformità ai requisiti dei punti da 7 a 7.3.3.

10.3.2.3. Per dimostrare l'attivazione del sistema di allerta in caso di guasti attribuibili a manomissioni secondo la definizione di cui alla parte 9, la scelta deve avvenire in conformità ai requisiti che seguono:

10.3.2.3.1. il costruttore deve fornire all'autorità di omologazione un elenco di tali possibili guasti;

10.3.2.3.2. il guasto da prendere in considerazione nella prova deve essere selezionato dall'autorità di omologazione dall'elenco di cui al punto 10.3.2.3.1.

▼M2

10.3.3. Dimostrazione

10.3.3.1. Ai fini della presente dimostrazione, deve essere effettuata una prova distinta per la scarsità di reagente e per il guasto selezionato in conformità ai punti da 10.3.2 a 10.3.2.3.2.

▼B

10.3.3.2. Durante la prova, non deve manifestarsi alcun guasto oltre a quello oggetto della prova.

10.3.3.3. Prima di iniziare una prova, tutti i DTC devono essere stati cancellati.

10.3.3.4. Su richiesta del costruttore e d'accordo con l'autorità di omologazione, i guasti oggetto della prova possono essere simulati.

10.3.3.5. Individuazione dei guasti diversi dalla scarsità di reagente

Una volta in atto o simulati, i guasti diversi dalla scarsità di reagente si rilevano nel modo seguente.

10.3.3.5.1. Il sistema NCD deve rispondere all'introduzione di un guasto, ritenuto adeguato dall'autorità di omologazione a norma delle disposizioni della presente appendice. La dimostrazione si considera avvenuta se l'attivazione ha luogo entro due cicli di prova NCD consecutivi in conformità al punto 10.3.3.7.

Se la descrizione del monitoraggio precisa, e l'autorità di omologazione approva, che un sistema di monitoraggio specifico richiede più di due cicli di prova NCD per completare il monitoraggio, il numero di cicli di prova NCD può essere aumentato a tre.

Ogni singolo ciclo di prova NCD nella prova di dimostrazione può essere separato da un arresto del motore. Nel tempo che trascorre fino all'avviamento successivo si deve tener 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.

▼M2

10.3.3.5.2. L'attivazione del sistema di allerta si considera dimostrata se, alla fine di ogni prova di dimostrazione effettuata a norma del punto 10.3.3, il sistema di allerta si è attivato correttamente e il DTC per il guasto scelto ha lo status di «confermato e attivo».

▼B

10.3.3.6. Individuazione dei casi di scarsità di reagente

Per dimostrare l'attivazione del sistema di allerta in caso di scarsità di reagente, il motore deve funzionare per uno o più cicli di prova NCD a discrezione del costruttore.

10.3.3.6.1. La dimostrazione deve avere inizio con un livello di reagente nel serbatoio concordato tra il costruttore e l'autorità di omologazione ma comunque non inferiore al 10 % della capacità nominale del serbatoio.

10.3.3.6.2. Si ritiene che il sistema di allerta abbia funzionato correttamente se sono state soddisfatte simultaneamente le seguenti condizioni:

a) il sistema di allerta è stato attivato con una quantità di reagente pari o superiore al 10 % della capacità del relativo serbatoio; e

b) il sistema di allerta «continuativo» è stato attivato con una quantità di reagente pari o superiore al valore dichiarato dal costruttore conformemente alle prescrizioni della parte 6.

▼B

10.3.3.7. Ciclo di prova NCD

10.3.3.7.1. Il ciclo di prova NCD considerato nella presente parte 10 per dimostrare il corretto funzionamento del sistema NCD è il ciclo NRTC con avviamento a caldo per i motori delle sottocategorie NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5, NRE-v-6 e i cicli NRSC applicabili per tutte le altre categorie.

10.3.3.7.2. Su richiesta del costruttore e previo consenso dell'autorità di omologazione, per un controllo specifico è possibile usare un ciclo di prova NCD alternativo (ad es. diverso dai cicli NTRC o NRSC). La richiesta deve essere corredata di elementi (considerazioni tecniche, risultati di prove, simulazioni, ecc.) che dimostrino che:

a) il ciclo di prova richiesto dà luogo a un sistema di controllo capace di funzionare in condizioni di guida reali, e

b) il ciclo di prova NCD applicabile di cui al punto 10.3.3.7.1 è provatamente meno adatto per il controllo considerato.

10.3.4. L'attivazione del sistema d'allerta si considera dimostrata se alla fine di ogni prova di dimostrazione effettuata a norma del paragrafo 10.3.3, il sistema di allerta si è attivato correttamente.

10.4. Dimostrazione del sistema di persuasione

10.4.1. La dimostrazione del sistema di persuasione deve essere effettuata per mezzo di prove al banco.

10.4.1.1. Componenti o sottosistemi non fisicamente montati su un motore (tra gli altri, sensori della temperatura ambiente e del livello nonché sistemi di allerta e d'informazione dell'operatore), necessari all'esecuzione delle dimostrazioni, vanno a tal fine collegati al motore o simulati, in un modo che l'autorità di omologazione ritenga soddisfacente.

10.4.1.2. A discrezione del costruttore, d'accordo con l'autorità di omologazione, le prove di dimostrazione possono essere eseguite su una macchina mobile non stradale completa montandola su un banco di prova adatto o, fermo restando il punto 10.4.1, facendola funzionare su un percorso di prova in condizioni controllate.

▼M2

10.4.2. La sequenza di prova deve dimostrare l'attivazione del sistema di persuasione nel caso in cui si verifichi il guasto scelto dall'autorità di omologazione dall'elenco di cui al punto 10.3.2.1 per la prova del sistema di allerta.

10.4.3. Ai fini della presente dimostrazione:

a) d'accordo con l'autorità di omologazione, al costruttore può essere consentito di accelerare la prova simulando il raggiungimento di un certo numero di ore di funzionamento;

b) il conseguimento della riduzione della coppia richiesta dal sistema di persuasione di livello «non grave» può essere dimostrato contemporaneamente all'omologazione generale delle prestazioni del motore, effettuata a norma del presente regolamento. In tal caso non è richiesta alcuna misurazione separata della coppia durante la dimostrazione del sistema di persuasione;

c) il sistema di persuasione di livello «non grave» deve essere dimostrato in conformità ai requisiti del punto 10.4.5;

▼M2

d) il sistema di persuasione di livello «grave» deve essere dimostrato in conformità ai requisiti del punto 10.4.6.

▼B

10.4.4. Il costruttore deve inoltre dimostrare il funzionamento dei sistemi di persuasione nelle condizioni di guasto di cui alle parti 7, 8 o 9 ma alle quali non è stato fatto ricorso nelle prove di dimostrazione descritte ai paragrafi da 10.4.1 a 10.4.3.

Queste dimostrazioni aggiuntive possono essere effettuate presentando all'autorità di omologazione un caso tecnico, comprovato da algoritmi, analisi funzionali e risultati di prove precedenti.

10.4.4.1. Le dimostrazioni aggiuntive devono soprattutto documentare, in un modo che l'autorità di omologazione ritenga soddisfacente, l'integrazione nella centralina elettronica di controllo del corretto meccanismo di riduzione della coppia.

10.4.5. Prova di dimostrazione del sistema di persuasione con segnale di livello «non grave»

10.4.5.1. La dimostrazione inizia quando il sistema di allerta, o quando il pertinente sistema di allerta «continuativo», è stato attivato in seguito all'individuazione di un guasto scelto dall'autorità di omologazione.

10.4.5.2. Se si intende controllare la reazione del sistema alla scarsità di reagente nel serbatoio, il motore deve funzionare finché la quantità di reagente raggiunge un valore pari al 2,5 % della capacità massima nominale del serbatoio o raggiunge il valore dichiarato dal costruttore, a norma del paragrafo 6.3.1, al quale deve attivarsi il sistema di persuasione con segnale di livello «non grave».

10.4.5.2.1. D'accordo con l'autorità di omologazione, il costruttore può simulare un funzionamento continuo estraendo reagente dal serbatoio, a motore spento o in funzione.

10.4.5.3. Se si intende controllare la reazione del sistema a un guasto diverso dalla scarsità di reagente nel serbatoio, il motore deve funzionare per il numero pertinente di ore di funzionamento indicato nella tabella 4.3 o, a discrezione del costruttore, finché il pertinente contatore raggiunge il valore al quale si attiva il sistema di persuasione con segnale di livello «non grave».

10.4.5.4. La dimostrazione del sistema di persuasione con segnale di livello «non grave» si considera effettuata se, alla fine di ogni prova di dimostrazione avvenuta a norma dei paragrafi 10.4.5.2 e 10.4.5.3, il costruttore ha dimostrato all'autorità di omologazione che la centralina elettronica di controllo del motore ha attivato il meccanismo di riduzione della coppia.

10.4.6. Prova di dimostrazione del sistema di persuasione con segnale di livello «grave»

10.4.6.1. La dimostrazione deve avere inizio a una condizione in cui il sistema di persuasione di livello «non grave» è stato attivato in precedenza e può essere eseguita come continuazione delle prove intraprese per dimostrare il sistema di persuasione di livello «non grave».

10.4.6.2. Se si intende controllare la reazione del sistema alla scarsità di reagente nel serbatoio, il motore deve funzionare finché il serbatoio del reagente è vuoto o il reagente ha raggiunto il livello, inferiore al 2,5 % della capacità massima nominale del serbatoio al quale secondo la dichiarazione del costruttore si attiva il sistema di persuasione con segnale di livello «grave».

10.4.6.2.1. D'accordo con l'autorità di omologazione, il costruttore può simulare un funzionamento continuo estraendo reagente dal serbatoio, a motore spento o in funzione.

▼B

10.4.6.3. Se si intende controllare la reazione del sistema a un guasto diverso dalla scarsità di reagente nel serbatoio, il motore deve funzionare per il numero pertinente di ore di funzionamento indicato nella tabella 4.4 o, a discrezione del costruttore, finché il pertinente contatore non raggiunge il valore al quale si attiva il sistema di persuasione con segnale di livello «grave».

10.4.6.4. La dimostrazione del sistema di persuasione con segnale di livello «grave» si considera effettuata se, alla fine di ogni prova di dimostrazione avvenuta a norma dei paragrafi 10.4.6.2 e 10.4.6.3, il costruttore ha dimostrato all'autorità di omologazione che il meccanismo di persuasione con segnale di livello «grave» considerato nella presente appendice si è attivato.

10.4.7. In alternativa, a discrezione del costruttore e previo accordo dell'autorità di omologazione, la dimostrazione del meccanismo di persuasione può essere effettuata su una macchina mobile non stradale completa, in conformità ai requisiti dei punti 5.4 e 10.4.1.2, montandola su un banco di prova adatto o facendola funzionare su un percorso di prova in condizioni controllate.

10.4.7.1. La macchina mobile non stradale deve funzionare finché il contatore associato al guasto selezionato raggiunge il rispettivo numero di ore di funzionamento indicato nella tabella 4.4 oppure, a seconda dei casi, finché il serbatoio del reagente è vuoto o raggiunge il livello, inferiore al 2,5 % della sua capacità massima nominale, al quale secondo la dichiarazione del costruttore si attiva il sistema di persuasione con segnale di livello «grave».

▼M2

10.5. Documentazione della dimostrazione

10.5.1. La dimostrazione del sistema NCD deve essere documentata da una relazione dimostrativa, che deve:

a) individuare i guasti esaminati;

b) descrivere la dimostrazione eseguita, compreso il ciclo di prova applicabile;

c) confermare l'attivazione dei sistemi di allerta e di persuasione applicabili, come previsto dal presente regolamento; e

d) essere inclusa nella documentazione informativa di cui all'allegato I, parte A, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656.

▼B

11. **Descrizione dei meccanismi di attivazione e di disattivazione dei sistema di allerta e di persuasione dell'operatore**

11.1. Per completare i requisiti specificati nella presente appendice relativi ai meccanismi di attivazione e di disattivazione dei sistemi di allerta e di persuasione dell'operatore, la presente parte 11 specifica i requisiti tecnici per mettere in funzione tali meccanismi di attivazione e di disattivazione.

11.2. Meccanismo di attivazione e di disattivazione del sistema di allerta

11.2.1. Il sistema di allerta dell'operatore deve attivarsi quando il codice diagnostico di guasto DTC associato a un NCM che ne giustifica l'attivazione ha lo status definito nella tabella 4.2.

▼B

Tabella 4.2

Attivazione del sistema di allerta dell'operatore

Tipo di guasto	Status del DTC per l'attivazione del sistema di allerta
Scarsa qualità del reagente	confermato e attivo
Interruzione della distribuzione	confermato e attivo
Valvola EGR ostruita	confermato e attivo
Malfunzionamento del sistema di controllo	confermato e attivo
Eventuale soglia degli NO_x	confermato e attivo

11.2.2. Il sistema di allerta dell'operatore deve disattivarsi quando il sistema diagnostico rileva che il guasto relativo a tale avvertimento non è più presente o quando le informazioni, compresi i DTC relativi a malfunzionamenti che ne giustificano l'attivazione, sono cancellate da uno scanner.

11.2.2.1. Requisiti per la cancellazione dei «dati di controllo degli NO_x»

11.2.2.1.1. Cancellazione/ripristino dei «dati di controllo degli NO_x» per mezzo di uno scanner

Se richiesto dallo scanner, i dati che seguono devono essere cancellati dalla memoria del computer o ripristinati al valore specificato nella presente appendice (cfr. tabella 4.3).

Tabella 4.3

Cancellazione/ripristino dei «dati di controllo degli NO_x» per mezzo di uno scanner

Informazione di controllo degli NO_x	Cancellabile	Reimpostabile
Tutti i DTC	X	
Valore del contatore con il più alto numero di ore di funzionamento del motore		X
Numero di ore di funzionamento del motore indicato dai contatori NCD		X

11.2.2.1.2. I dati dell'NO_x non devono essere cancellati in seguito al distacco della batteria (o batterie) della macchina mobile non stradale.

11.2.2.1.3. La cancellazione dei «dati di controllo degli NO_x» deve essere possibile solo in condizioni di «motore spento».

▼B

11.2.2.1.4. Se i «dati di controllo degli NO_x», compresi i DTC, vengono cancellati, tutti i contatori associati a tali guasti e specificati nella presente appendice, non devono essere cancellati ma reimpostati al valore specificato nella pertinente parte della presente appendice.

11.3. Meccanismo di attivazione e disattivazione del sistema di persuasione dell'operatore

11.3.1. Il sistema di persuasione dell'operatore deve attivarsi quando è in funzione il sistema di allerta e il contatore pertinente per il tipo di NMC che giustifica l'attivazione di entrambi raggiunge il valore specificato nella tabella 4.4.

11.3.2. Il sistema di persuasione dell'operatore deve disattivarsi quando il sistema non individua più un malfunzionamento che ne giustifichi l'attivazione o quando le informazioni, compresi i DTC, relative agli NCM che ne giustificano l'attivazione sono state cancellate da uno scanner o da uno strumento di manutenzione.

11.3.3. I sistemi di allerta e di persuasione dell'operatore devono immediatamente attivarsi o, a seconda dei casi, disattivarsi in base alle disposizioni della parte 6, in seguito alla verifica del quantitativo di reagente presente nel serbatoio. In tal caso, i meccanismi di attivazione o disattivazione non dipendono dallo status di alcun DTC associato.

11.4. Meccanismo del contatore

11.4.1. Aspetti generali

▼M2

11.4.1.1. Per soddisfare i requisiti della presente appendice, il sistema deve prevedere almeno quattro contatori che registrino il numero di ore durante le quali il motore è stato fatto funzionare mentre il sistema individuava uno dei seguenti NCM:

a) qualità del reagente non appropriata;

b) interruzione dell'attività di dosaggio del reagente;

c) valvola EGR ostruita;

d) guasto del sistema NCD.

11.4.1.1.1. A discrezione del costruttore, possono essere usati uno o più contatori per raggruppare gli NCM descritti al punto 11.4.1.1.

▼B

11.4.1.2. Ciascun contatore continua a registrare fino al valore massimo fornito da un contatore da 2 byte con risoluzione di 1 ora e mantiene tale valore, a meno che non si verifichino le condizioni che ne consentono l'azzeramento.

11.4.1.3. Il costruttore può usare un contatore singolo o multiplo per il sistema NCD. Un contatore singolo può accumulare il numero di ore di due o più malfunzionamenti diversi pertinenti a tale tipo di contatore, nessuno dei quali ha raggiunto il tempo indicato dal contatore singolo.

11.4.1.3.1. Se il costruttore decide di usare contatori multipli per il sistema NCD, il sistema deve poter assegnare uno specifico contatore connesso al sistema di controllo a ciascun malfunzionamento che, a norma della presente appendice, sia pertinente per tale tipo di contatore.

▼B

11.4.2. Principio del meccanismo dei contatori

11.4.2.1. Tutti i contatori devono funzionare nel modo di seguito descritto:

11.4.2.1.1. Se parte da zero, il contatore deve iniziare a contare non appena viene individuato un malfunzionamento pertinente a tale contatore e il corrispondente DTC ha lo status definito nella tabella 4.2.

11.4.2.1.2. Se il guasto si ripete, a discrezione del costruttore si applica una delle seguenti disposizioni:

a) se si verifica un unico evento di controllo e il malfunzionamento che in origine ha attivato il contatore non viene più rilevato, oppure è stato cancellato da uno scanner o da uno strumento di manutenzione, il contatore deve arrestarsi e mantenere il valore raggiunto. Se il contatore cessa di contare mentre il sistema di persuasione con segnale di livello «grave» è attivo, esso va tenuto bloccato al valore definito nella tabella 4.4, oppure a un valore pari o superiore al valore del contatore del sistema di persuasione con segnale di livello «grave», a cui si sottraggono 30 minuti.

b) Il contatore deve essere mantenuto bloccato al valore definito nella tabella 4.4, oppure a un valore pari o superiore al valore del contatore del sistema di persuasione con segnale di livello «grave», a cui si sottraggono 30 minuti.

11.4.2.1.3. Il contatore singolo di un sistema di controllo deve continuare a contare se è stato individuato un NCM a esso pertinente e il corrispondente codice diagnostico di guasto (DTC) ha lo status di «confermato e attivo». Il contatore deve arrestarsi e mantenere uno dei valori di cui al punto 11.4.2.1.2 se non viene individuato alcun NCM che ne giustifichi l'attivazione o se tutti i guasti pertinenti a tale contatore sono stati cancellati da uno scanner o da uno strumento di manutenzione.

Tabella 4.4

Contatori e sistema di persuasione

	Status del DTC per la prima attivazione del contatore	Valore del contatore per un sistema di persuasione di livello «non grave»	Valore del contatore per un sistema di persuasione di livello «grave»	Valore bloccato mantenuto dal contatore
Contatore connesso alla qualità del reagente	confermato e attivo	≤ 10 ore	≤ 20 ore	≥ 90 % del valore del contatore per un sistema di persuasione di livello «grave»
Contatore connesso alla distribuzione del reagente	confermato e attivo	≤ 10 ore	≤ 20 ore	≥ 90 % del valore del contatore per un sistema di persuasione di livello «grave»
Contatore connesso alla valvola EGR	confermato e attivo	≤ 36 ore	≤ 100 ore	≥ 95 % del valore del contatore per un sistema di persuasione di livello «grave»
Contatore connesso al sistema di controllo	confermato e attivo	≤ 36 ore	≤ 100 ore	≥ 95 % del valore del contatore per un sistema di persuasione di livello «grave»
eventuale soglia degli NO_x	confermato e attivo	≤ 10 ore	≤ 20 ore	≥ 90 % del valore del contatore per un sistema di persuasione di livello «grave»

▼M3

11.4.2.1.4. Una volta bloccato, il contatore deve essere azzerato se i sistemi di monitoraggio a esso pertinenti hanno completato almeno un ciclo di

▼M3

monitoraggio senza individuare un malfunzionamento e non è stato rilevato alcun malfunzionamento pertinente a tale contatore durante almeno 36 ore di funzionamento del motore dall'ultimo arresto del contatore (cfr. figura 4.4).

▼B

11.4.2.1.5. Se viene individuato un malfunzionamento pertinente a tale contatore durante il periodo in cui esso è rimasto bloccato, il contatore deve continuare a contare dal punto in cui era stato arrestato (cfr. figura 4.4).

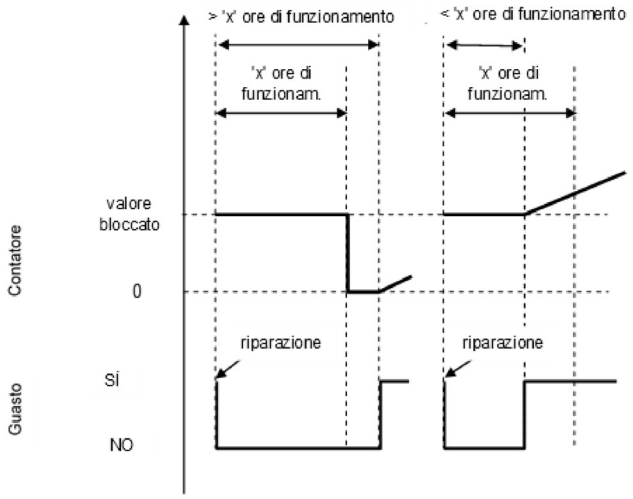
12. **Riepilogo dei meccanismi di attivazione, disattivazione e conteggio**

12.1. La presente parte 12 descrive i meccanismi di attivazione, disattivazione e conteggio per alcuni casi tipici. Le figure e le descrizioni riportate ai punti 12.2, 12.3 e 12.4 sono fornite a scopo meramente illustrativo ai fini della presente appendice e non devono essere prese in riferimento come esempi dei requisiti del presente regolamento o come dichiarazioni definitive in merito ai processi interessati. Le ore del contatore di cui nelle figure 4.6 e 4.7 si riferiscono ai valori massimi del sistema di persuasione di livello «grave» di cui alla tabella 4.4. Ai fini dell'esemplificazione nelle illustrazioni non è stato menzionato il fatto che il sistema di allerta è attivo mentre è attivo il sistema di persuasione.

▼M3

Figura 4.4

Riattivazione e azzeramento di un contatore dopo un periodo in cui i suoi valori sono stati bloccati



Dove «x» non è inferiore a 36 ore di funzionamento

▼B

12.2. La figura 4.5 illustra il funzionamento dei meccanismi di attivazione e disattivazione durante il monitoraggio della disponibilità di reagente in quattro casi:

a) uso — caso 1: l'operatore continua a far funzionare la macchina mobile non stradale nonostante il segnale di allerta finché il funzionamento della medesima macchina viene disabilitato;

▼B

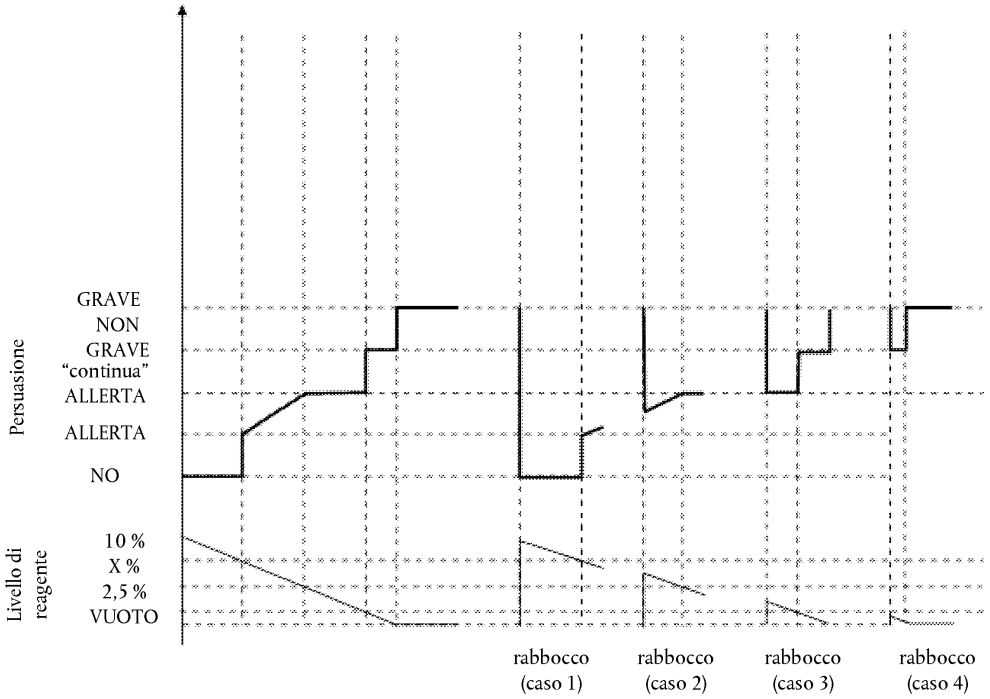
b) rabbocco — caso 1 (rabbocco adeguato): l'operatore riempie il serbatoio di reagente fino a raggiungere un livello superiore alla soglia del 10 %. I sistemi di allerta e di persuasione sono disattivati;

c) rabbocco — casi 2 e 3 (rabbocco inadeguato): il sistema di allerta è attivato. Il livello di allerta dipende dalla quantità di reagente disponibile;

d) rabbocco — caso 4 (rabbocco fortemente inadeguato): il sistema di persuasione con segnale di livello «non grave» si attiva immediatamente.

Figura 4.5

Disponibilità del reagente



12.3. La figura 4.6 illustra tre casi di qualità inappropriata del reagente:

a) uso — caso 1: l'operatore continua a far funzionare la macchina mobile non stradale nonostante il segnale di allerta finché il funzionamento della medesima macchina viene disabilitato;

b) riparazione — caso 2 (riparazione «scorretta» o «disonesta»): dopo aver disattivato la macchina, l'operatore cambia la qualità del reagente ma, subito dopo la cambia nuovamente con uno di qualità scadente. Il sistema di persuasione si attiva immediatamente e il funzionamento della macchina mobile non stradale è disabilitato dopo due ore di funzionamento del motore;

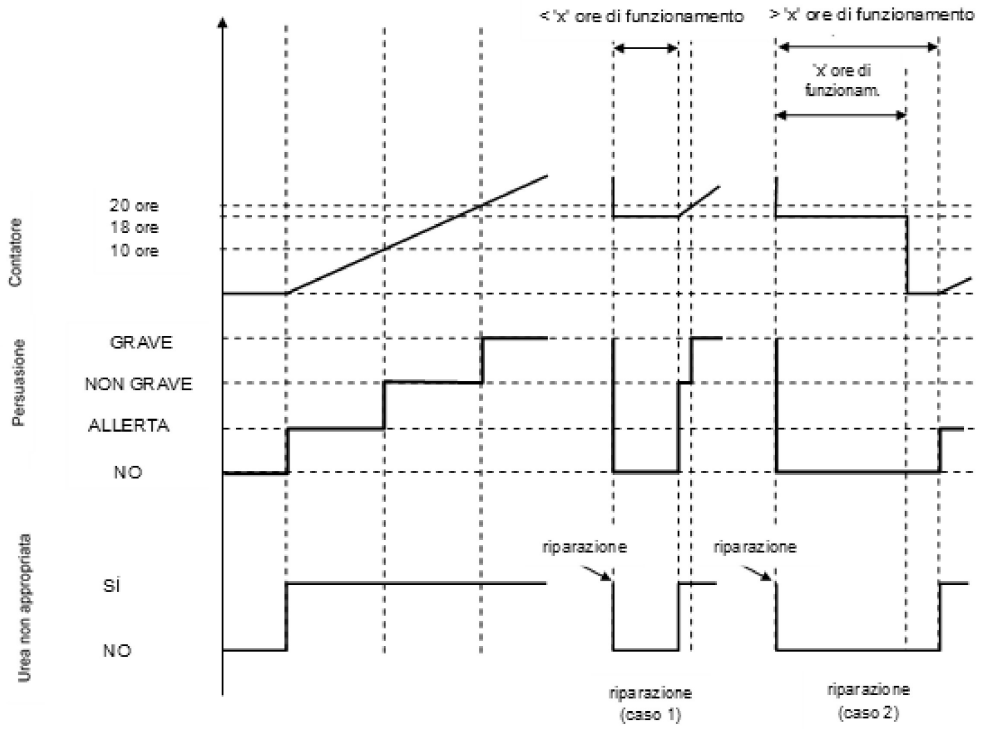
▼B

c) riparazione — caso 2 (riparazione «corretta»): dopo aver disattivato la macchina, l'operatore cambia la qualità del reagente con una appropriata. Tuttavia poco dopo rabbocca nuovamente con un reagente di qualità scadente. I processi di allerta, di persuasione e di conteggio ripartono da zero.

▼M3

Figura 4.6

Rabbocco con reagente di qualità scadente



Dove «x» non è inferiore a 36 ore di funzionamento

▼B

12.4. La figura 4.7 illustra tre casi di guasto del sistema di distribuzione dell'urea. La figura illustra anche la procedura che si applica nel caso dei guasto del controllo descritti nella parte 9 del presente allegato.

a) uso — caso 1: l'operatore continua a far funzionare la macchina mobile non stradale nonostante il segnale di allerta finché il funzionamento della medesima macchina viene disabilitato;

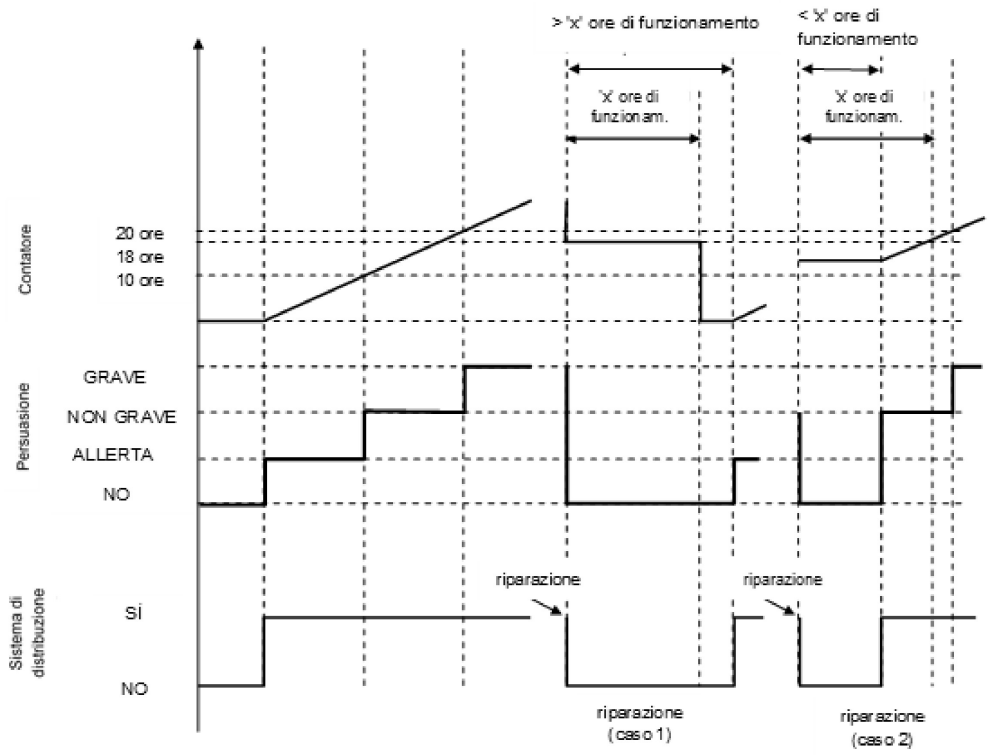
b) riparazione — caso 1 (riparazione «corretta»): dopo aver disattivato la macchina, l'operatore ripara il sistema di distribuzione. Tuttavia poco dopo il sistema di distribuzione si guasta nuovamente. I processi di allerta, di persuasione e di conteggio ripartono da zero;

c) riparazione — caso 2 (riparazione «scorretta»): durante il periodo di persuasione con segnale di livello «non grave» (riduzione della coppia), l'operatore ripara il sistema di distribuzione. Tuttavia poco dopo il sistema di distribuzione si guasta nuovamente. Il sistema di persuasione con segnale di livello «non grave» si riattiva immediatamente e il contatore riparte dal valore che aveva al momento della riparazione.

▼M3

Figura 4.7

Guasto del sistema di distribuzione del reagente



Dove «x» non è inferiore a 36 ore di funzionamento

▼B

13. **Dimostrazione della concentrazione minima accettabile di reagente CD_{min}**

13.1. Il costruttore deve dimostrare il corretto valore di CD_{min} durante la prova di omologazione UE eseguendo il ciclo NRTC on avviamento a caldo per i motori delle sottocategorie NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5, NRE-v-6 e i cicli NRSC applicabili per tutte le altre categorie con un reagente avente la concentrazione CD_{min}.

13.2. La prova deve seguire i cicli NCD appropriati, o il ciclo di precondizionamento definito dal costruttore, che permetta a un sistema di controllo degli NO_x a circolo chiuso di effettuare l'adeguamento alla qualità del reagente con la concentrazione CD_{min}.

▼M2

13.3. Le emissioni inquinanti che risultano da questa prova non devono superare la soglia degli NOx specificata al punto 7.1.1.

13.4. Documentazione della dimostrazione

13.4.1. La dimostrazione della concentrazione minima accettabile del reagente deve essere documentata da una relazione dimostrativa, che deve:

a) individuare i guasti esaminati;

b) descrivere la dimostrazione eseguita, compreso il ciclo di prova applicabile;

c) confermare che le emissioni inquinanti derivanti da tale dimostrazione non hanno superato la soglia degli NO_x specificata al punto 7.1.1;

d) essere inclusa nella documentazione informativa di cui all'allegato I, parte A, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656.

▼B

Appendice 2

Requisiti tecnici aggiuntivi per le misure di controllo degli NO_x per i motori delle categorie IWP, IWA e RLR, compreso il metodo di dimostrazione di tali strategie

1. **Introduzione**

La presente appendice stabilisce requisiti supplementari volti a garantire il corretto funzionamento delle misure di controllo degli NO_x per i motori delle categorie IWP, IWA e RLR.

▼M2

2. **Requisiti generali**

Ai motori che rientrano nel campo di applicazione della presente appendice si applicano i requisiti di cui all'appendice 1, ad eccezione di quanto indicato nelle parti 3 e 4 della presente appendice.

3. **Eccezioni ai requisiti di cui all'appendice 1**

Per ragioni di sicurezza il sistema di persuasione dell'operatore di cui ai punti 5 e 11.3 dell'appendice 1 non si applica ai motori che rientrano nel campo di applicazione della presente appendice. Il requisito per la memorizzazione dei dati nel computer di bordo di cui al punto 4 della presente appendice si applica ogni qualvolta sia stato attivato il sistema di persuasione in conformità ai punti 2.3.2.3.2, 6.3, 7.3, 8.4 e 9.4 dell'appendice 1.

4. **Requisiti per la memorizzazione di incidenti di funzionamento del motore dovuti a un'inadeguata iniezione o qualità del reagente.**

4.1. Il computer di bordo deve registrare su una memoria informatica non volatile o su contatori il numero totale e la durata di tutti gli incidenti di funzionamento del motore dovuti a un'inadeguata iniezione o qualità del reagente, in modo da garantire che le informazioni non possano essere cancellate intenzionalmente.

4.1.1. Le autorità nazionali di controllo devono poter leggere tali registrazioni con uno scanner.

4.1.2. Una descrizione delle modalità di accesso alle registrazioni e un metodo di lettura di tali registrazioni devono essere inclusi nella documentazione informativa di cui all'allegato I, parte A, del regolamento (UE) 2017/656.

4.2. La durata di un incidente dovuto a un livello inadeguato di reagente registrato nel computer di bordo in conformità al punto 4.1, in sostituzione del sistema di persuasione di cui al punto 6.3 dell'appendice 1, deve avere inizio nel momento in cui il serbatoio del reagente risulta vuoto, ovvero quando il sistema di dosaggio non può più attingere reagente dal serbatoio, o a qualsiasi livello inferiore al 2,5 % della sua capacità nominale massima, a discrezione del costruttore.

4.3. La durata di un incidente registrato sul computer di bordo, come specificato al punto 4.1, in sostituzione del sistema di persuasione di cui ai punti 6.3, 7.3, 8.4 e 9.4 dell'appendice 1 deve avere inizio nel momento in cui il corrispondente contatore raggiunge il valore per la persuasione di livello «grave» di cui alla tabella 4.4 dell'appendice 1.

4.4. La durata di un incidente registrato sul computer di bordo, come specificato al punto 4.1, in sostituzione del sistema di persuasione di cui al punto 2.3.2.3.2 dell'appendice 1, deve avere inizio nel momento in cui sarebbe iniziata l'azione del sistema di persuasione.

▼**M2**

4.5. La durata di un incidente registrato sul computer di bordo, come specificato al punto 4.1, deve terminare nel momento in cui l'incidente è stato risolto.

4.6. Nell'effettuare una dimostrazione in conformità alla parte 10.4 dell'appendice 1, occorre rispettare i requisiti applicabili alla dimostrazione del sistema di persuasione di livello «grave», ma la dimostrazione del sistema di persuasione di livello «grave» deve essere sostituita da una dimostrazione della memorizzazione di un incidente di funzionamento del motore dovuto a un'inadeguata iniezione o qualità del reagente.

▼B

Appendice 3

Requisiti tecnici aggiuntivi per le misure di controllo degli NO_x per i motori della categoria RLL

1. **Introduzione**

La presente appendice stabilisce requisiti supplementari volti a garantire il corretto funzionamento delle misure di controllo degli NO_x per i motori della categoria RLL. Essa comprende requisiti destinati a motori che utilizzano un reagente per ridurre le emissioni. L'omologazione UE è subordinata all'applicazione delle pertinenti disposizioni relative alle istruzioni per l'operatore, ai documenti di installazione e al sistema di allerta dell'operatore di cui alla presente appendice.

2. **Informazioni richieste**

2.1. Il costruttore deve fornire informazioni che descrivano appieno le caratteristiche operative funzionali delle misure di controllo degli NO_x conformemente all'allegato I, parte A, punto 1.5, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi.

2.2. Se il sistema di controllo richiede l'uso di un reagente, le caratteristiche di tale reagente, compreso il tipo, le informazioni relative alla concentrazione dei reagenti in soluzione, la temperatura di funzionamento e il riferimento a norme internazionali relative a composizione e qualità devono essere specificate dal costruttore nella scheda informativa di cui all'allegato I, appendice 3, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi.

3. **Disponibilità del reagente e sistema di allerta dell'operatore**

Se si usa un reagente, l'omologazione UE deve essere subordinata alla presenza di indicatori o altri mezzi idonei — in rapporto alla struttura della macchina mobile non stradale — che informino l'operatore:

a) sul quantitativo di reagente residuo nel serbatoio; in particolare mediante un'ulteriore segnalazione specifica quando il quantitativo di reagente residuo è inferiore al 10 % della capacità complessiva del serbatoio;

b) quando il serbatoio del reagente è vuoto o quasi vuoto;

c) quando il reagente nel serbatoio non risulta conforme alle caratteristiche dichiarate e registrate nella scheda informativa di cui all'allegato I, appendice 3, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi, conformemente ai mezzi di valutazione installati;

d) quando l'attività di dosaggio del reagente viene interrotta, in casi diversi da quelli gestiti dalla centralina elettronica di controllo del motore o dal dispositivo di controllo del dosaggio, in risposta a condizioni di funzionamento del motore nelle quali non è richiesto il dosaggio del reagente, a condizione che il costruttore segnali tali condizioni di funzionamento all'autorità che rilascia l'omologazione.

4. **Qualità del reagente**

Il costruttore attesta il rispetto dei requisiti di conformità del reagente alle caratteristiche dichiarate e la corrispondente tolleranza delle emissioni degli NO_x, a sua discrezione con uno dei seguenti mezzi:

a) un mezzo diretto, quale l'impiego di un sensore della qualità del reagente;

▼B

b) un mezzo indiretto, quale l'impiego di un sensore degli NO_x nel sistema di scarico per valutare l'efficacia del reagente;

c) qualsiasi altro mezzo, purché la sua efficacia sia almeno pari a quella derivante dall'impiego dei mezzi di cui alle lettere a) e b) e siano rispettate i requisiti principali della presente parte 4.

▼B

Appendice 4

Requisiti tecnici per le misure di controllo del particolato inquinante, compreso il metodo di dimostrazione di tali misure

1. **Introduzione**

La presente appendice stabilisce i requisiti per garantire il corretto funzionamento delle misure di controllo del particolato

2. **Requisiti generali**

Il motore deve essere munito di un sistema diagnostico di controllo del particolato (PCD) in grado di identificare i malfunzionamenti del sistema di post-trattamento del particolato considerati nel presente allegato. I motori che rientrano nella presente parte 2 devono essere progettati, costruiti e installati in modo da soddisfare i requisiti qui indicati per tutta la consueta durata di vita del motore in condizioni di utilizzo normali. Ai fini di questo obiettivo è accettabile che motori utilizzati oltre il periodo di durabilità delle emissioni di cui all'allegato V del regolamento (UE) 2016/1628 possono mostrare un certo deterioramento dell'efficacia e della sensibilità del PCD.

2.1. Informazioni richieste

2.1.1. Se il sistema di controllo richiede l'uso di un reagente, ad es. un catalizzatore liquido concentrato miscelato al combustibile, le caratteristiche di tale reagente, compreso il tipo, le informazioni relative alla concentrazione dei reagenti in soluzione, la temperatura di funzionamento e il riferimento a norme internazionali relative a composizione e qualità devono essere specificate dal costruttore nella scheda informativa di cui all'allegato I, appendice 3, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 sui requisiti amministrativi.

2.1.2. Al momento dell'omologazione UE, l'autorità di omologazione deve disporre di informazioni dettagliate scritte ed esaurienti sulle caratteristiche operative e funzionali del sistema di allerta dell'operatore di cui alla parte 4.

2.1.3. Il costruttore fornisce documenti sull'installazione che, se utilizzati dall'OEM, garantiscono che il motore e il sistema di controllo delle emissioni facente parte del tipo di motore omologato o della famiglia di motori omologati, una volta installati sulla macchina mobile non stradale, funzionino, insieme alle altre parti della macchina, in un modo che soddisfi i requisiti del presente allegato. Tale documentazione deve comprendere i requisiti tecnici e i provvedimenti dettagliati del motore (software, hardware e comunicazione) necessari alla corretta installazione del motore sulla macchina mobile non stradale.

2.2. Condizioni operative

▼M2

2.2.1. Il sistema PCD deve, come minimo, essere operativo alle condizioni di controllo applicabili di cui al punto 2.4 dell'allegato IV per ciascuna categoria di motori. Il sistema diagnostico deve rimanere operativo al di fuori di tale intervallo, laddove tecnicamente possibile.

▼B

2.3. Requisiti del sistema diagnostico

2.3.1. Il sistema PCD deve essere in grado di individuare i malfunzionamenti del controllo del particolato (PCM) considerati nel presente allegato per mezzo dei codici diagnostici di guasto (DTC) memorizzati nel computer, e, su richiesta, di comunicare tali dati all'esterno del veicolo.

▼B

2.3.2. Requisiti di registrazione dei codici diagnostici di guasto (DTC)

2.3.2.1. Il sistema PCD deve registrare un DTC per ogni singolo PCM.

2.3.2.2. Il sistema PCD deve individuare entro il periodo di funzionamento del motore indicato nella tabella 4.5 l'eventuale presenza di un malfunzionamento, nel qual caso deve memorizzare un DTC «confermato e attivo» e attivare il sistema di allerta di cui alla parte 4.

▼M2

2.3.2.3. Se occorre un tempo di funzionamento più lungo di quello indicato nella tabella 4.5 affinché i sistemi di monitoraggio individuino e confermino un PCM (ad esempio se tali sistemi usano modelli statistici o misurano il consumo di fluidi della macchina mobile non stradale), l'autorità di omologazione può autorizzare un periodo di monitoraggio più lungo, purché il costruttore ne giustifichi la necessità (ad esempio motivi tecnici, risultati sperimentali, esperienze acquisite ecc.).

▼B

Tabella 4.5

Tipi di sistemi di monitoraggio e periodo corrispondente entro il quale deve essere registratoun DTC con status «confermato e attivo»

Tipo di sistema di monitoraggio	Periodo cumulativo di funzionamento entro il quale deve essere registrato un DTC con status «confermato e attivo»
Rimozione del sistema di post-trattamento del particolato	60 minuti di funzionamento del motore a regime diverso dal minimo
Perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato	240 minuti di funzionamento del motore a regime diverso dal minimo
Guasti al sistema PCD	60 minuti di funzionamento del motore

2.3.3. Requisiti relativi alla cancellazione dei codici diagnostici di guasto (DTC)

a) Il sistema PCD non deve poter cancellare i DTC dalla memoria del computer finché non sia stato risolto il guasto relativo a tale DTC;

b) il sistema PCD può cancellare tutti i DTC se indottovi da uno scanner o da uno strumento di manutenzione forniti su richiesta dal costruttore del motore o ricorrendo a un codice fornito dal costruttore del motore;

c) le registrazioni di incidenti operativi con un DTC «confermato e attivo» salvati su una memoria non volatile come prescritto dal punto 5.2 non devono essere cancellate.

2.3.4. Un sistema PCD non deve essere programmato o comunque progettato per disattivarsi del tutto o in parte in base all'età della macchina mobile non stradale durante la vita effettiva del motore, né deve contenere algoritmi o strategie tese a ridurre l'efficacia del sistema PCD nel tempo.

2.3.5. Tutti i codici riprogrammabili del computer e i parametri operativi del sistema PCD devono essere antimanomissione.

▼B

2.3.6. Famiglia di motori PCD

Spetta al costruttore determinare la composizione di una famiglia di motori PCD. Il raggruppamento dei motori in una famiglia di motori PCD deve fondarsi su criteri di buona pratica ingegneristica e deve essere subordinato all'approvazione dell'autorità di omologazione.

Motori anche non appartenenti alla stessa famiglia di motori possono tuttavia appartenere alla stessa famiglia di motori PCD.

2.3.6.1. Parametri che definiscono una famiglia di motori PCD

Una famiglia di motori PCD è caratterizzata da parametri fondamentali di progetto che devono essere comuni a tutti i motori che ne fanno parte.

Si considerano appartenenti alla stessa famiglia di motori PCD i motori che hanno in comune i seguenti parametri fondamentali:

a) il principio di funzionamento del sistema di post-trattamento del particolato (ad es. meccanico, aerodinamico, per diffusione, per inerzia, a rigenerazione periodica o continua, ecc.);

b) i metodi di monitoraggio PCD;

c) i criteri per il monitoraggio PCD;

d) i parametri di monitoraggio (ad es. frequenza).

Queste similarità devono essere provate dal costruttore per mezzo di opportune dimostrazioni tecniche o altre procedure e devono essere sottoposte all'autorità di omologazione per approvazione.

Il costruttore può chiedere che l'autorità di omologazione autorizzi differenze meno rilevanti nei metodi di monitoraggio/diagnosi del sistema PCD dovute a variazioni nel modo di configurare il motore, se ritiene somiglianti tali metodi e se essi differiscono solo per soddisfare caratteristiche specifiche delle componenti considerate (p.es. dimensione, flusso dei gas di scarico, ecc.); o se le somiglianze sono emerse grazie alla buona pratica ingegneristica.

3. **Requisiti relativi alla manutenzione**

▼M2

3.1. L'OEM deve fornire a tutti gli utilizzatori finali di nuove macchine mobili non stradali istruzioni scritte sul sistema di controllo delle emissioni e sul suo corretto funzionamento, come prescritto nell'allegato XV.

▼B

4. **Sistema di allerta dell'operatore**

4.1. La macchina mobile non stradale deve essere munita di un sistema di allerta dell'operatore dotato di segnali luminosi.

4.2. Il sistema di allerta dell'operatore può consistere di una o più spie o visualizzare brevi messaggi.

Il sistema usato per visualizzare i messaggi può essere lo stesso usato per altri interventi di manutenzione o funzioni NCD.

▼B

Il sistema di allerta deve indicare la necessità di una riparazione urgente. Se il sistema di allerta comprende un sistema di visualizzazione di messaggi, deve essere visualizzato un messaggio indicante la ragione dell'avvertimento (ad es., «distacco del sensore» o «guasto grave riguardante le emissioni»).

4.3. Per avvertire l'operatore, il costruttore può facoltativamente completare il sistema di allerta con segnali acustici. All'operatore è consentito sopprimere i segnali acustici.

4.4. Il sistema di allerta dell'operatore deve essere attivato come specificato al punto 2.3.2.2.

4.5. Il sistema di persuasione dell'operatore deve disattivarsi al cessare delle condizioni che ne hanno provocato l'attivazione. Il sistema di allerta dell'operatore non deve disattivarsi automaticamente senza che siano state risolte le cause della sua attivazione.

4.6. Il sistema di allerta può essere interrotto temporaneamente da altri segnali di allerta che trasmettano messaggi importanti per la sicurezza.

4.7. Nella domanda di omologazione UE a norma del regolamento (UE) 2016/1628, il costruttore deve dimostrare il funzionamento del sistema di allerta come specificato alla parte 9.

5. **Sistema di memorizzazione delle informazioni relative all'attivazione del sistema di allerta**

5.1. Il sistema PCD deve comprendere una memoria informatica non volatile o dei contatori su cui memorizzare gli incidenti di funzionamento del motore con un DTC confermato e attivo, in modo da garantire che le informazioni non possano essere cancellate intenzionalmente.

5.2. Il sistema PCD deve memorizzare su una memoria non volatile il numero totale e la durata di tutti gli incidenti di funzionamento del motore con un DTC confermato e attivo laddove il sistema di allerta è rimasto attivo per 20 ore di funzionamento del motore, o per un periodo più breve a discrezione del costruttore.

5.3. Le autorità nazionali devono poter leggere tali registrazioni con uno scanner.

▼M2

5.4. Una descrizione delle modalità di accesso alle registrazioni e un metodo di lettura di tali registrazioni devono essere inclusi nella documentazione informativa di cui all'allegato I, parte A, del regolamento (UE) 2017/656.

▼B

6. **Monitoraggio della rimozione del sistema di post-trattamento del particolato**

▼M2

6.1. Il sistema PCD deve rilevare la completa rimozione del sistema di post-trattamento del particolato, compresa la rimozione di qualsiasi sensore usato per monitorare, attivare, disattivare o modulare il suo funzionamento.

▼B

7. **Requisiti aggiuntivi per i sistemi di post-trattamento del particolato che usano un reagente (ad es. un catalizzatore liquido concentrato miscelato al combustibile)**

7.1. In presenza di un DTC confermato e attivo dovuto alla rimozione del sistema di post-trattamento del particolato o a una perdita di funzione dello stesso sistema, la distribuzione del reagente deve essere immediatamente interrotta. La distribuzione deve ricominciare quando il DTC non è più attivo.

7.2. Il sistema di allerta deve essere attivato se il livello di reagente nel serbatoio dell'additivo scende al di sotto del valore minimo specificato dal costruttore.

▼B

8. **Monitoraggio di guasti attribuibili a manomissioni**

8.1. Oltre alla rimozione del sistema di post-trattamento del particolato, devono essere monitorati anche i seguenti guasti poiché potrebbero essere attribuiti a manomissioni:

a) perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato;

b) guasti del sistema PCD dei tipi descritti al punto 8.3.

8.2. Monitoraggio della perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato

Il sistema PCD deve rilevare la completa rimozione del substrato dal sistema di post-trattamento del particolato («cassetta vuota»). In questo caso il contenitore del sistema di post-trattamento del particolato e i sensori usati per monitorare, attivare, disattivare o modulare il suo funzionamento sono ancora presenti.

8.3. Monitoraggio dei guasti al sistema PCD

8.3.1. Il sistema PCD deve essere controllato per evidenziare guasti elettrici e per rimuovere o disattivare qualsiasi sensore o attuatore che possa impedirgli di diagnosticare altri guasti di cui ai punti da 6.1 a 8.1, lettera a) (monitoraggio dei componenti).

Tra i sensori che interferiscono sulla capacità diagnostica ci sono quelli che misurano direttamente le pressioni differenziali attraverso il sistema di post-trattamento del particolato e i sensori della temperatura dei gas di scarico che controllano la rigenerazione del sistema di post-trattamento del particolato.

8.3.2. Se un guasto oppure la rimozione o disattivazione di un singolo sensore o attuatore del sistema PCD non impedisce la diagnosi entro il periodo di tempo richiesto per i guasti menzionati ai punti da 6.1 a 8.1, lettera a) (sistema ridondante), non deve essere richiesta l'attivazione del sistema di allerta e la registrazione dell'informazione relativa all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore tranne qualora siano confermati e attivi ulteriori guasti a sensori o attuatori.

9. **Requisiti relativi alla dimostrazione**

9.1. Aspetti generali

La conformità ai requisiti della presente appendice deve essere dimostrata durante l'omologazione UE effettuando, come illustrato nella tabella 4.6 e specificato nella presente parte 9, una dimostrazione dell'attivazione del sistema di allerta.

Tabella 4.6

Riepilogo dei contenuti della procedura di dimostrazione in conformità alle disposizioni del punto 9.3

Meccanismo	Elementi dimostrativi
Attivazione del sistema di allerta di cui al punto 4.4 della presente appendice	— 2 prove di attivazione (compresa la perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato) — ulteriori elementi dimostrativi, a seconda dei casi

▼B

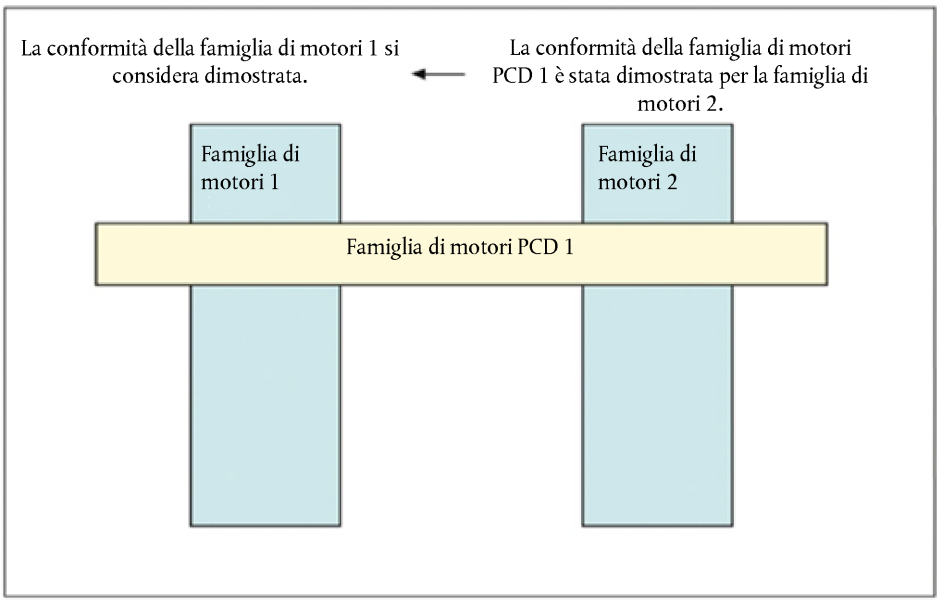
9.2. Famiglie di motori e famiglie di motori PCD

▼M2

9.2.1. Se i motori di una famiglia di motori appartengono a una famiglia di motori PCD che ha già ottenuto l'omologazione UE a norma del punto 2.3.6 (figura 4.8), la conformità di tale famiglia di motori si ritiene dimostrata senza prove ulteriori, purché il costruttore dimostri all'autorità di omologazione che i sistemi di controllo necessari a soddisfare i requisiti della presente appendice sono simili nell'ambito delle famiglie di motori e di motori PCD considerate.

Figura 4.8

Conformità di una famiglia di motori PCD precedentemente dimostrata



▼B

9.3. Dimostrazione dell'attivazione del sistema di allerta

9.3.1. La conformità dell'attivazione del sistema di allerta deve essere dimostrata mediante l'esecuzione di due prove: una relativa alla perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato e l'altra riguardante una categoria di guasti considerata alla parte 6 o al punto 8.3 del presente allegato.

9.3.2. Scelta dei guasti da sottoporre a prova

9.3.2.1. il costruttore deve fornire all'autorità di omologazione un elenco di tali possibili guasti;

9.3.2.2. Il guasto da prendere in considerazione nella prova deve essere selezionato dall'elenco di cui al punto 9.3.2.1 con l'approvazione dell'autorità di omologazione.

9.3.3. Dimostrazione

9.3.3.1. Ai fini di questa dimostrazione devono essere eseguite prove distinte per la perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato disposta al punto 8.2 e per i guasti di cui alla parte 6 e al punto 8.3. La perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato deve essere effettuata dopo che è stato completamente rimosso il substrato dal contenitore del sistema di post-trattamento del particolato.

9.3.3.2. Durante la prova, non deve manifestarsi alcun guasto oltre a quello oggetto della prova.

▼B

9.3.3.3. Prima di iniziare una prova, tutti i DTC devono essere stati cancellati.

9.3.3.4. Su richiesta del costruttore e d'accordo con l'autorità di omologazione, i guasti oggetto della prova possono essere simulati.

9.3.3.5. Individuazione di guasti

9.3.3.5.1. Il sistema PCD deve rispondere all'introduzione di un guasto ritenuto appropriato dall'autorità di omologazione in conformità alle disposizioni della presente appendice. Ciò si considera dimostrato se l'attivazione ha luogo entro il numero di cicli di prova PCD consecutivi indicati nella tabella 4.7.

Se la descrizione del monitoraggio precisa, e l'autorità di omologazione approva, che un sistema di monitoraggio specifico richiede più cicli di prova PCD di quelli indicati nella tabella 4.7 per completare il monitoraggio, il numero di cicli di prova PCD può essere aumentato in misura non superiore al 50 % del numero indicato.

I singoli cicli di prova PCD della dimostrazione possono essere separati tra loro da un arresto del motore. Nel tempo che trascorre fino all'avviamento successivo si deve tener 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.

Tabella 4.7

Tipi di sistemi di monitoraggio e numero corrispondente di cicli di prova PCD entro il quale deve essere registrato un DTC con status «confermato e attivo»

Tipo di sistema di monitoraggio	Numero di cicli di prova PCD entro il quale deve essere registrato un DTC con status «confermato e attivo»
Rimozione del sistema di post-trattamento del particolato	2
Perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato	8
Guasti al sistema PCD	2

9.3.3.6. Ciclo di prova PCD

9.3.3.6.1. Il ciclo di prova PCD considerato nella presente parte 9 per dimostrare il corretto funzionamento del sistema di monitoraggio del sistema di post-trattamento del particolato è il ciclo NRTC con avviamento a caldo per i motori delle sottocategorie NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5, NRE-v-6 e i cicli NRSC applicabili per tutte le altre categorie.

9.3.3.6.2. Su richiesta del costruttore e previo consenso dell'autorità di omologazione, per un controllo specifico è possibile usare un ciclo di prova PCD alternativo (ad es. diverso dai cicli NTRC o NRSC). La richiesta deve essere corredata di elementi (considerazioni tecniche, risultati di prove, simulazioni, ecc.) che dimostrino che:

▼M2

a) il ciclo di prova richiesto dà luogo a un sistema di controllo capace di funzionare in condizioni reali; e

▼B

b) il ciclo di prova PCD applicabile di cui al punto 9.3.3.6.1 è provatamente meno adatto per il controllo considerato.

9.3.3.7. Configurazione per la dimostrazione dell'attivazione del sistema di allerta

9.3.3.7.1. La dimostrazione dell'attivazione del sistema di allerta deve essere effettuata per mezzo di prove al banco.

9.3.3.7.2. Componenti o sottosistemi non fisicamente montati su un motore (tra gli altri, sensori della temperatura ambiente e del livello nonché sistemi di allerta e d'informazione dell'operatore), necessari all'esecuzione delle dimostrazioni vanno a tal fine collegati al motore o simulati, in un modo che l'autorità di omologazione ritenga soddisfacente.

9.3.3.7.3. A discrezione del costruttore e d'accordo con l'autorità di omologazione, le prove di dimostrazione possono essere eseguite, fermo restando il punto 9.3.3.7.1, su una macchina mobile non stradale completa, montandola su un adeguato banco di prova o facendola funzionare su un percorso di prova in condizioni controllate.

9.3.4. L'attivazione del sistema di allerta si considera dimostrata se alla fine di ogni prova di dimostrazione, effettuata a norma del paragrafo 9.3.3, il sistema di allerta si è attivato correttamente e il DTC per il guasto scelto ha lo status di «confermato e attivo».

9.3.5. Se una prova di dimostrazione della perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato o della rimozione dello stesso sistema riguarda un sistema di post-trattamento del particolato che usa un reagente, è necessario confermare anche che è stata interrotta la distribuzione del reagente.

▼M2

9.3.6. Documentazione della dimostrazione

9.3.6.1. La dimostrazione del sistema PCD deve essere documentata da una relazione dimostrativa, che deve:

a) individuare i guasti esaminati;

b) descrivere la dimostrazione eseguita, compreso il ciclo di prova applicabile;

c) confermare l'attivazione dei sistemi di allerta applicabili, come previsto dal presente regolamento;

d) essere inclusa nella documentazione informativa di cui all'allegato I, parte A, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656.

▼B

ALLEGATO V

Misurazioni e prove relative alla superficie associata al ciclo di prova stazionario non stradale

1. **Requisiti generali**

Il presente allegato si applica per i motori a controllo elettronico delle categorie NRE, NRG, IWP, IWA e RLR, conformi ai limiti di emissione della «fase V» di cui all'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628 e che usano il controllo elettronico per determinare sia la quantità, sia la fasatura dell'iniezione di carburante o che utilizzano il controllo per attivare, disattivare o modulare il sistema di controllo delle emissioni usato per ridurre gli NO_x.

▼M2

Il presente allegato stabilisce i requisiti tecnici relativi alla superficie associata al pertinente ciclo NRSC, nell'ambito del quale viene controllata la quantità ammessa di emissioni eccedente i limiti di emissione stabiliti nell'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628.

Se il motore è sottoposto a prova secondo quanto descritto nei requisiti di prova di cui alla parte 4, le emissioni di inquinanti gassosi e particolato inquinante campionate in qualsiasi punto scelto a caso entro la superficie di controllo di cui alla parte 2 non devono superare i limiti di emissione applicabili di cui all'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628 moltiplicati per il fattore 2,0.

▼B

La parte 3 dispone che il servizio tecnico selezioni ulteriori punti di misurazione all'interno della superficie di controllo durante la prova delle emissioni al banco, al fine di dimostrare che sono stati soddisfatti i requisiti di cui alla presente parte 1.

▼M3

Il costruttore può chiedere che, durante la dimostrazione di cui alla parte 3, il servizio tecnico escluda i punti di funzionamento da qualsiasi superficie di controllo di cui alla parte 2. Il servizio tecnico deve concedere tale esclusione, previo accordo dell'autorità di omologazione, se il costruttore dimostra che il motore non è mai in grado di funzionare in corrispondenza di tali punti quando è usato in qualsiasi combinazione di macchine mobili non stradali.

▼M2

Le istruzioni di installazione fornite dal costruttore agli OEM conformemente alle disposizioni dell'allegato XIV devono individuare il limite superiore e inferiore della superficie di controllo applicabile e comprendere una dichiarazione in cui si precisi che l'OEM non deve installare il motore in modo che questo sia costretto a funzionare costantemente ed esclusivamente a combinazioni di regime e coppia al di fuori della superficie di controllo per la curva di coppia corrispondente al tipo di motore omologato o alla famiglia di motori omologati.

▼B

2. **Superficie di controllo del motore**

la superficie di controllo applicabile per eseguire la prova sul motore deve essere la superficie identificata alla presente parte 2 e corrispondente al ciclo NRSC applicabile per il motore sottoposto a prova.

2.1. Superficie di controllo per i motori sottoposti a prova con ciclo NRSC C1

Questi motori operano a regime e carico variabile. A seconda della (sotto)categoria e al regime di funzionamento del motore si applica l'esclusione di diverse parti della superficie di controllo.

▼B

2.1.1. Motori a regime variabile della categoria NRE con potenza netta massima ≥ 19 kW, motori a regime variabile della categoria IWA con potenza netta massima ≥ 300 kW, motori a regime variabile della categoria RLR e motori a regime variabile della categoria NRG.

La superficie di controllo (cfr. figura 5.1) è definita come segue:

limite superiore della coppia: curva di coppia a pieno carico;

intervallo di regime: regime da A a n_{hi};

dove:

regime A = n_{lo} + 0,15 × (n_{hi} – n_{lo});

n_{hi} = alto regime [cfr. articolo 1, paragrafo 12],

n_{lo} = basso regime [cfr. articolo 1, paragrafo 13],

Le seguenti condizioni di funzionamento del motore devono essere escluse dalla prova:

a) punti inferiori al 30 % della coppia massima;

b) punti inferiori al 30 % della potenza netta massima.

Se il regime misurato del motore A corrisponde a ±3 % del regime del motore dichiarato dal costruttore, si usano i regimi dichiarati. Se viene superata la tolleranza per qualsiasi regime di prova, si usano i regimi misurati.

I punti di prova intermedi nell'ambito della superficie di controllo si determinano nel modo seguente:

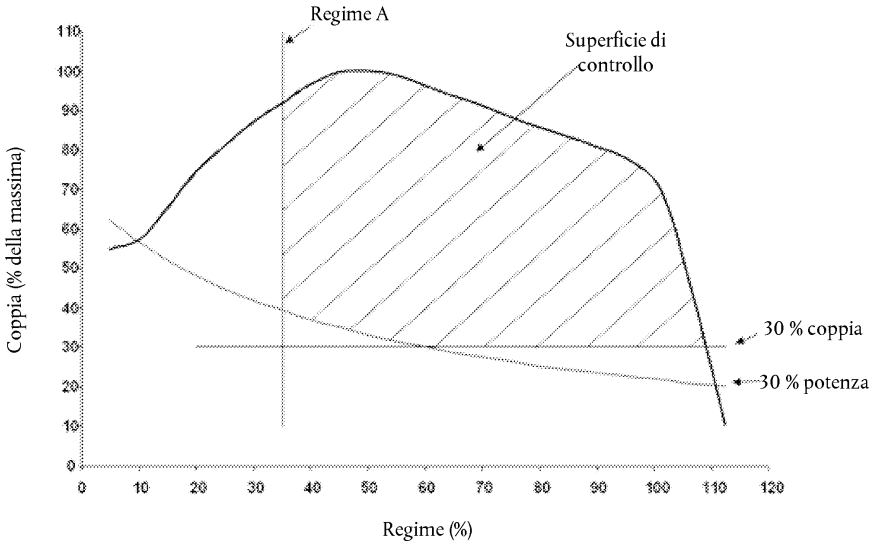
%torque = % della coppia massima;

$$\%\text{speed} = \frac{(n - n_{idle})}{(n_{100\%} - n_{idle})} \cdot 100;$$

dove: $n_{100\ \%}$ è il regime al 100 % del corrispondente ciclo di prova.

Figura 5.1

Superficie di controllo per i motori a regime variabile della categoria NRE con potenza netta massima ≥ 19 kW, motori a regime variabile della categoria IWA con potenza netta massima ≥ 300 kW e motori a regime variabile della categoria NRG.



▼B

2.1.2. Motori a regime variabile della categoria NRE con potenza netta massima ≥ 19 kW, motori a regime variabile della categoria IWA con potenza netta massima ≥ 300 kW

Si applica la superficie di controllo specificata al punto 2.1.1 ma con l'ulteriore esclusione delle condizioni di funzionamento del motore indicate al presente punto e illustrate alle figure 5.2 e 5.3.

a) solo per il particolato, se il regime C è inferiore a 2 400 giri/min, i punti alla destra o al di sotto della linea formata unendo i punti relativi al 30 % della coppia massima o al 30 % della potenza netta massima, se maggiore, al regime B e al 70 % della potenza netta massima al regime massimo.

b) solo per il particolato, se il regime C è superiore o pari a 2 400 giri/min, i punti alla destra o al di sotto della linea formata unendo i punti relativi al 30 % della coppia massima o al 30 % della potenza netta massima, se maggiore, al regime B e al 50 % della potenza netta massima a 2 400 giri/min, e al 70 % della potenza netta massima al regime massimo.

dove:

regime B = n_{lo} + 0,5 × (n_{hi} – n_{lo});

regime C = n_{lo} + 0,75 × (n_{hi} – n_{lo}).

n_{hi} = alto regime [cfr. articolo 3, paragrafo 12],

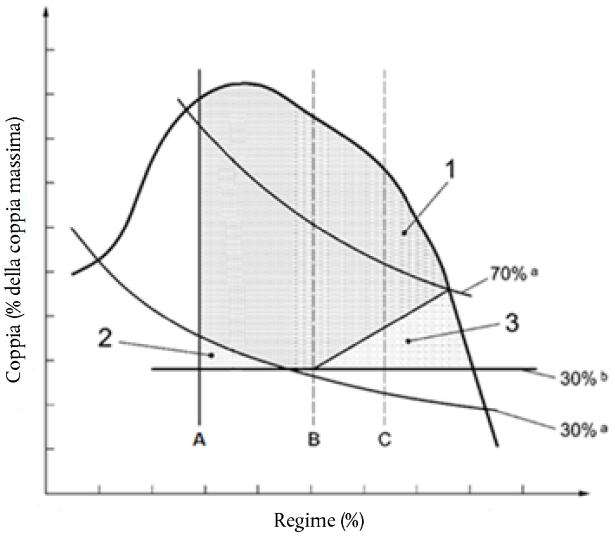
n_{lo} = basso regime [cfr. articolo 3, paragrafo 13].

Se i regimi misurati del motore A, B e C corrispondono a ±3 % dei regimi del motore dichiarati dal costruttore, si utilizzano i regimi dichiarati. Se viene superata la tolleranza per qualsiasi regime di prova, si usano i regimi misurati.

▼M2

Figura 5.2

Superficie di controllo per i motori a regime variabile della categoria NRE con potenza netta massima < 19 kW e motori a regime variabile della categoria IWA con potenza netta massima < 300 kW e regime C < 2 400 giri/min



▼M2

Legenda

1. Superficie di controllo del motore

2. Area di esclusione per tutte le emissioni

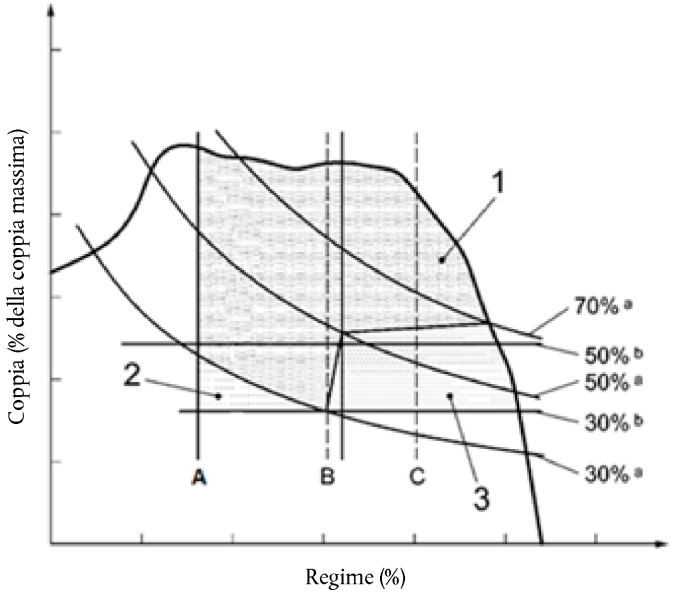
3. Area di esclusione per il PM

[a] % della potenza netta massima

[b] % della coppia massima

Figura 5.3

Superficie di controllo per i motori a regime variabile della categoria NRE con potenza netta massima < 19 kW e motori a regime variabile della categoria IWA con potenza netta massima < 300 kW e regime C ≥ 2 400 giri/min



Legenda

1. Superficie di controllo del motore

2. Area di esclusione per tutte le emissioni

3. Area di esclusione per il PM

[a] % della potenza netta massima

[b] % della coppia massima

▼B

2.2. Superficie di controllo per i motori sottoposti a prova con cicli NRSC D2, E2 e G2

Questi motori funzionano principalmente a un regime molto prossimo a quello di progettazione, pertanto la superficie di controllo è definita come:

regime: 100 %

intervallo della coppia: 50 % della coppia corrispondente al regime massimo.

▼B

2.3. Superficie di controllo per i motori sottoposti a prova con ciclo NRSC E3

Questi motori funzionano perlopiù leggermente al di sopra e al di sotto di una curva di potenza di elica a passo fisso. la superficie di controllo è collegata alla curva di potenza e i suoi limiti sono definiti da esponenti di equazioni matematiche. la superficie di controllo è definita nel modo seguente:

Limite inferiore del regime:	$0{,}7 \times n_{100\ \%}$
Curva limite superiore:	$\%power = 100 \times \cdot(\ \%speed/90)^{3{,}5}$;
Curva limite inferiore:	$\%power = 70 \times \cdot(\ \%speed/100)^{2{,}5}$;
Limite superiore della potenza:	curva di potenza a pieno carico
Limite superiore del regime:	Regime massimo consentito dal regolatore

dove:

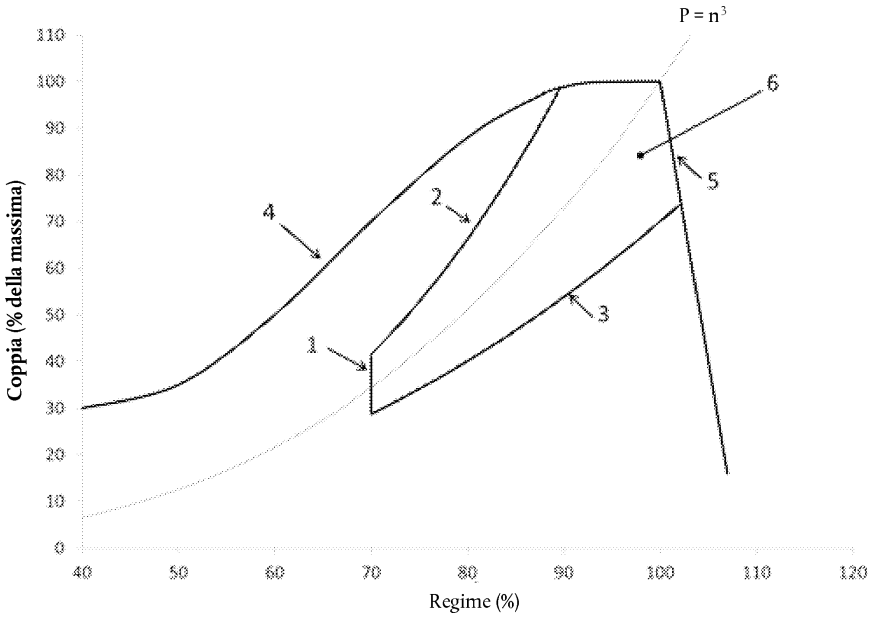
%power è la % della potenza massima netta;

%speed è la % di $n_{100\ \%}$

$n_{100\ \%}$ è il regime al 100 % del corrispondente ciclo di prova.

Figura 5.4

Superficie di controllo per i motori sottoposti a prova con ciclo NRSC E3



Legenda

1 Limite inferiore del regime:

2 Curva limite superiore:

3 Curva limite inferiore:

4 curva di potenza a pieno carico

5 curva di regime massimo del regolatore

6 Superficie di controllo del motore

▼B

3. **Requisiti relativi alla dimostrazione**

Per la prova il servizio tecnico deve scegliere punti a caso di regime e carico nella superficie di controllo. Per i motori soggetti al punto 2.1 devono essere scelti fino a tre punti. Per i motori soggetti al punto 2.2 deve essere scelto un solo punto. Per i motori soggetti ai punti 2.3 o 2.4 devono essere scelti fino a due punti. Il servizio tecnico deve stabilire anche, sempre a caso, in che ordine i punti saranno sottoposti a prova. Il test deve essere condotto conformemente ai requisiti principali del ciclo NRSC, ma ogni punto di prova deve essere valutato separatamente.

▼M2

3.1. Ai fini della selezione casuale del campione prevista al punto 3, devono essere usati metodi statistici di randomizzazione riconosciuti.

▼B

4. **Requisiti di prova**

▼M2

La prova deve essere eseguita immediatamente dopo il ciclo NRSC applicabile nel modo seguente:

a) la prova dei punti della coppia e del regime scelti a caso deve essere eseguita, a seconda dei casi, immediatamente dopo la sequenza di prova NRSC in modalità discreta di cui all'allegato VI, punto 7.8.1.2, lettere da a) a e), ma prima delle procedure successive alla prova di cui alla lettera f), oppure dopo la sequenza di prova sul ciclo di prova stazionario non stradale modale con rampe di transizione («RMC») di cui all'allegato VI, punto 7.8.2.3, lettere da a) a d), ma prima delle procedure successive alla prova di cui alla lettera e);

▼B

b) le prove devono essere eseguite conformemente all'allegato VI, punto 7.8.1.2, lettere da b) ad e), usando il metodo a filtri multipli (un filtro per ogni punto di prova) per ognuno dei tre punti di prova selezionati conformemente alla parte 3;

c) un valore di emissione specifico è calcolato (in g/kWh o #/kWh, a seconda dei casi) per ogni punto di prova;

d) i valori di emissione possono essere calcolati in base alla massa (cfr. allegato VII, parte 2) o in base alla mole (cfr. allegato VII, parte 3) ma devono essere coerenti con il metodo usato per le prove NRSC in modalità discreta o le prove RMC;

▼M2

e) per il calcolo della sommatoria delle emissioni gassose e, se del caso, del PN il valore N_{mode} si fissa a 1 e si usa un fattore di ponderazione pari a 1 nelle equazioni 7-64 o 7-131 e 7-178;

f) per i calcoli del PM si usa il metodo a filtri multipli; per il calcolo della sommatoria il valore N_{mode} si fissa a 1 e si usa un fattore di ponderazione pari a 1 nelle equazioni 7-67 o 7-134.

5. **Rigenerazione**

Nel caso in cui si verifichi un evento di rigenerazione durante o immediatamente prima della procedura di cui al punto 4, al termine di tale procedura la prova può essere annullata su richiesta del costruttore, indipendentemente dalla causa della rigenerazione. In questo caso la prova deve essere ripetuta. Si usano gli stessi punti della coppia e del regime anche se l'ordine di marcia può essere modificato. Non si considera necessario ripetere i punti della coppia e del regime per i quali è già stato ottenuto un esito favorevole. Per ripetere la prova occorre utilizzare la seguente procedura:

▼**M2**

a) il motore deve funzionare in modo da garantire che sia completato l'evento di rigenerazione e, se del caso, che sia stato ripristinato il carico di particolato carbonioso nel sistema di post-trattamento del particolato;

b) la procedura di riscaldamento del motore deve essere eseguita conformemente al punto 7.8.1.1 dell'allegato VI;

c) la procedura di prova di cui al punto 4 deve essere ripetuta a partire dalla fase di cui al punto 4, lettera b).

▼B

ALLEGATO VI

Esecuzione delle prove delle emissioni e requisiti per le apparecchiature di misurazione

▼M2

1. **Introduzione**

Il presente allegato descrive il metodo per la determinazione delle emissioni di inquinanti gassosi e di particolato inquinante prodotte dal motore sottoposto a prova e le specifiche relative alle apparecchiature di misurazione. A partire dalla parte 6, la numerazione del presente allegato rispecchia quella del regolamento tecnico mondiale n. 11 ([1]) (GTR 11) e del regolamento UNECE n. 96, serie di modifiche 04 ([2]), allegato 4B. Alcuni punti del regolamento GTR 11 non sono tuttavia necessari nel presente allegato o sono stati modificati alla luce del progresso tecnico.

▼B

2. **Quadro generale**

Il presente allegato contiene le seguenti disposizioni tecniche necessarie per l'esecuzione delle prove delle emissioni. Ulteriori disposizioni sono elencate al punto 3.

— Parte 5: Requisiti di prestazione, compresa la determinazione dei regimi di prova.

— Parte 6: Condizioni di prova, compreso il metodo per tenere conto delle emissioni di gas dal basamento, il metodo per determinare e tenere conto della rigenerazione continua e non frequente dei sistemii di post-trattamento del gas di scarico.

— Parte 7: Procedure di prova, compresa la mappatura dei motori, la generazione del ciclo di prova e la procedura per l'esecuzione del ciclo di prova.

— Parte 8: Procedure di misurazione, compresi i controlli della taratura e delle prestazioni degli strumenti e la convalida dello strumento per la prova

— Parte 9: Apparecchiature di misurazione, compresi gli strumenti di misurazione, le procedure di diluizione, le procedure di campionamento ed i gas analitici e standard di massa

— Appendice 1: Procedura di misurazione del numero di particelle

3. **Allegati correlati**

— Valutazione dei dati e calcoli:	Allegato VII
— Procedure di prova per i motori a doppia alimentazione:	Allegato VIII
— Carburanti di riferimento:	Allegato IX
— Cicli di prova:	Allegato XVII

([1]) Regolamento tecnico mondiale n. 11 sulle emissioni dei motori di trattori agricoli e forestali e di macchine mobili non stradali nell'ambito del Registro mondiale creato il 18 novembre 2004 a norma dell'articolo 6 dell'Accordo relativo all'approvazione di regolamenti tecnici applicabili a livello mondiale ai veicoli a motore, agli accessori e alle parti che possono essere installati e/o utilizzati sui veicoli a motore.

([2]) Regolamento n. 96 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UNECE) — Disposizioni uniformi relative all'omologazione dei motori ad accensione spontanea destinati a essere montati sui trattori agricoli e forestali e sulle macchine mobili non stradali, per quanto riguarda l'emissione di inquinanti prodotti dal motore.

▼B

4. **Requisiti generali**

I motori sottoposti a prova devono soddisfare i requisiti di prestazione di cui alla parte 5 quando vengono provati conformemente alle condizioni di prova di cui alla parte 6 e alle procedure di prova di cui alla parte 7.

5. **Requisiti di prestazione**

5.1. Emissioni di inquinanti gassosi, particolato inquinante e di CO_2 e NH_3

Tali inquinanti sono:

a) ossidi d'azoto, NO_x;

b) idrocarburi, espressi come idrocarburi totali, HC o THC;

c) monossido di carbonio (CO);

d) particolato, PM;

e) numero di particelle, PN.

▼M2

I valori misurati di inquinanti gassosi, di particolato inquinante e di CO_2 emessi dal motore si riferiscono alle emissioni specifiche al banco frenato in grammi per chilowattora (g/kWh) o, per il PN, in numero per chilowattora (#/kWh).

Gli inquinanti gassosi e il particolato inquinante da misurare sono gli stessi per i quali sono applicabili valori limite alla sottocategoria di motori sottoposti a prova, come stabilito nell'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628. I risultati, comprendenti:

a) le emissioni dal basamento determinate conformemente alla parte 6.10, se pertinenti,

b) i fattori di aggiustamento per la rigenerazione periodica del sistema di post-trattamento, determinati conformemente alla parte 6.6, se pertinenti, e

c) nell'ultima fase del calcolo, il fattore di deterioramento determinato conformemente all'allegato III,

non devono superare i valori limite applicabili.

Le emissioni di CO_2 devono essere misurate e registrate per tutte le sottocategorie di motori come previsto dall'articolo 43, paragrafo 4, del regolamento (UE) 2016/1628.

▼B

Deve essere inoltre misurata la media delle emissioni di ammoniaca (NH_3), come previsto all'allegato IV, parte 3, quando le misure di controllo degli NO_x che fanno parte del sistema di controllo delle emissioni del motore comprendono l'uso di un reagente; la media non deve superare i valori precisati in tale parte.

Le emissioni devono essere determinate sui cicli di lavoro (cicli di prova transitori e/o stazionari), come descritto nella parte 7 e all'allegato XVII. I sistemi di misurazione devono soddisfare i controlli della taratura e delle prestazione di cui alla parte 8 con le apparecchiature di misurazione di cui alla parte 9.

▼B

L'autorità di omologazione può approvare altri sistemi o analizzatori se constata che questi danno risultati equivalenti conformemente al punto 5.1.1. I risultati devono essere calcolati conformemente ai requisiti dell'allegato VII.

5.1.1. Equivalenza

La determinazione dell'equivalenza dei sistemi si effettua sulla base di uno studio di correlazione tra il sistema considerato e uno dei sistemi del presente allegato; lo studio si esegue su almeno 7 coppie di campioni. Con il termine «risultati» s'intende il valore ponderato delle emissioni per il ciclo specifico. Le prove di verifica della correlazione devono essere eseguite presso lo stesso laboratorio, nella stessa camera 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'allegato VII, appendice 3, ottenuti con il laboratorio, la camera di prova e il motore alle condizioni descritte 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. Requisiti generali per i cicli di prova

5.2.1. La prova di omologazione deve essere eseguita utilizzando il ciclo NRSC adatto e, se del caso, il ciclo NRTC o LSI-NRTC, come specificato all'articolo 24 e nell'allegato IV del regolamento (UE) 2016/1628.

5.2.2. Le specifiche tecniche e le caratteristiche dei cicli NRSC sono definite nell'allegato XVII, appendice 1 (NRSC in modalità discreta) e appendice 2 (NRSC modale con rampe di transizione). A discrezione del costruttore un ciclo NRSC può essere eseguito come NRSC in modalità discreta o, se disponibile, come NRSC modale con rampe di transizione (RMC), come specificato al punto 7.4.1.

5.2.3. Le specifiche tecniche e le caratteristiche dei cicli NRTC e LSI-NRTC sono riportate nell'allegato XVII, appendice 3.

5.2.4. I cicli di prova di cui al punto 7.4 e all'allegato XVII sono progettati in funzione delle percentuali della coppia massima o della potenza e regime di prova che devono essere determinati per la corretta esecuzione dei cicli di prova:

a) regime al 100 % (regime di prova massimo, MTS, o regime nominale)

b) regimi intermedi specificati al punto 5.2.5.4;

c) regime minimo specificato al punto 5.2.5.5.

La determinazione dei regimi di prova è definita al punto 5.2.5, mentre l'uso di coppia e potenza è definito al punto 5.2.6.

5.2.5. Regimi di prova

5.2.5.1. Regime di prova massimo (MTS)

L'MTS deve essere calcolato conformemente al punto 5.2.5.1.1 o al punto 5.2.5.1.3.

▼**M2**

5.2.5.1.1. Calcolo dell'MTS

Al fine di calcolare l'MTS, occorre eseguire la procedura di mappatura in transitorio conformemente al punto 7.4. L'MTS è quindi determinato in base ai valori mappati del regime rispetto alla potenza del motore. L'MTS si calcola applicando una delle seguenti opzioni:

a) calcolo basato su valori a basso e ad alto regime

$$MTS = n_{lo} + 0{,}95 \cdot (n_{hi} - n_{lo}) \quad (6\text{-}1)$$

dove:

n_{hi} è l'alto regime secondo la definizione di cui all'articolo 1, paragrafo 12, e

n_{lo} è il basso regime secondo la definizione di cui all'articolo 1, paragrafo 13

b) calcolo basato sul metodo del vettore più lungo

$$MTS = n_i \quad (6\text{-}2)$$

dove:

n_i è la media tra il regime minimo e il regime massimo alla quale $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$ è uguale al 98 % del valore massimo di $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$.

Se esiste un solo regime al quale $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$ è uguale al 98 % del valore massimo di $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$:

$$MTS = n_i \quad (6\text{-}3)$$

dove:

n_i è il regime al quale si verifica il valore massimo di $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$

dove:

n è il regime del motore

i è una variabile di indicizzazione che rappresenta un valore registrato della mappa del motore

n_{normi} è il regime del motore normalizzato mediante divisione per $n_{P_{max}}$

P_{normi} è la potenza del motore normalizzata mediante divisione per P_{max}

$n_{P_{max}}$ è la media tra il regime minimo e il regime massimo alla quale la potenza è uguale al 98 % di P_{max}.

Va applicata l'interpolazione lineare tra i valori mappati per determinare:

i) i regimi ai quali la potenza è uguale al 98 % di P_{max}. Se esiste un solo regime al quale la potenza è uguale al 98 % di P_{max}, allora $n_{P_{max}}$ sarà il regime al quale si ottiene P_{max};

▼M2

ii) i regimi ai quali ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$) è uguale al 98 % del valore massimo di ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$).

▼B

5.2.5.1.2 Impiego di un MTS dichiarato

Se l'MTS calcolato conformemente al punto 5.2.5.1.1 o al punto 5.2.5.1.3 corrisponde a ± 3 % dell'MTS dichiarato dal costruttore, è possibile utilizzare l'MTS dichiarato per la prova delle emissioni. Se questa tolleranza viene superata, per la prova delle emissioni deve essere utilizzato l'MTS misurato.

5.2.5.1.3 Impiego di un MTS con aggiustamento

Se la parte discendente della curva a pieno carico è molto ripida, può causare problemi per la corretta esecuzione del regime al 105 % del ciclo NRTC. In tal caso è consentito, previo accordo del servizio tecnico, l'impiego di un valore alternativo dell'MTS determinato con uno dei metodi seguenti:

a) è possibile ridurre leggermente l'MTS (al massimo del 3 %) per consentire la corretta esecuzione del ciclo NRTC.

b) Calcolare un MTS alternativo con la seguente formula 6-4:

$$MTS = [(n_{max} — n_{idle})/1{,}05] + n_{idle} \quad (6\text{-}4)$$

dove:

n_{max} = è il regime del motore controllato dalla funzione di regolatore del motore, con il regime impostato dall'operatore al minimo e senza applicazione di carichi («regime massimo a vuoto»)

n_{idle} = è il regime minimo

5.2.5.2. Regime nominale

▼M2

Il regime nominale è definito all'articolo 3, paragrafo 29, del regolamento (UE) 2016/1628. Il regime nominale per i motori a regime variabile soggetti a una prova delle emissioni, diversi da quelli sottoposti agli NRSC a regime variabile definiti all'articolo 1, paragrafo 31, del presente regolamento, deve essere determinato in base alla procedura di mappatura applicabile di cui al punto 7.6 del presente allegato. Il regime nominale per i motori a regime variabile soggetti ad un NRSC a regime costante deve essere dichiarato dal costruttore in base alle caratteristiche del motore. Il regime nominale per i motori a regime costante deve essere dichiarato dal costruttore in base alle caratteristiche del regolatore. Qualora si sottoponga alla prova delle emissioni un tipo di motore in grado di funzionare a regimi alternativi, come previsto dall'articolo 3, paragrafo 21, del regolamento (UE) 2016/1628, soggetto a una prova delle emissioni, ciascun regime alternativo deve essere dichiarato e sottoposto a prova.

▼B

Se il regime nominale determinato in base alla procedura di mappatura di cui al punto 7.6 corrisponde al valore dichiarato dal costruttore ± 150 giri/min per i motori della categoria NRS dotati di regolatore, oppure ± 350 giri/min o ± 4 % (scegliendo, tra i due,

▼B

il valore inferiore) per i motori della categoria NRS senza regolatore, o ± 100 giri/min per tutte le altre categorie di motori, è possibile utilizzare il valore dichiarato. Se questa tolleranza viene superata, deve essere utilizzato il regime nominale determinato in base alla procedura di mappatura.

▼M2

Per i motori della categoria NRSh il regime di prova al 100 % deve corrispondere al regime nominale ± 350 giri/min dichiarato dal costruttore.

▼B

In alternativa, al posto del regime nominale, per ogni ciclo di prova stazionario è possibile utilizzare l'MTS.

5.2.5.3. Regime di coppia massima per i motori a regime variabile

▼M2

Ove necessario, il regime di coppia massima determinato in base alla curva di coppia massima stabilita secondo la procedura applicabile di mappatura del motore di cui al punto 7.6.1 o 7.6.2 deve essere uno dei seguenti:

▼B

a) il regime al quale è stata registrata la coppia massima; oppure,

b) la media tra il regime minimo e il regime massimo al quale la coppia è uguale al 98 % della coppia massima. Se necessario, deve essere utilizzata l'interpolazione lineare per determinare i regimi ai quali la coppia è uguale al 98 % della coppia massima.

Se il regime di coppia massima determinato dalla curva massima di coppia corrisponde al regime di coppia massima dichiarato dal costruttore ± 4 % per ►M2 i motori della categoria NRS ◄, o al regime di coppia massima dichiarato dal costruttore ± 2,5 % per tutte le altre categorie di motori, è possibile utilizzare il valore dichiarato ai fini del presente regolamento. Se questa tolleranza viene superata, deve essere utilizzato il regime di coppia massima determinato in base alla curva massima di coppia.

5.2.5.4. Regime intermedio

Il regime intermedio deve soddisfare uno dei seguenti requisiti:

a) per motori progettati per funzionare a vari regimi lungo una curva di coppia a pieno carico, il regime intermedio deve corrispondere al regime di coppia massima se questo è compreso tra il 60 % e il 75 % del regime nominale;

b) se il regime di coppia massima corrisponde a meno del 60 % del regime nominale, il regime intermedio deve corrispondere al 60 % del regime nominale;

c) se il regime di coppia massima corrisponde a più del 75 % del regime nominale, il regime intermedio deve corrispondere al 75 % del regime nominale; se il motore è in grado di funzionare solo a velocità superiori al 75 % del regime nominale, il regime intermedio deve corrispondere al regime più basso al quale il motore è in grado di funzionare;

▼B

d) per motori che non sono progettati per funzionare a vari regimi lungo una curva di coppia a pieno carico in condizioni stazionarie, il regime intermedio deve essere compreso tra il 60 % e il 70 % del regime nominale;

e) per motori da sottoporre a prova nel ciclo G1, fatta eccezione per i motori della categoria ATS, il regime intermedio deve corrispondere all'85 % del regime nominale;

f) per motori della categoria ATS sottoposti a prova nel ciclo G1 il regime intermedio deve corrispondere al 60 % o all'85 % del regime nominale più vicino all'effettivo regime di coppia massima.

Se al posto del regime nominale viene usato l'MTS per determinare il regime di prova al 100 %, l'MTS deve essere usato al posto del regime nominale anche nella determinazione del regime intermedio.

5.2.5.5. Regime minimo

Il regime minimo è il più basso regime del motore con carico minimo (pari o superiore a carico zero) quando il regime del motore è controllato da una funzione di regolazione del motore. Per i motori privi di una funzione di regolazione che controlla il regime minimo, per regime minimo si intende il valore dichiarato dal costruttore per il più basso regime possibile del motore con carico minimo. È da notare che il regime minimo a caldo è il regime minimo di un motore riscaldato.

5.2.5.6. Regime di prova per i motori a regime costante

È possibile che i regolatori dei motori a regime costante non mantengano sempre il regime esattamente costante. Tipicamente il regime può diminuire dallo 0,1 al 10 % rispetto al regime a carico zero, cosicché il regime minimo si verifica vicino al punto di massima potenza del motore. Il regime di prova per i motori a regime costante può essere regolato mediante il regolatore installato sul motore oppure impostando il regime al banco di prova, quando questo simula il regolatore del motore.

▼M2

Se viene utilizzato il regolatore installato sul motore, il regime al 100 % deve corrispondere al regime controllato dal motore quale definito all'articolo 1, paragrafo 24.

▼B

Quando viene utilizzato un segnale di impostazione del regime al banco di prova per simulare il regolatore, il regime al 100 % a carico zero deve corrispondere al regime a vuoto specificato dal costruttore per le rispettive impostazioni del regolatore mentre il regime al 100 % a pieno carico deve corrispondere al regime nominale per le rispettive impostazioni del regolatore. Per determinare il regime per le altre modalità di prova deve essere usata l'interpolazione.

Se il regolatore ha un'impostazione isocrona o se il regime nominale e il regime a vuoto dichiarato dal costruttore non differiscono tra loro di oltre il 3 %, è possibile utilizzare un valore unico dichiarato dal costruttore per i regimi al 100 % a tutti i punti di carico.

▼B

5.2.6. Coppia e potenza

5.2.6.1. Coppia

I valori di coppia indicati nei cicli di prova sono valori percentuali che rappresentano, per una determinata modalità di prova, uno dei seguenti aspetti:

a) il rapporto tra la coppia richiesta e la coppia massima possibile al regime di prova specificato (tutti i cicli tranne D2 e E2);

b) il rapporto tra la coppia necessaria e la coppia corrispondente alla potenza nominale netta dichiarata dal costruttore (ciclo D2 e E2).

5.2.6.2. Potenza

I valori di potenza indicati nei cicli di prova sono valori percentuali che rappresentano, per una determinata modalità di prova, uno dei seguenti aspetti:

a) per il ciclo di prova E3 i valori di potenza sono valori percentuali della potenza massima netta a un regime al 100 % in quanto tale ciclo è basato su una curva teorica caratteristica del propulsore per navi con motori pesanti senza limiti di durata.

b) per il ciclo di prova F i valori di potenza sono valori percentuali della potenza massima netta al regime di prova indicato, fatta eccezione per il regime minimo quando questo corrisponde a una percentuale della potenza massima netta a un regime al 100 %.

6. **Condizioni di prova**

6.1. Condizioni di prova in laboratorio

Devono essere misurate la temperatura assoluta (T_a) dell'aria all'ingresso del motore espressa in Kelvin e la pressione atmosferica su secco (p_s) espressa in kPa, e deve essere determinato il parametro f_a nel modo di seguito riportato e usando l'equazione 6-5 oppure 6-6. Se la pressione atmosferica è misurata in un condotto, deve essere accertato che le perdite di pressione tra l'atmosfera e il luogo della misurazione siano trascurabili e devono essere considerati i cambiamenti della pressione statica del condotto risultanti dal flusso. 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. Il parametro f_a deve essere riportato con i risultati di prova.

Motori ad aspirazione naturale e con sovralimentatore meccanico:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,7} \quad (6\text{-}5)$$

Motori turbocompressi, con o senza raffreddamento dell'aria di aspirazione:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5} \quad (6\text{-}6)$$

6.1.1. Affinché la prova sia considerata valida devono essere soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

a) f_a deve essere compreso nell'intervallo $0,93 \leq f_a \leq 1,07$ tranne nei casi previsti ai punti 6.1.2 e 6.1.4;

▼B

b) la temperatura dell'aria di aspirazione deve essere mantenuta a 298 ± 5 K (25 ± 5 °C), misurata a monte di ogni componente del motore, tranne nei casi previsti ai punti 6.1.3 e 6.1.4, e secondo quanto richiesto ai punti 6.1.5 e 6.1.6.

6.1.2. Se il laboratorio in cui il motore viene sottoposto a prova è posto a un'altitudine superiore a 600 m, d'accordo con il costruttore f_a può superare il valore 1,07 a condizione che p_s non sia inferiore a 80 kPa.

6.1.3. Se la potenza del motore sottoposto a prova è superiore a 560 kW, d'accordo con il costruttore il valore massimo di temperatura dell'aria di aspirazione può essere superiore a 303 K (30 °C), a condizione che non superi i 308 K (35 °C).

6.1.4. Se il laboratorio in cui il motore è sottoposto a prova è posto a un'altitudine superiore a 300 m e la potenza del motore sottoposto a prova è superiore a 560 kW, d'accordo con il costruttore f_a può superare il valore 1,07 a condizione che p_s non sia inferiore a 80 kPa; il valore massimo di temperatura dell'aria di aspirazione può essere superiore a 303 K (30 °C), a condizione che non superi i 308 K (35 °C).

6.1.5. Nel caso di una famiglia di motori della categoria NRS inferiore a 19 kW, esclusivamente composto di tipi di motore da utilizzare negli spazzaneve, la temperatura dell'aria di aspirazione deve essere mantenuta tra 273 K e 268 K (tra 0 °C e – 5 °C).

6.1.6. Per i motori della categoria SMB la temperatura dell'aria di aspirazione deve essere mantenuta a 263 ± 5 K (– 10 ± 5 °C), tranne nei casi previsti al punto 6.1.6.1.

6.1.6.1. Per i motori della categoria SMB dotati di iniezione del carburante a controllo elettronico che regola il flusso di carburante alla temperatura dell'aria di aspirazione, a discrezione del costruttore la temperatura dell'aria di aspirazione può, in alternativa, essere mantenuta a 298 ± 5 K (25 ± 5 °C).

6.1.7. È possibile utilizzare:

a) un barometro condiviso il cui output sia utilizzato come pressione atmosferica per un impianto di prova completo che ha più di una camera di prova con dinamometro, purché la strumentazione per il trattamento dell'aria di aspirazione mantenga, durante la prova del motore, la pressione ambiente entro ± 1 kPa della pressione atmosferica condivisa;

b) uno strumento per la misurazione dell'umidità usato per misurare l'umidità dell'aria di aspirazione per un impianto di prova completo che ha più di una camera di prova con dinamometro, purché la strumentazione per il trattamento dell'aria di aspirazione mantenga, durante la prova del motore, il punto di rugiada entro ± 0,5 K della misurazione dell'umidità condivisa.

6.2. Motori con raffreddamento dell'aria di sovralimentazione

▼M2

Deve essere utilizzato un sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione con una capacità totale dell'aria aspirata che rappresenti l'installazione in condizioni d'uso dei motori. Ogni sistema di laboratorio di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione deve essere progettato per ridurre al minimo la condensa.

▼M2

La condensa accumulata deve essere drenata; tutte le condotte di drenaggio devono essere chiuse ermeticamente prima delle prove delle emissioni e rimanere chiuse durante la prova delle emissioni. Le condizioni del refrigerante devono essere mantenute come segue:

a) occorre mantenere una temperatura di almeno 293 K (20 °C) all'ingresso del sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione per tutta la durata della prova;

b) a regime nominale e a pieno carico, la portata del refrigerante deve essere regolata in modo che l'aria raggiunga una temperatura corrispondente al valore indicato dal costruttore ± 5 K (± 5 °C) dopo l'uscita del sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione. La temperatura dell'aria all'uscita va misurata nella posizione specificata dal costruttore. Questo valore preimpostato (set point) della portata del refrigerante deve essere utilizzato per tutta la prova;

c) se il costruttore del motore specifica i limiti di perdita di pressione dell'aria di sovralimentazione che attraversa il sistema di raffreddamento, è necessario garantire che la perdita di pressione dell'aria di sovralimentazione che attraversa il sistema di raffreddamento alle condizioni del motore specificate dal costruttore rientri in tali limiti. La perdita di pressione va misurata nei punti indicati dal costruttore.

▼B

Quando per l'esecuzione del ciclo di prova, al posto del regime nominale, viene utilizzato l'MTS definito al punto 5.2.5.1, lo stesso regime può essere utilizzato al posto del regime nominale per fissare la temperatura dell'aria di sovralimentazione.

L'obiettivo è ottenere risultati di emissione che siano rappresentativi del funzionamento in condizioni d'uso. Se i criteri di buona pratica ingegneristica indicano che le specifiche di cui al presente punto darebbero luogo a prove non rappresentative (ad es. il sovraraffreddamento dell'aria di aspirazione), si possono utilizzare valori preimpostati (set point) e controlli della perdita di pressione dell'aria di sovralimentazione, della temperatura del refrigerante della portata più sofisticati al fine di raggiungere risultati più rappresentativi.

6.3. Potenza del motore

▼M2

6.3.1. Base per la misurazione delle emissioni

La base per la misurazione delle emissioni specifiche è la potenza netta non corretta, quale definita all'articolo 3, paragrafo 25, del regolamento (UE) 2016/1628.

▼B

6.3.2. Dispositivi ausiliari da montare

Per la prova vanno montati sul banco di prova i dispositivi ausiliari occorrenti per il funzionamento del motore a norma dei requisiti dell'appendice 2.

Qualora non sia possibile montare i dispositivi ausiliari necessari per la prova, deve essere determinata la quantità di potenza che essi assorbono e sottratta dalla potenza del motore misurata.

6.3.3. Dispositivi ausiliari da rimuovere

Alcuni dispositivi ausiliari legati al funzionamento della macchina mobile non stradale che potrebbero essere installati sul motore devono essere rimossi durante la prova.

▼B

Qualora i dispositivi ausiliari non possano essere rimossi, è possibile calcolare la potenza da essi assorbita in condizioni prive di carico e aggiungerla alla potenza del motore misurata (cfr. nota g di cui all'appendice 2). Se tale valore è superiore al 3 % della potenza massima al regime di prova, può essere sottoposto a verifica da parte del servizio tecnico. ►M2 La potenza assorbita dai dispositivi ausiliari deve essere utilizzata per regolare i valori impostati e per calcolare il lavoro prodotto dal motore durante il ciclo di prova conformemente al punto 7.7.1.3 oppure al punto 7.7.2.3, lettera b). ◄

▼M2

6.3.4. Determinazione della potenza ausiliaria

Ove applicabile in conformità ai punti 6.3.2 e 6.3.3, i valori della potenza ausiliaria e il metodo di misurazione/calcolo usato per determinare tale potenza devono essere forniti dal costruttore del motore per tutta la zona di funzionamento dei cicli di prova applicabili e devono essere approvati dall'autorità di omologazione.

▼B

6.3.5. Ciclo di lavoro del motore

Il calcolo del ciclo di lavoro di riferimento ed effettivo (cfr. punto 7.8.3.4) deve basarsi sulla potenza del motore in conformità al punto 6.3.1. In questo caso, P_f e P_r dell'equazione 6-7 sono pari a zero, e P è uguale a P_m.

Se sono installati dispositivi ausiliari/apparecchiature in conformità ai punti 6.3.2 e/o 6.3.3, la potenza da essi assorbita deve essere utilizzata per correggere ciascun valore istantaneo di potenza nell'arco del ciclo $P_{m,i}$ usando l'equazione 6-8:

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i} \quad (6\text{-}7)$$

$$P_{AUX} = P_{r,i} - P_{f,i} \quad (6\text{-}8)$$

dove:

$P_{m,i}$ è la potenza del motore misurata, in kW

$P_{f,i}$ è la potenza assorbita dai dispositivi ausiliari/dalle apparecchiature che avrebbero dovuto essere installati per la prova ma non erano installati, in kW

$P_{r,i}$ è la potenza assorbita dai dispositivi ausiliari/dalle apparecchiature che avrebbero dovuto essere rimossi per la prova ma erano invece installati, in kW.

6.4. Aria di aspirazione del motore

6.4.1. Introduzione

Deve essere utilizzato il sistema di aspirazione dell'aria installato sul motore o uno che rappresenti la configurazione tipica in uso. Ciò comprende i sistemi di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione e il ricircolo dei gas di scarico (EGR).

6.4.2. Limitatore della pressione dell'aria di aspirazione

Deve essere utilizzato un sistema di aspirazione dell'aria del motore o un sistema da laboratorio di prova dotato di un limitatore della pressione di aspirazione dell'aria che limiti la pressione a un intervallo di ± 300 Pa del valore massimo specificato dal costruttore per un filtro dell'aria pulito al regime nominale e a pieno carico. Se ciò non fosse possibile a causa delle caratteristiche di progetto del sistema di alimentazione dell'aria da laboratorio di prova, previa approvazione del servizio tecnico deve essere consentita una limitazione della pressione non superiore al valore specificato dal costruttore per un filtro sporco. La pressione differenziale statica del limitatore della pressione va misurata nella posizione e ai valori preimpostati (set point) di regime e coppia indicati dal costruttore. Se il costruttore non specifica una posizione, tale pressione deve essere misurata a monte di ogni collegamento del turbocompressore o del ricircolo dei gas di scarico (EGR) al sistema di aspirazione dell'aria.

▼B

Quando al posto del regime nominale viene utilizzato l'MTS definito al punto 5.2.5.1 per l'esecuzione del ciclo di prova, l'MTS può essere utilizzato al posto del regime nominale anche per impostare il limitatore della pressione dell'aria di aspirazione.

6.5. Sistema di scarico del motore

Si deve utilizzare il sistema di scarico installato insieme al motore o uno che rappresenti la configurazione tipica in uso. Il sistema di scarico deve essere conforme ai requisiti per il campionamento delle emissioni dei gas di scarico di cui al punto 9.3. Deve essere utilizzato un sistema di scarico del motore o un sistema da laboratorio di prova che crei una contropressione statica dei gas di scarico compresa tra l'80 e il 100 % della limitazione massima della pressione dei gas di scarico al regime nominale e al carico massimo. Il limitatore della pressione dei gas di scarico può essere regolato per mezzo di una valvola. Se la limitazione massima adella pressione dei gas di scarico è pari o inferiore a 5 kPa, il valore preimpostato (set point) non deve essere superiore a 1,0 kPa rispetto al valore massimo. Quando al posto del regime nominale viene utilizzato l'MTS definito al punto 5.2.5.1 per l'esecuzione del ciclo di prova, l'MTS può essere utilizzato al posto del regime nominale anche per impostare il limitatore della pressione dei gas di scarico.

6.6. Motore con sistema di post-trattamento dei gas di scarico

Se il motore è provvisto di sistema di post-trattamento dei gas di scarico che non sia montato direttamente su di esso, il diametro del condotto di scarico deve essere uguale a quello utilizzato nelle condizioni di impiego per una lunghezza pari ad almeno quattro diametri del condotto a monte della sezione di espansione che contiene il dispositivo di post-trattamento. La distanza dalla flangia del collettore di scarico o dall'uscita del turbocompressore al sistema di post-trattamento dei gas di scarico deve essere uguale a quella utilizzata nella configurazione della macchina mobile non stradale o compresa entro le specifiche di distanza del costruttore. Laddove specificato dal costruttore, il tubo deve essere isolato al fine di raggiungere una temperatura all'ingresso del sistema di post-trattamento compresa entro le specifiche del medesimo costruttore. Qualora le specifiche del costruttore comprendano altri requisiti di installazione, anche questi devono essere rispettati nella configurazione di prova. La contropressione o il limitatore della pressione dei gas di scarico devono essere impostati conformemente al punto 6.5. Per i dispositivi di post-trattamento dei gas di scarico che permettono una limitazione variabile della pressione dei gas di scarico, la limitazione massima di cui al punto 6.5 è definita alle condizioni di post-trattamento (livello di rodaggio/invecchiamento e di rigenerazione/ostruzione) specificate dal costruttore. 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 catalitico 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 dei gas di scarico che richiede l'uso di un reagente, il costruttore deve dichiarare per tutte le prove quale reagente viene usato.

Per i motori delle categorie NRE, NRG, IWP, IWA, RLR, NRS, NRSh, SMB, e ATS muniti di sistema di post-trattamento dei gas di scarico a rigenerazione periodica, come descritto al punto 6.6.2, i risultati delle emissioni devono essere sottoposti ad aggiustamento per tener conto degli eventi di rigenerazione. In questo caso,

▼B

l'emissione media dipende dalla frequenza dell'evento di rigenerazione, espressa come frazione della durata delle prove in cui si produce la rigenerazione. Per i sistemi di post-trattamento con un processo di rigenerazione che si attiva in modo sostenuto o almeno una volta nel corso del ciclo di prova transitorio (NRTC o LSI-NRTC) del ciclo RMC («rigenerazione continua») di cui al punto 6.6.1 non è necessaria alcuna 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 NRTC, la prova LSI-NRTC o la prova NRSC con avviamento a caldo e il costruttore deve dichiarare le condizioni normali in cui avviene la rigenerazione (carico di particolato carbonioso, temperatura, contropressione dei gas di scarico, ecc.). Per dimostrare che il processo di rigenerazione è continuo, devono essere effettuate almeno tre prove NRTC, LSI-NRTC o NRSC con avviamento a caldo. Nel caso della prova NRTC con avviamento a caldo, il motore deve essere riscaldato in conformità al punto 7.8.2.1 e stabilizzato in conformità al punto 7.4.2.1, lettera b), quindi deve essere effettuata la prima prova NRTC con avviamento a caldo.

Le successive prove NRTC con avviamento a caldo devono iniziare dopo la stabilizzazione in conformità al punto 7.4.2.1, lettera b). Durante le prove devono essere registrare le temperature e le pressioni dei gas di scarico (temperatura a monte e a valle del sistema di post-trattamento dei gas di scarico, contropressione dei gas di scarico, ecc.). Il sistema di post-trattamento dei gas di scarico è considerato soddisfacente se le condizioni dichiarate dal costruttore si verificano entro un tempo sufficiente nel corso della prova e i risultati delle emissioni non presentano una dispersione superiore al ± 25 % o a 0,005 g/kWh, se superiore.

6.6.2. Rigenerazione periodica

La presente disposizione si applica solo ai motori dotati di un sistema di post-trattamento dei gas di scarico rigenerati in modo saltuario, tipicamente a intervalli inferiori alle 100 ore di normale funzionamento del motore. Per tali motori devono essere determinati fattori moltiplicativi o additivi per l'aggiustamento verso l'alto o verso il basso come indicato al punto 6.6.2.4 («fattore di aggiustamento»).

La prova e lo sviluppo dei fattori di aggiustamento applicabile sono richiesti per un solo ciclo di prova transitorio (NRTC o LSI-NRTC) oppure RMC applicabile. I fattori sviluppati possono essere applicati ai risultati degli altri cicli di prova applicabili, compresi i cicli di prova NRSC in modalità discreta.

Qualora non siano disponibili fattori di aggiustamento adeguati derivanti dai cicli di prova transitori (NRTC o LSI-NRTC) o RMC, allora i fattori di aggiustamento devono essere determinati per mezzo di una prova NRSC in modalità discreta applicabile. I fattori di aggiustamento determinati per mezzo di un ciclo NRSC in modalità discreta devono essere applicati solo ai cicli NRSC in modalità discreta.

Non si devono condurre prove e determinare fattori di aggiustamento sia per RMC, sia per NRSC in modalità discreta.

▼B

6.6.2.1. Requisiti per la determinazione dei fattori di aggiustamento per mezzo di prove NRTC, LSI-NRTC o RMC

Le emissioni sono misurate in almeno tre prove NRTC, LSI-NRTC o RMC con avviamento a caldo: una con e due senza un evento di rigenerazione su un sistema di post-trattamento dei gas di scarico stabilizzato. Il processo di rigenerazione deve verificarsi almeno una volta durante il ciclo NRTC, LSI-NRTC o RMC con un evento di rigenerazione. Se per la rigenerazione occorre più di una prova NRTC, LSI-NRTC o RMC, devono essere eseguite prove NRTC, LSI-NRTC o RMC consecutive, continuando a misurare le emissioni senza spegnere il motore fino a rigenerazione avvenuta, e calcolare la media delle prove. Se la rigenerazione è completata durante una delle prove, la prova deve essere continuata per tutta la sua durata.

Deve essere fissato un fattore di aggiustamento appropriato per l'intero ciclo applicabile con le equazioni da 6-10 a 6-13.

6.6.2.2. Requisiti per la determinazione dei fattori di aggiustamento per mezzo della prova NRSC in modalità discreta

Partendo da un sistema di post-trattamento dei gas di scarico stabilizzato, le emissioni devono essere misurate in almeno tre prove per ciascuna modalità del ciclo NRSC nella modalità discreta applicabile alla quale possono essere soddisfatte le condizioni di rigenerazione, una con e due senza un evento di rigenerazione. La misurazione del PM deve essere effettuata utilizzando il metodo a filtri multipli di cui al punto 7.8.1.2, lettera c). Se la rigenerazione ha avuto inizio ma non è ancora completata al termine del periodo di campionamento per una specifica modalità di prova, il periodo di campionamento deve essere esteso fino al completamento della rigenerazione. Se è stata condotta più di una prova per la stessa modalità, deve essere calcolato un risultato medio. Il processo deve essere ripetuto per ciascuna modalità di prova.

Deve essere fissato un fattore di aggiustamento appropriato con le equazioni da 6-10 a 6-13 per le modalità del ciclo applicabile per le quali avviene la rigenerazione.

6.6.2.3. Procedura generale per la determinazione di fattori di aggiustamento per rigenerazione periodica

Il costruttore deve dichiarare le condizioni normali in cui avviene il processo di rigenerazione (carico di particolato carbonioso, temperatura, contropressione dei gas di scarico, ecc.) e fornire inoltre la frequenza dell'evento di rigenerazione in termini di numero di prove in cui si produce la rigenerazione. ►M2 L'esatta procedura di determinazione di tale frequenza deve essere approvata dall'autorità di omologazione in base a criteri di buona pratica ingegneristica. ◄

Per la prova di rigenerazione il costruttore deve fornire un sistema di post-trattamento dei gas di scarico che sia stato caricato. La rigenerazione non deve verificarsi durante la fase di condizionamento del motore. In alternativa il costruttore può eseguire prove consecutive del ciclo applicabile fino al caricamento del sistema di post-trattamento dei gas di scarico. Non è necessario misurare le emissioni per ogni prova.

Le emissioni medie tra fasi di rigenerazione devono essere determinate in base alla media aritmetica di diverse prove del ciclo applicabile approssimativamente equidistanti. Almeno una prova del ciclo applicabile deve essere effettuata il più possibile prima della prova di rigenerazione e una prova del ciclo applicabile deve essere effettuata subito dopo la prova di rigenerazione.

▼B

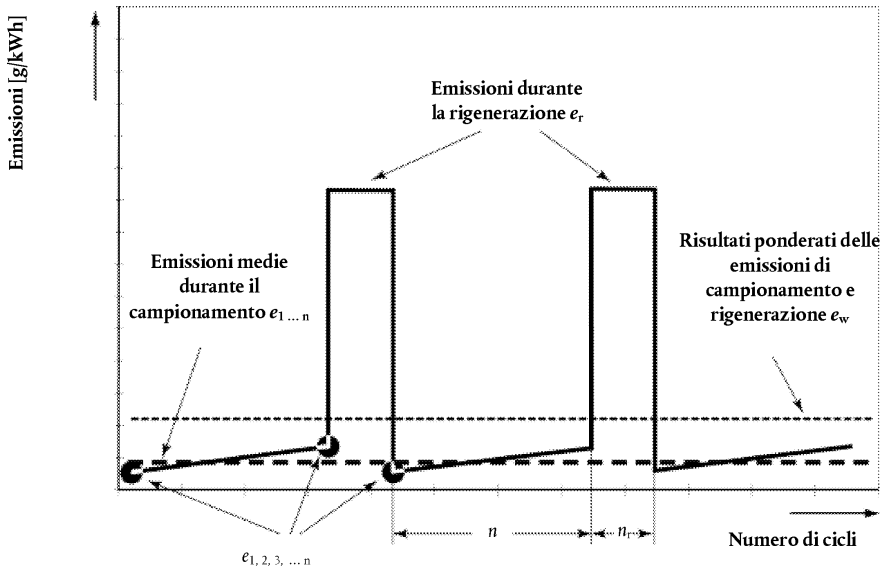
Durante la prova di rigenerazione devono essere registrati tutti i dati necessari a individuare la rigenerazione (emissioni di CO o NO_x, temperatura a monte e a valle del sistema di post-trattamento, contropressione dei gas di scarico, ecc.). Durante il processo di rigenerazione i limiti di emissione applicabili possono essere superati. La procedura di prova è illustrata schematicamente nella figura 6.1.

▼M2

Figura 6.1

Schema di rigenerazione non frequente con un numero *n* di misurazioni e un numero n_r di misurazioni durante la rigenerazione

▼B



Il livello medio delle emissioni specifiche in relazione alle prove effettuate conformemente ai punti 6.6.2.1 o 6.6.2.2 [g/kWh o #/kWh] deve essere ponderato con l'equazione 6-9 (cfr. figura 6.1):

▼M2

$$\overline{e}_w = \frac{n \cdot \overline{e} + n_r \cdot \overline{e}_r}{n + n_r} \qquad (6\text{-}9)$$

dove:

n è il numero di prove in cui non avviene la rigenerazione

n_r è il numero di prove in cui avviene la rigenerazione (almeno una prova)

$\overline{e}$ è l'emissione specifica media di una prova in cui non avviene la rigenerazione [g/kWh o #/kWh]

$\overline{e}_r$ è l'emissione specifica media di una prova in cui avviene la rigenerazione [g/kWh o #/kWh]

▼B

A discrezione del costruttore e in base ai criteri di buona pratica ingegneristica, il fattore di aggiustamento della rigenerazione k_r, che esprime il livello medio di emissione, può essere calcolato con modalità moltiplicativa o additiva per tutti gli inquinanti gassosi e, laddove esista un limite applicabile, per PM e PN, con le equazioni da 6-10 a 6-13:

▼B

Modalità moltiplicativa

▼M2

$$k_{\mathrm{ru,m}} = \frac{\overline{e}_{\mathrm{w}}}{\overline{e}} \quad \text{(fattore di aggiustamento verso l'alto)} \qquad (6\text{-}10)$$

$$k_{\mathrm{rd,m}} = \frac{\overline{e}_{\mathrm{w}}}{\overline{e}_r} \quad \text{(fattore di aggiustamento verso il basso)} \qquad (6\text{-}11)$$

▼B

Modalità additiva:

▼M2

$$k_{\mathrm{ru,a}} = \overline{e_w} - \overline{e} \quad \text{(fattore di aggiustamento verso l'alto)} \qquad (6\text{-}12)$$

$$k_{\mathrm{rd,a}} = \overline{e_w} - \overline{e_r} \quad \text{(fattore di aggiustamento verso il basso)} \qquad (6\text{-}13)$$

▼B

6.6.2.4. Applicazione dei fattori di aggiustamento

I fattori di aggiustamento verso l'alto sono moltiplicati o aggiunti ai livelli di emissione misurati per tutte le prove in cui la rigenerazione non avviene. I fattori di aggiustamento verso il basso sono moltiplicati o aggiunti ai livelli di emissione misurati per tutte le prove in cui la rigenerazione avviene. L'evento di rigenerazione deve essere identificato in modo evidente durante tutte le prove. Se non è identificato un evento di rigenerazione, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso l'alto.

In riferimento all'allegato VII e all'appendice 5 dell'allegato VII riguardanti i calcoli delle emissioni specifiche al banco frenato, il fattore di aggiustamento della rigenerazione:

a) se stabilito per un intero ciclo ponderato, deve essere applicato ai risultati dei cicli ponderati NRSC, LSI-NRTC e NRSC applicabili;

b) se stabilito specificamente per le singole modalità del ciclo NRSC in modalità discreta applicabile, deve essere applicato ai risultati delle modalità del ciclo NRSC nella modalità discreta applicabile in cui la rigenerazione avviene prima di calcolare il risultato dell'emissione ponderata per ciclo. In tal caso per la misurazione del PM deve essere utilizzato il metodo a filtri multipli;

c) può essere applicato ad altri componenti della stessa famiglia di motori;

d) può essere esteso ad altre famiglie di motori che utilizzano un sistema di post-trattamento del motore della stessa famiglia, come definito all'allegato IX del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656, previo accordo dell'autorità di omologazione in base ai dati tecnici forniti dal costruttore che dimostrino che le emissioni sono simili.

Vanno applicate le seguenti opzioni:

a) il costruttore può scegliere di omettere i fattori di aggiustamento per una o più famiglie (o configurazioni) di motori se l'effetto della rigenerazione è trascurabile o se non è pratico identificare quando si verifica la rigenerazione. In tali casi non sarà utilizzato un fattore di aggiustamento e il costruttore è responsabile della conformità ai limiti di emissione per tutte le prove, indipendentemente dall'occorrenza della rigenerazione;

▼M2

b) su richiesta del costruttore, l'autorità di omologazione può tenere conto degli eventi di rigenerazione in modo diverso rispetto a quanto stabilito alla lettera a). Tuttavia quest'opzione

▼M2

si applica solo agli eventi che hanno una frequenza rara e che non possono essere trattati utilizzando i fattori di aggiustamento di cui al punto 6.6.2.3.

▼B

6.7. Sistema di raffreddamento

Deve essere utilizzato un sistema di raffreddamento del motore con una capacità sufficiente a mantenere il motore e le temperature dell'aria aspirata, dell'olio, del refrigerante, del blocco e della testata entro i limiti di funzionamento normali prescritti dal costruttore. Possono essere usati sistemi di raffreddamento ausiliari di laboratorio e ventole.

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 specifiche dell'olio lubrificante utilizzato per la prova devono essere registrate e presentate con i risultati della prova.

6.9. Caratteristiche tecniche del carburante di riferimento

I carburanti di riferimento da utilizzare per la prova sono specificati all'allegato IX.

La temperatura del carburante deve essere conforme alle raccomandazioni del costruttore. La temperatura del carburante deve essere misurata all'ingresso della pompa di iniezione del carburante oppure nel punto specificato dal costruttore, e la posizione di misurazione deve essere registrata.

6.10. Emissioni dal basamento

La presente parte si applica ai motori delle categorie NRE, NRG, IWP, IWA, RLR, NRS, NRSh, SMB e ATS conformi ai limiti di emissione della fase V di cui all'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628.

Le emissioni dal basamento che sono scaricate direttamente nell'atmosfera devono essere aggiunte ai gas di scarico (fisicamente o matematicamente) durante tutte le prove delle emissioni.

I costruttori che decidono di aggiungere fisicamente le emissioni dal basamento a quelle di scarico devono installare i motori in modo che tutte le emissioni del basamento possano essere incanalate nel sistema di campionamento delle emissioni. Ai fini del presente punto, le emissioni dal basamento incanalate nello scarico a monte del sistema di post-trattamento dei gas di scarico durante il funzionamento non sono considerate emissioni dirette nell'atmosfera.

Per misurare le emissioni, le emissioni dal basamento aperto vanno incanalate nel sistema di scarico come segue:

a) i materiali delle tubature devono essere a pareti lisce, elettroconduttori e non devono reagire con le emissioni del basamento. La lunghezza dei tubi deve essere ridotta il più possibile;

b) il numero di curve delle tubature del basamento del motore del laboratorio deve essere ridotto al minimo e il raggio delle curve inevitabili deve essere il più ampio possibile;

c) i tubi di scarico del basamento del motore del laboratorio devono soddisfare le specifiche del costruttore del motore relative alla contropressione del basamento;

d) i tubi di scarico del basamento devono collegarsi ai gas di scarico grezzi a valle di qualsiasi sistema di post-trattamento dei gas di scarico, a valle di qualsiasi limitatore delle emissioni di scarico installato e sufficientemente a monte di eventuali sonde di campionamento per garantire una miscelazione completa con i gas di scarico del motore prima del campionamento.

▼B

Il tubo di scarico del basamento deve collegarsi alla corrente libera del sistema di scarico per evitare gli effetti dello strato limite e favorire la miscelazione. L'uscita del tubo di scarico del basamento può essere orientata in qualsiasi direzione rispetto al flusso dei gas di scarico grezzi.

7. Procedure di prova

7.1. Introduzione

La presente sezione descrive il metodo per determinare le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato inquinante specifiche al banco frenato prodotte dai motori sottoposti a prova. Il motore di prova deve corrispondere alla configurazione del motore capostipite della famiglia di motori specificata all'allegato IX del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656.

Una prova delle emissioni in laboratorio consiste nella misurazione di emissioni e di altri parametri per i cicli di prova indicati nell'allegato XVII. Sono trattati i seguenti aspetti:

a) le configurazioni di laboratorio per la misurazione delle emissioni (punto 7.2);

b) le procedure di verifica precedenti e successive alla prova (punto 7.3);

c) i cicli di prova (punto 7.4);

d) la sequenza generale di prova (punto 7.5);

e) la mappatura del motore (punto 7.6);

f) la generazione del ciclo di prova (punto 7.7);

g) la procedura di esecuzione del ciclo di prova specifico (punto 7.8).

7.2. Principio di misurazione delle emissioni

Per misurare le emissioni specifiche al banco frenato il motore deve essere fatto funzionare per tutto l'arco dei cicli di prova applicabili di cui al punto 7.4. La misurazione delle emissioni specifiche al banco frenato richiede che siano determinati la massa degli inquinanti nelle emissioni di scarico (HC, CO, NO_x e PM), il numero di particelle nelle emissioni di scarico (PN), la massa del CO_2 nelle emissioni di scarico e il corrispondente lavoro del motore.

7.2.1. Massa di ogni costituente

La massa totale di ogni costituente è determinata nel ciclo di prova applicabile usando i metodi seguenti:

7.2.1.1. Campionamento continuo

Nel campionamento continuo, la concentrazione del costituente è misurata in continuo nei gas di scarico grezzi o diluiti. Tale concentrazione è moltiplicata per la portata continua dei gas di scarico (grezzi o diluiti) nella posizione di campionamento delle emissioni per determinare la portata del costituente. L'emissione del costituente è sommata in continuo durante tutto il ciclo di prova. Tale somma è la massa totale del costituente emesso.

▼B

7.2.1.2. Campionamento per lotti

Nel campionamento per lotti, un campione di gas di scarico grezzi o diluiti è estratto in continuo e immagazzinato per essere misurato in seguito. Il campione estratto deve essere proporzionale alla portata dei gas di scarico grezzi o diluiti. Sono esempi di campionamento per lotti la raccolta di emissioni gassose diluite in un sacchetto e la raccolta di particolato (PM) su un filtro. Il calcolo delle emissioni è effettuato con il metodo seguente: le concentrazioni campionate per lotti sono moltiplicate per la massa totale o la portata massica totale dei gas di scarico (grezzi o diluiti) da cui sono stati estratti durante il ciclo di prova. Tale prodotto è la massa o la portata massica totale del costituente emesso. Per calcolare la concentrazione di particolato, il PM depositato su un filtro dai gas di scarico estratti in modo proporzionale va diviso per la quantità di gas di scarico filtrata.

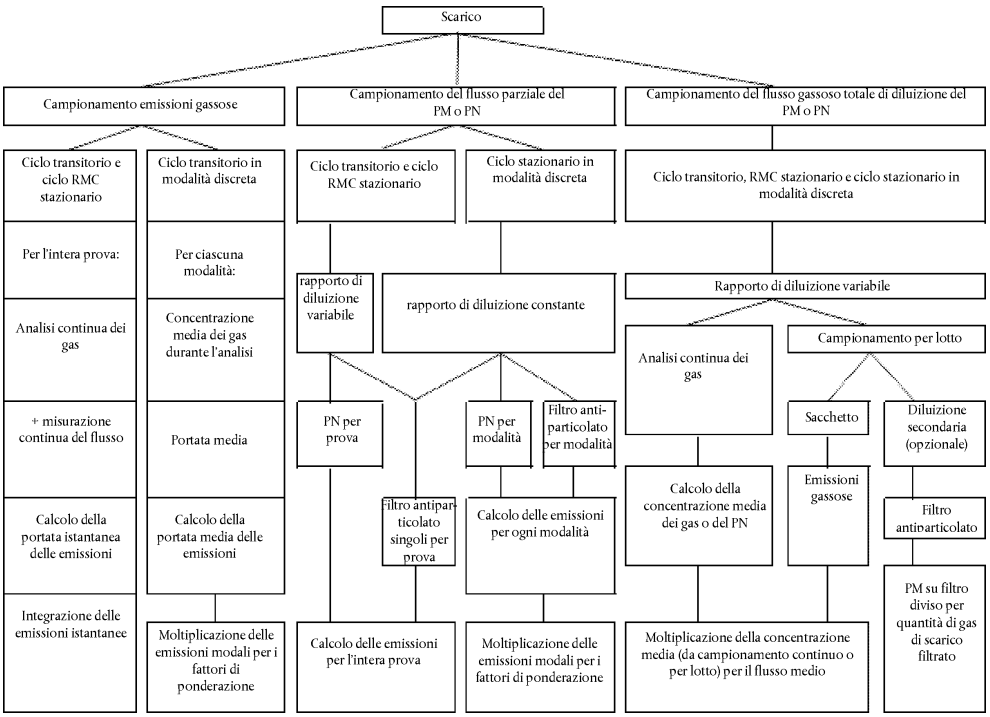
7.2.1.3. Campionamento combinato

È consentita qualsiasi combinazione di campionamento continuo e per lotti (PM con il campionamento per lotti ed emissioni gassose con campionamento continuo).

La figura 6.2 illustra i due aspetti delle procedure di prova per la misurazione delle emissioni: la strumentazione con le linee di campionamento nei gas di scarico grezzi e diluiti e le operazioni necessarie per calcolare le emissioni inquinanti nei cicli di prova stazionari e transitori.

Figura 6.2

Procedure di prova per la misurazione delle emissioni



Nota alla figura 6.2: il termine «campionamento del PM a flusso parziale» comprende la diluizione a flusso parziale per estrarre solo gas di scarico grezzi con un rapporto di diluizione costante o variabile.

▼B

7.2.2. Determinazione del lavoro

Il lavoro prodotto deve essere determinato durante il ciclo di prova moltiplicando in modo sincrono i valori di regime e di coppia per calcolare i valori istantanei della potenza del freno motore. La potenza del freno motore deve essere integrata nel ciclo di prova per determinare il lavoro totale.

7.3. Verifica e taratura

7.3.1. Operazioni preliminari alla prova

▼M2

7.3.1.1. Requisiti generali per il precondizionamento del sistema di campionamento e del motore

▼B

Per raggiungere condizioni stabili il sistema di campionamento e il motore devono essere precondizionati prima di iniziare una sequenza di prova, come specificato al presente punto.

Lo scopo del precondizionamento del motore è ottenere emissioni e controlli delle emissioni rappresentativi durante il ciclo di lavoro e ridurre l'effetto distorsivo per creare condizioni stabili nelle successive prove delle emissioni.

Le emissioni possono essere misurate nel corso dei cicli di precondizionamento purché sia effettuato un numero predefinito di cicli di precondizionamento e il sistema di misurazione sia stato avviato conformemente ai requisiti di cui al punto 7.3.1.4. Il numero di cicli di precondizionamento deve essere stabilito dal costruttore del motore prima che il precondizionamento abbia inizio. Il precondizionamento deve essere effettuato come descritto di seguito; va notato che gli specifici cicli di precondizionamento sono gli stessi che valgono per le prove delle emissioni.

▼M2

I motori dotati di un sistema di post-trattamento possono funzionare prima del precondizionamento specifico per ciclo di cui ai punti da 7.3.1.1.1 a 7.3.1.1.4, in modo da rigenerare il sistema di post-trattamento e, se del caso, ripristinare il carico di particolato carbonioso nel sistema di post-trattamento del particolato.

▼B

7.3.1.1.1. Precondizionamento per il ciclo NRTC con avviamento a freddo

Il motore deve essere precondizionato eseguendo almeno un ciclo NRTC con avviamento a caldo. Immediatamente dopo aver completato ogni ciclo di precondizionamento il motore deve essere spento e deve essere portato a termine il periodo di sosta a caldo. Immediatamente dopo aver completato l'ultimo ciclo di precondizionamento il motore deve essere spento e deve essere avviato il suo raffreddamento descritto al punto 7.3.1.2.

7.3.1.1.2. Precondizionamento per il ciclo NRTC o LSI-NRTC con avviamento a caldo

Il presente punto descrive il precondizionamento da applicare per campionare le emissioni del ciclo NRTC con avviamento a caldo senza eseguire il ciclo NRTC con avviamento a freddo oppure per il ciclo LSI-NRTC. Il motore deve essere precondizionato eseguendo almeno un ciclo NRTC o LSI-NRTC con avviamento a caldo, a seconda dei casi. Immediatamente dopo aver completato ogni ciclo di precondizionamento il motore deve essere spento e il ciclo successivo deve essere avviato non appena praticabile. Si raccomanda di avviare il ciclo di precondizionamento successivo entro 60 secondi dal completamento del ciclo di precondizionamento immediatamente precedente. Se del caso, dopo l'ultimo ciclo

▼B

di precondizionamento deve avere luogo il periodo adeguato di sosta a caldo (per il ciclo NRTC con avviamento a caldo) o di raffreddamento (per il ciclo LSI-NRTC) prima dell'avviamento del motore per la prova delle emissioni. Nei casi in cui non si applica alcun periodo di sosta a caldo o di raffreddamento, si raccomanda di avviare la prova delle emissioni entro 60 secondi dal completamento del ciclo di precondizionamento.

7.3.1.1.3. Precondizionamento per il ciclo NRSC in modalità discreta

Per le categorie di motori diverse da NRS e NRSh, il motore deve essere riscaldato e lasciato in funzione finché le temperature del motore (acqua di raffreddamento e olio lubrificante) si sono stabilizzate al 50 % del regime e al 50 % della coppia per ogni ciclo di prova NRSC in modalità discreta di tipo diverso da D2, E2, o G o al regime nominale del motore e al 50 % della coppia per ogni ciclo di prova NRSC in modalità discreta di tipo D2, E2 o G. Il regime al 50 % si calcola conformemente al punto 5.2.5.1 nel caso di un motore che usa l'MTS per la generazione di regimi di prova e conformemente al punto 7.7.1.3 in tutti gli altri casi. Il 50 % della coppia è definito come il 50 % della coppia massima disponibile a tale velocità. La prova delle emissioni deve essere avviata senza arrestare il motore.

Come le categorie di motore NRS e NRSh il motore deve essere riscaldato secondo le raccomandazioni del costruttore e affidandosi alla buona pratica ingegneristica. Prima di poter avviare il campionamento delle emissioni il motore deve funzionare in modalità 1 del ciclo di prova appropriato finché le temperature del motore si sono stabilizzate. La prova delle emissioni deve essere avviata senza arrestare il motore.

7.3.1.1.4. Precondizionamento per il ciclo RMC

Il costruttore del motore seleziona una delle sequenze di precondizionamento a) o b) riportate di seguito. Il precondizionamento del motore deve essere effettuato secondo la sequenza scelta.

a) Il precondizionamento deve essere effettuato eseguendo almeno la seconda metà del ciclo RMC, basato sul numero delle modalità di prova. Tra un ciclo e l'altro il motore non deve essere spento. Immediatamente dopo aver completato ogni ciclo di precondizionamento il ciclo successivo (compreso il test delle emissioni) deve essere avviato non appena praticabile. Se possibile, si raccomanda di avviare il ciclo successivo entro 60 secondi dal completamento del ciclo di precondizionamento immediatamente precedente.

b) Il motore deve essere riscaldato e lasciato in funzione finché le temperature del motore (acqua di raffreddamento e olio lubrificante) si sono stabilizzate al 50 % del regime e al 50 % della coppia per ogni ciclo di prova RMC di tipo diverso da D2, E2, o G o al regime nominale del motore e al 50 % della coppia per ogni ciclo di prova RMC di tipo D2, E2 o G. Il regime al 50 % si calcola conformemente al punto 5.2.5.1 nel caso di un motore che usa l'MTS per la generazione di regimi di prova e conformemente al punto 7.7.1.3 in tutti gli altri casi. Il 50 % della coppia è definito come il 50 % della coppia massima disponibile a tale velocità.

▼M2

_____

▼M2

7.3.1.2. Raffreddamento del motore (NRTC)

Il raffreddamento può essere ottenuto in modo naturale o forzato. Per il raffreddamento forzato vanno utilizzati sistemi conformi ai criteri di buona pratica ingegneristica per inviare aria di raffreddamento sul motore, far circolare olio freddo nel sistema di lubrificazione del motore, sottrarre calore dal fluido refrigerante nel sistema di raffreddamento del motore e sottrarre calore dal sistema di post-trattamento dei gas di scarico. Nel caso del raffreddamento forzato del sistema di post-trattamento, l'aria di raffreddamento non deve essere applicata fino a quando la temperatura del sistema di post-trattamento non sia scesa al di sotto della temperatura di attivazione catalitica. Non è ammesso l'uso di procedure di raffreddamento che determinino emissioni non rappresentative.

7.3.1.3. Verifica della contaminazione da HC

Se vi è il sospetto di una contaminazione essenziale da HC del sistema di misurazione dei gas di scarico, detta contaminazione può essere controllata con un gas di azzeramento e quindi corretta. Se è necessario controllare il livello di contaminazione del sistema di misurazione e del sistema HC di fondo, tale controllo deve essere effettuato nelle 8 ore precedenti l'inizio di ogni ciclo di prova. I valori vanno registrati ai fini di una correzione successiva. Prima di tale controllo è necessario controllare le perdite e tarare l'analizzatore FID.

7.3.1.4. Preparazione delle apparecchiature di misurazione per il campionamento

Prima di avviare il campionamento delle emissioni vanno eseguite le azioni di seguito elencate:

a) nelle 8 ore precedenti il campionamento delle emissioni, controllare le perdite in conformità al punto 8.1.8.7;

b) per il campionamento per lotti, collegare dispositivi di stoccaggio puliti, quali sacchetti svuotati o filtri tarati;

c) avviare tutti gli strumenti di misurazione secondo le istruzioni del costruttore e i criteri di buona pratica ingegneristica;

d) avviare i sistemi di diluizione, le pompe di campionamento, le ventole di raffreddamento e il sistema di raccolta dati;

e) regolare le portate del campione ai livelli auspicati utilizzando, se lo si desidera, il flusso del bypass;

f) preriscaldare o preraffreddare gli scambiatori di calore nel sistema di campionamento per portarli entro i rispettivi intervalli di temperatura di funzionamento per la prova;

g) consentire ai componenti riscaldati o raffreddati quali linee di campionamento, filtri, refrigeranti e pompe di stabilizzarsi alle rispettive temperature di funzionamento;

h) accendere il flusso del sistema di diluizione dei gas di scarico almeno 10 minuti prima della sequenza di prova;

i) tarare gli analizzatori di gas e azzerare gli analizzatori continui, secondo la procedura di cui al punto 7.3.1.5;

j) azzerare o riazzerare i dispositivi elettronici integrati prima dell'inizio di ciascun intervallo di prova.

7.3.1.5. Taratura degli analizzatori di gas

È necessario selezionare gli intervalli appropriati dell'analizzatore di gas. È consentito utilizzare analizzatori delle emissioni con commutazione dell'intervallo automatica o manuale. Durante un ciclo di

▼M2

prova transitorio (NRTC o LSI-NRTC) o RMC e durante un periodo di campionamento di un'emissione gassosa alla fine di ogni prova NRSC in modalità discreta, l'intervallo degli analizzatori delle emissioni non deve essere modificato. Allo stesso modo, durante il ciclo di prova non devono essere commutati i guadagni degli amplificatori operazionali analogici di un analizzatore.

Tutti gli analizzatori continui devono essere sottoposti a una taratura dello zero e dello span utilizzando gas che abbiano una tracciabilità internazionale e che soddisfino le specifiche di cui al punto 9.5.1. La taratura dello span degli analizzatori FID deve essere effettuata sulla base di un numero di carbonio pari a uno (C1).

7.3.1.6. Precondizionamento e taratura del filtro antiparticolato (PM)

Le procedure per il precondizionamento e la taratura del filtro antiparticolato devono essere effettuate conformemente al punto 8.2.3.

▼B

7.3.2. Operazioni successive alla prova

Dopo la conclusione del campionamento delle emissioni occorre compiere le azioni di seguito elencate.

7.3.2.1. Verifica del campionamento proporzionale

Per i campioni dei lotti proporzionali, come i campioni in sacchetto o i campioni di particolato, occorre verificare che il campionamento proporzionale sia stato mantenuto in conformità al punto 8.2.1. Per il metodo a filtro singolo e il ciclo stazionario in modalità discreta si deve calcolare il fattore di ponderazione del particolato. I campioni che non soddisfano i requisiti del punto 8.2.1 devono essere annullati.

7.3.2.2. Condizionamento e pesata del particolato dopo la prova

I filtri di campionamento del PM usati vanno inseriti in un contenitore coperto o sigillato oppure il portafiltri deve essere chiuso per proteggere i filtri campione dalla contaminazione ambientale. Così protetti, i filtri carichi devono essere riportati nella camera di condizionamento del filtro antiparticolato. Poi i filtri di campionamento del PM devono essere condizionati e ponderati conformemente al punto 8.2.4 (procedure di post-condizionamento del filtro antiparticolato e di ponderazione totale).

7.3.2.3. Analisi del campionamento per lotti dei gas

Non appena possibile si esegue la seguente procedura:

a) tutti gli analizzatori di gas per lotti devono essere sottoposti a una taratura dello zero e dello span entro 30 minuti dal completamento del ciclo di prova o durante il periodo di sosta a caldo se è pratico per controllare la stabilità degli analizzatori di gas;

b) tutti i campioni di gas per lotti convenzionali devono essere analizzati entro 30 minuti dal completamento del ciclo NRTC con avviamento a caldo o durante il periodo di sosta a caldo;

c) i campioni di fondo devono essere analizzati entro 60 minuti dal completamento del ciclo NRTC con avviamento a caldo.

7.3.2.4. Verifica della deriva

Una volta quantificati i gas di scarico occorre verificare la deriva nel modo seguente:

a) per gli analizzatori di gas per lotti e in continuo deve essere registrato il valore medio dell'analizzatore dopo la stabilizzazione di un gas di azzeramento all'analizzatore. Il periodo di stabilizzazione può comprendere il tempo necessario a spurgare l'analizzatore di ogni gas di campionamento e il tempo di risposta dell'analizzatore;

▼B

b) il valore medio dell'analizzatore deve essere registrato dopo la stabilizzazione del gas di span all'analizzatore. Il periodo di stabilizzazione può comprendere il tempo necessario a spurgare l'analizzatore di ogni gas di campionamento e il tempo di risposta dell'analizzatore;

c) tali dati devono essere utilizzati per convalidare e correggere la deriva conformemente al punto 8.2.2.

▼M2

7.4. Cicli di prova

La prova di omologazione deve essere eseguita utilizzando il ciclo NRSC adatto e, se del caso, il ciclo NRTC o LSI-NRTC, come specificato all'articolo 18 del regolamento (UE) 2016/1628 e nell'allegato IV del medesimo regolamento. Le specifiche tecniche e le caratteristiche dei cicli NRSC, NRTC e LSI-NRTC sono stabilite nell'allegato XVII del presente regolamento e il metodo per determinare le impostazioni della coppia, della potenza e del regime di tali cicli è descritto nella parte 5.2.

▼B

7.4.1. Cicli di prova stazionari

I cicli di prova stazionari non stradali (NRSC) sono descritti all'allegato XVII, appendici 1 e 2, come elenco di modalità discrete NRSC (punti di funzionamento), dove ogni punto di funzionamento ha un valore di regime e uno di coppia. Un ciclo NRSC deve essere misurato con un motore che sia stato riscaldato e che funzioni secondo le specifiche del costruttore. A discrezione del costruttore, un ciclo NRSC può essere eseguito come NRSC in modalità discreta o come RMC, come illustrato ai punti 7.4.1.1 e 7.4.1.2. Non è necessario effettuare una prova delle emissioni conformemente a entrambi i punti 7.4.1.1 e 7.4.1.2.

7.4.1.1. NRSC in modalità discreta

I cicli NRSC in modalità discreta sono cicli di funzionamento a caldo in cui la misurazione delle emissioni deve aver inizio dopo che il motore è stato avviato, riscaldato e ha raggiunto le caratteristiche di funzionamento conformemente al punto 7.8.1.2. Ciascun ciclo è costituito da diverse modalità di regime e carico (con il rispettivo fattore di ponderazione per ogni modalità), che coprono l'intervallo tipico di funzionamento dei motori a regime variabile.

7.4.1.2. NRSC modale con rampe di transizione

I cicli RMC sono cicli di funzionamento a caldo in cui la misurazione delle emissioni deve aver inizio dopo che il motore è stato avviato, riscaldato e ha raggiunto le caratteristiche di funzionamento conformemente al punto 7.8.2.1. Il motore deve essere sottoposto a controllo continuo dalla centralina di controllo del banco di prova durante il ciclo RMC. Le emissioni di gas e particolato devono essere misurate e sottoposte a campionamento continuo durante il ciclo RMC allo stesso modo dei cicli transitori (NRTC o LSI-NRTC).

Un ciclo RMC ha lo scopo di fornire un metodo per eseguire una prova stazionaria in maniera pseudo-stazionaria. Ogni RMC è costituito da una serie di modalità stazionarie separate da una transizione lineare. Il tempo totale relativo di ciascuna modalità e della transizione che la precede corrisponde alla ponderazione dei cicli NRSC in modalità discreta. La variazione del regime e del carico del motore da una modalità a quella seguente deve essere controllata in modo lineare in un tempo di 20 ± 1 s. Il tempo necessario per cambiare modalità costituisce parte della nuova modalità (inclusa la prima modalità). In alcuni casi, le modalità non sono eseguite nello stesso ordine dei cicli NRSC in modalità discreta o sono suddivise per evitare cambiamenti estremi della temperatura.

▼B

7.4.2. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC)

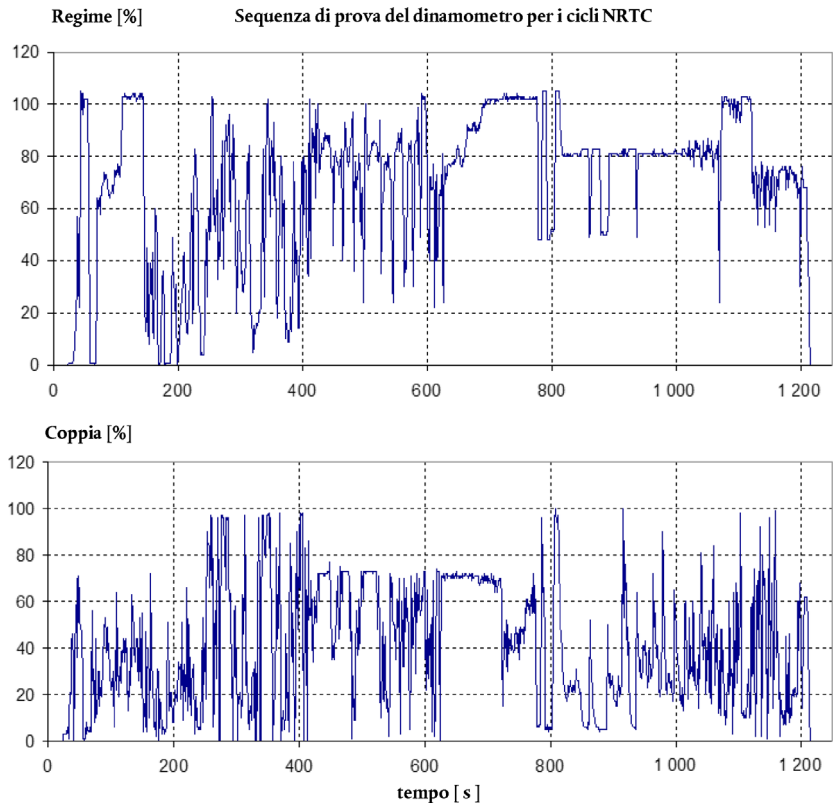
Il ciclo transitorio non stradale per motori della categoria NRE (NRTC) e il ciclo transitorio non stradale per grandi motori ad accensione comandata della categoria NRS (LSI-NRTC) sono specificati distintamente nell'allegato XVII, appendice 3, come sequenza «secondo per secondo» di valori di regime e coppia normalizzati. Per eseguire la prova in una camera di prova per motori, i valori normalizzati sono convertiti in valori di riferimento equivalenti per il singolo motore sottoposto alla prova, sulla base dei valori specifici di regime e coppia individuati nella curva di mappatura del motore. Tale conversione è definita «denormalizzazione» e il ciclo di prova risultante corrisponde al ciclo di prova NRTC o LSI-NRTC del motore da sottoporre a prova (cfr. punto 7.7.2).

7.4.2.1. Sequenza di prova per NRTC

La figura 6.3 mostra una rappresentazione grafica della tabella dinamometrica NRTC normalizzata.

Figura 6.3

Sequenza di prova normalizzata del dinamometro durante il ciclo NRTC



Il ciclo NRTC deve essere eseguito due volte dopo aver completato il precondizionamento (cfr. punto 7.3.1.1.1) secondo la seguente procedura:

▼M2

a) il ciclo con avviamento a freddo deve iniziare dopo che il motore e i sistemi di post-trattamento dei gas di scarico hanno raggiunto la temperatura ambiente in seguito al raffreddamento

▼M2

naturale o al raffreddamento forzato, e le temperature del motore, del refrigerante, dell'olio, dei sistemi di post-trattamento dei gas di scarico e di tutti i dispositivi di controllo del motore si sono stabilizzate a una temperatura compresa tra 293 K e 303 K (tra 20 °C e 30 °C). La misurazione delle emissioni per questo ciclo deve iniziare con l'avviamento del motore a freddo;

▼B

b) il periodo di sosta a caldo deve avere inizio immediatamente dopo il completamento della fase con avviamento a freddo. Il motore deve essere spento e condizionato per l'avviamento a caldo tramite stabilizzazione per 20 ± 1 minuti;

▼M2

c) il ciclo con avviamento a caldo deve iniziare immediatamente dopo il periodo di sosta con l'avviamento del motore tramite il motorino di avviamento. Gli analizzatori dei gas vanno messi in funzione almeno 10 secondi prima della fine del periodo di sosta per evitare la commutazione dei picchi di segnale. La misurazione delle emissioni per questo ciclo deve essere iniziata contemporaneamente all'avviamento del motore tramite il motorino di avviamento.

Le emissioni specifiche al banco frenato espresse in grammi per chilowattora (g/kWh) o, per il PN, in numero per chilowattora (#/kWh) devono essere determinate usando le procedure stabilite nella presente parte per i cicli con avviamento sia a caldo che a freddo del ciclo di prova. Le emissioni combinate ponderate devono essere calcolate attribuendo ai risultati dei cicli con avviamento a freddo una ponderazione del 10 % e ai risultati dei cicli con avviamento a caldo una ponderazione del 90 %, come indicato nell'allegato VII.

▼B

7.4.2.2. Sequenza di prova per LSI-NRTC

Il ciclo LSI-NRTC deve essere eseguito una volta come ciclo con avviamento a caldo dopo aver completato il precondizionamento (cfr. punto 7.3.1.1.2) secondo la seguente procedura:

a) avviare e far funzionare il motore i primi 180 secondi del ciclo di lavoro, quindi togliere il carico al motore e farlo funzionare al minimo per 30 secondi. Le emissioni non devono essere misurate durante questa sequenza di riscaldamento;

b) al termine del periodo di 30 secondi di funzionamento al minimo, avviare la misurazione delle emissioni e far funzionare il motore per tutto il ciclo di lavoro, dall'inizio (tempo: 0 secondi).

Le emissioni specifiche al banco frenato espresse in (g/kWh) devono essere determinate con le procedure di cui all'allegato VII.

Se il motore era già in funzione prima della prova, affidarsi ai criteri di buona pratica ingegneristica per ottenere un raffreddamento del motore tale da permettere che le emissioni misurate siano accurate e comparabili a quelle di un motore avviato a temperatura ambiente. Per esempio, se un motore avviato a temperatura ambiente ha bisogno di tre minuti per raggiungere un riscaldamento sufficiente per iniziare le operazioni a circuito chiuso e raggiungere la piena attività del catalizzatore, allora sarà sufficiente un raffreddamento minimo prima di iniziare la prova successiva.

▼B

Previo accordo del servizio tecnico, la procedura di riscaldamento del motore può comprendere fino a 15 minuti di funzionamento oltre il ciclo di lavoro.

7.5. Sequenza di prova generale

Per misurare le emissioni del motore devono essere effettuate le seguenti operazioni:

a) definire i regimi e i carichi di prova del motore per il motore sottoposto a prova mediante la misurazione della coppia massima (per i motori a regime costante) o della curva di coppia massima (per i motori a regime variabile) come funzione del regime del motore;

b) denormalizzare i cicli di prova normalizzati alla coppia (per i motori a regime costante) oppure ai regimi e alle coppie (per i motori a regime variabile) di cui al punto 7.5, lettera a);

c) preparare il motore, le apparecchiature e gli strumenti di misurazione per la successiva prova o serie di prove delle emissioni (ciclo con avviamento a freddo e a caldo);

d) eseguire le operazioni preliminari alla prova per verificare il funzionamento di determinati analizzatori e apparecchiature; tutti gli analizzatori devono essere tarati e tutti i dati preliminari devono essere registrati;

e) avviare il motore (NRTC) o mantenerlo in funzionamento (cicli stazionari e LSI-NRTC) all'inizio del ciclo di prova e avviare contemporaneamente i sistemi di campionamento;

f) misurare o registrare le emissioni e gli altri parametri richiesti durante il tempo di campionamento (per NRTC, LSI-NRTC e RMC per tutto il ciclo di prova);

g) eseguire le operazioni successive alla prova per verificare il funzionamento di certi analizzatori e apparecchiature;

▼M2

h) precondizionare, pesare (peso a vuoto), caricare, ricondizionare e ripesare (peso carico) i filtri antiparticolato, quindi valutare i campioni in conformità alle procedure precedenti (punto 7.3.1.6) e successive (punto 7.3.2.2) alla prova;

▼B

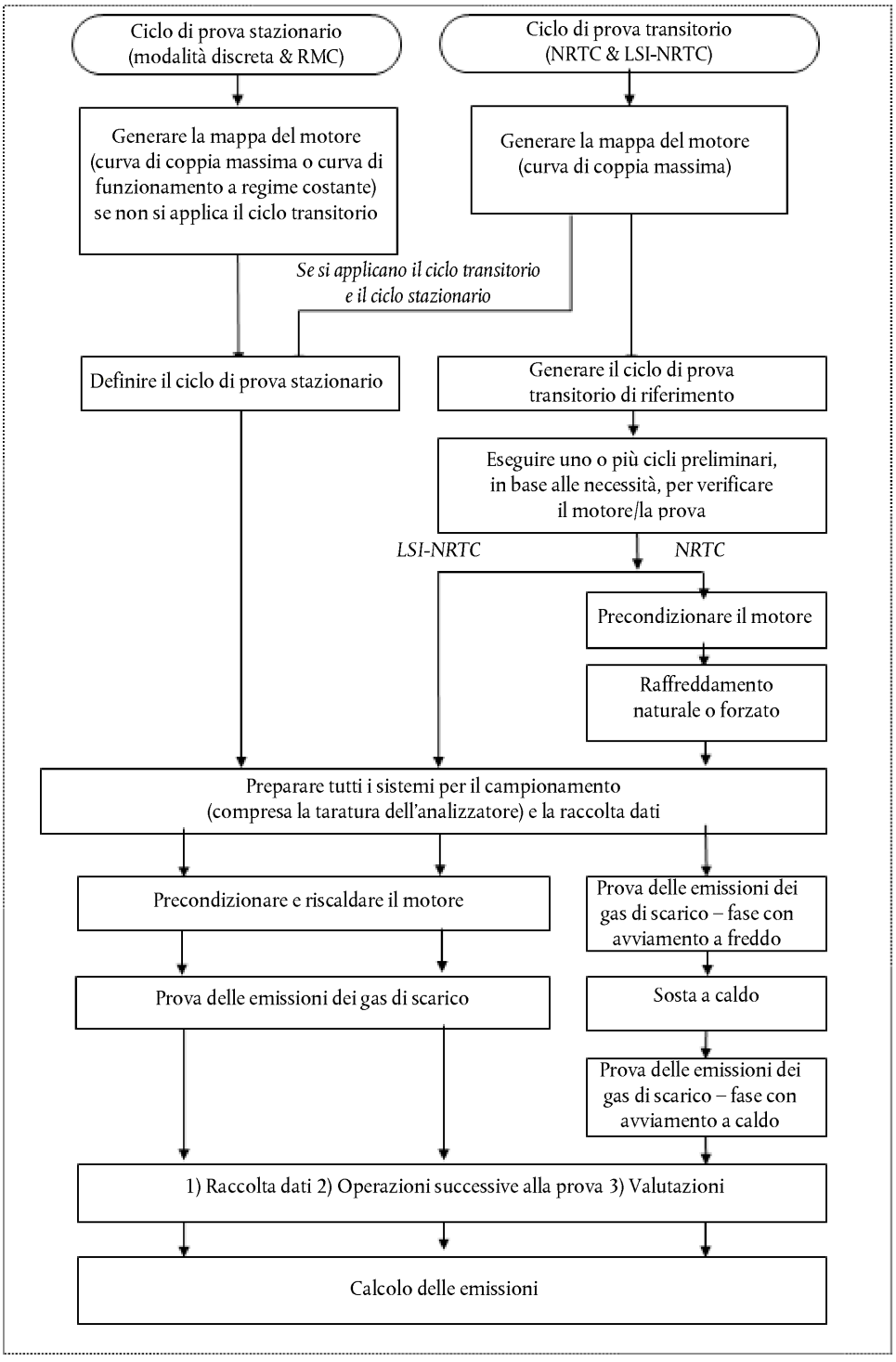
i) valutare i risultati della prova delle emissioni.

La figura 6.4 presenta un riepilogo delle procedure da seguire per condurre cicli di prova NRMM con la misurazione delle emissioni dei gas di scarico del motore.

▼M2

Figura 6.4

Sequenza di prova



▼B

7.5.1. Procedura di avviamento e riavviamento del motore

7.5.1.1. Avviamento del motore

Il motore deve essere avviato:

a) conformemente al manuale per l'utilizzatore finale, usando un motorino di avviamento di serie o un sistema di avviamento ad aria e una batteria sufficientemente carica, una fonte appropriata di energia oppure una fonte appropriata di aria compressa; oppure

b) usando il dinamometro. Far funzionare il motore a un regime pari a ± 25 % del regime tipico di avviamento con motorino di avviamento oppure avviare il motore aumentando con andamento lineare la velocità del dinamometro da zero a 100 min^{-1} sotto il regime minimo, ma solo fino all'avviamento del motore.

Il motorino di avviamento deve essere arrestato entro 1 secondo dall'avviamento del motore. Se dopo 15 secondi di utilizzo del motorino di avviamento il motore ancora non si avvia, arrestare il motorino e accertare i motivi del mancato avviamento, salvo qualora secondo il manuale per l'utilizzatore finale o il manuale di manutenzione/riparazione una procedura di avviamento di durata superiore sia considerata normale.

7.5.1.2. Arresto del motore

▼M2

a) Se il motore si arresta in qualsiasi momento durante l'NRTC con avviamento a freddo, l'intera prova deve essere annullata.

b) Se il motore si arresta in qualsiasi momento durante l'NRTC con avviamento a caldo, deve essere annullata soltanto questa parte della prova. Il motore deve essere stabilizzato in conformità al punto 7.8.3 e la prova con avviamento a caldo deve essere ripetuta. In questo caso non è necessario ripetere la prova con avviamento a freddo.

▼B

c) Se il motore si arresta in qualsiasi momento durante la prova LSI-NRTC, la prova deve essere annullata.

d) Se il motore si arresta in qualsiasi momento durante il ciclo NRSC (in modalità discreta o con rampe di transizione), la prova deve essere annullata e ripetuta a partire dalla procedura di riscaldamento del motore. Per la misurazione del PM con il metodo a filtri multipli (un filtro di campionamento per ogni modalità operativa) il test deve essere continuato stabilizzando il motore alla modalità precedente per il condizionamento della temperatura del motore e in seguito va iniziata la misurazione con la modalità in cui si era arrestato il motore.

7.5.1.3 Funzionamento del motore

L'«operatore» può essere una persona (manuale) o un regolatore (automatico) che invia, meccanicamente o elettronicamente, un segnale al motore affinché eroghi una determinata potenza. Tale segnale può essere un'azione sul pedale dell'acceleratore, una leva di comando del gas, una leva di comando dell'alimentazione del carburante, una leva di comando della velocità o un valore preimpostato (set point) del regolatore.

▼B

7.6. Mappatura del motore

Prima di iniziare la mappatura del motore, il motore deve essere riscaldato e verso la fine del riscaldamento deve funzionare per almeno 10 minuti alla potenza massima o secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica in modo da stabilizzare la temperatura del refrigerante del motore e dei lubrificanti. Quando il motore è stabilizzato, se ne esegue la mappatura.

Se, per i motori che ne sono dotati, il costruttore intende usare il segnale di coppia trasmesso dalla centralina elettronica di controllo durante l'esecuzione di prove di monitoraggio in servizio, conformemente al regolamento delegato (UE) 2017/655 sul monitoraggio delle emissioni dei motori in servizio, durante la mappatura del motore deve essere svolta anche la verifica di cui all'appendice 3.

Ad eccezione dei motori a regime costante, la mappatura del motore si esegue con la leva di comando o il regolatore del carburante completamente aperti usando i regimi in modalità discreta in ordine ascendente. I regimi di mappatura minimo e massimo sono definiti come segue:

Regime di mappatura minimo = regime minimo a caldo

Regime di mappatura massimo = il valore minimo tra $n_{hi} \times 1{,}02$ e il regime al quale la coppia massima cade a zero.

dove:

n_{hi} è l'alto regime ►**M2** secondo la definizione di cui all'articolo 1, paragrafo 12 ◄.

Se il regime massimo non è sicuro o rappresentativo (ad es. per motori senza regolatore), affidarsi alla buona pratica ingegneristica per eseguire la mappatura fino al regime massimo sicuro o al regime massimo rappresentativo.

7.6.1. Mappatura del motore per il ciclo NRSC a regime variabile.

Nel caso della mappatura del motore per il ciclo NRSC a regime variabile (solo per i motori che non devono eseguire il ciclo NRTC o LSI-NRTC), affidarsi alla buona pratica ingegneristica per selezionare un numero sufficiente di punti fissi equidistanti. A ogni punto fisso il regime deve essere stabilizzato e deve essere consentita la stabilizzazione della coppia per almeno 15 secondi. Il regime e la coppia minimi devono essere registrati per ogni punto fisso. Si raccomanda di calcolare il valore medio di regime e coppia utilizzando i dati registrati negli ultimi 4-6 secondi. L'interpolazione lineare va utilizzata per determinare i regimi e le coppie della prova NRSC, se del caso. Se i motori devono essere sottoposti anche alla prova NRTC o LSI-NRTC, deve essere utilizzata la curva di mappatura NRTC per determinare i regimi e le coppie della prova stazionaria.

A discrezione del costruttore, la mappatura del motore può essere effettuata in alternativa secondo la procedura di cui al punto 7.6.2.

▼B

7.6.2. Mappatura del motore per i cicli NRTC e LSI-NRTC

La mappatura del motore deve essere effettuata secondo la seguente procedura:

a) togliere il carico al motore e farlo funzionare al minimo;

i) per i motori con un regolatore di basso regime, la richiesta dell'operatore deve essere fissata al minimo; per raggiungere una coppia di zero sull'asse primario di potenza deve essere utilizzato il dinamometro o altro dispositivo di carico e al motore deve essere consentito di regolare il regime; questa velocità minima a caldo deve essere misurata;

ii) per i motori senza regolatore di basso regime, il dinamometro deve essere regolato in modo da raggiungere una coppia di zero sull'asse primario di potenza del motore e la richiesta dell'operatore deve essere fissata in modo da controllare la velocità al regime del motore più basso dichiarato dal costruttore (noto anche come regime minimo a caldo dichiarato dal costruttore);

iii) la coppia al minimo dichiarata dal fabbricante può essere utilizzata per tutti i motori a regime variabile (con o senza regolatore di basso regime), se una coppia al minimo non corrispondente a zero è rappresentativa del funzionamento durante l'uso;

b) fissare la richiesta dell'operatore al massimo e il regime del motore tra il regime minimo a caldo e il 95 % del regime minimo a caldo. Per i motori con cicli di lavoro di riferimento il cui regime minimo sia superiore al regime minimo a caldo, la mappatura può essere avviata tra il regime di riferimento più basso e il 95 % del regime di riferimento più basso;

c) aumentare il regime del motore ad una media di 8 ± 1 min^{-1}/s oppure mappare il motore usando una velocità a una media costante in modo da impiegare da 4 a 6 minuti per passare dal minimo al massimo regime di mappatura. L'intervallo del regime di mappatura è avviato tra il minimo a caldo e il 95 % del minimo a caldo e terminato al regime massimo superiore alla potenza massima in cui si usa meno del 70 % della potenza massima. Se tale regime massimo non è sicuro o rappresentativo (ad es. per motori senza regolatore), si deve usare la buona pratica ingegneristica per eseguire la mappatura fino al regime massimo sicuro o al regime massimo rappresentativo. Si registrano il regime e la coppia con una frequenza di campionamento di almeno 1 Hz;

d) se un costruttore ritiene che le tecniche di mappatura sopra descritte non siano sicure o non siano rappresentative di un dato motore, è ammesso l'uso di tecniche alternative. Tali 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. Qualsiasi deviazione rispetto alle tecniche di mappatura specificate nella presente parte per motivi di sicurezza o di rappresentatività deve essere approvata dall'autorità di omologazione insieme alla relativa motivazione. Tuttavia, per motori con

▼B

regolatore o turbocompressore, in nessun caso la curva di coppia deve essere mappata mediante regimi decrescenti del motore;

e) non è necessario mappare il motore prima di ciascun ciclo di prova. È necessario eseguire nuovamente la mappatura del motore se:

i) è trascorso un tempo irragionevole dall'ultima mappatura, secondo la buona pratica ingegneristica; oppure

ii) il motore è stato sottoposto a modifiche fisiche o nuove tarature che possono influire sulle sue prestazioni; oppure

iii) la pressione atmosferica vicino all'aspirazione dell'aria del motore non è entro ± 5 kPa del valore registrato al momento dell'ultima mappatura.

7.6.3. Mappatura del ciclo NRSC per motori a regime costante:

il motore può funzionare con un regolatore di regime costante di serie o la simulazione di un regolatore di regime costante mediante il controllo del regime del motore con un sistema di controllo comandato dall'operatore. Il regolatore deve essere utilizzato in modalità «isocrona» o «a droop», a seconda dei casi;

7.6.3.1. Controllo della potenza nominale per motori da sottoporre a prova nel ciclo D2 o E2

Deve essere effettuato il seguente controllo:

a) con il regolatore o la simulazione del regolatore del regime che usa i comandi dell'operatore, far funzionare il motore alla velocità nominale e alla potenza nominale per il tempo necessario a raggiungere un funzionamento stabile;

b) aumentare la coppia finché il motore non sia più in grado di mantenere la velocità regolata. Il valore della potenza a questo punto deve essere registrato. Prima di eseguire questo controllo, il costruttore e il servizio tecnico che esegue la prova devono concordare il metodo per determinare con sicurezza se sia stato raggiunto tale punto, a seconda delle caratteristiche del regolatore. ►**M2** La potenza registrata non deve superare di oltre il 12,5 % la potenza nominale definita all'articolo 3, paragrafo 27, del regolamento (UE) 2016/1628. Se questo valore viene superato, il costruttore deve rivedere la potenza nominale dichiarata. ◄

Se lo specifico motore sottoposto a prova non è in grado di effettuare questo controllo e si corre il rischio di danneggiare il motore stesso o il dinamometro, il costruttore deve trasmettere all'autorità di omologazione prove incontrovertibili del fatto che la potenza massima non supera la potenza nominale di oltre il 12,5 %.

▼B

7.6.3.2. Procedura di mappatura per cicli NRSC a regime costante

a) con il regolatore o la simulazione del regolatore del regime che usa i comandi dell'operatore, far funzionare il motore alla velocità regolata senza carico (ad alta velocità, non al minimo) per almeno 15 secondi; tranne qualora lo specifico motore non sia in grado di eseguire tale operazione;

b) utilizzare il dinamometro per aumentare la coppia in modo costante. La mappatura deve essere eseguita in modo tale che siano necessari almeno 2 minuti per passare dal regime regolato senza carico alla coppia corrispondente alla potenza nominale per motori da sottoporre a prova nel ciclo D2 o E2 o alla coppia massima nel caso di altri cicli di prova a regime costante. Durante la mappatura del motore il regime e la coppia effettivi devono essere registrati con almeno 1 Hz;

c) nel caso di un motore a regime costante provvisto di regolatore che può essere reimpostato su altre velocità, il motore deve essere sottoposto a prova ad ogni regime costante applicabile.

Per i motori a regime costante è necessario affidarsi alla buona pratica ingegneristica, d'accordo con l'autorità di omologazione, per applicare altri metodi di registrazione della coppia e della potenza massima ai regimi di funzionamento definiti.

Per i motori sottoposti a prova con cicli diversi da D2 o E2, se per la coppia massima è disponibile sia il valore dichiarato sia quello misurato, è possibile utilizzare il primo al posto del secondo se il valore dichiarato corrisponde al 95-100 % del valore misurato.

7.7. Generazione del ciclo di prova

7.7.1. Generazione del ciclo NRSC

Questo punto si usa per generare i regimi e i carichi con i quali far funzionare il motore durante le prove stazionarie con cicli NRSC in modalità discreta o RMC.

7.7.1.1. Generazione dei regimi di prova NRSC per i motori sottoposti a prova con il ciclo NRSC e uno tra i cicli NRTC e LSI-NRTC.

Per i motori sottoposti a prova con il ciclo NRTC o LSI-NRTC oltre a un ciclo NRSC, l'MTS di cui al punto 5.2.5.1 deve essere utilizzato come regime al 100 % sia per il ciclo di prova transitorio, sia per quello stazionario.

L'MTS deve essere usato al posto del regime nominale per la determinazione del regime intermedio conformemente al punto 5.2.5.4.

Il regime minimo deve essere determinato conformemente al punto 5.2.5.5.

7.7.1.2. Generazione di velocità di prova NRSC per motori sottoposti alla sola prova NRSC

Per i motori che non sono sottoposti a prova con un ciclo transitorio (NRTC or LSI-NRTC), il regime nominale di cui al punto 5.2.5.3 deve essere utilizzato come regime al 100 %.

▼B

Il regime nominale deve essere utilizzato per determinare il regime intermedio conformemente al punto 5.2.5.4. Se il ciclo NRSC specifica ulteriori regimi espressi in percentuale, questi devono essere calcolati come percentuale del regime nominale.

Il regime minimo deve essere determinato conformemente al punto 5.2.5.5.

Previo accordo del servizio tecnico, è possibile usare l'MTS al posto del regime nominale per la generazione dei regimi di prova descritti in questo punto.

7.7.1.3. Generazione di carico NRSC per ciascuna modalità di prova

La percentuale di carico per ciascuna modalità di prova del ciclo di prova selezionato deve essere desunta dalla tabella appropriata dell'allegato XVII, appendice 1 o 2. A seconda del ciclo di prova, il valore percentuale del carico riportato in queste tabelle è espresso come potenza o come coppia, conformemente al punto 5.2.6 e alle note riportate in fondo a ogni tabella.

Il valore al 100 % di un determinato regime di prova deve essere il valore misurato o dichiarato dalla curva di mappatura generata in conformità rispettivamente al punto 7.6.1, 7.6.2 o 7.6.3, espresso in potenza (kW).

La regolazione del motore per ciascuna modalità di prova viene calcolata con l'equazione 6-14:

$$S = \left((P_{\max} + P_{\mathrm{AUX}}) \cdot \frac{L}{100} \right) - P_{\mathrm{AUX}} \qquad (6\text{-}14)$$

dove:

S è la regolazione del dinamometro, espressa in kW

$P_{\max}$ è la potenza massima osservata o dichiarata al regime di prova nelle condizioni di prova (indicata dal costruttore), espressa in kW

P_{AUX} è la potenza totale dichiarata assorbita dai dispositivi ausiliari come definiti nell'equazione 6-8 (cfr. punto 6.3.5) al regime di prova specificato, espresso in kW

L è la percentuale della coppia

È possibile dichiarare e utilizzare una coppia minima a caldo rappresentativa del funzionamento in uso per ciascun punto di carico che altrimenti ricadrebbe al di sotto di tale valore se un certo tipo di motore normalmente non funziona al di sotto di tale coppia minima (per es. se il motore è collegato a una macchina mobile non stradale che non funziona al di sotto di una certa coppia minima).

Nel caso di cicli E2 e D2, il costruttore deve dichiarare la potenza nominale, la quale deve essere utilizzata come potenza al 100 % al momento di generare il ciclo di prova.

▼B

7.7.2. Generazione dei regimi e dei carichi NRTC e LSI-NRTC per ciascun punto di prova (denormalizzazione)

Questo punto deve essere utilizzato per generare i regimi e i carichi corrispondenti con i quali far funzionare il motore durante le prove NRTC o LSI-NRTC. L'allegato XVII, appendice 3, definisce i cicli di prova applicabili in formato normalizzato. Un ciclo di prova normalizzato consiste di una sequenza di valori accoppiati di regime e coppia espressi in percentuale.

I valori normalizzati di regime e coppia sono trasformati in base alle seguenti convenzioni:

a) il regime normalizzato deve essere trasformato in una sequenza di regimi di riferimento n_{ref}, conformemente al punto 7.2.2.2;

b) la coppia normalizzata è espressa come percentuale della coppia mappata desunta dalla curva generata conformemente al punto 7.6.2 al corrispondente regime di riferimento. Tali valori normalizzati sono trasformati in una sequenza di coppie di riferimento T_{ref}, conformemente al punto 7.2.2.3;

c) i valori di riferimento di regime e di coppia espressi in unità coerenti sono moltiplicati per calcolare i valori della potenza di riferimento.

7.7.2.1. Riservato

7.7.2.2. Denormalizzazione del regime del motore

Il regime del motore deve essere denormalizzato con l'equazione 6-15:

$$n_{ref} = \frac{\%speed \times (MTS - n_{idle})}{100} + n_{idle} \quad (6\text{-}15)$$

dove:

n_{ref} è il regime di riferimento

MTS è il regime di prova massimo

n_{idle} è il regime minimo

$\%speed$ è il valore del regime normalizzato NRTC o LSI-NRTC desunto dall'allegato XVII, appendice 3.

7.7.2.3. Denormalizzazione della coppia del motore

I valori della coppia della tabella del dinamometro di cui all'allegato XVII, appendice 3, sono normalizzati alla coppia massima al rispettivo regime. I valori di coppia del ciclo di riferimento devono essere denormalizzati utilizzando la curva di mappatura determinata secondo il punto 7.6.2, con l'equazione 6-16:

$$T_{ref} = \frac{\%torque \cdot max.torque}{100} \quad (6\text{-}16)$$

per il regime di riferimento corrispondente determinato al punto 7.7.2.2

dove:

T_{ref} è la coppia di riferimento per il regime di riferimento corrispondente

▼M2

max.torque è la coppia massima per il rispettivo regime di prova desunto dalla mappatura del motore effettuata conformemente al punto 7.6.2 e sottoposta, se necessario, ad aggiustamento in conformità al punto 7.7.2.3, lettera b)

▼B

%torque è il valore della coppia normalizzata NRTC o LSI-NRTC desunta dall'allegato XVII, appendice 3.

a) Coppia minima dichiarata

Può essere dichiarata una coppia minima che sia rappresentativa del funzionamento in uso. Per esempio, se il motore tipicamente è collegato a una macchina che non funziona al di sotto di una certa coppia minima, questo valore di coppia può essere dichiarato e utilizzato per qualsiasi punto di carico che altrimenti ricadrebbe al di sotto di tale valore.

b) Regolazione della coppia del motore dovuta alla presenza di dispositivi ausiliari montati per la prova delle emissioni

Qualora siano montati dispositivi ausiliari conformemente all'appendice 2, non deve essere apportata una regolazione alla coppia massima del rispettivo regime di prova desunto dalla mappatura del motore eseguita conformemente al punto 7.6.2.

Se, conformemente ai punti 6.3.2 o 6.3.3 i dispositivi ausiliari necessari che avrebbero dovuto essere installati per la prova non sono stati montati, oppure sono presenti dispositivi ausiliari che avrebbero dovuto essere rimossi, deve essere effettuato un aggiustamento al valore di T_{max} con l'equazione 6-17.

$$T_{max} = T_{map} — T_{AUX} \quad (6\text{-}17)$$

dove:

$$T_{AUX} = T_r — T_f \quad (6\text{-}18)$$

dove:

T_{map} è la coppia massima, senza aggiustamento, per il rispettivo regime di prova desunto dalla mappatura del motore effettuata conformemente del punto 7.6.2.

T_f è la coppia necessaria per l'azionamento di dispositivi ausiliari che avrebbe dovuto essere montati, ma non sono stati installati per la prova

T_r è la coppia necessaria per l'azionamento di dispositivi ausiliari che avrebbe dovuto essere rimossi per la prova ma che invece sono stati installati

7.7.2.4. Esempio di procedura di denormalizzazione

Esempio di denormalizzazione di un punto di prova:

% speed = 43 %

% torque = 82 %

dati i seguenti valori:

MTS = 2 200 min^{-1}

▼B

n_{idle} = 600 min^{-1}

si ottiene:

$$n_{ref} = \frac{43 \cdot (2\,200 - 600)}{100} + 600 = 1\,288 min^{-1}$$

con la coppia massima di 700 Nm osservata nella curva di mappatura a 1 288 min^{-1}

$$T_{ref} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

7.8. Procedura specifica per l'esecuzione del ciclo di prova

7.8.1. Sequenza di prova delle emissioni per il ciclo NRSC in modalità discreta

7.8.1.1. Riscaldamento del motore per i cicli NRSC stazionari in modalità discreta

Devono essere eseguite le operazioni preliminari alla prova di cui al punto 7.3.1, inclusa la taratura dell'analizzatore. Il motore deve essere riscaldato mediante la sequenza di precondizionamento di cui al punto 7.3.1.1.3. Il ciclo di misurazione inizia immediatamente da questo punto di condizionamento del motore.

7.8.1.2. Esecuzione dei cicli NRSC in modalità discreta

a) la prova deve essere eseguita in ordine crescente di numero delle modalità come indicato per il ciclo di prova (cfr. allegato XVII, appendice 1);

▼M2

b) ogni modalità ha una durata di almeno 10 minuti. In ogni modalità il motore deve essere stabilizzato per almeno 5 minuti. Le emissioni gassose e, se del caso, il PN devono essere campionati per un intervallo di tempo da 1a 3 minuti al termine di ogni modalità e le emissioni di PM devono essere campionate in conformità alla lettera c).

In deroga al paragrafo precedente, quando si sottopongono a prova motori ad accensione comandata che utilizzano i cicli G1, G2 o G3 o si effettuano misurazioni in conformità all'allegato V del presente regolamento, ogni modalità ha una durata di almeno 3 minuti. In tal caso le emissioni gassose e, se del caso, il PN devono essere campionati durante almeno gli ultimi 2 minuti di ogni modalità e le emissioni di PM devono essere campionate in conformità alla lettera c). La durata della modalità e il tempo di campionamento possono essere prolungati per migliorare l'accuratezza.

La durata della modalità deve essere registrata e dichiarata;

▼B

c) ►M2 per le emissioni di PM, il relativo campionamento può essere effettuato sia con il metodo a filtro singolo, sia con il metodo a filtri multipli. Poiché i risultati dei metodi possono differire leggermente, insieme ai risultati deve essere dichiarato il metodo utilizzato. ◄

Nel metodo a filtro singolo si terrà conto dei fattori di ponderazione modali, specificati nella procedura del ciclo di prova, e del flusso effettivo dei gas di scarico durante il campionamento, regolando in modo opportuno la portata del campione e/o il tempo di campionamento. Il fattore di ponderazione efficace del campionamento del PM deve essere entro ± 0,005 del fattore di ponderazione della modalità in questione.

Il campionamento deve essere eseguito il più tardi possibile in ciascuna modalità. Per il metodo a filtro singolo il completamento del campionamento del PM deve corrispondere, con una tolleranza di ± 5 secondi, al completamento della misurazione

▼B

delle emissioni gassose. Il tempo di campionamento per ogni modalità deve essere di almeno 20 secondi per il metodo a filtro singolo e di almeno 60 secondi per il metodo a filtri multipli. Per sistemi senza possibilità di bypass, il tempo di campionamento per ogni modalità deve essere di almeno 60 secondi sia per il metodo a filtro singolo, sia per quello a filtri multipli.

d) in ciascuna modalità, il regime e il carico del motore, la temperatura dell'aria di aspirazione e il flusso del carburante e, se del caso, dell'aria o dei gas di scarico devono essere misurati per ciascuna modalità nello stesso intervallo utilizzato per la misurazione delle concentrazioni gassose.

Vanno registrati eventuali ulteriori dati necessari per il calcolo;

e) se il motore si arresta o si interrompe il campionamento delle emissioni in qualsiasi momento dopo l'avvio del campionamento delle emissioni di un ciclo NRSC in modalità discreta e con il metodo a filtro singolo, la prova deve essere annullata e ripetuta a partire dalla procedura di riscaldamento del motore. Per la misurazione del PM con il metodo a filtri multipli (un filtro di campionamento per ogni modalità operativa) la prova deve essere continuata stabilizzando il motore alla modalità precedente per il condizionamento della temperatura del motore e in seguito iniziando la misurazione alla modalità in cui si era arrestato il motore;

f) eseguire le procedure successive alla prova di cui al punto 7.3.2.

7.8.1.3. Criteri di convalida

Durante ciascuna modalità del ciclo di prova stazionario in questione, dopo il periodo iniziale di transizione, il regime misurato non deve scostarsi dal regime di riferimento di oltre ± 1 % del regime nominale o ± 3 min^{-1}, se superiore, salvo per il minimo, per il quale valgono i limiti di tolleranza dichiarati dal costruttore. La coppia misurata non deve scostarsi dalla coppia di riferimento di oltre ± 2 % della coppia massima al regime di prova.

7.8.2. Sequenza di prova delle emissioni per il ciclo RMC

7.8.2.1. Riscaldamento del motore

Devono essere eseguite le operazioni preliminari alla prova di cui al punto 7.3.1, inclusa la taratura dell'analizzatore. Il motore deve essere riscaldato secondo la sequenza di precondizionamento di cui al punto 7.3.1.1.4. Immediatamente dopo questo condizionamento del motore, se il regime del motore e la coppia non sono già impostati nella prima modalità di prova, vanno commutati in una rampa lineare di 20 ± 1 secondo alla prima modalità di prova. La misurazione del ciclo di prova deve iniziare tra 5 e 10 secondi dopo la fine della rampa.

7.8.2.2. Esecuzione di un ciclo RMC

la prova deve essere eseguita nell'ordine di numero delle modalità come indicato per il ciclo di prova (cfr. allegato XVII, appendice 2); Se non è disponibile un ciclo RMC per il ciclo NRSC specificato, deve essere seguita la procedura per i cicli NRSC in modalità discreta di cui al punto 7.8.1.

▼B

Il motore deve essere fatto funzionare per il tempo prescritto per ciascuna modalità. La transizione da una modalità alla successiva deve essere lineare in 20 s ± 1 secondo, seguendo le tolleranze prescritte al punto 7.8.2.4.

Per i cicli RMC i valori di regime nominale e coppia devono essere generati a una frequenza minima di 1 Hz e questa sequenza di punti deve essere usata per eseguire il ciclo. Durante la transizione tra modalità, ai valori denormalizzati del regime di riferimento e della coppia deve essere applicata una rampa lineare tra modalità per generare i punti di riferimento. Ai valori di riferimento normalizzati della coppia non deve essere applicata la rampa lineare tra modalità e successiva denormalizzazione. Se la rampa del regime e della coppia attraversa un punto al di sopra della curva di coppia del motore, allora essa deve essere fatta continuare per controllare le coppie di riferimento e all'operatore deve essere consentito di impostare il valore massimo.

Per tutto il ciclo RMC (durante ogni modalità e incluse le rampe tra le modalità), la concentrazione di ciascun inquinante gassoso deve essere misurata e, laddove esista un limite applicabile, PM e PN devono essere campionati. Gli inquinanti gassosi possono essere misurati allo stato grezzo o diluito e vanno registrati in modo continuo; se diluiti, possono anche essere campionati con sacchetto di campionamento. Il campione di particolato deve essere diluito con aria ambiente condizionata e pulita. Durante l'intera procedura di prova deve essere prelevato un unico campione che, nel caso del PM, deve essere raccolto su un unico filtro di campionamento del PM.

Per il calcolo delle emissioni specifiche al banco frenato, deve essere calcolato il lavoro prodotto nel ciclo effettivo integrando la potenza effettiva del motore nell'arco del ciclo completo.

7.8.2.3. Sequenza di prova delle emissioni

a) avviare simultaneamente l'esecuzione del ciclo RMC, il campionamento dei gas di scarico, la registrazione dei dati e l'integrazione del valori misurati;

b) tenere sotto controllo il regime e la coppia fino alla prima modalità del ciclo di prova;

c) se il motore si arresta in qualsiasi momento durante l'esecuzione dell'RMC, la prova deve essere annullata. Riavviare il motore e ripetere la prova;

d) alla fine del ciclo RMC continuare il campionamento, ad eccezione del campionamento del PM, facendo funzionare tutti i sistemi per consentire il trascorrere del tempo di risposta del sistema. In seguito terminare tutte le attività di campionamento e registrazione, inclusa la registrazione dei campioni di fondo. Arrestare infine i dispositivi integrati e indicare nei dati registrati la fine del ciclo di prova;

e) eseguire le procedure successive alla prova di cui al punto 7.3.2.

7.8.2.4. Criteri di convalida

Le prove RMC vanno convalidate usando l'analisi di regressione di cui ai punti 7.8.3.3 e 7.8.3.5. Le tolleranze RMC consentite sono indicate nella seguente tabella 6.1. Si noti che le tolleranze RMC sono diverse dalle tolleranze NRTC di cui alla tabella 6.2. ►M2 Per le prove condotte su motori con potenza di riferimento superiore a 560 kW è possibile utilizzare le tolleranze della linea di regressione di cui alla tabella 6.2 e la cancellazione di punti di cui alla tabella 6.3. ◄

▼B

Tabella 6.1

Tolleranze della linea di regressione RMC

	Regime	Coppia	Potenza
Errore standard della stima (SEE) di y su x	massimo 1 % del regime nominale	massimo 2 % della coppia massima del motore	massimo 2 % della potenza massima del motore
Coefficiente angolare della linea di regressione, a_1	0,99 — 1,01	0,98 — 1,02	0,98 — 1,02
Coefficiente di determinazione r^2	minimo 0,990	minimo 0,950	minimo 0,950
intercetta su y della linea di regressione, a_0	± 1 % del regime nominale	± 20 Nm o ± 2 % della coppia massima, se superiore	± 4 kW o ± 2 % della potenza massima, se superiore

Se la prova RMC non viene eseguita su un banco di prova transitorio e non sono disponibili i valori secondo per secondo del regime e della coppia, devono essere utilizzati i seguenti criteri di convalida.

Per ogni modalità i requisiti relativi a regime e coppia figurano al punto 7.8.1.3. Per le transizioni di 20 secondi a regime e a coppia lineare tra le modalità di prova RMC stazionarie (punto 7.4.1.2) devono essere applicate le seguenti tolleranze di regime e carico per la rampa;

a) il regime deve essere mantenuto lineare ed entro ± 2 % del regime nominale,

b) la coppia deve essere mantenuta lineare ed entro ± 5 % della coppia massima al regime nominale.

7.8.3. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC)

Per il ciclo NRTC e LSI-NRTC i comandi di regime e di coppia di riferimento devono essere eseguiti in modo sequenziale. I comandi di regime e di coppia devono essere impartiti a una frequenza di almeno 5 Hz. Poiché il ciclo di prova di riferimento è specificato a 1 Hz, i comandi di regime e di coppia intermedi devono essere interpolati linearmente dai valori di coppia di riferimento generati durante la generazione del ciclo.

I valori di regime denormalizzati bassi vicino al regime minimo a caldo possono causare l'attivazione dei regolatori del minimo a basso regime e la coppia del motore può superare la coppia di riferimento, anche se la richiesta dell'operatore è regolata al minimo. In tali casi si raccomanda di regolare il dinamometro in modo da dare priorità alla coppia di riferimento invece che al regime di riferimento e di permettere al motore di regolare il regime.

In condizioni di avviamento a freddo i motori possono utilizzare un dispositivo di minimo potenziato per riscaldare velocemente il motore e i dispositivi di post-trattamento dei gas di scarico. In queste condizioni i regimi normalizzati molto bassi genereranno regimi di riferimento inferiori a questo regime minimo potenziato. In tal caso si raccomanda di regolare il dinamometro in modo da dare priorità alla coppia di riferimento e di permettere al motore di regolare il regime quando la richiesta dell'operatore è al minimo.

▼B

Durante la prova delle emissioni, i regimi e le coppie di riferimento e i regimi e le coppie di retroazione devono essere registrati con una frequenza minima di 1 Hz, ma preferibilmente di 5 Hz o perfino 10 Hz. Questa maggiore frequenza di registrazione è importante perché contribuisce a minimizzare l'effetto distorsivo dell'intervallo di tempo tra i valori di riferimento e misurati di regime e di coppia di retroazione.

I regimi e le coppie di riferimento e di retroazione possono essere registrati a frequenze inferiori (fino a 1 Hz), se vengono registrati i valori medi nell'intervallo di tempo tra valori registrati. I valori medi vanno calcolati in base ai valori di retroazione aggiornati a una frequenza di almeno 5 Hz. I valori registrati devono essere usati per calcolare le statistiche di convalida del ciclo e il lavoro totale.

7.8.3.1. Esecuzione di un ciclo di prova NRTC

Devono essere eseguite le operazioni preliminari alla prova di cui al punto 7.3.1, inclusi il precondizionamento, il raffreddamento e la taratura dell'analizzatore.

La prova deve essere avviata nel modo seguente:

la sequenza di prova deve iniziare immediatamente dopo l'avviamento del motore in condizione raffreddata di cui al punto 7.3.1.2 in caso di ciclo NRTC con avviamento a freddo o in condizione di sosta a caldo in caso di ciclo NRTC con avviamento a caldo. Deve essere seguita la sequenza di cui al punto 7.4.2.1.

All'avvio del motore devono essere iniziati simultaneamente la registrazione dei dati, il campionamento dei gas di scarico e l'integrazione dei valori misurati. Il ciclo di prova può essere iniziato all'avviamento del motore e deve essere eseguito conformemente alla tabella dell'allegato XVII, appendice 3.

Alla fine del ciclo il campionamento deve essere continuato facendo funzionare tutti i sistemi per consentire il trascorrere del tempo di risposta del sistema. In seguito tutte le attività di campionamento e registrazione devono essere terminate, inclusa la registrazione dei campioni di fondo. Infine devono essere arrestati i dispositivi integrati e deve essere indicata nei dati registrati la fine del ciclo di prova.

eseguire le procedure successive alla prova di cui al punto 7.3.2.

7.8.3.2. Esecuzione di un ciclo di prova LSI-NRTC

Devono essere eseguite le operazioni preliminari alla prova di cui al punto 7.3.1, inclusi il precondizionamento e la taratura dell'analizzatore.

La prova deve essere avviata nel modo seguente:

la prova deve iniziare secondo la sequenza indicata al punto 7.4.2.2.

La registrazione dei dati, il campionamento dei gas di scarico e l'integrazione dei valori misurati devono essere iniziati simultaneamente all'avvio del ciclo LSI-NRTC al termine del periodo di 30 secondi in cui il motore funziona al minimo, di cui al punto 7.4.2.2, lettera b). Il ciclo di prova deve essere eseguito conformemente alla tabella dell'allegato XVII, appendice 3.

Alla fine del ciclo il campionamento deve essere continuato facendo funzionare tutti i sistemi per consentire il trascorrere del tempo di risposta del sistema. In seguito tutte le attività di campionamento e registrazione devono essere terminate, inclusa la registrazione dei campioni di fondo. Infine devono essere arrestati i dispositivi integrati e deve essere indicata nei dati registrati la fine del ciclo di prova.

▼B

eseguire le procedure successive alla prova di cui al punto 7.3.2.

7.8.3.3. Criteri di convalida di cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC)

Per controllare la validità di una prova devono essere applicati i criteri di convalida del ciclo del presente punto ai valori di riferimento e di retroazione del regime, della coppia, della potenza e del lavoro totale.

7.8.3.4. Calcolo del ciclo di lavoro

Per calcolare il lavoro prodotto nel ciclo effettivo devono essere omessi i valori di regime e di coppia eventualmente registrati durante l'avviamento del motore. I punti con valori di coppia negativi devono essere considerati come lavoro zero. Il lavoro prodotto nel ciclo W_{act} (kWh) deve essere calcolato in base ai valori di retroazione del regime e della coppia del motore. Il lavoro prodotto nel ciclo W_{ref} (kWh) deve essere calcolato in base ai valori di riferimento del regime e della coppia del motore. Il lavoro prodotto nel ciclo effettivo W_{act} è utilizzato per il confronto con il lavoro prodotto nel ciclo di riferimento W_{ref} e per il calcolo delle emissioni specifiche al banco frenato (cfr. punto 7.2).

Il valore di W_{act} deve essere compreso tra l'85 % e il 105 % del valore di W_{ref}.

7.8.3.5. Statistiche di convalida (cfr. allegato VII, appendice 2);

Devono essere calcolate le regressioni lineari tra i valori di retroazione e i valori di riferimento per il regime, la coppia e la potenza.

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.

Deve essere utilizzato il metodo dei minimi quadrati con l'equazione di interpolazione ottimale avente la formula illustrata nell'equazione 6-19:

$$y = a_1 x + a_0 \quad (6\text{-}19)$$

dove:

y è il valore di retroazione del regime (min^{-1}), della coppia (Nm) o della potenza (kW)

a_1 è il coefficiente angolare della linea di regressione

x è il valore di riferimento del regime (min^{-1}), della coppia (Nm) o della potenza (kW)

a_0 è l'intercetta su y della linea di regressione

Devono essere calcolati l'errore standard della stima (*SEE*) di y su x e il coefficiente di determinazione (r^2) per ciascuna linea di regressione, conformemente all'allegato VII, appendice 3).

Si raccomanda di eseguire quest'analisi a 1 Hz. La prova è considerata valida se sono rispettati i criteri indicati nella tabella 6.2.

Tabella 6.2

Tolleranze della linea di regressione

	Regime	Coppia	Potenza
Errore standard della stima (*SEE*) di y su x	≤ 5,0 % del regime di prova massimo	≤ 10,0 % della coppia massima del motore	≤ 10,0 % della potenza massima del motore

▼B

	Regime	Coppia	Potenza
Coefficiente angolare della linea di regressione, a_1	0,95 — 1,03	0,83 — 1,03	0,89 — 1,03
Coefficiente di determinazione r^2	minimo 0,970	minimo 0,850	minimo 0,910
intercetta su y della linea di regressione, a_0	≤ 10 % del minimo	± 20 Nm o ± 2 % della coppia massima, se superiore	± 4 kW o ± 2 % della potenza massima, se superiore

Ai soli fini della regressione, è ammessa la cancellazione di punti secondo quanto indicato nella tabella 6.3 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 s'intende un punto con una coppia normalizzata di riferimento dello 0 % e una velocità normalizzata di riferimento dello 0 %. La cancellazione di punti può essere applicata a tutto il ciclo o a una qualsiasi parte dello stesso; occorre specificare i punti ai quali si applica la cancellazione.

▼M2

Tabella 6.3

Cancellazioni di punti ammesse nell'analisi di regressione

Evento	Condizioni (n = regime del motore, T = coppia)	Cancellazioni di punti ammesse
Richiesta minima da parte dell'operatore (punto di minimo)	$n_{ref} = n_{idle}$ e $T_{ref} = 0$ % e $T_{act} > (T_{ref} - 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$ e $T_{act} < (T_{ref} + 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$	regime e potenza
Richiesta minima da parte dell'operatore	$n_{act} \leq 1{,}02\ n_{ref}$ e $T_{act} > T_{ref}$ o $n_{act} > n_{ref}$ e $T_{act} \leq T_{ref}$ o $n_{act} > 1{,}02\ n_{ref}$ e $T_{ref} < T_{act} \leq (T_{ref} + 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$	potenza e coppia o potenza e regime
Richiesta massima da parte dell'operatore	$n_{act} < n_{ref}$ e $T_{act} \geq T_{ref}$ o $n_{act} \geq 0{,}98\ n_{ref}$ e $T_{act} < T_{ref}$ o $n_{act} < 0{,}98\ n_{ref}$ e $T_{ref} > T_{act} \geq (T_{ref} - 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$	potenza e coppia o potenza e regime

dove:

n_{ref}	è il regime di riferimento (cfr. parte 7.7.2),
n_{idle}	è il regime minimo,
n_{act}	è il regime effettivo (misurato),
T_{ref}	è la coppia di riferimento (cfr. parte 7.7.2),
T_{act}	è la coppia effettiva (misurata),
$T_{maxmappedtorque}$	è il valore massimo della coppia sulla curva della coppia a pieno carico mappata in conformità alla parte 7.6.

▼B

8. Procedure di misurazione

8.1. Controlli della taratura e delle prestazioni

8.1.1. Introduzione

Il presente punto descrive le tarature e le verifiche necessarie dei sistemi di misurazione. Cfr. il punto 9.4 per le specifiche applicabili ai singoli strumenti.

Le tarature o le verifiche devono essere eseguite generalmente in tutta la catena di misurazione completa.

Se per una parte del sistema di misurazione mancano specificazioni relative alla taratura o alla verifica, quella parte del sistema deve essere tarata e le sue prestazioni verificate a una frequenza coerente con le eventuali raccomandazioni del costruttore del sistema di misurazione e la buona pratica ingegneristica.

Le norme riconosciute e tracciabili a livello internazionale devono essere usate per soddisfare le tolleranze indicate per le tarature e le verifiche.

8.1.2. Riassunto delle tarature e delle verifiche

La tabella 6.4 presenta un riassunto delle tarature e delle verifiche descritte nella parte 8 e indica quando queste operazioni vanno effettuate.

Tabella 6.4

Riassunto delle tarature e delle verifiche

Tipo di taratura o verifica	Frequenza minima [a]
8.1.3: accuratezza, ripetibilità e rumore	Accuratezza: non necessaria ma raccomandata per l'installazione iniziale. Ripetibilità: non necessaria ma raccomandata per l'installazione iniziale. Rumore: non necessaria ma raccomandata per l'installazione iniziale.
8.1.4: verifica della linearità	Regime: al momento dell'installazione iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti. Coppia: al momento dell'installazione iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti. Aria di aspirazione, aria di diluizione, flussi di gas di scarico diluiti e portate del campionamento per lotti: al momento dell'installazione iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti, salvo la verifica del flusso mediante il controllo del propano o il bilancio del carbone o dell'ossigeno. Flusso dei gas di scarico grezzi al momento dell'installazione iniziale, entro 185 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti, salvo la verifica del flusso mediante il controllo del propano o il bilancio del carbone o dell'ossigeno. Divisori di gas: al momento dell'installazione iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti. Analizzatori di gas (salvo diversa indicazione): al momento dell'installazione iniziale, entro 35 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti.

▼B

Tipo di taratura o verifica	Frequenza minima [a]
	Analizzatore FTIR: al momento dell'installazione, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti. Bilancia del PM: al momento dell'installazione iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti. Pressione e temperatura indipendenti: al momento dell'installazione iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti.
8.1.5: risposta del sistema di analizzatori di gas in continuo e verifica dell'aggiornamento/ registrazione — per analizzatori di gas non compensati in continuo per altre specie di gas	Al momento dell'installazione iniziale o dopo una modifica del sistema che potrebbe influenzare la risposta.
8.1.6: risposta del sistema di analizzatori di gas in continuo e verifica dell'aggiornamento/ registrazione — per analizzatori di gas compensati in continuo per altre specie di gas	Al momento dell'installazione iniziale o dopo una modifica del sistema che potrebbe influenzare la risposta.
8.1.7.1: coppia	Al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.7.2: pressione, temperatura, punto di rugiada	Al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.8.1: flusso di carburante	Al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.8.2: flusso di aspirazione	Al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.8.3: flusso dei gas di scarico	Al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.8.4: flusso dei gas di scarico diluiti (CVS e PFD)	Al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.8.5: verifica CVS/PFD e del sistema di campionamento per lotti [b]	Al momento dell'installazione iniziale, entro 35 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti (controllo del propano).
8.1.8.8: perdita sotto vuoto	Al momento dell'installazione del sistema di campionamento. Prima di ogni prova di laboratorio conformemente al punto 7.1. entro le 8 ore precedenti l'inizio del primo intervallo di prova di ciascuna sequenza del ciclo di lavoro e dopo una manutenzione, come la sostituzione dei prefiltri.
8.1.9.1: interferenza di CO_2 NDIR H_2O	Al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.9.2: interferenza di CO NDIR CO_2 and H_2O	Al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.10.1: taratura del FID Ottimizzazione e verifica di HC FID	Taratura, ottimizzazione e determinazione della risposta CH_4: al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti. Verifica della risposta CH_4: al momento dell'installazione iniziale, entro 185 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti.

▼B

Tipo di taratura o verifica	Frequenza minima [a]
8.1.10.2: interferenza di FID O_2 nei gas di scarico grezzi	Per tutti gli analizzatori FID: al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti. Per tutti gli analizzatori THC FID: al momento dell'installazione iniziale, dopo manutenzioni importanti e dopo l'ottimizzazione del FID secondo il punto 8.1.10.1.
8.1.11.1: attenuazione di CO_2 e H_2O dell'analizzatore CLD	Al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.11.3: interferenza di NDUV HC e H_2O	Al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.
▼M2 8.1.11.4: penetrazione di NO_2 nell'essiccatore del campione (refrigerante)	Al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.
▼B 8.1.11.5: Conversione del convertitore NO_2-a -NO	Al momento dell'installazione iniziale, entro 35 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti.
▼M2 8.1.12: verifica dell'essiccatore del campione	Per i dispositivi di raffreddamento termico: al momento dell'installazione e dopo manutenzioni importanti. Per membrane osmotiche: al momento dell'installazione, entro 35 giorni dalla prova e dopo manutenzioni importanti.
▼B 8.1.13.1: bilancia e procedura di pesata del PM	Verifica indipendente: al momento dell'installazione iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti. Verifica dello zero, dello span e del campione di riferimento: entro 12 ore dalla pesata e dopo manutenzioni importanti.

[a] Eseguire le tarature e le verifiche con maggiore frequenza secondo le istruzioni del costruttore del sistema di misurazione e la buona pratica ingegneristica.
[b] La verifica CVS non è necessaria per sistemi concordi entro ± 2 % in base all'equilibrio chimico del carbone o dell'ossigeno dell'aria di aspirazione, del carburante e dei gas di scarico diluiti.

8.1.3. Verifica dell'accuratezza, della ripetibilità e del rumore

I valori delle prestazioni per i singoli strumenti di cui alla tabella 6.8 sono la base per la determinazione dell'accuratezza, della ripetibilità e del rumore di uno strumento.

Non è necessario verificare l'accuratezza, la ripetibilità e il rumore dello strumento. Tuttavia, può essere utile considerare queste verifiche per definire una specifica per un nuovo strumento, per verificare le prestazioni di un nuovo strumento alla sua consegna o per risolvere i problemi di uno strumento esistente.

8.1.4. Verifica della linearità

8.1.4.1. Campo di applicazione e frequenza

La verifica della linearità deve essere eseguita per ogni sistema di misurazione di cui alla tabella 6.5 almeno con la frequenza indicata nella tabella e conformemente alle raccomandazioni del costruttore del sistema di misurazione e della buona pratica ingegneristica. La verifica della linearità mira a far sì che un sistema di misurazione

▼B

risponda proporzionalmente nell'intervallo di misurazione desiderato. Tale verifica consiste nell'introduzione di una serie di almeno 10 valori di riferimento a un sistema di misurazione, salvo diverse indicazioni. Il sistema di misurazione quantifica ogni valore di riferimento. I valori misurati devono essere confrontati collettivamente con i valori di riferimento usando una regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati e i criteri di linearità di cui alla tabella 6.5.

8.1.4.2. Requisiti di prestazione

Se il sistema di misurazione non soddisfa i criteri di linearità applicabili di cui alla tabella 6.5, tale difetto deve essere corretto mediante la nuova taratura, la manutenzione o la sostituzione dei componenti, a seconda dei casi. La verifica della linearità deve essere ripetuta dopo la risoluzione del problema per garantire che il sistema di misurazione soddisfi i criteri.

8.1.4.3. Procedura

Deve essere utilizzato il protocollo di verifica della linearità che segue:

a) far funzionare il sistema di misurazione alla temperatura, pressione e flusso indicati nelle specifiche;

b) eseguire una taratura dello zero dello strumento con le stesse modalità usate prima di una prova delle emissioni mediante l'introduzione di un segnale zero. Per gli analizzatori di gas deve essere usato un gas di azzeramento che soddisfi le specifiche del punto 9.5.1. Il gas va introdotto direttamente all'ingresso dell'analizzatore;

c) la taratura dello span dello strumento deve essere effettuata con le stesse modalità usate prima di una prova delle emissioni mediante l'introduzione di un segnale di span. Per gli analizzatori di gas viene usato un gas di span che soddisfi le specifiche del punto 9.5.1. Il gas è introdotto direttamente all'ingresso dell'analizzatore;

d) dopo la taratura dello span dello strumento, verificare lo zero con lo stesso segnale usato alla lettera b); in base alla lettura dello zero, è necessario affidarsi alla buona pratica ingegneristica per determinare se sia necessario determinare nuovamente lo zero o lo span dello strumento prima di passare alla fase successiva;

e) per tutte le quantità misurate, applicare le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica per selezionare i valori di riferimento, y_{refi}, che coprano tutto l'intervallo dei valori previsti durante la prova delle emissioni, evitando quindi l'estrapolazione oltre questi valori. Un segnale di riferimento zero deve essere selezionato come uno dei valori di riferimento della verifica della linearità. Per le verifiche della linearità della pressione e della temperatura individuali vanno selezionati almeno tre valori di riferimento. Per tutte le altre verifiche della linearità vanno selezionati almeno dieci valori di riferimento;

f) selezionare l'ordine in cui introdurre la serie di valori di riferimento in base alle raccomandazioni del costruttore dello strumento e alla buona pratica ingegneristica;

g) generare e introdurre le quantità di riferimento conformemente al punto 8.1.4.4. Per gli analizzatori di gas vanno usate concentrazioni di gas conformi alle specifiche del punto 9.5.1. I gas vanno introdotti direttamente all'ingresso dell'analizzatore;

h) consentire un intervallo di tempo per stabilizzare lo strumento durante la misurazione del valore di riferimento;

i) a una frequenza di registrazione almeno pari alla frequenza minima di cui alla tabella 6.7, misurare il valore di riferimento per 30 secondi e registrare la media aritmetica dei valori registrati $\overline{y}_i$.

▼B

j) ripetere le fasi dalla lettera g) alla lettera i) del presente punto finché non sono state misurate tutte le quantità di riferimento;

k) le medie aritmetiche $\overline{y}_i$ e i valori di riferimento y_{refi} vanno usati per calcolare i parametri della regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati e i valori statistici da confrontare ai criteri minimi di prestazione di cui alla tabella 6.5. Devono essere utilizzati i calcoli di cui all'allegato VII, appendice 3.

8.1.4.4. Segnali di riferimento

Questo punto descrive i metodi raccomandati per la generazione dei valori di riferimento per il protocollo di verifica della linearità di cui al punto 8.1.4.3. Vanno usati valori di riferimento che simulano i valori effettivi oppure deve essere introdotto e misurato un valore effettivo con un sistema di misurazione di riferimento. In quest'ultimo caso il valore di riferimento è il valore indicato dal sistema di misurazione di riferimento. I valori di riferimento e i sistemi di misurazione di riferimento devono essere tracciabili a livello internazionale.

Per i sistemi di misurazione della temperatura con sensori come termocoppie, RTD e termistori, la verifica della linearità può essere eseguita mediante la rimozione del sensore dal sistema e l'introduzione di un simulatore. Se necessario va usato un simulatore che è tarato indipendentemente e compensato con giunzione a freddo. L'incertezza di misurazione della temperatura del simulatore tracciabile a livello internazionale deve essere inferiore allo 0,5 % della temperatura massima di funzionamento T_{max}. Se si fa uso di questa opzione è necessario usare sensori che il fornitore dichiara essere precisi oltre lo 0,5 % di T_{max} rispetto alla loro curva di taratura standard.

8.1.4.5. Sistemi di misurazione che necessitano della verifica della linearità

La tabella 6.5. indica i sistemi di misurazione che devono essere sottoposti alla verifica della linearità. A questa tabella vanno applicate le seguenti disposizioni:

a) la verifica della linearità deve essere eseguita a una frequenza maggiore qualora sia raccomandato dal costruttore dello strumento o dalla buona pratica ingegneristica;

b) «min» si riferisce al valore di riferimento minimo usato durante la verifica della linearità;

si noti che tale valore può corrispondere a zero o a un valore negativo, a seconda del segnale;

c) «max» si riferisce al valore di riferimento massimo usato durante la verifica della linearità; ad esempio, per i divisori di gas, x_{max} è la concentrazione di gas di span non divisa e non diluita. Nei seguenti casi speciali «max» si riferisce ad un altro valore:

i) per la verifica della linearità della bilancia del PM m_{max} si riferisce alla tipica massa di un filtro antiparticolato;

ii) per la verifica della linearità di coppia T_{max} si riferisce al valore di picco della coppia del motore specificata dal costruttore e la coppia massima del motore da sottoporre a prova;

d) gli intervalli indicati sono inclusivi. Ad esempio un intervallo specificato di 0,98-1,02 per il coefficiente angolare a_1 significa $0{,}98 \leq a_1 \leq 1{,}02$;

▼B

e) tali verifiche della linearità non sono necessarie per i sistemi che superano la verifica della portata dei gas di scarico diluiti di cui al punto 8.1.8.5, per il controllo del propano o per i sistemi che concordano per il ± 2 % in base al bilancio chimico del carbone o dell'ossigeno dell'aria di aspirazione, del carburante e dei gas di scarico diluiti;

f) i criteri a_1 per queste quantità devono essere soddisfatti solo se è richiesto il valore assoluto della quantità, diversamente da un segnale che è solo linearmente proporzionale al valore effettivo;

g) le temperature individuali includono le temperature del motore e le condizioni ambientali usate per regolare o verificare le condizioni del motore, le temperature usate per regolare o verificare le condizioni critiche nel sistema di prova, e le temperature usate nei calcoli delle emissioni:

   i) i seguenti controlli della linearità delle temperature sono sempre necessari: aspirazione dell'aria; banchi di post-trattamento (per motori sottoposti a prova con sistemi di post-trattamento con cicli ad avviamento a freddo); aria di diluizione per il campionamento del PM (CVS, diluizione doppia e sistema di flusso parziale); campione del PM; campione del refrigerante (per i sistemi di campionamento dei gas che usano refrigeranti per essiccare i campioni);

   ii) i seguenti controlli della linearità delle temperature sono necessari solo se specificati dal costruttore del motore: ingresso del carburante; uscita dell'aria dal sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione nella camera di prova (per motori sottoposti a prova con uno scambiatore di calore nella camera di prova che simula un sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione della macchina mobile non stradale); ingresso del refrigerante nel sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione nella camera di prova (per motori sottoposti a prova con uno scambiatore di calore nella camera di prova che simula un sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione della macchina mobile non stradale); olio nella coppa dell'olio; refrigerante a monte del termostato (per motori con sistema di raffreddamento liquido);

h) le pressioni individuali comprendono le pressioni del motore e le condizioni ambientali usate per regolare o verificare le condizioni del motore, le temperature usate per regolare o verificare le condizioni critiche nel sistema di prova e le temperature usate nei calcoli delle emissioni:

   i) i seguenti controlli della linearità delle temperature sono sempre necessari: limitazione della pressione dell'aria aspirata; contropressione dei gas di scarico; barometro; CVS della pressione all'ingresso (se per la misurazione si usa il dispositivo CVS); campione del refrigerante (per i sistemi di campionamento dei gas che usano refrigeranti per essiccare i campioni);

   ii) i seguenti controlli della linearità delle temperature sono necessari solo se specificati dal costruttore del motore: sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione nella camera di prova e perdita di pressione del condotto di collegamento (per motori con turbocompressore sottoposti a prova con uno scambiatore di calore nella camera di prova che simula un sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione della macchina mobile non stradale); ingresso del carburante; uscita del carburante.

▼B

Tabella 6.5

Sistemi di misurazione che richiedono la verifica della linearità

Sistema di misurazione	Quantità	Frequenza minima di verifica	Criteri di linearità			
			$\lvert x_{min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 \rvert$	a	SEE (errore standard della stima)	r^2
Regime del motore	n	Entro 370 giorni prima della prova	≤ 0,05 % n_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % n_{max}	≥ 0,990
Coppia del motore	T	Entro 370 giorni prima della prova	≤ 1 % T_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % T_{max}	≥ 0,990
Portata del carburante	q_m	Entro 370 giorni prima della prova	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Aria aspirata di aspirazione ([1])	q_V	Entro 370 giorni prima della prova	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Portata dell'aria di diluizione ([1])	q_V	Entro 370 giorni prima della prova	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Portata dei gas di scarico diluiti ([1])	q_V	Entro 370 giorni prima della prova	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Portata dei gas di scarico grezzi ([1])	q_V	Entro 185 giorni prima della prova	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Portate del campionamento per lotti ([1])	q_V	Entro 370 giorni prima della prova	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Divisori di gas	x/x_{span}	Entro 370 giorni prima della prova	≤ 0,5 % x_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % x_{max}	≥ 0,990
Analizzatori di gas	x	Entro 35 giorni prima della prova	≤ 0,5 % x_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % x_{max}	≥ 0,998
Bilancia del PM	m	Entro 370 giorni prima della prova	≤ 1 % m_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % m_{max}	≥ 0,998
Pressioni individuali	p	Entro 370 giorni prima della prova	≤ 1 % p_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % p_{max}	≥ 0,998
Conversione da analogico a digitale di segnali di temperatura individuali	T	Entro 370 giorni prima della prova	≤ 1 % T_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % T_{max}	≥ 0,998

([1]) È possibile usare la portata molare al posto della portata volumetrica standard come termine di «quantità». In tal caso si può usare la portata molare massima al posto della portata volumetrica massima nel criterio di linearità corrispondente.

▼B

8.1.5. Verifica della risposta del sistema dell'analizzatore di gas e della registrazione dell'aggiornamento

Questa sezione descrive la procedura generale di verifica della risposta del sistema dell'analizzatore di gas e della registrazione dell'aggiornamento in continuo. Cfr. punto 8.1.6 per le procedure di verifica per gli analizzatori di compensazione.

8.1.5.1. Campo di applicazione e frequenza

Questa verifica deve essere effettuata dopo l'installazione o la sostituzione di un analizzatore di gas usato per il campionamento continuo. Questa verifica deve essere eseguita anche qualora il sistema sia riconfigurato in un modo che potrebbe modificare la risposta del sistema. La verifica è necessaria per gli analizzatori di gas in continuo usati per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) o RMC ma non per i sistemi di analizzatori di gas per lotti o per i sistemi di analizzatori di gas in continuo usati solo per le prove con un ciclo NRSC in modalità discreta.

8.1.5.2. Principi di misurazione

Questa prova verifica che le frequenze di aggiornamento e di registrazione siano conformi alla risposta generale del sistema a una variazione rapida del valore delle concentrazioni alla sonda di campionamento. I sistemi di analizzatori di gas vanno ottimizzati in modo che la loro risposta a una variazione rapida della concentrazione sia aggiornata e registrata a una frequenza appropriata per evitare la perdita di informazioni. Questa prova verifica anche che i sistemi di analizzatori di gas in continuo soddisfino un tempo di risposta minimo.

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, portata, 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. I dispositivi per la commutazione del gas devono avere una specifica che consenta la commutazione in meno di 0,1 secondi. I gas utilizzati per la prova devono determinare una variazione di concentrazione pari ad almeno 60 % del fondo scala (FS).

Deve essere registrata la traccia della concentrazione di ciascun componente del singolo gas.

8.1.5.3. Requisiti del sistema

a) Il tempo di risposta del sistema deve essere di ≤ 10 secondi, con un tempo di salita di ≤ 5 secondi per tutti i componenti soggetti a limiti (CO, NO_x, CO_2 e HC) e in tutti gli intervalli utilizzati.

   Tutti i dati (concentrazione, flusso di carburante e aria) devono essere cambiati in base ai tempi di risposta misurati prima di eseguire i calcoli delle emissioni di cui all'allegato VII.

b) Per dimostrare un livello di aggiornamento e registrazione accettabile rispetto alla risposta generale del sistema, il sistema deve soddisfare uno dei seguenti criteri:

   i) il prodotto del tempo di salita medio e della frequenza a cui il sistema registra una concentrazione aggiornata deve corrispondere almeno a 5. In ogni caso il tempo di salita medio deve essere pari o inferiore a 10 secondi;

▼B

ii) il sistema deve registrare la concentrazione con una frequenza di almeno 2 Hz (cfr. tabella 6.7).

8.1.5.4. Procedura

La risposta di ogni sistema di analizzatori di gas in continuo deve essere verificata secondo la seguente procedura:

a) per l'installazione dello strumento vanno seguite le istruzioni di avvio e funzionamento del costruttore. Il sistema di misurazione deve essere regolato in modo da ottimizzare le prestazioni. Tale verifica va eseguita con l'analizzatore nelle stesse condizioni di funzionamento previste per la prova delle emissioni. Se l'analizzatore condivide il sistema di campionamento con altri analizzatori e se il flusso di gas agli altri analizzatori influenza il tempo di risposta del sistema, gli altri analizzatori devono essere avviati e mantenuti in funzione durante questa verifica. La verifica può essere eseguita contemporaneamente su diversi analizzatori che condividono lo stesso sistema di campionamento. Se si usano filtri analogici o digitali durante la prova delle emissioni, tali filtri devono funzionare nello stesso modo durante questa verifica;

b) per le apparecchiature usate per convalidare il tempo di risposta del sistema si raccomanda di usare lunghezze minime dei condotti di trasferimento dei gas tra tutti i collegamenti; una fonte di aria di zero deve essere collegata all'ingresso di una valvola a tre vie (2 ingressi e 1 uscita) in modo da controllare il flusso di gas di zero e gas miscelati di span all'ingresso della sonda del sistema di campionamento o a un punto vicino all'uscita della sonda. Normalmente la portata del gas è superiore alla portata del campione alla sonda e l'eccesso deborda all'ingresso della sonda. Se la portata del gas è inferiore alla portata della sonda, le concentrazioni di gas vanno regolate in modo da tenere conto della diluizione dovuta all'aria ambiente che entra nella sonda. Possono essere usati gas di span binari o multipli. Un miscelatore del gas può essere usato per mescolare i gas di span. Un miscelatore di gas è raccomandato quando si mescolano gas di span diluiti in N2 con gas di span diluiti in aria.

Usando un divisore di gas, un gas di span $NO–CO–CO_2–C_3H_8–CH_4$ (resto N_2) deve essere mescolato in parti uguali con un gas di span NO_2 (resto aria sintetica purificata). Se del caso, i gas di span binari standard possono essere usati al posto del gas di span miscelato $NO\text{-}CO\text{-}CO_2\text{-}C_3H_8\text{-}CH_4$ (resto gas di span N_2); in questo caso vanno eseguite prove separate della risposta di ogni analizzatore. L'uscita del divisore di gas deve essere collegata all'altro ingresso della valvola a tre vie. L'uscita della valvola deve essere collegata a un traboccamento sulla sonda del sistema dell'analizzatore di gas o a un raccordo di traboccamento tra la sonda e il condotto di trasferimento a tutti gli analizzatori che vengono verificati. Vanno usate impostazioni atte a evitare le pulsazioni di pressione dovute all'arresto del flusso attraverso il miscelatore del gas. Devono essere omessi tutti i componenti del gas non rilevanti per gli analizzatori in questa verifica. In alternativa è consentito l'uso di bombole di singoli gas e una misurazione separata dei tempi di risposta;

▼B

c) i dati vanno raccolti nel modo seguente:

i) azionare la valvola per avviare il flusso di gas di azzeramento;

ii) attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione, tenendo conto dei ritardi dovuti al trasporto e alla risposta completa dell'analizzatore più lento;

iii) iniziare la registrazione alla frequenza usata durante la prova delle emissioni. Ogni valore registrato deve essere una concentrazione aggiornata unica, misurata dall'analizzatore; non è possibile usare l'interpolazione o il filtraggio per modificare i valori registrati;

iv) azionare la valvola per consentire il flusso dei gas di span miscelati verso gli analizzatori. Il tempo deve essere registrato come t_0;

v) si deve tenere conto dei ritardi dovuti al trasporto e alla risposta completa dell'analizzatore più lento;

vi) commutare il flusso per consentire al gas di azzeramento di fluire verso gli analizzatori. Il tempo deve essere registrato come t_{100};

vii) si deve tenere conto dei ritardi dovuti al trasporto e alla risposta completa dell'analizzatore più lento;

viii) ripetere le fasi di cui alla lettera c), sottopunti da iv) a vii), del presente punto fino a registrare sette cicli completi, finendo con il gas di azzeramento che fluisce verso gli analizzatori;

ix) terminare la registrazione.

8.1.5.5. Valutazione delle prestazioni

I dati di cui al punto 8.1.5.4, lettera c), devono essere usati per calcolare il tempo di salita medio per ciascuno degli analizzatori.

a) Se si sceglie di dimostrare la conformità al punto 8.1.5.3, lettera b), sottopunto i), seguire la seguente procedura: moltiplicare i tempi di salita (in secondi) per le rispettive frequenze di registrazione in Hertz (1/secondo). Il valore di ogni risultato deve corrispondere almeno a 5. Se il valore è inferiore a 5, la frequenza di registrazione deve essere aumentata, i flussi devono essere regolati oppure il progetto del sistema di campionamento deve essere modificato per aumentare il tempo di salita, a seconda della necessità. Inoltre i filtri digitali possono essere configurati in modo da aumentare il tempo di salita.

b) Se si sceglie di dimostrare la conformità al punto 8.1.5.3, lettera b), sottopunto ii), è sufficiente dimostrare la conformità ai requisiti di cui al medesimo punto.

8.1.6. Verifica del tempo di risposta per gli analizzatori di compensazione

8.1.6.1. Campo di applicazione e frequenza

Questa verifica deve essere eseguita per determinare la risposta di un analizzatore di gas in continuo, dove la risposta di un analizzatore è compensata dalla risposta di un altro analizzatore per quantificare l'emissione gassosa. Per questa verifica il vapore acqueo è considerato un costituente gassoso. La verifica è necessaria per gli

▼B

analizzatori di gas in continuo usati per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) o RMC ma non per gli analizzatori di gas per lotti o per gli analizzatori di gas in continuo usati solo per le prove con un ciclo NRSC in modalità discreta. La verifica non si applica alla correzione per l'acqua rimossa dal campione durante il post-trattamento. La verifica va eseguita dopo l'installazione iniziale (della sala di prova). Dopo manutenzioni importanti si possono applicare le disposizioni del punto 8.1.5 per verificare l'uniformità della risposta, purché ogni componente sostituito sia stata sottoposto ad una verifica dell'uniformità della risposta su base umida.

8.1.6.2. Principi di misurazione

Questa procedura verifica l'allineamento temporale e l'uniformità della risposta delle misurazioni continue dei gas miscelati. Prima di eseguirla è necessario accertarsi che tutti gli algoritmi di compensazione e le correzioni dell'umidità siano attivati.

8.1.6.3. Requisiti del sistema

I requisiti relativi al tempo di risposta generale e al tempo di salita di cui al punto 8.1.5.3, lettera a), sono validi anche per gli analizzatori di compensazione. Inoltre, se la frequenza di registrazione è diversa dalla frequenza di aggiornamento del segnale continuamente combinato/compensato, la frequenza inferiore tra le due sarà utilizzata per la verifica prescritta al punto 8.1.5.3, lettera b), sottopunto i).

8.1.6.4. Procedura

Devono essere utilizzate tutte le procedure di cui al punto 8.1.5.4, lettere da a) a c). Se si utilizza un algoritmo di compensazione basato sul vapore acqueo misurato, deve essere misurato inoltre anche il tempo di risposta e di salita di quest'ultimo. In questo caso almeno uno dei gas di taratura utilizzati (ma non il NO_2) deve essere umidificato nel modo descritto di seguito.

Se il sistema non utilizza un essiccatore del campione per rimuovere l'acqua dal gas campione, il gas di span viene umidificato facendo fluire la miscela di gas attraverso un dispositivo sigillato. Tale dispositivo umidifica il gas al massimo punto di rugiada del campione, stimato durante il campionamento delle emissioni facendolo gorgogliare attraverso acqua distillata. Se durante la prova il sistema impiega un essiccatore del campione che ha superato la verifica, la miscela di gas umidificata può essere introdotta a valle dell'essiccatore facendola gorgogliare attraverso acqua distillata in un dispositivo sigillato a una temperatura di 298 ± 10 K (25 ± 10 °C) oppure ad una temperatura superiore al punto di rugiada. In tutti i casi, a valle del dispositivo il gas umidificato è mantenuto a una temperatura di almeno 5 K (5 °C) superiore al punto di rugiada locale nella linea. Si noti che è possibile omettere qualunque componente del gas non pertinente per gli analizzatori in questa verifica. Se uno qualunque dei componenti del gas non è sensibile alla compensazione dell'acqua, la verifica della risposta per questi analizzatori può essere eseguita senza umidificazione.

▼M2

8.1.7. Misurazione dei parametri del motore e delle condizioni ambientali

Occorre applicare procedure di qualità interne basate su standard nazionali o internazionali riconosciuti. In caso contrario vanno applicate le procedure che seguono.

▼B

8.1.7.1. Taratura della coppia

8.1.7.1.1. Campo di applicazione e frequenza

Tutti i sistemi di misurazione della coppia, inclusi i sistemi e i trasduttori di misurazione della coppia del dinamometro, devono essere tarati al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti utilizzando, tra l'altro, la forza di riferimento o la lunghezza del braccio insieme al peso morto. Per ripetere la taratura è necessario affidarsi alla buona pratica ingegneristica. Per linearizzare l'output del sensore di coppia vanno seguite le istruzioni del costruttore del trasduttore di coppia. Sono permessi altri metodi di taratura.

8.1.7.1.2. Taratura a peso morto

Questa tecnica applica una forza nota caricando pesi noti a una distanza nota sul braccio di leva. Il braccio di leva dei pesi deve essere perpendicolare al punto di gravità (orizzontale) e perpendicolare all'asse di rotazione del dinamometro. Almeno sei combinazioni di pesi di taratura vanno applicate per ogni intervallo di misurazione della coppia applicabile, distanziando le quantità di peso in modo più o meno uguale in tutto l'intervallo. Il dinamometro deve essere oscillato o ruotato durante la taratura in modo da ridurre l'isteresi statica di frizione. Ogni forza del peso deve essere determinata moltiplicando la sua massa tracciabile a livello internazionale per l'accelerazione locale della gravità della terra.

8.1.7.1.3. Estensimetro o taratura dell'anello dinamometrico

Questa tecnica applica la forza caricando pesi su un braccio di leva (questi pesi e la lunghezza del braccio non sono usati come parte della determinazione della coppia di riferimento) o facendo funzionare il dinamometro a coppie diverse. Almeno sei combinazioni di forza vanno applicate per ogni intervallo di misurazione della coppia applicabile, distanziando le quantità di forza in modo più o meno uguale su tutto l'intervallo. Il dinamometro deve essere oscillato o ruotato durante la taratura in modo da ridurre l'isteresi statica di frizione. In questo caso la coppia di riferimento è determinata moltiplicando l'output della forza dal metro di riferimento (ad esempio un estensimetro o un anello dinamometrico) per l'effettiva lunghezza del braccio di leva, che è misurata dal punto in cui viene misurata la forza all'asse di rotazione del dinamometro. Tale lunghezza deve essere misurata in posizione perpendicolare all'asse di misurazione del metro di riferimento e perpendicolare all'asse di rotazione del dinamometro.

8.1.7.2. Taratura della pressione, della temperatura e del punto di rugiada

Gli strumenti devono essere tarati per misurare la pressione, la temperatura e il punto di rugiada al momento dell'installazione iniziale. Per ripetere la taratura è necessario seguire le istruzioni del costruttore dello strumento e affidarsi alla buona pratica ingegneristica.

Per i sistemi di misurazione della temperatura dotati di termocoppia, RTD o sensori del termistore la taratura del sistema va eseguita conformemente al punto 8.1.4.4 relativo alla verifica della linearità.

8.1.8. Misurazioni relative al flusso

8.1.8.1. Taratura del flusso di carburante

I flussimetri del carburante devono essere tarati al momento dell'installazione iniziale. Per ripetere la taratura è necessario seguire le istruzioni del costruttore dello strumento e affidarsi alla buona pratica ingegneristica.

▼B

8.1.8.2. Taratura del flusso dell'aria di aspirazione

I flussimetri dell'aria di aspirazione devono essere tarati al momento dell'installazione iniziale. Per ripetere la taratura è necessario seguire le istruzioni del costruttore dello strumento e affidarsi alla buona pratica ingegneristica.

8.1.8.3. Taratura del flusso dei gas di scarico

I flussimetri dei gas di scarico devono essere tarati al momento dell'installazione iniziale. Per ripetere la taratura è necessario seguire le istruzioni del costruttore dello strumento e affidarsi alla buona pratica ingegneristica.

8.1.8.4. Taratura dei gas di scarico diluiti (CVS)

8.1.8.4.1. Riepilogo

a) Il presente punto descrive come tarare i flussimetri per i sistemi di campionamento a volume costante dei gas di scarico diluito (CVS).

b) La taratura deve essere eseguita quando il flussimetro è installato nella sua posizione permanente e va ripetuta dopo ogni modifica della configurazione del flusso a monte o a valle del flussimetro che potrebbe influire sulla taratura del medesimo. La taratura va eseguita al momento dell'installazione iniziale del dispositivo CVS e ogniqualvolta le misure correttive non risolvano un errore di verifica del flusso dei gas di scarico diluiti (p. es. controllo del propano) di cui al punto 8.1.8.5.

c) Il flussimetro del dispositivo CVS deve essere tarato usando un flussimetro di riferimento quale un flussimetro subsonico di Venturi, un boccaglio a lungo raggio, un orifizio di avvicinamento, un flussimetro laminare, un insieme di tubi di Venturi a flusso critico o un flussimetro ultrasonico. Deve essere utilizzato un flussimetro di riferimento che indichi le quantità tracciabili a livello internazionale con un'incertezza di ± 1 %. Tale risposta del flussimetro di riferimento al flusso deve essere usata come valore di riferimento per la taratura del flussimetro del dispositivo CVS.

d) Uno schermo a monte o altra limitazione della pressione che potrebbero influire sul flusso a monte del flussimetro di riferimento possono essere usati a condizione che il flussimetro sia stato tarato con tali limitazioni di pressione.

e) La sequenza di taratura descritta al punto 8.1.8.4 si riferisce all'approccio basato sulla mole. Per la sequenza corrispondente usata nell'approccio basato sulla massa cfr. l'allegato VII, punto 2.5.

f) ►**M2** È possibile rimuovere in alternativa il tubo di Venturi a flusso critico (CFV) o il tubo di Venturi subsonico (SSV) dalla posizione permanente per la taratura, purché siano rispettati i seguenti requisiti quando i suddetti tubi sono installati nel dispositivo CVS: ◄

1) Al momento dell'installazione del CFV o del SSV nel dispositivo CVS, è necessario affidarsi alla buona pratica ingegneristica per verificare che non siano state generate fughe tra l'ingresso del dispositivo CVS e il tubo di Venturi.

▼B

2) In seguito alla taratura ex situ del tubo di Venturi devono essere sottoposti a verifica tutte le combinazioni di tubi di Venturi quando si tratta di un CFV, o almeno 10 punti di flusso quando si tratta di un SSV, mediante il controllo del propano come descritto al punto 8.1.8.5. Il risultato del controllo del propano per ciascun punto di flusso del tubo di Venturi non può eccedere la tolleranza di cui al punto 8.1.8.5.6.

3) Al fine di verificare la taratura ex situ di un dispositivo CVS avente più di un CFV, deve essere eseguito il seguente controllo:

i) utilizzare un dispositivo a flusso costante per erogare un flusso costante di propano al tunnel di diluizione;

ii) misurare la concentrazione di idrocarburi su almeno 10 diverse portate di flusso per un flussimetro SSV oppure su tutte le possibili combinazioni di flusso per un flussimetro CFV, mantenendo sempre costante il flusso di propano;

iii) misurare la concentrazione di fondo degli idrocarburi nell'aria di diluizione all'inizio e al termine della prova. Il valore medio della concentrazione di fondo di ciascuna misurazione per ciascun punto di flusso deve essere sottratto prima di effettuare l'analisi di regressione di cui al sottopunto (iv);

iv) eseguire una regressione di potenza utilizzando tutti i valori accoppiati di portata e concentrazione corretta per ottenere un rapporto sotto forma di $y = a \times x^b$, dove la concentrazione è la variabile indipendente e la portata è la variabile dipendente. Per ciascun punto di dati sono necessari il calcolo della differenza tra la portata misurata e i valori rappresentati dalla curva. Per ogni punto la differenza deve essere inferiore a ± 1 % del valore di regressione appropriato. Il valore di b deve essere compreso tra — 1,005 e — 0,995. Se i risultati non rispettano tali limiti devono essere adottate le misure correttive in linea con il punto 8.1.8.5.1, lettera a).

8.1.8.4.2. Taratura della PDP

La pompa volumetrica (PDP) deve essere tarata in modo da determinare un'equazione di flusso-velocità della PDP che tenga conto delle perdite del flusso attraverso le superfici di sigillatura nella PDP come funzione della pressione d'ingresso nella PDP. Vanno determinati coefficienti unici per ogni regime di funzionamento della PDP. Il flussimetro della PDP deve essere tarato nel modo seguente:

a) collegare il sistema conformemente alla figura 6.5.;

b) le perdite tra il flussimetro di taratura e la PDP devono essere inferiori allo 0,3 % del flusso totale al punto di flusso più basso tarato; ad esempio, alla massima limitazione della pressione e al regime minimo della PDP;

c) durante il funzionamento della PDP, mantenere una temperatura costante all'ingresso della PDP pari a ± 2 % della media assoluta della temperatura all'ingresso T_{in};

d) regolare il regime della PDP al primo punto di regime che sarà usato per la taratura;

e) aprire al massimo il limitatore;

▼B

f) far funzionare la PDP per almeno 3 minuti per stabilizzare il sistema. Continuando a far funzionare la PDP, registrare i valori medi di almeno 30 secondi dei dati campionati di ognuna delle seguenti quantità:

i) la portata media del flussimetro di riferimento, $\overline{q}_{V\mathrm{ref}}$;

ii) la temperatura media all'ingresso della PDP, $T_{\mathrm{in};}$;

iii) la pressione statica assoluta media all'ingresso della PDP, $p_{\mathrm{in};}$;

iv) la pressione statica assoluta media all'uscita della PDP, $p_{\mathrm{out};}$;

v) il regime medio della PDP, n_{PDP};

g) chiudere gradualmente il limitatore per ridurre la pressione assoluta all'ingresso della PDP, p_{in};

h) ripetere le fasi di cui al punto 8.1.8.4.2, lettere f) e g), per registrare i dati di almeno sei posizioni del limitatore. Tali posizioni devono riflettere l'intervallo completo delle possibili pressioni in uso all'ingresso della PDP;

i) tarare la PDP usando i dati raccolti e le equazioni di cui all'allegato VII;

j) ripetere le fasi dalla lettera f) alla lettera i) del presente punto per ogni regime di funzionamento della PDP;

k) utilizzare le equazioni di cui all'allegato VII, parte 3 (approccio basato sulla mole) o parte 2 (approccio basato sulla massa), per determinare l'equazione di flusso della PDP per le prove delle emissioni;

l) verificare la taratura eseguendo una verifica CVS (p. es. controllo del propano) conformemente al punto 8.1.8.5;

m) la PDP non può essere usata al di sotto della pressione d'ingresso più bassa verificata durante la taratura.

8.1.8.4.3. Taratura del CFV

Il tubo di Venturi a flusso critico (CFV) deve essere tarato per verificare il coefficiente di efflusso C_{d} alla pressione differenziale statica più bassa prevista tra l'ingresso e l'uscita del CFV. Il flussimetro del CFV deve essere tarato nel modo seguente:

a) collegare il sistema conformemente alla figura 6.5;

b) avviare il compressore a valle del CFV;

c) durante il funzionamento del CFV, mantenere una temperatura costante all'ingresso del CFV pari a ± 2 % della media assoluta della temperatura all'ingresso, T_{in};

d) le perdite tra il flussimetro di taratura e il CFV devono essere inferiori allo 0,3 % del flusso totale alla massima limitazione della pressione;

e) aprire al massimo il limitatore; invece di utilizzare un limitatore, è possibile variare la pressione a valle del CFV variando la velocità del compressore o introducendo una perdita controllata; si noti che alcuni compressori hanno limitazioni per le condizioni senza carico;

▼B

f) far funzionare il CFV per almeno 3 minuti per stabilizzare il sistema. Continuando a far funzionare il CFV, registrare i valori medi di almeno 30 secondi dei dati campionati di ognuna delle seguenti quantità:

i) la portata media del flussimetro di riferimento, $\overline{q}_{V\mathrm{ref}}$;

ii) in alternativa, il punto di rugiada medio dell'aria di taratura, T_{dew}. Cfr. l'allegato VII per le ipotesi permesse durante le misurazioni delle emissioni;

iii) la temperatura media all'ingresso del tubo di Venturi, T_{in};

iv) la pressione statica assoluta media all'ingresso del tubo di Venturi, $p_{\mathrm{in;}}$;

v) la pressione differenziale statica media tra l'ingresso e l'uscita del CFV, Δp_{CFV};

g) chiudere gradualmente il limitatore per ridurre la pressione assoluta all'ingresso del CFV, p_{in};

h) ripetere le fasi di cui alle lettere f) e g) del presente punto per registrare i dati medi in un minimo di dieci posizioni del limitatore in modo da sottoporre a prova l'intervallo pratico completo di Δp_{CFV} previsto durante le prove; non è necessario rimuovere i componenti di taratura o il dispositivo CVS per effettuare la taratura al minimo livello possibile di limitazione della pressione;

i) determinare C_{d} e il rapporto di pressione più alto consentito r conformemente alle disposizioni di cui all'allegato VII;

j) utilizzare C_{d} per determinare il flusso del CFV durante una prova delle emissioni. Il CFV non deve essere usato al di sopra del r più alto consentito, conformemente alle disposizioni di cui all'allegato VII;

k) verificare la taratura eseguendo una verifica CVS (p. es. controllo del propano) conformemente al punto 8.1.8.5;

l) se il dispositivo CVS è configurato per funzionare in parallelo su più di un CFV per volta, il dispositivo CVS deve essere tarato con uno dei seguenti:

i) ogni combinazione di CFV deve essere tarata secondo questo punto e le disposizioni di cui all'allegato VII; cfr. l'allegato VII per le istruzioni su come calcolare le portate per quest'opzione;

ii) ogni CFV deve essere tarato secondo le disposizioni di questo punto e dell'allegato VII. Cfr. l'allegato VII per le istruzioni su come calcolare le portate per quest'opzione.

8.1.8.4.4. Taratura del SSV

Un tubo di Venturi subsonico (SSV) è tarato per determinare il coefficiente di taratura, C_{d}, per l'intervallo previsto di pressioni all'ingresso. Il flussimetro del SSV deve essere tarato nel modo seguente:

a) collegare il sistema conformemente alla figura 6.5.;

▼B

b) avviare il compressore a valle del SSV;

c) le perdite tra il flussimetro di taratura e il SSV devono essere inferiori allo 0,3 % del flusso totale alla massima limitazione della pressione;

d) durante il funzionamento del SSV, mantenere una temperatura costante all'ingresso del SSV pari a ± 2 % della media assoluta della temperatura all'ingresso T_{in};

e) regolare il limitatore o il compressore a velocità variabile a una portata superiore alla portata maggiore prevista durante le prove. Le portate non possono essere estrapolate oltre i valori tarati, quindi si raccomanda di accertarsi che un numero Reynolds, *Re*, alla gola del SSV, alla portata tarata massima, sia superiore al massimo *Re* previsto durante le prove;

f) far funzionare il SSV per almeno 3 min per stabilizzare il sistema. Continuando a far funzionare il SSV, registrare i valori medi di almeno 30 secondi dei dati campionati di ognuna delle seguenti quantità:

   i) la portata media del flussimetro di riferimento, $\overline{q}_{V\mathrm{ref}}$;

   ii) in alternativa, il punto di rugiada medio dell'aria di taratura, T_{dew}. Cfr. l'allegato VII per le ipotesi consentite;

   iii) la temperatura media all'ingresso del tubo di Venturi, T_{in};

   iv) la pressione statica assoluta media all'ingresso del tubo di Venturi, $p_{in;}$;

   v) la pressione differenziale statica tra la pressione statica all'ingresso del tubo di Venturi e la pressione statica alla gola del tubo di Venturi, Δp_{SSV};

g) chiudere gradualmente il limitatore o diminuire la velocità del compressore per ridurre la portata;

h) ripetere le fasi di cui alle lettere da f) a i) del presente punto per registrare i dati per almeno dieci portate;

i) determinare una forma funzionale di C_d rispetto a *Re* usando i dati raccolti e le equazioni di cui all'allegato VII;

j) verificare la taratura eseguendo una verifica CVS (p. es. controllo del propano) conformemente al punto 8.1.8.5, usando la nuova equazione di C_d rispetto a *Re*;

k) il SSV va usato solo tra le portate tarate minima e massima;

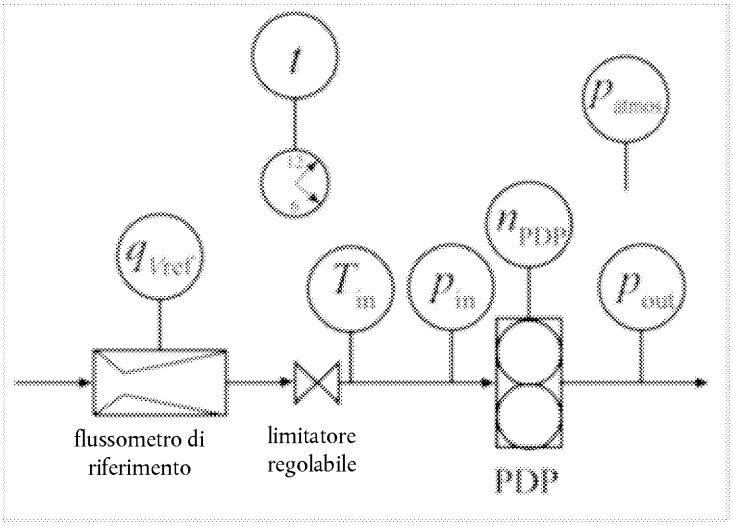
l) utilizzare le equazioni di cui all'allegato VII, parte 3, (approccio basato sulla mole) o parte 2 (approccio basato sulla massa), per determinare il flusso del SSV nel corso della prova;

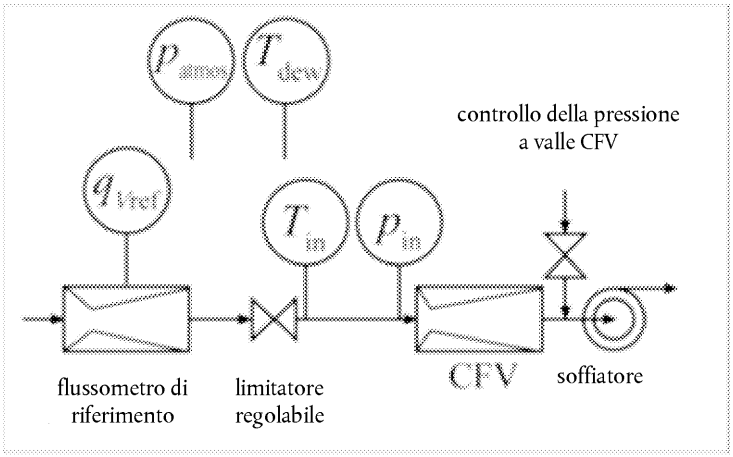
▼B

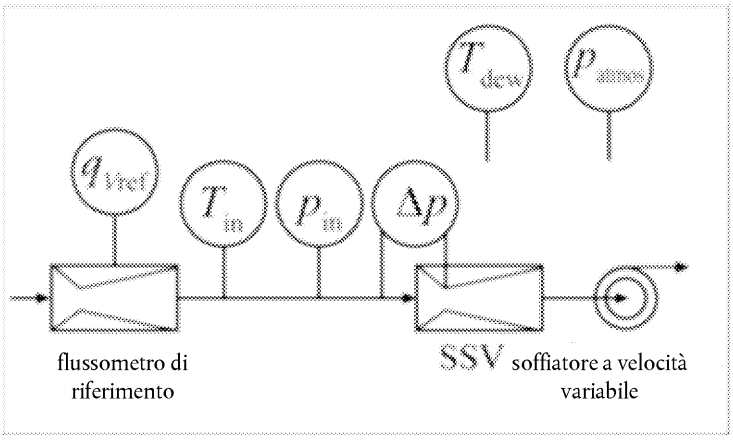
8.1.8.4.5. Taratura ultrasonica (riservato).

Figura 6.5

Diagrammi schematici per la taratura CVS dei gas di scarico diluiti







▼B

8.1.8.5. Verifica CVS e del sistema di campionamento per lotti (controllo del propano)

8.1.8.5.1. Introduzione

a) Il controllo del propano serve come verifica CVS per determinare se vi sia una discrepanza tra i valori misurati del flusso dei gas di scarico diluiti. Esso serve anche come verifica del campionatore per lotti per determinare se vi sia una discrepanza nel sistema di campionamento per lotti che estrae un campione da un dispositivo CVS, come descritto alla lettera f) del presente punto. In base alla buona pratica ingegneristica e alle prassi di sicurezza, questo controllo può essere eseguito usando un gas diverso dal propano, come CO_2 o CO. Un controllo del propano non riuscito potrebbe essere indice di uno o più problemi che potrebbero richiedere misure correttive, come i seguenti:

   i) taratura errata dell'analizzatore. L'analizzatore FID deve essere nuovamente tarato, riparato o sostituito;

   ii) deve essere effettuato un controllo delle perdite sul tunnel del CVS, sui collegamenti, sui fissaggi e sul sistema di campionamento degli HC in conformità al punto 8.1.8.7;

   iii) la verifica della cattiva miscelazione deve essere eseguita conformemente al punto 9.2.2;

▼M2

   iv) deve essere eseguita la verifica della contaminazione da idrocarburi nel sistema di campionamento conformemente al punto 7.3.1.3;

▼B

   v) modifica della taratura del dispositivo CVS. Deve essere eseguita una taratura in loco del flussimetro del CVS conformemente al punto 8.1.8.4;

   vi) altri problemi con il dispositivo CVS o con l'hardware o software di verifica del campionamento. Il sistema del CVS, l'hardware e il software di verifica del CVS devono essere ispezionati per individuare eventuali discrepanze;

b) il controllo del propano impiega una massa di riferimento o una portata di riferimento di C_3H_8 come gas tracciante nel dispositivo CVS. Se si usa una portata di riferimento, è necessario tenere conto di eventuali comportamenti non ideali del gas C_3H_8 nel flussimetro di riferimento. Cfr. l'allegato VII, parte 2 (approccio basato sulla massa) o parte 3 (approccio basato sulla mole), per una descrizione di come tarare e usare determinati flussimetri. Non si possono usare ipotesi di gas ideale al punto 8.1.8.5 o all'allegato VII. Il controllo del propano mette a confronto la massa calcolata del C_3H_8, iniettato usando le misurazioni degli HC e le misurazioni della portata del CVS, con il valore di riferimento.

8.1.8.5.2. Metodo di introduzione di una quantità nota di propano nel sistema del CVS

L'esattezza dell'intero sistema di campionamento e di analisi del CVS deve essere determinata introducendo nel sistema, funzionante in condizioni normali, una massa nota di un gas inquinante. L'inquinante va analizzato e la massa va calcolata conformemente all'allegato VII. Deve essere utilizzata una delle due tecniche indicate di seguito:

a) misurazione mediante tecnica gravimetrica, che si esegue nel modo seguente: determinare, con un'accuratezza pari a ± 0,01 g, il peso di una piccola bombola riempita di monossido di carbonio o propano. Far funzionare per circa 5-10 minuti il sistema del CVS come nella normale prova delle emissioni di gas di scarico iniettando monossido di carbonio o propano nel sistema. Determinare quindi la quantità di gas puro introdotto nel sistema mediante pesata differenziale. Analizzare un campione di gas con l'apparecchiatura consueta (metodo con sacchetto di campionamento o integrazione) e calcolare la massa del gas;

▼B

b) misurazione gravimetrica con un orifizio di flusso critico, che si esegue nel modo seguente: introdurre nel sistema CVS una quantità nota di gas puro (monossido di carbonio o propano) attraverso un orifizio tarato critico. Se la pressione d'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). Far funzionare per circa 5-10 minuti il sistema del CVS come nella normale prova delle emissioni di gas di scarico. Analizzare un campione di gas con l'apparecchiatura consueta (metodo con sacchetto di campionamento o integrazione) e calcolare la massa del gas.

8.1.8.5.3. Preparazione del controllo del propano

Il controllo del propano deve essere preparato come segue:

a) se si usa la massa di riferimento di C_3H_8 invece della portata di riferimento, si deve ottenere un cilindro carico di C_3H_8. Determinare la massa del cilindro di riferimento di C_3H_8 entro ± 0,5 % della quantità di C_3H_8 che si prevede di usare;

b) selezionare portate appropriate per il CVS e il C_3H_8;

c) selezionare un punto d'iniezione di C_3H_8 nel CVS. L'ubicazione del punto d'iniezione deve essere il più vicino possibile al punto in cui il sistema dei gas di scarico del motore si immette nel CVS. Collegare il cilindro carico di C_3H_8 al sistema d'iniezione;

d) mettere in funzione e stabilizzare il CVS;

e) gli eventuali scambiatori di calore nel sistema di campionamento vanno preriscaldati o preraffreddati;

f) consentire ai componenti riscaldati o raffreddati quali linee, filtri, refrigeranti e pompe di stabilizzarsi alle rispettive temperature di funzionamento;

g) se del caso, effettuare una verifica dell'integrità dal lato in depressione sul sistema di campionamento degli HC conformemente al punto 8.1.8.7.

8.1.8.5.4. Preparazione del sistema di campionamento degli HC per il controllo del propano

►M2 La verifica dell'integrità dal lato in depressione del sistema di campionamento degli HC può essere eseguita conformemente alla lettera g). Se si applica questa procedura, si può usare la procedura di contaminazione degli HC di cui al punto 7.3.1.3. ◄ Se la verifica dell'integrità dal lato in depressione non è eseguita secondo la lettera g), il sistema di campionamento degli HC deve sottoposto a taratura dello zero e dello span e verificato per la contaminazione nel modo seguente:

a) selezionare il più basso intervallo dell'analizzatore degli HC in grado di misurare la concentrazione di C_3H_8 prevista per le portate di CVS e C_3H_8;

b) tarare lo zero dell'analizzatore degli HC usando l'aria di azzeramento introdotta nel raccordo di entrata dell'analizzatore;

c) tarare lo span dell'analizzatore degli HC usando il gas di span C_3H_8 introdotto nel raccordo di entrata dell'analizzatore;

d) far traboccare l'aria di zero alla sonda degli HC o in un raccordo tra la sonda dell'HC e il condotto di trasferimento;

e) misurare la concentrazione stabile di HC del sistema di campionamento degli HC mentre trabocca l'aria di zero in eccesso. Per la misurazione di HC per lotti, riempire il contenitore del lotto (ad es. un sacchetto) e misurare la concentrazione del flusso di traboccamento degli HC;

▼B

f) se la concentrazione del flusso di traboccamento degli HC supera 2 µmol/mol, non è possibile continuare la procedura finché non è stata eliminata la contaminazione. Determinare la fonte della contaminazione e adottare misure correttive, quali la pulizia del sistema o la sostituzione delle parti contaminate;

g) se la concentrazione del flusso di traboccamento degli HC non supera 2 µmol/mol, registrare questo valore come x_{HCinit} e utilizzarlo per correggere la contaminazione degli HC conformemente all'allegato VII, parte 2 (approccio basato sulla mole) o parte 3 (approccio basato sulla massa).

8.1.8.5.5. Esecuzione del controllo del propano

a) Il controllo del propano deve essere eseguito come segue:

i) per il campionamento di HC per lotti, collegare dispositivi di stoccaggio puliti, quali sacchetti svuotati;

ii) avviare tutti gli strumenti di misurazione degli HC secondo le istruzioni del costruttore;

iii) se è prevista la correzione delle concentrazioni di fondo di HC nell'aria di diluizione, misurare e registrare gli HC di fondo nell'aria di diluizione;

iv) azzerare eventuali dispositivi di integrazione.

v) avviare il campionamento e gli eventuali integratori di flusso;

vi) rilasciare il C_3H_8 alla portata selezionata. Se si usa la portata di riferimento di C_3H_8. avviare l'integrazione di questa portata;

vii) continuare a rilasciare il C_3H_8 fino a rilasciare una quantità almeno sufficiente a garantire una quantificazione precisa del C_3H_8 di riferimento e del C_3H_8 misurato;

viii) chiudere il cilindro carico di C_3H_8 e continuare il campionamento fino a tenere conto di ritardi temporali dovuti al trasporto del campione e alla risposta dell'analizzatore;

ix) concludere il campionamento e disinnescare gli eventuali integratori;

b) in caso di misurazione con un orifizio a flusso critico è possibile applicare la seguente procedura per il controllo del propano in alternativa al metodo di cui al punto 8.1.8.5.5, lettera a);

i) per il campionamento di HC per lotti, collegare dispositivi di stoccaggio puliti, quali sacchetti svuotati;

ii) avviare tutti gli strumenti di misurazione degli HC secondo le istruzioni del costruttore;

iii) se è prevista la correzione delle concentrazioni di fondo di HC nell'aria di diluizione, misurare e registrare gli HC di fondo nell'aria di diluizione;

iv) azzerare eventuali dispositivi di integrazione.

v) rilasciare il contenuto del cilindro di riferimento di C_3H_8 alla velocità selezionata;

▼B

vi) avviare il campionamento e gli eventuali integratori di flusso dopo aver confermato che la concentrazione di HC è stabile;

vii) continuare a rilasciare il contenuto del cilindro fino a rilasciare una quantità almeno sufficiente a garantire una quantificazione precisa del C_3H_8 di riferimento e del C_3H_8 misurato;

viii) disinnescare gli integratori;

ix) chiudere il cilindro di riferimento C_3H_8.

8.1.8.5.6. Valutazione del controllo del propano

La procedura successiva alla prova deve essere eseguita come segue:

a) se è stato usato il campionamento per lotti, analizzare i campioni per lotti sono quanto prima;

b) dopo l'analisi di HC, effettuare le correzioni per la contaminazione e il fondo;

c) calcolare la massa totale di C_3H_8 in base ai dati del CVS e degli HC conformemente alle disposizioni dell'allegato VII, usando la massa molare di C_3H_8, M_{C3H8}, invece della massa molare effettiva di HC, M_{HC};

d) se si usa una massa di riferimento (tecnica gravimetrica), determinare la massa del propano del cilindro con un'accuratezza di ± 0,5 % e la massa di riferimento di C_3H_8 sottraendo la massa di propano del cilindro vuoto dalla massa di propano del cilindro pieno. Se si usa un orifizio a flusso critico (misurazione con un orifizio a flusso critico), determinare la massa di propano moltiplicando la portata per il tempo della prova;

e) sottrarre la massa di riferimento di C_3H_8 dalla massa calcolata. Se la differenza corrisponde a ± 3,0 % della massa di riferimento, il CVS supera questa verifica.

8.1.8.5.7. Verifica del sistema di diluizione secondaria del PM

Se il controllo del propano deve essere ripetuto per verificare il sistema di diluizione secondaria, si applicata la seguente procedura dalla lettera a) alla lettera d):

a) configurare il sistema di campionamento degli HC per estrarre un campione vicino ai dispositivi di stoccaggio del campionatore per lotti (ad es. un filtro antiparticolato). Se la pressione assoluta in questo punto è troppo bassa per estrarre un campione di HC, è possibile campionare gli HC dallo scarico della pompa del campionatore per lotti. Occorre cautela per il campionamento dallo scarico della pompa perché una perdita a valle del flussimetro di un campionatore per lotti, che in circostanze normali sarebbe accettabile, potrebbe causare un falso errore nel controllo del propano;

b) ripetere il controllo del propano come descritto in questo punto, campionando gli HC dal campionatore per lotti;

c) calcolare la massa di C_3H_8 tenendo conto di un'eventuale diluizione secondaria dal campionatore per lotti;

d) sottrarre la massa di riferimento di C_3H_8 dalla massa calcolata. Se la differenza corrisponde a ± 5 % della massa di riferimento, il campionatore per lotti supera questa verifica. In caso contrario devono essere adottate misure correttive.

▼M2

_____

▼B

8.1.8.6. Taratura periodica del flusso parziale di PM e dei sistemi di misurazione associati dei gas di scarico grezzi

8.1.8.6.1. Specifiche per la misurazione differenziale del flusso

Affinché i sistemi di diluizione a flusso parziale estraggano un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi è particolarmente importante l'accuratezza del flusso del campione q_{mp}, se la misurazione non è effettuata direttamente ma mediante misurazione differenziale del flusso illustrato nell'equazione 6-20:

$$q_{\mathrm{mp}} = q_{\mathrm{mdew}} — q_{\mathrm{mdw}} \quad (6\text{-}20)$$

dove:

q_{mp} è la portata massica dei gas di scarico campione in ingresso nel sistema di diluizione a flusso parziale

q_{mdw} è la portata massica dell'aria di diluizione (su umido)

q_{mdew} è la portata massica dei gas di scarico diluito equivalente su umido

In questo caso l'errore massimo della differenza deve essere tale che l'accuratezza di q_{mp} corrisponda a ± 5 % quando il rapporto di diluizione è inferiore a 15. Questo valore può essere calcolato dalla radice quadrata degli errori medi di ciascuno strumento.

È possibile ottenere un valore accettabile di accuratezza per q_{mp} mediante uno dei seguenti metodi:

a) l'accuratezza assoluta di q_{mdew} e q_{mdw} corrisponde a ± 0,2 %, il che garantisce un'accuratezza di q_{mp} pari a ≤ 5 % con un rapporto di diluizione è inferiore a 15. Nel caso di rapporti di diluizione più elevati, tuttavia, gli errori saranno maggiori;

b) la taratura di q_{mdw} rispetto a q_{mdew} è effettuata in modo da ottenere per q_{mp} la stessa accuratezza di cui alla lettera a). Per maggiori dettagli cfr. il paragrafo 8.1.8.6.2;

c) l'accuratezza di q_{mp} è determinata indirettamente dall'accuratezza del rapporto di diluizione determinato utilizzando un gas tracciante, ad esempio CO_2. Per q_{mp} è richiesta un'accuratezza equivalente a quella indicata alla lettera a);

d) L'accuratezza assoluta di q_{mdew} e q_{mdw} corrisponde a ± 2 % del fondo scala, l'errore massimo di calcolo della differenza tra q_{mdew} e q_{mdw} non supera 0,2 % e l'errore di linearità non supera ± 0,2 % del valore più alto di q_{mdew} osservato durante la prova.

8.1.8.6.2. Taratura della misurazione differenziale del flusso

Il sistema di diluizione a flusso parziale per prelevare un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi deve essere tarato periodicamente con un flussimetro preciso tracciabile secondo gli standard internazionali e/o nazionali. La taratura del flussimetro o della strumentazione per la misurazione del flusso deve essere effettuata mediante una delle procedure indicate di seguito, in modo che il flusso della sonda q_{mp} nel tunnel soddisfi i requisiti di accuratezza previsti dal punto 8.1.8.6.1.

a) Collegare in serie il flussimetro per q_{mdw} al flussimetro per q_{mdew} e tarare la differenza tra i due flussimetri per almeno cinque valori preimpostati (set point) 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

b) Collegare in serie un dispositivo tarato al flussimetro per q_{mdew} e controllare l'accuratezza per il valore utilizzato nella prova. Collegare quindi in serie il dispositivo tarato al flussimetro per q_{mdw} e controllare l'accuratezza per almeno cinque regolazioni corrispondenti a rapporti di diluizione tra 3 e 15 rispetto al valore di q_{mdew} utilizzato nel corso della prova.

c) Scollegare il condotto di trasferimento TL (cfr. figura 6.7) dal sistema di scarico e collegarlo a un dispositivo tarato per la misurazione del flusso con un campo adeguato per misurare q_{mp}. Regolare il valore di q_{mdew} sul valore utilizzato nel corso della prova e quello di q_{mdw} sequenzialmente su almeno cinque valori corrispondenti a rapporti di diluizione tra 3 e 15. In alternativa è possibile disporre un percorso speciale del flusso di taratura che bypassa il tunnel, ma nel quale l'aria totale e l'aria di diluizione passano attraverso i corrispondenti flussimetri come nella prova vera e propria.

d) Immettere un gas tracciante nel condotto di trasferimento dei gas di scarico TL. Tale gas tracciante può essere un componente dei gas di scarico, come CO_2 o NO_x. Dopo la diluizione nel tunnel, misurare il gas tracciante. Ripetere questa operazione per cinque rapporti di diluizione tra 3 e 15. Determinare l'accuratezza del flusso del campione a partire dal rapporto di diluizione r_d con l'equazione 6-21:

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_d \quad (6\text{-}21)$$

Per garantire l'accuratezza di q_{mp} occorre tener conto dell'accuratezza degli analizzatori di gas.

8.1.8.6.3. Requisiti specifici per la misurazione differenziale del flusso

Si raccomanda vivamente di effettuare un controllo del flusso di carbonio utilizzando i gas di scarico reali per individuare eventuali problemi di misurazione 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 si verificano cambiamenti significativi nella configurazione della camera di prova.

Il motore deve funzionare al regime e al carico di coppia massima o qualsiasi altra modalità stazionaria che produca almeno il 5 % di CO_2. Il sistema di campionamento a flusso parziale va utilizzato con un fattore di diluizione di 15 a 1.

Quando si effettua il controllo del flusso di carbonio è necessario applicare la procedura di cui all'allegato VII, appendice 2. Le portate del carbonio devono essere calcolate utilizzando le equazioni di cui all'allegato VII, appendice 2. Le portate del carbonio devono coincidere tra loro con una differenza massima pari al 5 %.

8.1.8.6.3.1. Verifica preliminare

Al massimo due ore prima della prova deve essere eseguita la verifica preliminare descritta di seguito.

L'accuratezza dei flussimetri deve essere controllata con lo stesso metodo usato per la taratura (cfr. punto 8.1.8.6.2) per almeno due punti, inclusi i valori del 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 alla procedura di taratura di cui al punto 8.1.8.6.2 dimostra che la taratura del flussimetro è stabile per un periodo di tempo più lungo, la verifica preliminare può essere omessa.

▼B

8.1.8.6.3.2. Determinazione del tempo di trasformazione

Le regolazioni del sistema per la valutazione del tempo di trasformazione devono essere identiche a quelle usate per la misurazione nel corso della prova. Il tempo di trasformazione, come definito all'appendice 5, paragrafo 2.4, del presente allegato e come illustrato nella figura 6.11, si determina con il seguente metodo:

collegare in serie a una sonda nelle immediate vicinanze un flussimetro di riferimento indipendente, con un intervallo di misurazione adeguato alla portata della sonda. Il flussimetro deve avere un tempo di trasformazione inferiore a 100 ms per le dimensioni del gradino di flusso utilizzate ai fini della misurazione del tempo di risposta. La limitazione della pressione del flusso deve essere sufficientemente bassa da non avere ripercussioni sulle prestazioni dinamiche del sistema di diluizione a flusso parziale secondo la buona pratica ingegneristica. Introdurre una variazione a gradino all'immissione del flusso dei gas di scarico (o del flusso dell'aria, se si sta calcolando la portata dei gas di scarico) del sistema di diluizione a flusso parziale, partendo da una portata bassa per arrivare almeno al 90 % del fondo scala. Il segnale di innesto della variazione a gradino deve essere lo stesso utilizzato per avviare il controllo look-ahead nella prova vera e propria. Registrare il segnale di aumento del flusso dei gas di scarico e la risposta del flussimetro 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'innesco dell'impulso a gradino fino al raggiungimento del punto corrispondente al 50 % della risposta del flussimetro. In modo analogo si determinano i tempi di trasformazione del segnale q_{mp} (flusso campione dei gas di scarico nel sistema di diluizione a flusso parziale) e del segnale $q_{mew,i}$ (la portata massica dei gas di scarico su umido fornita dal flussimetro dello scarico). Questi segnali sono utilizzati nelle verifiche di regressione eseguite alla fine di ogni prova (cfr. punto 8.2.1.2).

Ripetere il calcolo per almeno cinque segnali di salita e di discesa e fare la media dei risultati ottenuti. Sottrarre al valore ottenuto il tempo di trasformazione interno (< 100 ms) del flussimetro di riferimento. Se è richiesto un controllo predittivo («look-ahead»), il valore predittivo del sistema di diluizione a flusso parziale, deve essere utilizzato secondo quanto indicato al punto 8.2.1.2.

8.1.8.7. Verifica dell'integrità dal lato in depressione

8.1.8.7.1. Campo di applicazione e frequenza

Al momento dell'installazione iniziale del sistema di campionamento, dopo manutenzioni importanti come la sostituzione dei prefiltri ed entro le 8 ore precedenti ogni sequenza di un ciclo di lavoro si deve verificare che non vi siano perdite importanti dal lato in depressione con una delle prove descritte in questo punto. La verifica non si applica alla parte di flusso pieno di un sistema di diluizione del CVS.

8.1.8.7.2. Principi di misurazione

Una perdita può essere individuata misurando una piccola quantità di flusso quando ci dovrebbe essere un flusso zero, individuando la diluizione di una concentrazione nota di gas di span quando fluisce attraverso il lato in depressione di un sistema di campionamento oppure misurando l'aumento di pressione di un sistema evacuato.

8.1.8.7.3. Verifica della tenuta a flusso ridotto

Per escludere le perdite a flusso ridotto il sistema di campionamento deve essere verificato nel modo seguente:

▼B

a) sigillare l'estremità del sistema dove si trova la sonda in uno dei modi seguenti:

i) coprire o chiudere la punta della sonda di campionamento;

ii) scollegare il condotto di trasferimento alla sonda e coprire o chiudere tale area;

iii) chiudere la valvola a tenuta stagna in linea tra la sonda e il condotto di trasferimento;

b) mettere in funzione tutte le pompe del vuoto. Dopo la stabilizzazione, verificare che il flusso attraverso il lato in depressione del sistema di campionamento sia inferiore allo 0,5 % della portata normale del sistema in uso. I flussi tipici dell'analizzatore e del bypass possono essere stimati come un'approssimazione della portata normale in uso del sistema.

8.1.8.7.4. Verifica della tenuta mediante diluizione del gas di span

Per questa prova è possibile utilizzare qualsiasi analizzatore di gas. Se per questa prova si utilizza un FID, è necessario correggere l'eventuale contaminazione da HC nel sistema di campionamento conformemente alle disposizioni dell'allegato VII, parte 2 o 3, relativamente alla determinazione degli HC. È possibile evitare risultati fuorvianti usando solo gli analizzatori che hanno una ripetibilità dello 0,5 %, o migliore, alla concentrazione di gas di span usata per la prova. La verifica dell'integrità dal lato in depressione deve essere eseguita come segue:

a) preparare l'analizzatore di gas nel modo in cui viene preparato per la prova delle emissioni;

b) fornire il gas di span al raccordo di entrata dell'analizzatore e verificare che la concentrazione del gas di span sia misurata con l'accuratezza di misurazione e la ripetibilità previste;

c) inviare il gas di span traboccato a uno dei seguenti siti nel sistema di campionamento:

i) alla punta della sonda di campionamento;

ii) alla parte aperta del condotto di trasferimento, dopo aver scollegato il condotto di trasferimento alla sonda;

iii) alla valvola a tre vie installata in linea tra la sonda e il condotto di trasferimento;

d) verificare che la concentrazione misurata del gas di span traboccato corrisponda a ± 0,5 % della concentrazione del gas di span. Un valore misurato più basso del previsto indica una perdita, ma un valore più alto del previsto potrebbe indicare un problema con il gas di span o con l'analizzatore stesso. Un valore misurato più alto del previsto non è indice di una perdita.

8.1.8.7.5. Verifica dell'integrità con il metodo del decadimento del vuoto (vacuum decay)

Per eseguire questa prova si applica un vuoto al volume del lato in depressione del sistema di campionamento e si osserva la portata della perdita come un degrado del vuoto applicato. Ai fini di questa prova il volume del lato in depressione del sistema di campionamento deve corrispondere a ± 10 % del suo volume effettivo. Gli strumenti di misurazione utilizzati devono soddisfare le specifiche di cui ai punti 8.1 e 9.4.

▼B

La verifica dell'integrità con il metodo del decadimento del vuoto deve essere eseguita come segue:

a) sigillare il sistema dal lato della sonda il più vicino possibile all'apertura della sonda mediante uno dei metodi seguenti:

   i) coprire o chiudere la punta della sonda di campionamento;

   ii) scollegare il condotto di trasferimento alla sonda e coprire o chiudere tale condotto;

   iii) chiudere la valvola a tenuta stagna in linea tra la sonda e il condotto di trasferimento;

b) mettere in funzione tutte le pompe del vuoto. Deve essere generato un vuoto rappresentativo delle normali condizioni di funzionamento. Nel caso dei sacchetti di campionamento si raccomanda di eseguire due volte la normale procedura di svuotamento del sacchetto di campionamento in modo da minimizzare i volumi intrappolati;

c) spegnere le pompe di campionamento e sigillare il sistema. Misurare e registrare la pressione assoluta del gas intrappolato e, facoltativamente, la temperatura assoluta del sistema. Attendere un tempo sufficiente a consentire la stabilizzazione di eventuali elementi transitori; attendere inoltre finché una perdita dello 0,5 % abbia causato una variazione di pressione di almeno 10 volte la risoluzione del trasduttore di pressione. Registrare nuovamente i valori della pressione e, facoltativamente, della temperatura;

d) calcolare la portata della perdita in base al valore ipotetico di zero per i volumi svuotati dei sacchetti e ai valori noti del volume del sistema di campionamento, delle pressioni iniziale e finale, delle temperature facoltative e del tempo trascorso. Verificare che la portata della perdita dovuta al decadimento del vuoto sia inferiore allo 0,5 % della portata normale del sistema in uso con l'equazione 6-22:

$$q_{V\text{leak}} = \frac{V_{\text{vac}}}{R} \frac{\left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1}\right)}{(t_2 - t_1)} \qquad (6\text{-}22)$$

dove:

$q_{V\text{leak}}$ è la portata del decadimento del vuoto, in mol/s

V_{vac} è il volume geometrico del lato in depressione del sistema di campionamento, in m_3

R è la costante del gas molare, in J/(mol · K)

p_2 è la pressione assoluta sul lato in depressione all'ora t_2, in Pa

T_2 è la temperatura assoluta sul lato in depressione all'ora t_2, in K

p_1 è la pressione assoluta sul lato in depressione all'ora t_1, in Pa

T_1 è la temperatura assoluta sul lato in depressione all'ora t_1, in K

t_2 è l'ora al completamento della verifica dell'integrità con il metodo del decadimento del vuoto, in secondi

t_1 è l'ora all'inizio della verifica dell'integrità con il metodo del decadimento del vuoto, in secondi

▼B

8.1.9. Misurazioni di CO e CO_2

8.1.9.1. Verifica dell'interferenza dell'H_2O per gli analizzatori NDIR di CO_2

8.1.9.1.1. Campo di applicazione e frequenza

Se il CO_2 è misurato usando un analizzatore NDIR, la quantità dell'interferenza dell'H_2O deve essere verificata dopo l'installazione iniziale dell'analizzatore e dopo manutenzioni importanti.

▼M2

8.1.9.1.2. Principi di misurazione

L'H_2O può interferire con la risposta di un analizzatore NDIR al CO_2. Se l'analizzatore NDIR usa algoritmi di compensazione che utilizzano le misurazioni di altri gas per soddisfare la verifica dell'interferenza, tali misurazioni vanno eseguite contemporaneamente per provare gli algoritmi di compensazione durante la verifica dell'interferenza dell'analizzatore.

▼B

8.1.9.1.3. Requisiti del sistema

Un analizzatore NDIR di CO_2 deve avere un'interferenza dell'H_2O pari a (0,0 ± 0,4) mmol/mol (della concentrazione media di CO_2 prevista).

8.1.9.1.4. Procedura

La verifica dell'interferenza deve essere eseguita nel modo seguente:

a) avviare, far funzionare e tarare lo zero e lo span dell'analizzatore NDIR di CO_2 come si fa abitualmente prima di una prova delle emissioni;

▼M2

b) creare un gas di prova umidificato facendo gorgogliare aria di azzeramento conforme alle specifiche stabilite al punto 9.5.1 attraverso acqua distillata in un dispositivo sigillato. Se il campione non viene fatto passare attraverso un essiccatore, controllare la temperatura del dispositivo per generare un tenore di H_2O nel gas di prova pari almeno al massimo previsto durante le prove. Se il campione viene fatto passare attraverso un essiccatore durante la prova, controllare la temperatura del dispositivo per generare un tenore di H_2O nel gas di prova pari almeno al massimo previsto all'uscita dell'essiccatore, conformemente al punto 9.3.2.3.1.1;

▼B

c) mantenere la temperatura del gas di prova umidificato a valle del dispositivo almeno 5 °K al di sopra del suo punto di rugiada a valle del dispositivo;

d) introdurre il gas di prova umidificato nel sistema di campionamento. Il gas di prova umidificato può essere introdotto a valle di un eventuale essiccatore del campione che sia usato durante la prova;

e) misurare la frazione molare dell'acqua, x_{H2O}, del gas di prova umidificato il più vicino possibile all'ingresso dell'analizzatore. Ad esempio, per calcolare x_{H2O} è necessario misurare il punto di rugiada, T_{dew}, e la pressione assoluta, p_{total};

f) usare la buona pratica ingegneristica per evitare la condensazione nei condotti di trasferimento, nei fissaggi o nelle valvole dal punto in cui x_{H2O} è misurato fino all'analizzatore;

g) attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione della risposta dell'analizzatore. Il tempo di stabilizzazione deve comprendere il tempo necessario a spurgare il condotto di trasferimento e il tempo di risposta dell'analizzatore;

▼B

h) registrare 30 secondi di dati campionati mentre l'analizzatore misura la concentrazione del campione. Calcolare la media aritmetica dei dati. L'analizzatore supera la verifica dell'interferenza se questo valore corrisponde a (0,0 ± 0,4) mmol/mol.

8.1.9.2. Verifica dell'interferenza di H_2O e CO_2 per gli analizzatori NDIR di CO

8.1.9.2.1. Campo di applicazione e frequenza

Se il CO è misurato usando un analizzatore NDIR, la quantità dell'interferenza di H_2O e CO_2 deve essere verificata dopo l'installazione iniziale dell'analizzatore e dopo manutenzioni importanti.

8.1.9.2.2. Principi di misurazione

L'H_2O e il CO_2 possono interferire positivamente con un analizzatore NDIR causando una risposta simile al CO. Se l'analizzatore NDIR usa algoritmi di compensazione che utilizzano le misurazioni di altri gas per soddisfare la verifica dell'interferenza, tali misurazioni vanno eseguite contemporaneamente per provare gli algoritmi di compensazione durante la verifica dell'interferenza dell'analizzatore.

8.1.9.2.3. Requisiti del sistema

Un analizzatore NDIR di CO deve avere un'interferenza combinata di H_2O e CO_2 pari a ± 2 % della concentrazione media di CO prevista.

8.1.9.2.4. Procedura

La verifica dell'interferenza deve essere eseguita nel modo seguente:

a) avviare, far funzionare e tarare lo zero e lo span NDIR di CO come si fa abitualmente prima di una prova delle emissioni;

▼M2

b) creare un gas di prova CO_2 umidificato facendo gorgogliare un gas di span CO_2 attraverso acqua distillata in un dispositivo sigillato. Se il campione non viene fatto passare attraverso un essiccatore, controllare la temperatura del dispositivo per generare un tenore di H_2O nel gas di prova pari almeno al massimo previsto durante le prove. Se il campione viene fatto passare attraverso un essiccatore durante la prova, controllare la temperatura del dispositivo per generare un tenore di H_2O nel gas di prova pari almeno al massimo previsto all'uscita dell'essiccatore, conformemente al punto 9.3.2.3.1.1. Usare una concentrazione del gas di span CO_2 pari almeno alla concentrazione massima prevista durante le prove;

▼B

c) introdurre il gas di prova CO_2 umidificato nel sistema di campionamento. Il gas di prova CO_2 umidificato può essere introdotto a valle di un eventuale essiccatore del campione che sia usato durante la prova;

d) misurare la frazione molare dell'acqua, x_{H2O}, del gas di prova umidificato il più vicino possibile all'ingresso dell'analizzatore. Ad esempio, per calcolare x_{H2O} è necessario misurare il punto di rugiada, T_{dew}, e la pressione assoluta, p_{total};

e) usare la buona pratica ingegneristica per evitare la condensazione nei condotti di trasferimento, nei fissaggi o nelle valvole dal punto in cui x_{H2O} è misurato fino all'analizzatore;

▼B

f) attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione della risposta dell'analizzatore;

g) mentre l'analizzatore misura la concentrazione del campione registrare 30 secondi di dati campionati. Calcolare la media aritmetica dei dati;

h) l'analizzatore supera la verifica dell'interferenza se il risultato di cui alla lettera g) del presente punto corrisponde alla tolleranza di cui al punto 8.1.9.2.3;

i) è consentito eseguire separatamente le procedure di verifica delle interferenze per CO_2 e H_2O. Se i livelli di CO_2 e H_2O usati sono superiori ai livelli massimi previsti durante le prove, ciascun valore di interferenza rilevato deve essere ridotto moltiplicando l'interferenza rilevata per il rapporto tra la concentrazione massima prevista e il valore effettivo usato nella procedura. È possibile eseguire procedure di verifica delle interferenze separate a concentrazioni di H_2O (fino a un contenuto di H_2O di 0,025 mol/mol) inferiori ai livelli massimi previsti durante le prove, ma il valore di interferenza dell'H_2O rilevato deve essere aumentato moltiplicando l'interferenza rilevata per il rapporto tra la concentrazione massima di H_2O prevista e il valore effettivo usato nella procedura. La somma del valore di interferenza ridotto e del valore aumentato deve corrispondere alla tolleranza di cui al punto 8.1.9.2.3.

8.1.10. Misurazione degli idrocarburi

8.1.10.1. Ottimizzazione dell'analizzatore FID e verifica

8.1.10.1.1. Campo di applicazione e frequenza

Per tutti gli analizzatori FID, il FID deve essere tarato al momento dell'installazione iniziale. La taratura deve essere ripetuta all'occorrenza in base alla buona pratica ingegneristica. Per un FID che misura gli HC deve essere eseguita la seguente procedura:

a) ottimizzare la risposta del FID ai vari idrocarburi dopo l'installazione iniziale dell'analizzatore e dopo manutenzioni importanti. La risposta del FID al propilene e al toluene deve corrispondere allo 0,9-1,1 rispetto al propano;

b) determinare il fattore di risposta del FID al metano (CH_4) dopo l'installazione iniziale dell'analizzatore e dopo manutenzioni importanti conformemente al punto 8.1.10.1.4 della presente sezione;

c) verificare la risposta al metano (CH_4) entro 185 giorni prima della prova.

8.1.10.1.2. Taratura

Affidarsi alla buona pratica ingegneristica per sviluppare una procedura di taratura, basandosi, ad esempio, sulle istruzioni del costruttore dell'analizzatore FID e sulla frequenza raccomandata da quest'ultimo per la taratura del FID. Tarare il FID per la misurazione dell'HC utilizzando gas di taratura C_3H_8 che soddisfi le specifiche di cui al punto 9.5.1. La taratura va effettuata su un numero di atomi di carbonio pari a uno (C_1);

8.1.10.1.3. Ottimizzazione della risposta dell'analizzatore FID agli HC

Questa procedura è valida solo per gli analizzatori FID che misurano gli HC.

▼B

a) seguire le prescrizioni del costruttore e affidarsi alla buona pratica ingegneristica per l'avvio iniziale dello strumento e la regolazione di base usando il carburante FID e l'aria di azzeramento. la temperatura dei FID riscaldati deve corrispondere all'intervallo prescritto. Ottimizzare la risposta del FID per soddisfare i requisiti dei fattori di risposta agli idrocarburi e della verifica di interferenza dell'ossigeno conformemente al punto 8.1.10.1.1, lettera a), e al punto 8.1.10.2 nell'intervallo più comune dell'analizzatore previsto durante la prova delle emissioni. È possibile utilizzare un intervallo dell'analizzatore più elevato secondo le raccomandazioni del costruttore e affidandosi alla buona pratica ingegneristica al fine di ottimizzare il FID in modo accurato, purché l'intervallo comune dell'analizzatore sia inferiore all'intervallo minimo per l'ottimizzazione specificato dal costruttore dello strumento;

b) la temperatura dei FID riscaldati deve corrispondere all'intervallo prescritto. Ottimizzare la risposta dei FID all'intervallo più comune dell'analizzatore previsto durante la prova delle emissioni. ►M2 Dopo aver impostato nel FID le portate di carburante e di aria raccomandate dal costruttore, introdurre nell'analizzatore un gas di span; ◄

c) per l'ottimizzazione seguire le fasi da i) a iv) riportate di seguito oppure la procedura prescritta dal costruttore dello strumento. In alternativa, per l'ottimizzazione si possono seguire le procedure di cui al documento SAE n. 770141;

▼M2

i) determinare la risposta a un dato flusso di carburante nel FID in base alla differenza tra la risposta al gas di span e la risposta al gas di zero;

▼B

ii) regolare gradualmente la portata del carburante al di sopra e al di sotto del valore specificato dal costruttore. ►M2 Registrare le risposte di span e di zero a questi flussi di carburante nel FID; ◄

iii) riportare nel grafico la differenza tra la risposta di span e la risposta di zero e regolare il flusso di carburante sul lato grasso 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 8.1.10.1.1, lettera a), e 8.1.10.2;

iv) 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 gradualmente al di sopra e al di sotto del valore specificato dal costruttore, ripetendo le procedure dei punti 8.1.10.1.1, lettera a), e 8.1.10.2 per ciascun flusso;

d) determinare le portate e/o le pressioni ottimali per il carburante del FID e l'aria del bruciatore, campionarle e registrarle come riferimento futuro.

8.1.10.1.4. Determinazione del fattore di risposta dell'analizzatore FID degli HC al CH_4

Poiché gli analizzatori generalmente hanno una risposta diversa al CH_4 rispetto al C_3H_8, ciascun fattore di risposta al CH_4 dell'analizzatore FID degli HC, $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$, deve essere determinato dopo

▼B

l'ottimizzazione del FID. Per i calcoli finalizzati alla determinazione degli HC di cui all'allegato VII, parte 2 (approccio basato sulla massa) o parte 3 (approccio basato sulla mole), devono essere utilizzati i dati $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ delle misurazioni più recenti conformemente alle prescrizioni della presente sezione al fine di compensare la risposta al CH_4. Il $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ si determina nel modo seguente:

a) selezionare una concentrazione di gas di span C_3H_8 per tarare l'analizzatore prima della prova delle emissioni. Selezionare solo gas di span che soddisfano le specifiche del punto 9.5.1 e registrare la concentrazione di C_3H_8 nel gas;

b) selezionare solo gas di span che soddisfano le specifiche del punto 9.5.1 e registrare la concentrazione di C_4H_8 nel gas;

c) mettere in funzione l'analizzatore FID secondo le istruzioni del costruttore;

d) confermare che l'analizzatore FID è stato tarato usando C_3H_8. La taratura va effettuata su un numero di atomi di carbonio pari a uno (C_1);

e) azzerare il FID con un gas di azzeramento usato per la prova delle emissioni;

f) tarare lo span del FID con il gas di span C_3H_8 selezionato;

g) introdurre il gas di span CH_4, selezionato conformemente alle disposizioni della lettera b) del presente punto, all'ingresso di campionamento dell'analizzatore FID;

h) stabilizzare la risposta dell'analizzatore. Il tempo di stabilizzazione può comprendere il tempo necessario per spurgare l'analizzatore e il tempo di risposta di quest'ultimo;

i) registrare 30 secondi di dati campionati mentre l'analizzatore misura la concentrazione del CH_4 e calcolare la media aritmetica dei valori registrati;

j) dividere la concentrazione media misurata per la concentrazione di span registrata del gas di taratura CH_4. Il risultato è il fattore di risposta dell'analizzatore FID al CH_4, $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$.

8.1.10.1.5. Verifica della risposta al metano (CH_4) dell'analizzatore FID degli HC

Se il valore di $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ ottenuto conformemente al punto 8.1.10.1.4 corrisponde a ± 5,0 % del valore più recente determinato in precedenza, l'analizzatore FID degli HC supera la verifica di risposta al metano:

a) innanzitutto verificare che le pressioni e/o le portate del carburante, dell'aria del bruciatore e del campione FID corrispondano a ± 0,5 % dei valori più recenti determinati in precedenza conformemente al punto 8.1.10.1.3. Se queste portate devono essere regolate, deve essere determinato un nuovo valore $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ come descritto al punto 8.1.10.1.4. Verifica che il valore di $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ determinato corrisponda alla tolleranza specificata al punto 8.1.10.1.5;

b) se il valore di $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ non corrisponde alla tolleranza specificata al punto 8.1.10.1.5, la risposta del FID deve essere nuovamente ottimizzata conformemente al punto 8.1.10.1.3;

▼B

c) determinare un nuovo valore di $RF_{CH4[THC-FID]}$ come descritto al punto 8.1.10.1.4. Per i calcoli finalizzati alla determinazione degli HC di cui all'allegato VII, parte 2 (approccio basato sulla massa) o parte 3 (approccio basato sulla mole), deve essere utilizzato questo nuovo valore di $RF_{CH4[THC-FID]}$.

8.1.10.2. Verifica non stechiometrica dell'interferenza dell'O_2 sul FID nei gas di scarico grezzi

8.1.10.2.1. Campo di applicazione e frequenza

Se per la misurazione dei gas di scarico grezzi si usano analizzatori FID, è necessario verificare la misura dell'interferenza dell'O_2 sul FID al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.

8.1.10.2.2. Principi di misurazione

Le variazioni nella concentrazione di O_2 nei gas di scarico grezzi possono ripercuotersi sulla risposta del FID modificando la temperatura della fiamma del FID. Per superare questa verifica il carburante, l'aria del bruciatore e il flusso del campione del FID devono essere ottimizzati. La prestazione del FID deve essere verificata con gli algoritmi di compensazione per l'interferenza dell'O_2 sul FID che si verifica durante una prova delle emissioni.

8.1.10.2.3. Requisiti del sistema

Ogni analizzatore FID usato per le prove deve superare la verifica di interferenza dell'O_2 secondo la procedura di cui al presente punto.

8.1.10.2.4. Procedura

L'interferenza dell'O_2 sul FID deve essere determinata nel modo descritto di seguito. Si noti che possono essere usati uno o più divisori di gas per creare le concentrazioni di gas di riferimento necessarie alla verifica:

a) per tarare gli analizzatori prima della prova delle emissioni, selezionare tre gas di span di riferimento che soddisfino le specifiche del punto 9.5.1 e contengano una concentrazione di C_3H_8. ►**M2** ——————— ◄ Selezionare le tre concentrazioni di gas bilanciate in modo che le concentrazioni di O_2 e N_2 rappresentino le concentrazioni di O_2 minima, massima e intermedia previste durante la prova. È possibile tralasciare il requisito relativo all'uso della concentrazione media di O_2 se il FID è tarato con gas di span bilanciato con la concentrazione media prevista per l'ossigeno;

b) confermare che l'analizzatore FID soddisfa tutte le specifiche di cui al punto 8.1.10.1;

c) avviare e far funzionare l'analizzatore FID come si fa abitualmente prima di una prova delle emissioni. Indipendentemente dalla fonte d'aria del bruciatore del FID durante la prova, per questa verifica come fonte di aria del bruciatore del FID deve essere usata l'aria di azzeramento;

d) azzerare l'analizzatore;

e) tarare l'analizzatore usando un gas di span usato durante le prove delle emissioni;

▼B

f) controllare la risposta di zero con un gas di azzeramento usato per la prova delle emissioni. Se la risposta di zero media su 30 s di dati campionati corrisponde a ± 0,5 % del valore di span di riferimento usato alla lettera e) del presente punto, procedere alla fase successiva; altrimenti ripetere la procedura a partire dalla lettera d) del presente punto;

g) controllare la risposta dell'analizzatore usando il gas di span che ha la concentrazione minima di O_2 prevista durante le prove. Registrare la risposta media su 30 s di dati campionati stabilizzati come $x_{O2minHC}$;

h) controllare la risposta di zero dell'analizzatore FID con un gas di azzeramento usato durante la prova delle emissioni. Se la risposta di zero media su 30 s di dati campione corrisponde a ± 0,5 % del valore di span di riferimento usato alla lettera e) del presente punto, procedere alla fase successiva; altrimenti ripetere la procedura a partire dalla lettera d) del presente punto;

i) controllare la risposta dell'analizzatore usando il gas di span che ha la concentrazione media di O_2 prevista durante le prove. Registrare la risposta media su 30 s di dati campionati stabilizzati come $x_{O2avgHC}$;

j) controllare la risposta di zero dell'analizzatore FID con un gas di azzeramento usato durante la prova delle emissioni. Se la risposta di zero media su 30 s di dati campione corrisponde a ± 0,5 % del valore di span di riferimento usato alla lettera e) del presente punto, procedere alla fase successiva; altrimenti ripetere la procedura a partire dalla lettera d) del presente punto;

k) controllare la risposta dell'analizzatore usando il gas di span che ha la concentrazione massima di O_2 prevista durante le prove. Registrare la risposta media su 30 s di dati campionati stabilizzati come $x_{O2maxHC}$;

l) controllare la risposta di zero dell'analizzatore FID con un gas di azzeramento usato durante la prova delle emissioni. Se la risposta di zero media su 30 s di dati campione corrisponde a ± 0,5 % del valore di span di riferimento usato alla lettera e) del presente punto, procedere alla fase successiva; altrimenti ripetere la procedura a partire dalla lettera d) del presente punto;

m) calcolare la differenza percentuale tra $x_{O2maxHC}$ e la concentrazione del suo gas di riferimento. Calcolare la differenza percentuale tra $x_{O2avgHC}$ e la concentrazione del suo gas di riferimento. Calcolare la differenza percentuale tra $x_{O2minHC}$ e la concentrazione del suo gas di riferimento. Determinare la differenza percentuale massima dei tre: Il risultato ottenuto rappresenta l'interferenza dell'O_2;

n) se l'interferenza dell'O_2 è pari a ± 3 %, il FID supera la verifica dell'interferenza dell'O_2; in caso contrario è necessario adottare una o più delle seguenti misure per rimediare al problema:

▼B

i) ripetere la verifica per determinare se vi è stato un errore di procedura;

ii) selezionare gas di zero e di span per la prova delle emissioni che contengono concentrazioni di O_2 più alte o più basse e ripetere la verifica;

iii) regolare il carburante, l'aria del bruciatore e le portate del campione del FID. Si noti che se le portate sono regolate su un THC FID al fine di superare la verifica dell'interferenza dell'O_2, il RF_{CH4} deve essere regolato nuovamente per la successiva verifica del RF_{CH4}. Ripetere la verifica dell'interferenza dell'O2 dopo la regolazione e determinare il valore di RF_{CH4};

iv) riparare o sostituire il FID e ripetere la verifica dell'interferenza dell'O_2.

8.1.10.3. Frazioni di penetrazione del dispositivo di eliminazione degli idrocarburi non metanici (riservato)

8.1.11. Misurazioni degli NO_x

8.1.11.1. Attenuazione di CO_2 e H_2O dell'analizzatore CLD

8.1.11.1.1. Campo di applicazione e frequenza

Se per misurare gli NO_x si usa un analizzatore CLD, la quantità dell'attenuazione di CO_2 e H_2O deve essere verificata al momento dell'installazione dell'analizzatore CLD e dopo manutenzioni importanti.

8.1.11.1.2. Principi di misurazione

H_2O e CO_2 possono interferire negativamente con la risposta agli NO_x di un analizzatore CLD mediante l'attenuazione per collisione che impedisce la reazione chemiluminescente utilizzata dal CLD per rilevare gli NO_x. Questa procedura e i calcoli di cui al punto 8.1.11.2.3 determinano l'attenuazione e rapportano i risultati dell'attenuazione alla massima frazione molare di H_2O e alla massima concentrazione di CO_2 previste durante la prova delle emissioni. Se l'analizzatore CLD usa algoritmi di compensazione dell'attenuazione che utilizzano strumenti di misurazione di H_2O e/o CO_2, l'attenuazione deve essere valutata con tali strumenti attivati e applicando gli algoritmi di compensazione.

8.1.11.1.3. Requisiti del sistema

Per la misurazione dei gas diluiti l'analizzatore CLD non deve superare un'attenuazione combinata di H_2O e CO_2 del ± 2 %. Per la misurazione dei gas grezzi l'analizzatore CLD non deve superare un'attenuazione combinata di H_2O e CO_2 del ± 2,5 %. L'attenuazione combinata è la somma dell'attenuazione di CO_2 determinata conformemente al punto 8.1.11.1.4 e dell'attenuazione di H_2O determinata conformemente al punto 8.1.11.1.5. Se questi requisiti non sono soddisfatti, devono essere adottate misure correttive come la riparazione o la sostituzione dell'analizzatore. Prima di effettuare le prove delle emissioni è necessario verificare che le misure correttive adottate abbiano ripristinato il corretto funzionamento dell'analizzatore.

8.1.11.1.4. Procedura di verifica dell'attenuazione di CO_2

Il seguente metodo o quello prescritto dal costruttore dello strumento può essere usato per determinare l'attenuazione di CO_2 usando un divisore di gas che mescola gas di span binari con gas

▼B

di zero come diluente e soddisfa le specifiche del punto 9.4.5.6. In alternativa può essere sviluppato un protocollo diverso in base alla buona pratica ingegneristica:

a) effettuare i collegamenti necessari mediante tubature in PTFE o in acciaio inossidabile;

b) configurare il divisore di gas in modo che siano mescolati quantità quasi uguali di gas di span e gas diluente;

c) se l'analizzatore CLD ha una modalità operativa che rileva solo il gas NO, invece degli NO_x totali, far funzionare l'analizzatore CLD nella modalità solo per il NO;

d) usare un gas di span CO_2 conforme alle specifiche del punto 9.5.1 e una concentrazione che sia pari a circa due volte la concentrazione massima di CO_2 prevista durante la prova delle emissioni;

e) usare un gas di span NO conforme alle specifiche del punto 9.5.1 e una concentrazione che sia pari a circa due volte la concentrazione massima di NO prevista durante la prova delle emissioni. Se la concentrazione di NO prevista è inferiore all'intervallo minimo per la verifica specificato dal costruttore dello strumento, è possibile utilizzare una concentrazione maggiore, secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica, al fine di ottenere una verifica accurata;

f) tarare lo zero e lo span dell'analizzatore CLD. tarare lo span dell'analizzatore CLD con il gas di span NO di cui alla lettera e) del presente punto attraverso il divisore di gas. Connettere il gas di span NO all'ingresso del diluente del divisore di gas; connettere un gas di azzeramento all'ingresso del diluente del divisore di gas; deve essere usato lo stesso rapporto nominale di mescolamento di cui alla lettera b) del presente punto; usare la concentrazione di NO prodotta dal divisore di per tarare lo span dell'analizzatore CLD. Se necessario, applicare le correzioni delle proprietà del gas per garantire una corretta divisione dei gas;

g) connettere il gas di span CO_2 all'ingresso del diluente del divisore di gas;

h) il gas di span NO è connesso all'ingresso del diluente del divisore di gas;

i) mentre si fanno fluire NO e CO_2 attraverso il divisore di gas, stabilizzare l'output del divisore di gas. Determinare la concentrazione di CO_2 dall'output del divisore di gas applicando eventualmente la correzione delle proprietà del gas in modo da garantire una divisione corretta dei gas. La concentrazione, x_{CO2act} va registrata e utilizzarla nei calcoli della verifica dell'attenuazione di cui al punto 8.1.11.2.3. In alternativa al divisore di gas, è possibile usare un altro dispositivo semplice di miscelazione dei gas. In questo caso per determinare la concentrazione di CO_2 è necessario ricorrere a un analizzatore. Se insieme al dispositivo semplice di miscelazione dei gas viene usato un NDIR, esso deve soddisfare i requisiti del presente punto ed essere tarato con il gas di span del CO_2 di cui alla lettera d) del presente punto. La linearità dell'analizzatore NDIR deve essere controllata preventivamente su tutto l'intervallo e non può superare il doppio della concentrazione massima di CO_2 prevista durante la prova;

▼B

j) misurare la concentrazione di NO a valle del divisore di gas con l'analizzatore CLD. attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione della risposta dell'analizzatore. Il tempo di stabilizzazione può comprendere il tempo necessario a spurgare il condotto di trasferimento e a tenere conto del tempo di risposta dell'analizzatore. Mentre l'analizzatore misura la concentrazione del campione registrare 30 secondi di dati campionati e calcolare la media aritmetica dei dati registrati, x_{NOmeas}. Registrare e usare la concentrazione, x_{NOmeas}, nei calcoli della verifica dell'attenuazione di cui al punto 8.1.11.2.3;

k) calcolare l'effettiva concentrazione di NO all'uscita del divisore di gas, x_{NOact}, in base alle concentrazioni dei gas di span e x_{CO2act} con l'equazione 6-24. Il valore calcolato va usato nei calcoli della verifica dell'attenuazione con l'equazione (6-23);

l) usare i valori registrati conformemente ai punti 8.1.11.1.4 e 8.1.11.1.5 per calcolare l'attenuazione come descritto al punto 8.1.11.2.3.

8.1.11.1.5. Procedura di verifica dell'attenuazione di H_2O

Per determinare l'attenuazione di H_2O è possibile usare il metodo descritto di seguito o quello prescritto dal costruttore dello strumento, oppure è possibile sviluppare un protocollo diverso affidandosi alla buona pratica ingegneristica:

a) effettuare i collegamenti necessari mediante tubature in PTFE o in acciaio inossidabile;

b) se l'analizzatore CLD ha una modalità operativa che rileva solo il gas NO, invece degli NO_x totali, far funzionare l'analizzatore CLD nella modalità solo per il NO;

c) usare un gas di span NO conforme alle specifiche del punto 9.5.1 e una concentrazione che si avvicini alla concentrazione massima prevista durante la prova delle emissioni. Se la concentrazione di NO prevista è inferiore all'intervallo minimo per la verifica specificato dal costruttore dello strumento, è possibile utilizzare una concentrazione maggiore, secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica, al fine di ottenere una verifica accurata;

d) tarare lo zero e lo span dell'analizzatore CLD. Tarare l'analizzatore CLD con il gas di span NO di cui alla lettera c) del presente punto. La concentrazione del gas di span deve essere registrata come x_{NOdry} e utilizzata nei calcoli di verifica dell'attenuazione di cui al punto 8.1.11.2.3;

▼M2

e) umidificare il gas di span NO facendolo gorgogliare attraverso l'acqua distillata in un dispositivo sigillato. Se per questa prova di verifica il campione di gas di span NO umidificato non passa attraverso un essiccatore, la temperatura del dispositivo deve essere controllata in modo da generare un livello di H_2O approssimativamente uguale alla frazione molare massima di H_2O prevista durante la prova delle emissioni. Se il gas di span NO umidificato non passa attraverso un essiccatore del campione, i calcoli della verifica dell'attenuazione di cui al punto 8.1.11.2.3 rapportano l'attenuazione dell'H_2O misurata alla frazione molare massima di H_2O prevista durante la prova delle emissioni. Se

▼M2

per questa prova di verifica il campione di gas di span NO umidificato passa attraverso un essiccatore durante la prova, controllare che la temperatura del dispositivo sia regolata in modo da generare un tenore di H_2O nel gas di span pari almeno al massimo previsto all'uscita dell'essiccatore, conformemente al punto 9.3.2.3.1.1. In questo caso i calcoli di verifica dell'attenuazione di cui al punto 8.1.11.2.3 non si rapportano all'attenuazione dell'H_2O misurata;

▼B

f) introdurre il gas di prova NO umidificato nel sistema di campionamento. Esso può essere introdotto a monte o a valle dell'essiccatore del campione usato durante la prova delle emissioni. A seconda del punto in cui viene introdotto il gas, selezionare il rispettivo metodo di calcolo di cui alla lettera e). ►M2 Si noti che l'essiccatore del campione deve superare la verifica di cui al punto 8.1.12; ◄

g) misurare la frazione molare di H_2O nel gas di span NO umidificato. Se viene usato un essiccatore del campione, la frazione molare di H_2O nel gas di span NO umidificato viene misurata a valle dell'essiccatore del campione, $x_{H2Omeas}$. Si raccomanda di misurare il valore di $x_{H2Omeas}$ il più vicino possibile all'ingresso dell'analizzatore CLD. Il valore di $x_{H2Omeas}$ può essere calcolato dalle misurazioni del punto di rugiada, T_{dew}, e della pressione assoluta, p_{total};

h) affidarsi alla buona pratica ingegneristica per evitare la condensazione nei condotti di trasferimento, nei fissaggi o nelle valvole dal punto in cui $x_{H2Omeas}$ è misurato fino all'analizzatore. Il sistema deve essere progettato in modo che le temperature delle pareti nei condotti di trasferimento, dei fissaggi e delle valvole dal punto in cui viene misurato $x_{H2Omeas}$ all'analizzatore siano almeno 5 K superiori al punto di rugiada locale del gas campione;

i) misurare la concentrazione del gas di span NO con l'analizzatore CLD. attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione della risposta dell'analizzatore. Il tempo di stabilizzazione può comprendere il tempo necessario a spurgare il condotto di trasferimento e a tenere conto del tempo di risposta dell'analizzatore. Mentre l'analizzatore misura la concentrazione del campione registrare 30 secondi di dati campionati e calcolare la media aritmetica dei dati registrati, x_{NOwet}. Registrare e usare la concentrazione, x_{NOwet}, nei calcoli della verifica dell'attenuazione di cui al punto 8.1.11.2.3.

8.1.11.2. Calcoli di verifica dell'attenuazione del CLD

I calcoli di verifica dell'attenuazione del CLD devono essere eseguiti conformemente al presente punto.

8.1.11.2.1. Quantità di H_2O prevista durante la prova

Stimare la frazione molare massima di H_2O, $x_{H2Oexp,}$ prevista durante la prova delle emissioni. Tale stima deve essere effettuata al punto in cui è stato introdotto il gas di span NO umidificato al punto 8.1.11.1.5, lettera f). Nella stima della frazione molare massima prevista dell'acqua deve essere considerato il contenuto massimo di acqua nell'aria di combustione, nei prodotti di combustione nel carburante e nell'aria di diluizione (se del caso). Se il gas di span NO umidificato è introdotto nel sistema di campionamento a monte di un essiccatore del campione durante la verifica, non è necessario stimare la frazione molare massima prevista dell'acqua e il valore di x_{H2Oexp} deve essere regolato al pari di $x_{H2Omeas}$.

▼B

8.1.11.2.2. Quantità di CO_2 prevista durante la prova

Stimare la frazione molare massima di CO_2, $x_{CO2exp,}$ prevista durante la prova delle emissioni. Tale stima deve essere effettuata al punto del sistema di campionamento in cui è stata introdotta la miscela di gas di span NO e CO_2 conformemente al punto 8.1.11.1.4, lettera j). Nella stima della concentrazione massima prevista di CO_2 deve essere considerato il contenuto massimo previsto di CO_2 nei prodotti di combustione del carburante e nell'aria di diluizione.

8.1.11.2.3. Calcoli dell'attenuazione combinata di H_2O e CO_2

L'attenuazione combinata di H_2O e CO_2 deve essere calcolata con l'equazione 6-23:

$$quench = \left[\left(\frac{\frac{x_{NOwet}}{1 - x_{H2Omeas}}}{x_{NOdry}} \right) \cdot \frac{x_{H2Oexp}}{x_{H2Omeas}} + \left(\frac{x_{NOmeas}}{x_{NOact}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{CO2exp}}{x_{CO2act}} \right] \cdot 100\% \qquad (6\text{-}23)$$

dove:

$quench$ = quantità di attenuazione del CLD

x_{NOdry} è la concentrazione di NO misurata a monte di un gorgogliatore, conformemente al punto 8.1.11.1.5, lettera d)

x_{NOwet} è la concentrazione di NO misurata a valle di un gorgogliatore, conformemente al punto 8.1.11.1.5, lettera i)

x_{H2Oexp} è la frazione molare massima dell'acqua prevista durante la prova delle emissioni conformemente al punto 8.1.11.2.1.

$x_{H2Omeas}$ è la frazione molare dell'acqua misurata durante la verifica dell'attenuazione, conformemente al punto 8.1.11.1.5, lettera g)

x_{NOmeas} è la concentrazione di NO misurata nel gas di span NO miscelato con il gas di span CO_2, conformemente al punto 8.1.11.1.4, lettera j)

x_{NOact} è la concentrazione di NO effettiva nel gas di span NO miscelato con il gas di span CO_2, conformemente al punto 8.1.11.1.4, lettera k) e calcolata con l'equazione 6-24

x_{CO2exp} è la concentrazione massima di CO_2 prevista durante la prova delle emissioni conformemente al punto 8.1.11.2.2.

x_{CO2act} è la concentrazione di CO_2 effettiva nel gas di span NO miscelato con il gas di span CO_2, conformemente al punto 8.1.11.1.4, lettera i)

$$x_{NOact} = \left(1 - \frac{x_{CO2act}}{x_{CO2span}} \right) \cdot x_{NOspan} \qquad (6\text{-}24)$$

dove:

x_{NOspan} è la concentrazione del gas di span NO immessa nel divisore di gas, in conformità al punto 8.1.11.1.4, lettera e)

$x_{CO2span}$ è la concentrazione del gas di span CO_2 immessa nel divisore di gas, in conformità al punto 8.1.11.1.4, lettera d)

▼B

8.1.11.3. Verifica dell'interferenza di HC e H_2O sull'analizzatore NDUV

8.1.11.3.1. Campo di applicazione e frequenza

Se il NO_x è misurato usando un analizzatore NDUV, la quantità dell'interferenza di H_2O e HC deve essere verificata dopo l'installazione iniziale dell'analizzatore e dopo manutenzioni importanti.

8.1.11.3.2. Principi di misurazione

HC e H_2O possono interferire positivamente con un analizzatore NDUV causando una risposta simile al NO_x. Se l'analizzatore NDUV usa algoritmi di compensazione che utilizzano le misurazioni di altri gas per soddisfare questa verifica dell'interferenza, tali misurazioni vanno eseguite contemporaneamente per provare gli algoritmi durante la verifica dell'interferenza dell'analizzatore.

8.1.11.3.3. Requisiti del sistema

Un analizzatore NDUV di NO_x deve avere un'interferenza combinata di H_2O e HC pari a ± 2 % della concentrazione media di NO_x prevista.

8.1.11.3.4. Procedura

La verifica dell'interferenza deve essere eseguita nel modo seguente:

a) avviare, far funzionare e tarare lo zero e lo span dell'analizzatore NDUV degli NO_x secondo le istruzioni del costruttore dello strumento;

b) si consiglia di estrarre i gas di scarico del motore per effettuare questa verifica. Usare un CLD conforme alle specifiche del punto 9.4 per quantificare gli NO_x nei gas di scarico. Si usa la risposta del CLD come valore di riferimento. Anche gli HC devono essere misurati nei gas di scarico servendosi un analizzatore FID conforme alle specifiche del punto 9.4. La risposta del FID va usata come valore di riferimento per gli idrocarburi;

c) introdurre i gas di scarico del motore nell'analizzatore NDUV a monte dell'essiccatore del campione, se usato durante le prove;

d) attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione della risposta dell'analizzatore. Il tempo di stabilizzazione può comprendere il tempo necessario a spurgare il condotto di trasferimento e a tenere conto del tempo di risposta dell'analizzatore;

e) mentre tutti gli analizzatori misurano la concentrazione del campione registrare 30 s di dati campionati e calcolare la media aritmetica per i tre analizzatori;

f) sottrarre il valore medio di CLD dal valore medio di NDUV;

g) ►M2 moltiplicare la differenza per il rapporto tra la concentrazione media di HC prevista e la concentrazione di HC misurata durante la verifica. L'analizzatore supera la verifica dell'interferenza di cui al presente punto se il risultato è pari a ± 2 % della concentrazione di NO_x prevista al valore limite delle emissioni, come illustrato nell'equazione 6-25: ◄

$$\left|\overline{x}_{\mathrm{NOx,CLD,meas}} - \overline{x}_{\mathrm{NOx,NDUV,meas}}\right| \cdot \left(\frac{\overline{X}_{\mathrm{HC,exp}}}{\overline{X}_{\mathrm{HC,meas}}}\right) \leq 2\% \cdot \left(\overline{x}_{\mathrm{NOx,exp}}\right) \qquad (6\text{-}25)$$

▼B

dove:

$\bar{x}_{NOx,CLD,meas}$ è la concentrazione media di NO_x misurata dal CLD, in µmol/mol o ppm

$\bar{x}_{NOx,NDUV,meas}$ è la concentrazione media di NO_x misurata dal NDUV, in µmol/mol o ppm

$\bar{x}_{HC,meas}$ è la concentrazione media di HC misurata, in µmol/mol o ppm

$\bar{x}_{HC,exp}$ è la concentrazione media di HC prevista allo standard, in µmol/mol o ppm

$\bar{x}_{NOx,exp}$ è la concentrazione media di NO_x prevista allo standard, in µmol/mol o ppm

8.1.11.4 Penetrazione di NO_2 nell'essiccatore del campione

8.1.11.4.1. Campo di applicazione e frequenza

Se si usa un essiccatore per essiccare un campione a monte di uno strumento di misurazione di NO_x, ma non si usa un convertitore NO_2/NO a monte dell'essiccatore del campione, deve essere eseguita questa verifica della penetrazione di NO_2 nell'essiccatore del campione. La verifica va eseguita dopo l'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti.

8.1.11.4.2. Principi di misurazione

Un essiccatore del campione elimina l'acqua che potrebbe altrimenti interferire con una misurazione di NO_x. Tuttavia, l'acqua che rimane in un ►**M2** essiccatore del campione ◄ mal progettato può rimuovere il NO_2 dal campione. Se quindi si usa un essiccatore del campione senza un convertitore NO_2/NO a monte, potrebbe rimuovere l'NO_2 dal campione prima che abbia luogo la misurazione di NO_x.

8.1.11.4.3. Requisiti del sistema

L'essiccatore campione deve consentire la misurazione di almeno il 95 % del NO_2 totale alla concentrazione massima di NO_2 prevista.

8.1.11.4.4. Procedura

Le prestazioni dell'essiccatore del campione devono essere verificate secondo la seguente procedura:

a) Configurazione dello strumento: seguire le istruzioni di avvio e funzionamento del costruttore dell'analizzatore e dell'essiccatore. L'analizzatore e l'essiccatore devono essere regolati in modo da ottimizzare le prestazioni;

b) Configurazione delle apparecchiature e raccolta dei dati:

   i) tarare lo zero e lo span degli analizzatori degli NO_x totali come per la prova delle emissioni;

   ii) selezionare il gas di taratura NO_2 (gas bilanciato di aria secca) con una concentrazione di NO_2 vicina alla concentrazione massima prevista durante la prova. Se la concentrazione di NO_2 prevista è inferiore all'intervallo minimo per la verifica specificato dal costruttore dello strumento, è possibile utilizzare una concentrazione maggiore, secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica, al fine di ottenere una verifica accurata;

▼B

iii) far traboccare questo gas di taratura alla sonda del sistema di campionamento o al raccordo di traboccamento. Attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione della risposta degli NO_x totali, tenendo conto solo dei ritardi dovuti al trasporto e della risposta dello strumento;

iv) calcolare la media su 30 s di dati registrati di NO_x totale e registrare questo valore come x_{NOxref};

v) arrestare il flusso del gas di taratura NO_2;

vi) saturare quindi il sistema di campionamento facendo traboccare l'output del generatore del punto di rugiada, regolato a un punto di rugiada di 323 K (50 °C), verso la sonda o il raccordo di traboccamento del sistema di campionamento del gas. Campionare l'output del generatore del punto di rugiada attraverso il sistema di campionamento e l'essiccatore del campione per almeno 10 minuti, finché l'essiccatore, prevedibilmente, non rimuove una portata costante di acqua;

vii) commutare immediatamente al traboccamento del gas di taratura NO_2 usato per determinare il valore x_{NOxref}. Attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione della risposta degli NO_x totali, tenendo conto solo dei ritardi dovuti al trasporto e della risposta dello strumento; calcolare la media su 30 s di dati registrati di NO_x totale e registrare questo valore come $x_{NOxmeas}$;

viii) correggere il valore $x_{NOxmeas}$ a x_{NOxdry} in base al vapore acqueo residuo che è passato attraverso l'essiccatore del campione alla temperatura e alla pressione di uscita dell'essiccatore;

c) valutazione delle prestazioni: Se il valore di x_{NOxdry} è inferiore al 95 % di x_{NOxref}, l'essiccatore del campione deve essere riparato o sostituito.

8.1.11.5. Verifica della conversione del convertitore NO_2/NO

8.1.11.5.1. Campo di applicazione e frequenza

Se per determinare gli NO_x si usa un analizzatore che misura solo NO, è necessario usare un convertitore NO_2/NO a monte dell'analizzatore. Questa verifica deve essere eseguita dopo l'installazione del convertitore, dopo manutenzioni importanti ed entro 35 giorni prima di una prova delle emissioni. Ripetere la verifica con questa frequenza per verificare che l'attività catalitica del convertitore NO_2/NO non si sia deteriorata.

8.1.11.5.2. Principi di misurazione

Un convertitore NO_2/NO consente a un analizzatore che misura solo gli NO di determinare gli NO_x totali convertendo in NO gli NO_2 dei gas di scarico.

8.1.11.5.3. Requisiti del sistema

Un convertitore NO_2/NO deve consentire la misurazione di almeno il 95 % del NO_2 totale alla concentrazione massima di NO_2 prevista.

8.1.11.5.4 Procedura

Le prestazioni di un convertitore NO_2/NO devono essere verificate secondo la seguente procedura:

▼B

a) per la configurazione dello strumento seguire le istruzioni di avvio e funzionamento del costruttore dell'analizzatore e del convertitore NO_2/NO. L'analizzatore e il convertitore devono essere regolati in modo da ottimizzare le prestazioni;

b) collegare l'ingresso di un ozonizzatore a una fonte di aria di azzeramento o di ossigeno e la sua uscita a una delle porte di un raccordo a tre vie. Collegare un gas di span NO a un'altra porta del raccordo e l'ingresso del convertitore NO_2/NO all'ultima porta del raccordo a tre vie;

c) per questa verifica vanno eseguite le azioni di seguito elencate:

i) chiudere l'aria dell'ozonizzatore e spegnere l'ozonizzatore; regolare il convertitore NO_2/NO nella modalità bypass (modalità NO); Attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione, tenendo conto solo dei ritardi dovuti al trasporto e alla risposta dello strumento;

ii) regolare i flussi di NO e di gas di azzeramento in modo che la concentrazione di NO all'analizzatore sia vicina al picco totale della concentrazione di NO_x prevista durante la prova. Il contenuto di NO_2 nella miscela di gas deve essere inferiore al 5 % della concentrazione di NO. Determinare la concentrazione di NO calcolando la media di 30 s di dati campionati dall'analizzatore; registrare questo valore come x_{NOref}. Se la concentrazione di NO prevista è inferiore all'intervallo minimo per la verifica specificato dal costruttore dello strumento, è possibile utilizzare una concentrazione maggiore, secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica, al fine di ottenere una verifica accurata;

iii) avviare l'alimentazione di O_2 dell'ozonizzatore e regolare la portata di O_2 in modo che l'NO indicato dall'analizzatore sia di circa il 10 % inferiore al valore di x_{NOref}. Determinare la concentrazione di NO calcolando la media di 30 s di dati campionati dall'analizzatore; registrare questo valore come $x_{NO+O2mix}$;

iv) avviare l'ozonizzatore e regolare la generazione di ozono in modo che il NO misurato dall'analizzatore corrisponda a circa il 20 % di x_{NOref}, mantenendo almeno il 10 % di NO non reagito. Determinare la concentrazione di NO calcolando la media di 30 s di dati campionati dall'analizzatore; registrare questo valore come x_{NOmeas};

v) commutare l'analizzatore di NO_x alla modalità NO_x e misurare gli NO_x totali. Determinare la concentrazione di NO_x calcolando la media di 30 s di dati campionati dall'analizzatore; registrare questo valore come $x_{NOxmeas}$.

vi) disattivare l'ozonizzatore mantenendo tuttavia il flusso di gas attraverso il sistema. L'analizzatore di NO_x indica l'NO_x nella miscela NO + O_2. Determinare la concentrazione di NO_x calcolando la media di 30 s di dati campionati dall'analizzatore; registrare questo valore come $x_{NOx+O2mix}$.

▼B

vii) interrompere l'alimentazione di O_2. L'analizzatore NO_x indica il livello di NO_x nella miscela NO-in-N_2 originale. Determinare la concentrazione di NO_x calcolando la media di 30 s di dati campionati dall'analizzatore; registrare questo valore come x_{NOxref}. Questo valore non deve superare di oltre il 5 % il valore x_{NOref};

d) valutazione delle prestazioni: calcolare l'efficienza del convertitore NO_x sostituendo le concentrazioni ottenute con l'equazione 6-26:

$$Efficiency\ [\%] = \left(1 + \frac{x_{NOxmeas} - x_{NOx+O2mix}}{x_{NO+O2mix} - x_{NOmeas}}\right) \times 100 \qquad (6\text{-}26)$$

e) se il risultato è inferiore al 95 %, il convertitore NO_2/NO deve essere riparato o sostituito.

▼M2

8.1.12. Verifica dell'essiccatore del campione

Se si usa un sensore dell'umidità per il monitoraggio continuo del punto di rugiada all'uscita dell'essiccatore del campione, questo controllo non si applica fintanto che si garantisce che l'umidità all'uscita dell'essiccatore è inferiore ai valori minimi usati per i controlli di attenuazione, interferenza e compensazione.

Se si utilizza un essiccatore del campione autorizzato al punto 9.3.2.3.1 per rimuovere l'acqua dal gas campione, la prestazione dei dispositivi di raffreddamento termico deve essere verificata al momento dell'installazione e dopo manutenzioni importanti. Per gli essiccatori a membrana osmotica la prestazione deve essere verificata al momento dell'installazione, dopo manutenzioni importanti ed entro 35 giorni dalla prova.

L'acqua può inibire la capacità dell'analizzatore di misurare correttamente il componente d'interesse dei gas di scarico; pertanto l'acqua viene talvolta rimossa prima che il gas campione raggiunga l'analizzatore. Ad esempio l'acqua può interferire negativamente sulla risposta agli NO_x di un analizzatore CLD mediante un'attenuazione per collisione e può interferire positivamente su un analizzatore NDIR causando una risposta simile al CO.

L'essiccatore del campione deve soddisfare le specifiche di cui al punto 9.3.2.3.1 per il punto di rugiada, T_{dew}, e la pressione assoluta, p_{total}, a valle dell'essiccatore a membrana osmotica o del dispositivo di raffreddamento termico.

Occorre applicare la seguente procedura di verifica dell'essiccatore del campione per determinarne la prestazione; in alternativa deve essere elaborato un protocollo diverso in base alla buona pratica ingegneristica:

i) effettuare i collegamenti necessari mediante tubature in politetrafluoroetilene («PTFE») o in acciaio inossidabile;

ii) umidificare l'N_2 o l'aria purificata facendoli gorgogliare attraverso l'acqua distillata in un dispositivo sigillato che umidifica il gas al punto di rugiada più alto del campione stimato durante il campionamento delle emissioni;

iii) introdurre il gas umidificato a monte dell'essiccatore del campione;

iv) mantenere la temperatura del gas umidificato a valle del dispositivo ad almeno 5 K (5 °C) al di sopra del suo punto di rugiada;

▼M2

v) misurare il punto di rugiada del gas umidificato, T_{dew}, e la pressione, p_{total}, il più possibile vicino all'ingresso dell'essiccatore per verificare che il punto di rugiada sia il più alto stimato durante il campionamento delle emissioni;

vi) misurare il punto di rugiada del gas umidificato, T_{dew}, e la pressione, p_{total}, il più possibile vicino all'uscita dell'essiccatore;

vii) l'essiccatore del campione supera la verifica se il risultato della lettera d), sottopunto vi), della presente parte è inferiore al punto di rugiada corrispondente alle specifiche dell'essiccatore determinate conformemente al punto 9.3.2.3.1 più 2 K (2 °C), oppure se la frazione molare di cui alla lettera d), sottopunto vi), è inferiore alle corrispondenti specifiche dell'essiccatore più 0,002 mol/mol o 0,2 % in volume. Si noti che per questa verifica il punto di rugiada del campione è espresso in temperatura assoluta, Kelvin.

_____

8.1.13. Misurazione del PM

8.1.13.1. Verifiche della bilancia del PM e della procedura di pesata

8.1.13.1.1. Campo di applicazione e frequenza

La presente parte descrive tre verifiche:

a) la verifica indipendente delle prestazioni della bilancia del PM entro 370 giorni prima della pesata del filtro;

b) la taratura dello zero e dello span della bilancia entro 12 ore prima della pesata del filtro;

c) la verifica che la determinazione della massa dei filtri di riferimento prima e dopo la pesata di un filtro sia inferiore a una tolleranza specificata.

8.1.13.1.2. Verifica indipendente

Il costruttore della bilancia (o un rappresentante approvato dal costruttore della bilancia) deve verificare le prestazioni della bilancia entro 370 giorni dalla prova conformemente alle procedure di audit interno.

8.1.13.1.3. Taratura dello zero e dello span

Le prestazioni della bilancia devono essere verificate mediante taratura dello zero e dello span con almeno un peso di taratura; per eseguire questa verifica tutti i pesi usati devono essere conformi alle specifiche del punto 9.5.2. È possibile avvalersi di una procedura manuale o automatizzata:

a) secondo la procedura manuale la taratura dello zero e dello span della bilancia deve essere effettuata con almeno un peso di taratura. Se generalmente i valori medi sono ottenuti ripetendo la procedura di pesata per migliorare l'accuratezza e la precisione delle misurazioni del PM, la stessa procedura deve essere usata per verificare le prestazioni della bilancia;

b) la procedura automatizzata si esegue con pesi di taratura interni che sono usati automaticamente per verificare le prestazioni della bilancia; per eseguire questa verifica tali pesi devono essere conformi alle specifiche del punto 9.5.2.

▼M2

8.1.13.1.4. Pesata del campione di riferimento

Tutte le letture della massa durante una sessione di pesata devono essere verificate pesando i mezzi di campionamento del PM di riferimento (ad esempio filtri) prima e dopo la sessione di pesata. Quest'ultima può essere della durata desiderata ma non può superare le 80 ore. Si possono includere le letture delle masse precedenti e successive alla prova. Le successive determinazioni della massa di ogni mezzo di campionamento del PM devono avere per risultato la stessa massa totale prevista del PM, ± 10 μg o ± 10 %, a seconda di quale sia il valore superiore. Se le pesate successive del filtro di campionamento del PM non rispondono a questo criterio, devono essere invalidate tutte le letture della massa dei singoli filtri di prova che avvengono tra le determinazioni successive della massa del filtro di riferimento. Tali filtri possono essere ripesati in un'altra sessione di pesata. Se un filtro analizzato successivamente alla prova viene invalidato, tutto l'intervallo di prova è nullo. La verifica deve essere eseguita come segue:

a) mantenere nell'ambiente di stabilizzazione del PM almeno due campioni di mezzi di campionamento del PM non usati, che saranno utilizzati come riferimenti. Selezionare come riferimenti filtri non usati dello stesso materiale e della stessa dimensione;

b) stabilizzare i riferimenti nell'ambiente di stabilizzazione del PM. I riferimenti devono essere considerati stabilizzati se sono rimasti nell'ambiente di stabilizzazione del PM per almeno 30 minuti e l'ambiente di stabilizzazione del PM è rimasto conforme alle specifiche di cui al punto 9.3.4.4 per almeno i 60 minuti precedenti;

c) provare ripetutamente la bilancia con un campione di riferimento senza che siano registrati i valori;

d) tarare lo zero e lo span della bilancia. Mettere sulla bilancia una massa di prova (ad esempio un peso di taratura), quindi rimuoverla, accertandosi che la bilancia ritorni a una lettura dello zero accettabile nel tempo di stabilizzazione normale;

e) pesare ciascuno dei mezzi di riferimento (ad esempio filtri) e registrarne le masse. Se generalmente i valori medi sono ottenuti ripetendo la procedura di pesata per migliorare l'accuratezza e la precisione delle masse dei mezzi di riferimento (ad esempio filtri), la stessa procedura deve essere usata per misurare i valori medi delle masse dei mezzi di campionamento (ad esempio filtri);

f) registrare il punto di rugiada ambiente della bilancia, la temperatura ambiente e la pressione atmosferica;

g) usare le condizioni ambientali registrate per correggere i risultati in funzione della galleggiabilità, conformemente al punto 8.1.13.2. Registrare la massa corretta in funzione della galleggiabilità di ciascuno dei riferimenti;

h) sottrarre la massa di riferimento corretta in funzione della galleggiabilità di ognuno dei mezzi di riferimento (ad esempio filtri) dalla massa corretta in funzione della galleggiabilità precedentemente misurata e registrata;

i) se la massa di uno dei filtri di riferimento cambia più di quanto consentito conformemente alla presente parte, tutte le determinazioni della massa del PM effettuate dopo l'ultima convalida della massa dei mezzi di riferimento (ad esempio filtri) devono essere invalidate. I filtri di riferimento del PM possono essere eliminati se solo una delle masse dei filtri è cambiata più di quanto consentito e se è possibile individuare una causa specifica di tale variazione della massa del filtro che non avrebbe influenzato

▼M2

altri filtri del processo. La convalida può quindi considerarsi riuscita. In questo caso i mezzi di riferimento contaminati non devono essere inclusi per la determinazione della conformità alla lettera j) del presente punto, mentre il filtro in questione deve essere eliminato e sostituito;

j) se una delle masse di riferimento cambia più di quanto consentito conformemente al punto 8.1.13.1.4, tutti i risultati del PM determinati tra i due momenti in cui sono state determinate le masse di riferimento devono essere invalidati. Se il mezzo di campionamento del PM di riferimento viene eliminato conformemente alla lettera i), deve essere disponibile almeno una differenza della massa di riferimento che soddisfi i criteri di cui al punto 8.1.13.1.4. In caso contrario devono essere invalidati tutti i risultati del PM ottenuti tra i due momenti in cui sono state determinate le masse dei mezzi di riferimento (ad esempio filtri).

8.1.13.2. Correzione in funzione della galleggiabilità del filtro di campionamento del PM

8.1.13.2.1. Aspetti generali

Il filtro di campionamento del PM deve essere corretto in funzione della sua galleggiabilità in aria. Tale correzione dipende dalla densità del mezzo di campionamento, dalla densità dell'aria e dalla densità del peso di taratura della bilancia. La correzione in funzione della galleggiabilità non tiene conto della galleggiabilità del PM stesso, poiché la massa del PM rappresenta tipicamente solo lo 0,01-0,10 % del peso totale. La correzione di questa piccola frazione di massa corrisponderebbe al massimo allo 0,010 %. I valori corretti in funzione della galleggiabilità sono le masse della tara dei campioni di PM. I valori corretti in funzione della galleggiabilità della pesata del filtro precedente alla prova sono in seguito sottratti dai valori corretti in funzione della galleggiabilità della pesata successiva alla prova del filtro corrispondente, al fine di determinare la massa del PM emesso durante la prova.

8.1.13.2.2. Densità del filtro di campionamento del PM

Filtri di campionamento del PM diversi hanno densità diverse. Deve essere usata la densità nota dei mezzi di campionamento o una delle densità di alcuni mezzi di campionamento comuni come segue:

a) per il vetro di borosilicato rivestito di PTFE, usare una densità del mezzo di campionamento pari a 2 300 kg/m^3;

b) per i mezzi di membrana PTFE (pellicola) con un anello di supporto integrale di polimetilpentene rappresentante il 95 % della massa del mezzo, usare una densità del mezzo di campionamento pari a 920 kg/m^3;

c) per i mezzi di membrana PTFE (pellicola) con un anello di supporto integrale di PTFE, usare una densità del mezzo di campionamento pari a 2 144 kg/m^3.

8.1.13.2.3. Densità dell'aria

Poiché l'ambiente della bilancia del PM deve essere rigorosamente mantenuto a una temperatura ambiente di 295 ± 1 K (22 ± 1 °C) e a un punto di rugiada di 282,5 ± 1 K (9,5 ± 1 °C), la densità dell'aria è determinata principalmente dalla pressione atmosferica. Occorre quindi specificare una correzione della galleggiabilità che rappresenti soltanto una funzione della pressione atmosferica.

8.1.13.2.4. Densità del peso di taratura

Utilizzare la densità dichiarata del materiale del peso di taratura di metallo.

8.1.13.2.5. Calcoli di correzione

Per correggere il filtro di campionamento del PM in funzione della galleggiabilità si usa l'equazione 6-27:

▼M2

$$m_{cor} = m_{uncor} \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{weight}}}{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{media}}} \right) \quad (6\text{-}27)$$

dove:

m_{cor} è la massa del filtro di campionamento del PM corretta in funzione della galleggiabilità

m_{uncor} è la massa del filtro di campionamento del PM non corretta in funzione della galleggiabilità

ρ_{air} è la densità dell'aria nell'ambiente della bilancia

ρ_{weight} è la densità del peso di taratura utilizzato per tarare lo span della bilancia

ρ_{media} è la densità del filtro di campionamento del PM

con

$$\rho_{air} = \frac{p_{abs} \cdot M_{mix}}{R \cdot T_{amb}} \quad (6\text{-}28)$$

dove:

p_{abs} è la pressione assoluta nell'ambiente della bilancia

M_{mix} è la massa molare dell'aria nell'ambiente della bilancia

R è la costante molare del gas

T_{amb} è la temperatura ambiente assoluta nell'ambiente della bilancia

▼B

8.2. Convalida dello strumento per la prova

8.2.1. Convalida del controllo del flusso proporzionale per il campionamento per lotti e del rapporto di diluizione minimo per il campionamento per lotti del PM

8.2.1.1. Criteri di proporzionalità per il CVS

8.2.1.1.1. Flussi proporzionali

Per ogni coppia di flussimetri il campione registrato e le portate totali, o le medie per 1 Hz, devono essere usati per i calcoli statistici di cui all'allegato VII, appendice 3. Deve essere determinato l'errore standard della stima, *SEE*, della portata del campione rispetto alla portata totale. Per ciascun intervallo di prova va dimostrato che il *SEE* era pari o inferiore al 3,5 % della portata media del campione.

8.2.1.1.2. Flussi costanti

Per ciascuna coppia di flussimetri il campione registrato e le portate totali, o le medie per 1 Hz, devono essere usati per dimostrare che ogni portata è costante, ± 2,5 %, rispetto alla rispettiva portata media o a quella desiderata. Invece di registrare la portata di ogni tipo di misuratore è possibile usare una delle seguenti opzioni:

a) opzione del tubo di Venturi a flusso critico: per i tubi di Venturi a flusso critico devono essere usate le condizioni registrate all'ingresso del tubo di Venturi o le rispettive medie per 1 Hz. Deve essere dimostrato che la densità del flusso all'ingresso del tubo di Venturi è costante, ± 2,5 %, rispetto alla densità media o a quella desiderata per ogni intervallo di prova. Per un tubo di Venturi a

▼B

flusso critico del dispositivo CVS ciò può essere provato dimostrando che la temperatura assoluta all'ingresso del tubo di Venturi è costante, ± 4 %, rispetto alla temperatura media o a quella desiderata per ogni intervallo di prova;

b) opzione della pompa volumetrica: devono essere usate le condizioni registrate all'ingresso della pompa o le rispettive medie per 1 Hz. Deve essere dimostrato che la densità del flusso all'ingresso della pompa è costante, ± 2,5 %, rispetto alla densità media o a quella desiderata per ogni intervallo di prova. Per una pompa CVS, ciò può essere provato dimostrando che la temperatura assoluta all'ingresso della pompa è costante, ± 2 %, rispetto alla temperatura media o a quella desiderata per ogni intervallo di prova.

8.2.1.1.3. Dimostrazione del campionamento proporzionale

Per i campioni proporzionali dei lotti come un sacchetto o un filtro antiparticolato, deve essere dimostrato che è stato mantenuto il campionamento proporzionale usando uno dei seguenti metodi. Si noti che fino al 5 % del numero totale di punti di rilevamento possono essere omessi come valori fuori linea.

Affidandosi alla buona pratica ingegneristica deve essere dimostrato con un'analisi ingegneristica che il sistema di controllo del flusso proporzionale garantisce il campionamento proporzionale in tutte le circostanze previste durante la prova. Ad esempio, i CFV possono essere usati sia per il flusso di campionamento che per il flusso totale se è dimostrato che hanno sempre le stesse pressioni e temperature d'ingresso e che operano sempre in condizioni di flusso critico.

I flussi misurati o calcolati e/o le concentrazioni di gas traccianti (ad es. CO_2) devono essere usati per determinare il rapporto di diluizione minimo per ogni campionamento per lotti del PM nell'intervallo di prova.

8.2.1.2. Convalida del sistema di diluizione a flusso parziale

Per controllare un sistema di diluizione a flusso parziale al fine di estrarre un campione dei gas di scarico grezzi è necessaria una risposta rapida del sistema, che è indicata dalla rapidità di reazione del sistema di diluizione a flusso parziale. Il tempo di trasformazione del sistema deve essere determinato secondo la procedura di cui al punto 8.1.8.6.3.2. L'effettivo controllo del sistema di diluizione a flusso parziale deve essere basato sulle condizioni attuali misurate. Se il tempo di trasformazione combinato della misurazione del flusso dei gas di scarico e del sistema a flusso parziale è < 0,3 secondi, deve essere utilizzato il controllo in linea. Se il tempo di trasformazione supera 0,3 secondi, deve essere utilizzato il controllo look-ahead sulla base di un ciclo di prova preregistrato. In questo caso il tempo di salita combinato deve essere ≤ 1 s e il tempo di ritardo combinato ≤ 10 s. La risposta totale del sistema deve assicurare un campione rappresentativo delle particelle, $q_{mp,i}$ (flusso campione del gas di scarico nel sistema di diluizione a flusso parziale), proporzionale alla portata massica dei gas di scarico. Per determinare la proporzionalità deve essere effettuata un'analisi di regressione di $q_{mp,i}$ rispetto a $q_{mew,i}$ (portata massica dei gas di scarico su umido) con una frequenza di acquisizione dei dati di almeno 5 Hz, nel rispetto dei seguenti criteri:

a) Il coefficiente di correlazione 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 % del valore massimo di q_{mp};

c) l'intercetta su q_{mp} della linea di regressione non deve superare il ± 2 % del valore massimo di q_{mp}.

▼B

Se i tempi di trasformazione combinati del sistema per la determinazione del particolato $t_{50,P}$ e del segnale della portata massica dei gas di scarico $t_{50,F}$ sono > 0,3 s è necessario eseguire il controllo look-ahead. In questo caso può essere eseguita una prova preliminare e il segnale della portata massica dei gas di scarico della prova preliminare può essere utilizzato per il controllo del flusso 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}, viene corretta con un tempo look-ahead pari a $t_{50,P} + t_{50,F}$.

Per stabilire la correlazione tra $q_{mp,i}$ e $q_{mew,i}$ devono essere utilizzati i dati rilevati nel corso della prova effettiva, con il tempo $q_{mew,i}$ allineato di $t_{50,F}$ in relazione a $q_{mp,i}$ ($t_{50,P}$ non contribuisce all'allineamento temporale). In altri termini, lo sfasamento temporale tra q_{mew} e q_{mp} è la differenza tra i rispettivi tempi di trasformazione determinati al punto 8.1.8.6.3.2.

8.2.2. Convalida dell'intervallo dell'analizzatore di gas, convalida e correzione della deriva

8.2.2.1. Convalida dell'intervallo

Se in qualsiasi momento durante la prova l'analizzatore ha funzionato a oltre il 100 % del suo intervallo, devono essere eseguite le seguenti operazioni.

8.2.2.1.1. Campionamento per lotti

Per il campionamento per lotti il campione deve essere analizzato nuovamente usando l'intervallo più basso dell'analizzatore risultante in una risposta massima dello strumento al di sotto del 100 %. Il risultato è quello ottenuto dall'intervallo più basso in cui l'analizzatore funziona al di sotto del 100 % del suo intervallo per tutta la prova.

8.2.2.1.2. Campionamento continuo

Per il campionamento continuo si ripete tutta la prova usando il successivo intervallo più alto dell'analizzatore. Se l'analizzatore funziona di nuovo al di sopra del 100 % del suo intervallo, la prova deve essere ripetuta usando il successivo intervallo più alto. La prova deve essere ripetuta finché l'analizzatore arriva a funzionare al di sotto del 100 % del suo intervallo per tutta la prova.

8.2.2.2. Convalida e correzione della deriva

Se la deriva è pari a ± 1 %, i dati possono essere accettati con o senza correzione. Se la deriva è superiore a ± 1 %, devono essere calcolate due serie di risultati delle emissioni specifiche al banco frenato per ogni inquinante con un valore limite specifico al banco frenato e per CO_2, oppure la prova deve essere invalidata. Una serie deve essere calcolata usando i dati prima della correzione della deriva e un'altra serie di dati deve essere calcolata dopo la correzione di tutti i dati tenendo conto della deriva conformemente all'allegato VII, punto 2.6 e appendice 1. Il raffronto va fatto come valore percentuale dei risultati non corretti. La differenza tra i valori non corretti e i valori corretti delle emissioni specifiche al banco frenato deve corrispondere a ± 4 % dei valori non corretti delle emissioni specifiche al banco frenato oppure del valore limite delle emissioni, se superiore. In caso contrario l'intera prova è invalidata.

8.2.3. Per condizionamento e taratura del mezzo di campionamento del PM (ad es., filtri)

Prima di una prova delle emissioni devono essere eseguite le seguenti operazioni per preparare il mezzo usato come filtro di campionamento del PM e l'apparecchiatura di misurazione del PM.

▼B

8.2.3.1. Verifiche periodiche

È necessario assicurare che gli ambienti della bilancia e di stabilizzazione del PM superino le verifiche periodiche di cui al punto 8.1.12. Il filtro di riferimento va pesato subito prima della pesata dei filtri di prova in modo da stabilire un punto di riferimento appropriato (cfr. dettagli della procedura al punto 8.1.12.1). La verifica della stabilità dei filtri di riferimento va effettuata dopo il periodo di stabilizzazione successivo alla prova, immediatamente prima della pesata successiva alla prova.

8.2.3.2. Ispezione visiva

I filtri di campionamento non utilizzati devono essere ispezionati visivamente per individuare eventuali difetti. I filtri difettosi vanno scartati.

8.2.3.3. Messa a terra

Per manipolare i filtri antiparticolato devono essere usate pinze a massa o un bracciale antistatico come descritto al punto 9.3.4.

8.2.3.4. Mezzi di campionamento non usati

I mezzi di campionamento non usati devono essere riposti in uno o più contenitori che siano aperti all'ambiente di stabilizzazione del PM. Se sono usati dei filtri, possono essere riposti nella metà inferiore di una cassetta portafiltri.

8.2.3.5. Stabilizzazione

I mezzi di campionamento devono essere stabilizzati nell'ambiente di stabilizzazione del PM. Un mezzo di campionamento non usato può essere considerato stabilizzato se è rimasto nell'ambiente di stabilizzazione del PM per almeno 30 minuti, durante i quali le condizioni dell'ambiente di stabilizzazione sono rimaste conformi alle specifiche di cui al punto 9.3.4. ►**M2** Se tuttavia si prevede una massa del PM pari o superiore a 400 µg, i mezzi di campionamento devono essere stabilizzati per almeno 60 minuti. ◄

8.2.3.6. Pesata

I mezzi di campionamento devono essere pesati automaticamente o manualmente nel modo descritto di seguito:

a) per la pesata automatica, seguire le istruzioni del costruttore del sistema di automazione per preparare i campioni per la pesata; ciò può eventualmente richiedere che i campioni siano riposti in contenitori speciali;

b) per la pesata manuale, affidarsi alla buona pratica ingegneristica;

c) alternativamente è consentita la pesata per sostituzione (cfr. punto 8.2.3.10);

d) dopo la pesata, riporre il filtro nella capsula di Petri e coprirlo..

8.2.3.7. Correzione in funzione della galleggiabilità

Il peso misurato deve essere corretto in funzione della galleggiabilità conformemente al punto 8.1.13.2.

8.2.3.8. Ripetizione

Le misurazioni della massa del filtro possono essere ripetute per determinare la massa media del filtro secondo la buona pratica ingegneristica e per escludere valori fuori linea dal calcolo della media.

▼B

8.2.3.9. Taratura

I filtri non usati che sono stati pesati e tarati devono essere caricati in cassette portafiltri pulite e le cassette cariche devono essere poste in un contenitore coperto o sigillato prima di essere portate nella camera di prova per il campionamento.

8.2.3.10. Pesata per sostituzione

La pesata per sostituzione è un'opzione e, se usata, comprende la misurazione di un peso di riferimento prima e dopo ogni pesata di un mezzo di campionamento del PM (ad es. filtro). Sebbene la pesata per sostituzione richieda più misurazioni, essa corregge la deriva dello zero della bilancia e dipende dalla linearità della bilancia solo per un piccolo intervallo. Questo metodo è appropriato se si quantificano masse totali del PM inferiori allo 0,1 % della massa del mezzo di campionamento. Tuttavia potrebbe essere inappropriato se le masse totali del PM sono superiori all'1 % della massa del mezzo di campionamento. Se si usa la pesata per sostituzione, essa deve essere usata per la pesata prima e dopo la prova. Lo stesso peso di sostituzione è usato per la pesata prima e dopo la prova. La massa del peso di sostituzione deve essere corretta in funzione della galleggiabilità se la densità del peso di sostituzione è inferiore a 2,0 g/cm^3. La seguente procedura è un esempio di pesata per sostituzione:

a) usare pinze a massa o un bracciale antistatico come descritto al punto 9.3.4.6;

b) utilizzare un neutralizzatore statico come descritto al punto 9.3.4.6 per minimizzare la carica di elettricità statica su qualsiasi oggetto prima che esso sia posato sulla bilancia;

c) selezionare un peso di sostituzione conforme alle specifiche dei pesi di taratura di cui al punto 9.5.2. Il peso di sostituzione deve avere la stessa densità del peso usato per tarare lo span della microbilancia e deve avere una massa simile ad un mezzo di campionamento non utilizzato (ad es. filtro). Se vengono usati dei filtri, la massa del peso deve corrispondere a circa (80-100) mg per i filtri tipici da 47 mm di diametro;

d) registrare l'indicazione stabile della bilancia e quindi rimuovere il peso di taratura;

e) pesare un mezzo di campionamento non usato (ad es. un filtro nuovo) e registrare l'indicazione stabile della bilancia; registrare inoltre il punto di rugiada dell'ambiente della bilancia, la temperatura ambiente e le pressione atmosferica;

f) pesare nuovamente il peso di taratura e registrare l'indicazione stabile della bilancia;

g) calcolare la media aritmetica delle due letture del peso di taratura che sono state registrate immediatamente prima e dopo la pesata del campione non usato. Sottrarre il valore medio dalla lettura del campione non usato, poi aggiungere la massa effettiva del peso di taratura come indicato sul certificato del peso di taratura. Registrare il risultato. Questo è il peso tarato del campione non usato senza la correzione in funzione della galleggiabilità;

h) ripetere queste fasi di pesata per sostituzione per i rimanenti mezzi di campionamento non usati;

i) una volta completata la pesata, seguire le istruzioni di cui ai paragrafi da 8.2.3.7 a 8.2.3.9 del presente punto.

▼B

8.2.4. Condizionamento e pesata del campione di PM successiva alla prova

I filtri di campionamento del PM usati vanno inseriti in un contenitore coperto o sigillato oppure il portafiltri deve essere chiuso per proteggere i filtri campione dalla contaminazione ambientale. Così protetti, i filtri carichi devono essere riportati nella camera di condizionamento del filtro antiparticolato. Poi i filtri di campionamento del PM vanno condizionati e ponderati di conseguenza.

8.2.4.1. Verifiche periodiche

È necessario assicurare che gli ambienti di pesata e di stabilizzazione del PM abbiano superato le verifiche periodiche di cui al punto 8.1.13.1. Una volta completata la prova i filtri devono essere restituiti all'ambiente di pesata e di stabilizzazione del PM. L'ambiente di pesata e di stabilizzazione del PM deve soddisfare le condizioni ambientali di cui al punto 9.3.4.4, oppure i filtri di prova devono essere lasciati coperti fino al soddisfacimento dei rispettivi requisiti.

8.2.4.2. Rimozione dai contenitori sigillati

Nell'ambiente di stabilizzazione del PM, i campioni di PM devono essere rimossi dai contenitori sigillati. I filtri possono essere rimossi dalla cassetta prima o dopo la stabilizzazione. Quando si rimuove il filtro da una cassetta, la metà superiore della cassetta deve essere separata dalla metà inferiore usando un apposito separatore.

8.2.4.3. Messa a terra elettrica

Per manipolare i campioni di PM devono essere usate pinzette a massa o un bracciale antistatico come descritto al punto 9.3.4.5.

8.2.4.4. Ispezione visiva

I campioni di PM raccolti e i relativi mezzi usati come filtri di campionamento devono essere ispezionati visivamente. Se le condizioni del filtro o del campione di PM raccolto appaiono compromesse o se il particolato viene in contatto con superfici diverse dal filtro, il campione non può essere usato per determinare le emissioni di particolato. In caso di contatto con un'altra superficie, quest'ultima deve essere pulita prima di procedere.

8.2.4.5. Stabilizzazione dei campioni di PM

Per essere stabilizzati i campioni di PM devono essere riposti in uno o più contenitori che siano aperti all'ambiente di stabilizzazione del PM di cui al punto 9.3.4.3. Un campione di PM è stabilizzato se è rimasto nell'ambiente di stabilizzazione del PM per uno dei periodi di tempo indicati di seguito e se in tale periodo di tempo le condizioni dell'ambiente di stabilizzazione sono rimaste conformi alle specifiche di cui al punto 9.3.4.3:

a) se si prevede che la concentrazione totale in superficie del PM sia superiore a 0,353 μg/mm^2, per un carico ipotetico di 400 μg su un'area della macchia del filtro di diametro di 38 mm, il filtro deve essere esposto all'ambiente di stabilizzazione per almeno 60 minuti prima della pesata;

b) se si prevede che la concentrazione totale in superficie del PM sia inferiore a 0,353 μg/mm^2, il filtro deve essere esposto all'ambiente di stabilizzazione per almeno 30 minuti prima della pesata;

c) se la concentrazione totale in superficie del PM prevista durante la prova non è nota, il filtro deve essere esposto all'ambiente di stabilizzazione per almeno 60 minuti prima della pesata.

▼B

8.2.4.6. Determinazione della massa del filtro successiva alla prova

Le procedure di cui al punto 8.2.3 devono essere ripetute (punti da 8.2.3.6 a 8.2.3.9) per determinare la massa del filtro successiva alla prova.

8.2.4.7. Massa totale

Ogni massa di taratura del filtro corretta in funzione della galleggiabilità è sottratta dalla rispettiva massa del filtro successiva alla prova corretta in funzione della galleggiabilità. Il risultato è la massa totale, m_{total}, che deve essere usata nei calcoli delle emissioni di cui all'allegato VII.

9. **Strumenti di misurazione**

9.1. Specifica del dinamometro

9.1.1. Lavoro dell'albero

Deve essere usato un dinamometro con caratteristiche appropriate all'esecuzione del ciclo di lavoro applicabile, inclusa la capacità di soddisfare i criteri appropriati di convalida del ciclo. Possono essere usare i seguenti dinamometri:

a) dinamometro a correnti parassite o a freno idraulico;

b) dinamometro a corrente alternata o a corrente continua;

c) uno o più dinamometri.

9.1.2. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC)

Per la misurazione della coppia possono essere usate celle di carico o torsiometri in linea.

Quando si usa una cella di carico, il segnale di coppia deve essere trasferito all'asse del motore considerando l'inerzia del dinamometro. La coppia effettiva del motore è quella rilevata sulla cella di carico sommata al momento d'inerzia del freno e moltiplicata per l'accelerazione angolare. Il sistema di controllo deve effettuare questo calcolo in tempo reale.

9.1.3. Accessori del motore

È necessario tenere conto del lavoro degli accessori del motore necessari per la distribuzione del carburante, la lubrificazione o il riscaldamento del motore, la distribuzione del liquido refrigerante al motore o il funzionamento dei sistemi di post-trattamento dei gas di scarico; tali accessori devono essere installati conformemente alle disposizioni del punto 6.3.

9.1.4. Supporto del motore e sistema di trasmissione della potenza (categoria NRSh)

Se necessari al fine di testare correttamente un motore della categoria NRSh, devono essere utilizzati il supporto del motore per la prova al banco e il sistema di trasmissione della potenza da collegare al sistema di rotazione del dinamometro specificati dal costruttore.

9.2. Procedura di diluizione (se pertinente)

9.2.1. Condizioni di diluizione e concentrazioni di fondo

I componenti gassosi possono essere misurati grezzi o diluiti, mentre la misurazione del PM richiede generalmente la diluizione. La diluizione può essere realizzata mediante un sistema di diluizione a flusso parziale o pieno. Se viene fatto ricorso alla diluizione, i gas di scarico possono essere diluiti con aria ambiente, aria sintetica o azoto. Per la misurazione delle emissioni gassose la temperatura del diluente deve essere di almeno 288 K (15 °C). Per il campionamento del PM la temperatura del diluente è specificata al punto 9.2.2 per il CVS e al punto 9.2.3 per la PFD con un rapporto di diluizione variabile. La capacità di flusso del sistema di diluizione deve essere sufficientemente elevata da eliminare completamente la

▼B

condensazione dell'acqua nei sistemi di diluizione e campionamento. Se l'umidità dell'aria è elevata, è ammessa la deumidificazione dell'aria di diluizione prima dell'ingresso nel sistema di diluizione. Le pareti del tunnel di diluizione, nonché le tubature del flusso complessivo a valle del tunnel, possono essere riscaldate o isolate in modo da impedire la precipitazione di costituenti del gas contenenti acqua dalla forma gassosa a quella liquida («condensazione dell'acqua»).

Prima di mescolare il diluente con i gas di scarico, esso può essere precondizionato aumentando o diminuendo la sua temperatura o umidità. Si possono rimuovere componenti dal diluente in modo da ridurne le concentrazioni di fondo. Per rimuovere componenti o per tenere conto delle concentrazioni di fondo devono essere applicate le seguenti disposizioni:

a) le concentrazioni dei componenti nel diluente possono essere misurate e compensate per gli effetti di fondo sui risultati della prova. per i calcoli della compensazione delle concentrazioni di fondo cfr. l'allegato VII;

b) per la misurazione di emissioni di inquinanti gassosi e particolato inquinante di fondo sono ammesse le seguenti modifiche ai requisiti di cui ai punti 7.2, 9.3 e 9.4:

   i) non è richiesto l'uso del campionamento proporzionale;

   ii) possono essere usati sistemi di campionamento non riscaldati;

   iii) può essere usato il campionamento continuo anche se si utilizza il campionamento per lotti per le emissioni diluite;

   iv) può essere usato il campionamento per lotti anche se si utilizza il campionamento continuo per le emissioni diluite;

c) per tenere conto del PM di fondo sono disponibili le seguenti opzioni:

▼M2

   i) per rimuovere il PM di fondo, filtrare il diluente con filtri antiparticolato ad alta efficienza (HEPA) che presentano un'efficienza iniziale di rimozione del particolato di almeno il 99,97 % (cfr. articolo 1, paragrafo 19, per le procedure relative alle efficienze di filtraggio HEPA);

▼B

   ii) per correggere il PM di fondo senza filtraggio HEPA, il PM di fondo non deve costituire più del 50 % del PM netto raccolto sul filtro di campionamento;

   iii) la correzione del PM di fondo netto con il filtraggio HEPA è consentita senza limitazioni della pressione.

9.2.2. Sistema a flusso pieno

Diluizione a flusso pieno; campionamento a volume costante (CVS). Il flusso pieno dei gas di scarico grezzo è diluito in un tunnel di diluizione. È possibile mantenere costante un flusso mantenendo entro i limiti la temperatura e la pressione del flussimetro. Un flusso non costante deve essere misurato direttamente in modo da consentire il campionamento proporzionale. Il sistema deve essere progettato nel modo seguente (cfr. figura 6.6.):

a) utilizzare un tunnel di diluizione con superfici interne di acciaio inossidabile e collegarlo interamente a massa. In alternativa è possibile utilizzare materiali non conduttori per le categorie di motori che non sono oggetto di limitazioni di PM o di PN;

▼B

b) la contropressione dei gas di scarico non deve essere abbassata artificialmente dal sistema di immissione dell'aria di diluizione. Mantenere la pressione statica nel punto in cui i gas di scarico grezzi sono introdotti nel tunnel a ±1,2 kPa di pressione atmosferica;

c) per agevolare la miscelazione, introdurre i gas di scarico grezzi nel tunnel dirigendolo verso valle lungo la linea centrale del tunnel. Per minimizzare l'interazione dei gas di scarico con le pareti del tunnel è possibile introdurre radialmente una porzione di aria di diluizione dalla superficie interna del tunnel;

d) diluente: per il campionamento del PM mantenere la temperatura dei diluenti (aria ambiente, aria sintetica o azoto come indicato al punto 9.2.1) tra 293 e 325 K (20-52 °C) in stretta prossimità dell'entrata del tunnel di diluizione.

e) il numero di Reynolds, *Re*, deve essere almeno pari a 4 000 per il flusso dei gas di scarico diluiti, dove *Re* è basato sul diametro interno del tunnel di diluizione. Per una definizione di *Re* cfr. l'allegato VII. Eseguire la verifica della corretta miscelazione mentre il gas attraversa una sonda di campionamento, posta trasversalmente al diametro del tunnel, verticalmente e orizzontalmente. Se la risposta dell'analizzatore indica una deviazione superiore a ±2 % della concentrazione media misurata, far funzionare il CVS a una portata maggiore oppure installare una piastra o un orifizio di miscelazione per migliorare la miscelazione;

f) precondizionamento per la misurazione del flusso: i gas di scarico diluiti possono essere condizionati prima di misurarne la portata, purché tale condizionamento sia eseguito a valle delle sonde di campionamento riscaldate dell'HC o del PM usando:

   i) un raddrizzatore, un ammortizzatore di pulsazioni oppure entrambi;

   ii) un filtro;

   iii) uno scambiatore di calore per controllare la temperatura a monte di un flussimetro, purché siano prese misure per evitare la condensazione dell'acqua;

g) condensazione dell'acqua: la condensazione dell'acqua è una funzione dell'umidità, della pressione, della temperatura e delle concentrazioni di altri componenti quali l'acido solforico. Tali parametri variano in funzione dell'umidità dell'aria di alimentazione del motore, dell'umidità dell'aria di diluizione, del rapporto aria/carburante del motore — inclusa la quantità di idrogeno e di zolfo nel carburante.

   Per garantire che sia misurato un flusso corrispondente a una concentrazione misurata esistono due possibilità: evitare la condensazione dell'acqua tra la sonda di campionamento e l'ingresso del flussimetro nel tunnel di diluizione oppure permettere la condensazione dell'acqua e misurare l'umidità all'ingresso del flussimetro. Per evitare la condensazione dell'acqua è possibile riscaldare o isolare le pareti del tunnel di diluizione o le tubazioni del flusso complessivo a valle del tunnel. La condensazione dell'acqua deve essere impedita in tutto il tunnel di diluizione. Alcuni componenti dei gas di scarico possono essere diluiti o eliminati dalla presenza di umidità.

▼M2

Per il campionamento del PM il flusso già proporzionale in arrivo dal CVS passa attraverso (una o più) diluizioni secondarie fino a ottenere il rapporto di diluizione globale necessario di cui alla figura 6.7 e al punto 9.2.3.2;

▼B

h) il rapporto di diluizione minimo deve rientrare nell'intervallo tra 5:1 e 7:1 e deve essere almeno 2:1 per la fase di diluizione primaria sulla base della portata massima dei gas di scarico del motore durante il ciclo o l'intervallo di prova;

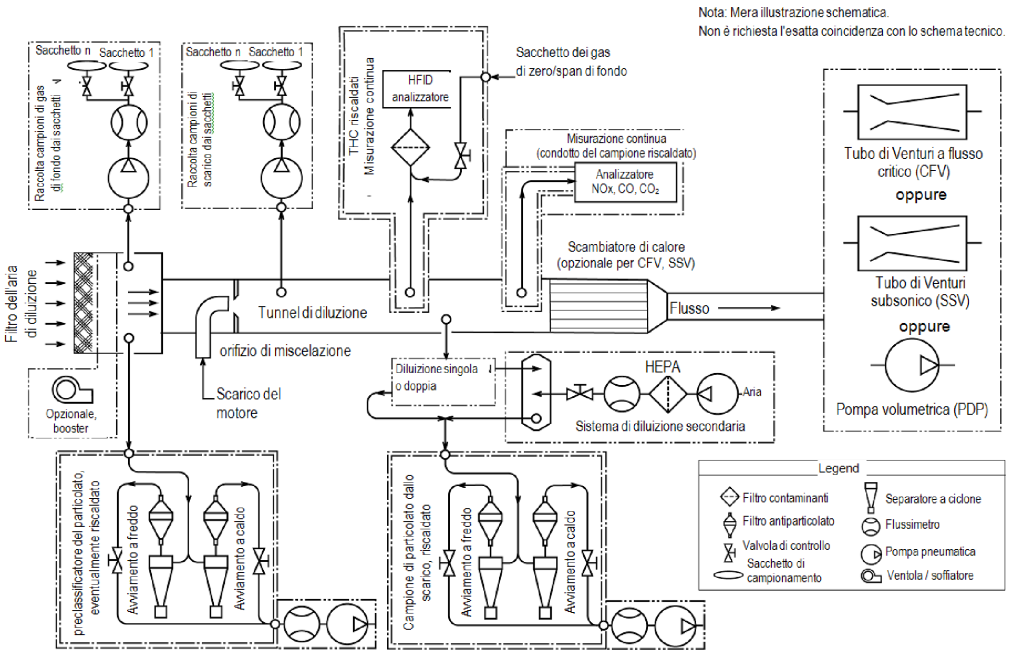
i) il tempo globale di permanenza nel sistema deve essere tra 0,5 e 5 secondi, come misurato dal punto di introduzione del diluente fino ai portafiltri;

j) il tempo di permanenza nel sistema di diluizione secondaria deve essere di almeno 0,5 secondi, come misurato dal punto di introduzione del diluente secondario fino ai portafiltri.

Per determinare la massa del particolato, utilizzare un sistema di campionamento del particolato, un filtro di campionamento del particolato, una bilancia gravimetrica e una camera di pesata a temperatura e umidità controllate.

Figura 6.6

Esempi di configurazione del campionamento con diluizione a flusso pieno



9.2.3. Sistema di diluizione a flusso parziale (PFD)

9.2.3.1. Descrizione del sistema a flusso parziale

La figura 6.7 illustra lo schema di un sistema PFD. Si tratta di uno schema generale che illustra i principi di estrazione del campione, di diluizione e di campionamento del PM. Con ciò non si intende indicare che tutti i componenti descritti nella figura sono necessari per altri sistemi di campionamento possibili che soddisfino l'obiettivo della raccolta del campione. Sono permesse altre configurazioni che non corrispondono a questo schema, purché siano destinate alla raccolta del campione, alla diluizione e al campionamento del PM. ►**M2** Esse devono soddisfare altri criteri di cui ai punti 8.1.8.6 (taratura periodica) e 8.2.1.2 (convalida) per la diluizione variabile PFD, e di cui al punto 8.1.4.5 e alla tabella 6.5 (verifica della linearità) e al punto 8.1.8.5.7 (verifica) per la diluizione costante PFD. ◄

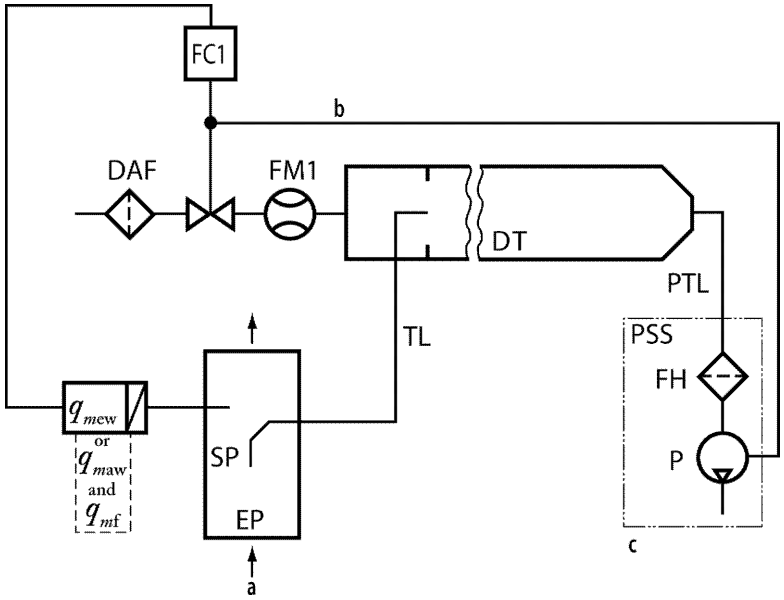
▼B

Come indicato nella figura 6.7, i gas di scarico grezzi o il flusso diluito primario sono trasferiti dal tubo di scarico EP o dal CVS, rispettivamente, al tunnel di diluizione DT mediante la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TL. Il flusso totale attraverso il tunnel viene regolato con il controllore di flusso e la pompa di campionamento P del sistema di campionamento del particolato (PSS). Per il campionamento proporzionale dei gas di scarico grezzi il flusso dell'aria di diluizione è controllato dal controllore del flusso FC1, che può usare q_{mew} (portata massica del gas di scarico su umido) o q_{maw} (portata massica dell'aria di aspirazione su umido) e q_{mf} (portata massica del carburante) come segnali di comando per la divisione desiderata dei gas di scarico. Il flusso del campione verso il tunnel di diluizione DT è dato dalla differenza tra il flusso totale e il flusso dell'aria di diluizione. La portata dell'aria di diluizione viene misurata con il dispositivo di misurazione del flusso FM1, mentre la portata totale con il dispositivo di misurazione della portata del sistema di campionamento del particolato. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base a queste due portate. Per il campionamento con un rapporto di diluizione costante dei gas di scarico grezzi o diluiti rispetto al flusso dei gas di scarico (ad es., diluizione secondaria per il campionamento del PM), la portata dell'aria di diluizione è generalmente costante e controllata dal controllore di flusso FC1 o dalla pompa dell'aria di diluizione.

L'aria di diluizione (aria ambiente, aria sintetica o azoto) deve essere filtrata con un filtro antiparticolato ad alta efficienza (HEPA).

Figura 6.7

Schema del sistema di diluizione a flusso parziale (tipo a campionamento totale)



a = gas di scarico del motore o flusso diluito primario

b = facoltativo

c = campionamento del PM

Componenti della figura 6.7:

DAF: filtro dell'aria di diluizione

DT: tunnel di diluizione o sistema di diluizione secondaria

EP: tubo di scarico o sistema di diluizione secondaria

▼B

FC1: controllore di flusso

FH: portafiltri

FM1: flussimetro che misura la portata dell'aria di diluizione

P: pompa di campionamento

PSS: sistema di campionamento del PM

PTL: condotto di trasferimento del PM

SP: sonda di campionamento dei gas di scarico grezzi o diluiti

TL: condotto di trasferimento

Portate massiche applicabili solo al campionamento proporzionale PFD dei gas di scarico grezzi:

q_{mew} è la portata massica del gas di scarico su umido

q_{maw} è la portata massica dell'aria di aspirazione (su umido)

q_{mf} è la portata massica del carburante

9.2.3.2. Diluizione

La temperatura dei diluenti (aria ambiente, aria sintetica o azoto come indicato al punto 9.2.1) deve essere mantenuta tra 293 e 325 K (20-52 °C) in stretta prossimità dell'ingresso del tunnel di diluizione.

È consentito deumidificare l'aria di diluizione prima di farla entrare nel sistema di diluizione. Il sistema di diluizione a flusso parziale deve essere progettato in modo da prelevare un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi dal flusso dei gas di scarico del motore, rispondendo quindi alle escursioni della portata dei gas di scarico, e da introdurre l'aria di diluizione nel campione in modo da raggiungere una temperatura al filtro di prova conforme alle disposizioni del punto 9.3.3.4.3. A tal fine è essenziale determinare il rapporto di diluizione in modo da soddisfare i requisiti di accuratezza di cui al punto 8.1.8.6.1.

Per garantire che sia misurato un flusso corrispondente a una concentrazione misurata esistono due possibilità: evitare la condensazione dell'acqua tra la sonda di campionamento e l'ingresso del flussimetro nel tunnel di diluizione oppure permettere la condensazione dell'acqua e misurare l'umidità all'ingresso del flussimetro. Il sistema PFD può essere riscaldato o isolato in modo da evitare la condensazione dell'acqua. La condensazione dell'acqua deve essere impedita in tutto il tunnel di diluizione.

Il rapporto di diluizione minimo deve rientrare nell'intervallo tra 5:1 e 7:1 sulla base della portata massima dei gas di scarico del motore durante il ciclo o l'intervallo di prova.

Il tempo globale di permanenza nel sistema deve essere tra 0,5 e 5 secondi, come misurato dal punto di introduzione del diluente fino ai portafiltri.

Per determinare la massa del particolato, utilizzare un sistema di campionamento del particolato, un filtro di campionamento del particolato, una bilancia gravimetrica e una camera di pesata a temperatura e umidità controllate.

▼B

9.2.3.3. Applicabilità

Il PFD può essere usato per estrarre un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi per ogni tipo di campionamento continuo o per lotti delle emissioni e del PM in ogni ciclo di lavoro transitorio, stazionario o modale con rampe di transizione.

▼M2

Il sistema può essere usato anche per gas di scarico precedentemente diluiti in cui, mediante un rapporto di diluizione costante, viene diluito un flusso già proporzionale (cfr. figura 6.7). In questo modo si esegue una diluizione secondaria da un tunnel CVS al fine di ottenere il rapporto di diluizione globale necessario per il campionamento del PM.

▼B

9.2.3.4. Taratura

La taratura del PFD per estrarre un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi è descritta al punto 8.1.8.6.

9.3. Procedure di campionamento

9.3.1. Requisiti generali di sicurezza

9.3.1.1. Progettazione e costruzione della sonda

La sonda è il primo raccordo in un sistema di campionamento. Essa s'inserisce in un flusso di gas di scarico grezzi o diluiti per estrarre un campione e le sue superfici interne ed esterne sono in contatto con il gas di scarico. Il campione è trasferito dalla sonda a un condotto di trasferimento.

Le sonde di campionamento devono essere costruite con superfici interne di acciaio inossidabile oppure, per il campionamento dei gas di scarico grezzi, con qualsiasi materiale non reattivo in grado di resistere alla temperature dei gas di scarico grezzi. Le sonde di campionamento vanno ubicate nel punto in cui vengono mescolati i componenti alla concentrazione media di campionamento e in cui è minima l'interferenza con altre sonde. Le sonde non devono subire influenze da strati confinanti, scie e turbolenze, in particolare nelle vicinanze dell'uscita di un condotto di scarico dei gas grezzi dove potrebbe avvenire una diluizione non intenzionale. Lo spurgo di una sonda non deve influenzare altre sonde durante la prova. È possibile usare un'unica sonda per estrarre un campione di diversi componenti, purché la sonda soddisfi tutte le specifiche per ogni componente.

9.3.1.1.1. Miscelatore (categoria NRSh)

Se consentito dal costruttore, per le prove di motori della categoria NRSh è possibile utilizzare un miscelatore. Il miscelatore è un componente opzionale di un sistema di campionamento di gas grezzi ed è situato nel sistema di scarico tra il silenziatore e la sonda di campionamento. La forma e le dimensioni del miscelatore e delle tubature in entrata e in uscita devono essere tali da fornire un campione ben miscelato e omogeneo all'altezza della sonda del campione e da evitare pulsazioni forti o risonanze del miscelatore che potrebbero avere un effetto sull'esito delle emissioni.

9.3.1.2. Condotti di trasferimento

La lunghezza dei condotti di trasferimento che trasportano il campione estratto dalla sonda all'analizzatore, al dispositivo di stoccaggio o al sistema di diluizione deve essere ridotta al minimo; a tal fine gli analizzatori, i dispositivi di stoccaggio e i sistemi di diluizione devono essere posizionati il più vicino possibile alle sonde. Il numero di curve dei condotti di trasferimento deve essere ridotto al minimo e il raggio delle curve che non possono essere evitate deve essere il più ampio possibile.

▼B

9.3.1.3. Modalità di campionamento

Per il campionamento continuo e per lotti di cui al punto 7.2, si applicano le seguenti condizioni:

a) se l'estrazione avviene da una portata costante, anche il campionamento deve essere eseguito a una portata costante;

b) se l'estrazione avviene a una portata variabile, anche la portata di campionamento deve variare proporzionalmente alla portata variabile;

c) il campionamento proporzionale deve essere convalidato conformemente alle disposizioni del punto 8.2.1.

9.3.2. Campionamento dei gas

9.3.2.1. Sonde di campionamento

Per il campionamento delle emissioni gassose si usano sonde a ingresso unico o multiplo. Le sonde possono essere orientate in qualsiasi direzione rispetto al flusso dei gas di scarico grezzi o diluiti. Per alcune sonde occorre controllare le temperature del campione nel modo seguente:

a) per le sonde che estraggono NO_x dai gas di scarico diluiti la temperatura della parete della sonda deve essere regolata in modo da prevenire la condensazione dell'acqua;

b) per le sonde che estraggono idrocarburi dai gas di scarico diluiti, è consigliabile che la temperatura della parete della sonda sia regolata a circa 191 °C in modo da ridurre al minimo la contaminazione.

9.3.2.1.1. Miscelatore (categoria NRSh)

►M2 Se usato in conformità al punto 9.3.1.1.1, il volume interno del miscelatore non deve essere inferiore a dieci volte la cilindrata per singolo cilindro del motore sottoposto a prova. ◄ Il miscelatore deve essere collegato il più vicino possibile al silenziatore del motore deve avere una temperatura minima della superficie interna pari a 452 K (179 °C). Il miscelatore può essere progettato secondo le specifiche del costruttore.

9.3.2.2. Condotti di trasferimento

Devono essere utilizzati condotti di trasferimento con superfici interne di acciaio inossidabile, PTFE, Viton™ o qualsiasi altro materiale che abbia proprietà migliori per il campionamento delle emissioni. Va usato un materiale non reattivo in grado di resistere alle temperature dei gas di scarico. Possono essere usati filtri in linea se il filtro e il portafiltri soddisfano gli stessi requisiti di temperatura dei condotti di trasferimento, come segue:

a) per le linee di trasferimento degli NO_x a monte di un convertitore NO_2/NO che soddisfa i requisiti di cui al punto 8.1.11.5 o di un refrigerante che soddisfa i requisiti di cui al punto 8.1.11.4, mantenere una temperatura del campione che impedisca la condensazione dell'acqua;

▼M2

b) per i condotti di trasferimento THC, mantenere lungo tutta la linea una tolleranza delle temperature delle pareti di (464 ± 11) K [(191 ± 11) °C]. Se il campionamento avviene dai gas di scarico grezzi, è possibile collegare direttamente alla sonda un condotto di trasferimento isolato e non riscaldato. La lunghezza e l'isolamento del condotto di trasferimento devono essere progettati in modo da raffreddare la temperatura più alta prevista dei

▼M2

gas di scarico grezzi a una temperatura non inferiore a 191 °C, misurata all'uscita del condotto di trasferimento. Per il campionamento con diluizione è consentita una zona di transizione tra la sonda e il condotto di trasferimento fino a una lunghezza di 0,92 m per portare la temperatura della parete a (464 ± 11) K [(191 ± 11) °C].

▼B

9.3.2.3. Componenti del condizionamento del campione

9.3.2.3.1. Essiccatori del campione

9.3.2.3.1.1. Requisiti

Gli essiccatori del campione possono essere utilizzati per rimuovere l'umidità dal campione al fine di ridurre gli effetti dell'acqua sulle misurazioni delle emissioni gassose. Gli essiccatori del campione devono soddisfare i requisiti di cui al punto 9.3.2.3.1.1 e al punto 9.3.2.3.1.2. Nell'equazione 7-13 è usato un tenore di umidità pari allo 0,8 % in volume.

▼M2

Per la concentrazione più alta prevista di vapore acqueo H_m, la tecnica di rimozione dell'acqua deve mantenere l'umidità a ≤ 5 g acqua/kg aria secca (o circa lo 0,8 % in volume di H_2O), che corrisponde al 100 % di umidità relativa a 277,1 K (3,9 °C) e 101,3 kPa. Questa specifica dell'umidità equivale a un'umidità relativa del 25 % a 298 K (25 °C) e 101,3 kPa. Ciò può essere dimostrato:

a) misurando la temperatura all'uscita dell'essiccatore del campione; o

b) misurando l'umidità in un punto direttamente a monte del CLD; o

c) applicando la procedura di verifica di cui al punto 8.1.12.

▼B

9.3.2.3.1.2. Tipi di essiccatori del campione consentiti e procedure per stimare il tenore di umidità dopo il passaggio nell'essiccatore

Possono essere utilizzati entrambi i tipi di essiccatore del campione descritti al presente punto.

a) Se è usato un essiccatore a membrana osmotica, a monte di qualsiasi analizzatore di gas o dispositivo di stoccaggio, esso deve rispettare le specifiche relative alla temperatura di cui al punto 9.3.2.2. Il punto di rugiada, T_{dew}, e la pressione assoluta, p_{total}, a valle di un essiccatore a membrana osmotica devono essere monitorati. La quantità di acqua deve essere calcolata come specificato all'allegato VII usando i valori registrati continuamente di T_{dew} e p_{total}, i loro valori di picco osservati durante una prova oppure i loro valori preimpostati (set point) di allarme. In assenza di una misurazione diretta il p_{total} nominale è dato dalla pressione assoluta più bassa dell'essiccatore prevista durante la prova.

b) Non è consentito usare un dispositivo di raffreddamento termico a monte di un sistema di misurazione dei THC per i motori ad accensione spontanea. Se si usa un dispositivo di raffreddamento termico a monte di un convertitore NO_2/NO o in un sistema di campionamento senza convertitore NO_2/NO, tale dispositivo deve superare il controllo di perdita delle prestazioni NO_2 di cui al punto 8.1.11.4. Il punto di rugiada, T_{dew}, e la pressione assoluta, p_{total}, a valle di un dispositivo di raffreddamento termico devono essere monitorati. La quantità di acqua deve essere

▼B

calcolata come specificato all'allegato VII usando i valori registrati continuamente di T_{dew} e p_{total}, i loro valori di picco osservati durante una prova oppure i loro valori preimpostati (set point) di allarme. In assenza di una misurazione diretta il p_{total} nominale è dato dalla pressione assoluta più bassa del dispositivo di raffreddamento termico prevista durante la prova. Se è possibile formulare un'ipotesi valida relativa al grado di saturazione nel dispositivo di raffreddamento termico,T_{dew}, è possibile calcolare $T_{chiller}$ in base all'efficienza nota del dispositivo di raffreddamento e al monitoraggio continuo della temperatura del dispositivo. Se i valori di $T_{chiller}$ non sono registrati in modo continuo, il suo valore massimo osservato durante una prova, oppure il suo valore preimpostato (set point) di allarme, può essere usato come valore costante per determinare una quantità costante d'acqua conformemente all'allegato VII. Se è valido ipotizzare che $T_{chiller}$ è uguale a T_{dew}, allora $T_{chiller}$ può essere usato al posto di T_{dew} conformemente all'allegato VII. Se è valido ipotizzare uno scarto di temperatura costante tra $T_{chiller}$ e T_{dew} dovuto a una quantità nota e fissa di riscaldamento del campione tra l'uscita del dispositivo di raffreddamento e il punto di misurazione della temperatura, è possibile tenere conto di questo presunto scarto di temperatura nei calcoli delle emissioni. La validità di una qualsiasi delle ipotesi consentite al presente punto deve essere dimostrata mediante un'analisi ingegneristica o comprovata da dati.

9.3.2.3.2. Pompe di campionamento

Devono essere usate pompe di campionamento a monte di un analizzatore o di un dispositivo di stoccaggio di qualsiasi gas. Le pompe devono avere superfici interne di acciaio inossidabile, PTFE o qualsiasi altro materiale che abbia proprietà migliori per il campionamento delle emissioni. Per alcune pompe di campionamento occorre controllare le temperature nel modo seguente:

a) Se è usata una pompa di campionamento di NO_x a monte di un convertitore NO_2/NO che soddisfa i requisiti di cui al punto 8.1.11.5 o di un refrigerante che soddisfa i requisiti di cui al punto 8.1.11.4, mantenere una temperatura del campione che impedisca la condensazione dell'acqua;

b) se è usata una pompa di campionamento di THC a monte di un analizzatore di THC o di un dispositivo di stoccaggio, le sue superfici interne devono essere riscaldate a una temperatura di 464 11 K (191 ± 11 °C).

9.3.2.3.3. Scrubber di abbattimento dell'ammoniaca

Tutti i sistemi di campionamento dei gas possono avvalersi di scrubber per evitare un'interferenza da parte dell'NH_3, l'avvelenamento del convertitore NO_2/NO ed eventuali depositi nel sistema di campionamento o negli analizzatori. Per l'installazione di scrubber di abbattimento dell'ammoniaca, seguire le raccomandazioni del costruttore.

9.3.2.4. Dispositivi di stoccaggio dei campioni

Per il campionamento con sacchetti i volumi di gas devono essere stoccati in contenitori sufficientemente puliti e che limitino al minimo il rilascio la permeazione di gas. Per determinare soglie accettabili di pulizia e di permeazione dei dispositivi di stoccaggio affidarsi alla buona pratica ingegneristica. Per pulire un contenitore è possibile spurgarlo, svuotarlo e scaldarlo ripetutamente. Deve essere usato un contenitore flessibile, come un sacchetto, in un ambiente a temperatura controllata o un contenitore rigido a temperatura controllata che è inizialmente svuotato o che ha un volume che può essere spostato, quale un pistone o un insieme di cilindri. Vanno usati contenitori conformi alle specifiche della seguente tabella 6.6.

▼B

Tabella 6.6

Materiali dei contenitori per il campionamento per lotti dei componenti gassosi

CO, CO_2, O_2, CH_4, C_2H_6, C_3H_8, NO, NO_2 (1)	polifluoruro di vinile (PVF)[2] ad esempio Tedlar™, fluoruro di polivinilidene (2) ad esempio Kynar™, politetrafluoroetilene (3) ad esempio Teflon™ o acciaio inossidabile (3)
HC	politetrafluoroetilene (4) o acciaio inossidabile (4)

(1) Purché sia evitata la condensazione dell'acqua nel contenitore di stoccaggio.
(2) Fino a 313 K (40 °C).
(3) Fino a 475 K (202 °C).
(4) A 464 ± 11 K (191 ± 11 °C).

9.3.3. Campionamento del PM

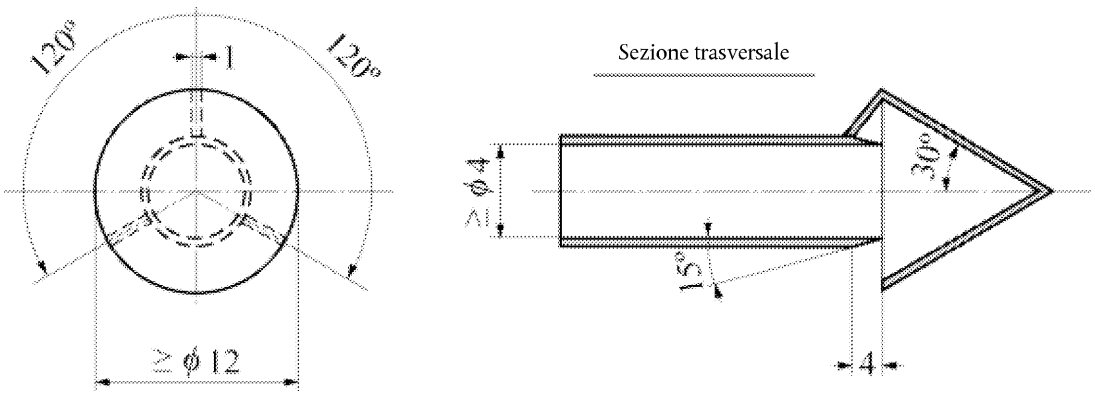
9.3.3.1. Sonde di campionamento

Devono essere usate sonde del PM con un'unica apertura nella parte terminale. Le sonde del PM vanno orientate verso monte.

La sonda del PM può essere protetta da una punta conica conforme alle prescrizioni della figura 6.8. In questo caso non deve essere usato il preclassificatore descritto al punto 9.3.3.3.

Figura 6.8

Schema di una sonda di campionamento con preclassificatore a punta conica



9.3.3.2. Condotti di trasferimento

Si raccomanda l'impiego di condotti di trasferimento isolati o riscaldati in modo da minimizzare le differenze di temperatura tra i condotti di trasferimento e i componenti dei gas di scarico. Devono essere usati condotti di trasferimento inerti rispetto al PM ed elettroconduttori sulle superfici interne. Si raccomanda di usare condotti di trasferimento in acciaio inossidabile; qualsiasi altro materiale deve garantire le stesse prestazioni di campionamento dell'acciaio inossidabile. La superficie interna dei condotti di trasferimento del PM deve collegata a massa

9.3.3.3. Preclassificatore

L'uso di un preclassificatore del PM per rimuovere le particelle di grande diametro è consentito se è installato nel sistema di diluizione direttamente davanti al portafiltri. È consentito l'uso di un solo preclassificatore. Se si usa una sonda a punta conica (cfr. figura 6.8), è vietato l'uso di un preclassificatore.

▼B

Il preclassificatore del PM può essere un dispositivo a impatto inerziale o un separatore a ciclone e deve essere costruito in acciaio inossidabile. Il preclassificatore deve essere regolato in modo da rimuovere almeno il 50 % del PM con un diametro aerodinamico di 10 μm e non più dell'1 % del PM con un diametro aerodinamico di 1 μm nell'intervallo di portate nel quale è usato. L'uscita del preclassificatore deve essere configurata con un mezzo per bypassare qualsiasi filtro di campionamento del PM in modo che il flusso del preclassificatore possa essere stabilizzato prima dell'avvio di una prova. Il filtro di campionamento del PM deve essere ubicato a massimo 75 cm a valle dell'uscita del preclassificatore.

9.3.3.4. Filtro di campionamento

Per il campionamento dei gas di scarico diluiti durante la sequenza di prova deve essere utilizzato un filtro conforme ai requisiti di cui ai punti da 9.3.3.4.1 a 9.3.3.4.4.

9.3.3.4.1. Specifiche dei filtri

Tutti i tipi di filtro devono avere un'efficienza di raccolta pari almeno al 99,7 %. Per dimostrare la conformità a tale requisito è possibile utilizzare le misurazioni del filtro campione effettuate dal costruttore indicate nelle valutazioni del prodotto. Il materiale del filtro può essere:

a) fibra di vetro rivestita di fluorocarburo (PTFE); oppure

b) membrana a base di fluorocarburi (PTFE).

Se la massa netta del PM prevista sul filtro supera 400 μg, è possibile usare un filtro con un'efficienza di raccolta iniziale minima pari al 98 %.

9.3.3.4.2. Dimensioni dei filtri

La dimensione nominale del filtro deve avere un diametro di 46,50 mm ± 0,6 mm (la zona di deposito almeno di 37 mm). Possono essere usati filtri di diametro maggiore, previo consenso dell'autorità di omologazione. Si raccomanda di conservare la proporzionalità tra il filtro e l'area della macchia.

9.3.3.4.3. Controllo della diluizione e della temperatura dei campioni di PM

I campioni di PM devono essere diluiti almeno una volta a monte dei condotti di trasferimento nel caso di un sistema CVS e a valle nel caso di un sistema PFD (cfr. punto 9.3.3.2 riguardante i condotti di trasferimento). ►**M2** La temperatura del campione deve essere regolata a 320 K ± 5 K (47 ± 5 °C), misurata in qualsiasi punto entro 200 mm a monte e 200 mm a valle del mezzo di filtrazione del PM. ◄ Il campione di PM è destinato a essere riscaldato o raffreddato principalmente dalle condizioni di diluizione, come specificato al punto 9.2.1, lettera a).

9.3.3.4.4. Velocità ortogonale alla superficie del filtro

La velocità ortogonale alla superficie del filtro deve essere compresa tra 0,90 e 1,00 m/s con meno del 5 % dei valori di portata registrati superiori a questo intervallo. Se la massa totale del PM sul filtro supera 400 μg, la velocità ortogonale alla superficie del filtro può essere ridotta. La velocità ortogonale alla superficie del filtro deve essere calcolata come la portata volumetrica del campione alla pressione a monte del filtro e alla temperatura della superficie del filtro, divisa per l'area esposta del filtro. Se la perdita di pressione attraverso il campionatore del PM fino al filtro è inferiore a 2 kPa, per la pressione a monte deve essere usata la pressione del tubo del sistema di scarico o del tunnel CVS

▼B

9.3.3.4.5. Portafiltri

Per minimizzare il deposito turbolento e per depositare il PM omogeneamente sul filtro deve essere usato un angolo conico divergente di 12,5° (dal centro) nella sezione di raccordo tra il diametro del condotto di trasferimento e il diametro esposto della faccia del filtro. Per questo condotto deve essere usato acciaio inossidabile.

9.3.4. Stabilizzazione del PM e ambienti di pesata per l'analisi gravimetrica

9.3.4.1. Ambiente per l'analisi gravimetrica

Questo punto descrive i due ambienti necessari per stabilizzare e pesare il PM per l'analisi gravimetrica: l'ambiente di stabilizzazione del PM, dove i filtri sono stoccati prima della pesata, e l'ambiente di pesata in cui si trova la bilancia. I due ambienti possono condividere uno spazio comune.

Sia l'ambiente di stabilizzazione che quello di pesata devono essere privi di contaminanti ambientali, quali polvere, aerosol o materiali semi-volatili che potrebbero contaminare i campioni di PM.

9.3.4.2. Pulizia

La pulizia dell'ambiente di stabilizzazione del PM deve essere verificata utilizzando filtro di riferimento, conformemente al punto 8.1.12.1.4.

9.3.4.3. Temperatura della camera

La temperatura della camera (o locale) in cui vengono condizionati e pesati i filtri del particolato deve essere mantenuta a 22 °C ± 1 °C durante tutto il condizionamento e la pesata dei filtri. L'umidità deve essere mantenuta a una temperatura di rugiada di 282,5 K ± 1 K (9,5 °C ± 1 °C) e a un'umidità relativa del 45 % ± 8 %. Se gli ambienti di pesata e di stabilizzazione sono separati, il secondo deve essere mantenuto a 295 K ± 3 K (22 °C ± 3 °C)

9.3.4.4. Verifica delle condizioni ambientali

Se si usano strumenti di misurazione conformi alle specifiche del punto 9.4, devono essere verificate le seguenti condizioni ambientali:

a) registrare il punto di rugiada e la temperatura ambiente. Questi valori sono usati per determinare se gli ambienti di stabilizzazione e di pesata sono rimasti entro le tolleranze specificate al punto 9.3.4.3 della presente sezione per almeno 60 minuti prima della pesata dei filtri;

b) registrare in modo continuo la pressione ambientale nell'ambiente di pesata. Un'alternativa accettabile è l'uso di un barometro che misura la pressione atmosferica al di fuori dell'ambiente di pesata, purché si possa garantire che la pressione atmosferica alla bilancia sia sempre entro ± 100 Pa della pressione atmosferica condivisa. Se viene pesato ogni campione di PM deve essere messo a disposizione un mezzo per registrare la pressione atmosferica più recente. ►M2 Tale valore va utilizzato per calcolare la correzione in funzione della galleggiabilità del filtro di campionamento del PM di cui al punto 8.1.13.2. ◄

9.3.4.5. Installazione della bilancia

La bilancia deve essere:

a) installata su una piattaforma ammortizzata per isolarla dal rumore e dalle vibrazioni esterne;

▼B

b) protetta dalla portata dell'aria convettiva mediante un paravento antistatico a massa.

9.3.4.6. Carica elettrica statica

Nell'ambiente della bilancia la carica elettrica statica deve essere ridotta al minimo nel modo seguente:

a) collegare la bilancia a massa;

b) se i campioni di PM sono manipolati manualmente, usare pinzette di acciaio inossidabile;

c) collegare a massa le pinze mediante un apposito cavo oppure fornire all'operatore un bracciale antistatico che abbia una massa in comune con la bilancia;

d) usare un neutralizzatore dell'elettricità statica che sia collegato a massa in comune con la bilancia, in modo da rimuovere la carica di elettricità statica dai campioni di PM.

9.4. Strumenti di misurazione

9.4.1. Introduzione

9.4.1.1. Campo d'applicazione

Questo punto indica i requisiti degli strumenti di misurazione e dei sistemi associati per la prova delle emissioni, inclusi gli strumenti di laboratorio per la misurazione dei parametri del motore, delle condizioni ambientali, dei parametri di portata e delle concentrazioni delle emissioni (grezze o diluite).

9.4.1.2. Tipi di strumenti

Tutti gli strumenti indicati nel presente regolamento devono essere utilizzati secondo le disposizioni del medesimo (cfr. tabella 6.5 per le quantità di misurazione fornite dagli strumenti). Se uno strumento indicato nel presente regolamento viene usato in un modo diverso da quello specificato oppure un altro strumento è usato al suo posto, si applicano i requisiti di equivalenza di cui al punto 5.1.1. ►M2 Se è specificato più di uno strumento per una misurazione particolare, uno di essi sarà identificato dall'autorità di omologazione, su richiesta, come riferimento per la dimostrazione dell'equivalenza di una procedura alternativa a quella prescritta. ◄

9.4.1.3. Sistemi ridondanti

►M2 Previa approvazione dell'autorità di omologazione, per calcolare i risultati di un'unica prova è possibile usare dati da diversi strumenti; ciò vale per tutti gli strumenti di misurazione descritti al presente punto. ◄ Devono essere registrati i risultati di tutte le misurazioni, conservando i dati grezzi. Tale requisito è applicabile indipendentemente dal fatto che le misurazioni siano effettivamente usate nei calcoli.

9.4.2. Registrazione e controllo dei dati

Il sistema di prova deve essere in grado di aggiornare e registrare i dati e controllare i sistemi relativi alla domanda dell'operatore, al dinamometro, agli apparecchi di campionamento e agli strumenti di misurazione. Devono essere usati sistemi di acquisizione e di controllo dei dati che possono registrare alle frequenze minime prescritte, conformemente alla tabella 6.7 (questa tabella non si applica alle prove NRSC in modalità discreta).

▼B

Tabella 6.7

Frequenze minime di registrazione e controllo dei dati

Parte del protocollo di prova applicabile	Valori misurati	Frequenza minima di comando e controllo	Frequenza minima di registrazione
7.6	Regime e coppia durante uno «step-map» (mappa a gradini) del motore	1 Hz	1 valore medio per gradino
7.6.	Regime e coppia durante uno «sweep-map» del motore	5 Hz	1 Hz di media
7.8.3	Regimi e coppie effettivi e di riferimento durante il ciclo di lavoro transitorio (NRTC e LSI-NRTC)	5 Hz	1 Hz di media
7.8.2	Regimi e coppie effettivi e di riferimento durante il ciclo di lavoro in modalità discreta (NRTC e RMC)	1 Hz	1 Hz
7.3	Concentrazioni continue degli analizzatori di gas grezzi	n.d.	1 Hz
7.3	Concentrazioni continue degli analizzatori di gas diluiti	n.d.	1 Hz
7.3	Concentrazioni per lotto degli analizzatori di gas grezzi o diluiti	n.d.	1 valore medio per intervallo di prova
7.6 8.2.1	Portata dei gas di scarico diluiti da un CVS con uno scambiatore di calore a monte della misurazione del flusso	n.d.	1 Hz
7.6 8.2.1	Portata dei gas di scarico diluiti da un CVS senza uno scambiatore di calore a monte della misurazione del flusso	5 Hz	1 Hz di media
7.6 8.2.1	Portata dell'aria aspirata o dei gas di scarico (per la misurazione transitoria dei gas di scarico grezzi)	n.d.	1 Hz di media
7.6 8.2.1	Aria di diluizione se controllata attivamente	5 Hz	1 Hz di media
7.6 8.2.1	Flusso di campionamento da un CVS con scambiatore di calore	1 Hz	1 Hz
7.6 8.2.1	Flusso di campionamento da un CVS senza scambiatore di calore	5 Hz	1 Hz di media

9.4.3. Specifiche delle prestazioni degli strumenti di misurazione

9.4.3.1. Riepilogo

Il sistema di prova nel suo insieme deve soddisfare tutti i criteri relativi alle tarature, alle verifiche e alla convalida delle prova applicabili di cui al punto 8.1, compresi i requisiti riguardanti il controllo della linearità di cui ai punti 8.1.4 e 8.2. Gli strumenti devono soddisfare le specifiche di cui alla tabella 6.7 per tutti gli intervalli usati per la prova. Va inoltre conservata tutta la documentazione ricevuta dai fabbricanti degli strumenti che indichi che gli strumenti sono conformi alle specifiche di cui alla tabella 6.7.

▼B

9.4.3.2. Requisiti del componente

La tabella 6.8 illustra le specifiche dei trasduttori di coppia, di regime e di pressione, dei sensori della temperatura e del punto di rugiada e di altri strumenti. Il sistema globale di misurazione di una data quantità fisica e/o chimica deve soddisfare la verifica di linearità di cui al punto 8.1.4. Per la misurazione delle emissioni gassose possono essere usati analizzatori che hanno algoritmi di compensazione che sono funzioni di altri componenti gassosi misurati e delle proprietà del carburante per la prova specifica del motore. Qualsiasi algoritmo di compensazione deve fornire solo una compensazione («offset») senza influenzare qualsiasi guadagno (vale a dire senza distorsione).

Tabella 6.8

Specifiche delle prestazioni raccomandate per gli strumenti di misurazione

Strumento di misurazione	Simbolo della quantità misurata	Tempo di salita del sistema completo	Frequenza di aggiornamento della registrazione	accuratezza [a]	Ripetibilità [a]
Trasduttore del regime del motore	n	1 s	1 Hz di media	2,0 % del pt. o 0,5 % del max	1,0 % del pt. o 0,25 % del max
Trasduttore di coppia del motore	T	1 s	1 Hz di media	2,0 % del pt. o 1,0 % del max	1,0 % del pt. o 0,5 % del max
Flussimetro del carburante (totalizzatore del carburante)		5 s (n.d.)	1 Hz (n.d.)	2,0 % del pt. o 1,5 % del max	1,0 % del pt. o 0,75 % del max
Misuratore dei gas di scarico diluiti totali (con scambiatore di calore prima del misuratore)		1 s (5 s)	1 Hz di media (1 Hz)	2,0 % del pt. o 1,5 % del max	1,0 % del pt. o 0,75 % del max
Aria di diluizione, aria di aspirazione, gas di scarico e flussimetri di campionamento		1 s	Media di 1 Hz di campioni di 5 Hz	2,5 % del pt. o 1,5 % del max	1,25 % del pt. o 0,75 % del max
Analizzatore in continuo dei gas di scarico grezzi	x	5 s	2 Hz	2,0 % del pt. o 2,0 % del meas.	1,0 % del pt. o 1,0 % del meas.
Analizzatore in continuo dei gas di scarico diluiti	x	5 s	1 Hz	2,0 % del pt. o 2,0 % del meas.	1,0 % del pt. o 1,0 % del meas.
Analizzatore di gas in continuo	x	5 s	1 Hz	2,0 % del pt. o 2,0 % del meas.	1,0 % del pt. o 1,0 % del meas.
Analizzatore di gas per lotti	x	n.d.	n.d.	2,0 % del pt. o 2,0 % del meas.	1,0 % del pt. o 1,0 % del meas.

▼B

Strumento di misurazione	Simbolo della quantità misurata	Tempo di salita del sistema completo	Frequenza di aggiornamento della registrazione	accuratezza [a]	Ripetibilità [a]
Bilancia gravimetrica del PM	m_{PM}	n.d.	n.d.	Cfr. punto 9.4.11.	0,5 µg
Bilancia inerziale del PM	m_{PM}	5 s	1 Hz	2,0 % del pt. o 2,0 % del meas.	1,0 % del pt. o 1,0 % del meas.

[a] L'accuratezza e la ripetibilità sono determinate entrambe con gli stessi dati raccolti, conformemente al punto 9.4.3. e in base ai valori assoluti. «pt.» si riferisce al valore globale medio previsto al limite di emissione; «max.» si riferisce al valore massimo previsto al limite di emissione durante il ciclo di lavoro, non al massimo dell'intervallo dello strumento; «meas.» si riferisce alla media effettiva misurata durante il ciclo di lavoro.

9.4.4. Misurazione dei parametri del motore e delle condizioni ambientali

9.4.4.1. Sensori di regime e di coppia

9.4.4.1.1. Applicazione

Gli strumenti di misurazione degli input e degli output di lavoro durante il funzionamento del motore devono essere conformi alle specifiche del presente punto. Si raccomanda di usare sensori, trasduttori e misuratori conformi alle specifiche della tabella 6.8. Il sistema globale di misurazione degli input e degli output di lavoro deve soddisfare la verifica della linearità di cui al punto 8.1.4.

9.4.4.1.2. Lavoro dell'albero

Il lavoro e la potenza sono calcolati dagli output dei trasduttori di coppia e di regime conformemente al punto 9.4.4.1. Il sistema globale di misurazione del regime e della coppia deve soddisfare la taratura e le verifiche di cui ai punti 8.1.7 e 8.1.4.

La coppia indotta dall'inerzia dei componenti in accelerazione e decelerazione collegati al volano, quali l'albero motore e il rotore del dinamometro, all'occorrenza va compensata affidandosi alla buona pratica ingegneristica.

9.4.4.2. Trasduttori di pressione, sensori di temperatura e sensori del punto di rugiada

I sistemi globali di misurazione della pressione, della temperatura e del punto di rugiada devono soddisfare le disposizioni relative alla taratura di cui al punto 8.1.7.

I trasduttori della pressione vanno ubicati in un ambiente a temperatura controllata oppure devono compensare le variazioni della temperatura nell'intervallo di funzionamento previsto. I materiali del trasduttore devono essere compatibili con il fluido misurato.

9.4.5. Misurazioni relative al flusso

Per qualsiasi tipo di flussimetro (per carburante, aria aspirata, gas di scarico grezzi, gas di scarico diluiti, campione) il flusso deve essere condizionato in modo da evitare che l'accuratezza o la ripetibilità del misuratore siano compromesse da scie o elementi vorticosi, flussi di circolazione o di pulsazione. Per alcuni misuratori ciò è possibile usando una tubazione sufficientemente lunga (ad es. una lunghezza equivalente ad almeno 10 volte il diametro del condotto) oppure ricorrendo a tubature, alette di raddrizzamento, piastre dell'orifizio (o attenuatori pneumatici delle pulsazioni per il flussimetro del carburante) progettate specificamente, in modo da stabilire un profilo di velocità costante e prevedibile a monte del misuratore.

▼B

9.4.5.1. Flussimetro del carburante

Il sistema globale per la misurazione del flusso del carburante deve soddisfare le disposizioni relative alla taratura di cui al punto 8.1.8.1. In qualsiasi misurazione del flusso del carburante si deve tenere conto di qualsiasi carburante che bypassa il motore o che ritorna dal motore al serbatoio.

9.4.5.2. Flussimetro dell'aria aspirata

Il sistema globale per la misurazione dell'aria aspirata deve soddisfare le disposizioni relative alla taratura di cui al punto 8.1.8.2.

9.4.5.3. Flussimetro dei gas di scarico grezzi

9.4.5.3.1. Requisiti del componente

Il sistema globale di misurazione del flusso dei gas di scarico grezzi deve soddisfare i requisiti di linearità di cui al punto 8.1.4. Ogni flussimetro dei gas di scarico grezzi deve essere progettato in modo da compensare adeguatamente le variazioni nello stato termodinamico, fluido e di composizione dei gas di scarico grezzi.

9.4.5.3.2. Tempo di risposta del flussimetro

►**M2** Al fine del controllo di un sistema di diluizione a flusso parziale, per estrarre un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi è necessario un tempo di risposta del flussimetro più rapido di quello indicato nella tabella 6.8. ◄ Per i sistemi di diluizione a flusso parziale con controllo in linea, il tempo di risposta del flussimetro deve soddisfare le specifiche di cui al punto 8.2.1.2.

9.4.5.3.3. Raffreddamento dei gas di scarico

Il presente punto non si applica al raffreddamento dei gas di scarico dovuto alle caratteristiche di progetto del motore, che comprendono, tra l'altro, collettori di scarico o turbocompressori raffreddati ad acqua.

Il raffreddamento dei gas di scarico a monte del flussimetro è consentito con le seguenti limitazioni:

a) il PM non deve essere sottoposto a campionamento a valle del raffreddamento;

b) se il raffreddamento porta i gas di scarico da una temperatura superiore a 475 K (202 °C) a una temperatura inferiore a 453 K (180 °C), gli NMHC non vanno campionati a valle del raffreddamento;

c) se il raffreddamento provoca la condensazione dell'acqua, gli NO_x non devono essere campionati a valle del raffreddamento, a meno che il dispositivo di raffreddamento non soddisfi le verifiche di prestazione di cui al punto 8.1.11.4;

d) se il raffreddamento provoca la condensazione dell'acqua prima che il flusso raggiunga un flussimetro, il punto di rugiada, T_{dew}, e la pressione, p_{total}, vanno misurati all'ingresso del flussimetro. Questi valori devono essere usati nei calcoli delle emissioni conformemente all'allegato VII.

9.4.5.4. Flussimetri dell'aria di diluizione e dei gas di scarico diluiti

9.4.5.4.1. Applicazione

Le portate istantanee dei gas di scarico diluiti o il flusso totale dei gas di scarico diluiti in un intervallo di prova devono essere determinati usando un flussimetro dei gas di scarico diluiti. Le portate dei gas di scarico grezzi o il flusso totale dei gas di scarico grezzi in un intervallo di prova possono essere calcolati dalla differenza tra un flussimetro dei gas di scarico diluiti e un flussimetro dell'aria di diluizione.

▼B

9.4.5.4.2. Requisiti del componente

Il sistema globale di misurazione del flusso dei gas di scarico diluiti deve soddisfare le precisazioni di taratura e di verifica di cui ai punti 8.1.8.4 e 8.1.8.5. Si possono usare i seguenti flussimetri:

a) per il campionamento a volume costante (CVS) del flusso totale dei gas di scarico diluiti: un tubo di Venturi a flusso critico (CFV) o diversi tubi di Venturi a flusso critico disposti in parallelo, una pompa volumetrica (PDP), un tubo di Venturi subsonico (SSV) o un flussimetro ultrasonico (UFM). Insieme a uno scambiatore di calore collocato a monte, un CFV o un PDP funzionano anche come controllore passivo del flusso mantenendo costante la temperatura dei gas di scarico diluiti nel sistema CVS;

b) per il sistema di diluizione a flusso parziale (PFD): la combinazione di qualsiasi flussimetro con qualsiasi sistema di controllo attivo del flusso per mantenere il campionamento proporzionale dei componenti dei gas di scarico. Per mantenere il campionamento proporzionale è possibile controllare il flusso totale dei gas di scarico diluiti, uno o più flussi di campionamento oppure una combinazione di questi controlli del flusso.

Per qualsiasi altro sistema di diluizione è possibile usare un elemento del flusso laminare, un flussimetro ultrasonico, un tubo di Venturi subsonico, un tubo di Venturi a flusso critico o una serie di tubi di Venturi disposti in parallelo, un flussimetro volumetrico, un misuratore di massa termica, un tubo di Pitot oppure un anemometro a filo caldo.

9.4.5.4.3 Raffreddamento dei gas di scarico

I gas di scarico diluiti a monte di un flussimetro possono essere raffreddati, purché siano rispettate le seguenti disposizioni:

a) il PM non deve essere sottoposto a campionamento a valle del raffreddamento;

b) se il raffreddamento porta i gas di scarico da una temperatura superiore a 475 K (202 °C) a una temperatura inferiore a 453 K (180 °C), gli NMHC non vanno campionati a valle del raffreddamento;

c) se il raffreddamento provoca la condensazione dell'acqua, gli NO_x non devono essere campionati a valle del raffreddamento, a meno che il dispositivo di raffreddamento non soddisfi le verifiche di prestazione di cui al punto 8.1.11.4;

d) se il raffreddamento provoca la condensazione dell'acqua prima che il flusso raggiunga un flussimetro, il punto di rugiada, T_{dew},e la pressione, p_{total}, vanno misurati all'ingresso del flussimetro. Questi valori devono essere usati nei calcoli delle emissioni conformemente all'allegato VII.

9.4.5.5. Flussimetro per il campionamento per lotti

Per determinare le portate di campionamento o il flusso totale campionato in un sistema di campionamento per lotti nell'intervallo di prova si usa un flussimetro per il campionamento. La differenza tra due flussimetri può essere usata per calcolare il flusso del campione nel tunnel di diluizione, ad es. per la misurazione del flusso parziale di diluizione del PM e del flusso di diluizione secondaria del PM. Le specifiche per la misurazione del flusso differenziale per estrarre un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi figurano al punto 8.1.8.6.1 e la taratura della misurazione del flusso differenziale è indicata al punto 8.1.8.6.2.

Il sistema globale per il flussimetro di campionamento deve soddisfare i requisiti relativi alla taratura di cui al punto 8.1.8.

▼B

9.4.5.6. Divisore di gas

Per mescolare i gas di taratura è possibile usare un divisore di gas.

Tale divisore di gas deve miscelare i gas conformemente alle specifiche del punto 9.5.1 e alle concentrazioni previste durante la prova. Possono essere usati divisori di gas a flusso critico, a tubo capillare o a misuratore di massa termica. Le correzioni della viscosità vanno applicate secondo necessità (se non vengono effettuate dal software interno del divisore di gas) per garantire la corretta divisione dei gas. Il sistema di divisione dei gas deve rispettare i requisiti di linearità indicati al punto 8.1.4.5. In alternativa, il miscelatore può essere controllato con uno strumento lineare per natura, ad esempio impiegando un gas NO con un CLD. Il valore di span dello strumento deve essere regolato quando il gas di span è direttamente collegato allo strumento. Il divisore di gas deve essere controllato nelle posizioni di regolazione utilizzate; il valore nominale deve essere raffrontato alla concentrazione misurata dallo strumento.

9.4.6. Misurazioni di CO e CO_2

Per misurare le concentrazioni di CO e CO_2 nei gas di scarico grezzi o diluiti al fine del campionamento per lotti o continuo deve essere usato un analizzatore ad assorbimento non dispersivo nell'infrarosso (NDIR).

▼M2

Il sistema NDIR deve soddisfare la taratura e le verifiche stabilite ai punti 8.1.9.1 o 8.1.9.2, a seconda dei casi.

▼B

9.4.7. Misurazione degli idrocarburi

9.4.7.1. Rivelatore a ionizzazione di fiamma

9.4.7.1.1. Applicazione

Per misurare le concentrazioni di idrocarburi nei gas di scarico grezzi o diluiti al fine del campionamento per lotti o continuo deve essere usato un analizzatore a rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID). Le concentrazioni di idrocarburi devono essere determinate in base a un numero di atomi di carbonio pari a uno, C_1. Gli analizzatori FID riscaldati devono mantenere tutte le superfici esposte alle emissioni ad una temperatura di 464 K ± 11 K (191 °C ± 11 °C). In via facoltativa, per i motori alimentati a GN e a GPL e per i motori ad accensione comandata l'analizzatore degli idrocarburi può essere del tipo con rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID) non riscaldato.

9.4.7.1.2. Requisiti del componente

Il sistema FID per la misurazione di THC deve soddisfare tutte le verifiche di misurazione degli idrocarburi di cui al punto 8.1.10.

9.4.7.1.3. Carburante FID e aria del bruciatore

Il carburante FID e l'aria del bruciatore devono soddisfare le specifiche di cui al punto 9.5.1. Il carburante FID e l'aria del bruciatore non devono mescolarsi prima di entrare nell'analizzatore FID in modo da garantire che l'analizzatore FID funzioni con una fiamma di diffusione e non con una fiamma premiscelata.

9.4.7.1.4. Riservato

9.4.7.1.5. Riservato

9.4.7.2. Riservato

9.4.8. Misurazioni degli NO_x

▼B

Per la misurazione degli NO_x sono specificati due strumenti, i quali possono entrambi essere usati purché soddisfino i criteri di cui ai punti 9.4.8.1 o 9.4.8.2, rispettivamente. Come procedura di riferimento per il confronto con qualsiasi procedura di misurazione alternativa proposta a norma del punto 5.1.1 del presente allegato deve essere usato il rivelatore a chemiluminescenza.

9.4.8.1. Rivelatore a chemiluminescenza

9.4.8.1.1. Applicazione

Per misurare la concentrazione di NO_x nei gas di scarico grezzi o diluiti per il campionamento per lotti o continuo deve essere usato il rivelatore a chemiluminescenza (CLD) insieme a un convertitore NO_2/NO

9.4.8.1.2. Requisiti del componente

Il sistema di divisione dei gas deve rispettare i requisiti di verifica dell'attenuazione indicati al punto 8.1.11.1. È possibile utilizzare un CLD scaldato o non scaldato e un CLD che funziona a pressione atmosferica o sotto vuoto.

9.4.8.1.3. Convertitore NO_2/NO

Un convertitore NO_2/NO interno o esterno che soddisfi i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.5 va posizionato a monte del CLD. Il convertitore deve essere configurato con un bypass per facilitare questa verifica.

9.4.8.1.4. Effetti dell'umidità

Tutte le temperature del CLD devono essere mantenute in modo da evitare la condensazione dell'acqua. Per rimuovere l'umidità da un campione a monte del CLD, si usa una delle seguenti configurazioni:

a) un CLD collegato a valle dell'essiccatore o del dispositivo di raffreddamento ubicato a valle di un convertitore NO_2/NO che soddisfa i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.5;

b) un CLD collegato a valle dell'essiccatore o del dispositivo di raffreddamento termico che soddisfa i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.4.

9.4.8.1.5. Tempo di risposta

Un CLD riscaldato può essere usato per migliorare il tempo di risposta del CLD.

9.4.8.2. Analizzatore a raggi ultravioletti non dispersivo

9.4.8.2.1. Applicazione

Per misurare la concentrazione di NO_x nei gas di scarico grezzi o diluiti al fine del campionamento per lotti o continuo deve essere usato un analizzatore a raggi ultravioletti non dispersivo (NDUV).

9.4.8.2.2. Requisiti del componente

Il sistema a base NDUV deve rispettare i requisiti di verifica indicati al punto 8.1.11.3.

9.4.8.2.3. Convertitore NO_2/NO

Se l'analizzatore NDUV misura solo l'NO, a monte dell'analizzatore NDUV deve essere posizionato un convertitore NO_2/NO interno o esterno che soddisfa i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.5. Il convertitore è configurato con un bypass per facilitare tale verifica.

▼B

9.4.8.2.4. Effetti dell'umidità

La temperatura dell'NDUV deve essere mantenuta tale da evitare la condensazione dell'acqua, a meno che non sia usata una delle seguenti configurazioni:

a) un NDUV collegato a valle dell'essiccatore o del dispositivo di raffreddamento ubicato a valle di un convertitore NO_2/NO che soddisfa i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.5;

b) un NDUV collegato a valle dell'essiccatore o del dispositivo di raffreddamento termico che soddisfa i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.4.

9.4.9. Misurazioni dell'O_2

Per misurare la concentrazione di O_2 nei gas di scarico grezzi o diluiti per il campionamento per lotti o continuo deve essere usato un analizzatore a rilevazione paramagnetica (PMD) o magnetopneumatica (MPD).

9.4.10. Misurazioni del rapporto aria/carburante

Per misurare il rapporto aria/carburante nei gas di scarico grezzi per il campionamento continuo è possibile usare un analizzatore a ossido di zirconio (ZrO_2). Le misurazioni di O_2 con misurazione dell'aria di aspirazione o del flusso di carburante possono essere usate per calcolare la portata dei gas di scarico conformemente all'allegato VII.

9.4.11. Misurazioni del PM con la bilancia gravimetrica

Per pesare il PM netto raccolto sul filtro di campionamento deve essere usata una bilancia.

Il requisito minimo per quanto concerne la risoluzione della bilancia deve essere pari o inferiore alla ripetibilità di 0,5 microgrammi, conformemente alla tabella 6.8. Se la bilancia usa pesi di taratura interni per la taratura dello span di routine e per le verifiche di linearità, i pesi di taratura devono soddisfare le specifiche di cui al punto 9.5.2.

La bilancia deve essere configurata in modo da ottenere un tempo di deposito e una stabilità ottimali nella propria sede.

9.4.12. Misurazioni dell'ammoniaca (NH_3)

▼M2

Per misurare l'ammoniaca è possibile utilizzare un analizzatore FTIR (analizzatore a infrarossi in trasformata di Fourier), un analizzatore NDUV o un analizzatore laser a infrarossi, in conformità all'appendice 4.

▼B

9.5. Gas analitici e standard di massa

9.5.1. Gas analitici

I gas analitici devono soddisfare i criteri di accuratezza e di purezza contenuti nel presente punto.

9.5.1.1. Specifiche dei gas

Devono essere prese in considerazione le seguenti specifiche dei gas:

a) per creare miscele con altri gas di taratura e per correggere gli strumenti di misurazione in modo da ottenere una risposta di zero a uno standard di taratura zero devono essere usati gas purificati. I gas devono avere un livello di contaminazione non superiore al massimo tra i seguenti valori nella bombola o all'uscita di un generatore di gas di azzeramento:

▼M2

i) 2 % di contaminazione, misurata in relazione alla concentrazione media prevista al valore limite delle emissioni. Ad esempio, se è prevista una concentrazione di CO di 100,0 µmol/mol, è consentito usare un gas di azzeramento con una contaminazione di CO pari o inferiore a 2,000 µmol/mol;

▼B

ii) una contaminazione secondo la tabella 6.9, applicabile alle misurazioni grezze o diluite;

iii) una contaminazione secondo la tabella 6.10, applicabile alle misurazioni grezze.

Tabella 6.9

Limiti di contaminazione applicabili alle misurazioni grezze o diluite [µmol/mol = ppm]

Componente	Aria sintetica purificata (a)	N_2 purificato (a)
THC (equivalente C_1)	≤ 0,05 µmol/mol	≤ 0,05 µmol/mol
CO	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol
▼M2 CO_2	≤ 10 µmol/mol	≤ 10 µmol/mol
▼B O_2	da 0,205 a 0,215 mol/mol	≤ 2 µmol/mol
NO_x	≤ 0,02 µmol/mol	≤ 0,02 µmol/mol

(a) Non è necessario che tali livelli di purezza corrispondano a standard rintracciabiliriconosciuti a livello internazionale e/o nazionale.

Tabella 6.10

Limiti di contaminazione applicabili alle misurazioni grezze [µmol/mol = ppm]

Componente	Aria sintetica purificata (a)	N_2 purificato (a)
THC (equivalente C_1)	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol
CO	≤ 1 µmol/mol'	≤ 1 µmol/mol
CO_2	≤ 400 µmol/mol	≤ 400 µmol/mol
O_2	da 0,18 a 0,21 mol/mol	—
NO_x	≤ 0,1 µmol/mol	≤ 0,1 µmol/mol

(a) Non è necessario che tali livelli di purezza corrispondano a standard rintracciabili riconosciuti a livello internazionale e/o nazionale.

b) con un analizzatore FID devono essere usati i seguenti gas:

i) carburante FID con una concentrazione di H_2 pari a (0,39-0.41) mol/mol, resto He oppure N_2. La miscela non deve contenere oltre 0,05 µmol/mol di THC;

▼B

ii) aria per il bruciatore FID conforme alle specifiche dell'aria purificata di cui alla lettera a) del presente punto;

iii) gas di azzeramento per il FID. I rivelatori a ionizzazione di fiamma devono essere azzerati con un gas purificato conforme alle specifiche della lettera a) del presente punto, tuttavia la concentrazione del gas purificato O_2 può essere qualsiasi valore;

iv) propano come gas di span per il FID. La taratura e la taratura dello span del FID a THC deve essere effettuata con concentrazioni di gas di span C_3H_8. La taratura va effettuata su un numero di atomi di carbonio pari a uno (C_1);

v) riservato;

c) devono essere usate le seguenti miscele di gas, con una tracciabilità dei gas pari a ± 1,0 % del valore reale degli standard internazionali e/o nazionali riconosciuti o di altri standard riconosciuti per i gas:

▼M2

i) CH_4, resto aria sintetica purificata e/o N_2 (a seconda dei casi);

▼B

ii) riservato;

iii) C_3H_8, resto aria sintetica purificata e/o N_2 (a seconda dei casi);

iv) CO, resto N_2 purificato;

v) CO_2, resto N_2 purificato;

vi) NO, resto N_2 purificato;

vii) NO_2, resto aria sintetica purificata;

viii) O_2, resto N_2 purificato;

ix) C_3H_8, CO, CO_2, NO, resto N_2 purificato;

x) C_3H_8, CH_4, CO, CO_2, NO, resto N_2 purificato;

d) possono essere usati gas di specie diversa da quelli elencati alla lettera c) del presente punto (come il metanolo nell'aria, che può essere usato per determinare i fattori di risposta), purché siano tracciabili entro un limite fino a ± 3,0 % del valore reale degli standard internazionali e/o nazionali riconosciuti e soddisfino i requisiti di stabilità di cui al punto 9.5.1.2;

e) possono essere generati gas di taratura propri usando un dispositivo di miscelazione di precisione, quale un divisore di gas, per diluire i gas con N_2 purificato o aria sintetica purificata. Se i divisori di gas sono conformi alle specifiche del punto 9.4.5.6 e i gas miscelati soddisfano i requisiti delle lettere a) e c) del presente punto, le miscele risultanti sono considerate conformi ai requisiti del presente punto 9.5.1.1.

9.5.1.2. Concentrazione e data di scadenza

La concentrazione di tutti i campioni di gas di taratura e la rispettiva data di scadenza indicata dal fornitore del gas devono essere registrata.

a) Nessun campione di gas di taratura può essere usato dopo la data di scadenza, ad eccezione dei casi previsti alla seguente lettera b).

▼M2

b) I gas di taratura possono essere nuovamente etichettati e usati dopo la data di scadenza previa approvazione dell'autorità di omologazione.

▼B

9.5.1.3. Trasferimento di gas

I gas devono essere trasferiti dalla loro sorgente agli analizzatori usando componenti dedicati esclusivamente al controllo e al trasferimento di questi gas.

▼M2

_____

▼B

9.5.2. Standard di massa

Devono essere usati pesi di taratura della bilancia del PM che sono certificati secondo standard di tracciabilità riconosciuti a livello internazionale e/o nazionale con un'incertezza pari allo 0,1 %. I pesi di taratura possono essere certificati da qualsiasi laboratorio di taratura che mantiene gli standard di tracciabilità riconosciuti a livello internazionale e/o nazionale. Si deve garantire che il peso di taratura più basso non abbia una massa superiore a dieci volte la massa di un mezzo di campionamento del PM non utilizzato. Il verbale di taratura deve indicare anche la densità dei pesi.

▼B

Appendice 1

Attrezzatura per la misurazione del numero di particelle nelle emissioni

1. **Procedura per la prova di misurazione**

1.1. Campionamento

Il numero delle particelle nelle emissioni deve essere misurato mediante un campionamento continuo effettuato a partire dal sistema di diluizione a flusso parziale, di cui al punto 9.2.3, oppure dal sistema di diluizione a flusso totale, di cui al punto 9.2.2.

1.1.1. Filtraggio del diluente

Il diluente usato per la diluizione primaria, ed eventualmente per quella secondaria, dei gas di scarico nel sistema di diluizione deve attraversare dei filtri che soddisfino i requisiti dei filtri HEPA (High-Efficiency Particulate Air) definiti all'articolo 1, paragrafo 19. Prima di essere spinto attraverso il filtro HEPA il diluente può essere facoltativamente depurato con carbone vegetale al fine di ridurre e stabilizzare la concentrazione di idrocarburi. Si raccomanda di collocare un filtro antiparticolato grossolano aggiuntivo prima del filtro HEPA e dopo l'eventuale depuratore a carbone vegetale.

1.2. Compensazione della portata del campione del numero di particelle — Sistemi di diluizione a flusso totale

Per compensare la portata massica estratta dal sistema di diluizione per il campionamento del numero di particelle, la portata massica estratta (filtrata) deve essere ricondotta al sistema di diluizione. In alternativa, si può correggere matematicamente la portata massica totale nel sistema di diluizione in base al flusso estratto per il campionamento del numero di particelle. Se la portata massica totale estratta dal sistema di diluizione per il campionamento di particelle è inferiore allo 0,5 % della portata dei gas di scarico diluiti totale nel tunnel di diluizione (med), la correzione, o la riconduzione del flusso, possono essere trascurati.

1.3. Compensazione della portata del campione del numero di particelle — Sistemi di diluizione a flusso parziale

1.3.1. Nei sistemi di diluizione a flusso parziale si deve tenere conto della portata massica estratta dal sistema di diluizione per il campionamento del numero di particelle al momento di controllare la proporzionalità del campionamento. Ciò si ottiene riportando la portata del campione del numero di particelle nel sistema di diluizione a monte del dispositivo di misurazione del flusso, oppure con la correzione matematica di cui al punto 1.3.2. Nei sistemi di diluizione a flusso parziale di tipo a campionamento totale anche la portata massica estratta per il campionamento del numero di particelle deve essere corretta nel calcolo della massa del particolato, come indicato al punto 1.3.3.

1.3.2. La portata istantanea dei gas di scarico nel sistema di diluizione (qmp), usata per controllare la proporzionalità del campionamento, deve essere corretta con uno dei seguenti metodi:

a) se si scarta la portata per il campione del numero di particelle estratto, l'equazione 6-20 di cui al punto 8.1.8.6.1 di questo allegato deve essere sostituita dall'equazione 6-29:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} \quad (6\text{-}29)$$

▼B

dove:

q_{mdew} è la portata massica dei gas di scarico diluiti, in kg/s;

q_{mdw} è la portata massica dell'aria di diluizione, in kg/s;

q_{ex} è la portata massica del campione del numero di particelle, in kg/s.

Il segnale q_{ex} inviato al controllo del sistema a flusso parziale deve avere una precisione costante pari a ± 0,1 % di q_{mdew} e va inviato con la frequenza minima di 1 Hz;

b) se si scarta del tutto o in parte la portata per il campione del numero di particelle estratto, ma si riconduce una portata equivalente al sistema di diluizione a monte del dispositivo di misurazione del flusso, l'equazione 6-20 del punto 8.1.8.6.1 di questo allegato deve essere sostituita dall'equazione 6-30:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw} \quad (6\text{-}30)$$

dove:

q_{mdew} è la portata massica dei gas di scarico diluiti, in kg/s;

q_{mdw} è la portata massica dell'aria di diluizione, in kg/s;

q_{ex} è la portata massica del campione del numero di particelle, in kg/s;

q_{sw} è la portata massica ricondotta nel tunnel di diluizione per compensare l'estrazione del campione del numero di particelle, in kg/s.

La differenza tra q_{ex} e q_{sw} inviata al controllo del sistema a flusso parziale deve avere una precisione costante pari a ± 0,1 % di q_{mdew}. I segnali vanno inviati alla frequenza di almeno 1 Hz.

1.3.3. Correzione della misurazione del particolato

Quando si estrae una portata del campione del numero di particelle da un sistema di diluizione a flusso parziale di campionamento totale, la massa del particolato (m_{PM}) calcolata come specificato all'allegato VII, punto 2.3.1.1, va corretta nel modo che segue per tener conto del flusso estratto. La correzione è necessaria anche quando il flusso filtrato estratto è ricondotto nei sistemi di diluizione a flusso parziale, come illustrato dall'equazione 6-31:

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{(m_{sed} - m_{ex})} \quad (6\text{-}31)$$

dove:

m_{PM} è la massa del particolato determinata conformemente all'allegato VII, punto 2.3.1.1, in g/prova;

m_{sed} è la massa totale dei gas di scarico diluiti che passano attraverso il tunnel di diluizione, in kg;

m_{ex} è la massa totale dei gas di scarico diluiti estratti dal tunnel di diluizione per il campionamento del numero di particelle, in kg.

1.3.4. Proporzionalità del campionamento di diluizione a flusso parziale

►M2 Per misurare il numero di particelle, si usa la portata massica dei gas di scarico stabilita in conformità a uno dei metodi descritti nei punti da 2.1.6.1 a 2.1.6.4 dell'allegato VII, al fine di controllare il sistema di diluizione a flusso parziale ed estrarre un campione proporzionale alla portata massica dei gas di scarico. ◄ La qualità della proporzionalità va controllata con un'analisi di regressione tra campione e flusso dei gas di scarico in conformità al punto 8.2.1.2 del presente allegato.

1.3.5. Calcolo del numero di particelle

Le istruzioni per la determinazione e il calcolo del PN sono stabilite all'allegato VII, appendice 5.

▼B

2. **Strumenti di misurazione**

2.1. Specifiche

2.1.1. Riepilogo del sistema

2.1.1.1. Il sistema di campionamento delle particelle si compone di una sonda o di un punto di campionamento che estrae un campione da una miscela omogenea del flusso in un sistema di diluizione, quale descritto ai punti 9.2.2 o 9.2.3 del presente allegato, un separatore di particelle volatili (volatile particle remover, VPR) a monte di un contatore di particelle (particle number counter, PNC) e di adeguate condotte di trasferimento.

2.1.1.2. Si raccomanda di collocare un preclassificatore delle dimensioni delle particelle (p. es. un separatore a ciclone, un dispositivo a impatto inerziale, ecc.) a monte dell'ingresso del VPR. Una sonda di campionamento che funga da adeguato dispositivo di classificazione delle dimensioni, come quella mostrata nella figura 6.8. rappresenta tuttavia un'alternativa accettabile all'uso di un preclassificatore della dimensione delle particelle. Nei sistemi di diluizione a flusso parziale è possibile usare lo stesso preclassificatore per il campionamento della massa del particolato e del numero di particelle, estraendo il campione del numero di particelle dal sistema di diluizione a valle del preclassificatore. In alternativa, è possibile usare prefiltri separati ed estrarre il campione del numero di particelle dal sistema di diluizione a monte del preclassificatore della massa del particolato.

2.1.2. Requisiti generali

2.1.2.1. Il punto di campionamento delle particelle deve essere collocato all'interno di un sistema di diluizione.

La punta della sonda di campionamento o il punto di campionamento e il tubo di trasferimento delle particelle (particle transfer tube, PTT) formano insieme il sistema di trasferimento delle particelle (particle transfer system, PTS). Il PTS incanala il campione dal tunnel di diluizione all'ingresso del VPR. Il PTS deve soddisfare le seguenti condizioni:

Nel caso di sistemi di diluizione a flusso totale o parziale del tipo a campionamento frazionale (descritti al punto 9.2.3 del presente allegato), la sonda di campionamento va installata vicino alla linea centrale del tunnel, a una distanza pari a 10-20 volte il diametro del tunnel, a valle dell'ingresso del gas, orientata controcorrente rispetto al flusso del gas nel tunnel; l'asse della punta deve essere parallelo a quello della galleria di diluizione. La sonda di campionamento va collocata all'interno del tratto di diluizione in modo che il campione sia estratto da una miscela omogenea di aria di diluizione/gas di scarico.

Nel caso di sistemi di diluizione a flusso parziale del tipo a campionamento totale (descritti al punto 9.2.3 del presente allegato), il punto di campionamento delle particelle o la sonda di campionamento devono essere collocati nel tubo di trasferimento del particolato, a monte del supporto del filtro del particolato, del dispositivo di misurazione del flusso e di qualsiasi punto di biforcazione tra campione e derivazione. Il punto di campionamento o la sonda di campionamento vanno collocati in modo che il campione sia estratto da una miscela omogenea di aria di diluizione/gas di scarico. Le dimensioni della sonda di campionamento delle particelle devono essere tali da non interferire con il funzionamento del sistema di diluizione a flusso parziale.

Il gas campione che attraversa il PTS deve soddisfare le seguenti condizioni:

a) nei sistemi di diluizione a flusso totale, esso deve avere un flusso caratterizzato da un numero di Reynolds (Re) < 1 700;

b) nei sistemi di diluizione a flusso parziale, esso deve avere un flusso caratterizzato da un numero di Reynolds (Re) < 1 700 nel PTT, cioè a valle della sonda o del punto di campionamento;

▼B

c) avere un tempo di permanenza nel PTS di ≤ 3 secondi;

d) è accettabile ogni altra configurazione del PTS per la quale possa essere dimostrata una portata equivalente di particelle a 30 nm;

e) il tubo di uscita (outlet tube, OT) che trasporta il campione diluito dal VPR all'ingresso del PNC deve avere le seguenti caratteristiche:

f) un diametro interno di ≥ 4 mm;

g) il flusso del campione di gas attraverso l'OT deve avere un tempo di permanenza di ≤ 0,8 secondi;

h) è accettabile ogni altra configurazione dell'OT per la quale possa essere dimostrata una portata equivalente di particelle a 30 nm.

2.1.2.2. Il VPR deve comprendere dispositivi di diluizione del campione e di eliminazione delle particelle volatili.

2.1.2.3. Tutte le parti del sistema di diluizione e campionamento tra il tubo di scarico e il PNC che sono a contatto con gas di scarico grezzi e diluiti devono essere progettate in modo da ridurre al minimo il deposito delle particelle. Tutte 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.

2.1.2.4. Il sistema di campionamento delle particelle deve riflettere le migliori pratiche nel campo del campionamento degli aerosol, evitare curve brusche e improvvisi cambiamenti della sezione trasversale, usare superfici interne lisce e ridurre al minimo la lunghezza del condotto di campionamento. Sono invece ammessi cambiamenti graduali della sezione trasversale.

2.1.3. Requisiti specifici

2.1.3.1. Il campione di particelle non deve attraversare una pompa prima di raggiungere il PNC.

2.1.3.2. Si raccomanda l'uso di un preclassificatore per il campione.

2.1.3.3. L'unità di precondizionamento del campione deve:

2.1.3.3.1. essere in grado di diluire il campione in una o più fasi per ottenere una concentrazione inferiore alla soglia superiore del modo di conteggio unico delle particelle del PNC e una temperatura dei gas inferiore a 308 K (35 °C) all'ingresso del PNC;

2.1.3.3.2. avere una fase di diluizione iniziale a caldo che estragga un campione a una temperatura di ≥ 423 K (150 °C) e ≤ 673 K (400 °C) e il cui fattore di diluizione sia almeno pari a 10;

2.1.3.3.3. ►**M2** controllare che le temperature nominali di funzionamento delle fasi a caldo rimangano costanti, nell'intervallo specificato al punto 2.1.3.3.2, con una tolleranza di ± 10 K (± 10 °C); ◄

2.1.3.3.4. ottenere un fattore di riduzione della concentrazione di particelle [f_r (d_i)], come definito al paragrafo 2.2.2.2, per particelle del diametro di 30 nm e di 50 nm di mobilità elettrica, che non sia superiore di oltre, rispettivamente, il 30 % o il 20 % né inferiore di oltre il 5 % a quello di particelle del diametro di 100 nm di mobilità elettrica per l'intero VPR;

▼B

2.1.3.3.5. ottenere una vaporizzazione > 99,0 % delle particelle di 30 nm di tetracontano [CH_3 $(CH_2)_{38}CH_3$], con concentrazione in ingresso ≥ 10 000 cm^{-3}, mediante riscaldamento e riduzione delle pressioni parziali del tetracontano.

2.1.3.4. Il PNC deve:

2.1.3.4.1. funzionare in condizioni di flusso totale;

2.1.3.4.2. raggiungere una precisione di conteggio di ± 10 % rispetto a una norma tracciabile nell'intero intervallo tra 1 cm^{-3} e la soglia superiore del modo di conteggio unico delle particelle del PNC. In presenza di concentrazioni inferiori a 100 cm^{-3}, per dimostrare la precisione del PNC con un alto grado di affidabilità statistica, potrebbe essere necessario calcolare la media di misurazioni effettuate su lunghi periodi di campionamento;

2.1.3.4.3. avere una leggibilità di almeno 0,1 particelle/cm^{-3} a concentrazioni fino a 100 cm^{-3};

2.1.3.4.4. avere una risposta lineare a concentrazioni di particelle per l'intero intervallo della misurazione nel modo di conteggio unico delle particelle;

2.1.3.4.5. avere una frequenza di registrazione dei dati pari o superiore a 0,5 Hz;

2.1.3.4.6. avere un tempo di reazione inferiore a 5 secondi per l'intero intervallo della concentrazione misurata;

2.1.3.4.7. disporre di una funzione di correzione della coincidenza fino a un massimo del 10 % e di un fattore di taratura interno, di cui al paragrafo 2.1.3, ma senza dover ricorrere ad altri algoritmi per correggere o definire l'efficienza di conteggio;

2.1.3.4.8. avere un'efficienza di conteggio, con particelle del diametro di 23 nm (± 1 nm) e di 41 nm (± 1 nm) di mobilità elettrica, del 50 % (± 12 %) e > 90 %, rispettivamente. Tale efficienza di conteggio può essere ottenuta con mezzi interni (ad es. controllo della progettazione dello strumento) o esterni (ad es. dispositivo di preclassificazione delle dimensioni);

2.1.3.4.9. se il PNC usa un liquido di lavoro, quest'ultimo deve essere sostituito alla frequenza specificata dal costruttore dello strumento.

2.1.3.5. Se, al punto in cui viene controllata la portata del PNC, la pressione e/o la temperatura all'ingresso del PNC non sono mantenute a un livello costante noto, esse vanno misurate e registrate per correggere la concentrazione delle particelle in condizioni standard.

2.1.3.6. La somma del tempo di permanenza del PTS, del VPR e dell'OT oltre al tempo di risposta del PNC non deve essere superiore a 20 secondi.

2.1.3.7. Il tempo di trasformazione dell'intero sistema di campionamento del numero delle particelle (PTS, VPR, OT e PNC) deve essere determinato cambiando l'aerosol direttamente all'ingresso del PTS. Il cambiamento dell'aerosol va effettuato in meno di 0,1 secondo. L'aerosol usato per la prova deve dar luogo a un cambiamento di concentrazione pari almeno al 60 % del fondo scala (full scale, FS).

Registrare la curva della concentrazione. Per l'allineamento temporale dei segnali della concentrazione del numero di particelle e del flusso dei gas di scarico, il tempo di trasformazione è definito come l'intervallo di tempo che intercorre tra cambiamento (t_0) e raggiungimento di una risposta equivalente al 50 % del valore finale rilevato (t_{50}).

▼B

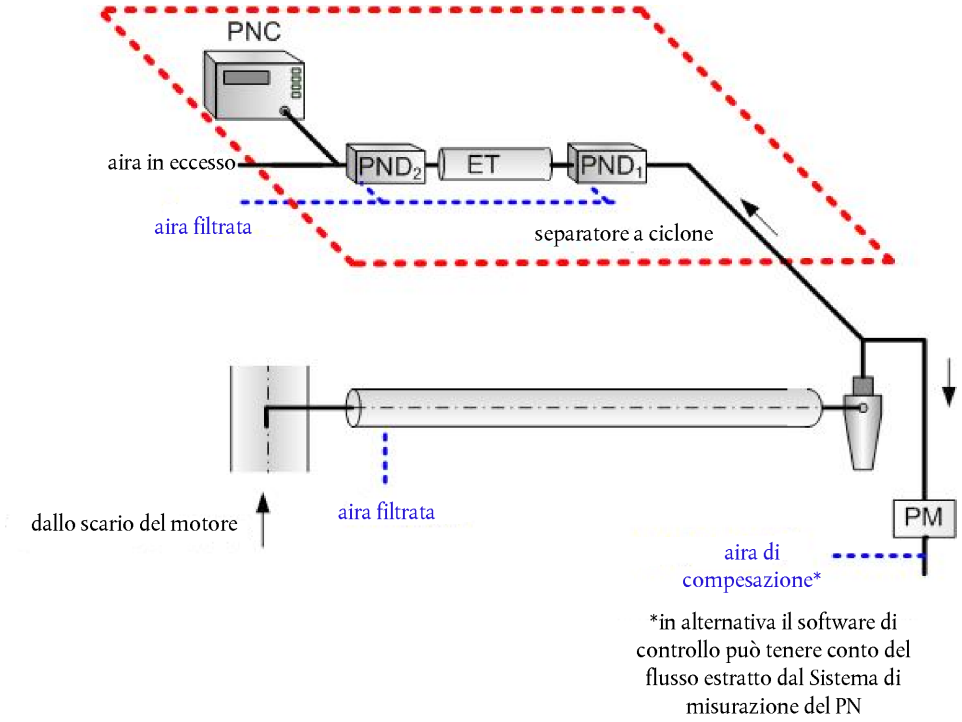
2.1.4. Descrizione del sistema raccomandato

Il presente punto descrive la pratica raccomandata per la misurazione del numero delle particelle. è accettabile tuttavia qualsiasi sistema che soddisfi le specifiche di prestazione di cui ai paragrafi 2.1.2 e 2.1.3.

Le figure 6.9 e 6.10 sono disegni schematici delle configurazioni del sistema raccomandato di campionamento delle particelle per sistemi di diluizione a flusso parziale e, rispettivamente, a flusso totale.

Figura 6.9

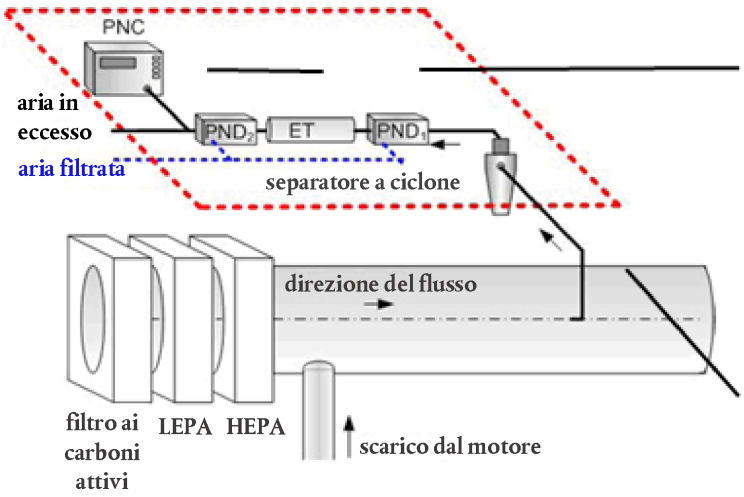
Schema del sistema di campionamento delle particelle raccomandato — Campionamento a flusso parziale



▼M2

Figura 6.10

Schema del sistema di campionamento delle particelle raccomandato – Campionamento a flusso totale



▼B

2.1.4.1. Descrizione del sistema di campionamento

Il sistema di campionamento delle particelle si compone di una sonda o di un punto di campionamento nel sistema di diluizione, di un tubo di trasferimento delle particelle (PTT), di un preclassificatore delle particelle (PCF) e di un separatore di particelle volatili (VPR) a monte dell'unità di misurazione della concentrazione del numero di particelle (PNC). Il VPR deve comprendere dispositivi di diluizione del campione (PND_1 e PND_2) e di evaporazione delle particelle (ET). La sonda o il punto di campionamento per il flusso del gas di scarico da provare vanno collocati nel tratto di diluizione in modo da poter estrarre un campione rappresentativo del flusso del gas di scarico da una miscela omogenea di aria di diluizione/gas di scarico. La somma del tempo di permanenza del sistema oltre al tempo di risposta del PNC non deve essere superiore a 20 secondi.

2.1.4.2. Sistema di trasferimento delle particelle

La punta della sonda di campionamento o il punto di campionamento e il tubo di trasferimento delle particelle (particle transfer tube, PTT) formano insieme il sistema di trasferimento delle particelle (particle transfer system, PTS). Il PTS incanala il campione dal tunnel di diluizione all'ingresso del primo diluitore del numero di particelle. Il PTS deve soddisfare le seguenti condizioni:

Nel caso di sistemi di diluizione a flusso totale o parziale del tipo a campionamento frazionale (descritti al punto 9.2.3 del presente allegato), la sonda di campionamento va installata vicino alla linea centrale del tunnel, a una distanza pari a 10-20 volte il diametro del tunnel, a valle dell'ingresso del gas, orientata controcorrente rispetto al flusso del gas nel tunnel; l'asse della punta deve essere parallelo a quello della galleria di diluizione. La sonda di campionamento va collocata all'interno del tratto di diluizione in modo che il campione sia estratto da una miscela omogenea di aria di diluizione/gas di scarico.

Nel caso di sistemi di diluizione a flusso parziale del tipo a campionamento totale (descritti al punto 9.2.3 del presente allegato), il punto di campionamento delle particelle deve essere collocato nel tubo di trasferimento del particolato, a monte del supporto del filtro del particolato, del dispositivo di misurazione del flusso e di qualsiasi punto di biforcazione tra campione e derivazione. Il punto di campionamento o la sonda di campionamento vanno collocati in modo che il campione sia estratto da una miscela omogenea di aria di diluizione/gas di scarico.

Il gas campione che attraversa il PTS deve soddisfare le seguenti condizioni:

avere un flusso caratterizzato da un numero di Reynolds (Re) < 1 700;

avere un tempo di permanenza nel PTS di ≤ 3 secondi.

È accettabile ogni altra configurazione del PTS per la quale possa essere dimostrata una portata equivalente di particelle del diametro di 30 nm di mobilità elettrica.

Il tubo di uscita (outlet tube, OT) che trasporta il campione diluito dal VPR all'ingresso del PNC deve avere le seguenti caratteristiche:

un diametro interno di ≥ 4 mm;

il flusso del campione di gas attraverso l'OT deve avere un tempo di permanenza di ≤ 0,8 secondi.

▼B

È accettabile ogni altra configurazione dell'OT per la quale possa essere dimostrata una portata equivalente di particelle del diametro di 30 nm di mobilità elettrica.

2.1.4.3. Preclassificatore per particelle

Il preclassificatore per particelle raccomandato va collocato a monte del VPR. Il diametro delle particelle al 50 % del taglio granulometrico del preclassificatore deve essere compreso tra 2,5 μm e 10 μm alla portata volumetrica scelta per il campionamento del numero di particelle nelle emissioni. Il preclassificatore deve permettere che almeno il 99 % della concentrazione massica di particelle da 1 μm che vi entrano, possa uscire alla portata volumetrica scelta per il campionamento del numero di particelle nelle emissioni. Nei sistemi di diluizione a flusso parziale è possibile usare lo stesso preclassificatore per il campionamento della massa del particolato e del numero di particelle, estraendo il campione del numero di particelle dal sistema di diluizione a valle del preclassificatore. In alternativa, è possibile usare prefiltri separati ed estrarre il campione del numero di particelle dal sistema di diluizione a monte del preclassificatore della massa del particolato.

2.1.4.4. Separatore di particelle volatili (VPR)

Il VPR deve comprendere un diluitore del numero di particelle (PND_1), un tubo di evaporazione e un secondo diluitore (PND_2) in serie. La diluizione ha la funzione di ridurre la concentrazione del campione, che entra nell'unità che misura la concentrazione delle particelle, fino a un livello inferiore alla soglia superiore del modo di conteggio unico delle particelle del PNC e di sopprimere la nucleazione all'interno del campione. Il VPR deve poter indicare se il PND_1 e il tubo di evaporazione funzionano a temperature corrette.

Il VPR deve poter ottenere una vaporizzazione > 99,0 % delle particelle di 30 nm di tetracontano [CH_3 $(CH_2)_{38}CH_3$], con concentrazione in ingresso ≥ 10 000 cm^{-3}, mediante riscaldamento e riduzione delle pressioni parziali del tetracontano. Esso deve anche poter ottenere un fattore di riduzione della concentrazione di particelle (f_r), per particelle del diametro di 30 nm e di 50 nm di mobilità elettrica, che non sia superiore di oltre, rispettivamente, il 30 % o il 20 %, né inferiore di oltre il 5 % a quello di particelle del diametro di 100 nm di mobilità elettrica per l'intero VPR.

2.1.4.4.1. Primo dispositivo di diluizione del numero di particelle (PND_1)

Il primo dispositivo di diluizione del numero di particelle è specificatamente destinato a diluire la concentrazione del numero di particelle e funziona a una temperatura di parete compresa tra 423 K e 673 K (tra 150 °C e 400 °C). Il valore di riferimento della temperatura di parete va mantenuto a una temperatura nominale costante di funzionamento, entro il suddetto intervallo, con una tolleranza di ± 10 °C, e non deve superare la temperatura di parete dell'ET (cfr. punto 2.1.4.4.2). Il diluitore va alimentato con aria di diluizione filtrata da filtro HEPA e deve essere in grado di generare un fattore di diluizione compreso tra 10 e 200 volte.

2.1.4.4.2. Tubo di evaporazione (ET)

Per l'intera lunghezza del tubo di evaporazione (ET) deve essere mantenuta una temperatura di parete pari o superiore a quella del primo dispositivo di diluizione del numero di particelle; alla parete va mantenuta una temperatura di funzionamento nominale fissa compresa tra 300 °C e 400 °C, con una tolleranza di ± 10 °C.

▼B

2.1.4.4.3. Secondo dispositivo di diluizione del numero di particelle (PND_2)

Il PND_2 deve essere progettato in modo specifico per diluire la concentrazione del numero di particelle. Il diluitore va alimentato con aria di diluizione filtrata da filtro HEPA e deve essere in grado di mantenere un fattore di diluizione unico compreso tra 10 e 30 volte. Deve essere selezionato un fattore di diluizione del PND_2 compreso tra 10 e 15 affinché la concentrazione del numero di particelle a valle del secondo diluitore sia inferiore alla soglia superiore del modo di conteggio unico delle particelle del PNC e la temperatura dei gas sia < 35°C all'ingresso del PNC.

2.1.4.5. Contatore del numero di particelle (PNC)

Il PNC deve soddisfare i requisiti del punto 2.1.3.4.

2.2. Taratura/convalida del sistema di campionamento delle particelle ([1])

2.2.1. Taratura del contatore del numero di particelle

2.2.1.1 Il servizio tecnico deve garantire che esiste un certificato di taratura del PNC attestante la sua conformità a una norma tracciabile per i 12 mesi precedenti la prova delle emissioni.

2.2.1.2. Dopo ogni intervento di manutenzione importante il PNC deve essere tarato nuovamente e deve essere emesso un nuovo certificato.

2.2.1.3. La taratura deve avvenire con un metodo tracciabile di taratura standard:

a) comparando la reazione del PNC da tarare con quella di un elettrometro di aerosol tarato mentre effettua il campionamento di particelle di taratura classificate elettrostaticamente; oppure

b) comparando la reazione del PNC da tarare con quella di un secondo PNC tarato direttamente con il metodo di cui sopra.

Nel caso dell'elettrometro la taratura va effettuata usando almeno sei concentrazioni standard distribuite il più uniformemente possibile sull'intervallo di misurazione del PNC. Questi punti comprendono una concentrazione nominale zero che si verifica applicando filtri HEPA appartenenti almeno alla classe H13 della norma EN 1822:2008, o di capacità equivalenti, all'ingresso di ogni strumento. Se non viene applicato un fattore di taratura al PNC da tarare, le concentrazioni misurate devono collocarsi, ad eccezione del punto zero, entro un margine del ± 10 % della concentrazione standard per ciascuna concentrazione utilizzata; altrimenti, il PNC da tarare va respinto. Deve essere calcolato e registrato il gradiente della regressione lineare di due serie di dati. Al PNC da tarare deve essere applicato un fattore di taratura pari al reciproco del gradiente. La linearità della risposta viene calcolata come quadrato del coefficiente di correlazione del momento del prodotto di Pearson (R^2) delle due serie di dati e sarà pari o superiore a 0,97. Nel calcolo del gradiente e di R^2 la regressione lineare deve essere forzata attraverso l'origine (concentrazione zero per entrambi gli strumenti).

([1]) Esempi dei metodi di taratura/convalida sono disponibili al seguente indirizzo: www.unece.org/es/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpfcp

▼B

Nel caso del PNC di riferimento la taratura va effettuata usando almeno sei concentrazioni standard distribuite sull'intervallo di misurazione del PNC. Almeno 3 punti devono collocarsi a concentrazioni inferiori a 1 000 cm^{-3}; le restanti concentrazioni devono spaziarsi linearmente tra 1 000 cm^{-3} e il massimo dell'intervallo del PNC nel modo di conteggio unico delle particelle. Questi punti comprendono una concentrazione nominale zero che si verifica applicando filtri HEPA appartenenti almeno alla classe H13 della norma EN 1822:2008, o di capacità equivalenti, all'ingresso di ogni strumento. Se non viene applicato un fattore di taratura al PNC da tarare, le concentrazioni misurate devono collocarsi, ad eccezione del punto zero, entro un margine del ± 10 % della concentrazione standard per ciascuna concentrazione; altrimenti il PNC da tarare va respinto. Deve essere calcolato e registrato il gradiente della regressione lineare di due serie di dati. Al PNC da tarare deve essere applicato un fattore di taratura pari al reciproco del gradiente. La linearità della risposta viene calcolata come quadrato del coefficiente di correlazione del momento del prodotto di Pearson (R^2) delle due serie di dati e sarà pari o superiore a 0,97. Nel calcolo del gradiente e di R^2 la regressione lineare deve essere forzata attraverso l'origine (concentrazione zero per entrambi gli strumenti).

2.2.1.4. La taratura deve anche comprendere una verifica, in base ai requisiti di cui al paragrafo 2.1.3.4.8, sull'efficacia di individuazione del PNC con particelle del diametro di 23 nm di mobilità elettrica. Un controllo dell'efficacia di conteggio con particelle da 41 nm non è necessario.

2.2.2. Taratura/convalida dell'eliminatore di particelle volatili

2.2.2.1. La taratura del fattore di riduzione della concentrazione di particelle nel VPR in tutto il suo intervallo dei livelli di diluizione, alle temperature nominali fisse di funzionamento dello strumento, è richiesta se lo strumento è nuovo e dopo ogni intervento di manutenzione importante. Il requisito della verifica periodica del fattore di riduzione della concentrazione delle particelle nel VPR si limita a un controllo a ogni singolo livello che sia rappresentativo di quelli usati per la misurazione sulle macchine mobili non stradali munite di filtro antiparticolato diesel. Il servizio tecnico deve garantire che esiste un certificato di taratura o di convalida del VPR per i 6 mesi precedenti la prova delle emissioni. Se il VPR dispone di segnali di allarme per il monitoraggio delle temperature, è ammesso un intervallo di convalida di 12 mesi.

Il VPR è caratterizzato da un fattore di riduzione della concentrazione di particelle con particelle solide del diametro di 30 nm, 50 nm e 100 nm di mobilità elettrica. I fattori di riduzione della concentrazione di particelle [f_r (d)], per particelle del diametro di 30 nm e di 50 nm di mobilità elettrica, non devono essere superiori di oltre, rispettivamente, il 30 % o il 20 % né inferiore di oltre il 5 % a quello di particelle del diametro di 100 nm di mobilità elettrica. A scopo di convalida, il fattore medio di riduzione della concentrazione di particelle deve essere ± 10 % del fattore medio di riduzione della concentrazione di particelle ($\bar{f}_r$) determinato durante la taratura primaria del VPR.

2.2.2.2. L'aerosol di prova per tali misurazioni deve essere costituito da particelle solide di 30, 50 e 100 nm di mobilità elettrica e da una concentrazione minima di 5 000 particelle per cm^{-3} all'ingresso del VPR. Le concentrazioni di particelle devono essere misurate a monte e a valle dei componenti.

▼B

Il fattore di riduzione della concentrazione di particelle per la dimensione di ciascuna particella [$f_r(d_i)$] va calcolato con l'equazione 6-32:

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)} \quad (6\text{-}32)$$

dove:

$N_{in}(d_i)$ è la concentrazione del numero di particelle a monte per particelle di diametro d_i;

$N_{out}(d_i)$ è la concentrazione del numero di particelle a valle per particelle di diametro d_i;

d_i è il diametro di mobilità elettrica delle particelle (30, 50 o 100 nm).

$N_{in}(d_i)$ e $N_{out}(d_i)$ devono essere corrette alle stesse condizioni.

La riduzione media della concentrazione di particelle ($\overline{f}_r$) a un determinato livello di diluizione deve essere calcolata con l'equazione 6-33:

$$\overline{f}_r = \frac{f_r(30nm) + f_r(50nm) + f_r(100nm)}{3} \quad (6\text{-}33)$$

Si raccomanda di tarare e convalidare il VPR come unità completa.

2.2.2.3. Il servizio tecnico deve garantire che esiste un certificato di convalida del VPR attestante la sua effettiva efficacia nell'eliminare le particelle volatili su un periodo di 6 mesi precedenti la prova delle emissioni Se il VPR dispone di segnali di allarme per il monitoraggio delle temperature, è ammesso un intervallo di convalida di 12 mesi. Il VPR deve dimostrare di essere in grado di eliminare oltre il 99,0 % delle particelle di almeno 30 nm di tetracontano [CH_3 $(CH_2)_{38}CH_3$], con concentrazione in ingresso ≥ 10 000 cm^{-3}, se fatto funzionare al suo livello minimo di diluizione e alla temperatura di funzionamento raccomandata dal costruttore

2.2.3. Procedura di controllo del sistema delle particelle

2.2.3.1. Prima di ciascuna prova, il contatore di particelle deve registrare una concentrazione misurata inferiore a 0,5 particelle per cm^{-3} se all'ingresso dell'intero sistema di campionamento delle particelle (VPR e PNC) è applicato un filtro HEPA appartenente almeno alla classe H13 della norma EN 1822:2008 o di capacità equivalente.

2.2.3.2. Su base mensile, il flusso all'interno del contatore di particelle deve registrare un valore misurato che si collochi entro un margine del 5 % della portata nominale del contatore di particelle, se controllato con un flussimetro tarato.

2.2.3.3. Ogni giorno, dopo aver applicato all'ingresso del contatore di particelle un filtro HEPA appartenente almeno alla classe H13 della norma EN 1822:2008, o di capacità equivalente, il contatore di particelle deve registrare una concentrazione ≤ 0,2 cm^{-3}. Rimosso il filtro, il contatore di particelle deve indicare un aumento della concentrazione misurata di almeno 100 particelle per cm^{-3}, se sottoposto ad aria ambientale, e un ritorno a ≤ 0,2 cm^{-3} appena viene ricollocato il filtro HEPA.

2.2.3.4. Prima dell'inizio di ogni prova deve essere accertato che il sistema di misurazione indichi quando il tubo di evaporazione, se compreso nel sistema, ha raggiunto la sua corretta temperatura di funzionamento.

2.2.3.5. Prima dell'inizio di ogni prova, deve essere accertato che il diluitore PND_1 abbia raggiunto la sua corretta temperatura di funzionamento.

▼B

Appendice 2

Requisiti per l'installazione di apparecchiature e dispositivi ausiliari

Numero	Apparecchiature e dispositivi ausiliari	Installati per la prova delle emissioni
1	Sistema di aspirazione	
	Collettore di aspirazione	Sì
	Sistema di controllo delle emissioni dal basamento	Sì
	Flussimetro dell'aria	Sì
	Filtro dell'aria	Sì [a]
	Silenziatore di aspirazione	Sì [a]
2	Sistema di scarico	
	Sistema di post-trattamento dei gas di scarico	Sì
	Collettore di scarico	Sì
	Tubi di raccordo	Si [b]
	Silenziatore	Si [b]
	Tubo di scarico	Si [b]
	Freno motore a gas di scarico	No [c]
	Compressore	Sì
3	Pompa di alimentazione del carburante	Sì [d]
4	Dispositivi d'iniezione del carburante	
	Prefiltro	Sì
	Filtro	Sì
	Pompa	Sì
5	Condotti ad alta pressione	Sì
	Iniettore	Sì
	Centralina elettronica di controllo (ECU), sensori, ecc.	Sì
	Regolatore/sistema di controllo	Sì
	Fine corsa automatico di pieno carico della cremagliera di controllo in funzione delle condizioni atmosferiche	Sì
6	Impianto di raffreddamento a liquido	
	Radiatore	No
	Ventola	No
	Carenatura della ventola	No
	Pompa dell'acqua	Sì [e]
	Termostato	Sì [f]
7	Raffreddamento ad aria	
	Carenatura	No [g]
	Ventola o soffiante	No [g]
	Dispositivo di regolazione della temperatura	No

▼B

Numero	Apparecchiature e dispositivi ausiliari	Installati per la prova delle emissioni
8	Impianto di sovralimentazione	
	Compressore azionato direttamente dal motore e/o dai gas di scarico	Sì
	Dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione	Sì (g) (h)
	Pompa o ventola del refrigerante (azionata dal motore)	No (g)
	Dispositivo per regolare la portata del liquido refrigerante	Sì
9	Ventola ausiliaria del banco di prova	Sì, se necessario
10	Dispositivo antinquinamento	Sì
11	Impianto di avviamento	Sì, o apparecchiatura del banco di prova (i)
12	Pompa dell'olio lubrificante	Sì
13	Alcuni dispositivi ausiliari legati al funzionamento della macchina mobile non stradale che potrebbero essere installati sul motore devono essere rimossi durante la prova. A titolo di esempio, si fornisce di seguito un elenco non limitativo: i) compressore d'aria per i freni ii) compressore del servosterzo iii) compressore del sistema di sospensione iv) condizionatore d'aria.	No

(a) Il sistema completo di aspirazione deve essere montato come previsto per l'impiego desiderato, se:
i) può influire sensibilmente sulla potenza del motore;
ii) quando lo richiede il costruttore.
Negli altri casi, è possibile ricorrere a un sistema equivalente e sarà necessario verificare che la pressione di aspirazione non differisca di oltre 100 Pa dal valore limite massimo specificato dal costruttore per un filtro dell'aria pulito.

(b) Il sistema completo di scarico deve essere montato come previsto per l'impiego desiderato, se:
i) può influire sensibilmente sulla potenza del motore;
ii) quando lo richiede il costruttore.
Negli altri casi, può essere installato un sistema equivalente a condizione che la pressione misurata non differisca di oltre 1 000 Pa dal valore limite massimo specificato dal costruttore per un filtro dell'aria pulito.

(c) Se nel motore è incorporato un freno motore a gas di scarico, la valvola a farfalla deve essere fissata in posizione completamente aperta.

(d) La pressione di alimentazione del carburante può essere regolata, se del caso, in modo da riprodurre la pressione esistente in quella particolare applicazione del motore (in particolare, se è previsto un sistema di «ritorno del carburante»).

(e) La circolazione del liquido di raffreddamento va attivata solo dalla pompa dell'acqua del motore. Il raffreddamento del liquido può avvenire attraverso un circuito esterno, in modo che le sue perdite di pressione e la pressione all'ingresso della pompa restino sostanzialmente quelle del sistema di raffreddamento del motore.

(f) Il termostato può essere regolato nella posizione di massima apertura.

(g) Se per la prova viene montato un ventilatore di raffreddamento o un soffiante la potenza assorbita deve essere aggiunta ai valori registrati, eccetto nel caso in cui i ventilatori di raffreddamento di motori raffreddati ad aria siano montati direttamente sull'albero a gomiti. La potenza del ventilatore o del soffiante deve essere determinata alle velocità utilizzate per la prova mediante calcolo sulla base delle caratteristiche standard o mediante prove pratiche.

(h) I motori con raffreddamento intermedio dell'aria di sovralimentazione devono essere sottoposti a prova con tale sistema (a liquido o ad aria) in funzione; a discrezione del costruttore, il refrigeratore ad aria può tuttavia essere sostituito con un dispositivo sul banco di prova. In entrambi i casi, la misurazione della potenza a ogni regime va effettuata in modo che, attraverso il raffreddamento dell'aria di sovralimentazione montato sul banco di prova, vi sia una perdita di pressione massima e una perdita di temperatura minima dell'aria del motore rispetto a quelle specificate dal costruttore per il dispositivo montato sul veicolo completo.

(i) La potenza destinata a impianti elettrici o ad altri sistemi d'avviamento deve essere fornita dal banco di prova.

▼B

Appendice 3

Verifica del segnale di coppia trasmesso dalla centralina elettronica di controllo

1. **Introduzione**

La presente appendice ha lo scopo di stabilire i requisiti per la verifica qualora il costruttore intenda usare il segnale di coppia trasmesso dalla centralina elettronica di controllo (ECU), per i motori che ne sono dotati, durante l'esecuzione di prove di monitoraggio in servizio conformemente al regolamento delegato (UE) 2016/655 della Commissione sul controllo delle emissioni dei motori in servizio.

La base della coppia netta deve essere il valore netto della coppia non corretto fornito dal motore comprensivo di apparecchiature e dispositivi ausiliari da includere per la prova delle emissioni conformemente all'appendice 2.

2. **Segnale di coppia dell'ECU**

Con il motore montato sul banco di prova per l'esecuzione della procedura di mappatura devono essere previsti mezzi per la lettura del segnale di coppia trasmesso dall'ECU conformemente ai requisiti del regolamento delegato (UE) 2016/655 allegato I, appendice 6.

3. **Procedura di verifica**

Durante l'esecuzione della procedura di mappatura conformemente al punto 7.6.2 del presente allegato, la lettura dei valori della coppia misurati dal dinamometro e di quelli trasmessi dall'ECU devono avvenire simultaneamente su almeno tre punti sulla curva di coppia. La lettura di almeno uno dei tre valori deve essere effettuata su un punto della curva in cui la coppia è almeno pari al 98 % del valore massimo.

►M2 I valori della coppia trasmessi dall'ECU devono essere accettati senza correzioni se, per ciascuno dei punti su cui è stata effettuata la misurazione, il fattore calcolato dividendo il valore della coppia misurato dal dinamometro per il valore della coppia trasmesso dall'ECU è pari almeno a 0,93 (corrispondente a una differenza massima del 7 %). ◄ In tal caso nel certificato di omologazione va indicato che il valore di coppia trasmesso dall'ECU è stato verificato senza correzione. Se su uno o più punti di prova il fattore risulta essere inferiore a 0,93, deve essere determinato il fattore di correzione medio di tutti i punti dai quali è stata effettuata la lettura; tale valore deve essere registrato nel certificato di omologazione. Quando il fattore è registrato nel certificato di omologazione, esso deve essere applicato alla trasmissione della copia dall'ECU durante l'esecuzione di prove di controllo in servizio conformemente al regolamento delegato (UE) 2016/655.

▼B

Appendice 4

Procedura per la misurazione dell'ammoniaca

1. La presente appendice descrive la procedura per la misurazione dell'ammoniaca (NH_3). Per analizzatori non lineari è ammesso l'uso di circuiti di linearizzazione.

2. Sono ammessi tre principi di misurazione dell'NH_3, ciascuno dei quali può essere impiegato purché soddisfi, rispettivamente, i criteri di cui ai punti 2.1, 2.2 o 2.3. Ai fini della misurazione dell'NH_3 non è consentito l'uso di essiccatori per gas.

2.1. Analizzatore a infrarosso operante in trasformata di Fourier (Fourier Transform Infrared, FTIR)

2.1.1. Principio di misurazione

Il FTIR si basa sul principio della spettroscopia infrarossa a banda larga. Esso permette la misurazione simultanea dei componenti dei gas di scarico i cui spettri standardizzati siano disponibili nello strumento. Lo spettro di assorbimento (intensità/lunghezza d'onda) è calcolato a partire dall'interferogramma, misurato (intensità/tempo) con il metodo della trasformata di Fourier.

2.1.2. Installazione e prelievo di campioni

Lo spettroscopio FTIR deve essere installato secondo le istruzioni del costruttore. Selezionare la lunghezza d'onda dell'NH_3 ai fini della valutazione. Il percorso del campione (linea di campionamento, prefiltri e valvole) deve essere in acciaio inossidabile o in PTFE e scaldato a valori preimpostati (set point) di temperatura compresi tra 383 K (110 °C) e 464 K (191 °C) per ridurre al minimo le perdite di NH_3 e i manufatti di campionamento. Inoltre, la linea di campionamento deve essere quanto più breve ammesso dalla pratica.

2.1.3. Interferenza incrociata

La risoluzione spettrale della lunghezza d'onda dell'NH_3 deve essere nell'ambito di 0,5 cm^{-1} per ridurre al minimo l'interferenza incrociata di altri gas presenti nel gas di scarico.

2.2. Assorbimento ultravioletto non dispersivo di risonanza («NDUV»)

2.2.1. Principio di misurazione

L'NDUV si basa su un principio puramente fisico; non sono necessari gas o attrezzature ausiliari. L'elemento principale del fotometro è una lampada a scarica senza elettrodo. Essa produce una radiazione di struttura precisa nella gamma degli ultravioletti che permette la misurazione di diversi elementi, tra cui l'NH_3.

Il sistema fotometrico dispone di un doppio raggio nel tempo configurato per produrre un raggio di misurazione e un raggio di riferimento in base alla tecnica di correlazione dei filtri.

Al fine di raggiungere un elevato livello di stabilità del segnale di misurazione, il doppio raggio nel tempo è combinato a un doppio raggio nello spazio. L'elaborazione dei segnali del rilevatore favorisce un livello pressoché trascurabile di deriva dello zero.

Nella modalità di taratura dell'analizzatore una cella di quarzo sigillata è inclinata verso il percorso del raggio al fine di ottenere un valore esatto di taratura poiché tutte le perdite di riflesso e assorbimento delle finestre della cellula sono compensate. Poiché il gas contenuto nella cella è molto stabile, questo metodo di taratura comporta una buona stabilità del fotometro nel tempo

▼B

2.2.2. Installazione

L'analizzatore deve essere installato all'interno di un armadio di analisi che usi un campionamento per estrazione in base alle istruzioni del costruttore dello strumento. L'ubicazione dell'analizzatore deve essere in grado di sostenere il peso specificato dal costruttore.

Il percorso del campione (linea di campionamento, prefiltri e valvole) deve essere in acciaio inossidabile o in PTFE e scaldato a valori preimpostati (set point) di temperatura compresi tra 383 K (110 °C) e 464 K (191 °C).

Inoltre, la linea di campionamento deve essere quanto più breve possibile. È necessario ridurre al minimo l'influsso della temperatura e della pressione dei gas di scarico, dell'ambiente in cui si trova l'installazione e delle vibrazioni sulla misurazione.

L'analizzatore di gas deve essere posto al riparo da freddo, calore, variazioni di temperatura, forti correnti d'aria, accumulo di polvere, atmosfere corrosive e vibrazioni. Deve essere consentita una sufficiente circolazione dell'aria per evitare l'accumulo di calore. L'intera superficie deve essere utilizzata per dissipare il calore delle perdite.

2.2.3. Sensibilità trasversale

Deve essere selezionato un intervallo spettrale adeguato per ridurre al minimo le interferenze trasversali dei gas di accompagnamento. Componenti tipiche che provocano sensibilità trasversali nella misurazione dell'NH_3 sono SO_2, NO_2 ed NO.

Possono essere applicati anche altri metodi per ridurre la sensibilità trasversale:

a) uso di filtri interferenziali;

b) misurazione dei componenti della sensibilità trasversale e compensazione di quest'ultima tramite l'impiego del segnale di misurazione.

2.3. Analizzatore laser a infrarosso

2.3.1. Principio di misurazione

Un laser a infrarosso, come un diodo laser modulabile (TDL) o un laser a cascata quantica (QCL), è in grado di emettere una luce coerente, rispettivamente nella regione dell'infrarosso vicino e medio, in cui i composti di azoto, compreso il NH_3, sono soggetti a un forte assorbimento. Questa tecnologia di ottica dei laser è in grado di emettere uno spettro infrarosso medio o vicino a banda stretta e ad alta risoluzione in modalità pulsata. Gli analizzatori laser a infrarosso sono pertanto in grado di ridurre le interferenze causate dalla sovrapposizione dello spettro di componenti coesistenti nei gas di scarico del motore.

2.3.2. Installazione

L'analizzatore va installato direttamente nel tubo di scarico (in situ) oppure all'interno di un armadio di analisi che usi un campionamento per estrazione in base alle istruzioni del costruttore dello strumento. Se installato in un armadio di analisi, il percorso del campione (linea di campionamento, prefiltri e valvole) deve essere in acciaio inossidabile o in PTFE e scaldato a valori preimpostati (set point) di temperatura compresi tra 383 K (110 °C) e 464 K (191 °C) per ridurre al minimo le perdite di NH_3 e i manufatti di campionamento. Inoltre, la linea di campionamento deve essere quanto più breve ammesso dalla pratica.

È necessario ridurre al minimo l'influsso della temperatura e della pressione dei gas di scarico, dell'ambiente in cui si trova l'installazione e delle vibrazioni sulla misurazione ed eventualmente compensarlo con accorgimenti tecnici.

▼B

L'aria a flusso laminare eventualmente usata nel corso della misurazione in situ per proteggere lo strumento non deve avere effetto sulla concentrazione di nessun componente dei gas di scarico misurata a valle del dispositivo; altrimenti il campionamento di altri componenti dei gas di scarico deve avvenire a monte del dispositivo.

2.3.3. Verifica dell'interferenza degli analizzatore a infrarossi di NH_3 (interferenza trasversale)

2.3.3.1. Campo di applicazione e frequenza

Se il NH_3è misurato usando un analizzatore a infrarossi, la quantità dell'interferenza è verificata dopo l'installazione iniziale dell'analizzatore e dopo manutenzioni importanti.

2.3.3.2. Principi di misurazione per la verifica dell'interferenza

I gas interferenti possono interferire positivamente con certi tipi di analizzatori laser a infrarossi causando una risposta simile a NH_3. Se l'analizzatore usa algoritmi di compensazione che utilizzano le misurazioni di altri gas per soddisfare la verifica dell'interferenza, tali misurazioni vanno eseguite contemporaneamente per provare gli algoritmi di compensazione durante la verifica dell'interferenza dell'analizzatore.

Per determinare i gas interferenti degli analizzatori laser a infrarossi è necessario affidarsi alla buona pratica ingegneristica. È opportuno notare che le specie interferenti, con l'eccezione dell'H_2O, dipendono dalla banda di assorbimento dell'infrarosso dell'NH_3 scelto dal costruttore dello strumento. Per ciascun analizzatore deve essere determinata la banda di assorbimento dell'infrarosso dell'NH_3. Per ciascuna banda di assorbimento dell'infrarosso dell'NH_3, è necessario affidarsi alla buona pratica ingegneristica per determinare i gas interferenti da usare per la verifica.

3. Procedimento per la prova delle emissioni

3.1. Controllo degli analizzatori

Prima della prova delle emissioni, selezionare l'intervallo dell'analizzatore. È consentito utilizzare analizzatori delle emissioni con commutazione dell'intervallo automatica o manuale. Durante il ciclo di prova, l'intervallo degli analizzatori non deve essere commutato.

Occorre determinare la risposta di zero e di span se allo strumento non si applicano le disposizioni del punto 3.4.2. Per la risposta di span va usato un gas di NH_3 che soddisfa le specifiche di cui al punto 4.2.7. È consentito l'uso di celle di riferimento contenenti gas di span di NH_3.

3.2. Raccolta dei dati riguardanti le emissioni

All'inizio della sequenza di prova, va avviata simultaneamente la raccolta dei dati sull'NH_3. La concentrazione di NH_3 va misurata in continuo e registrata alla frequenza di almeno 1 Hz su supporto informatico.

3.3. Operazioni post-prova

Al completamento della prova, il campionamento deve continuare fino alla scadenza dei tempi di reazione del sistema. Solo se non sono disponibili le informazioni di cui al punto 3.4.2 sarà necessario determinare la deriva dell'analizzatore ai sensi del punto 3.4.1.

3.4. Deriva dell'analizzatore

3.4.1. Non appena possibile e in ogni caso entro 30 minuti dal completamento del ciclo di prova o durante il periodo di sosta, occorre determinare la risposta di zero e la risposta di span dell'analizzatore. ►**M2** La differenza tra i risultati precedenti e quelli successivi alla prova deve essere inferiore al 2 % del fondo scala. ◄

▼B

3.4.2. Nelle seguenti situazioni non è necessario determinare la deriva dell'analizzatore:

a) se la deriva dello zero e dello span specificata dal costruttore dello strumento ai punti 4.2.3 e 4.2.4 soddisfa i requisiti del punto 3.4.1;

b) se l'intervallo di tempo per la deriva dello zero e dello span specificato dal costruttore dello strumento ai punti 4.2.3 e 4.2.4 supera la durata della prova.

4. Specifiche e verifica dell'analizzatore

4.1. Requisiti di linearità

L'analizzatore deve essere conforme ai requisiti di linearità di cui alla tabella 6.5 del presente allegato. La verifica della linearità va eseguita conformemente al punto 8.1.4 del presente allegato e almeno alla frequenza minima di cui alla tabella 6.4 del medesimo allegato. Previa autorizzazione dell'autorità di omologazione, sono consentiti meno di 10 punti di riferimento se può essere dimostrata una precisione equivalente.

Per la verifica della linearità va usato un gas di NH_3 che soddisfa le specifiche di cui al punto 4.2.7. È consentito l'uso di celle di riferimento contenenti gas di span di NH_3.

Gli strumenti i cui segnali siano usati per algoritmi di compensazione devono soddisfare i requisiti di linearità di cui alla tabella 6.5. del presente allegato. La verifica della linearità deve essere effettuata in base alle proprie procedure interne di audit, secondo le indicazioni del costruttore o conformemente alle prescrizioni della norma ISO 9000.

4.2. Specifiche dell'analizzatore

L'analizzatore deve avere un intervallo di misurazione e un tempo di risposta che permettano di misurare la concentrazione di NH_3 in condizioni transitorie e stazionarie con la necessaria precisione.

4.2.1. Limite di rilevazione minimo

In tutte le condizioni di prova, l'analizzatore deve avere un limite di rilevamento minimo di < 2 ppm.

4.2.2. Precisione

La precisione, definita come la deviazione della lettura dell'analizzatore dal valore di riferimento, non deve superare il ± 3 % del valore rilevato o ± 2 ppm, se superiore.

4.2.3. Deriva dello zero

La deriva della risposta di zero e del relativo intervallo di tempo deve essere specificata dal costruttore dello strumento.

4.2.4. Deriva di span

La deriva della risposta di span e del relativo intervallo di tempo deve essere specificata dal costruttore dello strumento.

4.2.5. Tempo di risposta del sistema

Il tempo di risposta del sistema deve essere ≤ 20 secondi.

4.2.6. Tempo di salita

Il tempo di salita dell'analizzatore deve essere $\leq \leq 5$ secondi.

4.2.7. Gas di taratura dell'NH_3

Deve essere disponibile una miscela di gas con la seguente composizione chimica:

NH_3 e azoto purificato;

▼B

La concentrazione effettiva di un gas di taratura deve essere compresa nel ± 3 % del valore nominale. La concentrazione dell'NH_3 deve essere indicata in termini di volume (% del volume o ppm del volume).

▼M2

La data di scadenza dei gas di taratura deve essere registrata.

▼B

4.2.8. Procedura di verifica dell'interferenza

La verifica dell'interferenza deve essere eseguita nel modo seguente:

a) avviare, far funzionare e tarare lo zero e lo span dell'analizzatore di NH_3 come si fa abitualmente prima di una prova delle emissioni;

b) creare un gas interferente umidificato facendo gorgogliare un gas di span multicomponente attraverso acqua distillata in un dispositivo sigillato. Se il campione non viene passato attraverso un essiccatore, controllare la temperatura del dispositivo per generare un livello di H_2O almeno pari al massimo previsto durante la prova delle emissioni. Usare concentrazioni di gas di span interferente almeno pari alla concentrazione massima prevista durante le prove;

c) introdurre il gas interferente umidificato nel sistema di campionamento.

d) misurare la frazione molare dell'acqua, x_{H2O}, del gas interferente umidificato il più vicino possibile all'ingresso dell'analizzatore. Ad esempio, per calcolare x_{H2O} è necessario misurare il punto di rugiada, T_{dew}, e la pressione assoluta, p_{total};

e) usare la buona pratica ingegneristica per evitare la condensazione nei condotti di trasferimento, nei fissaggi o nelle valvole dal punto in cui x_{H2O} è misurato fino all'analizzatore;

f) attendere il tempo necessario per consentire alla risposta dell'analizzatore di stabilizzarsi;

g) mentre l'analizzatore misura la concentrazione del campione registrare 30 secondi di dati campionati. Calcolare la media aritmetica dei dati;

h) l'analizzatore supera la verifica dell'interferenza se il risultato di cui alla lettera g) del presente punto corrisponde alla tolleranza di cui al presente punto.

i) è consentito eseguire separatamente le procedure di verifica delle interferenze per i singoli gas interferenti. Se i livelli di gas interferenti usati sono superiori ai livelli massimi previsti durante le prove, ciascun valore di interferenza rilevato può essere ridotto moltiplicando l'interferenza rilevata per il rapporto tra la concentrazione massima prevista e il valore effettivo usato nella procedura. È possibile eseguire procedure di verifica delle interferenze separate a concentrazioni di H_2O (fino a un contenuto di H_2O di 0,025 mol/mol) inferiori ai livelli massimi previsti durante le prove, ma il valore di interferenza dell'H_2O rilevato deve essere aumentato moltiplicando l'interferenza rilevata per il rapporto tra la concentrazione massima di H_2O prevista e il valore effettivo usato nella procedura. La somma dei valori di interferenza corretti deve rispettare il limite di tolleranza per i valori combinati di interferenza di cui alla lettera j) del presente punto;

▼**M2**

j) l'analizzatore deve avere un'interferenza combinata pari a ± 2 % del valore medio applicabile di ammoniaca (NH_3) specificato al punto 3.4 dell'allegato IV.

▼**B**

5. Sistemi alternativi

L'autorità di omologazione può approvare altri sistemi o analizzatori se constata che questi danno risultati equivalenti conformemente al punto 5.1.1 del presente allegato. In tal caso, al suddetto punto il termine «risultati» si riferisce alla concentrazione media di NH_3 calcolata per il ciclo applicabile.

▼B

Appendice 5

Descrizione delle risposte del sistema

1. Questa appendice descrive i tempi impiegati per esprimere la risposta dei sistemi di analisi e di altri sistemi di misurazione a un segnale in entrata.

2. Si applicano i tempi indicati di seguito, come illustrato nella figura 6-11:

2.1. Il tempo di ritardo è il tempo che intercorre tra la variazione del componente da misurare nel punto di riferimento e il raggiungimento di una risposta del sistema equivalente al 10 % del valore finale indicato (t_{10}), definendo come punto di riferimento la sonda di campionamento.

2.2. Il tempo di risposta è il tempo che intercorre tra la variazione del componente da misurare nel punto di riferimento e il raggiungimento di una risposta del sistema equivalente al 90 % del valore finale indicato (t_{10}), definendo come punto di riferimento la sonda di campionamento.

2.3. Il tempo di salita è il tempo impiegato per il passaggio dal 10 % al 90 % del valore finale indicato (t90 – t10);

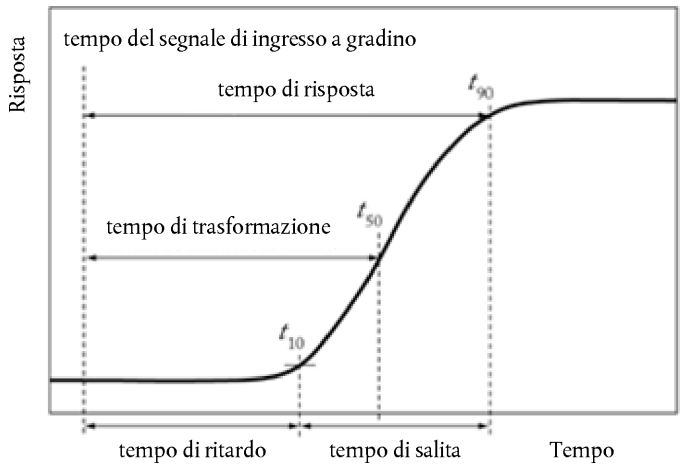
2.4. Il tempo di trasformazione è il tempo che intercorre tra la variazione del componente da misurare nel punto di riferimento e il raggiungimento di una risposta del sistema equivalente al 50 % del valore finale indicato (t_{50}), definendo come punto di riferimento la sonda di campionamento.

▼M2

2.5. Il tempo del segnale di ingresso a gradino è il momento in cui si verifica una variazione del parametro misurato.

Figura 6-11

Illustrazione delle risposte del sistema



▼B

ALLEGATO VII

Metodo per la valutazione dei dati e calcoli

1. **Prescrizioni generali**

Il calcolo delle emissioni deve essere eseguito conformemente alla parte 2 (calcoli basati sulla massa) o alla parte 3 (calcoli basati sulla mole). Non è permesso combinare i due metodi. Non può essere richiesta l'esecuzione dei calcoli secondo entrambe le parti 2 e 3.

I requisiti specifici per la misurazione del numero di particelle (PN), se del caso, sono stabiliti all'appendice 5.

1.1. Simboli generali

Parte 2	Parte 3	Unità	Quantità
	A	m^2	Superficie
	A_t	m^2	Sezione trasversale della gola del tubo di Venturi
b, D_0	a_0	t.b.d. ([3])	intercetta su y della linea di regressione
A/F_{st}		—	Rapporto stechiometrico aria/carburante
	C	—	Coefficiente
C_d	C_d	—	Coefficiente di efflusso
	C_f	—	Coefficiente di flusso
c	x	ppm, % vol	Concentrazione/frazione molare (µmol/mol = ppm)
c_d	([1])	ppm, % vol	Concentrazione su secco
c_w	([1])	ppm, % vol	Concentrazione su umido
c_b	([1])	ppm, % vol	Concentrazione di fondo
D	x_{dil}	—	Fattore di diluizione ([2])
D_0		m^3/giro	Intercetta della taratura della PDP
d	d	m	Diametro
d_V		m	Diametro di gola del tubo di Venturi
e	e	g/kWh	Base specifica al banco frenato
e_{gas}	e_{gas}	g/kWh	Emissione specifica di componenti gassosi
e_{PM}	e_{PM}	g/kWh	Emissione specifica di particolato
E	$1 - PF$	%	Efficienza di conversione (PF = frazione di penetrazione)
F_s		—	Fattore stechiometrico
	f	Hz	Frequenza
f_c		—	Fattore del carbonio
	γ	—	Rapporto dei calori specifici
H		g/kg	Umidità assoluta
	K	—	Fattore di correzione

▼B

Parte 2	Parte 3	Unità	Quantità
K_V		$[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$	Funzione di taratura del CFV
k_f		m^3/kg carburante	Fattore specifico per il carburante
k_h		—	Fattore di correzione del valore di NO_x in funzione dell'umidità, motori diesel
k_{Dr}	k_{Dr}	—	Fattore di aggiustamento verso il basso
k_r	k_r	—	Fattore di rigenerazione moltiplicativo
k_{Ur}	k_{Ur}	—	Fattore di aggiustamento verso l'alto
$k_{w,a}$		—	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 i gas di scarico diluiti
$k_{w,r}$		—	Fattore di correzione da secco a umido per i gas di scarico grezzi
μ	μ	kg/(m·s)	Viscosità dinamica
M	M	g/mol	Massa molare ([3])
M_a	([1])	g/mol	Massa molare dell'aria di aspirazione
M_e	[v]	g/mol	Massa molare dei gas di scarico
M_{gas}	M_{gas}	g/mol	Massa molare dei componenti gassosi
m	m	kg	Massa
m	a_1	t.b.d. ([3])	Coefficiente angolare della linea di regressione
	v	m^2/s	Viscosità cinematica
m_d	[v]	kg	Massa del campione di aria di diluizione passato attraverso i filtri di campionamento del particolato
m_{ed}	([1])	kg	Massa totale dei gas di scarico diluiti nell'arco del ciclo
m_{edf}	([1])	kg	Massa dei gas di scarico diluiti equivalenti nell'arco del ciclo di prova
m_{ew}	([1])	kg	Massa totale dei gas di scarico nell'arco del ciclo
m_f	([1])	mg	Massa del campione di particolato raccolto
$m_{f,d}$	([1])	mg	Massa del campione di particolato raccolto nell'aria di diluizione
m_{gas}	m_{gas}	g	Massa delle emissioni gassose nell'arco del ciclo di prova
m_{PM}	m_{PM}	g	Massa delle emissioni di particolato nell'arco del ciclo di prova
m_{se}	([1])	kg	Massa del campione dei gas di scarico nell'arco del ciclo di prova
m_{sed}	([1])	kg	Massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso il tunnel di diluizione

▼B

Parte 2	Parte 3	Unità	Quantità
m_{sep}	(1)	kg	Massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso i filtri antiparticolato
m_{ssd}		kg	Massa dell'aria di diluizione secondaria
	N	—	Numero totale nella serie
	n	mol	Quantità di materia
	$\dot{n}$	mol/s	Tasso di materia
n	f_n	min^{-1}	Regime di rotazione del motore
n_p		r/s	Regime della pompa PDP
P	P	kW	Potenza
p	p	kPa	Pressione
p_a		kPa	Pressione atmosferica su secco
p_b		kPa	Pressione atmosferica totale
p_d		kPa	Pressione di vapore di saturazione dell'aria di diluizione
p_p	p_{abs}	kPa	Pressione assoluta
p_r	p_{H2O}	kPa	Pressione del vapore acqueo
p_s		kPa	Pressione atmosferica su secco
$1 - E$	PF	%	Frazione di penetrazione
qm	$\dot{m}$	kg/s	Portata massica
q_{mad}	$\dot{m}$ (1)	kg/s	Portata massica dell'aria di aspirazione su secco
q_{maw}	(1)	kg/s	Portata massica dell'aria di aspirazione su umido
q_{mCe}	(1)	kg/s	Portata massica del carbonio nei gas di scarico grezzi
q_{mCf}	(1)	kg/s	Portata massica del carbonio in ingresso nel motore
q_{mCp}	(1)	kg/s	Portata massica del carbonio nel sistema di diluizione a flusso parziale
q_{mdew}	(1)	kg/s	Portata massica dei gas di scarico diluiti su umido
q_{mdw}	(1)	kg/s	Portata massica dell'aria di diluizione su umido
q_{medf}	(1)	kg/s	Portata massica dei gas di scarico diluiti equivalente su umido
q_{mew}	(1)	kg/s	Portata massica dei gas di scarico su umido
q_{mex}	(1)	kg/s	Portata massica del campione estratto dal tunnel di diluizione
q_{mf}	(1)	kg/s	Portata massica del carburante
q_{mp}	(1)	kg/s	Flusso del campione dei gas di scarico in ingresso nel sistema di diluizione a flusso parziale
q_V	$\dot{V}$	m^3/s	Portata volumetrica
q_{VCVS}	(1)	m^3/s	Portata volumetrica del CVS

▼B

Parte 2	Parte 3	Unità	Quantità
q_{Vs}	(1)	dm^3/min	Portata del sistema dell'analizzatore dei gas di scarico
q_{Vt}	(1)	cm^3/min	Portata del gas tracciante
ρ	ρ	kg/m^3	Densità massica
ρ_e		kg/m^3	Densità dei gas di scarico
	r	—	Rapporto di pressioni
r_d	DR	—	Rapporto di diluizione (2)
	Ra	µm	Ruvidità media della superficie
RH		%	Umidità relativa
r_D	β	m/m	Rapporto di diametri (sistemi CVS)
r_p		—	Rapporto tra pressioni dell'SSV
Re	$Re^{\#}$	—	Numero di Reynolds
	S	K	Costante di Sutherland
σ	σ	—	Deviazione standard
T	T	°C	Temperatura
	T	Nm	Coppia del motore
T_a		K	Temperatura assoluta
t	t	s	Tempo
Δt	Δt	s	Intervallo di tempo
u		—	Rapporto tra la densità del componente del gas e la densità dei gas di scarico
V	V	m^3	Volume
q_V	$\dot{V}$	m^3/s	Portata volumetrica
V_0		m^3/r	Volume di gas pompato per giro della PDP
W	W	kWh	Lavoro
W_{act}	W_{act}	kWh	Lavoro effettivo nel ciclo di prova
WF	WF	—	Fattore di ponderazione
w	w	g/g	Frazione di massa
	$\bar{x}$	mol/mol	Concentrazione media ponderata proporzionalmente alla portata
X_0	K_s	s/giro	Funzione di taratura della PDP
	y	—	Variabile generica
$\bar{y}$	$\bar{y}$		Valore medio aritmetico
	Z	—	Fattore di comprimibilità

(1) Cfr. pedici; ad es.: $\dot{m}_{air}$ per la portata massica dell'aria su secco o $\dot{m}_{fuel}$ per la portata massica del carburante ecc.
(2) Il rapporto di diluizione è r_d nella parte 2 e DR nella parte 3: simboli diversi ma con lo stesso significato e con le stesse equazioni. Il fattore di diluizione è D nella parte 2 e x_{dil} nella parte 3: simbolidiversi ma con lo stesso significato fisico; l'equazione (7-124) indica il rapporto tra x_{dil} e DR.
(3) t.b.d. = to be defined (da definire).

▼B

1.2. Pedici

Parte 2 (1)	Parte 3	Quantità
act	act	Quantità effettiva
i		Misurazione istantanea (ad es.: 1 Hz)
	i	Valore individuale di una serie

(1) Nella parte 2 il significato del pedice è determinato dalla quantità associata; ad esempio, il pedice «d» può indicare «su secco» come in «c_d = concentrazione su secco», aria di diluizione come in «p_d = pressione di vapore di saturazione dell'aria di diluizione» oppure «$k_{w,d}$ = fattore di correzione da secco a umido per l'aria di diluizione» o rapporto di diluizione come in «r_d».

1.3. Simboli e abbreviazioni relativi ai componenti chimici (utilizzati anche come pedici)

Parte 2	Parte 3	Quantità
Ar	Ar	Argo
C1	C1	Idrocarburo a 1 carbonio equivalente
CH_4	CH_4	Metano
C_2H_6	C_2H_6	Etano
C_3H_8	C_3H_8	Propano
CO	CO	Monossido di carbonio
CO_2	CO_2	Biossido di carbonio
	H	Idrogeno atomico
	H_2	Idrogeno molecolare
HC	HC	Idrocarburo
H_2O	H_2O	Acqua
	He	Elio
	N	Idrogeno atomico
	N_2	Azoto molecolare
NO_x	NO_x	Ossidi di azoto
NO	NO	Ossido nitrico
NO_2	NO_2	Biossido di azoto
	O	Ossigeno atomico
PM	PM	Particolato
S	S	Zolfo

▼B

1.4. Simboli e abbreviazioni relativi alla composizione del carburante

Parte 2 (1)	Parte 3 (2)	Quantità
w_C (4)	w_C (4)	Tenore di carbonio nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]
w_H	w_H	Tenore di idrogeno nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]
w_N	w_N	Tenore di azoto nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]
w_O	w_O	Tenore di ossigeno nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]
w_S	w_S	Tenore di zolfo nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]
α	α	Rapporto atomico idrogeno/carbonio (H/C)
ε	β	Rapporto atomico ossigeno/carbonio (O/C) (3)
γ	γ	Rapporto atomico zolfo/carbonio (S/C)
δ	δ	Rapporto atomico azoto/carbonio (N/C)

(1) Riferito a un carburante con la formula chimica $CH_\alpha O_\varepsilon N_\delta S_\gamma$
(2) Riferito a un carburante con la formula chimica $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$
(3) Occorre prestare attenzione ai diversi significati del simbolo β nelle due parti relative al calcolo delle emissioni: nella parte 2 si riferisce a un carburante con la formula chimica $CH_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ (ad es. la formula $C_\beta H_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ dove $\beta = 1$, ipotizzando un atomo di carbonio per molecola), mentre nella parte 3si riferisce al rapporto ossigeno/carbonio con $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$. Quindi β nella parte 3 corrisponde a ε nella parte 2.
(4) Frazione di massa w accompagnata dal simbolo del componente chimico come pedice.

2. **Calcolo delle emissioni massiche**

▼M2

2.1. Misurazione delle emissioni gassose nei gas di scarico grezzi

▼B

2.1.1. Prove NRSC in modalità discreta

Il livello dell'emissione gassosa $q_{mgas,i}$ [g/h] per ciascuna modalità i della prova stazionaria si calcola moltiplicando la concentrazione delle emissioni gassose per il rispettivo flusso, nel modo seguente:

▼M2

$$q_{mgas,i} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i} \cdot 3\,600 \qquad (7\text{-}1)$$

▼B

dove:

k = 1 per $c_{gasr,w,i}$ in [ppm] e k = 10 000 per $c_{gasr,w,i}$ [% vol]

k_h = fattore di correzione degli NO_x [-], per il calcolo delle emissioni di NO_x (cfr. punto 2.1.4)

u_{gas} = fattore specifico del componente o rapporto tra densità del componente gassoso e dei gas di scarico [-];

$q_{mew,i}$ = portata massica dei gas di scarico in modalità i su umido [kg/s]

$c_{gas,i}$ = concentrazione delle emissioni nei gas di scarico grezzo in modalità i, su umido [ppm] o [% vol]

▼B

2.1.2. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

La massa totale per prova di un'emissione gassosa m_{gas} [g/prova] si calcola moltiplicando le concentrazioni istantanee allineate in base al tempo e i flussi dei gas di scarico e l'integrazione nel ciclo di prova con l'equazione 7-2:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} (q_{mew,i} \cdot c_{gas,i}) \quad (7\text{-}2)$$

dove:

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

k_h = fattore di correzione NO_x [-], da applicare solo al calcolo delle emissioni di NO_x

k = 1 per $c_{gasr,w,i}$ in [ppm] e k = 10 000 per $c_{gasr,w,i}$ [% vol]

u_{gas} = fattore specifico del componente [-] (cfr. punto 2.1.5)

N = numero di misurazioni [-]

$q_{mew,i}$ = portata massica istantanea dei gas di scarico su umido [kg/s]

$c_{gas,i}$ = concentrazione delle emissioni istantanee nei gas di scarico grezzi, su umido [ppm] o [% vol]

2.1.3. Conversione della concentrazione da secco a umido

Se le emissioni sono misurate su secco, la concentrazione c_d misurata su secco si converte nella concentrazione c_w su umido con l'equazione 7-3:

$$c_w = k_w \cdot c_d \quad (7\text{-}3)$$

dove:

k_w = fattore di conversione da secco a umido [-]

c_d = concentrazione delle emissioni su secco [ppm] o in [% vol]

Per la combustione completa il fattore di conversione da secco a umido per i gas di scarico grezzi è espresso come $k_{w,a}$ [-] e si calcola con l'equazione 7-4:

▼M2

$$k_{w,a} = \frac{\left(1 - \frac{1{,}2442 \cdot H_a + 111{,}19 \cdot w_H \cdot \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773{,}4 + 1{,}2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \cdot k_f \cdot 1\,000}\right)}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b}\right)} \quad (7\text{-}4)$$

▼B

dove:

H_a = umidità dell'aria di aspirazione [g H_2O/kg di aria secca]

$q_{mew,i}$ = portata istantanea del carburante [kg/s]

$q_{mad,i}$ = portata istantanea dell'aria di aspirazione secca [kg/s]

p_r = pressione dell'acqua dopo il refrigerante [kPa]

p_b = pressione barometrica totale [kPa]

w_H = tenore di idrogeno nel carburante [% massa]

k_f = volume addizionale di combustione [m^3/kg carburante]

▼B

con:

$$k_{\,f} = 0{,}055594 \cdot w_H + 0{,}0080021 \cdot w_N + 0{,}0070046 \cdot w_o \qquad (7\text{-}5)$$

dove:

w_H = tenore di idrogeno nel carburante [% massa]

w_N = tenore di azoto nel carburante [% massa]

w_O = tenore di ossigeno nel carburante [% massa]

Nell'equazione 7-4 si può supporre il rapporto p_r/p_b:

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b}\right)} = 1{,}008 \qquad (7\text{-}6)$$

Per la combustione incompleta (miscele ricche di carburante e aria) e per le prove delle emissioni senza misurazione diretta dei flussi d'aria si preferisce un secondo metodo di calcolo del $k_{w,a}$:

$$k_{\,w,a} = \frac{\frac{1}{1+\alpha \cdot 0{,}005 \cdot (c_{\,CO2} + c_{\,CO})} - K_{\,w1}}{1 - \frac{p_r}{p_b}} \qquad (7\text{-}7)$$

dove:

c_{CO2} = concentrazione di CO_2 nei gas di scarico grezzi su secco [% vol]

c_{CO} = concentrazione di CO nei gas di scarico grezzi su secco [ppm]

p_r = pressione dell'acqua dopo il refrigerante [kPa]

p_b = pressione barometrica totale [kPa]

α = rapporto molare carbonio-idrogeno [-]

k_{w1} = umidità dell'aria di aspirazione [-]

$$k_{\,w1} = \frac{1{,}608 \cdot H_a}{1\,000 + 1{,}608 \cdot H_a} \qquad (7\text{-}8)$$

2.1.4. Correzione degli NO_x in funzione dell'umidità e della temperatura

Poiché l'emissione di NO_x dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, la concentrazione degli NO_x deve essere corretta per tener conto della temperatura e dell'umidità dell'aria ambiente secondo i fattori$_{h,D}$ or $k_{h,G}$ [-] dati dalle equazioni 7-9 e 7-10. Questi fattori sono validi per un intervallo di umidità tra 0 e 25 g H_2O/kg di aria secca.

a) per motori ad accensione spontanea

$$k_{\,h,D} = \frac{15{,}698 \times H_a}{1\,000} + 0{,}832 \qquad (7\text{-}9)$$

b) per i motori ad accensione comandata

$$k_{h.G} = 0{,}6272 + 44{,}030 \times 10^{-3} \times H_a - 0{,}862 \times 10^{-3} \times H_a^{\,2} \qquad (7\text{-}10)$$

dove:

H_a = umidità dell'aria di aspirazione [g H_2O/kg di aria secca]

▼B

2.1.5. Fattore specifico del componente *u*

Ai punti 2.1.5.1 e 2.1.5.2 sono descritte due procedure di calcolo. La procedura di cui al punto 2.1.5.1 è più semplice in quanto utilizza valori *u* tabulati per il rapporto tra componente e densità dei gas di scarico. La procedura di cui al punto 2.1.5.2 è più precisa per i tipi di carburante che si discostano dalle specifiche di cui all'allegato VIII, ma richiede l'analisi elementare della composizione del carburante.

2.1.5.1. Valori tabulati

I valori di u_{gas} che risultano applicando alcune semplificazioni (ipotesi del valore e delle condizioni dell'aria di aspirazione come indicato nella tabella 7.1) alle equazioni di cui al punto 2.1.5.2 sono indicati alla tabella 7.1.

Tabella 7.1

Densità dei gas di scarico grezzi *u* e dei componenti (per la concentrazione delle emissioni espressa in ppm)

Carburante	ρ_e	Gas					
		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
				ρ_{gas} [kg/m^3]			
		2,053	1,250	(a)	1,9636	1,4277	0,716
				u_{gas} (b)			
Diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Etanolo destinato a specifici motori ad accensione spontanea (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
Gas naturale / bio-metano (c)	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 (d)	0,001551	0,001128	0,000565
Propano	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
utano	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
Benzina (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Etanolo (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559

(a) A seconda del carburante
(b) A l = 2, aria su secco, 273 K, 101,3 kPa.
(c) *u* accurato entro lo 0,2 % per una composizione di massa di: C = 66 – 76 %; H = 22 – 25 %; N = 0 – 12 %
(d) NMHC sulla base di $CH_{2.93}$ (per l'HC totale deve essere usato il coefficiente u_{gas} di CH_4)
(e) *u* accurato entro lo 0,2 % per una composizione di massa di: C3 = 70 – 90 %; C4 = 10 – 30 %

2.1.5.2. Valori calcolati

Il fattore specifico del componente, $u_{gas,i}$, può essere calcolato mediante il rapporto tra la densità del componente e la densità dei gas di scarico oppure mediante il rapporto corrispondente tra le masse molari (equazioni 7-11 o 7-12):

$$u_{gas,i} = M_{gas}/(M_{e,i} \cdot 1\,000) \qquad (7\text{-}11)$$

Oppure

▼B

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}} / (\rho_{\text{e},i} \cdot 1\,000) \qquad (7\text{-}12)$$

dove:

M_{gas} = massa molare del componente gassoso [g/mol]

$M_{\text{e},i}$ = massa molare istantanea dei gas di scarico grezzi su umido [g/mol]

ρ_{gas} = densità del componente del gas [kg/m^3]

$\rho_{\text{e,i}}$ = densità istantanea dei gas di scarico grezzi su umido [kg/m^3]

La massa molare dei gas di scarico $M_{\text{e,i}}$ si ricava per una composizione $CH_\alpha O_\varepsilon N_\delta S_\gamma$ generale del carburante, ipotizzando la combustione completa e si calcola con l'equazione 7-13:

▼M2

$$\mathrm{M_{e,i}} = \frac{1 + \frac{\mathrm{q_{mf,i}}}{\mathrm{q_{maw,i}}}}{\frac{\mathrm{q_{mf,i}}}{\mathrm{q_{maw,i}}} \cdot \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} + \frac{\frac{\mathrm{H_a} \cdot 10^{-3}}{2 \times 1{,}00794 + 15{,}9994} + \frac{1}{\mathrm{M_a}}}{1 + \mathrm{H_a} \cdot 10^{-3}}} \qquad (7\text{-}13)$$

▼B

dove:

$q_{mew,i}$ = portata massica istantanea del carburante su umido [kg/s]

$q_{maw,i}$ = portata massica istantanea dell'aria di aspirazione su umido [kg/s]

α = rapporto molare idrogeno/carbonio [-]

δ = rapporto molare azoto/carbonio [-]

ε = rapporto molare ossigeno/carbonio [-]

γ = rapporto atomico zolfo/carbonio [-]

H_{a} = umidità dell'aria di aspirazione [g H_2O/kg di aria secca]

M_{a} = massa molecolare dell'aria di aspirazione su secco = 28,965 g/mol

La densità istantanea dei gas di scarico grezzi $r_{\text{e},i}$ [kg/m^3] si calcola con l'equazione 7-14:

$$\rho_{\text{e},i} = \frac{1\,000 + H_{\text{a}} + 1\,000 \cdot (q_{mf,i}/q_{mad,i})}{773{,}4 + 1{,}2434 \cdot H_{\text{a}} + k_f \cdot 1\,000 \cdot (q_{mf,i}/q_{mad,i})} \qquad (7\text{-}14)$$

dove:

$q_{mew,i}$ = portata massica istantanea del carburante [kg/s]

$q_{mad,i}$ = portata istantanea dell'aria di aspirazione su secco [kg/s]

H_{a} = umidità dell'aria di aspirazione [g H_2O/kg di aria secca]

k_{f} = volume addizionale di combustione [m^3/kg carburante] (cfr. equazione 7-5)

2.1.6. Portata massica dei gas di scarico

▼B

2.1.6.1. Metodo di misurazione dell'aria e del carburante

Questo metodo implica la misurazione del flusso di aria e di carburante con flussimetri adatti. La portata istantanea dei gas di scarico $q_{mew,i}$ [kg/s] si calcola con l'equazione 7-15:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad (7\text{-}15)$$

dove:

$q_{maw,i}$ = portata massica istantanea dell'aria di aspirazione [kg/s]

$q_{mew,i}$ = portata massica istantanea del carburante [kg/s]

2.1.6.2. Metodo di misura del gas tracciante

Questo metodo comporta la misurazione della concentrazione di un gas tracciante nei gas di scarico. La portata istantanea dei gas di scarico $q_{mew,i}$ [kg/s] si calcola con l'equazione 7-16:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{Vt} \cdot \rho_e}{10^{-6} \cdot (c_{mix,i} - c_b)} \quad (7\text{-}16)$$

dove:

q_{Vt} = portata del gas tracciante [m^3/s]

$c_{mix,i}$ = concentrazione istantanea del gas tracciante a miscelazione avvenuta [ppm]

ρ_e = densità dei gas di scarico grezzi [kg/m^3]

c_b = 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 % della concentrazione del gas tracciante dopo la miscelazione $c_{mix,i}$ nel momento di massima portata dei gas di scarico.

2.1.6.3. Metodo di misura del flusso di aria e del rapporto aria/carburante

Con questo metodo si calcola la massa dei gas di scarico in base al flusso di aria e al rapporto aria/carburante. La portata massica istantanea dei gas di scarico $q_{mew,i}$ [kg/s] si calcola con l'equazione 7-17:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \cdot \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda_i}\right) \quad (7\text{-}17)$$

con:

$$A/F_{st} = \frac{138{,}0 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right)}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} \quad (7\text{-}18)$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \cdot 10^{-4}\right) + \left(\frac{\alpha}{4} \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}}{1 + \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}\right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4})}{4{,}764 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} + c_{HCw} \cdot 10^{-4})} \quad (7\text{-}19)$$

dove:

$q_{maw,i}$ = portata massica dell'aria di aspirazione umida [kg/s]

A/F_{st} = rapporto stechiometrico aria/carburante [-]

▼B

λ_i = rapporto istantaneo dell'aria in eccesso [-]

c_{COd} = concentrazione di CO nei gas di scarico grezzi su secco [ppm]

c_{CO2d} = concentrazione di CO_2 nei gas di scarico grezzi su secco [%]

c_{HCw} = concentrazione di HC nei gas di scarico grezzi su umido [ppm C1]

α = rapporto molare idrogeno/carbonio [-]

δ = rapporto molare azoto/carbonio [-]

ε = rapporto molare ossigeno/carbonio [-]

γ = rapporto atomico zolfo/carbonio [-]

2.1.6.4. Metodo del bilancio di carbonio, procedura monofase

La seguente formula monofase illustrata nell'equazione 7-20 può essere usata per calcolare la portata massica dei gas di scarico su umido $q_{mew,i}$ [kg/s]:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \cdot \left[\frac{1{,}4 \cdot w_C^2}{(1{,}0828 \cdot w_C + k_{fd} \cdot f_c) f_c} \left(1 + \frac{H_a}{1\,000} \right) + 1 \right] \quad (7\text{-}20)$$

con il fattore del carbonio f_c [-] dato da:

$$f_c = 0{,}5441 \cdot (c_{CO2d} - c_{CO2d,a}) + \frac{c_{COd}}{18\,522} + \frac{c_{HCw}}{17\,355} \quad (7\text{-}21)$$

dove:

$q_{mew,i}$ = portata massica istantanea del carburante [kg/s]

▼M2

w_C = tenore di carbonio nel carburante [% massa] (cfr. equazione 7-82 di cui al punto 3.3.3.1 o alla tabella 7.3)

▼B

H_a = umidità dell'aria di aspirazione [g H_2O/kg di aria secca]

k_{fd} = volume addizionale di combustione su secco [m^3/kg carburante]

c_{CO2d} = concentrazione di CO_2 su secco nei gas di scarico grezzi [%]

$c_{CO2d,a}$ = concentrazione di CO_2 su secco nell'aria ambiente [%]

c_{COd} = concentrazione di CO su secco nei gas di scarico grezzi [ppm]

c_{HCw} = concentrazione di HC su umido nei gas di scarico grezzi [ppm]

e fattore k_{fd} [m^3/kg carburante] che si calcola su secco con l'equazione 7-22 sottraendo da k_f l'acqua formatasi per combustione:

$$k_{fd} = k_f - 0{,}11118 \cdot w_H \quad (7\text{-}22)$$

dove:

k_f = fattore specifico del carburante dell'equazione 7-5 [m^3/kg carburante]

w_H = tenore di idrogeno nel carburante [% massa]

▼B

2.2. Emissioni gassose diluite

2.2.1. Massa delle emissioni gassose

La portata massica dei gas di scarico si misura con un sistema di campionamento a volume costante (CVS) che può utilizzare una pompa volumetrica (PDP), un tubo di Venturi a flusso critico (CFV) o un tubo di Venturi subsonico (SSV).

Per i sistemi con una portata massica costante (con scambiatore di calore), la massa degli inquinanti m_{gas} [g/prova] si determina con l'equazione 7-23:

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot c_{gas} \cdot m_{ed} \quad (7\text{-}23)$$

dove:

u_{gas} = rapporto tra la densità del componente dei gas di scarico e la densità dell'aria, come indicato alla tabella 7.2 o calcolato con l'equazione 7-34 [-]

c_{gas} = concentrazione corretta in funzione del fondo del componente su umido [ppm] o [% vol]

k_h = fattore di correzione NO_x [-], da applicare solo al calcolo delle emissioni di NO_x

k = 1 per $c_{gasr,w,i}$ in [ppm], k = 10 000 per $c_{gasr,w,i}$ [% vol]

m_{ed} = massa totale dei gas di scarico diluiti nell'arco del ciclo [kg/prova]

Per i sistemi con compensazione del flusso (senza scambiatore di calore) la massa degli inquinanti m_{gas} [g/prova] si determina mediante calcolo delle emissioni massiche istantanee, l'integrazione e la correzione in funzione del fondo con l'equazione 7-24:

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot \left(\sum_{i=1}^{N} [(m_{ed,i} \cdot c_e \cdot u_{gas})] - \left[(m_{ed} \cdot c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) \cdot u_{gas}) \right] \right) \quad (7\text{-}24)$$

dove:

c_e = concentrazione delle emissioni nei gas di scarico diluiti su umido [ppm] o [% vol]

c_d = concentrazione delle emissioni nell'aria di diluizione su umido [ppm] o [% vol]

$m_{ed,i}$ = massa dei gas di scarico diluiti durante l'intervallo di tempo i [kg]

m_{ed} = massa totale dei gas discarico diluiti nell'arco del ciclo [kg]

u_{gas} = valore tabulato tratto dalla tabella 7.2 [-]

D = fattore di diluzione (cfr. equazione 7-28 al punto 2.2.2.2) [-]

k_h = fattore di correzione NO_x [-], da applicare solo al calcolo delle emissioni di NO_x

k = 1 per c in [ppm], k = 10 000 per c [% vol]

Le concentrazioni c_{gas}, c_e e c_d possono essere valori misurati in un lotto campionato (metodo del sacchetto, il quale tuttavia non è consentito per NO_x e HC) oppure devono essere medie calcolate mediante integrazione da misurazioni continue. Inoltre $m_{ed,i}$ deve essere una media calcolata mediante integrazione nel ciclo di prova.

Le seguenti equazioni mostrano come si calcolano le quantità necessarie (c_e, u_{gas} e m_{ed}).

▼B

2.2.2. Conversione della concentrazione da secco a umido

Tutte le concentrazioni di cui al punto 2.2.1 misurate su secco devono essere convertite nel valore su umido con l'equazione 7-3.

2.2.2.1. Gas di scarico diluiti

Le concentrazioni su secco devono essere convertite in concentrazioni su umido con una delle seguenti due equazioni 7-25 o 7-26 applicata all'equazione:

$$k_{w,e} = \left[\left(1 - \frac{\alpha \cdot c_{CO2w}}{200}\right) - k_{w2}\right] \cdot 1{,}008 \quad (7\text{-}25)$$

oppure

$$k_{w,e} = \left(\frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha \cdot c_{CO2d}}{200}}\right) \cdot 1{,}008 \quad (7\text{-}26)$$

dove:

α = rapporto molare idrogeno/carbonio del carburante [-]

c_{CO2w} = concentrazione di CO_2 nei gas di scarico diluiti su umido [% vol]

c_{CO2d} = concentrazione di CO_2 nei gas di scarico diluiti su secco [% vol]

Il fattore di conversione da secco a umido k_{w2} tiene conto del tenore di acqua nell'aria di aspirazione e di diluizione e si calcola con l'equazione 7-27:

$$k_{w2} = \frac{1{,}608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D}\right)\right]}{1\,000 + \left\{1{,}608 \cdot \left[H_d\left(1 - \frac{1}{D}\right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D}\right)\right]\right\}} \quad (7\text{-}27)$$

dove:

H_a = umidità dell'aria di aspirazione [g H_2O/kg di aria secca]

H_d = umidità dell'aria di diluizione [g H_2O/kg di aria secca]

D = fattore di diluzione (cfr. equazione 7-28 al punto 2.2.2.2) [-]

2.2.2.2. Fattore di diluizione

Il fattore di diluizione D [-] (che è necessario per la correzione in funzione del fondo e il calcolo di k_{w2}) si calcola con l'equazione 7-28:

$$D = \frac{F_s}{c_{CO2,e} + (c_{HC,e} + c_{CO,e}) \cdot 10^{-4}} \quad (7\text{-}28)$$

dove:

F_S = fattore stechiometrico [-]

$c_{CO2,e}$ = concentrazione di CO_2 nei gas di scarico diluiti su umido [% vol]

$c_{HC,e}$ = concentrazione di HC nei gas di scarico diluiti su umido [ppm C1]

$c_{CO,e}$ = concentrazione di CO nei gas di scarico diluiti su umido [ppm]

▼B

Il fattore stechiometrico del motore si calcola con l'equazione 7-29:

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3{,}76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad (7\text{-}29)$$

dove:

α = rapporto molare idrogeno/carbonio nel carburante [-]

In alternativa, se la composizione del carburante non è nota, è possibile usare i seguenti fattori stechiometrici:

F_S (diesel) = 13,4

F_S (GPL) = 11,6

F_S (GN) = 9,5

F_S (E10) = 13,3

F_S (E85) = 11,5

Se il flusso dei gas di scarico è misurato direttamente, il fattore di diluizione D [-] può essere calcolato con l'equazione 7-30:

$$D = \frac{q_{V\mathrm{CVS}}}{q_{V\mathrm{ew}}} \quad (7\text{-}30)$$

dove:

$q_{V\mathrm{CVS}}$ = portata volumetrica dei gas di scarico diluiti [m^3/s]

$q_{V\mathrm{ew}}$ = portata volumetrica dei gas di scarico grezzi [m^3/s]

2.2.2.3. Aria di diluizione

$$k_{\mathrm{w,d}} = (1 - k_{\mathrm{w3}}) \cdot 1{,}008 \quad (7\text{-}31)$$

Con

$$k_{\mathrm{w3}} = \frac{1{,}608 \cdot H_{\mathrm{d}}}{1\,000 + 1{,}608 \cdot H_{\mathrm{d}}} \quad (7\text{-}32)$$

dove:

H_{d} = umidità dell'aria di diluizione [g H_2O/kg di aria secca]

2.2.2.4. Determinazione della concentrazione corretta in funzione del fondo

Per ottenere la concentrazione netta degli inquinanti si sottrae 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 con il metodo del sacchetto di campionamento oppure mediante misurazione continua e integrazione. Si usa l'equazione 7-33:

$$c_{\mathrm{gas}} = c_{\mathrm{gas,e}} - c_{\mathrm{d}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) \quad (7\text{-}33)$$

dove:

c_{gas} = concentrazione netta dell'inquinante gassoso [ppm] o [% vol]

$c_{\mathrm{gas,e}}$ = concentrazione delle emissioni nei gas di scarico diluiti su umido [ppm] o [% vol]

c_{d} = concentrazione delle emissioni nell'aria di diluizione su umido [ppm] o [% vol]

D = fattore di diluzione (cfr. equazione 7-28 al punto 2.2.2.2) [-]

▼B

2.2.3. Fattore specifico del componente *u*

Il fattore specifico del componente u_{gas} dei gas diluiti può essere calcolato con l'equazione 7-34 o può essere ripreso dalla tabella 7.2; nella tabella 7.2 si suppone che la densità dei gas di scarico diluiti sia uguale alla densità dell'aria.

$$u = \frac{M_{gas}}{M_{d,w} \cdot 1\,000} = \frac{M_{gas}}{\left[M_{da,w} \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) + M_{r,w} \cdot \left(\frac{1}{D}\right)\right] \cdot 1\,000} \quad (7\text{-}34)$$

dove:

M_{gas} = massa molare del componente gassoso [g/mol]

$M_{d,w}$ = massa molare dei gas di scarico diluiti [g/mol]

▼M2

$M_{da,w}$ = massa molare dell'aria di diluizione [g/mol] (cfr. equazione 7-144 di cui al punto 3.9.3)

$M_{r,w}$ = massa molare dei gas di scarico grezzi [g/mol] (cfr. appendice 2, punto 5)

▼B

D = fattore di diluzione (cfr. equazione 7-28 al punto 2.2.2.2) [-]

Tabella 7.2

Valori di *u* dei gas di scarico diluiti (per la concentrazione delle emissioni espressa in ppm) e densità dei componenti

Carburante	ρ_{gas} [kg/m^3]	Gas					
		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
				ρ_{gas} [kg/m^3]			
		2,053	1,250	(1)	1,9636	1,4277	0,716
				u_{gas} (2)			
Diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Etanolo destinato a specifici motori ad accensione spontanea (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
Gas naturale / bio-metano (3)	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 (4)	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 (5)	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
Benzina (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Etanolo (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559

(1) A seconda del carburante
(2) A λ = 2, aria su secco, 273 K, 101,3 kPa.
(3) *u* accurato entro lo 0,2 % per una composizione di massa di: C = 66 – 76 %; H = 22 – 25 %; N = 0 – 12 %
(4) NMHC sulla base di $CH_{2.93}$ (per l'HC totale deve essere usato il coefficiente u_{gas} di CH_4)
(5) *u* accurato entro lo 0,2 % per una composizione di massa di: C3 = 70 – 90 %; C4 = 10 – 30 %

2.2.4. Calcolo della portata massica dei gas di scarico

2.2.4.1. Sistema PDP-CVS

La massa dei gas di scarico diluiti [kg/prova] nell'arco del ciclo si calcola con l'equazione 7-35, avendo cura di mantenere la temperatura dei gas di scarico diluiti m_{ed} entro un limite di ± 6 K su tutto il ciclo utilizzando uno scambiatore di calore:

▼B

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_P \cdot \frac{P_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{T} \quad (7\text{-}35)$$

dove:

V_0 = volume di gas pompato per giro nelle condizioni di prova [m^3/giro]

n_P = giri totali della pompa per prova [giri/prova]

p_p = pressione assoluta all'ingresso della pompa [kPa]

$\overline{T}$ = temperatura media dei gas di scarico diluiti all'ingresso della pompa [K]

1,293 kg/m^3 = densità dell'aria a 273,15 K e 101,25 kPa

Se viene usato un sistema con compensazione del flusso (senza scambiatore di calore), la massa dei gas di scarico diluiti $m_{ed,i}$ [kg] nell'intervallo di tempo si calcola con l'equazione 7-36:

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_{P,i} \cdot \frac{p_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{T} \quad (7\text{-}36)$$

dove:

V_0 = volume di gas pompato per giro nelle condizioni di prova [m^3/giro]

p_P = pressione assoluta all'ingresso della pompa [kPa]

$n_{P,i}$ = giri totali della pompa per intervallo di tempo i

$\overline{T}$ = temperatura media dei gas di scarico diluiti all'ingresso della pompa [K]

1,293 kg/m^3 = densità dell'aria a 273,15 K e 101,25 kPa

2.2.4.2. Sistema CFV-CVS

La portata massica m_{ed} [g/prova] nell'arco del ciclo si calcola con l'equazione 7-37, avendo cura di mantenere la temperatura dei gas di scarico entro un limite di ± 11 K su tutto il ciclo utilizzando uno scambiatore di calore:

$$m_{ed} = \frac{1{,}293 \cdot t \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0,5}} \quad (7\text{-}37)$$

dove:

t = durata del ciclo [s]

K_V = coefficiente di taratura del tubo di Venturi a flusso critico per le condizioni standard $[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$

p_P = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [kPa]

T = temperatura assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [K]

1,293 kg/m^3 = densità dell'aria a 273,15 K e 101,25 kPa

Se viene usato un sistema con compensazione del flusso (senza scambiatore di calore), la massa dei gas di scarico diluiti $m_{ed,i}$ [kg] nell'intervallo di tempo si calcola con l'equazione 7-38:

$$m_{ed,i} = \frac{1{,}293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0,5}} \quad (7\text{-}38)$$

▼B

dove:

Δt_i = intervallo di tempo della prova [s]

K_V = coefficiente di taratura del tubo di Venturi a flusso critico per le condizioni standard $[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$

p_p = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [kPa]

T = temperatura assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [K]

1,293 kg/m^3 = densità dell'aria a 273,15 K e 101,25 kPa

2.2.4.3. Sistema SSV-CVS

La portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti m_{ed} [kg/prova] nell'arco del ciclo si calcola con l'equazione 7-39, avendo cura di mantenere la temperatura dei gas di scarico entro un limite di ± 11 K su tutto il ciclo utilizzando uno scambiatore di calore:

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t \quad (7\text{-}39)$$

dove:

1,293 kg/m^3 = densità dell'aria a 273,15 K e 101,25 kPa

Δt = durata del ciclo [s]

q_{VSSV} = portata dell'aria in condizioni normali (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

con

$$q_{VSSV} = \frac{A_0}{60} d_v^2 C_d P_p \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r_p^{1{,}4286} - r_p^{1{,}7143}\right) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1{,}4286}}\right)\right]} \quad (7\text{-}40)$$

dove:

A_0 = raccolta di costanti e conversioni di unità = 0,0056940 $\left[\frac{m^3}{min} \cdot \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \cdot \frac{1}{mm^2}\right]$

d_V = diametro della gola dell'SSV [mm]

C_d = coefficiente di efflusso dell'SSV [-]

p_p = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [kPa]

T_{in} = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi [K]

r_p = rapporto tra la gola dell'SSV e la pressione statica assoluta all'ingresso, $\left(1 - \frac{\Delta P}{P_a}\right)$ [-]

r_D = rapporto tra il diametro della gola dell'SSV e il diametro interno del condotto d'ingresso $\frac{d}{D}$ [-]

Se viene usato un sistema con compensazione del flusso (senza scambiatore di calore), la massa dei gas di scarico diluiti $m_{ed,i}$ [kg] nell'intervallo di tempo si calcola con l'equazione 7-41:

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t_i \quad (7\text{-}41)$$

dove:

1,293 kg/m^3 = densità dell'aria a 273,15 K e 101,25 kPa

Δt_i = intervallo di tempo [s]

q_{VSSV} = portata volumetrica dell'SSV [m^3/s]

▼B

2.3. Calcolo delle emissioni di particolato

▼M2

2.3.1. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

La massa del particolato si calcola dopo la correzione in funzione della galleggiabilità della massa del campione di particolato conformemente al punto 8.1.13.2.5 dell'allegato VI.

▼B

2.3.1.1. Sistema di diluizione a flusso parziale

2.3.1.1.1. Calcolo basato sul rapporto di campionamento

Le emissioni di particolato nell'arco del ciclo m_{PM} [g] si calcolano con l'equazione 7-42:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{r_s \cdot 1\,000} \tag{7-42}$$

dove:

m_f = massa del campione di particolato prelevata nell'arco del ciclo [mg]

r_s = rapporto medio di campionamento su tutto il ciclo di prova [-]

con:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \cdot \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \tag{7-43}$$

dove:

m_{se} = massa del campione dei gas discarico grezzi nell'arco del ciclo [kg]

m_{ew} = massa totale dei gas discarico diluiti nell'arco del ciclo [kg]

m_{sep} = massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso i filtri antiparticolato [kg]

m_{sed} = massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso il tunnel di diluizione [kg]

Nel caso del metodo di campionamento totale m_{sep} e m_{sed} sono identici.

2.3.1.1.2. Calcolo basato sul rapporto di diluizione

Le emissioni di particolato nell'arco del ciclo m_{PM} [g] si calcolano con l'equazione 7-44:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{edf}}{1\,000} \tag{7-44}$$

dove:

m_f = massa del campione di particolato prelevata nell'arco del ciclo [mg]

m_{sep} = massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso i filtri antiparticolato [kg]

m_{edf} = massa dei gas di scarico diluiti equivalente nell'arco del ciclo [kg]

La massa totale dei gas di scarico diluiti equivalente nell'arco del ciclo m_{edf} [kg] si determina con l'equazione 7-45:

$$m_{edf} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} q_{medf,i} \tag{7-45}$$

in cui:

▼M2

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \cdot r_{d,i} \tag{7-46}$$

▼B

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{q_{mdew,i} - q_{mdw,i}} \tag{7-47}$$

▼B

dove:

$q_{medf,i}$ = portata massica equivalente istantanea dei gas di scarico diluiti [kg/s]

$q_{mew,i}$ = portata massica istantanea dei gas di scarico su umido [kg/s]

$r_{d,i}$ = rapporto di diluizione istantaneo [-]

$q_{mdew,i}$ = portata massica dei gas di scarico diluiti su umido [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 [-]

2.3.1.2. Sistema di diluizione a flusso totale

Il fattore stechiometrico del motore si calcola con l'equazione 7-48:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{ed}}{1\,000} \quad (7\text{-}48)$$

dove:

m_f = è la massa di particolato campionata nell'arco del ciclo [mg]

m_{sep} = è la massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso i filtri antiparticolato [kg]

m_{ed} = è la massa dei gas di scarico diluiti nell'arco del ciclo [kg]

con

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd} \quad (7\text{-}49)$$

dove:

m_{sep} = massa dei gas di scarico sottoposti a doppia diluizione attraverso il filtro del particolato [kg]

m_{ssd} = massa dell'aria di diluizione secondaria [kg]

2.3.1.2.1. Correzione in funzione del fondo

La massa del particolato $m_{PM,c}$ [g] può essere corretta in funzione del fondo con l'equazione 7-50:

$$m_{PM,c} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_b}{m_{sd}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \frac{m_{ed}}{1\,000} \quad (7\text{-}50)$$

dove:

m_f = massa del campione di particolato prelevata nell'arco del ciclo [mg]

m_{sep} = massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso i filtri antiparticolato [kg]

m_{sd} = massa dell'aria di diluizione campionata mediante il campionatore del particolato di fondo [kg]

m_b = massa del particolato di fondo raccolto nell'aria di diluizione [mg]

m_{ed} = massa dei gas di scarico diluiti nell'arco del ciclo [kg]

D = fattore di diluzione (cfr. equazione 7-28 al punto 2.2.2.2) [-]

▼B

2.3.2. Calcolo per il ciclo NRSC a modalità discreta

2.3.2.1. Sistema di diluizione

Tutti i calcoli si basano sui valori medi delle singole modalità *i* durante il periodo di campionamento.

a) Per la diluizione a flusso parziale, la portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti si determina con l'equazione 7-51 e il sistema con misurazione del flusso illustrato nella figura 9.2:

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d \quad (7\text{-}51)$$

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}} \quad (7\text{-}52)$$

dove:

q_{medf} = portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti [kg/s]

q_{mew} = portata massica dei gas di scarico su umido [kg/s]

r_d = rapporto di diluizione [-]

q_{mdew} = portata massica dei gas di scarico diluiti su umido [kg/s]

q_{mdw} = portata massica dell'aria di diluizione [kg/s]

b) Per i sistemi di diluizione a flusso pieno q_{mdew} è usata come q_{medf}.

2.3.2.2. Calcolo della portata massica del particolato

La portata delle emissioni di particolato nell'arco del ciclo q_{mPM} [g/h] si calcola con le equazioni 7-53, 7-56, 7-57 o 7-58:

a) per il metodo a filtro unico

$$q_{mPM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}53)$$

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^{N} q_{medf\,i} \cdot WF_i \quad (7\text{-}54)$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^{N} m_{sep\,i} \quad (7\text{-}55)$$

dove:

q_{mPM} = portata massica del particolato [g/h]

m_f = massa del campione di particolato prelevata nell'arco del ciclo [mg]

$\overline{q_{medf}}$ = portata massica media equivalente dei gas di scarico diluiti su umido [kg/s]

q_{medfi} = portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti su umido in modalità *i* [kg/s]

F_i = fattore di ponderazione per la modalità *i* [-]

m_{sep} = massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso i filtri antiparticolato [kg]

m_{sepi} = massa del campione di scarico diluito passata attraverso i filtri di campionamento del particolato in modalità *i* [kg]

N = numero di misurazioni [-]

▼B

b) per il metodo a filtri multipli

$$q_{mPMi} = \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}56)$$

dove:

q_{mPMi} = portata massica del particolato in modalità i [g/h]

m_{fi} = massa del campione di particolato raccolto in modalità i [mg]

q_{medfi} = portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti su umido in modalità i [kg/s]

m_{sepi} = massa del campione di scarico diluito passata attraverso i filtri di campionamento del particolato in modalità i [kg]

La massa del PM è determinata in tutto il ciclo di prova sommando i valori medi delle singole modalità i durante il periodo di campionamento.

La portata massica del particolato q_{mPM} [g/h] o q_{mPMi} [g/h] può essere corretta in funzione del fondo nel modo seguente:

c) per il metodo a filtro unico

$$q_{mPM} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(1 - \frac{1}{D_i} \right) \cdot WF_i \right] \right\} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}57)$$

dove:

q_{mPM} = portata massica del particolato [g/h]

m_f = massa del campione di particolato raccolto [mg]

m_{sep} = massa del campione di scarico diluito passata attraverso i filtri di campionamento [kg]

$m_{f,d}$ = massa del campione di particolato raccolto nell'aria di diluizione [mg]

m_d = massa del campione di aria di diluizione passato attraverso i filtri di campionamento del particolato [kg]

D_i = fattore di diluizione in modalità i (cfr. equazione 7-28 al punto 2.2.2.2) [-]

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

$\overline{q_{medf}}$ = portata massica media equivalente dei gas di scarico diluiti su umido [kg/s]

d) per il metodo a filtri multipli

$$q_{mPMi} = \left\{ \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \overline{q_{medfi}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}58)$$

dove:

q_{mPMi} = portata massica media del particolato per la modalità i [g/h]

m_{fi} = massa del campione di particolato raccolto in modalità i [mg]

m_{sepi} = massa del campione di scarico diluito passata attraverso i filtri di campionamento del particolato in modalità i [kg]

$m_{f,d}$ = massa del campione di particolato raccolto nell'aria di diluizione [mg]

m_d = massa del campione di aria di diluizione passato attraverso i filtri di campionamento del particolato [kg]

▼B

D = fattore di diluizione (cfr. equazione 7-28 al punto 2.2.2.2) [-]

q_{medfi} = portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti su umido in modalità i [kg/s]

Se si effettua più di una misurazione, $m_{f,d}/m_d$ deve essere sostituito da $m_{f,d}/m_d$.

2.4. Lavoro nel ciclo ed emissioni specifiche

2.4.1. Emissioni gassose

2.4.1.1. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

Si rimanda ai punti 2.1 e 2.2, rispettivamente per i gas di scarico grezzi e diluiti. I valori risultanti per la potenza P [kW] devono essere integrati in un intervallo di prova. Il lavoro totale W_{act} [kWh] si calcola con l'equazione 7-59:

▼M2

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3\,600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \sum_{i=1}^{N} (n_i \cdot T_i) \qquad (7\text{-}59)$$

▼B

dove:

P_i = potenza istantanea del motore [kW]

n_i = regime istantaneo del motore [giri/min]

T_i = coppia istantanea del motore [Nm]

W_{act} = lavoro effettivo nel ciclo [kWh]

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

N = numero di misurazioni [-]

▼M2

Δt_i = intervallo/i di misurazione

▼B

Se tali dispositivi ausiliari sono stati installati conformemente all'allegato VI, appendice 2, nell'equazione 7-59 non deve essere effettuata alcun aggiustamento della coppia istantanea del motore. Se, conformemente all'allegato VI, punti 6.3.2 o 6.3.3, del presente regolamento non sono stati installati dispositivi ausiliari che avrebbero dovuto essere montati per la prova oppure sono rimasti installati dispositivi ausiliari che avrebbero dovuto essere rimossi per la prova, il valore di T_i nell'equazione 7-59 deve essere corretto con l'equazione 7-60:

$$T_i = T_{i,meas} + T_{i,AUX} \qquad (7\text{-}60)$$

dove:

$T_{i,meas}$ = valore misurato della coppia istantanea del motore

▼M2

$T_{i,AUX}$ = valore corrispondente della coppia necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari, determinato conformemente all'equazione 6-18 dell'allegato VI.

▼B

Le emissioni specifiche e_{gas} [g/kWh] si calcolano nei modi seguenti, secondo il tipo di ciclo di prova.

$$e_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}} \qquad (7\text{-}61)$$

dove:

m_{gas} = massa totale delle emissioni gassose [g/prova]

W_{act} = lavoro nel ciclo [kWh]

▼B

Nel caso del NRTC, per le emissioni gassose diverse da CO_2, il risultato della prova finale e_{gas} [g/kWh] deve essere una media ponderata in base alla prova con avviamento a freddo e alla prova con avviamento a caldo con l'equazione 7-62:

$$e_{gas} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{cold}) + (0{,}9 \cdot m\text{hot})}{(0{,}1 \cdot W_{act,cold}) + (0{,}9 \cdot W\text{act, hot})} \quad (7\text{-}62)$$

dove:

m_{cold} sono le emissioni massiche nella prova con avviamento a freddo NRTC [g]

$W_{act,\ cold}$ è il lavoro effettivo nel ciclo NRTC con avviamento a freddo [kWh]

m_{hot} sono le emissioni massiche nella prova con avviamento a caldo NRTC [g]

$W_{act,\ hot}$ è il lavoro effettivo nel ciclo NRTC con avviamento a caldo [kWh]

Nel caso del NRTC, per la CO_2, il risultato della prova finale e_{CO2} [g/kWh] si calcola in base al ciclo NRTC con avviamento a caldo con l'equazione 7-63:

$$e_{CO2,hot} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}} \quad (7\text{-}63)$$

dove:

$m_{CO2,\ hot}$ sono le emissioni massiche di CO_2 nel ciclo NRTC con avviamento a caldo [g]

$W_{act,\ hot}$ è il lavoro effettivo nel ciclo NRTC con avviamento a caldo [kWh]

2.4.1.2. Prove NRSC in modalità discreta

Le emissioni specifiche e_{gas} [g/kWh] si calcolano con l'equazione 7-64:

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{mgasi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}64)$$

dove:

$q_{mgas,i}$ = portata massica media delle emissioni per la modalità i [g/h]

▼M2

P_i = potenza del motore per la modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione 6-8 dell'allegato VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

▼M2

N_{mode} = numero di modalità nella prova NRSC in modalità discreta applicabile

▼B

2.4.2. Emissioni di particolato

2.4.2.1. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

Le emissioni specifiche di particolato si calcolano con l'equazione 7-61, dove e_{gas} [g/kWh] e m_{gas} [g/prova] sono sostituiti rispettivamente dae_{PM} [g/kWh] e m_{PM} [g/prova]:

$$e_{PM} = \frac{m_{PM}}{W_{act}} \quad (7\text{-}65)$$

dove:

m_{PM} = massa totale delle emissioni di particolato, calcolata conformemente al punto 2.3.1.1 o 2.3.1.2 [g/prova]

W_{act} = lavoro nel ciclo [kWh]

▼B

Le emissioni nel ciclo composito transitorio (NRTC con avviamento a freddo e a caldo) si calcolano conformemente al punto 2.4.1.1.

2.4.2.2. Prove NRSC in modalità discreta

Le emissioni specifiche di particolato e_{PM} [g/kWh] si calcolano con l'equazione 7-66 o 7-67:

a) per il metodo a filtro unico

▼M2

$$e_{PM} = \frac{q_{mPM}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}66)$$

▼B

dove:

▼M2

P_i = potenza del motore per la modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione 6-8 dell'allegato VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

q_{mPM} = portata massica del particolato [g/h]

▼M2

N_{mode} = numero di modalità nella prova NRSC in modalità discreta applicabile

▼B

b) per il metodo a filtri multipli

▼M2

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{mPMi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}67)$$

▼B

dove:

▼M2

P_i = potenza del motore per la modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione 6-8 dell'allegato VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

q_{mPMi} = portata massica media del particolato per la modalità i [g/h]

▼M2

N_{mode} = numero di modalità nella prova NRSC in modalità discreta applicabile

▼B

Per il metodo a filtro unico il fattore di ponderazione effettivo, WF_{ei}, si calcola per ciascuna modalità con l'equazione 7-68:

$$WF_{ei} = \frac{m_{sepi} \cdot \overline{q_{medf}}}{m_{sep} \cdot \overline{q_{medfi}}} \quad (7\text{-}68)$$

dove:

m_{sepi} = massa del campione dei gas di scarico diluiti passata attraverso i filtri di campionamento del particolato in modalità i [kg]

$\overline{q_{medf}}$ = portata massica equivalente media dei gas di scarico diluiti [kg/s]

q_{medfi} = portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti nella modalità i [kg/s]

m_{sep} = massa del campione dei gas di scarico diluiti passata attraverso i filtri di campionamento del particolato [kg]

▼B

I valori dei fattori di ponderazione effettivi devono corrispondere, con un'approssimazione di 0,005 (valore assoluto), ai fattori di ponderazione elencati nell'allegato XVII, appendice 1.

2.4.3. Aggiustamento per i controlli delle emissioni a rigenerazione periodica (non frequente)

In caso di motori, diversi da quelli della categoria RLL, dotati di sistemi di post-trattamento dei gas di scarico a rigenerazione periodica (non frequente) (cfr. allegato VI, punto 6.6.2), le emissioni specifiche di inquinanti gassosi e di particolato inquinante calcolate conformemente ai punti 2.4.1 e 2.4.2 devono essere corrette con il fattore di aggiustamento moltiplicativo o additivo applicabile. Se durante la prova non ha avuto luogo la rigenerazione periodica, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso l'alto ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). Se invece durante la prova ha avuto luogo la rigenerazione periodica, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso il basso ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$). Nel caso del ciclo NRSC in modalità discreta, se sono stati determinati fattori di aggiustamento per ciascuna modalità, essi devono essere applicati a ciascuna modalità nel calcolo del risultato di emissione ponderato.

2.4.4. Aggiustamento per il fattore di deterioramento

Le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato inquinante calcolate conformemente ai punti 2.4.1 e 2.4.2, se del caso applicando il fattore di aggiustamento della rigenerazione periodica (non frequente) a norma del punto 2.4.3, devono essere inoltre corrette con il fattore di deterioramento moltiplicativo o additivo applicabile stabilito conformemente ai requisiti dell'allegato III.

2.5. Taratura del flusso dei gas di scarico diluiti (CVS) e calcoli correlati

Per tarare il sistema CVS si utilizzano un flussimetro di precisione e un dispositivo di limitazione del flusso. Il flusso che attraversa il sistema deve essere misurato con diverse impostazioni di limitazione e i parametri di controllo del sistema devono essere misurati e messi in relazione al flusso.

Possono essere usati vari tipi di flussimetro, ad esempio un tubo di Venturi tarato, un flussimetro laminare tarato o un flussimetro a turbina tarato.

2.5.1. Pompa volumetrica (PDP)

Tutti i parametri relativi alla pompa devono essere misurati contemporaneamente ai parametri relativi a un tubo di Venturi di taratura collegato in serie con la pompa. La portata calcolata (in m^3/s all'ingresso della pompa, in condizioni di pressione e temperatura assolute) deve essere confrontata su un grafico con la funzione di correlazione, che è il valore di una combinazione specifica di parametri della pompa. Si determina quindi l'equazione lineare che mette in relazione la mandata della pompa e la funzione di correlazione. Se un CVS è dotato di azionamento a velocità multiple, la taratura deve essere eseguita per ogni intervallo usato.

Durante la taratura la temperatura deve essere mantenuta stabile.

Le perdite in tutti i raccordi e condotti compresi tra il tubo di Venturi di taratura e la pompa CVS devono essere mantenute a un livello inferiore allo 0,3 % del punto di portata più basso (massima limitazione e velocità della PDP minima).

La portata dell'aria (q_{VCVS}) in corrispondenza di ciascuna impostazione di limitazione (minimo 6 punti) si calcola in m^3/s standard in base ai dati del flussimetro usando il metodo prescritto dal costruttore. In seguito la portata dell'aria deve essere convertita in flusso della pompa (V_0) in m^3/giro alla temperatura e alla pressione assolute all'ingresso della pompa con l'equazione 7-69:

▼B

$$V_0 = \frac{q_{VCVS}}{n} \cdot \frac{T}{273{,}15} \cdot \frac{101{,}325}{p_p} \quad (7\text{-}69)$$

dove:

q_{VCVS} = portata dell'aria in condizioni normali (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

T = temperatura all'ingresso della pompa [K]

p_p = pressione assoluta all'ingresso della pompa [kPa]

n = velocità della pompa [giri/s]

Per tenere conto dell'interazione tra le variazioni di pressione alla pompa e il grado di scorrimento della pompa, la funzione di correlazione (X_0) [s/giro] 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 si calcola con l'equazione 7-70:

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad (7\text{-}70)$$

dove:

Δp_p = scarto di pressione tra l'ingresso e l'uscita della pompa [kPa]

p_p = pressione di mandata assoluta all'uscita della pompa [kPa]

n = velocità della pompa [giri/s]

L'equazione di taratura deve essere ricavata con formula lineare secondo il metodo dei minimi quadrati con l'equazione 7-71:

$$V_0 = D_0 - m \cdot X_0 \quad (7\text{-}71)$$

con D_0 [m^3/giri] e m [m^3/s], rispettivamente intercetta e coefficiente angolare, che descrivono la linea 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 dell'equazione devono corrispondere con un'approssimazione di ±0,5 % 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 di m più bassi. Quindi dopo importanti interventi di manutenzione e se la verifica complessiva del sistema indica una variazione del grado di scorrimento, la taratura deve essere eseguita all'avviamento della pompa.

2.5.2. Tubo di Venturi a flusso critico (CFV)

La taratura del CFV è basata sull'equazione di flusso per un tubo di Venturi a flusso critico. La portata del gas è una funzione della pressione e della temperatura di ingresso del tubo di Venturi.

Per determinare l'intervallo del flusso critico, K_V deve essere tracciato come funzione della pressione all'ingresso del tubo di Venturi. In presenza di un flusso critico (strozzato), K_V ha un valore relativamente costante. Al diminuire della pressione (aumento del vuoto), cessa lo strozzamento del tubo di Venturi e K_V diminuisce, il che indica che il CFV funziona al di fuori dell'intervallo ammesso.

▼B

La portata dell'aria ($q_{V\mathrm{CVS}}$) in corrispondenza di ciascuna impostazione di limitazione (minimo 8 punti) si calcola in m^3/s standard in base ai dati del flussimetro usando il metodo prescritto dal costruttore. Il coefficiente di taratura K_V $[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$ si calcola in base ai dati di taratura per ciascuna impostazione con l'equazione 7-72:

$$K_V = \frac{q_{V\mathrm{CVS}} \cdot \sqrt{T}}{p_p} \tag{7-72}$$

dove:

$q_{V\mathrm{SSV}}$ = portata dell'aria in condizioni normali (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

T = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi [K]

p_p = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [kPa]

Devono essere calcolati il K_V medio e la deviazione standard. La deviazione standard deve corrispondere a ± 0,3 % del K_V medio.

2.5.3. Tubo di Venturi subsonico (SSV)

La taratura dell'SSV è basata sull'equazione di portata per un tubo di Venturi subsonico. La portata del gas è una funzione della pressione e della temperatura di ingresso nonché della caduta di pressione tra l'ingresso e la gola dell'SSV, come indicato nell'equazione 7-40.

La portata dell'aria ($q_{V\mathrm{SSV}}$) in corrispondenza di ciascuna impostazione di limitazione (minimo 16 punti) si calcola in m^3/s standard in base ai dati del flussimetro usando il metodo prescritto dal costruttore. Il coefficiente di efflusso si calcola in base ai dati di taratura per ciascuna impostazione con l'equazione 7-73:

$$C_d = \frac{q_{V\mathrm{SSV}}}{\frac{A_0}{60} d_V^2 p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T_{in,V}}\left(r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}\right)\left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}}\right)\right]}} \tag{7-73}$$

dove:

A_0 = raccolta di costanti e conversioni di unità $= 0{,}0056940 \left[\frac{m^3}{min} \cdot \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \cdot \frac{1}{mm^2}\right]$

$q_{V\mathrm{SSV}}$ = portata dell'aria in condizioni normali (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

$T_{in,V}$ = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi [K]

d_V = diametro della gola dell'SSV [mm]

r_p = rapporto tra la gola dell'SSV e la pressione statica assoluta all'ingresso = $1 - \Delta p/p_p$ [-]

r_D = rapporto tra il diametro della gola dell'SSV d e il diametro interno del condotto d'ingresso D [-]

Per determinare l'intervallo di portata subsonica si traccia la curva C_d in funzione del numero di Reynolds Re alla gola dell'SSV. Il Re alla gola dell'SSV si calcola con l'equazione 7-74:

$$Re = A_1 \cdot 60 \cdot \frac{q_{V\mathrm{SSV}}}{d_V \cdot \mu} \tag{7-74}$$

Con

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \tag{7-75}$$

▼B

dove:

A_1 = raccolta di costanti e conversioni di unità = 27,43831 $\left[\frac{Kg}{m^3} \cdot \frac{min}{s} \cdot \frac{mm}{m}\right]$

q_{VSSV} = portata dell'aria in condizioni normali (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

d_V = diametro della gola dell'SSV [mm]

μ = viscosità assoluta o dinamica del gas

b = 1,458 × 10^6 (costante empirica) [kg/(m · s · $K^{0,5}$)]

S = 110,4 (costante empirica) [K]

Dal momento che q_{VSSV} è un elemento dell'equazione per il calcolo di *Re*, il calcolo deve avere inizio con un valore ipotizzato di q_{VSSV} o di C_d del tubo di Venturi di taratura e deve essere ripetuto fino a raggiungere la convergenza di rq_{VSSV}. Il metodo di convergenza deve avere una precisione pari o superiore allo 0,1 % di punto.

Per almeno sedici punti nel campo di flusso subsonico i valori di C_d calcolati in base alla formula risultante dalla curva di taratura devono corrispondere a ± 0,5 % del C_d misurato per ogni punto di taratura.

2.6. Correzione in funzione della deriva

2.6.1. Procedura generale

I calcoli al presente punto si eseguono allo scopo di determinare se la deriva dell'analizzatore dei gas invalida i risultati di un intervallo di prova. Se la deriva non invalida i risultati di un intervallo di prova, i valori misurati dall'analizzatore di gas per l'intervallo di prova vanno corretti in funzione della deriva conformemente al punto 2.6.2. I valori misurati dall'analizzatore di gas corretti in funzione della deriva vanno usati in tutti i successivi calcoli delle emissioni. La soglia accettabile di deriva dell'analizzatore di gas in un intervallo di prova è indicata all'allegato VI, punto 8.2.2.2.

La procedura generale di prova deve essere conforme alle disposizioni di cui all'appendice 1 con concentrazioni x_i oppure $\bar{x}$ sostituite da concentrazioni c_i o $\bar{c}$.

2.6.2. Procedura di calcolo

La correzione in funzione della deriva si calcola con l'equazione 7-76:

$$c_{\,i\text{driftcor}} = c_{\,\text{refzero}} + (c_{\,\text{refspan}} - c_{\,\text{refzero}}) \frac{2c_{\,i} - (c_{\,\text{prezero}} + c_{\,\text{postzero}})}{(c_{\,\text{prespan}} + c_{\,\text{postspan}}) - (c_{\,\text{prezero}} + c_{\,\text{postzero}})} \quad (7\text{-}76)$$

dove:

$c_{i\text{driftcor}}$ = concentrazione corretta in funzione della deriva [ppm]

c_{refzero} = concentrazione di riferimento del gas di zero, che è generalmente zero se non sono noti altri valori [ppm]

c_{refspan} = concentrazione di riferimento del gas di span [ppm]

c_{prespan} = concentrazione del gas di span misurata dall'analizzatore di gas nell'intervallo pre-prova [ppm]

c_{postspan} = concentrazione del gas di span misurata dall'analizzatore di gas nell'intervallo post-prova [ppm]

▼B

c_i or $\overline{c}$ = concentrazione registrata, ossia misurata durante la prova prima della correzione della deriva [ppm]

$c_{prezero}$ = concentrazione del gas di zero misurata dall'analizzatore di gas nell'intervallo pre-prova [ppm]

$c_{postzero}$ = concentrazione del gas di zero misurata dall'analizzatore di gas nell'intervallo post-prova [ppm]

3. **Calcolo delle emissioni molari**

3.1. Pedici

	Quantità
abs	Quantità assoluta
act	Quantità effettiva
air	Aria, secca
atmos	Atmosferico
bkgnd	Fondo
C	Carbonio
cal	Quantità di taratura
CFV	Tubo di Venturi a portata critica
cor	Quantità corretta
dil	Aria di diluizione
dexh	Gas di scarico diluiti
dry	Quantità su secco
exh	Gas di scarico grezzi
exp	Quantità attesa
eq	Quantità equivalente
fuel	Carburante
	Misurazione istantanea (ad es.: 1 Hz)
i	Valore individuale di una serie
idle	Stato al minimo
in	Quantità in
init	Quantità iniziale, tipicamente prima di una prova delle emissioni
max	Valore massimo (picco)
meas	Grandezza misurata
min	Valore minimo
mix	Massa molare d'aria
out	Quantità in uscita

▼B

	Quantità
part	Quantità parziale
PDP	Pompa volumetrica
raw	Gas di scarico grezzi
ref	Quantità di riferimento
rev	Giro
sat	Condizione di saturazione
slip	Slittamento (slip) della PDP
smpl	Campionamento
span	Quantità di span
SSV	Tubo di Venturi subsonico
std	Quantità standard
test	Quantità di prova
total	Quantità totale
uncor	Quantità non corretta
vac	Quantità sotto vuoto
weight	Peso di taratura
wet	Quantità su umido
zero	Quantità zero

3.2. Simboli dell'equilibrio chimico

$x_{dil/exh}$ = quantità di gas di diluizione o di aria in eccesso per mole di gas di scarico

x_{H2Oexh} = quantità di acqua nei gas di scarico per mole di gas di scarico

$x_{Ccombdry}$ = quantità di carbonio trasferita dal carburante ai gas di scarico per mole di gas di scarico su secco

$x_{H2Oexhdry}$ = quantità di acqua nei gas di scarico per mole secca di gas di scarico su secco

$x_{prod/intdry}$ = quantità di prodotti stechiometrici su secco per mole di aria di aspirazione su secco

$x_{dil/exhdry}$ = quantità di gas di diluizione o di aria in eccesso per mole di gas di scarico su secco

$x_{int/exhdry}$ = quantità di aria di aspirazione necessaria per produrre gli effettivi prodotti di combustione per mole di gas di scarico (grezzi o diluiti) su secco

$x_{raw/exhdry}$ = quantità dei gas di scarico non diluiti, senza aria in eccesso, per mole di gas di scarico (grezzi o diluiti) su secco

$x_{O2intdry}$ = quantità di aria di aspirazione O_2 per mole di aria di aspirazione su secco

$x_{CO2intdry}$ = quantità di aria di aspirazione CO_2 per mole di aria di aspirazione su secco

▼B

$x_{H2Ointdry}$ = quantità di aria di aspirazione H_2O per mole di aria di aspirazione su secco

x_{CO2int} = quantità di aria di aspirazione CO_2 per mole di aria di aspirazione

x_{CO2dil} = quantità di gas di diluizione CO_2 per mole del gas di diluizione

$x_{CO2dildry}$ = quantità di gas di diluizione CO_2 per mole del gas di diluizione su secco

$x_{H2Odildry}$ = quantità di gas di diluizione H_2O per mole del gas di diluizione su secco

$x_{H2Odildry}$ = quantità di gas di diluizione H_2O per mole del gas di diluizione

$x_{[emission]meas}$ = quantità di emissioni misurate nel campione al rispettivo analizzatore di gas

$x_{[emission]dry}$ = quantità di emissioni per mole secca di campione secco

$x_{H2O[emission]meas}$ = quantità di acqua nel campione nel punto di rilevamento delle emissioni

x_{H2Oint} = quantità di acqua nell'aria di aspirazione, in base a una misurazione dell'umidità dell'aria di aspirazione

3.3. Parametri e rapporti di base

3.3.1. Aria secca e specie chimiche

In questo punto sono usati i seguenti valori per la composizione dell'aria secca:

$x_{O2airdry}$ = 0,209445 mol/mol

$x_{Arairdry}$ = 0,00934 mol/mol

$x_{N2airdry}$ = 0,78084 mol/mol

$x_{CO2airdry}$ = 375 μmol/mol

In questo punto sono usate le seguenti masse molari o masse molari effettive delle specie chimiche:

M_{air} = 28,96559 g/mol (aria secca)

M_{Ar} = 39,948 g/mol (argo)

M_{C} = 12,0107 g/mol (carbonio)

M_{CO} = 28,0101 g/mol (monossido di carbonio)

M_{CO2} = 44,0095 g/mol (biossido di carbonio)

M_{H} = 1,00794 g/mol (idrogeno atomico)

M_{H2} = 2,01588 g/mol (idrogeno molecolare)

M_{H2O} = 18,01528 g/mol (acqua)

M_{He} = 4,002602 g/mol (elio)

M_{N} = 14,0067 g/mol (azoto atomico)

M_{N2} = 28,0134 g/mol (azoto molecolare)

M_{Nox} = 46,0055 g/mol (ossidi di azoto (*))

M_{O} = 15,9994 g/mol (ossigeno atomico)

M_{O2} = 31,9988 g/mol (ossigeno molecolare)

▼B

M_{C3H8} = 44,09562 g/mol (propano)

M_S = 32,065 g/mol (zolfo)

M_{HC} = 13,875389 g/mol (idrocarburi totali (**))

(**) La massa molare effettiva di HC è definita da un rapporto atomico di idrogeno/carbonio, α, di 1,85.

(*) La massa molare effettiva degli NO_x è definita dalla massa molare del biossido di azoto, NO_2.

In questo punto è usata la seguente costante molare del gas R per i gas ideali:

R = 8,314472J (mol · K)

In questo punto sono usati i seguenti rapporti di calori specifici γ per l'aria di diluizione e per i gas di scarico diluiti:

γ_{air} = 1,399 (rapporto di calori specifici per l'aria di aspirazione o l'aria di diluizione)

γ_{dil} = 1,399 (rapporto di calori specifici per i gas di scarico diluiti)

γ_{exh} = 1,385 (rapporto di calori specifici per i gas di scarico grezzi)

3.3.2. Aria umida

Il presente punto descrive come determinare la quantità di acqua in un gas ideale:

3.3.2.1. Pressione del vapore acqueo

La pressione del vapore acqueo p_{H2O} [kPa] per una data condizione di temperatura di saturazione, T_{sat} [K], si calcola con l'equazione 7-77 o 7-78:

a) per le misurazioni dell'umidità effettuate a temperature ambiente da 0 a 100 °C oppure per le misurazioni dell'umidità effettuate sopra acqua molto raffreddata a temperature ambiente da – 50 a 0 °C:

$$\log_{10}(p_{H2O}) = 10{,}79574 \cdot \left(1 - \frac{273{,}16}{T_{sat}}\right) - 5{,}02800 \cdot \log_{10}\left(\frac{T_{sat}}{273{,}16}\right) + 1{,}50475 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - 10^{-8{,}2969 \cdot \left(\frac{T_{sat}}{273{,}16} - 1\right)}\right) + 0{,}42873 \cdot 10^{-3} \cdot \left(10^{4{,}76955 \cdot \left(1 - \frac{273{,}16}{T_{sat}}\right)} - 1\right) - 0{,}2138602 \quad (7\text{-}77)$$

dove:

p_{H2O} = pressione del vapore acqueo alla condizione di temperatura di saturazione [kPa]

T_{sat} = temperatura di saturazione dell'acqua alla condizione misurata [K]

b) per le misurazioni dell'umidità effettuate sopra il ghiaccio a temperature ambiente da (– 100 a 0) ° C:

$$\log_{10}(p_{H2O}) = -9{,}096853 \cdot \left(\frac{273{,}16}{T_{sat}} - 1\right) - 3{,}566506 \cdot \log_{10}\left(\frac{273{,}16}{T_{sat}}\right) + 0{,}876812 \cdot \left(1 - \frac{T_{sat}}{273{,}16}\right) - 0{,}2138602 \quad (7\text{-}78)$$

dove:

T_{sat} = temperatura di saturazione dell'acqua alla condizione misurata [K]

▼B

3.3.2.2. Punto di rugiada

Se l'umidità viene misurata come punto di rugiada, la quantità di acqua in un gas ideale x_{H2O} [mol/mol] si determina con l'equazione 7-79:

$$x_{H2O} = \frac{p_{H2O}}{p_{abs}} \quad (7\text{-}79)$$

dove:

x_{H2O} = quantità di acqua in un gas ideale [mol/mol]

p_{H2O} = pressione del vapore acqueo al punto di rugiada misurato, $T_{sat}=T_{dew}$ [kPa]

p_{abs} = pressione statica assoluta su umido al punto di rilevazione del punto di rugiada [kPa]

3.3.2.3. Umidità relativa

Se l'umidità viene misurata come umidità relativa *RH %*, la quantità di acqua in un gas ideale x_{H2O} [mol/mol] si calcola con l'equazione 7-80:

$$x_{H2O} = \frac{RH\%}{100} \cdot \frac{RH\%}{100} \cdot \frac{P_{H2O}}{P_{abs}} \quad (7\text{-}80)$$

dove:

RH % = umidità relativa [%]

p_{H2O} = pressione del vapore acqueo a un umidità relativa del 100 % al punto di rilevazione dell'umidità relativa, $T_{sat}=T_{amb}$ [kPa]

p_{abs} = pressione statica assoluta su umido al punto di rilevazione dell'umidità relativa [kPa]

3.3.2.4. Determinazione del punto di rugiada in base all' umidità relativa e alla temperatura a bulbo secco

Se l'umidità è misurata come umidità relativa *RH %*, il punto di rugiada, T_{dew}, si determina in base alla *RH %* e alla temperatura a bulbo secco con l'equazione 7-81:

$$T_{dew} = \frac{2{,}0798233 \cdot 10^{2} - 2{,}0156028 \cdot 10^{1} \cdot \ln\,(p_{H2O}) + 4{,}6778925 \cdot 10^{-1} \cdot \ln\,(p_{H2O})^{2} - 9{,}2288067 \cdot 10^{-6} \cdot \ln\,(p_{H2O})^{3}}{1 - 1{,}3319669 \cdot 10^{-1} \cdot \ln\,(p_{H2O}) + 5{,}6577518 \cdot 10^{-3} \cdot \ln\,(p_{H2O}^{2}) - 7{,}517286510 \cdot 10^{-5} \ln\,(p_{H2O}^{3})} \quad (7\text{-}81)$$

dove:

p_{H2O} = pressione del vapore acqueo adeguata all'umidità relativa al punto di rilevazione dell'umidità relativa, $T_{sat}=T_{amb}$

T_{dew} = punto di rugiada determinato in base all' umidità relativa e alla temperatura a bulbo secco

3.3.3. Proprietà del carburante

La formula chimica generale del carburante è $CH_{\alpha}O_{\beta}S_{\gamma}N_{\delta}$ dove α è il rapporto atomico idrogeno/carbonio (H/C), β è il rapporto atomico ossigeno/carbonio (O/C), γ è il rapporto atomico zolfo/carbonio (S/C) and δ è il rapporto atomico azoto/carbonio (N/C). In base a questa formula è possibile calcolare la frazione di massa del carbonio del carburante w_C. Nel caso del carburante diesel è possibile usare la formula $CH_{\alpha}O_{\beta}$ semplice. Nella tabella 7.3 sono riportati i valori predefiniti della composizione del carburante:

▼B

Tabella 7.3

Valori predefiniti del rapporto atomico idrogeno/carbonio, *α*, del rapporto atomico ossigeno /carbonio, *β*, del rapporto atomico zolfo/carbonio, γ, del rapporto atomico azoto/carbonio, δ, e della frazione di massa del carbonio del carburante, w_C, per i carburanti di riferimento

Carburante	Rapporto atomico idrogeno, ossigeno, zolfo, azoto / carbonio $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$	Concentrazione di massa del carbonio, w_C [g/g]
Diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali)	$CH_{1.80}O_0S_0N_0$	0,869
Etanolo destinato a specifici motori ad accensione spontanea (ED95)	$CH_{2,92}O_{0,46}S_0N_0$	0,538
Benzina (E10)	$CH_{1,92}O_{0,03}S_0N_0$	0,833
Benzina (E5)	$CH_{1,85}O_0S_0N_0$	0,866
Etanolo (E85)	$CH_{2,73}O_{0,36}S_0N_0$	0,576
GPL	$CH_{2,64}O_0S_0N_0$	0,819
Gas naturale/bio-metano	$CH_{3,78}O_{0,016}S_0N_0$	0,747

3.3.3.1. Concentrazione di massa del carbonio, w_C

In alternativa ai valori predefiniti nella tabella 7.3, o nel caso in cui non siano forniti valori standard per il carburante di riferimento utilizzato, è possibile calcolare la concentrazione di massa del carbonio, w_C in base a proprietà misurate del carburante con l'equazione 7-82. I valori di α e β devono essere determinati per il carburante e inseriti nell'equazione in tutti i casi, mentre i valori γ e δ possono eventualmente essere segnati come zero se sono pari a zero nella riga corrispondente della tabella 7.3:

$$W_C = \frac{1 \cdot M_C}{M_C + \alpha \cdot M_H + \beta M_o + \gamma \cdot M_S + \delta M_N} \quad (7\text{-}82)$$

dove:

M_C = massa molare del carbonio

α = rapporto atomico idrogeno/carbonio della miscela di carburanti in combustione, ponderato in base al consumo molare

M_H = massa molare dell'idrogeno

β = rapporto atomico ossigeno/carbonio della miscela di carburanti in combustione, ponderato in base al consumo molare

M_O = massa molare dell'ossigeno

γ = rapporto atomico zolfo/carbonio della miscela di carburanti in combustione, ponderato in base al consumo molare

M_S = massa molare dello zolfo

δ = rapporto atomico azoto/carbonio della miscela di carburanti in combustione, ponderato in base al consumo molare

M_N = massa molare dell'azoto

▼B

3.3.4. Correzione della contaminazione iniziale nella concentrazione totale di HC (THC)

▼M2

Per misurare gli HC, il valore di $x_{THC[THC\text{-}FID]}$ deve essere calcolato usando la concentrazione della contaminazione iniziale da THC $x_{THC[THC\text{-}FID]init}$ di cui al punto 7.3.1.3 dell'allegato VI, per mezzo dell'equazione 7-83:

▼B

$$x_{THC[THC-FID]_{cor}} = x_{THC[THC-FID]_{uncorr}} - x_{THC[THC-FID]_{init}} \quad (7\text{-}83)$$

dove:

$x_{THC[THC\text{-}FID]cor}$ = concentrazione dei THC corretta in funzione della contaminazione [mol/mol]

$x_{THC[THC\text{-}FID]uncorr}$ = concentrazione dei THC non corretta [mol/mol]

$x_{THC[THC\text{-}FID]init}$ = concentrazione della contaminazione iniziale da THC [mol/mol]

3.3.5. Concentrazione media ponderata proporzionalmente alla portata

In alcuni punti della presente parte potrebbe essere necessario calcolare una concentrazione media ponderata proporzionalmente alla portata per determinare l'applicabilità di talune disposizioni. Una media ponderata proporzionalmente alla portata è la media di una quantità dopo che è stata ponderata proporzionalmente alla portata corrispondente. Ad esempio, se una concentrazione di gas è misurata in modo continuo dai gas di scarico grezzi di un motore, la sua concentrazione media ponderata proporzionalmente alla portata è la somma dei prodotti di ciascuna concentrazione registrata per la rispettiva portata molare dei gas di scarico, divisa per la somma dei valori di portata registrati. In un altro esempio la concentrazione in sacchetto da un sistema CVS è equivalente alla concentrazione media ponderata proporzionalmente alla portata perché il sistema CVS stesso pondera la concentrazione nel sacchetto proporzionalmente al flusso. ►M2 Una determinata concentrazione media ponderata proporzionalmente alla portata di un valore limite delle emissioni potrebbe già essere prevista in base a prove precedenti con motori simili o a prove con apparecchiature e strumenti simili. ◄

3.4. Equilibri chimici di carburante, aria di aspirazione e gas di scarico

3.4.1. Dati generali

Gli equilibri chimici di carburante, aria di aspirazione e gas di scarico possono essere usati per calcolare i flussi, la quantità di acqua nei flussi e la concentrazione umida dei componenti nei flussi. Avendo una portata del carburante, dell'aria di aspirazione o dei gas di scarico è possibile usare l'equilibrio chimico per determinare i flussi degli altri due. Ad esempio, è possibile usare gli equilibri chimici insieme all'aria di aspirazione o al flusso del carburante per determinare la portata dei gas di scarico grezzi.

3.4.2. Procedure che richiedono equilibri chimici

Gli equilibri chimici sono necessari per determinare quanto segue:

a) la quantità di acqua in un flusso di gas di scarico grezzi o diluiti, x_{H2Oexh}, quando non viene misurata la quantità di acqua da correggere per la quantità di acqua rimossa da un sistema di campionamento;

b) la frazione media ponderata proporzionalmente al flusso dell'aria di diluizione nei gas di scarico diluiti, $x_{dil/exh}$, quando non viene misurato il flusso dell'aria di diluizione da correggere per le emissioni di fondo. È da notare che se vengono usati gli equilibri chimici, si suppone che i gas di scarico siano stechiometrici anche se in realtà non lo sono.

▼B

3.4.3. Procedura dell'equilibrio chimico

I calcoli dell'equilibrio chimico comprendono un sistema di equazioni che richiede iterazione. I valori iniziali fino a tre quantità devono essere ipotizzati: la quantità di acqua nel flusso misurato, x_{H2Oexh}, la frazione di aria di diluizione nei gas di scarico diluiti (o l'aria in eccesso nei gas di scarico grezzi), $x_{dil/exh}$, e la quantità di prodotti su base C1 per mole secca di flusso secco misurato, $x_{Ccombdry}$. Possono essere usati i valori medi ponderati in base al tempo dell'umidità dell'aria di combustione e dell'umidità dell'aria di diluizione nell'equilibrio chimico a condizione che l'umidità dell'aria di combustione e dell'aria di diluizione corrispondano, con una tolleranza pari a ± 0,0025 mol/mol, al rispettivo valore medio nell'intervallo di prova. Per ogni concentrazione dell'emissione x e quantità di acqua, x_{H2Oexh} devono essere determinate le rispettive concentrazioni completamente secche x_{dry} e $x_{H2Oexhdry}$. Devono essere usati anche il rapporto atomico idrogeno/carbonio del carburante, α, il rapporto ossigeno/carbonio, β, e la frazione di massa di carbonio del carburante, w_C. Per la prova del carburante possono essere usati i valori α e β oppure i valori predefiniti di cui alla tabella 7.3.

Le seguenti fasi permettono di raggiungere un equilibrio chimico:

a) convertire le concentrazioni misurate, quali $x_{CO2meas}$, x_{NOmeas}, e x_{H2Oint}, in concentrazioni su secco dividendole per uno e sottraendo la quantità di acqua presente durante le rispettive misurazioni; ad esempio: $x_{H2OxCO2meas}$, $x_{H2OxNOmeas}$, e x_{H2Oint}. Se la quantità di acqua presente durante una misurazione su umido equivale alla quantità non nota di acqua nel flusso dei gas di scarico, x_{H2Oexh}, tale valore deve essere determinato in modo iterativo nel sistema di equazioni. Se si misurano solo gli NO_x totali e non vengono misurati separatamente gli NO e gli NO_2, è necessario affidarsi alla buona pratica ingegneristica per stimare la ripartizione della concentrazione degli NO_x totali in NO e NO_2 per gli equilibri chimici. È supponibile che la concentrazione molare di NO_x, x_{NOx}, sia pari a 75 % di NO e 25 % di NO_2. Per i sistemi di stoccaggio di post-trattamento è supponibile che x_{NOx} sia pari a 25 % di NO e 75 % di NO_2. Per calcolare la massa delle emissioni NO_x si usa la massa molare di NO_2 per l'effettiva massa molare di tutte le specie di NO_x, indipendentemente dell'effettiva frazione NO_2 di NO_x;

b) le equazioni da 7-82 a 7-99 di cui alla lettera d) del presente punto devono essere inserite in un programma informatico che determini in modo iterativo i valori di x_{H2Oexh}, $x_{Ccombdry}$ e $x_{dil/exh}$ Per ipotizzare i valori iniziali di x_{H2Oexh}, $x_{Ccombdry}$, e $x_{dil/exh}$ è necessario affidarsi alla buona pratica ingegneristica. Si raccomanda di ipotizzare una quantità di acqua iniziale che sia circa due volte la quantità di acqua nell'aria di aspirazione o di diluizione. Si raccomanda di ipotizzare il valore iniziale di $x_{Ccombdry}$ come la somma dei valori misurati di CO_2, CO, e THC. Si raccomanda inoltre di ipotizzare che il valore iniziale di x_{dil} sia compreso tra 0,75 e 0,95 (ad esempio 0,8). I valori nel sistema di equazioni vanno iterati finché le ipotesi più aggiornate corrispondono tutte, con una tolleranza pari a ± 1 %, ai rispettivi valori calcolati più recenti;

c) nel sistema di equazioni della seguente lettera d) del presente punto, dove l'unità x è mol/mol, sono usati i seguenti simboli e pedici:

Simbolo	Descrizione
$x_{dil/exh}$	è la quantità di gas di diluizione o di aria in eccesso per mole di gas di scarico
x_{H2Oexh}	è la quantità di H_2O nei gas di scarico per mole di gas di scarico

▼B

Simbolo	Descrizione
$x_{Ccombdry}$	è la quantità di carbonio trasferita dal carburante nei gas di scarico per mole di gas di scarico su secco
$x_{H2Oexhdry}$	è la quantità di acqua nei gas di scarico per mole secca dei gas di scarico su secco
$x_{prod/intdry}$	è la quantità di prodotti stechiometrici su secco per mole di aria di aspirazione su secco
$x_{dil/exhdry}$	è la quantità di gas di diluizione e/o di aria in eccesso per mole di gas di scarico su secco
$x_{int/exhdry}$	è la quantità di aria di aspirazione necessaria per generare i prodotti di combustione effettivi per mole di gas di scarico (grezzi o diluiti) su secco
$x_{raw/exhdry}$	è la quantità di gas di scarico non diluiti, senza aria in eccesso, per mole di gas di scarico (grezzi o diluiti) su secco
$x_{O2intdry}$	è la quantità di aria di aspirazione O_2 per mole di aria di aspirazione su secco; è supponibile $x_{O2intdry}$ = 0,209445 mol/mol
$x_{CO2intdry}$	è la quantità di aria di aspirazione CO_2 per mole di aria di aspirazione su secco; è possibile usare $x_{CO2intdry}$ = 375 µmol/mol, ma si consiglia di misurare la concentrazione effettiva nell'aria di aspirazione
$x_{H2Ointdry}$	è la quantità di aria di aspirazione H_2O per mole di aria di aspirazione su secco
x_{CO2int}	è la quantità di aria di aspirazione CO_2 per mole di aria di aspirazione
x_{CO2dil}	è la quantità di gas di diluizione CO_2 per mole di gas di diluizione
$x_{CO2dildry}$	è la quantità di gas di diluizione CO_2 per mole di gas di diluizione su secco; se come diluente si usa l'aria, è possibile usare $x_{CO2dildry}$ = 375 µmol/mol, ma si consiglia di misurare la concentrazione effettiva nell'aria di aspirazione
$x_{H2Odildry}$	è la quantità di gas di diluizione H_2O per mole di gas di diluizione su secco
x_{H2Odil}	è la quantità di gas di diluizione H_2O per mole di gas di diluizione
$x_{[emission]meas}$	è la quantità di emissioni misurate nel campione al rispettivo analizzatore di gas
$x_{[emission]dry}$	è la quantità di emissioni per mole su secco di campione su secco
$x_{H2O[emission]meas}$	è la quantità di acqua nel campione nel punto di rilevamento delle emissioni; tali valori vanno misurati o stimati secondo le disposizioni del punto 9.3.2.3.1.

▼B

Simbolo	Descrizione
x_{H2Oint}	è la quantità di acqua nell'aria di aspirazione, in base a una misurazione dell'umidità dell'aria di aspirazione
K_{H2Ogas}	Coefficiente di equilibrio per la reazione acqua/gas; 3,5 oppure un valore diverso calcolato in base alla buona pratica ingegneristica.
α	Rapporto atomico idrogeno /carbonio della miscela di carburanti () in combustione, ponderato in base al consumo molare
β	Rapporto atomico di ossigeno/carbonio della miscela di carburanti () in combustione, ponderato in base al consumo molare

d) Le seguenti equazioni si usano per risolvere in modo iterativo $x_{dil/exh}$, x_{H2Oexh} e $x_{Ccombdry}$:

$$x_{\,dil/exh} = 1 - \frac{x_{raw/exhdry}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \tag{7-84}$$

$$x_{\,H2Oexh} = \frac{x_{H2Oexhdry}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \tag{7-85}$$

$$x_{\,Ccombdry} = x_{\,CO2dry} + x_{\,COdry} + x_{\,THCdry} - x_{\,CO2dil} \cdot x_{\,dil/exhdry} - x_{\,CO2int} \cdot x_{\,int/exhdry} \tag{7-86}$$

$$x_{\,H2dry} = \frac{x_{COdry} \cdot (x_{H2Oexhdry} - x_{H2Odil} \cdot x_{dil/exhdry})}{K_{H2Ogas} \cdot (x_{CO2dry} - x_{CO2dil} \cdot x_{dil/exhdry})} \tag{7-87}$$

$$x_{\,H2Oexhdry} = \frac{\alpha}{2}(x_{\,Ccombdry} - x_{\,THCdry}) + x_{\,H2Odil} \cdot x_{\,dil/exhdry} + x_{\,H2Oint} \cdot x_{\,int/exhdry} - x_{\,H2dry} \tag{7-88}$$

$$x_{\,dil/exhdry} = \frac{x_{dil/exh}}{1 - x_{H2Oexh}} \tag{7-89}$$

$$x_{\,int/exhdry} = \frac{1}{2 \cdot x_{O2int}} \left[\left(\frac{\alpha}{2} - \beta + 2 + 2\gamma \right) (x_{Ccombdry} - x_{THCdry}) - (x_{COdry} - x_{NOdry} - 2x_{NO2dry} + x_{H2dry}) \right] \tag{7-90}$$

$$x_{\,raw/exhdry} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\alpha}{2} + \beta + \delta \right) (x_{Ccombdry} - x_{THCdry}) + (2x_{THCdry} + x_{COdry} - x_{NO2dry} + x_{H2dry}) \right] + x_{\,int/exhdry} \tag{7-91}$$

$$x_{\,O2int} = \frac{0{,}209820 - x_{CO2intdry}}{1 + x_{H2Ointdry}} \tag{7-92}$$

$$x_{\,CO2int} = \frac{x_{CO2intdry}}{1 + x_{H2Ointdry}} \tag{7-93}$$

$$x_{\,H2Ointdry} = \frac{x_{H2Oint}}{1 - x_{H2Oint}} \tag{7-94}$$

$$x_{\,CO2dil} = \frac{x_{CO2dildry}}{1 + x_{H2Odildry}} \tag{7-95}$$

$$x_{\,H2Odildry} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \tag{7-96}$$

$$x_{\,COdry} = \frac{x_{COmeas}}{1 - x_{H2OCOmeas}} \tag{7-97}$$

▼B

$$x_{\text{CO2dry}} = \frac{x_{\text{CO2meas}}}{1 - x_{\text{H2OCO2meas}}} \quad (7\text{-}98)$$

$$x_{\text{NOdry}} = \frac{x_{\text{NOmeas}}}{1 - x_{\text{H2ONOmeas}}} \quad (7\text{-}99)$$

$$x_{\text{NO2dry}} = \frac{x_{\text{NO2meas}}}{1 - x_{\text{H2ONO2meas}}} \quad (7\text{-}100)$$

$$x_{\text{THCdry}} = \frac{x_{\text{THCmeas}}}{1 - x_{\text{H2OTHCmeas}}} \quad (7\text{-}101)$$

Al termine dell'equilibrio chimico, la portata molare si calcola conformemente ai punti 3.5.3 e 3.6.3.

3.4.4. Correzione degli NO_x in funzione dell'umidità

Tutte le concentrazioni degli NO_x, incluse le concentrazioni di fondo dell'aria di diluizione, devono essere corrette in funzione dell'umidità dell'aria di aspirazione con l'equazione 7-102 o 7-103:

(a) per i motori ad accensione spontanea

$$x_{\text{NOxcor}} = x_{\text{NOxuncor}} \cdot (9{,}953 \cdot x_{\text{H2O}} + 0{,}832) \quad (7\text{-}102)$$

(b) per i motori ad accensione comandata

$$x_{\text{NOxcor}} = x_{\text{NOxuncor}} \cdot (18{,}840 \cdot x_{\text{H2O}} + 0{,}68094) \quad (7\text{-}103)$$

dove:

x_{NOxuncor} = concentrazione molare non corretta degli NO_x nei gas di scarico [µmol/mol]

x_{H2O} = quantità di acqua nell'aria di aspirazione [mol/mol]

▼M2

3.5. Misurazione delle emissioni gassose nei gas di scarico grezzi

▼B

3.5.1. Massa delle emissioni gassose

Per calcolare la massa totale delle emissioni gassose per ciascuna prova m_{gas} [g/prova], la concentrazione molare deve essere moltiplicata per la rispettiva portata molare e per la massa molare dei gas di scarico; quindi si esegue l'integrazione nel ciclo di prova con l'equazione 7-104:

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \int \dot{n}_{\text{exh}} \cdot x_{\text{gas}} \cdot \mathrm{d}t \quad (7\text{-}104)$$

dove:

M_{gas} = massa molare delle emissioni gassose generiche [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = portata molare istantanea dei gas di scarico su umido [mol/s]

x_{gas} = concentrazione molare istantanea generica del gas su umido [mol/mol]

t = tempo [s]

Poiché l'equazione 7-104 deve essere risolta mediante integrazione numerica, essa è trasformata nell'equazione 7-105:

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \int \dot{n}_{\text{exh}} \cdot x_{\text{gas}} \cdot \mathrm{d}t \Rightarrow \quad (7\text{-}105)$$
$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{\text{exh}i} \cdot x_{\text{gas}i}$$

▼B

dove:

M_{gas} = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = portata molare istantanea dei gas di scarico su umido [mol/s]

x_{gasi} = concentrazione molare istantanea generica del gas su umido [mol/mol]

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

N = numero di misurazioni [-]

L'equazione generale può essere modificata in base al tipo di sistema di misura, al tipo di campionamento (continuo o per lotti) e alla portata campionata (variabile o costante).

a) Per il campionamento costante, nel caso generico di una portata variabile, la massa delle emissioni gassose m_{gas} [g/prova] si calcola con l'equazione 7-106:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \cdot x_{gasi} \quad (7\text{-}106)$$

dove:

M_{gas} = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = portata molare istantanea dei gas di scarico su umido [mol/s]

x_{gasi} = frazione molare istantanea delle emissioni gassose su umido [mol/mol]

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

N = numero di misurazioni [-]

b) Per il campionamento costante, nel caso particolare di una portata costante, la massa delle emissioni gassose m_{gas} [g/prova] si calcola con l'equazione 7-107:

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{exh} \cdot \bar{x}_{gas} \cdot \Delta t \quad (7\text{-}107)$$

dove:

M_{gas} = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ = portata molare dei gas di scarico su umido [mol/s]

$\bar{x}_{gas}$ = frazione molare istantanea delle emissioni gassose su umido [mol/mol]

Δt = durata dell'intervallo di prova

c) Per il campionamento per lotti, indipendentemente dal tipo di portata (variabile o costante) l'equazione (7-104) può essere semplificata con l'equazione 7-108:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \bar{x}_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \quad (7\text{-}108)$$

dove:

M_{gas} = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = portata molare istantanea dei gas di scarico su umido [mol/s]

$\bar{x}_{gas}$ = frazione molare media delle emissioni gassose su umido [mol/mol]

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

N = numero di misurazioni [-]

▼B

3.5.2. Conversione della concentrazione da secco a umido

I parametri di questo punto si ottengono dai risultati dell'equilibrio chimico calcolato al punto 3.4.3. Esiste la seguente relazione tra le concentrazioni molari dei gas nel flusso misurato x_{gasdry} e x_{gas} [mol/mol] espresse, rispettivamente, su secco e su umido con le equazioni 7-109 e 7-110:

$$x_{\text{gasdry}} = \frac{x_{\text{gas}}}{1 - x_{\text{H2O}}} \tag{7-109}$$

$$x_{\text{gas}} = \frac{x_{\text{gasdry}}}{1 + x_{\text{H2Odry}}} \tag{7-110}$$

dove:

x_{H2O} = frazione molare dell'acqua nel flusso misurato su umido [mol/mol]

x_{H2Odry} = frazione molare dell'acqua nel flusso misurato su secco [mol/mol]

Per le emissioni gassose si esegue una correzione dell'acqua rimossa per la concentrazione generica x [mol/mol] usando l'equazione 7-111:

$$x = x_{\text{[emission]meas}} \left[\frac{(1 - x_{\text{H2Oexh}})}{1 - x_{\text{H2O[emission]meas}}} \right] \tag{7-111}$$

dove:

$x_{[emission]meas}$ = frazione molare dell'emissione nel flusso misurato l punto di rilevazione [mol/mol]

$x_{H2O[emission]meas}$ = quantità di acqua nel flusso misurato alla misurazione della concentrazione [mol/mol]

x_{H2Oexh} = quantità di acqua al flussimetro [mol/mol]

3.5.3. Portata molare dei gas di scarico

La portata dei gas di scarico grezzi può essere misurata direttamente o calcolata in base all'equilibrio chimico di cui al punto 3.4.3. Il calcolo della portata molare dei gas di scarico grezzi si esegue in base alla portata molare dell'aria di aspirazione misurata oppure alla portata massica del carburante. La portata molare dei gas di scarico grezzi può essere calcolata in base alle emissioni sottoposte a campionamento, $\dot{n}_{exh}$, alla portata molare dell'aria di aspirazione misurata, $\dot{n}_{int}$, o alla portata massica del carburante misurata, $\dot{m}_{fuel}$, e ai valori calcolati usando l'equilibrio chimico di cui al punto 3.4.3. Essa deve essere risolta per l'equilibrio chimico di cui al punto 3.4.3 alla stessa frequenza in cui vengono aggiornati e registrati $\dot{n}_{int}$ o $\dot{m}_{fuel}$.

a) Portata del basamento. Il flusso dei gas di scarico grezzi può essere calcolato in base a $\dot{n}_{int}$ o $\dot{m}_{fuel}$ solo se è soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni in relazione alla portata delle emissioni del basamento:

   i) il motore di prova ha un sistema di controllo delle emissioni con un basamento chiuso che invia il flusso del basamento indietro verso l'aria di aspirazione, a valle del flussimetro dell'aria di aspirazione;

   ii) durante la prova delle emissioni il flusso del basamento aperto deve essere inviato ai gas di scarico conformemente all'allegato VI, punto 6.10;

▼B

iii) le emissioni e il flusso del basamento aperto sono misurati e poi aggiunti ai calcoli delle emissioni specifiche al banco frenato;

iv) usando i dati sulle emissioni o un'analisi ingegneristica è possibile dimostrare che il fatto di trascurare la portata delle emissioni del basamento aperto non influenza negativamente la conformità agli standard applicabili.

b) Calcolo della portata molare in base all'aria di aspirazione

In base a $\dot{n}_{int}$, la portata molare dei gas di scarico $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] si calcola con l'equazione 7-112:

$$\dot{n}_{\mathrm{exh}} = \frac{\dot{n}_{\mathrm{int}}}{1 + \frac{(x_{int/exhdry} - x_{raw/exhdry})}{(1 + x_{\mathrm{H2Oexhdry}})}} \qquad (7\text{-}112)$$

dove:

$\dot{n}_{\mathrm{exh}}$ = portata molare dei gas di scarico grezzo da cui vengono misurate le emissioni [mol/s]

$\dot{n}_{\mathrm{ind}}$ = portata molare dell'aria di aspirazione, inclusa l'umidità nell'aria di aspirazione [mol/s]

$x_{\mathrm{int/exhdry}}$ = quantità di aria di aspirazione necessaria per produrre i prodotti di combustione effettivi per mole di gas di scarico (grezzi o diluiti) su secco [mol/mol]

$x_{\mathrm{raw/exhdry}}$ = Quantità di gas di scarico non diluito, senza aria in eccesso, per mole di gas di scarico (grezzi o diluiti) su secco

$x_{\mathrm{H2Oexhdry}}$ = Quantità di acqua nei gas di scarico per mole secca dei gas di scarico su secco [mol/mol]

c) Calcolo della portata molare in base alla portata massica del carburante

In base a, $\dot{m}_{fuel}$, $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] si calcola come segue:

Durante le prove di laboratorio questo calcolo può essere usato solo per cicli NRSC in modalità discreta e RMC con l'equazione 7-113:

▼M2

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot W_C \cdot (1 + X_{H_2Oexhdry})}{M_c \cdot X_{Ccombdry}} \qquad (7\text{-}113)$$

▼B

dove:

$\dot{n}_{\mathrm{exh}}$ = portata molare dei gas di scarico grezzi da cui vengono misurate le emissioni

$\dot{m}_{\mathrm{fuel}}$ = portata del carburante, inclusa l'umidità nell'aria di aspirazione [g/s]

w_{C} = frazione di massa del carbonio per il carburante in questione [g/g]

$x_{\mathrm{H2Oexhdry}}$ = quantità di H_2O per mole su secco di flusso misurato [mol/mol]

M_{C} = massa molecolare del carbonio 12,0107 g/mol

x_{Ccombdry} = quantità di carbonio trasferita dal carburante nei gas di scarico per mole di gas di scarico su secco [mol/mol]

▼B

d) Calcolo della portata molare dei gas di scarico in base alla portata molare dell'aria di aspirazione misurata, alla portata molare dei gas di scarico diluiti e all'equilibrio chimico dei gas di scarico diluiti.

La portata molare dei gas di scarico $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] può essere calcolata in base alla portata molare dell'aria di aspirazione misurata,$\dot{n}_{int}$, alla portata molare misurata dei gas di scarico diluiti,$\dot{n}_{dexh}$, e ai valori calcolati usando l'equilibrio chimico di cui al punto 3.4.3. È da notare che l'equilibrio chimico deve essere basato sulle concentrazioni dei gas di scarico diluiti. Per i calcoli del flusso continuo l'equilibrio chimico di cui al punto 3.4.3 deve essere verificato alla stessa frequenza in cui vengono aggiornati e registrati $\dot{n}_{int}$ o $\dot{n}_{dexh}$. Una volta effettuato questo calcolo, è possibile utilizzare $\dot{n}_{dexh}$ per la verifica del rapporto di diluizione del PM, per il calcolo della portata molare dell'aria di diluizione nella correzione in funzione del fondo di cui al punto 3.6.1 e per il calcolo della massa delle emissioni di cui al punto 3.5.1 per le specie misurate nei gas di scarico grezzi.

In base alla portata molare dei gas di scarico diluiti e dell'aria di aspirazione, [mol/s] deve essere calcolata come segue:

$$\dot{n}_{exh} = (x_{raw/exhdry} - x_{int/exhdry}) \cdot (1 - x_{H2Oexh}) \cdot \dot{n}_{dexh} + \dot{n}_{int} \qquad (7\text{-}114)$$

dove:

$\dot{n}_{exh}$ = portata molare dei gas di scarico grezzi da cui vengono misurate le emissioni [mol/s]

$x_{int/exhdry}$ = quantità di aria di aspirazione necessaria per produrre i prodotti di combustione effettivi per mole di gas di scarico (grezzi o diluiti) su secco [mol/mol];

$x_{raw/exhdry}$ = Quantità di gas di scarico non diluito, senza aria in eccesso, per mole di gas di scarico (grezzi o diluiti) su secco [mol/mol];

x_{H2Oexh} = Quantità di acqua nei gas di scarico per mole di gas di scarico [mol/mol];

$\dot{n}_{dexh}$ = portata molare dei gas di scarico diluiti da cui vengono misurate le emissioni [mol/s];

$\dot{n}_{int}$ = portata molare dell'aria di aspirazione, inclusa l'umidità nell'aria di aspirazione [mol/s]

3.6. Emissioni gassose diluite

▼M2

3.6.1. Calcolo della massa delle emissioni e correzione in funzione del fondo

La massa delle emissioni gassose m_{gas} [g/prova] come funzione delle portate molari delle emissioni si calcola nel modo seguente:

a) per il campionamento continuo a portata variabile, per mezzo dell'equazione 7-106:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \cdot X_{gasi} \qquad \text{[cfr. equazione 7-106]}$$

dove:

Mgas = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = portata molare istantanea del gas di scarico su umido [mol/s]

x_{gasi} = concentrazione molare istantanea generica del gas su umido [mol/mol]

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

N = numero di misurazioni [-]

▼M2

b) per il campionamento continuo a portata costante, per mezzo dell'equazione 7-107:

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{exh} \cdot \bar{x}_{gas} \cdot \Delta t \qquad \text{[cfr. equazione 7-107]}$$

dove:

Mgas = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ = portata molare del gas di scarico su umido [mol/s]

$\bar{x}_{gas}$ = frazione molare media delle emissioni gassose su umido [mol/mol]

Δt = durata dell'intervallo di prova

c) per il campionamento per lotti, indipendentemente dal tipo di portata (variabile o costante), per mezzo dell'equazione 7-108:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \bar{x}_{gas} \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \qquad \text{[cfr. equazione 7-108]}$$

dove:

Mgas = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = portata molare istantanea del gas di scarico su umido [mol/s]

$\bar{x}_{gas}$ = frazione molare media delle emissioni gassose su umido [mol/mol]

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

N = numero di misurazioni [-]

d) nel caso di gas di scarico diluiti, i valori calcolati della massa degli inquinanti devono essere corretti sottraendo la massa delle emissioni di fondo dovuta all'aria di diluizione:

i) determinare innanzitutto la portata molare dell'aria di diluizione n_{airdil} [mol/s] nell'intervallo di prova. Può trattarsi di una quantità misurata o calcolata in base al flusso dei gas di scarico diluiti e alla frazione media ponderata dell'aria di diluizione nei gas di scarico diluiti, $\bar{x}_{\text{dil/exh}}$;

ii) moltiplicare il flusso totale dell'aria di diluizione n_{airdil} [mol] per la concentrazione media delle emissioni di fondo. Può trattarsi di un valore medio ponderato in base al tempo o in base al flusso (ad esempio un fondo sottoposto a campionamento proporzionale). Il prodotto di n_{airdil} e della concentrazione media di un'emissione di fondo corrisponde alla quantità totale di un'emissione di fondo;

iii) se il risultato è una quantità molare, deve essere convertito in massa dell'emissione di fondo m_{bkgnd} [g] moltiplicandolo per la massa molare dell'emissione M_{gas} [g/mol];

iv) sottrarre la massa totale di fondo dalla massa totale per correggere le emissioni di fondo;

v) il flusso totale dell'aria di diluizione può essere determinato con una misurazione diretta del flusso. In questo caso la massa totale di fondo è calcolata usando il flusso dell'aria di diluizione n_{airdil}. Sottrarre la massa di fondo dalla massa totale. Il risultato deve essere usato nei calcoli delle emissioni specifiche al banco frenato;

▼M2

vi) il flusso totale dell'aria di diluizione può essere determinato in base al flusso totale dei gas di scarico diluiti e da un equilibrio chimico del carburante, dell'aria di aspirazione e dei gas di scarico conformemente al punto 3.4. In questo caso, calcolare la massa totale di fondo usando il flusso totale dei gas di scarico diluiti n_{dexh}. Quindi moltiplicare questo risultato per la frazione media ponderata proporzionalmente al flusso dell'aria di diluizione nei gas di scarico diluiti, $\overline{x}_{dil/exh}$.

Per i due casi v) e vi) si usano le equazioni 7-115 e 7-116:

$$m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot x_{gasdil} \cdot n_{airdil} \text{ o } m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot \overline{x}_{dil/exh} \cdot \overline{x}_{bkgnd} \cdot n_{dexh} \quad (7\text{-}115)$$

$$m_{gascor} = m_{gas} - m_{bkgnd} \quad (7\text{-}116)$$

dove:

m_{gas} = massa totale delle emissioni gassose [g]

m_{bkgnd} = masse totali di fondo [g]

m_{gascor} = massa del gas corretta in funzione delle emissioni di fondo [g]

M_{gas} = massa molecolare delle emissioni gassose generiche [g/mol]

x_{gasdil} = concentrazione delle emissioni gassose nell'aria di diluizione [mol/mol]

n_{airdil} = portata molare dell'aria di diluizione [mol]

$\overline{x}_{dil/exh}$ = frazione media ponderata dell'aria di diluizione nei gas di scarico diluiti [mol/mol]

$\overline{x}_{bkgnd}$ = frazione del gas di fondo [mol/mol]

n_{dexh} = flusso totale dei gas di scarico diluiti [mol]

▼B

3.6.2. Conversione della concentrazione da secco a umido

Gli stessi rapporti dei gas grezzi (punto 3.5.2) devono essere usati per la conversione da secco a umido su campioni diluiti. Per l'aria di diluizione deve essere eseguita una misurazione dell'umidità allo scopo di calcolare la frazione del vapore acqueo $x_{H2Odildry}$ [mol/mol] con l'equazione 7-96:

$$x_{H2Odildry} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \quad \text{(cfr. equazione 7-96)}$$

dove:

x_{H2Odil} = frazione molare dell'acqua nel flusso dell'aria di diluizione [mol/mol]

3.6.3. Portata molare dei gas di scarico

a) Calcolo mediante l'equilibrio chimico

La portata molare $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] può essere calcolata in base alla portata massica del carburante $\dot{m}_{fuel}$ con l'equazione 7-113:

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot w_C \cdot (1 + x_{H2Oexhdry})}{M_C \cdot x_{Ccombdry}} \quad \text{(see equation 7-113)}$$

▼B

dove:

$\dot{n}_{exh}$ = portata molare dei gas di scarico grezzi da cui vengono misurate le emissioni

$\dot{m}_{fuel}$ = portata del carburante, inclusa l'umidità nell'aria di aspirazione [g/s]

w_C = frazione di massa del carbonio per il carburante in questione [g/g]

$x_{H2Oexhdry}$ = quantità di H_2O per mole su secco di flusso misurato [mol/mol]

M_C = massa molecolare del carbonio 12,0107 g/mol

$x_{Ccombdry}$ = quantità di carbonio trasferita dal carburante nei gas di scarico per mole di gas di scarico su secco [mol/mol]

b) Misurazione

La portata molare dei gas di scarico può essere misurata con tre sistemi:

i) ►M2 portata molare PDP. In base al regime di funzionamento della pompa volumetrica (PDP) per un intervallo di prova, si usano il coefficiente angolare a_1 e l'intercetta a_0 [-] corrispondenti, calcolati con la procedura di taratura di cui al punto 3.9.2, per calcolare la portata molare $\dot{n}$ [mol/s] per mezzo dell'equazione 7-117: ◄

$$\dot{n} = f_{n,PDP} \cdot \frac{p_{in} \cdot V_{rev}}{R \cdot T_{in}} \quad (7\text{-}117)$$

dove:

$$V_{rev} = \frac{a_1}{f_{n,PDP} \cdot \sqrt{\frac{p_{out} - p_{in}}{p_{in}}} + a_0} \quad (7\text{-}118)$$

dove:

a_1 = coefficiente di taratura [m^3/s]

a_0 = coefficiente di taratura [m^3/giro]

p_{in}, p_{out} = pressione d'ingresso/uscita [Pa]

R = costante molare del gas [J/(mol K)]

T_{in} = temperatura d'ingresso [K]

V_{rev} = volume della pompa PDP [m^3/giro]

$f_{n.,PDP}$ = regime della PDP [giro/s]

ii) ►M2 Portata molare SSV. In base all'equazione C_d rispetto a R_e # determinata come descritto al punto 3.9.4, la portata molare del tubo di Venturi subsonico (SSV) durante una prova delle emissioni $\dot{n}$ [mol/s] si calcola per mezzo dell'equazione 7-119: ◄

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (7\text{-}119)$$

dove:

p_{in} = pressione d'ingresso [Pa]

A_t = sezione trasversale della gola del tubo di Venturi [m^2]

R = costante molare del gas [J/(mol K)]

T_{in} = temperatura d'ingresso [K]

Z = fattore di comprimibilità

▼B

M_{mix} = massa molare dei gas di scarico diluiti [kg/mol]

C_d = coefficiente di efflusso dell'SSV [-]

C_f = coefficiente di flusso dell'SSV [-]

iii) ►M2 Portata molare CFV. Per calcolare la portata molare attraverso un tubo di Venturi o una combinazione di tubi di Venturi si usa il rispettivo valore medio C_d e altre costanti, determinati come descritto al punto 3.9.5. La portata molare $\dot{n}$ [mol/s] durante la prova delle emissioni si calcola con l'equazione 7-120: ◄

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (7\text{-}120)$$

dove:

p_{in} = pressione d'ingresso [Pa]

A_t = sezione trasversale della gola del tubo di Venturi [m^2]

R = costante molare del gas [J/(mol K)]

T_{in} = temperatura d'ingresso [K]

Z = fattore di comprimibilità

M_{mix} = massa molare dei gas di scarico diluiti [kg/mol]

C_d = coefficiente di efflusso CFV [-]

C_f = coefficiente di flusso CFV [-]

3.7. Determinazione del particolato

3.7.1. Campionamento

a) Campionamento da una portata variabile

Se si raccoglie il campione per lotti da una portata variabile di gas di scarico, occorre estrarre un campione proporzionale alla variazione della portata dei gas di scarico. La portata deve essere integrata nel ciclo di prova per determinare il flusso totale. La concentrazione media del PM $\overline{M}_{PM}$, (che è già espressa in unità di massa per mole di campione), deve essere moltiplicata per il flusso totale per ottenere la massa totale del PM, m_{PM} [g] con l'equazione 7-121:

$$m_{PM} = \overline{M}_{PM} \cdot \sum_{i=1}^{N} (\dot{n}_i \cdot \Delta t_i) \quad (7\text{-}121)$$

dove:

$\dot{n}_i$ = portata molare istantanea dei gas di scarico [mol/s]

$\overline{M}_{PM}$ = concentrazione media del PM [g/mol]

Δt_i = intervallo di campionamento [s]

b) Campionamento da una portata costante

Se si raccoglie il campione per lotti da una portata costante di gas di scarico, occorre determinare la portata molare media da cui è estratto il campione. La concentrazione media del PM deve essere moltiplicata per il flusso totale in modo da ottenere la massa totale del PM, m_{PM}[g] con l'equazione 7-122:

$$m_{PM} = \overline{M}_{PM} \cdot \dot{n} \cdot \Delta t \quad (7\text{-}122)$$

▼B

dove:

$\dot{n}$ = portata molare dei gas di scarico [mol/s]

$\overline{M}_{PM}$ = concentrazione media del PM [g/mol]

Δt = durata dell'intervallo di prova [s]

Per il campionamento con un rapporto di diluizione (*DR*) costante, m_{PM} [g] si calcola con l'equazione 7-123:

$$m_{PM} = m_{PMdil} \cdot DR \quad (7\text{-}123)$$

dove:

m_{PMdil} = massa del PM nell'aria di diluizione [g]

DR = rapporto di diluizione [-] definito come il rapporto tra la massa dell'emissione, m, e la massa dei gas di scarico diluiti, $m_{dil/exh}$ ($DR = m/m_{dil/exh}$).

Il rapporto di diluizione *DR* può essere espresso come una funzione di $x_{dil/exh}$ con l'equazione 7-124:

$$DR = \frac{1}{1 - x_{dil/exh}} \quad (7\text{-}124)$$

3.7.2. Correzione in funzione del fondo

Lo stesso approccio di cui al punto 3.6.1 si applica per correggere la massa del PM in funzione del fondo. Moltiplicando $\overline{M}_{PMbkgnd}$ per il flusso totale dell'aria di diluizione, si ottiene la massa totale di fondo del PM, ($m_{PMbkgnd}$ [g]). Sottraendo la massa totale di fondo dalla massa totale si ottiene la massa di fondo corretta del particolato, m_{PMcor} [g] con l'equazione 7-125:

$$m_{PMcor} = m_{PMuncor} - \overline{M}_{PMbkgnd} \cdot n_{airdil} \quad (7\text{-}125)$$

dove:

$m_{PMuncor}$ = massa del PM non corretta [g]

$\overline{M}_{PMbkgnd}$ = concentrazione media del PM nell'aria di diluizione [g/mol]

n_{airdil} = portata molare dell'aria di diluizione [mol]

3.8. Lavoro nel ciclo ed emissioni specifiche

3.8.1. Emissioni gassose

3.8.1.1. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

Si rimanda ai punti 3.5.1 e 3.6.1, rispettivamente per i gas di scarico grezzi e diluiti. I valori risultanti per la potenza P_i [kW] devono essere integrati in un intervallo di prova. Il lavoro totale W_{act} [kWh] si calcola con l'equazione 7-126:

▼M2

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3\,600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \sum_{i=1}^{N} (n_i \cdot T_i) \quad (7\text{-}126)$$

▼B

dove:

P_i = potenza istantanea del motore [kW]

n_i = regime istantaneo del motore [giri/min]

T_i = coppia istantanea del motore (kW)

▼B

W_{act} = lavoro effettivo nel ciclo [kWh]

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

N = numero di misurazioni [-]

▼M2

Δt_i = intervallo/i di misurazione

▼B

Se tali dispositivi ausiliari sono stati installati conformemente all'allegato VI, appendice 2, nell'equazione 7-126 non deve essere effettuata alcun aggiustamento della coppia istantanea del motore. Se, conformemente all'allegato VI, punti 6.3.2 o 6.3.3, del presente regolamento non sono stati installati dispositivi ausiliari che avrebbero dovuto essere montati per la prova oppure sono rimasti installati dispositivi ausiliari che avrebbero dovuto essere rimossi per la prova, il valore di T_i nell'equazione 7-126 deve essere corretto con l'equazione 7-127:

$$T_i = T_{i,meas} + T_{i,AUX} \quad (7\text{-}127)$$

▼M2

dove:

$T_{i,meas}$ è il valore misurato della coppia istantanea del motore

$T_{i,AUX}$ è il valore corrispondente della coppia necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari, determinato conformemente al punto 7.7.2.3, lettera b), dell'allegato VI.

▼B

Le emissioni specifiche e_{gas} [g/kWh] si calcolano nei modi seguenti, secondo il tipo di ciclo di prova.

$$e_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}} \quad (7\text{-}128)$$

dove:

m_{gas} = massa totale delle emissioni gassose [g/prova]

W_{act} = lavoro nel ciclo [kWh]

Nel caso del NRTC, per le emissioni gassose diverse da CO_2, il risultato della prova finale e_{gas} [g/kWh] deve essere una media ponderata in base alla prova con avviamento a freddo e alla prova con avviamento a caldo calcolata con l'equazione 7-129:

$$e_{gas} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{cold}) + (0{,}9 \cdot m_{hot})}{(0{,}1 \cdot W_{actcold}) + (0{,}9 \cdot W_{acthot})} \quad (7\text{-}129)$$

dove:

m_{cold} sono le emissioni massiche nella prova con avviamento a freddo NRTC [g]

$W_{act,\ cold}$ è il lavoro effettivo nel ciclo NRTC con avviamento a freddo [kWh]

m_{hot} sono le emissioni massiche nella prova con avviamento a caldo NRTC [g]

$W_{act,\ hot}$ è il lavoro effettivo nel ciclo NRTC con avviamento a caldo [kWh]

Nel caso del NRTC, per la CO_2, il risultato della prova finale e_{CO2} [g/kWh] si calcola in base al ciclo NRTC con avviamento a caldo con l'equazione 7-130:

$$e_{CO2,hot} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}} \quad (7\text{-}130)$$

dove:

$m_{CO2,\ hot}$ sono le emissioni massiche di CO_2 nel ciclo NRTC con avviamento a caldo [g]

$W_{act,\ hot}$ è il lavoro effettivo nel ciclo NRTC con avviamento a caldo [kWh]

▼B

3.8.1.2. Prove NRSC in modalità discreta

Le emissioni specifiche e_{gas} [g/kWh] si calcolano con l'equazione 7-131:

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{m}_{gasi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}131)$$

dove:

$\dot{m}_{gas,i}$ = portata massica media delle emissioni per la modalità i [g/h]

▼M2

P_i = potenza del motore per la modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione 6-8 dell'allegato VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

▼M2

N_{mode} = numero di modalità nella prova NRSC in modalità discreta applicabile

▼B

3.8.2. Emissioni di particolato

3.8.2.1. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

Le emissioni specifiche di particolato si calcolano trasformando l'equazione 7-128 nell'equazione 7-132, dove e_{gas} [g/kWh] e m_{gas} [g/prova] sono sostituiti rispettivamente dae_{PM} [g/kWh] e m_{PM} [g/prova]:

$$e_{PM} = \frac{m_{PM}}{W_{act}} \quad (7\text{-}132)$$

dove:

m_{PM} = massa totale delle emissioni di particolato, calcolata conformemente al punto 3.7.1 [g/prova]

W_{act} = lavoro nel ciclo [kWh]

Le emissioni nel ciclo composito transitorio (NRTC con avviamento a freddo e a caldo) si calcolano conformemente al punto 3.8.1.1.

3.8.2.2. Prove NRSC in modalità discreta

L'emissione specifica di particolato e_{PM} [g/kWh] si calcola nel modo descritto di seguito.

3.8.2.2.1. Per il metodo a filtro unico con l'equazione 7-133:

▼M2

$$e_{PM} = \frac{\dot{m}_{PM}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}133)$$

▼B

dove:

▼M2

P_i = potenza del motore per la modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione 6-8 dell'allegato VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

$\dot{m}_{PM}$ = portata massica del particolato [g/h]

▼M2

N_{mode} = numero di modalità nella prova NRSC in modalità discreta applicabile

▼B

3.8.2.2.2 Per il metodo a filtro multiplo con l'equazione 7-134:

▼M2

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{m}_{PMi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}134)$$

▼B

dove:

▼M2

P_i = potenza del motore per la modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione 6-8 dell'allegato VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità *i* [-]

$\dot{m}_{PMi}$ = portata massica media del particolato per la modalità *i* [g/h]

▼M2

N_{mode} = numero di modalità nella prova NRSC in modalità discreta applicabile

▼B

Per il metodo a filtro unico il fattore di ponderazione effettivo, WF_{effi}, si calcola per ciascuna modalità con l'equazione 7-135:

$$WF_{effi} = \frac{m_{smpldexhi} \cdot \overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}}{m_{smpldex} \cdot \dot{m}_{eqdexhweti}} \quad (7\text{-}135)$$

dove:

$m_{smpldexhi}$ = massa del campione dei gas di scarico diluiti passata attraverso i filtri di campionamento del particolato in modalità *i* [kg]

$m_{smpldexh}$ = massa del campione dei gas di scarico diluiti passata attraverso i filtri di campionamento [kg]

$\dot{m}_{eqdexhweti}$ = portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti nella modalità *i* [kg/s]

$\overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}$ = portata massica equivalente media dei gas di scarico diluiti [kg/s]

I valori dei fattori di ponderazione effettivi devono corrispondere, con un'approssimazione di 0,005 (valore assoluto), ai fattori di ponderazione elencati nell'allegato XVII, appendice 1.

3.8.3. Aggiustamento per i controlli delle emissioni a rigenerazione periodica (non frequente)

In caso di motori, diversi da quelli della categoria RLL, dotati di sistemi di post-trattamento dei gas di scarico a rigenerazione periodica (non frequente) (cfr. allegato VI, punto 6.6.2), le emissioni specifiche di inquinanti gassosi e di particolato inquinante calcolate conformemente ai punti 3.8.1 e 3.8.2 devono essere corrette con il fattore di aggiustamento moltiplicativo o additivo applicabile. Se durante la prova non ha avuto luogo la rigenerazione periodica, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso l'alto ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). Se invece durante la prova ha avuto luogo la rigenerazione periodica, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso il basso ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$). Nel caso del ciclo NRSC in modalità discreta, se sono stati determinati fattori di aggiustamento per ciascuna modalità, essi devono essere applicati a ciascuna modalità nel calcolo del risultato di emissione ponderato.

3.8.4. Aggiustamento per il fattore di deterioramento

Le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato inquinante calcolate conformemente ai punti 3.8.1 e 3.8.2, se del caso applicando il fattore di aggiustamento della rigenerazione periodica (non frequente) a norma del punto 3.8.3, devono essere inoltre corrette con il fattore di deterioramento moltiplicativo o additivo applicabile stabilito conformemente ai requisiti dell'allegato III.

3.9. Taratura del flusso dei gas di scarico diluiti (CVS) e calcoli correlati

Questo punto descrive i calcoli per la taratura vari flussimetri. Il punto 3.9.1 descrive innanzitutto come convertire i risultati del flussimetro

▼B

di riferimento da usare nelle equazioni di taratura che sono presentate su base molare. Gli altri punti descrivono i calcoli di taratura specifici per alcuni tipi di flussimetro.

3.9.1. Conversioni del metro di riferimento

Le equazioni di taratura del presente punto usano la portata molare, $\dot{n}_{ref}$, come quantità di riferimento. Se il metro di riferimento adottato dà la portata in una quantità diversa (ad es. portata volumetrica standard, $\dot{V}_{stdref}$, portata volumetrica effettiva, $\dot{V}_{actdref}$, o portata massica, $\dot{m}_{ref}$), l'output del metro di riferimento deve essere convertito a una portata molare con le equazioni 7-136, 7-137 e 7-138. Si noti che mentre i valori per la portata volumetrica, la portata massica, la pressione, la temperatura e la massa molare possono variare durante una prova delle emissioni, essi devono essere mantenuti il più possibile costanti per ogni valore preimpostato individuale durante la taratura del flussimetro:

$$\dot{n}_{ref} = \frac{\dot{V}_{stdref} \cdot p_{std}}{T_{std} \cdot R} = \frac{\dot{V}_{actref} \cdot p_{act}}{T_{act} \cdot R} = \frac{\dot{m}_{ref}}{M_{mix}} \quad (7\text{-}136)$$

dove:

$\dot{n}_{ref}$ = portata molare di riferimento [mol/s]

$\dot{V}_{stdref}$ = portata volumetrica di riferimento, corretta a una pressione e a una temperatura standard [m^3/s]

$\dot{V}_{actref}$ = portata volumetrica di riferimento, alla pressione e alla temperatura effettive [m^3/s]

$\dot{m}_{ref}$ = portata massica di riferimento [g/s]

p_{std} = pressione standard [Pa]

p_{act} = pressione effettiva del gas [Pa]

T_{std} = temperatura standard [K]

T_{act} = temperatura effettiva del gas [K]

R = costante del gas molare

M_{mix} = massa molare del gas [g/mol]

3.9.2. Calcoli di taratura della PDP

Per ogni posizione del limitatore si calcolano i seguenti valori in base ai valori medi determinati all'allegato VI, punto 8.1.8.4, nel modo seguente:

a) volume per giro della PDP, V_{rev} (m^3/giro):

$$V_{rev} = \frac{\overline{\dot{n}_{ref}} \cdot R \cdot \overline{T}_{in}}{\overline{p}_{in} \cdot \overline{f}_{nPDP}} \quad (7\text{-}137)$$

dove:

$\overline{\dot{n}}_{ref}$ = valore medio della portata molare di riferimento [mol/s]

R = costante del gas molare [J/(mol · K)]

$\overline{T}_{in}$ = temperatura all'ingresso [K]

$\overline{P}_{in}$ = pressione d'ingresso media [Pa]

$\overline{f}_{nPDP}$ = velocità di rotazione media [giro/s]

b) fattore di correzione dello slittamento della PDP, K_s [s/giro]:

$$K_s = \frac{1}{\overline{f}_{nPDP} \cdot \sqrt{\frac{\overline{p}_{out} - \overline{p}_{in}}{\overline{p}_{out}}}} \quad (7\text{-}138)$$

dove:

$\overline{\dot{n}}_{ref}$ = portata molare media di riferimento [mol/s]

▼B

$\overline{T}_{in}$ = temperatura all'ingresso [K]

$\overline{P}_{in}$ = pressione d'ingresso media [Pa]

$\overline{P}_{out}$ = pressione media d'uscita [Pa]

$\overline{f}_{nPDP}$ = velocità di rotazione media della PDP [giro/s]

R = costante del gas molare [J/(mol · K)]

c) regressione con il metodo dei minimi quadrati del volume della PDP per giro, V_{rev}, rispetto al fattore di correzione dello slittamento della PDP, K_s, eseguita calcolando il coefficiente angolare, a_1, e l'intercetta, a_0, conformemente alle disposizioni appendice 4;

d) la procedura di cui alle lettere da a) a c) del presente punto deve essere ripetuta per ogni velocità di funzionamento della PDP;

e) la tabella 7.4. riporta questi calcoli per i diversi valori di $\overline{f}_{nPDP}$:

Tabella 7.4

Esempio di dati di taratura della PDP

$\overline{f}_{nPDP}$[giri/min]	$\overline{f}_{nPDP}$[giri/s]	a_1 [m^3/min]	a_1 [m^3/s]	a_0 [m^3/giri]
755,0	12,58	50,43	0,8405	0,056
987,6	16,46	49,86	0,831	– 0,013
1254,5	20,9	48,54	0,809	0,028
1401,3	23,355	47,30	0,7883	– 0,061

f) per ogni velocità di funzionamento della PDP si usano il coefficiente angolare, a_1, e l'intercetta, a_0, corrispondenti per calcolare la portata durante la prova delle emissioni conformemente al punto 3.6.3, lettera b).

3.9.3. Equazioni di regolazione del tubo di Venturi e ipotesi consentite

Il presente punto descrive le equazioni di regolazione e le ipotesi consentite per la taratura di un tubo di Venturi e il calcolo della portata per mezzo di un tubo di Venturi. Poiché il tubo di Venturi subsonico (SSV) e il tubo di Venturi a flusso critico (CFV) operano in modo simile, le relative equazioni di regolazione sono pressoché identiche, ad eccezione dell'equazione che descrive il rapporto di pressione, r (i.e., r_{SSV} rispetto a r_{CFV}). Queste equazioni di regolazione suppongono un flusso comprimibile, non viscoso, isoentropico di un gas ideale. Al punto 3.9.3, lettera d), sono descritte le altre ipotesi possibili. Se l'ipotesi di un gas ideale per il flusso misurato non è consentita, le equazioni di regolazione includono una correzione del primo ordine per il comportamento di un gas reale; vale a dire il fattore di comprimibilità, Z. Se la buona pratica ingegneristica impone l'uso di un valore diverso da $Z = 1$, è possibile usare un'equazione di stato appropriata per determinare i valori di Z come una funzione delle pressioni e delle temperature misurate oppure si possono sviluppare equazioni di taratura specifiche in base alla buona pratica ingegneristica. Si noti che l'equazione per il coefficiente di flusso, C_f, è basata sull'ipotesi del gas ideale secondo cui l'esponente isoentropico, γ, è uguale al rapporto dei calori specifici, c_p/c_V. Se la buona pratica ingegneristica impone l'uso di un esponente isoentropico di un gas reale, si può usare un'equazione di stato appropriata per determinare i valori di γ come una funzione delle pressioni e delle temperature misurate oppure si possono sviluppare equazioni di taratura specifiche. La portata molare $\dot{n}$ [mol/s] si calcola con l'equazione 7-139:

▼B

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (7\text{-}139)$$

dove:

C_d = coefficiente di efflusso, come determinato al punto 3.9.3, lettera a), [-]

C_f = coefficiente di flusso, come determinato al punto 3.9.3, lettera b), [-]

A_t = sezione trasversale della gola del tubo di Venturi [m^2]

p_{in} = pressione statica assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [Pa]

Z = fattore di comprimibilità [-]

M_{mix} = massa molare della miscela di gas [kg/mol]

R = costante del gas molare

T_{in} = temperatura assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [K]

a) Usando i dati raccolti all'allegato VI, punto 8.1.8.4, C_d si calcola con l'equazione 7-140:

▼M2

$$C_d = \dot{n}_{ref} \cdot \frac{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}}{C_f \cdot A_t \cdot p_{in}} \quad (7\text{-}140)$$

▼B

dove:

$\dot{n}_{ref}$ = portata molare di riferimento [mol/s]

Altri simboli come nell'equazione (7-139).

b) C_f si determina usando uno dei seguenti metodi:

i) solo per i flussimetri CFV, C_{fCFV} si ricava dalla tabella 7.5 in base ai valori per β (rapporto dei diametri della gola del tubo Venturi rispetto all'ingresso) e γ (rapporto dei calori specifici della miscela di gas), usando l'interpolazione lineare per trovare i valori intermedi:

Tabella 7.5

C_{fCFV} rispetto β and γ a per i flussimetri CFV

C_{fCFV}		
β	γ_{exh} = 1,385	γ_{dexh} =γ_{air} = 1,399
0,000	0,6822	0,6846
0,400	0,6857	0,6881
0,500	0,6910	0,6934
0,550	0,6953	0,6977
0,600	0,7011	0,7036
0,625	0,7047	0,7072
0,650	0,7089	0,7114
0,675	0,7137	0,7163
0,700	0,7193	0,7219
0,720	0,7245	0,7271

▼B

C_{fCFV}		
β	γ_{exh} = 1,385	γ_{dexh} =γ_{air} = 1,399
0,740	0,7303	0,7329
0,760	0,7368	0,7395
0,770	0,7404	0,7431
0,780	0,7442	0,7470
0,790	0,7483	0,7511
0,800	0,7527	0,7555
0,810	0,7573	0,7602
0,820	0,7624	0,7652
0,830	0,7677	0,7707
0,840	0,7735	0,7765
0,850	0,7798	0,7828

ii) L'equazione 7-141 può essere usata per calcolare C_f con qualsiasi flussimetro CFV o SSV:

$$C_f = \left[\frac{2 \cdot \gamma \cdot (r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1)}{(\gamma - 1) \cdot (\beta^4 - r^{\frac{-2}{\gamma}})}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (7\text{-}141)$$

dove:

γ = esponente isoentropico [-] Per un gas ideale, questo è il rapporto dei calori specifici della miscela di gas, c_p/c_V

r = rapporto di pressione, come determinato alla lettera c), punto 3, della presente parte

β = rapporto dei diametri della gola del tubo Venturi rispetto all'ingresso

c) il rapporto di pressione r si calcola nel modo seguente:

i) solo per i sistemi SSV, r_{SSV} si calcola con l'equazione 7-142:

$$r_{SSV} = 1 - \frac{\Delta p_{SSV}}{p_{in}} \quad (7\text{-}142)$$

dove:

Δp_{ssv} = pressione statica differenziale; ingresso del tubo di Venturi sottratta la gola del tubo di Venturi [Pa]

ii) solo per i sistemi CFV, r_{CFV} si calcola con l'equazione 7-143:

$$r_{CFV}^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} + \left(\frac{\gamma - 1}{2}\right) \cdot \beta^4 \cdot r_{CFV}^{\frac{2}{\gamma}} = \frac{\gamma + 1}{2} \quad (7\text{-}143)$$

d) è possibile applicare una qualsiasi delle seguenti ipotesi di semplificazione delle equazioni di regolazione, oppure affidarsi alla buona pratica ingegneristica per sviluppare valori più appropriati per le prove:

i) per le prove delle emissioni sugli intervalli completi dei gas di scarico grezzi, dei gas di scarico diluiti e dell'aria di diluizione è possibile supporre che la miscela di gas si comporti come un gas ideale: Z = 1;

▼B

ii) per l'intervallo completo dei gas di scarico grezzi è possibile supporre un rapporto costante dei calori specifici di = 1,385;

iii) per l'intervallo completo dei gas di scarico diluiti e aria (ad es. aria di taratura o aria di diluizione) è possibile supporre = 1,399;

iv) per gli intervalli completi dei gas di scarico diluiti e aria, la massa molare della miscela, M_{mix} [g/mol], può essere considerata una funzione solo della quantità di acqua nell'aria di diluizione o nell'aria di taratura, x_{H2O}, determinata conformemente al punto 3.3.2, con l'equazione 7-144:

$$M_{mix} = M_{air} \cdot (1 - x_{H2O}) + M_{H2O} \cdot (x_{H2O}) \quad (7\text{-}144)$$

dove:

M_{air} = 28,96559 g/mol

M_{H2O} = 18,01528 g/mol

x_{H2O} = quantità di acqua nell'aria di diluizione o di taratura [mol/mol]

v) per l'intervallo completo dei gas di scarico diluiti e aria, è possibile ipotizzare una massa molare costante della miscela, M_{mix}, per tutte le tarature e le prove, purché la massa molare ipotizzata non si scosti di oltre ±1 % dalle masse molari minima e massima stimate durante la taratura e la prova. Tale ipotesi può essere formulata se si garantisce un controllo sufficiente dell'acqua nell'aria di taratura e di diluizione oppure se una quantità di acqua sufficiente è rimossa dall'aria di taratura e di diluizione. La tabella 7.6 riporta esempi di intervalli consentiti del punto di rugiada dell'aria di diluizione rispetto al punto di rugiada dell'aria di taratura.

Tabella 7.6

Esempi di punti di rugiada dell'aria di diluizione e di taratura ai quali è consentito supporre unacostante M_{mix}

Se il T_{dew} di taratura (°C) è …	Si suppone la seguente costante M_{mix} (g/mol)	Per i seguenti intervalli di T_{dew} (°C) durante le prove delle emissioni ([a])
secco	28,96559	secco fino a 18
0	28,89263	secco fino a 21
5	28,86148	secco fino a 22
10	28,81911	secco fino a 24
15	28,76224	secco fino a 26
20	28,68685	da -8 a 28
25	28,58806	da 12 a 31
30	28,46005	da 23 a 34

([a]) Intervallo valido per tutte le tarature e le prove delle emissioni nell'intervallo di pressione atmosferica da (80,000 a 103,325) kPa.

▼B

3.9.4. Taratura del SSV

a) Approccio molare. Per tarare un flussimetro SSV si eseguono le seguenti operazioni:

i) calcolare il numero di Reynolds, $Re^{\#}$, per ogni portata molare di riferimento usando il diametro della gola del tubo di Venturi, d_t con l'equazione 7-145. Poiché per calcolare $Re^{\#}$ è necessaria la viscosità dinamica, μ, è possibile usare un modello di viscosità specifico per determinare μ per il gas di taratura (in genere aria) affidandosi alla buona pratica ingegneristica con l'equazione 7-146. In alternativa, per stimare μ è possibile applicare il modello di viscosità di Sutherland a tre coefficienti (cfr. tabella 7.7):

$$Re^{\#} = \frac{4 \cdot M_{\text{mix}} \cdot \dot{n}_{\text{ref}}}{\pi \cdot d_t \cdot \mu} \tag{7-145}$$

dove:

d_t = diametro della gola dell'SSV [m]

M_{mix} = massa molare della miscela [kg/mol]

$\dot{n}_{\text{ref}}$ = portata molare di riferimento [mol/s]

e, usando il modello di viscosità di Sutherland a tre coefficienti:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T_{in}}{T_0}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{T_0 + S}{T_{in} + S}\right) \tag{7-146}$$

dove:

μ = viscosità dinamica del gas di taratura [kg/(m·s)]

μ_0 = viscosità di riferimento di Sutherland [kg/(m·s)]

S = costante di Sutherland [K]

T_0 = temperatura di riferimento di Sutherland [K]

T_{in} = temperatura assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [K]

Tabella 7.7

Parametri del modello di viscosità di Sutherland a tre coefficienti

Gas [a]	μ_0	T_0	S	Intervallo di temperatura con un margine di errore di ± 2 %	Limite di pressione
	kg /(m · s)	K	K	K	kPa
Aria	1.716×10^{-5}	273	111	da 170 a 1 900	≤ 1 800
CO_2	$1{,}370 \times 10^{-5}$	273	222	da 190 a 1 700	≤ 3 600
H_2O	$1{,}12 \times 10^{-5}$	350	1,064	da 360 a 1 500	≤ 10 000
O_2	$1{,}919 \times 10^{-5}$	273	139	da 190 a 2 000	≤ 2 500
N_2	$1{,}663 \times 10^{-5}$	273	107	da 100 a 1 500	≤ 1 600

[a] Devono essere usati i parametri tabulati solo per i gas puri, secondo l'elenco. I parametri non possono essere combinati per calcolare le viscosità delle miscele di gas.

▼B

ii) sviluppare un'equazione per C_d rispetto a $Re^{\#}$ usando i valori accoppiati di ($Re^{\#}$, C_d). C_d è calcolato in base all'equazione 7-140, con C_f ottenuto dall'equazione 7-141; oppure è possibile usare qualsiasi formula matematica, incluse le serie polinomiali o di potenze. L'equazione 7-147 è un esempio di una formula matematica comunemente usata per mettere in relazione C_d e $Re^{\#}$;

$$C_d = a_0 - a_1 \cdot \sqrt{\frac{10^6}{Re^{\#}}} \quad (7\text{-}147)$$

iii) eseguire un'analisi di regressione con il metodo dei minimi quadrati per determinare i coefficienti più appropriati per l'equazione e calcolare le statistiche di regressione dell'equazione, l'errore standard della stima *SEE* e il coefficiente di determinazione r^2 secondo le disposizioni dell' appendice 3;

iv) se l'equazione soddisfa i criteri *SEE* < 0,5 % n_{refmax} (o $\dot{m}_{refmax}$) e $r^2 \geq 0{,}995$, essa può essere usata per determinare C_d per le prove delle emissioni, conformemente al punto 3.6.3, lettera b);

v) se i criteri di *SEE* e r^2 non sono soddisfatti, è possibile affidarsi alla buona pratica ingegneristica per omettere punti dati di taratura e quindi soddisfare le statistiche di regressione. Per soddisfare i criteri vanno usati almeno sette punti dati di taratura;

vi) se l'omissione dei punti non risolve il problema dei valori anomali, sono necessarie misure correttive. Ad esempio, scegliere un'altra espressione matematica per l'equazione C_d rispetto a $Re^{\#}$, verificare le perdite oppure ripetere il processo di taratura. Se il processo viene ripetuto, devono essere applicate tolleranze più alte alle misurazioni e deve essere accordato più tempo per la stabilizzazione dei flussi;

vii) una volta che soddisfa i criteri di regressione, l'equazione può essere usata solo per determinare le portate che rientrano nell'intervallo delle portate di riferimento usate per soddisfare i criteri di regressione dell'equazione di C_d rispetto a $Re^{\#}$

▼M2

3.9.5. Taratura del CFV

Alcuni flussimetri CFV dispongono di un unico tubo di Venturi; altri dispongono invece di numerosi tubi di Venturi che sono usati in combinazioni diverse per misurare portate diverse. Per i flussimetri CVF che hanno più tubi di Venturi, la taratura di ogni singolo tubo può essere eseguita indipendentemente, in modo da determinare un coefficiente di efflusso separato C_d per ciascun tubo di Venturi, oppure è possibile effettuare la taratura di una combinazione di tubi di Venturi. Se viene tarata una combinazione di tubi di Venturi, la somma dell'area della gola dei tubi di Venturi attivi è espressa con A_t, la radice quadrata della somma dei quadrati dei diametri delle gole dei tubi di Venturi attivi è espressa con d_t e il rapporto dei diametri delle gole dei tubi di Venturi rispetto ai diametri di ingresso è espresso come il rapporto della radice quadrata della somma dei diametri delle gole dei tubi di Venturi attivi (d_t) rispetto al diametro dell'ingresso comune a tutti i tubi di Venturi (D). Per determinare il C_d per un singolo tubo di Venturi o una combinazione di tubi di Venturi si segue la seguente procedura:

▼**M2**

a) con i dati raccolti a ogni valore preimpostato di taratura, calcolare un C_d individuale per ogni punto mediante l'equazione 7-140;

b) calcolare la deviazione media e la deviazione standard di tutti i valori C_d per mezzo delle equazioni 7-155 e 7-156;

c) se la deviazione standard di tutti i valori C_d è pari o inferiore allo 0,3 % del C_d medio, usare il C_d medio nell'equazione 7-120, mentre il CFV va utilizzato solo fino al valore r più basso misurato durante la taratura;

$$r = 1 - (\Delta p/p_{in}) \quad (7\text{-}148)$$

d) se la deviazione standard di tutti i valori C_d è superiore allo 0,3 % del C_d medio, omettere i valori C_d corrispondenti al punto di dati raccolti al valore r più basso misurato durante la taratura;

e) se il numero dei punti di dati rimanenti è inferiore a sette, intraprendere un'azione correttiva verificando i dati di taratura o ripetendo il processo di taratura. Se il processo di taratura viene ripetuto, è consigliabile controllare se ci sono perdite, applicare tolleranze più rigide per le misurazioni e accordare più tempo per la stabilizzazione dei flussi;

f) se il numero dei valori C_d rimanenti è pari o superiore a sette, ricalcolare la deviazione media e la deviazione standard dei valori C_d rimanenti;

g) se la deviazione standard dei valori C_d rimanenti è pari o inferiore allo 0,3 % della media del C_d rimanente, usare il C_d medio nell'equazione 7-120, mentre i valori CFV vanno utilizzati solo fino al valore r più basso associato al C_d rimanente;

h) se la deviazione standard del C_d rimanente è ancora superiore allo 0,3 % della media dei valori C_d rimanenti, ripetere le procedure indicate alle lettere da d) a g).

▼B

Appendice 1

Correzione in funzione della deriva

1. **Campo di applicazione e frequenza**

I calcoli della presente appendice si eseguono per determinare se la deriva dell'analizzatore dei gas invalida i risultati di un intervallo di prova. Se la deriva non invalida i risultati di un intervallo di prova, i valori misurati dall'analizzatore di gas per l'intervallo di prova vanno corretti in funzione della deriva secondo le disposizioni della presente appendice. I valori misurati dall'analizzatore di gas corretti in funzione della deriva vanno usati in tutti i successivi calcoli delle emissioni. La soglia accettabile di deriva dell'analizzatore di gas in un intervallo di prova è indicata all'allegato VI, punto 8.2.2.2.

2. **Principi di correzione**

I calcoli della presente appendice usano i valori misurati dall'analizzatore di gas alle concentrazioni di riferimento dei gas di zero e di span usati per l'analisi, determinati prima e dopo un intervallo di prova. I calcoli correggono i valori misurati dall'analizzatore di gas che sono stati registrate durante un intervallo di prova. La correzione è basata sui valori medi misurati dall'analizzatore per i gas di zero e di span di riferimento e sulle concentrazioni di riferimento dei gas di zero e di span. La convalida e la correzione in funzione della deriva si eseguono nel modo indicato di seguito.

3. **Convalida della deriva**

Dopo aver applicato tutte le altre correzioni (ad eccezione della correzione della deriva) a tutti i segnali dell'analizzatore di gas, le emissioni specifiche al banco frenato devono essere calcolate conformemente al punto 3.8. In seguito tutti i segnali dell'analizzatore di gas devono essere corretti in funzione della deriva secondo la presente appendice. Le emissioni specifiche al banco frenato devono essere calcolate nuovamente usando tutti i segnali dell'analizzatore di gas corretti in funzione della deriva. I risultati delle emissioni specifiche al banco frenato devono essere convalidati e dichiarati prima e dopo la correzione in funzione della deriva secondo le disposizioni dell'allegato VI, punto 8.2.2.2.

4. **Correzione in funzione della deriva**

Tutti i segnali dell'analizzatore di gas devono essere corretti nel modo seguente:

a) ogni concentrazione registrata, x_i, deve essere corretta per il campionamento continuo o per lotti, $\bar{x}$;

b) La correzione in funzione della deriva si calcola con l'equazione 7-149:

$$x_{i\text{driftcor}} = x_{\text{refzero}} + (x_{\text{refspan}} - x_{\text{refzero}}) \frac{2x_i - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})}{(x_{\text{prespan}} + x_{\text{postspan}}) - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})} \quad (7\text{-}149)$$

dove:

$x_{i\text{driftcor}}$ = concentrazione corretta in funzione della deriva [µmol/mol]

x_{refzero} = concentrazione di riferimento del gas di zero, che è generalmente zero se non sono noti altri valori [µmol/mol]

x_{refspan} = concentrazione di riferimento del gas di span [µmol/mol]

x_{prespan} = concentrazione del gas di span misurata dall'analizzatore di gas nell'intervallo pre-prova [µmol/mol]

x_{postspan} = concentrazione del gas di span misurata dall'analizzatore di gas nell'intervallo post-prova [µmol/mol]

x_i o $\bar{x}$ = concentrazione registrata, ossia misurata durante la prova prima della correzione della deriva [µmol/mol]

▼B

$x_{prezero}$ = concentrazione del gas di zero misurata dall'analizzatore di gas nell'intervallo pre-prova [µmol/mol]

$x_{postzero}$ = concentrazione del gas di zero misurata dall'analizzatore di gas nell'intervallo post-prova [µmol/mol]

c) per le eventuali concentrazioni precedenti alla prova si usano le concentrazioni determinate più di recente nell'intervallo pre-prova. Per alcuni intervalli di prova il più recente valore precedente alla taratura dello zero o dello span potrebbe essere stato misurato prima di uno o più intervalli di prova precedenti;

d) per le eventuali concentrazioni dell'intervallo successivo alla prova si usano le concentrazioni determinate più di recente dopo l'intervallo di prova. Per alcuni intervalli di prova il più recente valore successivo alla taratura dello zero o dello span potrebbe essere stato misurato dopo uno o più intervalli di prova successivi;

e) se un valore della concentrazione del gas di span, $x_{prespan}$, misurato dall'analizzatore nell'intervallo pre-prova non viene registrato, esso deve essere impostato allo stesso valore di concentrazione di riferimento del gas di span: $x_{prespan} = x_{refspan}$;

f) se un valore della concentrazione del gas di zero, $x_{prezero}$, misurato dall'analizzatore nell'intervallo pre-prova non viene registrato, esso deve essere impostato allo stesso valore di concentrazione di riferimento del gas di zero: $x_{prezero} = x_{refzero}$;

g) generalmente la concentrazione di riferimento del gas di azzeramento, $x_{refzero}$, è pari a zero, ovvero: $x_{refzero}$= 0 µmol/mol. Tuttavia, in alcuni casi $x_{refzero}$ può avere una concentrazione diversa da zero. Ad esempio, se un analizzatore di CO_2 è azzerato usando l'aria ambiente, è possibile usare la concentrazione predefinita dell'aria ambiente di CO_2, pari a 375 µmol/mol. In questo caso $x_{refzero}$ = 375 µmol/mol. Se un analizzatore è azzerato usando un $x_{refzero}$ diverso da zero, l'analizzatore deve essere regolato in modo da produrre l'effettiva concentrazione $x_{refzero}$. Ad esempio, se $x_{refzero}$ = 375 µmol/mol, l'analizzatore deve essere regolato in modo da produrre un valore di 375 µmol/mol quando il gas di azzeramento affluisce all'analizzatore.

▼B

Appendice 2

Controllo del flusso del carbonio

1. **Introduzione**

Solo una piccolissima parte del carbonio presente nei gas di scarico proviene dal carburante e, di questa, solo una minima parte è presente nei gas di scarico sotto forma di CO_2. Su questo presupposto si fonda una verifica del sistema basata su misurazioni di CO_2. Nel caso di motori ad accensione comandata senza controllo del rapporto di eccesso d'aria λ o di motori ad accensione comandata funzionanti al di fuori dell'intervallo $0{,}97 \leq \lambda \leq 1{,}03$, la procedura deve inoltre comprendere la misurazione di HC e CO.

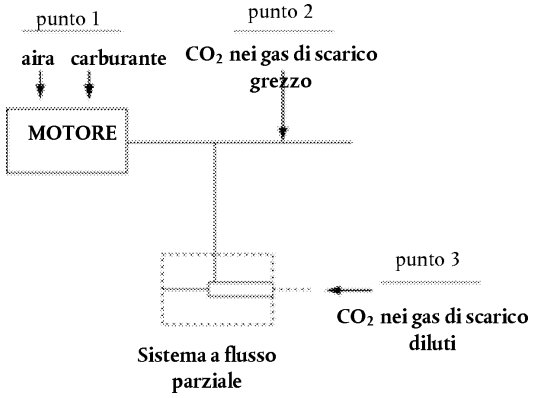
Il flusso del carbonio nei sistemi di misura dei gas di scarico dipende dalla portata del carburante. Il flusso del carbonio viene stabilito, nei vari punti di rilevazione dei sistemi di campionamento delle emissioni e del particolato, in base alle concentrazioni di CO_2 (o CO_2, HC e CO) e alla portata del gas in tali punti.

In questo senso, il motore costituisce una fonte nota di flusso del carbonio e, se si osserva tale flusso nel tubo di scarico e all'uscita del sistema di campionamento a flusso parziale del PM, si può verificare l'assenza di perdite e la precisione della sua misurazione. Tale controllo presenta il vantaggio che i componenti funzionano in condizioni di prova reali del motore per quanto riguarda temperatura e flusso.

La figura 7.1 indica i punti di rilevazione ai quali deve essere controllato il flusso del carbonio. Le formule specifiche per determinare il flusso del carbonio in ognuno dei punti di campionamento sono riportate di seguito.

Figura 7.1

Punti di rilevazione per il controllo del flusso del carbonio



2. **Portata del carbonio in entrata nel motore (punto di rilevazione 1)**

La portata massica del carbonio in entrata nel motore q_{mCf} [kg/s] per un carburante $CH\alpha O\varepsilon$ si calcola con l'equazione 7-150:

$$q_{mCF} = \frac{12{,}011}{12{,}011 + \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon} \cdot g_{mf} \qquad (7\text{-}150)$$

dove:

q_{mf} = portata massica del carburante [kg/s]

▼B

3. **Portata di carbonio nei gas di scarico grezzi (punto di rilevazione 2)**

3.1. In base alla concentrazione di CO_2

La portata massica del carbonio nel tubo di scarico del motore q_{mCe} [kg/s] si determina in base alla concentrazione di CO_2 grezzo e alla portata massica dei gas di scarico con l'equazione 7-151:

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,r} - c_{CO2,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12{,}011}{M_e} \quad (7\text{-}151)$$

dove:

$c_{CO2,r}$ = concentrazione di CO_2 su umido dei gas di scarico grezzi [%]

$c_{CO2,a}$ = concentrazione di CO_2 su umido nell'aria ambiente [%]

q_{mew} = portata massica dei gas di scarico su umido [kg/s]

M_e = massa molare dei gas di scarico [in g/mol]

Se il CO_2 è misurato su secco, le misurazioni devono essere convertite nel valore su umido conformemente al punto 2.1.3 o al punto 3.5.2.

3.2. In base a CO_2, HC e CO

In alternativa al calcolo basato solamente sulle emissioni di CO_2 di cui al punto 3.1, la portata massica del carbonio nel tubo di scarico del motore q_{mCe} [kg/s] si determina in base alla concentrazione grezza di CO_2, HC e CO e alla portata massica dei gas di scarico con l'equazione 7-152:

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,r} - c_{CO2,a}}{100} + \frac{c_{THC(C1),r} - c_{THC(C1),a}}{100} + \frac{c_{CO,r} - c_{CO,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \frac{12{,}011}{M_e} \quad (7\text{-}152)$$

dove:

$c_{CO2,r}$ = concentrazione di CO_2 su umido dei gas di scarico grezzi [%]

$c_{CO2,a}$ = concentrazione di CO_2 su umido nell'aria ambiente [%]

$c_{THC(C1),r}$ = concentrazione di THC(C1) nei gas di scarico grezzi [%]

$c_{THC(C1),a}$ = concentrazione di THC(C1) nell'aria ambiente [%]

$c_{CO,r}$ = concentrazione di CO su umido nei gas di scarico grezzi [%]

$c_{CO,a}$ = concentrazione di CO su umido nell'aria ambiente [%]

q_{mew} = portata massica dei gas di scarico su umido [kg/s]

M_e = massa molare dei gas di scarico [in g/mol]

Se il CO_2 o CO è misurato su secco, le misurazioni devono essere convertite nel valore su umido conformemente al punto 2.1.3 o al punto 3.5.2.

▼B

4. **Portata del carbonio nel sistema di diluizione (punto di rilevazione 3)**

4.1. In base alla concentrazione di CO_2

Nei sistemi di diluizione a flusso parziale occorre tenere conto anche del rapporto di divisione. La portata del carbonio in un sistema di diluizione equivalente $q_{m\mathrm{Cp}}$ [kg/s] (equivalente significa equivalente a un sistema a flusso pieno dove il flusso totale è diluito) si determina in base alla concentrazione di CO_2 diluito, alla portata massica dei gas di scarico e alla portata del campione; la nuova equazione 7-153 è identica all'equazione 7-151 con la sola aggiunta del fattore di diluizione $q_{m\mathrm{dew}}/q_{m\mathrm{p}}$.

$$q_{m\mathrm{Cp}} = \left(\frac{c_{\mathrm{CO2,d}} - c_{\mathrm{CO2,a}}}{100}\right) \cdot q_{m\mathrm{ew}} \cdot \frac{12{,}011}{M_{\mathrm{e}}} \cdot \frac{q_{m\mathrm{dew}}}{q_{m\mathrm{p}}} \qquad (7\text{-}153)$$

dove:

$c_{\mathrm{CO2,d}}$ = concentrazione di CO_2 su umido del gas dei scarico diluiti all'uscita del tunnel di diluizione [%]

$c_{\mathrm{CO2,a}}$ = concentrazione di CO_2 su umido nell'aria ambiente [%]

$q_{m\mathrm{dew}}$ = flusso del campione diluito in ingresso nel sistema di diluizione a flusso parziale [kg/s]

$q_{m\mathrm{ew}}$ = portata massica dei gas di scarico su umido [kg/s]

$q_{m\mathrm{p}}$ = flusso del campione di gas di scarico in ingresso nel sistema di diluizione a flusso parziale [kg/s]

M_{e} = massa molare dei gas di scarico [in g/mol]

Se il CO_2 è misurato su secco, le misurazioni devono essere convertite nel valore su umido conformemente al punto 2.1.3 o al punto 3.5.2.

4.2. In base a CO_2, HC e CO

Nei sistemi di diluizione a flusso parziale, occorre tenere conto anche del rapporto di divisione. In alternativa al calcolo basato solamente sulle emissioni di CO_2 di cui al punto 4.1, la portata del carbonio in un sistema di diluizione equivalente $q_{m\mathrm{Cp}}$ [kg/s] (equivalente significa equivalente a un sistema a flusso pieno dove il flusso totale è diluito) si determina in base alla concentrazione di CO_2, HC e CO diluiti, alla portata massica dei gas di scarico e alla portata del campione; la nuova equazione 7-154 è identica all'equazione 7-152 con la sola aggiunta del fattore di diluizione $q_{m\mathrm{dew}}/q_{m\mathrm{p}}$.

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,d} - c_{CO2,a}}{100} + \frac{c_{THC(C1),d} - c_{THC(C1),a}}{100} + \frac{c_{CO,d} - c_{CO,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \frac{12{,}011}{M_e} \cdot \frac{q_{mdew}}{q_{mp}} \qquad (7\text{-}154)$$

dove:

$c_{\mathrm{CO2,d}}$ = concentrazione di CO_2 su umido nei gas di scarico diluiti all'uscita del tunnel di diluizione [%]

$c_{\mathrm{CO2,a}}$ = concentrazione di CO_2 su umido nell'aria ambiente [%]

$c_{\mathrm{THC(C1),d}}$ = concentrazione di THC(C1) nei gas di scarico diluiti all'uscita del tunnel di diluizione [%]

$c_{\mathrm{THC(C1),a}}$ = concentrazione di THC(C1) nell'aria ambiente [%]

$c_{\mathrm{CO,d}}$ = concentrazione di CO su umido nei gas di scarico diluiti all'uscita del tunnel di diluizione [%]

$c_{\mathrm{CO,a}}$ = concentrazione di CO su umido nell'aria ambiente [%]

▼B

q_{mdew} = portata del campione diluito in ingresso nel sistema di diluizione a flusso parziale [kg/s]

q_{mew} = portata massica dei gas di scarico su umido [kg/s]

q_{mp} = flusso del campione di gas di scarico in ingresso nel sistema di diluizione a flusso parziale [kg/s]

M_e = massa molare dei gas di scarico [in g/mol]

Se il CO_2 o CO è misurato su secco, le misurazioni devono essere convertite nel valore su umido conformemente al punto 2.1.3 o al punto 3.5.2 del presente allegato.

5. **Calcolo della massa molare dei gas di scarico**

La massa molare dei gas di scarico si calcola con l'equazione 7-13 (cfr. il punto 2.1.5.2 del presente allegato).

In alternativa, si possono utilizzare le masse molari seguenti:

M_e (diesel) = 28,9 g/mol

M_e (GPL) = 28,6 g/mol

M_e (gas naturale / bio-metano) = 28,3 g/mol

M_e (benzina) = 29,0 g/mol

▼B

Appendice 3

Statistiche

1. **Valore medio aritmetico**

La media aritmetica, $\overline{y}$, si calcola con l'equazione 7-155:

$$\overline{y} = \frac{\sum_{i=1}^{N} y_i}{N} \tag{7-155}$$

2. **Deviazione standard**

La deviazione standard per un campione non viziato (*ad es.*, *N*–1), σ, si calcola con l'equazione 7-156:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \overline{y})^2}{(N-1)}} \tag{7-156}$$

3. **Valore medio quadratico**

Il valore medio quadratico, rms_y, si calcola con l'equazione 7-157:

$$rms_y = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} y_i^2} \tag{7-157}$$

4. **Prova t**

È necessario determinare se i dati superano la prova t con le seguenti equazioni e usando la tabella 7.8:

a) per una prova *t* non accoppiata, la statistica *t* e il suo numero di gradi di libertà, *v*, si calcolano con le equazioni 7-158 e 7-159:

$$t = \frac{|\overline{y}_{ref} - \overline{y}|}{\sqrt{\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}}} \tag{7-158}$$

$$v = \frac{\left(\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}\right)^2}{\frac{(\sigma_{ref}^2/N_{ref})^2}{N_{ref}-1} + \frac{(\sigma_y^2/N)^2}{N-1}} \tag{7-159}$$

b) per una prova *t* accoppiata, la statistica *t* e il suo numero di gradi di libertà, *v*, si calcolano con l'equazione 7-160, avendo cura di notare che ε_i sono gli errori (le differenze) tra ogni coppia di y_{refi} e y_i, nel modo seguente:

$$t = \frac{|\overline{\varepsilon}| \cdot \sqrt{N}}{\sigma_\varepsilon} \qquad v = N - 1 \tag{7-160}$$

c) La tabella 7.8 si usa per confrontare i valori di *t* ai valori t_{crit} tabulati rispetto al numero di gradi di libertà. Se *t* è inferiore a t_{crit}, *t* supera la prova *t*.

Tabella 7.8

Valori *t* critici rispetto al numero di gradi di libertà, *v*

v	Affidabilità	
	90 %	95 %
1	6,314	12,706
2	2,920	4,303
3	2,353	3,182

▼B

v	Affidabilità	
4	2,132	2,776
5	2,015	2,571
6	1,943	2,447
7	1,895	2,365
8	1,860	2,306
9	1,833	2,262
10	1,812	2,228
11	1,796	2,201
12	1,782	2,179
13	1,771	2,160
14	1,761	2,145
15	1,753	2,131
16	1,746	2,120
18	1,734	2,101
20	1,725	2,086
22	1,717	2,074
24	1,711	2,064
26	1,706	2,056
28	1,701	2,048
30	1,697	2,042
35	1,690	2,030
40	1,684	2,021
50	1,676	2,009
70	1,667	1,994
100	1,660	1,984
1 000+	1,645	1,960

Per stabilire i valori non indicati nella tabella si usa l'interpolazione lineare.

5. **Prova F**

La statistica F si calcola con l'equazione 7-161:

$$F_y = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{\text{ref}}^2} \tag{7-161}$$

a) per una prova F di affidabilità al 90 % si usa la tabella 7.9 per confrontare i valori di F ai valori F_{crit90} della tabella rispetto a (N–1) e (N_{ref}–1). Se F è inferiore a F_{crit90}, F supera la prova F con un'affidabilità del 90 %;

b) Per una prova F di affidabilità al 95 % si usa la tabella 7.10 per confrontare i valori di F ai valori F_{crit95} della tabella rispetto a (N–1) e (N_{ref}– 1). Se F è inferiore a F_{crit95}, F supera la prova F con un'affidabilità del 95 %;

▼M2

Tabella 7-9

Valori critici di F, F_{crit90}, rispetto a N - 1 e $N_{ref\ -\ 1}$ al 90 per cento di affidabilità

N - 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
N_{ref} - 1																			
1	39,86	49,50	53,59	55,83	57,24	58,20	58,90	59,43	59,85	60,19	60,70	61,22	61,74	62,00	62,26	62,52	62,79	63,06	63,32
2	8,526	9,000	9,162	9,243	9,293	9,326	9,349	9,367	9,381	9,392	9,408	9,425	9,441	9,450	9,458	9,466	9,475	9,483	9,491
3	5,538	5,462	5,391	5,343	5,309	5,285	5,266	5,252	5,240	5,230	5,216	5,200	5,184	5,176	5,168	5,160	5,151	5,143	5,134
4	4,545	4,325	4,191	4,107	4,051	4,010	3,979	3,955	3,936	3,920	3,896	3,870	3,844	3,831	3,817	3,804	3,790	3,775	3,761
5	4,060	3,780	3,619	3,520	3,453	3,405	3,368	3,339	3,316	3,297	3,268	3,238	3,207	3,191	3,174	3,157	3,140	3,123	3,105
6	3,776	3,463	3,289	3,181	3,108	3,055	3,014	2,983	2,958	2,937	2,905	2,871	2,836	2,818	2,800	2,781	2,762	2,742	2,722
7	3,589	3,257	3,074	2,961	2,883	2,827	2,785	2,752	2,725	2,703	2,668	2,632	2,595	2,575	2,555	2,535	2,514	2,493	2,471
8	3,458	3,113	2,924	2,806	2,726	2,668	2,624	2,589	2,561	2,538	2,502	2,464	2,425	2,404	2,383	2,361	2,339	2,316	2,293
9	3,360	3,006	2,813	2,693	2,611	2,551	2,505	2,469	2,440	2,416	2,379	2,340	2,298	2,277	2,255	2,232	2,208	2,184	2,159
10	3,285	2,924	2,728	2,605	2,522	2,461	2,414	2,377	2,347	2,323	2,284	2,244	2,201	2,178	2,155	2,132	2,107	2,082	2,055
11	3,225	2,860	2,660	2,536	2,451	2,389	2,342	2,304	2,274	2,248	2,209	2,167	2,123	2,100	2,076	2,052	2,026	2,000	1,972
12	3,177	2,807	2,606	2,480	2,394	2,331	2,283	2,245	2,214	2,188	2,147	2,105	2,060	2,036	2,011	1,986	1,960	1,932	1,904
13	3,136	2,763	2,560	2,434	2,347	2,283	2,234	2,195	2,164	2,138	2,097	2,053	2,007	1,983	1,958	1,931	1,904	1,876	1,846
14	3,102	2,726	2,522	2,395	2,307	2,243	2,193	2,154	2,122	2,095	2,054	2,010	1,962	1,938	1,912	1,885	1,857	1,828	1,797
15	3,073	2,695	2,490	2,361	2,273	2,208	2,158	2,119	2,086	2,059	2,017	1,972	1,924	1,899	1,873	1,845	1,817	1,787	1,755
16	3,048	2,668	2,462	2,333	2,244	2,178	2,128	2,088	2,055	2,028	1,985	1,940	1,891	1,866	1,839	1,811	1,782	1,751	1,718
17	3,026	2,645	2,437	2,308	2,218	2,152	2,102	2,061	2,028	2,001	1,958	1,912	1,862	1,836	1,809	1,781	1,751	1,719	1,686
18	3,007	2,624	2,416	2,286	2,196	2,130	2,079	2,038	2,005	1,977	1,933	1,887	1,837	1,810	1,783	1,754	1,723	1,691	1,657
19	2,990	2,606	2,397	2,266	2,176	2,109	2,058	2,017	1,984	1,956	1,912	1,865	1,814	1,787	1,759	1,730	1,699	1,666	1,631
20	2,975	2,589	2,380	2,249	2,158	2,091	2,040	1,999	1,965	1,937	1,892	1,845	1,794	1,767	1,738	1,708	1,677	1,643	1,607
21	2,961	2,575	2,365	2,233	2,142	2,075	2,023	1,982	1,948	1,920	1,875	1,827	1,776	1,748	1,719	1,689	1,657	1,623	1,586

▼M2

N - 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
20	2,949	2,561	2,351	2,219	2,128	2,061	2,008	1,967	1,933	1,904	1,859	1,811	1,759	1,731	1,702	1,671	1,639	1,604	1,567
23	2,937	2,549	2,339	2,207	2,115	2,047	1,995	1,953	1,919	1,890	1,845	1,796	1,744	1,716	1,686	1,655	1,622	1,587	1,549
24	2,927	2,538	2,327	2,195	2,103	2,035	1,983	1,941	1,906	1,877	1,832	1,783	1,730	1,702	1,672	1,641	1,607	1,571	1,533
25	2,918	2,528	2,317	2,184	2,092	2,024	1,971	1,929	1,895	1,866	1,820	1,771	1,718	1,689	1,659	1,627	1,593	1,557	1,518
26	2,909	2,519	2,307	2,174	2,082	2,014	1,961	1,919	1,884	1,855	1,809	1,760	1,706	1,677	1,647	1,615	1,581	1,544	1,504
27	2,901	2,511	2,299	2,165	2,073	2,005	1,952	1,909	1,874	1,845	1,799	1,749	1,695	1,666	1,636	1,603	1,569	1,531	1,491
28	2,894	2,503	2,291	2,157	2,064	1,996	1,943	1,900	1,865	1,836	1,790	1,740	1,685	1,656	1,625	1,593	1,558	1,520	1,478
29	2,887	2,495	2,283	2,149	2,057	1,988	1,935	1,892	1,857	1,827	1,781	1,731	1,676	1,647	1,616	1,583	1,547	1,509	1,467
30	2,881	2,489	2,276	2,142	2,049	1,980	1,927	1,884	1,849	1,819	1,773	1,722	1,667	1,638	1,606	1,573	1,538	1,499	1,456
40	2,835	2,440	2,226	2,091	1,997	1,927	1,873	1,829	1,793	1,763	1,715	1,662	1,605	1,574	1,541	1,506	1,467	1,425	1,377
60	2,791	2,393	2,177	2,041	1,946	1,875	1,819	1,775	1,738	1,707	1,657	1,603	1,543	1,511	1,476	1,437	1,395	1,348	1,291
120	2,748	2,347	2,130	1,992	1,896	1,824	1,767	1,722	1,684	1,652	1,601	1,545	1,482	1,447	1,409	1,368	1,320	1,265	1,193
1 000+	2,706	2,303	2,084	1,945	1,847	1,774	1,717	1,670	1,632	1,599	1,546	1,487	1,421	1,383	1,342	1,295	1,240	1,169	1,000

Tabella 7-10

Valori critici di F, F_{crit95}, rispetto a N - 1 e $N_{ref\ -\ 1}$ al 95 per cento di affidabilità

N - 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
N_{ref} - 1																			
1	161,4	199,5	215,7	224,5	230,1	233,9	236,7	238,8	240,5	241,8	243,9	245,9	248,0	249,0	250,1	251,1	252,2	253,2	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,24	19,29	19,33	19,35	19,37	19,38	19,39	19,41	19,42	19,44	19,45	19,46	19,47	19,47	19,48	19,49
3	10,12	9,552	9,277	9,117	9,014	8,941	8,887	8,845	8,812	8,786	8,745	8,703	8,660	8,639	8,617	8,594	8,572	8,549	8,526
4	7,709	6,944	6,591	6,388	6,256	6,163	6,094	6,041	5,999	5,964	5,912	5,858	5,803	5,774	5,746	5,717	5,688	5,658	5,628
5	6,608	5,786	5,410	5,192	5,050	4,950	4,876	4,818	4,773	4,735	4,678	4,619	4,558	4,527	4,496	4,464	4,431	4,399	4,365
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,207	4,147	4,099	4,060	4,000	3,938	3,874	3,842	3,808	3,774	3,740	3,705	3,669

▼M2

N - 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
7	5,591	4,737	4,347	4,120	3,972	3,866	3,787	3,726	3,677	3,637	3,575	3,511	3,445	3,411	3,376	3,340	3,304	3,267	3,230
8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,688	3,581	3,501	3,438	3,388	3,347	3,284	3,218	3,150	3,115	3,079	3,043	3,005	2,967	2,928
9	5,117	4,257	3,863	3,633	3,482	3,374	3,293	3,230	3,179	3,137	3,073	3,006	2,937	2,901	2,864	2,826	2,787	2,748	2,707
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,136	3,072	3,020	2,978	2,913	2,845	2,774	2,737	2,700	2,661	2,621	2,580	2,538
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012	2,948	2,896	2,854	2,788	2,719	2,646	2,609	2,571	2,531	2,490	2,448	2,405
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913	2,849	2,796	2,753	2,687	2,617	2,544	2,506	2,466	2,426	2,384	2,341	2,296
13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832	2,767	2,714	2,671	2,604	2,533	2,459	2,420	2,380	2,339	2,297	2,252	2,206
14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764	2,699	2,646	2,602	2,534	2,463	2,388	2,349	2,308	2,266	2,223	2,178	2,131
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,791	2,707	2,641	2,588	2,544	2,475	2,403	2,328	2,288	2,247	2,204	2,160	2,114	2,066
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591	2,538	2,494	2,425	2,352	2,276	2,235	2,194	2,151	2,106	2,059	2,010
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,614	2,548	2,494	2,450	2,381	2,308	2,230	2,190	2,148	2,104	2,058	2,011	1,960
18	4,414	3,555	3,160	2,928	2,773	2,661	2,577	2,510	2,456	2,412	2,342	2,269	2,191	2,150	2,107	2,063	2,017	1,968	1,917
19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,740	2,628	2,544	2,477	2,423	2,378	2,308	2,234	2,156	2,114	2,071	2,026	1,980	1,930	1,878
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514	2,447	2,393	2,348	2,278	2,203	2,124	2,083	2,039	1,994	1,946	1,896	1,843
21	4,325	3,467	3,073	2,840	2,685	2,573	2,488	2,421	2,366	2,321	2,250	2,176	2,096	2,054	2,010	1,965	1,917	1,866	1,812
22	4,301	3,443	3,049	2,817	2,661	2,549	2,464	2,397	2,342	2,297	2,226	2,151	2,071	2,028	1,984	1,938	1,889	1,838	1,783
23	4,279	3,422	3,028	2,796	2,640	2,528	2,442	2,375	2,320	2,275	2,204	2,128	2,048	2,005	1,961	1,914	1,865	1,813	1,757
24	4,260	3,403	3,009	2,776	2,621	2,508	2,423	2,355	2,300	2,255	2,183	2,108	2,027	1,984	1,939	1,892	1,842	1,790	1,733
25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,490	2,405	2,337	2,282	2,237	2,165	2,089	2,008	1,964	1,919	1,872	1,822	1,768	1,711
26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,388	2,321	2,266	2,220	2,148	2,072	1,990	1,946	1,901	1,853	1,803	1,749	1,691
27	4,210	3,354	2,960	2,728	2,572	2,459	2,373	2,305	2,250	2,204	2,132	2,056	1,974	1,930	1,884	1,836	1,785	1,731	1,672
28	4,196	3,340	2,947	2,714	2,558	2,445	2,359	2,291	2,236	2,190	2,118	2,041	1,959	1,915	1,869	1,820	1,769	1,714	1,654
29	4,183	3,328	2,934	2,701	2,545	2,432	2,346	2,278	2,223	2,177	2,105	2,028	1,945	1,901	1,854	1,806	1,754	1,698	1,638

▼**M2**

N - 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
30	4,171	3,316	2,922	2,690	2,534	2,421	2,334	2,266	2,211	2,165	2,092	2,015	1,932	1,887	1,841	1,792	1,740	1,684	1,622
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,450	2,336	2,249	2,180	2,124	2,077	2,004	1,925	1,839	1,793	1,744	1,693	1,637	1,577	1,509
60	4,001	3,150	2,758	2,525	2,368	2,254	2,167	2,097	2,040	1,993	1,917	1,836	1,748	1,700	1,649	1,594	1,534	1,467	1,389
120	3,920	3,072	2,680	2,447	2,290	2,175	2,087	2,016	1,959	1,911	1,834	1,751	1,659	1,608	1,554	1,495	1,429	1,352	1,254
1 000+	3,842	2,996	2,605	2,372	2,214	2,099	2,010	1,938	1,880	1,831	1,752	1,666	1,571	1,517	1,459	1,394	1,318	1,221	1,000

▼B

6. **Coefficiente angolare**

Il coefficiente angolare di regressione con il metodo dei minimi quadrati, a_{1y}, si calcola con l'equazione 7-162:

$$a_{1y} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \overline{y}) \cdot (y_{refi} - \overline{y}_{ref})}{\sum_{i=1}^{N}(y_{refi} - \overline{y}_{ref})^2} \quad (7\text{-}162)$$

7. **Intercetta**

L'intercetta di regressione con il metodo dei minimi quadrati, a_{0y}, si calcola con l'equazione 7-163:

$$a_{0y} = \overline{y} - (a_{1y} \cdot \overline{y}_{ref}) \quad (7\text{-}163)$$

8. **Errore standard della stima**

L'errore standard della stima, *SEE*, si calcola con l'equazione 7-164:

$$SEE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left[y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{refi})\right]^2}{N - 2}} \quad (7\text{-}164)$$

9. **Coefficiente di determinazione,**

Il coefficiente di determinazione, r^2, si calcola con l'equazione 7-165:

$$r_y^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{refi})\right]^2}{\sum_{i=1}^{N}[y_i - \overline{y}]^2} \quad (7\text{-}165)$$

▼B

Appendice 4

FORMULA DELLA GRAVITÀ INTERNAZIONALE DEL 1980

L'accelerazione della gravità della terra, a_g, varia a seconda della posizione e si calcola per la rispettiva latitudine con l'equazione 7-166:

$$a_g = 9{,}7803267715\ [1 + 5{,}2790414 \times 10^{-3}\ \sin^2\theta + 2{,}32718 \times 10^{-5}\ \sin^4\theta + 1{,}262 \times 10^{-7}\ \sin^6\theta + 7 \times 10^{-10}\ \sin^8\theta] \quad (7\text{-}166)$$

dove:

θ = gradi di latitudine nord o sud

▼B

Appendice 5

Calcolo del numero di particelle

1. **Determinazione del numero di particelle**

1.1. Allineamento temporale

Nei sistemi di diluizione a flusso parziale si deve tener conto del tempo di permanenza nel sistema di campionamento e misurazione del numero di particelle mediante l'allineamento temporale del segnale del numero di particelle con il ciclo di prova e la portata massica dei gas di scarico, secondo la procedura definita all'allegato VI, punto 8.2.1.2. Il tempo di trasformazione del sistema di campionamento e di misurazione del numero di particelle si determina conformemente alle disposizioni dell'allegato VI, appendice 1, punto 2.1.3.7.

1.2. Determinazione del numero di particelle per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC con un sistema di diluizione a flusso parziale

Se si effettua il campionamento del numero di particelle con un sistema di diluizione a flusso parziale con le specifiche di cui all'allegato VI, punto 9.2.3, il numero di particelle emesso durante il ciclo di prova si calcola con l'equazione 7-167:

$$N = \frac{m_{edf}}{1{,}293} \cdot k \cdot \overline{c}_s \cdot \overline{f}_r \cdot 10^6 \qquad (7\text{-}167)$$

dove:

N è il numero di particelle emesse durante il ciclo di prova [#/prova]

m_{edf} è la massa dei gas di scarico diluiti equivalente nell'arco del ciclo, determinata con l'equazione 7-45 di cui al punto 2.3.1.1.2 [kg/prova],

k è il fattore di taratura per correggere le misurazioni del contatore del numero di particelle rispetto al livello dello strumento di riferimento, se tale fattore non è applicato automaticamente nel contatore del numero di particelle. Se il fattore di taratura è applicato automaticamente nel contatore del numero di particelle, nell'equazione 7-167 si attribuisce a k il valore 1;

$\overline{c_s}$ è la concentrazione media di particelle nei gas di scarico diluiti, corretta rispetto a condizioni standard (273,2 K e 101,33 kPa) [particelle per cm^3];

$\overline{f_r}$ è il fattore di riduzione della concentrazione media di particelle nel separatore di particelle volatili, specifico per i parametri di diluizione usati per la prova.

Con

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad (7\text{-}168)$$

dove:

$c_{s,I}$ è una misurazione differenziata della concentrazione di particelle nei gas di scarico diluiti usciti dal contatore di particelle, corretta rispetto alla coincidenza e a condizioni standard (273,2 K e 101,33 kPa) [particelle per cm^3];

n è il numero di misurazioni effettuate della concentrazione di particelle nel corso della prova.

▼B

1.3. Determinazione del numero di particelle per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC con un sistema di diluizione a flusso totale

Se si effettua il campionamento del numero di particelle con un sistema di diluizione a flusso totale con le specifiche di cui all'allegato VI, punto 9.2.2, il numero di particelle emesso durante il ciclo di prova si calcola con l'equazione 7-169:

$$N = \frac{m_{edf}}{1{,}293} \cdot k \cdot \overline{c}_s \cdot \overline{f}_r \cdot 10^6 \qquad (7\text{-}169)$$

dove:

N è il numero di particelle emesse durante il ciclo di prova [#/prova]

m_{ed} è la portata totale dei gas di scarico diluiti nell'arco del ciclo, calcolata in conformità a uno dei metodi descritti all'allegato VII, punti da 2.2.4.1 a 2.2.4.3 [kg/prova]

k è il fattore di taratura per correggere le misurazioni del contatore del numero di particelle rispetto al livello dello strumento di riferimento, se tale fattore non è applicato automaticamente nel contatore del numero di particelle. Se il fattore di taratura è applicato automaticamente nel contatore del numero di particelle, nell'equazione 7-169 si attribuisce a k il valore 1;

$\overline{c_s}$ è la concentrazione media di particelle nei gas di scarico diluiti, corretta rispetto a condizioni standard (273,2 K e 101,33 kPa) [particelle per cm^3];

$\overline{f_r}$ è il fattore di riduzione della concentrazione media di particelle nel separatore di particelle volatili, specifico per i parametri di diluizione usati per la prova.

Con

$$\overline{c} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad (7\text{-}170)$$

dove:

$c_{s,I}$ è una misurazione differenziata della concentrazione di particelle nei gas di scarico diluiti usciti dal contatore di particelle, corretta rispetto alla coincidenza e a condizioni standard (273,2 K e 101,33 kPa) [particelle per cm^3];

n è il numero di misurazioni effettuate della concentrazione di particelle nel corso della prova.

1.4. Determinazione del numero di particelle per i cicli NRSC in modalità discreta con un sistema di diluizione a flusso parziale

Se si effettua il campionamento del numero di particelle con un sistema di diluizione a flusso parziale con le specifiche di cui all'allegato VI, punto 9.2.3, la portata delle emissioni di particelle di ciascuna modalità discreta si calcola con l'equazione 7-171 usando i valori medi per la rispettiva modalità:

$$\dot{N} = \frac{q_{medf}}{1{,}293} \times k \times \overline{c}_s \times \overline{f}_r \times 10^6 \times 3\,600 \qquad (7\text{-}171)$$

dove:

$\dot{N}$ è la portata delle emissioni di particelle in ciascun ciclo a modalità discreta [#/h],

q_{medf} è la portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti su umido nei cicli a modalità discreta, determinata con l'equazione 7-51 di cui al punto 2.3.2.1 [kg/s],

▼B

k è il fattore di taratura per correggere le misurazioni del contatore del numero di particelle rispetto al livello dello strumento di riferimento, se tale fattore non è applicato automaticamente nel contatore del numero di particelle. Se il fattore di taratura è applicato automaticamente nel contatore del numero di particelle, nell'equazione 1-171 si attribuisce a k il valore 1;

$\overline{c_s}$ è la concentrazione media di particelle nei gas di scarico diluiti, in ciascun ciclo a modalità discreta, corretta rispetto a condizioni standard (273,2 K e 101,33 kPa) [particelle per cm^3];

$\overline{f_r}$ è il fattore di riduzione della concentrazione media di particelle nel separatore di particelle volatili, specifico per i parametri di diluizione usati per la prova.

Con

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad (7\text{-}172)$$

dove:

$c_{s,I}$ è una misurazione differenziata della concentrazione di particelle nei gas di scarico diluiti usciti dal contatore di particelle, corretta rispetto alla coincidenza e a condizioni standard (273,2 K e 101,33 kPa) [particelle per cm^3];

n è il numero di misurazioni della concentrazione di particelle effettuate nel corso del periodo di campionamento in modalità discreta

1.5. Determinazione del numero di particelle per i cicli in modalità discreta con un sistema di diluizione a flusso totale

Se si effettua il campionamento del numero di particelle con un sistema di diluizione a flusso totale con le specifiche di cui all'allegato VI, punto 9.2.2, la portata delle emissioni di particelle di ciascuna modalità discreta si calcola con l'equazione 7-173 usando i valori medi per la rispettiva modalità:

$$\dot{N} = \frac{q_{mdew}}{1{,}293} \times k \times \overline{c}_s \times \overline{f}_r \times 10^6 \times 3\,600 \quad (7\text{-}173)$$

dove:

$\dot{N}$ è la portata delle emissioni di particelle in ciascun ciclo a modalità discreta [#/h],

q_{mdew} è la portata massica istantanea dei gas di scarico diluiti su umido in ciascun ciclo a modalità discreta [kg/s]

k è il fattore di taratura per correggere le misurazioni del contatore del numero di particelle rispetto al livello dello strumento di riferimento, se tale fattore non è applicato automaticamente nel contatore del numero di particelle. Se il fattore di taratura è applicato automaticamente nel contatore del numero di particelle, nell'equazione 7-173 si attribuisce a k il valore 1;

$\overline{c_s}$ è la concentrazione media di particelle nei gas di scarico diluiti, in ciascun ciclo a modalità discreta, corretta rispetto a condizioni standard (273,2 K e 101,33 kPa) [particelle per cm^3];

$\overline{f_r}$ è il fattore di riduzione della concentrazione media di particelle nel separatore di particelle volatili, specifico per i parametri di diluizione usati per la prova.

▼B

Con

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad (7\text{-}174)$$

dove:

$c_{s,I}$ è una misurazione differenziata della concentrazione di particelle nei gas di scarico diluiti usciti dal contatore di particelle, corretta rispetto alla coincidenza e a condizioni standard (273,2 K e 101,33 kPa) [particelle per cm^3];

n è il numero di misurazioni della concentrazione di particelle effettuate nel corso del periodo di campionamento in modalità discreta.

2. **Risultato della prova**

2.1. Calcolo delle emissioni specifiche per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

Per ogni singolo ciclo RMC o NRTC con avviamento a caldo e con avviamento a freddo applicabile, le emissioni specifiche espresse in numero di particelle/kWh si calcolano con l'equazione 7-175:

$$e = \frac{N}{W_{act}} \quad (7\text{-}175)$$

dove:

N è il numero di particelle emesso durante il ciclo RMC o NRTC con avviamento a caldo o a freddo applicabile;

W_{act} è il lavoro effettivo nel ciclo in conformità all'allegato VI, punto 7.8.3.4 [kWh].

Per un ciclo RMC, nel caso di un motore dotato di sistemi di post trattamento dei gas di scarico a rigenerazione periodica (non frequente) (cfr. allegato VI, punto 6.6.2), le emissioni specifiche devono essere corrette con il fattore di aggiustamento moltiplicativo o additivo applicabile. Se durante la prova non ha avuto luogo la rigenerazione periodica, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso l'alto ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). Se invece durante la prova ha avuto luogo la rigenerazione periodica, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso il basso ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$).

Per un ciclo RMC il risultato finale deve inoltre essere corretto con il fattore di deterioramento moltiplicativo o additivo applicabile stabilito conformemente ai requisiti dell'allegato III.

2.1.1. Risultato medio ponderato della prova NRTC

Per il ciclo NRTC, il risultato finale della prova deve essere una media ponderata tra cicli con avviamento a freddo e a caldo (compresa la rigenerazione periodica, se pertinente), calcolata con l'equazione 7-176 o 7-177:

a) in caso di fattore di aggiustamento moltiplicativo della rigenerazione o di motori non dotati di sistemi di post-trattamento dei gas di scarico a rigenerazione periodica

$$e = k_r \left(\frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act,hot})} \right) \quad (7\text{-}176)$$

in caso di fattore di aggiustamento della rigenerazione additivo

$$e = k_r + \left(\frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act,hot})} \right) \quad (7\text{-}177)$$

▼B

dove:

N_{cold} è il numero totale di particelle emesse durante il ciclo NRTC con avviamento a freddo

N_{hot} è il numero totale di particelle emesse durante il ciclo NRTC con avviamento a caldo

$W_{act,cold}$ è il lavoro effettivo nel ciclo NRTC con avviamento a freddo in conformità all'allegato VI, punto 7.8.3.4 [kWh]

$W_{act,\ hot}$ è il lavoro effettivo nel ciclo NRTC con avviamento a caldo in conformità all'allegato VI, punto 7.8.3.4 [kWh]

k_r è il fattore di aggiustamento della rigenerazione, in conformità all'allegato VI, punto 6.6.2, o in caso di motori non dotati di sistema di post-trattamento dei gas di scarico a rigenerazione periodica $k_r = 1$

Se durante la prova non ha avuto luogo la rigenerazione periodica, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso l'alto ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). Se invece durante la prova ha avuto luogo la rigenerazione periodica, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso il basso ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$).

Il risultato, se del caso comprensivo del fattore di aggiustamento della rigenerazione periodica, deve inoltre essere corretto con il fattore di deterioramento moltiplicativo o additivo applicabile stabilito conformemente ai requisiti dell'allegato III.

2.2. Calcolo delle emissioni specifiche per le prove NRSC in modalità discreta

Le emissioni specifiche e [#/kWh] si calcolano con l'equazione 7-178:

$$e = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{N}_i \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \qquad (7\text{-}178)$$

dove:

▼M2

P_i potenza del motore per la modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione 6-8 dell'allegato VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i è il fattore di ponderazione per la modalità i [-]

$\dot{N}_i$ è la portata massica media delle emissioni per la modalità i [#/h] in base all'equazione 7-171 o 7-173, a seconda del metodo di diluizione.

Nel caso di un motore dotato di un sistema di post-trattamento dei gas di scarico a rigenerazione periodica (non frequente) (cfr. allegato VI, punto 6.6.2), le emissioni specifiche devono essere corrette con il fattore di aggiustamento moltiplicativo o additivo applicabile. Se durante la prova non ha avuto luogo la rigenerazione periodica, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso l'alto ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). Se invece durante la prova ha avuto luogo la rigenerazione periodica, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso il basso ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$). Se sono stati determinati fattori di aggiustamento per ciascuna modalità, essi devono essere applicati a ciascuna modalità nel calcolo del risultato di emissione ponderato con l'equazione 7-178.

Il risultato, se del caso comprensivo del fattore di aggiustamento della rigenerazione periodica, deve inoltre essere corretto con il fattore di deterioramento moltiplicativo o additivo applicabile stabilito conformemente ai requisiti dell'allegato III.

▼B

2.3. Arrotondamento dei risultati definitivi

►M2 I risultati di prova definitivi del ciclo NRSC e del ciclo NRTC medio ponderato vanno arrotondati, in una sola operazione, a tre cifre significative in conformità alla norma ASTM E 29–06B. ◄ Non è ammesso l'arrotondamento dei valori intermedi che permetta di ricavare il risultato finale delle emissioni specifiche al banco frenato.

2.4. Determinazione del numero di particelle di fondo

2.4.1. Su richiesta del costruttore del motore, prima o dopo la prova è possibile estrarre un campione delle concentrazioni di fondo del numero di particelle nel tunnel di diluizione a partire da un punto, a valle dei filtri di particelle e idrocarburi, nel sistema di misurazione del numero di particelle al fine di stabilire le concentrazioni del numero di particelle di fondo nel tunnel.

2.4.2. Non è consentito sottrarre le concentrazioni del numero di particelle di fondo nel tunnel di diluizione ai fini di omologazione, ma su richiesta del costruttore e previo accordo dell'autorità di omologazione l'operazione è consentita per provare la conformità della produzione se si dimostra che il contributo delle concentrazioni di fondo del tunnel è significativo; in tal caso esso può essere sottratto dai valori misurati nei gas di scarico diluiti.

▼B

Appendice 6

Calcolo delle emissioni di ammoniaca

1. **Calcolo della concentrazione media per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC**

La concentrazione media di NH_3 nei gas di scarico durante il ciclo di prova c_{NH3} [ppm] si determina aggiungendo i valori istantanei nell'arco del ciclo con l'equazione 7-179:

$$c_{NH3} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n} c_{NH3,i} \quad (7\text{-}179)$$

dove:

$c_{NH3,i}$ è la concentrazione istantanea di NH3 nei gas di scarico [ppm]

n è il numero di misurazioni

Per i sistemi NRTC, il risultato finale della prova si calcola con l'equazione 7-180:

▼M2

$$c_{NH3} = (0{,}1 \times c_{NH3,cold}) + (0{,}9 \times c_{NH3,hot}) \quad (7\text{-}180)$$

▼B

dove:

$c_{NH3,cold}$ è la concentrazione media di NH_3 nel ciclo NRTC con avviamento a freddo [ppm]

$c_{NH3,hot}$ è la concentrazione media di NH_3 nel ciclo NRTC con avviamento a caldo [ppm]

2. **Calcolo della concentrazione media per il ciclo NRSC in modalità discreta**

La concentrazione media di NH_3 nei gas di scarico durante il ciclo di prova c_{NH3} [ppm] si determina misurando la concentrazione media per ciascuna modalità e ponderando il risultato con i fattori di ponderazione applicabili al rispettivo ciclo di prova con l'equazione 7-181:

$$c_{NH3} = \sum_{i=1}^{N_{mode}} \overline{c}_{NH3,i} \cdot WF_i \quad (7\text{-}181)$$

dove:

$\overline{c}_{NH3,i}$ è la concentrazione media di NH_3 nei gas di scarico per la modalità *i* [ppm]

N_{mode} è il numero di modalità nel ciclo di prova

WF_i è il fattore di ponderazione per la modalità *i* [-]

▼B

ALLEGATO VIII

Requisiti di prestazione e procedure di prova per i motori a doppia alimentazione

1. **Ambito di applicazione**

Il presente allegato si applica ai motori a doppia alimentazione definiti all'articolo 3, paragrafo 18, del regolamento (UE) 2016/1628 quando funzionano simultaneamente con un carburante liquido e un carburante gassoso (modalità a doppia alimentazione).

Il presente allegato non si applica ai motori di prova, compresi i motori a doppia alimentazione, quando funzionano solamente con un carburante, sia esso liquido o gassoso (ovvero quando il GER è pari a 1 o 0, a seconda del tipo di carburante). In tal caso i requisiti sono gli stessi previsti per qualsiasi motore monocarburante.

L'omologazione di motori che funzionano contemporaneamente con una combinazione di più carburanti liquidi e un carburante gassoso oppure con un carburante liquido e più carburanti gassosi deve seguire la procedura per le nuove tecnologie o nuove concezioni di cui all'articolo 33 del regolamento (UE) 2016/1628.

2. **Definizioni e abbreviazioni**

Ai fini del presente allegato si applicano le seguenti definizioni:

2.1. «GER (gas energy ratio — rapporto energetico a gas)»: ha il significato di cui all'articolo 3, paragrafo 20, del regolamento (UE) 2016/1628 basato sul valore calorifico inferiore;

2.2. «GER_{cycle}»: il GER medio durante il funzionamento del motore con il ciclo di prova applicabile;

2.3. «motore a doppia alimentazione di tipo 1A» ha uno dei seguenti significati:

a) un motore a doppia alimentazione della sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico a gas medio non inferiore al 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$), che non funziona a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido e che non dispone di una modalità a carburante liquido; oppure

b) un motore a doppia alimentazione di qualsiasi (sotto)categoria diversa dalla sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico a gas medio non inferiore al 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$), che non funziona a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido e che non dispone di una modalità a carburante liquido;

2.4. «motore a doppia alimentazione di tipo 1B» ha uno dei seguenti significati:

a) un motore a doppia alimentazione della sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico a gas medio non inferiore al 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$), che non funziona a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido in modalità a doppia alimentazione e che dispone di una modalità a carburante liquido; oppure

b) un motore a doppia alimentazione di qualsiasi (sotto)categoria diversa dalla sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico a gas medio non inferiore al 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$), che non funziona a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido n modalità a doppia alimentazione e che dispone di una modalità a carburante liquido;

▼B

2.5. «motore a doppia alimentazione di tipo 2A» ha uno dei seguenti significati:

a) un motore a doppia alimentazione della sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico a gas medio compreso tra il 10 % e il 90 % ($0,1 < GER_{NRTC,\ hot} < 0,9$) e che non dispone di una modalità a carburante liquido oppure che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico a gas medio non inferiore al 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0,9$) ma che funziona a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido e non dispone di una modalità a carburante liquido; oppure

b) un motore a doppia alimentazione di qualsiasi (sotto)categoria diversa dalla sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico a gas medio compreso tra il 10 % e il 90 % ($0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$), e che non dispone di una modalità a carburante liquido oppure che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico a gas medio non inferiore al 90 % ($GER_{NRSC,\ hot} \geq 0,9$) ma che funziona a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido e non dispone di una modalità a carburante liquido.

2.6. «motore a doppia alimentazione di tipo 2B» ha uno dei seguenti significati:

a) un motore a doppia alimentazione della sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico a gas medio compreso tra il 10 % e il 90 % ($0,1 < GER_{NRTC,\ hot} < 0,9$) e che non dispone di una modalità a carburante liquido oppure che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico a gas medio non inferiore al 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0,9$) e che dispone di una modalità a carburante liquido ma che può funzionare a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido in modalità a doppia alimentazione; oppure

b) un motore a doppia alimentazione di qualsiasi (sotto)categoria diversa dalla sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico a gas medio compreso tra il 10 % e il 90 % ($0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$), e che non dispone di una modalità a carburante liquido oppure che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico a gas medio non inferiore al 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0,9$) e che dispone di una modalità a carburante liquido ma che può funzionare a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido in modalità a doppia alimentazione;

2.7. «motore a doppia alimentazione di tipo 3B» ha uno dei seguenti significati:

a) un motore a doppia alimentazione della sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico a gas medio non superiore al 10 % ($GER_{NRTC,\ hot} \leq 0,1$) e che dispone di una modalità a carburante liquido; oppure

b) un motore a doppia alimentazione di qualsiasi (sotto)categoria diversa dalla sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico a gas medio non superiore al 10 % ($GER_{NRSC} \leq 0,1$) e che dispone di una modalità a carburante liquido;

3. **Requisiti aggiuntivi specifici per l'omologazione di motori a doppia alimentazione**

3.1. Motori con regolazione manuale del GER_{cycle}

Se in un certo tipo di motore il valore di GER_{cycle} può essere ridotto manualmente dall'operatore, non deve essere previsto un limite minimo di tale valore, ma il motore deve essere invece in grado di rispettare i valori dei limiti di emissione con qualsiasi valore GER_{cycle} ammesso dal costruttore.

▼B

4. **Requisiti generali**

4.1. Modalità di funzionamento dei motori a doppia alimentazione

4.1.1. Condizioni di funzionamento di un motore a doppia alimentazione in modalità a carburante liquido

Un motore a doppia alimentazione può funzionare in modalità a carburante liquido soltanto se il funzionamento in tale modalità è stato certificato in conformità a tutti i requisiti del presente regolamento concernenti solo il funzionamento con il carburante liquido specificato.

Se un motore a doppia alimentazione è sviluppato a partire da un motore a carburante liquido già certificato, è necessario un nuovo certificato di omologazione UE nella modalità a carburante liquido.

4.1.2. Condizioni per il funzionamento al minimo di un motore a doppia alimentazione utilizzando esclusivamente carburante liquido

4.1.2.1. I motori a doppia alimentazione di tipo 1A non devono funzionare al minimo utilizzando esclusivamente carburante liquido, fatte salve le condizioni per il riscaldamento e l'avviamento del motore specificate al punto 4.1.3.

4.1.2.2. I motori a doppia alimentazione di tipo 1B non devono funzionare al minimo utilizzando esclusivamente carburante liquido in modalità a doppia alimentazione.

4.1.2.3. I motori a doppia alimentazione di tipo 2A, 2B e 3B possono funzionare al minimo utilizzando esclusivamente carburante liquido.

4.1.3. Condizioni per il riscaldamento o l'avviamento di un motore a doppia alimentazione utilizzando esclusivamente carburante liquido

4.1.3.1. È possibile effettuare il riscaldamento o l'avviamento di un motore a doppia alimentazione di tipo 1B, 2B o 3B utilizzando esclusivamente carburante liquido. Qualora la strategia per il controllo delle emissioni durante il riscaldamento o l'avviamento in modalità a doppia alimentazione sia la stessa utilizzata nella modalità a carburante liquido, durante il riscaldamento o l'avviamento il motore può funzionare in modalità a doppia alimentazione. In caso contrario è possibile effettuare il riscaldamento o l'avviamento del motore utilizzando carburante liquido esclusivamente quando il motore funziona in modalità a carburante liquido.

4.1.3.2. È possibile effettuare il riscaldamento o l'avviamento di un motore a doppia alimentazione di tipo 1A o 2A utilizzando esclusivamente carburante liquido. In tal caso, tuttavia, la strategia deve essere dichiarata strategia AECS e devono essere soddisfatti i seguenti requisiti aggiuntivi:

4.1.3.2.1. la strategia deve disattivarsi quando il liquido di raffreddamento ha raggiunto la temperatura di 343 K (70 °C) o entro 15 minuti dalla sua attivazione, a seconda di quale condizione si verifica prima; e

4.1.3.2.2. la modalità di servizio deve essere attivata mentre la strategia è ancora attiva.

4.2. Modalità di servizio

4.2.1. Condizioni di funzionamento di un motore a doppia alimentazione in modalità di servizio

Quando funziona in modalità di servizio il motore è soggetto a una limitazione dell'operabilità ed è temporaneamente esentato dall'obbligo di soddisfare i requisiti relativi alle emissioni di gas di scarico e al controllo degli NO_x di cui al presente regolamento.

▼B

4.2.2. Limitazione dell'operabilità in modalità di servizio

4.2.2.1. Requisiti per le categorie di motori diverse da IWP, IWA, RLL e RLR

La limitazione dell'operabilità applicabile a una macchina mobile non stradale dotata di un motore a doppia alimentazione di una categoria diversa da IWP, IWA, RLL e RLR che funziona in modalità di servizio è la stessa attivata dal «sistema di persuasione di livello grave» di cui all'allegato IV, appendice 1, punto 5.4.

Per ragioni di sicurezza e per consentire diagnosi autoriparatrici, è ammesso l'uso di una funzione di superamento del sistema di persuasione per ottenere l'intera potenza conformemente all'allegato IV, appendice 1, punto 5.5.

La limitazione dell'operabilità non deve essere altrimenti disattivata né tramite l'attivazione né la disattivazione dei sistemi di allerta e di persuasione del conducente descritti nell'allegato IV.

L'attivazione e la disattivazione della modalità di servizio non devono attivare né disattivare i sistemi di allerta e di persuasione del conducente descritti nell'allegato IV.

4.2.2.2. Requisiti per le categorie di motori IWP, IWA, RLL e RLR

Per ragioni di sicurezza, per le categorie di motori IWP, IWA, RLL e RLR il funzionamento in modalità di servizio deve essere possibile senza limitazione di coppia o regime del motore. In questo caso ogni volta che avrebbe dovuto essere attiva una limitazione dell'operabilità conformemente al punto 4.2.2.3, il computer di bordo deve registrare su una memoria informatica non volatile tutti gli incidenti di funzionamento del motore durante il funzionamento in modalità di servizio in modo da garantire che le informazioni non possano essere cancellate intenzionalmente.

Le autorità nazionali di controllo devono poter leggere tali registrazioni con uno scanner. ►**M2** Una descrizione delle modalità di accesso alle registrazioni e un metodo di lettura di tali registrazioni devono essere inclusi nella documentazione informativa di cui all'allegato I, parte A, del regolamento (UE) 2017/656. ◄

4.2.2.3. Attivazione della limitazione dell'operabilità

La limitazione dell'operabilità deve essere attivata automaticamente quando è attivata la modalità di servizio.

Se la modalità di servizio è attivata in conformità al punto 4.2.3 a causa di un malfunzionamento del sistema di rifornimento del gas, la limitazione dell'operabilità deve essere attivata entro 30 minuti di funzionamento dall'attivazione della modalità di servizio.

Se la modalità di servizio è attivata perché il serbatoio del gas è vuoto, la limitazione dell'operatività deve essere attivata contestualmente all'attivazione della modalità di servizio.

4.2.2.4. Disattivazione della limitazione dell'operabilità

Il sistema di limitazione dell'operabilità deve essere disattivato quando il veicolo cessa di funzionare in modalità di servizio.

4.2.3. Carburante gassoso non disponibile in modalità a doppia alimentazione

Per permettere alla macchina mobile non stradale di spostarsi a un luogo sicuro quando il serbatoio di carburante risulta vuoto o il sistema di rifornimento del gas riporta un malfunzionamento:

a) i motori a doppia alimentazione di tipo 1A e 2A devono attivare la modalità di servizio;

▼B

b) i motori a doppia alimentazione di tipo 1B, 2B e 3B devono funzionare in modalità a carburante liquido.

4.2.3.1. Carburante gassoso non disponibile: esaurimento del gas nel serbatoio

Se il serbatoio del carburante gassoso è vuoto, non appena il motore rileva questa condizione deve essere attivata la modalità di servizio o, a seconda di quanto specificato al punto 4.2.3, la modalità a carburante liquido.

Quando la disponibilità di gas nel serbatoio raggiunge nuovamente il livello che ha portato all'attivazione del sistema di allerta di serbatoio vuoto descritta al punto 4.3.2, la modalità di servizio può essere disattivata o, se del caso, può essere riattivata la modalità a doppia alimentazione.

4.2.3.2. Carburante gassoso non disponibile: malfunzionamento del sistema di rifornimento del gas

In caso di malfunzionamento del sistema di rifornimento del gas che rende non disponibile il carburante gassoso, deve essere attivata la modalità di servizio o, a seconda di quanto specificato al punto 4.2.3, la modalità a carburante liquido.

Non appena viene ripristinato il rifornimento di carburante gassoso la modalità di servizio può essere disattivata o, se del caso, può essere riattivata la modalità a doppia alimentazione.

4.3. Indicatori della doppia alimentazione

4.3.1. Indicatore della modalità di funzionamento a doppia alimentazione

La macchina mobile non stradale deve fornire all'operatore un segnale visivo della modalità di funzionamento del motore (modalità a doppia alimentazione, modalità a carburante liquido o modalità di servizio).

Le caratteristiche e la posizione di tale segnalatore visivo sono a discrezione dell'OEM e possono far parte di un sistema di segnalazione visiva preesistente.

Tale segnalatore può essere integrato da un dispositivo per la visualizzazione dei messaggi. Il sistema usato per visualizzare i messaggi di cui al presente punto può coincidere con quello usato per il sistema diagnostico di controllo degli NO_x o con quello di un altro sistema di manutenzione.

L'elemento visivo dell'indicatore della modalità di funzionamento a doppia alimentazione non può coincidere con quello usato per il sistema diagnostico di controllo degli NO_x o per altri scopi di manutenzione del motore.

Gli allarmi di sicurezza hanno sempre la priorità di visualizzazione rispetto alla spia della modalità di funzionamento.

4.3.1.1. L'indicatore della modalità di funzionamento a doppia alimentazione deve essere impostato sulla modalità di servizio non appena si attiva tale modalità (ossia prima che essa sia effettivamente attiva) e rimane così impostato fintantoché la modalità di servizio è attiva.

4.3.1.2. L'indicatore della modalità di funzionamento a doppia alimentazione deve essere impostato per almeno un minuto in modalità a doppia alimentazione o in modalità a carburante liquido non appena la modalità cambia da doppia alimentazione a carburante liquido o viceversa. È inoltre necessario che tale indicatore sia visualizzato con la chiave in posizione di contatto («on») o, su richiesta del costruttore, all'accensione del motore. L'indicatore può essere visualizzato anche su richiesta dell'operatore.

▼B

4.3.2. Sistema di allerta di serbatoio del gas vuoto (sistema di allerta della modalità a doppia alimentazione)

Le macchine mobili non stradali con un motore a doppia alimentazione devono essere dotate di un sistema di allerta della modalità a doppia alimentazione che avvisa il conducente quando il serbatoio del carburante gassoso è quasi vuoto.

Il sistema di allerta della modalità a doppia alimentazione deve rimanere attivo fino a che il serbatoio non sia riempito a un livello superiore rispetto a quello previsto per l'attivazione del sistema di allerta.

Il sistema di allerta della modalità a doppia alimentazione può essere temporaneamente interrotto da altri segnali di avvertimento che trasmettono messaggi importanti per la sicurezza.

Non deve essere possibile disattivare il sistema di allerta della modalità a doppia alimentazione con uno scanner se la causa dell'attivazione del segnale non è stata rettificata.

4.3.2.1. Caratteristiche del sistema di allerta della modalità a doppia alimentazione

Il sistema di allerta della modalità a doppia alimentazione deve consistere di un sistema di allerta visivo (immagini, pittogrammi, ecc.) a discrezione del costruttore.

Tale sistema può comprendere, sempre a discrezione del costruttore, una componente acustica. In tal caso, all'operatore è consentito sopprimere i segnali acustici.

L'elemento visivo dell'indicatore del sistema di allerta della modalità a doppia alimentazione non può coincidere con quello usato per il sistema diagnostico di controllo degli NO_x o per altri scopi di manutenzione del motore.

Inoltre, il sistema di allerta della modalità a doppia alimentazione può visualizzare messaggi brevi, tra cui messaggi che indicano chiaramente la distanza o il tempo residui prima che sia attivata la limitazione dell'operabilità.

Il sistema usato per visualizzare i messaggi di allerta o informazione di cui al presente punto può coincidere con quello usato per visualizzare i messaggi di allerta o informazione del sistema diagnostico di controllo degli NO_x o di altri scopi di manutenzione.

Le macchine mobili non stradali destinate ai servizi di soccorso o progettate e fabbricate per l'uso da parte delle forze armate, della protezione civile, dei servizi antincendio e dei servizi responsabili del mantenimento dell'ordine pubblico possono essere dotate di dispositivi che permettano all'operatore di attenuare le spie visive del sistema di allarme.

4.4. Coppia comunicata

4.4.1. Coppia comunicata di un motore a doppia alimentazione che funziona in modalità a doppia alimentazione

Quando un motore a doppia alimentazione funziona in modalità a doppia alimentazione:

a) la curva della coppia di riferimento deve essere quella ottenuta quando il motore è sottoposto a prova su un banco di prova in modalità a doppia alimentazione;

b) le coppie effettive registrate (coppia indicata e coppia di attrito) devono corrispondere al risultato della combustione di entrambi i carburanti e non devono coincidere con la coppia ottenuta quando il motore funziona esclusivamente a carburante liquido.

▼B

4.4.2. Coppia comunicata di un motore a doppia alimentazione che funziona in modalità a carburante liquido

Se un motore a doppia alimentazione funziona in modalità a carburante liquido, la curva della coppia di riferimento deve essere quella ottenuta quando il motore è sottoposto a prova su un banco di prova in modalità a carburante liquido.

4.5. Ulteriori requisiti

4.5.1. Se usate per un motore a doppia alimentazione, le strategie di adeguamento devono soddisfare oltre ai requisiti dell'allegato IV, anche i seguenti requisiti:

a) il motore deve sempre corrispondere al tipo di motore a doppia alimentazione (ossia tipo 1A, tipo 2B, ecc.) che è stato dichiarato per l'omologazione; e

▼M2

b) nel caso di un motore di tipo 2, la differenza tra il valore GER_{cycle} massimo e minimo all'interno della famiglia non deve mai superare l'intervallo specificato nell'allegato IX, punto 2.4.15, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656, tranne nei casi consentiti dal punto 3.1.

▼B

4.6. Conformemente agli allegati XIV e XV, l'omologazione è subordinata alla fornitura all'OEM e agli utilizzatori finali di istruzioni di installazione e funzionamento del motore a doppia alimentazione, compresa la modalità di servizio di cui al punto 4.2 e il sistema di indicatori della doppia alimentazione di cui al punto 4.3.

5. **Requisiti di prestazione**

5.1. I requisiti di prestazione, compresi i valori limite delle emissioni e i requisiti per l'omologazione UE applicabili ai motori a doppia alimentazione, coincidono con quelli di qualsiasi altro motore della rispettiva categoria di motori conformemente al presente regolamento e al regolamento (UE) 2016/1628, fatte salve le eccezioni previste al presente allegato.

5.2. Il limite degli idrocarburi (HC) per il funzionamento in modalità a doppia alimentazione deve essere determinato utilizzando il rapporto energetico a gas (GER) medio nell'arco del ciclo di prova specificato di cui all'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628.

5.3. I requisiti tecnici relativi alle strategie di controllo delle emissioni, compresa la documentazione necessaria a dimostrare tali strategie, le disposizioni tecniche antimanomissione e il divieto di utilizzare dispositivi di manipolazione coincidono con quelli della rispettiva categoria di motori di cui all'allegato IV.

5.4. I requisiti tecnici dettagliati relativi alla superficie associata al pertinente ciclo NRSC, nell'ambito del quale viene controllata la quantità ammessa di emissioni eccedente i limiti di emissione stabiliti nell'allegato II del regolamento (UE) 2016/1628 coincidono con quelli di qualsiasi altro motore della rispettiva categoria di motori di cui all'allegato IV.

6. **Requisiti di dimostrazione**

6.1. I requisiti di dimostrazione applicabili ai motori a doppia alimentazione, coincidono con quelli di qualsiasi altro motore della rispettiva categoria di motori di cui al presente regolamento e al regolamento (UE) 2016/1628, fatte salve le eccezioni previste nella parte 6.

▼B

6.2. La conformità ai valori limite applicabili deve essere dimostrata nella modalità a doppia alimentazione.

6.3. Per i tipi di motore a doppia alimentazione che prevedono una modalità a carburante liquido (ossia i tipi 1B, 2B e 3B) deve essere dimostrata anche la conformità con i valori limite applicabili anche per la modalità a carburante liquido.

6.4. Requisiti di dimostrazione aggiuntivi per i motori di tipo 2

▼M2

6.4.1. Il costruttore deve presentare all'autorità di omologazione prove attestanti che la differenza tra i valori GER_{cycle} riferita a tutti i membri della famiglia di motori a doppia alimentazione rimane nell'intervallo specificato nell'allegato IX, punto 2.4.15, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656 o, nel caso di motori con un GER_{cycle} regolabile manualmente, che soddisfa i requisiti di cui al punto 6.5 (ad esempio mediante algoritmi, analisi funzionali, calcoli, simulazioni, risultati di prove precedenti ecc.).

▼B

6.5. Requisiti di dimostrazione aggiuntivi per i motori dotati di un GER_{cycle} regolabile manualmente

6.5.1. La conformità ai valori limite applicabili deve essere dimostrata al valore minimo e al valore massimo del GER_{cycle} ammesso dal costruttore.

6.6. Requisiti di dimostrazione della durevolezza di un motore a doppia alimentazione

6.6.1. Si applicano le disposizioni dell'allegato III.

6.7. Dimostrazione degli indicatori della modalità a doppia alimentazione, del sistema di allerta e della limitazione dell'operabilità

6.7.1. Nella domanda di omologazione a norma del presente regolamento, il costruttore deve dimostrare il funzionamento degli indicatori della modalità a doppia alimentazione, del sistema di allerta e della limitazione dell'operabilità conformemente alle disposizioni dell'appendice 1.

▼M2

6.8. Documentazione della dimostrazione

La dimostrazione effettuata conformemente ai punti da 6.1 a 6.7.1 deve essere documentata da una relazione dimostrativa che deve:

a) descrivere la dimostrazione eseguita, compreso il ciclo di prova applicabile;

b) essere inclusa nella documentazione informativa di cui all'allegato I, parte A, del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656.

▼B

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

7.1. L'allegato IV (requisiti tecnici per le misure di controllo degli NO_x) si applica a tutti i motori a doppia alimentazione, funzionanti sia in modalità a doppia alimentazione, sia in modalità a carburante liquido.

7.2. Ulteriori requisiti per il controllo degli NO_x per i motori a doppia alimentazione di tipo 1B, 2B e 3B

7.2.1. La coppia considerata per l'applicazione del sistema di persuasione di livello «grave» di cui all'allegato IV, appendice 1, punto 5.4, deve coincidere con la coppia più bassa ottenuta nella modalità a carburante liquido e a doppia alimentazione.

7.2.2. Un possibile influsso della modalità di funzionamento sulla rilevazione di malfunzionamenti non può essere usato per estendere il tempo fino all'attivazione del sistema di persuasione.

▼B

7.2.3. In caso di malfunzionamenti la cui rilevazione non dipende dalla modalità di funzionamento del motore, i meccanismi specificati nell'allegato IV, appendice 1, associati allo stato del DTC non devono dipendere dalla modalità di funzionamento del motore (per esempio, se un DTC ha raggiunto lo stato di «potenziale» in modalità a doppia alimentazione, quando lo stesso guasto si ripresenterà il DTC otterrà lo stato di «confermato e attivo», anche se la modalità di funzionamento è quella del carburante liquido).

7.2.4. Nel caso di malfunzionamenti la cui rilevazione dipende dalla modalità di funzionamento del motore, i DTC non ottengono uno stato precedentemente attivo in una modalità di funzionamento diversa da quella in cui hanno ottenuto lo stato di «confermato e attivo».

7.2.5. Una variazione della modalità di funzionamento (dalla modalità a doppia alimentazione alla modalità a carburante liquido o viceversa) non deve arrestare né comportare la reimpostazione dei meccanismi attuati per soddisfare le prescrizioni dell'allegato IV (ad es. i contatori). Tuttavia, nel caso in cui uno di questi meccanismi (per esempio, un sistema diagnostico) dipenda dalla modalità di funzionamento effettiva, il contatore associato a tale meccanismo può, su richiesta del costruttore e previa approvazione dell'autorità di omologazione:

a) fermarsi e, se del caso, mantenere il proprio valore attuale quando cambia la modalità di funzionamento;

b) ripartire e, se del caso, continuare il conteggio dal momento in cui si è arrestato quando la modalità di funzionamento passa nuovamente alla modalità di funzionamento precedente.

▼B

Appendice 1

Indicatori della modalità a doppia alimentazione, sistema di allerta e limitazione dell'operabilità dei motori a doppia alimentazione — Requisiti di dimostrazione

1. **Indicatori della doppia alimentazione**

1.1. Indicatore della modalità di funzionamento a doppia alimentazione

La capacità del motore di ordinare l'attivazione dell'indicatore della modalità a doppia alimentazione quando funziona in tale modalità deve essere dimostrata in sede di omologazione UE.

1.2. Indicatore della modalità a carburante liquido

Nel caso dei motori a doppia alimentazione di tipo 1B, 2B o 3B la capacità del motore di ordinare l'attivazione dell'indicatore della modalità a carburante liquido quando funziona in tale modalità deve essere dimostrata in sede di omologazione UE.

1.3. Indicatore della modalità di servizio

La capacità del motore di ordinare l'attivazione dell'indicatore della modalità di servizio quando funziona in tale modalità deve essere dimostrata in sede di omologazione UE.

1.3.1. Per eseguire la dimostrazione relativa all'indicatore della modalità di servizio è sufficiente attivare l'apposito interruttore e fornire all'autorità di omologazione prove che confermino che questa operazione si verifica quando il motore stesso richiede la modalità di servizio (per esempio, algoritmi, simulazioni, risultati di prove interne, ecc.).

2. **Sistema di allerta**

La capacità del motore di ordinare l'attivazione del sistema di allerta quando la quantità di carburante gassoso presente nel serbatoio scende al di sotto del livello di allerta deve essere dimostrata in sede di omologazione UE. A tal fine l'effettiva quantità di carburante gassoso può essere simulata.

3. **Limitazione dell'operabilità**

Nel caso dei motori a doppia alimentazione di tipo 1A o 2A la capacità del motore di ordinare l'attivazione della limitazione dell'operabilità quando rileva che il serbatoio del carburante gassoso è vuoto o il sistema di rifornimento del gas riporta un malfunzionamento deve essere dimostrata in sede di omologazione UE. A tal fine il livello di carburante gassoso nel serbatoio e il malfunzionamento del sistema di rifornimento di gas possono essere simulati.

3.1. È sufficiente eseguire la dimostrazione mediante un esempio di utilizzo tipico scelto d'accordo con l'autorità di omologazione e fornire a tale autorità prove che confermino che la limitazione dell'operabilità si verifica negli altri casi di uso possibili (per esempio, mediante algoritmi, simulazioni, risultati di prove interne, ecc.).

▼B

Appendice 2

Requisiti per la procedura di prova delle emissioni per i motori a doppia alimentazione

1. **Aspetti generali**

Il presente punto definisce i requisiti aggiuntivi e le eccezioni al presente allegato per rendere possibile lo svolgimento di prove delle emissioni sui motori a doppia alimentazione, indipendentemente dal fatto che le emissioni siano esclusivamente emissioni di gas di scarico o siano emissioni di gas di scarico associate a emissioni del basamento, a norma dell'allegato VI, punto 6.10. Nel caso in cui non sia elencato alcun requisito aggiuntivo o alcuna eccezione, i requisiti del presente regolamento si applicano ai motori a doppia alimentazione allo stesso modo rispetto a qualsiasi altro tipo di motore omologato o famiglia di motori omologata a norma del regolamento (UE) 2016/1628.

Lo svolgimento delle prove delle emissioni di un motore a doppia alimentazione è complicato dal fatto che il carburante usato dal motore può variare da un carburante liquido puro a una combinazione di carburante prevalentemente gassoso con un quantitativo soltanto minimo di carburante liquido come fonte di accensione. Il rapporto tra i carburanti usati da un motore a doppia alimentazione può anche cambiare in modo dinamico, in base alla condizione di funzionamento del motore. Di conseguenza, sono necessarie precauzioni e limitazioni speciali per consentire lo svolgimento delle prove delle emissioni su questi motori.

2. **Condizioni di prova**

Si applicano le disposizioni dell'allegato VI, parte 6.

3. **Procedure di prova**

Si applicano le disposizioni dell'allegato VI, parte 7.

4. **Procedure di misurazione**

Si applicano le disposizioni dell'allegato VI, parte 8, fatte salve le eccezioni previste dalla presente appendice.

Una procedura di misurazione con diluzione a flusso pieno per i motori a doppia alimentazione è illustrata nell'allegato VI, figura 6.6 (sistema CVS).

La garanzia offerta da questo metodo di misurazione è che la variazione della composizione del carburante durante la prova interferisca principalmente con i risultati di misurazione degli idrocarburi. ►**M2** Tale interferenza deve essere compensata con uno dei metodi descritti al punto 7. ◄

Le misurazioni dei gas di scarico grezzi/flusso parziale illustrate nell'allegato VI, figura 6.7 possono essere usate con alcune precauzioni per quanto riguarda i metodi di determinazione e calcolo della portata massica dei gas di scarico.

5. **Apparecchi di misurazione**

Si applicano le disposizioni dell'allegato VI, parte 9.

6. **Misurazione del numero di particelle nelle emissioni**

Si applicano le disposizioni dell'allegato VI, appendice 1.

7. **Calcolo delle emissioni**

Il calcolo delle emissioni deve essere eseguito in conformità all'allegato VII, fatte salve le eccezioni previste nella presente parte. I requisiti aggiuntivi di cui al punto 7.1 si applicano per i calcoli basati sulla massa mentre i requisiti aggiuntivi di cui al punto 7.2 si applicano per i calcoli basati sulla mole.

▼B

Il calcolo delle emissioni richiede che sia nota la composizione dei carburanti utilizzati. Quando un carburante gassoso è fornito corredato di un certificato che ne confermi le proprietà (ad es. gas in bombole) è ammesso l'utilizzo della composizione specificata dal fornitore. Se la composizione del carburante non è nota (ad es. gas da gasdotto), essa deve essere analizzata almeno prima e dopo l'esecuzione della prova delle emissioni. Devono essere ammesse analisi più frequenti e i risultati devono essere usati per il calcolo.

Se si usa il rapporto energetico a gas (GER), esso deve essere coerente con la definizione di cui all'articolo 3, paragrafo 2, del regolamento (UE) 2016/1628 e con le disposizioni specifiche sui limiti totali degli idrocarburi (HC) per motori alimentati interamente o parzialmente a gas di cui all'allegato II del medesimo regolamento. Il valore medio di GER nell'arco del ciclo si calcola con uno dei metodi descritti di seguito:

a) per i cicli NRTC e RMC NRSC, dividendo la somma del GER a ciascun punto di misurazione per il numero di punti di misurazione;

b) per i cicli NRSC in modalità discreta, moltiplicando il GER medio per ciascuna modalità di prova per il fattore di ponderazione pertinente per la modalità e calcolando la somma di tutte le modalità. I fattori di ponderazione devono essere desunti dall'allegato VXII, appendice 1, per il ciclo applicabile.

7.1. Calcolo delle emissioni massiche

Si applicano le disposizioni dell'allegato VII, parte 2, fatte salve le eccezioni previste dalla presente appendice.

7.1.1. Correzione secco/umido

7.1.1.1. Gas di scarico grezzo

Per calcolare la correzione secco/umido si usano le equazioni 7-3 e 7-4 dell'allegato VII.

I parametri specifici per il rispettivo carburante si determinano conformemente al punto 7.1.5.

7.1.1.2. Gas di scarico diluiti

Per calcolare la correzione secco/umido si usa l'equazione 7-3 insieme all'equazione 7-25 oppure 7-26 dell'allegato VII.

Per la correzione secco/umido si ricorre al rapporto molare dell'idrogeno α della combinazione dei due carburanti. Tale rapporto molare dell'idrogeno si calcola in base ai valori misurati del consumo di carburante di entrambi i carburanti, conformemente al punto 7.1.5.

7.1.2. Correzione degli NO_x in funzione dell'umidità

Si usa la correzione degli NO_x in funzione dell'umidità per i motori ad accensione spontanea specificata nell'equazione 7-9 dell'allegato VII.

7.1.3. Diluizione a flusso parziale (PFS) e misurazione del gas grezzo

7.1.3.1. Determinazione della portata massica dei gas di scarico

La portata massica dei gas di scarico si determina usando un flussimetro dei gas di scarico grezzi come descritto nell'allegato VI, punto 9.4.5.3.

▼B

In alternativa è possibile utilizzare il metodo della misurazione della portata d'aria e del rapporto aria/carburante con le equazioni da 7-17 a 7-19 dell'allegato VII se i valori di α, γ, δ e ε sono determinati conformemente al punto 7.1.5.3. Non è ammesso l'uso di un sensore del tipo ad ossido di zirconio per determinare il rapporto aria/carburante.

Nel caso di motori di prova sottoposti a cicli di prova stazionari solo la portata dei gas di scarico può essere determinata con il metodo della misurazione del rapporto aria/carburante con l'equazione 7-15 dell'allegato VII.

7.1.3.2. Determinazione dei componenti gassosi

Si applicano le disposizioni dell'allegato VII, punto 2.1, fatte salve le eccezioni previste nella presente parte.

La possibile variazione nella composizione del carburante influisce su tutti i fattori u_{gas} e rapporti dei componenti molari usati nei calcoli delle emissioni. Per determinare i fattori u_{gas} e rapporti dei componenti molari si usa, a discrezione del costruttore, uno dei seguenti approcci:

a) le equazioni esatte di cui ai all'allegato VII, punti 2.1.5.2 or 2.2.3 si usano per calcolare i valori istantanei di u_{gas} ricorrendo alle proporzioni istantanee del carburante liquido e gassoso (determinate in base alla misurazione o al calcolo del consumo istantaneo di carburante) e ai rapporti dei componenti molari determinati conformemente al punto 7.1.5; oppure

b) se il calcolo basato sulla massa di cui all'allegato VII, parte 2, è usato per il caso specifico dei motori a doppia alimentazione che funzionano con carburante gassoso e diesel, è possibile ricorrere ai valori tabulati dei rapporti dei componenti molari e di u_{gas}. I valori tabulati si applicano nel modo seguente:

   i. per i motori che funzionano durante il ciclo di prova con un rapporto energetico a gas medio pari o superiore al 90 % (GER $\geq$ 0,9), i valori necessari devono essere quelli dei carburanti gassosi di cui alle tabelle 7.1 e 7.2 dell'allegato VII;

   ii. per i motori che funzionano durante il ciclo di prova con un rapporto energetico a gas medio compreso tra il 10 % e il 90 % (0,1 < GER < 0,9), si suppone che i valori necessari devono siano rappresentati da quelli di una miscela composta al 50 % da carburanti gassosi e al 50 % da carburanti diesel di cui alle tabelle 8.1 e 8.2 dell'allegato VII;

   iii. per i motori che funzionano durante il ciclo di prova con un rapporto energetico a gas medio pari o inferiore al 10 % (GER $\leq$ 0,1), i valori necessari devono essere quelli dei carburanti diesel di cui alle tabelle 7.1 e 7.2 dell'allegato VII;

   iv. per il calcolo delle emissioni di HC si usa il valore di u_{gas} del carburante gassoso in tutti i casi, a prescindere dal rapporto energetico a gas (GER) medio.

▼B

Tabella 8.1

Rapporti dei componenti molari per una miscela al 50 % di carburante gassoso e al 50 % di carburante diesel [% massa]

Carburante gassoso	α	γ	δ	ε
CH_4	2,8681	0	0	0,0040
G_R	2,7676	0	0	0,0040
G_{23}	2,7986	0	0,0703	0,0043
G_{25}	2,7377	0	0,1319	0,0045
Propano	2,2633	0	0	0,0039
Butano	2,1837	0	0	0,0038
GPL	2,1957	0	0	0,0038
Carburante GPL A	2,1740	0	0	0,0038
Carburante GPL B	2,2402	0	0	0,0039

7.1.3.2.1. Massa per prova di un'emissione gassosa

▼M2

Qualora siano usate le equazioni esatte per il calcolo dei valori istantanei di u_{gas} conformemente al punto 7.1.3.2, lettera a), nel calcolare la massa per prova di un'emissione gassosa per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC, si include il valore u_{gas} nella sommatoria dell'equazione 7-2 di cui all'allegato VII, punto 2.1.2, per mezzo dell'equazione 8-1:

▼B

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot \sum_{i=1}^{N} (u_{gas,i} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i}) \qquad (8\text{-}1)$$

dove:

$u_{gas,i}$ è il valore istantaneo di u_{gas}

I restanti termini dell'equazione sono quelli stabiliti all'allegato VII, punto 2.1.2.

Tabella 8.2

Valori u_{gas} e densità dei componenti dei gas di scarico grezzi per una miscela al 50 % di carburante gassoso e al 50 % di carburante diesel [% massa]

Carburante gassoso	Gas						
	r_e	NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
				$r_{gas\ [kg/m^3]}$			
		2,053	1,250	([a])	1,9636	1,4277	0,716
				u_{gas} ([b])			
GNC/GNL ([c])	1,2786	0,001606	0,000978	0,000528 ([d])	0,001536	0,001117	0,000560
Propano	1,2869	0,001596	0,000972	0,000510	0,001527	0,001110	0,000556
Butano	1,2883	0,001594	0,000971	0,000503	0,001525	0,001109	0,000556
GPL ([e])	1,2881	0,001594	0,000971	0,000506	0,001525	0,001109	0,000556

([a]) A seconda del carburante
([b]) A λ = 2, aria secca, 273 K; 101,3 kPa.
([c]) *u* accurato entro lo 0,2 % per una composizione di massa di: C = 58 — 76 %; H = 19 — 25 %; N = 0 — 14 % (CH_4, G_{20}, G_{23}, e G_{25})
([d]) NMHC sulla base di $CH_{2,93}$ (per gli HC totali deve essere usato il coefficiente u_{gas} di CH_4)
([e]) *u* accurato entro lo 0,2 % per una composizione di massa di: C_3 = 27 — 90 %; C4 = 10-73 % (carburanti GPL A e B)

▼B

7.1.3.3. Determinazione del particolato

Il calcolo per la determinazione delle emissioni di particolato con il metodo della misurazione della diluizione parziale si esegue con le equazioni di cui all'allegato VII, punto 2.3.

▼M2

Per il controllo del rapporto di diluizione si applicano i requisiti di cui all'allegato VI, punto 8.2.1.2. In particolare, se il tempo di trasformazione combinato della misurazione del flusso dei gas di scarico e del sistema a flusso parziale è superiore a 0,3 secondi, si usa il controllo look-ahead basato su un ciclo di prova preregistrato. In questo caso il tempo di salita combinato deve essere $\leq$ 1 s e il tempo di ritardo combinato $\leq$ 10 s. Tranne quando misurata direttamente, la portata massica dei gas di scarico si determina usando i valori α, γ, δ e ε calcolati conformemente al punto 7.1.5.3.

▼B

Per ogni misurazione devono essere effettuati i controlli di qualità conformemente all'allegato VI, punto 8.2.1.2.

7.1.3.4. Requisiti aggiuntivi per il flussimetro usato per misurare la portata massica dei gas di scarico

►M2 Il flussimetro di cui all'allegato VI, punti 9.4.5.3 e 9.4.5.4, non deve essere sensibile alle variazioni nella composizione e nella densità dei gas di scarico. ◄ I piccoli errori di misurazione, per esempio dovuti al tubo di Pitot o al tipo di orifizio (equivalenti alla radice quadrata della densità dei gas di scarico), sono trascurabili.

7.1.4. Misurazione con diluizione a flusso totale (CVS)

Si applicano le disposizioni dell'allegato VII, punto 2.2, fatte salve le eccezioni previste nella presente parte.

La possibile variazione nella composizione del carburante influisce principalmente sul valore tabulato u_{gas} relativo agli idrocarburi. Le equazioni esatte si usano per il calcolo delle emissioni di idrocarburi, ricorrendo ai rapporti dei componenti molari ottenuti dalle misurazioni del consumo di entrambi i carburanti conformemente al punto 7.1.5.

▼M2

7.1.4.1. Determinazione delle concentrazioni corrette in funzione del fondo

▼B

Per determinare il fattore stechiometrico, il rapporto molare dell'idrogeno α del carburante deve essere calcolato come rapporto molare dell'idrogeno medio della miscela di carburanti durante la prova, conformemente al punto 7.1.5.3.

In alternativa, nell'equazione 7-28 dell'allegato VII è possibile usare il valore F_s del carburante gassoso.

7.1.5. Determinazione dei rapporti dei componenti molari

7.1.5.1. Aspetti generali

La presente parte si usa per determinare i rapporti dei componenti molari quando la miscela di carburante è nota (metodo esatto).

▼M2

7.1.5.2. Calcolo dei componenti della miscela di carburanti

Le equazioni da 8-2 a 8-7 si usano per calcolare la composizione degli elementi della miscela di carburanti:

▼**M2**

$$q_{mf} = q_{mf1} + q_{mf2} \quad (8\text{-}2)$$

$$w_H = \frac{w_{H1} \times q_{mf1} + w_{H2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}3)$$

$$w_C = \frac{w_{C1} \times q_{mf1} + w_{C2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}4)$$

$$w_S = \frac{w_{S1} \times q_{mf1} + w_{S2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}5)$$

$$w_N = \frac{w_{N1} \times q_{mf1} + w_{N2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}6)$$

$$w_O = \frac{w_{O1} \times q_{mf1} + w_{O2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}7)$$

dove:

q_{mf1} è la portata massica del carburante 1 [kg/s]

q_{mf2} è la portata massica del carburante 2 [kg/s]

w_H è il tenore di idrogeno nel carburante [% massa]

w_C è il tenore di carbonio nel carburante [% massa]

w_S è il tenore di zolfo nel carburante [% massa]

w_N è il tenore di azoto nel carburante [% massa]

w_O è il tenore di ossigeno nel carburante [% massa]

7.1.5.3. Calcolo dei rapporti molari di H, C, S, N e O in relazione a C nella miscela di carburanti

Il calcolo dei rapporti atomici (in special modo il rapporto H/C α) è indicato nell'allegato VII e si calcola per mezzo delle equazioni da 8-8 a 8-11:

$$\alpha = 11{,}9164 \cdot \frac{w_H}{w_C} \quad (8\text{-}8)$$

$$\gamma = 0{,}37464 \cdot \frac{w_S}{w_C} \quad (8\text{-}9)$$

$$\delta = 0{,}85752 \cdot \frac{w_N}{w_C} \quad (8\text{-}10)$$

$$\varepsilon = 0{,}75072 \cdot \frac{w_O}{w_C} \quad (8\text{-}11)$$

dove:

w_H è il tenore di idrogeno nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]

w_C è il tenore di carbonio nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]

w_S è il tenore di zolfo nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]

w_N è il tenore di azoto nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]

w_O è il tenore di ossigeno nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]

α è il rapporto molare dell'idrogeno (H/C)

γ è il rapporto molare dello zolfo (S/C)

δ è il rapporto molare dell'azoto (N/C)

ε è il rapporto molare dell'ossigeno (O/C)

riferito a un carburante $CH\alpha O\varepsilon N\delta S\gamma$

▼B

7.2. Calcolo delle emissioni molari

Si applicano le disposizioni dell'allegato VII, parte 3, fatte salve le eccezioni previste nella presente parte.

7.2.1. Correzione degli NO_x in funzione dell'umidità

Si usa l'equazione 7-102 dell'allegato VII (correzione per i motori ad accensione spontanea).

7.2.2. Determinazione della portata massica dei gas di scarico senza l'uso di un flussimetro dei gas di scarico grezzi

Si usa l'equazione 7-112 dell'allegato VII (calcolo della portata molare in base all'aria di aspirazione). In alternativa si può usare l'equazione 7-113 dell'allegato VII (calcolo della portata molare in base alla portata massica del carburante) per le prove con ciclo NRSC.

7.2.3. Determinazione dei rapporti dei componenti molari per i componenti gassosi

Per determinare i rapporti dei componenti molari si usa l'approccio esatto utilizzando le proporzioni istantanee del carburante liquido e gassoso determinate in base alla misurazione o al calcolo del consumo istantaneo di carburante. ►M2 I rapporti dei componenti molari istantanei devono essere inseriti nelle equazioni 7-88, 7-90 e 7-91 dell'allegato VII per il calcolo dell'equilibrio chimico continuo. ◄

La determinazione dei rapporti dei componenti molari si esegue conformemente al punto 7.2.3.1 o al punto 7.1.5.3.

I carburanti gassosi, siano essi miscelati o estratti da un gasdotto, possono contenere una parte significativa di costituenti inerti come CO_2 e N_2. Il costruttore deve includere questi costituenti nei calcoli del rapporto atomico descritti al punto 7.2.3.1 o al punto 7.1.5.3, a seconda dei casi, oppure può, in alternativa, escludere i costituenti inerti dai rapporti atomici e distribuirli nella maniera appropriata tra i parametri dell'equilibrio chimico dell'aria di aspirazione x_{O2int}, x_{CO2int}, e x_{H2Oint} di cui all'allegato VII, punto 3.4.3.

7.2.3.1. Determinazione dei rapporti dei componenti molari

I rapporti dei componenti molari istantanei del numero atomico di idrogeno, ossigeno, zolfo e azoto rispetto agli atomi di carbonio nella miscela di carburanti per motori a doppia alimentazione si calcola con le equazioni da 8-12 a 8-15:

$$\alpha\,(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{H,liquid}}{M_H} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{H,gas}}{M_H}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_{\,\mathrm{C}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{H,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{H,gas})]}{M_{\,\mathrm{H}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})]} \tag{8-12}$$

$$\beta\,(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{O,liquid}}{M_O} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{O,gas}}{M_O}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_{\,\mathrm{C}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{O,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{O,gas})]}{M_{\,\mathrm{O}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})]} \tag{8-13}$$

$$\gamma\,(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{S,liquid}}{M_S} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{S,gas}}{M_S}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_{\,\mathrm{C}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{S,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{S,gas})]}{M_{\,\mathrm{S}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})]} \tag{8-14}$$

$$\delta\,(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{N,liquid}}{M_N} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{N,gas}}{M_N}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_{\,\mathrm{C}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{N,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{N,gas})]}{M_{\,\mathrm{N}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})]} \tag{8-15}$$

dove:

$w_{i,fuel}$ = frazione di massa dell'elemento in questione C, H, O, S o N, del carburante liquido o gassoso

▼B

$\dot{m}_{liquid}(t)$ = portata massica istantanea del carburante liquido al tempo t, [kg/hr]

$\dot{m}_{gas}\ (t)$ = portata massica istantanea del carburante gassoso al tempo t, [kg/hr]

▼M2

Nei casi in cui la portata massica dei gas di scarico è calcolata in base alla portata della miscela di carburanti, il valore w_c nell'equazione 7-113 dell'allegato VII si calcola per mezzo dell'equazione 8-16:

▼B

$$w_{C} = \frac{\dot{m}_{liquid} \times w_{C,liquid} + \dot{m}_{gas} \times w_{C,gas}}{\dot{m}_{liquid} + \dot{m}_{gas}} \quad (8\text{-}16)$$

dove:

w_C = frazione di massa del carbonio nel carburante diesel o gassoso

$\dot{m}_{liquid}$ = portata massica del carburante liquido [kg/hr]

$\dot{m}_{gas}$ = portata massica del carburante gassoso [kg/hr]

7.3. Determinazione della CO_2

Si applicano le disposizioni dell'allegato VII tranne nel caso in cui il motore è sottoposto a prova con i cicli di prova transitori (NRTC and LSI-NRTC) o RMC con campionamento del gas grezzo.

7.3.1. Determinazione della CO_2 quando il motore è sottoposto a prova con i cicli di prova transitori (NRTC and LSI-NRTC) o RMC con campionamento del gas grezzo.

Non si applica il calcolo delle emissioni di CO_2 in base alla misurazione della CO_2 presente nei gas di scarico di cui all'allegato VII. Si applicano invece le disposizioni descritte di seguito:

Il consumo medio di carburante misurato durante le prove si determina in base alla somma dei valori istantanei nell'arco del ciclo e si usa come base per il calcolo delle emissioni di CO_2 medie nelle prove.

La massa di ciascun carburante consumato si usa per determinare, conformemente al punto 7.1.5, il rapporto molare dell'idrogeno nel carburante e le frazioni massiche della miscela di carburanti durante la prova.

La massa totale corretta di entrambi i carburanti $m_{fuel,corr}$ [g/prova] e le emissioni massiche di CO_2 calcolate in base al valore $m_{CO2,\ fuel}$ [g/prova] del carburante si calcolano con le equazioni 8-17 e 8-18:

$$m_{\ fuel,corr} = m_{\ fuel} - \left(m_{\ THC} + \frac{A_{\ C} + a \cdot A_{\ H}}{M_{\ CO}} x m_{\ CO} + \frac{W_{\ GAM} + W_{\ DEL} + W_{\ EPS}}{100} \cdot m_{\ fuel} \right) \quad (8\text{-}17)$$

$$m_{\ CO_2 fuel} = \frac{M_{\ CO_2}}{A_{\ C} + a + A_{\ H}} \cdot m_{\ fuel,corr} \quad (8\text{-}18)$$

dove:

m_{fuel} = massa totale dei due carburanti [g/prova]

m_{THC} = massa delle emissioni di idrocarburi totali nei gas di scarico [g/prova]

m_{CO} = massa delle emissioni di monossido di carbonio nei gas di scarico [g/prova]

▼B

w_{GAM} = tenore di zolfo nei carburanti [% massa]

w_{DEL} = tenore di azoto nei carburanti [% massa]

w_{EPS} = tenore di ossigeno nel carburante [% massa]

α = rapporto molare dell'idrogeno dei carburanti (H/C) [-]

A_C = massa atomica del carbonio: 12,011 [g/mol]

A_H = massa atomica dell'idrogeno: 1,0079 [g/mol]

M_{CO} = massa molecolare del monossido di carbonio: 28,011 [g/mol]

M_{CO2} = massa molecolare del biossido di carbonio: 44,01 [g/mol]

Le emissioni di CO_2 derivate dall'urea $m_{CO2,urea}$ [g/prova] si calcolano con l'equazione 8-19:

$$m_{CO_2,urea} = \frac{c_{urea}}{100} \times \frac{M_{CO2}}{M_{CO(NH_2)_2}} \times m_{urea} \quad (8\text{-}19)$$

dove:

c_{urea} = concentrazione di urea [%]

m_{urea} = consumo totale di massa dell'urea [g/prova]

$M_{CO(NH2)2}$ = massa molecolare dell'urea; 60,056 [g/mol]

Le emissioni totali di CO_2 m_{CO2} [g/prova] si calcolano con l'equazione 8-20:

$$m_{CO2} = m_{CO2,fuel} + m_{CO2,urea} \quad (8\text{-}20)$$

Le emissioni totali di CO_2 calcolate con l'equazione 8-20 si usano per il calcolo delle emissioni di CO_2 specifiche al freno e_{CO2} [g/kWh] di cui all'allegato VII, punto 2.4.1.1 o 3.8.1.1. Laddove applicabile, la correzione dei CO_2 nei gas di scarico derivanti dalla CO_2 presente nel carburante gassoso si esegue conformemente alle disposizioni dell'allegato IX, appendice 3.

▼B

Appendice 3

Tipi di motore a doppia alimentazione che funzionano con gas naturale/biometano o GPL e un carburante liquido — riepilogo delle definizioni e dei principali requisiti

Tipo di doppia alimentazione	GER_{cycle}	Regime minimo a carburante liquido	Riscaldamento a carburante liquido	Funzionamento a carburante liquido	Funzionamento in mancanza di gas	Osservazioni
1A	$GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$ oppure $GER_{NRSC,} \geq 0{,}9$	NON consentito	Consentito solo in modalità di servizio	Consentito solo in modalità di servizio	Modalità di servizio	
1B	$GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$ oppure $GER_{NRSC} \geq 0{,}9$	Consentito solo in modalità a carburante liquido	Consentito solo in modalità a carburante liquido	Consentito solo in modalità a carburante liquido e di servizio	Modalità a carburante liquido	
2A	$0{,}1 < GER_{NRTC,\ hot} < 0{,}9$ oppure $0{,}1 < GER_{NRSC} < 0{,}9$	Consentito	Consentito solo in modalità di servizio	Consentito solo in modalità di servizio	Modalità di servizio	$GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$ oppure $GER_{NRSC} \geq 0{,}9$ Consentito
2B	$0{,}1 < GER_{NRTC,\ hot} < 0{,}9$ oppure $0{,}1 < GER_{NRSC} < 0{,}9$	Consentito	Consentito	Consentito	Modalità a carburante liquido	$GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$ oppure $GER_{NRSC} \geq 0{,}9$ Consentito
3A	Non definito né consentito					
3B	$GER_{NRTC,\ hot} \leq 0{,}1$ oppure $GER_{NRSC} \leq 0{,}1$	Consentito	Consentito	Consentito	Modalità a carburante liquido	

▼B

ALLEGATO IX

Carburanti di riferimento

1. **Dati tecnici dei carburanti usati nelle prove dei motori ad accensione spontanea**

1.1. Tipo: Diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali)

Parametro	Unità	Limiti (1)		Metodo di prova
		Minimo	Massimo	
Numero di cetano (2)		45	56,0	EN-ISO 5165
Densità a 15 °C	kg/m^3	833	865	EN-ISO 3675
Distillazione:				
punto 50 %	°C	245	—	EN-ISO 3405
punto 95 %	°C	345	350	EN-ISO 3405
— Punto di ebollizione finale	°C	—	370	EN-ISO 3405
Punto di infiammabilità	°C	55	—	EN 22719
Punto di intasamento a freddo dei filtri (CFPP)	°C	—	– 5	EN 116
Viscosità a 40 °C	mm^2/s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Idrocarburi policiclici aromatici	% m/m	2,0	6,0	IP 391
Tenore di zolfo (3)	mg/kg	—	10	ASTM D 5453
Corrosione del rame		—	classe 1	EN-ISO 2160
Residuo carbonioso Conradson (10 % DR)	% m/m	—	0,2	EN-ISO 10370
Tenore di ceneri	% m/m	—	0,01	EN-ISO 6245
Contaminazione totale	mg/kg	—	24	EN 12662
Tenore di acqua	% m/m	—	0,02	EN-ISO 12937
Indice di neutralizzazione (acidità forte)	mg KOH/g	—	0,10	ASTM D 974
Stabilità all'ossidazione (3)	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205
Potere lubrificante (indice di usura HFRR a 60 °C)	µm	—	400	CEC F-06-A-96
Stabilità all'ossidazione a 110 °C (3)	H	20,0	—	EN 15751
FAME	% v/v	—	7,0	EN 14078

(1) I valori indicati nelle specifiche sono «valori effettivi». Per la definizione dei loro valori limite è stata applicata la norma ISO 4259 «Prodotti petroliferi. Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova» e per fissare un valore minimo si è tenuto conto di una differenza minima di 2R sopra lo zero; per fissare un valore minimo e uno massimo, la differenza minima è 4R (R = riproducibilità).
Nonostante questa misura, necessaria per ragioni tecniche, il produttore del carburante deve cercare di ottenere un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R o un valore medio se sono indicati i limiti massimo e minimo. Qualora sia necessario verificare la conformità di un carburante alle specifiche, si applica la norma ISO 4259.

(2) Il campo di variazione del numero di cetano non è conforme al requisito di un campo di variazione minimo di 4R. In caso di controversia tra il fornitore e l'utilizzatore del carburante, può essere tuttavia applicata la norma ISO 4259, a condizione di effettuare ripetute misurazioni, in numero sufficiente ad ottenere l'accuratezza necessaria, anziché ricorrere a una misurazione unica.

(3) Anche se la stabilità all'ossidazione è controllata, è probabile che la durata di conservazione sia limitata. È opportuno consultare il fornitore circa le condizioni e la durata dello stoccaggio.

▼B

1.2. Tipo: Etanolo destinato a specifici motori ad accensione spontanea (ED95) ([1])

Parametro	Unità	Limiti ([2])		Metodo di prova ([3])
		Minimo	Massimo	
Alcoli totali (etanolo, compreso il contenuto di alcoli ad alta saturazione)	% m/m	92,4		EN 15721
Altri monoalcoli ad alta saturazione (C_3-C_5)	% m/m		2,0	EN 15721
Metanolo	% m/m		0,3	EN 15721
Densità a 15 °C	kg/m^3	793,0	815,0	EN ISO 12185
Acidità, calcolata come acido acetico	% m/m		0,0025	EN 15491
Aspetto		Trasparente e chiaro		
Punto di infiammabilità	°C	10		EN 3679
Residuo secco	mg/kg		15	EN 15691
Tenore di acqua	% m/m		6,5	EN 15489 ([4]) EN-ISO 12937 EN15692
Aldeidi calcolate come acetaldeidi	% m/m		0,0050	ISO 1388-4
Esteri, calcolati come etilacetato	% m/m		0,1	ASTM D1617
Tenore di zolfo	mg/kg		10,0	EN 15485 EN 15486
Solfati	mg/kg		4,0	EN 15492
Contaminazione da particolato	mg/kg		24	EN 12662
Fosforo	mg/l		0,20	EN 15487
Cloruri inorganici	mg/kg		1,0	EN 15484 o EN 15492
Rame	mg/kg		0,100	EN 15488
Conduttività elettrica	µS/cm		2,50	DIN 51627-4 o prEN 15938

Note:

([1]) Al carburante a base di etanolo si possono aggiungere additivi per migliorare il numero di cetano, nei limiti specificati dal costruttore del motore e se non esistono controindicazioni. Se queste condizioni sono soddisfatte, la quantità massima è il 10 % m/m.

([2]) I valori indicati nelle specifiche sono «valori effettivi». Per la definizione dei loro valori limite è stata applicata la norma ISO 4259 «Prodotti petroliferi. Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova» e per 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 costruttore del carburante deve cercare di ottenere un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R o un valore medio se sono indicati i limiti massimo e minimo. In caso di dubbi sulla conformità di un carburante ai requisiti e alle specifiche, si applicano le disposizioni della norma ISO 4259.

([3]) Verranno adottati metodi EN/ISO equivalenti quando saranno pubblicati e applicabili alle proprietà sopra elencate.

([4]) In caso di dubbi sulla conformità di un carburante alle specifiche, si applicano le disposizioni della norma EN ISO 15489.

▼B

2. **Dati tecnici dei carburanti usati nelle prove dei motori ad accensione comandata**

2.1. Tipo: Benzina (E10)

Parametro	Unità	Limiti ([1])		Metodo di prova ([2])
		Minimo	Massimo	
Numero di ottano ricerca (RON)		91,0	98,0	EN ISO 5164: 2005 ([3])
Numero di ottano motore (MON)		83,0	89,0	EN ISO 5163: 2005 ([3])
Densità a 15 °C	kg/m^3	743	756	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Pressione di vapore	kPa	45,0	60,0	EN ISO 13016-1 (DVPE)
Tenore di acqua			Max 0,05 % v/v Aspetto a – 7 °C: limpido e brillante	EN 12937
Distillazione:				
— evaporato a 70°C	% v/v	18,0	46,0	EN-ISO 3405
— evaporato a 100°C	% v/v	46,0	62,0	EN-ISO 3405
— evaporato a 150°C	% v/v	75,0	94,0	EN-ISO 3405
— punto di ebollizione finale	°C	170	210	EN-ISO 3405
Residui	% v/v	—	2,0	EN-ISO 3405
Analisi degli idrocarburi:				
— - olefinici	% v/v	3,0	18,0	EN 14517 EN 15553
— - aromatici	% v/v	19,5	35,0	EN 14517 EN 15553
— - benzenici	% v/v	—	1,0	EN 12177 EN 238, EN 14517
— - saturi	% v/v	Valore registrato		EN 14517 EN 15553
Rapporto carbonio/idrogeno		Valore registrato		
Rapporto carbonio/ossigeno		Valore registrato		
Periodo di induzione ([4])	minuti	480		EN-ISO 7536
Tenore di ossigeno ([5])	% m/m	3,3 ([8])	3,7	EN 1601 EN 13132 EN 14517
Gomma esistente	mg/ml	—	0,04	EN-ISO 6246

▼B

Parametro	Unità	Limiti (1)		Metodo di prova (2)
		Minimo	Massimo	
Tenore di zolfo (6)	mg/kg	—	10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Corrosione del rame (3 ore a 50°C)	Classificazione	—	Classe 1	EN-ISO 2160
Tenore di piombo	mg/l	—	5	EN 237
Tenore di fosforo (7)	mg/l	—	1,3	ASTM D 3231
Etanolo (4)	% v/v	9,0 (8)	10,2 (8)	EN 22854

Note:

(1) I valori indicati nelle specifiche sono «valori effettivi». Per la definizione dei loro valori limite è stata applicata la norma ISO 4259 «Prodotti petroliferi. Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova» e per fissare un valore minimo si è tenuto conto di una differenza minima di 2R sopra lo zero; per fissare un valore minimo e uno massimo, la differenza minima è 4R (R = riproducibilità). Nonostante questa misura, necessaria per ragioni tecniche, il costruttore del carburante deve cercare di ottenere un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R o un valore medio se sono indicati i limiti massimo e minimo. In caso di dubbi sulla conformità di un carburante ai requisiti e alle specifiche, si applicano le disposizioni della norma ISO 4259.

(2) Verranno adottati metodi EN/ISO equivalenti quando saranno pubblicati e applicabili alle proprietà sopra elencate.

(3) Ai sensi della norma EN 228:2008, ai fini del calcolo del risultato definitivo occorre sottrarre un fattore di correzione di 0,2 per MON e RON.

(4) Il carburante può contenere inibitori antiossidanti e deattivatori dei metalli generalmente utilizzati per stabilizzare le benzine di raffineria, ma non deve contenere additivi detergenti o disperdenti né oli solventi.

(5) L'etanolo conforme alle specifiche della norma EN 15376 è l'unico ossigenato che può essere aggiunto intenzionalmente al carburante di riferimento.

(6) Indicare l'effettivo tenore di zolfo del carburante usato per la prova di tipo 1.

(7) Non è ammessa l'aggiunta intenzionale a questo carburante di riferimento di composti contenenti fosforo, ferro, manganese o piombo.

(8) A discrezione del produttore, il tenore di etanolo e il corrispondente tenore di ossigeno possono essere pari a zero per i motori della categoria SMB. In tal caso tutte le prove della famiglia di motori, o in assenza di una famiglia di un tipo di motori, devono essere eseguite utilizzando benzina con un contenuto di etanolo pari a zero.

2.2. Tipo: Etanolo (E85)

Parametro	Unità	Limiti (1)		Metodo di prova
		Minimo	Massimo	
Numero di ottano ricerca (RON)		95,0	—	EN ISO 5164
Numero di ottano motore (MON)		85,0	—	EN ISO 5163
Densità a 15 °C	kg/m^3	Valore registrato		ISO 3675
Pressione di vapore	kPa	40,0	60,0	EN ISO 13016-1 (DVPE)
Tenore di zolfo (2)	mg/kg	—	10	EN 15485 o EN 15486
Stabilità all'ossidazione	Minuti	360		EN ISO 7536
Tenore di gomme (lavaggio con solvente)	mg/100ml	—	5	EN-ISO 6246
Aspetto Va determinato a temperatura ambiente o, se più alto, a 15 °C.		Trasparente e chiaro, senza contaminanti sospesi o precipitati visibili		Ispezione visiva

▼B

Parametro	Unità	Limiti (1)		Metodo di prova
		Minimo	Massimo	
Etanolo e alcoli superiori (3)	% v/v	83	85	EN 1601 EN 13132 EN 14517 E DIN 51627-3
Alcoli superiori (C_3-C_8)	% v/v	—	2,0	E DIN 51627-3
Metanolo	% v/v		1,00	E DIN 51627-3
Benzina (4)	% v/v	Equilibrio		EN 228
Fosforo	mg/l	0,20 (5)		EN 15487
Tenore di acqua	% v/v		0,300	EN 15489 o EN 15692
Cloruri inorganici	mg/l		1	EN 15492
pHe		6,5	9,0	EN 15490
Corrosione su lamina di rame (3 ore a 50 °C)	Classificazione	Classe 1		EN ISO 2160
Acidità (calcolata come acido acetico CH_3COOH)	% m/m (mg/l)	—	0,0050 (40)	EN 15491
Conduttività elettrica	µS/cm	1,5		DIN 51627-4 o prEN 15938
Rapporto carbonio/idrogeno		Valore registrato		
Rapporto carbonio/ossigeno		Valore registrato		

Note:

(1) I valori indicati nelle specifiche sono «valori effettivi». Per la definizione dei loro valori limite è stata applicata la norma ISO 4259 «Prodotti petroliferi. Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova» e per 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 costruttore del carburante deve cercare di ottenere un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R o un valore medio se sono indicati i limiti massimo e minimo. In caso di dubbi sulla conformità di un carburante ai requisiti e alle specifiche, si applicano le disposizioni della norma ISO 4259.

(2) Indicare l'effettivo tenore di zolfo del carburante usato per le prove di emissione.

(3) L'etanolo conforme alle specifiche della norma EN 15376 è l'unico ossigenato che può essere aggiunto intenzionalmente a questo carburante di riferimento.

(4) Il contenuto di benzina senza piombo può essere determinato sottraendo a 100 la somma del contenuto in percentuale di acqua, alcoli, MTBE ed ETBE.

(5) Non è ammessa l'aggiunta intenzionale a questo carburante di riferimento di composti contenenti fosforo, ferro, manganese o piombo.

3. **Dati tecnici dei carburanti gassosi per i motori monocarburante e a doppia alimentazione**

3.1. Tipo: GPL

Parametro	Unità	Carburante A	Carburante B	Metodo di prova
Composizione:				EN 27941
Tenore di C_3	% v/v	30 ± 2	85 ± 2	
Tenore di C_4	% v/v	Equilibrio (1)	Equilibrio (1)	
< C_3, > C_4	% v/v	max 2	max 2	

▼B

Parametro	Unità	Carburante A	Carburante B	Metodo di prova
Olefine	% v/v	max 12	max 15	
Residuo dell'evaporazione	mg/kg	max 50	max 50	EN 15470
Acqua a 0 °C		Privo	Privo	EN 15469
Tenore totale di zolfo, odorante compreso	mg/kg	max 10	max 10	EN 24260, ASTM D 3246, ASTM 6667
Acido solfidrico		Assente	Assente	EN ISO 8819
Corrosione su lamina di rame (1 ora a 40 °C)	Classificazione	Classe 1	Classe 1	ISO 6251 (2)
Odore		Caratteristico	Caratteristico	
Numero di ottano nel motore (3)		Minimo 89,0	Minimo 89,0	EN 589 Allegato B

Note:

(1) «Equilibrio» va inteso nel modo che segue: equilibrio = 100 – C_3 – < C_3 – > C_4.
(2) Seguire questo metodo per determinare la presenza di materiali corrosivi può dar luogo a risultati imprecisi 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.
(3) Su richiesta del costruttore del motore, si può usare un MON più elevato per effettuare le prove di omologazione per tipo.

3.2. Tipo: Gas naturale/biometano

3.2.1. Specifiche relative ai carburanti di riferimento forniti con caratteristiche fisse (ad es. da contenitore sigillato)

In alternativa ai carburanti di riferimento stabiliti in questo punto è possibile utilizzare i carburanti alternativi di cui al punto 3.2.2.

Caratteristiche	Unità	Base	Limiti		Metodo di prova
			Minimo	Massimo	
Carburante di riferimento G_R					
Composizione:					
Metano		87	84	89	
Etano		13	11	15	
Equilibrio (1)	% moli	—	—	1	ISO 6974
Tenore di zolfo	mg/m^3 (2)	—		10	ISO 6326-5

Note:
(1) Inerti + C_{2+}
(2) Valore da determinare alle condizioni standard 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.

Carburante di riferimento G_{23}					
Composizione:					
Metano		92,5	91,5	93,5	
Equilibrio (1)	% moli	—	—	1	ISO 6974
N_2	% moli	7,5	6,5	8,5	

▼B

Caratteristiche	Unità	Base	Limiti		Metodo di prova
			Minimo	Massimo	
Tenore di zolfo	mg/m^3 (2)	—	—	10	ISO 6326-5

Note:
(1) Inerti (diversi da N_2) + C_2+ C_{2+}
(2) Valore da determinare a 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.

Carburante di riferimento G_{25}

Composizione:					
Metano	% moli	86	84	88	
Equilibrio (1)	% moli	—	—	1	ISO 6974
N_2	% moli	14	12	16	
Tenore di zolfo	mg/m^3 (2)	—	—	10	ISO 6326-5

Note:
(1) Inerti (diversi da N_2) + C_2+ C_{2+}
(2) Valore da determinare a 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.

Carburante di riferimento G_{20}

Composizione:					
Metano	% moli	100	99	100	ISO 6974
Equilibrio (1)	% moli	—	—	1	ISO 6974
N_2	% moli				ISO 6974
Tenore di zolfo	mg/m^3 (2)	—	—	10	ISO 6326-5
Indice di Wobbe (netto)	MJ/m^3 (3)	48,2	47,2	49,2	

(1) Inerti (diversi da N_2) + C_2+ C_{2+}
(2) Valore da determinare a 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.
(3) Valore da determinare a 273,2 K (0 °C) e 101,3 kPa.

3.2.2. Specifiche del carburante di riferimento fornito da un gasdotto con miscela di altri gas aventi proprietà determinate tramite misurazioni in situ.

In alternativa ai carburanti di riferimento di cui al presente punto è possibile utilizzare i carburanti di riferimento equivalenti di cui al punto 3.2.1.

3.2.2.1. La base di ogni carburante di riferimento da gasdotto (G_R, G_{20}, …) deve essere un gas proveniente dalla rete di distribuzione del gas, miscelato, se necessario per soddisfare le specifiche di spostamento λ (S_λ) corrispondenti di cui alla tabella 9.1, con una miscela di uno o più dei seguenti gas disponibili in commercio (1):

a) biossido di carbonio;

b) etano;

c) metano;

d) azoto;

e) propano.

(1) Non è necessario l'uso di gas di taratura a questo scopo

▼B

3.2.2.2. Il valore di S_λ della miscela di gas da gasdotto e miscela di gas deve essere compreso nell'intervallo specificato nella tabella 9.1 per il carburante di riferimento specificato.

Tabella 9.1

Intervallo di S_λ richiesto per ciascun carburante di riferimento

Carburante di riferimento	S_λ minimo	S_λ massimo
G_R ([1])	0,87	0,95
G_{20}	0,97	1,03
G_{23}	1,05	1,10
G_{25}	1,12	1,20

([1]) Non è necessario sottoporre a prova il motore con una miscela di gas avente un numero di metano (MN) inferiore a 70. Qualora l'intervallo di S_λ richiesto per G_R risulti in un MN inferiore a 70, il valore di S_λ per G_R può essere corretto secondo necessità fino a raggiungere un valore di MN inferiore a 70.

3.2.2.3. Il verbale di prova del motore per ciascun ciclo di prova deve includere quanto segue:

a) la miscela di gas selezionati dall'elenco di cui al punto 3.2.2.1;

b) il valore di S_λ per la miscela di carburanti risultante;

c) il numero di metano (MN) per la miscela di carburanti risultante.

3.2.2.4. Devono essere rispettati i requisiti di cui alle appendici 1 e 2 per quanto riguarda la determinazione delle proprietà dei gas da gasdotto e della miscela, la determinazione di S_λ e MN per la miscela di gas risultante e la verifica del mantenimento della miscela durante la prova.

3.2.2.5. Nel caso in cui uno o più flussi di gas (gas da gasdotto o miscela di gas) contengano CO_2 in proporzione maggiore alla minima, il calcolo delle emissioni di CO_2 specifiche di cui all'allegato VII deve essere corretto conformemente alle disposizioni dell'appendice 3.

▼B

Appendice 1

Requisiti aggiuntivi per l'esecuzione di prove delle emissioni usando carburanti gassosi di riferimento, compresi i gas da gasdotto con miscele di altri gas

1. **Metodo di analisi del gas e di misurazione del flusso di gas**

1.1. Ai fini della presente appendice e laddove necessario, la composizione del gas deve essere determinata per mezzo di un'analisi cromatografica conforme alla norma EN ISO 6974 o di una tecnica alternativa che assicuri un livello almeno simile di accuratezza e ripetibilità.

1.2. Ai fini della presente appendice e laddove necessario, la misurazione del flusso di gas deve essere effettuata usando un flussimetro massico.

2. **Analisi e portata del gas proveniente dalla rete di distribuzione**

2.1. La composizione del gas proveniente dalla rete di distribuzione deve essere analizzata prima che questo sia immesso nel sistema di miscelazione.

2.2. La portata del gas proveniente dalla rete di distribuzione immesso nel sistema di miscelazione deve essere misurata.

3. **Analisi e portata della miscela**

3.1. Se per una miscela è disponibile un certificato di analisi applicabile (ad es. emesso dal fornitore del gas), esso può essere usato come fonte per la composizione di tale miscela. In questo caso l'analisi in situ della composizione di tale miscela è ammessa ma non prescritta.

3.2. Se per una miscela non è disponibile alcun certificato di analisi applicabile, la composizione della miscela deve essere analizzata.

3.3. La portata di ciascuna miscela immessa nel sistema di miscelazione deve essere misurata.

4. **Analisi del gas miscelato**

4.1. L'analisi della composizione del gas fornito al motore emesso dal sistema di miscelazione è ammessa unitamente o alternativamente all'analisi disposta dai punti 2.1 e 3.1, ma non è prescritta.

5. **Calcolo di S_λ e MN del gas miscelato**

5.1. I risultati delle analisi del gas a norma dei punti 2.1, 3.1 o 3.2 e, se applicabile, 4.1, combinati con la portata massica del gas misurata a norma dei punti 2.2 e 3.3, si usano per calcolare il MN conformemente alle disposizioni della norma EN 16726:2015. Lo stesso gruppo di dati deve essere utilizzato per calcolare S_λ secondo le procedure di cui all'appendice 2.

6. **Controllo e verifica della miscela di gas durante la prova**

6.1. Il controllo e la verifica della miscela di gas durante la prova devono essere eseguiti per mezzo di un sistema di controllo a circolo aperto o a circolo chiuso.

6.2. Sistema di controllo della miscela a circolo aperto

6.2.1. In questo caso prima di eseguire la prova delle emissioni devono essere effettuati l'analisi del gas, le misurazioni del flusso e i calcoli disposti ai punti 1, 2, 3 e 4.

6.2.2. La proporzione di gas proveniente dalla rete di distribuzione e miscele deve essere tale da garantire che S_λ sia compreso nell'intervallo ammesso per il pertinente carburante di riferimento di cui alla tabella 9.1.

▼B

6.2.3. Una volta stabilite, le proporzioni devono essere mantenute durante tutta la prova delle emissioni. Devono essere ammessi aggiustamenti a singoli flussi per mantenere le relative proporzioni.

6.2.4. Una volta che la prova delle emissioni è stata completata, l'analisi della composizione del gas, le misurazioni del flusso e i calcoli disposti ai punti 2, 3, 4 e 5 devono essere ripetuti. Affinché la prova sia considerata valida, il valore di S_λ deve rimanere entro l'intervallo specificato per il rispettivo carburante di riferimento di cui alla tabella 9.1.

6.3. Sistema di controllo della miscela a circolo chiuso

6.3.1. In questo caso prima di eseguire la prova delle emissioni devono essere effettuati l'analisi della composizione del gas, le misurazioni del flusso e i calcoli disposti ai punti 2, 3, 4 e 5. Gli intervalli devono essere selezionati tenendo in considerazione la capacità di frequenza del cromatografo e i sistemi di calcolo corrispondenti.

6.3.2. I risultati delle misurazioni periodiche e dei calcoli periodici devono essere usate per correggere le proporzioni relative del gas proveniente dalla rete di distribuzione e della miscela al fine di mantenere il valore di S_λ entro l'intervallo specificato alla tabella 9.1 per il rispettivo carburante di riferimento. La frequenza della correzione non deve eccedere la frequenza della misurazione.

6.3.3. Affinché la prova sia considerata valida, il valore di S_λ deve rimanere entro l'intervallo specificato per il rispettivo carburante di riferimento di cui alla tabella 9.1 almeno per il 90 % dei punti di misurazione.

▼B

Appendice 2

Calcolo del fattore di spostamento λ (S_λ)

1. **Calcolo**

Il fattore di spostamento λ (S_λ) [1] si calcola con l'equazione 9-1:

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} \quad (9\text{-}1)$$

dove:

S_λ = fattore spostamento λ;

inert % = percentuale in volume di gas inerti nel carburante (ovvero N_2, CO_2, He, etc.);

O^*_2 = percentuale in volume dell'ossigeno originale nel carburante

n ed m = sono riferiti al C_nH_m medio rappresentativo degli idrocarburi del carburante, ovvero:

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{C_3\%}{100} + 4 \times \left[\frac{C_4\%}{100} + 5 \times \left[\frac{C_5\%}{100} + ..\right]\right]\right]}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} \quad (9\text{-}2)$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100} + \ldots 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100} + ..\right]\right]}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} \quad (9\text{-}3)$$

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;

diluent = percentuale in volume dei gas di diluizione nel carburante (ovvero O_2*, N_2, CO_2, He ecc.).

2. **Esempi di calcolo del fattore di spostamento λ (S_λ):**

Esempio 1 G_{25}: CH_4 = 86 %, N_2 = 14 % (in volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + ..}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} = \frac{1 \times 0{,}86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0{,}86}{0{,}86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + ..}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} = \frac{4 \times 0{,}86}{0{,}86} = 4$$

[1] Stoichiometric Air/Fuel ratios of automotive fuels — SAE J1829, June 1987. John B. Heywood, Internal combustion engine fundamentals, McGraw-Hill, 1988, Chapter 3.4 «Combustion stoichiometry» (pp. 68 to 72).

▼B

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1{,}16$$

Esempio 2 G_R: CH_4 = 87 %, C_2H_6 = 13 % (in volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + ..}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} = \frac{1 \times 0{,}87 + 2 \times 0{,}13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1{,}13}{} = 1{,}13$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + ..}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} = \frac{4 \times 0{,}87 + 6 \times 0{,}13}{1} = 4{,}26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1{,}13 + \frac{4{,}26}{4}\right)} = 0{,}911$$

Esempio 3 USA: CH_4 = 89 %, C_2H_6 = 4,5 %, C_3H_8 = 2,3 %, C_6H_{14} = 0,2 %, O_2 = 0,6 %, N_2 = 4 %

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + ..}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} = \frac{1 \times 0{,}89 + 2 \times 0{,}045 + 3 \times 0{,}023 + 4 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}64+4}{100}} = 1{,}11$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100}\right] + .. + 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100}\right]}{\frac{1-diluent\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}89 + 4 \times 0{,}045 + 8 \times 0{,}023 + 14 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}6+4}{100}} = 4{,}24$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1{,}11 + \frac{4{,}24}{4}\right) - \frac{0{,}6}{100}} = 0{,}96$$

In alternativa all'equazione di cui sopra, S_λ può essere calcolato in base al rapporto della domanda stechiometrica di aria del metano puro rispetto alla domanda stechiometrica di aria della miscela di carburante fornita al motore, come specificato più in basso.

Il fattore di spostamento λ (S_λ) esprime la domanda di ossigeno di qualsiasi miscela di carburante rispetto alla domanda di ossigeno del metano puro. Per «domanda di ossigeno» si intende la quantità di ossigeno necessaria a ossidare il metano in una composizione stechiometrica di reagenti per ottenere prodotti della combustione completa (ovvero biossido di carbonio e acqua).

La reazione per la combustione del metano puro è illustrata nell'equazione 9-4:

$$1 \cdot CH_4 + 2 \cdot O_2 \rightarrow 1 \cdot CO_2 + 2 \cdot H_2\,O \qquad (9\text{-}4)$$

In questo caso il rapporto di molecole nella composizione stechiometrica dei reagenti è esattamente pari a 2:

$$\frac{n_{O_2}}{n_{CH_4}} = 2$$

dove:

n_{O2} = numero delle molecole di ossigeno

n_{CH4} = numero delle molecole di metano

▼B

La domanda di ossigeno del metano puro corrisponde pertanto a:

n_{O2} = 2 ·n_{CH4} con un valore di riferimento pari a [n_{CH4}]= 1 kmol

▼M2

Il valore di S_λ può essere determinato in base al rapporto tra il rapporto della composizione stechiometrica di ossigeno e metano rispetto al rapporto della composizione stechiometrica di ossigeno, e la miscela di carburante fornita al motore, come illustrato nell'equazione 9-5:

▼B

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)} = \frac{2}{(n_{O2})_{\text{blend}}} \quad (9\text{-}5)$$

dove:

n_{blend} = numero di molecole della miscela di carburante

$(n_{O2})_{blend}$ = rapporto delle molecole nella composizione stechiometrica di ossigeno e miscela di carburante fornita al motore

Poiché l'aria è composta per il 21 % da ossigeno, la domanda stechiometrica di aria L_{st} di qualsiasi carburante si calcola con l'equazione 9-6:

$$L_{st,fuel} = \frac{n_{O2,fuel}}{0{,}21} \quad (9\text{-}6)$$

dove:

$L_{st,fuel}$ = domanda stechiometrica di aria del carburante

n_{O2fuel} = domanda stechiometrica di ossigeno del carburante

Di conseguenza il valore di S_λ può essere determinato anche in base al rapporto della composizione stechiometrica di aria e metano rispetto al rapporto della composizione stechiometrica di aria rispetto alla miscela di carburante fornita al motore, ovvero il rapporto della domanda stechiometrica di aria del metano rispetto a quella del carburante fornito al motore, come illustrato nell'equazione 9-7:

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)/0{,}21}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)/0{,}21} = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{0{,}21}\right)_{CH_4}}{\left(\frac{n_{O2}}{0{,}21}\right)_{blend}} = \frac{L_{st,CH_4}}{L_{st,blend}} \quad (9\text{-}7)$$

Qualsiasi calcolo che specifica la domanda stechiometrica di aria può pertanto essere usata per esprimere il fattore di spostamento λ.

▼B

Appendice 3

Correzione della CO_2 nei gas di scarico derivanti dalla CO_2 presente nel carburante gassoso

1. **Portata massica istantanea della CO_2 nel flusso di carburante gassoso**

1.1. La composizione del gas e il flusso del gas devono essere determinati conformemente ai requisiti delle parti da 1 a 4 dell'appendice 1.

1.2. La portata massica istantanea della CO_2 in un flusso di gas fornito al motore si calcola con l'equazione 9-8:

$$\dot{m}_{CO2i} = (M_{CO2}/M_{stream}) \cdot x_{CO2i} \cdot \dot{m}_{streami} \quad (9\text{-}8)$$

dove:

$\dot{m}_{CO2i}$ = portata massica istantanea della CO_2 proveniente dal flusso di gas [g/s]

$\dot{m}_{streami,}$ = è la portata massica istantanea del flusso di gas [g/s]

x_{CO2i} = frazione molare della CO_2 nel flusso di gas [-]

M_{CO2} = massa molare della CO_2 [g/mol]

M_{stream}= = massa molare del flusso di gas [g/mol]

M_{stream} si calcola in base a tutti i costituenti misurati (1, 2, …, n) con l'equazione 9-9.

$$M_{stream} = x_1 \cdot M_1 + x_2 \cdot M_2 + \ldots + x_n \cdot M_n \quad (9\text{-}9)$$

dove:

$X_{1,\ 2,\ \ldots n}$ = frazione molare di ciascun costituente misurato nel flusso di gas (CH_4, CO_2, …) [-]

$M_{1,\ 2,\ \ldots n}$ = massa molare di ciascun costituente misurato nel flusso di gas[g/mol]

1.3. Al fine di determinare la portata massica totale della CO_2 nel carburante gassoso immesso nel motore si effettua il calcolo dell'equazione 9-8 per ogni singolo flusso di gas contenente CO_2 immesso nel sistema di miscelazione e si sommano i risultati di ogni singolo flusso, oppure si effettua il calcolo dell'equazione 9-10 per il gas miscelato emesso dal sistema di miscelazione e immesso nel motore:

$$\dot{m}_{CO2i,\ fuel} = \dot{m}_{CO2i,\ a} + \dot{m}_{CO2i,\ b} + \ldots + \dot{m}_{CO2i,\ n} \quad (9\text{-}10)$$

dove:

$\dot{m}_{CO2i,\ fuel}$ = portata massica istantanea combinata della CO_2 derivante dalla CO_2 presente nel carburante gassoso immesso nel motore [g/s]

$\dot{m}_{CO2i,\ a,\ b,\ \ldots,\ n}$ = portata massica istantanea combinata della CO_2 derivante dalla CO_2 presente in ogni singolo flusso di gas a, b, …, n [g/s]

▼B

2. **Calcolo delle emissioni specifiche di CO_2 per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC**

2.1. La massa totale per ciascuna prova delle emissioni di CO_2 derivante dalla CO_2 presente nel carburante $m_{CO2,\ fuel}$ [g/prova] si calcola sommando la portata massica istantanea di CO_2 nel carburante gassoso immesso nel motore $\dot{m}_{CO2i,fuel}$ [g/s] nell'arco del ciclo di prova con l'equazione 9-11:

$$m_{\ CO2,fuel} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2,fuel} \qquad (9\text{-}11)$$

dove:

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

N = numero di misurazioni [-]

2.2. La massa totale delle emissioni di CO_2 m_{CO2} [g/prova] usata nelle equazioni 7-61, 7-63, 7-128 or 7-130 dell'allegato VII per calcolare il risultato delle emissioni specifiche e_{CO2} [g/kWh] deve essere sostituito in tali equazioni dal valore corretto $m_{CO2,\ corr}$ [g/prova] calcolato con l'equazione 9-12.

$$m_{CO2,\ corr} = m_{CO2} - m_{CO2,\ fuel} \qquad (9\text{-}12)$$

3. **Calcolo delle emissioni specifiche di CO_2 per il ciclo NRSC in modalità discreta**

3.1. La portata massica media delle emissioni di CO_2 nel carburante per ora $q_{mCO2,\ fuel}$ o $\dot{m}_{CO2}$ fuel [g/h] si calcola per ogni singola modalità di prova in base alle misurazioni della portata massica istantanea di CO_2 $\dot{m}_{CO2i,\ fuel}$ [g/s] date dall'equazione 9-10 ed effettuate durante il periodo di campionamento della rispettiva modalità di prova con l'equazione 9-13:

$$q_{\ mCO2,fuel} = \dot{m}_{CO2,fuel} = \frac{1}{3\ 600 \cdot N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2,fuel} \qquad (9\text{-}13)$$

dove:

N = numero di misurazioni effettuate durante la modalità di prova [-]

3.2. La portata massica media delle emissioni di CO_2 q_{mCO2} o $\dot{m}_{CO2}$ [g/h] per ogni singola modalità di prova usata nelle equazioni 7-64 o 7-131 dell'allegato VII per calcolare il risultato delle emissioni specifiche e_{CO2} [g/kWh] deve essere sostituito in tali equazioni dal valore corretto $q_{mCO2,\ corr}$ o $\dot{m}_{CO2,\ corr}$ [g/h] per ogni singola modalità di prova calcolato con l'equazione 9-14 o 9-15.

$$q_{mCO2,\ corr} = q_{mCO2} - q_{mCO2,\ fuel} \qquad (9\text{-}14)$$

$$\dot{m}_{CO2,\ corr} = \dot{m}_{CO2} - \dot{m}_{CO2,\ fuel} \qquad (9\text{-}15)$$

▼B

ALLEGATO X

Specifiche tecniche dettagliate e condizioni per la consegna di un motore separatamente dal suo sistema di post-trattamento dei gas di scarico

1. Una consegna separata, come disposto all'articolo 34, paragrafo 3, del regolamento (UE) 2016/1628, si verifica quando il costruttore e l'OEM addetto all'installazione del motore sono persone giuridiche distinte e il costruttore spedisce il motore da una località separatamente dal suo sistema di post-trattamento dei gas di scarico mentre tale sistema di post-trattamento dei gas di scarico viene spedito da una località diversa e/o in un momento diverso.

2. **In tal caso il costruttore:**

2.1. è considerato responsabile dell'immissione sul mercato del motore e di garantire che il motore sia reso conforme al tipo di motore omologato;

2.2. effettua tutte le ordinazioni delle parti spedite separatamente prima di effettuare la consegna del motore separatamente dal suo sistema di post-trattamento all'OEM;

2.3. rende disponibili all'OEM le istruzioni per l'installazione del motore, compreso il sistema di post-trattamento dei gas di scarico, e le marchiature di identificazione delle parti consegnate separatamente nonché le informazioni necessarie al controllo del corretto funzionamento del motore montato, conformemente al tipo di motore omologato o alla famiglia di motori omologata;

2.4. tiene un registro:

1) delle istruzioni rese disponibili all'OEM;

2) dell'elenco di tutte le parti consegnate separatamente;

3) dei documenti restituiti dall'OEM con i quali viene confermato che i motori consegnati sono stati resi conformi secondo quanto indicato nella parte 3;

2.4.1. conserva i registri per almeno 10 anni;

2.4.2. su richiesta, mette i registri a disposizione dell'autorità di omologazione, della Commissione europea o delle autorità di vigilanza del mercato.

2.5. Assicura che, in aggiunta alla marcatura regolamentare prescritta dall'articolo 32 del regolamento (UE) 2016/1628, sia apposta una marcatura temporanea sul motore ancora sprovvisto del sistema di post-trattamento, come prescritto dall'articolo 33, paragrafo 1, del medesimo regolamento e conformemente alle disposizioni di cui all'allegato III del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656.

2.6. Assicura che le parti spedite separatamente dai motori siano provviste di marcatura di identificazione (ad es. il numero del pezzo).

2.7. Assicura che nel caso di un motore di transizione, il motore (compreso il sistema di post-trattamento) abbia una data di fabbricazione del motore anteriore alla data per l'immissione sul mercato dei motori come previsto dall'allegato III del regolamento (UE) 2016/1628 e disposto dall'articolo 3, paragrafi 7, 30 e 32, del medesimo regolamento.

2.7.1. I registri di cui al punto 2.4 comprendono la prova che il sistema di post-trattamento dei gas di scarico che è parte di un motore di transizione è stato fabbricato prima di detta data qualora la data di fabbricazione non sia indicata nella marcatura del sistema di post-trattamento.

▼B

3. **L'OEM:**

3.1. conferma al costruttore che il motore è stato reso conforme al tipo di motore omologato o alla famiglia di motori omologata secondo le istruzioni ricevute e che sono stati effettuati tutti i controlli necessari a garantire il corretto funzionamento del motore montato conformemente al tipo di motore omologato.

3.2. Se un OEM riceve forniture di motori da uno stesso costruttore a scadenze regolari, la conferma di cui al punto 3.1 deve essere fornita a intervalli regolari concordati tra le parti, al massimo ogni anno.

▼B

ALLEGATO XI

Specifiche tecniche dettagliate e condizioni per l'immissione temporanea sul mercato ai fini delle prove sul campo

Le seguenti condizioni si applicano all'immissione temporanea sul mercato di motori ai fini delle prove sul campo, a norma dell'articolo 34, paragrafo 4, del regolamento (UE) 2016/1628.

1. Il motore rimane di proprietà del costruttore fino al completamento della procedura di cui al punto 5. Ciò non preclude un accordo finanziario con l'OEM o gli utilizzatori finali coinvolti nella procedura di prova.

2. Prima di immettere il motore sul mercato, il costruttore informa l'autorità di omologazione di uno Stato membro, indicando il proprio nome o marchio, il numero di identificazione unico del motore, la data di fabbricazione del motore, qualsiasi altra informazione pertinente relativa alla prestazione del motore in termini di emissioni nonché l'OEM e gli utilizzatori finali coinvolti nella procedura di prova.

3. Il motore è accompagnato da una dichiarazione di conformità fornita dal costruttore, conforme alle disposizioni di cui all'allegato II del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656; tale dichiarazione di conformità indica, in particolare, che si tratta di un motore di prova destinato alle prove sul campo immesso temporaneamente sul mercato conformemente all'articolo 34, paragrafo 4, del regolamento (UE) 2016/1628.

4. Il motore reca la marcatura regolamentare di cui all'allegato III del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656.

5. Una volta completate le prove e comunque dopo 24 mesi dalla data di immissione sul mercato del motore, il costruttore garantisce che il motore sarà ritirato dal mercato oppure reso conforme alle disposizioni del regolamento (UE) 2016/1628. Il costruttore informa l'autorità di omologazione in merito all'opzione scelta.

6. In deroga al punto 5, il costruttore può chiedere alla stessa autorità di omologazione una proroga della durata della prova per un massimo di 24 mesi aggiuntivi, adducendo una debita giustificazione per la richiesta di proroga.

6.1. L'autorità di omologazione può autorizzare la proroga se la ritiene giustificata. In questo caso:

   1) il costruttore rilascia una nuova dichiarazione di conformità per il periodo supplementare; e

   2) le disposizioni di cui alla parte 5 si applicano alla fine del periodo di proroga o comunque 48 mesi dopo l'immissione del motore sul mercato.

▼B

ALLEGATO XII

Specifiche tecniche dettagliate e condizioni per i motori per uso speciale

Le seguenti condizioni si applicano per l'immissione sul mercato di motori che soddisfano i valori limite di emissione di inquinanti gassosi e di particolato inquinante per i motori per uso speciale stabiliti nell'allegato VI del regolamento (UE) 2016/1628:

1. Prima di immettere il motore sul mercato, il costruttore prende ragionevoli misure atte a garantire che il motore sarà montato su una macchina mobile non stradale da utilizzare esclusivamente in atmosfera potenzialmente esplosiva, conformemente alle disposizioni dell'articolo 34, paragrafo 5, del medesimo regolamento oppure per la messa a mare e il recupero di imbarcazioni di salvataggio da parte di un servizio di soccorso nazionale, conformemente alle disposizioni dell'articolo 34, paragrafo 6, del medesimo regolamento.

2. Ai fini del punto 1, una dichiarazione scritta dell'OEM o dell'operatore economico destinatario del motore con la quale si conferma che il motore sarà installato su una macchina mobile non stradale destinata esclusivamente all'uso speciale indicato è considerata una misura ragionevole.

3. Il costruttore:

   1) conserva la dichiarazione scritta di cui al punto 2 per almeno 10 anni; e

   2) su richiesta, la mette a disposizione dell'autorità di omologazione, della Commissione Europea o delle autorità di vigilanza del mercato.

4. Il motore è accompagnato da una dichiarazione di conformità fornita dal costruttore, conforme alle disposizioni di cui all'allegato II del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656; tale dichiarazione di conformità deve indica, in particolare, che si tratta di un motore di prova destinato a uso speciale immesso sul mercato alle condizioni disposte all'articolo 34, paragrafo 5 e paragrafo 6, del regolamento (UE) 2016/1628.

5. Il motore reca la marcatura regolamentare di cui all'allegato III del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656.

▼B

ALLEGATO XIII

Accettazione di omologazioni equivalenti di motori

1. Per le famiglie di motori o i tipi di motori della categoria NRE le seguenti omologazioni e, se del caso, la rispettiva marcatura regolamentare sono riconosciute come equivalenti alle omologazioni UE rilasciate e alla marcatura regolamentare richiesta a norma del regolamento (UE) 2016/1628:

▼M2

1) le omologazioni UE rilasciate a norma del regolamento (CE) n. 595/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio ([1]) e relative disposizioni di attuazione, se un servizio tecnico conferma che il tipo di motore è conforme a:

▼B

a) i requisiti di cui all'allegato IV, appendice 2, se il motore è destinato a essere usato esclusivamente al posto di motori della «fase V» delle categorie IWP e IWA, conformemente all'articolo 4, paragrafo 1, punto 1, lettera b), del regolamento (UE) 2016/1628; oppure

b) i requisiti di cui all'allegato IV, appendice 1, per i motori non compresi dalla lettera a);

▼M3

2) le omologazioni rilasciate a norma della serie di modifiche 06 del regolamento UNECE n. 49 ([2]), se un servizio tecnico conferma che il tipo di motore è conforme:

a) ai requisiti di cui all'allegato IV, appendice 2, se il motore è destinato a essere usato esclusivamente al posto di motori della «fase V» delle categorie IWP e IWA, conformemente all'articolo 4, paragrafo 1, punto 1, lettera b), del regolamento (UE) 2016/1628; oppure

b) ai requisiti di cui all'allegato IV, appendice 1, per i motori che non rientrano nella lettera a),

se un'autorità di omologazione conferma che il costruttore rispetta gli obblighi di cui all'articolo 19 del regolamento (UE) 2016/1628;

3) le omologazioni rilasciate a norma della serie di modifiche 05 del regolamento UNECE n. 96 ([3]) di famiglie di motori o tipi di motori della categoria NRE, di cui all'allegato I, tabella I-1, del regolamento (UE) 2016/1628, se un'autorità di omologazione conferma che il costruttore rispetta gli obblighi di cui all'articolo 19 del regolamento (UE) 2016/1628.

2. Per le famiglie di motori e i tipi di motori delle categorie NRG, NRSh, NRS, SMB e ATS, le omologazioni rilasciate a norma della serie di modifiche 05 del regolamento UNECE n. 96 di motori che corrispondono alle categorie di motori di cui all'allegato I, tabelle I-2, I-3, I-4 e da I-9 a I-10, del regolamento (UE) 2016/1628 e, se del caso, le corrispondenti marcature regolamentari devono

([1]) Regolamento (CE) n. 595/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 18 giugno 2009, relativo all'omologazione dei veicoli a motore e dei motori riguardo alle emissioni dei veicoli pesanti (euro VI) e all'accesso alle informazioni relative alla riparazione e alla manutenzione del veicolo e che modifica il regolamento (CE) n. 715/2007 e la direttiva 2007/46/CE e che abroga le direttive 80/1269/CEE, 2005/55/CE e 2005/78/CE (GU L 188 del 18.7.2009, pag. 1).

([2]) Regolamento n. 49 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UN/ECE) — Prescrizioni uniformi relative ai provvedimenti da prendere contro le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato prodotte dai motori ad accensione spontanea e dai motori ad accensione comandata destinati alla propulsione di veicoli (GU L 171 del 24.6.2013, pag. 1).

([3]) Regolamento n. 96 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UN/ECE) — Disposizioni uniformi relative all'omologazione dei motori destinati a essere montati sui trattori agricoli e forestali e sulle macchine mobili non stradali, per quanto riguarda l'emissione di inquinanti dal motore (GU L 107 del 17.4.2019, pag. 1).

▼M3

essere riconosciute come equivalenti alle omologazioni UE rilasciate e alle marcature regolamentari prescritte in conformità al regolamento (UE) 2016/1628, se un'autorità di omologazione conferma che il costruttore rispetta gli obblighi di cui all'articolo 19 del regolamento (UE) 2016/1628.

3. Per i motori per uso speciale (SPE) che rientrano nell'ambito di applicazione dell'articolo 34, paragrafi 5 e 6, del regolamento (UE) 2016/1628, della categoria NRE con potenza di riferimento non inferiore a 19 kW e non superiore a 560 kW, le omologazioni della fase IIIA a norma della serie di modifiche 02 ([1]), 03 ([2]) o 04 ([3]) del regolamento UNECE n. 96 di famiglie di motori o tipi di motori della categoria NRE, di cui all'allegato VI, tabella VI-1, del regolamento (UE) 2016/1628, e, se del caso, le corrispondenti marcature regolamentari devono essere riconosciute come equivalenti alle omologazioni UE rilasciate e alle marcature regolamentari prescritte in conformità a tale regolamento.

3.1. Requisiti aggiuntivi

I motori basati su un'omologazione accettata come equivalente a un'omologazione UE conformemente al punto 3 devono soddisfare i requisiti di cui all'allegato XII del regolamento delegato (UE) 2017/654.

4. Per le seguenti fasi di emissione, le omologazioni a norma dei regolamenti UNECE di famiglie di motori o di tipi di motore appartenenti alle categorie elencate di seguito e, se del caso, la corrispondente marcatura regolamentare devono essere riconosciute come equivalenti alle omologazioni UE rilasciate e alle marcature regolamentari prescritte in conformità alla direttiva 97/68/CE, conformemente alle disposizioni transitorie di cui all'articolo 58 del regolamento (UE) 2016/1628:

1) fase IV: omologazioni di motori appartenenti alle categorie Q e R di cui all'articolo 9 della direttiva 97/68/CE a norma della serie di modifiche 04 del regolamento UNECE n. 96;

2) fase IIIB: omologazioni di motori appartenenti alle categorie L, M, N e P di cui all'articolo 9 della direttiva 97/68/CE a norma della serie di modifiche 03 o 04 del regolamento UNECE n. 96;

3) fase IIIA: omologazioni di motori appartenenti alle categorie H, I, J e K di cui all'articolo 9 della direttiva 97/68/CE a norma della serie di modifiche 02, 03 o 04 del regolamento UNECE n. 96;

4) fase II: omologazioni di motori appartenenti alle categorie D, E, F e G di cui all'articolo 9 della direttiva 97/68/CE a norma della serie di modifiche 01 ([4]), 02, 03 o 04 del regolamento UNECE n. 96;

5) fase I omologazioni di motori appartenenti alle categorie A, B e C di cui all'articolo 9 della direttiva 97/68/CE a norma della serie di modifiche 00 ([5]) del regolamento UNECE n. 96.

4.1. Requisiti aggiuntivi

I motori basati su un'omologazione accettata come equivalente a un'omologazione UE conformemente al punto 4 devono essere accompagnati da una dichiarazione di conformità e dalle informazioni supplementari nella marcatura regolamentare, come prescritto all'articolo 31 e all'articolo 32, paragrafo 2, del regolamento (UE) 2016/1628 e come stabilito negli allegati II e III del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656.

([1]) La serie di modifiche 02 non è pubblicata nella GU.
([2]) La serie di modifiche 03 non è pubblicata nella GU.
([3]) Regolamento n. 96 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UN/ECE) — Disposizioni uniformi relative all'omologazione dei motori ad accensione spontanea destinati a essere montati sui trattori agricoli e forestali e sulle macchine mobili non stradali, per quanto riguarda l'emissione di inquinanti prodotti dal motore (GU L 88 del 22.3.2014, pag. 1).
([4]) La serie di modifiche 01 non è pubblicata nella GU.
([5]) La serie di modifiche 00 non è pubblicata nella GU.

▼B

ALLEGATO XIV

Informazioni e istruzioni destinate agli OEM

1. Come disposto dall'articolo 43, paragrafo 2, del regolamento (UE) 2016/1628, il costruttore deve fornire all'OEM tutte le pertinenti informazioni e le istruzioni necessarie a garantire la conformità del motore al tipo di motore approvato una volta montato sulla macchina mobile non stradale. Le istruzioni aventi questo scopo devono essere chiaramente identificate per l'OEM.

2. Le istruzioni possono essere fornite su carta o in un formato elettronico di uso comune.

3. Se sono forniti allo stesso OEM diversi motori che richiedono istruzioni comuni, deve essere fornito un solo pacchetto di istruzioni.

4. Le informazioni e istruzioni destinate all'OEM devono comprendere almeno:

   1) i requisiti di installazione necessari a raggiungere la prestazione in termini di emissioni prevista per il tipo di motore, compreso il sistema di controllo delle emissioni, che devono essere presi in considerazione per garantire il corretto funzionamento del sistema di controllo delle emissioni;

   2) una descrizione di qualsiasi condizione o limitazione speciale collegata all'installazione o all'uso del motore, come indicato nel certificati di omologazione UE di cui all'allegato IV del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656;

   3) una dichiarazione indicante che l'installazione del motore non deve vincolare in modo permanente il motore a funzionare esclusivamente entro un intervallo di potenza corrispondente a una (sotto)categoria con i limiti di emissione di inquinanti gassosi e di particolato inquinante più rigorosi rispetto alla (sotto)categoria di cui fa parte il motore;

   4) per le famiglie di motori cui si applica l'allegato V, i limiti inferiore e superiore dell'area di controllo applicabile e una dichiarazione attestante che l'installazione del motore non deve vincolare il motore a funzionare esclusivamente al regime e ai punti di carico al di fuori dell'area di controllo per la curva di coppia del motore;

   5) se del caso, i requisiti di progettazione per i componenti forniti dall'OEM che non fanno parte del motore e sono necessari a garantire che, una volta installati, il motore sia conforme al tipo di motore omologato;

   6) se del caso, i requisiti di progettazione per il serbatoio del reagente, compreso l'antigelo, il monitoraggio del livello del reagente e i mezzi per prelevare campioni di reagente;

   7) se del caso, informazioni relative all'eventuale installazione di un sistema non riscaldato del reagente;

   8) se del caso, una dichiarazione attestante che il motore è destinato esclusivamente al montaggio su spazzaneve;

   9) se del caso, una dichiarazione attestante che l'OEM deve fornire un sistema di allerta come disposto alle appendici da 1 a 4 dell'allegato IV;

   10) se del caso, informazioni relative all'interfaccia tra il motore e la macchina mobile non stradale per il sistema d'allerta dell'operatore, di cui alla parte 9;

▼B

11) se del caso, informazioni relative all'interfaccia tra il motore e la macchina mobile non stradale per il sistema di persuasione dell'operatore, di cui all'allegato IV, appendice 1, parte 5;

12) se del caso, informazioni relative ai mezzi per disattivare temporaneamente il sistema di persuasione dell'operatore come definito all'allegato IV, appendice 1, punto 5.2.1;

13) se del caso, informazioni relative alla una funzione di superamento del sistema di persuasione come definita all'allegato IV, appendice 1 punto 5.5;

14) in caso di motori a doppia alimentazione:

a) una dichiarazione attestante che L'OEM deve fornire un indicatore della modalità di funzionamento come descritto allegato VIII, punto 4.3.1;

b) una dichiarazione attestante che L'OEM deve fornire un indicatore del sistema di allerta della modalità a doppia alimentazione come descritto allegato VIII, punto 4.3.2;

c) informazioni relative all'interfaccia tra il motore e la macchina mobile non stradale per l'indicatore e il sistema d'allerta dell'operatore, di cui al punto 14, lettere a) e b);

15) in caso di motori a regime variabile della categoria IWP omologati per l'uso in una o più applicazioni per la navigazione interna, come indicato all'allegato IX, punto 1.1.1.2 del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656, i dettagli relativi a ciascuna (sotto)categoria e modalità di funzionamento (regime) per le quali il motore è omologato e sulle quali esso potrebbe essere impostato in seguito all'installazione;

16 in caso di motori a regime costante dotati di regimi alternativi come indicato all'allegato IX, punto 1.1.2.3 del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656:

a) una dichiarazione attestante che l'installazione del motore deve garantire che:

i) che il motore sia spento prima dell'azzeramento del regolatore del regime costante a un regime alternativo; e

ii) il regolatore del regime costante sia impostato solo su regimi alternativi consentiti dal costruttore del motore;

b) i dettagli di ciascuna (sotto)categoria e modalità di funzionamento (regime) per le quali il motore è omologato e sulle quali esso potrebbe essere impostato in seguito all'installazione;

17) nel caso in cui il motore sia dotato di un regime di minimo per le fasi di avvio e di arresto, come previsto dal regolamento (UE) 2016/1628, articolo 3, paragrafo 18, una dichiarazione attestante che il motore deve essere installato in modo da garantire che la funzione di regolazione del regime costante sia attivata prima di aumentare la domanda di carico al motore partendo dalle regolazioni senza carico.

5. Come disposto dall'articolo 43, paragrafo 3, del regolamento (UE) 2016/1628, il costruttore deve fornire all'OEM tutte le informazioni e le istruzioni necessarie che l'OEM dovrà trasmettere all'utilizzatore finale in conformità alle disposizioni dell'allegato XV.

▼B

6. Come disposto dall'articolo 43, paragrafo 3, del regolamento (UE) 2016/1628, il costruttore deve fornire all'OEM il valore delle emissioni di biossido di carbonio (CO2) in g/kWh determinato durante la procedura di omologazione UE e riportato nel certificato di omologazione UE. Tale valore deve essere fornito all'OEM e agli utilizzatori finali accompagnato dalla seguente dichiarazione: «*Questo è il valore di misurazione del CO_2 risultato da un ciclo di prova fisso eseguito in condizioni di laboratorio su un motore (capostipite) rappresentativo del tipo di motore (della famiglia di motori) e non comporta alcuna garanzia implicita o esplicita o delle prestazioni di un particolare motore*».

▼B

ALLEGATO XV

Informazioni e istruzioni destinate agli utilizzatori finali

1. L'OEM deve fornire agli utilizzatori finali tutte le informazioni e le istruzioni necessarie per il corretto funzionamento del motore al fine di mantenere le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato inquinante del motore entro i limiti del tipo di motore omologato o della famiglia di motori omologata. Le istruzioni aventi questo scopo devono essere chiaramente identificate per gli utilizzatori finali.

2. Le istruzioni destinate agli utilizzatori finali sono:

2.1. redatte in modo chiaro e non tecnico, adottando la stessa terminologia utilizzata nel manuale di istruzioni per l'utilizzatore finale della macchina mobile non stradale;

2.2. fornite su carta o, in alternativa, in un formato elettronico di uso comune;

2.3. integrate nelle istruzioni destinate agli utilizzatori finali della macchina mobile non stradale o, in alternativa, costituiscono un documento separato;

2.3.1. fornite nello stesso formato, se fornite separatamente dalle istruzioni destinate agli utilizzatori finali della macchina mobile non stradale.

3. Le informazioni e istruzioni destinate agli utilizzatori finali devono comprendere almeno:

1) una descrizione di qualsiasi condizione o limitazione speciale collegata all'uso del motore, come indicato nel certificati di omologazione UE di cui all'allegato IV del regolamento di esecuzione (UE) 2017/656;

2) una dichiarazione secondo cui il motore, compreso il sistema di controllo delle emissioni, deve essere fatto funzionare, usato e mantenuto secondo le istruzioni fornite agli utilizzatori finali per fare in modo che la prestazione del motore in termini di emissioni rispetti i requisiti applicabili per la rispettiva categoria di motori;

3) una dichiarazione secondo cui non deve aver luogo alcuna manomissione intenzionale o abuso del sistema di controllo delle emissioni del motore; in particolare con riferimento alla disattivazione o mancata manutenzione del ricircolo dei gas di scarico (EGR) o del sistema di distribuzione del reagente;

4) una dichiarazione secondo cui è essenziale intervenire rapidamente per correggere qualsiasi funzionamento, uso o manutenzione impropri del sistema di controllo delle emissioni in linea con gli interventi correttivi indicati dai messaggi di allerta di cui ai punti 5 e 6;

5) spiegazioni dettagliate relative all'eventuale malfunzionamento del sistema di controllo delle emissioni generate da funzionamento, uso o manutenzione impropri del motore installato, accompagnate dai messaggi di allerta ad essi associati e i rispettivi interventi correttivi;

6) spiegazioni dettagliate relative a un eventuale uso improprio della macchina mobile non stradale che potrebbe risultare in un malfunzionamento del sistema di controllo delle emissioni, accompagnate dai messaggi di allerta ad essi associati e i rispettivi interventi correttivi;

7) se del caso, informazioni relative all'eventuale uso di un sistema di distribuzione e di un serbatoio non riscaldato del reagente;

▼B

8) se del caso, una dichiarazione attestante che il motore è destinato esclusivamente all'uso su spazzaneve;

9) per le macchine mobili non stradali dotate di un sistema di allerta dell'operatore, come definito all'allegato IV, appendice 1, parte 4 (categoria NRE, NRG, IWP, IWA o RLR) e/o all'allegato IV, appendice 4, parte 4 (categoria NRE, NRG, IWP, IWA o RLR) o all'allegato IV, appendice 3, parte 3 (categoria RLL), una dichiarazione attestante che l'operatore viene informato dal sistema di allerta se il sistema di controllo delle emissioni non funziona correttamente;

10) per le macchine mobili non stradali dotate di un sistema di persuasione dell'operatore, come definito all'allegato IV, appendice 1, parte 5 (categoria NRE, NRG), una dichiarazione attestante che ignorare il segnale di allerta ha per effetto l'attivazione del sistema di persuasione dell'operatore, il quale culmina con l'effettiva interruzione del funzionamento della macchina mobile non stradale;

11) per le macchine mobili non stradali dotate di una funzione di superamento del sistema di persuasione per ottenere l'intera potenza, di cui all'allegato IV, appendice 1, punto 5.5, informazioni sul funzionamento di tale funzione;

12) se del caso, la spiegazione relativa al funzionamento dei sistemi di allerta e di persuasione dell'operatore, di cui ai punti 9, 10 e 11, comprese le conseguenze, in termini di calo delle prestazioni e di segnalazione di guasti, se vengono ignorati i segnali del sistema d'allerta, se non viene rabboccato l'eventuale reagente o se non viene risolto il problema identificato;

13) se sono effettuate registrazioni sul computer di bordo relativamente a un'inadeguata attività del distribuzione o qualità del reagente, conformemente alle disposizioni dell'allegato IV, appendice 2, punto 4.1 (categoria IWP, IWA, RLR), una dichiarazione attestante che le autorità nazionali di controllo saranno in grado di leggere tali registrazioni con uno scanner;

14) per le macchine mobili non stradali dotate di un mezzo per disattivare temporaneamente il sistema di persuasione dell'operatore, come definito allegato IV, appendice 1, punto 5.2.1, le informazioni relative al funzionamento di tale funzione e una dichiarazione attestante che tale funzione deve essere attivata solamente in caso di emergenza, che qualsiasi attivazione sarà registrata sul computer di bordo e che le autorità nazionali di controllo saranno in grado di leggere tali registrazioni con uno scanner.

15) informazioni relative alle specifiche del carburante necessarie per mantenere la prestazione del sistema di controllo delle emissioni secondo le disposizioni dell'allegato I, e in coerenza con le specifiche stabilite nell'omologazione UE dei motori, compresi, se disponibili, i riferimenti agli opportuni standard UE o internazionali, in particolare:

▼M2

a) se il motore è destinato a funzionare all'interno dell'Unione con diesel o gasolio per macchine non stradali, una dichiarazione attestante che deve essere usato un carburante con tenore di zolfo non superiore a 10 mg/kg (20 mg/kg al punto di distribuzione finale), numero di cetano non inferiore a 45 e tenore di FAME non superiore a 8 % v/v;

▼B

b) se anche altri carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti sono compatibili per l'uso nel motore, come dichiarato dal costruttore e indicato nel certificato di omologazione UE, questi devono essere indicati;

▼B

16) informazioni relative alle specifiche dell'olio lubrificante necessario a mantenere la prestazione del sistema di controllo delle emissioni;

17) se il sistema di controllo delle emissioni richiede l'uso di un reagente, le caratteristiche di tale reagente, compreso il tipo, informazioni relative alla concentrazione dei reagenti in soluzione, la temperatura di funzionamento e il riferimento a norme internazionali relative a composizione e qualità devono essere coerenti con le specifiche indicate nel certificato di omologazione UE;

18) se del caso, istruzioni che specifichino come l'operatore debba rabboccare i reagenti consumabili tra i normali intervalli di manutenzione. Le istruzioni devono indicare in che modo l'operatore debba rabboccare il serbatoio di reagente e la frequenza prevista degli interventi di rabbocco, a seconda dell'uso della macchina mobile non stradale;

19) una dichiarazione attestante che, al fine di mantenere la prestazione del motore in termini di emissioni, è essenziale usare e rabboccare il reagente in conformità alle specifiche di cui ai punti 17 e 18;

20) i requisiti relativi agli interventi programmati di manutenzione legata alle emissioni, compresa qualsiasi sostituzione di componenti fondamentali legati alle emissioni;

21) in caso di motori a doppia alimentazione:

a) se del caso, informazioni relative agli indicatori della modalità a doppia alimentazione, di cui all'allegato VIII, punto 4.3;

b) se un motore a doppia alimentazione è soggetto a limitazioni dell'operabilità in modalità di servizio, come definito all'allegato VIII, punto 4.2.2.1 (ad esclusione di categorie IWP, IWA, RLL e RLR), una dichiarazione attestante che l'attivazione della modalità di servizio risulterà in un'effettiva interruzione del funzionamento della macchina mobile non stradale;

c) se è disponibile una funzione di superamento del sistema di persuasione per ottenere l'intera potenza, informazioni relative al funzionamento di tale funzione;

d) se un motore a doppia alimentazione funziona in modalità di servizio, conformemente all'allegato VIII, punto 4.2.2.2 (categorie IWP, IWA, RLL e RLR), una dichiarazione attestante che l'attivazione della modalità di servizio sarà registrata sul computer di bordo e che le autorità nazionali di controllo saranno in grado di leggere tali registrazioni con uno scanner.

4. Come disposto dall'articolo 43, paragrafo 3, del regolamento (UE) 2016/1628, l'OEM deve fornire agli utilizzatori finali il valore delle emissioni di biossido di carbonio (CO2) in g/kWh determinato durante la procedura di omologazione UE e riportato nel certificato di omologazione UE. Tale valore deve essere fornito all'OEM e agli utilizzatori finali accompagnato dalla seguente dichiarazione: «*Questo è il valore di misurazione del CO_2 risultato da un ciclo di prova fisso eseguito in condizioni di laboratorio su un motore (capostipite) rappresentativo del tipo di motore (della famiglia di motori) e non comporta alcuna garanzia implicita o esplicita o delle prestazioni di un particolare motore*».

▼B

ALLEGATO XVI

Standard di prestazione e valutazione dei servizi tecnici

1. **Requisiti generali**

I servizi tecnici devono essere adeguatamente qualificati, disporre di conoscenze tecniche specifiche e provata esperienza negli specifici settori di competenza disciplinati dal regolamento (UE) 2016/1628 e degli atti delegati e di esecuzione adottati a norma di tale regolamento.

2. **Norme alle quali devono conformarsi i servizi tecnici**

2.1. I servizi tecnici delle diverse categorie di cui all'articolo 45 del regolamento (UE) 2016/1628 devono conformarsi alle norme elencate all'allegato V, appendice 1, della direttiva 2007/46/CE del Parlamento europeo e del Consiglio ([1]) rilevanti per le attività da essi svolte.

2.2. Il riferimento all'articolo 41 della direttiva 2007/46/CE in detta appendice- deve essere interpretato come riferimento all'articolo 45 del regolamento (UE) 2016/1628.

2.3. Il riferimento all'allegato IV della direttiva 2007/46/CE in detta appendice- deve essere interpretato come riferimento al regolamento (UE) 2016/1628 e agli atti delegati e di esecuzione adottati a norma di tale regolamento.

3. **Procedura per la valutazione dei servizi tecnici**

3.1. La conformità dei servizi tecnici con i requisiti del regolamento (UE) 2016/1628 e gli atti delegati e di esecuzione adottati a norma di tale regolamento deve essere valutata in base alla procedura di cui all'allegato V, appendice 2, della direttiva 2007/46/CE.

3.2. Il riferimento all'articolo 42 della direttiva 2007/46/CE nell'allegato V, appendice 2, della medesima direttiva deve essere interpretato come riferimento all'articolo 48 del regolamento (UE) 2016/1628.

([1]) Direttiva 2007/46/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 5 settembre 2007, che istituisce un quadro per l'omologazione dei veicoli a motore e dei loro rimorchi, nonché dei sistemi, componenti ed entità tecniche destinati a tali veicoli («direttiva quadro») (GU L 263 del 9.10.2007, pag. 1).

▼B

ALLEGATO XVII

Caratteristiche dei cicli di prova stazionari e transitori

1. Le tabelle delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per il ciclo NRSC in modalità discreta sono illustrate all'appendice 1.

2. Le tabelle delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per il ciclo RMC sono illustrate all'appendice 2.

3. Le tabelle delle sequenze di prova del dinamometro per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) sono illustrate all'appendice 3.

▼B

Appendice 1

Cicli NRSC stazionari in modalità discreta

Cicli di prova di tipo C

Tabella delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per il ciclo C1

Numero modalità	1	2	3	4	5	6	7	8
Regime (a)	100 %				Intermedio			Minimo
Coppia (b) (%)	100	75	50	10	100	75	50	0
Fattore di ponderazione	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15

(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

Tabella delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per il ciclo C2

Numero modalità	1	2	3	4	5	6	7
Regime (a)	100 %	Intermedio					Minimo
Coppia (b) (%)	25	100	75	50	25	10	0
Fattore di ponderazione	0,06	0,02	0,05	0,32	0,30	0,10	0,15

(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

Cicli di prova di tipo D

Tabella delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per il ciclo D2

Numero modalità (ciclo D2)	1	2	3	4	5
Regime (a)	100 %				
Coppia (b) (%)	100	75	50	25	10
Fattore di ponderazione	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia corrispondente alla potenza netta dichiarata dal costruttore.

Cicli di prova di tipo E

Tabella delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per i cicli di tipo E

Numero modalità (ciclo E2)	1	2	3	4						
Regime (a)	100 %				Intermedio					
Coppia (b) (%)	100	75	50	25						
Fattore di ponderazione	0,2	0,5	0,15	0,15						

▼B

Numero modalità (ciclo E3)	1	2	3	4
Regime ([a]) (%)	100	91	80	63
Potenza ([c]) (%)	100	75	50	25
Fattore di ponderazione	0,2	0,5	0,15	0,15

([a]) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
([b]) La coppia in percentuale è relativa alla coppia corrispondente alla potenza netta dichiarata dal costruttore al regime del motore regolato.
([c]) La potenza in percentuale è relativa alla potenza nominale massima al regime al 100 %.

Cicli di prova di tipo F

Tabella delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per i cicli di tipo F

Numero modalità	1	2 ([d])	3
Regime ([a])	100 %	Intermedio	Minimo
Potenza (%)	100 ([c])	50 ([c])	5 ([b])
Fattore di ponderazione	0,15	0,25	0,6

([a]) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
([b]) La potenza in percentuale in questa modalità è relativa alla potenza in modalità 1.
([c]) La potenza in percentuale in questa modalità è relativa alla potenza netta massima al regime del motore regolato.
([d]) Per i motori dotati di un sistema di controllo discreto (ovvero di un controllo del tipo di livello) la modalità 2 è definita come operazione al livello più prossimo alla modalità 2 o al 35 % della potenza nominale.

Cicli di prova di tipo G

Tabella delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per i cicli di tipo G

Numero modalità (ciclo G1)						1	2	3	4	5	6
Regime ([a])	100 %					Intermedio					Minimo
Coppia ([b]) (%)						100	75	50	25	10	0
Fattore di ponderazione						0,09	0,20	0,29	0,30	0,07	0,05
Numero modalità (ciclo G2)	1	2	3	4	5						6
Regime ([a])	100 %					Intermedio					Minimo
Coppia ([b]) (%)	100	75	50	25	10						0
Fattore di ponderazione	0,09	0,20	0,29	0,30	0,07						0,05
Numero modalità (ciclo G3)	1										2
Regime ([a])	100 %					Intermedio					Minimo
Coppia ([b]) (%)	100										0
Fattore di ponderazione	0,85										0,15

([a]) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
([b]) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

▼B

Cicli di prova di tipo H

Tabella delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per i cicli di tipo H

Numero modalità	1	2	3	4	5
Regime ([a]) %)	100	85	75	65	Minimo
Coppia ([b]) (%)	100	51	33	19	0
Fattore di ponderazione	0,12	0,27	0,25	0,31	0,05

([a]) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
([b]) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

▼B

Appendice 2

Cicli stazionari con rampe di transizione (RMC)

Cicli di prova di tipo C

Tabella delle modalità di prova per il ciclo RMC-C1

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità (secondi)	Regime del motore [a] [c]	Coppia (%) [b] [c]
1a Stazionario	126	Minimo	0
1b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
2a Stazionario	159	Intermedio	100
2b Transitorio	20	Intermedio	Transizione lineare
3a Stazionario	160	Intermedio	50
3b Transitorio	20	Intermedio	Transizione lineare
4a Stazionario	162	Intermedio	75
4b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
5a Stazionario	246	100 %	100
5b Transitorio	20	100 %	Transizione lineare
6a Stazionario	164	100 %	10
6b Transitorio	20	100 %	Transizione lineare
7a Stazionario	248	100 %	75
7b Transitorio	20	100 %	Transizione lineare
8a Stazionario	247	100 %	50
8b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
9 Stazionario	128	Minimo	0

([a]) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
([b]) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.
([c]) Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva e simultaneamente programmare una progressione lineare simile per il regime del motore in caso di variazione della regolazione del regime.

Tabella delle modalità di prova per il ciclo RMC-C2

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità (secondi)	Regime del motore [a] [c]	Coppia (%) [b] [c]
1a Stazionario	119	Minimo	0
1b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
2a Stazionario	29	Intermedio	100

▼B

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità (secondi)	Regime del motore [a] [c]	Coppia (%) [b] [c]
2b Transitorio	20	Intermedio	Transizione lineare
3a Stazionario	150	Intermedio	10
3b Transitorio	20	Intermedio	Transizione lineare
4a Stazionario	80	Intermedio	75
4b Transitorio	20	Intermedio	Transizione lineare
5a Stazionario	513	Intermedio	25
5b Transitorio	20	Intermedio	Transizione lineare
6a Stazionario	549	Intermedio	50
6b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
7a Stazionario	96	100 %	25
7b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
8 Stazionaria	124	Minimo	0

[a] Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
[b] La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.
[c] Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva e simultaneamente programmare una progressione lineare simile per il regime del motore in caso di variazione della regolazione del regime.

Cicli di prova di tipo D

Tabella delle modalità di prova per il ciclo RMC-D2

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità (secondi)	Regime del motore (%) [a]	Coppia (%) [b] [c]
1a Stazionario	53	100	100
1b Transitorio	20	100	Transizione lineare
2a Stazionario	101	100	10
2b Transitorio	20	100	Transizione lineare
3a Stazionario	277	100	75
3b Transitorio	20	100	Transizione lineare
4a Stazionario	339	100	25
4b Transitorio	20	100	Transizione lineare
5 Stazionario	350	100	50

[a] Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
[b] La coppia in percentuale è relativa alla coppia corrispondente alla potenza netta dichiarata dal costruttore.
[c] Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva.

▼B

Cicli di prova di tipo E

Tabella delle modalità di prova per il ciclo RMC-E2

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità (secondi)	Regime del motore (%) [a]	Coppia (%) [b] [c]
1a Stazionario	229	100	100
1b Transitorio	20	100	Transizione lineare
2a Stazionario	166	100	25
2b Transitorio	20	100	Transizione lineare
3a Stazionario	570	100	75
3b Transitorio	20	100	Transizione lineare
4 Stazionaria	175	100	50

[a] Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
[b] La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima corrispondente alla potenza nominale netta dichiarata dal costruttore al regime del motore regolato.
[c] Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva.

Tabella delle modalità di prova per il ciclo RMC-E3

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità (secondi)	Regime del motore (%) [a] [c]	Potenza (%) [b] [c]
1a Stazionario	229	100	100
1b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
2a Stazionario	166	63	25
2b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
3a Stazionario	570	91	75
3b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
4 Stazionaria	175	80	50

[a] Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
[b] La potenza in percentuale è relativa alla potenza nominale netta massima al regime al 100 %.
[c] Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva e simultaneamente programmare una progressione lineare simile per il regime del motore.

Cicli di prova di tipo F

Tabella delle modalità di prova per il ciclo RMC-F

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità (secondi)	Regime del motore ([a] [c]))	Potenza (%) [c]
1a Stazionario	350	Minimo	5 [b]
1b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
2a Stazionario [d]	280	Intermedio	50 [c]

▼B

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità (secondi)	Regime del motore ([a]) ([e]))	Potenza (%) ([e])
2b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
3a Stazionario	160	100 %	100 ([c])
3b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
4 Stazionaria	350	Minimo	5 ([c])

([a]) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
([b]) La potenza in percentuale in questa modalità è relativa alla potenza netta in modalità 3a.
([c]) La potenza in percentuale in questa modalità è relativa alla potenza netta massima al regime del motore regolato.
([d]) Per i motori dotati di un sistema di controllo discreto (ovvero di un controllo del tipo di livello) la modalità 2a è definita come operazione al livello più prossimo alla modalità 2a o al 35 % della potenza nominale.
([e]) Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva e simultaneamente programmare una progressione lineare simile per il regime del motore in caso di variazione della regolazione del regime.

Cicli di prova di tipo G

Tabella delle modalità di prova per il ciclo RMC-G1

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità (secondi)	Regime del motore ([a]) ([c])	Coppia (%) ([b]) ([c])
1a Stazionario	41	Minimo	0
1b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
2a Stazionario	135	Intermedio	100
2b Transitorio	20	Intermedio	Transizione lineare
3a Stazionario	112	Intermedio	10
3b Transitorio	20	Intermedio	Transizione lineare
4a Stazionario	337	Intermedio	75
4b Transitorio	20	Intermedio	Transizione lineare
5a Stazionario	518	Intermedio	25
5b Transitorio	20	Intermedio	Transizione lineare
6a Stazionario	494	Intermedio	50
6b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
7 Stazionaria	43	Minimo	0

([a]) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
([b]) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.
([c]) Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva e simultaneamente programmare una progressione lineare simile per il regime del motore in caso di variazione della regolazione del regime.

▼B

Tabella delle modalità di prova per il ciclo RMC-G2

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità (secondi)	Regime del motore [a] [c]	Coppia (%) [b] [c]
1a Stazionario	41	Minimo	0
1b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
2a Stazionario	135	100 %	100
2b Transitorio	20	100 %	Transizione lineare
3a Stazionario	112	100 %	10
3b Transitorio	20	100 %	Transizione lineare
4a Stazionario	337	100 %	75
4b Transitorio	20	100 %	Transizione lineare
5a Stazionario	518	100 %	25
5b Transitorio	20	100 %	Transizione lineare
6a Stazionario	494	100 %	50
6b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
7 Stazionaria	43	Minimo	0

[a] Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
[b] La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.
[c] Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva e simultaneamente programmare una progressione lineare simile per il regime del motore in caso di variazione della regolazione del regime.

Cicli di prova di tipo H

Tabella delle modalità di prova per il ciclo RMC-H

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità (secondi)	Regime del motore [a] [c]	Coppia (%) [b] [c]
1a Stazionario	27	Minimo	0
1b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
2a Stazionario	121	100 %	100
2b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
3a Stazionario	347	65 %	19
3b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
4a Stazionario	305	85 %	51
4b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
5a Stazionario	272	75 %	33
5b Transitorio	20	Transizione lineare	Transizione lineare
6 Stazionaria	28	Minimo	0

[a] Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato VI, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.
[b] La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.
[c] Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva e simultaneamente programmare una progressione lineare simile per il regime del motore in caso di variazione della regolazione del regime.

▼B

Appendice 3

2.4.2.1 **Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC)**

Sequenza di prova del dinamometro per il ciclo NRTC

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)	Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)	Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1	0	0	37	33	42	73	62	24
2	0	0	38	57	46	74	64	8
3	0	0	39	44	33	75	58	44
4	0	0	40	31	0	76	65	10
5	0	0	41	22	27	77	65	12
6	0	0	42	33	43	78	68	23
7	0	0	43	80	49	79	69	30
8	0	0	44	105	47	80	71	30
9	0	0	45	98	70	81	74	15
10	0	0	46	104	36	82	71	23
11	0	0	47	104	65	83	73	20
12	0	0	48	96	71	84	73	21
13	0	0	49	101	62	85	73	19
14	0	0	50	102	51	86	70	33
15	0	0	51	102	50	87	70	34
16	0	0	52	102	46	88	65	47
17	0	0	53	102	41	89	66	47
18	0	0	54	102	31	90	64	53
19	0	0	55	89	2	91	65	45
20	0	0	56	82	0	92	66	38
21	0	0	57	47	1	93	67	49
22	0	0	58	23	1	94	69	39
23	0	0	59	1	3	95	69	39
24	1	3	60	1	8	96	66	42
25	1	3	61	1	3	97	71	29
26	1	3	62	1	5	98	75	29
27	1	3	63	1	6	99	72	23
28	1	3	64	1	4	100	74	22
29	1	3	65	1	4	101	75	24
30	1	6	66	0	6	102	73	30
31	1	6	67	1	4	103	74	24
32	2	1	68	9	21	104	77	6
33	4	13	69	25	56	105	76	12
34	7	18	70	64	26	106	74	39
35	9	21	71	60	31	107	72	30
36	17	20	72	63	20	108	75	22

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
109	78	64
110	102	34
111	103	28
112	103	28
113	103	19
114	103	32
115	104	25
116	103	38
117	103	39
118	103	34
119	102	44
120	103	38
121	102	43
122	103	34
123	102	41
124	103	44
125	103	37
126	103	27
127	104	13
128	104	30
129	104	19
130	103	28
131	104	40
132	104	32
133	101	63
134	102	54
135	102	52
136	102	51
137	103	40
138	104	34
139	102	36
140	104	44
141	103	44
142	104	33
143	102	27
144	103	26
145	79	53
146	51	37
147	24	23
148	13	33
149	19	55
150	45	30
151	34	7
152	14	4
153	8	16
154	15	6
155	39	47
156	39	4
157	35	26
158	27	38
159	43	40
160	14	23
161	10	10
162	15	33
163	35	72
164	60	39
165	55	31
166	47	30
167	16	7
168	0	6
169	0	8
170	0	8
171	0	2
172	2	17
173	10	28
174	28	31
175	33	30
176	36	0
177	19	10
178	1	18
179	0	16
180	1	3
181	1	4
182	1	5
183	1	6
184	1	5
185	1	3
186	1	4
187	1	4
188	1	6
189	8	18
190	20	51
191	49	19
192	41	13
193	31	16
194	28	21
195	21	17
196	31	21
197	21	8
198	0	14
199	0	12
200	3	8
201	3	22
202	12	20
203	14	20
204	16	17
205	20	18
206	27	34
207	32	33
208	41	31
209	43	31
210	37	33
211	26	18
212	18	29
213	14	51
214	13	11
215	12	9
216	15	33
217	20	25
218	25	17
219	31	29
220	36	66
221	66	40
222	50	13
223	16	24
224	26	50
225	64	23
226	81	20
227	83	11
228	79	23

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
229	76	31
230	68	24
231	59	33
232	59	3
233	25	7
234	21	10
235	20	19
236	4	10
237	5	7
238	4	5
239	4	6
240	4	6
241	4	5
242	7	5
243	16	28
244	28	25
245	52	53
246	50	8
247	26	40
248	48	29
249	54	39
250	60	42
251	48	18
252	54	51
253	88	90
254	103	84
255	103	85
256	102	84
257	58	66
258	64	97
259	56	80
260	51	67
261	52	96
262	63	62
263	71	6
264	33	16
265	47	45
266	43	56
267	42	27
268	42	64
269	75	74
270	68	96
271	86	61
272	66	0
273	37	0
274	45	37
275	68	96
276	80	97
277	92	96
278	90	97
279	82	96
280	94	81
281	90	85
282	96	65
283	70	96
284	55	95
285	70	96
286	79	96
287	81	71
288	71	60
289	92	65
290	82	63
291	61	47
292	52	37
293	24	0
294	20	7
295	39	48
296	39	54
297	63	58
298	53	31
299	51	24
300	48	40
301	39	0
302	35	18
303	36	16
304	29	17
305	28	21
306	31	15
307	31	10
308	43	19
309	49	63
310	78	61
311	78	46
312	66	65
313	78	97
314	84	63
315	57	26
316	36	22
317	20	34
318	19	8
319	9	10
320	5	5
321	7	11
322	15	15
323	12	9
324	13	27
325	15	28
326	16	28
327	16	31
328	15	20
329	17	0
330	20	34
331	21	25
332	20	0
333	23	25
334	30	58
335	63	96
336	83	60
337	61	0
338	26	0
339	29	44
340	68	97
341	80	97
342	88	97
343	99	88
344	102	86
345	100	82
346	74	79
347	57	79
348	76	97

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
349	84	97
350	86	97
351	81	98
352	83	83
353	65	96
354	93	72
355	63	60
356	72	49
357	56	27
358	29	0
359	18	13
360	25	11
361	28	24
362	34	53
363	65	83
364	80	44
365	77	46
366	76	50
367	45	52
368	61	98
369	61	69
370	63	49
371	32	0
372	10	8
373	17	7
374	16	13
375	11	6
376	9	5
377	9	12
378	12	46
379	15	30
380	26	28
381	13	9
382	16	21
383	24	4
384	36	43
385	65	85
386	78	66
387	63	39
388	32	34
389	46	55
390	47	42
391	42	39
392	27	0
393	14	5
394	14	14
395	24	54
396	60	90
397	53	66
398	70	48
399	77	93
400	79	67
401	46	65
402	69	98
403	80	97
404	74	97
405	75	98
406	56	61
407	42	0
408	36	32
409	34	43
410	68	83
411	102	48
412	62	0
413	41	39
414	71	86
415	91	52
416	89	55
417	89	56
418	88	58
419	78	69
420	98	39
421	64	61
422	90	34
423	88	38
424	97	62
425	100	53
426	81	58
427	74	51
428	76	57
429	76	72
430	85	72
431	84	60
432	83	72
433	83	72
434	86	72
435	89	72
436	86	72
437	87	72
438	88	72
439	88	71
440	87	72
441	85	71
442	88	72
443	88	72
444	84	72
445	83	73
446	77	73
447	74	73
448	76	72
449	46	77
450	78	62
451	79	35
452	82	38
453	81	41
454	79	37
455	78	35
456	78	38
457	78	46
458	75	49
459	73	50
460	79	58
461	79	71
462	83	44
463	53	48
464	40	48
465	51	75
466	75	72
467	89	67
468	93	60

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
469	89	73
470	86	73
471	81	73
472	78	73
473	78	73
474	76	73
475	79	73
476	82	73
477	86	73
478	88	72
479	92	71
480	97	54
481	73	43
482	36	64
483	63	31
484	78	1
485	69	27
486	67	28
487	72	9
488	71	9
489	78	36
490	81	56
491	75	53
492	60	45
493	50	37
494	66	41
495	51	61
496	68	47
497	29	42
498	24	73
499	64	71
500	90	71
501	100	61
502	94	73
503	84	73
504	79	73
505	75	72
506	78	73
507	80	73
508	81	73
509	81	73
510	83	73
511	85	73
512	84	73
513	85	73
514	86	73
515	85	73
516	85	73
517	85	72
518	85	73
519	83	73
520	79	73
521	78	73
522	81	73
523	82	72
524	94	56
525	66	48
526	35	71
527	51	44
528	60	23
529	64	10
530	63	14
531	70	37
532	76	45
533	78	18
534	76	51
535	75	33
536	81	17
537	76	45
538	76	30
539	80	14
540	71	18
541	71	14
542	71	11
543	65	2
544	31	26
545	24	72
546	64	70
547	77	62
548	80	68
549	83	53
550	83	50
551	83	50
552	85	43
553	86	45
554	89	35
555	82	61
556	87	50
557	85	55
558	89	49
559	87	70
560	91	39
561	72	3
562	43	25
563	30	60
564	40	45
565	37	32
566	37	32
567	43	70
568	70	54
569	77	47
570	79	66
571	85	53
572	83	57
573	86	52
574	85	51
575	70	39
576	50	5
577	38	36
578	30	71
579	75	53
580	84	40
581	85	42
582	86	49
583	86	57
584	89	68
585	99	61
586	77	29
587	81	72
588	89	69

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
589	49	56
590	79	70
591	104	59
592	103	54
593	102	56
594	102	56
595	103	61
596	102	64
597	103	60
598	93	72
599	86	73
600	76	73
601	59	49
602	46	22
603	40	65
604	72	31
605	72	27
606	67	44
607	68	37
608	67	42
609	68	50
610	77	43
611	58	4
612	22	37
613	57	69
614	68	38
615	73	2
616	40	14
617	42	38
618	64	69
619	64	74
620	67	73
621	65	73
622	68	73
623	65	49
624	81	0
625	37	25
626	24	69
627	68	71
628	70	71
629	76	70
630	71	72
631	73	69
632	76	70
633	77	72
634	77	72
635	77	72
636	77	70
637	76	71
638	76	71
639	77	71
640	77	71
641	78	70
642	77	70
643	77	71
644	79	72
645	78	70
646	80	70
647	82	71
648	84	71
649	83	71
650	83	73
651	81	70
652	80	71
653	78	71
654	76	70
655	76	70
656	76	71
657	79	71
658	78	71
659	81	70
660	83	72
661	84	71
662	86	71
663	87	71
664	92	72
665	91	72
666	90	71
667	90	71
668	91	71
669	90	70
670	90	72
671	91	71
672	90	71
673	90	71
674	92	72
675	93	69
676	90	70
677	93	72
678	91	70
679	89	71
680	91	71
681	90	71
682	90	71
683	92	71
684	91	71
685	93	71
686	93	68
687	98	68
688	98	67
689	100	69
690	99	68
691	100	71
692	99	68
693	100	69
694	102	72
695	101	69
696	100	69
697	102	71
698	102	71
699	102	69
700	102	71
701	102	68
702	100	69
703	102	70
704	102	68
705	102	70
706	102	72
707	102	68
708	102	69

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
709	100	68
710	102	71
711	101	64
712	102	69
713	102	69
714	101	69
715	102	64
716	102	69
717	102	68
718	102	70
719	102	69
720	102	70
721	102	70
722	102	62
723	104	38
724	104	15
725	102	24
726	102	45
727	102	47
728	104	40
729	101	52
730	103	32
731	102	50
732	103	30
733	103	44
734	102	40
735	103	43
736	103	41
737	102	46
738	103	39
739	102	41
740	103	41
741	102	38
742	103	39
743	102	46
744	104	46
745	103	49
746	102	45
747	103	42
748	103	46
749	103	38
750	102	48
751	103	35
752	102	48
753	103	49
754	102	48
755	102	46
756	103	47
757	102	49
758	102	42
759	102	52
760	102	57
761	102	55
762	102	61
763	102	61
764	102	58
765	103	58
766	102	59
767	102	54
768	102	63
769	102	61
770	103	55
771	102	60
772	102	72
773	103	56
774	102	55
775	102	67
776	103	56
777	84	42
778	48	7
779	48	6
780	48	6
781	48	7
782	48	6
783	48	7
784	67	21
785	105	59
786	105	96
787	105	74
788	105	66
789	105	62
790	105	66
791	89	41
792	52	5
793	48	5
794	48	7
795	48	5
796	48	6
797	48	4
798	52	6
799	51	5
800	51	6
801	51	6
802	52	5
803	52	5
804	57	44
805	98	90
806	105	94
807	105	100
808	105	98
809	105	95
810	105	96
811	105	92
812	104	97
813	100	85
814	94	74
815	87	62
816	81	50
817	81	46
818	80	39
819	80	32
820	81	28
821	80	26
822	80	23
823	80	23
824	80	20
825	81	19
826	80	18
827	81	17
828	80	20

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
829	81	24
830	81	21
831	80	26
832	80	24
833	80	23
834	80	22
835	81	21
836	81	24
837	81	24
838	81	22
839	81	22
840	81	21
841	81	31
842	81	27
843	80	26
844	80	26
845	81	25
846	80	21
847	81	20
848	83	21
849	83	15
850	83	12
851	83	9
852	83	8
853	83	7
854	83	6
855	83	6
856	83	6
857	83	6
858	83	6
859	76	5
860	49	8
861	51	7
862	51	20
863	78	52
864	80	38
865	81	33
866	83	29
867	83	22
868	83	16
869	83	12
870	83	9
871	83	8
872	83	7
873	83	6
874	83	6
875	83	6
876	83	6
877	83	6
878	59	4
879	50	5
880	51	5
881	51	5
882	51	5
883	50	5
884	50	5
885	50	5
886	50	5
887	50	5
888	51	5
889	51	5
890	51	5
891	63	50
892	81	34
893	81	25
894	81	29
895	81	23
896	80	24
897	81	24
898	81	28
899	81	27
900	81	22
901	81	19
902	81	17
903	81	17
904	81	17
905	81	15
906	80	15
907	80	28
908	81	22
909	81	24
910	81	19
911	81	21
912	81	20
913	83	26
914	80	63
915	80	59
916	83	100
917	81	73
918	83	53
919	80	76
920	81	61
921	80	50
922	81	37
923	82	49
924	83	37
925	83	25
926	83	17
927	83	13
928	83	10
929	83	8
930	83	7
931	83	7
932	83	6
933	83	6
934	83	6
935	71	5
936	49	24
937	69	64
938	81	50
939	81	43
940	81	42
941	81	31
942	81	30
943	81	35
944	81	28
945	81	27
946	80	27
947	81	31
948	81	41

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
949	81	41
950	81	37
951	81	43
952	81	34
953	81	31
954	81	26
955	81	23
956	81	27
957	81	38
958	81	40
959	81	39
960	81	27
961	81	33
962	80	28
963	81	34
964	83	72
965	81	49
966	81	51
967	80	55
968	81	48
969	81	36
970	81	39
971	81	38
972	80	41
973	81	30
974	81	23
975	81	19
976	81	25
977	81	29
978	83	47
979	81	90
980	81	75
981	80	60
982	81	48
983	81	41
984	81	30
985	80	24
986	81	20
987	81	21
988	81	29
989	81	29
990	81	27
991	81	23
992	81	25
993	81	26
994	81	22
995	81	20
996	81	17
997	81	23
998	83	65
999	81	54
1000	81	50
1001	81	41
1002	81	35
1003	81	37
1004	81	29
1005	81	28
1006	81	24
1007	81	19
1008	81	16
1009	80	16
1010	83	23
1011	83	17
1012	83	13
1013	83	27
1014	81	58
1015	81	60
1016	81	46
1017	80	41
1018	80	36
1019	81	26
1020	86	18
1021	82	35
1022	79	53
1023	82	30
1024	83	29
1025	83	32
1026	83	28
1027	76	60
1028	79	51
1029	86	26
1030	82	34
1031	84	25
1032	86	23
1033	85	22
1034	83	26
1035	83	25
1036	83	37
1037	84	14
1038	83	39
1039	76	70
1040	78	81
1041	75	71
1042	86	47
1043	83	35
1044	81	43
1045	81	41
1046	79	46
1047	80	44
1048	84	20
1049	79	31
1050	87	29
1051	82	49
1052	84	21
1053	82	56
1054	81	30
1055	85	21
1056	86	16
1057	79	52
1058	78	60
1059	74	55
1060	78	84
1061	80	54
1062	80	35
1063	82	24
1064	83	43
1065	79	49
1066	83	50
1067	86	12
1068	64	14

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
1069	24	14
1070	49	21
1071	77	48
1072	103	11
1073	98	48
1074	101	34
1075	99	39
1076	103	11
1077	103	19
1078	103	7
1079	103	13
1080	103	10
1081	102	13
1082	101	29
1083	102	25
1084	102	20
1085	96	60
1086	99	38
1087	102	24
1088	100	31
1089	100	28
1090	98	3
1091	102	26
1092	95	64
1093	102	23
1094	102	25
1095	98	42
1096	93	68
1097	101	25
1098	95	64
1099	101	35
1100	94	59
1101	97	37
1102	97	60
1103	93	98
1104	98	53
1105	103	13
1106	103	11
1107	103	11
1108	103	13
1109	103	10
1110	103	10
1111	103	11
1112	103	10
1113	103	10
1114	102	18
1115	102	31
1116	101	24
1117	102	19
1118	103	10
1119	102	12
1120	99	56
1121	96	59
1122	74	28
1123	66	62
1124	74	29
1125	64	74
1126	69	40
1127	76	2
1128	72	29
1129	66	65
1130	54	69
1131	69	56
1132	69	40
1133	73	54
1134	63	92
1135	61	67
1136	72	42
1137	78	2
1138	76	34
1139	67	80
1140	70	67
1141	53	70
1142	72	65
1143	60	57
1144	74	29
1145	69	31
1146	76	1
1147	74	22
1148	72	52
1149	62	96
1150	54	72
1151	72	28
1152	72	35
1153	64	68
1154	74	27
1155	76	14
1156	69	38
1157	66	59
1158	64	99
1159	51	86
1160	70	53
1161	72	36
1162	71	47
1163	70	42
1164	67	34
1165	74	2
1166	75	21
1167	74	15
1168	75	13
1169	76	10
1170	75	13
1171	75	10
1172	75	7
1173	75	13
1174	76	8
1175	76	7
1176	67	45
1177	75	13
1178	75	12
1179	73	21
1180	68	46
1181	74	8
1182	76	11
1183	76	14
1184	74	11
1185	74	18
1186	73	22
1187	74	20
1188	74	19

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
1189	70	22
1190	71	23
1191	73	19
1192	73	19
1193	72	20
1194	64	60
1195	70	39
1196	66	56
1197	68	64
1198	30	68
1199	70	38
1200	66	47
1201	76	14
1202	74	18
1203	69	46
1204	68	62
1205	68	62
1206	68	62
1207	68	62
1208	68	62
1209	68	62
1210	54	50
1211	41	37
1212	27	25
1213	14	12
1214	0	0
1215	0	0
1216	0	0
1217	0	0
1218	0	0
1219	0	0
1220	0	0
1221	0	0
1222	0	0
1223	0	0
1224	0	0
1225	0	0
1226	0	0
1227	0	0
1228	0	0
1229	0	0
1230	0	0
1231	0	0
1232	0	0
1233	0	0
1234	0	0
1235	0	0
1236	0	0
1237	0	0
1238	0	0

Sequenza di prova del dinamometro per il ciclo LSI-NRTC

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	1	8
10	6	54
11	8	61
12	34	59
13	22	46
14	5	51
15	18	51
16	31	50
17	30	56
18	31	49
19	25	66
20	58	55
21	43	31
22	16	45
23	24	38
24	24	27
25	30	33
26	45	65
27	50	49
28	23	42
29	13	42
30	9	45
31	23	30
32	37	45
33	44	50
34	49	52
35	55	49
36	61	46
37	66	38
38	42	33
39	17	41
40	17	37
41	7	50
42	20	32
43	5	55
44	30	42
45	44	53
46	45	56
47	41	52
48	24	41
49	15	40
50	11	44
51	32	31
52	38	54
53	38	47

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
54	9	55
55	10	50
56	33	55
57	48	56
58	49	47
59	33	44
60	52	43
61	55	43
62	59	38
63	44	28
64	24	37
65	12	44
66	9	47
67	12	52
68	34	21
69	29	44
70	44	54
71	54	62
72	62	57
73	72	56
74	88	71
75	100	69
76	100	34
77	100	42
78	100	54
79	100	58
80	100	38
81	83	17
82	61	15
83	43	22
84	24	35
85	16	39
86	15	45
87	32	34
88	14	42
89	8	48
90	5	51
91	10	41
92	12	37
93	4	47
94	3	49
95	3	50
96	4	49
97	4	48
98	8	43
99	2	51
100	5	46
101	8	41
102	4	47
103	3	49
104	6	45
105	3	48
106	10	42
107	18	27
108	3	50
109	11	41
110	34	29
111	51	57
112	67	63
113	61	32
114	44	31
115	48	54
116	69	65
117	85	65
118	81	29
119	74	21
120	62	23
121	76	58
122	96	75
123	100	77
124	100	27
125	100	79
126	100	79
127	100	81
128	100	57
129	99	52
130	81	35
131	69	29
132	47	22
133	34	28
134	27	37
135	83	60
136	100	74
137	100	7
138	100	2
139	70	18
140	23	39
141	5	54
142	11	40
143	11	34
144	11	41
145	19	25
146	16	32
147	20	31
148	21	38
149	21	42
150	9	51
151	4	49
152	2	51
153	1	58
154	21	57
155	29	47
156	33	45
157	16	49
158	38	45
159	37	43
160	35	42
161	39	43
162	51	49
163	59	55
164	65	54
165	76	62
166	84	59
167	83	29
168	67	35
169	84	54
170	90	58
171	93	43
172	90	29
173	66	19

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
174	52	16
175	49	17
176	56	38
177	73	71
178	86	80
179	96	75
180	89	27
181	66	17
182	50	18
183	36	25
184	36	24
185	38	40
186	40	50
187	27	48
188	19	48
189	23	50
190	19	45
191	6	51
192	24	48
193	49	67
194	47	49
195	22	44
196	25	40
197	38	54
198	43	55
199	40	52
200	14	49
201	11	45
202	7	48
203	26	41
204	41	59
205	53	60
206	44	54
207	22	40
208	24	41
209	32	53
210	44	74
211	57	25
212	22	49
213	29	45
214	19	37
215	14	43
216	36	40
217	43	63
218	42	49
219	15	50
220	19	44
221	47	59
222	67	80
223	76	74
224	87	66
225	98	61
226	100	38
227	97	27
228	100	53
229	100	72
230	100	49
231	100	4
232	100	13
233	87	15
234	53	26
235	33	27
236	39	19
237	51	33
238	67	54
239	83	60
240	95	52
241	100	50
242	100	36
243	100	25
244	85	16
245	62	16
246	40	26
247	56	39
248	81	75
249	98	86
250	100	76
251	100	51
252	100	78
253	100	83
254	100	100
255	100	66
256	100	85
257	100	72
258	100	45
259	98	58
260	60	30
261	43	32
262	71	36
263	44	32
264	24	38
265	42	17
266	22	51
267	13	53
268	23	45
269	29	50
270	28	42
271	21	55
272	34	57
273	44	47
274	19	46
275	13	44
276	25	36
277	43	51
278	55	73
279	68	72
280	76	63
281	80	45
282	83	40
283	78	26
284	60	20
285	47	19
286	52	25
287	36	30
288	40	26
289	45	34
290	47	35
291	42	28
292	46	38
293	48	44

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
294	68	61
295	70	47
296	48	28
297	42	22
298	31	29
299	22	35
300	28	28
301	46	46
302	62	69
303	76	81
304	88	85
305	98	81
306	100	74
307	100	13
308	100	11
309	100	17
310	99	3
311	80	7
312	62	11
313	63	11
314	64	16
315	69	43
316	81	67
317	93	74
318	100	72
319	94	27
320	73	15
321	40	33
322	40	52
323	50	50
324	11	53
325	12	45
326	5	50
327	1	55
328	7	55
329	62	60
330	80	28
331	23	37
332	39	58
333	47	24
334	59	51
335	58	68
336	36	52
337	18	42
338	36	52
339	59	73
340	72	85
341	85	92
342	99	90
343	100	72
344	100	18
345	100	76
346	100	64
347	100	87
348	100	97
349	100	84
350	100	100
351	100	91
352	100	83
353	100	93
354	100	100
355	94	43
356	72	10
357	77	3
358	48	2
359	29	5
360	59	19
361	63	5
362	35	2
363	24	3
364	28	2
365	36	16
366	54	23
367	60	10
368	33	1
369	23	0
370	16	0
371	11	0
372	20	0
373	25	2
374	40	3
375	33	4
376	34	5
377	46	7
378	57	10
379	66	11
380	75	14
381	79	11
382	80	16
383	92	21
384	99	16
385	83	2
386	71	2
387	69	4
388	67	4
389	74	16
390	86	25
391	97	28
392	100	15
393	83	2
394	62	4
395	40	6
396	49	10
397	36	5
398	27	4
399	29	3
400	22	2
401	13	3
402	37	36
403	90	26
404	41	2
405	25	2
406	29	2
407	38	7
408	50	13
409	55	10
410	29	3
411	24	7
412	51	16
413	62	15

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
414	72	35
415	91	74
416	100	73
417	100	8
418	98	11
419	100	59
420	100	98
421	100	99
422	100	75
423	100	95
424	100	100
425	100	97
426	100	90
427	100	86
428	100	82
429	97	43
430	70	16
431	50	20
432	42	33
433	89	64
434	89	77
435	99	95
436	100	41
437	77	12
438	29	37
439	16	41
440	16	38
441	15	36
442	18	44
443	4	55
444	24	26
445	26	35
446	15	45
447	21	39
448	29	52
449	26	46
450	27	50
451	13	43
452	25	36
453	37	57

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
454	29	46
455	17	39
456	13	41
457	19	38
458	28	35
459	8	51
460	14	36
461	17	47
462	34	39
463	34	57
464	11	70
465	13	51
466	13	68
467	38	44
468	53	67
469	29	69
470	19	65
471	52	45
472	61	79
473	29	70
474	15	53
475	15	60
476	52	40
477	50	61
478	13	74
479	46	51
480	60	73
481	33	84
482	31	63
483	41	42
484	26	69
485	23	65
486	48	49
487	28	57
488	16	67
489	39	48
490	47	73
491	35	87
492	26	73
493	30	61

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
494	34	49
495	35	66
496	56	47
497	49	64
498	59	64
499	42	69
500	6	77
501	5	59
502	17	59
503	45	53
504	21	62
505	31	60
506	53	68
507	48	79
508	45	61
509	51	47
510	41	48
511	26	58
512	21	62
513	50	52
514	39	65
515	23	65
516	42	62
517	57	80
518	66	81
519	64	62
520	45	42
521	33	42
522	27	57
523	31	59
524	41	53
525	45	72
526	48	73
527	46	90
528	56	76
529	64	76
530	69	64
531	72	59
532	73	58
533	71	56

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
534	66	48
535	61	50
536	55	56
537	52	52
538	54	49
539	61	50
540	64	54
541	67	54
542	68	52
543	60	53
544	52	50
545	45	49
546	38	45
547	32	45
548	26	53
549	23	56
550	30	49
551	33	55
552	35	59
553	33	65
554	30	67
555	28	59
556	25	58
557	23	56
558	22	57
559	19	63
560	14	63
561	31	61
562	35	62
563	21	80
564	28	65
565	7	74
566	23	54
567	38	54
568	14	78
569	38	58
570	52	75
571	59	81
572	66	69
573	54	44
574	48	34
575	44	33
576	40	40
577	28	58
578	27	63
579	35	45
580	20	66
581	15	60
582	10	52
583	22	56
584	30	62
585	21	67
586	29	53
587	41	56
588	15	67
589	24	56
590	42	69
591	39	83
592	40	73
593	35	67
594	32	61
595	30	65
596	30	72
597	48	51
598	66	58
599	62	71
600	36	63
601	17	59
602	16	50
603	16	62
604	34	48
605	51	66
606	35	74
607	15	56
608	19	54
609	43	65
610	52	80
611	52	83
612	49	57
613	48	46
614	37	36
615	25	44
616	14	53
617	13	64
618	23	56
619	21	63
620	18	67
621	20	54
622	16	67
623	26	56
624	41	65
625	28	62
626	19	60
627	33	56
628	37	70
629	24	79
630	28	57
631	40	57
632	40	58
633	28	44
634	25	41
635	29	53
636	31	55
637	26	64
638	20	50
639	16	53
640	11	54
641	13	53
642	23	50
643	32	59
644	36	63
645	33	59
646	24	52
647	20	52
648	22	55
649	30	53
650	37	59
651	41	58
652	36	54
653	29	49

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
654	24	53
655	14	57
656	10	54
657	9	55
658	10	57
659	13	55
660	15	64
661	31	57
662	19	69
663	14	59
664	33	57
665	41	65
666	39	64
667	39	59
668	39	51
669	28	41
670	19	49
671	27	54
672	37	63
673	32	74
674	16	70
675	12	67
676	13	60
677	17	56
678	15	62
679	25	47
680	27	64
681	14	71
682	5	65
683	6	57
684	6	57
685	15	52
686	22	61
687	14	77
688	12	67
689	12	62
690	14	59
691	15	58
692	18	55
693	22	53
694	19	69
695	14	67
696	9	63
697	8	56
698	17	49
699	25	55
700	14	70
701	12	60
702	22	57
703	27	67
704	29	68
705	34	62
706	35	61
707	28	78
708	11	71
709	4	58
710	5	58
711	10	56
712	20	63
713	13	76
714	11	65
715	9	60
716	7	55
717	8	53
718	10	60
719	28	53
720	12	73
721	4	64
722	4	61
723	4	61
724	10	56
725	8	61
726	20	56
727	32	62
728	33	66
729	34	73
730	31	61
731	33	55
732	33	60
733	31	59
734	29	58
735	31	53
736	33	51
737	33	48
738	27	44
739	21	52
740	13	57
741	12	56
742	10	64
743	22	47
744	15	74
745	8	66
746	34	47
747	18	71
748	9	57
749	11	55
750	12	57
751	10	61
752	16	53
753	12	75
754	6	70
755	12	55
756	24	50
757	28	60
758	28	64
759	23	60
760	20	56
761	26	50
762	28	55
763	18	56
764	15	52
765	11	59
766	16	59
767	34	54
768	16	82
769	15	64
770	36	53
771	45	64
772	41	59
773	34	50

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
774	27	45
775	22	52
776	18	55
777	26	54
778	39	62
779	37	71
780	32	58
781	24	48
782	14	59
783	7	59
784	7	55
785	18	49
786	40	62
787	44	73
788	41	68
789	35	48
790	29	54
791	22	69
792	46	53
793	59	71
794	69	68
795	75	47
796	62	32
797	48	35
798	27	59
799	13	58
800	14	54
801	21	53
802	23	56
803	23	57
804	23	65
805	13	65
806	9	64
807	27	56
808	26	78
809	40	61
810	35	76
811	28	66
812	23	57
813	16	50
814	11	53
815	9	57
816	9	62
817	27	57
818	42	69
819	47	75
820	53	67
821	61	62
822	63	53
823	60	54
824	56	44
825	49	39
826	39	35
827	30	34
828	33	46
829	44	56
830	50	56
831	44	52
832	38	46
833	33	44
834	29	45
835	24	46
836	18	52
837	9	55
838	10	54
839	20	53
840	27	58
841	29	59
842	30	62
843	30	65
844	27	66
845	32	58
846	40	56
847	41	57
848	18	73
849	15	55
850	18	50
851	17	52
852	20	49
853	16	62
854	4	67
855	2	64
856	7	54
857	10	50
858	9	57
859	5	62
860	12	51
861	14	65
862	9	64
863	31	50
864	30	78
865	21	65
866	14	51
867	10	55
868	6	59
869	7	59
870	19	54
871	23	61
872	24	62
873	34	61
874	51	67
875	60	66
876	58	55
877	60	52
878	64	55
879	68	51
880	63	54
881	64	50
882	68	58
883	73	47
884	63	40
885	50	38
886	29	61
887	14	61
888	14	53
889	42	6
890	58	6
891	58	6
892	77	39
893	93	56

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
894	93	44
895	93	37
896	93	31
897	93	25
898	93	26
899	93	27
900	93	25
901	93	21
902	93	22
903	93	24
904	93	23
905	93	27
906	93	34
907	93	32
908	93	26
909	93	31
910	93	34
911	93	31
912	93	33
913	93	36
914	93	37
915	93	34
916	93	30
917	93	32
918	93	35
919	93	35
920	93	32
921	93	28
922	93	23
923	94	18
924	95	18
925	96	17
926	95	13
927	96	10
928	95	9
929	95	7
930	95	7
931	96	7
932	96	6
933	96	6
934	95	6
935	90	6
936	69	43
937	76	62
938	93	47
939	93	39
940	93	35
941	93	34
942	93	36
943	93	39
944	93	34
945	93	26
946	93	23
947	93	24
948	93	24
949	93	22
950	93	19
951	93	17
952	93	19
953	93	22
954	93	24
955	93	23
956	93	20
957	93	20
958	94	19
959	95	19
960	95	17
961	96	13
962	95	10
963	96	9
964	95	7
965	95	7
966	95	7
967	95	6
968	96	6
969	96	6
970	89	6
971	68	6
972	57	6
973	66	32
974	84	52
975	93	46
976	93	42
977	93	36
978	93	28
979	93	23
980	93	19
981	93	16
982	93	15
983	93	16
984	93	15
985	93	14
986	93	15
987	93	16
988	94	15
989	93	32
990	93	45
991	93	43
992	93	37
993	93	29
994	93	23
995	93	20
996	93	18
997	93	16
998	93	17
999	93	16
1000	93	15
1001	93	15
1002	93	15
1003	93	14
1004	93	15
1005	93	15
1006	93	14
1007	93	13
1008	93	14
1009	93	14
1010	93	15
1011	93	16
1012	93	17
1013	93	20

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
1014	93	22
1015	93	20
1016	93	19
1017	93	20
1018	93	19
1019	93	19
1020	93	20
1021	93	32
1022	93	37
1023	93	28
1024	93	26
1025	93	24
1026	93	22
1027	93	22
1028	93	21
1029	93	20
1030	93	20
1031	93	20
1032	93	20
1033	93	19
1034	93	18
1035	93	20
1036	93	20
1037	93	20
1038	93	20
1039	93	19
1040	93	18
1041	93	18
1042	93	17
1043	93	16
1044	93	16
1045	93	15
1046	93	16
1047	93	18
1048	93	37
1049	93	48
1050	93	38
1051	93	31
1052	93	26
1053	93	21
1054	93	18
1055	93	16
1056	93	17
1057	93	18
1058	93	19
1059	93	21
1060	93	20
1061	93	18
1062	93	17
1063	93	17
1064	93	18
1065	93	18
1066	93	18
1067	93	19
1068	93	18
1069	93	18
1070	93	20
1071	93	23
1072	93	25
1073	93	25
1074	93	24
1075	93	24
1076	93	22
1077	93	22
1078	93	22
1079	93	19
1080	93	16
1081	95	17
1082	95	37
1083	93	43
1084	93	32
1085	93	27
1086	93	26
1087	93	24
1088	93	22
1089	93	22
1090	93	22
1091	93	23
1092	93	22
1093	93	22
1094	93	23
1095	93	23
1096	93	23
1097	93	22
1098	93	23
1099	93	23
1100	93	23
1101	93	25
1102	93	27
1103	93	26
1104	93	25
1105	93	27
1106	93	27
1107	93	27
1108	93	24
1109	93	20
1110	93	18
1111	93	17
1112	93	17
1113	93	18
1114	93	18
1115	93	18
1116	93	19
1117	93	22
1118	93	22
1119	93	19
1120	93	17
1121	93	17
1122	93	18
1123	93	18
1124	93	19
1125	93	19
1126	93	20
1127	93	19
1128	93	20
1129	93	25
1130	93	30
1131	93	31
1132	93	26
1133	93	21

▼B

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
1134	93	18
1135	93	20
1136	93	25
1137	93	24
1138	93	21
1139	93	21
1140	93	22
1141	93	22
1142	93	28
1143	93	29
1144	93	23
1145	93	21
1146	93	18
1147	93	16
1148	93	16
1149	93	16
1150	93	17
1151	93	17
1152	93	17
1153	93	17
1154	93	23
1155	93	26
1156	93	22
1157	93	18
1158	93	16
1159	93	16

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
1160	93	17
1161	93	19
1162	93	18
1163	93	16
1164	93	19
1165	93	22
1166	93	25
1167	93	29
1168	93	27
1169	93	22
1170	93	18
1171	93	16
1172	93	19
1173	93	19
1174	93	17
1175	93	17
1176	93	17
1177	93	16
1178	93	16
1179	93	15
1180	93	16
1181	93	15
1182	93	17
1183	93	21
1184	93	30
1185	93	53

Tempo (s)	Regime normaliz-zato (%)	Coppia normaliz-zata (%)
1186	93	54
1187	93	38
1188	93	30
1189	93	24
1190	93	20
1191	95	20
1192	96	18
1193	96	15
1194	96	11
1195	95	9
1196	95	8
1197	96	7
1198	94	33
1199	93	46
1200	93	37
1201	16	8
1202	0	0
1203	0	0
1204	0	0
1205	0	0
1206	0	0
1207	0	0
1208	0	0
1209	0	0