



COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE

Bruxelles, 27.12.2002
COM(2002) 765 definitivo

2002/0304 (COD)

Proposta di

DIRETTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

che modifica la direttiva 97/68/CE concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai provvedimenti da adottare contro l'emissione di inquinanti gassosi e particolato inquinante prodotti dai motori a combustione interna destinati all'installazione su macchine mobili non stradali

(presentata dalla Commissione)

RELAZIONE

1. OBIETTIVO DELLA PROPOSTA

La direttiva 97/68/CE disciplina le emissioni di inquinanti gassosi prodotti da motori ad accensione spontanea destinati all'uso in macchine mobili non stradali ed aventi una potenza compresa fra 18 kW e 560 kW. La direttiva introduce le norme in materia di emissioni in due fasi. Le norme della fase I sono già entrate in vigore per tutte le fasce di potenza, mentre le norme della fase II entrano in vigore fra il 31 dicembre 2000 e il 31 dicembre 2003, a seconda della fascia di potenza. Nel dicembre 2000 la Commissione ha presentato una proposta, ai sensi del considerando 5 della direttiva summenzionata, per estenderne il campo di applicazione ai piccoli motori (con potenza non superiore a 19 kW) ad accensione comandata (benzina). Il Parlamento europeo ha votato su tale proposta a luglio 2002, in seconda lettura, ed il Consiglio ha accettato il risultato della votazione.

Inoltre, l'articolo 19 della direttiva prevede un'ulteriore riduzione dei limiti di emissione per i motori ad accensione spontanea. A tal fine, la Commissione deve presentare una proposta di ulteriore riduzione dei limiti di emissione tenendo conto dell'insieme delle tecniche disponibili in materia di controllo delle emissioni inquinanti atmosferiche e della situazione della qualità dell'aria.

2. CONTESTO

2.1. Situazione della qualità dell'aria

2.1.1. Considerazioni generali

Il programma Auto/Oil (COM (2000) 626 def.) ha concluso che sebbene la qualità dell'aria sia già migliorata nella Comunità e continuerebbe a migliorare in seguito alle azioni già decise, rimarrebbero comunque problemi ambientali a tale riguardo. In particolare, la comunicazione cita l'esigenza di affrontare la formazione di ozono (emissione di ossidi di azoto, NO_x, e composti organici volatili, VOC) e le emissioni di particolato. Inoltre, in alcune città rimarrebbero problemi locali di qualità dell'aria caratterizzati da livelli elevati di NO₂.

2.1.2. Emissioni di motori ad accensione spontanea in macchine mobili non stradali

Per quanto riguarda i rimanenti problemi di qualità dell'aria evocati nel programma Auto/Oil II, i principali inquinanti prodotti dai motori ad accensione spontanea sono NO_x e particolato. Le emissioni di composti organici volatili, l'altro precursore dell'ozono, sono generalmente basse per questi motori.

Salvo poche eccezioni, le macchine mobili non stradali non sono registrate; inoltre, gli usi effettivi a cui sono adibite sono assai diversi. Risulta dunque difficile valutarne accuratamente le emissioni effettive.

A livello comunitario, è stato realizzato nel 1994 un inventario assai completo, come base per l'attuazione della direttiva 97/68/CE. Tale studio conteneva, naturalmente, alcune incertezze ed è già vecchio di alcuni anni, ma fornisce comunque una stima grezza delle emissioni delle macchine mobili non stradali, compresi i trattori. Secondo l'inventario, prima

dell'introduzione della fase I della direttiva 97/68/CE le emissioni presentavano il seguente quadro:

Motori	NO _x (migliaia di t)	Particolato (migliaia di t)
Tutti i motori ad accensione spontanea nel campo d'applicazione della direttiva 97/68/CE e i trattori agricoli e forestali	1 630	190

L'attuazione delle fasi I e II della legislazione in vigore ha ridotto e ridurrà ulteriormente tali emissioni. Si può ragionevolmente supporre che rispetto ad un motore "non regolamentato", un motore di fase II emette circa il 40% in meno di NO_x e il 60% in meno di particolato. In parte, tale riduzione è stata controbilanciata dall'aumento del numero di motori. Sulla base dell'inventario citato, le emissioni complessive delle macchine mobili non stradali di potenza uguale o superiore a 19 kW saranno pari ai valori espressi nella tabella sottostante una volta sostituiti tutti i motori attuali con motori di fase II.

Per fornire un'approssimazione del livello complessivo di emissioni, sono stati incorporati nella tabella i dati della relazione definitiva del programma Auto/Oil II.

Fonti	NO _x (migliaia di t)	Particolato (migliaia di t)
Tutti i motori ad accensione spontanea nel campo d'applicazione della direttiva 97/68/CE e i trattori agricoli e forestali - stima per il 2020 (tutti i motori conformi ai limiti di fase II)	1 000	80
Livelli di emissione 2020 (Relazione Auto/Oil II)	6 015	1 538
Emissioni del trasporto stradale 2020 (Relazione Auto/Oil II)	985	83 (1)

(1) Solo emissioni del condotto di scarico

2.1.3. Conclusioni

Si può concludere che esiste un'esigenza di ulteriori interventi per affrontare i futuri problemi di qualità dell'aria, come previsto dall'articolo 19 dell'attuale direttiva 97/68/CE quale condizione previa per avviare la fase III. Si può anche concludere che le emissioni delle macchine mobili non stradali contribuiranno in misura significativa ad aggravare i futuri problemi di qualità dell'aria, pur tenendo conto dell'incertezza degli inventari di emissioni.

2.2. Tecnologia disponibile a livello mondiale

Poiché per le macchine mobili non stradali il numero di motori prodotti è assai minore che per le macchine stradali, si è venuto a creare per questi prodotti un mercato mondiale. Per questo motivo, l'articolo 19 della direttiva 97/68/CE fa riferimento alla disponibilità a livello mondiale di tecnologie di controllo delle emissioni.

A causa soprattutto del maggior volume di produzione, l'evoluzione di tecnologie avanzate per ridurre le emissioni di inquinanti dei motori ad accensione spontanea si è verificata prevalentemente nell'ambito delle applicazioni stradali. Le soluzioni tecniche così trovate sono poi applicate alcuni anni dopo, opportunamente modificate, al settore non stradale. Appare quindi opportuno prendere come punto di partenza la legislazione e gli sviluppi tecnici del settore stradale per valutare la futura disponibilità di tecnologie avanzate di riduzione delle emissioni. A tal fine, occorre ricordare che poiché le macchine non stradali operano in un ambiente diverso, le tecnologie stradali non si possono sempre trasferire a tutti i tipi di macchine non stradali.

2.2.1. Legislazione comunitaria per macchine stradali

In seguito al programma Auto/Oil, i livelli di emissioni dei veicoli stradali vengono ridotti in fasi successive. Nel 2005 entreranno in vigore le norme Euro IV, con valori limite molto bassi per le emissioni di particolato. Nel mettere a punto tali norme, si è previsto che i costruttori dovessero usare trappole del particolato o tecnologie di analoga efficacia per rispettare i valori limite imposti.

Per i veicoli pesanti saranno introdotte a partire dal 2008 ulteriori riduzioni dei valori limite di NO_x, pur se soggette ad una clausola di revisione tecnica. Per ottemperare a tali valori limite, i costruttori dovranno fare ricorso ad un dispositivo di post-trattamento.

2.2.2. Legislazione statunitense per macchine stradali

Nel dicembre 2000, il governo degli Stati Uniti ha fissato la prossima serie di valori limite per i veicoli pesanti, che entrerà in vigore a partire dal 2007. Per le emissioni di particolato, il valore limite equivale approssimativamente al valore europeo Euro IV/V, mentre per le emissioni di NO_x il valore minimo in via di principio equivale ad un sesto del valore limite Euro V. Pertanto, per ottemperare a tali norme statunitensi, i costruttori dovranno usare dispositivi post-trattamento per le emissioni sia di particolato che di NO_x.

2.2.3. Legislazione giapponese per macchine stradali

Tradizionalmente, la legislazione giapponese sui motori ad accensione spontanea nei veicoli pesanti è meno severa rispetto alle norme analoghe in vigore negli Stati Uniti e nell'UE. Tuttavia, a causa del deterioramento della qualità dell'aria, il Giappone ha deciso di attuare una legislazione di ampia portata, in fasi successive, per ridurre le emissioni di NO_x e particolato. Una prima fase, di entità analoga alle norme Euro IV, entrerà in vigore nel 2005, mentre una fase ulteriore è prevista successivamente.

2.2.4. Conclusioni

Concludendo, in via di principio la tecnologia per limitare ulteriormente le emissioni di inquinanti atmosferici da motori ad accensione spontanea è disponibile sul mercato mondiale o lo sarà entro i prossimi 3-5 anni (seconda condizione posta dall'articolo 19). Tuttavia, trattandosi di tecnologia sviluppata per applicazioni stradali, in molti casi dovrà essere

modificata per adattarla ad applicazioni non stradali. Per alcune applicazioni ciò potrebbe rivelarsi tecnicamente impossibile o comportare costi d'uso molto alti. Questo punto è trattato in appresso nell'ambito della presente relazione.

3. QUESTIONI RILEVANTI PER L'ATTUAZIONE DELLA FASE III

3.1. Allineamento mondiale

Come già rilevato, i motori destinati alle macchine mobili non stradali sono prodotti prevalentemente per un mercato mondiale. I vari tipi di motori sono caratterizzati da piccoli volumi di produzione e i costi di sviluppo diventerebbero molto onerosi se dovessero tener conto di diverse norme regionali di emissioni.

L'allineamento su scala mondiale era dunque una priorità importante in sede di elaborazione della legislazione attuale ed è stato così efficace che le attuali norme per le emissioni della direttiva 97/68/CE sono simili a quelle previste dalla legislazione giapponese e statunitense, consentendo ai costruttori di motori di offrire le stesse soluzioni su tutti i mercati interessati.

Riguardo alla legislazione in preparazione, gli Stati Uniti hanno già deciso di introdurre norme di livello III per i motori di potenza compresa fra 37 kW e 560 kW, esclusivamente per le emissioni gassose, che entreranno in vigore fra il 2006 e il 2008, a seconda della fascia di potenza dei motori. Il governo statunitense sta discutendo un futuro livello IV e, secondo informazioni dell'EPA (l'agenzia statunitense di protezione dell'ambiente), un avviso di proposta di regolamentazione sarà pubblicato prevedibilmente all'inizio del 2003. L'EPA ha altresì indicato che intende fondare la propria proposta su quanto già deciso per i veicoli stradali, cioè sull'uso di dispositivi di post-trattamento.

Inoltre, la legislazione statunitense attuale contiene valori limite di emissione per la fascia di potenza 19-37 kW più severi degli attuali limiti di fase II della direttiva 97/68/CE.

A tutt'oggi, il Giappone non ha deciso nessun ulteriore inasprimento dei limiti di emissioni al di là delle attuali norme UE di fase II, ma partecipa alle discussioni internazionali in corso fra le autorità e l'industria.

3.1.1. Conclusioni

Poiché l'allineamento su scala mondiale riguardo ai futuri limiti di emissioni è altamente prioritario, il processo di modifica della direttiva 97/68/CE relativamente ai valori limite di fase III è avvenuto in stretta consultazione fra l'industria e le autorità negli Stati Uniti e in Giappone, al fine di creare una situazione vincente per tutti, in cui l'industria può operare con un insieme unico di soluzioni sul mercato mondiale e, così facendo, ottenere un risparmio da reinvestire in parte nella realizzazione di un livello elevato di protezione ambientale.

3.2. Campo di applicazione della direttiva

3.2.1. Fascia di potenza del motore

L'attuale direttiva 97/68/CE si applica a motori ad accensione spontanea di potenza compresa fra 18 kW e 560 kW. La legislazione statunitense corrispondente disciplina la fascia di potenza 19-560 kW. All'atto pratico, non importa che la fascia di potenza inizi a 19 o a 18 kW, ma ai fini dell'allineamento internazionale la direttiva 97/68/CE dovrà specificare 19 kW anziché 18 kW in tutte le disposizioni future.

Negli Stati Uniti, i motori di potenza inferiore a 19 kW e superiore a 560 kW sono anch'essi disciplinati dalla legislazione vigente e ai fini di un ulteriore allineamento la direttiva 97/68/CE potrebbe contenere valori limite anche per quei motori. Tuttavia, l'inventario citato al punto 1.1.2 non rivela che tali motori contribuiscano significativamente alle emissioni complessive nell'UE. Risulta quindi difficile allo stato attuale giustificare la preparazione di norme per tale categoria di motori ad accensione spontanea. Tuttavia, onde allineare ulteriormente la legislazione, questo punto andrebbe esaminato più a fondo e dovrebbe entrare a far parte del riesame tecnico discusso in appresso (paragrafo 3.9).

Inoltre, in virtù di un emendamento recentemente deciso dal Consiglio e dal Parlamento europeo, la direttiva disciplinerà i piccoli motori a benzina (di potenza non superiore a 19 kW).

3.2.2. *Esenzioni*

Oltre alle esclusioni determinate dalla potenza dei motori, la direttiva prevede alcune deroghe delineate in appresso:

propulsione di:

- veicoli (stradali) definiti dalla direttiva 70/156/CEE, e dalla direttiva 92/61/CEE,
- trattori agricoli definiti dalla direttiva 74/150/CEE

e

applicazioni installate in:

- navi
- locomotive ferroviarie
- aeromobili
- gruppi elettrogeni
- veicoli a scopo ricreativo.

Poiché le norme esistenti e quelle adottate di futura attuazione sono più severe per i veicoli stradali che per le macchine mobili non stradali, non è opportuno includere i primi nel campo di applicazione della direttiva 97/68/CE.

I trattori sono disciplinati da una direttiva distinta (2000/25/CE), che contiene norme sostanzialmente identiche a quelle della direttiva 97/68/CE (ma con differenze nel calendario di attuazione). La direttiva sui trattori stabilisce che, non appena adottate le disposizioni dell'articolo 19 della direttiva 97/68/CE, la Commissione allinea senza indugio i valori limite e le scadenze di cui trattasi. Di conseguenza, una volta adottata una decisione formale sulla modifica della direttiva 97/68/CE, la Commissione presenterà una proposta sui medesimi valori limite e scadenze attuative, onde modificare la direttiva 2000/25/CE attraverso la procedura di comitato.

La modifica suddetta sui motori ad accensione comandata comprendeva anche valori limite per i gruppi elettrogeni ed altri motori a velocità costante (ad accensione spontanea o comandata), eliminando così l'esenzione per i gruppi elettrogeni.

I veicoli a scopo ricreativo sono muniti, di norma, di motori a benzina e non sono considerati nella presente proposta di modifica sui motori diesel.

Le locomotive ferroviarie, definite quali locomotive "non destinate a trasportare passeggeri o merci sul veicolo stesso", sono disciplinate da una legislazione statunitense distinta. I loro motori di norma hanno potenza superiore a 560 kW. Altre applicazioni ferroviarie, quali motori installati in vagoni, sono disciplinati dalla legislazione ordinaria sulle macchine mobili non stradali.

L'attuale direttiva 97/68/CE non contiene una definizione di "locomotive". Nell'interesse dell'allineamento, dovremmo adottare la stessa definizione contenuta nella legislazione statunitense. In tal modo, i "piccoli" motori di uso ferroviario sarebbero disciplinati dalla direttiva.

La Commissione ha affrontato questo tema nella comunicazione "Verso uno spazio ferroviario europeo integrato" (COM (2002) 18 def.). Per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico, la Commissione ha dichiarato l'intenzione di includere i "motori diesel ferroviari leggeri" nella revisione della direttiva 97/68/CE e di sviluppare specifiche di interoperatività per i motori diesel pesanti.

È stato affermato che i limiti di emissioni per le applicazioni ferroviarie devono basarsi su un ciclo di prove separato, poiché evidentemente il modello operativo di un veicolo ferroviario è diverso da quello di una scavatrice o di un trattore agricolo, soprattutto nel caso di locomotive vere e proprie. Tuttavia, per i motivi discussi in appresso ("procedimento di prova"), la proposta non prevede una procedura di prova separata dell'ambito della direttiva 97/68/CE.

È stato dimostrato recentemente che le navi contribuiscono significativamente alle emissioni complessive di NO_x e particolato, in particolare le navi marittime ma senza escludere le navi della navigazione interna.

Nel suo libro bianco su una politica comune dei trasporti, la Commissione ha citato anche la navigazione interna, oltre alle ferrovie, quale modo di trasporto ecologico. Per confermare tale ruolo, le navi della navigazione interna devono migliorare le loro prestazioni ambientali.

A livello internazionale, l'Organizzazione marittima internazionale (IMO) ha elaborato norme sulle emissioni di NO_x prodotte dalle navi (allegato VI della MARPOL). Tuttavia, l'allegato pertinente non è ancora in vigore in attesa delle ratifiche necessarie; inoltre non prende in considerazione le emissioni di particolato, che sono un tema altamente prioritario.

I costruttori di motori si sono dichiarati a favore dell'attuazione dei valori limite (e della procedura di prova ISO) in vigore negli Stati Uniti per questo tipo di motori. Tali valori limite sono ambiziosi dal punto di vista ambientale e raggiungerebbero l'obiettivo generale dell'allineamento, motivi per cui potrebbero essere adottati anche dalla legislazione comunitaria.

La strategia sulle emissioni delle navi marittime sarà oggetto di una distinta comunicazione della Commissione.

Le navi *da diporto* rientrano invece nel campo di applicazione della direttiva 94/25/CE. Ad ottobre 2000, la Commissione ha proposto di modificare tale direttiva includendo limiti di emissione di gas di scarico e di rumore per i motori installati nelle navi da diporto (COM(2000) 639). La posizione comune del Consiglio, adottata il 22 aprile 2002, contiene una clausola di revisione, all'articolo 2. Essa dispone che la Commissione presenti, entro il 31 dicembre 2005, una relazione sulle possibilità di ridurre ulteriormente le emissioni delle navi da diporto e dei motoveicoli nautici e, alla luce di detta relazione, trasmetta entro il 31 dicembre 2006 al Parlamento europeo e al Consiglio proposte relative a requisiti e valori di emissioni più severi. Perciò, non c'è motivo di includere i motori delle navi da diporto nel campo di applicazione della direttiva 97/68/CE.

3.2.3. Conclusioni

Ai fini di un miglior allineamento con la legislazione statunitense, occorre modificare l'attuale limite minimo di potenza da 18 kW a 19 kW. I motori di potenza inferiore a 19 kW o superiore a 560 kW per il momento rimarranno esclusi dal campo di applicazione della direttiva.

Per quanto riguarda i trattori agricoli e forestali, il calendario di attuazione e i valori limite saranno allineati mediante proposta della Commissione di modifica della direttiva 2000/25/CE, da presentarsi in concomitanza con la presente proposta.

Occorre inserire definizioni più chiare onde includere le emissioni prodotte da macchine ferroviarie, ad eccezione delle locomotive "non destinate a trasportare passeggeri o merci sul veicolo stesso", ai fini dell'allineamento con la legislazione statunitense.

Le navi della navigazione interna devono entrare nel campo di applicazione della direttiva 97/68/CE. Poiché fino ad oggi ne esulavano ed in considerazione delle loro caratteristiche tecniche diverse, occorrerà prevedere specifici limiti di emissione ed un calendario attuativo distinto.

3.3. Procedimento di prova

L'attuale procedimento usato per determinare le emissioni a norma della direttiva 97/68/CE si basa su un ciclo di prova in regime stazionario, il ciclo ISO 8178-4 C1 a 8 modalità. Poiché le macchine mobili non stradali rappresentano numerose applicazioni diverse che comportano svariate operazioni pratiche, sarebbe assai difficile applicare a tutte un unico ciclo di prova. Di conseguenza, il ciclo di prova attuale non rappresenta tutte le condizioni effettive di funzionamento delle macchine mobili non stradali e non include alcune modalità operative che risultano essere fra le più inquinanti. Tuttavia, insieme con i nuovi severi limiti di emissioni, si ritiene che si tratti di un buon compromesso.

Nell'inasprire i limiti di emissione, assume maggiore importanza il disporre di un procedimento di prova che comprenda le principali modalità di funzionamento, per evitare discrepanze tra le emissioni effettive e i rilevamenti di laboratorio. In particolare, le emissioni di particolato sono assai più sostanziali in "condizioni transitorie" di funzionamento. Questo è stato confermato in fase di elaborazione dell'attuale legislazione comunitaria sulle emissioni dei veicoli stradali e ha dato luogo all'introduzione di un procedimento di prova in regime transitorio.

La maggior parte dei motori non stradali è adibita ad usi di carattere prevalentemente transitorio. Anche apparecchi quali pompe e generatori, che funzionano quasi sempre a

velocità costante, possono scostarsi da condizioni operative stazionarie in caso di variazioni di carico del motore nel tempo. Attraverso un'ampia collaborazione fra le autorità e l'industria negli Stati Uniti, in Giappone e in Europa, ci si è adoperati per sviluppare un nuovo ciclo di prova tale da rispecchiare meglio questo fatto.

Da questa collaborazione è nato un nuovo ciclo di prova in transitorio, che soddisferà le esigenze suddette. Il ciclo di prova è stato sviluppato per consentire l'impiego di dinamometri a correnti parassite, che consentono un notevole risparmio (fra un terzo e un quarto del costo abituale) rispetto agli apparecchi convenzionali (dinamometri a corrente alternata o continua) solitamente usati per le prove in transitorio, senza scendere a compromessi sugli obiettivi ambientali.

Ulteriori risparmi (fino a un quinto del costo abituale) si possono ottenere svolgendo la prova in regime transitorio con l'ausilio di sistemi di diluizione a flusso parziale già in uso nel procedimento in regime stazionario, anziché fare ricorso ai consueti sistemi di campionamento a volume costante (CVS). I lavori, svolti ai sensi della norma ISO/FDIS 16183 "Heavy duty engines - Measurement of gaseous and particulate exhaust emissions under transient test conditions - Raw exhaust gas and partial flow dilution systems" ("Motori pesanti - rilevamento di emissioni gassose e di particolato del condotto di scarico in prove eseguite in condizioni stazionarie - gas di scarico grezzi e sistemi di diluizione a flusso parziale"), si sono ormai conclusi e, secondo la Commissione, il procedimento può essere trasferito dai motori stradali a quelli non stradali.

Questo nuovo procedimento di prova dovrà diventare obbligatorio per il rilevamento delle emissioni di particolato non appena entreranno in vigore i valori di fase III B. Per gli inquinanti gassosi, il costruttore avrebbe la facoltà di usare il procedimento di prova attuale, ma per evitare di duplicare le prove è assai probabile che i costruttori si serviranno del procedimento di prova in transitorio anche per gli inquinanti gassosi, una volta entrati in vigore i valori di fase III B.

È stato rilevato che le locomotive hanno modelli di funzionamento diversi rispetto alle altre macchine mobili non stradali e pertanto dovrebbero essere sottoposte ad un procedimento di prova distinto. In effetti, un procedimento di prova distinto esiste già: si tratta del ciclo di prova in regime stazionario ISO 8178-4 di tipo F "trazione ferroviaria", che pare rispecchiare accuratamente il comportamento operativo del vecchio sistema gruppo propulsore usato in ferrovia.

Tuttavia, è importante rammentare che lo scopo della normativa sulle emissioni è quello di ridurre l'impatto sull'ambiente e sulla salute. Da questo punto di vista, più che il contributo delle ferrovie alle emissioni complessive globali, vanno considerate le emissioni locali, vicino alle stazioni ferroviarie situate in aree urbane, prodotte durante le accelerazioni e ad elevati carichi dei motori, mentre le emissioni prodotte a velocità costante, generalmente in zone rurali, sono molto basse. L'uso di un procedimento di prova distinto porterebbe a considerare i valori medi delle emissioni ed eviterebbe quindi di affrontare i veri problemi ambientali.

Ciò nonostante, occorre svolgere ulteriori studi, volti a modificare il procedimento di prova, se necessario, prima dell'entrata in vigore di severi limiti di emissione per il particolato. Questo potrebbe avvenire nell'ambito del riesame tecnico discusso in appresso, al punto 3.9.

Va poi rilevato che la legislazione statunitense corrispondente prevede un procedimento di prova distinto unicamente per le locomotive vere e proprie, le quali sono comunque escluse dal campo di applicazione della direttiva 97/68/CE.

3.3.1. Conclusioni

Le future norme di fase III B per il particolato devono basarsi su un nuovo specifico procedimento di prova in regime transitorio, per rispecchiare meglio le condizioni effettive di funzionamento e, in particolare, le effettive emissioni di particolato, garantendo così che gli sviluppi della tecnologia di riduzione delle emissioni siano indirizzati verso tali condizioni effettive.

Per il rilevamento delle emissioni gassose, i costruttori devono poter scegliere fra il nuovo ciclo di prova in regime transitorio e l'attuale procedimento di prova in regime stazionario.

Occorre usare procedimenti di prova diversi per tutti i motori a velocità variabile, ad eccezione di quelli delle navi della navigazione interna, sebbene occorra prestare un'attenzione specifica ai motori per applicazioni a velocità costante e ferroviarie nell'ambito del riesame tecnico di cui al punto 3.9 in appresso. Per i motori destinati alla propulsione di navi della navigazione interna, occorre applicare i procedimenti di prova internazionalmente riconosciuti a norma dei cicli di prova E2 e E3 ISO 8178-4.

Occorre mantenere la facoltà per i costruttori di scegliere fra sistemi a flusso pieno e a flusso parziale.

3.4. Valori limite e calendario di attuazione per la fase III

3.4.1. Valori limite

3.4.1.1. Valori limite per la fascia di potenza da 37 kW a 560 kW

Sebbene in teoria si possano scegliere numerosi valori limite per la fase III, in pratica essi sono limitati dal numero di interventi tecnologici che è possibile attuare.

In via di principio, vi sono due diversi livelli di intervento: modifiche ai motori e uso di dispositivi post-trattamento. Evidentemente, tali livelli tecnici vanno tradotti in valori limite, per consentire ai costruttori di scegliere le specifiche soluzioni tecniche necessarie per rientrare nelle norme.

I possibili scenari per la fase III sono fondamentalmente i seguenti:

Scenario	Miglioramenti ambientali (*)	Tecnologia disponibile oggi?	Tecnologia disponibile nel 2010?	Requisiti per i carburanti	Osservazioni
1.	NO _x : - 30-40% Particolato: 0-10%	Sì	Sì	S: 1000 ppm	
2.	NO _x : - 30-40% Particolato: -30-40%	Sì	Sì	S: 350 ppm	

3.	NO _x : - 30-40% Particolato: - 80-90%	No	Sì	S: 10-50 ppm	
4.	NO _x : -70-80% Particolato: - 80-90%	No	Sì	S: 10-50 ppm	

(*) Miglioramenti ambientali espressi in riduzioni di emissioni [%] rispetto ai motori di fase II.

Lo scenario 1, corrispondente al livello III già deliberato negli Stati Uniti, è realizzabile mediante modifiche ai motori, potrebbe essere attuato in tempi brevi ed accoglierebbe gli auspici dell'industria in termini di allineamento. Tuttavia, esso non affronterebbe la questione delle emissioni di particolato, evidenziate nella comunicazione "Auto/Oil II" quale forma di inquinamento altamente prioritaria e considerate una tematica importante da numerosi Stati membri. È dunque discutibile se una proposta basata su questo scenario soddisferebbe in modo adeguato le esigenze ambientali individuate. A lungo termine, esso non realizza l'allineamento globale, perché gli Stati Uniti imporranno successivamente ulteriori valori limite per il particolato. In questo scenario, non occorre prevedere ulteriori restrizioni del tenore di zolfo nel carburante oltre a quelle già decise (1000 ppm).

Lo scenario 2 comprende valori limite per il particolato, ottenibili apportando modifiche ai motori (anche mediante il raffreddamento per ricircolo dei gas di scarico) in linea con la tecnologia stradale Euro 3. Va notato che, rispetto alle emissioni di fase II, la riduzione del particolato si deve principalmente al minore tenore di zolfo del carburante, sebbene si preveda che le modifiche ai motori ridurranno le emissioni di un ulteriore 10%. Per soddisfare le condizioni poste da questo scenario, occorre rendere obbligatorio l'uso di carburanti con un minore tenore di zolfo (massimo 350 ppm), modificando la direttiva 98/70/CE. Questo scenario richiede un periodo preparatorio più lungo rispetto al primo e non realizza l'allineamento globale.

Lo scenario 3 suppone l'impiego di dispositivi post-trattamento per ridurre le emissioni di particolato. Si tratta di una tecnologia già disponibile nel settore dei veicoli stradali che, in seguito ad un periodo preliminare ragionevole, dovrebbe rendersi disponibile anche per numerose applicazioni non stradali. La riduzione di NO_x è analoga a quella prevista nello scenario 2. Il tenore massimo di zolfo ammissibile è pari a 50 ppm. Questo scenario potrebbe portare all'allineamento globale.

Lo scenario 4 differisce dal precedente nella misura in cui prevede che i dispositivi di post-trattamento riducano anche le emissioni di NO_x. Negli Stati Uniti, l'EPA ha dichiarato ufficiosamente di auspicare che in futuro la legislazione si avvicini a qualcosa di analogo allo scenario 4, pur ammettendo che, poiché nel settore non stradale l'incertezza tecnologica è maggiore per il post-trattamento di NO_x che per le trappole del particolato, sarebbe opportuno che i valori limite più severi si applicassero solo al particolato in una prima fase, per poi riguardare, in un secondo tempo, anche le emissioni di NO_x. Come nello scenario 3, il tenore massimo di zolfo ammissibile è pari a 50 ppm. Questo scenario potrebbe portare all'allineamento globale.

È evidente che il grado di disponibilità e applicabilità dei dispositivi di post-trattamento avrà grande importanza nel decidere i valori limite per la fase III. Il programma Auto/Oil II considerava il particolato quale grande problema rimanente per il futuro della qualità dell'aria. Secondo numerosi studi le piccole particelle (ultrafini) potrebbero essere il principale problema dal punto di vista della salute. Come si è detto, la tecnologia post-trattamento di base (trappole del particolato) è già disponibile per il settore stradale e, in certa misura, anche per quello non stradale. Le prove effettuate mostrano che la tecnologia sviluppata per i veicoli stradali può essere usata, di norma, anche per determinate applicazioni nel settore non stradale e, dopo un tempo di perfezionamento sufficiente, per quasi tutte le altre applicazioni.

In ogni caso, l'ambiente in cui le macchine non stradali funzionano tende ad essere diverso rispetto al settore stradale. Per esempio, la temperatura dello scarico potrebbe essere troppo bassa per consentire l'uso di trappole del particolato con rigenerazione passiva. Ciò potrebbe valere anche per gli autobus urbani, che non sono esenti dalle norme Euro IV. In ultima analisi, l'uso di trappole del particolato o di tecnologie analoghe potrebbe non essere possibile per alcune applicazioni, anche concedendo all'industria un lungo periodo di preparazione. Per risolvere quest'incertezza, si potrebbe svolgere un riesame tecnico prima dell'entrata in vigore prevista, al fine di determinare se occorra prevedere deroghe alle norme. Si è proceduto in questo modo per l'introduzione delle norme Euro V per veicoli pesanti (direttiva 1999/96/CE).

Discussioni bilaterali con l'EPA hanno messo in rilievo l'intenzione di quell'ente di basare la prossima fase legislativa statunitense in questo settore sull'uso di dispositivi post-trattamento originariamente progettati per il settore stradale. Sembrerebbe che l'EPA intenda attuare tali norme severe prima per il particolato e successivamente, a distanza di qualche anno, anche per le emissioni di NO_x .

Riguardo al particolato, non ci sono differenze fondamentali fra la situazione negli Stati Uniti e la situazione nell'Unione europea. È previsto lo stesso requisito di carburante a basso tenore di zolfo e si tratta di tecnologie globali che possono essere applicate con le stesse modalità. Pertanto, sembra possibile giungere ad una normazione di fase III per le emissioni di particolato equivalente alle corrispondenti norme statunitensi di livello IV.

Invece, per le emissioni di NO_x la situazione attuale è leggermente più complessa. Nel settore stradale, sono state adottate norme negli Stati Uniti e nell'UE che richiederanno dispositivi post-trattamento. Tuttavia, nella legislazione comunitaria il valore limite è circa otto volte maggiore di quello adottato negli Stati Uniti. L'EPA si è dichiarata categoricamente favorevole all'impiego della tecnologia degli assorbitori di NO_x , mentre i costruttori europei sarebbero più inclini all'uso della riduzione selettiva catalitica (SCR), che richiede un sistema a parte di dosaggio dell'ammoniaca/urea. La scelta di strategie diverse è relativamente meno importante nel settore stradale, il cui mercato non è così globalizzato come quello del settore non stradale. Invece in quest'ultimo settore l'attuale approccio fortemente globalizzato potrebbe risultare compromesso se l'Europa preferisse lo sviluppo tecnologico dell'SCR e gli Stati Uniti optassero per gli assorbitori di NO_x .

Inoltre nell'UE le norme Euro V per le emissioni di NO_x sono subordinate ad un riesame tecnico della Commissione, da svolgersi entro la fine del 2002. Sebbene sia probabile che tale riesame concluda che la tecnologia necessaria sarà disponibile per il settore stradale entro il 2008 (entrata in vigore di Euro V), la Commissione non dovrebbe essere in grado di emettere conclusioni sull'uso della tecnologia nel settore non stradale prima della pubblicazione del riesame stesso e non si può nemmeno escludere un eventuale inasprimento dei valori limite Euro V in conseguenza di esso.

Inoltre, la Commissione è attualmente impegnata nello studio della futura situazione della qualità dell'aria, valutando l'opportunità di ulteriori interventi, nell'ambito del progetto CAFE ("Aria pulita per l'Europa"). I risultati del progetto saranno disponibili nel 2004-2005 e contribuiranno all'elaborazione di una successiva decisione su un possibile valore limite di NO_x nella fase IV. Questo genere di considerazione potrebbe rientrare nell'ambito del riesame tecnico discusso in appresso, al punto 3.9.

3.4.1.2. Valori limite per la fascia di potenza da 19 kW a 37 kW

La legislazione statunitense che entrerà in vigore nel 2004 sottopone i motori con potenza compresa fra 19 kW e 37 kW ai valori limite di emissioni del livello II. I limiti di emissioni per questi motori non richiedono l'uso di dispositivi post-trattamento.

I motori di potenza fra 19 kW e 37 kW rientrano già nel campo di applicazione della direttiva 97/68/CE, ma sono soggetti ad una sola serie di valori limite. I valori limite di livello II previsti dalla legislazione statunitense sono un po' più severi di quelli della direttiva 97/68/CE, soprattutto per quanto riguarda il particolato (cfr. sotto). L'inventario svolto nel 1994 indica altresì che il contributo alle emissioni complessive imputabile a questi motori non è trascurabile. Inoltre, le discussioni con i comparti industriali interessati indicano che questi ultimi preferiscono realizzare un allineamento incorporando la legislazione statunitense nella direttiva 97/68/CE.

Normativa/ norma	HC+NO _x (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	Particolato (g/kWh)
USA livello III 19-37 kW	7,5	-	-	0,60
Direttiva 97/68 18 - 37 kW	-	1,5	8,0	0,8

3.4.2. Calendario di attuazione per la fase III

Evidentemente, la scelta dello scenario influisce direttamente sul calendario di attuazione. Al riguardo, per la *fascia di potenza superiore a 37 kW* lo scenario 1 potrebbe essere attuato (in fasi successive) a partire dal 2006, poiché in ogni caso i costruttori dovranno adempiere ai requisiti del mercato statunitense. Lo scenario 2 richiederà un tempo di preparazione più lungo, almeno per quanto riguarda i valori limite del particolato, perché comporta obblighi aggiuntivi per i costruttori di motori ed impone di rendere obbligatorio in tutti gli Stati membri l'uso di carburante a basso tenore di zolfo. Anche lo scenario 3 richiederebbe un tempo di preparazione più lungo per quanto riguarda i requisiti relativi al particolato: per dare ai costruttori un tempo sufficiente è ragionevole supporre che le norme sul particolato possano entrare in vigore intorno al 2009-2011. Per quanto riguarda lo scenario 4, è maggiore l'incertezza sulla disponibilità di dispositivi di post-trattamento di NO_x nel settore non stradale e soprattutto sulla decisione definitiva per il settore non stradale nell'UE. Prima di poter arrivare ad una decisione sull'attuazione di valori limite basati sull'uso di dispositivi post-trattamento per NO_x sono dunque necessari ulteriori chiarimenti.

Per la *fascia di potenza da 19 kW a 37 kW* la legislazione statunitense corrispondente deve entrare in vigore nel 2004. Tuttavia, per motivi pratici, non è possibile adottarla nell'UE prima del 2006.

Un problema specifico è il calendario di attuazione per i *motori a velocità costante*, che sono esonerati dalle disposizioni dell'attuale direttiva 97/68/CE. Tuttavia, a norma della modifica sopra descritta, tali motori saranno soggetti a valori limite di emissioni, ma non prima del 31 dicembre 2006. Per dare ai costruttori un tempo di preparazione ragionevolmente sufficiente, l'entrata in vigore delle norme relative a questi motori dovrebbe dunque avvenire alcuni anni più tardi rispetto alle norme sugli altri tipi di motori.

Per alcuni tipi di macchine nel campo di applicazione della direttiva 97/68/CE, nel 2006 entreranno in vigore nuovi limiti per le emissioni di rumore (direttiva 2000/14/CE). Sarebbe stato conveniente coordinare i calendari di attuazione, ma non è possibile prevedere l'entrata in vigore delle norme di fase III A entro il 2006 per tutti i tipi di motori. In occasione della revisione della direttiva 2000/14/CE sul rumore, prevista per il 2005, si terrà conto dell'esigenza di coordinare in futuro i calendari attuativi.

3.4.3. Conclusioni

Per affrontare adeguatamente i bisogni ambientali, i valori limite di fase III devono essere introdotti per le emissioni sia di NO_x che di particolato e devono basarsi sulle migliori tecnologie disponibili, potersi applicare alle macchine mobili non stradali e garantire l'allineamento delle norme a livello mondiale.

In tal modo, i valori limite per gli inquinanti gassosi (fase III A) equivarrebbero alle norme statunitensi di livello III per le fasce di potenza superiore a 37 kW e alle norme di livello II per la fascia di potenza da 19 kW a 37 kW e potrebbero essere attuati in fasi successive a partire dal 31 dicembre 2006. I valori limite per il particolato (fase III B) per le fasce di potenza superiore a 37 kW dovranno basarsi sulla supposizione secondo cui le trappole del particolato (o tecnologie analoghe) diverranno disponibili nel settore non stradale. Per prevedere un tempo di preparazione sufficiente, tali valori limite potrebbero essere attuati nell'UE in fasi successive a partire dal 31 dicembre 2009. Tuttavia, il carburante necessario non sarà disponibile negli Stati Uniti se non un anno più tardi, per cui ai fini dell'allineamento e per offrire all'industria un mercato globale l'attuazione dovrebbe iniziare un anno più tardi, il 31 dicembre 2010.

Per garantire l'ampia disponibilità delle tecnologie necessarie, occorre inserire una disposizione affinché entro il 2006 la Commissione riesamini i progressi tecnici e confermi i valori limite del particolato, proponendo le deroghe eventualmente necessarie. Tale riesame dovrà altresì prendere in considerazione un insieme di valori limite di fase IV per le emissioni di NO_x, sulla base della disponibilità e della fattibilità dell'impiego di dispositivi di post-trattamento, oltre a considerare un ulteriore inasprimento dei valori limite per i motori di potenza compresa fra 19 kW e 37 kW.

Un insieme di valori limite di fase III della direttiva 97/68/CE dovrebbe quindi essere attuato in due fasi, come segue:

Categoria: potenza netta (P) (kW)	Monossido di carbonio (CO) (g/kWh)	Somma di idrocarburi e ossidi di azoto (HC+NO _x) (g/kWh)	Particolato (PT) (g/kWh)
H: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	3,5	4,0	0,2
I: 75 kW ≤ P < 130 kW	5,0	4,0	0,3
J: 37 kW ≤ P < 75 kW	5,0	4,7	0,4
K: 19 kW ≤ P < 37 kW	5,5	7,5	0,6

Tabella: valori limite della fase III A

Categoria: potenza netta (P) (kW)	Monossido di carbonio (CO) (g/kWh)	Somma di idrocarburi e ossidi di azoto (HC+NO _x) (g/kWh)	Particolato ¹ (PT) (g/kWh)
L: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	3,5	4,0	0,025
M: 75 kW ≤ P < 130 kW	5,0	4,0	0,025
N: 37 kW ≤ P < 75 kW	5,0	4,7	0,025

Tabella: valori limite della fase III B

Categoria: potenza netta (P)	Calendario di attuazione
H: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	31 dicembre 2005
I: 75 kW ≤ P < 130 kW	31 dicembre 2006
J: 37 kW ≤ P < 75 kW	31 dicembre 2007
K: 19 kW ≤ P < 37 kW	31 dicembre 2005

Tabella: Calendario di attuazione per la fase III A (date di immissione sul mercato). Per i motori a velocità costante, le date di attuazione per la fase III B si applicano anche agli inquinanti gassosi.

¹ Norme per il particolato subordinate a riesame tecnico entro fine 2006. Per le macchine in cui la tecnologia delle trappole del particolato (o tecnologia analoga) non è applicabile, si possono applicare i seguenti valori limite a titolo indicativo: 0,15; 0,20; 0,25.

Categoria: potenza netta (P)	Calendario di attuazione
L: $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$	31 dicembre 2010
M: $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$	31 dicembre 2010
N: $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$	31 dicembre 2011

Tabella: Calendario di attuazione per la fase III B (date di immissione sul mercato).

Per le navi della navigazione interna, saranno di applicazione i seguenti valori limite e relativo calendario di attuazione:

Categoria: cilindrata / potenza netta (C/P) (litri per cilindro/kW)	Monossido di carbonio (CO) (g/kWh)	Somma di idrocarburi e ossidi di azoto (HC+NO _x) (g/kWh)	Particolato (PT) (g/kWh)
V1:1 $C \leq 0,9$ e $P > 37 \text{ kW}$	5,0	7,5	0,40
V1:2 $0,9 < C \leq 1,2$	5,0	7,2	0,30
V1:3 $1,2 < C \leq 2,5$	5,0	7,2	0,20
V1:4 $2,5 < C \leq 5$	5,0	7,2	0,20
V2:1 $5 < C \leq 15$	5,0	7,8	0,27
V2:2 $15 < C \leq 20$ e $P \leq 3300 \text{ kW}$	5,0	8,7	0,50
V2:3 $15 < C \leq 20$ e $P > 3300 \text{ kW}$	5,0	9,8	0,50
V2:4 $20 < C \leq 25$	5,0	9,8	0,50
V2:5 $25 < C \leq 30$	5,0	11,0	0,50

Tabella: valori limite per navi della navigazione interna

Categoria:	Calendario di attuazione
V1:1	31 dicembre 2006
V1:2	31 dicembre 2006
V1:3	31 dicembre 2006
V1:4	31 dicembre 2008
V2	31 dicembre 2008

Tabella: Calendario di attuazione per i limiti di emissione delle navi della navigazione interna (date di immissione sul mercato).

3.5. L'importanza della qualità del carburante

3.5.1. Considerazioni generali

Poiché le due fasi di limiti di emissioni dell'attuale direttiva 97/68/CE possono essere osservate senza ricorrere a specifici requisiti per i carburanti, alcuni Stati membri consentono anche l'uso di olio combustibile per le macchine mobili non stradali. Altri Stati membri richiedono la stessa qualità di carburante in uso nel settore stradale. Uno Stato membro (Spagna) ha introdotto una norma di qualità distinta per il settore non stradale. Il motivo principale della scelta della qualità del carburante non è il costo di produzione dei vari tipi di carburante, bensì sono le imposte che gravano su di essi, generalmente modiche per l'olio combustibile ed elevate per il carburante per motori.

Con l'adozione di limiti di emissione più severi e l'esigenza di usare tecnologie più sofisticate per rispettarli, la qualità dei carburanti diventerà più importante. Al riguardo, il parametro più importante è il tenore di zolfo: un tenore elevato genera emissioni elevate di particolato e può danneggiare o rendere meno efficienti i dispositivi post-trattamento eventualmente necessari per rispettare i limiti di emissioni. Per evitare che ciò accada, il tenore di zolfo non può in nessun caso superare le 50 ppm.

I requisiti relativi al tenore di zolfo nei gasoli sono fissati dalla direttiva 98/70/CE (per benzina e combustibili diesel destinati a veicoli stradali e non stradali) e dalla direttiva 1999/32/CE (per gli oli combustibili). Ai sensi di quest'ultima direttiva, il tenore massimo di zolfo consentito per usi diversi dai veicoli stradali è di 2000 ppm e sarà abbassato a 1000 ppm a partire dal 2008.

La direttiva 98/70/CE stabilisce un tenore massimo di zolfo di 50 ppm per il combustibile diesel destinato ai veicoli stradali, a partire dal 1° gennaio 2005. Una proposta di modifica di tale direttiva, attualmente in attesa di decisione definitiva da parte del Consiglio e del Parlamento europeo, ridurrebbe ulteriormente tale tenore massimo a sole 10 ppm. È probabile che il Consiglio e il Parlamento europeo decidano di rendere obbligatorio quest'ultimo valore a partire dal 2009.

In via di principio, la qualità del combustibile diesel destinato alle macchine mobili non stradali rientra anch'essa nel campo di applicazione della direttiva 98/70/CE. Tuttavia, in

assenza di una necessità tecnica di specifici requisiti del carburante per raggiungere i livelli di emissioni delle fasi I e II, la determinazione del tenore di zolfo è stata lasciata agli Stati membri, a condizione che non ecceda il tenore specificato nella direttiva 1999/32/CE e non sia minore del tenore previsto per le applicazioni stradali. La posizione comune sulla proposta di modifica summenzionata invita la Commissione a presentare requisiti più dettagliati per il combustibile diesel destinato al settore non stradale allorché proporrà i valori limite delle emissioni per la fase III.

Oggi, il 9% circa del consumo di gasolio riguarda usi non stradali, compresi i trasporti fluviali. Il 50% circa è consumato dal settore stradale e il 40% circa dagli impianti di riscaldamento. A livello europeo, non esiste una qualità distinta per il combustibile diesel destinato ad usi non stradali e, con una quota di mercato inferiore al 10%, è improbabile che venga introdotta in futuro; qualità speciali di carburante potrebbero invece rendersi disponibili a livello nazionale.

Si è già accennato che, per motivi fiscali, alcuni Stati membri consentono l'uso di olio combustibile (soggetto a bassa imposizione) anche per applicazioni non stradali. A questo riguardo, potrebbe essere necessario intervenire in modo specifico, soprattutto nel settore agricolo. Oggi all'olio soggetto a bassa imposizione si aggiunge un additivo per far osservare la legislazione ed evitare che esso sia usato in applicazioni che richiedono il livello di qualità previsto per gli usi stradali. Se per raggiungere i valori limite della fase III occorresse un carburante di qualità migliore dell'olio combustibile, potrebbero insorgere problemi pratici in alcuni Stati membri che intendessero continuare a consentire l'uso di carburante poco tassato.

Si potrebbe ovviare a questo problema in vari modi, per esempio adottando un gasolio denaturato per il riscaldamento, un diverso gasolio denaturato destinato alle macchine mobili non stradali ma che potrebbe essere usato come combustibile di riscaldamento da agricoltori che disponessero di un unico serbatoio e un terzo combustibile diesel non denaturato (soggetto ad un'imposizione elevata) per gli usi stradali.

Spetta agli Stati membri decidere la politica fiscale che desiderano adottare e come organizzare i sistemi di distribuzione. L'esempio citato ha il solo scopo di illustrare che esistono soluzioni applicabili in quegli Stati membri che desiderano continuare a consentire in futuro l'uso di combustibile diesel a bassa imposizione per le macchine mobili non stradali.

Considerando le conclusioni di cui sopra sui valori limite, in futuro avremo una situazione in cui i valori di fase III A per gli inquinanti gassosi potranno essere osservati con l'impiego di olio combustibile. Tuttavia, per rispettare i valori limite di fase III B, occorre utilizzare un carburante con un tenore di zolfo compreso tra 10 e 50 ppm. Risulta quindi necessario assicurare l'uso di carburante a basso tenore di zolfo una volta entrati in vigore i valori limite per il particolato in quegli Stati membri che desiderano incentivare l'attuazione anticipata di tali valori limite.

3.5.2. Carburante di riferimento

Il carburante di riferimento utilizzato ai fini dell'omologazione deve rispecchiare la qualità del carburante impiegato in condizioni effettive di funzionamento. Poiché la legislazione differisce nei vari Stati membri riguardo al carburante disponibile sul mercato, l'attuale specifica di carburante di riferimento rappresenta un compromesso. Il parametro più importante – il tenore di zolfo – deve situarsi fra 1000 e 2000 ppm.

I valori limite proposti di fase III B per le emissioni di particolato richiederanno l'uso di carburante a basso tenore di zolfo (10-50 ppm). Occorrerà dunque cambiare il carburante di riferimento nel senso della proposta di rendere obbligatorio l'uso di carburante a basso tenore di zolfo per tutte le applicazioni su macchine mobili non stradali. Inoltre, alcuni Stati membri potrebbero voler offrire incentivi per stimolare i costruttori ad osservare le norme più severe sul particolato in anticipo sulla loro entrata in vigore. In tal caso, occorre consentire ai costruttori l'uso di un carburante di riferimento a basso tenore di zolfo ai fini dell'omologazione dei motori.

3.5.3. Conclusioni

La disponibilità di combustibili adeguati non sarà un fattore limitante per introdurre limiti di emissioni di fase III per le macchine mobili non stradali.

I valori limite della fase III A possono essere raggiunti senza ulteriori specifiche di qualità del carburante, mentre per raggiungere i valori limite della fase III B il tenore di zolfo del carburante deve scendere a valori compresi fra 10 e 50 ppm. La Commissione proporrà una modifica alla direttiva 98/70/CE per garantire la disponibilità in tutta Europa del carburante pertinente.

A tal fine, occorrerà introdurre un carburante di riferimento distinto in concomitanza con l'entrata in vigore dei valori limite del particolato di fase III B, oppure allorché un costruttore omologherà volontariamente famiglie di motori che soddisfano tali valori limite.

3.6. Condizioni di durevolezza

La legislazione statunitense corrispondente contiene definizioni della vita utile durante la quale i valori limite devono essere rispettati, nonché disposizioni relative ad operazioni di ritiro.

In generale, l'Europa ha accusato un ritardo nell'attuare legislazione di questo tipo, introdotta per i veicoli leggeri dalla direttiva 98/69/CE. Ci si sta adoperando per introdurre disposizioni analoghe per i veicoli pesanti, che dovrebbero entrare in vigore nel 2005.

In via di principio, lo stesso tipo di legislazione dovrebbe applicarsi anche ai motori non stradali. Tuttavia, trattandosi di apparecchi non registrati, risulta più difficile attuare programmi di conformità durante l'uso. Un primo passo consisterebbe nel definire la vita utile di diverse categorie di motori, obbligando i costruttori a stabilire fattori di usura da applicare all'omologazione.

Il riesame tecnico summenzionato potrebbe contemplare una fase successiva che comprenderebbe i controlli di conformità e il ritiro.

3.6.1. Conclusioni

La legislazione deve contenere una definizione di vita utile: 3000 ore per i motori di potenza inferiore a 37 kW e 5000 ore per quelli di potenza uguale o superiore a 37 kW.

Il costruttore deve stabilire un fattore di usura per ogni famiglia di motori. Se il fattore stabilito è inferiore a 1.0, occorre usare 1.0.

3.7. Costi e rapporto costo-efficacia

3.7.1. Costi

Fra le questioni più importanti per l'elaborazione dei valori limite di fase III vi era l'adozione di una legislazione allineata a livello mondiale e fondata sulle esigenze ambientali e sulla disponibilità di tecnologia di riduzione delle emissioni. Nondimeno è importante esaminare il vantaggio della proposta in termini di rapporto costo-efficacia, badando a che risulti del medesimo ordine di grandezza di altre legislazioni attuate per disciplinare gli stessi temi ambientali e rammentando altresì che non si possono includere i vantaggi per i costruttori derivanti dall'allineamento.

Come si è accennato, mancano informazioni precise sul numero di macchine mobili non stradali e sull'uso delle stesse. Inoltre, i modelli di emissioni esistenti sono di norma sviluppati per il trasporto stradale e non è possibile impiegarli per calcolare le emissioni delle macchine mobili non stradali. Per ovviare a questa carenza di informazioni, i calcoli sono stati effettuati sulla base dei motori, prendendo in considerazione le emissioni di tutto l'arco della vita utile e i costi dei motori sullo stesso periodo. Usando le diverse fasce di potenza della direttiva attuale, uno studio di consulenza svolto dalla Commissione ha considerato i seguenti costi, riferiti alla vita utile, per rispettare i valori limite di fase III (fase III A + fase III B). I costi comprendono i materiali e l'ingegneria. Va notato che i costi per la fascia di potenza 18-37 kW comprendono un'ulteriore riduzione dei valori limite del particolato rispetto a quelli contenuti nella presente proposta di modifica. In mancanza di stime più accurate, le analisi si sono basate su tali costi.

Potenza del motore (kW)	18-37	37-75	75-130	130-560
Costo della tecnologia di riduzione delle emissioni (€/motore)	1 800	3 775	5 300	8 400

Tabella: costo addizionale (tecnologia e ingegneria) dell'attuazione dei valori limite di fase III.

Fonte: studio di consulenza di VTT Process.

Oltre ai costi riportati in tabella, vi saranno costi ulteriori relativi al carburante a basso tenore di zolfo, necessario per rispettare i valori limite di fase III B del particolato. Il carburante a basso tenore di zolfo non è necessario per i motori della fascia di potenza 18-37 kW, che non richiedono un dispositivo di post-trattamento. Tuttavia, nella pratica sarà difficile distribuire carburante con un tenore di zolfo più elevato solo per quella categoria di motori. Pertanto, il costo addizionale per il carburante a basso tenore di zolfo è stato computato anche per tale categoria.

Un altro studio di consulenza svolto da Beicip-Franlab ha valutato il costo del passaggio da un tenore di zolfo del carburante di 1000 ppm a un tenore di 10 ppm in 1,5-1,9 cent di euro al litro. Per le analisi ulteriori è stato adottato un valore netto di 1,5 cent al litro.

Potenza del motore (kW)	18-37	37-75	75-130	130-560
Consumo di carburante nell'arco della vita utile (litri)	19 938	47 150	95 120	333 500
Costo aggiuntivo determinato dal carburante a basso tenore di zolfo (€)	299	707	1 426	5 002

Tabella: Costi aggiuntivi dovuti all'uso di carburante a basso tenore di zolfo.

Fonti: studi di consulenza di VTT Process e Beicip-Franlab.

Costi di questa indole sono difficili da stimare con un grado di accuratezza sufficiente perché si tratta di norme da applicare in un futuro lontano. L'esperienza acquisita nel settore stradale mostra che questi costi tendono ad essere sopravvalutati, come si evince confrontando i costi reali con le stime eseguite in fase di adozione della legislazione. Inoltre, trattandosi di un mercato quasi totalmente mondializzato, si potrebbe sostenere che i costi di adempimento alla fase III A sono già effettivi, poiché l'EPA ha confermato che andrà avanti con le proprie norme di livello III. Infine, il consulente ha basato la sua valutazione dei costi sull'uso di filtri del particolato in tutti i motori, che non è una previsione probabile. I corrispondenti calcoli (preliminari) dei costi eseguiti dall'EPA statunitense indicano costi assai minori.

3.7.2. *Vantaggi*

In un altro studio di consulenza, "Stime dei costi esterni marginali dell'inquinamento atmosferico in Europa", eseguito dalla società Netcen, i costi esterni marginali per diversi inquinanti sono stati stimati come segue:

Vantaggi della riduzione di emissioni nelle aree rurali

Paesi	NO _x (€/t)	Particolato 2,5(€/t)	SO ₂ (€/t)
Austria	6 800	14 000	7 200
Belgio	4 700	22 000	7 900
Danimarca	3 300	5 400	3 300
Finlandia	1 500	1 400	970
Francia	8 200	15 000	7 400
Germania	4 100	16 000	6 100
Grecia	6 000	7 800	4 100
Irlanda	2 800	4 100	2 600
Italia	7 100	12 000	5 000
Paesi Bassi	4 000	18 000	7 000

Portogallo	4 100	5 800	3 300
Spagna	4 700	7 900	3 700
Svezia	2 600	1 700	1 700
Regno Unito	2 600	9 700	4 500
Media EU-15	4 200	14 000	5 200

Vantaggi della riduzione di emissioni nelle aree urbane

Dimensioni della città	NO _x (€/t)	Particolato 2,5(€/t)	SO ₂ (€/t)
100 000 abitanti	Come nelle aree rurali	33 000	6 000
500 000 abitanti	Come nelle aree rurali	165 000	30 000
1 000 000 abitanti	Come nelle aree rurali	247 500	45 000
Alcuni milioni di abitanti	Come nelle aree rurali	495 000	90 000

Come si evince dalle tabelle, i costi marginali variano considerevolmente secondo il luogo in cui sono disperse le emissioni. Nel 1999, l'80% della popolazione dell'UE viveva in aree urbane. Tuttavia, poiché un'ampia proporzione dei motori è utilizzata nel settore agricolo e disperde le emissioni in aree rurali, per quanto riguarda l'uso e le emissioni delle macchine mobili non stradali si può supporre quanto segue: il 50% delle emissioni avvengono in aree rurali, il 30% in città di 100 000 abitanti, l'8% in città di 500 000 abitanti e il 2% in città di più di un milione di abitanti.

Sulla base di tali supposizioni, i vantaggi saranno i seguenti:

NO_x – 4200 €/t

Particolato – 36420 €/t

SO₂ – 8220 €/t

3.7.3. Riduzioni di emissioni

Nello studio già citato svolto da VTT Process, il "risparmio" ottenuto nell'arco della vita utile (t/motore) è stato stimato come segue:

Fascia di potenza del motore (kW)	19-37	37-75	75-130	130-560
Riduzione NO _x (t)	0,1	0,4	0,7	2,9
Riduzione particolato (t)	0,023	0,043	0,068	0,184
Riduzione SO ₂ (30% particolato) (t)	0,034	0,057	0,114	0,399

3.7.4. Relazione costo-efficacia (fattibilità)

Sulla base dei dati suddetti e dei dati forniti dai costruttori relativi alla distribuzione di motori di diverse dimensioni in Europa, risulta che i benefici complessivi derivanti dal quadro proposto per i motori di macchine mobili non stradali superano i costi di 75 euro. Lo stesso calcolo rivela che l'esito complessivo si deve ai benefici considerevoli che si ottengono con i motori più grandi. Non si sono eseguiti calcoli per le navi della navigazione interna.

3.7.5. Conclusioni

Le stime dei costi di provvedimenti tecnici da attuare in un futuro lontano sono, evidentemente, incerte. L'esperienza mostra che in fase di elaborazione della legislazione i costi tendono ad essere sopravvalutati rispetto ai costi effettivi incorsi nella fase di attuazione.

Inoltre in questo caso particolare è discutibile se il costo della fase III A debba essere incluso integralmente, poiché la maggior parte dei costruttori dovrà comunque soddisfare la legislazione statunitense corrispondente, già deliberata. Per i motori nella fascia di potenza 19-37 kW, le stime di costo eseguite dal consulente si basano su un valore limite di fase III B per il particolato, pari a 0,3 g/kWh, mentre la proposta si limita a prescrivere 0,6 g/kWh. Il consulente ha altresì considerato che ciascun motore richiederà due serie di trappole del particolato, supposizione anche questa discutibile poiché la proposta contiene requisiti di durevolezza. I calcoli preliminari dei costi eseguiti dall'EPA, inoltre, danno valori assai minori.

D'altra parte, non è stato considerato alcun costo per tenere conto del maggior consumo di carburante. L'uso di tecnologie più avanzate apre ai costruttori la possibilità di migliorare l'efficienza energetica e compensare in tal modo la penalizzazione in termini di carburante causata dall'uso di trappole del particolato.

Le stime dei benefici sono comunque legate a notevoli incertezze. Al riguardo, va notato che tutte le particelle emesse da macchine mobili non stradali sono le denominate nanoparticelle, che dal punto di vista sanitario destano sempre maggiori preoccupazioni.

Considerando tali incertezze, che possono modificare il risultato sia in un senso che nell'altro, sembra di poter considerare positivo in sé, dal punto di vista del rapporto costo-efficacia, il quadro introdotto dalla fase III. Va comunque notato che tale esito complessivo deriva

dall'effetto assai positivo ottenuto sui grandi motori, sottolineando così l'importanza del riesame tecnico proposto come parte integrante del quadro stesso.

3.8. Flessibilità

3.8.1. Considerazioni generali

Le macchine mobili non stradali hanno numerose applicazioni diverse. Sebbene la legislazione in questo settore sia rivolta fondamentalmente ai costruttori di motori, pure essa continuerà a rivolgersi a numerosi costruttori di macchine (OEM), che non necessariamente costruiscono anche i motori. Per coprire tali aspetti diversi senza limitarsi a creare una legislazione del minimo comun denominatore o ritardarne l'adozione ritardando così anche l'uso di tecnologie avanzate, occorre avvalersi di determinate flessibilità (esenzioni). Si tratta di un concetto usato anche nella legislazione statunitense corrispondente.

D'altra parte, la legislazione deve esprimersi con la massima chiarezza, in modo da ricevere la stessa interpretazione in tutti gli Stati membri. Ne consegue che le esenzioni devono essere limitate al minimo. Inoltre, è difficile riprodurre integralmente la legislazione statunitense per via delle differenze fra i sistemi amministrativi.

I seguenti casi sono oggetto di disposizioni particolari nella legislazione.

3.8.2. Costruttori di motori:

3.8.2.1. Piccoli costruttori

I piccoli costruttori dispongono di risorse limitate per sviluppare nuove tecnologie e possono contare su una gamma minore di prodotti per coprire i costi dello sviluppo tecnologico. Se non operano sul mercato mondiale, non sono obbligati ad ottemperare alla legislazione statunitense.

3.8.2.2. Famiglie di motori a produzione limitata

Fondamentalmente, i costi di sviluppo devono essere coperti dalla specifica famiglia di motori. Più tale famiglia è piccola, più è difficile che ciò avvenga, soprattutto nel caso di piccoli produttori che non possono trasferire i costi ad altre famiglie di motori.

3.8.3. Costruttori di macchine:

La direttiva 97/68/CE disciplina i motori: ne deriva che spetta al costruttore dei motori rispettare le norme. Ma in ultima analisi, i motori sono installati nelle macchine dai costruttori dei motori stessi o da costruttori di macchine indipendenti. In quest'ultimo caso, in particolare, occorre dare al costruttore di macchine il tempo sufficiente per adattare il suo prodotto alle soluzioni adottate per il motore. A tal fine, si potrebbe consentire l'immissione sul mercato dei motori, per un certo periodo, purché prodotti prima dell'entrata in vigore delle norme.

La direttiva attuale prevede tale possibilità, subordinandola però a decisioni dei singoli Stati membri. In teoria, tutto il mercato verrebbe aperto se un solo Stato membro accogliesse l'opzione suddetta. Nella pratica, tuttavia, ciò creerebbe problemi ai costruttori, che dovrebbero immettere i loro motori sul mercato dello Stato (o degli Stati) in questione, per poi recapitarli al consumatore in un altro Stato membro. Si potrebbe argomentare che questa opzione possa incoraggiare un costruttore a produrre e stoccare grandi quantità di motori subito prima dell'entrata in vigore dei nuovi limiti di emissioni. Tuttavia, è improbabile che

ciò avvenga perché comporterebbe per il costruttore un'incertezza economica troppo grande. Per semplificare la legislazione, non è opportuno lasciare alla discrezione dei singoli Stati membri l'opzione di progettare dispositivi per motori già prodotti.

3.8.4. Possibili soluzioni

La legislazione statunitense corrispondente prevede una certa flessibilità, di cui un elemento essenziale è l'uso della compensazione, del deposito e dello scambio dei crediti di emissione. In tal modo, si consente ad un costruttore di motori di immettere sul mercato un motore che eccede i valori limite di emissione a patto che ciò sia compensato dall'immissione sul mercato di motori con emissioni inferiori ai valori limite, in modo tale che le emissioni medie della produzione complessiva si situino al di sotto dei valori limite. Così facendo, si prevede la necessaria flessibilità senza rinunciare ai vantaggi ambientali.

La proposta della Commissione relativa alle emissioni dei motori ad accensione comandata (COM(2000) 840 def.) adottava questo sistema, che tuttavia è stato respinto sia dal Consiglio che dal Parlamento europeo perché ritenuto troppo complicato e ingiusto. Nella fase attuale, la Commissione non propone l'adozione di un sistema di questo tipo.

Ciò nonostante, i costruttori si troveranno ad affrontare problemi simili, nell'ottemperare alla legislazione dell'UE, che occorre trattare adeguatamente. La soluzione comporterà necessariamente una deviazione dal sistema convenzionale di omologazione e diventa quindi indispensabile attuare disposizioni flessibili che possano essere interpretate nello stesso modo dai diversi Stati membri e limitino al minimo l'onere amministrativo che comportano.

A tal fine, si potrebbe usare fundamentalmente lo stesso concetto adottato dalla legislazione statunitense per quanto riguarda le difficoltà dei costruttori di macchine. In altre parole, un costruttore può usare un numero limitato di motori che soddisfano unicamente le precedenti norme sui limiti di emissione e può fare uso di tale flessibilità nel modo più adatto per risolvere i suoi problemi specifici. Un costruttore potrebbe necessitare di un tempo maggiore per lo sviluppo tecnico della sua produzione e un altro potrebbe aver bisogno di un tempo di sviluppo più lungo solo per una piccola famiglia di motori. Una flessibilità di questo tipo ha il vantaggio di non obbligare le autorità di omologazione a decidere su questioni di dettaglio; nel contempo il quadro normativo garantisce che le conseguenze ambientali siano note in anticipo e non mutino indipendentemente dalla strategia adottata dal costruttore.

3.8.5. Conclusioni

Per risolvere le particolari difficoltà che potrebbero riguardare i costruttori di macchine, compresi i piccoli produttori, e le produzioni in piccole serie, occorre introdurre un regime volontario di flessibilità che consenta ad un costruttore di macchine di servirsi, per un periodo di quattro anni, di motori che soddisfano unicamente i valori limite della fase precedente. Il numero di motori in ciascuna fascia di potenza dovrebbe essere limitato al 20% della produzione annua o ad un numero massimo di unità subordinato alla fascia di potenza (50, 100, 150 o 200).

3.9. Riesame di fattibilità tecnica

Come si è detto, potrebbe rivelarsi difficile, in ultima analisi, applicare la tecnologia delle trappole (o soluzioni analoghe) a determinati tipi di macchine mobili non stradali una volta entrati in vigore i valori limite di fase III B. Per questo tipo di macchine, potrebbe rendersi necessario prorogare le date di attuazione o prevedere esenzioni dai limiti di fase III B. In

quest'ultimo caso, alcuni valori limite rimarrebbero di applicazione, probabilmente sulla base di quelli contemplati dallo scenario 2 sopra descritto al punto 3.4.1.1, vale a dire per un valore limite del particolato inferiore del 40% rispetto agli attuali limiti di fase II. Occorre quindi eseguire uno studio di fattibilità tecnica sull'applicabilità della tecnologia delle trappole del particolato nel settore delle macchine mobili non stradali, proponendo eventuali esenzioni che si rivelassero necessarie. Tale studio e le decisioni che ne derivano deve essere svolto in tempo utile per dare ai costruttori un tempo sufficiente di adeguamento. D'altra parte, se lo studio venisse svolto troppo presto, non lascerebbe il tempo sufficiente per lo sviluppo tecnologico e potrebbe prevedere esenzioni per casi in cui la tecnologia si renderà invece disponibile entro la data di attuazione. A mo' di compromesso fra queste due esigenze, la Commissione dovrà presentare una proposta entro fine dicembre 2006.

Altri temi di interesse rilevante potrebbero entrare a far parte dello studio e, ove appropriato, essere ripresi dalle proposte. Un tema precipuo è naturalmente l'esigenza di ridurre ulteriormente i NO_x, strettamente collegata alla disponibilità di dispositivi di post-trattamento. Esaminando quest'ultimo argomento nell'ambito del riesame tecnico nel 2006, saranno già disponibili informazioni derivate dal progetto CAFE, attualmente in corso, sull'esigenza complessiva di ulteriori riduzioni e sul rapporto costo-efficacia delle misure adottate in altri settori.

Altri temi che potrebbero far parte del riesame tecnico sono:

- l'esigenza di riconsiderare il campo di applicazione della direttiva per quanto concerne le applicazioni ferroviarie sulla base degli ultimi sviluppi e delle possibilità derivanti dal nuovo quadro legislativo ferroviario, in particolare nel campo dell'interoperatività ferroviaria;
- l'esigenza di controlli di conformità durante l'uso e di procedimenti di prova specifici per le macchine ferroviarie e la fattibilità di tali controlli e procedimenti.

4. CONTENUTO DELLA PROPOSTA

4.1. Campo di applicazione della direttiva (allegato I)

L'attuale direttiva 97/68/CE disciplina i motori ad accensione spontanea di potenza compresa tra 18 kW e 560 kW. La legislazione statunitense corrispondente riguarda la fascia di potenza 19-560 kW. A fini di allineamento, la direttiva 97/68/CE adotterà il limite inferiore di 19 kW a decorrere dalle date di entrata in vigore della fase III.

Le locomotive ferroviarie sono attualmente escluse dal campo di applicazione della direttiva, ma non sono oggetto di una definizione specifica. La direttiva adotterà una definizione di locomotiva ferroviaria, ai sensi della legislazione statunitense corrispondente. Ciò significa che piccoli motori impiegati in vagoni ferroviari, ad esempio, rientreranno nel campo di applicazione, in linea con le dichiarazioni della Commissione nel Libro bianco sulla politica europea dei trasporti (COM (2001) 370).

I motori installati sulle navi della navigazione interna entreranno anch'essi nel campo di applicazione della direttiva.

4.2. Procedimento di prova (allegato III)

L'attuale procedimento usato per determinare le emissioni a norma della direttiva 97/68/CE si basa su un ciclo di prova in regime stazionario: il ciclo ISO C1 a 8 modalità.

La maggior parte dei motori non stradali è adibita ad usi di carattere prevalentemente transitorio. Anche apparecchi quali pompe e generatori, che funzionano quasi sempre a velocità costante, possono scostarsi da condizioni operative stazionarie a causa di variazioni del carico del motore nel tempo. Grazie ad un'ampia collaborazione fra le autorità e l'industria negli Stati Uniti, in Giappone e in Europa, ci si è adoperati per sviluppare un nuovo ciclo di prova tale da rispecchiare meglio questo fatto. Tale cooperazione si è tradotta in un nuovo ciclo di prova in condizioni transitorie che permette l'impiego di dinamometri a correnti parassite, con un notevole risparmio (fra un terzo e un quarto) rispetto agli apparecchi convenzionali (dinamometri a corrente alternata o continua) usati per le prove in transitorio.

Le future norme di fase III B per il particolato si baseranno su questo nuovo specifico procedimento di prova in regime transitorio, per rispecchiare meglio le condizioni effettive di funzionamento e, in particolare, le effettive emissioni di particolato, garantendo così che gli sviluppi della tecnologia di riduzione delle emissioni tengano conto di tali condizioni operative. Per il rilevamento delle emissioni gassose, i costruttori devono poter scegliere fra il nuovo ciclo di prova in regime transitorio e l'attuale procedimento di prova in regime stazionario.

Risparmi significativi (fino a un quinto) si possono ottenere svolgendo la prova in transitorio con l'ausilio di sistemi di diluizione a flusso parziale, anziché fare ricorso a sistemi convenzionali di campionamento a volume costante (CVS). Al riguardo, i costruttori continueranno a poter scegliere, come avviene attualmente, fra sistemi a flusso pieno e a flusso parziale.

4.3. Valori limite della fase III (allegato I)

Per affrontare adeguatamente i bisogni ambientali, i valori limite di fase III vengono introdotti per le emissioni sia di NO_x che di particolato e si basano sulle migliori tecnologie disponibili, applicate ove fattibile alle macchine mobili non stradali, tenendo conto dell'esigenza di allineamento globale.

Di conseguenza, i valori limite di fase III per gli inquinanti gassosi (fase III A) equivalgono fondamentalmente alle norme statunitensi di livello III per le fasce di potenza superiore a 37 kW e alle norme di livello II per la fascia di potenza da 19 kW a 37 kW. I valori limite per il particolato (fase III B) per le fasce di potenza superiore a 37 kW si basano sulla supposizione secondo cui le trappole del particolato (o tecnologie analoghe) si renderanno generalmente disponibili nel settore non stradale entro un tempo sufficiente.

Per garantire la disponibilità delle tecnologie necessarie, si inserisce una disposizione affinché la Commissione riesamini i progressi tecnici onde confermare i valori limite del particolato, proponendo le deroghe eventualmente necessarie entro il 2006. Tale riesame potrebbe comprendere uno studio addizionale sulla possibile utilizzazione di dispositivi di post-trattamento per ridurre gli inquinanti gassosi (NO_x) in una fase successiva.

4.4. Calendario di attuazione per la fase III (articolo 9)

Per la *fascia di potenza superiore a 37 kW* i valori limite di fase III A potrebbero entrare in vigore (in fasi successive) a partire dal 2006, poiché i costruttori dovranno adempiere ai requisiti del mercato statunitense entro quella data. Per i valori limite del particolato di fase III B, è necessario un tempo di preparazione più lungo. Per dare ai costruttori il tempo sufficiente per realizzare gli sviluppi tecnici necessari, tali valori limite entreranno in vigore in fasi successive tra il 2010 e il 2012.

Per la *fascia di potenza da 19 kW a 37 kW* la legislazione statunitense corrispondente entrerà in vigore nel 2004. Tuttavia, per motivi pratici, non è possibile adottarla nell'UE prima del 2006.

Il calendario di attuazione per i *motori a velocità costante* costituisce una questione specifica. Tali motori sono esenti dalle disposizioni della direttiva 97/68/CE, ma in seguito ad un emendamento sui motori ad accensione comandata recentemente deliberato dal Consiglio e dal Parlamento europeo essi saranno disciplinati dalla direttiva a partire dal 31 dicembre 2006, vale a dire da 3 a 6 anni più tardi rispetto ad altri tipi di motori. Per dare ai costruttori un tempo ragionevole, occorre modificare di conseguenza le date di entrata in vigore per questo tipo di motori.

4.5. Qualità del carburante

4.5.1. Considerazioni generali

Le due fasi di limiti di emissioni dell'attuale direttiva 97/68/CE possono essere osservate senza ricorrere a specifici requisiti per i carburanti. Per ottemperare alle norme di fase III B proposte per il particolato, tuttavia, occorrerà adottare un carburante a basso tenore di zolfo (meno di 50 ppm). Pertanto, la Commissione presenterà una proposta distinta di modifica della direttiva 98/70/CE in tempo utile prima dell'entrata in vigore dei suddetti valori limite.

4.5.2. Carburante di riferimento

Il carburante di riferimento utilizzato ai fini dell'omologazione deve rispecchiare la qualità del carburante impiegato in condizioni effettive di funzionamento. Poiché la legislazione sul carburante disponibile sul mercato differisce nei vari Stati membri, l'attuale specifica di carburante di riferimento rappresenta un compromesso. Il parametro più importante – il tenore di zolfo – deve situarsi fra 1000 e 2000 ppm.

I valori limite proposti di fase III B per le emissioni di particolato richiederanno l'uso di carburante a basso tenore di zolfo. A tal fine, è incluso un carburante di riferimento equivalente a quello in uso per i veicoli stradali. Il costruttore può usare tale qualità di carburante per l'omologazione di motori relativamente ai valori limite di fase III B, in regime obbligatorio o volontario.

4.6. Requisiti di durevolezza (allegato III, appendice 5)

La legislazione statunitense corrispondente contiene definizioni della vita utile durante la quale i valori limite devono essere osservati, nonché disposizioni relative ad operazioni di ritiro.

Trattandosi di apparecchi non registrati, risulta più difficile eseguire programmi di conformità durante l'uso. Per questo motivo, nella fase iniziale la vita utile è definita unicamente per le diverse categorie di motori (3000-5000 ore per i motori con meno di 37 kW e 8000 ore per quelli con potenza di 37 kW o superiore) e i costruttori hanno l'obbligo di stabilire fattori di usura di cui tenere conto in fase di omologazione.

Il riesame tecnico summenzionato potrebbe contemplare una fase successiva che comprenderebbe i controlli di conformità e il ritiro.

4.7. Flessibilità (articolo 9 e allegato XIV)

La direttiva 97/68/CE disciplina i motori: ne deriva che spetta al costruttore dei motori rispettare le norme. Ma in ultima analisi, i motori sono installati nelle macchine dai costruttori dei motori stessi o da costruttori di macchine indipendenti. In quest'ultimo caso, in particolare, occorre dare al costruttore di macchine il tempo sufficiente per adattare il suo prodotto alla concezione del motore. Problemi specifici in merito riguarderanno i piccoli costruttori o le produzioni in piccole serie.

Per realizzare un approccio flessibile, sono state introdotte due possibilità.

La prima consiste nel consentire ai costruttori di macchine di usare "vecchi" motori per un periodo di due anni, purché si tratti di motori prodotti prima dell'entrata in vigore dei nuovi valori limite. Questa possibilità è già contemplata dalla direttiva attuale, ma è subordinata alla decisione di uno Stato membro.

La seconda possibilità è un'opzione volontaria che consente al costruttore di macchine di usare un numero limitato di motori conformi ai valori limite della fase precedente. Il numero di tali motori dovrebbe essere limitato al 20% della produzione annua in ciascuna fascia di potenza o ad un numero massimo di unità subordinato alla fascia di potenza (50, 100, 150 o 200). In tal modo, ciascun costruttore può adottare la soluzione più adatta alle sue circostanze: un costruttore potrebbe risentire di problemi con una famiglia di motori e un altro di un ritardo generale nello sviluppo dei suoi prodotti. Con questo sistema, le conseguenze ambientali sono note in anticipo e la responsabilità principale di risolvere le difficoltà spetta ai costruttori. Si tratta anche del modo migliore di risolvere discrepanze potenziali fra grandi e piccoli costruttori.

La legislazione statunitense contempla una soluzione simile, oltre a svariate ulteriori flessibilità, quali compensazioni e scambio di crediti di emissioni. Alcune di queste ultime alternative potrebbero risultare fattibili negli Stati Uniti, dove la legislazione è applicata da un'unica amministrazione. In Europa, vi sono in teoria 15 diverse autorità preposte all'approvazione e non è dunque fattibile prevedere molte alternative diverse.

Le organizzazioni europee di costruttori di motori e macchine (rispettivamente Euromot e CECE/CEMA) si sono dichiarate soddisfatte della soluzione proposta. La Commissione ritiene che tali organizzazioni rappresentino tutto lo spettro dei costruttori.

4.8. Studio di fattibilità tecnica

Come si è detto, occorre eseguire uno studio di fattibilità tecnica per determinare se la tecnologia delle trappole del particolato possa applicarsi al settore delle macchine mobili non stradali, proponendo, ove appropriato, quali applicazioni debbano soddisfare solamente le norme del particolato più permissive. Tale studio deve svolgersi in tempo utile per dare ai costruttori informazioni tempestive sui valori limite appropriati. D'altra parte, occorre prevedere un tempo sufficiente per realizzare i necessari sviluppi tecnici. A mo' di compromesso, la Commissione presenterà eventuali proposte entro dicembre 2006.

Proposta di

DIRETTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

che modifica la direttiva 97/68/CE concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai provvedimenti da adottare contro l'emissione di inquinanti gassosi e particolato inquinante prodotti dai motori a combustione interna destinati all'installazione su macchine mobili non stradali

(Testo rilevante ai fini del SEE)

IL PARLAMENTO EUROPEO E IL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA,

visto il trattato che istituisce la Comunità europea, in particolare l'articolo 95,

vista la proposta della Commissione¹,

visto il parere del Comitato economico e sociale europeo²,

deliberando secondo la procedura di cui all'articolo 251 del trattato³,

considerando quanto segue:

- (1) La direttiva 97/68/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 1997, concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai provvedimenti da adottare contro l'emissione di inquinanti gassosi e particolato inquinante prodotti dai motori a combustione interna destinati all'installazione su macchine mobili non stradali⁴ attua due fasi di valori limite di emissione per i motori ad accensione spontanea ed invita la Commissione a presentare una proposta di ulteriore riduzione dei limiti di emissioni, prendendo in considerazione la disponibilità a livello mondiale di tecniche di controllo delle emissioni di inquinanti atmosferici prodotte da motori ad accensione spontanea, nonché la situazione della qualità dell'aria.
- (2) Il Programma Auto-Oil⁵ ha stabilito la necessità di ulteriori provvedimenti per migliorare la qualità dell'aria nella Comunità, in particolare per quanto riguarda la formazione di ozono e le emissioni di particolato.
- (3) Tecnologie avanzate di riduzione delle emissioni prodotte da motori ad accensione spontanea installati su veicoli stradali sono in gran parte già disponibili ed esse dovrebbero potersi applicare, in larga misura, anche al settore non stradale.

¹ GU n. L [...] del [... ..], pag. [...].

² GU n. L [...] del [... ..], pag. [...].

³ GU n. L [...] del [... ..], pag. [...].

⁴ GU n. L 59 del 27.2.1998, pag 1.

⁵ COM(2000) def.

- (4) Permangono alcune incertezze sulla situazione, quale si presenterà intorno al 2010, della relazione costo-efficacia dell'impiego di dispositivi di post-trattamento per le emissioni di particolato in piccoli motori e sulla disponibilità di dispositivi di post-trattamento per ridurre le emissioni di ossidi di azoto (NO_x). Occorrerà eseguire un riesame tecnico entro il 31 dicembre 2006, considerando nei casi appropriati esenzioni o proroghe riguardo all'entrata in vigore dei valori limite del particolato e dei valori limite più severi degli inquinanti gassosi.
- (5) È necessario adottare una procedura di prova in regime transitorio per considerare le condizioni operative di questo tipo di macchine in condizioni effettive di funzionamento.
- (6) Il pacchetto proposto di valori limite di fase III deve essere allineato, nella misura del possibile, con gli sviluppi in corso negli Stati Uniti, per garantire ai costruttori un mercato mondiale per i loro modelli di motori.
- (7) Occorre adottare limiti di emissioni anche per determinate macchine ferroviarie e marittime, per contribuire a promuoverle quali modi di trasporto ecologici.
- (8) Per via della tecnologia necessaria per raggiungere i limiti di fase III B delle emissioni di particolato, il tenore di zolfo del carburante deve scendere sotto i livelli attuali in numerosi Stati membri. Occorrerà definire un carburante di riferimento che rispecchi la situazione del mercato dei carburanti.
- (9) È importante considerare le emissioni prodotte durante tutta la vita utile dei motori. Occorre introdurre requisiti di durevolezza per evitare il deterioramento dei livelli di emissioni.
- (10) Occorre prevedere disposizioni specifiche per i costruttori di macchine, per dare loro tempo sufficiente per progettare i loro prodotti e realizzare produzioni in serie limitate.
- (11) Poiché gli Stati membri non possono raggiungere pienamente gli obiettivi dell'azione proposta volta a migliorare la situazione futura della qualità dell'aria, in quanto le necessarie norme sulle emissioni devono essere disciplinate a livello comunitario, la Comunità può adottare provvedimenti in merito, nel rispetto del principio di sussidiarietà sancito dall'articolo 5 del trattato. Ai sensi del principio di proporzionalità, sancito dal medesimo articolo 5, la presente direttiva non interviene oltre quanto è necessario per raggiungere gli obiettivi suddetti.
- (12) Per questi motivi, la direttiva 97/68/CE va modificata di conseguenza,

HANNO ADOTTATO LA PRESENTE DIRETTIVA:

Articolo 1

La direttiva 97/68/CEE è modificata come segue.

- 1) All'articolo 2 è inserito il seguente trattino:
 - "*nave della navigazione interna*, una nave di lunghezza uguale o superiore a 20 metri, di volume uguale o superiore a 100 m³ calcolato secondo la formula definita all'allegato I, sezione 2, punto 2.8 bis, oppure un rimorchiatore o

spintore costruito per rimorchiare, spingere o per la propulsione in formazione in coppia di navi di lunghezza uguale o superiore a 100 m3."

- 2) All'articolo 2 è inserito il seguente paragrafo:

"La definizione di cui al sedicesimo trattino del primo paragrafo non comprende le navi destinate al trasporto di non più di 12 passeggeri oltre all'equipaggio, i traghetti, le navi da diporto di lunghezza inferiore a 24 metri (secondo la definizione di cui all'articolo 1, paragrafo 2 della direttiva 94/25/CE), le navi di servizio delle autorità di controllo e le navi del servizio antincendio, le navi da guerra e le navi della navigazione marittima, compresi i rimorchiatori e gli spintori per la navigazione marittima che navigano o stazionano nelle acque fluviomarittime o si trovano temporaneamente nelle acque interne, purché provvisti di titoli di navigazione o di sicurezza validi ai sensi della definizione di cui all'allegato I, sezione 2, punto 2.8 ter."

- 3) All'articolo 4 è inserito il seguente paragrafo 6:

"6. Ai motori immessi sul mercato in "regime flessibile" si applica, oltre a quanto disposto ai paragrafi dall'1 al 5, la procedura di cui all'allegato XIII."

- 4) All'articolo 6 è inserito il seguente paragrafo 5:

"5. Sui motori immessi sul mercato in "regime flessibile" deve essere apposta una marcatura a norma dell'allegato XIII."

- 5) L'articolo 8 è modificato come segue:

- a) il titolo è sostituito dalle parole "immissione sul mercato";
- b) al paragrafo 1, è soppressa la parola "nuovi".

- 6) L'articolo 9 è modificato come segue:

- a) nella frase introduttiva del paragrafo 3, la frase "e ogni altra omologazione per le macchine mobili non stradali su cui sia montato un motore" è sostituita dalla frase "e ogni altra omologazione per le macchine mobili non stradali su cui sia montato un motore non ancora immesso sul mercato";
- b) sono inseriti i seguenti paragrafi 3 bis, 3 ter e 3 quater:

"3 bis. FASE III A DI OMOLOGAZIONE MOTORI (CATEGORIE DI MOTORI: H, I, J, K)

Gli Stati membri negano il rilascio dell'omologazione per i seguenti tipi o famiglie di motori e il rilascio di un documento di cui all'allegato VI e ogni altra omologazione per le macchine mobili non stradali su cui sia montato un motore non ancora immesso sul mercato:

- H: successivamente al 30 giugno 2005, per motori – eccetto motori a velocità costante – di potenza pari a: $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$;

- I: successivamente al 31 dicembre 2005, per motori – eccetto motori a velocità costante – di potenza pari a: $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$;
- J: successivamente al 31 dicembre 2006, per motori – eccetto motori a velocità costante – di potenza pari a: $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$;
- K: successivamente al 31 dicembre 2005, per motori – eccetto motori a velocità costante – di potenza pari a: $19 \text{ kW} \leq P < 37 \text{ kW}$;

se il motore non soddisfa i requisiti stabiliti dalla presente direttiva e se le emissioni di inquinanti gassosi prodotte dal motore in questione non sono conformi ai valori limite definiti nella tabella di cui al punto 4.2.3 dell'allegato I.

3 ter. FASE III A DI OMOLOGAZIONE MOTORI (CATEGORIE DI MOTORI: K, L, M, N)

Gli Stati membri negano il rilascio dell'omologazione per tipi o famiglie di motori e il rilascio di un documento di cui all'allegato VI e ogni altra omologazione per le macchine mobili non stradali su cui sia montato un motore non ancora immesso sul mercato:

- motori di categoria K a velocità costante: successivamente al 31 dicembre 2009, per motori di potenza pari a: $19 \text{ kW} \leq P < 37 \text{ kW}$;
- L e motori di categoria H a velocità costante: successivamente al 31 dicembre 2009, per motori di potenza pari a: $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$;
- M e motori di categoria I a velocità costante: successivamente al 31 dicembre 2009, per motori di potenza pari a: $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$;
- N e motori di categoria J a velocità costante: successivamente al 31 dicembre 2010, per motori di potenza pari a: $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$;

se il motore non soddisfa i requisiti stabiliti dalla presente direttiva e se le emissioni di particolato inquinante prodotte dal motore in questione non sono conformi ai valori limite definiti nella tabella di cui al punto 4.2.3 dell'allegato I.

"3 quater. OMOLOGAZIONE DI MOTORI INSTALLATI IN NAVI DELLA NAVIGAZIONE INTERNA (CATEGORIA DI MOTORI: V)

Gli Stati membri negano il rilascio dell'omologazione per tipi o famiglie di motori e il rilascio di un documento di cui all'allegato VI:

- V1:1: successivamente al 31 dicembre 2005 per motori di potenza superiore a 37 kW e di cilindrata inferiore a 0,9 litri per cilindro;
- V1:2: successivamente al 30 giugno 2005 per motori di cilindrata maggiore o uguale a 0,9 litri per cilindro e inferiore a 1,2 litri per cilindro;

- V1:3: successivamente al 30 giugno 2005 per motori di cilindrata maggiore o uguale a 1,2 litri per cilindro e inferiore a 2,5 litri per cilindro e una potenza pari a: $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$;
- V1:4: successivamente al 31 dicembre 2006 per motori di cilindrata maggiore o uguale a 2,5 litri per cilindro e inferiore a 5 litri per cilindro;
- V2: successivamente al 31 dicembre 2007 per motori di cilindrata superiore a 5 litri per cilindro;

se il motore non soddisfa i requisiti stabiliti dalla presente direttiva e se le emissioni di particolato inquinante prodotte dal motore in questione non sono conformi ai valori limite definiti nella tabella di cui al punto 4.1.2.4 dell'allegato I."

c) il paragrafo 4 è modificato come segue:

- i) si sopprimono dal titolo le parole "immatricolazione e";
- ii) nel primo comma, la frase "gli Stati membri permettono l'immatricolazione, se del caso, e l'immissione sul mercato di motori nuovi" è sostituita dalla frase "gli Stati membri permettono l'immissione sul mercato di motori nuovi";
- iii) il secondo e terzo comma sono sostituiti dal testo seguente:

"Fase III A

- categoria H: successivamente al 31 dicembre 2005
- categoria I: successivamente al 31 dicembre 2006
- categoria J: successivamente al 31 dicembre 2007
- categoria K: successivamente al 31 dicembre 2006
- categoria V1:1: successivamente al 31 dicembre 2006
- categoria V1:2: successivamente al 31 dicembre 2006
- categoria V1:3: successivamente al 31 dicembre 2006
- categoria V1:4: successivamente al 31 dicembre 2008
- categorie V2: successivamente al 31 dicembre 2008.

Per i motori a velocità costante nelle categorie H, J, K e L le date di attuazione sono ritardate, rispettivamente, di quattro anni rispetto alle date summenzionate.

Fase III B

- categoria L: successivamente al 31 dicembre 2010

- categoria M: successivamente al 31 dicembre 2010
- categoria N: successivamente al 31 dicembre 2011.

Per ciascuna categoria, i requisiti suddetti sono prorogati di due anni per i motori fabbricati in data anteriore a quelle rispettivamente sopra indicate.

L'autorizzazione rilasciata per una fase di valori limite di emissione decade a decorrere dall'attuazione obbligatoria della fase successiva di valori limite."

7) All'articolo 10 è inserito il seguente paragrafo 3:

"3. I motori possono essere immessi sul mercato in "regime flessibile" a norma delle disposizioni dell'allegato XIII."

8) Gli allegati sono modificati come segue:

- a) gli allegati I, III, V, VII e XII sono modificati ai sensi dell'allegato I alla presente direttiva;
- b) l'allegato VI è sostituito dal testo di cui all'allegato II alla presente direttiva;
- c) è aggiunto un nuovo allegato XIII come dall'allegato III alla presente direttiva.

Articolo 2

Entro il 31 dicembre 2006, la Commissione:

- prende in considerazione la tecnologia disponibile in vista di confermare i valori limite di fase III B e valutare l'eventuale esigenza di ulteriori flessibilità, esenzioni o proroghe delle date di applicazione per taluni tipi di macchine o motori;
- valuta l'esigenza di impiegare un procedimento di prova distinto per le applicazioni ferroviarie;
- valuta l'esigenza di modificare il campo di applicazione della direttiva sulla scorta degli ultimi sviluppi del quadro legislativo relativo al trasporto ferroviario e all'interoperatività ferroviaria onde disciplinare, nel miglior modo possibile, tutte le macchine ferroviarie;
- considera l'eventualità di inasprire i valori limite per le emissioni di inquinanti gassosi alla luce delle necessità ambientali e degli sviluppi tecnologici dei dispositivi di post-trattamento per la riduzione di NO_x nel settore stradale;
- considera l'esigenza di adottare un'ulteriore serie di valori limite per i motori montati sulle navi della navigazione interna;
- considera l'esigenza di adottare valori limite di emissione per i motori di potenza inferiore a 19 kW e superiore a 560 kW;

presenta, se del caso, proposte al Parlamento europeo e al Consiglio.

Articolo 3

1. Gli Stati membri mettono in vigore le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva [entro 12 mesi dalla sua entrata in vigore] [non oltre il 1° luglio 2005]. Essi ne informano immediatamente la Commissione.

Quando gli Stati membri adottano tali disposizioni, queste contengono un riferimento alla presente direttiva o sono corredate di un siffatto riferimento all'atto della pubblicazione ufficiale. Le modalità del riferimento sono decise dagli Stati membri.

2. Gli Stati membri comunicano alla Commissione il testo delle disposizioni essenziali di diritto interno che essi adottano nel settore disciplinato dalla presente direttiva.

Articolo 4

La presente direttiva entra in vigore il ventesimo giorno successivo alla pubblicazione nella *Gazzetta ufficiale delle Comunità europee*.

Articolo 5

Gli Stati membri sono destinatari della presente direttiva.

Fatto a Bruxelles, il

Per il Parlamento europeo
La Presidente

Per il Consiglio
Il Presidente

ALLEGATO I

1. L'ALLEGATO I ALLA DIRETTIVA 97/68/CE È MODIFICATO COME SEGUE:

- a) Alla sezione 1, punto B, ultimo comma
la parola "navi" è sostituita da: "navi, eccetto navi della navigazione interna";
- b) alla sezione 1, punto C, ultimo comma, le parole "locomotive ferroviarie" sono sostituite dal testo seguente: "locomotive ferroviarie non destinate a trasportare passeggeri o merci sul veicolo stesso";
- c) La sezione 2 è modificata come segue:
 - i) Sono inseriti i seguenti punti 2.8 bis e 2.8 ter:

“2.8 bis. *volume superiore o uguale a 100³*, riferito a una nave della navigazione interna, il volume di tale nave calcolato mediante la formula $L \times B \times T$, dove "L" è la lunghezza massima dello scafo, esclusi il timone e il bompresso, "B" è la larghezza massima dello scafo espressa in metri, misurata all'esterno del fasciame (escluse ruote a pale, parabordi fissi, ecc.) e "T" è la distanza verticale fra il punto più basso dello scafo fuori ossatura o della chiglia e il galleggiamento massimo della nave.

2.8 ter. titoli di navigazione o di sicurezza validi,

 - a) certificato attestante la conformità alla Convenzione per la salvaguardia della vita umana in mare (SOLAS) del 1974 e successive modificazioni, o uno strumento equivalente,
 - b) certificato attestante la conformità alla Convenzione internazionale sul bordo libero del 1966 e successive modificazioni, o uno strumento equivalente, e certificato IOPP che attesti la conformità alla Convenzione internazionale per la prevenzione dell'inquinamento da parte delle navi (MARPOL) del 1973 e successive modifiche."
 - ii) È inserito il seguente punto 2.17:

"*ciclo di prova*, una sequenza di punti di prova aventi ciascuno una velocità e una coppia definite che il motore deve percorrere in condizioni operative stazionarie (prova NRSC) o transitorie (prova NRTC);"
 - iii) Il punto 2.17 è rinumerato 2.18 e sostituito dal seguente testo:

2.18. Simboli e abbreviazioni

2.18.1. Simboli per i parametri di prova

Simbolo	Unità	Termine
A/F_{st}	-	Rapporto stechiometrico aria/carburante
A_p	m^2	Sezione trasversale della sonda di campionamento isocinetico
A_T	m^2	Sezione trasversale del condotto di scarico
A_{ver}	-	Valori medi ponderati per:
CI	-	Idrocarburo a 1 carbonio equivalente
C_d	-	Coefficiente di scarico del SSV (tubo di Venturi subsonico)
$Conc$	ppm	Concentrazione (col suffisso del componente qualificante)
$Conc_c$	ppm	Concentrazione depurata del fondo
$Conc_d$	ppm	Concentrazione dell'inquinante misurata nell'aria di diluizione
$Conc_e$	ppm Vol%	Concentrazione dell'inquinante misurata nel gas di scarico diluito
d	m	Diametro
DF	-	Fattore di diluizione
f_a	-	Fattore atmosferico di laboratorio
G_{AIRD}	kg/h	Portata massica dell'aria aspirata sul secco
G_{AIRW}	kg/h	Portata massica dell'aria aspirata su umido
G_{DILW}	kg/h	Portata massica dell'aria di diluizione su umido
G_{EDFW}	kg/h	Portata massica del gas di scarico diluito equivalente su umido
G_{EXHW}	kg/h	Portata massica del gas di scarico su umido
G_{FUEL}	kg/h	Portata massica del carburante
G_{SE}	kg/h	Portata massica del gas di scarico del campione
G_T	cm^3/min	Portata del gas tracciante
G_{TOTW}	kg/h	Portata massica del gas di scarico diluito su umido
H_a	g/kg	Umidità assoluta dell'aria aspirata
H_d	g/kg	Umidità assoluta dell'aria di diluizione
H_{REF}	g/kg	Valore di riferimento dell'umidità assoluta (10,71 g/kg)
i	-	Pedice indicante una singola modalità (per la prova NRSC) o un valore
K_H	-	Fattore di correzione dell'umidità per NO_x
K_p	-	Fattore di correzione dell'umidità per il particolato
K_V	-	Funzione di taratura del CFV
$K_{W,a}$	-	Fattore di correzione da secco a umido per l'aria aspirata
$K_{W,d}$	-	Fattore di correzione da secco a umido per l'aria di diluizione
$K_{W,e}$	-	Fattore di correzione da secco a umido per il gas di scarico diluito
$K_{W,r}$	-	Fattore di correzione da secco a umido per il gas di scarico grezzo
L	%	Coppia percentuale riferita alla coppia massima per la velocità di prova
M_d	mg	Massa del campione di particolato dell'aria di diluizione raccolta
M_{DIL}	kg	Massa del campione di aria di diluizione passata attraverso i filtri di
M_{EDFW}	kg	Massa del gas di scarico diluito equivalente su tutto il ciclo
M_{EXHW}	kg	Portata massica totale dello scarico su tutto il ciclo
M_f	mg	Massa del campione di particolato raccolto
$M_{f,p}$	mg	Massa del campione di particolato raccolto sul filtro principale
$M_{f,b}$	mg	Massa del campione di particolato raccolto sul filtro di sicurezza
M_{gas}	g	Massa totale dell'inquinante gassoso su tutto il ciclo
M_{PT}	g	Massa totale del particolato su tutto il ciclo
M_{SAM}	kg	Massa del campione di scappamento diluito passata attraverso i filtri di
M_{SE}	kg	Massa del campione di scappamento su tutto il ciclo
M_{SEC}	kg	Massa dell'aria di diluizione secondaria
M_{TOT}	kg	Massa totale del gas di scarico sottoposto a doppia diluizione su tutto il ciclo
M_{TOTW}	kg	Massa totale del gas di scarico diluito che entra nel tunnel di diluizione su tutto il
$M_{TOTW,I}$	kg	Massa istantanea del gas di scarico diluito che entra nel tunnel di diluizione su
$mass$	g/h	Pedice che denota la portata massica delle emissioni
N_p	-	Giri totali della pompa volumetrica su tutto il ciclo
n_{ref}	min^{-1}	Regime di riferimento del motore per la prova NRTC
$\dot{n}_{sp}$	s^{-2}	Derivata del regime del motore
P	kW	Potenza al freno non corretta

p_1	kPa	Depressione all'ingresso della pompa volumetrica
P_A	kPa	Pressione assoluta
P_a	kPa	Pressione di saturazione del vapore nell'aria di diluizione(ISO 3046: $p_{s_y}=PSY$
P_{AE}	kW	Potenza totale dichiarata assorbita dagli impianti ausiliari applicati per la prova
P_B	kPa	Pressione atmosferica totale (ISO 3046:
p_d	kPa	Pressione di saturazione del vapore nell'aria di diluizione
P_M	kW	Potenza massima alla velocità di prova nelle condizioni di prova (vedi appendice
P_m	kW	Potenza misurata al banco di prova
p_s	kPa	Pressione atmosferica a secco
q	-	Rapporto di diluizione
Q_s	m ³ /s	Portata volumetrica CVS
r	-	Rapporto tra le sezioni trasversali della sonda isocinetica e del condotto di
R_a	%	Umidità relativa dell'aria aspirata
R_d	%	Umidità relativa dell'aria di diluizione
Re	-	Numero di Reynolds
R_f	-	Fattore di risposta del FID
T	K	Temperatura assoluta
t	s	Tempo di misurazione
T_a	K	Temperatura assoluta dell'aria aspirata
T_D	K	Temperatura assoluta del punto di rugiada
T_{ref}	K	Temperatura di riferimento (dell'aria di combustione: 298 K)
T_{sp}	N·m	Coppia del ciclo transitorio voluta
t_{10}	s	Intervallo di tempo tra un impulso a gradino e il 10% dell'ultimo valore rilevato
t_{50}	s	Intervallo di tempo tra un impulso a gradino e il 50% dell'ultimo valore rilevato
t_{90}	s	Intervallo di tempo tra un impulso a gradino e il 90% dell'ultimo valore rilevato
Δt_i	s	Intervallo di tempo per il flusso istantaneo nel CFV
V_0	m ³ /rev	Portata volumetrica della PDP in condizioni effettive
W_{act}	kWh	Lavoro nel ciclo effettivo del NRTC
WF	-	Fattore di ponderazione
WF_E	-	Fattore di ponderazione efficace
X_0	m ³ /rev	Funzione di taratura della portata volumetrica della PDP
Θ_D	kg·m ²	Inerzia rotazionale del dinamometro a correnti parassite
β	-	rapporto tra il diametro di gola del SSV, d e il diametro interno del condotto
λ	-	Rapporto relativo aria/carburante, A/F effettivo diviso per l'A/F stechiometrico
ρ_{EXH}	kg/m ³	Densità del gas di scarico

2.18.2. Simboli dei componenti chimici

CH ₄	Metano
C ₃ H ₈	Propano
C ₂ H ₆	Etano
CO	Monossido di carbonio
CO ₂	Biossido di carbonio
DOP	Di-ottilftalato
H ₂ O	Acqua
HC	Idrocarburi
No _x	Ossidi di azoto
NO	Ossido nitrico

NO ₂	Biossido di azoto
O ₂	Ossigeno
PT	Particolato
PTFE	Politetrafluoroetilene

2.18.3. Abbreviazioni

CFV	Tubo di Venturi a portata critica
CLD	Rivelatore a chemiluminescenza
CI	Accensione spontanea
FID	Rivelatore a ionizzazione di fiamma
FS	Fondo scala
HCLD	Rivelatore a chemiluminescenza riscaldato
HFID	Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato
NDIR	Analizzatore a infrarossi non dispersivo
NG	Gas naturale
NRSC	Ciclo stazionario per macchine non stradali
NRTC	Ciclo transitorio per macchine non stradali
PDP	Pompa volumetrica
SI	Accensione comandata
SSV	Tubo di Venturi subsonico

d) La sezione 3 è modificata come segue:

i) È inserito il seguente punto 3.1.4:

“3.1.4. "marcature a norma dell'allegato XIV, ... se il motore è immesso sul mercato in regime flessibile."

d) La sezione 4 è modificata come segue:

- È inserito il seguente punto 4.1.2.4:

“4.1.2.4. Le emissioni di monossido di carbonio, della somma di idrocarburi e ossidi d'azoto e di particolato non devono superare, per la fase III A, i valori indicati nella tabella seguente:

Motori per applicazioni diverse dalle navi della navigazione interna:

Categoria: potenza netta (P) (kW)	Monossido di carbonio (CO) (g/kWh)	Somma di idrocarburi e ossidi di azoto (HC+NO _x) (g/kWh)	Particolato (PT) (g/kWh)
H: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	3,5	4,0	0,2
I: 75 kW ≤ P < 130 Kw	5,0	4,0	0,3
J: 37 kW ≤ P < 75 kW	5,0	4,7	0,4
K: 19 kW ≤ P < 37 kW	5,5	7,5	0,6

Motori per le navi della navigazione interna

Categoria: cilindrata / potenza netta (C/P) (litri per cilindro/kW)	Monossido di carbonio (CO) (g/kWh)	Somma di idrocarburi e ossidi di azoto (HC+NO _x) (g/kWh)	Particolato (PT) (g/kWh)
V1:1 C ≤ 0,9 e P > 37 kW	5,0	7,5	0,40
V1:2 0,9 < C ≤ 1,2	5,0	7,2	0,30
V1:3 1,2 < C ≤ 2,5	5,0	7,2	0,20
V1:4 2,5 < C ≤ 5	5,0	7,2	0,20
V2:1 5 < C ≤ 15	5,0	7,8	0,27
V2:2 15 < C ≤ 20 e P ≤ 3300 kW	5,0	8,7	0,50
V2:3 15 < C ≤ 20 e P > 3300 kW	5,0	9,8	0,50
V2:4 20 < C ≤ 25	5,0	9,8	0,50
V2:5 25 < C ≤ 30	5,0	11,0	0,50

- È inserito il seguente punto 4.1.2.5:

4.1.2.5. Le emissioni di monossido di carbonio, della somma di idrocarburi e ossidi d'azoto e di particolato non devono superare, per la fase III B, i valori indicati nella tabella seguente:

Categoria: potenza netta (P) (kW)	Monossido di carbonio (CO) (g/kWh)	Somma di idrocarburi e ossidi di azoto (HC+NO _x) (g/kWh)	Particolato (PT) (g/kWh)
L: $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}^1$	3,5	4,0	0,025
M: $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$	5,0	4,0	0,025
N: $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$	5,0	4,7	0,025

- È inserito il seguente punto 4.1.2.6:

4.1.2.6. I valori limite di cui ai punti 4.1.2.4 e 4.1.2.5 comprendono l'usura calcolata a norma dell'allegato III, appendice 5.

- Il punto 4.1.2.4 è rinumerato 4.1.2.7.

3. L'ALLEGATO III È MODIFICATO COME SEGUE:

(a) La sezione 1 è modificata come segue:

- Al punto 1.1 viene aggiunto il seguente comma:

"Si descrivono due cicli di prova che si applicano secondo le disposizioni di cui all'allegato I, sezione 1:

- il ciclo NRSC (ciclo stazionario non stradale) è di applicazione per le fasi I, II e III A, nonché per la fase III B per i soli motori a velocità costante;
- il ciclo NRTC (ciclo transitorio non stradale) è impiegato per misurare le emissioni di particolato per la fase III B per tutti i motori eccetto i motori a velocità costante. A scelta del costruttore, tale prova può essere utilizzata anche per la fase II A e per gli inquinanti gassosi in fase III B.

Per i motori destinati ad essere installati in navi della navigazione interna si applica il procedimento di prova ISO a norma delle specifiche ISO 8178 e IMO MARPOL 73/78, allegato VI (codice NO_x).

- è inserito il seguente punto 1.3:

1.3. Principio di misurazione:

Le emissioni del condotto di scarico del motore da misurare comprendono i componenti gassosi (monossido di carbonio, somma degli idrocarburi e degli ossidi di azoto) e il particolato. Inoltre, il biossido di carbonio spesso è usato come gas tracciante per determinare il rapporto di diluizione e per sistemi di diluizione a flusso totale. La buona pratica

ingegneristica raccomanda la misura generale del biossido di carbonio quale ottimo strumento per rilevare problemi di misurazione durante l'esecuzione della prova.

1.3.1. Prova NRSC:

Durante una sequenza prescritta di condizioni di funzionamento del motore a caldo, si esaminano in continuo le emissioni allo scarico di cui sopra prelevando un campione dal gas di scarico grezzo. Il ciclo di prova è costituito da un certo numero di modalità di regime e di coppia (carico) che coprono l'intervallo tipico di funzionamento dei motori diesel. Durante ciascuna modalità, si determinano la concentrazione di ciascun inquinante gassoso, la portata di scarico e la potenza, ponderando i valori misurati. Il campione di particolato viene diluito con aria ambiente condizionata. Si preleva un unico campione durante l'intero procedimento di prova raccogliendolo su filtri adatti.

In alternativa, si preleva un campione su filtri separati (uno per ciascuna modalità) e si calcolano i risultati ponderati sul ciclo.

I grammi di ciascun inquinante emesso per chilowattora sono calcolati come descritto nell'appendice 3 del presente allegato.

1.3.2. Prova NRTC:

Durante un ciclo transitorio prescritto di condizioni di funzionamento a caldo del motore, accuratamente basato sulle condizioni di funzionamento dei motori diesel installati in macchine non stradali, si esaminano gli inquinanti suddetti. Utilizzando i segnali di retroazione di coppia motrice e velocità del banco dinamometrico collegato al motore, si integra la potenza rispetto al tempo del ciclo e si ottiene così il lavoro prodotto dal motore durante il ciclo. Le concentrazioni dei componenti gassosi sono determinate durante il ciclo, nel gas di scarico grezzo, integrando il segnale dell'analizzatore come descritto nell'appendice 3 del presente allegato, oppure nel gas di scarico diluito di un sistema CVS di diluizione a flusso totale mediante integrazione o campionamento a sacco a norma della stessa appendice 3. Per il particolato, si raccoglie un campione proporzionale dal gas di scarico diluito su un filtro specificato, mediante diluizione a flusso parziale o totale. A seconda del metodo impiegato, la variazione della portata massica del gas di scarico diluito o non diluito viene determinata durante il ciclo per calcolare i valori massici di emissione degli inquinanti. Riferendo i valori massici di emissione al lavoro del motore si ottengono i grammi di ciascun inquinante emessi per chilowattora.

(b) La sezione 2 è modificata come segue:

- Il punto 2.2.3 è sostituito dal testo seguente:

2.2.3. Motori con raffreddamento dell'aria di sovralimentazione

Si registra la temperatura dell'aria di alimentazione che, al regime della potenza massima dichiarata e a pieno carico, deve coincidere entro ± 5 K con la temperatura massima dell'aria di alimentazione specificata dal costruttore. La temperatura del fluido di raffreddamento non deve essere inferiore a 293 K (20 °C).

Se si usa un impianto di condizionamento dell'aria di alimentazione proprio della sala prova o un ventilatore estraneo al motore in prova, la temperatura dell'aria di alimentazione, al regime della potenza massima dichiarata e a pieno carico, deve essere regolata entro ± 5 K dalla temperatura massima dell'aria di alimentazione specificata dal costruttore. La temperatura del

refrigerante e la portata del gas del dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione al *set point* suddetto non sono modificate per tutta la durata del ciclo di prova. Il volume del dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione si basa sulla buona pratica ingegneristica e su tipiche applicazioni su veicoli e macchine.

Facoltativamente, la regolazione del dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione può eseguirsi in conformità della norma SAE J 1937, pubblicata a gennaio 1995.

- Il testo al punto 2.3 Sistema di immissione aria del motore è sostituito dal seguente:

Il motore di prova deve essere munito di un sistema di immissione dell'aria che presenti una restrizione dell'immissione situata entro ± 300 Pa dal valore specificato dal costruttore per un depuratore per aria pulita alle condizioni di funzionamento del motore, specificate dal costruttore, che determinano il massimo flusso d'aria. Le restrizioni devono essere regolate a regime nominale e a pieno carico. Si può utilizzare un sistema di sala prova purché esso riproduca le effettive condizioni di funzionamento del motore.

- Il testo al punto 2.4 Sistema di scarico nel motore è sostituito dal seguente:

Il motore sottoposto alla prova è munito di un sistema di scarico con una contropressione allo scarico situata entro ± 650 Pa dal valore specificato dal costruttore come corrispondente alle condizioni di funzionamento del motore che producono la potenza massima dichiarata.

Se il motore è provvisto di dispositivo di post-trattamento dei gas di scarico, il condotto di scarico ha il diametro rilevato durante l'uso per almeno quattro diametri a monte dell'inizio della sezione di espansione che contiene il dispositivo post-trattamento. La distanza dalla flangia del collettore di scarico o dall'uscita del turbocompressore al dispositivo di post-trattamento dello scarico deve essere uguale a quella utilizzata nella configurazione del veicolo o compresa entro le specifiche di distanza del costruttore. La contropressione o limitazione allo scarico deve seguire gli stessi criteri di cui sopra e può venire regolata con una valvola. Il contenitore di post-trattamento può venire rimosso durante prove preparatorie e durante la mappatura del motore e sostituito con un contenitore equivalente avente un supporto di catalizzatore inattivo."

- Il punto 2.8 è soppresso.

(c) La sezione 3 è modificata come segue:

- Il titolo della sezione 3 è sostituito dal seguente:

"3. ESECUZIONE DELLA PROVA (PROVA NRSC)"

- è inserito il seguente paragrafo 3.1:

"3.1. Determinazione delle regolazioni al dinamometro

La base per la misurazione delle emissioni è la potenza al freno non corretta, a norma ISO 14396: 2002.

Per lo svolgimento della prova occorre eliminare determinati dispositivi ausiliari che risultano necessari solo per il funzionamento della macchina e che possono essere montati sul motore. Il seguente elenco non tassativo è dato a titolo di esempio:

- compressore ad aria dei freni
- compressore del servosterzo
- compressore del condizionatore d'aria
- pompa per attuatori idraulici.

Se tali dispositivi ausiliari non vengono smontati, si calcola la potenza che assorbono alla velocità di prova per poter determinare le regolazioni del dinamometro; sono esclusi i motori nei quali i dispositivi ausiliari costituiscono parte integrante del motore (ad esempio i ventilatori di raffreddamento dei motori raffreddati ad aria).

Le regolazioni della restrizione sull'immissione e della contropressione sul condotto di scarico devono corrispondere ai limiti superiori specificati dal costruttore, conformemente ai punti 2.3 e 2.4.

I valori massimi della coppia ai regimi di prova specificati vengono determinati sperimentalmente allo scopo di calcolare i valori della coppia per le modalità di prova specificate. Per motori che non sono progettati per funzionare su più regimi lungo la curva di coppia a pieno carico, la coppia massima ai regimi di prova deve essere dichiarata dal costruttore.

La regolazione del motore per ciascuna modalità di prova viene calcolata mediante la formula:

$$S = \left((P_M + P_{AE}) \times \frac{L}{100} \right) - P_{AE}$$

Se il rapporto

$$\frac{P_{AE}}{P_M} \geq 0,03$$

il valore di P_{AE} può essere verificato dall'autorità tecnica che rilascia l'omologazione.

- gli attuali punti da 3.1 a 3.3 sono rinumerati da 3.2 a 3.4;
- l'attuale punto 3.4 è rinumerato punto 3.5 e sostituito dal testo seguente:

3.5. Regolazione del rapporto di diluizione

Con il metodo a filtro singolo, il sistema di campionamento del particolato deve essere in funzione in by-pass (facoltativo con il metodo a filtri multipli). Il livello di fondo delle particelle nell'aria di diluizione può essere determinato facendo passare l'aria di diluizione attraverso i filtri del particolato. Se si utilizza aria di diluizione filtrata, si può effettuare una misura in qualsiasi momento prima, durante o dopo la prova. Se l'aria di diluizione non è filtrata, la misura deve essere eseguita su un campione prelevato per la durata della prova.

L'aria di diluizione viene regolata in modo da ottenere in ciascuna modalità una temperatura della superficie del filtro compresa tra 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C). Il rapporto totale di diluizione non deve essere inferiore a quattro.

Nota: per il procedimento in regime stazionario, anziché entro l'intervallo di temperature compreso tra 42 °C e 52 °C, la temperatura del filtro può essere mantenuta al livello massimo di 325 K (52 °C) o al di sotto di tale livello.

Per i metodi a filtro singolo e a filtri multipli, in tutte le modalità la portata massica del campione attraverso il filtro deve essere in un rapporto costante rispetto alla portata massica dello scarico diluito per sistemi a flusso pieno. Questo rapporto di massa non deve presentare variazioni superiori a $\pm 5\%$ rispetto al valore medio della rispettiva modalità, salvo per i primi 10 secondi di ciascuna modalità nei sistemi non dotati di by-pass. Per sistemi a diluizione parziale del flusso nel metodo a filtro singolo, la portata massica attraverso il filtro è costante con un'approssimazione del $\pm 5\%$ rispetto al valore medio della rispettiva modalità, salvo per i primi 10 secondi in ciascuna modalità per sistemi non dotati di by-pass.

Per sistemi a concentrazione controllata di CO₂ o NO_x, il contenuto di CO₂ o NO_x dell'aria di diluizione deve essere misurato all'inizio e al termine di ciascuna prova. Le misure della concentrazione di fondo di CO₂ o NO_x prima e dopo la prova sull'aria di diluizione non devono variare di oltre 100 ppm o 5 ppm rispettivamente.

Quando si utilizza un sistema di analisi dei gas di scarico diluiti, le concentrazioni di fondo pertinenti vengono determinate campionando l'aria di diluizione in un sacco di campionamento lungo l'intera sequenza di prova.

Una concentrazione di fondo continua (determinata senza l'uso del sacco) può essere rilevata in almeno tre punti, all'inizio, al termine e in un punto prossimo alla metà del ciclo, determinando poi la media dei valori. A richiesta del costruttore, si può omettere la misurazione dei valori di fondo.

- Gli attuali punti 3.5 e 3.6 sono rinumerati 3.6 e 3.7.
- L'attuale punto 3.6.1 è sostituito dal testo seguente:

3.7.1. *Specifica delle macchine a norma dell'allegato I, punto 1.A:*

3.7.1.1. Specifica A

Per i motori di cui alla sezione 1.A, punto (i) dell'allegato I, il motore sottoposto alla prova viene fatto funzionare al dinamometro conformemente al seguente ciclo di 8 modalità¹:

Modalità numero	Regime motore	Carico	Fattore di ponderazione
1	Nominale	100	0,15
2	Nominale	75	0,15
3	Nominale	50	0,15

¹ La nota 1 è modificata come segue: "identico al ciclo C1 di cui al punto 8.3.1.1 della norma ISO8178-4: 2002(E)".

4	Nominale	10	0,10
5	Intermedio	100	0,10
6	Intermedio	75	0,10
7	Intermedio	50	0,10
8	Minimo	---	0,15

3.7.1.2. Specifica B

Per i motori di cui alla sezione 1.A, punto (ii) dell'allegato I, il motore sottoposto alla prova va fatto funzionare al dinamometro conformemente al seguente ciclo di 5 modalità²:

Modalità numero	Regime motore	Carico	Fattore di ponderazione
1	Nominale	100	0,05
2	Nominale	75	0,25
3	Nominale	50	0,30
4	Nominale	25	0,30
5	Nominale	10	0,10

3.7.1.3 Specifica C

Per i motori destinati ad essere installati in navi della navigazione interna si applica il procedimento di prova ISO a norma delle specifiche ISO 8178 e IMO MARPOL 73/78, allegato VI (codice NO_x).

Le cifre relative al carico sono espresse in percentuale della coppia corrispondente alla potenza di servizio di base, definita come la potenza massima disponibile durante una sequenza di potenza variabile, la cui durata può corrispondere a un numero illimitato di ore annue, tra gli intervalli di manutenzione dichiarati e alle condizioni ambiente dichiarate; la manutenzione è effettuata secondo le disposizioni del costruttore¹."

- L'attuale punto 3.6.3 è modificato come segue:

- i) Nel primo comma la parola "ciclo" è sostituita dalla parola "cicli";
- ii) nel secondo comma la prima frase inizia come segue: "Durante ciascuna modalità del ciclo di prova in questione" (il resto della frase rimane invariato).

² La nota 2 è modificata come segue: "identico al ciclo D2 di cui al punto 8.4.1 della norma ISO8178-4: 2002(E)".

¹ Per una migliore illustrazione della definizione di potenza di base, cfr. la figura 2 della norma ISO 8528-1: 1993(E).

- L'attuale punto 3.7 è rinumerato 3.8.
- È inserita la seguente sezione 4:

4. ESECUZIONE DELLA PROVA (PROVA NRTC)

4.1. Introduzione

Il ciclo transitorio non stradale (NRTC) è descritto all'allegato III, appendice 4 quale sequenza secondo per secondo di valori normalizzati di regime e coppia applicabili a tutti i motori diesel che rientrano nel campo di applicazione della presente direttiva. Per eseguire la prova su una cella di prova per motori, i valori normalizzati sono convertiti in valori effettivi per lo specifico motore sottoposto alla prova, sulla base della curva di mappatura del motore. Tale conversione è denominata denormalizzazione e il ciclo di prova sviluppato si denomina ciclo di riferimento del motore da sottoporre alla prova. Con questi valori di riferimento di regime e di coppia, si esegue il ciclo sulla cella di prova e si registrano i valori di retroazione di regime e di coppia. Per convalidare l'esecuzione della prova, successivamente al completamento della prova si esegue un'analisi di regressione fra i valori di riferimento e di retroazione di regime e di coppia.

4.2. Procedimento di mappatura del motore

Al momento di generare il NRTC sulla cella di prova, si provvede alla mappatura del motore prima di eseguire il ciclo di prova per determinare la curva della coppia in funzione della velocità.

4.2.1. Determinazione dell'intervallo dei regimi di mappatura

I regimi minimo e massimo di mappatura sono definiti come segue:

regime minimo di mappatura = regime di minimo;

regime massimo di mappatura = si adotta il valore minore fra $n_{hi} \times 1,02$ e il regime al quale la coppia a pieno carico cade a zero (dove n_{hi} è il regime elevato, definito quale il regime più elevato del motore in grado di fornire il 70% della potenza nominale).

4.2.2. Curva di mappatura del motore

Il motore viene riscaldato alla potenza massima per stabilizzarne i parametri secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica. Quando il motore è stabilizzato, la mappatura del motore viene effettuata secondo i seguenti procedimenti:

4.2.2.1. Mappatura in transitorio

- a) Si toglie il carico al motore e lo si fa funzionare al minimo.
- b) Il motore è fatto funzionare alla minima velocità di mappatura in condizioni di pieno carico.
- c) Si aumenta la velocità del motore ad una media di 8 ± 1 min-1/s dal minimo al massimo regime di mappatura. Si registrano la velocità e la coppia ad una frequenza di campionamento di almeno un punto al secondo.

4.2.2.2. Mappatura a gradini

- a) Si toglie il carico al motore e lo si fa funzionare al minimo.
- b) Il motore è fatto funzionare alla minima velocità di mappatura in condizioni di pieno carico.
- c) Mantenendo le condizioni di pieno carico, la velocità minima di mappatura è mantenuta per almeno 15 secondi e si registra il valore medio della coppia durante gli ultimi 5 secondi. La curva massima di coppia dal minimo al massimo regime di mappatura è determinata in incrementi di velocità inferiori o uguali a $100 \pm 20/\text{min}$. Ogni punto di prova è mantenuto per almeno 15 secondi e si registra il valore medio della coppia durante gli ultimi 5 secondi.

4.2.3. *Generazione della curva di mappatura*

Tutti i punti dato registrati al punto 4.2.2 sono collegati mediante interpolazione lineare tra i punti. La curva di coppia risultante è la curva di mappatura da usarsi per convertire i valori di coppia normalizzati della tabella della macchina dinamometrica dell'allegato IV nei valori di coppia effettivi per il ciclo di prova, come descritto al punto 4.3.3.

4.2.4. *Mappatura alternativa*

Se un costruttore ritiene che le tecniche di mappatura di cui sopra non siano sicure o non siano rappresentative di un dato motore, si possono usare tecniche alternative. Tali tecniche di mappatura devono soddisfare lo scopo delle procedure di mappatura specificate, cioè determinare la coppia massima disponibile a tutti i regimi del motore realizzati durante i cicli di prova. Deviazioni dalle tecniche di mappatura specificate nella presente sezione per motivi di sicurezza o rappresentatività devono essere approvate dagli organismi competenti insieme con la motivazione del loro uso. In nessun caso, tuttavia, la curva di coppia deve essere mappata mediante regimi discendenti del motore per motori regolati o turbocompressi.

4.2.5. *Prove ripetitive*

Non è necessario mappare un motore prima di ciascun ciclo di prova. Occorre rimappare un motore prima del ciclo di prova se:

- è trascorso un tempo irragionevole da quando è stata determinata l'ultima mappatura, secondo una valutazione ingegneristica,

oppure:

- il motore è stato sottoposto a modifiche fisiche o ritature che potrebbero influire sulle prestazioni.

4.3. **Generazione del ciclo di prova di riferimento**

4.3.1. *Regime di riferimento*

Il regime di riferimento (n_{ref}) corrisponde ai valori normalizzati di regime al 100% specificati nella tabella della macchina dinamometrica dell'allegato III, appendice 4. È evidente che il ciclo effettivo del motore risultante dalla denormalizzazione sul regime di riferimento dipende

dalla selezione del regime di riferimento adeguato. Il regime di riferimento si determina con il metodo descritto di seguito.

$$n_{\text{ref}} = \text{bassa velocità} + 0,95 * (\text{alta velocità} - \text{bassa velocità})$$

(Per alta velocità s'intende la velocità massima del motore alla quale viene fornito il 70% della potenza nominale e per bassa velocità la velocità minima del motore alla quale viene fornito il 50% della potenza nominale).

4.3.2. Denormalizzazione del regime del motore

Il regime è denormalizzato usando la seguente equazione:

$$\text{Regime effettivo} = \frac{\% \text{velocità} \times (\text{veloc. di riferim.} - \text{veloc. al min.})}{100} + \text{veloc. al min}$$

4.3.3. Denormalizzazione della coppia del motore

I valori della coppia di cui alla tabella della macchina dinamometrica dell'allegato III, appendice 4 sono denormalizzati sulla coppia massima al rispettivo regime. I valori di coppia del ciclo di riferimento devono essere denormalizzati nel modo seguente, utilizzando la curva di mappatura determinata secondo il punto 4.2.2:

$$\text{Coppia effettiva} = \frac{\% \text{ coppia} \times \text{coppia mass.}}{100} \quad (5)$$

per il rispettivo regime effettivo determinato al punto 4.3.2.

4.3.4. Esempio di procedimento di denormalizzazione

A mo' di esempio, viene denormalizzato il seguente punto sperimentale:

$$\% \text{ regime} = 43\%$$

$$\% \text{ coppia} = 82\%$$

Dati i seguenti valori:

$$\text{Regime di riferimento} = 2200 \text{ /min}$$

$$\text{regime di minimo} = 600 \text{ /min}$$

si ottiene:

$$\text{regime effettivo} = \frac{43 \times (2200 - 600)}{100} + 600 = 1288 \text{ /min}$$

con la coppia massima di 700 Nm osservata dalla curva di mappatura a 1288 /min

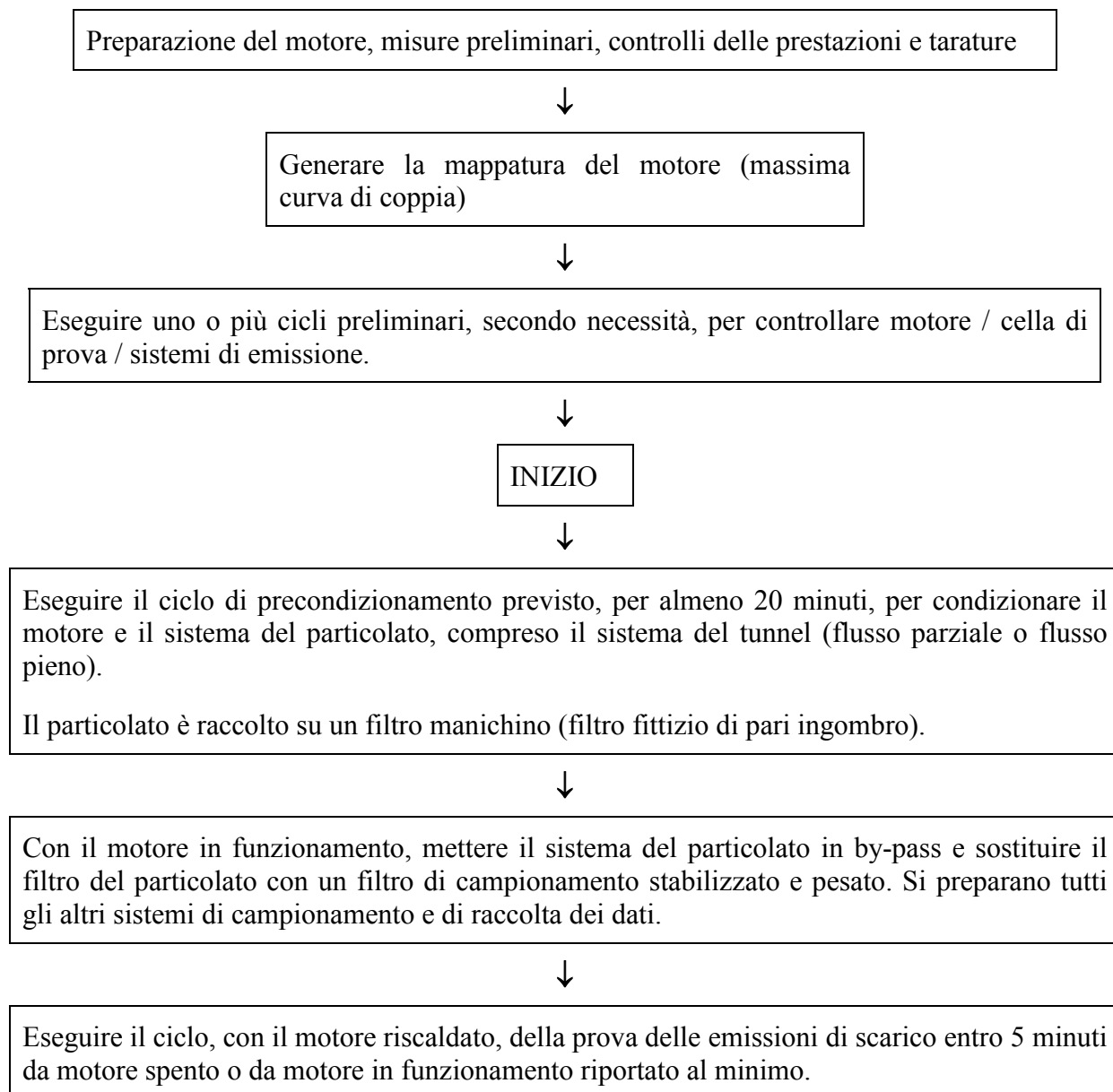
$$\text{coppia effettiva} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ N}\cdot\text{m}$$

4.4. Dinamometro

- 4.4.1. Quando si usa una cella di carico, il segnale di coppia viene trasferito all'asse del motore e si prende in considerazione l'inerzia del dinamometro. La coppia effettiva del motore è quella rilevata sulla cella di carico sommata al momento di inerzia del freno e moltiplicata per l'accelerazione angolare. Il sistema di controllo deve effettuare questo calcolo in tempo reale.
- 4.4.2. Se il motore è sottoposto a prova con un dinamometro a correnti parassite, si raccomanda che, ove la differenza $T_{sp} - 2 \cdot \pi \cdot \dot{n}_{sp} \cdot \Theta_D$ sia minore di - 5% della coppia massima, il numero di punti non sia superiore a 30 (ove T_{sp} è la coppia ricercata, $\dot{n}_{sp}$ è la derivata della velocità del motore e Θ_D è l'inerzia rotazionale del dinamometro a correnti parassite).

4.5. Esecuzione della prova delle emissioni

Il seguente diagramma illustra la sequenza della prova.



Si possono eseguire uno o più cicli preliminari secondo necessità, per controllare il motore, la cella di prova e i sistemi di emissione prima del ciclo di rilevamento.

4.5.1. Preparazione dei filtri di campionamento

Almeno un'ora prima del collaudo, ciascuna coppia di filtri viene introdotta in una scatola di Petri, protetta dalle polveri ma tale da permettere il ricambio dell'aria, ed è posta in una camera di pesata per la stabilizzazione. Al termine del periodo di stabilizzazione, ciascun filtro viene pesato e se ne registra il peso. Il filtro viene poi conservato in una scatola di Petri chiusa o in un portafiltri sigillato fino al momento della prova. Il filtro deve essere usato entro otto ore dall'asportazione dalla camera di pesata. Il peso di tara viene registrato.

4.5.2. Installazione dell'apparecchiatura di misurazione

La strumentazione e le sonde di campionamento devono essere installate come prescritto. Il condotto di scarico deve essere collegato al sistema di diluizione a flusso pieno, se usato.

4.5.3. Avviamento e preconditionamento del sistema di diluizione e del motore

Il sistema di diluizione e il motore vengono avviati e riscaldati. Il preconditionamento del sistema di campionamento si svolge facendo funzionare il motore in condizioni di regime nominale e coppia al 100% per almeno 20 minuti, facendo funzionare contemporaneamente il sistema di campionamento a flusso parziale o il CVS a flusso pieno con il sistema secondario di diluizione. Successivamente, si raccolgono campioni fittizi di emissioni di particolato. Non occorre stabilizzare o pesare i filtri di campionamento del particolato, che possono essere smaltiti. Si possono cambiare i mezzi di filtrazione durante il condizionamento, purché il tempo totale di campionamento attraverso i filtri e il sistema di campionamento sia superiore a 20 minuti. Le portate sono fissate ai livelli di portata approssimativi selezionati per la prova in regime transitorio. Si riduce la coppia dalla situazione al 100%, mantenendo per tutto il tempo necessario la condizione di regime nominale, onde evitare di superare i 191 °C corrispondenti alle specifiche massime di temperatura per la zona di prova.

4.5.4. Avvio del sistema di campionamento del particolato

Si avvia il sistema di campionamento del particolato, che viene fatto funzionare in by-pass. Il livello di fondo delle particelle nell'aria di diluizione può essere determinato campionando l'aria di diluizione prima dell'ingresso del gas di scarico nel tunnel di diluizione. È preferibile che il campione del particolato di fondo sia raccolto durante il ciclo transitorio, in caso di disponibilità di un altro sistema di campionamento del particolato. Altrimenti, si può utilizzare il sistema di campionamento del particolato adibito alla raccolta del particolato nel ciclo transitorio. Se si utilizza aria di diluizione filtrata, si può effettuare una misura prima o dopo la prova. Se l'aria di diluizione non è filtrata, le misure devono essere eseguite prima dell'inizio e dopo il termine del ciclo, provvedendo poi a calcolare la media dei valori.

4.5.5. Regolazione del sistema di diluizione

La portata di gas di scarico diluito totale di un sistema di diluizione a flusso pieno o la portata di gas di scarico diluito attraverso un sistema di diluizione a flusso parziale deve essere regolata in modo da escludere la condensazione d'acqua nel sistema e ottenere una temperatura superficiale massima del filtro compresa fra 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C).

4.5.6. *Controllo degli analizzatori*

Gli analizzatori delle emissioni devono essere azzerati e calibrati. Se si usano sacchi di campionamento, occorre vuotarli.

4.5.7. *Procedimento di avviamento del motore*

Il motore stabilizzato viene avviato entro 5 minuti dal completamento del riscaldamento, secondo la procedura di avviamento raccomandata dal costruttore nel manuale d'uso, usando un motorino di avviamento di serie o la macchina dinamometrica. In alternativa, la prova può partire entro 5 minuti dalla fase di preconditionamento del motore senza spegnere il motore quando questo ha raggiunto il regime di minimo.

4.5.8. *Esecuzione del ciclo*

4.5.8.1. Sequenza di prova

La sequenza di prova inizia quando il motore è avviato dopo lo spegnimento successivo alla fase di preconditionamento, oppure da condizioni di minimo quando si parte direttamente dalla fase di preconditionamento con il motore in moto. La prova è eseguita secondo il ciclo di riferimento specificato all'allegato III, appendice 4. I set point di comando del regime e della coppia devono essere emessi ad una frequenza di 5 Hz o maggiore (valore raccomandato 10 Hz). I set point si calcolano per interpolazione lineare fra le regolazioni a 1 Hz del ciclo di riferimento. La retroazione del regime e della coppia si registrano almeno una volta al secondo durante il ciclo di prova; i segnali possono essere filtrati elettronicamente.

4.5.8.2. Risposta dell'analizzatore

All'avviamento del motore o della sequenza di prova, se il ciclo viene avviato direttamente dal preconditionamento, si avviano simultaneamente le apparecchiature di misurazione:

- si avvia la raccolta o l'analisi dell'aria di diluizione, in caso di utilizzazione di un sistema di diluizione a flusso pieno;
- si avvia la raccolta o l'analisi del gas di scarico grezzo o diluito, secondo il metodo usato;
- si avvia la misurazione della quantità di gas di scarico diluito e delle temperature e pressioni prescritte;
- si avvia la registrazione della variazione di portata massica del gas di scarico, in caso di utilizzazione di analisi del gas di scarico grezzo;
- si avvia la registrazione dei dati di retroazione di regime e coppia del banco dinamometrico.

In caso di utilizzazione della misurazione del gas di scarico grezzo, le concentrazioni di emissioni (HC, CO e NO_x) e la variazione di portata massica del gas di scarico vengono misurate in continuo e registrate con almeno 2 Hz su supporto informatico. Tutti gli altri dati possono essere registrati con una frequenza di campionamento di almeno 1 Hz. Per gli analizzatori analogici, si registra la risposta e i dati di taratura possono essere applicati in linea o fuori linea in sede di valutazione dei dati.

Se si utilizza un sistema di diluizione a portata piena, HC e NO_x vengono misurati in continuo nel tunnel di diluizione con una frequenza minima di 2 Hz. Le concentrazioni medie vengono determinate mediante integrazione dei segnali dell'analizzatore su tutto il ciclo. Il tempo di risposta del sistema non deve essere maggiore di 20 s e deve essere coordinato con le fluttuazioni di flusso nel CVS e con gli scarti tra tempo di campionamento e ciclo di prova, se necessario. CO e CO₂ vengono determinati mediante integrazione o mediante analisi delle concentrazioni nel sacco di campionamento raccolte su tutto il ciclo. Le concentrazioni degli inquinanti gassosi presenti nell'aria di diluizione vengono determinate mediante integrazione o mediante raccolta nel sacco del fondo. Tutti gli altri parametri che devono essere misurati sono registrati con un minimo di una misurazione al secondo (1 Hz).

4.5.8.3. Campionamento del particolato

All'avviamento del motore o della sequenza di prova, se il ciclo viene avviato direttamente dal preconditionamento, il sistema di campionamento del particolato passa dal funzionamento in by-pass alla raccolta del particolato.

Se si usa un sistema di diluizione a flusso parziale, si provvede a regolare la pompa (o le pompe) del campione in modo che la portata attraverso la sonda di campionamento del particolato o il tubo di trasferimento si mantenga proporzionale alla variazione di portata massica dello scarico.

Se si usa un sistema di diluizione a flusso pieno, si provvede a regolare la pompa (o le pompe) del campione in modo che la portata attraverso la sonda di campionamento del particolato o il tubo di trasferimento venga mantenuta con un'approssimazione del $\pm 5\%$ sulla portata impostata. Se si usa la compensazione del flusso (cioè il controllo proporzionale del flusso del campione), si deve dimostrare che il rapporto tra il flusso nel tunnel principale e il flusso del campione di particolato non devia di oltre il $\pm 5\%$ dal valore stabilito (salvo per i primi 10 secondi di campionamento).

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

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

4.5.8.4. Arresto del motore:

Se il motore si arresta in qualsiasi momento durante il ciclo di prova, occorre preconditionare e riavviare il motore e ripetere la prova. In caso di cattivo funzionamento di qualsiasi apparecchiatura di prova prescritta durante il ciclo di prova, la prova viene annullata.

4.5.8.5. Operazioni da eseguire dopo la prova

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

Se si usano i sacchi di raccolta, le concentrazioni devono essere analizzate quanto prima e in ogni caso non oltre 20 minuti dopo il termine del ciclo di prova.

Dopo il controllo delle emissioni, l'analizzatore viene ricontrrollato con un gas di azzeramento e lo stesso gas di calibrazione. La prova è considerata accettabile se la differenza tra i risultati ottenuti prima e dopo la prova è inferiore al 2% del valore del gas di calibrazione.

I filtri del particolato devono essere riportati nella camera di pesata non più di un'ora dopo il completamento della prova. Tali filtri vengono condizionati in una scatola di Petri, protetta dalle polveri ma tale da permettere il ricambio dell'aria, per almeno un'ora prima dell'esecuzione della pesata. Viene registrato il peso lordo dei filtri.

4.6. Verifica della conduzione della prova

4.6.1. Spostamento dei dati

Per minimizzare l'effetto distorsivo del ritardo temporale tra i valori di retroazione e i valori del ciclo di riferimento, l'intera sequenza dei segnali di retroazione della velocità e della coppia può venire anticipata o ritardata nel tempo rispetto alla sequenza della velocità e della coppia di riferimento. Se i segnali di retroazione sono spostati, occorre spostare la velocità e la coppia nella stessa misura e nella stessa direzione.

4.6.2. Calcolo del lavoro prodotto nel ciclo

Il lavoro prodotto nel ciclo effettivo W_{act} (kWh) si calcola utilizzando ciascuna coppia di valori di retroazione del regime e della coppia del motore. Il lavoro prodotto nel ciclo effettivo W_{act} viene utilizzato per confronto con il lavoro prodotto nel ciclo di riferimento W_{ref} e per il calcolo delle emissioni specifiche al freno. Si usa la stessa metodologia per integrare sia la potenza di riferimento che la potenza effettiva del motore. Se si devono determinare valori compresi tra valori di riferimento adiacenti ovvero fra valori misurati contigui, si deve impiegare l'interpolazione lineare.

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

W_{act} deve essere compreso tra il - 15% e il + 5% di W_{ref} .

4.6.3. Analisi statistica di convalida del ciclo di prova

Si eseguono regressioni lineari sui valori di retroazione e sui valori di riferimento per il regime, la coppia e la potenza. Questo calcolo deve essere eseguito dopo qualsiasi spostamento dei dati di retroazione, se si sceglie questa opzione. Si usa il metodo dei minimi quadrati con un'equazione di interpolazione ottimale avente la forma:

$$y = mx + b$$

dove:

y = valore di retroazione (effettivo) della velocità (min-1), della coppia (Nm) o della potenza (kW)

m = coefficiente angolare della linea di regressione

x = valore di riferimento della velocità (min-1), della coppia (Nm) o della potenza (kW)

b = intercetta su y della linea di regressione

Si calcolano l'errore standard della stima (SE) di y su x e il coefficiente di determinazione (r^2) per ciascuna linea di regressione.

Si raccomanda di eseguire quest'analisi a 1 Hertz. Una prova può essere considerata valida, se rispetta i criteri indicati in tabella 1.

Tabella 1: Tolleranze della linea di regressione

	Velocità	Coppia	Potenza
Errore standard della stima (SE) di Y su X	max 100 min ⁻¹	Massimo 13% della mappa della potenza del motore massima coppia del motore	Massimo 8% della mappa della potenza del motore massima coppia del motore
coefficiente angolare della linea di regressione, m	0,95 – 1,03	0,83 – 1,03	0,89 – 1,03
Coefficiente di determinazione, r^2	min 0,9700	min 0,8800	min 0,9100
Intercetta su y della linea di regressione, b	± 50 min ⁻¹	± 20 N·m o ± 2% della coppia massima, se superiore	± 4 kW o ± 2% della coppia massima, se superiore

Ai soli fini della regressione, è ammessa la cancellazione di punti secondo quanto indicato in tabella 2, prima di eseguire il calcolo della regressione. Tuttavia, tali punti non devono essere cancellati per il calcolo del lavoro prodotto nel ciclo e delle emissioni. 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 si può applicare a tutto il ciclo o a qualsiasi parte di esso.

Tabella 2. Cancellazioni di punti dall'analisi di regressione ammesse(occorre specificare i punti a cui si applica la cancellazione)

CONDIZIONE	PUNTI DI REGIME E/O COPPIA E/O POTENZA CANCELLABILI CON RIFERIMENTO ALLE CONDIZIONI DI CUI ALLA COLONNA DI SINISTRA
Primi 24 (± 1) s ed ultimi 25 s	Regime, coppia e potenza
Valvola a farfalla completamente aperta e retroazione della coppia < 95% della coppia di riferimento	Coppia e/o potenza
Valvola a farfalla completamente aperta e retroazione del regime < 95% del regime di riferimento	Regime e/o potenza
Valvola a farfalla chiusa, retroazione del regime > regime minimo + 50 min-1 e retroazione della coppia > 105% della coppia di riferimento	Coppia e/o potenza
Valvola a farfalla chiusa, retroazione del regime $\leq$ regime minimo + 50 min-1 e retroazione della coppia = definizione del costruttore/misura della coppia al minimo $\pm 2\%$ della coppia massima	Regime e/o potenza
Valvola a farfalla chiusa e retroazione del regime > 105% del regime di riferimento	Regime e/o potenza

(e) *L'allegato III, appendice 1 è sostituito dal testo seguente:*

"APPENDICE 1

PROCEDURE DI MISURAZIONE E CAMPIONAMENTO

1. PROCEDURE DI MISURAZIONE E CAMPIONAMENTO (PROVA NRSC)

I componenti gassosi e il particolato emessi dal motore sottoposto a prova devono essere misurati con i metodi descritti nell'allegato VI. Tali metodi riguardano i sistemi analitici raccomandati per le emissioni gassose (punto 1.1) e i sistemi raccomandati per la diluizione e il campionamento del particolato (punto 1.2).

1.1. Specifiche del dinamometro

Usare un dinamometro avente caratteristiche adeguate per svolgere il ciclo di prova descritto nell'allegato III, punto 3.7.1. La strumentazione per la misura della coppia e della velocità di rotazione deve permettere di misurare la potenza entro i limiti dati. Possono essere necessari calcoli aggiuntivi. La precisione dell'apparecchiatura di misurazione deve essere tale da non eccedere le tolleranze massime indicate nel punto 1.3.

1.2. Flusso del gas di scarico

Il flusso del gas di scarico viene determinato con uno dei metodi citati nei punti da 1.2.1 a 1.2.4.

1.2.1. Metodo di misura diretta

Misura diretta del flusso dei gas di scarico mediante boccaglio o sistema di misurazione equivalente (per dettagli vedi ISO 5167:2000).

Nota: la misura diretta del flusso gassoso è difficile. Adottare idonee precauzioni allo scopo di evitare errori di misura che influirebbero sugli errori dei valori di emissione.

1.2.2. Metodo di misurazione dell'aria e del carburante

Misura del flusso d'aria e del flusso di carburante.

Usare flussimetri per aria e flussimetri per carburante con la precisione definita al punto 1.3.

Il calcolo della portata dei gas di scarico è il seguente:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} + G_{FUEL} \text{ (per la massa dello scarico umido)}$$

1.2.3. Metodo del bilancio del carbonio

Calcolo della massa dei gas di scarico in base al consumo di carburante e alle concentrazioni dei gas di scarico con il metodo del bilancio del carbonio (vedi allegato III, appendice 3).

1.2.4. Metodo di misura del gas tracciante

Misura della concentrazione di un gas tracciante nello scarico.

Una quantità nota di gas inerte (ad esempio elio puro) viene iniettata come gas tracciante nel flusso di gas di scarico. Il gas viene miscelato e diluito dal gas di scarico ma non deve reagire nel condotto di scarico. A questo punto dev'essere misurata la concentrazione del gas tracciante nel campione di gas di scarico.

Per garantire la completa miscelazione del gas tracciante, la sonda di campionamento del gas di scarico dev'essere disposta ad almeno 1 m o, se superiore, a una distanza di almeno 30 volte il diametro del condotto di scarico, a valle del punto di iniezione del gas tracciante. La sonda di campionamento può essere disposta a una minore distanza dal punto di iniezione se viene controllata la completa miscelazione confrontando la concentrazione del gas tracciante con la concentrazione di riferimento quando il gas tracciante viene iniettato a monte del motore.

La portata del gas tracciante dev'essere regolata in modo tale che, con il motore al minimo, a miscelazione avvenuta la concentrazione del gas tracciante sia inferiore al fondo scala dell'analizzatore del gas tracciante.

Il calcolo della portata dei gas di scarico è il seguente:

$$G_{EXHW} = \frac{G_T \times \rho_{EXH}}{60 \times (conc_{mix} - conc_a)}$$

dove:

G_{EXHW} = portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s

G_T = portata del gas tracciante, cm³/min

$conc_{mix}$ = concentrazione istantanea del gas tracciante a miscelazione avvenuta, ppm

ρ_{EXH} = densità del gas di scarico, kg/m³

$conc_a$ = concentrazione di fondo del gas tracciante nell'aria di aspirazione, ppm

La concentrazione di fondo del gas tracciante ($conc_a$) può essere determinata calcolando la media della concentrazione di fondo misurata 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 ($conc_{mix}$) nel momento di massima portata del gas di scarico.

L'intero sistema deve rispettare le specifiche di precisione per la portata dei gas di scarico ed essere tarato secondo quanto disposto al punto 1.11.2 dell'appendice 2.

1.2.5. Metodo di misura del flusso d'aria e del rapporto aria/carburante

Calcolo della massa dei gas di scarico in base al flusso d'aria e al rapporto aria/carburante. Il calcolo della portata massica istantanea del gas di scarico è il seguente:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda} \right)_{con:}$$

$$A / F_{st} = 14,5$$

$$\lambda = \frac{\left(100 - \frac{conc_{CO} \times 10^{-4}}{2} - conc_{HC} \times 10^{-4} \right) + \left(0,45 \cdot \frac{1 - \frac{2 \times conc_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times conc_{CO_2}}}{1 + \frac{conc_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times conc_{CO_2}}} \right) \times (conc_{CO_2} + conc_{CO} \times 10^{-4})}{6,9078 \times (conc_{CO_2} + conc_{CO} \times 10^{-4} + conc_{HC} \times 10^{-4})}$$

dove: A/F_{st} = rapporto stechiometrico aria/carburante, kg/kg

λ = rapporto relativo aria/carburante

$conc_{CO_2}$ = concentrazione di CO₂ sul secco, %

$conc_{CO}$ = concentrazione di CO sul secco, ppm

$conc_{HC}$ = concentrazione di HC, ppm

NOTA: Il calcolo si riferisce a un carburante diesel con un rapporto H/C pari a 1,8.

Il flussimetro per l'aria deve rispettare le specifiche di precisione di cui alla tabella 3, l'analizzatore usato per il CO₂ le specifiche di cui al punto 1.4.1 e l'intero sistema le specifiche di precisione per la portata dei gas di scarico.

In via facoltativa, per misurare il rapporto relativo aria/carburante secondo le specifiche di cui al punto 1.4.4 si possono utilizzare apparecchiature di misurazione del rapporto aria/carburante, ad esempio un sensore del tipo ad ossido di zirconio.

1.2.6. *Flusso totale dei gas di scarico diluiti*

Quando si utilizza un sistema di diluizione a flusso pieno, il flusso totale del gas di scarico diluito (G_{TOTW}) deve essere misurato mediante PDP, CFV o SSV - allegato VI, punto 1.2.1.2. La precisione deve essere conforme alle disposizioni dell'allegato III, appendice 2, punto 2.2.

1.3. Precisione

La taratura di tutti gli strumenti di misura deve essere riconducibile a norme nazionali o internazionali ed essere conforme ai requisiti elencati nella tabella 3.

Tabella 3. Precisione degli strumenti di misura

N.	Strumento di misura	Precisione
1	Velocità rotazione motore	$\pm 2\%$ del valore rilevato o $\pm 1\%$ del valore massimo del motore, se superiore
2	Coppia	$\pm 2\%$ del valore rilevato o $\pm 1\%$ del valore massimo del motore, se superiore
3	Consumo di carburante	$\pm 2\%$ del valore massimo del motore
4	Consumo d'aria	$\pm 2\%$ del valore rilevato o $\pm 1\%$ del valore massimo del motore, se superiore
5	Flusso del gas di scarico	$\pm 2,5\%$ del valore rilevato o $\pm 1,5\%$ del valore massimo del motore, se superiore
6	Temperature ≤ 600 K	± 2 K assoluti
7	Temperature > 600 K	$\pm 1\%$ del valore rilevato
8	Pressione dei gas di scarico	$\pm 0,2$ kPa assoluto
9	Depressione dell'aria aspirata	$\pm 0,05$ kPa assoluto
10	Pressione atmosferica	$\pm 0,1$ kPa assoluto
11	Altre pressioni	$\pm 0,1$ kPa assoluto
12	Umidità assoluta	$\pm 5\%$ del valore rilevato
13	Flusso dell'aria di diluizione	$\pm 2\%$ del valore rilevato
14	Flusso del gas di scarico diluito	$\pm 2\%$ del valore rilevato

1.4. Determinazione dei componenti gassosi

1.4.1. Specifiche generali degli analizzatori

Gli analizzatori devono avere un intervallo di misurazione appropriato alla precisione richiesta per misurare le concentrazioni dei componenti del gas di scarico (punto 1.4.1.1). Si raccomanda di utilizzare gli analizzatori in modo tale che la concentrazione misurata sia compresa tra il 15% e il 100% del fondo scala.

Se il valore a fondo scala è di 155 ppm (o ppm C) o minore, oppure se si utilizzano sistemi di lettura (elaboratori, registratori dei dati di misurazione) che forniscono una sufficiente precisione e risoluzione al di sotto del 15% del fondo scala, sono ammesse anche concentrazioni al di sotto del 15% del fondo scala. In tal caso si devono eseguire tarature aggiuntive per garantire la precisione delle curve di taratura (vedi allegato III, appendice 2, punto 1.5.5.2).

Il livello di compatibilità elettromagnetica (CEM) dell'apparecchiatura deve permettere di minimizzare errori addizionali.

1.4.1.1. Errori di misurazione

L'analizzatore non deve discostarsi dal punto di taratura nominale per un valore superiore a $\pm 2\%$ del valore rilevato o, se superiore, a $\pm 0,3\%$ del fondo scala.

NOTA: ai fini di questa norma, la precisione è definita come la deviazione del valore rilevato dall'analizzatore rispetto ai valori nominali di taratura ottenuti usando un gas di taratura ($\equiv$ valore effettivo).

1.4.1.2. Ripetibilità

La ripetibilità, definita come 2,5 volte la deviazione standard di 10 risposte ripetitive ad un dato gas di taratura o calibrazione, non deve essere maggiore di $\pm 1\%$ della concentrazione di fondo scala per ciascun intervallo utilizzato al di sopra di 155 ppm (o ppm C) o di $\pm 2\%$ di ciascun intervallo utilizzato al di sotto di 155 ppm (o ppm C).

1.4.1.3. Rumore

La risposta da picco a picco ai gas di azzeramento e di taratura o calibrazione su qualsiasi periodo di 10 secondi non deve superare il 2% del fondo scala su tutti gli intervalli utilizzati.

1.4.1.4. Deriva dello zero

La deriva dello zero per un periodo di un'ora deve essere inferiore al 2% del fondo scala sull'intervallo più basso utilizzato. La risposta di zero è definita come la risposta media, incluso il rumore, ad un gas di azzeramento su un intervallo di tempo di 30 secondi.

1.4.1.5. Deriva di calibrazione

La deriva di calibrazione per un periodo di un'ora deve essere inferiore al 2% del fondo scala sull'intervallo più basso utilizzato. L'intervallo di calibrazione è definito come la differenza tra la risposta di calibrazione e la risposta di zero. La risposta di calibrazione è definita come la risposta media, incluso il rumore, ad un gas di calibrazione per un intervallo di tempo di 30 secondi.

1.4.2. Essiccazione del gas

Il dispositivo facoltativo di essiccazione del gas deve avere effetti trascurabili sulla concentrazione dei gas misurati. Non sono ammessi essiccatori chimici per rimuovere l'acqua dal campione.

1.4.3. Analizzatori

I punti da 1.4.3.1 a 1.4.3.5 della presente appendice descrivono i principi di misura da applicare. Una descrizione dettagliata dei sistemi di misurazione figura nell'allegato VI.

I gas da misurare devono essere analizzati con gli strumenti seguenti. Per analizzatori non lineari è ammesso l'uso di circuiti di linearizzazione.

1.4.3.1. Analisi del monossido di carbonio (CO)

L'analizzatore del monossido di carbonio deve essere del tipo ad assorbimento non dispersivo nell'infrarosso (NDIR).

1.4.3.2. Analisi del biossido di carbonio (CO₂)

L'analizzatore del biossido di carbonio deve essere del tipo ad assorbimento non dispersivo nell'infrarosso (NDIR).

1.4.3.3. Analisi degli idrocarburi (HC)

L'analizzatore degli idrocarburi deve essere del tipo con rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID) in cui il rivelatore, le valvole, le tubature ecc. sono riscaldati in modo da mantenere il gas a una temperatura di 463 K (190 °C) $\pm$ 10 K.

1.4.3.4. Analisi degli ossidi di azoto (NO_x)

L'analizzatore degli ossidi di azoto deve essere del tipo con rivelatore a chemiluminescenza (CLD) o con rivelatore a chemiluminescenza riscaldato (HCLD) con un convertitore NO₂/NO se la misura viene effettuata sul secco. Se la misura viene effettuata su umido, si deve usare un HCLD con convertitore mantenuto al di sopra di 328 K (55 °C), a condizione che il controllo dell'estinzione causata dall'acqua rientri nella norma (allegato III, appendice 2, punto 1.9.2.2).

Sia per il rivelatore CLD che per l'HCLD il percorso di campionamento deve essere mantenuto ad una temperatura di parete compresa tra 328 K e 473 K (da 55 °C a 200 °C) fino al convertitore per la misura sul secco e fino all'analizzatore per la misura su umido.

1.4.4. Misura del rapporto aria/carburante

Per la misura del rapporto aria/carburante volta a determinare la portata dei gas di scarico in conformità del punto 1.2.5, occorre utilizzare un sensore in grado di valutare il rapporto aria/carburante in un ampio intervallo oppure una sonda lambda del tipo ad ossido di zirconio.

Occorre montare il sensore direttamente sul condotto di scarico, in un punto in cui la temperatura dei gas di scarico sia sufficientemente elevata da eliminare la condensazione d'acqua.

La precisione del sensore con elettronica incorporata deve corrispondere con un'approssimazione di:

$\pm 3\%$ al valore rilevato $\lambda < 2$

$\pm 5\%$ al valore rilevato $2 \leq \lambda < 5$

$\pm 10\%$ al valore rilevato $5 \leq \lambda$

Per soddisfare i suddetti requisiti di precisione occorre tarare il sensore come specificato dal costruttore dello strumento.

1.4.5. Campionamento delle emissioni gassose

Le sonde di campionamento delle emissioni gassose devono essere disposte ad una distanza non inferiore al valore più elevato tra 0,5 m e il triplo del diametro del condotto di scarico a monte dell'uscita del sistema dei gas di scarico, se applicabile, e sufficientemente vicino al motore da assicurare una temperatura del gas di scarico di almeno 343 K (70 °C) in corrispondenza della sonda.

Nel caso di un motore multicilindrico con collettore di scarico ramificato, l'ingresso della sonda deve essere sufficientemente spostato verso valle da assicurare che il campione sia rappresentativo delle emissioni medie allo scarico di tutti i cilindri. In motori multicilindrici con gruppi di collettori distinti, come nel caso di un motore con configurazione a "V", è consentito acquisire un campione da ciascun gruppo e calcolare un'emissione media degli scarichi. Si possono utilizzare anche altri metodi che forniscano risultati correlati con i metodi suddetti. Per il calcolo delle emissioni allo scarico usare la portata totale in massa del motore allo scarico.

Se la composizione del gas di scarico è influenzata da dispositivi di post-trattamento degli scarichi, il campione di gas di scarico deve essere prelevato a monte di tale dispositivo nelle prove per la fase I e a valle di tale dispositivo nelle prove per la fase II. Quando si utilizza un sistema di diluizione a flusso pieno per la determinazione del particolato, le emissioni gassose possono essere determinate anche nel gas di scarico diluito. Le sonde di campionamento devono trovarsi in prossimità della sonda di campionamento del particolato nel tunnel di diluizione (allegato VI, punto 1.2.1.2, DT e punto 1.2.2, PSP). CO e CO₂ possono facoltativamente essere determinati mediante campionamento in un sacco e successiva misura della concentrazione nel sacco di campionamento.

1.5. Determinazione del particolato

La determinazione del particolato richiede un sistema di diluizione. La diluizione può essere realizzata mediante un sistema di diluizione a flusso parziale o un sistema di diluizione a flusso pieno. La portata del sistema di diluizione deve essere sufficiente ad eliminare completamente la condensazione d'acqua nei sistemi di diluizione e campionamento e a mantenere la temperatura del gas di scarico diluito su un valore compreso tra 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C) immediatamente a monte dei portafiltri. Se l'umidità dell'aria è elevata, è ammessa la deumidificazione dell'aria di diluizione prima dell'ingresso nel sistema di diluizione. Si raccomanda di preriscaldare l'aria di diluizione al di sopra del limite di temperatura di 303 K (30 °C) se la temperatura ambiente è inferiore a 293 K (20 °C); la temperatura dell'aria diluita non deve essere tuttavia superiore a 325 K (52 °C) prima dell'introduzione degli scarichi nel tunnel di diluizione.

Nota: per il procedimento in regime stazionario, anziché entro l'intervallo di temperature compreso tra 42 °C e 52 °C, la temperatura del filtro può essere mantenuta al livello massimo di 325 K (52 °C) o al di sotto di tale livello.

Per un sistema di diluizione a flusso parziale, la sonda di campionamento del particolato deve essere sistemata in prossimità e a monte della sonda dei gas come definito al punto 4.4 e conformemente all'allegato VI, punto 1.2.1.1, figure da 4 a 12 EP e SP.

Il sistema di diluizione a flusso parziale deve essere progettato in modo da suddividere la corrente di gas di scarico in due frazioni, la più piccola delle quali viene diluita con aria e successivamente utilizzata per la misura del particolato. Ne consegue che il rapporto di diluizione deve essere determinato con estrema precisione. Si possono applicare vari metodi di divisione e il tipo di divisione usato determina in misura significativa i materiali e le procedure di campionamento da impiegare (allegato VI, punto 1.2.1.1).

Per determinare la massa del particolato occorrono un sistema di campionamento del particolato, filtri di campionamento del particolato, una bilancia con precisione di un microgrammo e una camera di pesata a temperatura e umidità controllate.

Per il campionamento del particolato si possono usare due metodi:

- il metodo del filtro unico utilizza una coppia di filtri (vedi punto 1.5.1.3 della presente appendice) per tutte le modalità del ciclo di prova. Occorre dedicare molta attenzione ai tempi e alle portate di campionamento durante la fase di campionamento della prova. È tuttavia necessaria solo una coppia di filtri per il ciclo di prova;
- il metodo multifiltro impone di usare una coppia di filtri (vedi punto 1.5.1.3 della presente appendice) per ciascuna delle singole modalità del ciclo di prova. Questo metodo permette di usare procedure di campionamento meno rigorose ma utilizza un numero di filtri maggiore.

1.5.1. Filtri di campionamento del particolato

1.5.1.1. Specifiche dei filtri

Per le prove di certificazione occorrono filtri di fibra di vetro ricoperta di fluorocarburi o filtri a membrana al fluorocarbonio. Per applicazioni speciali si possono utilizzare differenti materiali filtranti. Tutti i tipi di filtro devono avere un'efficienza di raccolta del DOP (diottilftalato) da 0,3 µm almeno del 99% ad una velocità frontale del gas compresa tra 35 e 100 cm/s. Quando si eseguono prove di correlazione tra laboratori o tra un costruttore e un'autorità di omologazione, si devono usare filtri di identica qualità.

1.5.1.2. Dimensioni dei filtri

I filtri del particolato devono avere un diametro minimo di 47 mm (37 mm di diametro della macchia). Sono ammessi filtri di diametro maggiore (punto 1.5.1.5).

1.5.1.3. Filtro principale e filtro di sicurezza

Il gas di scarico diluito deve essere raccolto mediante una coppia di filtri disposti in serie (un filtro principale e un filtro di sicurezza) durante la sequenza di prova. Il filtro di sicurezza deve essere disposto a non più di 100 mm a valle del filtro principale e non deve essere in contatto con esso. I filtri possono essere pesati separatamente o in coppia, con i filtri disposti lato macchiato contro lato macchiato.

1.5.1.4. Velocità ortogonale alla superficie del filtro

Si deve realizzare una velocità ortogonale alla superficie del filtro del gas attraverso il filtro da 35 a 100 cm/s. Fra l'inizio e la fine della prova la caduta di pressione non deve registrare un aumento superiore a 25 kPa.

1.5.1.5. Carico depositato sui filtri

Il carico minimo raccomandato per i filtri delle dimensioni più comuni è indicato nella tabella che segue. Per i filtri di dimensioni maggiori il carico minimo deve essere di 0,065 mg/1000 mm² di superficie filtrante.

Diametro del filtro (mm)	Diametro raccomandato della macchia (mm)	Carico minimo raccomandato (mg)
47	37	0,11
70	60	0,25
90	80	0,41
110	100	0,62

Per il metodo multifiltro, il carico minimo raccomandato per la somma di tutti i filtri è il prodotto dell'appropriato valore sopra indicato per la radice quadrata del numero totale di modalità.

1.5.2. Specifiche della camera di pesata e della bilancia analitica

1.5.2.1. Condizioni della camera di pesata

La temperatura della camera (o locale) in cui vengono condizionati e pesati i filtri del particolato deve essere mantenuta entro 295 K (22 °C) $\pm$ 3 K durante tutto il condizionamento e la pesata dei filtri. L'umidità deve essere mantenuta su un punto di rugiada di 282,5 K (9,5 °C) $\pm$ 3 K e un'umidità relativa del 45 $\pm$ 8%.

1.5.2.2. Pesata del filtro di riferimento

L'ambiente della camera (o locale) deve essere esente da qualsiasi contaminante ambientale (come la polvere) che possa depositarsi sui filtri del particolato durante la loro stabilizzazione. Sono ammessi disturbi delle specifiche relative alla camera di pesata indicata al punto 1.5.2.1 se la durata del disturbo non supera i 30 minuti. La camera di pesata deve essere conforme alle specifiche richieste prima che il personale entri nella camera di pesata. Entro 4 ore dalla pesata del filtro o della coppia di filtri campione, ma preferibilmente nello stesso momento, devono essere pesati almeno due filtri di riferimento o due coppie di filtri di riferimento non utilizzati. Questi filtri devono essere delle stesse dimensioni e materiale dei filtri del campione.

Se il peso medio dei filtri di riferimento o della coppia di filtri di riferimento varia di oltre 10 µg tra le pesate del filtro campione, tutti i filtri campione devono essere scartati e le prove di emissione ripetute.

Se non sono soddisfatti i criteri di stabilità della camera di pesata indicati al punto 1.5.2.1, ma la pesata del filtro o della coppia di filtri di riferimento è conforme ai criteri sopraindicati, il costruttore del motore può accettare i pesi dei filtri campione o annullare le prove, riparare il sistema di controllo della camera di pesata e rieseguire la prova.

1.5.2.3. Bilancia analitica

La bilancia analitica utilizzata per determinare il peso di tutti i filtri deve avere una precisione (deviazione standard) di 2 µg e una risoluzione di 1 µg (1 divisione della scala = 1 µg) specificate dal costruttore della bilancia.

1.5.2.4. Eliminazione degli effetti dell'elettricità statica

Per eliminare gli effetti dell'elettricità statica i filtri devono essere neutralizzati prima della pesata, per esempio mediante un neutralizzatore al polonio o un dispositivo con effetto simile.

1.5.3. *Specifiche supplementari per la misura del particolato*

Tutte le parti del sistema di diluizione e del sistema di campionamento comprese tra il condotto di scarico e il supporto dei filtri, che vengono a contatto con gas di scarico grezzi e diluiti, devono essere progettate in modo da minimizzare la deposizione o l'alterazione del particolato. Le parti devono essere fabbricate con materiali elettroconduttori che non reagiscano con i componenti del gas di scarico e devono essere a massa per impedire effetti elettrostatici.

2. **PROCEDURE DI MISURAZIONE E CAMPIONAMENTO (PROVA NRTC)**

2.1. **Introduzione**

I componenti gassosi e il particolato emessi dal motore sottoposto a prova devono essere misurati con i metodi descritti nell'allegato VI. Tali metodi riguardano i sistemi analitici raccomandati per le emissioni gassose (punto 1.1) e i sistemi raccomandati per la diluizione e il campionamento del particolato (punto 1.2).

2.2. **Dinamometro e apparecchiature di sala prova**

Per le prove di emissione dei motori installati al banco freno si usano le apparecchiature indicate di seguito.

2.2.1. *Dinamometro*

Usare un dinamometro con caratteristiche adeguate per svolgere il ciclo di prova descritto nell'appendice 4 del presente allegato. La strumentazione per la misura della coppia e della velocità di rotazione deve permettere di misurare la potenza entro i limiti dati. Possono essere necessari calcoli aggiuntivi. La precisione dell'apparecchiatura di misurazione deve essere tale da non eccedere le tolleranze massime indicate nella tabella 3.

2.2.2. *Altri strumenti*

Usare gli strumenti di misurazione occorrenti per il consumo di carburante, il consumo d'aria, la temperatura del refrigerante e del lubrificante, la pressione del gas di scarico e la depressione al collettore di aspirazione, la temperatura del gas di scarico, la temperatura di

aspirazione dell'aria, la pressione atmosferica, l'umidità e la temperatura del carburante. Tali strumenti devono soddisfare i requisiti indicati nella tabella 3:

Tabella 3. Precisione degli strumenti di misura

N.	Strumento di misura	Precisione
1	Velocità rotazione motore	$\pm 2\%$ del valore rilevato o $\pm 1\%$ del valore massimo del motore, se superiore
2	Coppia	$\pm 2\%$ del valore rilevato o $\pm 1\%$ del valore massimo del motore, se superiore
3	Consumo di carburante	$\pm 2\%$ del valore massimo del motore
4	Consumo d'aria	$\pm 2\%$ del valore rilevato o $\pm 1\%$ del valore massimo del motore, se superiore
5	Flusso del gas di scarico	$\pm 2,5\%$ del valore rilevato o $\pm 1,5\%$ del valore massimo del motore, se superiore
6	Temperature ≤ 600 K	± 2 K assoluti
7	Temperature > 600 K	$\pm 1\%$ del valore rilevato
8	Pressione dei gas di scarico	$\pm 0,2$ kPa assoluto
9	Depressione dell'aria aspirata	$\pm 0,05$ kPa assoluto
10	Pressione atmosferica	$\pm 0,1$ kPa assoluto
11	Altre pressioni	$\pm 0,1$ kPa assoluto
12	Umidità assoluta	$\pm 5\%$ del valore rilevato
13	Flusso dell'aria di diluizione	$\pm 2\%$ del valore rilevato
14	Flusso del gas di scarico diluito	$\pm 2\%$ del valore rilevato

2.2.3. Flusso dei gas di scarico grezzi

Per calcolare le emissioni contenute nel gas di scarico grezzo e per controllare un sistema di diluizione a flusso parziale è necessario conoscere la portata massica del gas di scarico. Per determinare la portata massica dello scarico si può usare uno dei metodi descritti nel presente punto.

Ai fini del calcolo delle emissioni, il tempo di risposta dei metodi descritti di seguito dev'essere uguale o inferiore a quello prescritto per l'analizzatore nell'appendice 2, punto 1.11.1.

Ai fini del controllo di un sistema di diluizione a flusso parziale occorre garantire un tempo di risposta più rapido: per i sistemi di diluizione a flusso parziale con controllo in linea il tempo di risposta dev'essere $\leq 0,3$ s; per i sistemi di diluizione a flusso parziale con "controllo in anticipo" (*look-ahead control*) sulla base di una prova preregistrata, il tempo di risposta del sistema di misurazione della portata dello scarico dev'essere ≤ 5 s con un tempo di aumento ≤ 1 s. Il tempo di risposta del sistema dev'essere specificato dal costruttore dello strumento. Le prescrizioni combinate relative ai tempi di risposta per la portata del gas di scarico e per i sistemi di diluizione a flusso parziale sono indicate al punto 2.4.

Metodo di misura diretta

La misura diretta della portata istantanea del gas di scarico può essere effettuata con sistemi quali:

- dispositivi di misura della pressione differenziale, quali ad esempio boccagli (per maggiori dettagli cfr. ISO 5167:2000);
- flussimetri ultrasonici;
- diaframmi.

Prendere idonee precauzioni allo scopo di evitare errori di misura che influirebbero sugli errori dei valori di emissione, avendo cura tra l'altro di installare il dispositivo nel sistema di scarico del motore in maniera conforme alle raccomandazioni del costruttore e alla buona pratica ingegneristica. In particolare, l'installazione del dispositivo non deve influire sulle prestazioni del motore e sulle emissioni.

I flussimetri devono rispettare le specifiche di precisione indicate nella tabella 3.

Metodo di misurazione dell'aria e del carburante

Questo metodo comporta la misura del flusso d'aria e del flusso di carburante con flussimetri adatti. Il calcolo della portata istantanea del gas di scarico è il seguente:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} + G_{FUEL} \text{ (per la massa dello scarico umido)}$$

Oltre alle specifiche di precisione di cui alla tabella 3, i flussimetri devono soddisfare le specifiche di precisione per la portata del gas di scarico.

Metodo di misura del gas tracciante

Questo metodo comporta la misura della concentrazione di un gas tracciante nello scarico.

Una quantità nota di gas inerte (ad esempio elio puro) viene iniettata come gas tracciante nel flusso di gas di scarico. Il gas viene miscelato e diluito dal gas di scarico ma non deve reagire nel condotto di scarico. A questo punto dev'essere misurata la concentrazione del gas tracciante nel campione di gas di scarico.

Per garantire la completa miscelazione del gas tracciante, la sonda di campionamento del gas di scarico dev'essere disposta ad almeno 1 m o, se superiore, a una distanza di almeno 30 volte il diametro del condotto di scarico, a valle del punto di iniezione del gas tracciante. La sonda di campionamento può essere disposta a una minore distanza dal punto di iniezione se viene controllata la completa miscelazione confrontando la concentrazione del gas tracciante con la concentrazione di riferimento quando il gas tracciante viene iniettato a monte del motore.

La portata del gas tracciante dev'essere regolata in modo tale che, con il motore al minimo, a miscelazione avvenuta la concentrazione del gas tracciante sia inferiore al fondo scala dell'analizzatore del gas tracciante.

Il calcolo della portata dei gas di scarico è il seguente:

$$G_{EXHW} = \frac{G_T \times \rho_{EXH}}{60 \times (conc_{mix} - conc_a)}$$

dove:

G_{EXHW} = portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s

G_T = portata del gas tracciante, cm³/min

$conc_{mix}$ = concentrazione istantanea del gas tracciante a miscelazione avvenuta, ppm

ρ_{EXH} = densità del gas di scarico, kg/m³

$conc_a$ = concentrazione di fondo del gas tracciante nell'aria di aspirazione, ppm

La concentrazione di fondo del gas tracciante ($conc_a$) può essere determinata calcolando la media della concentrazione di fondo misurata 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 ($conc_{mix}$) nel momento di massima portata del gas di scarico.

L'intero sistema deve rispettare le specifiche di precisione per la portata del gas di scarico ed essere tarato secondo quanto disposto al punto 1.11.2 dell'appendice 2.

Metodo di misura del flusso d'aria e del rapporto aria/carburante

Questo metodo comporta il calcolo della massa del gas di scarico in base al flusso d'aria e al rapporto aria/carburante. Il calcolo della portata massica istantanea del gas di scarico è il seguente:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda} \right)_{con.}$$

$$A / F_{st} = 14,5$$

$$\lambda = \frac{\left(100 - \frac{\text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{2} - \text{conc}_{\text{HC}} \times 10^{-4}\right) + \left(0,45 \cdot \frac{1 - \frac{2 \times \text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{3,5 \times \text{conc}_{\text{CO}_2}}}{1 + \frac{\text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{3,5 \times \text{conc}_{\text{CO}_2}}}\right) \times (\text{conc}_{\text{CO}_2} + \text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4})}{6,9078 \times (\text{conc}_{\text{CO}_2} + \text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4} + \text{conc}_{\text{HC}} \times 10^{-4})}$$

dove: A/F_{st} = rapporto stechiometrico aria/carburante, kg/kg

λ = rapporto relativo aria/carburante

$\text{conc}_{\text{CO}_2}$ = concentrazione di CO_2 sul secco, %

conc_{CO} = concentrazione di CO sul secco, ppm

conc_{HC} = concentrazione di HC, ppm

NOTA: il calcolo si riferisce a un carburante diesel con un rapporto H/C pari a 1,8.

Il flussimetro per l'aria deve rispettare le specifiche di precisione di cui alla tabella 3, l'analizzatore usato per il CO_2 le specifiche di cui al punto 2.3.1 e l'intero sistema le specifiche di precisione per la portata dei gas di scarico.

In via facoltativa, per misurare il rapporto di eccesso d'aria secondo le specifiche di cui al punto 2.3.4 si possono utilizzare apparecchiature di misurazione del rapporto aria/carburante, ad esempio un sensore del tipo ad ossido di zirconio.

2.2.4. Portata del gas di scarico diluito

Per calcolare le emissioni contenute nel gas di scarico diluito è necessario conoscere la portata massica del gas di scarico diluito. La massa totale del gas di scarico diluito relativa a tutto il ciclo (kg/prova) viene calcolata in base ai valori delle misure effettuate su tutto il ciclo; occorre utilizzare i dati di taratura del sistema di misura della portata (V_0 per PDV, K_V per CFV e C_d per SSV) ottenuti con i metodi corrispondenti descritti nell'appendice 3, punto 2.2.1. Se la massa totale del campione di particolato e degli inquinanti gassosi supera lo 0,5% della portata totale nel CVS, tale portata deve essere corretta oppure il flusso del campione di particolato deve essere rinviato nel CVS prima che nel dispositivo di misurazione della portata.

2.3. Determinazione dei componenti gassosi

2.3.1. Specifiche generali degli analizzatori

Gli analizzatori devono avere un intervallo di misurazione appropriato alla precisione richiesta per misurare le concentrazioni dei componenti del gas di scarico (punto 1.4.1.1). Si raccomanda di utilizzare gli analizzatori in modo tale che la concentrazione misurata sia compresa tra il 15% e il 100% del fondo scala.

Se il valore a fondo scala è di 155 ppm (o ppm C) o minore, oppure se si utilizzano sistemi di lettura (elaboratori, registratori dei dati di misurazione) che forniscono una sufficiente precisione e risoluzione al di sotto del 15% del fondo scala, sono ammesse anche concentrazioni al di sotto del 15% del fondo scala. In tal caso si devono eseguire tarature

addizionali per garantire la precisione delle curve di taratura (vedi allegato III, appendice 2, punto 1.5.5.2).

Il livello di compatibilità elettromagnetica (CEM) dell'apparecchiatura deve permettere di minimizzare errori addizionali.

2.3.1.1. Errori di misurazione

L'analizzatore non deve discostarsi dal punto di taratura nominale per un valore superiore a $\pm 2\%$ del valore rilevato o, se superiore, a $\pm 0,3\%$ del fondo scala.

NOTA: ai fini di questa norma, la precisione è definita come la deviazione del valore rilevato dall'analizzatore rispetto ai valori nominali di taratura ottenuti usando un gas di taratura ($\equiv$ valore effettivo).

2.3.1.2. Ripetibilità

La ripetibilità, definita come 2,5 volte la deviazione standard di 10 risposte ripetitive ad un dato gas di taratura o calibrazione, non deve essere maggiore di $\pm 1\%$ della concentrazione di fondo scala per ciascun intervallo utilizzato al di sopra di 155 ppm (o ppm C) o di $\pm 2\%$ di ciascun intervallo utilizzato al di sotto di 155 ppm (o ppm C).

2.3.1.3. Rumore

La risposta da picco a picco ai gas di azzeramento e di taratura o calibrazione su qualsiasi periodo di 10 secondi non deve superare il 2% del fondo scala su tutti gli intervalli utilizzati.

2.3.1.4. Deriva dello zero

La deriva dello zero per un periodo di un'ora deve essere inferiore al 2% del fondo scala sull'intervallo più basso utilizzato. La risposta di zero è definita come la risposta media, incluso il rumore, ad un gas di azzeramento su un intervallo di tempo di 30 secondi.

2.3.1.5. Deriva di calibrazione

La deriva di calibrazione per un periodo di un'ora deve essere inferiore al 2% del fondo scala sull'intervallo più basso utilizzato. L'intervallo di calibrazione è definito come la differenza tra la risposta di calibrazione e la risposta di zero. La risposta di calibrazione è definita come la risposta media, incluso il rumore, ad un gas di calibrazione per un intervallo di tempo di 30 secondi.

2.3.1.6. Tempo di salita

Per l'analisi del gas di scarico grezzo il tempo di salita dell'analizzatore installato nel sistema di misurazione non deve superare 2,5 s.

NOTA: per stabilire chiaramente se l'intero sistema sia adatto o meno allo svolgimento di prove in ciclo transitorio non è sufficiente valutare il tempo di risposta dell'analizzatore. I volumi, specialmente i volumi morti nell'intero sistema, incidono non solo sul tempo di trasporto dalla sonda all'analizzatore, ma anche sul tempo di salita. Anche i tempi di trasporto all'interno di un analizzatore verrebbero definiti come tempo di risposta dell'analizzatore (è il caso del convertitore o delle trappole di condensa all'interno degli analizzatori di NO_x). Il

procedimento per determinare il tempo di risposta dell'intero sistema è descritto nell'appendice 2, punto 1.11.1.

2.3.2. *Essiccazione del gas*

Si applicano le stesse specifiche previste per il ciclo di prova NRSC (cfr. punto 1.4.2) e indicate di seguito.

Il dispositivo facoltativo di essiccazione del gas deve avere effetti trascurabili sulla concentrazione dei gas misurati. Non sono ammessi essiccatori chimici per rimuovere l'acqua dal campione.

2.3.3. *Analizzatori*

Si applicano le stesse specifiche previste per il ciclo di prova NRSC (cfr. punto 1.4.3) e indicate di seguito.

I gas da misurare devono essere analizzati con gli strumenti seguenti. Per analizzatori non lineari è ammesso l'uso di circuiti di linearizzazione.

2.3.3.1. Analisi del monossido di carbonio (CO)

L'analizzatore del monossido di carbonio deve essere del tipo ad assorbimento non dispersivo nell'infrarosso (NDIR).

2.3.3.2. Analisi del biossido di carbonio (CO₂)

L'analizzatore del biossido di carbonio deve essere del tipo ad assorbimento non dispersivo nell'infrarosso (NDIR).

2.3.3.3. Analisi degli idrocarburi (HC)

L'analizzatore degli idrocarburi deve essere del tipo con rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID) in cui il rivelatore, le valvole, le tubature ecc. sono riscaldati in modo da mantenere il gas a una temperatura di 463 K (190 °C) ± 10 K.

2.3.3.4. Analisi degli ossidi di azoto (NO_x)

L'analizzatore degli ossidi di azoto deve essere del tipo con rivelatore a chemiluminescenza (CLD) o con rivelatore a chemiluminescenza riscaldato (HCLD) con un convertitore NO₂/NO se la misura viene effettuata sul secco. Se la misura viene effettuata su umido, si deve usare un HCLD con convertitore mantenuto al di sopra di 328 K (55 °C), a condizione che il controllo dell'estinzione causata dall'acqua rientri nella norma (allegato III, appendice 2, punto 1.9.2.2).

Sia per il rivelatore CLD che per l'HCLD il percorso di campionamento deve essere mantenuto ad una temperatura di parete compresa tra 328 K e 473 K (da 55 °C a 200 °C) fino al convertitore per la misura sul secco e fino all'analizzatore per la misura su umido.

2.3.4. Misura del rapporto aria/carburante

Per la misura del rapporto aria/carburante volta a determinare la portata del gas di scarico in conformità del punto 2.2.3, occorre utilizzare un sensore in grado di valutare il rapporto aria/carburante in un ampio intervallo oppure una sonda lambda del tipo ad ossido di zirconio.

Occorre montare il sensore direttamente sul condotto di scarico, in un punto in cui la temperatura dei gas di scarico sia sufficientemente elevata da eliminare la condensazione d'acqua.

La precisione del sensore con elettronica incorporata deve corrispondere con un'approssimazione di:

± 3% al valore rilevato	λ	< 2
± 5% al valore rilevato	$2 \leq \lambda$	< 5
± 10% al valore rilevato	$5 \leq \lambda$	

Per soddisfare i suddetti requisiti di precisione occorre tarare il sensore come specificato dal costruttore dello strumento.

2.3.5. Campionamento delle emissioni gassose

2.3.5.1. Flusso del gas di scarico grezzo

Per il calcolo delle emissioni nel gas di scarico grezzo si applicano le stesse specifiche previste per il ciclo di prova NRSC (cfr. punto 1.4.4) e indicate di seguito.

Le sonde di campionamento delle emissioni gassose devono essere disposte ad una distanza non inferiore al valore più elevato tra 0,5 m e il triplo del diametro del condotto di scarico a monte dell'uscita del sistema dei gas di scarico, se applicabile, e sufficientemente vicino al motore da assicurare una temperatura del gas di scarico di almeno 343 K (70 °C) in corrispondenza della sonda.

Nel caso di un motore multicilindrico con collettore di scarico ramificato, l'ingresso della sonda deve essere sufficientemente spostato verso valle da assicurare che il campione sia rappresentativo delle emissioni medie allo scarico di tutti i cilindri. In motori multicilindrici con gruppi di collettori distinti, come nel caso di un motore con configurazione a "V", è consentito acquisire un campione da ciascun gruppo e calcolare un'emissione media degli scarichi. Si possono utilizzare anche altri metodi che forniscano risultati correlati con i metodi suddetti. Per il calcolo delle emissioni allo scarico usare la portata totale in massa del motore allo scarico.

Se la composizione del gas di scarico è influenzata da dispositivi di post-trattamento degli scarichi, il campione di gas di scarico deve essere prelevato a monte di tale dispositivo nelle prove per la fase I e a valle di tale dispositivo nelle prove per la fase II.

2.3.5.2. Flusso del gas di scarico diluito

Se si utilizza un sistema di diluizione a flusso pieno occorre rispettare le specifiche seguenti.

Il condotto di scarico collocato tra il motore e il sistema di diluizione a flusso pieno deve rispettare le prescrizioni dell'allegato VI.

Le sonde di campionamento delle emissioni gassose devono essere collocate in un punto del tunnel di diluizione in cui l'aria di diluizione e il gas di scarico sono ben miscelati, nelle immediate vicinanze della sonda di campionamento del particolato.

Il campionamento può in generale venire effettuato in due modi:

- gli inquinanti vengono campionati in un sacco di campionamento su tutto il ciclo e misurati una volta ultimata la prova;
- gli inquinanti vengono campionati in continuo e integrati su tutto il ciclo: questo metodo è obbligatorio per HC e NO_x.

Il campionamento delle concentrazioni di fondo dev'essere effettuato a monte del tunnel di diluizione in un sacco di campionamento; le concentrazioni di fondo devono essere sottratte dalla concentrazione delle emissioni come indicato nell'appendice 3, punto 2.2.3.

2.4. Determinazione del particolato

La determinazione del particolato richiede un sistema di diluizione. La diluizione può essere realizzata mediante un sistema di diluizione a flusso parziale o un sistema di diluizione a flusso pieno. La portata del sistema di diluizione deve essere sufficiente ad eliminare completamente la condensazione d'acqua nei sistemi di diluizione e campionamento e a mantenere la temperatura del gas di scarico diluito su un valore compreso tra 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C) immediatamente a monte dei portafiltri. Se l'umidità dell'aria è elevata, è ammessa la deumidificazione dell'aria di diluizione prima dell'ingresso nel sistema di diluizione. Si raccomanda di preriscaldare l'aria di diluizione al di sopra del limite di temperatura di 303 K (30 °C) se la temperatura ambiente è inferiore a 293 K (20 °C); la temperatura dell'aria diluita non deve essere tuttavia superiore a 325 K (52 °C) prima dell'introduzione degli scarichi nel tunnel di diluizione.

La sonda di campionamento del particolato dev'essere collocata nelle immediate vicinanze della sonda di campionamento delle emissioni gassose e conformemente a quanto disposto al punto 2.3.5.

Per determinare la massa del particolato occorrono un sistema di campionamento del particolato, filtri di campionamento del particolato, una bilancia con precisione di un microgrammo e una camera di pesata a temperatura e umidità controllate.

Specifiche del sistema di diluizione a flusso parziale

Il sistema di diluizione a flusso parziale deve essere progettato in modo da suddividere la corrente di gas di scarico in due frazioni, la più piccola delle quali viene diluita con aria e successivamente utilizzata per la misura del particolato. A tal fine il rapporto di diluizione deve essere determinato con estrema precisione. Si possono applicare vari metodi di divisione e il tipo di divisione usato determina in misura significativa i materiali e le procedure di campionamento da impiegare (allegato VI, punto 1.2.1.1).

Ai fini del controllo di un sistema di diluizione a flusso parziale è necessaria una risposta rapida del sistema. Il tempo di trasformazione del sistema dev'essere determinato mediante il procedimento descritto nell'appendice 2, punto 1.11.1.

Se il tempo di trasformazione combinato della misura della portata del gas di scarico (cfr. punto precedente) e del sistema a flusso parziale è inferiore a 0,3 s, si può usare un controllo in linea. Se il tempo di trasformazione supera 0,3 s, occorre usare un controllo in anticipo sulla base di una prova preregistrata. In questo caso il tempo di salita dovrà essere ≤ 1 s e il tempo di ritardo combinato ≤ 10 s.

La risposta dell'intero sistema dev'essere concepita in modo tale da fornire un campione rappresentativo del particolato, G_{SE} , proporzionale alla portata massica del gas di scarico. Per determinare la proporzionalità occorre condurre un'analisi di regressione di G_{SE} contro G_{EXHW} con una frequenza minima di campionamento di 5 Hz e rispettare i criteri seguenti:

- il coefficiente di correlazione r^2 della regressione lineare tra G_{SE} e G_{EXHW} non dev'essere inferiore a 0,95;
- l'errore standard della stima di G_{SE} su G_{EXHW} non deve superare il 5% del massimo di G_{SE} ;
- l'intercetta su G_{SE} della linea di regressione non dev'essere superiore a $\pm 2\%$ del massimo di G_{SE} .

In via facoltativa può essere eseguita una prova preliminare: il segnale della portata massica dello scarico della prova preliminare può essere utilizzato per il controllo della portata del campione nel sistema per la determinazione del particolato (controllo in anticipo). È obbligatorio ricorrere a tale procedimento se il tempo di trasformazione del sistema per il particolato, $t_{50,P}$, e/o il tempo di trasformazione del segnale della portata massica dello scarico, $t_{50,F}$, sono $> 0,3$ s. Si ottiene un controllo corretto del sistema di diluizione a flusso parziale se la traccia temporale di $G_{EXHW,pre}$ della prova preliminare, che controlla G_{SE} , viene spostata di un "tempo anticipato" (*look-ahead time*) di $t_{50,P} + t_{50,F}$.

Per stabilire la correlazione tra G_{SE} e G_{EXHW} occorre usare i dati rilevati nel corso della prova effettiva, con il tempo di G_{EXHW} allineato di $t_{50,F}$ in relazione a G_{SE} ($t_{50,P}$ non contribuisce all'allineamento temporale). In altri termini, lo sfasamento temporale tra G_{EXHW} e G_{SE} è la differenza tra i rispettivi tempi di trasformazione determinati nell'appendice 2, punto 2.6.

Per i sistemi di diluizione a flusso parziale occorre prestare particolare attenzione alla precisione della portata del campione G_{SE} se questa non viene misurata direttamente, bensì determinata tramite misura differenziale della portata:

$$G_{SE} = G_{TOTW} - G_{DILW}$$

In questo caso una precisione di $\pm 2\%$ per G_{TOTW} e G_{DILW} non è sufficiente a garantire un livello accettabile di precisione per G_{SE} . Se la portata dei gas viene determinata mediante misurazione differenziale, l'errore massimo della differenza deve essere tale che la precisione di G_{SE} sia compresa entro $\pm 5\%$ quando il rapporto di diluizione è inferiore a 15. Questo valore può essere calcolato dalla radice quadrata dell'errore quadratico medio di ciascuno strumento.

È possibile ottenere un livello di precisione accettabile di G_{SE} utilizzando uno qualsiasi dei metodi seguenti:

- a) la precisione assoluta di G_{TOTW} e G_{DILW} sono $\pm 0,2\%$, il che garantisce per G_{SE} una precisione $\leq 5\%$ con un rapporto di diluizione pari a 15. Con rapporti di diluizione più elevati, tuttavia, gli errori saranno maggiori;
- b) la taratura di G_{DILW} rispetto a G_{TOTW} è svolta in modo tale da ottenere lo stesso grado di precisione per G_{SE} di a). Per i particolari su questo tipo di taratura, cfr. appendice 2, punto 2.6;
- c) la precisione di G_{SE} è ricavata indirettamente dalla precisione del rapporto di diluizione così come determinata mediante un gas tracciante, ad esempio CO_2 . Anche in questo caso occorre garantire un grado di precisione equivalente a quello del metodo a) per G_{SE} ;
- d) la precisione assoluta di G_{TOTW} e G_{DILW} rientra in $\pm 2\%$ del fondo scala, l'errore massimo della differenza tra G_{TOTW} e G_{DILW} rientra nello $0,2\%$ e l'errore di linearità rientra in $\pm 0,2\%$ del valore più elevato di G_{TOTW} rilevato nel corso della prova.

2.4.1. *Filtri di campionamento del particolato*

2.4.1.1. Specifiche dei filtri

Per le prove di certificazione occorrono filtri di fibra di vetro ricoperta di fluorocarburi o filtri a membrana al fluorocarbonio. Per applicazioni speciali si possono utilizzare differenti materiali filtranti. Tutti i tipi di filtro devono avere un'efficienza di raccolta del DOP (diottilftalato) da $0,3 \mu m$ almeno del 99% ad una velocità frontale del gas compresa tra 35 e 100 cm/s. Quando si eseguono prove di correlazione tra laboratori o tra un costruttore e un'autorità di omologazione, si devono usare filtri di identica qualità.

2.4.1.2. Dimensioni dei filtri

I filtri del particolato devono avere un diametro minimo di 47 mm (37 mm di diametro della macchia). Sono ammessi filtri di diametro maggiore (punto 2.4.1.5).

2.4.1.3. Filtro principale e filtro di sicurezza

Il gas di scarico diluito deve essere raccolto mediante una coppia di filtri disposti in serie (un filtro principale e un filtro di sicurezza) durante la sequenza di prova. Il filtro di sicurezza deve essere disposto a non più di 100 mm a valle del filtro principale e non deve essere in contatto con esso. I filtri possono essere pesati separatamente o in coppia, con i filtri disposti lato macchiato contro lato macchiato.

2.4.1.4. Velocità ortogonale alla superficie del filtro

Si deve realizzare una velocità ortogonale alla superficie del filtro del gas attraverso il filtro da 35 a 100 cm/s. Fra l'inizio e la fine della prova la caduta di pressione non deve registrare un aumento superiore a 25 kPa.

2.4.1.5. Carico depositato sui filtri

Il carico minimo raccomandato per i filtri delle dimensioni più comuni è indicato nella tabella che segue. Per i filtri di dimensioni maggiori il carico minimo deve essere di $0,065 \text{ mg}/1000 \text{ mm}^2$ di superficie filtrante.

Diametro del filtro (mm)	Diametro raccomandato della macchia (mm)	Carico minimo raccomandato (mg)
47	37	0,11
70	60	0,25
90	80	0,41
110	100	0,62

2.4.2. *Specifiche della camera di pesata e della bilancia analitica*

2.4.2.1. Condizioni della camera di pesata

La temperatura della camera (o locale) in cui vengono condizionati e pesati i filtri del particolato deve essere mantenuta entro $295\text{ K } (22\text{ °C}) \pm 3\text{ K}$ durante tutto il condizionamento e la pesata dei filtri. L'umidità deve essere mantenuta su un punto di rugiada di $282,5\text{ K } (9,5\text{ °C}) \pm 3\text{ K}$ e un'umidità relativa del $45 \pm 8\%$.

2.4.2.2. Pesata del filtro di riferimento

L'ambiente della camera (o locale) deve essere esente da qualsiasi contaminante ambientale (come la polvere) che possa depositarsi sui filtri del particolato durante la loro stabilizzazione. Sono ammessi disturbi delle specifiche della camera di pesata indicate al punto 2.4.2.1 se la durata del disturbo non supera i 30 minuti. La camera di pesata deve essere conforme alle specifiche richieste prima che il personale entri nella camera di pesata. Entro 4 ore dalla pesata del filtro o della coppia di filtri campione, ma preferibilmente nello stesso momento, devono essere pesati almeno due filtri di riferimento o due coppie di filtri di riferimento non utilizzati. Questi filtri devono essere delle stesse dimensioni e materiale dei filtri del campione.

Se il peso medio dei filtri di riferimento o della coppia di filtri di riferimento varia di oltre $10\text{ }\mu\text{g}$ tra le pesate del filtro campione, tutti i filtri campione devono essere scartati e le prove di emissione ripetute.

Se non sono soddisfatti i criteri di stabilità della camera di pesata indicati al punto 2.4.2.1, ma la pesata del filtro o della coppia di filtri di riferimento è conforme ai criteri sopraindicati, il costruttore del motore può accettare i pesi dei filtri campione o annullare le prove, riparare il sistema di controllo della camera di pesata e rieseguire la prova.

2.4.2.3. Bilancia analitica

La bilancia analitica utilizzata per determinare il peso di tutti i filtri deve avere una precisione (deviazione standard) di $2\text{ }\mu\text{g}$ e una risoluzione di $1\text{ }\mu\text{g}$ (1 divisione della scala = $1\text{ }\mu\text{g}$) specificate dal costruttore della bilancia.

2.4.2.4. Eliminazione degli effetti dell'elettricità statica

Per eliminare gli effetti dell'elettricità statica i filtri devono essere neutralizzati prima della pesata, per esempio mediante un neutralizzatore al polonio o un dispositivo con effetto simile.

2.4.3. *Specifiche supplementari per la misura del particolato*

Tutte le parti del sistema di diluizione e del sistema di campionamento comprese tra il condotto di scarico e il supporto dei filtri, che vengono a contatto con gas di scarico grezzi e

diluiti, devono essere progettate in modo da minimizzare la deposizione o l'alterazione del particolato. Le parti devono essere fabbricate con materiali elettroconduttori che non reagiscano con i componenti del gas di scarico e devono essere a massa per impedire effetti elettrostatici.";

f) l'appendice 2 dell'allegato III è modificata come segue:

- è aggiunto un nuovo titolo:

"APPENDICE 2

PROCEDIMENTO DI TARATURA (NRSC, NRTC¹)";

- il punto 1.2.2 è modificato come segue:

dopo il testo attuale è inserito il testo seguente: "Per raggiungere tale grado di precisione è necessario che i gas primari utilizzati per la miscelazione siano conosciuti con una precisione minima di $\pm 1\%$, riconducibile a norme nazionali e/o internazionali. La verifica viene effettuata tra il 15% e il 50% del fondo scala per ogni taratura che comporta l'impiego di un dispositivo di miscelazione. Se la prima verifica fallisce è possibile svolgere una verifica supplementare utilizzando un altro gas di taratura.

In alternativa, il dispositivo di miscelazione può essere controllato con uno strumento lineare per natura, ad esempio impiegando NO con un CLD. Il valore di calibrazione dello strumento dev'essere regolato quando il gas di calibrazione è direttamente collegato allo strumento. Il dispositivo di miscelazione dev'essere controllato quando si trova alle posizioni di regolazione utilizzate; il valore nominale dev'essere raffrontato alla concentrazione misurata dallo strumento. In ogni punto misurato la differenza deve rientrare entro un limite di $\pm 1\%$ del valore nominale.

Si possono utilizzare anche altri metodi conformi alla buona pratica ingegneristica previo accordo tra le parti interessate.

NOTA: per determinare con precisione la curva di taratura dell'analizzatore si raccomanda l'uso di un divisore di gas con una precisione compresa entro $\pm 1\%$. Il divisore di gas dev'essere tarato dal costruttore dello strumento.";

- nella prima frase del punto 1.5.5.1, la parola "cinque" è sostituita con "sei" e nel terzo comma la cifra "1%" è sostituita da "0,3%";
- al punto 1.5.5.2, ultimo comma, la cifra "1%" è sostituita da "0,3%";
- il testo del punto 1.8.3 è sostituito dal testo seguente:

"Quando si mette in servizio un analizzatore e dopo interruzioni di funzionamento piuttosto lunghe, controllare l'interferenza dell'ossigeno.

Scegliere un intervallo nel quale i gas di controllo dell'interferenza dell'ossigeno rientrino nel 50% superiore. La prova viene effettuata regolando la temperatura del forno come indicato.

¹ Il procedimento di taratura è identico per le prove NRSC e NRTC, eccezion fatta per le prescrizioni dei punti 1.11 e 2.6.

1.8.3.1. Gas di controllo dell'interferenza dell'ossigeno

I gas di controllo dell'interferenza dell'ossigeno devono contenere propano con 350 ppmC ÷ 75 ppmC di idrocarburi. La concentrazione viene determinata, con le tolleranze dei gas di taratura, mediante cromatografia degli idrocarburi totali più impurità o mediante miscelazione dinamica. L'azoto è il diluente predominante con l'ossigeno come gas complementare. Miscele richieste per la prova dei motori diesel:

Concentrazione O ₂	Altro gas
21 (da 20 a 22)	Azoto
10 (da 9 a 11)	Azoto
5 (da 4 a 6)	Azoto

1.8.3.2. Procedimento

- Azzerare l'analizzatore.
- Calibrare l'analizzatore con la miscela al 21% di ossigeno.
- Ricontrollare la risposta di azzeramento. Se è cambiata di oltre lo 0,5% del fondo scala, ripetere le operazioni di cui alle lettere a) e b) di questo punto.
- Introdurre i gas di controllo dell'interferenza dell'ossigeno al 5% e al 10%.
- Ricontrollare la risposta di azzeramento. Se è cambiata di oltre ± 1% del fondo scala, ripetere la prova.
- Calcolare l'interferenza dell'ossigeno (%O₂I) per ciascuna miscela di cui alla lettera d) come segue:

$$O_2I = \frac{(B - C)}{B} \cdot 100$$

A = concentrazione di idrocarburi (ppmC) del gas di calibrazione utilizzato alla lettera b)

B = concentrazione di idrocarburi (ppmC) dei gas di controllo dell'interferenza dell'ossigeno utilizzati alla lettera d)

C = risposta dell'analizzatore

$$(ppmC) = \frac{A}{D}$$

D = percentuale della risposta dell'analizzatore rispetto al fondo scala a seguito del punto A.

- La percentuale dell'interferenza dell'ossigeno (%O₂I) deve essere inferiore a ± 3,0% per tutti i gas di controllo dell'interferenza dell'ossigeno prima della prova.

- h. Se l'interferenza dell'ossigeno è superiore a $\pm 3,0\%$, il flusso dell'aria deve essere regolato per incrementi al di sopra e al di sotto del valore specificato dal costruttore, ripetendo le operazioni del punto 1.8.1 per ciascun flusso.
- i. Se l'interferenza dell'ossigeno è superiore a $\pm 3,0\%$ dopo aver regolato il flusso dell'aria, variare il flusso del carburante e successivamente il flusso del campione ripetendo le operazioni del punto 1.8.1 per ciascuna nuova posizione di regolazione.
- j. Se l'interferenza dell'ossigeno è ancora superiore a $\pm 3,0\%$, riparare o sostituire l'analizzatore, il carburante del FID o l'aria del bruciatore prima di eseguire la prova. Il procedimento descritto alla presente lettera deve essere ripetuto dopo la riparazione o la sostituzione dell'apparecchiatura o dei gas.";

- l'attuale punto 1.9.2.2 è modificato come segue:

i) la quinta frase del primo comma è sostituita dalla frase seguente:

"La temperatura dell'acqua deve essere determinata e registrata come F.";

ii) il terzo comma è sostituito dal seguente:

"e registrarla come De. Per lo scarico di motori diesel, stimare la concentrazione massima del vapore acqueo nello scarico (in percentuale) attesa durante le prove, assumendo un rapporto degli atomi H/C del carburante 1,8 a 1, a partire dalla concentrazione massima di CO₂ nei gas di scarico o dalla concentrazione del gas di calibrazione per la CO₂ non diluito (A, misurata al punto 1.9.2.1) come segue:";

- è aggiunto il nuovo punto 1.11 che recita:

"1.11. Ulteriori prescrizioni sulla taratura per la misurazione del gas di scarico grezzo nella prova NRTC

1.11.1. Controllo del tempo di risposta del sistema di analisi

Le regolazioni del sistema per la valutazione del tempo di risposta devono essere identiche a quelle usate per la misurazione nel corso della prova (pressione, portate, regolazione dei filtri degli analizzatori e tutti gli altri elementi in grado di influenzare il tempo di risposta). Per determinare il tempo di risposta occorre procedere alla commutazione del gas direttamente all'ingresso della sonda di campionamento. Tale operazione deve essere svolta in meno di 0,1 secondi. I gas utilizzati per la prova devono determinare una variazione di concentrazione almeno pari al 60% del fondo scala.

Occorre registrare la traccia della concentrazione di ciascun componente gassoso. Il tempo di risposta è definito come l'intervallo temporale tra la commutazione dei gas e la variazione richiesta della concentrazione registrata. Il tempo di risposta del sistema (t_{90}) è dato dallo sfasamento temporale tra il rilevatore della misura e il tempo di salita del rilevatore medesimo. Lo sfasamento temporale è definito come l'intervallo di tempo che intercorre tra la variazione (t_0) e il raggiungimento di una risposta equivalente al 10% del valore finale rilevato (t_{10}). Il tempo di salita è definito come l'intervallo di tempo che separa la risposta pari al 10% da quella pari al 90% del valore finale rilevato ($t_{90} - t_{10}$).

Per allineare temporalmente i segnali dell'analizzatore e del flusso dello scarico per la misura dello scarico grezzo, il tempo di trasformazione è definito come l'intervallo di tempo che

intercorre tra la variazione (t_0) e il raggiungimento di una risposta equivalente al 50% del valore finale rilevato (t_{50}).

Il tempo di risposta del sistema deve essere ≤ 10 secondi, con un tempo di salita $\leq 2,5$ secondi per tutti i componenti gassosi soggetti ai limiti di legge (CO , NO_x , HC) e su tutti gli intervalli utilizzati.

1.11.2. Taratura dell'analizzatore del gas tracciante per la misurazione del flusso dello scarico

L'analizzatore per la misurazione delle concentrazioni di gas tracciante, se utilizzato, dev'essere tarato mediante l'uso di gas normali.

La curva di taratura dev'essere determinata almeno da 10 punti, oltre allo zero, distribuiti in modo tale che la metà dei punti di taratura si trovi tra il 4% e il 20% del fondo scala dell'analizzatore e l'altra metà tra il 20% e il 100% del fondo scala. La curva di taratura viene calcolata con il metodo dei minimi quadrati.

La curva di taratura non deve differire di oltre $\pm 1\%$ del fondo scala dal valore nominale di ciascun punto di taratura, nell'intervallo tra il 20% e il 100% del fondo scala. Non deve inoltre differire di oltre $\pm 2\%$ dal valore nominale nell'intervallo tra il 4% e il 20% del fondo scala.

L'analizzatore dev'essere azzerato e calibrato prima della prova utilizzando un gas di azzeramento e un gas di calibrazione il cui valore nominale sia superiore all'80% del fondo scala dell'analizzatore.";

- il testo del punto 2.2 è sostituito dal testo seguente:

"La taratura dei flussimetri per gas o della strumentazione per la misura della portata deve essere riconducibile a norme nazionali e/o internazionali.

L'errore massimo del valore misurato non deve eccedere $\pm 2\%$ del valore rilevato.

Per i sistemi di diluizione a flusso parziale occorre prestare particolare attenzione alla precisione della portata del campione G_{SE} se questa non viene misurata direttamente, bensì determinata tramite misura differenziale della portata:

$$G_{SE} = G_{TOTW} - G_{DILW}$$

In questo caso una precisione di $\pm 2\%$ per G_{TOTW} e G_{DILW} non è sufficiente per garantire un livello accettabile di precisione per G_{SE} . Se la portata dei gas viene determinata mediante misurazione differenziale, l'errore massimo della differenza deve essere tale che la precisione di G_{SE} sia compresa entro $\pm 5\%$ quando il rapporto di diluizione è inferiore a 15. Questo valore può essere calcolato dalla radice quadrata dell'errore quadratico medio di ciascuno strumento.";

- è aggiunta la nuova sezione 2.6 che recita:

"2.6. Ulteriori prescrizioni sulla taratura dei sistemi di diluizione a flusso parziale

2.6.1. Taratura periodica

Se la portata del campione di gas viene determinata mediante misura differenziale, la taratura del flussimetro o della strumentazione per la misura della portata deve avvenire mediante uno dei procedimenti indicati di seguito, in modo che la sonda per la misura della portata G_{SE} nel tunnel soddisfi le prescrizioni di precisione previste dall'appendice I, punto 2.4.

Il flussimetro per G_{DILW} è collegato in serie al flussimetro per G_{TOTW} , la differenza tra i due flussimetri è tarata per almeno cinque punti di regolazione con valori di portata equidistanti tra il valore di G_{DILW} più basso utilizzato nel corso della prova e il valore di G_{TOTW} utilizzato nel corso della prova. Il tunnel di diluizione può essere bypassato.

Un dispositivo tarato per la misura della portata massica è collegato in serie al flussimetro per G_{TOTW} e viene controllata l'accuratezza per il valore utilizzato nella prova. Il dispositivo tarato per la misurazione della portata massica è quindi collegato in serie al flussimetro per G_{DILW} e l'accuratezza viene controllata per almeno 5 posizioni di regolazione in corrispondenza del rapporto di diluizione tra 3 e 50 rispetto al valore di G_{TOTW} utilizzato nel corso della prova.

Il condotto di trasferimento TT è scollegato dal sistema di scarico e un dispositivo tarato per la misurazione della portata con un intervallo adeguato per misurare G_{SE} è collegato al condotto di trasferimento. G_{TOTW} è quindi regolato sul valore utilizzato nel corso della prova e G_{DILW} è regolato sequenzialmente su almeno 5 valori corrispondenti a rapporti di diluizione q tra 3 e 50. In alternativa si può disporre un percorso speciale del flusso di taratura che bypassa il tunnel, ma l'aria totale e l'aria di diluizione passano attraverso i corrispondenti flussimetri come nella prova vera e propria.

Nel condotto di trasferimento TT viene immesso un gas tracciante; quest'ultimo può essere un componente del gas di scarico, ad esempio CO_2 o NO_x . Dopo la diluizione nel tunnel, il gas tracciante viene misurato. La misurazione viene svolta per 5 rapporti di diluizione compresi tra 3 e 50. La precisione della portata del campione è ricavata dal rapporto di diluizione q :

$$G_{SE} = G_{TOTW} / q$$

Per essere certi della precisione di G_{SE} occorre tenere conto della precisione degli analizzatori dei gas.

2.6.2. Verifica del flusso di carbonio

È fortemente raccomandata la verifica del flusso di carbonio con l'uso dello scarico vero e proprio: l'operazione permette di individuare problemi di misura e di controllo nonché di verificare il corretto funzionamento del sistema di diluizione a flusso parziale. È opportuno verificare il flusso di carbonio almeno ogni volta che viene montato un nuovo motore o che intervengono cambiamenti significativi nella configurazione della sala prova.

Il motore dev'essere fatto funzionare nelle condizioni di regime e di carico corrispondenti alla coppia massima oppure in qualsiasi altra modalità in regime stazionario che produca il 5% o più di CO_2 . Il sistema di campionamento a flusso parziale deve funzionare con un fattore di diluizione di circa 15 a 1.

2.6.3. Verifica preliminare

Due ore al massimo prima della prova occorre svolgere la verifica descritta di seguito.

Verificare la precisione dei flussimetri con lo stesso metodo usato per la taratura per almeno due punti, inclusi i valori di portata di G_{DILW} corrispondenti ai rapporti di diluizione compresi tra 5 e 15 per il valore di G_{TOTW} utilizzato nel corso della prova.

Se la documentazione relativa al procedimento di taratura descritto in precedenza dimostra che la taratura del flussimetro è stabile per un periodo di tempo più lungo, la verifica preliminare può essere tralasciata.

2.6.4. Determinazione del tempo di trasformazione

Le regolazioni del sistema per la valutazione del tempo di trasformazione devono essere identiche a quelle usate per la misura nel corso della prova. Per determinare il tempo di trasformazione seguire il metodo descritto di seguito.

Disporre un flussimetro di riferimento indipendente, con un intervallo di misurazione adeguato alla portata della sonda, in serie e nelle immediate vicinanze della sonda. Tale flussimetro deve avere un tempo di trasformazione inferiore a 100 ms per le dimensioni del gradino di portata utilizzate ai fini della misurazione del tempo di risposta, con un restringimento del flusso sufficientemente basso da non avere ripercussioni sui risultati dinamici del sistema di diluizione a flusso parziale e conforme alla buona pratica ingegneristica.

Introdurre una variazione a gradino all'immissione del flusso di scarico (o del flusso dell'aria, se si sta calcolando la portata del gas di scarico) del sistema di diluizione a flusso parziale, partendo da una portata bassa per arrivare almeno al 90% del fondo scala. Il punto di innesco della variazione a gradino dovrebbe coincidere con quello del controllo in anticipo nella prova vera e propria. L'impulso a gradino del flusso di scarico e la risposta del flussimetro vanno registrati a 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. Determinare in maniera analoga i tempi di trasformazione del segnale G_{SE} del sistema di diluizione a flusso parziale e del segnale G_{EXHW} del flussimetro dello scarico. I segnali in questione sono utilizzati nelle verifiche di regressione svolte alla fine di ogni prova (cfr. appendice 1, punto 2.4).

Ripetere il calcolo per almeno 5 impulsi di salita e di caduta e stabilire la media dei risultati ottenuti. Sottrarre dal valore ottenuto il tempo di trasformazione interno (<100 ms) del flussimetro di riferimento. Si ottiene così il "valore anticipato" (*look-ahead value*) del sistema di diluizione a flusso parziale, da utilizzare secondo quanto indicato nell'appendice 1, punto 2.4.";

- è aggiunta la nuova sezione 3 che recita:

"3. TARATURA DEL SISTEMA CVS

3.1. Considerazioni generali

Tarare il sistema CVS con un flussimetro di precisione e i mezzi per variare le condizioni operative.

Misurare il flusso che scorre attraverso il sistema con diverse posizioni di regolazione operative della portata; i parametri di controllo del sistema devono essere misurati e messi in relazione alla portata.

Si possono utilizzare vari tipi di flussimetro, ad esempio un tubo di Venturi tarato, un flussimetro laminare tarato o un flussimetro a turbina tarato.

3.2. Taratura della pompa volumetrica (PDP)

Misurare tutti i parametri relativi alla pompa contemporaneamente ai parametri relativi ad un Venturi di taratura collegato in serie con la pompa. Riportare in grafico la portata calcolata (in m³/min all'ingresso della pompa, condizioni di pressione assoluta e temperatura) contro una funzione di correlazione che è il valore di una combinazione specifica di parametri della pompa. Determinare poi l'equazione lineare che mette in relazione la portata della pompa e la funzione di correlazione. Se un CVS è dotato di azionamento a velocità multiple, eseguire la taratura per ogni intervallo utilizzato.

Durante la taratura la temperatura dev'essere mantenuta stabile.

Le perdite in tutti i raccordi e condotti compresi tra il Venturi di taratura e la pompa CVS vanno mantenute a un livello inferiore allo 0,3% del punto di portata più basso (punto in cui il restringimento della PDP è maggiore e la velocità è più bassa).

3.2.1. Analisi dei dati

La portata dell'aria (Q_s) in ciascun punto di restringimento (minimo 6 punti) va calcolata in normal m³ al minuto in base ai dati del flussimetro seguendo il metodo prescritto dal costruttore. La portata d'aria va poi convertita in mandata della pompa (V_0) in m³/giro alla temperatura e pressione assolute all'ingresso della pompa nel modo seguente:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} * \frac{T}{273} * \frac{101.3}{p_A}$$

dove:

Q_s = portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m³/s

T = temperatura all'ingresso della pompa, K

p_A = pressione assoluta all'ingresso della pompa ($p_B - p_1$), kPa

n = velocità della pompa, giri/secondo

Per tenere conto dell'interazione tra le variazioni di pressione sulla pompa e il grado di scorrimento della pompa, calcolare come segue la funzione di correlazione (X_0) tra la velocità

della pompa, il differenziale di pressione dall'ingresso all'uscita della pompa e la pressione assoluta all'uscita della pompa:

$$X_0 = \frac{1}{n} * \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_A}}$$

dove:

Δp_p = differenziale di pressione dall'ingresso della pompa all'uscita della pompa, kPa

p_A = pressione di mandata assoluta all'uscita della pompa, kPa

Ricavare l'equazione di taratura mediante interpolazione lineare secondo il metodo dei minimi quadrati come segue:

$$V_0 = D_0 - m * (X_0)$$

D_0 e m sono le costanti, rispettivamente intercetta e pendenza, che descrivono le linee di regressione.

Per un sistema CVS con velocità multiple, le curve di taratura generate nei vari intervalli di mandata della pompa devono essere approssimativamente parallele e i valori dell'intercetta (D_0) devono crescere al ridursi dell'intervallo di mandata della pompa.

I valori calcolati dall'equazione non devono eccedere $\pm 0,5\%$ del valore misurato di V_0 . I valori di m variano da pompa a pompa. L'ingresso di particolato provoca nel tempo una riduzione dello scorrimento della pompa che si riflette in valori più bassi per m . La taratura va perciò eseguita all'avviamento della pompa, dopo importanti lavori di manutenzione e se la verifica dell'intero sistema (punto 3.5) indica una variazione del grado di scorrimento.

3.3. Taratura del tubo di Venturi a portata critica (CFV)

La taratura del CFV è basata sull'equazione di flusso per un tubo di Venturi a portata critica. La portata del gas è funzione della pressione e della temperatura d'ingresso:

$$Q_s = \frac{K_v * p_A}{\sqrt{T}}$$

dove:

K_v = coefficiente di taratura

p_A = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi, kPa

T = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi, K

3.3.1. Analisi dei dati

La portata dell'aria (Q_s) in ciascun punto di restringimento (minimo 8 punti) va calcolata in normal m^3 al minuto in base ai dati del flussimetro seguendo il metodo prescritto dal

costruttore. Il coefficiente di taratura si calcola come segue dai dati di taratura per ciascuna posizione di regolazione:

$$K_v = \frac{Q_s * \sqrt{T}}{P_A}$$

dove:

Q_s = portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m³/s

T = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi, K

p_A = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi, kPa

Per determinare il campo di portata critica, riportare in grafico K_v in funzione della pressione all'ingresso del tubo di Venturi. Alla portata critica (strozzata), K_v avrà un valore relativamente costante. Al diminuire della pressione (aumento del vuoto), cessa lo strozzamento del tubo di Venturi e K_v diminuisce, indicando che il CFV funziona al di fuori dell'intervallo ammesso.

Calcolare il K_v medio e la deviazione standard per almeno 8 punti nella regione di portata critica. La deviazione standard non deve superare $\pm 0,3\%$ del K_v medio.

3.4. Taratura del tubo di Venturi subsonico (SSV)

La taratura del SSV è basata sull'equazione di portata per un tubo di Venturi subsonico. La portata del gas è funzione della pressione e della temperatura d'ingresso nonché della caduta di pressione tra l'ingresso e la gola del SSV:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T} \left(r^{1.4286} - r^{1.7143} \right) \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right) \right]}$$

dove:

A_0 = raggruppamento di costanti e conversioni di unità

$$= 0,006111 \text{ in unità SI di } \left(\frac{m^3}{\text{min}} \right) \left(\frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \right) \left(\frac{1}{mm^2} \right)$$

d = diametro di gola del SSV, m

C_d = coefficiente di portata del SSV

P_A = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi, kPa

T = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi, K

$r =$ rapporto tra la gola del SSV e la pressione assoluta e statica all'ingresso $= 1 - \frac{\Delta P}{P_A}$

$\beta =$ rapporto tra il diametro di gola del SSV, d e il diametro interno del condotto
d'ingresso $= \frac{d}{D}$

3.4.1. Analisi dei dati

La portata dell'aria (Q_{SSV}) in ciascuna posizione di regolazione della portata (minimo 16 punti) va calcolata in normal m^3 al minuto in base ai dati del flussimetro seguendo il metodo prescritto dal costruttore. Il coefficiente di portata si calcola come segue dai dati di taratura per ciascuna posizione di regolazione:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{A_0 d^2 P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T} \left(r^{1.4286} - r^{1.7143} \right) \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right) \right]}}$$

dove:

Q_{SSV} = portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m^3/s

T = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi, K

d = diametro di gola del SSV, m

$r =$ rapporto tra la gola del SSV e la pressione assoluta e statica all'ingresso $= 1 - \frac{\Delta P}{P_A}$

$\beta =$ rapporto tra il diametro di gola del SSV, d e il diametro interno del condotto
d'ingresso $= \frac{d}{D}$

Per determinare il campo di portata subsonica, riportare in grafico C_d in funzione del numero di Reynolds alla gola del SSV. Per calcolare il numero di Reynolds Re alla gola del SSV si usa la formula seguente:

$$Re = A_1 \frac{Q_{SSV}}{d\mu}$$

dove:

A_1 = raggruppamento di costanti e conversioni di unità

$$= 25,55152 \left(\frac{1}{m^3} \right) \left(\frac{\text{min}}{s} \right) \left(\frac{mm}{m} \right)$$

Q_{SSV} = portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m³/s

d = diametro di gola del SSV, m

μ = viscosità assoluta o dinamica del gas, calcolata con la formula seguente:

$$\mu = \frac{bT^{\frac{3}{2}}}{S + T} = \frac{bT^{\frac{1}{2}}}{1 + \frac{S}{T}} \quad \text{kg/m-s}$$

dove:

$$b = \text{costante empirica} = 1,458 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{msK}^{\frac{1}{2}}}$$

$$S = \text{costante empirica} = 110,4 \text{ K}$$

Dal momento che Q_{SSV} fa parte della formula per il calcolo di Re, occorre iniziare i calcoli con un valore a scelta di Q_{SSV} o C_d del Venturi di taratura e ripeterli finché Q_{SSV} converge. Il metodo di convergenza deve avere una precisione almeno pari allo 0,1%.

Per almeno sedici punti nella regione di portata subsonica, i valori di C_d calcolati dalla risultante equazione di interpolazione della curva di taratura non devono eccedere $\pm 0,5\%$ del C_d misurato per ciascun punto di taratura.

3.5. Verifica dell'intero sistema

La precisione dell'intero sistema di campionamento CVS e del sistema analitico viene determinata introducendo nel sistema funzionante in condizioni normali una massa nota di un gas inquinante. Analizzare l'inquinante e calcolare la massa come indicato nell'allegato III, appendice 3, punto 2.4.1, salvo nel caso del propano per il quale si usa un fattore di 0,000472 anziché 0,000479 per gli HC. Utilizzare una delle due tecniche indicate di seguito.

3.5.1. Misurazione con un orificio a portata critica

Alimentare il sistema CVS con una quantità nota di gas puro (propano) attraverso un orificio critico calibrato. Se la pressione di immissione è sufficientemente elevata, la portata, che viene regolata mediante l'orificio a portata critica, è indipendente dalla pressione di uscita dall'orificio (portata critica). Far funzionare il sistema CVS come nella normale analisi delle emissioni di scarico per circa 5-10 minuti. Analizzare un campione di gas con la consueta apparecchiatura (sacco di campionamento o metodo di integrazione) e calcolare la massa del gas. La massa così determinata deve corrispondere con un'approssimazione di $\pm 3\%$ alla massa nota del gas iniettato.

3.5.2. Misurazione mediante tecnica gravimetrica

Determinare il peso di una piccola bombola riempita di propano con una precisione di $\pm 0,01$ g. Far funzionare per circa 5-10 minuti il sistema CVS come nella normale analisi delle emissioni di scarico iniettando nel sistema monossido di carbonio o propano. Determinare mediante pesata differenziale la quantità di gas puro passato. Analizzare un campione di gas con la consueta apparecchiatura (sacco di campionamento o metodo di integrazione) e calcolare la massa del gas. La massa così determinata deve corrispondere con un'approssimazione di $\pm 3\%$ alla massa nota del gas iniettato.";

g) l'appendice 3 è modificata come segue:

- è inserito il titolo seguente: "VALUTAZIONE DEI DATI E CALCOLI";
- la sezione 1 viene intitolata: "VALUTAZIONE DEI DATI E CALCOLI - PROVA NRSC";
- nella prima frase del punto 1.2 sono sopresse le parole "o i volumi ($V_{SAM,i}$)" e nell'ultimo comma sono sopresse le parole "o il volume (V_{DIL})" e le parole "o M_d/V_{DIL} ";
- nel primo comma del punto 1.3.1 sono sopresse le parole " V_{EXHW} o V_{EXHD} " e nel secondo comma è soppresso " V_{TOTW} ";
- i punti da 1.3.2 a 1.4.6 sono sostituiti dal testo seguente:

1.3.2. Correzione secco/umido

Quando si applica G_{EXHW} , convertire la concentrazione misurata nel valore su umido secondo le formule seguenti, salvo che sia già stata misurata su umido:

$$\text{conc (umido)} = k_w \times \text{conc (secco)}$$

Per il gas di scarico grezzo:

$$K_{w,r,1} = \left(\frac{1}{1 + 1,88 \times 0,005 \times (\%CO_{[secco]} + \%CO_2 [secco]) + K_{w2}} \right)$$

Per il gas di scarico diluito:

$$K_{w,e,1} = \left(1 - \frac{1,88 \times CO_2 \%(\text{umido})}{200} \right) - K_{w1}$$

oppure:

$$K_{w,e,1} = \left(\frac{1 - K_{w1}}{1 + \frac{1,88 \times CO_2 \%(\text{secco})}{200}} \right)$$

Per l'aria di diluizione:

$$k_{w,d} = 1 - k_{w1}$$

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}{1\,000 + 1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}$$

$$H_d = \frac{6,22 \times R_d \times p_d}{p_B - p_d \times R_d \times 10^{-2}}$$

Per l'aria di aspirazione (se è differente dall'aria di diluizione):

$$k_{w,a} = 1 - k_{w2}$$

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}$$

$$H_a = \frac{6,22 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

dove:

H_a : umidità assoluta dell'aria di aspirazione, g d'acqua per kg di aria secca

H_d : umidità assoluta dell'aria di diluizione, g d'acqua per kg di aria secca

R_d : umidità relativa dell'aria di diluizione, %

R_a : umidità relativa dell'aria di aspirazione, %

p_d : pressione di vapore di saturazione dell'aria di diluizione, kPa

p_a : pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione, kPa

p_B : pressione barometrica totale, kPa.

Nota: H_a e H_d possono essere ricavati dalla misurazione dell'umidità relativa, come descritto in precedenza, o dalla misura del punto di rugiada, dalla misurazione della pressione di vapore o dalla misura a bulbo secco/umido mediante le formule generalmente accettate.

1.3.3. *Correzione degli NO_x in funzione dell'umidità*

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 K_H dati dalla formula seguente:

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

dove:

T_a : temperatura dell'aria in K

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

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a : umidità relativa dell'aria di aspirazione, %

p_a : pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione, kPa

p_B : pressione barometrica totale, kPa.

Nota: H_a può essere ricavato dalla misurazione dell'umidità relativa, come descritto in precedenza, o dalla misura del punto di rugiada, dalla misura della pressione di vapore o dalla misura a bulbo secco/umido mediante le formule generalmente accettate.

1.3.4. Calcolo della portata massica di emissione

La portata massica di emissione si calcola come segue:

(a) Per il gas di scarico grezzo¹:

$$Gas_{mass} = u \times conc \times G_{EXHW}$$

(b) Per il gas di scarico diluito¹:

$$Gas_{mass} = u \times conc_c \times G_{TOTW}$$

dove:

$conc_c$ è la concentrazione corretta in funzione del fondo

$$conc_c = conc - conc_d \times (1 - (1/DF))$$

$$DF = 13,4 / (conc_{CO_2} + (conc_{CO} + conc_{HC}) \times 10^{-4})$$

oppure:

$$DF = 13,4 / conc_{CO_2}$$

Usare il coefficiente u - umido della tabella seguente.

Tabella 4. Valori del coefficiente u - umido per vari componenti dello scarico.

Gas	u	conc
NO _x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO ₂	15,19	per cento

¹ Nel caso degli NO_x, la concentrazione di NO_x (NO_xconc o NO_xconc_c) va moltiplicata per K_{HNOx} (fattore di correzione degli NO_x in funzione dell'umidità menzionato al punto 1.3.3) nella maniera seguente: K_{HNOx} x conc o K_{HNOx} x conc_c.

La densità di HC è basata su un rapporto medio carbonio su idrogeno pari a 1/1,85.

1.3.5. Calcolo delle emissioni specifiche

Le emissioni specifiche (g/kWh) per tutti i singoli componenti sono calcolate nel modo seguente:

$$\text{Singolo gas} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Gas}_{\text{mass}_i} \times \text{WF}_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times \text{WF}_i}$$

dove $P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$

I fattori di ponderazione e il numero di modalità (n) utilizzati nel calcolo suddetto sono descritti nell'allegato III, punto 3.7.1.

1.4. Calcolo dell'emissione di particolato

L'emissione di particolato si calcola nel modo seguente.

1.4.1. Fattore di correzione del particolato in funzione dell'umidità

Poiché l'emissione di particolato dei motori diesel dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, la portata massica del particolato deve essere corretta per tener conto dell'umidità dell'aria secondo il fattore K_p dato dalla formula seguente:

$$K_p = 1 / (1 + 0,0133 \times (H_a - 10,71))$$

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

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a : umidità relativa dell'aria di aspirazione, %

p_a : pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione, kPa

p_B : pressione barometrica totale, kPa.

Nota: H_a può essere ricavato dalla misurazione dell'umidità relativa, come descritto in precedenza, o dalla misura del punto di rugiada, dalla misura della pressione di vapore o dalla misura a bulbo secco/umido mediante le formule generalmente accettate.

1.4.2. Sistema di diluizione a flusso parziale

I risultati finali della prova relativa all'emissione di particolato risultano dai seguenti calcoli. Poiché si possono utilizzare vari tipi di controllo del grado di diluizione, si seguono differenti metodi di calcolo per la portata massica del gas di scarico diluito equivalente G_{EDF} . Tutti i calcoli devono essere basati sui valori medi delle singole modalità (i) durante il periodo di campionamento.

1.4.2.1. Sistemi isocinetici

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{DILW,i} + (G_{EXHW,i} \times r)}{(G_{EXHW,i} \times r)}$$

dove r rappresenta il rapporto tra le sezioni trasversali della sonda isocinetica A_p e del condotto di scarico A_T :

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

1.4.2.2. Sistemi con misura della concentrazione di CO_2 o NO_x

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{Conc_{E,i} - Conc_{A,i}}{Conc_{D,i} - Conc_{A,i}}$$

dove:

$Conc_E$ = concentrazione su umido del gas tracciante nello scarico grezzo

$Conc_D$ = concentrazione su umido del gas tracciante nello scarico diluito

$Conc_A$ = concentrazione su umido del gas tracciante nell'aria di diluizione

Convertire in concentrazioni misurate su umido le concentrazioni misurate sul secco conformemente al punto 1.3.2 della presente appendice.

1.4.2.3. Sistemi con misura di CO_2 e metodo del bilancio del carbonio

$$G_{EDFW,i} = \frac{206,6 \times G_{FUEL,i}}{CO_{2D,i} - CO_{2A,i}}$$

dove:

CO_{2D} = concentrazione di CO_2 nello scarico diluito

CO_{2A} = concentrazione di CO_2 nell'aria di diluizione

(concentrazioni in % in volume su umido)

Questa equazione è basata sul presupposto dell'equilibrio del carbonio (gli atomi di carbonio forniti al motore vengono emessi come CO_2) e viene derivata attraverso i passaggi seguenti:

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

e:

$$q_i = \frac{206,6 \times G_{FUEL,i}}{G_{EXHW,i} \times (CO_{2D,i} - CO_{2A,i})}$$

1.4.2.4. Sistemi con misura della portata

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{TOTW,i}}{(G_{TOTW,i} - G_{DILW,i})}$$

1.4.3. Sistema di diluizione a flusso pieno

I risultati finali della prova relativa all'emissione di particolato risultano dai seguenti calcoli.

Tutti i calcoli devono essere basati sui valori medi delle singole modalità (i) durante il periodo di campionamento.

$$G_{EDFW,i} = G_{TOTW,i}$$

1.4.4. Calcolo della portata massica del particolato

Calcolare la portata massica del particolato come segue.

Per il metodo a filtro singolo:

$$PT_{mass} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \times \frac{(G_{EDFW})_{aver}}{1000}$$

dove:

$(G_{EDFW})_{aver}$ lungo il ciclo di prova viene determinato per sommatoria dei valori medi delle singole modalità durante il periodo di campionamento:

$$(G_{EDFW})_{aver} = \sum_{i=1}^n G_{EDFW,i} \times WF_i$$

$$M_{SAM} = \sum_{i=1}^n M_{SAM,i}$$

dove $i = 1, \dots n$.

Per il metodo a filtri multipli:

$$PT_{mass} = \frac{M_{f,i}}{M_{SAM,i}} \times \frac{(G_{EDFW,i})_{aver}}{1000}$$

dove $i = 1, \dots n$.

La portata massica del particolato può essere corretta in funzione del fondo come segue.

Per il metodo a filtro singolo:

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left(\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{DF_i} \right) \times WF_i \right) \right) \right] \times \frac{(G_{EDFW})_{aver}}{1\,000}$$

Se si effettua più di una misura, sostituire (M_d/M_{DIL}) con $(M_d/M_{DIL})_{aver}$.

$$DF = 13,4 / (\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{concHC}) \times 10^{-4})$$

oppure:

$$DF = 13,4 / \text{concCO}_2$$

Per il metodo multifiltro:

$$PT_{mass,i} = \left[\frac{M_{f,i}}{M_{SAM,i}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF_i} \right) \right) \right] \times \left[\frac{G_{EDFW,i}}{1\,000} \right]$$

Se si effettua più di una misura, sostituire (M_d/M_{DIL}) con $(M_d/M_{DIL})_{aver}$.

$$DF = 13,4 / (\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{concHC}) \times 10^{-4})$$

oppure:

$$DF = 13,4 / \text{concCO}_2$$

1.4.5. Calcolo delle emissioni specifiche

Le emissioni specifiche di particolato PT (g/kWh) si calcolano nella maniera seguente¹.

Per il metodo a filtro singolo:

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

Per il metodo a filtri multipli:

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

1.4.6. Fattore di ponderazione efficace

Per il metodo a filtro singolo, calcolare il fattore di ponderazione efficace $WF_{E,i}$ per ciascuna modalità nel modo seguente:

¹ La portata massica del particolato PT_{mass} va moltiplicata per K_p (fattore di correzione dell'umidità per il particolato menzionato al punto 1.4.1).

$$WF_{E,i} = \frac{M_{SAM,i} \times (G_{EDFW})_{aver}}{M_{SAM} \times (G_{EDFW,i})}$$

dove $i = 1, \dots n$.

I valori dei fattori di ponderazione efficaci devono coincidere, con un'approssimazione di $\pm 0,005$ (valore assoluto), con i fattori di ponderazione elencati nell'allegato III, punto 3.7.1.";

- è aggiunta la nuova sezione 2 che recita:

"2. VALUTAZIONE DEI DATI E CALCOLI (PROVA NRTC)

In questa sezione sono descritti i due principi di misurazione utilizzabili per valutare le emissioni inquinanti durante il ciclo NRTC:

misurazione in tempo reale dei componenti gassosi nel gas di scarico grezzo e determinazione del particolato mediante un sistema di diluizione a flusso parziale;

determinazione dei componenti gassosi e del particolato mediante un sistema di diluizione a flusso pieno (sistema CVS).

2.1. Calcolo delle emissioni gassose nel gas di scarico grezzo e delle emissioni di particolato con un sistema di diluizione a flusso parziale

2.1.1. Introduzione

I segnali di concentrazione istantanea dei componenti gassosi sono utilizzati per calcolare le emissioni in massa mediante moltiplicazione per la portata in massa istantanea del gas di scarico. La portata massica dello scarico può essere misurata direttamente o calcolata con i metodi descritti nell'allegato III, appendice 1, punto 2.2.3 (misurazione del flusso dell'aria di aspirazione e del flusso di carburante, metodo del gas tracciante, misurazione dell'aria di aspirazione e del rapporto aria/carburante). Occorre prestare particolare attenzione al tempo di risposta dei diversi strumenti. Queste differenze devono essere tenute in considerazione mediante allineamento temporale dei segnali.

Per il particolato, i segnali della portata massica dello scarico sono usati per controllare che il sistema di diluizione a flusso parziale prelevi un campione proporzionale alla portata in massa del gas di scarico. Per controllare che la proporzionalità sia corretta si utilizza un'analisi di regressione tra il campione e la portata del gas di scarico secondo le modalità descritte nell'allegato III, appendice 1, punto 2.4.

2.1.2. Determinazione dei componenti gassosi

2.1.2.1. Calcolo delle emissioni in massa

Per determinare la massa degli inquinanti M_{gas} (g/prova) occorre ricavare le emissioni istantanee in massa utilizzando le concentrazioni grezze degli inquinanti, i valori di u riportati nella tabella 4 (cfr. anche il punto 1.3.4) e la portata massica dello scarico allineata per tenere conto del tempo di trasformazione e integrare su tutto il ciclo i valori istantanei ottenuti. Le concentrazioni vanno misurate di preferenza su umido. Se sono invece misurate sul secco,

applicare ai valori delle concentrazioni istantanee la correzione da secco a umido indicata di seguito prima di procedere ad ulteriori calcoli.

Tabella 4. Valori del coefficiente u - umido per vari componenti dello scarico.

Gas	u	conc
NO _x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO ₂	15,19	per cento

La densità di HC è basata su un rapporto medio carbonio su idrogeno pari a 1/1,85.

Usare la formula seguente:

$$M_{gas} = \sum_{i=1}^{i=n} u \times conc_i \times G_{EXHW,i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{in g/prova})$$

dove:

u = rapporto tra la densità del componente dello scarico e la densità del gas di scarico

$conc_i$ = concentrazione istantanea del componente in questione nello scarico grezzo, ppm

$G_{EXHW,i}$ = portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s

f = frequenza di campionamento dei dati, Hz

n = numero di misurazioni

Per il calcolo di NO_x utilizzare il fattore di correzione dell'umidità k_H descritto di seguito.

Salvo che sia già stata misurata su umido, convertire nel valore su base umida come descritto di seguito la concentrazione istantanea misurata.

2.1.2.2. Correzione secco/umido

Se la concentrazione istantanea è misurata sul secco, convertirla nel valore su umido secondo le formule seguenti.

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

dove:

$$K_{W,r,1} = \left(\frac{1}{1 + 1,88 \times 0,005 \times (conc_{CO} + conc_{CO_2}) + K_{W2}} \right)$$

con:

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

dove:

$conc_{CO2}$ = concentrazione di CO₂ sul secco, %

$conc_{CO}$ = concentrazione di CO sul secco, %

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

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a : umidità relativa dell'aria di aspirazione, %

p_a : pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione, kPa

p_B : pressione barometrica totale, kPa.

Nota: H_a può essere ricavato dalla misurazione dell'umidità relativa, come descritto in precedenza, o dalla misura del punto di rugiada, dalla misura della pressione di vapore o dalla misura a bulbo secco/umido mediante le formule generalmente accettate.

2.1.2.3. 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 di NO_x deve essere corretta per tener conto dell'umidità e della temperatura dell'aria ambiente secondo i fattori dati dalla formula seguente.

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

con:

T_a = temperatura dell'aria aspirata, K

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

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a : umidità relativa dell'aria di aspirazione, %

p_a : pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione, kPa

p_B : pressione barometrica totale, kPa.

Nota: H_a può essere ricavato dalla misurazione dell'umidità relativa, come descritto in precedenza, o dalla misura del punto di rugiada, dalla misura della pressione di vapore o dalla misura a bulbo secco/umido mediante le formule generalmente accettate.

2.1.2.4. Calcolo delle emissioni specifiche

Le emissioni specifiche (g/kWh) di ciascun componente sono calcolate nel modo seguente:

$$\text{Singolo gas} = M_{\text{gas}}/W_{\text{act}}$$

dove:

W_{act} = lavoro effettivo nel ciclo come determinato nell'allegato III, punto 4.6.2, kWh

2.1.3. Determinazione del particolato

2.1.3.1. Calcolo delle emissioni in massa

La massa del particolato M_{PT} (g/prova) si calcola utilizzando uno qualsiasi dei metodi descritti di seguito.

a)

$$M_{PT} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \times \frac{M_{EDFW}}{1\,000}$$

dove:

M_f = massa del campione di particolato prelevata su tutto il ciclo, mg

M_{SAM} = massa del gas di scarico diluito che passa attraverso i filtri di raccolta del particolato, kg

M_{EDFW} = massa del gas di scarico diluito equivalente su tutto il ciclo, kg

La massa totale del gas di scarico diluito equivalente su tutto il ciclo è determinata come indicato di seguito:

$$M_{EDFW} = \sum_{i=1}^{i=n} G_{EDFW,i} \times \frac{1}{f}$$

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{TOTW,i}}{(G_{TOTW,i} - G_{DILW,i})}$$

dove:

$G_{EDFW,i}$ = portata massica istantanea del gas di scarico diluito equivalente, kg/s

$G_{EXHW,i}$ = portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s

q_i = rapporto di diluizione istantaneo

$G_{TOTW,i}$ = portata massica istantanea del gas di scarico diluito attraverso il tunnel di diluizione, kg/s

$G_{DILW,i}$ = portata massica istantanea dell'aria di diluizione, kg/s

f = frequenza di campionamento dei dati, Hz

n = numero di misurazioni

b)

$$M_{PT} = \frac{M_f}{r_s * 1\,000}$$

dove:

M_f = massa del campione di particolato prelevata su tutto il ciclo, mg

r_s = rapporto medio di campionamento su tutto il ciclo di prova

con:

dove:

$$r_s = \frac{M_{SE}}{M_{EXHW}} \times \frac{M_{SAM}}{M_{TOTW}}$$

M_{SE} = massa del campione di scarico prelevata su tutto il ciclo, kg

M_{EXHW} = portata massica totale dello scarico su tutto il ciclo, kg

M_{SAM} = massa del gas di scarico diluito che passa attraverso i filtri di raccolta del particolato, kg

M_{TOTW} = massa del gas di scarico diluito che passa attraverso il tunnel di diluizione, kg

NOTA: nel caso del metodo di campionamento totale, M_{SAM} e M_{TOTW} sono identici.

2.1.3.2. Fattore di correzione del particolato in funzione dell'umidità

Poiché l'emissione di particolato dei motori diesel dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, la concentrazione del particolato deve essere corretta per tener conto dell'umidità dell'aria secondo il fattore K_p dato dalla formula seguente:

$$k_p = \frac{1}{[1 + 0,0133 \times (H_a - 10,71)]}$$

dove:

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

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a : umidità relativa dell'aria di aspirazione, %

p_a : pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione, kPa

p_B : pressione barometrica totale, kPa.

Nota: H_a può essere ricavato dalla misurazione dell'umidità relativa, come descritto in precedenza, o dalla misura del punto di rugiada, dalla misura della pressione di vapore o dalla misura a bulbo secco/umido mediante le formule generalmente accettate.

2.1.3.3. Calcolo delle emissioni specifiche

L'emissione di particolato (g/kWh) si calcola nel modo seguente:

$$PT = M_{PT} \times K_p / W_{act}$$

dove:

W_{act} = lavoro effettivo nel ciclo come determinato nell'allegato III, punto 4.6.2, kWh

2.2. Determinazione dei componenti gassosi e del particolato con un sistema di diluizione a flusso pieno

Per calcolare le emissioni contenute nel gas di scarico diluito è necessario conoscere la portata massica del gas di scarico diluito. La massa totale dei gas di scarico diluiti relativa a tutto il ciclo M_{TOTW} (kg/prova) viene calcolata in base ai valori delle misure effettuate su tutto il ciclo e possono essere utilizzati i corrispondenti dati di taratura del sistema di misura della portata

$(V_0$ per PDP, K_V per CFV e C_d per SSV) ottenuti con uno dei metodi descritti al punto 2.2.1. Se la massa totale del campione di particolato (M_{SAM}) e degli inquinanti gassosi supera lo 0,5% della portata totale nel CVS (M_{TOTW}), tale portata deve essere corretta in funzione di M_{SAM} oppure il flusso del campione di particolato deve essere rinviato nel CVS prima che nel dispositivo di misura della portata.

2.2.1. Determinazione del flusso del gas di scarico diluito

Sistema PDP-CVS

Per calcolare la portata massica su tutto il ciclo occorre procedere nella maniera descritta di seguito, avendo cura di mantenere la temperatura del gas di scarico diluito entro un limite di ± 6 K su tutto il ciclo utilizzando uno scambiatore di calore.

$$M_{TOTW} = 1,293 * V_0 * N_P * (p_B - p_1) * 273 / (101,3 * T)$$

dove:

M_{TOTW} = massa del gas di scarico diluito su tutto il ciclo su umido

V_0 = volume di gas pompato per giro nelle condizioni di prova, m³/giro

N_P = giri totali della pompa in ciascuna prova

p_B = pressione atmosferica nella sala prova, kPa

p_1 = caduta di pressione (rispetto alla pressione atmosferica) misurata all'ingresso della pompa, kPa

T = temperatura media del gas di scarico diluito all'ingresso della pompa su tutto il ciclo, K

Se si usa un sistema di compensazione della portata (vale a dire senza scambiatore di calore), occorre calcolare le emissioni istantanee in massa e integrarle su tutto il ciclo. In tal caso, per calcolare la massa istantanea del gas di scarico diluito, procedere come descritto di seguito:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 * V_0 * N_{P,i} * (p_B - p_1) * 273 / (101,3 * T)$$

dove:

$N_{P,i}$ = giri totali della pompa per intervallo di tempo

Sistema CFV-CVS

Per calcolare la portata massica su tutto il ciclo occorre procedere nella maniera descritta di seguito, avendo cura di mantenere la temperatura del gas di scarico diluito entro un limite di ± 11 K su tutto il ciclo utilizzando uno scambiatore di calore.

$$M_{TOTW} = 1,293 * t * K_v * p_A / T^{0,5}$$

dove:

M_{TOTW} = massa del gas di scarico diluito su tutto il ciclo su umido

t = durata del ciclo, s

K_v = *coefficiente di taratura del tubo di Venturi a portata critica in condizioni normali*

p_A = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi, kPa

T = temperatura assoluta all'ingresso del tubo di Venturi, K

Se si usa un sistema di compensazione della portata (vale a dire senza scambiatore di calore), occorre calcolare le emissioni istantanee in massa e integrarle su tutto il ciclo. In tal caso, per calcolare la massa istantanea del gas di scarico diluito, procedere come descritto di seguito:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 * \Delta t_i * K_v * p_A / T^{0,5}$$

dove:

Δt_i = intervallo di tempo, s

Sistema SSV-CVS

Per calcolare la portata massica su tutto il ciclo occorre procedere nella maniera descritta di seguito, avendo cura di mantenere la temperatura del gas di scarico diluito entro un limite di ± 11 K su tutto il ciclo utilizzando uno scambiatore di calore.

$$M_{TOTW} = 1,293 * Q_{SSV}$$

dove:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\frac{1}{T} \left(r^{1.4286} - r^{1.7143} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right)}$$

A_0 = raggruppamento di costanti e conversioni di unità

$$\left(\frac{m^3}{min} \right) \left(\frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \right) \left(\frac{1}{mm^2} \right)$$

= 0,006111 in unità SI di

d = diametro di gola del SSV, m

C_d = coefficiente di portata del SSV

P_A = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi, kPa

T = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi, K

r = rapporto tra la gola del SSV e la pressione assoluta e statica all'ingresso = $1 - \frac{\Delta P}{P_A}$

β = rapporto tra il diametro di gola del SSV, d e il diametro interno del condotto d'ingresso = $\frac{d}{D}$

Se si usa un sistema di compensazione della portata (vale a dire senza scambiatore di calore), occorre calcolare le emissioni istantanee in massa e integrarle su tutto il ciclo. In tal caso, per calcolare la massa istantanea del gas di scarico diluito, procedere come descritto di seguito:

$$M_{TOTW} = 1,293 * Q_{SSV} * \Delta t_i$$

dove:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A * \sqrt{\left[\frac{1}{T} \left(r^{1.4286} - r^{1.7143} \right) \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right) \right]}$$

Δt_i = intervallo di tempo, s

Il calcolo in tempo reale va inizializzato con un valore ragionevole per C_d , ad esempio 0,98, o un valore ragionevole per Q_{SSV} . Se il calcolo è inizializzato con Q_{SSV} , il valore iniziale di Q_{SSV} è utilizzato per valutare Re .

Nel corso di tutte le prove relative alle emissioni, il numero di Reynolds alla gola del SSV deve rientrare nei valori dei numeri di Reynolds utilizzati per ricavare la curva di taratura di cui all'appendice 2, punto 3.2.

2.2.2. *Correzione degli NO_x in funzione dell'umidità*

Poiché l'emissione di NO_x dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, la concentrazione di NO_x deve essere corretta per tener conto dell'umidità dell'aria ambiente secondo i fattori dati dalle formule seguenti.

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

dove:

T_a = temperatura dell'aria in K

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

dove:

$$H_a = \frac{6,220 * R_a * p_a}{p_B - p_a * R_a * 10^{-2}}$$

R_a = umidità relativa dell'aria di aspirazione, %

p_a = pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione, kPa

p_B = pressione barometrica totale, kPa

Nota: H_a può essere ricavato dalla misurazione dell'umidità relativa, come descritto in precedenza, o dalla misura del punto di rugiada, dalla misura della pressione di vapore o dalla misura a bulbo secco/umido mediante le formule generalmente accettate.

2.2.3. Calcolo della portata massica delle emissioni

2.2.3.1. Sistemi a portata in massa costante

Per i sistemi che utilizzano uno scambiatore di calore, la massa degli inquinanti M_{GAS} (g/prova) dev'essere determinata mediante la seguente equazione:

$$M_{GAS} = u \times conc \times M_{TOTW}$$

dove:

u = rapporto tra la densità del componente dello scarico e la densità del gas di scarico diluito come da tabella 4, punto 2.1.2.1

$conc$ = concentrazioni medie corrette in funzione del fondo su tutto il ciclo ricavate per integrazione (procedimento obbligatorio per NO_x e HC) o per misurazione in sacco, ppm

M_{TOTW} = massa totale del gas di scarico diluito su tutto il ciclo determinata come indicato al punto 2.2.1, kg

Poiché l'emissione di NO_x dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, la concentrazione di NO_x deve essere corretta per tener conto dell'umidità dell'aria ambiente mediante il fattore k_H , come indicato al punto 2.2.2.

Convertire in concentrazioni misurate su umido le concentrazioni misurate sul secco conformemente al punto 1.3.2 della presente appendice.

2.2.3.1.1. Determinazione delle concentrazioni corrette in funzione del fondo

Per ottenere la concentrazione netta degli inquinanti occorre sottrarre alle concentrazioni misurate 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 sacco di campionamento oppure mediante misurazione continua e integrazione. Usare la formula seguente:

$$\text{conc} = \text{conc}_e - \text{conc}_d * (1 - (1/DF))$$

dove:

conc = concentrazione dell'inquinante in questione nel gas di scarico diluito, corretta in funzione della quantità dell'inquinante contenuta nell'aria di diluizione, ppm

conc_e = concentrazione dell'inquinante in questione misurata nel gas di scarico diluito, ppm

conc_d = concentrazione dell'inquinante in questione misurata nell'aria di diluizione, ppm

DF = fattore di diluizione

Il fattore di diluizione viene calcolato come segue.

$$DF = \frac{13,4}{\text{conc}_{e\text{CO}_2} + (\text{conc}_{e\text{HC}} + \text{conc}_{e\text{CO}}) * 10^{-4}}$$

2.2.3.2. Sistemi con compensazione della portata

Per i sistemi che non utilizzano uno scambiatore di calore, la massa degli inquinanti M_{GAS} (g/prova) dev'essere determinata calcolando le emissioni istantanee in massa ed integrando su tutto il ciclo i valori istantanei. La correzione in funzione del fondo va inoltre applicata direttamente al valore della concentrazione istantanea. Usare le formule seguenti:

$$M_{GAS} = \sum_{i=1}^n (M_{TOTW,i} \times \text{conc}_{e,i} \times u) - (M_{TOTW} \times \text{conc}_d \times (1 - 1/DF) \times u)$$

dove:

conc_{e,i} = concentrazione istantanea dell'inquinante in questione misurata nel gas di scarico diluito, ppm

conc_d = concentrazione dell'inquinante in questione misurata nell'aria di diluizione, ppm

u = rapporto tra la densità del componente dello scarico e la densità del gas di scarico diluito come da tabella 4, punto 2.1.2.1

M_{TOTW,i} = massa istantanea del gas di scarico diluito (cfr. punto 2.2.1), kg

M_{TOTW} = massa totale del gas di scarico diluito su tutto il ciclo (cfr. punto 2.2.1), kg

DF = fattore di diluizione così come determinato al punto 2.2.3.1.1.

Poiché l'emissione di NO_x dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, la concentrazione di NO_x deve essere corretta per tener conto dell'umidità dell'aria ambiente mediante il fattore k_H, come indicato al punto 2.2.2.

2.2.4. Calcolo delle emissioni specifiche

Le emissioni specifiche (g/kWh) di ciascun componente sono calcolate nel modo seguente:

$$\text{Singolo gas} = M_{\text{gas}}/W_{\text{act}}$$

dove:

$$W_{\text{act}} = \text{lavoro effettivo nel ciclo come determinato nell'allegato III, punto 4.6.2, kWh}$$

2.2.5. Calcolo dell'emissione di particolato

2.2.5.1. Calcolo della portata massica

La massa del particolato M_{PT} (g/prova) viene calcolata come segue.

$$M_{\text{PT}} = \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} * \frac{M_{\text{TOTW}}}{1000}$$

$$M_f = \text{massa del campione di particolato prelevata su tutto il ciclo, mg}$$

$$M_{\text{TOTW}} = \text{massa totale del gas di scarico diluito su tutto il ciclo determinata come indicato al punto 2.2.1, kg}$$

$$M_{\text{SAM}} = \text{massa del gas di scarico diluito campionato dal tunnel di diluizione utilizzato per la raccolta del particolato, kg}$$

e

$$M_f = M_{f,p} + M_{f,b}, \text{ se pesati separatamente, mg}$$

$$M_{f,p} = \text{massa di particolato raccolta sul filtro principale, mg}$$

$$M_{f,b} = \text{massa di particolato raccolta sul filtro di sicurezza, mg}$$

Se si usa un sistema a doppia diluizione, sottrarre la massa dell'aria di diluizione secondaria dalla massa totale del campione del gas di scarico sottoposto a doppia diluizione prelevato attraverso i filtri del particolato

$$M_{\text{SAM}} = M_{\text{TOT}} - M_{\text{SEC}}$$

dove:

$$M_{\text{TOT}} = \text{massa del gas di scarico sottoposto a doppia diluizione attraverso il filtro del particolato, kg}$$

$$M_{\text{SEC}} = \text{massa dell'aria di diluizione secondaria, kg}$$

Se il livello di fondo del particolato nell'aria di diluizione è determinato come indicato nell'allegato III, punto 4.4.4, la massa del particolato può essere corretta per tener conto del fondo. In tal caso, per calcolare la massa del particolato (g/prova) procedere come descritto di seguito:

$$\left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} * \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] * \frac{M_{TOTW}}{1\,000}$$

$M_{PT} =$

dove:

$M_f, M_{SAM}, M_{TOTW} =$ vedi sopra

M_{DIL} = massa dell'aria di diluizione primaria filtrata attraverso il campionatore del particolato di fondo, kg

M_d = massa del particolato di fondo raccolto dall'aria di diluizione primaria, mg

DF = fattore di diluizione come determinato al punto 2.2.3.1.1

2.2.5.2. Fattore di correzione del particolato in funzione dell'umidità

Poiché l'emissione di particolato dei motori diesel dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, la concentrazione del particolato deve essere corretta per tener conto dell'umidità dell'aria secondo il fattore K_p dato dalla formula seguente:

$$k_p = \frac{1}{[1 + 0,0133 \times (H_a - 10,71)]}$$

dove:

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

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a : umidità relativa dell'aria di aspirazione, %

p_a : pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione, kPa

p_B : pressione barometrica totale, kPa.

Nota: H_a può essere ricavato dalla misurazione dell'umidità relativa, come descritto in precedenza, o dalla misura del punto di rugiada, dalla misura della pressione di vapore o dalla misura a bulbo secco/umido mediante le formule generalmente accettate.

2.2.5.3. Calcolo delle emissioni specifiche

L'emissione di particolato (g/kWh) si calcola nel modo seguente:

$$PT = M_{PT} \times K_p / W_{act}$$

dove:

W_{act} = lavoro effettivo nel ciclo come determinato nell'allegato III, punto 4.6.2, kWh";

- *nell'allegato III è inserita la nuova appendice 4, che recita:*

"APPENDICE 4

SEQUENZA DI PROVA DEL DINAMOMETRO DURANTE IL CICLO NRTC

Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.
s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia
%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0	0	52	102	46	103	74	24
2	0	0	53	102	41	104	77	6
3	0	0	54	102	31	105	76	12
4	0	0	55	89	2	106	74	39
5	0	0	56	82	0	107	72	30
6	0	0	57	47	1	108	75	22
7	0	0	58	23	1	109	78	64
8	0	0	59	1	3	110	102	34
9	0	0	60	1	8	111	103	28
10	0	0	61	1	3	112	103	28
11	0	0	62	1	5	113	103	19
12	0	0	63	1	6	114	103	32
13	0	0	64	1	4	115	104	25
14	0	0	65	1	4	116	103	38
15	0	0	66	0	6	117	103	39
16	0	0	67	1	4	118	103	34
17	0	0	68	9	21	119	102	44
18	0	0	69	25	56	120	103	38
19	0	0	70	64	26	121	102	43
20	0	0	71	60	31	122	103	34
21	0	0	72	63	20	123	102	41
22	0	0	73	62	24	124	103	44
23	0	0	74	64	8	125	103	37
24	1	3	75	58	44	126	103	27
25	1	3	76	65	10	127	104	13
26	1	3	77	65	12	128	104	30
27	1	3	78	68	23	129	104	19
28	1	3	79	69	30	130	103	28
29	1	3	80	71	30	131	104	40
30	1	6	81	74	15	132	104	32
31	1	6	82	71	23	133	101	63
32	2	1	83	73	20	134	102	54
33	4	13	84	73	21	135	102	52
34	7	18	85	73	19	136	102	51
35	9	21	86	70	33	137	103	40
36	17	20	87	70	34	138	104	34
37	33	42	88	65	47	139	102	36
38	57	46	89	66	47	140	104	44
39	44	33	90	64	53	141	103	44
40	31	0	91	65	45	142	104	33
41	22	27	92	66	38	143	102	27
42	33	43	93	67	49	144	103	26
43	80	49	94	69	39	145	79	53
44	105	47	95	69	39	146	51	37
45	98	70	96	66	42	147	24	23
46	104	36	97	71	29	148	13	33
47	104	65	98	75	29	149	19	55
48	96	71	99	72	23	150	45	30
49	101	62	100	74	22	151	34	7
50	102	51	101	75	24	152	14	4
51	102	50	102	73	30	153	8	16

Tempo	Norm. Velocità %	Norm. Coppia %	Tempo	Norm. Velocità %	Norm. Coppia %	Tempo	Norm. Velocità %	Norm. Coppia %
s			s			s		
154	15	6	205	20	18	256	102	84
155	39	47	206	27	34	257	58	66
156	39	4	207	32	33	258	64	97
157	35	26	208	41	31	259	56	80
158	27	38	209	43	31	260	51	67
159	43	40	210	37	33	261	52	96
160	14	23	211	26	18	262	63	62
161	10	10	212	18	29	263	71	6
162	15	33	213	14	51	264	33	16
163	35	72	214	13	11	265	47	45
164	60	39	215	12	9	266	43	56
165	55	31	216	15	33	267	42	27
166	47	30	217	20	25	268	42	64
167	16	7	218	25	17	269	75	74
168	0	6	219	31	29	270	68	96
169	0	8	220	36	66	271	86	61
170	0	8	221	66	40	272	66	0
171	0	2	222	50	13	273	37	0
172	2	17	223	16	24	274	45	37
173	10	28	224	26	50	275	68	96
174	28	31	225	64	23	276	80	97
175	33	30	226	81	20	277	92	96
176	36	0	227	83	11	278	90	97
177	19	10	228	79	23	279	82	96
178	1	18	229	76	31	280	94	81
179	0	16	230	68	24	281	90	85
180	1	3	231	59	33	282	96	65
181	1	4	232	59	3	283	70	96
182	1	5	233	25	7	284	55	95
183	1	6	234	21	10	285	70	96
184	1	5	235	20	19	286	79	96
185	1	3	236	4	10	287	81	71
186	1	4	237	5	7	288	71	60
187	1	4	238	4	5	289	92	65
188	1	6	239	4	6	290	82	63
189	8	18	240	4	6	291	61	47
190	20	51	241	4	5	292	52	37
191	49	19	242	7	5	293	24	0
192	41	13	243	16	28	294	20	7
193	31	16	244	28	25	295	39	48
194	28	21	245	52	53	296	39	54
195	21	17	246	50	8	297	63	58
196	31	21	247	26	40	298	53	31
197	21	8	248	48	29	299	51	24
198	0	14	249	54	39	300	48	40
199	0	12	250	60	42	301	39	0
200	3	8	251	48	18	302	35	18
201	3	22	252	54	51	303	36	16
202	12	20	253	88	90	304	29	17
203	14	20	254	103	84	305	28	21
204	16	17	255	103	85	306	31	15

Tempo	Norm. Velocità %	Norm. Coppia %	Tempo	Norm. Velocità %	Norm. Coppia %	Tempo	Norm. Velocità %	Norm. Coppia %
s			s			s		
307	31	10	358	29	0	409	34	43
308	43	19	359	18	13	410	68	83
309	49	63	360	25	11	411	102	48
310	78	61	361	28	24	412	62	0
311	78	46	362	34	53	413	41	39
312	66	65	363	65	83	414	71	86
313	78	97	364	80	44	415	91	52
314	84	63	365	77	46	416	89	55
315	57	26	366	76	50	417	89	56
316	36	22	367	45	52	418	88	58
317	20	34	368	61	98	419	78	69
318	19	8	369	61	69	420	98	39
319	9	10	370	63	49	421	64	61
320	5	5	371	32	0	422	90	34
321	7	11	372	10	8	423	88	38
322	15	15	373	17	7	424	97	62
323	12	9	374	16	13	425	100	53
324	13	27	375	11	6	426	81	58
325	15	28	376	9	5	427	74	51
326	16	28	377	9	12	428	76	57
327	16	31	378	12	46	429	76	72
328	15	20	379	15	30	430	85	72
329	17	0	380	26	28	431	84	60
330	20	34	381	13	9	432	83	72
331	21	25	382	16	21	433	83	72
332	20	0	383	24	4	434	86	72
333	23	25	384	36	43	435	89	72
334	30	58	385	65	85	436	86	72
335	63	96	386	78	66	437	87	72
336	83	60	387	63	39	438	88	72
337	61	0	388	32	34	439	88	71
338	26	0	389	46	55	440	87	72
339	29	44	390	47	42	441	85	71
340	68	97	391	42	39	442	88	72
341	80	97	392	27	0	443	88	72
342	88	97	393	14	5	444	84	72
343	99	88	394	14	14	445	83	73
344	102	86	395	24	54	446	77	73
345	100	82	396	60	90	447	74	73
346	74	79	397	53	66	448	76	72
347	57	79	398	70	48	449	46	77
348	76	97	399	77	93	450	78	62
349	84	97	400	79	67	451	79	35
350	86	97	401	46	65	452	82	38
351	81	98	402	69	98	453	81	41
352	83	83	403	80	97	454	79	37
353	65	96	404	74	97	455	78	35
354	93	72	405	75	98	456	78	38
355	63	60	406	56	61	457	78	46
356	72	49	407	42	0	458	75	49
357	56	27	408	36	32	459	73	50

Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.
s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia
	%	%		%	%		%	%
460	79	58	511	85	73	562	43	25
461	79	71	512	84	73	563	30	60
462	83	44	513	85	73	564	40	45
463	53	48	514	86	73	565	37	32
464	40	48	515	85	73	566	37	32
465	51	75	516	85	73	567	43	70
466	75	72	517	85	72	568	70	54
467	89	67	518	85	73	569	77	47
468	93	60	519	83	73	570	79	66
469	89	73	520	79	73	571	85	53
470	86	73	521	78	73	572	83	57
471	81	73	522	81	73	573	86	52
472	78	73	523	82	72	574	85	51
473	78	73	524	94	56	575	70	39
474	76	73	525	66	48	576	50	5
475	79	73	526	35	71	577	38	36
476	82	73	527	51	44	578	30	71
477	86	73	528	60	23	579	75	53
478	88	72	529	64	10	580	84	40
479	92	71	530	63	14	581	85	42
480	97	54	531	70	37	582	86	49
481	73	43	532	76	45	583	86	57
482	36	64	533	78	18	584	89	68
483	63	31	534	76	51	585	99	61
484	78	1	535	75	33	586	77	29
485	69	27	536	81	17	587	81	72
486	67	28	537	76	45	588	89	69
487	72	9	538	76	30	589	49	56
488	71	9	539	80	14	590	79	70
489	78	36	540	71	18	591	104	59
490	81	56	541	71	14	592	103	54
491	75	53	542	71	11	593	102	56
492	60	45	543	65	2	594	102	56
493	50	37	544	31	26	595	103	61
494	66	41	545	24	72	596	102	64
495	51	61	546	64	70	597	103	60
496	68	47	547	77	62	598	93	72
497	29	42	548	80	68	599	86	73
498	24	73	549	83	53	600	76	73
499	64	71	550	83	50	601	59	49
500	90	71	551	83	50	602	46	22
501	100	61	552	85	43	603	40	65
502	94	73	553	86	45	604	72	31
503	84	73	554	89	35	605	72	27
504	79	73	555	82	61	606	67	44
505	75	72	556	87	50	607	68	37
506	78	73	557	85	55	608	67	42
507	80	73	558	89	49	609	68	50
508	81	73	559	87	70	610	77	43
509	81	73	560	91	39	611	58	4
510	83	73	561	72	3	612	22	37

Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.
s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia
%	%	%	%	%	%	%	%	%
613	57	69	664	92	72	715	102	64
614	68	38	665	91	72	716	102	69
615	73	2	666	90	71	717	102	68
616	40	14	667	90	71	718	102	70
617	42	38	668	91	71	719	102	69
618	64	69	669	90	70	720	102	70
619	64	74	670	90	72	721	102	70
620	67	73	671	91	71	722	102	62
621	65	73	672	90	71	723	104	38
622	68	73	673	90	71	724	104	15
623	65	49	674	92	72	725	102	24
624	81	0	675	93	69	726	102	45
625	37	25	676	90	70	727	102	47
626	24	69	677	93	72	728	104	40
627	68	71	678	91	70	729	101	52
628	70	71	679	89	71	730	103	32
629	76	70	680	91	71	731	102	50
630	71	72	681	90	71	732	103	30
631	73	69	682	90	71	733	103	44
632	76	70	683	92	71	734	102	40
633	77	72	684	91	71	735	103	43
634	77	72	685	93	71	736	103	41
635	77	72	686	93	68	737	102	46
636	77	70	687	98	68	738	103	39
637	76	71	688	98	67	739	102	41
638	76	71	689	100	69	740	103	41
639	77	71	690	99	68	741	102	38
640	77	71	691	100	71	742	103	39
641	78	70	692	99	68	743	102	46
642	77	70	693	100	69	744	104	46
643	77	71	694	102	72	745	103	49
644	79	72	695	101	69	746	102	45
645	78	70	696	100	69	747	103	42
646	80	70	697	102	71	748	103	46
647	82	71	698	102	71	749	103	38
648	84	71	699	102	69	750	102	48
649	83	71	700	102	71	751	103	35
650	83	73	701	102	68	752	102	48
651	81	70	702	100	69	753	103	49
652	80	71	703	102	70	754	102	48
653	78	71	704	102	68	755	102	46
654	76	70	705	102	70	756	103	47
655	76	70	706	102	72	757	102	49
656	76	71	707	102	68	758	102	42
657	79	71	708	102	69	759	102	52
658	78	71	709	100	68	760	102	57
659	81	70	710	102	71	761	102	55
660	83	72	711	101	64	762	102	61
661	84	71	712	102	69	763	102	61
662	86	71	713	102	69	764	102	58
663	87	71	714	101	69	765	103	58

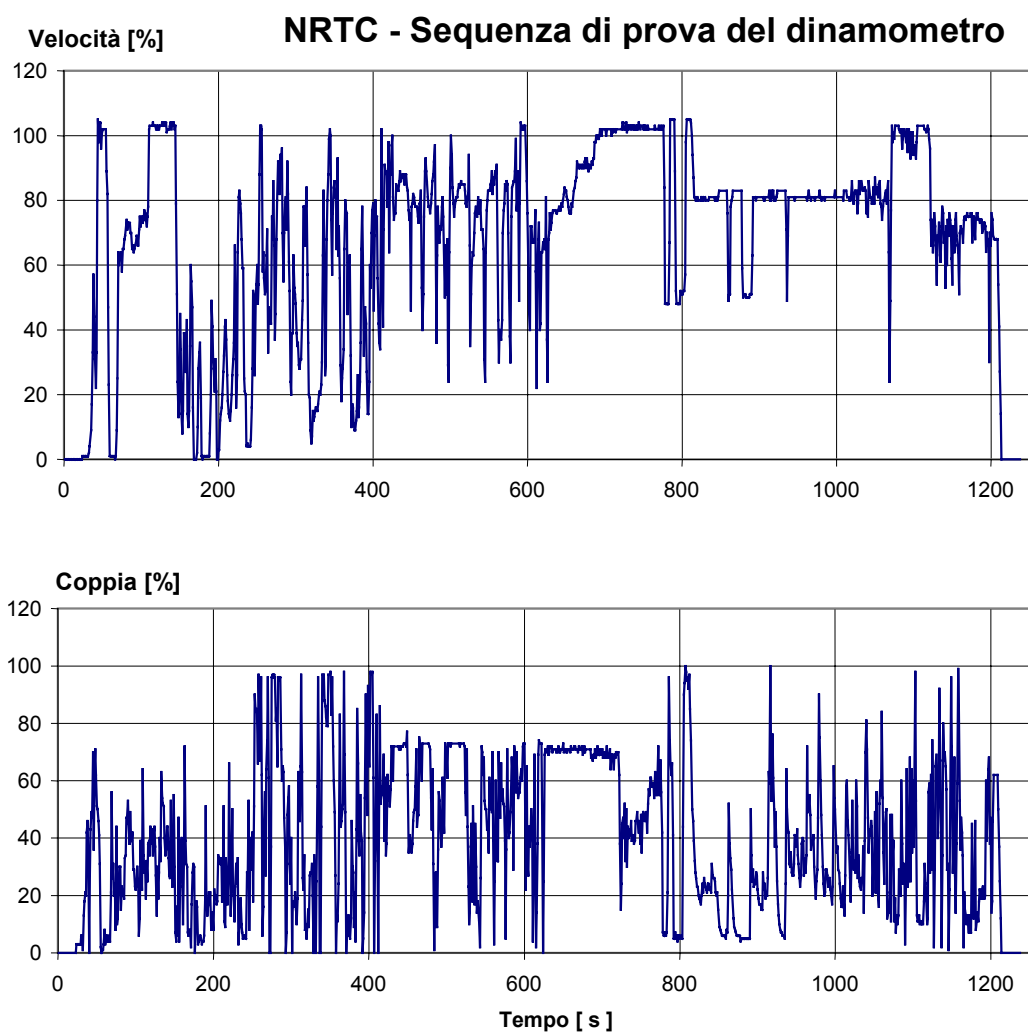
Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.
s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia
%	%	%	%	%	%	%	%	%
766	102	59	817	81	46	868	83	16
767	102	54	818	80	39	869	83	12
768	102	63	819	80	32	870	83	9
769	102	61	820	81	28	871	83	8
770	103	55	821	80	26	872	83	7
771	102	60	822	80	23	873	83	6
772	102	72	823	80	23	874	83	6
773	103	56	824	80	20	875	83	6
774	102	55	825	81	19	876	83	6
775	102	67	826	80	18	877	83	6
776	103	56	827	81	17	878	59	4
777	84	42	828	80	20	879	50	5
778	48	7	829	81	24	880	51	5
779	48	6	830	81	21	881	51	5
780	48	6	831	80	26	882	51	5
781	48	7	832	80	24	883	50	5
782	48	6	833	80	23	884	50	5
783	48	7	834	80	22	885	50	5
784	67	21	835	81	21	886	50	5
785	105	59	836	81	24	887	50	5
786	105	96	837	81	24	888	51	5
787	105	74	838	81	22	889	51	5
788	105	66	839	81	22	890	51	5
789	105	62	840	81	21	891	63	50
790	105	66	841	81	31	892	81	34
791	89	41	842	81	27	893	81	25
792	52	5	843	80	26	894	81	29
793	48	5	844	80	26	895	81	23
794	48	7	845	81	25	896	80	24
795	48	5	846	80	21	897	81	24
796	48	6	847	81	20	898	81	28
797	48	4	848	83	21	899	81	27
798	52	6	849	83	15	900	81	22
799	51	5	850	83	12	901	81	19
800	51	6	851	83	9	902	81	17
801	51	6	852	83	8	903	81	17
802	52	5	853	83	7	904	81	17
803	52	5	854	83	6	905	81	15
804	57	44	855	83	6	906	80	15
805	98	90	856	83	6	907	80	28
806	105	94	857	83	6	908	81	22
807	105	100	858	83	6	909	81	24
808	105	98	859	76	5	910	81	19
809	105	95	860	49	8	911	81	21
810	105	96	861	51	7	912	81	20
811	105	92	862	51	20	913	83	26
812	104	97	863	78	52	914	80	63
813	100	85	864	80	38	915	80	59
814	94	74	865	81	33	916	83	100
815	87	62	866	83	29	917	81	73
816	81	50	867	83	22	918	83	53

Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.
s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia
%	%	%	%	%	%	%	%	%
919	80	76	970	81	39	1 021	82	35
920	81	61	971	81	38	1 022	79	53
921	80	50	972	80	41	1 023	82	30
922	81	37	973	81	30	1 024	83	29
923	82	49	974	81	23	1 025	83	32
924	83	37	975	81	19	1 026	83	28
925	83	25	976	81	25	1 027	76	60
926	83	17	977	81	29	1 028	79	51
927	83	13	978	83	47	1 029	86	26
928	83	10	979	81	90	1 030	82	34
929	83	8	980	81	75	1 031	84	25
930	83	7	981	80	60	1 032	86	23
931	83	7	982	81	48	1 033	85	22
932	83	6	983	81	41	1 034	83	26
933	83	6	984	81	30	1 035	83	25
934	83	6	985	80	24	1 036	83	37
935	71	5	986	81	20	1 037	84	14
936	49	24	987	81	21	1 038	83	39
937	69	64	988	81	29	1 039	76	70
938	81	50	989	81	29	1 040	78	81
939	81	43	990	81	27	1 041	75	71
940	81	42	991	81	23	1 042	86	47
941	81	31	992	81	25	1 043	83	35
942	81	30	993	81	26	1 044	81	43
943	81	35	994	81	22	1 045	81	41
944	81	28	995	81	20	1 046	79	46
945	81	27	996	81	17	1 047	80	44
946	80	27	997	81	23	1 048	84	20
947	81	31	998	83	65	1 049	79	31
948	81	41	999	81	54	1 050	87	29
949	81	41	1 000	81	50	1 051	82	49
950	81	37	1 001	81	41	1 052	84	21
951	81	43	1 002	81	35	1 053	82	56
952	81	34	1 003	81	37	1 054	81	30
953	81	31	1 004	81	29	1 055	85	21
954	81	26	1 005	81	28	1 056	86	16
955	81	23	1 006	81	24	1 057	79	52
956	81	27	1 007	81	19	1 058	78	60
957	81	38	1 008	81	16	1 059	74	55
958	81	40	1 009	80	16	1 060	78	84
959	81	39	1 010	83	23	1 061	80	54
960	81	27	1 011	83	17	1 062	80	35
961	81	33	1 012	83	13	1 063	82	24
962	80	28	1 013	83	27	1 064	83	43
963	81	34	1 014	81	58	1 065	79	49
964	83	72	1 015	81	60	1 066	83	50
965	81	49	1 016	81	46	1 067	86	12
966	81	51	1 017	80	41	1 068	64	14
967	80	55	1 018	80	36	1 069	24	14
968	81	48	1 019	81	26	1 070	49	21
969	81	36	1 020	86	18	1 071	77	48

Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.
s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia
%	%	%	%	%	%	%	%	%
1 072	103	11	1 123	66	62	1 174	76	8
1 073	98	48	1 124	74	29	1 175	76	7
1 074	101	34	1 125	64	74	1 176	67	45
1 075	99	39	1 126	69	40	1 177	75	13
1 076	103	11	1 127	76	2	1 178	75	12
1 077	103	19	1 128	72	29	1 179	73	21
1 078	103	7	1 129	66	65	1 180	68	46
1 079	103	13	1 130	54	69	1 181	74	8
1 080	103	10	1 131	69	56	1 182	76	11
1 081	102	13	1 132	69	40	1 183	76	14
1 082	101	29	1 133	73	54	1 184	74	11
1 083	102	25	1 134	63	92	1 185	74	18
1 084	102	20	1 135	61	67	1 186	73	22
1 085	96	60	1 136	72	42	1 187	74	20
1 086	99	38	1 137	78	2	1 188	74	19
1 087	102	24	1 138	76	34	1 189	70	22
1 088	100	31	1 139	67	80	1 190	71	23
1 089	100	28	1 140	70	67	1 191	73	19
1 090	98	3	1 141	53	70	1 192	73	19
1 091	102	26	1 142	72	65	1 193	72	20
1 092	95	64	1 143	60	57	1 194	64	60
1 093	102	23	1 144	74	29	1 195	70	39
1 094	102	25	1 145	69	31	1 196	66	56
1 095	98	42	1 146	76	1	1 197	68	64
1 096	93	68	1 147	74	22	1 198	30	68
1 097	101	25	1 148	72	52	1 199	70	38
1 098	95	64	1 149	62	96	1 200	66	47
1 099	101	35	1 150	54	72	1 201	76	14
1 100	94	59	1 151	72	28	1 202	74	18
1 101	97	37	1 152	72	35	1 203	69	46
1 102	97	60	1 153	64	68	1 204	68	62
1 103	93	98	1 154	74	27	1 205	68	62
1 104	98	53	1 155	76	14	1 206	68	62
1 105	103	13	1 156	69	38	1 207	68	62
1 106	103	11	1 157	66	59	1 208	68	62
1 107	103	11	1 158	64	99	1 209	68	62
1 108	103	13	1 159	51	86	1 210	54	50
1 109	103	10	1 160	70	53	1 211	41	37
1 110	103	10	1 161	72	36	1 212	27	25
1 111	103	11	1 162	71	47	1 213	14	12
1 112	103	10	1 163	70	42	1 214	0	0
1 113	103	10	1 164	67	34	1 215	0	0
1 114	102	18	1 165	74	2	1 216	0	0
1 115	102	31	1 166	75	21	1 217	0	0
1 116	101	24	1 167	74	15	1 218	0	0
1 117	102	19	1 168	75	13	1 219	0	0
1 118	103	10	1 169	76	10	1 220	0	0
1 119	102	12	1 170	75	13	1 221	0	0
1 120	99	56	1 171	75	10	1 222	0	0
1 121	96	59	1 172	75	7	1 223	0	0
1 122	74	28	1 173	75	13	1 224	0	0

Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.	Tempo	Norm.	Norm.
s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia	s	Velocità	Coppia
	%	%		%	%		%	%
1 225	0	0						
1 226	0	0						
1 227	0	0						
1 228	0	0						
1 229	0	0						
1 230	0	0						
1 231	0	0						
1 232	0	0						
1 233	0	0						
1 234	0	0						
1 235	0	0						
1 236	0	0						
1 237	0	0						
1°238	0	0						

La figura che segue mostra una rappresentazione grafica della sequenza di prova del dinamometro durante il ciclo NRTC



- nell'allegato III è inserita la nuova appendice 5, che recita:

"Appendice 5

Requisiti di durevolezza

1. PERIODO DI DUREVOLEZZA RELATIVO ALLE EMISSIONI E FATTORI DI DETERIORAMENTO

La presente appendice si applica solo ai motori ad accensione spontanea nelle fasi IIIA e IIIB.

* * * * *

- 1.1.** Per tutte le famiglie di motori delle fasi IIIA e IIIB il costruttore determina un fattore di deterioramento (*Deterioration Factor* - DF) per ciascun inquinante regolamentato. I DF sono utilizzati per l'omologazione e per le prove di linea di produzione.

- 1.1.1** Le prove per la determinazione dei DF devono essere eseguite come indicato di seguito.

- 1.1.1.1** Il costruttore esegue la prova di durata per accumulare ore di funzionamento del motore secondo un programma di prove elaborate in base a criteri di buona pratica ingegneristica e rappresentative del funzionamento del motore in condizioni d'uso sotto il profilo del deterioramento del livello delle emissioni. La prova di durata deve rappresentare generalmente l'equivalente di almeno un quarto del periodo di durevolezza relativo alle emissioni (*Emission Durability Period* - EDP).

Le ore di funzionamento possono essere accumulate su banco dinamometrico o in condizioni di normale impiego della macchina. È possibile eseguire prove di durata accelerate, caratterizzate da un programma di prove di accumulo di ore di funzionamento eseguite con un fattore di carico più elevato di quello caratteristico delle normali condizioni d'uso. Il fattore di accelerazione che mette in relazione il numero di ore della prova di durata del motore con il numero equivalente di ore dell'EDP viene determinato dal costruttore del motore in base a criteri di buona pratica ingegneristica.

Nel periodo di effettuazione della prova di durata nessun componente in grado di incidere sulle emissioni può essere riparato o sostituito al di fuori del consueto programma di manutenzione raccomandato dal costruttore.

Il motore di prova, i sottosistemi o i componenti da usare per determinare i DF delle emissioni di scarico per una famiglia di motori, o per famiglie di motori dotate di una tecnologia equivalente per quanto concerne il sistema di controllo delle emissioni, vengono selezionati dal costruttore in base a criteri di buona pratica ingegneristica. Il motore sottoposto a prova deve essere rappresentativo delle caratteristiche di deterioramento delle emissioni delle famiglie di motori alle quali verranno applicati i risultanti DF ai fini della certificazione. Motori caratterizzati da differenze nell'alesaggio e nella corsa, nella configurazione, nei sistemi di alimentazione aria e combustibile possono essere considerati equivalenti sotto il profilo delle

caratteristiche di deterioramento delle emissioni se tale equivalenza è suffragata da valide argomentazioni tecniche.

È possibile applicare i valori di DF di un altro costruttore se vi sono validi motivi per ritenere le tecnologie equivalenti sotto il profilo del deterioramento delle emissioni e se si è in grado di dimostrare che le prove sono state effettuate secondo le apposite prescrizioni.

Le prove relative alle emissioni vengono effettuate secondo i procedimenti definiti nella presente direttiva per il motore di prova, dopo il rodaggio iniziale ma prima di ogni accumulo di ore di funzionamento e una volta ultimata la prova di durata. Le prove relative alle emissioni possono essere inoltre effettuate a scadenze periodiche nel periodo delle prove di accumulo di ore di funzionamento; i valori ottenuti possono essere utilizzati per determinare l'andamento del deterioramento.

1.1.1.2 Le autorità competenti per il rilascio dell'omologazione non devono assistere alle prove di accumulo di ore di funzionamento e alle prove volte a determinare il deterioramento dei livelli delle emissioni.

1.1.1.3 Determinazione dei fattori di deterioramento sulla base delle prove relative alla durevolezza

Un fattore di deterioramento è detto "DF additivo" se ottenuto sottraendo il valore delle emissioni determinato all'inizio dell'EDP dal valore delle emissioni relativo alla fine dell'EDP.

Un fattore di deterioramento è detto "DF moltiplicativo" se ottenuto dividendo il livello delle emissioni relativo alla fine dell'EDP per il valore delle emissioni registrato all'inizio dell'EDP.

Per ciascuno degli inquinanti le cui emissioni sono soggette a limitazioni di legge deve essere stabilito un distinto fattore di deterioramento. Il valore di un DF additivo relativo al limite $\text{NO}_x + \text{HC}$ è determinato in base alla somma degli inquinanti, a prescindere dal fatto che un valore negativo di deterioramento per un inquinante possa non compensare il deterioramento intervenuto per l'altro. Per un DF moltiplicativo relativo a $\text{NO}_x + \text{HC}$ occorre determinare separatamente il DF per gli HC e per gli NO_x ; tali valori vanno applicati separatamente 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 l'osservanza dello standard.

Se le prove non vengono svolte nell'intero EDP, i valori delle emissioni alla fine di quest'ultimo sono determinati estrapolando all'intero EDP l'andamento del deterioramento delle emissioni stabilito per il periodo di prova

Se i risultati delle prove sulle emissioni sono stati raccolti a scadenze periodiche nel corso della prova di durata di accumulo di ore di funzionamento, occorre applicare tecniche standard di elaborazione statistica sulla base delle buone pratiche per determinare i livelli delle emissioni al termine dell'EDP. Nella determinazione dei valori definitivi relativi alle emissioni è possibile applicare prove di significatività statistica.

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

- 1.1.1.4 Previa approvazione dell'autorità che rilascia l'omologazione, un costruttore può utilizzare valori di DF risultanti da prove di durata svolte al fine di ottenere valori di DF per la certificazione di motori HD (*Heavy Duty*) ad accensione per compressione per macchine stradali. Tale utilizzo sarà consentito se vi è equivalenza tecnologica tra le famiglie di appartenenza del motore stradale sottoposto alle prove e del motore non stradale cui si applicano i valori del DF per la certificazione. I valori di DF ricavati dalle prove di durevolezza relative alle emissioni effettuate sui motori stradali devono essere calcolati sulla base dei valori dell'EDP indicati al punto 2.
- 1.1.1.5 Se una famiglia di motori utilizza una tecnologia consolidata, in sostituzione delle prove può essere svolta un'analisi secondo buona pratica ingegneristica per determinare un fattore di deterioramento per la famiglia di motori in questione, a condizione che l'autorità di omologazione approvi tale procedura.

1.2 Informazioni sui DF nelle domande di omologazione

- 1.2.1 Nelle domande di certificazione relative a famiglie di motori ad accensione spontanea che non fanno uso di dispositivi di post-trattamento devono essere indicati i DF additivi per ciascun inquinante.
- 1.2.2 Nelle domande di certificazione relative a famiglie di motori ad accensione spontanea che fanno uso di dispositivi di post-trattamento devono essere indicati i DF moltiplicativi per ciascun inquinante.
- 1.2.3 Su richiesta, il costruttore è tenuto a fornire all'autorità di omologazione informazioni atte a dimostrare la fondatezza dei valori di DF. La documentazione in questione comprende generalmente i risultati delle prove di emissione, i programmi di prove di accumulo di ore di funzionamento, le procedure di manutenzione ed eventualmente informazioni atte a corroborare la valutazione ingegneristica dell'equivalenza tecnologica.

2. PERIODI DI DUREVOLEZZA RELATIVI ALLE EMISSIONI PER I MOTORI DELLA FASE IIIA E IIIB

2.1. I costruttori sono tenuti a utilizzare la tabella 1 riportata di seguito.

Tabella 1. Categorie EDP per i motori ad accensione spontanea della fase IIIA e IIIB (ore)

Categoria (fascia di potenza)	Vita utile (ore) EDP
≤ 37 kW (motori a velocità costante)	3 000
≤ 37 kW (motori a velocità non costante)	5 000
> 37 kW	8 000
Motori per le navi della navigazione interna	10 000

4. L'ALLEGATO V È MODIFICATO COME SEGUE:

- i titoli attuali sono sostituiti dai seguenti:

"CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CARBURANTE DI RIFERIMENTO PER LE PROVE DI OMOLOGAZIONE E PER VERIFICARE LA CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE";

"CARBURANTE DI RIFERIMENTO PER MACCHINE MOBILI NON STRADALI - MOTORI AD ACCENSIONE SPONTANEA OMOLOGATI PER SODDISFARE I VALORI LIMITE DELLA FASE I, II E IIIA E MOTORI DA USARE NELLE NAVI DELLA NAVIGAZIONE INTERNA";

- sono inseriti i seguenti titoli e tabelle dopo l'attuale tabella sui combustibili di riferimento per i motori diesel:

**"CARBURANTE DI RIFERIMENTO PER MACCHINE MOBILI NON STRADALI -
MOTORI AD ACCENSIONE SPONTANEA OMOLOGATI PER SODDISFARE I
VALORI LIMITE DELLA FASE IIIB**

Parametro	Unità	Limiti ⁽¹⁾		Metodo di prova
		Minimo	Massimo	
Numero di cetano ⁽²⁾			54,0	EN-ISO 5165
Densità a 15 °C	kg/m ³	833	837	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 occlusione filtro freddo (CFPP)	°C	-	-5	EN 116
Viscosità a 40 °C	mm ² /s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Idrocarburi aromatici policiclici	% m/m	3,0	6,0	IP 391
Tenore di zolfo ⁽³⁾	mg/kg	-	10	ASTM D 5453
Corrosione del rame		-	classe 1	EN-ISO 2160
Carbonio Conradson sul 10% di residuo	% m/m	-	0,2	EN-ISO 10370
Tenore in ceneri	% m/m	-	0,01	EN-ISO 6245

Parametro	Unità	Limiti ⁽¹⁾		Metodo di prova
		Minimo	Massimo	
Tenore in acqua	% m/m	-	0,02	EN-ISO 12937
Indice di neutralizzazione (acido forte)	mg KOH/g	-	0,02	ASTM D 974
Stabilità all'ossidazione ⁽⁴⁾	mg/ml	-	0,025	EN-ISO 12205
Potere lubrificante (indice di usura HFRR a 60 °C)	µm	-	400	CEC F-06-A-96

Parametro	Unità	Limiti ⁽¹⁾		Metodo di prova
		Minimo	Massimo	
FAME	vietato			

⁽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 questo accorgimento, necessario per ragioni tecniche, il produttore di un carburante deve cercare di ottenere un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R e il valore medio nel caso siano indicati limiti minimi e massimi. In caso di dubbi sulla conformità di un carburante alle specifiche si applicano le disposizioni della norma ISO 4259.

⁽²⁾ La forcella del numero di cetano non è conforme alla prescrizione che impone una forcella minima di 4R; tuttavia, in caso di controversia tra il fornitore e il consumatore del carburante, si può applicare la norma ISO 4259, eseguendo misurazioni ripetute fino ad acquisire la necessaria precisione invece di ricorrere ad una determinazione unica.

⁽³⁾ Indicare l'effettivo tenore di zolfo del carburante utilizzato per la prova di tipo I.

⁽⁴⁾ Anche se la stabilità all'ossidazione è controllata, è probabile che la durata di conservazione a magazzino sia limitata. Per le condizioni e la durata di immagazzinaggio chiedere istruzioni al fornitore.";

5. L'APPENDICE 1 DELL'ALLEGATO VII È SOSTITUITA DAL TESTO SEGUENTE:

"Appendice 1

RISULTATI DELLE PROVE PER I MOTORI AD ACCENSIONE SPONTANEA

RISULTATI DELLE PROVE

1. INFORMAZIONI RELATIVE ALL'ESECUZIONE DELLA PROVA NRSC¹

1.1. Carburante di riferimento utilizzato per le prove

1.1.1. Numero di cetano:

1.1.2. Tenore di zolfo:

1.1.3. Densità:

1.2. Lubrificante

1.2.1. Marca/marche:

1.2.2. Tipo/tipi:.....

(indicare la percentuale di olio nella miscela se il lubrificante e il carburante sono miscelati)

1.3. Apparecchiatura azionata dal motore (se applicabile)

1.3.1. Elenco e dettagli di identificazione:

1.3.2. Potenza assorbita ai regimi del motore indicati (secondo quanto specificato dal costruttore):

Apparecchiatura	Potenza P_{AE} (kW) assorbita a vari regimi del motore (¹) tenendo conto dell'appendice 3 del presente allegato	
	Intermedia (se applicabile)	Nominale
Totale		

(¹) Non deve essere maggiore del 10% della potenza misurata durante la prova.

¹ Se i motori capostipite sono più di uno, indicare i risultati per ciascuno di essi.

1.4. Prestazioni del motore

1.4.1. Regimi del motore:

Minimo:giri al minuto

Intermedio:giri al minuto

Nominale:giri al minuto

1.4.2. Potenza motore¹

	Regolazione della potenza (kW) a vari regimi del motore	
Condizione	Intermedia (se applicabile)	Nominale
Potenza massima misurata durante la prova (P_M) (kW) (a)		
Potenza totale assorbita dall'apparecchiatura azionata dal motore conformemente al punto 1.3.2 della presenta appendice o al punto 3.1 dell'allegato III (P_{AE}) (kW) (b)		
Potenza netta del motore specificata nel punto 2.4 dell'allegato I (kW) (c)		
$c = a + b$		

1.5. Livelli di emissione

1.5.1. Regolazione del dinamometro (kW)

	Regolazione del dinamometro (kW) a vari regimi del motore	
Carico percentuale	Intermedia (se applicabile)	Nominale
10 (se applicabile)		
25 (se applicabile)		
50		
75		
100		

¹ Potenza non corretta, misurata conformemente al punto 2.4 dell'allegato I.

1.5.2. Risultati delle emissioni nella prova NRSC:

CO:g/kWh

HC:g/kWh

NO_x:g/kWh

NMHC+NO_x:g/kWh

Particolato:g/kWh

1.5.3. Sistema di campionamento utilizzato per la prova NRSC:

1.5.3.1. Emissioni gassose¹:.....

1.5.3.2. Particolato¹:.....

1.5.3.2.1. Metodo²: filtro singolo/multiplo

2. INFORMAZIONI RELATIVE ALL'ESECUZIONE DELLA PROVA NRTC³

2.1. Risultati delle emissioni nella prova NRTC:

CO:g/kWh

NMHC:g/kWh

NO_x:g/kWh

Particolato:g/kWh

NMHC+NO_x :g/kWh

2.2. Sistema di campionamento utilizzato per la prova NRTC:

Emissioni gassose⁽¹⁾:.....

Particolato⁽¹⁾:.....

Metodo⁽²⁾: filtro singolo/multiplo";

6. L'ALLEGATO XII È MODIFICATO COME SEGUE:

- è aggiunta la nuova sezione 3 che recita:

"3. Per le categorie di motori H, I e J (fase IIIA) e K, L e M (fase IIIB) definite all'articolo 9, paragrafo 3, le seguenti omologazioni e, se del caso, i relativi

¹ Indicare le figure secondo i numeri definiti nell'allegato VI, punto 1.

² Cancellare la dicitura inutile.

³ Se i motori capostipite sono più di uno, indicare i risultati per ciascuno di essi.

marchi di omologazione sono riconosciuti equivalenti a un'omologazione concessa ai sensi della presente direttiva:

- 3.1 le omologazioni rilasciate a norma della direttiva 88/77/CEE, modificata dalla direttiva 99/96/CE, conformi alle fasi B1, B2 o C di cui all'articolo 2 e all'allegato I, punto 6.2.1;
- 3.2 regolamento ECE/ONU n. 49, serie 03 di modifiche, conformi alle fasi B1, B2 e C di cui al punto 5.2.";

"ALLEGATO II

"Allegato VI

SISTEMA ANALITICO E DI CAMPIONAMENTO

1. SISTEMI DI CAMPIONAMENTO PER SOSTANZE GASSOSE E PARTICOLATO

Figura n.	Descrizione
2	Sistema di analisi del gas di scarico grezzo
3	Sistema di analisi del gas di scarico diluito
4	Campionamento frazionario a flusso parziale, flusso isocinetico, controllo tramite ventola di aspirazione
5	Campionamento frazionario a flusso parziale, flusso isocinetico, controllo tramite ventola di pressione
6	Campionamento frazionario a flusso parziale, controllo tramite CO ₂ o NO _x
7	Campionamento totale a flusso parziale, CO ₂ o bilancio carbonio
8	Campionamento frazionario a flusso parziale, Venturi singolo e misura della concentrazione
9	Campionamento frazionario a flusso parziale, Venturi gemelli od orifici gemelli e misura della concentrazione
10	Campionamento frazionario a flusso parziale, suddivisione su tubi multipli e misura della concentrazione
11	Campionamento totale a flusso parziale, controllo di flusso
12	Campionamento frazionario a flusso parziale, controllo di flusso
13	Campionamento frazionario a flusso pieno, pompa volumetrica o Venturi a portata critica
14	Sistema di campionamento del particolato
15	Sistema di diluizione per il sistema a flusso pieno.

1.1. Determinazione delle emissioni gassose

Il punto 1.1.1 e le figure 2 e 3 contengono la descrizione dettagliata dei sistemi di campionamento e analisi raccomandati. Poiché varie configurazioni possono fornire risultati equivalenti, non è richiesta una stretta conformità a queste figure. Si possono utilizzare componenti addizionali, come strumenti, valvole, solenoidi, pompe e interruttori, per ottenere informazioni supplementari e coordinare le funzioni dei sistemi componenti. Altri componenti che non sono necessari per mantenere la precisione di alcuni sistemi possono essere esclusi se la loro esclusione è basata su un giudizio di buona ingegneristica.

1.1.1. Componenti gassosi dello scarico CO, CO₂, HC, NO_x

Viene descritto un sistema d'analisi per la determinazione delle emissioni gassose nel gas di scarico grezzo o diluito in base all'uso di:

- analizzatore HFID per la misura degli idrocarburi;
- analizzatore NDIR per la misura del monossido di carbonio e del biossido di carbonio;
- analizzatore HCLD o equivalente per la misura degli ossidi d'azoto.

Per il gas di scarico grezzo (vedi figura 2), il campione può essere prelevato per tutti i componenti con una sonda di campionamento o con due sonde di campionamento disposte in stretta vicinanza e suddiviso internamente verso i differenti analizzatori. Occorre evitare che si verifichino condensazioni dei componenti dello scarico (inclusi acqua e acido solforico) in un qualsiasi punto del sistema d'analisi.

Per il gas di scarico diluito (vedi figura 3), il campione per gli idrocarburi deve essere prelevato con una sonda differente dalla sonda di campionamento utilizzata per gli altri componenti. Occorre evitare che si verifichino condensazioni dei componenti dello scarico (inclusi acqua e acido solforico) in un qualsiasi punto del sistema d'analisi.

Figura 2

Schema di flusso del sistema di analisi del gas di scarico per CO, NO_x e HC

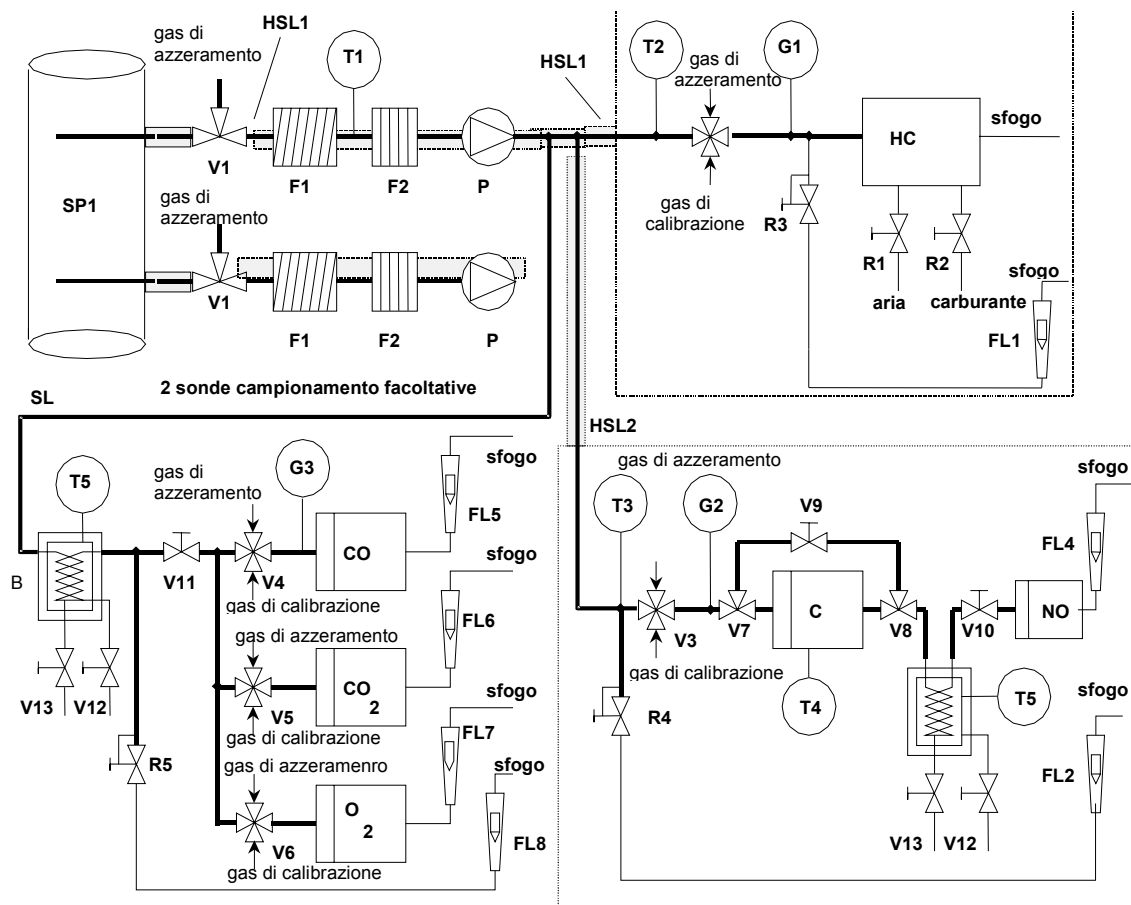
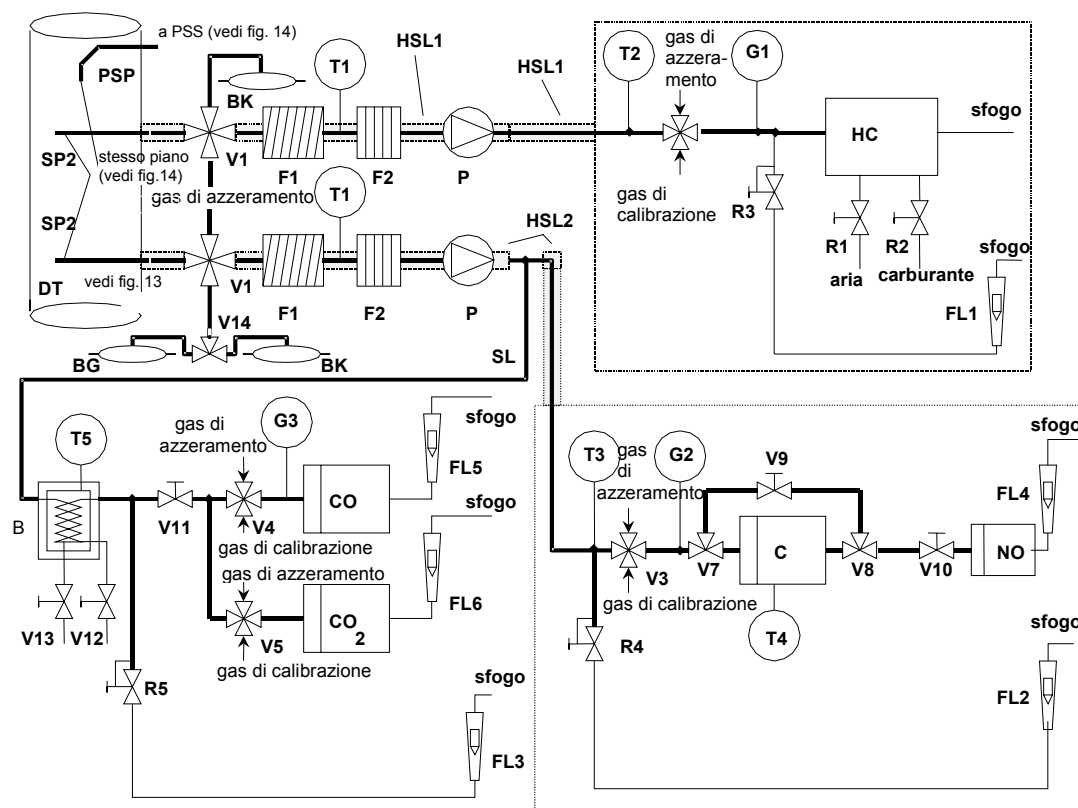


Figura 3

Schema di flusso del sistema di analisi del gas di scarico diluito per CO, CO₂, NO_x e HC



Descrizioni - Figure 2 e 3

Nota generale:

Tutti i componenti sul percorso del gas prelevato devono essere mantenuti alla temperatura specificata per i rispettivi sistemi.

- Sonda di campionamento del gas di scarico grezzo SP1 (solo figura 2)

Si raccomanda una sonda diritta di acciaio inossidabile con l'estremità chiusa e a fori multipli. Il diametro interno non deve essere maggiore del diametro interno della linea di campionamento. Lo spessore della parete della sonda non deve superare 1 mm. Prevedere almeno tre fori in differenti piani radiali, dimensionati in modo da campionare flussi approssimativamente uguali. La sonda deve coprire almeno l'80% del diametro del tubo di scarico.

- Sonda di campionamento di HC del gas di scarico diluito SP2 (solo figura 3)

La sonda deve:

- essere definita come primo tratto, lungo da 254 a 762 mm, della linea di campionamento degli idrocarburi (HSL3);
- avere un diametro interno di almeno 5 mm;

- essere installata nel tunnel di diluizione DT (punto 1.2.1.2) in un punto in cui l'aria di diluizione e il gas di scarico sono ben miscelati (cioè circa 10 diametri del tunnel a valle del punto in cui lo scarico entra nel tunnel di diluizione);
- essere sufficientemente distante (radialmente) da altre sonde e dalla parete del tunnel per non subire influenze di scie o elementi vorticosi;
- essere riscaldata in modo da innalzare la temperatura della corrente gassosa a $463\text{ K } (190\text{ }^{\circ}\text{C}) \pm 10\text{ K}$ all'uscita della sonda.
- *Sonda di campionamento di CO, CO₂, NO_x del gas di scarico diluito SP3 (solo figura 3)*

La sonda deve:

- essere nello stesso piano di SP2;
- essere sufficientemente distante (radialmente) da altre sonde e dalla parete del tunnel per non subire influenze di scie o elementi vorticosi;
- essere isolata e riscaldata sulla sua intera lunghezza ad una temperatura non inferiore a $328\text{ K } (55\text{ }^{\circ}\text{C})$ per impedire la condensazione dell'acqua.
- *Linea di campionamento riscaldata HSL1*

La linea di campionamento fornisce il gas prelevato da una singola sonda al punto/i di divisione e all'analizzatore HC.

La linea di campionamento deve:

- avere un diametro interno non inferiore a 5 mm e non superiore a 13,5 mm;
- essere di acciaio inossidabile o PTFE;
- mantenere una temperatura di parete di $463\text{ K } (190\text{ }^{\circ}\text{C}) \pm 10\text{ K}$, misurata su ciascuna sezione riscaldata separatamente controllata, se la temperatura del gas di scarico sulla sonda di campionamento è uguale o inferiore a $463\text{ K } (190\text{ }^{\circ}\text{C})$;
- mantenere una temperatura di parete maggiore di $453\text{ K } (180\text{ }^{\circ}\text{C})$ se la temperatura del gas di scarico sulla sonda di campionamento è superiore a $463\text{ K } (190\text{ }^{\circ}\text{C})$;
- mantenere una temperatura del gas di $463\text{ K } (190\text{ }^{\circ}\text{C}) \pm 10\text{ K}$ immediatamente a monte del filtro riscaldato (F2) e dell'analizzatore HFID.
- *Linea di campionamento degli NO_x riscaldata HSL2*

La linea di campionamento deve:

- mantenere una temperatura di parete da $328\text{ a } 473\text{ K } (55\text{-}200\text{ }^{\circ}\text{C})$ fino al convertitore, se si usa un bagno di raffreddamento, o fino all'analizzatore, se non si usa il bagno di raffreddamento;
- essere di acciaio inossidabile o PTFE;

Poiché la linea di campionamento deve essere riscaldata solo allo scopo di impedire la condensazione dell'acqua e dell'acido solforico, la temperatura della linea di campionamento dipenderà dal tenore di zolfo del carburante.

- *Linea di campionamento per CO (CO₂) SL*

La linea deve essere fatta di PTFE o acciaio inossidabile e può essere riscaldata o non riscaldata.

- *Sacco campionamento del fondo BK (facoltativo; solo figura 3)*

Per la misura delle concentrazioni di fondo.

- *Sacco del campione BG (facoltativo; figura 3, solo CO e CO₂)*

Per la misura delle concentrazioni del campione.

- *Prefiltro riscaldata F1 (facoltativo)*

La temperatura deve essere uguale a quella di HSL1.

- *Filtro riscaldata F2*

Il filtro deve estrarre eventuali particelle solide dal campione di gas prima dell'analizzatore. La temperatura deve essere uguale a quella di HSL1. Cambiare il filtro quando necessario.

- *Pompa di campionamento riscaldata P*

La pompa deve essere riscaldata alla temperatura di HSL1.

- *HC*

Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldata (HFID) per la determinazione degli idrocarburi. La temperatura deve essere mantenuta tra 453 e 473 K (180-200 °C).

- *CO, CO₂*

Analizzatori NDIR per la determinazione del monossido di carbonio e del biossido di carbonio.

- *NO₂*

Analizzatore (H)CLD per la determinazione degli ossidi d'azoto. Se si utilizza un HCLD, mantenerlo ad una temperatura da 328 a 473 K (55-200 °C).

- *Convertitore C*

Usare un convertitore per la riduzione catalitica di NO₂ a NO prima dell'analisi nel CLD o HCLD.

- *Bagno di raffreddamento B*

Per raffreddare e condensare l'acqua dal campione di gas di scarico. Il bagno deve essere mantenuto ad una temperatura da 273 a 277 K (0-4 °C) mediante ghiaccio o mediante refrigerazione. Questo bagno è facoltativo se l'analizzatore non subisce interferenza dal vapore acqueo, come determinato nell'allegato III, appendice 2, punti 1.9.1 e 1.9.2.

Non sono ammessi essiccatori chimici per rimuovere l'acqua dal campione.

- *Sensori di temperatura T1, T2, T3*

Per il controllo della temperatura della corrente gassosa.

- *Sensore di temperatura T4*

Temperatura del convertitore NO₂-NO.

- *Sensore di temperatura T5*

Per il controllo della temperatura del bagno di raffreddamento.

- *Manometri G1, G2, G3*

Per la misura della pressione nelle linee di campionamento.

- *Regolatori di pressione R1, R2*

Per il controllo della pressione dell'aria e del carburante, rispettivamente, per l'HFID.

- *Regolatori di pressione R3, R4, R5*

Per il controllo della pressione nelle linee di campionamento e nella corrente che fluisce verso gli analizzatori.

- *Flussimetri FL1, FL2, FL3*

Per il controllo del flusso nel bypass del campione.

- *Flussimetri da FL4 a FL7 (facoltativi)*

Per il controllo della portata attraverso gli analizzatori.

- *Valvole di selezione V1-V6*

Valvolame adatto per selezionare il flusso di gas campione, gas di calibrazione o gas di azzeramento all'analizzatore.

- *Valvole a solenoide V7, V8*

Per bypassare il convertitore NO₂-NO.

- *Valvola ad ago V9*

Per bilanciare il flusso attraverso il convertitore NO₂-NO e il bypass.

- *Valvole ad ago V10, V11*

Per la regolazione dei flussi agli analizzatori.

- *Valvole a scatto V12, V13*

Per il drenaggio della condensa dal bagno B.

- *Valvola selettiva V14*

Per la selezione tra sacco del campione e sacco del fondo.

1.2. Determinazione del particolato

I punti 1.2.1 e 1.2.2 e le figure da 4 a 15 contengono la descrizione dettagliata dei sistemi di diluizione e campionamento raccomandati. Poiché varie configurazioni possono fornire risultati equivalenti, non è richiesta una stretta conformità a queste figure. Si possono utilizzare componenti addizionali, come strumenti, valvole, solenoidi, pompe e interruttori, per ottenere informazioni supplementari e coordinare le funzioni dei sistemi componenti. Altri componenti che non sono necessari per mantenere la precisione di alcuni sistemi possono essere esclusi se la loro esclusione è basata su un giudizio di buona pratica ingegneristica.

1.2.1. Sistema di diluizione

1.2.1.1. Sistema di diluizione a flusso parziale (figure da 4 a 12)¹

Viene descritto un sistema di diluizione basato sulla diluizione di una parte della corrente di gas di scarico. La divisione della corrente di gas di scarico e il successivo processo di diluizione possono essere effettuati mediante sistemi di diluizione di diverso tipo. Per la successiva raccolta del particolato, si può trasferire al sistema di campionamento del particolato l'intero gas di scarico diluito o solo una frazione dello stesso (punto 1.2.2, figura 14). Il primo metodo è detto *metodo di campionamento totale*, il secondo *metodo di campionamento frazionario*.

Il calcolo del rapporto di diluizione dipende dal tipo di sistema usato.

Sono raccomandati i tipi seguenti.

- *Sistemi isocinetici (figure 4 e 5)*

Con questi sistemi, il flusso che entra nel condotto di trasferimento deve concordare con il flusso principale di gas di scarico per quanto riguarda la velocità e/o la pressione del gas e pertanto richiede un flusso uniforme e regolare del gas di scarico in corrispondenza della sonda di campionamento. Normalmente ciò viene ottenuto utilizzando un risonatore e un condotto di avvicinamento rettilineo a monte del punto di campionamento. Il rapporto di divisione viene poi calcolato in base a valori facilmente misurabili, come i diametri dei tubi. Si noti che le condizioni isocinetiche vengono usate solo per far concordare le condizioni di

¹ Le figure da 4 a 12 mostrano diversi tipi di sistemi di diluizione a flusso parziale che possono essere generalmente usati per la prova in regime stazionario (NRSC); tuttavia, a causa dei vincoli molto rigorosi della prova in regime transitorio, per quest'ultima sono ammessi solo sistemi di diluizione a flusso parziale (figure da 4 a 12) che soddisfano tutte le prescrizioni riportate al punto 2.4 dell'allegato III, appendice 1, nella parte intitolata "Specifiche del sistema di diluizione a flusso parziale".

flusso, ma non la distribuzione delle dimensioni. Tipicamente questa ultima condizione non è necessaria perché il particolato è sufficientemente piccolo da seguire i filetti fluidi.

- *Sistemi a controllo di flusso con misura della concentrazione* (figure da 6 a 10)

Con questi sistemi si preleva un campione dalla massa della corrente di gas di scarico regolando il flusso dell'aria di diluizione e il flusso totale del gas di scarico diluito. Il rapporto di diluizione viene determinato dalle concentrazioni di gas traccianti, come CO_2 o NO_x , presenti naturalmente nello scarico del motore. Vengono misurate le concentrazioni nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione, mentre la concentrazione nel gas di scarico grezzo può essere misurata direttamente o determinata in base al flusso di carburante e all'equazione del bilancio del carbonio, se è nota la composizione del carburante. I sistemi possono essere controllati in base al rapporto di diluizione calcolato (figure 6 e 7) oppure in base al flusso entrante nel condotto di trasferimento (figure 8, 9 e 10).

- *Sistemi a controllo di flusso con misura del flusso* (figure 11 e 12)

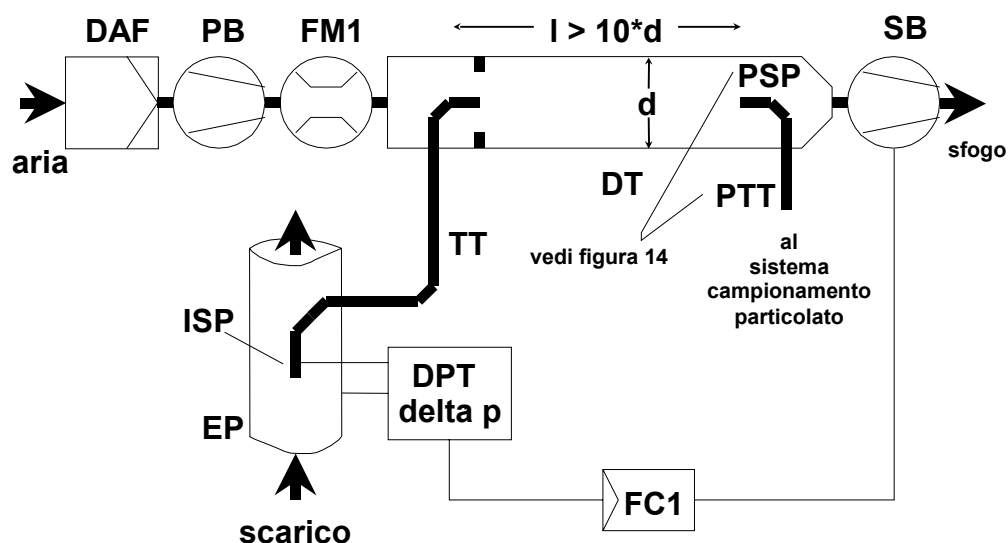
Con questi sistemi si preleva un campione dalla massa della corrente di gas di scarico fissando la portata dell'aria di diluizione e la portata totale del gas di scarico diluito. Il rapporto di diluizione viene determinato in base alla differenza delle due portate. Occorre un'accurata taratura dei due flussimetri uno rispetto all'altro perché la grandezza relativa delle due portate può essere causa di errori significativi a rapporti di diluizione superiori (figura 9 e successive). Il controllo del flusso è immediato se si mantiene costante la portata dello scarico diluito e si varia la portata dell'aria di diluizione, se necessario.

Al fine di realizzare i vantaggi dei sistemi di diluizione a flusso parziale occorre evitare i potenziali problemi di perdita di particolato nel condotto di trasferimento, assicurando che dallo scarico del motore venga prelevato un campione rappresentativo; è inoltre necessario determinare il rapporto di divisione.

Nei sistemi descritti questi punti critici sono attentamente considerati.

Figura 4

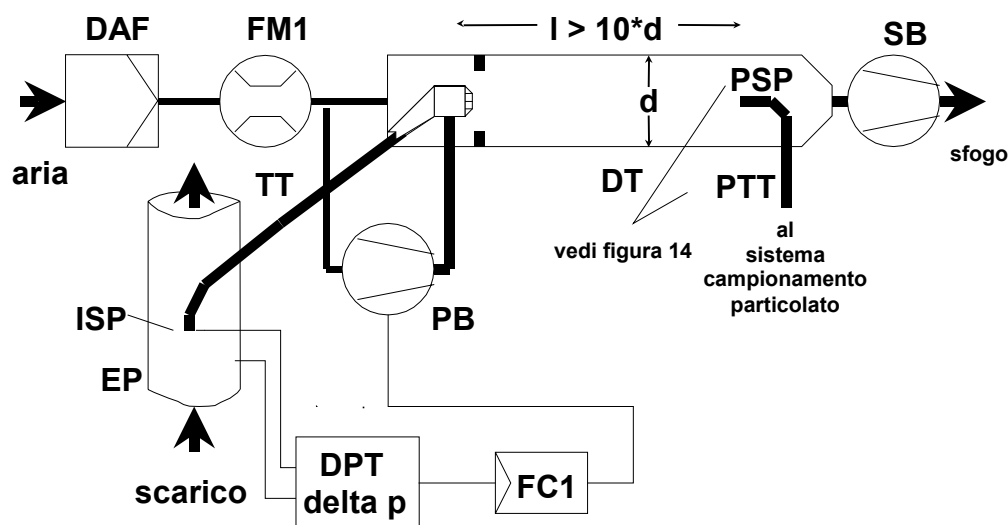
Sistema di diluizione a flusso parziale con sonda isocinetica e campionamento frazionario (controllo tramite SB)



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico a EP e poi al tunnel di diluizione DT attraverso il condotto di trasferimento TT mediante la sonda di campionamento isocinetico ISP. La pressione differenziale del gas di scarico tra il condotto di scarico e l'ingresso della sonda viene misurata con il trasduttore di pressione DPT. Questo segnale viene trasmesso al controllore di flusso FC1 che controlla la ventola di aspirazione SB in modo da mantenere una pressione differenziale di zero sulla punta della sonda. In queste condizioni, le velocità dei gas di scarico in EP e ISP sono uguali e il flusso attraverso ISP e TT è una frazione (divisione) costante del flusso di gas di scarico. Il rapporto di divisione è determinato dalle aree delle sezioni trasversali di EP e ISP. La portata dell'aria di diluizione viene misurata con il dispositivo di misurazione del flusso FM1. Il rapporto di diluizione è calcolato in base alla portata dell'aria di diluizione e al rapporto di divisione.

Figura 5

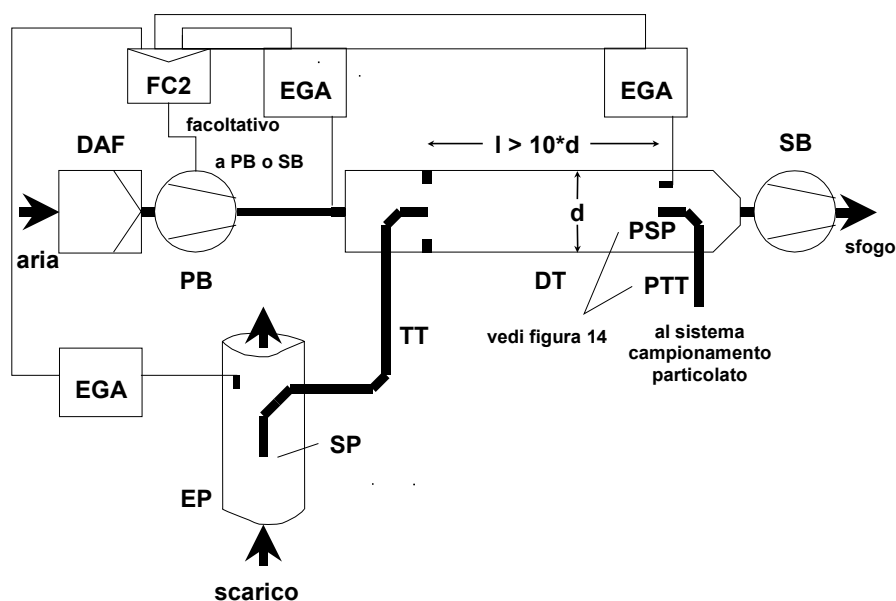
Sistema di diluizione a flusso parziale con sonda isocinetica e campionamento frazionario (controllo tramite PB)



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT attraverso il condotto di trasferimento TT mediante la sonda di campionamento isocinetico ISP. La pressione differenziale del gas di scarico tra il condotto di scarico e l'ingresso della sonda viene misurata con il trasduttore di pressione DPT. Questo segnale viene trasmesso al controllore di flusso FC1 che controlla la ventola a pressione PB per mantenere una pressione differenziale di zero sulla punta della sonda. Questo si effettua prelevando una piccola frazione dell'aria di diluizione, la cui portata è già stata misurata con il dispositivo di misurazione del flusso FM1, e alimentandola a TT mediante un orificio pneumatico. In queste condizioni, le velocità dei gas di scarico in EP e ISP sono uguali e il flusso attraverso ISP e TT è una frazione (divisione) costante del flusso di gas di scarico. Il rapporto di divisione è determinato dalle aree delle sezioni trasversali di EP e ISP. L'aria di diluizione viene aspirata attraverso DT mediante la ventola di aspirazione SB e la portata viene misurata con FM1 all'ingresso di DT. Il rapporto di diluizione è calcolato in base alla portata dell'aria di diluizione e al rapporto di divisione.

Figura 6

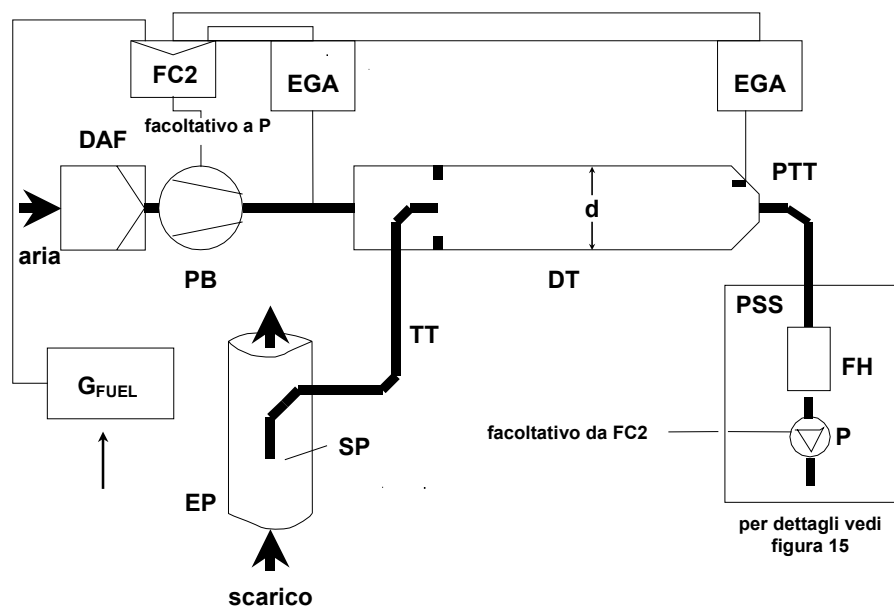
Sistema di diluizione a flusso parziale con misura della concentrazione di CO₂ o NO_x e campionamento frazionario



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT. Le concentrazioni di un gas tracciante (CO₂ o NO_x) vengono misurate nel gas di scarico grezzo e in quello diluito e inoltre nell'aria di diluizione con l'analizzatore/i dei gas di scarico EGA. Questi segnali vengono trasmessi al controllore di flusso FC2 che controlla la ventola di pressione PB o la ventola di aspirazione SB per mantenere in DT i rapporti di divisione dello scarico e di diluizione desiderati. Il rapporto di diluizione viene calcolato dalle concentrazioni del gas tracciante nel gas di scarico grezzo, nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione.

Figura 7

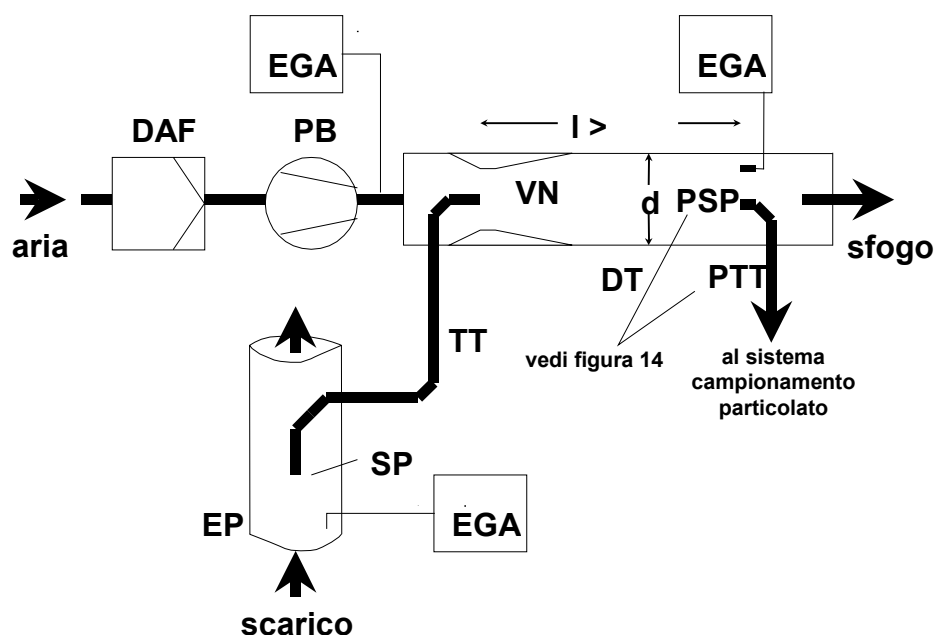
Sistema di diluizione a flusso parziale con misura della concentrazione di CO_2 , bilancio del carbonio e campionamento totale



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT. Le concentrazioni di CO_2 vengono misurate nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione con l'analizzatore/i dei gas di scarico EGA. I segnali di CO_2 e di flusso di carburante G_{FUEL} vengono trasmessi al controllore di flusso FC2 o al controllore di flusso FC3 del sistema di campionamento del particolato (vedi figura 14). FC2 controlla la ventola di pressione PB, mentre FC3 controlla il sistema di campionamento del particolato (vedi figura 14), aggiustando in questo modo i flussi in ingresso e in uscita del sistema in modo da mantenere in DT i rapporti di divisione dello scarico e di diluizione desiderati. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base alle concentrazioni di CO_2 e a G_{FUEL} assumendo valido il bilancio del carbonio.

Figura 8

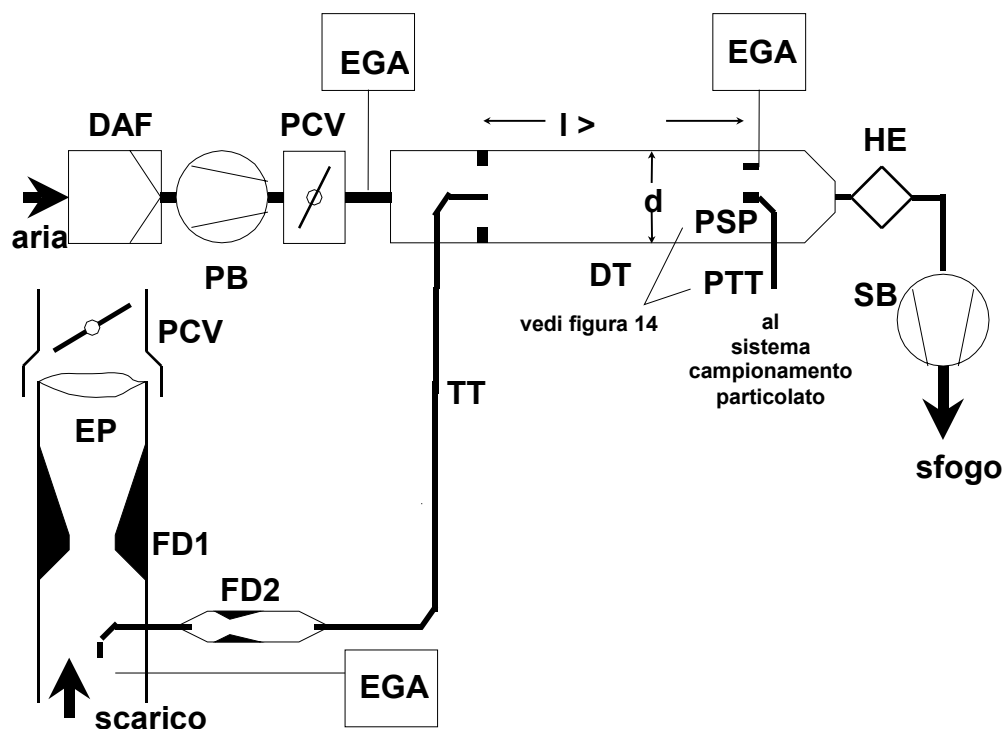
Sistema di diluizione a flusso parziale con Venturi singolo, misura della concentrazione e campionamento frazionario



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT grazie alla pressione negativa creata dal tubo di Venturi VN in DT. La portata del gas attraverso TT dipende dallo scambio di quantità di moto nella zona del tubo di Venturi ed è pertanto influenzata dalla temperatura assoluta del gas all'uscita di TT. Di conseguenza, la divisione dello scarico per una data portata nel tunnel non è costante e il rapporto di diluizione a basso carico è leggermente inferiore di quello a carico elevato. Le concentrazioni del gas tracciante (CO_2 o NO_x) vengono misurate nel gas di scarico grezzo, nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione con l'analizzatore/i del gas di scarico EGA e il rapporto di diluizione viene calcolato in base ai valori così misurati.

Figura 9

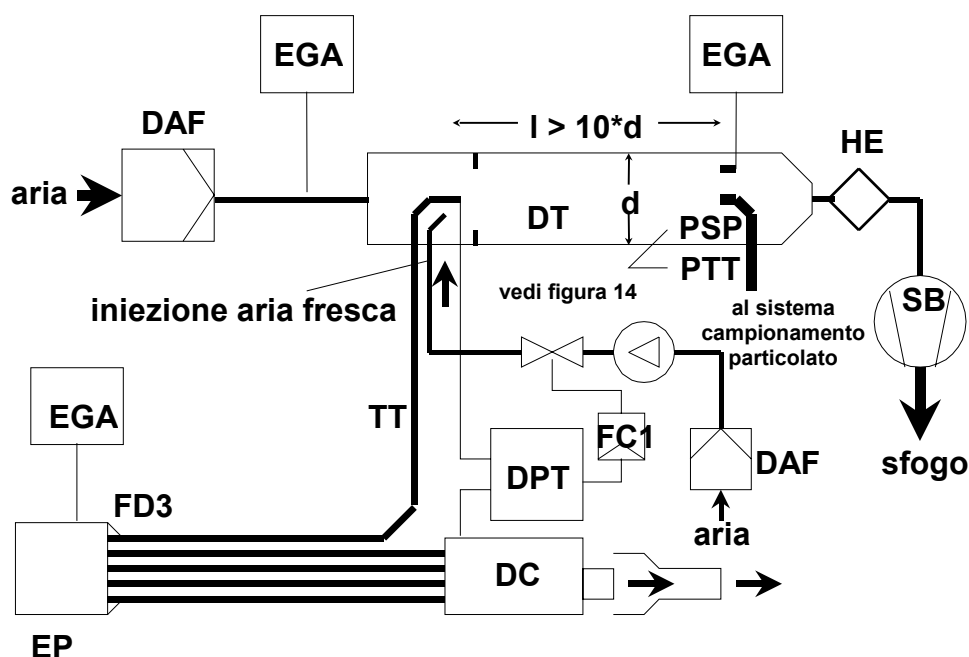
Sistema di diluizione a flusso parziale con Venturi gemelli o orifici gemelli, misura della concentrazione e campionamento frazionario



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT mediante un divisore di flusso che contiene una serie di orifici o tubi di Venturi. Il primo (FD1) è disposto in EP, il secondo (FD2) in TT. In aggiunta occorrono due valvole di controllo della pressione (PCV1 e PCV2) per mantenere una divisione costante dello scarico mediante il controllo della contropressione in EP e della pressione in DT. PCV1 è disposta a valle di SP in EP, PCV2 è disposta tra la ventola di pressione PB e DT. Le concentrazioni del gas tracciante (CO_2 o NO_x) vengono misurate nel gas di scarico grezzo, nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione con l'analizzatore/i dei gas di scarico EGA. Queste concentrazioni sono necessarie per controllare la divisione dello scarico e possono essere utilizzate per regolare PCV1 e PCV2 ai fini di un controllo preciso della divisione. Il rapporto di diluizione è calcolato in base alle concentrazioni del gas tracciante.

Figura 10

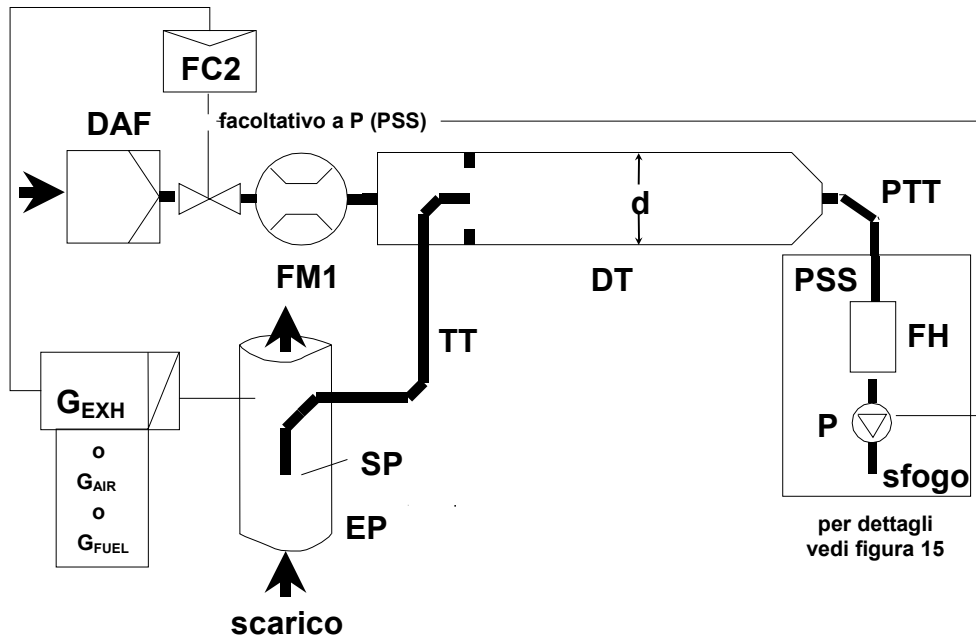
Sistema di diluizione a flusso parziale con divisione a tubi multipli, misura della concentrazione e campionamento frazionario



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT attraverso il condotto di trasferimento TT mediante il divisore di flusso FD3 che è costituito da un certo numero di tubi delle stesse dimensioni (diametro, lunghezza e raggio del letto uguali) installati in EP. Il gas di scarico che passa attraverso uno di questi tubi viene inviato a DT e il gas di scarico che passa attraverso il resto dei tubi viene fatto passare attraverso la camera di attenuazione DC. La divisione dello scarico è perciò determinata dal numero totale di tubi. Un controllo costante della divisione richiede una pressione differenziale pari a zero tra DC e l'uscita di TT, che viene misurata con il trasduttore di pressione differenziale DPT. Si ottiene una pressione differenziale di zero iniettando aria fresca in DT all'uscita di TT. Le concentrazioni del gas tracciante (CO_2 o NO_x) vengono misurate nel gas di scarico grezzo, nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione con l'analizzatore/i dei gas di scarico EGA. Queste concentrazioni sono necessarie per controllare la divisione dello scarico e possono essere utilizzate per controllare la portata dell'aria di iniezione ai fini di un preciso controllo della divisione. Il rapporto di diluizione è calcolato in base alle concentrazioni del gas tracciante.

Figura 11

Sistema di diluizione a flusso parziale con controllo del flusso e campionamento totale

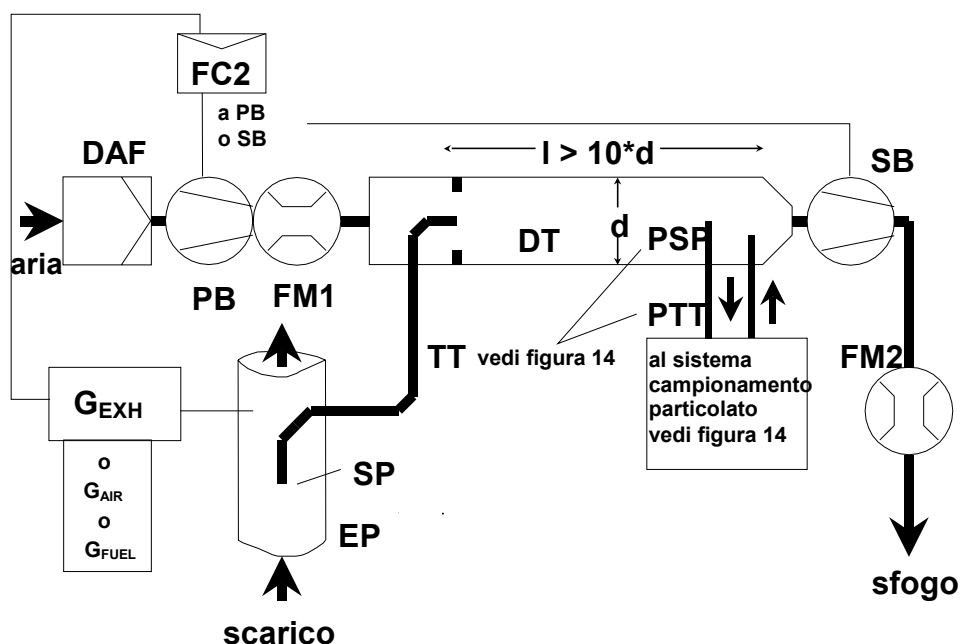


Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT. Il flusso totale attraverso il tunnel viene regolato con il controllore di flusso FC3 e la pompa di campionamento P del sistema di campionamento del particolato (vedi figura 16).

La portata dell'aria di diluizione viene controllata mediante il controllore di flusso FC2, che può utilizzare G_{EXH} , G_{AIR} o G_{FUEL} come segnale di comando, per ottenere la divisione dello scarico desiderata. Il flusso del campione in DT è la differenza tra la portata totale e la portata dell'aria di diluizione. La portata dell'aria di diluizione viene misurata con il dispositivo di misurazione del flusso FM1, la portata totale con il dispositivo di misurazione del flusso FM3 del sistema di campionamento del particolato (vedi figura 14). Il rapporto di diluizione viene calcolato in base a queste due portate.

Figura 12

Sistema di diluizione a flusso parziale con controllo del flusso e campionamento frazionario



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT. La divisione dello scarico e il flusso entrante in DT vengono controllati mediante il controllore di flusso FC2 che regola le portate (o velocità) della ventola di pressione PB e della ventola di aspirazione SB. Ciò è possibile perché il campione prelevato con il sistema di campionamento del particolato viene rinviato in DT. Come segnali di comando per FC2 si possono utilizzare G_{EXH} , G_{AIR} o G_{FUEL} . La portata dell'aria di diluizione viene misurata con il dispositivo di misurazione del flusso FM1, il flusso totale con il dispositivo di misurazione del flusso FM2. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base a queste due portate.

Descrizione - Figure da 4 a 12

- *Condotto di scarico EP*

Il condotto di scarico può essere isolato. Per ridurre l'inerzia termica del condotto di scarico, si raccomanda un rapporto dello spessore sul diametro uguale o inferiore a 0,015. L'uso di sezioni flessibili deve essere limitato ad un rapporto lunghezza su diametro uguale o inferiore a 12. Minimizzare le curve per ridurre la deposizione per inerzia. Se il sistema include un silenziatore del banco di prova, anche il silenziatore può essere isolato.

Per un sistema isocinetico, il condotto di scarico non deve avere gomiti, curve né cambiamenti bruschi di diametro per almeno sei diametri del condotto a monte e tre diametri del condotto a valle della punta della sonda. La velocità del gas nella zona di campionamento deve essere maggiore di 10 m/s, salvo al minimo. Le oscillazioni di pressione del gas di scarico non devono superare in media ± 500 Pa. Qualsiasi misura attuata per ridurre le oscillazioni di pressione a parte l'utilizzo di un sistema di scarico del tipo a telaio (includente il silenziatore e il dispositivo di post-trattamento)

non deve modificare le prestazioni del motore né provocare la deposizione di particolato.

Per sistemi senza sonde isocinetiche, usare un condotto rettilineo di sei diametri del condotto a monte e tre diametri del condotto a valle della punta della sonda.

- *Sonda di campionamento SP (figure da 6 a 12)*

Il diametro interno minimo è 4 mm. Il rapporto minimo tra i diametri del condotto di scarico e della sonda è quattro. La sonda deve essere un condotto aperto rivolto verso monte sull'asse del condotto di scarico, oppure una sonda a fori multipli come descritto sotto SP1 nel punto 1.1.1.

- *Sonda di campionamento isocinetico ISP (figure 4 e 5)*

La sonda di campionamento isocinetico deve essere installata rivolta verso monte sull'asse del condotto di scarico dove sono rispettate le condizioni di flusso indicate nella sezione EP e progettata in modo da assicurare un campione proporzionale del gas di scarico grezzo. Il diametro interno minimo è di 12 mm.

È necessario un sistema di controllo per la divisione isocinetica dello scarico mantenendo una pressione differenziale di zero tra EP e ISP. In queste condizioni le velocità dei gas di scarico in EP e ISP sono identiche e il flusso di massa attraverso ISP è una frazione costante del flusso del gas di scarico. L'ISP deve essere collegata ad un trasduttore di pressione differenziale. Per fornire una pressione differenziale pari a zero tra EP e ISP si agisce sulla velocità della ventola o sul controllore di flusso.

- *Divisori di flusso FD1, FD2 (figura 9)*

Nel condotto di scarico EP e nel condotto di trasferimento TT, rispettivamente, è installata una serie di tubi di Venturi o di orifici allo scopo di ottenere un campione proporzionale del gas di scarico grezzo. Per la divisione proporzionale mediante il controllo delle pressioni in EP e DT è necessario un sistema di controllo costituito da due valvole di controllo della pressione PCV1 e PCV2.

- *Divisore di flusso FD3 (figura 10)*

Nel condotto di scarico EP è installata una serie di tubi (unità a tubi multipli) che forniscono un campione proporzionale del gas di scarico grezzo. Uno dei tubi immette il gas di scarico nel tunnel di diluizione DT, mentre gli altri tubi trasferiscono il gas di scarico in una camera di attenuazione DC. I tubi devono avere le stesse dimensioni (diametro, lunghezza e raggio di curvatura uguali) in modo che la divisione dello scarico dipenda dal numero totale di tubi. Un sistema di controllo provvede alla divisione proporzionale mantenendo una pressione differenziale pari a zero tra l'uscita dell'unità a tubi multipli in DC e l'uscita di TT. In queste condizioni le velocità dei gas di scarico in EP e FD3 sono proporzionali e il flusso TT è una frazione costante del flusso di gas di scarico. I due punti devono essere collegati ad un trasduttore di pressione differenziale DPT. Il controllo per assicurare una pressione differenziale pari a zero è assicurato dal controllore di flusso FC1.

- *Analizzatore dei gas di scarico EGA (figure da 6 a 10)*

Si possono utilizzare analizzatori di CO₂ o NO_x (con il metodo del bilancio del carbonio solo CO₂). Gli analizzatori devono essere calibrati come gli analizzatori per la misura delle emissioni gassose. Si possono usare uno o più analizzatori per determinare le differenze di concentrazione.

La precisione dei sistemi di misurazione deve essere tale che la precisione di $G_{EDFW,i}$ rientri nel $\pm 4\%$.

- *Condotto di trasferimento TT (figure da 4 a 12)*

Il condotto di trasferimento del campione di particolato deve:

- essere il più breve possibile e comunque non più lungo di 5 m;
- avere un diametro uguale o maggiore di quello della sonda, ma non superiore a 25 mm;
- uscire sulla linea mediana del tunnel di diluizione e rivolto verso valle.

Se la lunghezza del tubo è di 1 metro o inferiore, il condotto deve essere isolato con materiale avente una conducibilità termica non superiore a 0,05 W/(m · K) con uno spessore radiale dell'isolamento pari al diametro della sonda. Se il condotto è più lungo di 1 m, deve essere isolato e riscaldato ad una temperatura minima di parete di 523 K (250 °C).

In alternativa, le temperature di parete del condotto di trasferimento richieste possono essere determinate attraverso normali calcoli di trasmissione del calore.

- *Trasduttore di pressione differenziale DPT (figure 4, 5 e 10)*

Il trasduttore di pressione differenziale deve coprire un intervallo di ± 500 Pa o meno.

- *Controllore di flusso FCI (figure 4, 5 e 10)*

Per i sistemi isocinetici (figure 4 e 5) è necessario un controllore di flusso per mantenere una pressione differenziale pari a zero tra EP e ISP. La regolazione può essere effettuata mediante:

a) controllo della velocità o della portata sulla ventola di aspirazione (SB) e mantenimento di una costante velocità della ventola di pressione (PB) durante ciascuna modalità (figura 4);

o:

b) regolazione della ventola di aspirazione (SB) su una portata di massa costante dello scarico diluito e controllo della portata sulla ventola di pressione PB, e quindi del flusso del campione di gas di scarico, in una regione all'estremità del condotto di trasferimento (TT) (figura 5).

Nel caso di un sistema a controllo di pressione, l'errore residuo nell'anello di regolazione non deve superare i ± 3 Pa. Le oscillazioni di pressione nel tunnel di diluizione non devono essere in media superiori a ± 250 Pa.

Per un sistema a tubi multipli (figura 10) è necessario un controllore di flusso per la divisione proporzionale dello scarico allo scopo di mantenere una pressione differenziale di zero tra l'uscita dell'unità a tubi multipli e l'uscita di TT. L'aggiustamento può essere effettuato controllando la portata nell'aria di iniezione in DT all'uscita di TT.

- *Valvole di controllo pressione PCV1, PCV2 (figura 9)*

Occorrono due valvole di controllo della pressione per il sistema a Venturi gemelli od orifici gemelli per la divisione proporzionale del flusso mediante controllo della contropressione di EP e della pressione in DT. Le valvole devono essere disposte a valle di SP e EP e tra PB e DT.

- *Camera di attenuazione DC (figura 10)*

Installare una camera di attenuazione all'uscita dell'unità a tubi multipli per minimizzare le oscillazioni di pressione nel condotto di scarico EP.

- *Venturi VN (figura 8)*

Nel tunnel di diluizione DT è installato un tubo di Venturi per creare una pressione negativa nella regione all'uscita del condotto di trasferimento TT. La portata di gas attraverso TT è determinata dallo scambio di quantità di moto nella zona del tubo di Venturi ed è fondamentalmente proporzionale alla portata della ventola di pressione PB che porta ad un rapporto di diluizione costante. Poiché lo scambio di quantità di moto è influenzato dalla temperatura all'uscita di TT e dalla differenza di pressione tra EP e DT, l'effettivo rapporto di diluizione è leggermente inferiore a basso carico che a carico elevato.

- *Controllore di flusso FC2 (figure 6, 7, 11 e 12; facoltativo)*

Si può usare un controllore di flusso per controllare la portata della ventola di pressione PB e/o della ventola di aspirazione SB. Il controllore può essere collegato al segnale del flusso di scarico o al segnale del flusso di carburante e/o al segnale differenziale di CO₂ o NO_x.

Quando si immette aria pressurizzata (figura 11), FC2 controlla direttamente il flusso d'aria.

- *Dispositivo di misura del flusso FM1 (figure 6, 7, 11 e 12)*

Contatore di gas o altra strumentazione di flusso per misurare il flusso dell'aria di diluizione. FM1 è facoltativo se PB è tarato per misurare il flusso.

- *Dispositivo di misura del flusso FM2 (figura 12)*

Contatore di gas o altra strumentazione di misura del flusso per misurare il flusso di gas di scarico diluito. FM2 è facoltativo se la ventola di aspirazione SB è tarata per misurare il flusso.

- *Ventola di pressione PB (figure 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 12)*

Per il controllo della portata d'aria di diluizione, PB può essere collegata ai controllori di flusso FC1 o FC2. PB non è richiesta se si usa una valvola a farfalla. PB può essere usata per misurare il flusso dell'aria di diluizione, se tarata.

- *Ventola di aspirazione SB (figure 4, 5, 6, 9, 10 e 12)*

Solo per sistemi di campionamento frazionario. SB può essere usata per misurare il flusso di gas di scarico diluito, se tarata.

- *Filtro dell'aria di diluizione DAF (figure da 4 a 12)*

Si raccomanda di filtrare l'aria di diluizione e di depurarla su carbone vegetale per eliminare gli idrocarburi di fondo. L'aria di diluizione deve avere una temperatura di $298\text{ K } (25\text{ °C}) \pm 5\text{ K}$.

Su richiesta del fabbricante, l'aria di diluizione deve essere prelevata secondo buona pratica ingegneristica per determinare i livelli di fondo del particolato, che possono poi essere sottratti dai valori misurati nello scarico diluito.

- *Sonda di campionamento del particolato PSP (figure 4, 5, 6, 8, 9, 10 e 12)*

La sonda è la sezione iniziale di PTT e

- deve essere installata rivolta verso monte in un punto in cui l'aria di diluizione e il gas di scarico sono ben miscelati, cioè sull'asse del tunnel di diluizione DT dei sistemi di diluizione, approssimativamente a 10 diametri del tunnel a valle del punto in cui lo scarico entra nel tunnel di diluizione;
- deve avere un diametro interno non inferiore a 12 mm;
- può essere riscaldata ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto oppure mediante preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione degli scarichi nel tunnel di diluizione;
- può essere isolata.
- *Tunnel di diluizione DT (figure da 4 a 12)*

Il tunnel di diluizione:

- deve essere di lunghezza sufficiente a provocare un miscelamento completo dello scarico e dell'aria di diluizione in condizioni di flusso turbolento;
- deve essere costruito in acciaio inossidabile con:
 - un rapporto spessore su diametro non superiore a 0,025 per tunnel con diametro interno maggiore di 75 mm;

- uno spessore nominale della parete non inferiore a 1,5 mm per tunnel di diluizione di diametro interno uguale o inferiore a 75 mm;
- deve avere un diametro di almeno 75 mm per il tipo a campionamento frazionario;
- dovrebbe avere un diametro di almeno 25 mm per il tipo a campionamento totale;
- può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto oppure mediante preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione degli scarichi nel tunnel di diluizione;
- può essere isolato.

Lo scarico del motore deve essere accuratamente miscelato con l'aria di diluizione. Per sistemi a campionamento frazionario, la qualità della miscelazione deve essere controllata dopo la messa in servizio mediante un profilo di CO₂ del tunnel con il motore in funzione (almeno quattro punti di misura equidistanti). Se necessario, si può usare un orificio di miscelazione.

Nota: Se la temperatura ambiente in prossimità del tunnel di diluizione (DT) è inferiore a 293 K (20 °C), occorrono precauzioni per evitare perdite di particolato sulle pareti fredde del tunnel di diluizione. Si raccomanda pertanto di riscaldare e/o isolare il tunnel entro i limiti indicati.

Ad elevati carichi del motore, il tunnel può essere raffreddato mediante mezzi non aggressivi, come una ventola di circolazione, purché la temperatura del fluido di raffreddamento non sia inferiore a 293 K (20 °C).

- *Scambiatore di calore HE (figure 9 e 10)*

Lo scambiatore di calore deve avere una capacità sufficiente per mantenere la temperatura all'ingresso della ventola di aspirazione SB entro un intervallo di ± 11 K dalla temperatura di funzionamento media osservata durante la prova.

1.2.1.2. Sistema di diluizione a flusso pieno (figura 13)

Viene descritto un sistema di diluizione basato sulla diluizione dello scarico totale in base al concetto di campionamento a volume costante (CVS). Si deve misurare il volume totale della miscela di gas di scarico e aria di diluizione. Si può utilizzare un sistema PDP, CFV o SSV.

Per la successiva raccolta del particolato, trasferire un campione del gas di scarico diluito al sistema di campionamento del particolato (punto 1.2.2, figure 14 e 15). Se l'operazione viene effettuata direttamente, si parla di diluizione singola. Se il campione viene diluito ancora una volta nel tunnel di diluizione secondaria, si parla di "doppia diluizione", utile quando non è possibile rispettare il requisito di temperatura sulla faccia del filtro con la diluizione singola. Benché si tratti in parte di un sistema di diluizione, il sistema di doppia diluizione è descritto come modifica di un sistema di campionamento del particolato nel punto 1.2.2, figura 15, perché le sue componenti sono in gran parte comuni a quelle di un tipico sistema di campionamento del particolato.

campionamento proporzionale del particolato e per la determinazione del flusso. Poiché la determinazione della massa di particolato è basata sul flusso totale di gas di scarico diluito, non occorre calcolare il rapporto di diluizione.

- *Pompa volumetrica PDP*

La PDP misura il flusso totale di gas di scarico diluito in base al numero di giri della pompa e alla sua cilindrata. La contropressione del sistema di scarico non deve essere abbassata artificialmente dalla PDP o dal sistema di immissione dell'aria di diluizione. La contropressione statica allo scarico, misurata con il sistema CVS in funzione, deve rimanere in un intervallo di $\pm 1,5$ kPa intorno alla pressione statica misurata senza collegamento al CVS a pari velocità di rotazione e carico del motore.

La temperatura della miscela gassosa immediatamente a monte del PDP deve essere pari alla temperatura media di funzionamento osservata durante la prova, senza compensazione di flusso, ± 6 K.

La compensazione di flusso può essere usata solo se la temperatura all'entrata della PDP non supera i 323 K (50 °C).

- *Venturi a portata critica CFV*

Il CFV misura il flusso totale di scarico diluito mantenendo il flusso nelle condizioni strozzate (portata critica). La contropressione statica allo scarico misurata con il sistema CFV in funzione deve rimanere in un intervallo di $\pm 1,5$ kPa della pressione statica misurata senza collegamento al CFV a pari velocità di rotazione e carico del motore. La temperatura della miscela gassosa immediatamente a monte del CFV deve essere pari alla temperatura media di funzionamento osservata durante la prova, senza compensazione di flusso, ± 11 K.

- *Tubo di Venturi subsonico SSV*

Il SSV misura il flusso totale di gas di scarico diluito in funzione della pressione e della temperatura d'ingresso nonché della caduta di pressione tra l'ingresso e la gola del SSV. La contropressione statica allo scarico misurata con il sistema SSV in funzione deve rimanere in un intervallo di $\pm 1,5$ kPa della pressione statica misurata senza collegamento al SSV a pari velocità di rotazione e carico del motore. La temperatura della miscela gassosa immediatamente a monte del SSV deve essere pari alla temperatura media di funzionamento osservata durante la prova, senza compensazione di flusso, ± 11 K.

- *Scambiatore di calore HE (facoltativo se si usa EFC)*

Lo scambiatore di calore deve avere una capacità sufficiente a mantenere la temperatura entro i limiti sopraindicati.

- *Compensazione elettronica del flusso EFC (facoltativa se si usa HE)*

Se la temperatura all'ingresso della PDP, del CFV o del SSV non viene mantenuta entro i limiti sopraindicati, occorre utilizzare un sistema di compensazione del flusso per la misura continua della portata e per il controllo del campionamento proporzionale nel sistema per la determinazione del

particolato. A questo scopo si usano i segnali di portata misurati in continuo per correggere la portata del campione attraverso i filtri del particolato del sistema di campionamento del particolato (vedi figure 14 e 15).

- *Tunnel di diluizione DT*

Il tunnel di diluizione:

- deve essere di diametro sufficientemente piccolo da provocare un flusso turbolento (numero di Reynolds maggiore di 4 000) e di lunghezza sufficiente a provocare una miscelazione completa del gas di scarico con l'aria di diluizione. Si può usare un orificio di miscelazione;
- deve avere un diametro non inferiore a 75 mm;
- può essere isolato.

I gas di scarico del motore devono essere diretti a valle del punto in cui vengono introdotti nel tunnel di diluizione e accuratamente miscelati.

Quando si utilizza la diluizione singola, un campione prelevato dal tunnel di diluizione viene trasferito al sistema di campionamento del particolato (punto 1.2.2, figura 14). La portata della PDP, del CFV o del SSV deve essere sufficiente a mantenere lo scarico diluito ad una temperatura uguale o inferiore a 325 K (52 °C) immediatamente prima del filtro principale del particolato.

Quando si usa la doppia diluizione, un campione prelevato dal tunnel di diluizione viene trasferito al tunnel di diluizione secondaria dove viene ulteriormente diluito e poi fatto passare attraverso i filtri di campionamento (punto 1.2.2, figura 15). La portata della PDP, del CFV o del SSV deve essere sufficiente a mantenere la corrente di gas di scarico diluiti nel DT ad una temperatura uguale o inferiore a 464 K (191 °C) in corrispondenza della zona di campionamento. Il sistema di diluizione secondaria deve assicurare un'aria di diluizione secondaria sufficiente per mantenere la corrente di gas di scarico diluita due volte ad una temperatura uguale o inferiore a 325 K (52 °C) immediatamente prima del filtro principale del particolato.

- *Filtro dell'aria di diluizione DAF*

Si raccomanda di filtrare l'aria di diluizione e di depurarla su carbone vegetale per eliminare gli idrocarburi di fondo. L'aria di diluizione deve avere una temperatura di 298 K (25 °C) $\pm$ 5 K. Su richiesta del fabbricante l'aria di diluizione deve essere prelevata secondo buona pratica ingegneristica per determinare i livelli di fondo del particolato, che possono poi essere sottratti dai valori misurati nello scarico diluito.

- *Sonda di campionamento del particolato PSP*

La sonda è la sezione iniziale di PTT e

- deve essere installata rivolta verso monte in un punto in cui l'aria di diluizione e il gas di scarico sono ben miscelati, cioè sull'asse del tunnel di diluizione DT dei sistemi di diluizione, approssimativamente a

10 diametri del tunnel a valle del punto in cui lo scarico entra nel tunnel di diluizione;

- deve avere un diametro interno non inferiore a 12 mm;
- può essere riscaldata ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto oppure mediante preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione degli scarichi nel tunnel di diluizione;
- può essere isolata.

1.2.2. Sistema di campionamento del particolato (figure 14 e 15)

Il sistema di campionamento del particolato è necessario per raccogliere il particolato sul filtro del particolato. Nel caso di diluizione a flusso parziale e campionamento totale, che consiste nel far passare l'intero campione di gas di scarico diluito attraverso i filtri, il sistema di diluizione (punto 1.2.1.1, figure 7 e 11) e di campionamento formano usualmente un'unità integrata. Nel caso della diluizione a flusso parziale con campionamento frazionario o della diluizione a flusso pieno, che consiste nel far passare attraverso i filtri solo una frazione del gas di scarico diluito, i sistemi di diluizione (punto 1.2.1.1, figure 4, 5, 6, 8, 9, 10 e 12 e punto 1.2.1.2, figura 13) e di campionamento costituiscono generalmente unità differenti.

Nella presente direttiva il sistema di doppia diluizione DDS (figura 15) di un sistema di diluizione a flusso pieno è considerato una modifica specifica di un sistema di campionamento del particolato tipico come illustrato nella figura 14. Il sistema di doppia diluizione include tutte le parti importanti del sistema di campionamento del particolato, come portafiltri e pompa di campionamento, e in aggiunta alcuni dispositivi di diluizione, come una fornitura dell'aria di diluizione e un tunnel di diluizione secondaria.

Allo scopo di evitare qualsiasi impatto sugli anelli di regolazione, si raccomanda di tenere in marcia la pompa di campionamento durante l'intera prova. Per il metodo a filtro singolo usare un sistema di bypass per far passare il campione attraverso i filtri di campionamento nei momenti desiderati. Si deve minimizzare l'interferenza della procedura di commutazione sugli anelli di regolazione.

Descrizioni - Figure 14 e 15

- *Sonda di campionamento del particolato PSP (figure 14 e 15)*

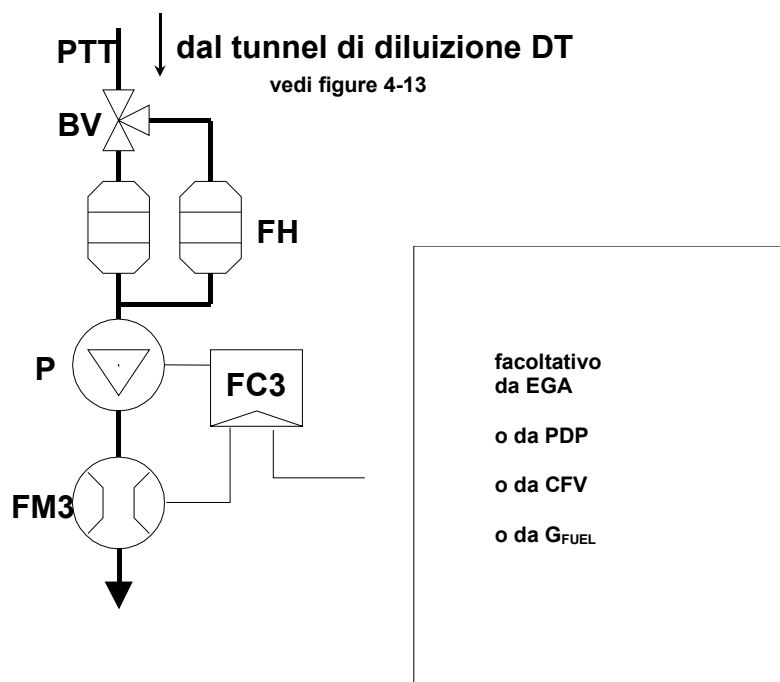
La sonda di campionamento del particolato illustrata nelle figure è la sezione d'inizio del condotto di trasferimento del particolato PTT. La sonda:

- deve essere installata rivolta verso monte in un punto in cui l'aria di diluizione e il gas di scarico sono ben miscelati, cioè sull'asse del tunnel di diluizione DT dei sistemi di diluizione (vedi punto 1.2.1) approssimativamente a 10 diametri del tunnel a valle del punto in cui lo scarico entra nel tunnel di diluizione;
- deve avere un diametro interno non inferiore a 12 mm;

- può essere riscaldata ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto oppure mediante preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione degli scarichi nel tunnel di diluizione;
- può essere isolata.

Figura 14

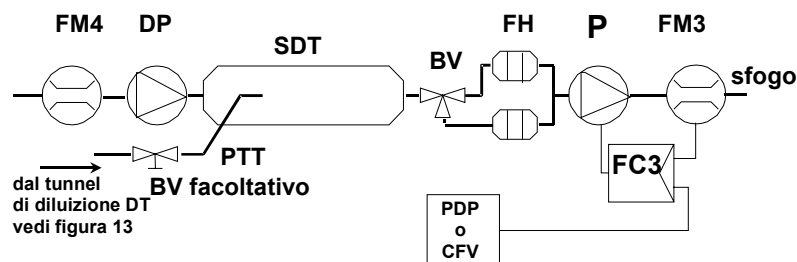
Sistema di campionamento del particolato



Un campione del gas di scarico diluito viene prelevato dal tunnel di diluizione DT di un sistema di diluizione a flusso parziale o a flusso pieno attraverso la sonda di campionamento del particolato PSP e il condotto di trasferimento del particolato PTT mediante la pompa di campionamento P. Il campione viene fatto passare attraverso il portafiltro o i portafiltri FH che contengono i filtri di campionamento del particolato. La portata del campione viene controllata mediante il controllore di flusso FC3. Se si usa la compensazione elettronica di flusso EFC (vedi figura 13), il flusso di gas di scarico diluito viene utilizzato come segnale di comando per FC3.

Figura 15

Sistema di diluizione (solo sistema a flusso pieno)



Un campione del gas di scarico diluito viene trasferito dal tunnel di diluizione DT di un sistema di diluizione a flusso pieno attraverso la sonda di campionamento del particolato PSP e il condotto di trasferimento del particolato PTT al tunnel di diluizione secondaria SDT, dove viene diluito ancora una volta. Il campione viene fatto passare attraverso il portafiltra o i portafiltri FH che contengono i filtri di campionamento del particolato. La portata del flusso d'aria di diluizione è di solito costante, mentre la portata del campione viene controllata mediante il controllore di flusso FC3. Se si usa la compensazione elettronica di flusso EFC (vedi figura 13), il flusso di gas di scarico diluito viene utilizzato come segnale di comando per FC3.

- *Condotto di trasferimento del particolato PTT (figure 14 e 15)*

Il condotto di trasferimento del particolato deve avere una lunghezza non superiore a 1 020 mm, la quale deve essere minimizzata ogni qualvolta possibile.

Le dimensioni sono valide per:

- il tipo a campionamento frazionario con diluizione del flusso parziale e il sistema di diluizione singola a flusso pieno, dalla punta della sonda ai portafiltri;
- il tipo a campionamento totale con diluizione del flusso parziale, dalla fine del tunnel di diluizione ai portafiltri;
- il sistema di doppia diluizione a flusso pieno, dalla punta della sonda al tunnel di diluizione secondaria.

Il condotto di trasferimento:

- può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto oppure mediante preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione degli scarichi nel tunnel di diluizione;
- può essere isolato.

- *Tunnel di diluizione secondaria SDT (figura 15)*

Il tunnel di diluizione secondaria deve avere un diametro non inferiore a 75 mm ed essere di lunghezza sufficiente ad assicurare un tempo di residenza pari ad almeno 0,25 secondi per il campione diluito due volte. Il portafiltro principale, FH, deve essere disposto entro 300 mm dall'uscita di SDT.

Il tunnel di diluizione secondaria:

- può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto oppure mediante preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione degli scarichi nel tunnel di diluizione;
- può essere isolato.
- *Portafiltri FH (figure 14 e 15)*

Per i filtri principale e di sicurezza si può usare un alloggiamento unico o alloggiamenti separati. Devono essere soddisfatti i requisiti dell'allegato III, appendice 1, punto 1.5.1.3.

I portafiltri:

- possono essere riscaldati ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o mediante preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C);
- possono essere isolati.
- *Pompa di campionamento P (figure 14 e 15)*

La pompa di campionamento del particolato deve essere disposta ad una distanza sufficiente dal tunnel perché la temperatura del gas all'ingresso sia mantenuta costante (± 3 K), salvo si applichi la correzione di flusso mediante FC3.

- *Pompa dell'aria di diluizione DP (figura 15) (solo doppia diluizione a flusso pieno)*

La pompa dell'aria di diluizione deve essere disposta in modo tale che l'aria di diluizione secondaria venga fornita ad una temperatura di 298 K (25 °C) ± 5 K.

- *Controllore di flusso FC3 (figure 14 e 15)*

Usare un controllore di flusso per compensare le variazioni di portata del campione di particolato in conseguenza delle variazioni di temperatura e di contropressione nel percorso del campione, salvo siano disponibili altri mezzi. Il controllore di flusso è necessario se si applica la compensazione elettronica di flusso EFC (vedi figura 13).

- *Dispositivo di misura del flusso FM3 (figure 14 e 15) (flusso del campione di particolato)*

Il contatore di gas o la strumentazione di misura del flusso deve essere disposto/a a distanza sufficiente dalla pompa del campione perché la temperatura del gas all'ingresso rimanga costante (± 3 K), salvo si applichi la correzione di flusso mediante FC3.

- *Dispositivo di misura del flusso FM4 (figura 15) (aria di diluizione, solo doppia diluizione a flusso pieno)*

Il contatore di gas o la strumentazione di misura del flusso devono essere disposti in modo tale che la temperatura del gas all'ingresso rimanga su 298 K (25 °C) ± 5 K.

- *Valvola a sfera BV (facoltativa)*

La valvola a sfera deve avere un diametro non inferiore al diametro interno del condotto di campionamento e un tempo di commutazione inferiore a 0,5 secondi.

Nota: se la temperatura ambiente in prossimità di PSP, PTT, SDT e FH è inferiore a 239 K (20 °C), prendere delle precauzioni per evitare perdite di particolato sulle pareti fredde di queste parti. Si raccomanda pertanto di riscaldare e/o isolare queste parti nei limiti indicati nelle rispettive descrizioni. Si raccomanda anche che la temperatura della faccia del filtro durante il campionamento non sia inferiore a 293 K (20 °C).

Ad elevati carichi del motore, le parti sopraindicate possono essere raffreddate mediante un mezzo non aggressivo, come una ventola di circolazione, sempreché la temperatura del fluido di raffreddamento non sia inferiore a 293 K (20 °C).";

ALLEGATO III

"Allegato XIII"

DISPOSIZIONI PER MOTORI IMMESSI SUL MERCATO IN "REGIME FLESSIBILE"

1. Su richiesta di un costruttore di apparecchiature (OEM), nel periodo compreso tra due fasi di applicazione dei valori limite sulle emissioni, un costruttore di motori può immettere sul mercato una quantità limitata di motori che rispettano soltanto i valori limite della fase precedente, in conformità delle seguenti disposizioni.
2. Su richiesta di un OEM un'autorità competente per il rilascio delle omologazioni acconsente all'immissione sul mercato di una quantità limitata di motori, in ciascuna fascia di potenza, non conformi ai valori limite obbligatori in materia di emissioni.
 - 2.1. Il numero di motori oggetto di tale deroga non dev'essere superiore al 20% della produzione annua per ciascuna fascia di potenza, calcolata come media della distribuzione degli ultimi cinque anni sul mercato dell'Unione europea.
 - 2.1.1 In alternativa a quanto disposto al punto 2.1, un costruttore può stabilire di commercializzare in regime di deroga una quantità fissa di pezzi appartenenti ad una o più fasce di potenza, senza tuttavia superare le quantità seguenti: 50 pezzi per 130-560 kW, 100 pezzi per 75-130 kW, 150 pezzi per 37-75 kW e 200 pezzi per 19-37 kW.
 - 2.2. L'autorità che rilascia le omologazioni fornisce all'OEM una serie di marcature da apporre sulle apparecchiature sulle quali sono installati i motori che usufruiscono del regime flessibile; sulle marcature è riportato il testo seguente: "Macchina n. ... (numero sequenziale) su ... (numero totale di macchine nella rispettiva fascia di potenza) in conformità dell'omologazione n. ...".
 - 2.3. Per identificare le omologazioni, l'autorità di omologazione utilizza i dati previsti nell'allegato VIII. Esempio (Austria): 12/2005/1.
 - 2.4. L'autorità che rilascia le omologazioni ne trasmette notifica a tutte le altre autorità di omologazione inviando loro una copia della decisione.
 - 2.5. L'OEM fornisce all'autorità che rilascia le omologazioni tutte le informazioni necessarie per prendere una decisione.
 - 2.6. L'OEM si fa carico di tutte le spese procurate all'autorità di omologazione dalla procedura di questo regime flessibile.
3. Un costruttore di motori può immettere sul mercato motori nell'ambito di un regime flessibile se dispone dell'omologazione di cui al punto 2 del presente allegato.
 - 3.1. Il costruttore di motori fornisce le informazioni sui motori in questione nonché la documentazione necessaria all'autorità di omologazione presso la quale presenta domanda di omologazione per le famiglie di motori interessate.
 - 3.2. Il costruttore di motori è tenuto ad apporre sui motori in questione una marcatura con il testo seguente: "Motore immesso sul mercato in regime flessibile".