



COMMISSIONE
EUROPEA

Bruxelles, 20.3.2023
C(2023) 1796 final

RACCOMANDAZIONE DELLA COMMISSIONE

del 20.3.2023

**relativa alla misurazione del numero di particelle per il controllo tecnico periodico dei
veicoli dotati di motore ad accensione spontanea**

RACCOMANDAZIONE DELLA COMMISSIONE

del 20.3.2023

relativa alla misurazione del numero di particelle per il controllo tecnico periodico dei veicoli dotati di motore ad accensione spontanea

LA COMMISSIONE EUROPEA,

visto il trattato sul funzionamento dell'Unione europea, in particolare l'articolo 292,

considerando quanto segue:

- (1) Nell'interesse della salute pubblica, della tutela dell'ambiente e di un'equa concorrenza è importante garantire che i veicoli commerciali in circolazione siano sottoposti alle opportune operazioni di manutenzione e controllo, in modo che le loro prestazioni, quali garantite dall'omologazione, restino costanti senza eccessivi peggioramenti per tutta la loro durata di vita.
- (2) I metodi di controllo previsti dalla direttiva 2014/45/UE del Parlamento europeo e del Consiglio¹ per quanto riguarda le emissioni allo scarico dei veicoli a motore, in particolare la prova dell'opacità applicabile ai motori ad accensione spontanea, non sono adattati ai veicoli più recenti dotati di filtro antiparticolato. Prove di laboratorio indicano che anche i veicoli dotati di filtri antiparticolato diesel (DPF) difettosi o manomessi possono superare la prova dell'opacità senza che il malfunzionamento venga notato.
- (3) Per poter individuare i veicoli con filtro DPF difettoso, alcuni Stati membri hanno introdotto o introdurranno prossimamente metodi per la misurazione del numero di particelle (PN) come parte del controllo tecnico periodico dei veicoli dotati di motore ad accensione spontanea. Sebbene abbiano delle similitudini, tali metodi si differenziano per alcuni aspetti. Anziché introdurre diversi metodi di misurazione nell'Unione, è opportuno introdurre un insieme comune di requisiti minimi per la misurazione del numero di particelle, sulla base di orientamenti.
- (4) Nell'elaborazione di tali orientamenti sono stati tenuti in debita considerazione i metodi sviluppati da alcuni Stati membri, i risultati delle prove di laboratorio condotte dal Centro comune di ricerca della Commissione² nonché i risultati della consultazione del gruppo di esperti sui controlli tecnici.
- (5) Poiché l'applicabilità di tali orientamenti non è stata verificata per i veicoli dotati di motore ad accensione comandata, il loro ambito di applicazione dovrebbe essere limitato ai veicoli dotati di motore ad accensione spontanea, con un limite relativo al numero di particelle solide al momento dell'omologazione. Si tratta dei veicoli diesel

¹ Direttiva 2014/45/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 3 aprile 2014, relativa ai controlli tecnici periodici dei veicoli a motore e dei loro rimorchi e recante abrogazione della direttiva 2009/40/CE (GU L 127 del 29.4.2014, pag. 51).

² *Comparisons of Laboratory and On-Road Type-Approval Cycles with Idling Emissions. Implications for Periodical Technical Inspection (PTI) Sensors*, doi.org/10.3390/s20205790 e *Evaluation of Measurement Procedures for Solid Particle Number (SPN) Measurements during the Periodic Technical Inspection (PTI) of Vehicles*, doi.org/10.3390/ijerph19137602.

leggeri immatricolati per la prima volta a partire dal 1° gennaio 2013 (Euro 5b e più recenti)³ e dei veicoli diesel pesanti immatricolati per la prima volta a partire dal 1° gennaio 2014 (Euro VI e più recenti)⁴. Non appena si raggiungerà lo stesso livello di affidabilità per quanto riguarda il metodo di misurazione del numero di particelle applicabile ai veicoli dotati di motore ad accensione comandata, si dovrebbero produrre orientamenti corrispondenti.

- (6) Per essere efficaci, gli orientamenti dovrebbero includere i requisiti relativi alle apparecchiature di misurazione, ai controlli metrologici, alla procedura di misurazione, ai requisiti metrologici e tecnici, nonché un limite "pass/fail".
- (7) La presente raccomandazione rappresenta un primo passo verso la misurazione armonizzata del numero di particelle nell'ambito dei controlli tecnici all'interno dell'Unione,

HA ADOTTATO LA PRESENTE RACCOMANDAZIONE:

Gli Stati membri dovrebbero eseguire la misurazione del numero di particelle nell'ambito dei controlli tecnici periodici dei veicoli dotati di motore ad accensione spontanea e filtro antiparticolato diesel conformemente agli orientamenti riportati nell'allegato.

Fatto a Bruxelles, il 20.3.2023

Per la Commissione

Membro della Commissione

³ Regolamento (CE) n. 715/2007 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 20 giugno 2007, relativo all'omologazione dei veicoli a motore riguardo alle emissioni dai veicoli passeggeri e commerciali leggeri (Euro 5 ed Euro 6) e all'ottenimento di informazioni sulla riparazione e la manutenzione del veicolo (GU L 171 del 29.6.2007, pag. 1).

⁴ Conformemente al regolamento (CE) n. 595/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 18 giugno 2009, relativo all'omologazione dei veicoli a motore e dei motori riguardo alle emissioni dei veicoli pesanti (Euro VI) e all'accesso alle informazioni relative alla riparazione e alla manutenzione del veicolo e che modifica il regolamento (CE) n. 715/2007 e la direttiva 2007/46/CE e che abroga le direttive 80/1269/CEE, 2005/55/CE e 2005/78/CE (GU L 188 del 18.7.2009, pag. 1).



Bruxelles, 20.3.2023
C(2023) 1796 final

ANNEX

ALLEGATO

della

raccomandazione della Commissione

**relativa alla misurazione del numero di particelle per il controllo tecnico periodico dei
veicoli dotati di motore ad accensione spontanea**

ALLEGATO

Indice

1.	Ambito di applicazione	3
2.	Termini e definizioni.....	3
3.	Descrizione dello strumento e iscrizione	5
3.1.	Descrizione dello strumento PN-PTI	5
3.2.	Iscrizione	6
3.3.	Istruzioni operative.....	6
4.	Requisiti metrologici.....	7
4.1.	Indicazione del risultato delle misurazioni	7
4.2.	Intervallo di misura	7
4.3.	Risoluzione del dispositivo di visualizzazione (solo per strumenti indicatori digitali).....	7
4.4.	Tempo di risposta.....	9
4.5.	Tempo di riscaldamento.....	9
4.6.	Errore massimo ammissibile	9
4.7.	Requisiti di efficienza	9
4.8.	Requisiti di linearità	10
4.9.	Livello zero	11
4.10.	Efficienza di eliminazione delle particelle volatili.....	11
4.11.	Stabilità nel tempo o deriva.....	11
4.12.	Ripetibilità.....	12
4.13.	Grandezze d'influenza	12
4.14.	Perturbazioni	13
5.	Requisiti tecnici.....	15
5.1.	Costruzione	15
5.2.	Requisiti per il corretto funzionamento.....	16
6.	Controlli metrologici.....	18
6.1.	Esame del tipo	18
6.2.	Verifica iniziale.....	18
6.3.	Verifica a posteriori.....	19
7.	Procedura di misurazione	20
8.	Limite PN-PTI.....	22
9.	Elenco delle fonti	22

Orientamenti per la misurazione del numero di particelle

1. AMBITO DI APPLICAZIONE

Il presente documento reca gli orientamenti per la prova relativa alla concentrazione del numero di particelle (PN) in occasione dei controlli tecnici periodici (PTI). Le misurazioni della concentrazione del numero di particelle in occasione dei controlli tecnici periodici possono essere eseguite su tutti i veicoli di categoria M o N dotati di motore ad accensione spontanea e di filtro antiparticolato diesel. Tali orientamenti dovrebbero essere applicati ai veicoli leggeri immatricolati per la prima volta a partire dal 1° gennaio 2013 (Euro 5b e più recenti) e ai veicoli pesanti immatricolati per la prima volta a partire dal 1° gennaio 2014 (Euro VI e più recenti).

2. TERMINI E DEFINIZIONI

Regolazione: insieme di operazioni svolte su un sistema di misura, affinché esso fornisca indicazioni prescritte in corrispondenza di determinati valori di grandezze da sottoporre a misurazione (VIM 3.11).

Efficienza di conteggio: il rapporto tra il valore indicato dallo strumento PN-PTI e il valore indicato da uno strumento o dispositivo di riferimento tracciabile.

Correzione: compensazione per un effetto sistematico conosciuto (VIM 2.53).

Perturbazioni: grandezza d'influenza il cui valore si colloca entro i limiti specificati nei presenti orientamenti ma al di fuori delle condizioni operative nominali dello strumento di misura (OIML D 11).

Incertezza estesa: prodotto di un'incertezza tipo ottenuto utilizzando le singole incertezze tipo associate alle grandezze d'ingresso del modello di misura e un fattore maggiore di uno (VIM 2.35 e VIM 2.31).

Filtro HEPA (filtro antiparticolato ad alta efficienza): dispositivo che rimuove le particelle dall'aria con un'efficienza superiore al 99,95% (classe H13 o superiore secondo la norma EN 1822-1:2019).

Indicazione: valore quantitativo fornito da uno strumento o da un sistema di misura (VIM 4.1)

Grandezza d'influenza: grandezza che nell'ambito di una misurazione diretta non influisce sulla quantità effettivamente misurata, ma influisce sulla relazione tra l'indicazione e il risultato della misurazione (VIM 2.52).

Software giuridicamente rilevante: qualsiasi parte del software, compresi i parametri memorizzati, che influisca sul risultato della misurazione calcolato, visualizzato, trasmesso o memorizzato (OIML R 99).

Manutenzione: interventi di manutenzione e regolazione periodica definiti con precisione, ai fini del mantenimento di uno strumento di misura in condizioni operative.

Errore massimo ammissibile: valore estremo dell'errore di misurazione, rispetto a un valore di grandezza di riferimento noto, ammesso dalle specifiche o dai regolamenti per una misurazione, uno strumento di misura o un sistema di misura specifico (VIM 4.26).

Errore di misurazione: valore misurato di una grandezza meno un valore di riferimento di una grandezza (VIM 2.16).

Risultato della misurazione: insieme di valori di una grandezza attribuiti a un misurando unitamente a ogni altra informazione disponibile (VIM 2.9).

Intervallo di misura: insieme dei valori di grandezze della stessa specie che possono essere misurate da un determinato strumento o sistema di misura con un'incertezza strumentale specificata, in condizioni d'uso definite (VIM 4.7).

Istituto nazionale di metrologia: l'istituto di metrologia competente per l'esame del tipo di strumenti PN-PTI in uno Stato membro.

Rivelatore di particelle: dispositivo o strumento che indica la presenza di particelle quando viene superato un valore soglia di concentrazione del numero di particelle.

Particella/e: particelle solide (termicamente stabili) di dimensioni comprese tra 23 nm e almeno 200 nm, emesse dal veicolo e misurate nella fase aerea con i metodi indicati nei presenti orientamenti.

– **Particelle monodisperse:** particelle con una distribuzione molto ristretta attorno a una dimensione di particella.

– **Particelle polidisperse:** particelle di dimensioni molto diverse tra loro.

Dimensione delle particelle: dimensione della mobilità elettrica, ossia il diametro di una sfera con la stessa velocità di migrazione in un campo elettrico costante della particella di interesse.

Strumento PN-PTI: strumento per misurare la concentrazione del numero di particelle nei gas di scarico dei motori a combustione interna, campionati durante i controlli tecnici periodici dal tubo di scappamento di un veicolo.

Tipo di strumento PN-PTI: tutti gli strumenti dello stesso costruttore, con lo stesso principio di funzionamento e gli stessi hardware e software, algoritmi di calcolo e di correzione.

Condizioni operative nominali: condizioni operative che devono essere rispettate durante la misurazione affinché uno strumento o sistema di misura operi secondo quanto previsto in fase di progetto (VIM 4.9).

Condizione di funzionamento di riferimento: condizione di funzionamento prescritta per la valutazione delle prestazioni di uno strumento o sistema di misura o per il confronto dei risultati della misurazione (VIM 4.11).

Risoluzione del dispositivo di visualizzazione: la più piccola differenza tra indicazioni visualizzate che può essere percepita in modo significativo (VIM 4.15).

Tempo di risposta: durata tra l'istante in cui un valore di una grandezza in ingresso di uno strumento o sistema di misura subisce un cambiamento repentino tra due valori costanti specificati e l'istante in cui l'indicazione corrispondente si stabilizza, entro limiti specificati, attorno al valore finale stabile (VIM 4.23, cfr. OIML V 2-200 (2012) "Vocabolario internazionale di metrologia – Concetti generali e di base e termini associati" nell'elenco delle fonti alla fine dei presenti orientamenti).

Dispositivo di condizionamento del campione: dispositivo per la diluizione e/o la rimozione di particelle volatili.

Sonda di campionamento: tubo che viene introdotto nel tubo di scappamento di un veicolo per prelevare campioni di gas (OIML R 99).

Anomalia significativa: anomalia di entità superiore all'entità dell'errore massimo ammissibile alla verifica iniziale (OIML R 99).

Risultato della prova: il risultato finale delle misurazioni per un veicolo sottoposto a prova con la procedura di misurazione PN-PTI descritta nella sezione 7.

Tracciabile: tracciabilità metrologica, ossia la proprietà di un risultato di misurazione di essere posto in relazione a un riferimento attraverso una catena documentata ininterrotta di tarature, ciascuna delle quali contribuisce all'incertezza della misurazione (VIM 2.41).

Verifica: messa a disposizione della prova oggettiva che un dato elemento soddisfa uno o più requisiti specificati, nel contesto dell'esame e della marcatura e/o dell'emissione di un certificato di verifica per un sistema o uno strumento di misura (VIM 2.44).

Tempo di riscaldamento: il tempo che trascorre tra il momento in cui viene attivata l'alimentazione per uno strumento e il momento in cui lo strumento è in grado di soddisfare i requisiti metrologici (OIML R 99).

Sistema o procedura di zero: sistema o procedura per impostare lo zero dello strumento (OIML R 99).

3. DESCRIZIONE DELLO STRUMENTO E ISCRIZIONE

3.1. Descrizione dello strumento PN-PTI

I principali componenti dello strumento PN-PTI dovrebbero essere i seguenti:

- una sonda di campionamento introdotta nel tubo di scappamento di un veicolo in funzione per raccogliere il campione di gas di scarico;
- una linea di campionamento per il trasporto del campione allo strumento (opzionale);
- un dispositivo di preconditionamento del campione per diluire l'alta concentrazione di particelle in base a un fattore di diluizione costante e/o per rimuovere le particelle volatili del campione (opzionale);
- uno o più dispositivi di rilevamento per la misurazione della concentrazione del numero di particelle del campione di gas; è ammesso che il rivelatore di particelle precondizioni anche il gas;
- uno o più dispositivi per convogliare i gas attraverso lo strumento. nel caso in cui le particelle passino attraverso il filtro o i filtri prima di arrivare al rivelatore, i criteri di efficienza di conteggio di cui ai presenti orientamenti devono comunque essere soddisfatti;
- uno o più dispositivi per evitare la formazione di condensa d'acqua nella linea di campionamento e nello strumento; in alternativa, ciò può essere ottenuto anche riscaldando a una temperatura più elevata e/o diluendo il campione o ossidando le specie (semi)volatili;
- uno o più filtri per rimuovere le particelle che potrebbero causare la contaminazione di varie parti sensibili dello strumento PN-PTI. nel caso in cui le particelle passino attraverso il filtro o i filtri prima di arrivare al rivelatore, i criteri di efficienza di conteggio (cfr. sezione 4.7) di cui ai presenti orientamenti devono comunque essere soddisfatti;
- uno o più filtri HEPA per fornire aria pulita per il livello zero e, se del caso, per le procedure di zero (opzionale in entrambi i casi);
- porte per la verifica sul campo per introdurre campioni di aria ambiente e di particelle di riferimento, se richiesto dalla tecnologia utilizzata;
- un software per l'elaborazione del segnale con un dispositivo indicatore per la visualizzazione dei risultati delle misurazioni e un dispositivo di registrazione per l'acquisizione e la memorizzazione dei dati;

- un sistema di controllo per l'avvio e la verifica delle operazioni dello strumento e un sistema di regolazione automatico o semiautomatico per l'impostazione dei parametri operativi dello strumento entro i limiti prescritti.

3.2. Iscrizione

Come previsto dall'allegato I della direttiva 2014/32/UE del Parlamento europeo e del Consiglio¹, lo strumento PN-PTI deve essere dotato di una o più etichette permanenti, non trasferibili e facilmente leggibili. L'etichetta o le etichette devono recare le seguenti informazioni:

- (1) nome del fabbricante, la sua denominazione commerciale registrata o il suo marchio registrato;
- (2) anno di fabbricazione;
- (3) numero del certificato di esame del tipo;
- (4) marcatura di identificazione;
- (5) informazioni sull'alimentazione elettrica:
 - (a) in caso di alimentazione di rete: tensione di rete, frequenza e potenza nominali richieste;
 - (b) in caso di alimentazione tramite batteria di un veicolo stradale: tensione nominale della batteria e potenza richiesta;
 - (c) in caso di batteria interna removibile: tipo e tensione nominale della batteria;
- (6) portata minima e (se applicabile) portata nominale;
- (7) intervallo di misura;
- (8) intervallo di temperatura, pressione e umidità di funzionamento.

Se le dimensioni dello strumento non consentono di includerle tutte, le iscrizioni dovrebbero essere incluse nel manuale dello strumento. Si raccomanda anche di includere l'intervallo delle condizioni di stoccaggio (temperatura, pressione, umidità).

Un'etichetta ulteriore dovrebbe indicare la data dell'ultima verifica dello strumento PN-PTI.

Per gli strumenti PN-PTI con funzioni metrologiche controllate da software, è necessario che l'identificazione del software giuridicamente rilevante sia inclusa nell'etichetta o sia visualizzabile sul dispositivo indicatore.

3.3. Istruzioni operative

Il costruttore dovrebbe fornire le istruzioni operative di ciascuno strumento nella lingua o nelle lingue del paese in cui lo strumento sarà utilizzato. Le istruzioni operative dovrebbero includere:

- istruzioni inequivocabili per l'installazione, la manutenzione, le riparazioni e le regolazioni consentite;
- gli intervalli di tempo e le procedure di manutenzione, regolazione e verifica da seguire per rispettare l'errore massimo ammissibile;

¹ Direttiva 2014/32/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2014, concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato di strumenti di misura (GU L 96 del 29.3.2014, pag. 149).

- una descrizione della procedura di controllo dell'aria pulita e/o delle perdite;
- se applicabile, la procedura di "zero";
- la procedura di misurazione dell'aria ambiente o delle concentrazioni elevate del numero di particelle (facoltativa);
- le temperature massime e minime di stoccaggio;
- una dichiarazione delle condizioni operative nominali (indicate nella sezione 4.13) e di altre condizioni ambientali meccaniche ed elettromagnetiche rilevanti;
- l'intervallo delle temperature ambiente di funzionamento se superiore all'intervallo prescritto nelle condizioni operative nominali (sezione 4.13);
- se applicabile, informazioni sulla compatibilità con apparecchiature ausiliarie;
- qualsiasi condizione di funzionamento specifica, ad esempio una limitazione della lunghezza del segnale o dei dati, o intervalli speciali per la temperatura ambiente e la pressione atmosferica;
- se applicabile, le specifiche della batteria;
- un elenco dei messaggi di errore con le relative spiegazioni.

4. REQUISITI METROLOGICI

4.1. Indicazione del risultato delle misurazioni

Lo strumento dovrebbe garantire che:

- il numero di particelle per volume sia espresso come numero di particelle per cm^3 ;
- le iscrizioni dell'unità siano assegnate in modo inequivocabile all'indicazione; sono ammessi " n/cm^3 ", " cm^{-3} ", " $\text{particelle}/\text{cm}^3$ ", " $1/\text{cm}^3$ ".

4.2. Intervallo di misura

Lo strumento dovrebbe garantire che:

- l'intervallo di misura minimo, che può essere suddiviso, vada da $5\,000\ 1/\text{cm}^3$ (valore massimo per l'intervallo inferiore) al doppio del valore limite PN-PTI (valore minimo per l'intervallo superiore);
- il superamento dell'intervallo sia indicato in modo visibile dallo strumento (ad esempio con una segnalazione o un numero lampeggiante);
- l'intervallo di misura sia dichiarato dal produttore dello strumento PN-PTI e sia conforme all'intervallo minimo definito nel presente paragrafo. Si raccomanda che il campo di visualizzazione dello strumento PN-PTI sia più ampio dell'intervallo di misurazione, e che vada da zero fino ad almeno cinque volte il valore limite PN-PTI.

4.3. Risoluzione del dispositivo di visualizzazione (solo per gli strumenti indicatori digitali)

Lo strumento dovrebbe garantire che:

- le concentrazioni del numero di particelle come risultati di misurazione, con la relativa unità di misura, siano leggibili, chiare e inequivocabili per l'utente;
- le cifre digitali abbiano un'altezza minima di 5 mm;

- il display abbia una risoluzione minima di 1 000 1/cm³; Se prescritto dall'istituto nazionale di metrologia, durante l'esame del tipo/la verifica iniziale/la verifica a posteriori sia possibile accedere a una risoluzione minima di 100 1/cm³ tra zero e 50 000 1/cm³.

4.4. Tempo di risposta

Lo strumento dovrebbe garantire che:

- per la misurazione della concentrazione del numero di particelle, lo strumento PN-PTI, comprensivo della linea di campionamento e del dispositivo di condizionamento del campione (se del caso), indichi il 95 % del valore finale di un campione PN di riferimento entro 15 s dal passaggio dal filtro HEPA o dall'aria ambiente;
- facoltativamente, tale prova può essere eseguita con due diverse concentrazioni di numero di particelle;
- lo strumento PN-PTI possa essere dotato di un dispositivo di registrazione per la verifica di tale requisito.

4.5. Tempo di riscaldamento

Lo strumento dovrebbe garantire che:

- lo strumento PN-PTI non indichi la concentrazione del numero di particelle misurata nel tempo di riscaldamento;
- trascorso il tempo di riscaldamento, lo strumento PN-PTI soddisfi i requisiti metrologici indicati nella presente sezione.

4.6. Errore massimo ammissibile

L'errore massimo ammissibile si riferisce al valore della concentrazione effettiva (MPE_{rel}) o al valore della concentrazione assoluta (MPE_{abs}), a seconda di quale sia maggiore.

- Condizioni operative di riferimento (cfr. la sezione 4.13): MPE_{rel} è pari al 25 % della concentrazione effettiva, ma non è inferiore a MPE_{abs} .
- Condizioni operative nominali (cfr. la sezione 4.13): MPE_{rel} è pari al 50 % della concentrazione effettiva, ma non è inferiore a MPE_{abs} .
- Perturbazioni (cfr. la sezione 4.14): MPE_{rel} è pari al 50 % della concentrazione effettiva, ma non è inferiore a MPE_{abs} .

È opportuno che MPE_{abs} sia inferiore o uguale a $25\,000\,1/cm^3$.

4.7. Requisiti di efficienza

Di seguito sono indicati i requisiti di efficienza di conteggio:

	Diametro geometrico medio o dimensioni delle particelle [nm]	Efficienza di conteggio [-]
Necessario	$23 \pm 5\%$	0,2-0,6
Facoltativo	$30 \pm 5\%$	0,3-1,2
Necessario	$50 \pm 5\%$	0,6-1,3
Necessario	$70\text{ o }80 \pm 5\%$	0,7-1,3
Facoltativo	$100 \pm 5\%$	0,7-1,3

Facoltativo	200 ± 10 %	0,5-3,0
-------------	------------	---------

- L'efficienza di conteggio è determinata con particelle monodisperse di dimensioni definite nella presente sezione o con particelle polidisperse con diametro geometrico medio (GMD) definito nella presente sezione e deviazione standard geometrica (GSD) inferiore o uguale a 1,6.
- La concentrazione minima utilizzata per le prove di efficienza dovrebbe essere superiore al valore inferiore dell'intervallo di misura dello strumento PN-PTI diviso per l'efficienza di conteggio inferiore definita per ciascuna dimensione di particella nella presente sezione. Ad esempio, per un valore inferiore dell'intervallo di misura di 5 000 1/cm³, a 23 nm, la concentrazione delle particelle misurate dal sistema di riferimento dovrebbe essere di almeno 25 000 1/cm³.
- Le prove di efficienza di conteggio sono eseguite alle condizioni operative di riferimento (cfr. la sezione 4.13) con particelle termicamente stabili e simili alla fuliggine. Se necessario, eventuali neutralizzazioni e/o essiccazioni delle particelle generate avvengono prima dell'elemento di biforcazione verso lo strumento o gli strumenti di riferimento e di prova. In caso di prove su particelle monodisperse, la correzione per le particelle a carica multipla non è superiore al 10 % (ed è riportata);
- Lo strumento di riferimento è una coppa di Faraday tracciabile o un contatore di particelle tracciabile con efficienza di conteggio > 0,5 a 10 nm (combinato con un diluente tracciabile, se necessario per le particelle polidisperse). L'incertezza estesa del sistema di riferimento, compreso l'eventuale diluente, è inferiore al 12,5 %, ma preferibilmente inferiore o pari a un terzo dell'errore massimo ammissibile alle condizioni operative di riferimento.
- Se lo strumento PN-PTI include un fattore di regolazione interna, quest'ultimo dovrebbe rimanere lo stesso (fisso) per tutte le prove descritte nel presente paragrafo.
- Lo strumento PN-PTI nel suo complesso (ossia compresa la sonda di campionamento e la linea di campionamento, se del caso) dovrebbe soddisfare i requisiti di efficienza di conteggio. Su richiesta del costruttore, i rendimenti di conteggio dello strumento PN-PTI possono essere controllati in parti separate a condizioni rappresentative all'interno dello strumento. In tale caso, l'efficienza dello strumento PN-PTI nel suo complesso (ossia la moltiplicazione dell'efficienza di tutte le parti) soddisfa i requisiti di efficienza di conteggio.

4.8. Requisiti di linearità

Le prove di linearità dovrebbero garantire che:

- lo strumento PN-PTI nel suo complesso sia sottoposto a prove di linearità con particelle polidisperse termicamente stabili, simili alla fuliggine, con GMD pari a 70 ± 10 nm e GSD inferiore o pari a 1,6;
- lo strumento di riferimento sia un contatore di particelle tracciabile con efficienza di conteggio > 0,5 a 10 nm. Allo strumento di riferimento può essere affiancato un diluente tracciabile per la misurazione di concentrazioni elevate, ma l'incertezza estesa dell'intero sistema di riferimento (diluente + contatore di particelle) deve rimanere inferiore al 12,5 %, e preferibilmente inferiore o pari a un terzo dell'errore massimo ammissibile alle condizioni operative di riferimento;

- le prove di linearità sono eseguite con almeno 9 concentrazioni diverse all'interno dell'intervallo di misura ed è rispettato l'errore massimo ammissibile alle condizioni operative di riferimento (cfr. la sezione 4.6);
- si raccomanda di includere nelle concentrazioni di prova il valore inferiore dell'intervallo di misura, il limite PN-PTI applicabile ($\pm 10\%$), il doppio del limite PN-PTI ($\pm 10\%$) e il limite PN-PTI moltiplicato per 0,2. Almeno una concentrazione dovrebbe essere compresa tra il limite PN-PTI e il valore più alto dell'intervallo di misura, mentre almeno 3 concentrazioni dovrebbero essere distribuite equamente tra il punto in cui l'errore massimo ammissibile passa da assoluto a relativo e il limite PN-PTI;
- se il dispositivo è controllato in parti, il controllo della linearità può essere limitato al rivelatore di particelle, ma per il calcolo dell'errore è necessario prendere in considerazione i rendimenti delle altre parti.

I requisiti di linearità sono riassunti di seguito:

Posizione di controllo	Riferimento	Numero minimo di concentrazioni sottoposte a controllo	Errore massimo ammissibile
Istituto nazionale di metrologia	Contatore di particelle tracciabile con diluente tracciabile	9	Condizioni operative di riferimento (cfr. la sezione 4.6)

4.9. Livello zero

Il punto zero è controllato con un filtro HEPA. Il livello zero è il segnale medio dello strumento PN-PTI con un filtro HEPA al suo ingresso nell'arco di almeno 15 s, dopo un periodo di stabilizzazione di almeno 15 s. Il livello zero massimo ammissibile è $5\,000\text{ l/cm}^3$.

4.10. Efficienza di eliminazione delle particelle volatili

I controlli sull'efficienza di eliminazione delle particelle volatili dovrebbero garantire che il sistema raggiunga un'efficienza di eliminazione delle particelle di tetracontano ($\text{C}_{40}\text{H}_{82}$) superiore al 95%, con una mobilità elettrica di $30\text{ nm} \pm 5\%$ e una concentrazione compresa tra $10\,000$ e $30\,000\text{ l/cm}^3$. Se necessario, la neutralizzazione delle particelle di tetracontano avviene a monte del separatore che porta allo strumento o agli strumenti di riferimento e di prova. È altrimenti possibile utilizzare particelle di tetracontano polidisperse con GMD compreso tra 30 e 35 nm e concentrazione totale compresa tra $50\,000$ e $150\,000\text{ l/cm}^3$. In entrambi i casi (prove con particelle di tetracontano monodisperse o polidisperse), il sistema di riferimento soddisfa gli stessi requisiti descritti nella sezione 4.8.

Le prove di efficienza di eliminazione delle particelle volatili con particelle di tetracontano di dimensioni maggiori (monodisperse) o GMD (polidisperse) e/o concentrazioni di tetracontano più elevate rispetto a quelle descritte nella presente sezione possono essere accettate soltanto se lo strumento PN-PTI supera la prova (efficienza di eliminazione $> 95\%$).

4.11. Stabilità nel tempo o deriva

Per la prova di stabilità, lo strumento PN-PTI è utilizzato in conformità alle istruzioni operative del costruttore. La prova di stabilità dello strumento deve garantire che le misurazioni effettuate dallo strumento PN-PTI in condizioni ambientali stabili rimangano

all'interno dell'errore massimo ammissibile alle condizioni operative di riferimento (cfr. la sezione 4.6). Durante la prova di stabilità non è possibile eseguire regolazioni dello strumento PN-PTI.

Se lo strumento è dotato di sistemi di compensazione della deriva, come lo zero automatico o la regolazione interna automatica, l'azione di tali regolazioni non produce un'indicazione che possa essere confusa con la misurazione di un gas esterno. Le misurazioni della stabilità sono eseguite per almeno 12 ore (non necessariamente consecutive) con una concentrazione nominale di almeno 100 000 1/cm³. Il confronto con uno strumento di riferimento (con gli stessi requisiti del sistema di riferimento descritto nella sezione 4.8) è effettuato almeno ogni ora. È ammessa una prova di stabilità accelerata di 3 ore con una concentrazione nominale di almeno 10 000 000 1/cm³. In questo caso, il confronto con lo strumento di riferimento è effettuato ogni ora ma con una concentrazione nominale di 100 000 1/cm³.

4.12. Ripetibilità

La prova di ripetibilità dovrebbe garantire che per 20 misurazioni consecutive dello stesso campione PN di riferimento effettuate dalla stessa persona con lo stesso strumento entro intervalli di tempo relativamente brevi, la deviazione standard sperimentale dei 20 risultati non sia superiore a un terzo dell'errore massimo ammissibile (alle condizioni operative di riferimento) per il campione in questione. La ripetibilità è controllata con una concentrazione nominale di almeno 100 000 1/cm³. Ogni due misurazioni consecutive, allo strumento PN-PTI è fornito un flusso d'aria filtrato con filtro HEPA o un flusso d'aria ambiente.

4.13. Grandezze d'influenza

- Qui di seguito sono indicate le condizioni operative di riferimento. Si applica l'errore massimo ammissibile indicato per le condizioni operative di riferimento (cfr. la sezione 4.6).

Temperatura ambiente	20 °C ± 2 °C
Umidità relativa	50 % ± 20 %
Pressione atmosferica	Ambiente stabile (±10 hPa)
Tensione di rete	Tensione nominale ± 5 %
Frequenza di rete	Frequenza nominale ± 1 %
Vibrazione	Nessuna/trascurabile
Tensione della batteria	Tensione nominale della batteria

- Qui di seguito sono indicati i requisiti minimi per la prova delle condizioni operative nominali. Si applica l'errore massimo ammissibile indicato per le condizioni operative nominali (cfr. la sezione 4.6).

Temperatura ambiente (CEI 60068-2-1, CEI 60068-2-2, CEI 60068-3-1)	Da + 5 °C (indice del livello di prova 2 secondo OIML D11) (o inferiore se indicato dal costruttore) a + 40 °C (indice del livello di prova 1 secondo OIML D11) (o superiore se indicato dal costruttore). Quando le temperature interne critiche dello strumento PN-PTI non rientrano nell'intervallo, lo strumento non indica il valore misurato ed
--	---

	emette una segnalazione.
Umidità relativa (CEI 60068-2-78, CEI 60068-3-4, CEI 60068-2-30)	Fino all'85 % senza condensa (indice del livello di prova 1 secondo OIML D11) (se utilizzato al chiuso) Fino al 95 % con condensa (se utilizzato all'aperto)
Pressione atmosferica	Da 860 hPa a 1060 hPa
Tensione di rete (CEI 61000-2-1, CEI 61000-4-1)	Da - 15 % a + 10 % della tensione nominale (indice del livello di prova 1 secondo OIML D11)
Frequenza di rete (CEI 61000-2-1, CEI 61000-2-2, CEI 61000-4-1)	± 2 % della frequenza nominale (indice del livello di prova 1 secondo OIML D11)
Tensione della batteria del veicolo stradale (ISO 16750-2)	Batteria da 12 V: da 9 V a 16 V; Batteria da 24 V: da 16 V a 32 V
Tensione della batteria interna	Bassa tensione specificata dal costruttore fino alla tensione di una batteria nuova o completamente carica del tipo specificato.

4.14. Perturbazioni

Le anomalie significative specificate nell'errore massimo ammissibile per le perturbazioni (cfr. la sezione 4.6) non devono verificarsi o devono essere rilevate e gestite mediante sistemi di controllo nel caso in cui sussistano i seguenti requisiti minimi per i disturbi, descritti di seguito.

Urto meccanico (CEI 60068-2-31)	Apparecchio palmare: 1 caduta di 1 m su ogni bordo inferiore Apparecchio portatile: 1 caduta di 25 mm su ciascun bordo inferiore (indice del livello di prova 1 secondo OIML D11)
Vibrazioni solo per strumenti palmari (CEI 60068-2-47, CEI 60068-2-64, CEI 60068-3-8)	Da 10 Hz a 150 Hz, $1,6 \text{ ms}^{-2}$, $0,05 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$, -3 dB/ottava (indice del livello di prova 1 secondo OIML D11)
Cadute di tensione della rete CA, interruzioni brevi e riduzioni (CEI 61000-4-11, CEI 61000-6-1, CEI 61000-6-2)	0,5 cicli - riduzione a 0 % 1 ciclo - riduzione a 0 % 25/30 (*) cicli - riduzione a 70 % 250/300 (*) cicli - riduzione a 0 % (*) Per 50 Hz/ 60 Hz rispettivamente (indice del livello di prova 1 secondo OIML D11)

Burst (transienti) sulla rete CA (CEI 61000-4-4)	Ampiezza 2 kV Frequenza di ripetizione 5 kHz (indice del livello di prova 3 secondo OIML D11)
Burst (transienti) sulle linee di segnale, dati e controllo (CEI 61000-4-4)	Ampiezza 1 kV Frequenza di ripetizione 5 kHz (indice del livello di prova 3 secondo OIML D11)
Sovratensioni sulle linee di alimentazione di rete CA (CEI 61000-4-5)	Fase-fase 1,0 kV Fase-terra 2,0 kV (indice del livello di prova 3 secondo OIML D11)
Sovratensioni sulle linee di segnale, dati e controllo (CEI 61000-4-5)	Fase-fase 1,0 kV Fase-terra 2,0 kV (indice del livello di prova 3 secondo OIML D11)
Scarica elettrostatica (CEI 61000-4-2)	Scarica per contatto 6 kV Scarica in aria 8 kV (indice del livello di prova 3 secondo OIML D11)
Campi elettromagnetici irradiati a radiofrequenza (CEI 61000-4-3, CEI 61000-4-20)	Da 80 (26*) MHz fino a 6 GHz, 10 V/m (indice del livello di prova 3 secondo OIML D11) * Per un'apparecchiatura sottoposta a prova senza cablaggio per l'esecuzione della prova, il limite di frequenza inferiore è di 26 MHz
Campi a radiofrequenza condotti (CEI 61000-4-6)	Da 0,15 fino a 80 MHz, 10 V (f.e.m) (indice del livello di prova 3 secondo OIML D11)
Frequenza di potenza per campi magnetici (CEI 61000-4-8)	Continua 100 A/m Breve durata 1000 A/m per 1 s (indice del livello di prova 5 secondo OIML D11)
Per gli strumenti alimentati dalla batteria di un veicolo stradale:	

Conduzione elettrica transitoria in linee di alimentazione	Impulsi 2a, 2b, 3a, 3b, livello di prova IV (ISO 7637-2)
Conduzione elettrica transitoria su linee diverse da quelle di alimentazione	Impulsi a e b, livello di prova IV (ISO 7637-3)
Sovraccarichi	Prova B (ISO 16750-2)

5. REQUISITI TECNICI

5.1. Costruzione

Lo strumento dovrebbe essere conforme alle seguenti specifiche:

- tutte le parti, dal tubo di scarico fino al rivelatore di particelle, che sono a contatto con i gas di scarico grezzi e diluiti, sono realizzate in materiale resistente alla corrosione e non influiscono sulla composizione del campione di gas. Il materiale della sonda di campionamento resiste alla temperatura dei gas di scarico;
- lo strumento PN-PTI integra buone pratiche di campionamento delle particelle per ridurre al minimo le perdite di particelle;
- la sonda di campionamento è progettata in modo da poter essere inserita per almeno 0,2 m (o almeno 0,05 m in caso di eccezioni giustificate) nel tubo di scappamento del veicolo ed essere mantenuta in posizione da un dispositivo di fissaggio, indipendentemente dalla profondità di inserimento e dalla forma e dalle dimensioni del tubo e dallo spessore delle relative pareti. La sonda di campionamento deve essere progettata in modo da agevolare il campionamento in corrispondenza dell'ingresso, senza toccare la parete del tubo di scappamento;
- lo strumento contiene un dispositivo che impedisce la formazione di condensa di acqua nei componenti di campionamento e misura oppure un rivelatore che emette un allarme e impedisce l'indicazione di un risultato di misurazione. Alcuni esempi di dispositivi o tecniche che possono impedire la condensazione dell'acqua sono il riscaldamento della linea di campionamento o la diluizione con aria ambiente in prossimità della sonda di campionamento;
- se è necessario un riferimento di regolazione a causa della tecnica di misurazione, con lo strumento sono disponibili mezzi semplici per fornire tale campione (ad esempio una porta di campionamento/regolazione/verifica);
- se lo strumento PN-PTI include un'unità di diluizione, il fattore di diluizione rimane costante durante la misurazione;
- il dispositivo che trasporta il gas di scarico è montato in modo che le sue vibrazioni non influenzino le misurazioni. Può essere acceso e spento dall'utente separatamente dagli altri componenti dello strumento. Tuttavia, non è possibile eseguire misurazioni quando è spento. Il sistema di trattamento del gas dovrebbe essere pulito automaticamente con aria ambiente prima dello spegnimento del dispositivo che trasporta il gas di scarico;
- lo strumento è dotato di un dispositivo che indica quando la portata del gas è inferiore alla portata minima e, quindi, il flusso diminuisce a un livello che causerebbe il superamento del tempo di risposta o dell'errore massimo ammissibile alle condizioni operative di riferimento (cfr. 4.f). Inoltre, a seconda della tecnologia

utilizzata, il rivelatore di particelle è dotato di sensori di temperatura, corrente, tensione o qualsiasi altro sensore che monitori i parametri critici per il funzionamento dello strumento PN-PTI, al fine di rimanere entro l'errore massimo ammissibile indicato nei presenti orientamenti;

- il dispositivo di condizionamento del campione (se applicabile) deve essere a tenuta d'aria in misura tale che l'influenza dell'aria di diluizione sui risultati di misurazione non sia superiore a $5\,000\text{ l/cm}^3$;
- lo strumento può essere dotato di un'interfaccia che consenta l'accoppiamento con eventuali dispositivi periferici o altri strumenti, purché le funzioni metrologiche dello strumento o degli strumenti o i loro dati di misurazione non siano influenzati dai dispositivi periferici, da altri strumenti interconnessi o da perturbazioni che agiscono sull'interfaccia. Le funzioni eseguite o avviate tramite un'interfaccia soddisfano le prescrizioni e le condizioni vigenti. Se lo strumento è collegato a una stampante dati o a un dispositivo di archiviazione dati esterno, la trasmissione dei dati dallo strumento alla stampante è progettata in modo che i risultati non possano essere falsificati. Non è possibile stampare documenti o memorizzare i dati di misurazione in un dispositivo esterno (per ragioni legali) se il sistema di controllo dello strumento rileva un'anomalia significativa o un malfunzionamento. L'interfaccia dello strumento PN-PTI rispetta le prescrizioni delle norme OIML D 11 e OIML D 31;
- lo strumento PN-PTI ha una frequenza di segnalazione pari o superiore a 1 Hz;
- lo strumento è progettato secondo buone pratiche costruttive per garantire che l'efficienza di conteggio delle particelle sia stabile durante la prova;
- lo strumento PN-PTI o il dispositivo con il relativo software ammette il tempo di registrazione definito dalla procedura di misurazione descritta nella sezione 7 e riporta la misurazione e il risultato della prova in base alla procedura di misurazione;
- lo strumento PN-PTI o il dispositivo con il relativo software guida l'utente attraverso le fasi descritte nella procedura di misurazione di cui alla sezione 7;
- facoltativamente, lo strumento PN-PTI o il dispositivo con il relativo software può contare le ore di funzionamento nella modalità di misurazione.

5.2. Requisiti per il corretto funzionamento

- Se il rilevamento di una o più perturbazioni avviene mediante l'uso di sistemi automatici di autocontrollo, dovrebbe essere possibile verificare il corretto funzionamento di tali sistemi.
- Lo strumento è controllato da un sistema di controllo automatico che opera in modo che, prima che una misurazione possa essere indicata o stampata, tutte le regolazioni e tutti gli altri parametri del sistema di controllo siano confermati per i valori o lo stato corretti (cioè entro i limiti).
- Sono integrati i seguenti controlli:
 - (1) lo strumento PN-PTI monitora automaticamente e continuamente i parametri rilevanti che hanno un'influenza significativa sul principio di misurazione utilizzato (ad esempio il flusso del volume del campione, la temperatura del rivelatore). Se si verificano deviazioni intollerabili, non viene visualizzato alcun valore misurato. Se lo strumento PN-PTI necessita di un fluido di lavoro, non è possibile eseguire le misurazioni se il livello del fluido è insufficiente;

- (2) test della memoria con chiara verifica del software e del funzionamento dei gruppi più importanti (automaticamente dopo ogni accensione, poi al massimo dopo ogni passaggio al giorno successivo);
 - (3) una procedura di controllo dell'aria pulita o delle perdite per rilevare la perdita massima specifica (almeno con ogni autotest, consigliato prima di ogni misurazione). Se il valore misurato è superiore a $5\,000\text{ l/cm}^3$, lo strumento non consente all'utente di procedere oltre con la misurazione;
 - (4) se richiesto dal principio di misurazione, una procedura di zero eseguita con un filtro HEPA all'ingresso dello strumento PN-PTI (almeno ad ogni autotest, consigliato prima di ogni misurazione).
- Facoltativamente, lo strumento PN-PTI può integrare un controllo della procedura di misurazione dell'aria ambiente o delle concentrazioni elevate del numero di particelle, eseguito prima della procedura di controllo dell'aria pulita o delle perdite, in cui lo strumento PN-PTI rileva più particelle di una concentrazione PN predefinita.
 - Gli strumenti dotati di sistema di regolazione automatico o semiautomatico consentono all'utente di effettuare misurazioni solo dopo il completamento delle opportune regolazioni.
 - Gli strumenti dotati di sistema di regolazione semiautomatico non consentono all'utente di effettuare misurazioni quando è necessaria una regolazione.
 - Sia per i sistemi di regolazione automatici che per quelli semiautomatici può essere previsto un mezzo di segnalazione della necessità di una regolazione.
 - su tutte le parti dello strumento che non sono materialmente protette in altro modo, sono presenti dispositivi di tenuta efficaci contro le operazioni che possono influire sulla precisione o sull'integrità dello strumento. Ciò vale in particolare per quanto segue: a) mezzi di regolazione, b) integrità del software (cfr. anche OIML D 31 livello di rischio normale o requisiti WELMEC 7.2 classe di rischio C).
 - Il software giuridicamente rilevante è chiaramente identificato. L'identificazione è visualizzata o stampata: a) a comando o b) durante il funzionamento o c) all'avvio nel caso degli strumenti di misura che possono essere spenti e riaccesi. Si applicano tutte le disposizioni pertinenti di cui al documento OIML D 31 livello di rischio normale o WELMEC 7.2 classe di rischio C.
 - Il software è protetto in modo che ogni intervento sia documentato (aggiornamenti del software, modifiche dei parametri ecc.). Si applicano tutte le disposizioni pertinenti di cui al documento OIML D 31 livello di rischio normale o WELMEC 7.2 classe di rischio C.
 - Le caratteristiche metrologiche dello strumento non sono influenzate in modo inammissibile dal collegamento di tale strumento ad altro dispositivo, da alcuna caratteristica del dispositivo collegato o da alcun dispositivo remoto che comunichi con lo strumento di misura (allegato I della direttiva 2014/32/UE).
 - Gli strumenti a batteria funzionano correttamente con batterie nuove o completamente cariche del tipo specificato, e continuano a funzionare correttamente o non indicano alcun valore nel caso in cui la tensione sia inferiore al valore indicato dal costruttore. I limiti di tensione specifici per le batterie dei veicoli stradali sono prescritti dalle condizioni operative nominali (cfr. la sezione 4.13).

6. CONTROLLI METROLOGICI

I requisiti metrologici sono verificati in tre fasi diverse:

- esame del tipo;
- verifica iniziale;
- verifica a posteriori.

6.1. Esame del tipo

Su almeno uno strumento PN-PTI, che rappresenta il tipo di strumento definitivo, è eseguito un controllo di conformità dei requisiti metrologici di cui alla sezione 4 e dei requisiti tecnici di cui alla sezione 5. Le prove sono eseguite da un istituto nazionale di metrologia.

6.2. Verifica iniziale

Per ogni strumento PN-PTI prodotto, il costruttore dello strumento o un organismo notificato scelto dal costruttore effettua una verifica iniziale.

La verifica iniziale include una prova di linearità con particelle polidisperse con distribuzione dimensionale monomodale, con GMD 70 ± 20 nm e GSD inferiore o uguale a 2,1. Il controllo della linearità è eseguito con 5 campioni PN di riferimento. Si applica l'errore massimo ammissibile relativo alle condizioni operative di riferimento (cfr. la sezione 4.6). La concentrazione dei 5 campioni PN di riferimento si estende da un quinto al doppio del limite PN-PTI (comprese queste due concentrazioni, ± 10 %) e comprende anche il limite PN-PTI (± 10 %).

Il sistema di riferimento consiste in un contatore di particelle tracciabile con efficienza di conteggio a 23 nm superiore o pari a 0,5 o che soddisfa i criteri della sezione 4.7. Al contatore di particelle può essere affiancato un diluente tracciabile. L'incertezza estesa dell'intero sistema di riferimento rimane inferiore al 12,5 %, ma preferibilmente inferiore o pari a un terzo dell'errore massimo ammissibile alle condizioni operative di riferimento.

Il materiale utilizzato per la verifica iniziale è termicamente stabile e simile alla fuliggine. È possibile utilizzare altri materiali (ad esempio particelle di sale).

L'intera configurazione sperimentale utilizzata per la verifica iniziale (generatore di particelle, strumento PN-PTI e sistema di riferimento) è controllata dall'istituto nazionale di metrologia competente (preferibilmente durante l'esame del tipo dello strumento PN-PTI) ed è determinato un fattore di correzione della configurazione per l'esame del tipo dell'istituto nazionale di metrologia. Il fattore di correzione della configurazione prende in considerazione le differenze tra l'esame del tipo e le prove della verifica iniziale dovute, ad esempio, al materiale delle particelle, alla distribuzione delle dimensioni delle particelle e ai diversi strumenti di riferimento. Il fattore di correzione della configurazione dovrebbe essere costante nel suddetto intervallo di concentrazione (coefficiente di variazione inferiore al 10 %); è opportuno che sia compreso tra 0,65 e 1,5. In caso di modifica del sistema di riferimento o del generatore di particelle, l'istituto nazionale di metrologia competente verifica nuovamente la configurazione sperimentale della verifica iniziale.

Qui di seguito sono riassunti i requisiti di linearità della verifica iniziale:

Posizione controllo	di	Strumento riferimento	di	Numero minimo di concentrazioni	Errore massimo ammissibile
---------------------	----	-----------------------	----	---------------------------------	----------------------------

Il costruttore o un organismo notificato scelto dal costruttore	Contatore di particelle tracciabile (facoltativamente con diluatore tracciabile)	5	Condizioni operative di riferimento (cfr. la sezione 4.6)
---	--	---	---

Le prove aggiuntive durante la verifica iniziale includono:

- un'ispezione visiva per determinare la conformità con il tipo di strumento PN-PTI approvato;
- un controllo della tensione e della frequenza di alimentazione nel luogo di utilizzo, per determinare la conformità rispetto alle specifiche riportate sull'etichetta dello strumento di misura;
- un controllo dell'aria pulita o delle perdite (come descritto nelle istruzioni operative);
- un controllo del livello zero (come descritto nella sezione 4.9) se differisce dal controllo dell'aria pulita o delle perdite;
- una verifica del flusso di gas basso effettuata diminuendo il flusso di gas erogato alla sonda di campionamento;
- una verifica del tempo di risposta.

Facoltativamente è possibile eseguire prove relative alle concentrazioni elevate del numero di particelle, all'efficienza di conteggio e alla ripetibilità.

6.3. Verifica a posteriori

La verifica a posteriori dell'accuratezza dello strumento PN-PTI dovrebbe essere effettuata ogniqualvolta richiesto dal costruttore dello strumento, ma non oltre un anno dall'ultima verifica. La verifica a posteriori prevede una prova eseguita a tre concentrazioni diverse con particelle polidisperse con distribuzione dimensionale monomodale, con GMD 70 ± 20 nm e GSD inferiore o uguale a 2,1. Si applica l'errore massimo ammissibile alle condizioni operative nominali. Le concentrazioni utilizzate per la prova sono un quinto del limite PN-PTI, il limite PN-PTI e il doppio del limite PN-PTI (concentrazioni entro il 20 %).

La prova della verifica a posteriori può essere effettuata i) nei locali del costruttore o di un organismo notificato scelto dal costruttore o ii) nel luogo di utilizzo dello strumento PN-PTI.

Quando la verifica a posteriori è eseguita nei locali del costruttore o di un organismo notificato scelto dal costruttore utilizzando la stessa configurazione approvata per la verifica iniziale, si applica lo stesso fattore di correzione della configurazione.

Quando la verifica a posteriori è eseguita nel luogo di utilizzo dello strumento PN-PTI, la configurazione portatile comprende un generatore di particelle portatile e un sistema di riferimento portatile (contatore di particelle tracciabile e, facoltativamente, un diluatore tracciabile).

La distribuzione delle dimensioni delle particelle prodotte dal generatore di particelle portatile deve rispettare i valori GMD e GSD definiti nella sezione 6.2 per un totale di almeno 3 ore distribuite in 3 giorni diversi, nelle stesse condizioni che verranno utilizzate sul campo. La prova deve essere ripetuta almeno una volta all'anno.

Il sistema di riferimento portatile soddisfa gli stessi requisiti dei sistemi di riferimento utilizzati per le prove di linearità della verifica iniziale (cfr. la sezione 6.2), ma la sua incertezza estesa alle condizioni operative nominali rimane inferiore al 20 %, e preferibilmente inferiore o pari a un terzo dell'errore massimo ammissibile alle condizioni operative nominali.

L'intera configurazione sperimentale portatile utilizzata per la verifica a posteriori (generatore di particelle portatile, strumento PN-PTI e sistema di riferimento) è controllata dall'istituto nazionale di metrologia competente ed è determinato un fattore di correzione della configurazione per l'esame del tipo dell'istituto nazionale di metrologia. Il fattore di correzione della configurazione prende in considerazione le differenze tra l'esame del tipo e le prove della verifica a posteriori dovute, ad esempio, al materiale delle particelle, alla distribuzione delle dimensioni delle particelle e ai diversi strumenti di riferimento. Il fattore di correzione della configurazione dovrebbe essere costante nell'intervallo di concentrazione delle prove della verifica a posteriori (coefficiente di variazione inferiore al 10 %); è opportuno che sia compreso tra 0,65 e 1,5. In caso di modifica del sistema di riferimento portatile o del generatore di particelle portatile, è necessaria una nuova approvazione da parte dell'istituto nazionale di metrologia.

Qui di seguito sono riassunti i requisiti di linearità della verifica a posteriori:

Posizione di controllo	Strumento di riferimento	Numero minimo di concentrazioni	Errore massimo ammissibile
Sede del costruttore o dell'organismo notificato o sul campo	Contatore di particelle tracciabile (facoltativamente con diluitor tracciabile)	3	Condizioni operative nominali (cfr. la sezione 4.6)

Le prove aggiuntive durante la verifica a posteriori includono:

- un'ispezione visiva per determinare la validità della verifica precedente e la presenza di tutti i timbri, sigilli e documenti richiesti;
- un controllo dell'aria pulita o delle perdite (come descritto nelle istruzioni operative);
- un controllo del livello zero (come descritto nella sezione 4.9) se differisce dal controllo dell'aria pulita o delle perdite;
- una verifica del flusso di gas basso effettuata diminuendo il flusso di gas erogato alla sonda di campionamento;
- una verifica del tempo di risposta;
- una prova relativa alle concentrazioni elevate di PN (facoltativa).

7. PROCEDURA DI MISURAZIONE

Con la prova relativa alla concentrazione del numero di particelle, che si applica ai veicoli descritti nella sezione 1, vengono determinate le particelle per centimetro cubo nei gas di scarico di un veicolo fermo con il motore al minimo. La prova non è eseguita durante la rigenerazione del filtro DPF del veicolo.

Preparazione del veicolo

All'inizio della prova il veicolo dovrebbe essere:

- caldo, ossia la temperatura del liquido di raffreddamento del motore è > 60 °C, ma preferibilmente > 70 °C;
- condizionato, con un periodo di tempo di funzionamento al minimo e/o con accelerazioni da fermo fino a un regime massimo del motore di 2 000 giri/min., oppure con la marcia del veicolo. Il condizionamento ha lo scopo di garantire che l'efficienza del filtro DPF non sia influenzata da una rigenerazione recente. Il tempo di condizionamento è considerato il periodo in cui il motore è acceso, comprese le fasi precedenti la prova (ad esempio la fase di stabilizzazione). Il tempo di condizionamento totale raccomandato è di 300 s.

È possibile effettuare una prova rapida con una temperatura del liquido di raffreddamento del motore < 60 °C. Se tuttavia il veicolo non la supera, la prova deve essere ripetuta e il veicolo dovrà soddisfare i parametri stabiliti per la temperatura del liquido di raffreddamento del motore e il condizionamento.

Preparazione dello strumento PN-PTI

- Lo strumento PN-PTI è acceso almeno per il tempo di riscaldamento indicato dal costruttore.
- I sistemi di autocontrollo dello strumento di cui alla sezione 5 ne monitorano il corretto funzionamento ed emettono una segnalazione o un messaggio in caso di malfunzionamento.

Prima di ogni prova viene verificato che il sistema di campionamento sia in buone condizioni, anche controllando che il tubo e la sonda di campionamento non siano danneggiati.

Procedura di prova

- Prima di iniziare una misurazione vengono registrati i dati seguenti:
 - (a) numero di immatricolazione del veicolo;
 - (b) numero di identificazione del veicolo;
 - (c) livello di emissioni omologate per il tipo di veicolo (categoria di emissione Euro).
- Il software del contatore di particelle guida automaticamente l'operatore dello strumento attraverso la procedura di prova.
- La sonda è inserita per almeno 0,20 m nello sbocco del sistema di scarico. In casi eccezionali e giustificati, in cui il campionamento a questa profondità non è possibile, la sonda è inserita per almeno 0,05 m. La sonda di campionamento non tocca le pareti del tubo di scappamento.
- Se il sistema di scarico ha più di uno sbocco, la prova è eseguita su tutti gli sbocchi e il rispettivo limite PN-PTI è rispettato in tutte le prove. In questo caso la concentrazione del numero di particelle più elevata misurata ai diversi sbocchi del sistema di scarico è considerata come la concentrazione del numero di particelle del veicolo.
- Il veicolo funziona al minimo. Se il motore di un veicolo non viene acceso in condizioni statiche, l'operatore che esegue la prova disattiva il sistema start/stop. Per i veicoli ibridi e ibridi plug-in, il motore termico deve essere acceso (ad esempio

accendendo il sistema di climatizzazione per gli ibridi o selezionando la modalità di ricarica della batteria per gli ibridi plug-in).

- Dopo aver inserito la sonda nel tubo di scappamento, svolgere le seguenti fasi per la prova PN-PTI:
 - (a) un periodo di stabilizzazione di almeno 15 secondi con il motore acceso al minimo. Facoltativamente, prima del periodo di stabilizzazione sono eseguite 2-3 accelerazioni fino a un regime massimo del motore di 2 000 giri/min;
 - (b) dopo il periodo di stabilizzazione, misurare le emissioni della concentrazione del numero di particelle. La durata della prova è di almeno 15 s (durata totale della misurazione). Il risultato del test è la concentrazione PN media relativa alla durata della misurazione. Se la concentrazione PN misurata è superiore al doppio del limite PN-PTI, la misurazione può essere interrotta immediatamente senza attendere che trascorrono 15 s e che venga riportato il risultato del test.

Al termine della procedura di prova, lo strumento PN-PTI riporta (e memorizza o stampa) la concentrazione PN media del veicolo e un messaggio "PASS" o "FAIL".

- Se il risultato della prova è inferiore o uguale al limite PN-PTI, lo strumento riporta un messaggio "PASS" e la prova è superata.
- Se il risultato della prova è superiore al limite PN-PTI, lo strumento riporta un messaggio "FAIL" e la prova non è superata.

8. LIMITE PN-PTI

I veicoli sottoposti alla prova relativa alla concentrazione del numero di particelle descritta nella sezione 1 devono rispettare il limite PN-PTI di 250 000 (1/cm³) dopo essere stati testati con uno strumento PN-PTI che soddisfa i requisiti stabiliti nei presenti orientamenti e seguendo la procedura di misurazione descritta nella sezione 7.

I presenti orientamenti possono essere applicati a un singolo limite PN-PTI da 250 000 (1/cm³) a 1 000 000 (1/cm³).

9. ELENCO DELLE FONTI

Norme ISO

ISO 16750-2 Ed. 4.0 (2012), Veicoli stradali - condizioni ambientali e di prova per le apparecchiature elettriche ed elettroniche - Parte 2: carichi elettrici

ISO 7637-2 (2011), Veicoli stradali – Perturbazioni elettriche per conduzione e per accoppiamento - Parte 2: Conduzione elettrica transitoria solo lungo le linee di alimentazione

ISO 7637-3 (2007), Veicoli stradali – Perturbazioni elettriche per conduzione e per accoppiamento - Parte 3: Autovetture e veicoli commerciali leggeri con tensione di alimentazione nominale di 12 V e veicoli commerciali con tensione di alimentazione di 24 V – Trasmissione di transitori elettrici mediante accoppiamento capacitivo e induttivo attraverso linee diverse da quelle di alimentazione

Norme CEI

CEI 60068-2-1 Ed. 6.0 (2007-03), *Prove ambientali* – Parte 2: *Metodi di prova* – Sezione 1: Prova A: *Freddo*

CEI 60068-2-2 Ed. 5.0 (2007-07), *Prove ambientali* – Parte 2: *Metodi di prova* – Sezione 1: Prova B: *Caldo secco*

CEI 60068-3-1 Ed. 2.0 (2011-08), *Prove ambientali* – Parte 3: Documenti di supporto e guida – Sezione 1: Prove di freddo e di caldo secco

CEI 60068-2-78 Ed. 2.0 (2012-10), *Prove ambientali* – Parte 2: *Metodi di prova* – Sezione 78: Prova Cab: *Caldo umido, regime stazionario*

CEI 60068-2-30 Ed. 3.0 (2005-08), *Prove ambientali* – Parte 2: *Metodi di prova* – Sezione 30: Prova Db: *Caldo umido, ciclico (ciclo di 12 + 12 ore)*

CEI 60068-3-4 Ed. 1.0 (2001-08), *Prove ambientali* – Parte 3: Documenti di supporto e guida – Sezione 4: Prove di caldo umido

CEI 61000-2-1 Ed. 1.0 (1990-05), *Compatibilità elettromagnetica (CEM)* – Parte 2: *Ambiente* – Sezione 1: *Descrizione dell'ambiente - Ambiente elettromagnetico per disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione di segnali su reti pubbliche di alimentazione*

CEI 61000-4-1 Ed. 3.0 (2006-10), *Pubblicazione CEM base – Compatibilità elettromagnetica (CEM)* – Parte 4: *Tecniche di prova e di misura* – Sezione 1: *Panoramica della serie CEI 61000-4*

CEI 61000-2-2 Ed. 1.0 (1990-05), *Compatibilità elettromagnetica (CEM)* – Parte 2: *Ambiente* – Sezione 2: *Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione dei segnali su reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione*

CEI 60068-2-31 Ed. 2.0 (2008-05), *Prove ambientali* – Parte 2: *Metodi di prova* – Sezione 31: Prova Ec: *Urti causati da gestione senza precauzioni per apparecchiature campione*

CEI 60068-2-47 Ed. 3.0 (2005-4), *Prove ambientali* – Parte 2: *Metodi di prova* – Sezione 47: *Montaggio di campioni per prove dinamiche di vibrazione, urto e similari*

CEI 60068-2-64 Ed. 2.0 (2008-04), *Prove ambientali* – Parte 2: *Metodi di prova* – Sezione 64: Prova Fh: *Vibrazioni aleatorie a larga banda e guida*

CEI 60068-3-4 Ed. 1.0 (2003-08), *Prove ambientali* – Parte 3: Documenti di supporto e guida – Sezione 8: *Selezione delle prove di vibrazione*

CEI 61000-4-11 Ed. 2.0 (2004-03), *Pubblicazione CEM base – Compatibilità elettromagnetica (CEM)* – Parte 4: *Tecniche di prova e di misura* – Sezione 11: *Prove di immunità per le cadute di tensione, le interruzioni brevi e le variazioni di tensione*

CEI 61000-6-1 Ed. 2.0 (2005-3), *Pubblicazione CEM base – Compatibilità elettromagnetica (CEM)* – Parte 6: *Norme generiche* – Sezione 1: *Immunità per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera*

CEI 61000-6-2 Ed. 2.0 (2005-01), *Pubblicazione CEM base – Compatibilità elettromagnetica (CEM)* – Parte 6: *Norme generiche* – Sezione 2: *Immunità per gli ambienti industriali*

CEI 61000-4-4 Ed. 3.0 (2012-04), *Pubblicazione CEM base – Compatibilità elettromagnetica (CEM)* – Parte 4: *Tecniche di prova e di misura* – Sezione 4: *Prova di immunità a transitori/raffiche di impulsi elettrici veloci*

CEI 61000-4-5 Ed. 2.0 (2005-11) *Correzione 1 dell'Ed. 2.0 (2009-10)*, *Pubblicazione CEM base – Compatibilità elettromagnetica (CEM)* – Parte 4: *Tecniche di prova e di misura* – Sezione 5: *Prova di immunità ad impulso*

CEI 61000-4-2 Ed. 2.0 (2008-12), Pubblicazione CEM base – Compatibilità elettromagnetica (CEM) – Parte 4: Tecniche di prova e di misura – Sezione 2: Prove di immunità a scariche di elettricità statica

CEI 61000-4-3 Ed. 3.2 (2010-04), Pubblicazione CEM base – Compatibilità elettromagnetica (CEM) – Parte 4: Tecniche di prova e di misura – Sezione 3: Prova d'immunità ai campi elettromagnetici irradiati a radiofrequenza

CEI 61000-4-20 Ed. 2.0 (2010-08), Pubblicazione CEM base – Compatibilità elettromagnetica (CEM) – Parte 4: Tecniche di prova e di misura – Sezione 20: Prove di emissione e di immunità in guide d'onda elettromagnetica trasversale (TEM)

CEI 61000-4-6 Ed. 4.0 (2013-10), Pubblicazione CEM base – Compatibilità elettromagnetica (CEM) – Parte 4: Tecniche di prova e di misura – Sezione 6: Immunità ai disturbi condotti, indotti da campi a radiofrequenza

CEI 61000-4-8 Ed. 2.0 (2009-09), Pubblicazione CEM base – Compatibilità elettromagnetica (CEM) – Parte 4: Tecniche di prova e di misura – Sezione 8: Prova di immunità a campi magnetici a frequenza di rete

Norme europee

EN 1822-1:2019-10, Filtri antiparticolato (EPA, HEPA e ULPA) – Parte 1: Classificazione, prove di prestazione, marcatura

Pubblicazioni OIML

OIML R 99-1 e 2 (2008) Strumenti per la misurazione delle emissioni allo scarico dei veicoli

OIML V 2-200 (2012) Vocabolario internazionale di metrologia – Concetti generali e di base e termini associati (VIM)

OIML D 11 (2013) Requisiti generali per gli strumenti di misura – Condizioni ambientali