

## II

(Atti non legislativi)

## REGOLAMENTI

### REGOLAMENTO (UE) 2016/646 DELLA COMMISSIONE

del 20 aprile 2016

che modifica il regolamento (CE) n. 692/2008 riguardo alle emissioni dai veicoli passeggeri e commerciali leggeri (EUR 6)

(Testo rilevante ai fini del SEE)

LA COMMISSIONE EUROPEA,

visto il trattato sul funzionamento dell'Unione europea,

visto il 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 (EUR 5 ed EUR 6) e all'ottenimento di informazioni sulla riparazione e la manutenzione del veicolo<sup>(1)</sup>, in particolare l'articolo 5, paragrafo 3,

considerando quanto segue:

- (1) Il regolamento (CE) n. 715/2007 è uno degli atti normativi separati nel quadro della procedura di omologazione prevista dalla direttiva 2007/46/CE del Parlamento europeo e del Consiglio<sup>(2)</sup>.
- (2) Il regolamento (CE) n. 715/2007 impone per i veicoli leggeri nuovi il rispetto di determinati limiti di emissione e stabilisce nuovi obblighi in materia di accesso alle informazioni. Le disposizioni tecniche specifiche necessarie per l'attuazione di detto regolamento sono state adottate con il regolamento (CE) n. 692/2008 della Commissione<sup>(3)</sup>.
- (3) La Commissione ha effettuato un'analisi dettagliata delle procedure, delle prove e dei requisiti di omologazione definiti dal regolamento (CE) n. 692/2008 sulla base di ricerche da essa condotte e di informazioni esterne e ha constatato che le emissioni effettivamente generate durante la guida su strada dai veicoli EUR 5 e EUR 6 superano ampiamente le emissioni misurate col nuovo ciclo di guida europeo (New European Driving Cycle — NEDC) di regolamentazione, in particolare per quanto riguarda le emissioni di NO<sub>x</sub> dei veicoli diesel.
- (4) I requisiti di omologazione dei veicoli a motore in materia di emissioni sono diventati gradualmente e notevolmente più severi con l'introduzione e la successiva revisione delle norme euro. Sebbene i veicoli in generale abbiano significativamente ridotto le emissioni di tutta la gamma di inquinanti regolamentati, hanno fatto eccezione le emissioni di NO<sub>x</sub> dei motori diesel, soprattutto dei veicoli commerciali leggeri. Sono dunque necessari interventi per correggere tale situazione.
- (5) Gli «impianti di manipolazione», quali definiti all'articolo 3, paragrafo 10, del regolamento (CE) n. 715/2007, che riducono il livello del controllo delle emissioni, sono proibiti. Eventi recenti hanno messo in luce la necessità di

<sup>(1)</sup> GUL 171 del 29.6.2007, pag. 1.

<sup>(2)</sup> Direttiva 2007/46/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 5 settembre 2007, che istituisce un quadro per l'omologazione dei veicoli a motore e dei loro rimorchi, nonché dei sistemi, componenti ed entità tecniche destinati a tali veicoli («direttiva quadro») (GUL 263 del 9.10.2007, pag. 1).

<sup>(3)</sup> Regolamento (CE) n. 692/2008 della Commissione, del 18 luglio 2008, recante attuazione e modifica del regolamento (CE) n. 715/2007 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo all'omologazione dei veicoli a motore riguardo alle emissioni dai veicoli passeggeri e commerciali leggeri (EUR 5 ed EUR 6) e all'ottenimento di informazioni per la riparazione e la manutenzione del veicolo (GU L 199 del 28.7.2008, pag. 1).

rafforzare l'applicazione della normativa in questo senso. È pertanto opportuno imporre una migliore supervisione della strategia di controllo delle emissioni applicata dal costruttore all'atto dell'omologazione, seguendo i principi già applicati ai veicoli pesanti dal regolamento (CE) n. 595/2009 EUR VI e relative misure di attuazione.

- (6) Affrontando il problema delle emissioni di NO<sub>x</sub> dei veicoli diesel si dovrebbe contribuire a ridurre gli attuali livelli elevati e persistenti delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> nell'aria ambiente, che costituiscono un motivo di grande preoccupazione per la salute umana.
- (7) Nel gennaio 2011 la Commissione ha istituito un gruppo di lavoro, con il coinvolgimento di tutte le parti interessate, per sviluppare una procedura di prova delle emissioni reali di guida (Real Driving Emissions — RDE) che riflettesse meglio le emissioni misurate su strada. A tal fine, e dopo approfondite discussioni tecniche, è stata seguita la possibilità suggerita nel regolamento (CE) n. 715/2007, ossia l'uso di sistemi portatili di misura delle emissioni (Portable Emission Measuring Systems — PEMS) e l'introduzione di limiti da non superare (Not-To-Exceed — NTE).
- (8) Come concordato con le parti interessate nel processo «CARS 2020» (<sup>1</sup>), le procedure di prova RDE dovrebbero essere introdotte in due fasi: in un primo periodo transitorio le procedure di prova dovrebbero applicarsi esclusivamente ai fini del monitoraggio, mentre successivamente dovrebbero applicarsi a tutte le nuove omologazioni e a tutti i veicoli nuovi insieme a prescrizioni RDE quantitative vincolanti.
- (9) Le procedure di prova RDE sono state introdotte dal regolamento (UE) 2016/427 della Commissione (<sup>2</sup>). È ora necessario stabilire le prescrizioni RDE quantitative al fine di limitare le emissioni dallo scarico in tutte le condizioni d'uso normali conformemente ai limiti d'emissione fissati nel regolamento (CE) n. 715/2007. A tal fine dovrebbero essere prese in considerazione le incertezze statistiche e tecniche delle procedure di misurazione.
- (10) Per consentire ai costruttori di adeguarsi gradualmente alle prescrizioni RDE, le prescrizioni RDE quantitative definitive dovrebbero essere introdotte in due fasi successive. Nella prima fase, la cui applicazione dovrebbe iniziare 4 anni dopo le date di applicazione obbligatoria delle norme EUR 6, dovrebbe essere applicato un fattore di conformità di 2,1. Alla prima fase dovrebbe seguire, 1 anno e 4 mesi dopo, una seconda fase, con la quale dovrebbe essere imposta la piena conformità al valore limite di emissione di 80 mg/km per gli NO<sub>x</sub> definiti al regolamento (CE) n. 715/2007, incrementato di un certo margine per tenere conto delle incertezze aggiuntive di misurazione dovute all'uso di sistemi portatili di misura delle emissioni (PEMS).
- (11) Benché sia importante che nelle prove RDE siano esaminate potenzialmente tutte le possibili situazioni di guida, bisognerebbe evitare di adottare per i veicoli sottoposti a prova una guida che influenzi il risultato, che genera cioè una prova positiva o negativa non in virtù della prestazione tecnica del veicolo ma a causa di modalità di guida estreme. Sono quindi introdotte condizioni limite supplementari per le prove RDE al fine di ovviare a tali situazioni.
- (12) Per la loro stessa natura, le condizioni di guida riscontrate durante i singoli percorsi PEMS possono non corrispondere del tutto alle «normali condizioni di impiego di un veicolo». La severità del controllo delle emissioni durante tali percorsi può pertanto variare. Di conseguenza, e al fine di tenere conto delle incertezze statistiche e tecniche delle procedure di misurazione, si può valutare in futuro di rispecchiare nei limiti di emissione NTE applicabili ai singoli percorsi PEMS le caratteristiche di tali percorsi, descritte mediante determinati parametri misurabili, per esempio relativi alle dinamiche di guida o al carico di lavoro. Qualora questo principio fosse applicato, esso non dovrebbe condurre all'indebolimento dell'effetto ambientale e dell'efficacia delle procedure di prova RDE, e ciò dovrebbe essere dimostrato da uno studio scientifico sottoposto a valutazione inter pares. Per la valutazione della severità del controllo delle emissioni durante un percorso PEMS si dovrebbe inoltre tenere conto unicamente dei parametri che possono essere giustificati da ragioni scientifiche oggettive e non solo da ragioni di taratura del motore o dei dispositivi di controllo dell'inquinamento o dei sistemi di controllo delle emissioni.
- (13) Riconoscendo infine la necessità di controllare le emissioni di NO<sub>x</sub> in condizioni urbane, occorrerà esaminare con urgenza la modifica della ponderazione relativa degli elementi urbano, extraurbano e autostradale della prova RDE per garantire che si possa raggiungere nella pratica un fattore di conformità basso, creando un'ulteriore condizione limite relativa alle dinamiche di guida nel terzo pacchetto normativo RDE al di sopra della quale saranno applicabili le condizioni estese a decorrere dalle date di introduzione della fase 1.

(<sup>1</sup>) Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni CARS 2020: piano d'azione per un'industria automobilistica competitiva e sostenibile in Europa [COM(2012)636 final].

(<sup>2</sup>) Regolamento (UE) 2016/427 della Commissione, del 10 marzo 2016, che modifica il regolamento (CE) n. 692/2008 riguardo alle emissioni dai veicoli passeggeri e commerciali leggeri (GUL 82 del 31.3.2016, pag. 1).

(14) La Commissione sottoporrà a revisione le disposizioni della procedura RDE e le adatterà per integrarvi nuove tecnologie impiegate per i veicoli e garantirne l'efficacia. Analogamente, la Commissione verificherà annualmente l'adeguatezza del livello del fattore di conformità definitivo alla luce dei progressi tecnici. Essa esaminerà in particolare i due metodi alternativi di valutazione dei dati relativi alle emissioni descritti nell'allegato IIIA, appendici 5 e 6, del regolamento (CE) n. 692/2008 nell'ottica di sviluppare un metodo unico.

(15) È pertanto opportuno modificare di conseguenza il regolamento (CE) n. 692/2008.

(16) Le misure di cui al presente regolamento sono conformi al parere del Comitato tecnico — Veicoli a motore,

HA ADOTTATO IL PRESENTE REGOLAMENTO:

## *Articolo 1*

Il regolamento (CE) n. 692/2008 è così modificato:

1) all'articolo 2 sono aggiunti i seguenti punti 43 e 44:

«43. “strategia di base di controllo delle emissioni” (di seguito “BES”), una strategia di controllo delle emissioni che è operativa per tutto l'intervallo di regimi e di carico del veicolo se non viene attivata una strategia ausiliaria di controllo delle emissioni;

44. “strategia ausiliaria di controllo delle emissioni” (di seguito “AES”), una strategia di controllo delle emissioni che si attiva e sostituisce o modifica una BES per un determinato scopo e in risposta a una serie di condizioni ambientali o di funzionamento specifiche e che resta attiva finché tali condizioni perdurano.»;

2) all'articolo 3, paragrafo 10, il terzo paragrafo è sostituito dal seguente testo:

«Fino a tre anni dopo le date specificate all'articolo 10, paragrafo 4, e quattro anni dopo le date specificate all'articolo 10, paragrafo 5, del regolamento (CE) n. 715/2007 si applicano le seguenti disposizioni:»;

3) all'articolo 3, paragrafo 10, il testo di cui alla lettera a) è sostituito dal seguente testo:

«Le prescrizioni di cui all'allegato IIIA, punto 2.1, non si applicano.»;

4) all'articolo 5 sono aggiunti i seguenti punti 11 e 12:

«11. Il costruttore deve inoltre fornire una documentazione ampliata con le seguenti informazioni:

a) informazioni sul funzionamento di tutte le AES e le BES, compresa una descrizione dei parametri che sono modificati da una AES e le condizioni limite di funzionamento dell'AES, nonché indicazioni sulle AES o BES che sono probabilmente attive alle condizioni delle procedure di prova descritte nel presente regolamento;

b) una descrizione della logica di controllo del sistema di alimentazione, delle strategie di fasatura e dei punti di commutazione in tutte le modalità di funzionamento.

12. La documentazione ampliata di cui al punto 11 rimarrà strettamente riservata. A discrezione dell'autorità di omologazione, essa può essere conservata dall'autorità di omologazione o dal fabbricante. Qualora sia il fabbricante a conservare la documentazione, essa è identificata e datata dall'autorità di omologazione dopo essere stata visionata e approvata. L'autorità di omologazione deve potervi accedere al momento del rilascio dell'omologazione o in ogni altro momento durante il periodo di validità dell'omologazione.»;

5) l'allegato I, appendice 6, è modificato conformemente all'allegato I del presente regolamento;

6) l'allegato IIIA è modificato conformemente all'allegato II del presente regolamento.

*Articolo 2*

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

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

Fatto a Bruxelles, il 20 aprile 2016

*Per la Commissione*

*Il presidente*

Jean-Claude JUNCKER

---

## ALLEGATO I

Nell'allegato I, appendice 6, del regolamento (CE) n. 692/2008, la tabella 1 è modificata come segue:

- 1) le righe ZD, ZE, ZF sono sostituite dalle seguenti:

«ZD	EUR 6c	EUR 6-2	M, N1 classe I	PI, CI		1.9.2018	31.8.2019
ZE	EUR 6c	EUR 6-2	N1 classe II	PI, CI		1.9.2019	31.8.2020
ZF	EUR 6c	EUR 6-2	N1 classe III, N2	PI, CI		1.9.2019	31.8.2020»

- 2) dopo la riga ZF sono inserite le seguenti righe:

«ZG	EUR 6d-TEMP	EUR 6-2	M, N1 classe I	PI, CI	1.9.2017	1.9.2019	31.12.2020
ZH	EUR 6d-TEMP	EUR 6-2	N1 classe II	PI, CI	1.9.2018	1.9.2020	31.12.2021
ZI	EUR 6d-TEMP	EUR 6-2	N1 classe III, N2	PI, CI	1.9.2018	1.9.2020	31.12.2021
ZJ	EUR 6d	EUR 6-2	M, N1 classe I	PI, CI	1.1.2020	1.1.2021	
ZK	EUR 6d	EUR 6-2	N1 classe II	PI, CI	1.1.2021	1.1.2022	
PLN	EUR 6d	EUR 6-2	N1 classe III, N2	PI, CI	1.1.2021	1.1.2022»	

- 3) nella legenda della tabella, dopo il paragrafo concernente la norma sulle emissioni «EUR 6b» sono inseriti i seguenti paragrafi:

«Norma emissioni “EUR 6c” = prescrizioni complete di emissioni EUR 6 ma senza prescrizioni quantitative RDE, vale a dire prescrizioni in materia di emissioni EUR 6b, norme definitive per il numero di particelle dei veicoli ad accensione comandata, uso dei carburanti di riferimento E10 e B7 (se del caso) valutate nel ciclo di prova regolamentare in laboratorio e prove RDE solo per monitoraggio (limiti di emissione NTE non applicati);»;

Norma emissioni “EUR 6d-TEMP” = prescrizioni complete di emissioni EUR 6, vale a dire prescrizioni in materia di emissioni EUR 6b, norme definitive per il numero di particelle dei veicoli ad accensione comandata, uso dei carburanti di riferimento E10 e B7 (se del caso) valutate nel ciclo di prova regolamentare in laboratorio e prove RDE rispetto a fattori di conformità temporanei;»;

- 4) nella legenda della tabella, il paragrafo concernente la norma sulle emissioni «EUR 6c» è sostituito dal seguente:

«Norma emissioni “EUR 6d” = prescrizioni complete di emissioni EUR 6, vale a dire prescrizioni in materia di emissioni EUR 6b, norme definitive per il numero di particelle dei veicoli ad accensione comandata, uso dei carburanti di riferimento E10 e B7 (se del caso) valutate nel ciclo di prova regolamentare in laboratorio e prove RDE rispetto a fattori di conformità definitivi;».

## ALLEGATO II

L'allegato IIIA del regolamento (CE) n. 692/2008 è così modificato:

- 1) il punto 2.1 è sostituito dal seguente:

«2.1 Limiti di emissione da non superare

Per tutto il normale ciclo di vita di un veicolo omologato conformemente al regolamento (CE) n. 715/2007, le sue emissioni, determinate conformemente alle prescrizioni del presente allegato ed emesse durante una qualsiasi prova RDE eseguita in conformità alle prescrizioni del presente allegato, non devono superare i seguenti valori limite NTE:

$$NTE_{pollutant} = CF_{pollutant} \times TF(p_1, \dots, p_n) \times \text{EURO-6}$$

dove EURO-6 è il limite di emissione EUR 6 applicabile di cui all'allegato I, tabella 2, del regolamento (CE) n. 715/2007.»;

- 2) sono inseriti i seguenti punti 2.1.1, 2.1.2 e 2.1.3:

«2.1.1 Fattori di conformità definitivi

Il fattore di conformità  $CF_{pollutant}$  di ciascun inquinante è specificato come segue:

Inquinante	Massa degli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ )	Numero di particelle (PN)	Massa del monossido di carbonio (CO) <sup>(1)</sup>	Massa degli idrocarburi totali (THC)	Massa combinata degli idrocarburi totali e degli ossidi di azoto (THC + $\text{NO}_x$ )
$CF_{pollutant}$	1 + margin con margin = 0,5	da definire	—	—	—

<sup>(1)</sup> Le emissioni di CO vanno misurate e registrate durante prove RDE.

“margin” è un parametro che tiene conto delle incertezze aggiuntive di misurazione introdotte dai componenti del PEMS che devono essere sottoposte a revisione annuale e vanno rivedute a seguito del miglioramento della qualità della procedura PEMS o del progresso tecnico.

2.1.2 Fattori di conformità temporanei

In deroga alle disposizioni del punto 2.1.1, per un periodo di 5 anni e 4 mesi a decorrere dalle date specificate all'articolo 10, paragrafi 4 e 5, del regolamento (CE) n. 715/2007, e su richiesta del costruttore, possono essere applicati i seguenti fattori di conformità temporanei:

Inquinante	Massa degli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ )	Numero di particelle (PN)	Massa del monossido di carbonio (CO) <sup>(1)</sup>	Massa degli idrocarburi totali (THC)	Massa combinata degli idrocarburi totali e degli ossidi di azoto (THC + $\text{NO}_x$ )
$CF_{pollutant}$	2,1	da definire	—	—	—

<sup>(1)</sup> Le emissioni di CO vanno misurate e registrate durante prove RDE.

L'applicazione dei fattori di conformità temporanei deve essere registrata nel certificato di conformità del veicolo.

### 2.1.3 Funzioni di trasferimento

La funzione di trasferimento  $TF(p_1, \dots, p_n)$  di cui al punto 2.1 è fissata a 1 per l'intera gamma di parametri  $p_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ).

Se la funzione di trasferimento  $TF(p_1, \dots, p_n)$  è modificata, la modifica deve avvenire in maniera tale da non pregiudicare l'impatto ambientale e l'efficacia delle procedure di prova RDE. In particolare sussiste la seguente condizione:

$$\int TF(p_1, \dots, p_n) * Q(p_1, \dots, p_n) dp = \int Q(p_1, \dots, p_n) dp$$

in cui:

- $dp$  rappresenta l'integrale sull'intero spazio dei parametri  $p_i$  ( $i = 1, \dots, n$ )
- $Q(p_1, \dots, p_n)$ , è la densità di probabilità di un evento corrispondente ai parametri  $p_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) nella guida reale.»;

3) è aggiunto il seguente punto 3.1.0:

«3.1.0 Le prescrizioni di cui al punto 2.1 devono essere soddisfatte per la parte urbana e per il percorso PEMS completo. A scelta del costruttore devono essere soddisfatte le condizioni di almeno uno dei punti seguenti:

3.1.0.1  $M_{gas,d,t} \leq NTE_{pollutant}$  e  $M_{gas,d,u} \leq NTE_{pollutant}$  con le definizioni del punto 2.1 del presente allegato e dei punti 6.1 e 6.3 dell'appendice 5 e l'impostazione  $gas = pollutant$ .»;

3.1.0.2  $M_{w,gas,d} \leq NTE_{pollutant}$  e  $M_{w,gas,d,U} \leq NTE_{pollutant}$  con le definizioni del punto 2.1 del presente allegato e del punto 3.9 dell'appendice 6 e l'impostazione  $gas = pollutant$ .»;

4) il punto 5.3 è soppresso;

5) il punto 5.4 è sostituito dal seguente:

#### «5.4. Condizioni dinamiche

Le condizioni dinamiche comprendono l'effetto della pendenza della strada, del vento contrario, delle dinamiche di guida (accelerazioni, decelerazioni) e dei sistemi ausiliari sul consumo energetico e sulle emissioni del veicolo di prova. La verifica della normalità delle condizioni dinamiche va effettuata dopo che la prova è stata completata, utilizzando i dati PEMS registrati. La verifica è eseguita in due fasi:

5.4.1 L'eccesso o l'insufficienza complessivi delle dinamiche di guida durante il percorso devono essere verificati utilizzando il metodo descritto nell'appendice 7 bis del presente allegato.

5.4.2 Se il percorso risulta valido a seguito delle verifiche di cui al punto 5.4.1, devono essere applicati i metodi di verifica della normalità delle condizioni dinamiche di cui alle appendici 5 e 6 del presente allegato. Ciascun metodo prevede un riferimento per le condizioni dinamiche, intervalli attorno al riferimento e requisiti di copertura minima per ottenere una prova valida.»;

6) il punto 6.8 è sostituito dal seguente:

«6.8 La velocità media (comprese le soste) della parte di guida urbana del percorso dovrebbe essere tra 15 e 40 km/h. Le soste, definite come una velocità del veicolo inferiore a 1 km/h, devono costituire il 6-30 % della durata della guida urbana. La guida urbana deve comprendere diverse soste di 10 s o più. Se una sosta dura più di 180 s, gli eventi relativi alle emissioni durante i 180 s successivi a tale sosta eccessivamente lunga sono esclusi dalla valutazione.»;

7) al punto 6.11 è aggiunta la seguente frase:

«L'aumento di altitudine cumulativo proporzionale deve inoltre essere inferiore a 1 200 m/100 km ed essere determinato conformemente all'appendice 7 ter.»;

8) il punto 9.5 è sostituito dal seguente:

«9.5. Se in un dato intervallo di tempo le condizioni ambientali sono estese ai sensi del punto 5.2, le emissioni durante questo particolare intervallo di tempo, calcolate secondo l'appendice 4, vanno divise per un valore di 1,6 prima di valutarne la conformità alle prescrizioni del presente allegato.»;

9) l'appendice 1 è così modificata:

a) al punto 3.4.6 è aggiunta la seguente frase:

«È consentito alimentare l'illuminazione di impianti connessi con la sicurezza e installazioni di componenti PEMS fuori dalla cabina del veicolo tramite la batteria del veicolo.»;

b) al punto 4.5 è aggiunta la seguente frase:

«Per minimizzare la deriva dell'analizzatore, le risposte di azzeramento e di taratura degli analizzatori vanno regolate a una temperatura ambiente il più possibile simile a quella a cui sono sottoposte le apparecchiature di prova durante il percorso RDE.»;

10) nell'appendice 2, punto 8, tabella 4, la nota 2 è sostituita dalla seguente:

«<sup>(2)</sup> Questo requisito generale è applicabile unicamente al sensore di velocità; se la velocità del veicolo è utilizzata per determinare parametri quali accelerazione e prodotto di velocità e accelerazione positiva, o RPA, il segnale di velocità deve avere un'accuratezza dello 0,1 % sopra i 3 km/h e una frequenza di campionamento di 1 Hz. Questa prescrizione di accuratezza può essere soddisfatta utilizzando il segnale di un sensore di velocità di rotazione delle ruote;»

11) nell'appendice 6, punto 2, la definizione

« $a_i$  accelerazione effettiva nella fase temporale  $i$ , se non altrimenti definita in un'equazione:

$$a_i = \frac{(v_{i+1} - v_i)}{3,6 \times (t_{i+1} - t_i)}, [m/s^2];$$

è soppressa

12) nell'appendice 6, punto 2, sono inserite le seguenti definizioni:

$\bar{m}_{\text{gas},U}$  valore ponderato delle emissioni del componente "gas" dello scarico per il sottocampione di tutti i secondi  $i$  con  $v_i < 60$  km/h, g/s

$M_{w,\text{gas,d},U}$  emissioni specifiche ponderate per la distanza del componente "gas" dello scarico per il sottocampione di tutti i secondi  $i$  con  $v_i < 60$  km/h, g/km

$\bar{v}_U$  velocità ponderata del veicolo nella classe di potenza alla ruota  $j$ , km/h;»

13) nell'appendice 6, punto 3.1, il primo paragrafo è sostituito dal seguente testo:

«La potenza effettiva alla ruota  $P_{r,i}$  è la potenza totale necessaria per superare la resistenza aerodinamica, la resistenza al rotolamento, la pendenza della strada, l'inerzia longitudinale del veicolo e l'inerzia rotazionale delle ruote.»;

14) nell'appendice 6 il punto 3.2 è sostituito dal seguente testo:

### 3.2 Classificazione delle medie mobili rispetto al percorso urbano, extraurbano e autostradale

Le frequenze di potenza standard sono definite per la guida urbana e per il percorso totale (cfr. punto 3.4) e si devono valutare separatamente le emissioni per il percorso totale e per la parte urbana. Le medie mobili di 3 secondi calcolate in conformità al punto 3.3 devono dunque successivamente essere attribuite alle condizioni di guida urbana e extraurbana secondo il segnale di velocità ( $v_j$ ) dal secondo effettivo i come indicato nella tabella 1-1.

Tabella 1-1

**Intervalli di velocità per l'attribuzione dei dati della prova alle condizioni di guida urbana, extraurbana e autostradale nel metodo del consumo di potenza**

	Urbana	Extraurbana	Autostradale
$v_i$ [km/h]	da 0 a $\leq 60$	da $> 60$ a $\leq 90$	$> 90$ »

15) nell'appendice 6 il punto 3.9 è sostituito dal seguente testo:

**«3.9. Calcolo del valore delle emissioni ponderate specifiche per la distanza**

Le medie ponderate basate sul tempo delle emissioni nella prova devono essere convertite in emissioni basate sulla distanza una volta per l'insieme di dati urbani e una volta per l'insieme complessivo di dati come segue:

$$\text{Per il percorso totale: } M_{w,gas,d} = 1\,000 \cdot \frac{\bar{m}_{gas} \times 3\,600}{\bar{v}}$$

$$\text{Per la parte urbana del percorso: } M_{w,gas,d,U} = 1\,000 \cdot \frac{\bar{m}_{gas,U} \times 3\,600}{\bar{v}_U}$$

Usando queste formule, le medie ponderate devono essere calcolate per le seguenti sostanze inquinanti per il percorso totale e per la parte urbana del percorso:

$M_{w,NOx,d}$  risultato ponderato della prova degli NOx in [mg/km]

$M_{w,NOx,d,U}$  risultato ponderato della prova degli NOx in [mg/km]

$M_{w,CO,d}$  risultato ponderato della prova del CO in [mg/km]

$M_{w,CO,d,U}$  risultato ponderato della prova del CO in [mg/km];

16) sono inserite le seguenti appendici 7 bis e 7 ter:

**«Appendice 7 bis**

**Verifica delle dinamiche complessive del percorso**

1. INTRODUZIONE

La presente appendice descrive le procedure di calcolo per verificare le dinamiche complessive del percorso e determinare l'eccesso o l'assenza complessivi di dinamiche durante la guida urbana, extraurbana e in autostrada.

2. SIMBOLI

RPA accelerazione positiva relativa

“risoluzione dell’accelerazione  $a_{res}$ ” accelerazione minima  $> 0$  misurata in  $\text{m/s}^2$

Algoritmo di livellamento («livellatore») T4253H

“accelerazione positiva  $a_{pos}$ ” accelerazione [ $\text{m/s}^2$ ] maggiore di  $0,1 \text{ m/s}^2$

L’indice (i) si riferisce alla fase temporale

L’indice (j) si riferisce alla fase temporale delle serie di dati con accelerazione positiva

L'indice (k) si riferisce alla categoria (t = totale, u = urbana, r = extraurbana, m = autostradale)

$\Delta$	— differenza
>	— maggiore
$\geq$	— maggiore o uguale
%	— per cento
<	— minore
$\leq$	— minore o uguale
$a$	— accelerazione [ $m/s^2$ ]
$a_i$	— accelerazione nella fase temporale i [ $m/s^2$ ]
$a_{pos}$	— accelerazione positiva maggiore di $0,1\ m/s^2$ [ $m/s^2$ ]
$a_{pos,i,k}$	— accelerazione positiva maggiore di $0,1\ m/s^2$ nella fase temporale i considerando le quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale [ $m/s^2$ ]
$a_{res}$	— risoluzione dell'accelerazione [ $m/s^2$ ]
$d_i$	— distanza percorsa nella fase temporale i [m]
$d_{i,k}$	— distanza percorsa nella fase temporale i considerando le quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale [m]
$M_k$	— numero di campioni per le quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale con accelerazione positiva maggiore di $0,1\ m/s^2$
$N_k$	— numero totale di campioni per le quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale e per il percorso completo
$RPA_k$	— accelerazione positiva relativa per le quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale [ $m/s^2$ o $kWs/(kg \times km)$ ]
$t_k$	— durata delle quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale e dell'intero percorso [s]
$v$	— velocità del veicolo [km/h]
$v_i$	— velocità effettiva del veicolo nella fase temporale i [km/h]
$v_{i,k}$	— velocità effettiva del veicolo nella fase temporale i considerando le quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale [km/h]
$(v \cdot a)_i$	— velocità effettiva del veicolo per accelerazione nella fase temporale i [ $m^2/s^3$ o $W/kg$ ]
$(v \cdot a_{pos})_{j,k}$	— velocità effettiva del veicolo per accelerazione positiva maggiore di $0,1\ m/s^2$ nella fase temporale j considerando le quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale [ $m^2/s^3$ o $W/kg$ ]
$(v \cdot a_{pos})_k-[95]$	— 95° percentile del prodotto della velocità del veicolo per accelerazione positiva maggiore di $0,1\ m/s^2$ per le quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale [ $m^2/s^3$ o $W/kg$ ]
$\bar{v}_k$	— velocità media del veicolo per le quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale [km/h]

### 3. INDICATORI DI PERCORSO

#### 3.1. Calcoli

##### 3.1.1. Pretrattamento dei dati

I parametri dinamici quali accelerazione,  $v \cdot a_{pos}$  o RPA sono determinati mediante un segnale di velocità avente un'accuratezza dello 0,1 % sopra i 3 km/h e una frequenza di campionamento di 1 Hz. Questa prescrizione di accuratezza è generalmente soddisfatta dai segnali di velocità (di rotazione) delle ruote.

Il tracciato della velocità va controllato per le sezioni incomplete o poco plausibili. In tali sezioni il tracciato della velocità è caratterizzato da gradini, picchi, parti terrazzate o valori mancanti. Le brevi sezioni incomplete devono essere corrette, per esempio mediante interpolazione dei dati o effettuando un confronto con un segnale di velocità secondario. In alternativa, i percorsi brevi contenenti sezioni incomplete potrebbero essere esclusi dalla successiva analisi dei dati. In un secondo tempo i valori di accelerazione vanno disposti in ordine crescente per determinare la risoluzione dell'accelerazione  $a_{res}$  = (valore minimo di accelerazione  $> 0$ ).

Se  $a_{res} \leq 0,01 \text{ m/s}^2$ , la misurazione della velocità del veicolo è sufficientemente accurata.

Se  $0,01 < a_{res} \leq r_{max} \text{ m/s}^2$ , livellamento utilizzando un filtro T4253 Hanning.

Se  $a_{res} > r_{max} \text{ m/s}^2$ , il percorso è nullo.

Il filtro T4253 Hanning esegue i seguenti calcoli: il livellatore inizia con la mediana mobile 4, centrata in base alla mediana mobile 2. I valori vengono quindi livellati nuovamente applicando la mediana mobile 5, la mediana mobile 3 e le medie mobili ponderate. I residui vengono calcolati sottraendo le serie livellate dalla serie originale. L'intero processo viene quindi ripetuto sui residui calcolati. Infine, vengono calcolati i residui livellati sottraendo i valori livellati ottenuti nella prima fase del processo.

Il tracciato della velocità corretto costituisce la base per i successivi calcoli e per il partizionamento come descritto al paragrafo 3.1.2.

### 3.1.2. Calcolo della distanza, dell'accelerazione e di $v \cdot a$

I calcoli che seguono devono essere effettuati sull'intero tracciato della velocità basato sul tempo (risoluzione 1 Hz) dal secondo 1 al secondo  $t_t$  (ultimo secondo).

L'incremento della distanza per il campione di dati va calcolato come segue:

$$d_i = v_i / 3,6, \quad i = da 1 a N_t$$

in cui:

$d_i$  è la distanza percorsa nella fase temporale  $i$  [m]

$v_i$  è la velocità effettiva del veicolo nella fase temporale  $i$  [km/h]

$N_t$  è il numero totale di campioni.

L'accelerazione va calcolata come segue:

$$a_i = (v_{i+1} - v_{i-1}) / (2 \cdot 3,6), \quad i = da 1 a N_t$$

in cui:

$a_i$  è l'accelerazione nella fase temporale  $i$  [ $\text{m/s}^2$ ]. Per  $i = 1$ :  $v_{i-1} = 0$ , per  $i = N_t$ :  $v_{i+1} = 0$ .

Il prodotto della velocità del veicolo per l'accelerazione va calcolato come segue:

$$(v \cdot a)_i = v_i \cdot a_i / 3,6, \quad i = da 1 a N_t$$

in cui:

$(v \cdot a)_i$  è il prodotto della velocità effettiva del veicolo per l'accelerazione nella fase temporale  $i$  [ $\text{m}^2/\text{s}^3$  o  $\text{W/kg}$ ].

### 3.1.3. Partizionamento dei risultati

Dopo aver calcolato  $a_i$  e  $(v \cdot a)_i$ , i valori  $v_i$ ,  $d_i$ ,  $a_i$  e  $(v \cdot a)_i$  devono essere disposti in ordine crescente di velocità del veicolo.

Tutte le serie di dati con  $v_i \leq 60 \text{ km/h}$  appartengono al gruppo della velocità «urbana», tutte le serie di dati con  $60 \text{ km/h} < v_i \leq 90 \text{ km/h}$  appartengono al gruppo della velocità «extraurbana» e tutte le serie di dati con  $v_i > 90 \text{ km/h}$  appartengono al gruppo della velocità «autostradale».

Il numero di serie di dati con valori di accelerazione  $a_i > 0,1 \text{ m/s}^2$  deve essere maggiore o uguale a 150 in ciascun gruppo di velocità.

Per ciascun gruppo di velocità la velocità media del veicolo  $\bar{v}_k$  va calcolata come segue:

$$\bar{v}_k = \left( \sum_i v_{i,k} \right) / N_k, i = da 1 a N_k, k = u,r,m$$

in cui:

$N_k$  è il numero totale di campioni delle quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale.

#### 3.1.4. Calcolo di $v \cdot a_{pos}$ [95] per gruppo di velocità

Il 95° percentile dei valori  $v \cdot a_{pos}$  va calcolato come segue:

i valori  $(v \cdot a)_{i,k}$  di ciascun gruppo di velocità devono essere disposti in ordine crescente per tutte le serie di dati con  $a_{i,k} \geq 0,1 \text{ m/s}^2$  e va determinato il numero totale di detti campioni  $M_k$ .

I valori percentili sono quindi assegnati ai valori  $(v \cdot a_{pos})_{j,k}$  con  $a_{i,k} \geq 0,1 \text{ m/s}^2$  come segue:

al valore  $v \cdot a_{pos}$  più basso è assegnato il percentile  $1/M_k$ , al secondo più basso  $2/M_k$ , al terzo più basso  $3/M_k$  e al valore più alto  $M_k/M_k = 100 \%$ .

$(v \cdot a_{pos})_{k-}[95]$  è il valore  $(v \cdot a_{pos})_{j,k}$  con  $j/M_k = 95 \%$ . Se  $j/M_k = 95 \%$  non può essere soddisfatto,  $(v \cdot a_{pos})_{k-}[95]$  sarà calcolato mediante interpolazione lineare tra i campioni consecutivi  $j$  e  $j+1$  con  $j/M_k < 95 \%$  e  $(j+1)/M_k > 95 \%$ .

L'accelerazione positiva relativa per gruppo di velocità va calcolata come segue:

$$RPA_k = \sum_j (\Delta t \cdot (v \cdot a_{pos})_{j,k}) / \sum_i d_{i,k}, j = da 1 a M_k, i = da 1 a N_k, k = u,r,m$$

in cui:

$RPA_k$  è l'accelerazione positiva relativa per le quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale in [ $\text{m/s}^2$  o  $\text{kWs}/(\text{kg}^*\text{km})$ ]

$\Delta t$  differenza temporale uguale a 1 secondo

$M_k$  il numero di campioni per le quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale con accelerazione positiva

$N_k$  il numero totale di campioni per le quote di percorso urbano, extraurbano e autostradale

## 4. VERIFICA DELLA VALIDITÀ DEL PERCORSO

### 4.1.1. Verifica di $v \cdot a_{pos}$ [95] per gruppo di velocità (con $v$ in [ $\text{km/h}$ ])

Se  $\bar{v}_k \leq 74,6 \text{ km/h}$

e

$$(v \cdot a_{pos})_{k-}[95] > (0,136 \cdot \bar{v}_k + 14,44)$$

sono soddisfatte, il percorso è nullo.

Se  $\bar{v}_k > 74,6 \text{ km/h}$  e  $(v \cdot a_{pos})_{k-}[95] > (0,0742 \cdot \bar{v}_k + 18,966)$  sono soddisfatte, il percorso è nullo.

### 4.1.2. Verifica della RPA per gruppo di velocità

Se  $\bar{v}_k \leq 94,05 \text{ km/h}$  e  $RPA_k < (-0,0016 \cdot \bar{v}_k + 0,1755)$  sono soddisfatte, il percorso è nullo.

Se  $\bar{v}_k > 94,05 \text{ km/h}$  e  $RPA_k < 0,025$  sono soddisfatte, il percorso è nullo.

*Appendice 7 ter***Procedura per la determinazione dell'aumento di elevazione positivo cumulativo di un percorso**

## 1. INTRODUZIONE

La presente appendice descrive la procedura per determinare l'aumento di elevazione cumulativo di un percorso RDE.

## 2. SIMBOLI

$d(0)$	— distanza all'inizio di un percorso [m]
$d$	— distanza cumulativa percorsa al punto di passaggio discreto in esame [m]
$d_0$	— distanza cumulativa percorsa fino alla misurazione direttamente prima del rispettivo punto di passaggio $d$ [m]
$d_1$	— distanza cumulativa percorsa fino alla misurazione direttamente dopo il rispettivo punto di passaggio $d$ [m]
$d_a$	— punto di passaggio di riferimento a $d(0)$ [m]
$d_e$	— distanza cumulativa percorsa fino all'ultimo punto di passaggio discreto [m]
$d_i$	— distanza istantanea [m]
$d_{tot}$	— distanza totale della prova [m]
$h(0)$	— altitudine del veicolo dopo lo screening e la verifica di principio della qualità dei dati all'inizio di un percorso [m sul livello del mare]
$h(t)$	— altitudine del veicolo dopo lo screening e la verifica di principio della qualità dei dati al punto $t$ [m sul livello del mare]
$h(d)$	— altitudine del veicolo al punto di passaggio $d$ [m sul livello del mare]
$h(t-1)$	— altitudine del veicolo dopo lo screening e la verifica di principio della qualità dei dati al punto $t-1$ [m sul livello del mare]
$h_{corr}(0)$	— altitudine corretta direttamente prima del rispettivo punto di passaggio $d$ [m sul livello del mare]
$h_{corr}(1)$	— altitudine corretta direttamente dopo il rispettivo punto di passaggio $d$ [m sul livello del mare]
$h_{corr}(t)$	— altitudine istantanea del veicolo corretta al punto di rilevamento $t$ [m sul livello del mare]
$h_{corr}(t-1)$	— altitudine istantanea del veicolo corretta al punto di rilevamento $t-1$ [m sul livello del mare]
$h_{GPS,i}$	— altitudine istantanea del veicolo misurata tramite GPS [m sul livello del mare]
$h_{GPS}(t)$	— altitudine del veicolo misurata tramite GPS al punto di rilevamento $t$ [m sul livello del mare]
$h_{int}(d)$	— altitudine interpolata al punto di passaggio discreto in esame $d$ [m sul livello del mare]
$h_{int,sm,1}(d)$	— altitudine interpolata livellata dopo il primo ciclo di livellamento al punto di passaggio discreto in esame $d$ [m sul livello del mare]
$h_{map}(t)$	— altitudine del veicolo basata su carta topografica al punto di rilevamento $t$ [m sul livello del mare]
Hz	— hertz
km/h	— chilometri all'ora
m	— metri

$road_{grade,1}(d)$	— pendenza della strada livellata al punto di passaggio discreto in esame $d$ dopo il primo ciclo di livellamento [m/m]
$road_{grade,2}(d)$	— pendenza della strada livellata al punto di passaggio discreto in esame $d$ dopo il secondo ciclo di livellamento [m/m]
$\sin$	— funzione trigonometrica seno
$t$	— tempo trascorso dall'inizio della prova [s]
$t_0$	— tempo trascorso alla misurazione effettuata direttamente prima del rispettivo punto di passaggio $d$ [s]
$v_i$	— velocità istantanea del veicolo [km/h]
$v(t)$	— velocità del veicolo al punto di rilevamento $t$ [km/h]

### 3. PRESCRIZIONI GENERALI

L'aumento di elevazione positivo cumulativo di un percorso RDE deve essere determinato sulla base di tre parametri: l'altitudine istantanea del veicolo  $h_{GPS,i}$  [m sul livello del mare] quale misurata tramite GPS, la velocità istantanea del veicolo  $v_i$  [km/h] registrata a una frequenza di 1 Hz e il corrispondente tempo  $t$  [s] trascorso dall'inizio della prova.

### 4. CALCOLO DELL'AUMENTO DI ELEVAZIONE POSITIVO CUMULATIVO

#### 4.1. Aspetti generali

L'aumento di elevazione positivo cumulativo di un percorso RDE deve essere calcolato con una procedura in tre fasi che preveda i) lo screening e la verifica di principio della qualità dei dati, ii) la correzione dei dati di altitudine istantanea del veicolo e iii) il calcolo dell'aumento di elevazione positivo cumulativo.

#### 4.2. Screening e verifica di principio della qualità dei dati

I dati di velocità istantanea del veicolo vanno controllati per verificarne la completezza. La correzione dei dati mancanti è consentita se le discontinuità rimangono entro le prescrizioni di cui all'appendice 4, punto 7; in caso contrario i risultati della prova devono essere considerati nulli. I dati di altitudine istantanea vanno controllati per verificarne la completezza. Le discontinuità nei dati devono essere risolte mediante interpolazione dei dati. La correttezza dei dati interpolati va verificata su una carta topografica. Si raccomanda di correggere i dati interpolati se sussiste la seguente condizione:

$$|h_{GPS}(t) - h_{map}(t)| > 40 \text{ m}$$

La correzione dell'altitudine va applicata in modo tale per cui:

$$h(t) = h_{map}(t)$$

in cui:

$h(t)$	— altitudine del veicolo dopo lo screening e la verifica di principio della qualità dei dati al punto di rilevamento $t$ [m sul livello del mare]
$h_{GPS}(t)$	— altitudine del veicolo misurata tramite GPS al punto di rilevamento $t$ [m sul livello del mare]
$h_{map}(t)$	— altitudine del veicolo basata su carta topografica al punto di rilevamento $t$ [m sul livello del mare]

#### 4.3. Correzione dei dati di altitudine istantanea del veicolo

L'altitudine  $h(0)$  all'inizio di un percorso a  $d(0)$  deve essere ottenuta tramite GPS e controllata, per verificarne la correttezza, in base alle informazioni ricavate da una carta topografica. La deviazione non deve superare i 40 m. I dati di altitudine istantanea  $h(t)$  vanno sottoposti a correzione se sussiste la seguente condizione:

$$|h(t) - h(t - 1)| > (v(t)/3,6 * \sin 45^\circ)$$

La correzione dell'altitudine va applicata in modo tale per cui:

$$h_{corr}(t) = h_{corr}(t-1)$$

in cui:

- $h(t)$  — altitudine del veicolo dopo lo screening e la verifica di principio della qualità dei dati al punto di rilevamento t [m sul livello del mare]
- $h(t-1)$  — altitudine del veicolo dopo lo screening e la verifica di principio della qualità dei dati al punto di rilevamento t-1 [m sul livello del mare]
- $v(t)$  — velocità del veicolo al punto di rilevamento t [km/h]
- $h_{corr}(t)$  — altitudine istantanea del veicolo corretta al punto di rilevamento t [m sul livello del mare]
- $h_{corr}(t-1)$  — altitudine istantanea del veicolo corretta al punto di rilevamento t-1 [m sul livello del mare]

Con il completamento della procedura di correzione è definita una serie valida di dati di altitudine. Questa serie va utilizzata per il calcolo finale dell'aumento di elevazione positivo cumulativo quale descritto al punto 4.4.

#### 4.4. Calcolo dell'aumento di elevazione positivo cumulativo

##### 4.4.1. Determinazione di una risoluzione spaziale uniforme

La distanza totale  $d_{tot}$  [m] su cui si estende un percorso deve essere determinata come la somma delle distanze istantanee  $d_i$ . La distanza istantanea  $d_i$  va così determinata:

$$d_i = \frac{v_i}{3,6}$$

in cui:

- $d_i$  — distanza istantanea [m]
- $v_i$  — velocità istantanea del veicolo [km/h]

L'aumento di elevazione cumulativo va calcolato sulla base di dati aventi una risoluzione spaziale costante di 1 m cominciando dalla prima misurazione all'inizio di un percorso  $d(0)$ . I punti di rilevamento discreti a una risoluzione di 1 m sono definiti punti di passaggio e sono caratterizzati da un valore specifico di distanza  $d$  (per esempio 0, 1, 2, 3 m...) e dalla loro corrispondente altitudine  $h(d)$  [m sul livello del mare].

L'altitudine di ciascun punto di passaggio discreto  $d$  va calcolata mediante interpolazione dell'altitudine istantanea  $h_{corr}(t)$  come:

$$h_{int}(d) = h_{corr}(0) + \frac{h_{corr}(1) - h_{corr}(0)}{d_1 - d_0} \cdot (d - d_0)$$

in cui:

- $h_{int}(d)$  — altitudine interpolata al punto di passaggio discreto in esame  $d$  [m sul livello del mare]
- $h_{corr}(0)$  — altitudine corretta direttamente prima del rispettivo punto di passaggio  $d$  [m sul livello del mare]
- $h_{corr}(1)$  — altitudine corretta direttamente dopo il rispettivo punto di passaggio  $d$  [m sul livello del mare]
- $d$  — distanza cumulativa percorsa fino al punto di passaggio discreto in esame  $d$  [m]

- $d_0$  — distanza cumulativa percorsa fino alla misurazione effettuata direttamente prima del rispettivo punto di passaggio  $d$  [m]
- $d_1$  — distanza cumulativa percorsa fino alla misurazione effettuata direttamente dopo il rispettivo punto di passaggio  $d$  [m]

#### 4.4.2. Livellamento supplementare dei dati

I dati di altitudine ottenuti per ciascun punto di passaggio discreto vanno livellati applicando una procedura in due fasi;  $d_a$  e  $d_e$  indicano rispettivamente il primo e l'ultimo punto di rilevamento (figura 1). Il primo ciclo di livellamento va applicato come segue:

$$\begin{aligned} road_{grade,1}(d) &= \frac{h_{int}(d + 200 m) - h_{int}(d_a)}{(d + 200 m)} \text{ per } d \leq 200 m \\ road_{grade,1}(d) &= \frac{h_{int}(d + 200 m) - h_{int}(d - 200 m)}{(d + 200 m) - (d - 200 m)} \text{ per } 200 m < d < (d_e - 200 m) \\ road_{grade,1}(d) &= \frac{h_{int}(d_e) - h_{int}(d - 200 m)}{d_e - (d - 200 m)} \text{ per } d \geq (d_e - 200 m) \\ h_{int,sm,1}(d) &= h_{int,sm,1}(d - 1 m) + road_{grade,1}(d), d = d_a + 1 \text{ da } d_e \\ h_{int,sm,1}(d_a) &= h_{int}(d_a) + road_{grade,1}(d_a) \end{aligned}$$

in cui:

- $road_{grade,1}(d)$  — pendenza della strada livellata al punto di passaggio discreto in esame dopo il primo ciclo di livellamento [m/m]
- $h_{int}(d)$  — altitudine interpolata al punto di passaggio discreto in esame  $d$  [m sul livello del mare]
- $h_{int,sm,1}(d)$  — altitudine interpolata livellata dopo il primo ciclo di livellamento al punto di passaggio discreto in esame  $d$  [m sul livello del mare]
- $d$  — distanza cumulativa percorsa al punto di passaggio discreto in esame [m]
- $d_a$  — punto di passaggio di riferimento a una distanza di zero metri [m]
- $d_e$  — distanza cumulativa percorsa fino all'ultimo punto di passaggio discreto [m]

Il secondo ciclo di livellamento va applicato come segue:

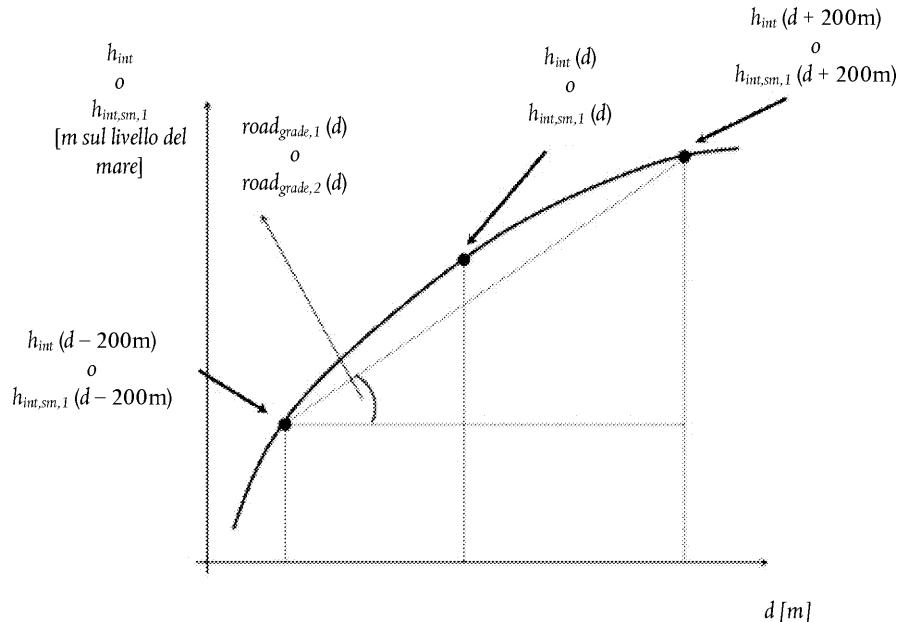
$$\begin{aligned} road_{grade,2}(d) &= \frac{h_{int,sm,1}(d + 200 m) - h_{int,sm,1}(d_a)}{(d + 200 m)} \text{ per } d \leq 200 m \\ road_{grade,2}(d) &= \frac{h_{int,sm,1}(d + 200 m) - h_{int,sm,1}(d - 200 m)}{(d + 200 m) - (d - 200 m)} \text{ per } 200 m < d < (d_e - 200 m) \\ road_{grade,2}(d) &= \frac{h_{int,sm,1}(d_e) - h_{int,sm,1}(d - 200 m)}{d_e - (d - 200 m)} \text{ per } d \geq (d_e - 200 m) \end{aligned}$$

in cui:

- $road_{grade,2}(d)$  — pendenza della strada livellata al punto di passaggio discreto in esame dopo il secondo ciclo di livellamento [m/m]
- $h_{int,sm,1}(d)$  — altitudine interpolata livellata dopo il primo ciclo di livellamento al punto di passaggio discreto in esame  $d$  [m sul livello del mare]

- $d$  — distanza cumulativa percorsa al punto di passaggio discreto in esame [m]  
 $d_a$  — punto di passaggio di riferimento a una distanza di zero metri [m]  
 $d_e$  — distanza cumulativa percorsa fino all'ultimo punto di passaggio discreto [m]

Figura 1

**Illustrazione della procedura di livellamento dei segnali di altitudine interpolati****4.4.3. Calcolo del risultato finale**

L'aumento di elevazione cumulativo positivo di un percorso deve essere calcolato integrando tutte le pendenze della strada positive interpolate e livellate, ossia  $road_{grade,2}(d)$ . Il risultato dovrebbe essere normalizzato rispetto alla distanza totale della prova  $d_{tot}$  ed espresso in metri di aumento di elevazione cumulativo per 100 km di distanza.

**5. ESEMPIO NUMERICO**

Le tabelle 1 e 2 illustrano le fasi seguite per il calcolo dell'aumento di elevazione positivo sulla base dei dati registrati nel corso di una prova su strada effettuata con PEMs. Per brevità viene qui presentato un estratto di 800 m e 160 s.

**5.1. Screening e verifica di principio della qualità dei dati**

Lo screening e la verifica di principio della qualità dei dati si effettuano in due fasi. In un primo tempo è controllata la completezza dei dati di velocità del veicolo. Nel presente campione di dati non sono rilevate discontinuità nei dati di velocità del veicolo (cfr. tabella 1). In un secondo tempo sono controllati i dati di altitudine per verificarne la completezza; nel campione di dati, i dati di altitudine per i secondi 2 e 3 risultano mancanti. Le discontinuità sono risolte tramite interpolazione del segnale GPS. L'altitudine rilevata tramite GPS è inoltre verificata su una carta topografica; la verifica è effettuata anche sull'altitudine  $h(0)$  all'inizio del percorso. I dati di altitudine per i secondi da 112 a 114 sono corretti sulla base di una carta topografica per soddisfare la seguente condizione:

$$h_{GPS}(t) - h_{map}(t) < - 40 \text{ m}$$

Come risultato della verifica effettuata sui dati si ottengono i dati della quinta colonna  $h(t)$ .

## 5.2. Correzione dei dati di altitudine istantanea del veicolo

Nella fase successiva i dati di altitudine  $h(t)$  per i secondi da 1 a 4, da 111 a 112 e da 159 a 160 vengono corretti e assumono rispettivamente i valori di altitudine dei secondi 0, 110 e 158 poiché sussiste la seguente condizione:

$$|h(t) - h(t - 1)| > (\nu(t)/3,6 * \sin 45^\circ)$$

Come risultato della correzione applicata ai dati si ottengono i dati della sesta colonna  $h_{corr}(t)$ . L'effetto della verifica e della correzione applicate ai dati di altitudine è illustrato nella figura 2.

## 5.3. Calcolo dell'aumento di elevazione positivo cumulativo

### 5.3.1. Determinazione di una risoluzione spaziale uniforme

La distanza istantanea  $d_i$  è calcolata dividendo la velocità istantanea del veicolo misurata in km/h per 3,6 (colonna 7 della tabella 1). Ricalcolando i dati di altitudine per ottenere una risoluzione spaziale uniforme di 1 m si ottengono i punti di passaggio discreti  $d$  (colonna 1 della tabella 2) e i rispettivi valori di altitudine  $h_{int}(d)$  (colonna 7 della tabella 2). L'altitudine di ciascun punto di passaggio discreto  $d$  è calcolata mediante interpolazione dell'altitudine istantanea misurata  $h_{corr}$  come:

$$h_{int}(0) = 120,3 + \frac{120,3 - 120,3}{0,1 - 0,0} \cdot (0 - 0) = 120,3000$$

$$h_{int}(520) = 132,5 + \frac{132,6 - 132,5}{523,6 - 519,9} \cdot (520 - 519,9) = 132,5027$$

### 5.3.2. Livellamento supplementare dei dati

Nella tabella 2 il primo e l'ultimo punto di passaggio discreti sono rispettivamente  $d_a = 0$  m e  $d_e = 799$  m. I dati di altitudine di ciascun punto di passaggio discreto sono livellati applicando una procedura in due fasi. Il primo ciclo di livellamento consiste in:

$$road_{grade,1}(0) = \frac{h_{int}(200\text{ m}) - h_{int}(0)}{(0 + 200\text{ m})} = \frac{120,9682 - 120,3000}{200} = 0,0033$$

scelto per dimostrare il livellamento per  $d \leq 200$  m

$$road_{grade,1}(320) = \frac{h_{int}(520) - h_{int}(120)}{(520) - (120)} = \frac{132,5027 - 121,9808}{400} = 0,0288$$

scelto per dimostrare il livellamento per  $200\text{ m} < d < (599\text{ m})$

$$road_{grade,1}(720) = \frac{h_{int}(799) - h_{int}(520)}{799 - (520)} = \frac{121,2000 - 132,5027}{279} = -0,0405$$

scelto per dimostrare il livellamento per  $d \geq (599\text{ m})$

L'altitudine livellata e interpolata è calcolata come:

$$h_{int,sm,1}(0) = h_{int}(0) + road_{grade,1}(0) = 120,3 + 0,0033 \approx 120,3033\text{ m}$$

$$h_{int,sm,1}(799) = h_{int,sm,1}(798) + road_{grade,1}(799) = 121,2550 - 0,0220 = 121,2330\text{ m}$$

Secondo ciclo di livellamento:

$$road_{grade,2}(0) = \frac{h_{int,sm,1}(200) - h_{int,sm,1}(0)}{(200)} = \frac{119,9618 - 120,3033}{(200)} = -0,0017$$

scelto per dimostrare il livellamento per  $d \leq 200$  m

$$road_{grade,2}(320) = \frac{h_{int,sm,1}(520) - h_{int,sm,1}(120)}{(520) - (120)} = \frac{123,6809 - 120,1843}{400} = 0,0087$$

scelto per dimostrare il livellamento per  $200\text{ m} < d < (599)$

$$road_{grade,2}(720) = \frac{h_{int,sm,1}(799) - h_{int,sm,1}(520)}{799 - (520)} = \frac{121,2330 - 123,6809}{279} = -0,0088$$

scelto per dimostrare il livellamento per  $d \geq (599\text{ m})$

### 5.3.3. Calcolo del risultato finale

L'aumento di elevazione cumulativo positivo di un percorso è calcolato integrando tutte le pendenze della strada positive interpolate e livellate, ossia  $road_{grade,2}(d)$ . Per l'esempio presentato la distanza percorsa totale era  $d_{tot} = 139,7\text{ km}$  e tutte le pendenze della strada positive interpolate e livellate erano di  $516\text{ m}$ . È stato pertanto ottenuto un aumento di elevazione cumulativo positivo di  $516 \times 100/139,7 = 370\text{ m}/100\text{ km}$ .

Tabella 1

#### Correzione dei dati di altitudine istantanea del veicolo

Tempo t [s]	$v(t)$ [km/h]	$h_{GPS}(t)$ [m]	$h_{map}(t)$ [m]	$h(t)$ [m]	$h_{corr}(t)$ [m]	$d_i$ [m]	Cum. d [m]
0	0,00	122,7	129,0	122,7	122,7	0,0	0,0
1	0,00	122,8	129,0	122,8	122,7	0,0	0,0
2	0,00	-	129,1	123,6	122,7	0,0	0,0
3	0,00	-	129,2	124,3	122,7	0,0	0,0
4	0,00	125,1	129,0	125,1	122,7	0,0	0,0
...	...	...	...	...	...	...	...
18	0,00	120,2	129,4	120,2	120,2	0,0	0,0
19	0,32	120,2	129,4	120,2	120,2	0,1	0,1
...	...	...	...	...	...	...	...
37	24,31	120,9	132,7	120,9	120,9	6,8	117,9
38	28,18	121,2	133,0	121,2	121,2	7,8	125,7
...	...	...	...	...	...	...	...
46	13,52	121,4	131,9	121,4	121,4	3,8	193,4
47	38,48	120,7	131,5	120,7	120,7	10,7	204,1
...	...	...	...	...	...	...	...
56	42,67	119,8	125,2	119,8	119,8	11,9	308,4
57	41,70	119,7	124,8	119,7	119,7	11,6	320,0
...	...	...	...	...	...	...	...
110	10,95	125,2	132,2	125,2	125,2	3,0	509,0
111	11,75	100,8	132,3	100,8	125,2	3,3	512,2

Tempo t [s]	$v(t)$ [km/h]	$h_{GPS}(t)$ [m]	$h_{map}(t)$ [m]	$h(t)$ [m]	$h_{corr}(t)$ [m]	$d_i$ [m]	Cum. d [m]
112	13,52	0,0	132,4	132,4	125,2	3,8	516,0
113	14,01	0,0	132,5	132,5	132,5	3,9	519,9
114	13,36	24,30	132,6	132,6	132,6	3,7	523,6
...	...	...	...	...	...	...	
149	39,93	123,6	129,6	123,6	123,6	11,1	719,2
150	39,61	123,4	129,5	123,4	123,4	11,0	730,2
...	...	...	...	...	...	...	
157	14,81	121,3	126,1	121,3	121,3	4,1	792,1
158	14,19	121,2	126,2	121,2	121,2	3,9	796,1
159	10,00	128,5	126,1	128,5	121,2	2,8	798,8
160	4,10	130,6	126,0	130,6	121,2	1,2	800,0

- indica discontinuità nei dati

Tabella 2

**Calcolo della pendenza della strada**

$d$ [m]	$t_0$ [s]	$d_0$ [m]	$d_1$ [m]	$h_0$ [m]	$h_1$ [m]	$h_{int}(d)$ [m]	$road_{grade,1}(d)$ [m/m]	$h_{int,sm,1}(d)$ [m]	$road_{grade,2}(d)$ [m/m]
0	18	0,0	0,1	120,3	120,4	120,3	0,0035	120,3	- 0,0015
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
120	37	117,9	125,7	120,9	121,2	121,0	- 0,0019	120,2	0,0035
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
200	46	193,4	204,1	121,4	120,7	121,0	- 0,0040	120,0	0,0051
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
320	56	308,4	320,0	119,8	119,7	119,7	0,0288	121,4	0,0088
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
520	113	519,9	523,6	132,5	132,6	132,5	0,0097	123,7	0,0037
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
720	149	719,2	730,2	123,6	123,4	123,6	- 0,0405	122,9	- 0,0086
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
798	158	796,1	798,8	121,2	121,2	121,2	- 0,0219	121,3	- 0,0151
799	159	798,8	800,0	121,2	121,2	121,2	- 0,0220	121,3	- 0,0152

Figura 2

**Effetto della verifica e della correzione dei dati — Profilo altimetrico misurato tramite GPS  $h_{GPS}(t)$ , profilo altimetrico fornito dalla carta topografica  $h_{map}(t)$ , profilo altimetrico ottenuto dopo lo screening e la verifica di principio della qualità dei dati  $h(t)$  e la correzione  $h_{corr}(t)$  dei dati elencati nella tabella 1**

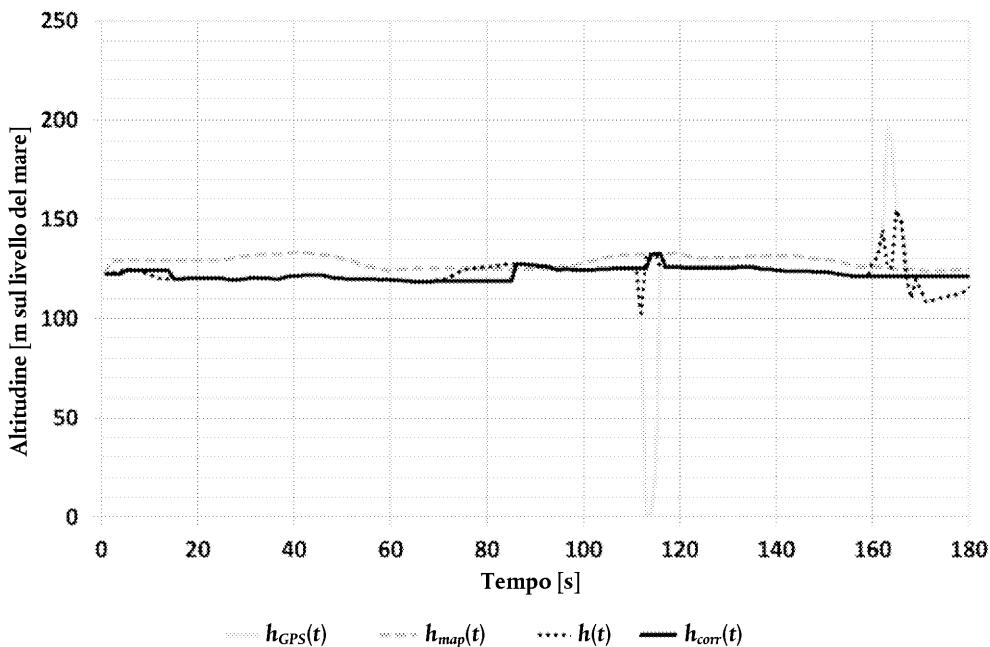


Figura 3

**Confronto tra il profilo altimetrico corretto  $h_{corr}(t)$  e l'altitudine livellata e interpolata  $h_{int,sm,1}$**

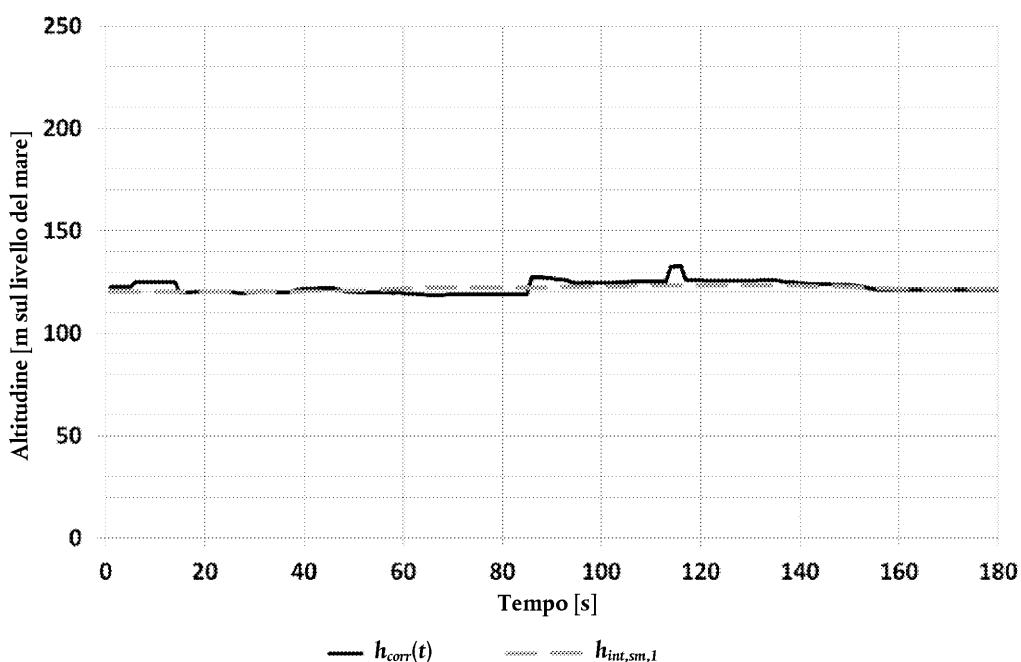


Tabella 2

**Calcolo dell'aumento di elevazione positivo**

d [m]	$t_0$ [s]	$d_0$ [m]	$d_1$ [m]	$h_0$ [m]	$h_1$ [m]	$h_{int}(d)$ [m]	$road_{grade,1}(d)$ [m/m]	$h_{int,sm,1}(d)$ [m]	$road_{grade,2}(d)$ [m/m]
0	18	0,0	0,1	120,3	120,4	120,3	0,0035	120,3	- 0,0015
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
120	37	117,9	125,7	120,9	121,2	121,0	- 0,0019	120,2	0,0035
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
200	46	193,4	204,1	121,4	120,7	121,0	- 0,0040	120,0	0,0051
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
320	56	308,4	320,0	119,8	119,7	119,7	0,0288	121,4	0,0088
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
520	113	519,9	523,6	132,5	132,6	132,5	0,0097	123,7	0,0037
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
720	149	719,2	730,2	123,6	123,4	123,6	- 0,0405	122,9	- 0,0086
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
798	158	796,1	798,8	121,2	121,2	121,2	- 0,0219	121,3	- 0,0151
799	159	798,8	800,0	121,2	121,2	121,2	- 0,0220	121,3	- 0,0152»