

PRILOGA 3

3. POGLAVJE

1. VREDNOTENJE PODATKOV IN IZRAČUNI

1.1. Vrednotenje podatkov o emisiji plinov

Emisije plinov se ovrednotijo z izračunom povprečja na traku zapisanih vrednosti, izmerjenih v času zadnjih 60 sekund vsake faze preskusnega cikla, iz povprečij odčitanih rezultatov in podatkov umerjanja instrumentov pa se izračunajo povprečne koncentracije (conc.) HC, CO, NO_x in CO₂. Uporabi se lahko tudi drug način zapisovanja rezultatov merjenja, če zapis zagotavlja enakovredno pridobivanje podatkov o emisiji plinov.

Povprečne koncentracije ozadja (conc_d) se izmerijo v zraku za redčenje iz vreče za vzorčenje ali z neprekinjenim merjenjem ozadja ter iz podatkov o umerjanju instrumentov.

1.2. Emisije delcev

Za vrednotenje delcev se morajo v vsaki fazi preskusnega cikla beležiti skupne mase vzorca (M_{SAM,i}) ali prostornine vzorca (V_{SAM,i}), ki gredo skozi filtre.

Filtri se morajo vrniti v tehtalno komoro zato, da se kondicionirajo najmanj eno in ne več kot 80 ur, in se zatem tehtajo. Zabeležiti je treba bruto maso filtrov, od nje pa je treba odšteti taro (priloga 4 tega pravilnika, točka 3.1.). Masa delcev (M_f pri metodi z enojnim filtrom in M_{f,i} pri metodi z več filtri) je vsota mas delcev, ki so bili zbrani na primarnih in sekundarnih filtrih v posamezni fazi preskusnega cikla.

Če je treba uporabiti popravek zaradi ozadja, je treba zabeležiti maso zraka za redčenje (M_{DIL}) ali prostornino zraka za redčenje (V_{DIL}), ki gre skozi filter, in maso delcev (M_d). Če je bilo izvedenih več meritev, je treba za vsako posamezno meritev izračunati količnik M_d/M_{DIL} ali M_d/V_{DIL} in izračunati povprečne vrednosti.

1.3. Izračun emisij plinov

Rezultati preskusa se za končno poročilo pridobijo na naslednji način:

1.3.1. Ugotavljanje pretoka izpušnih plinov

Razmerje pretoka izpušnih plinov (G_{EXHW}, V_{EXHW} ali V_{EXHD}) se ugotavlja vsako fazo preskusnega cikla na način iz točk od 1.2.1. do 1.2.3. iz prvega poglavja priloge 3 tega pravilnika.

Če se uporablja sistem redčenja s celotnim tokom, se skupno razmerje pretoka razredčenih izpušnih plinov (G_{TOTW}, V_{TOTW}) za vsako fazo preskusnega cikla določi na način iz točke 1.2.4. iz prvega poglavja priloge 3 tega pravilnika.

1.3.2. Korekcija suhih plinov v vlažne pline

Če koncentracija ni izmerjena v vlažnih plinih, je treba pri uporabi G_{EXHW} , V_{EXHW} , G_{TOTW} , V_{TOTW} izmerjene koncentracije preračunati na vrednosti, ki veljajo za vlažno stanje plinov. Pri preračunu je treba uporabiti naslednje formule:

$$\text{conc (wet)} = k_w \times \text{conc (dry)}$$

Za surove izpušne pline velja:

$$k_{w.r.1} = \left(1 - F_{FH} \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} \right) - k_{w2}$$

$$k_{w.r.2} = \left(\frac{1}{1 + 1,88 \cdot 0,05 \cdot (\%CO(suhi) + \%CO_2(suhi))} \right) - k_{w2} \cdot$$

Za razredčene izpušne pline:

$$k_{w.e.1} = \left(1 - \frac{1,88 \cdot CO_2 \%(vlažni)}{200} \right) - k_{w1}$$

ali:

$$k_{w.e.2} = \left(\frac{1 - k_{w1}}{1 + \frac{1,88 \cdot CO_2 \%(suhi)}{200}} \right) \cdot$$

F_{FH} se izračuna na naslednji način:

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left(1 + \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRW}} \right)}$$

- za zrak za redčenje:

$$k_{wd} = 1 - k_{w1}$$

$$k_{w1} = \frac{1,608 \cdot [H_d \cdot (1 - 1/DF) + H_a \cdot (1/DF)]}{1000 + 1,608 \cdot [H_d \cdot (1 - 1/DF) + H_a \cdot (1/DF)]}$$

$$H_d = \frac{6,22 \cdot R_d \cdot p_d}{P_B - P_d \cdot R_d \cdot 10^{-2}}$$

- za vsesani zrak (če se razlikuje od zraka za redčenje):

$$k_{wa} = 1 - k_{w2}$$

$$k_{w2} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1000 + (1,608 \cdot H_a)}$$

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

kjer je:

- H_a : absolutna vlažnost vsesanega zraka, v g vode na kg suhega zraka,
- H_d : absolutna vlažnost zraka za razredčevanje, v g vode na kg suhega zraka,
- R_d : relativna vlažnost zraka za redčenje, v %,
- R_a : relativna vlažnost vsesanega zraka, v %,
- p_d : tlak nasičene pare v zraku za redčenje, v kPa,
- p_a : tlak nasičene pare v vsesanem zraku, v kPa, in
- p_B : celotni atmosferski tlak, v kPa.

1.3.3. Korekcija NO_x na vlažnost

Ker je emisija NO_x odvisna od stanja zunanjega zraka, se mora koncentracija NO_x korigirati glede na temperaturo in vlažnost zunanjega zraka s faktorjem K_H , izračunanim na naslednji način:

$$K_H = \frac{1}{1 + A(H_a - 10,71) + B \cdot (T_a - 298)}$$

kjer je:

- A : $0,309 G_{FUEL}/G_{AIRD} - 0,0266$,
- B : $-0,209 G_{FUEL}/G_{AIRD} + 0,00954$,
- T_a : temperatura zraka v K,

in

$$\frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} = \text{razmerje zraka in goriva (glede na suho stanje zraka)}.$$

H_a : je vlažnost vsesanega zraka, v g vode na kg suhega zraka:

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

kjer je:

- R_a : relativna vlažnost zraka, v %,
- p_a : tlak nasičene pare v vsesanem zraku, v kPa, in
- p_B : celotni atmosferski tlak, v kPa.

1.3.4. Izračun masnih pretokov emisij

Pri vsaki fazi preskusnega cikla se izračunajo masni pretoki na naslednji način:

a) za nerazredčeni izpušni plin⁽¹⁾

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

ali

$$Gas_{mass} = v \cdot conc \cdot V_{EXHD}$$

ali

$$Gas_{mass} = w \cdot conc \cdot V_{EXHW}$$

b) za razredčeni izpušni plin⁽¹⁾:

$$Gas_{mass} = u \cdot conc \cdot G_{TOTW}$$

ali

$$Gas_{mass} = w \cdot conc_c \cdot V_{TOTW}$$

kjer je:

$conc_c$ – korigirana koncentracija ozadja,

$$conc_c = conc - conc_d \cdot \left(1 - \left(\frac{1}{DF} \right) \right)$$

$$DF = 13,4 / (concCO_2 + (concCO + concHC) \cdot 10^{-4})$$

ali

$$DF = 13,4 / concCO_2$$

Koeficienti: u (vlažni), v (suhi), w (vlažni) se uporabljajo v skladu z naslednjo razpredelnico:

Plin	u	v	w	conc
NO _x	0,001587	0,002053	0,002053	ppm
CO	0,000966	0,00125	0,00125	ppm
HC	0,000479	-	0,000619	ppm
CO ₂	15,19	19,64	19,64	%

Gostota HC (ogljikovodikov) temelji na povprečni vrednosti razmerja ogljik/vodik, ki je enako 1:1,85.

⁽¹⁾ V primeru NO_x, se mora NO_x koncentracija (NO_x conc ali NO_x conc_c) pomnožiti s K_{HNOx} (korekcijski faktor vlažnosti, omenjen v točki 1.3.3.), kot sledi: K_{HNOx} · conc ali K_{HNOx} · conc_c

1.3.5. Izračun specifičnih emisij

Specifične emisije (g/kWh) se računajo za posamezne sestavine na naslednji način:

$$\text{posamezni plin} = \frac{\sum_{i=1}^n Gas_{mass} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot WF_i}$$

kjer je $P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$.

Utežni faktorji in število faz preskusnega cikla (n) v zgornjih izrazih so iz točke 3.6.1. priloge 3 tega pravilnika.

1.4. Izračun emisije delcev

Emisija delcev se izračuna na naslednji način:

1.4.1. Korekcijski faktor vlažnosti za delce

Ker je emisija delcev dizelskega motorja odvisna od stanja zunanjega zraka, je treba masni pretok delcev korigirati glede na vlažnost zunanjega zraka s faktorjem K_p , ki se ga izračuna na naslednji način:

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

Vlažnost H_a vsesanega zraka, v g vode na 1 kg suhega zraka, se izračuna na naslednji način:

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

- R_a : relativna vlažnost vsesanega zraka, v %,
- p_a : tlak nasičene pare v vsesanem zraku, v kPa in
- p_b : celotni atmosferski tlak, v kPa.

1.4.2. Sistem redčenja z delnim tokom

Končni rezultati emisij delcev za poročilo o presku se izračunajo po naslednjih korakih.

Ker je mogoče uporabiti razne vrste krmiljenja redčenja, se uporabljajo različne metode za izračun masnega pretoka razredčenih izpušnih plinov G_{EDF} ali prostornine pretoka razredčenih izpušnih plinov V_{DEF} . Vsi računi morajo temeljiti na povprečnih vrednostih v času vzorčenja pri posameznih fazah preskusnega cikla.

1.4.2.1. Izokinetični sistemi

$$G_{EDFWi} = G_{EXHWi} \cdot q_i$$

ali

$$V_{EDFWi} = V_{EXHWi} \cdot q_i$$

$$q_i = \frac{G_{DILWi} + (G_{EXHWi} \cdot r)}{(G_{EXHWi} \cdot r)}$$

ali

$$q_i = \frac{V_{DILWi} + (V_{EXHWi} \cdot r)}{(V_{EXHWi} \cdot r)}$$

kjer je r razmerje povprečnega vstopnega preseka izokinetične sonde A_p in izpušne cevi A_T :

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

1.4.2.2. Sistemi z merjenjem koncentracij CO_2 ali NO_x

$$G_{EDFWi} = G_{EXHWi} \cdot q_i$$

ali

$$V_{EDFWi} = V_{EXHWi} \cdot q_i$$

$$q_i = \frac{conc_{Ei} - conc_{Ai}}{conc_{Di} - conc_{Ai}}$$

kjer je:

- $conc_E$ = koncentracija vlažnega sledilnega plina v surovih izpušnih plinih,
- $conc_D$ = koncentracija vlažnega sledilnega plina v razredčenih izpušnih plinih in
- $conc_A$ = koncentracija vlažnega sledilnega plina v zraku za redčenje.

Koncentracije, ki se merijo v suhih plinih se pretvorijo v vlažne koncentracije na način iz točke 1.3.2. te priloge.

1.4.2.3. Sistemi z merjenjem koncentracija CO_2 in metoda ravnotežja ogljika

$$G_{EDFW.i} = \frac{206,6 \cdot G_{FUELi}}{CO_{2Di} - CO_{2Ai}}$$

kjer je:

- CO_{2D} = CO_2 koncentracija v razredčenih izpušnih plinih,
- CO_{2A} = CO_2 koncentracija v zraku za redčenje, (koncentracije so v vol% in veljajo za vlažne pline).

Naslednja enačba temelji na ravnotežju ogljika (atomi ogljika, ki se uvajajo v motor z gorivom, izhajajo kot CO₂).

$$G_{EDFWi} = G_{EXHWi} \cdot q_i$$

in

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

1.4.2.4. Sistemi z merjenjem pretoka:

$$G_{EDFWi} = G_{EXHWi} \cdot q_i$$

in

$$q_i = \frac{G_{TOTWi}}{(G_{TOTWi} - G_{DILWi})}$$

1.4.3. Sistem redčenja s celotnim tokom

Končni rezultati emisij delcev se za poročilo o preskusu pridobijo v naslednjih korakih, pri čemer vsi izračuni temeljijo na povprečnih vrednostih izmerjenih pri vzorčenju v posameznih fazah preskusnega cikla:

$$G_{EDFWi} = G_{TOTWi}$$

ali

$$V_{EDFWi} = V_{TOTWi}$$

1.4.4. Izračun masnega pretoka delcev

Masni pretok delcev se izračuna na naslednji način:

- za metodo z enojnim filtrom:

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

ali

$$PT_{mass} = \frac{M_i}{V_{SAM}} \cdot \frac{(V_{EDFW})_{aver}}{1000}$$

kjer se $(G_{EDFW})_{aver}$, $(V_{EDFW})_{aver}$, $(M_{SAM})_{aver}$, $(V_{SAM})_{aver}$ izračunajo za celotni preskusni cikel s seštevanjem povprečnih vrednosti izmerjenih z vzorčenjem med posameznimi fazami preskusnega cikla na naslednji način:

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

$$(V_{EDFW})_{aver} = \sum_{i=1}^n V_{EDFWi} \cdot WF_i$$

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

$$V_{SAM} = \sum_{i=1}^n V_{SAMi}$$

kjer je $i = 1 \dots n$,

- za metodo z več filtri pa je:

$$PT_{mass.i} = \frac{M_{fi}}{M_{SAMi}} \cdot \frac{(G_{EDFWi})}{1000}$$

ali

$$PT_{mass.i} = \frac{M_{fi}}{V_{SAMi}} \cdot \frac{(V_{EDFWi})}{1000}$$

kjer je $i = 1 \dots n$.

Masni pretok delcev se lahko korigira glede na ozadje na naslednji način:

- za metodo z enojnim filtrom:

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left(\sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{1}{DF_i} \right) \times WF_i \right) \right) \right] \times \frac{G_{EDFW}}{1000}$$

ali

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{V_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{V_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{(V_{EDFW})_{aver}}{1000} \right]$$

Če se izvaja več merjenj se $\left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \right)$ ali $\left(\frac{M_d}{V_{DIL}} \right)$ nadomesti z $\left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \right)_{aver}$ oziroma z $\left(\frac{M_d}{V_{DIL}} \right)_{aver}$

$$DF = \frac{13,4}{concCO_2 + (concCO + concHC) \cdot 10^{-4}}$$

ali

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

- za metodo z več filtri velja:

$$PT_{massi} = \left[\frac{M_{fi}}{M_{SAMi}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \cdot \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \cdot \left[\frac{(G_{EDFWi})}{1000} \right]$$

ali

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_{fi}}{V_{SAMi}} - \left(\frac{M_d}{V_{DIL}} \cdot \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \cdot \left[\frac{(V_{EDFWi})}{1000} \right] .$$

Če se opravi več merjenj se $\left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \right)$ ali $\left(\frac{M_d}{V_{DIL}} \right)$ nadomesti z $\left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \right)_{aver}$ oziroma z $\left(\frac{M_d}{V_{DIL}} \right)_{aver}$

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

ali

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

1.4.5. Izračun specifičnih emisij

Specifična emisija delcev PT (g/kWh) se računa na naslednji način:

- za metodo z enojnim filtrom:

$$PT = \frac{PT_{mass}}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot WFi}$$

- za metodo z več filtri:

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

$$P_i = P_{mi} + P_{AEi} .$$

1.4.6. Efektivni utežni faktor

Pri metodi z enojnim filtrom se efektivni utežni faktor WF_{Ei} računa za vsako fazo preskusnega cikla na naslednji način:

$$WF_{Ei} = \frac{M_{SAMI} \cdot (G_{EDFW})_{aver}}{M_{SAM} \cdot (G_{EDFWi})}$$

ali

$$WF_{Ei} = \frac{V_{SAMI} \cdot (V_{EDFW})_{aver}}{V_{SAM} \cdot (V_{EDFWi})}$$

kjer je $i=1 \dots n$.

Vrednost efektivnih utežnih faktorjev morajo biti znotraj $\pm 0,0005$ (absolutna vrednost) vrednosti utežnih faktorjev navedenih v točki 3.6.1. priloge 3 tega pravilnika.