

1	Temperaturile ≤ 600 K	± 2 K in valoare absoluta
2	Temperaturile ≥ 600 K	$\pm 1\%$ din valoarea determinata
3	Presiunea gazelor de esapament	$\pm 0,2$ KPa in valoare absoluta
4	Depresiunea in colectorul de aspiratie	$\pm 0,05$ kpa in valoare absoluta
5	Presiunea atmosferica	$\pm 0,1$ kpa in valoare absoluta
6	Alte presiuni	$\pm 0,1$ kpa in valoare absoluta
7	Umiditatea relativa	$\pm 3\%$ in valoare absoluta
8	Umiditatea absoluta	$\pm 5\%$ din valoarea determinata
9	Debitul de aer de diluare	$\pm 2\%$ din valoarea determinata
10	Debitul de gaz de esapament diluat	$\pm 2\%$ din valoarea determinata

1.4. Determinarea componentilor gazosi

1.4.1. Specificatii generale cu privire la analizoare

Analizorul trebuie sa poata masura intr-o plaja corespunzatoare preciziei cerute pentru masurarea concentratiilor componentelor gazelor de esapament (pct. 1.4.1.1.). Este recomandata utilizarea analizoarelor care pot masura o concentratie situata intre 15% si 100% din intreaga scala.

Concentratiile mai mici de 15% din intreaga scala sunt de asemenea acceptabile daca valoarea intregii scale este de 155 ppm (sau ppm C) sau mai mica sau daca sunt utilizate sisteme de copiere (calculatoare, centrale de achizitie) care dau o precizie si o rezolutie suficiente si sub 15% din intreaga scala. In acest caz, trebuie sa fie facute etalonari suplimentare pentru a garanta precizia curbelor de etalonare (subanexa nr. 2, pct. 1.5.5.2 al prezentei anexe).

Compatibilitatea electromagnetica (CEM) a echipamentului trebuie sa fie la un nivel care sa minimalizeze erorile suplimentare.

1.4.1.1. Precizia

Analizoarele nu trebuie sa se abata de la punctul de etalonare nominal cu mai mult de $\pm 2\%$ din valoarea determinata pe toata scala de masura cu exceptia lui zero unde abaterea nu va trebui sa fie mai mare de $\pm 0,3\%$ din intreaga scala. Precizia este determinata in conformitate cu cerintele de etalonare indicate la pct. 1.3.

1.4.1.2. Repetabilitatea

Repetabilitatea este definita ca fiind de 2,5 ori abaterea tip a 10 valori consecutive la un gaz de etalonare sau de reglaj a sensibilitatii date ce nu depaseste $\pm 1\%$ din concentratia intregii scale, pentru fiecare plaja utilizata peste 100 ppm (sau ppm C) sau $\pm 2\%$ din fiecare plaja utilizata sub 100 ppm (sau ppm C).

1.4.1.3. Zgomot

Raspunsul unui varf fata de altul al analizorului de gaz de pus la zero si de etalonat sau de reglaj al sensibilitatii pentru o perioada mai mare de 10 secunde, nu trebuie sa depaseasca 2% din intreaga scala pentru toate plajele utilizate.

1.4.1.4. Abaterea de zero

Raspunsul zero este definit ca fiind raspunsul mediu cuprinzand zgomotul de la gazul de pus la zero, intr-un interval de timp de 30 de secunde. Abaterea de la raspunsul zero pentru o perioada de o ora, trebuie sa fie mai mica de 2% din intreaga scala, in plaja cea mai de jos utilizata.

1.4.1.5. Abaterea de scala

Raspunsul punctului de cap de scala este definit ca fiind raspunsul mediu cuprinzand zgomotul de la gazul de reglaj al sensibilitatii si intr-un interval de timp de 30 secunde.

Abaterea de la punctul de cap de scala pentru o perioada de o ora trebuie sa fie mai mica de 2% din intreaga scala in plaja cea mai de jos utilizata.

1.4.2. Uscarea gazului

Gazele de esapament pot fi masurate in stare umeda sau uscata. Orice dispozitiv de uscare utilizat, trebuie sa aiba o influenta minima asupra concentratiei de gaz masurat. Agentii de uscare chimici nu sunt acceptabili ca metoda de eliminare a apei din proba.

1.4.3. Analizoarele

Punctele 1.4.3.1-1.4.3.5 din prezenta subanexa descriu principiile utilizate pentru masuratori. O descriere amanuntita a sistemelor de masura este prezentata in anexa nr. 6.

Gazele de masurat trebuie sa fie analizate cu aparatele descrise mai jos. Utilizarea circuitelor de liniarizare este autorizata in cazul analizoarelor nelineare.

1.4.3.1. Analiza monoxidului de carbon (CO)

Analizorul utilizat pentru monoxidul de carbon trebuie sa fie de tipul nedispersiv, cu absorbtie in infrarosu (NDIR).

1.4.3.2. Analiza bioxidului de carbon (CO₂)

Analizorul utilizat pentru bioxidul de carbon trebuie sa fie de tipul nedispersiv, cu absorbtie in infrarosu (NDIR).

1.4.3.3. Analiza oxigenului (O₂)

Analizoarele de oxigen trebuie sa fie de tipul cu detector paramagnetic (PMD), cu sonda de zirconiu (ZRDO) sau cu celula electrochimica (E.C.S.)

Observatie:

Analizoarele cu sonda de zirconiu nu sunt recomandate atunci cand concentratiile de HC si de CO sunt mari ca in cazul motoarelor cu aprindere prin scanteie care functioneaza cu amestecuri sarace. Aparatele cu celula electrochimica trebuie sa aiba o compensare de interferenta de CO₂ si de NO(x).

1.4.3.4. Analiza hidrocarburilor (HC)

In cazul unei prelevari directe de gaz, analizorul de hidrocarburi trebuie sa fie de tipul detector cu ionizare in flacara incandescenta (HFID), cu detectorul, vanele, tubulatura, etc., incalzite pentru mentinerea unei temperaturi a gazului de 463 K \pm 10 K (190°C \pm 10°C).

In cazul unei prelevari de gaz diluat, analizorul de hidrocarburi trebuie sa fie de tipul detector cu ionizare in flacara incandescenta (HFID) sau detector cu ionizare in flacara (FID).

1.4.3.5. Analiza oxizilor de azot (NO(x))

Analizorul oxizilor de azot trebuie sa fie de tipul detectorului cu chemiluminiscenta (CLD) sau al detectorului cu chemiluminiscenta incandescent (HCLD) cu un convertizor NO₂/NO daca masurarea se efectueaza in stare uscata. Daca masuratoarea se face in stare umeda, se utilizeaza un aparat HCLD cu convertizorul mentinut la o temperatura mai mare de 328 K (55°C) cu conditia sa se verifice ca efectul de atenuare a apei sa fie satisfactor (anexa nr. 3, subanexa nr. 2, pct. 1.9.2.2.). Pentru aparatele CLD ca si pentru aparatele HCLD, traseul de prelevare trebuie sa fie mentinut la o temperatura a peretelui cuprinsa intre 328 K la 473 K (55°C la 200°C) pana la convertizorul pentru masurare in conditii uscate si pana la analizorul pentru masurarea in conditii umede.

1.4.4. Prelevarea probelor pentru emisiile de gaze

Daca compozitia gazului de esapament este influentata de un sistem oarecare de posttratament pentru gazul de esapament, atunci proba de gaz de esapament trebuie sa fie prelevata in aval de acest dispozitiv.

Sonda de prelevare de gaz de esapament trebuie sa fie plasata intr-un punct situat in partea de inalta presiune din fata tobei de esapament, inasa cat mai departe posibil de fereastra de esapament. Pentru a asigura un amestec complet al gazelor de esapament ale motorului, se poate intercala, facultativ, o camera de amestec intre iesirea din toba de esapament si sonda de prelevare. Camera de amestec trebuie sa aiba un volum interior nu mai mic de 10 ori decat cilindrul motorului supus incercarilor si dimensiunile sale sa fie cam aceleasi in lungime, latime si inaltime, de forma unui cub.

Marimea camerei de amestec trebuie sa fie cat mai redusa posibil si camera trebuie sa fie cuplata intr-un punct cat mai apropiat de motor. Teava de esapament, la iesirea din camera de amestec a tobei de esapament, trebuie sa se prelungeasca cu cel putin 610 mm, incepand de la punctul de amplasare a sondei de prelevare, si sa aiba un diametru suficient de mare pentru a reduce la maximum contrapresiunea. Temperatura peretelui interior al camerei de amestec trebuie sa fie mentinuta deasupra punctului de roua al gazelor de esapament: si se recomanda o temperatura de minimum 338 K (65°C).

Toti constituentii pot fi, optional, masurati direct in tunelul de diluare sau prin prelevarea intr-un sac si masurarea ulterioara a concentratiei continutului sacului.

Subanexa nr. 2

1. ETALONAREA APARATURII DE ANALIZA

1.1. Introducere

Fiecare analizor trebuie sa fie etalonat de cate ori este necesar pentru a indeplini conditiile de precizie din acest standard.

Metoda de etalonare utilizata este descrisa in prezentul punct pentru analizoarele indicate la subanexa nr. 1, pct. 1.4.3.

1.2. Gaze de etalonare

Durata de conservare a tuturor gazelor de etalonare trebuie respectata.

Data expirarii perioadei de conservare a gazelor de etalonare indicata de producator trebuie sa fie inregistrata.

1.2.1. Gaze pure

Puritatea ceruta a gazelor este definita prin limita de contaminare indicata mai jos. Pentru operatiunea de etalonare este nevoie de urmatoarele gaze:

- Azot purificat (contaminare admisa: ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO),
- Oxigen purificat (puritate $> 99,5\%$ vol. O₂);
- Amestec hidrogen-heliu ($40 \pm 2\%$ hidrogen, restul heliu), contaminare admisa ≤ 1 ppm C, ≤ 400 ppm CO₂;
- Aer de sinteza purificat (contaminare admisa ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO) (Continutul in oxigen cuprins intre 18% si 21% vol.).

1.2.2. Gaze de etalonare si de reglaj de sensibilitate

Se utilizeaza amestecuri de gaze avand urmatoarea compozitie chimica:

- C₃H₈ si aer de sinteza purificat (pct. 1.2.1);
- CO si azot purificat;
- NO(x) si azot purificat (cantitatea de NO₂ continuta in acest gaz de etalonare nu trebuie sa depaseasca 5% din continutul de NO);
- CO₂ si azot purificat;
- CH₄ si aer de sinteza purificat;
- C₂H₆ si aer de sinteza purificat.

Notă:

Alte combinatii de gaze sunt admise cu conditia ca acestea sa nu reactioneze unul cu altul.

Concentratia reala a unui gaz de etalonare si de reglaj de sensibilitate trebuie sa fie conforma cu valorile nominale cu o toleranta de $\pm 2\%$.

Toate concentratiile gazelor de etalonare sunt date in volume (procent de volum sau ppm de volum).

Gazele ce servesc pentru etalonare si pentru reglajul sensibilitatii pot fi obtinute si cu ajutorul unui amestecator de precizie (divizor de gaze) prin diluarea cu N₂ purificat sau cu aer de sinteza purificat.

Precizia aparatului de amestec trebuie sa fie la un asemenea nivel incat concentratia gazelor de etalonare diluate sa fie determinata cu o precizie de $\pm 1,5\%$.

Aceasta precizie implica faptul ca gazele primare utilizate pentru amestec trebuie sa fie cunoscute cu o precizie de cel putin $\pm 1\%$ in conformitate cu standardele de gaz nationale sau internationale. Verificarea trebuie sa fie efectuata intre 15% si 50% din intreaga scala pentru fiecare etalonare care incorporeaza un amestecator.

Optional, amestecatorul poate fi verificat cu un instrument care prin natura sa este linear, de exemplu utilizarea gazului NO cu un detector CLD. Reglajul scalei instrumentului trebuie sa fie realizat cu gaz pentru reglajul de sensibilitate, conectat direct la instrument. Amestecatorul trebuie sa fie verificat la reglajele utilizate, iar valoarea nominala trebuie sa fie comparata cu concentratia masurata de instrument. Diferenta obtinuta trebuie sa se situeze in fiecare punct intre $\pm 0,5\%$ din valoarea nominala.

1.2.3. Controlul interferentei oxigenului

Gazele de control de interferenta de oxigen trebuie sa contina propan 350 ppm C ± 75 ppm C de hidrocarburi.

Valoarea concentratiei trebuie sa fie determinata, la tolerantele gazului de etalonare, prin analiza cromatografica a totalitatii hidrocarburilor plus impuritatile sau prin amestecare - dozaj dinamic.

Azotul trebuie sa fie diluantul predominant cu adaos de oxigen. Dozajul cerut pentru incercarea motorului cu benzina este urmatorul:

Concentratie interferenta O ₂	Adaos
10 (9 la 11)	azot
5 (4 la 6)	azot
0 (0 la 1)	azot

1.3. Procedeeul de functionare a analizoarelor si a sistemului de prelevare

Procedeeul de functionare a analizoarelor trebuie sa fie in conformitate cu instructiunile de pornire si functionare date de producatorul instrumentului.

Trebuie incluse prevederile minimale prevazute la pct. 1.4 - 1.9. Pentru instrumentele de laborator, asa cum sunt cromatografele GC si HPLC (cromatografie in faza lichida sub presiune inalta) se aplica numai pct. 1.5.4.

1.4. Incercarea de etanseitate

Trebuie sa fie efectuata o incercare de etanseitate.

Sonda trebuie deconectata de la sistemul de esapament, iar extremitatea sa obturata.

Pompa analizorului este pusa in functiune.

Dupa o perioada initiala de stabilizare, toate debitmetrele trebuie sa indice "zero". In caz contrar, trebuie controlate conductele de prelevare si remediata anomalia.

Cantitatea maxima acceptata a pierderilor prin neetanseitate pe latura vidata este de 0,5% din debitul de curgere curent, pentru portiunea de sistem controlata.

Debitele analizorului si ale sistemului de derivatie pot fi folosite pentru a estima debitele de curgere curente.

Alternativ, sistemul poate fi vidat la o presiune de cel putin 20 kPa (80 kPa presiune absoluta). Dupa o perioada initiala de stabilizare, cresterea de la presiunea delta p (in kPa/min.) in sistem nu trebuie sa depaseasca:

$$\text{delta } p = p/V(\text{sist}) \times 0,005 \times \text{fr}$$

unde:

- V(sist) - volumul sistemului [l]
- fr - debitul sistemului [l/min.]

O alta metoda consta in introducerea unei schimbari graduale in concentratie la intrarea in conducta de prelevare, prin comutarea intre gazul de pus la zero si gazul pentru reglajul sensibilitatii. Daca, dupa o perioada adecvata de timp, indicatoarele arata o concentratie mai mica decat concentratia introdusa, acest fapt arata ca sunt probleme de etalonare sau de etanseitate.

1.5. Procedura de etalonare

1.5.1. Ansamblul dispozitivului

Ansamblul dispozitivului trebuie sa fie etalonat, iar curbele de etalonare verificate in raport cu cele ale gazelor etalon. Debitele de gaz folosite trebuie sa fie aceleasi ca pentru prelevarea gazelor de esapament.

1.5.2. Timpul de incalzire

Timpul de incalzire trebuie sa fie conform cu recomandarile producatorului. Daca nu se specifica, este recomandat un timp de incalzire a analizoarelor de minimum doua ore.

1.5.3. Analizoarele NDIR si HFID

Analizorul NDIR trebuie sa fie reglat daca este necesar, iar flacara analizorului HFID trebuie sa fie optimizata (pct. 1.9.1.).

1.5.4. Cromatografele GC si HPCL

Cele doua instrumente trebuie sa fie etalonate in conformitate cu buna practica de laborator si cu instructiunile producatorului.

1.5.5. Stabilirea curbelor de etalonare

1.5.5.1. Principii generale

- a) Fiecare plaja de masura normal utilizata trebuie sa fie etalonata;
- b) Utilizand aerul sintetic purificat (sau azot) se fixeaza la zero analizoarele de CO, de CO₂, de NO(x) si de HC;
- c) Gazele de esapament adecvate trebuie sa fie introduse in analizor, valorile inregistrate, iar curbele de etalonare stabilite;
- d) Pentru toate plajele de masura ale aparatelor, cu exceptia plajei cea mai de jos, curba de etalonare este stabilita pentru cel putin zece puncte de etalonare (in afara de zero) egal distantate. Pentru plaja cea mai de jos a aparatului curba de etalonare este stabilita pentru cel putin 10 puncte de etalonare (in afara de zero) situate astfel incat jumătate din punctele de etalonare sa fie situate sub 15% din intreaga scala a analizorului, iar restul peste 15% din intreaga scala a analizorului. Pentru toate plajele, concentratia nominala cea mai mare trebuie sa fie egala sau mai mare de 90% din intreaga scala.

e) Curba de etalonare se calculeaza prin metoda celor mai mici patrate. Pentru reglare se poate folosi o ecuatie lineara sau nelineara.

f) Punctele de etalonare nu trebuie sa se abata de la curba determinata prin metoda celor mai mici patrate cu mai mult de $\pm 2\%$ din valoarea determinata sau de $0,3\%$ din intreaga scala, retinandu-se valoarea cea mai mare.

g) Se verifica din nou reglajul la zero si se repeta procedura de etalonare, daca este necesar.

1.5.5.2. Metode alternative

Alte tehnici (de exemplu calculatoare, comutatoare de plaje controlate electronic) pot fi, de asemenea, utilizate daca se poate dovedi ca au o precizie echivalenta.

1.6. Verificarea etalonarii

Toate plajele de functionare, utilizate normal, sunt verificate inaintea fiecarei analize conform urmatoarei proceduri:

Etalonarea se verifica cu ajutorul unui gaz de punere la zero si a unui gaz de reglare a sensibilitatii a carui valoare nominala este mai mare de 80% din intreaga scala a plajei de masura. Daca pentru doua puncte considerate, valoarea determinata nu se abate de la valoarea de referinta declarata cu mai mult de $\pm 4\%$, din intreaga scala, parametrii de reglaj pot fi modificati. In caz contrar, se verifica gazul de reglaj de sensibilitate sau se stabileste o noua curba de etalonare conform pct. 1.5.5.1.

1.7. Etalonarea analizorului de gaz trasor pentru masurarea debitului de esapament

Analizorul utilizat pentru masurarea concentratiilor gazului trasor, trebuie sa fie etalonat cu ajutorul gazului etalon.

Curba de etalonare este stabilita pentru cel putin 10 puncte de etalonare (in afara de zero) situate astfel ca jumatate dintre punctele de etalonare sa fie plasate intre 4% si 20% din intreaga scala a analizorului, iar restul intre 20% si 100% din intreaga scala. Curba de etalonare este calculata prin metoda celor mai mici patrate. Curba de etalonare nu trebuie sa se abata de la valoarea nominala a fiecarui punct de etalonare cu mai mult de $\pm 1\%$ din intreaga scala in plaja de 20% pana la 100% din intreaga scala. Totodata ea nu trebuie sa difere fata de valoarea nominala cu mai mult de $\pm 2\%$ din valoarea determinata, in plaja de 4% pana la 20% din intreaga scala.

Analizorul trebuie stabilit la zero si reglat din punct de vedere al sensibilitatii inainte de incercare cu ajutorul unui gaz de pus la zero si a unui gaz de reglaj de sensibilitate avand valoarea nominala peste 80% din intreaga scala a analizorului.

1.8. Incercarea de eficienta a convertizorului de NO(x)

Eficienta convertizorului utilizat pentru conversia NO₂ in NO este testata asa cum este prevazuta la pct. 1.8.1 - 1.8.8 (fig. 1 din anexa nr. 3, subanexa nr. 2).

1.8.1. Instalatia de incercare

Utilizand instalatia de incercare ilustrata in fig. 1 din anexa nr. 3 si metoda descrisa mai jos, se poate verifica eficienta convertizoarelor cu ajutorul unui ozonizator.

1.8.2. Etalonarea

Detectoarele CLD si HCLD sunt etalonate in plaja de masurare cea mai des utilizata, conform specificatiilor producatorului, cu un gaz de punere la zero si cu un gaz de reglaj al sensibilitatii (acesta din urma trebuie sa aiba continutul de NO de aproximativ 80% din plaja de masurare, iar concentratia de NO₂ a amestecului gazos trebuie sa fie mai mica de 5% din concentratia de NO).

Analizorul de NO(x) trebuie sa fie pus in modul de functionare NO, astfel incat gazul de etalonare sa nu treaca prin convertizor. Concentratia indicata trebuie sa fie inregistrata.

1.8.3. Calculul

Eficienta convertizorului de NO(x) se calculeaza cu urmatoarea formula:

$$\text{Eficienta (\%)} = \frac{a - b}{c - d} \times 100$$

unde:

- a - concentratia de NO(x) conform pct. 1.8.6;
- b - concentratia de NO(x) conform pct. 1.8.7;
- c - concentratia de NO conform pct. 1.8.4;
- d - concentratia de NO conform pct. 1.8.5;

1.8.4. Adaosul de oxigen

Cu ajutorul unui racord in T, se adauga continuu oxigen sau aer de punere la zero in fluxul de gaz pana ce concentratia indicata este cu circa 20% mai mica decat concentratia de etalonare indicata la

pct. 1.8.2. (analizorul este in modul de functionare NO). Valoarea indicata pentru concentratia (c) trebuie inregistrata. Ozonizatorul trebuie sa ramana scos din functiune pe parcursul acestei operatii.

1.8.5. Punerea in functiune a ozonizatorului

Ozonizatorul este acum pus in functiune cu scopul de a furniza suficient ozon pentru a reduce concentratia de NO la cca. 20% (minim 10%) din concentratia de etalonare indicata la pct. 1.8.2. Valoarea indicata pentru concentratia (d) se inregistreaza (analizorul este in modul de functionare NO).

1.8.6. Modul de functionare NO(x)

Analizorul de NO este apoi comutat pe modul de functionare NO(x) astfel incat amestecul de gaze (constituit din NO, NO₂, O₂ si NO₂) trece acum prin convertizor. Valoarea indicata pentru concentratii (a) trebuie sa fie inregistrata (analizorul este in modul de functionare NO(x)).

1.8.7. Oprirea ozonizatorului

Ozonizatorul este acum oprit. Amestecul de gaz descris la pct. 1.8.6 traverseaza convertizorul pentru a ajunge in detector. Valoarea indicata pentru concentratia (b) este inregistrata (analizorul este in modul de functionare NO(x)).

1.8.8. Modul de functionare NO

Odata comutat pe modul de functionare NO, ozonizatorul fiind oprit, se intrerupe, de asemenea, alimentarea cu oxigen sau aer de sinteza. Valoarea NO(x) afisata de analizor nu trebuie sa se abata cu mai mult de $\pm 5\%$ fata de valoarea masurata conform pct. 1.8.2. (analizorul fiind in modul de functionare NO).

1.8.9. Intervalul intre incercari

Eficienta convertizorului trebuie verificata lunar.

1.8.10. Cerinte de eficienta

Eficienta convertizorului nu trebuie sa fie mai mica de 90%, dar se recomanda o eficienta mai mare de 95%.

Notă:

Daca cu analizorul in plaja de functionare cea mai utilizata, ozonizatorul nu permite obtinerea unei reduceri de la 80% la 20%, conform pct. 1.8.5., atunci se utilizeaza plaja cea mai ridicata care asigura aceasta reducere.

1.9. Reglajul FID-ului

1.9.1. Optimizarea raspunsului detectorului

Detectorul HFID trebuie sa fie reglat conform indicatiilor producatorului aparatului. Se utilizeaza un gaz de reglaj de sensibilitate continand propan si aer pentru optimizarea raspunsului in plaja de masurare cea mai des utilizata. Debitul de combustibil si de aer fiind reglate conform recomandarilor producatorului, se introduce in analizor un gaz de reglaj de sensibilitate cu $350 \pm 75\%$ ppm C. Raspunsul aparatului pentru un debit de combustibil dat este determinat din diferenta dintre raspunsul gazului de reglaj de sensibilitate si raspunsul gazului de punere la zero. Debitul de combustibil trebuie sa fie reglat progresiv, peste si sub valorile specificate de producator. Se inregistreaza raspunsul cu gazul de reglaj de sensibilitate si cu gazul de punere la zero pentru aceste debite de combustibil. Se traseaza o curba a diferentei intre raspunsul gazului pentru reglaj de sensibilitate si raspunsul gazului de punere la zero, iar debitul de combustibil este reglat spre partea cea mai bogata a curbei. Aceasta operatie constituie reglajul initial al debitului si poate necesita o optimizare ulterioara in functie de rezultatele factorilor de raspuns ai hidrocarburilor si de controlul interferentei cu oxigenul conform pct. 1.9.2 si 1.9.3.

Daca interferenta la oxigen sau factorii de raspuns ai hidrocarburilor nu corespund specificatiilor urmatoare, debitul de aer va fi reglat progresiv peste si sub valorile specificate de producator, operatiile de la pct. 1.9.2. si 1.9.3. se vor repeta pentru fiecare debit.

1.9.2. Factorii de raspuns pentru hidrocarburi

Se etaloneaza analizorul utilizand propan in aer si aer de sinteza purificat conform pct. 1.5.

Factorii de raspuns trebuie sa fie determinati la punerea in functiune a unui analizor si dupa reparatiile capitale.

Factorul de raspuns (R(f)) pentru o categorie de hidrocarburi date este raportul intre valoarea C₁ indicata de FID si concentratia gazului, in butelie, exprimata in ppm C₁.

Concentratia gazului de incercare trebuie sa se situeze la un nivel la care sa dea un raspuns corespunzator la cca. 80% din intreaga scala.

Concentratia trebuie sa fie cunoscuta cu o precizie de $\pm 2\%$ in raport cu un etalon gravimetric exprimat in volume. In plus, butelia de gaz, trebuie sa fie, in prealabil, tinuta mai mult de 24 ore la o temperatura de 298K (25°C) $\pm 5K$.

Gazele de incercare folosite si diferitele plaje recomandate pentru factorii de raspuns sunt urmatoarele:

- Metan si aer de sinteza purificat $1,00 \leq R(f) \leq 1,15$
- Propilena si aer de sinteza purificat $0,90 \leq R(f) \leq 1,10$
- Toluen si aer de sinteza purificat $0,90 \leq R(f) \leq 1,10$

Aceste valori se raporteaza la factorul de raspuns (R(f)) egal cu 1,00 pentru propan si pentru aerul de sinteza purificat.

1.9.3. Verificarea interferentei cu oxigenul

Verificarea interferentei cu oxigenul este efectuata la punerea in functiune a analizorului si dupa reparatiile capitale.

Se alege o plaja in care gazul pentru controlul interferentei cu oxigenul cade in transa superioara de 50%. Incercarea este efectuata cu cuptorul reglat la temperatura ceruta.

Gazele de interferenta cu oxigenul sunt specificate la pct 1.2.3.

- a) Se regleaza la zero analizorul;
- b) Se regleaza scala analizorului cu amestec de 0% oxigen pentru motoare cu benzina;
- c) Raspunsul de zero este din nou verificat. Daca a variat cu mai mult de 0,5% din intreaga scala, se repeta operatiile de la pct. a) si b);
- d) Se introduce gazul de control al interferentei cu oxigenul la 5% si 10%;
- e) Raspunsul de zero este din nou verificat. Daca a variat cu mai mult de $\pm 1\%$ din intreaga scala, incercarea trebuie sa fie repetata;
- f) Interferenta cu oxigenul (%O₂I) este calculata dupa cum urmeaza pentru fiecare amestec de la punctul d):

$$O_2I = \frac{(B - C)}{B} \times 100 \quad \text{ppm } C = \frac{A}{D}$$

unde:

- A - concentratia de hidrocarburi (ppm C) din gazul de reglaj de sensibilitate utilizat la punctul b);
- B - concentratia de hidrocarburi (ppm C) ale gazului pentru controlul interferentei cu oxigenul utilizat la punctul d);
- C - raspunsul analizorului;
- D - procentajul raspunsului analizorului, din intreaga scala corespunzator punctului A;
- g) Procentajul de interferenta cu oxigenul (%O₂I) trebuie sa fie inainte de incercare, mai mic de $\pm 3\%$ pentru toate gazele prescrise pentru controlul interferentei cu oxigenul inainte de incercare;
- h) Daca interferenta cu oxigenul este mai mare de $\pm 3\%$, debitul de aer este reglat progresiv peste si sub specificatiile producatorului, repetand operatiile de la pct. 1.9.1. pentru fiecare debit;
- i) Daca interferenta cu oxigenul este mai mare de $\pm 3\%$ dupa ce debitul de aer a fost reglat se ajusteaza debitul de combustibil apoi debitul de prelevare, repetand operatiile de la pct. 1.9.1. pentru fiecare nou reglaj;
- j) Daca interferenta cu oxigenul este intotdeauna mai mare de $\pm 3\%$, trebuie reparat sau inlocuit inainte de incercare analizorul, combustibil FID-ului sau aerul de ardere. Operatiile prezentului punct trebuie sa fie apoi repetate cu echipamentele reparate sau inlocuite sau cu noile gaze.

1.10. Efectele de interferenta cu analizoarele de CO, de CO₂, de NO(x) si de O₂.

Gazele, altele decat cel ce este in curs de analiza, pot interfera in mai multe feluri cu valorile ridicate. Exista interferenta pozitiva, in aparatele NDIR si PMD atunci cand gazul care interfereza da acelasi efect cu al gazului care se masoara, dar la un grad mai mic. Exista interferenta negativa in aparatele NDIR, atunci cand gazul care interfereza largeste banda de absorbtie a gazului masurat si in instrumentele CLD, atunci cand gazul care interfereza atenuaza radiatia.

Verificarile interferentei indicate la pct. 1.10.1 si 1.10.2 sunt executate inainte de punerea in functiune a unui analizor si dupa reparatiile capitale, dar cel putin odata pe an.

1.10.1. Verificarea interferentei pe analizorul de CO

Apa si CO₂ pot interfera in functionarea analizorului de CO. In consecinta se lasa sa barboteze in apa, la temperatura ambianta un gaz de reglaj de sensibilitate continand CO₂, cu o concentratie cuprinsa intre 80 si 100%, din intreaga scala a plajei maxime de masura folosita in cursul incercarii si se inregistreaza raspunsul analizorului. Acest raspuns nu trebuie sa depaseasca 1% din intreaga scala pentru plaje egale sau mai mari de 300 ppm, nici de 3 ppm pentru plaje mai mici de 300 ppm.

1.10.2. Verificarile efectului de atenuare in analizorul de NO(x)

Cele doua gaze de considerat, pentru analizoarele CLD (si HCLD) sunt CO₂ si vapori de apa.

Gradele de atenuare a acestor gaze sunt proportionale cu concentratiile lor si necesita, in consecinta, tehnici de incercare pentru determinarea efectului de atenuare a concentratiilor cele mai mari prevazute in timpul incercarii.

Notă:

Este important ca gazul de reglaj al sensibilitatii NO sa aiba o concentratie minima de NO(x) dat fiind ca, pentru aceasta verificare, nu s-a tinut seama de absentia de NO(x), pentru calculele efectului de atenuare.

1.10.2.1. Verificari ale efectului de atenuare in analizorul de CO₂

Se trece printr-un analizor NDIR un gaz de reglaj de sensibilitate cu CO₂ care are o concentratie de la 80% la 100% din intreaga scala a plajei maxime de masura folosita in cursul incercarii si se inregistreaza valoarea masurata pentru CO₂ (A). Dupa aceea, gazul este diluat in proportie de 50% cu un gaz de reglaj de sensibilitate cu NO si se trece prin NDIR si (H)CLD inregistrand valorile de CO₂ si NO, notate cu B, respectiv C. Se inchide intrarea CO₂ pentru ca numai gazul de reglaj de sensibilitate cu NO sa treaca prin (H)CLD si se inregistreaza valoarea masurata de NO, notandu-se cu D. Efectul de atenuare nu trebuie sa fie mai mare de 3% din intreaga scala si se calculeaza cu relatia:

$$\text{Efectul de atenuare al CO}_2 \text{ (\%)} = \frac{(C \times A) - (D \times A) - (D \times B)}{(D \times A) - (D \times B)} \times 100$$

unde:

- A - concentratia de CO₂ nediluat masurata cu ajutorul NDIR (%)
- B - concentratia de CO₂ diluat masurata cu ajutorul NDIR (%)
- C - concentratia de NO diluat masurata cu ajutorul CLD (ppm)
- D - concentratia de NO nediluat masurata cu ajutorul CLD (ppm)

Pot fi utilizate si metode echivalente de diluare si de cuantificare de valori de gaz de reglaj de sensibilitate cu CO₂ si NO, de exemplu, metoda dinamica/prin amestec/prin dozaj.

1.10.2.2. Verificarea efectului de atenuare a apei

Aceasta verificare se aplica numai masurarilor de concentratie de gaz umed. Calculul efectului de atenuare a apei trebuie sa tina cont de diluarea gazului de reglaj de sensibilitate cu NO in vapori de apa, cat si de punerea pe scara de concentratie a vaporilor de apa a amestecului in raport cu cea prevazuta in timpul incercarii.

Un gaz de reglaj de sensibilitate cu NO ce posedea o concentratie intre 80% si 100% din intreaga scala a plajei maxime de masura folosita in cursul incercarii trebuie sa traverseze (H)CLD-ul si valoarea masurata pentru NO este inregistrata ca valoare D.

Se lasa gazul de reglaj de sensibilitate cu NO sa barboteze in apa la temperatura pentru a traversa apoi (H)CLD-ul si se inregistreaza valoarea masurata pentru NO ca valoare C.

Temperatura apei este determinata si inregistrata ca valoare F.

Presiunea de vapori saturati a amestecului ce corespunde temperaturii (F) a apei barbotate trebuie sa fie determinata si inregistrata ca valoare G.

- Concentratia de vapori de apa (in%) a amestecului trebuie sa fie calculata astfel:

$$H = 100 \times G/p(B)$$

si este inregistrata ca valoare H.

- Concentratia scontata de gaz de sensibilitate cu NO diluat (in vapori de apa) se calculeaza astfel: si este inregistrata ca valoare D(e).

$$D(e) = D \times (1 - H/100)$$

- Efectul de atenuare a apei nu trebuie sa depaseasca 3% si se calculeaza astfel:

$$\% \text{H}_2\text{O} = 100 \times \frac{D(e) - C}{D(e) \pm H} \times \frac{H(m)}{H \pm H}$$

unde:

D(e) - concentratia diluata prevazuta de NO (ppm)

C - concentratia diluata de NO (ppm)

H(m) - concentratia maximala de vapori de apa (%)

H - concentratia reala de vapori de apa (%)

Notă:

Este important ca gazul de reglaj de sensibilitate cu NO sa aiba o concentratie minima de NO₂ pentru aceasta verificare, deoarece nu s-a tinut cont de absorbtia de NO₂ pentru calculele efectului de atenuare.

1.10.3. Interferenta pe analizorul de O₂

Raspunsul unui analizor PDM datorat altor gaze decat oxigenului este, comparativ, slab. Echivalentii, in oxigen, de constituinti comuni de gaze de esapament sunt prezentati in tabelul 1.

Tabel 1 - Echivalenti in oxigen

Gazul	Echivalentul in O ₂ %
Bioxidul de carbon (CO ₂)	0,623
Monoxidul de carbon (CO)	0,354
Monoxidul de azot (NO)	44,4
Bioxidul de azot (NO ₂)	28,7
Apa (H ₂ O)	0,381

Concentratia de oxigen masurata trebuie sa fie corectata cu ajutorul relatiei urmatoare daca se considera ca trebuie sa se faca masuratori de inalta precizie:

$$\text{Echivalent } \% \text{O}_2 \times \text{Concentratia masurata} \\ \text{Interferenta} = \frac{\hspace{15em}}{100}$$

1.11. Intervalele de etalonare

Analizoarele trebuie sa fie etalonate conform pct. 1.5 la cel putin trei luni sau cu ocazia fiecărei reparatii sau modificari ale sistemului susceptibile de a influenta etalonarea.

Subanexa nr. 3

1. EVALUAREA SI CALCULUL DATELOR

1.1. Evaluarea emisiilor de gaze

Pentru evaluarea emisiilor de gaze se ia media valorilor determinate cu ajutorul inregistratorului grafic pe cel putin ultimele 120 secunde ale fiecarui secvente de incercare si se determina concentratiile medii (conc.) de HC, CO, NO(x) si CO₂ produse pe durata fiecărei secvente de incercare, plecand de la media valorilor inregistrate si datele corespunzatoare de etalonare. Se poate utiliza si un alt tip de inregistrare daca se garanteaza obtinerea unor date echivalente.

Paragraful a fost modificat prin punctul 1. din Hotarare nr. 133/2008 incepand cu 14.02.2008.

Concentratia de fond medie (conc(d)) poate fi determinata dupa valorile inregistrate pentru aerul de diluare continut in sac sau dupa valorile concentratiei de fond inregistrate in mod continuu (fara prelevare in sac) si datele de etalonare corespondente.

Subpunctul 1.1. a fost modificat prin punctul 1. din Hotarare nr. 133/2008 incepand cu 14.02.2008.

1.2. Calculul emisiilor de gaze

Rezultatele finale ale incercarilor se obtin prin operatiile urmatoare:

1.2.1. Corectia pentru trecerea de la starea uscata la starea umeda

Concentratia masurata, daca n-a fost determinata in stare umeda, trebuie sa fie convertita intr-o masurare in stare umeda.

$$\text{conc(umeda)} = k(w) \text{ conc(uscata)}$$

- Pentru gazele de esapament brute:

$$k(w) = k(w_r) = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\%CO[\text{uscata}] + \%CO_2[\text{uscata}]) - 0,01 \times \%H_2[\text{uscata}] - k(w_2)}$$

unde:

- alfa - raportul dintre hidrogenul si carbonul din combustibil.

- Se calculeaza concentratia de H₂ in esapament:

$$H_2[\text{uscata}] = \frac{0,5 \times \alpha \times \%CO[\text{uscata}] \times (\%CO[\text{uscata}] + \%CO_2[\text{uscata}])}{\%CO[\text{uscata}] + (3 \times \%CO_2[\text{uscata}])}$$

- Se calculeaza factorul k(w₂)

$$k(w_2) = \frac{1,608 \times H(a)}{1.000 + (1,608 \times H(a))}$$

unde:

- H(a) - umiditatea absoluta a aerului aspirat, in gr. apa/kg aer uscat.

- Pentru gazele de esapament diluate:

Daca masurarea CO₂ a fost facuta in conditii umede, ecuatiia este:

$$k(w) = k(w, e, 1) = \frac{\alpha \times \%CO_2[\text{umed}] - k(w_1)}{1 - \frac{\alpha \times \%CO_2[\text{uscata}]}{200} - k(w_1)}$$

Daca masurarea CO₂ a fost facuta in conditii uscate, ecuatiia este:

$$k(w) = k(w, e, 2) = \frac{1 - k(w_1)}{1 + \frac{\alpha \times \%CO_2[\text{uscata}]}{200} - k(w_1)}$$

unde:

- alfa - raportul dintre hidrogenul si carbonul din combustibil.

- Factorul k(w₁) este calculat cu ajutorul urmatoarei ecuatii:

$$k(w_1) = \frac{1,608 \times [H(d) \times (1 - 1/DF) + H(a) \times 1/DF]}{1.000 + 1,608 \times [H(d) \times (1 - 1/DF) + H(a) \times 1/DF]}$$

unde:

- H(d) - umiditatea absoluta a aerului de diluare, in grame apa/kg aer uscat;
- H(a) - umiditatea absoluta a aerului de aspiratie, in grame apa/kg aer uscat;

$$DF = \frac{13,4}{\%conc(CO_2) + (ppm.conc(CO) + ppm.conc(HC)) \times 10^{-4}}$$

- Pentru aerul de diluare:

$$k(w_d) = 1 - k(w_1)$$

- Factorul k(w₁) este calculat cu ajutorul urmatoarei relatii:

$$k(w_1) = \frac{1,608 \times [H(d) \times (1 - 1/DF) + H(a) \times 1/DF]}{1.000 + 1,608 \times [H(d) \times (1 - 1/DF) + H(a) \times 1/DF]}$$

unde:

- H(d) - umiditatea absoluta a aerului de diluare, in grame apa/kg aer uscat;
- H(a) - umiditatea absoluta a aerului de aspiratie, in grame apa/kg aer uscat;

$$DF = \frac{13,4}{\%conc(CO_2) + (ppm.conc(CO) + ppm.conc(HC)) \times 10^{-4}}$$

- Pentru aerul de aspiratie (daca este diferit de aerul de diluare):

$$k(w_a) = 1 - k(w_2)$$

- Factorul K(w₂) este calculat cu ajutorul urmatoarei relatii:

$$k(w_2) = \frac{1,608 \times H(a)}{1.000 + (1,608 \times H(a))}$$

unde:

- H(a) - umiditatea absoluta a aerului de aspiratie, in grame apa/kg aer uscat.

1.2.2. Corectia umiditatii pentru NO(x)

Deoarece emisiile de NO(x) depind de conditiile aerului ambiant, concentratia de NO(x) trebuie sa fie multiplicata prin factorul k(H), care ia in calcul umiditatea:

$$k(H) = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H(a) - 0,862 \times 10^{-3} \times H^2(a)$$

(pentru motoarele in 4 timpi)

$$k(H) = 1 \text{ (pentru motoare in 2 timpi)}$$

unde:

- H(a) - umiditatea absoluta a aerului de aspiratie, in grame apa/kg aer uscat.

1.2.3. Calculul debitelor masice ale emisiilor

Debitele masice ale emisiilor Gas(mass) [g/h], pentru fiecare secventa de incercare sunt calculate dupa cum urmeaza:

- Pentru gazele de esapament brute⁽¹⁾:

$$MW(\text{Gas}) = \frac{1}{G(\text{CARB}) \times 1.000 \times \left(\frac{\%CO_2[\text{umed}] - \%CO_2[\text{AER}]}{MW(\text{CARB})} + \%CO[\text{umed}] + \%HC[\text{umed}] \right) \times \%conc}$$

unde:

- G(CARB) [kg/h] - debitul masic al combustibilului;
- MW(Gas) [kg/kmol] - masa moleculara a gazului considerat, conform tabelului 1:
Tabelul 1 - Masele moleculare

Gazul	MW(GAZ) [kg/kmol]
NO(x)	46,01
CO	28,01
HC	MW(HC) = MW(CARB)
CO ₂	44,01

- MW(CARB) = 12,011 + alfa 1,00794 + beta 15,9994 [kg/kmol] - masa unui combustibil care are un raport "alfa", intre hidrogen si carbon si un raport "Beta", intre oxigen si carbon;
- CO₂(AER) - concentratia de CO₂ in aerul de aspiratie (se presupune egala cu 0,04%, daca nu a fost masurata).

(¹) In cazul NO(x), concentratia trebuie sa fie multiplicata cu factorul de corectie a umiditatii K(H) (factor de corectie a umiditatii pentru NO(x)).

- Pentru gazele de ardere diluate:

$$Gaz(\text{mass}) = u \times conc(c) \times G(\text{TOTW})$$

unde:

- G(TOTW) [kg/h] - debitul masic de gaz de esapament diluat, in conditii umede, care atunci cand se utilizeaza un sistem de diluare in circuit direct, trebuie sa fie determinat conform anexei nr. 3, subanexa nr. 1, pct. 1.2.4;
- conc(c) - concentratia de fond corectata:

$$conc(c) = conc - conc(d) \times (1 - 1/DF)$$

cu:

13,4

$$DF = \frac{1}{\%conc(CO_2) + (ppm \cdot conc(CO) + ppm \cdot conc(HC)) \times 10^{-4}}$$

- coeficientul u este dat, ca valori, in tabelul 2:

Tabelul 2 -Valorile coeficientului u

Gazul	u	conc
NO(x)	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm

CO ₂	15,19	%
-----------------	-------	---

- Valorile coeficientului u au ca baza masa moleculara a gazelor de esapament diluate egala cu 29 [kg/kmol];
- Valoarea coeficientului u pentru HC are ca baza raportul mediu carbon/hidrogen a carei valoare este de 1:1,85.

1.2.4. Calculul emisiilor specifice

- Emisia specifica (g/kWh) este calculata pentru fiecare component dat:

n

$$\text{Gaz considerat} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Gaz (mass)} \times \text{WF}(i))}{\sum_{i=1}^n (P(i) \times \text{WF}(i))}$$

unde:

$$P(i) = P(\text{Mi}) + P(\text{AEi})$$

Daca elementele auxiliare, cum ar fi ventilatorul sau suflanta de racire, raman montate pe motorul de incercat, puterea absorbita de ele este adaugata la rezultate, in afara de situatia in care aceste auxiliare fac parte integranta din motor. Puterea ventilatorului sau a suflantei este determinata la turatiile utilizate pentru incercari, fie prin calcul dupa caracteristicile standard, fie prin incercari practice (anexa nr. 3, subanexa 3).

Factorul de ponderare si numarul n de secvente, utilizate pentru calculele de mai sus, sunt indicate la anexa nr. 4, pct. 3.5.1.1.

Subpunctul 1.2. a fost modificat prin punctul 1. din Hotarare nr. 133/2008 incepand cu 14.02.2008.

2. EXEMPLE

2.1. Datele determinate pentru gazele brute de esapament pe un motor in 4 timpi cu aprindere prin scanteie

In ceea ce priveste datele experimentale (tabelul 3), se efectueaza calculele pentru secventa nr. 1, apoi se extinde la alte secvente de incercare, utilizand aceeasi procedura.

Tabelul 3 - Datele experimentale ale unui motor in 4 timpi cu aprindere prin scanteie

Secventa de incercare		1	2	3	4	5	6
Turatia motorului	min ⁻¹	2550	2550	2550	2550	2550	1480
Puterea	kW	9,96	7,5	4,88	2,36	0,94	0
Sarcina	%	100	75	50	25	10	0
Factorul de ponderare	-	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050
Presiunea barometrica	kPa	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0
Temperatura aerului	°C	20,5	21,3	22,4	22,4	20,7	21,7
Umiditatea relativa a aerului	%	38,0	38,0	38,0	37,0	37,0	38,0
Umiditatea absoluta a aerului	gr. apa/ kg aer	5,696	5,986	6,406	6,236	5,614	6,136
CO in conditii uscate	ppm	60995	40725	34646	41976	68207	37439

NO(x) in conditii umede	ppm	726	1541	1328	377	127	85
HC in conditii umede	ppm C ₁	1461	1308	1401	2073	3024	9390
CO ₂ in conditii uscate	%vol	11,4098	12,691	13,058	12,566	10,822	9,516
Debitul masic de combustibil	kg/h	2,985	2 ⁴ 047	1,654	1,183	1,056	0,429
Raportul H/C al combustibilului, alfa	-	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Raportul O/C al combustibilului, beta	-	0	0	0	0	0	0

2.1.1. Factorul k(w) de corectie de la valoarea uscata la valoarea umeda

Trebuie calculat factorul k(W) de corectie pentru convertirea concentratiilor de CO si de CO₂ masurate in stare uscata, la concentratia masurata in stare umeda:

$$k = k(w_r) = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\%CO_{[uscat]} + \%CO_2) - 0,01 \times \%H_2[uscat] + k(w_2)}$$

unde:

$$H_2[uscat] = \frac{0,5 \times \alpha \times \%CO[uscat] \times (\%CO[uscat] + \%CO_2[uscat])}{\%CO[uscat] + (3 \times \%CO_2[uscat])}$$

si

$$k(w_2) = \frac{1,608 \times H(a)}{1.000 + (1,608 \times H(a))}$$

$$H_2[uscat] = \frac{0,5 \times 1,85 \times 6,0995 \times (6,0995 + 11,4098)}{6,0995 + (3 \times 11,4098)} = 2,450 \text{ [%]}$$

$$k(w_2) = \frac{1,608 \times 5,696}{1.000 + (1,608 \times 5,696)} = 0,009$$

$$k = k(w_r) = \frac{1}{1 + 1,85 \times 0,005 \times (6,0995 + 11,4098) - 0,01 \times 2450 + 0,009} = 0,872$$

$$CO[umed] = CO[uscat] \times k(w) = 60995 \times 0,872 = 53198 \text{ [ppm]}$$

$$CO_2[umed] = CO_2[uscat] \times k(w) = 11,410 \times 0,872 = 9,951 \text{ [%vol]}$$

Tabelul 4 - Valorile umede ale CO si CO₂ corespunzatoare fiecărei secvente de incercare

Secventa de incercare		1	2	3	4	5	6
H ₂ [uscat]	%	2,450	1,499	1,242	1,554	2,834	1,422
k(w ₂)	-	0,009	0,010	0,010	0,010	0,009	0,010
k(w)	-	0,872	0,870	0,869	0,870	0,874	0,894
CO[umed]	ppm	53198	35424	30111	36518	59631	33481

CO ₂ [uscat]	%	9,951	11,039	11,348	10,932	9,461	8,510
-------------------------	---	-------	--------	--------	--------	-------	-------

2.1.2. Emisiile de HC

$$\begin{aligned}
 & \text{MW (HC)} \\
 \text{HC (mass)} &= \frac{\text{MW (CARB)}}{\text{MW (CARB)}} \times \frac{1}{[(\% \text{CO}_2[\text{umed}] - \% \text{CO}_2(\text{AER})) + \% \text{CO}[\text{umed}] + \% \text{HC}[\text{umed}]]} \times \\
 & \% \text{conc} \times G(\text{CARB}) \times 1.000
 \end{aligned}$$

unde:

$$\text{MW (HC)} = \text{MW (CARB)}$$

$$\text{MW (CARB)} = 12,011 + \text{alfa} + 1,00794 = 13,876$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{13,876}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 0,1461 \times 2,985 \times 1.000 = \\
 & 28,361 \text{ [g/h]}
 \end{aligned}$$

Tabelul 5 - Emisiile de HC [g/h] pentru fiecare secventa de incercare

Secventa de incercare	1	2	3	4	5	6
HC(mass)	28,361	18,248	16,026	16,625	20,357	31,578

2.1.3. Emisiile de NO(x)

- Trebuie calculat factorul de corectie k(H) pentru emisiile de NO(x)

$$k(H) = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H(a) - 0,862 \times 10^{-3} \times H^2(a)$$

$$k(H) = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times 5,696 - 0,862 \times 10^{-3} \times 5,696^2 = 0,850$$

Tabelul 6 - Factorul de corectie k(H) al emisiilor de NO(x) pentru fiecare secventa de incercare

Secventa de incercare	1	2	3	4	5	6
k(H)	0,850	0,860	0,874	0,868	0,847	0,865

- Se calculeaza NO(x)(mass) [g/h]:

$$\begin{aligned}
 & \text{MW (NO (x))} \\
 \text{NO (x) (mass)} &= \frac{\text{MW (CARB)}}{\text{MW (CARB)}} \times \frac{1}{[(\% \text{CO}_2[\text{umed}] - \% \text{CO}_2(\text{AER})) + \% \text{CO}[\text{umed}] + \% \text{HC}[\text{umed}]]} \times \\
 & \% \text{conc} \times k(H) \times G(\text{CARB}) \times 1.000 \\
 & \frac{46,01}{13,876} \times \frac{1}{9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461} \times 0,073 \times 0,85 \times 2,985 \times \\
 & 1.000 = 39,717 \text{ [g/h]}
 \end{aligned}$$

Tabelul 7 - Emisiile de NO(x) [g/h] pentru fiecare secventa de incercare

Secventa de incercare	1	2	3	4	5	6
NO(x)(mass)	39,717	61,291	44,013	8,703	2,401	0,820

2.1.4. Emisiile de CO

$$CO(\text{mass}) = \frac{MW(\text{CO})}{MW(\text{CARB})} \times \frac{1}{[(\%CO_2[\text{umed}] - \%CO_2(\text{AER})) + \%CO[\text{umed}] + \%HC[\text{umed}]]} \times \%conc \times G(\text{CARB}) \times 1.000$$

$$CO(\text{mass}) = \frac{28,01}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1469)} \times 9,951 \times 2,985 \times 1.000 = 2084,5881 \text{ [g/h]}$$

Tabelul 8 - Emisiile de CO [g/h] pentru fiecare secventa de incercare

Secventa de incercare	1	2	3	4	5	6
CO	2084,588	997,638	695,278	591,183	810,334	227,285

2.1.5. Emisiile de CO₂

$$CO_2(\text{mass}) = \frac{MW(\text{CO}_2)}{MW(\text{CARB})} \times \frac{1}{[(\%CO_2[\text{umed}] - \%CO_2(\text{AER})) + \%CO[\text{umed}] + \%HC[\text{umed}]]} \times \%conc \times G(\text{CARB}) \times 1.000$$

$$CO_2(\text{mass}) = \frac{44,01}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 9,951 \times 2,985 \times 1.000 = 6126,806 \text{ [g/h]}$$

Tabelul 9 - Emisiile de CO₂ [g/h] pentru fiecare secventa de incercare

Secventa de incercare	1	2	3	4	5	6
CO ₂	2126,806	4884,739	4117,202	2780,662	2020,061	907,648

2.1.6. Emisiile specifice

- Emisia specifica [g/kWh] trebuie sa fie calculata individual pentru fiecare component:

$$Gaz \text{ considerat} = \frac{\sum_{i=1}^n (Gaz[\text{mass}(i)] \times WF(i))}{\sum_{i=1}^n (P(i) \times WF(i))}$$

Tabelul 10 - Emisiile [g/h] si factorii de ponderare pentru fiecare secventa de incercare:

Secventa de incercare	1	2	3	4	5	6
HC(mass)	g/h 28,361	18,248	16,026	16,625	20,357	31,578

NO(mass)	g/h	39,717	61,291	44,013	8,703	2,401	0,820
CO(mass)	g/h	2084,588	997,638	695,278	591,183	810,334	227,285
CO ₂ (mass)	g/h	6126,806	4884,739	4117,202	2780,662	2020,061	907,648
Puterea P(i)	kW	9,96	7,5	4,88	2,36	0,94	0
Factorul de ponderare WF(i)	-	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050

Emisiile specifice:

$$28,361 \times 0,090 + 18,248 \times 0,200 + 16,026 \times 0,290 + 16,625 \times 0,3 + 20,357 \times 0,070 + 31,578 \times 0,05$$

HC =

$$\frac{9,96 \times 0,09 + 7,5 \times 0,2 + 4,88 \times 0,29 + 2,36 \times 0,3 + 0,94 \times 0,07 + 0 \times 0,05}{39,717 \times 0,090 + 61,291 \times 0,200 + 44,013 \times 0,29 + 8,703 \times 0,3 + 2,401 \times 0,07 + 0,82 \times 0,05} = 4,11 \text{ [g/kWh]}$$

NO =

$$\frac{2084,59 \times 0,090 + 997,64 \times 0,200 + 695,28 \times 0,290 + 591,18 \times 0,300 + 810,33 \times 0,070 + 227,92 \times 0,05}{9,96 \times 0,09 + 7,5 \times 0,2 + 4,88 \times 0,29 + 2,36 \times 0,3 + 0,94 \times 0,07 + 0 \times 0,05} = 6,85 \text{ [g/kWh]}$$

CO =

$$\frac{6126,81 \times 0,090 + 488,74 \times 0,200 + 4117,20 \times 0,290 + 2780,66 \times 0,300 + 2020,06 \times 0,070 + 907,65 \times 0,05}{9,96 \times 0,09 + 7,5 \times 0,2 + 4,88 \times 0,29 + 2,36 \times 0,3 + 0,94 \times 0,07 + 0 \times 0,05} = 181,93 \text{ [g/kWh]}$$

CO₂ =

$$\frac{6126,81 \times 0,090 + 488,74 \times 0,200 + 4117,20 \times 0,290 + 2780,66 \times 0,300 + 2020,06 \times 0,070 + 907,65 \times 0,05}{9,96 \times 0,09 + 7,5 \times 0,2 + 4,88 \times 0,29 + 2,36 \times 0,3 + 0,94 \times 0,07 + 0 \times 0,05} = 816,36 \text{ [g/kWh]}$$

2.2. Datele determinate pentru gazele de esapament brute pe un motor in 2 timpi cu aprindere prin scanteie

In ceea ce priveste datele experimentale (tabelul 11), se efectueaza calculele mai intai pentru secventa nr. 1, dupa care, utilizand aceeasi procedura, calculul se extinde si la celelalte secvente de incercare.

Tabelul 11 - Datele experimentale ale unui motor in 2 timpi cu aprindere prin scanteie

Secventa de incercare		1	2
Turatia motorului	min ⁻¹	9500	2800
Puterea	kW	2,31	0
Sarcina	%	100	0
Factorul de ponderare	-	0,9	0,1
Presiunea barometrica	kPa	100,3	100,3
Temperatura aerului	°C	25,4	25

Umiditatea relativa a aerului	%	38	38
Umiditatea absoluta a aerului	gr. apa/kg aer	7,742	7,558
CO in conditii uscate	ppm	37086	16150
NO(x) in conditii umede	ppm	183	15
HC in conditii umede	ppm C ₁	14220	13179
CO ₂ in conditii uscate	% vol	11,986	11,446
Debitul masic de combustibil	kg/h	1,195	0,089
Raportul alfa H/C din combustibil	-	1,85	1,85
Raportul beta O/C din combustibil	-	0	0

2.2.1. Factorul k(w) de corectie de la valoarea uscata la valoarea umeda

• Trebuie calculat factorul k(w) de corectie pentru convertirea concentratiilor de CO si de CO₂ masurate in stare uscata, la concentratia masurata in stare umeda:

$$k(w) = k(w, r) = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\%CO[uscat] + \%CO_2[uscat]) - 0,01 \times \%H_2[uscat] - k(w_2)}$$

unde:

$$H_2[uscat] = \frac{0,5 \times \alpha \times \%CO[uscat] \times (\%CO[uscat] + \%CO_2[uscat])}{\%CO[uscat] + (3 \times \%CO_2[uscat])}$$

$$H_2[uscat] = \frac{0,5 \times 1,85 \times 3,7086 \times (3,7086 + 11,986)}{3,7086 + (3 \times 11,986)} = 1,357 \text{ [%]}$$

$$k(w_2) = \frac{1,608 \times H(a)}{1.000 + (1,608 \times H(a))}$$

$$k(w_2) = \frac{1,608 \times 7,742}{1.000 + (1,608 \times 7,742)} = 0,012$$

$$k = k(w, r) = \frac{1}{1 + 1,85 \times 0,005 \times (3,7086 + 11,986) - 0,01 \times 1,357 + 0,012} = 0,874$$

$$CO[umed] = CO[uscat] \times k(w) = 37086 \times 0,874 = 32420 \text{ [ppm]}$$

$$CO_2[umed] = CO_2[uscat] \times k(w) = 11,986 \times 0,874 = 10,478 \text{ [%vol]}$$

Tabelul 12 - Valorile umiditatii pentru CO si CO₂ pentru fiecare secventa de incercare

Secventa de incercare		1	2
H ₂ [uscat]	%	1,357	0,543
k(w ₂)	-	0,012	0,012

k(w)	-	0,874	0,887
CO[umed]	ppm	32420	14325
CO ₂ [umed]	%	10,478	10,153

2.2.2. Emisiile de HC

$$\begin{aligned}
 & \text{MW (HC)} \\
 \text{HC (mass)} &= \frac{\text{MW (HC)}}{\text{MW (CARB)}} \times \frac{1}{[(\% \text{CO}_2[\text{umed}] - \% \text{CO}_2(\text{AER})) + \% \text{CO}[\text{umed}] + \% \text{HC}[\text{umed}]]} \times \\
 & \% \text{conc} \times G(\text{CARB}) \times 1.000
 \end{aligned}$$

unde:

$$\text{MW (HC)} = \text{MW (CARB)}$$

$$\text{MW (CARB)} = 12,011 + \text{alfa} \times 1,00794 = 13,876$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{13,876}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 1,422 \times 1,195 \times 1.000 = \\
 & 112,520 \text{ [g/h]}
 \end{aligned}$$

Tabelul 13 - Emisiile de HC [g/h] pentru fiecare secventa de incercare

Secventa de incercare	1	2
HC(mass)	112,520	9,119

2.2.3. Emisiile de NO(x)

- Factorul k(H) pentru corectia emisiilor de NO(x) este egal cu 1, pentru motoarele in 2 timpi.

$$\begin{aligned}
 & \text{MW (NO (x))} \\
 \text{NO [x] (mass)} &= \frac{\text{MW (NO (x))}}{\text{MW (CARB)}} \times \frac{1}{[(\% \text{CO}_2[\text{umed}] - \% \text{CO}_2(\text{AER})) + \% \text{CO}[\text{umed}] + \% \text{HC}[\text{umed}]]} \times \\
 & \% \text{conc} [\text{k(H)}] \times G(\text{CARB}) \times 1.000 \\
 & \frac{\text{MW (NO (x))}}{\text{MW (CARB)}} \times \frac{1}{10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422} \times 0,0183 \times 1 \times 1,195 \times \\
 & 1.000 = 4,800 \text{ [g/h]}
 \end{aligned}$$

Tabelul 14 - Emisiile de NO(x) [g/h] pentru fiecare secventa de incercare

Secventa de incercare	1	2
NO[x(mass)]	4,800	0,034

2.2.4. Emisiile de CO

$$\begin{aligned}
 & \text{MW (CO)} \\
 \text{CO (mass)} &= \frac{\text{MW (CO)}}{\text{MW (CARB)}} \times \frac{1}{[(\% \text{CO}_2[\text{umed}] - \% \text{CO}_2(\text{AER})) + \% \text{CO}[\text{umed}] + \% \text{HC}[\text{umed}]]} \times \\
 & \% \text{conc} \times G(\text{CARB}) \times 1.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{28,01}{28,01} \times \frac{1}{10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422} \times 3,2420 \times 1,195 \times 1.000 = \\
 & 517,851 \text{ [g/h]}
 \end{aligned}$$

$$13,876 \quad (10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)$$

Tabelul 15 - Emisiile de CO [g/h] pentru fiecare secventa de incercare

Secventa de incercare	1	2
CO(mass)	517,851	20,007

2.2.5. Emisiile de CO₂

$$MW(CO_2) = \frac{1}{MW(CARB)} \times \frac{1}{[(\%CO_2[umed] - \%CO_2(AER)) + \%CO[umed] + \%HC[umed]]} \times \%conc \times G(CARB) \times 1.000$$

$$CO_2(mass) = \frac{44,01}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 10,478 \times 1,195 \times 1.000 = 2629,658 \text{ [g/h]}$$

Tabelul 16 - Emisiile de CO₂ [g/h] pentru fiecare secventa de incercare

Secventa de incercare	1	2
CO ₂ (mass)	2629,658	222,799

2.2.6. Emisiile specifice

- Emisia specifica [g/kWh] trebuie sa fie calculata individual pentru fiecare constituent astfel:

n

$$Gaz \text{ considerat} = \frac{\sum_{i=1}^n (Gaz[mass(i)] \times WF(i))}{\sum_{i=1}^n (P(i) \times WF(i))}$$

Tabelul 17 - Emisiile [g/h] si factorii de ponderare pentru fiecare secventa de incercare

Secventa de incercare		1	2
HC(mass)	g/h	112,520	9,119
NO(mass)	g/h	4,800	0,034
CO(mass)	g/h	517,851	20,007
CO ₂ (maas)	g/h	2629,658	222,799
Puterea P(i)	kW	2,31	0
Factorul de ponderare W(fi)	-	0,85	0,15

$$HC = \frac{112,52 \times 0,85 + 9,119 \times 0,15}{0,15} = \frac{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15}{0,15} = 49,4 \text{ [g/kWh]}$$

$$NO(x) = \frac{4,800 \times 0,85 + 0,034 \times 0,15}{0,15} = \frac{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15}{0,15} = 2,08 \text{ [g/kWh]}$$

$$CO = \frac{517,851 \times 0,85 + 20,007 \times 0,15}{0 \times 0,15} + \frac{2,31 \times 0,85}{0} = 225,71 \text{ [g/kWh]}$$

$$CO_2 = 2629,658 \times 0,85 + 222,799 \times 0,15 = 1155,4 \text{ [g/kWh]}$$

2.3. Date determinate pentru gazul de esapament diluat, pe un motor in 4 timpi cu aprindere prin scanteie

In ceea ce priveste datele experimentale (tabelul 18), se efectueaza calculele mai intai pentru secventa nr. 1, dupa care, utilizand aceeasi procedura, calculul se extinde si la celelalte secvente de incercare.

Tabelul 18 - Datele experimentale ale unui motor in 4 timpi cu aprindere prin scanteie

Secventa de incercare		1	2	3	4	5	6
Turatia motorului	min ⁻¹	3060	3060	3060	3060	3060	2100
Puterea	kW	13,15	9,81	6,52	3,25	1,28	0
Sarcina	%	100	75	50	25	10	0
Factorul de ponderare	-	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050
Presiunea barometrica	kPa	980	980	980	980	980	980
Temperatura aerului de aspiratie ⁽¹⁾	°C	25,3	25,1	24,5	23,7	23,5	22,6
Umiditatea relativa a aerului de aspiratie ⁽¹⁾	%	19,8	19,8	20,6	21,5	21,9	23,2
Umiditatea absoluta a aerului de aspiratie	gr. apa/ kg aer	4,08	4,03	4,05	4,03	4,05	4,06
CO in conditii uscate	ppm	3681	3465	2541	2365	3086	1817
NO(x) in conditii umede	ppm	85,4	49,2	24,3	5,8	2,9	1,2
HC in conditii umede	ppm C ₁	91	92	77	78	119	186
CO ₂ in conditii uscate	% vol	1,038	0,814	0,649	0,457	0,330	0,208
CO in conditii uscate (concentratia de fond)	ppm	3	3	3	2	2	3
NO(x) in conditii umede (concentratia de fond)	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
HC in conditii umede (concentratia de fond)	ppm	6	6	5	6	6	4
CO ₂ in conditii uscate (concentratia de fond)	% vol	0,042	0,041	0,041	0,040	0,040	0,040
Debitul masic de esapament diluat G(TOTW)	Kg/h	625,722	627,171	623,549	630,792	627,895	561,267
Raportul H/C al combustibilului, alfa	-	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Raportul O/C al combustibilului, beta	-	0	0	0	0	0	0