

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA
"POLITEHNICA" TIMIȘOARA



00226361

STUDII ȘI CERCETARI PRIVIND NIVELUL NOXELOR MĂSURATE LA INSPECȚIILE TEHNICE PENTRU AUTOTURISME, ÎN RAPORT CU TIPUL, DURATA ȘI CONDIȚIILE DE EXPLOATARE A ACESTORA

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la

Universitatea "Politehnica" din Timișoara
în domeniul INGINERIE MECANICĂ
de către

ing. Petru Narcis Urican

UNIV. "POLITEHNICA" TIMIȘOARA BIBLIOTECA CENTRALĂ Nr. volum <u>665.060</u> Dulap _____ Lit. _____

Conducător științific:

prof.dr.ing.h.c. Virgiliu Dan Negrea

Referenți științifici:

prof.dr.ing. Dănilă Iorga
prof.dr.ing. Nicolae Burnete
prof.dr.ing. Marin Bică
prof.dr.ing. Mihai Nagi

Ziua susținerii tezei: 27.11.2010

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

1. Automatică
2. Chimie
3. Energetică
4. Ingineria Chimică
5. Inginerie Civilă
6. Inginerie Electrică
7. Inginerie Electronică și Telecomunicații

8. Inginerie Industrială
9. Inginerie Mecanică
10. Știința Calculatoarelor
11. Știința și Ingineria Materialelor
12. Ingineria sistemelor
13. Inginerie energetică
14. Calculatoare și tehnologia informației

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2011

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Lucrarea de față a fost elaborată pe de o parte din perspectiva activității mele în domeniul industriei auto, iar pe de altă parte din dragoste și pasiune pentru automobil.

Tema lucrării se încadrează într-o problemă de mare importanță și actualitate într-un domeniu esențial al cercetărilor științifice actuale respectiv al cunoașterii, stăpânirii și controlului performanțelor motoarelor cu ardere internă, cu care sunt echipate în proporție covârșitoare autovehiculele rutiere.

Lucrarea tratează un subiect practic și de actualitate, care preocupă specialiștii din domeniul autovehiculelor echipate cu motoare cu ardere internă, și anume găsirea căilor și mijloacelor optime pentru ca, la reglajele verificate la inspecțiile tehnice, starea motoarelor să păstreze atât performanțele energetice dar mai ales, să fie în parametri admiși de poluare pentru, ca în condiții de trafic urban intens, să contribuie la protejarea mediului înconjurător de efectul nociv, dovedit, al gazelor evacuate.

Mulțumesc cu toată recunoștința conducătorului de doctorat **Prof. dr. ing. h. c. Virgiliu Dan NEGREA** de la Universitatea „Politehnica” din Timișoara, căruia îi datorez încolțirea germenului lucrării prin însăși sugerarea direcției de cercetare, precum și pentru permanenta coordonare de-a lungul elaborării tezei de doctorat.

Doresc să aduc mulțumiri conducătorului de doctorat Prof. dr. ing. Dănilă IORGA, de la Universitatea Politehnica din Timișoara, pentru tot sprijinul acordat în vederea finalizării tezei de doctorat.

Mulțumesc domnului Prof. dr. ing. h. c. Dusan GRUDEN pentru sprijinul acordat, și competența profesională, în timpul documentării la Uzinele Porsche AG – Stuttgart.

De asemenea, mulțumesc și referenților științifici: Prof. dr. ing. Nicolae BURNETE de la Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Prof. dr. ing. Marin BICĂ de la Universitatea din Craiova, Prof. dr. ing. Mihai NAGI de la Universitatea „Politehnica” din Timișoara pentru revizuirea lucrării cu competență, oferindu-mi posibilitatea îmbunătățirii formei finale.

Aduc mulțumiri cadrelor didactice: Conf. dr. ing. Ioan LAZA, Ș.l. dr. ing. Daniel OSTOIA, Ș.l. dr. ing. Adriana TOKAR, Ș.l. dr. ing. Gelu PĂDURE, precum și Conf. dr. ing. Liviu MIHON, Ș.l. dr. ing. Sorin HOLOTESCU – membri în catedra TMTAR – Facultatea de Mecanică, Universitatea „Politehnica” din Timișoara, pentru observațiile pertinente și sprijinul acordat privind elaborarea tezei.

La final, dar nu în ultimul rând, mulțumesc familiei pentru întreg suportul acordat de-a lungul timpului, în vederea elaborării prezentei lucrări, în condițiile în care aceasta era un deziderat.

Noiembrie, 2010

Narcis Uricanu

În memoriam

Petre Uricanu

Nicolae Uricanu

Virgiliu Dan Negrea

Uricanu, Petru Narcis

Studii și cercetări privind nivelul noxelor măsurate la inspecțiile tehnice pentru autoturisme în raport cu tipul, durata și condițiile de exploatare a acestora

Teze de doctorat ale UPT, Seria 9, Nr. 87, Editura Politehnica, 2010, 182 pagini, 78 figuri, 53 tabele.

ISSN:1842-4937

ISBN:978-606-554-223-5

Cuvinte cheie: poluare, automobil, stand dinamic cu role, rulaj parcurs, temperatura ambientală, simulare, interfață, opacimetru, regulamente interne și internaționale, emisii eșapate, motor cu ardere internă, analizor gaze, particule, raza dinamică de rulare, tracțiune specifică, carburant, pneu.

Rezumat: Lucrarea de față se înscrie în efortul la nivel mondial privind limitarea tot mai severă a poluării mediului ambiant. Tema tezei de doctorat se încadrează într-o problemă de mare importanță și actualitate, într-un domeniu esențial al cercetărilor științifice actuale și anume al cunoașterii, stăpânirii și controlului emisiilor de noxe evacuate în atmosferă de motoarele cu ardere internă de pe autovehiculele rutiere.

Apartenența la Uniunea Europeană a țării noastre și situarea ei la limita Vest-Est a Europei, presupune un transport deosebit de intens de mărfuri și persoane, între diferite locații interne sau externe, în multe cazuri fiind nevoie de mare viteză pentru păstrarea produselor sau datorită concurenței, rezultă sisteme de transport complexe, astfel că problemele legate de protecția mediului sub toate aspectele devin tot mai diverse și din ce în ce mai restrictive privind poluarea mediului ambiant. Sunt prezentate rezultatele studiilor privind originea poluanților din gazele de evacuare, mijloacele de reducere a emisiilor poluante, poluarea aerului și pragurile nocive, modul de inventariere a emisiilor, comparația între nivelul emisiilor motoarelor cu aprindere prin scânteie, respectiv motoarelor cu aprindere prin comprimare.

S-a realizat prezentarea aparatului și standurilor ce se utilizează la cercetările experimentale ale autovehiculelor echipate cu motoare cu ardere internă. Se dovedește că în absența unor reglaje serioase, la inspecțiile tehnice, poluarea prin fum a motoarelor Diesel este deosebit de periculoasă pentru mediul ambiant și sănătatea oamenilor în general.

S-au efectuat cercetări experimentale prin comparare pe mai multe tipuri de autoturisme (m.a.c. și m.a.s.) în funcție de temperatura ambientală și rulajul parcurs, între inspecțiile tehnice, precum și simularea reală a funcționării unui autoturism echipat cu motor Otto.

CUPRINS

Notății, abrevieri, acronime	8
Lista tabele	11
Lista figuri	13
1.Introducere	15
1.1. Impactul automobilului asupra mediului	15
2. Stadiul actual al cercetărilor privind controlul noxelor pentru motoare cu ardere internă ce echipează autoturisme	18
2.1. Considerații generale	18
2.1.1. Ecologia și implicațiile ecologice ale poluării	18
2.1.2. Poluanții produși de motoarele cu ardere internă și nocivitatea lor	22
2.1.2.1.Considerații generale	22
2.2. Originea poluanților din gazele de evacuare ale motoarelor cu aprindere prin scânteie, mijloace generale de diminuare a noxelor	23
2.2.1. Surse de noxe	23
2.2.2. Originea hidrocarburilor	24
2.2.3. Originea oxizilor de carbon	26
2.2.4. Originea oxizilor de azot	27
2.2.5. Originea particulelor	28
2.2.6. Originea aldehydelor	28
2.3. Mijloacele de reducere a emisiilor poluante la motoarele cu aprindere prin scânteie	28
2.3.1. Influența unor factori asupra emisiilor produse de motoarele cu aprindere prin scânteie	28
2.3.2. Mijloace generale pentru diminuarea noxelor la geneză	29
2.4. Metode pasive de reducere a emisiilor la motoarele cu aprindere prin scânteie cu catalizator	33
2.4.1. Considerații generale	33
2.4.2. Catalizatorii destinați motoarelor cu aprindere prin scânteie	34
2.4.2.1. Principii de funcționare și reacții chimice	34
2.4.2.2. Clasificare și istoric	36
2.5. Catalizatorul cu triplă acțiune	39
2.6. Reducerea emisiilor la pornire pentru motoarele cu prelucrarea gazelor evacuate în catalizatori	41
2.7. Sinteză asupra controlului la motoarele cu aprindere prin scânteie	42
2.7.1. Corelația dintre condițiile de funcționare și noxe	42
2.8. Elemente privind determinarea experimentală a poluanților și a mirosului gazelor de eșapament	43

2.8.1. Inventarierea metodelor de măsurare a noxelor	43
2.8.2. Evaluarea mirosului gazelor de eşapament	46
2.9. Evaluarea poluării produse în transporturile rutiere	47
2.10. Concluzii	49
2.11. Automobilul și încălzirea globală	49
2.11.1. Bioxidul de carbon	51
2.11.2. Metanul	53
2.11.3. Protoxidul de azot – gazul ilariant	53
2.11.4. Non-metan hidrocarburi	54
2.11.5. Oxizii de azot	54
2.11.6. Hidrocarburi halogenate	54
2.12. Originea poluanților din gazele de evacuare ale motoarelor cu aprindere prin comprimare	55
2.12.1. Generalități	55
2.12.2. Originea fumului emis de către motoarele cu aprindere prin comprimare	55
2.12.3. Originea emisiilor de hidrocarburi și a mirosului gazelor evacuate	57
2.12.4. Metode active de reducere a emisiilor poluante la motoarele cu aprindere prin comprimare	58
2.12.5. Metode pasive de reducere a emisiilor poluante la motoarele cu aprindere prin comprimare, cu catalizatori și filtre de particule	60
2.13. Contribuția transportului rutier la producerea gazelor cu efect de seră	64
2.14. Măsuri de protecție a mediului	65
3. Reglementări interne și internaționale privind limite de poluare admise pentru autovehicule echipate cu motoare cu ardere internă	67
3.1. Legislația antipoluare	67
3.1.1. Evoluția legislației pentru combaterea poluării	67
3.1.2. Regulamente Europene	69
3.1.2.1. Regulamentul nr. 83 CEE – ONU	69
3.1.2.2. Regulamentul nr. 49 CEE – ONU	73
3.1.2.3. Regulamentul nr. 24 CEE – ONU	76
3.1.3. Regulamente ale S.U.A.	77
3.1.3.1. Cicluri și limite pentru autovehicule ușoare	77
3.1.3.2. Ciclul pentru autovehicule grele	80
3.1.4. Regulamente Japoneze	80
3.1.5. Legislația Românească	82
3.2. Concluzii	83
3.3. Automobilul și regulamentele de poluare	83
3.3.1. Scurt istoric	83
3.3.2. Regulamentele privitoare la emisiile oxizilor de azot la autoturisme	86
3.3.3. Regulamentele privitoare la emisiile de particule Diesel la autoturisme	87
3.3.4. Regulamentele privitoare la emisiile oxizilor de azot la autovehicule grele	88

3.3.5. Regulamentele privitoare la emisiile de particule Diesel la autovehicule grele	88
3.3.6. Regulamentele europene pentru autoturisme	89
3.3.7. Regulamentele europene pentru autovehiculele comerciale	91
3.3.8. Alte reglementări	92
4. Metode și echipamente pentru evaluarea noxelor emise de motoarele cu ardere internă ușoare în raport cu tipul, durata și condițiile de exploatare a acestora	94
4.1. Metode de măsurare a emisiilor	94
4.1.1. Măsurarea monoxidului de carbon	94
4.1.2. Măsurarea oxizilor de azot	95
4.1.3. Măsurarea hidrocarburilor	97
4.1.4. Măsurarea fumului	98
4.1.5. Măsurarea particulelor	98
4.1.6. Echivalența fum-particule	99
4.1.6.1. Corelația cu unitățile de fum Bosch	99
4.1.6.2. Corelația cu unitățile de fum Hartridge	102
4.1.6.3. Interpretarea curbelor de echivalență	104
4.1.6.4. Verificarea corelației fum-particule	104
4.2. Instalații și aparate de măsurare	105
4.2.1. Instalații de măsură a poluanților	105
4.2.1.1. Instalații de măsurare a poluanților gazoși	105
4.2.1.2. Instalații de măsurare a particulelor	105
4.2.2. Scheme pentru standuri dinamice cu role	107
4.2.3. Aparatură de măsurare	108
4.3. Metode moderne de cercetare a poluanților chimici	109
4.3.1. Analiza substanțelor nelimitate prin norme	109
4.3.2. Spectrometria de masă	110
4.3.3. Cromatografia	111
4.3.4. Gravimetria și termogravimetria	112
4.3.5. Fotometria	113
4.3.6. Alte metode de cercetare	113
4.4. Tendințe și obiective în programul de acțiune și reducere a poluării asupra mediului	114
4.4.1. Al șaselea program de acțiune asupra mediului	114
4.4.2. Noxele cu efect de seră și programe pentru controlul schimbărilor climatice	118
4.4.3. Transportul și bioxidul de carbon	119
4.4.4. Protocolul Kyoto asupra schimbării climei	122
4.4.5. Indicatori de cuantificare a condițiilor de mediu	123
4.5. Concluzii	125
5. Cercetări experimentale asupra nivelului noxelor măsurate la inspecțiile tehnice periodice pentru autoturisme echipate cu motoare cu ardere internă	128
5.1. Cercetări experimentale privind nivelul noxelor emise	

pentru un motor cu aprindere prin comprimare	128
5.1.1. Descrierea aparaturii experimentale utilizată la măsurarea noxelor	128
5.1.2. Determinarea experimentală a noxelor emise la un motor cu aprindere prin comprimare, între inspecțiile tehnice periodice	130
5.2. Cercetări experimentale asupra noxelor emise pentru autoturisme echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie	132
5.2.1. Descrierea aparaturii experimentale utilizată la măsurarea noxelor	132
5.2.2. Determinarea experimentală a noxelor la un motor cu aprindere prin scânteie, între inspecțiile tehnice periodice	134
6. Simularea funcționării unui autoturism echipat cu motor cu aprindere prin scânteie	150
6.1. Calculul noxelor eşapate de autoturisme echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie	150
6.2. Simularea funcționării unui autoturism utilizând programul AVL- CRUISE	153
6.2.1. Prezentare generală program AVL-CRUISE	153
6.2.2. Simularea funcționării unui autoturism echipat cu motor cu aprindere prin scânteie	155
7. Concluzii. Contribuții personale	170
7.1. Concluzii	170
7.2. Contribuții personale	172
Bibliografie	174
Anexe	181

NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME

PM – particule Diesel
NO_x – oxizi de azot
CO – monoxid de carbon
CO₂ – bioxid de carbon
SO₂ – bioxid de sulf
CH₄ – metan
HCl – acid clorhidric
Pb – plumb
SO_x – oxizi de sulf
NO₂ – bioxid de azot
NMHC- hidrocarburi fără metan
m.a.i. – motor cu ardere internă
H₂O – apă
N₂ – azot
O₂ – oxigen
HC – hidrocarburi
VOC – compuși organici volatili
PAN – peroxiacetil nitrat
O₃ – ozon
CFC – clorofluor carbon
D – alezaj
Vh – cilindree unitară
λ – coeficient exces de aer
n – turația motorului
n_{nom} – turația nominală
E – grad de conversie
T₉₀ – temperatura la care se evaporă 90% din combustibil
ci - concentrația poluantului înaintea catalizatorului
ce – concentrația poluantului după catalizator
NH₃ – amoniac
TWC – catalizator cu triplă acțiune
χ - coeficient de sarcină
P_e – puterea efectivă
CVS – prelevarea la volum constant
DSC – cromatografia straturilor subtiri
HSU – unitați Hartridge
K_M – coeficient de absorbție
m.a.s. – motor cu aprindere prin scânteie
m.a.c. – motor cu aprindere prin comprimare
HFC – hidrofluorocarbon
HCFC – compuși halogenați ai carbonului
PFC – perfluorocarbon
SF₆ – hexafluorura de sulf

m – masă ioni
w – viteză ioni
e – sarcină ioni
G – debitul nominal de gaz
V – cilindreea motorului
EC – emisii totale de poluant pe ciclu
TPr – emisii de poluant din perioada de funcționare rece
SP – emisii de poluant din perioada de funcționare staționară
TPc – emisii de poluant din perioada de funcționare caldă
LPG – motoare cu gaze petroliere lichefiate
M_{ar} – masa de referință
C – concentrația de funingine din gaze
Bn – indice de fum în unități Bosch
P – concentrația de particule din gaze arse
H – indicele de fum Hartridge
PB_H – corespondența particule-fum Hartridge
L_{min} – aerul stoichiometric necesar arderii unui kilogram de combustibil
L_r – cantitatea reală de aer introdusă în motor la arderea unui kilogram de combustibil
H₂ – hidrogen
M_L – masa molară a aerului
M_K – masa molară a combustibilului
ρ – densitatea aerului
x – umiditatea aerului
W_{cv} – raportul apă/carbon
O_{cv} – raport atomic oxigen/carbon
H_{cv} – raport atomic hidrogen/carbon
K – constanta de echilibru a gazului
K₁ – factor de transformare indicat de producător
α – unghiul arborelui cotit
o – conținutul de oxigen dintr-un kilogram de combustibil în procente masice și nu de volum
h - conținutul de hidrogen dintr-un kilogram de combustibil în procente masice și nu de volum
c - conținutul de carbon dintr-un kilogram de combustibil în procente masice și nu de volum
s - conținutul de sulf dintr-un kilogram de combustibil în procente masice și nu de volum
t_{ext} – temperatura exterioară
R – raza de curbură a traiectoriei particulelor
OBD – diagnosticare la bordul autovehiculului
AVL – Institutul Austriac de Cercetări a Motoarelor
MIRA – Societatea Britanică pentru Cercetări în Industria de Automobile
CARB – Autoritatea Americană Californiană de Standardizarea Emisiilor Poluante
AECA – Asociația Europeană a Constructorilor de Automobile
EMAS – Schema de Eco Management și Audit a Comunității Europene
DPF – filtru de particule Diesel

FIE – echipament injecție combustibil
EGR – recircularea gazelor arse evacuate
SOF – fracțiune solubilă organică
SCR – reducere catalitică selectivă
NSCR – reducere catalitică neselectivă
TLEV – autovehicul cu emisii relativ scăzute
LEV – autovehicul cu emisii scăzute
ULEV – autovehicul cu emisii foarte scăzute
ZEV – autovehicul cu emisii (practic) nule

LISTA DE TABELE

Tabelul 1.1.Previziunile ONU referitoare la creșterea populației	15
Tabelul 1.2.Efectele negative ale emisiilor asupra sănătății oamenilor și a calității mediului	17
Tabelul 2.1.Transporturile rutiere și poluarea mediului înconjurător	20
Tabelul 2.2.Emisiile principalelor substanțe poluante produse în Europa	21
Tabelul 2.3.Sursele principale de emisii poluante	21
Tabelul 2.4.Mijloacele de transport și emisiile poluante	22
Tabelul 2.5.Poluarea produsă de transporturile rutiere	22
Tabelul 2.6.Criterii de clasificare sisteme catalitice	36
Tabelul 2.7.Generații de catalizatoare	38
Tabelul 2.8.Metode prelevare, analiză pentru diferite componente ale gazelor de evacuare	44
Tabelul 2.9.Efectele factorilor de poluare asupra mediului	47
Tabelul 2.10.Sursele principale de emisii	48
Tabelul 2.11.Gradul de poluare, în procente	48
Tabelul 2.12.Parcul de autovehicule	49
Tabelul 2.13.Duratele de viață ale gazelor cu efect de seră	50
Tabelul 2.14.Emisiile de gaze cu efect de seră în țările din UE	54
Tabelul 2.15. Dispozitive reducere emisii, consum combustibil, durabilitate, cost suplimentar motor	62
Tabelul 3.1.Categoriile de autovehicule conform STAS 11960	69
Tabelul 3.2.Încercări de omologare pe categorii de autovehicule	70
Tabelul 3.3.Emisiile admise ale autovehiculelor care funcționează cu benzină etilată (M_1)*	72
Tabelul 3.4.Emisiile admise ale autovehiculelor care funcționează cu benzină neetilată (M_1)*	72
Tabelul 3.5.Emisiile poluante admise ale autovehiculelor care funcționează cu motorină (M_1)*	72
Tabelul 3.6.Limite emisii poluante admise produse de motoarele cu aprindere prin scanteie	72
Tabelul 3.7.Ciclul de încercări din 13 trepte de funcționare staționară	74
Tabelul 3.8.Valori admise pentru poluanții considerați	74
Tabelul 3.9.Valori emisii conform ciclurilor de încercare propuse	75
Tabelul 3.10.Valori limită emisii poluante motoare Diesel în ciclul european OICA	75
Tabelul 3.11.Valori limită emisii poluante motoare Diesel în ciclul european FIGE	75
Tabelul 3.12.Limite ale particulelor conform legislației LEV II	77
Tabelul 3.13.Valori emisii admisibile conform standardelor japoneze	81
Tabelul 3.14.Valori emisii admisibile din gazele evacuate conform standardelor japoneze	82
Tabelul 3.15.Prevederile standardelor referitoare la emisiile de NO_x (m.a.s.)	86
Tabelul 3.16.Prevederile standardelor referitoare la emisiile de NO_x (m.a.c.)	86
Tabelul 3.17.Prevederile standardelor referitoare la emisia de particule Diesel (autoturisme)	87

Tabelul 3.18.Limite pentru emisiile de NO _x în g/kWh (autovehicule grele)	88
Tabelul 3.19.Limite pentru emisiile de particule Diesel in g/kWh (autovehicule grele)	89
Tabelul 3.20.Limitele prevăzute de standardele Euro III (2000) și Euro IV (2005)	90
Tabelul 3.21.Limitele pentru emisii in g/kWh (autovehicule comerciale)	91
Tabelul 4.1.Metode utilizate pentru prelevare probe și analiză componente din gazele evacuate	
Tabelul 5.1.Valorile coeficientului Hartridge (Mercedes Benz VITO 115 CDI)	130
Tabelul 5.2.Caracteristici tehnice analizor gaze MGT 5 – Eurosystem	133
Tabelul 5.3.Valorile emisiilor de HC (Porsche 928 GTS)	135
Tabelul 5.4.Valorile emisiilor de CO (Porsche 928 GTS)	136
Tabelul 5.5.Valorile emisiilor de CO ₂ (Porsche 928 GTS)	137
Tabelul 5.6.Valorile coeficientului de exces de aer λ (Porsche 928 GTS)	138
Tabelul 5.7.Emisiile de HC în concordanță cu km rulați (Porsche 928 GTS)	139
Tabelul 5.8.Emisiile de CO în concordanță cu km rulați (Porsche 928 GTS)	140
Tabelul 5.9.Emisiile de CO ₂ în concordanță cu km rulați (Porsche 928 GTS)	141
Tabelul 5.10.Valorile coeficientului de exces de aer λ (Porsche 928 GTS)	143
Tabelul 5.11.Valorile emisiilor de HC (BMW 750 iA)	145
Tabelul 5.12.Valorile emisiilor de CO (BMW 750 iA)	146
Tabelul 5.13.Valorile emisiilor de CO ₂ (BMW 750 iA)	147
Tabelul 5.14.Valorile coeficientului de exces de aer λ (BMW 750 iA)	148

LISTĂ FIGURI

Fig. 2.1. Arderea ideală	23
Fig. 2.2. Arderea reală	23
Fig. 2.3. Mecanisme de stingere a flăcării	25
Fig. 2.4. Gradientul de temperatură în prezența unui perete rece	25
Fig. 2.5. Evoluția amestecului în interstiții	26
Fig. 2.6. Evoluția oxizilor de azot	27
Fig. 2.7. Dispozitiv de prelevare cu comandă mecanică	31
Fig. 2.8. Dispozitiv servo - vacuumatic de prelevare	31
Fig. 2.9. Motor cu control electronic al cantității de gaze prelevate	32
Fig. 2.10. Influența recirculării asupra noxelor și a consumului specific de combustibil	33
Fig. 2.11. Măsurile de control a efectelor suplimentare determinate de recircularea gazelor	33
Fig. 2.12. Scheme de catalizatori	37
Fig. 2.13. Reactor catalitic cu suport metalic	38
Fig. 2.14. Reactori catalitici cu granule și cu structuri monolite	39
Fig. 2.15. Structura catalizatorului	39
Fig. 2.16. Schemă axiomatice a catalizatorului cu trei căi	40
Fig. 2.17. Efectul reactorului catalitic asupra noxelor	41
Fig. 2.18. Contribuția activităților umane la emisia de gaze cu efect de seră	51
Fig. 2.19. Contribuția diferitelor surse la emisia globală de CO ₂	51
Fig. 2.20. Emisia globală prognozată de CO ₂ provenit din arderea combustibililor fosili	52
Fig. 2.21. Emisia globală de CO ₂ în condițiile unor scenarii	52
Fig. 2.22. Tendința emisiei globale de CO ₂ provenit din activitățile umane	53
Fig. 2.23. Formarea particulelor de funingine	57
Fig. 3.1. Ciclul după testul de poluare nr. 83 CEE-ONU	71
Fig. 3.2. FTP75-Ciclul SUA pentru oraș și ciclul pentru autostradă	79
Fig. 3.3. Structura ciclurilor japoneze	81
Fig. 3.4. Introducerea principalelor inovații la automobile și cauzele care le-au determinat	84
Fig. 3.5. Evoluția standardelor de poluare pentru autoturisme în Uniunea Europeană	84
Fig. 3.6. Evoluția standardelor de poluare în Uniunea Europeană pentru autovehicule grele	85
Fig. 3.7. Ciclurile European, Japonez și Nord-American de testare a autovehiculelor	85
Fig. 3.8. Prezentarea comparativă a standardelor europene și nord-americane de poluare	91
Fig. 3.9. Evoluția standardelor Euro I-V pentru autovehicule comerciale mari cu m.a.c.	92
Fig. 4.1. Schema unui analizor în infraroșu (NDIR)	95
Fig. 4.2. Analizorul cu chemiluminiscentă (HCLA)	96
Fig. 4.3. Analizorul pentru hidrocarburi cu ionizarea flăcării (HFID)	97
Fig. 4.4. Diferite funcții de interpolare a dependențelor experimentale C(Bn)	100

Fig. 4.5. Curbele de funingine și particule	101
Fig. 4.6. Curba de corelație MIRA	101
Fig. 4.7. Corelația funingine-unități Bosch (conform AVL)	102
Fig. 4.8. Corelații funingine-fum Bosch	102
Fig. 4.9. Corelații ale măsurătorilor de fum	103
Fig. 4.10. Corespondența fum Hartridge – funingine	104
Fig. 4.11. Schema instalației de măsură a poluanților gazoși	105
Fig.4.12. Sistem de diluție în circuitul principal	106
Fig. 4.13. Sistem de diluție în derivație	107
Fig. 4.14. Schema pentru testul ECE/EC – Europa	107
Fig. 4.15. Schema pentru testul FTP- S.U.A	108
Fig. 5.1. Desen schematic al camerei de fum	129
Fig. 5.2. Variația coeficientului Hartridge în funcție de temperatura ambiantă	131
Fig. 5.3. Analizorul MAHA MGT5 - Eurosystem	133
Fig. 5.4. Variația HC în funcție de t_{ext}	135
Fig. 5.5. Variația CO în funcție de t_{ext}	136
Fig. 5.6. Variația CO ₂ în funcție de t_{ext}	137
Fig. 5.7. Variația coeficientului exces de aer λ	138
Fig. 5.8. Variația HC în funcție de rulajul parcurs	140
Fig. 5.9. Variația CO în funcție de rulajul parcurs	141
Fig. 5.10. Variația CO ₂ în funcție de rulajul parcurs	142
Fig. 5.11. Variația coeficientului exces de aer λ	143
Fig. 5.12. Variația HC în funcție de t_{ext}	145
Fig. 5.13. Variația CO în funcție de t_{ext}	147
Fig. 5.14. Variația CO ₂ în funcție de t_{ext}	148
Fig. 5.15. Variația coeficientului exces de aer λ	149
Fig. 6.1. Interfață simulare program AVL – CRUISE	154
Fig. 6.2. Interfață algoritm de simulare	155
Fig. 6.3. Interfață introducere date autovehicul	156
Fig. 6.4. Interfață introducere date motor (I)	158
Fig. 6.5. Interfață introducere date motor (II)	159
Fig. 6.6. Interfață introducere date ambreiaj	160
Fig. 6.7. Interfață caracteristica transmisiei ambreiajului	161
Fig. 6.8. Interfață caracteristica de moment a ambreiajului	162
Fig. 6.9. Interfață date cutie de viteze	163
Fig. 6.10. Interfață date diferențial	163
Fig. 6.11. Interfață date roți	164
Fig. 6.12. Interfață caracteristica razei dinamice de rulare	165
Fig. 6.13. Interfață caracteristica izometrică a tracțiunii specifice	166
Fig. 6.14. Interfață caracteristica 3D a tracțiunii specifice	167
Fig. 6.15. Interfață variația izometrică a consumului specific funcție de moment și turație	168
Fig. 6.16. Interfață variația 3D a consumului specific funcție de moment și turație	169

CAPITOLUL 1

INTRODUCERE

1.1. Impactul automobilului asupra mediului

În anul 2000 circulau în lume circa 800 de milioane de autovehicule, dintre care în jur de 500 de milioane erau autoturisme, iar restul, autocamioane, autobuze, motociclete și scutere. 35% se aflau în Europa și America de Nord, iar restul în Asia, America de Sud, Africa și Oceania [90]. Producția mondială anuală este astăzi de circa 60 de milioane de autovehicule [91]. În Europa aproximativ 14 milioane de autovehicule își încheie ciclul de viață, iar în SUA, între 10 și 11 milioane de autovehicule (autoturisme, autocamioane și autoutilitare) sunt reciclate.

Creșterea continuă a numărului de autovehicule va fi strâns legată de creșterea viitoare a populației globului, înmulțirea populației urbane și creșterea economică.

Conform previziunilor Organizației Națiunilor Unite, populația globului va ajunge până în 2050 la aproape 9 miliarde de locuitori. Populația Uniunii Europene (27 de state) este estimată la 450 de milioane de locuitori în 2020, din care 25% va fi peste 60 de ani [1]. La începutul anului 2003 populația globului era de 6,3 miliarde de locuitori. Această creștere nu este uniform distribuită și este mai accentuată în țările din Asia, Africa și America Latină, tabelul 1.1.

Tabelul 1.1. Previziunile ONU referitoare la creșterea populației globului

	1950	1998	2050
Populația globului	2,521	5,901	8,909
Regiunile cele mai dezvoltate	0,813	1,182	1,155
Regiunile cele mai puțin dezvoltate	1,709	4,719	7,754
Africa	0,221	0,749	1,766
Asia	1,402	3,585	5,268
Europa	0,547	0,729	0,628
America Latină și Caraibe	0,167	0,504	0,809
America de Nord	0,172	0,305	0,392
Oceania	0,013	0,030	0,046

Ca rezultat al acestei tendințe este de așteptat ca numărul de autovehicule să crească semnificativ, în special în țările cu industrializare rapidă din Asia de Sud-Est, și la fel presiunile privind protecția mediului înconjurător.

Consumul anual de energie primară a crescut până la $7,8 \times 10^9$ tone petrol echivalent. Rezervele exploatabile de petrol sunt evaluate la 136×10^9 tone, ceea ce înseamnă că, în ritmul actual de consum, acestea ar putea ajunge până în 2040. Dat fiind faptul că tehnologiile de extracție și de prelucrare a țițeiului sunt într-un continuu progres și că cercetările pentru descoperirea unor noi zăcăminte sunt bine motivate este de așteptat ca limita epuizării resurselor să fie și mai îndepărtată [62].

Rezervele de gaze naturale sunt evaluate la 114×10^9 tone petrol echivalent și, în ritmul actual de consum, ar ajunge până la jumătatea secolului XXI.

Biomasa este evaluată la 700×10^9 tone petrol echivalent, ceea ce înseamnă de 100 de ori consumul mondial anual de energie. Totuși, datorită posibilităților limitate de utilizare și a randamentului scăzut de transformare în combustibil, este de așteptat ca biomasa să nu constituie o sursă importantă de combustibil pentru autovehicule, cu toate că importanța acesteia în viitor va crește.

Se poate aprecia că pretențiile de reducere drastică a consumului de combustibil la autovehicule sunt determinate și de epuizarea, într-un viitor nu prea îndepărtat (2 – 3 generații), a rezervelor de combustibil fosil.

Pe lângă ozonul și particulele care afectează calitatea aerului atmosferic, emisiile m.a.c. și m.a.s. includ un număr de compuși poluanți cu risc mare de cancer sau alte efecte negative asupra sănătății. Acești compuși poluanți includ benzenul, formaldehida, acetaldehida, 1,3-butadiena și particulele Diesel. Toți acești componenți sunt produși ai arderii; benzenul se găsește și în alte gaze decât cele de evacuare de la motoarele pe benzină.

Pe baza datelor recente se apreciază că emisiile Diesel și în principal particulele (PM) tind să devină sursa dominantă a riscului de cancer. Agenția Internațională de Cercetare a Cancerului (International Agency for Research on Cancer – IARC) a trecut emisiile Diesel pe lista substanțelor toxice potențial cauzatoare de cancer (1998). Organizația Mondială a Sănătății (The World Health Organization) recomandă eforturi urgente de reducere a emisiilor, în special a particulelor, prin schimbarea sistemelor tehnice de evacuare, reproiectarea motoarelor și compoziția combustibilului. Abia în 2000, The National Institute for Environmental Health Sciences (NIEHS) a trecut particulele Diesel (PM) pe lista sa de substanțe responsabile de cancerul uman, în special cel de plămâni. În urma unui program de monitorizare, desfășurat în Los Angeles, s-a constatat că 70% din totalul îmbolnăvirilor de cancer, în zona urbană monitorizată – 1400 cazuri/la un milion de locuitori – sunt atribuite emisiilor de particule Diesel, 20% altor compuși toxici (benzen, butadienă și formaldehidă), iar 10% sunt atribuite surselor staționare (industrie, curățătorii, operații de cromare).

Un alt aspect care interesează, este cel al dimensiunii particulelor Diesel. Aproximativ 80-95% din masa de particule au dimensiuni cuprinse între 0,05-1,0 micrometri, cu valoarea medie de 0,2 micrometri. Aceste particule fine au o suprafață de arie foarte mare pe gram de masă, ceea ce le face foarte bune purtătoare de compuși anorganici și organici care ajung cu aerul aspirat în plămâni. Aproximativ 50-90% din numărul de particule Diesel din gazele de evacuare sunt ultrafine, cu dimensiuni cuprinse între 0,005-0,05 micrometri, cu o valoare medie de 0,02 micrometri. Din punct de vedere masic, particulele ultrafine nu reprezintă decât 1-20%. Pentru a reține aceste particule, filtrele utilizate trebuie să satisfacă standardele masice pentru PM. De asemenea, pentru ca noile autovehicule să se încadreze în standarde, este nevoie de presiuni suplimentare din partea societății pentru a asigura obligativitatea introducerii filtrelor de particule.

Emisia de particule ultrafine a determinat Consiliul Miniștrilor de Mediu din Uniunea Europeană să ceară reducerea nivelului sulfului din combustibili, reducerea numărului de nanoparticule și înăsprirea standardului privind emisia de NO_x , de către autovehiculele cu m.a.c., până la cel echivalent al autovehiculelor cu m.a.s. În acest sens se dorește introducerea filtrelor de particule la toate autovehiculele cu m.a.c., ca o măsură eficientă de reducere a masei de PM emise, a toxicității lor și a numărului de particule ultrafine.

În lucrarea [79] se face o prezentare comparativă a efectelor negative (aciditate, efect de seră și poluarea aerului) ale emisiilor asupra sănătății oamenilor și a calității mediului, luând ca etalon bioxidul de carbon (CO₂) și bioxidul de sulf (SO₂), tabelul 1.2. Se adoptă următoarele referințe (etaloane):

1. Influența asupra efectului de seră – CO₂ = 1;
2. Aciditate – SO₂ = 1;
3. Poluarea aerului – SO₂ = 1.

Tabelul 1.2. Efectele negative ale emisiilor asupra sănătății oamenilor și a calității mediului

Nr. crt.	Categoria de impact	Emisii	Factori de caracterizare
1	Efectul de seră	CO ₂	1
		CH ₄	21
		HFC-134a	1300
2	Aciditate	SO ₂ și SO _x	1
		HCl	0,88
		NO ₂ și NO _x	0,70
3	Poluarea aerului (cu efecte asupra sănătății oamenilor)	SO ₂ și SO _x	1,00
		CO	0,01
		HCl	0,72
		NMHC (Non Methane Hydrocarbon)	0,80
		NO _x	1,39
		Particule	1,08
Pb	10,90		

Se remarcă efectul de seră pronunțat al compușilor halogenați ai carbonului, precum și acțiunea nocivă a oxizilor de sulf și de azot și a plumbului asupra sănătății oamenilor și a vegetației (prin ploile acide).

CAPITOLUL 2

STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND CONTROLUL NOXELOR PENTRU MOTOARE CU ARDERE INTERNĂ CE ECHIPEAZĂ AUTOTURISME

2.1. Considerații generale

2.1.1. Ecologia și implicațiile ecologice ale poluării

Ecologia este știința care se ocupă cu studiul interacțiunii dintre ființele vii și dintre acestea și mediul în care trăiesc. Denumirea a fost dată de biologul german Ernest Haeckel, 1866 prin lucrarea “*Morfologia generală a organismului*” denumirea avându-și originea în limba greacă (*oikos*-casă; *logos*-știință).

Desprinsă din biologia generală, ecologia e o știință care-și dovedește tot mai mult independența, ea bazându-se ca știință a gospodăriei planetei, pe observații proprii, pe experimente și cercetări efectuate prin mijloace statistice și pe modele matematice.

Ecologia nu poate fi ruptă nici de științele medicale și nici de cele social-umaniste[16], protecția mediului fiind în simbioză intimă cu acestea.

În strânsă legătură cu noțiunea de ecologie este cea de poluare. Poluarea constă în introducerea în mediu a unor substanțe care pot deranja echilibrul ecologic (între ființele vii), dăunează stării de sănătate și confort a ființelor vii și poate produce pagube economice prin modificarea factorilor naturali sau a celor creați prin activități umane.

În esență, poluarea mediului înconjurător reprezintă ansamblul modificărilor defavorabile pe care le suportă calitățile naturale ale acestuia sub influența activităților societății omenești.

Poluarea nu poate fi considerată ca o caracteristică a societății moderne [62]. Omul a dezvoltat activități cu caracter poluant încă de la descoperirea focului, modul de practicare a agriculturii în antichitate a determinat poluarea treptată a solului, întinse teritorii din Fenicia, Babilon și Egipt fiind transformate în deșerturi.

Civilizația modernă este caracterizată de două procese fundamentale determinante pentru poluare, și anume *industrializarea* și *urbanizarea*, care se manifestă dezavantajos în condițiile în care nu s-au luat în prealabil măsuri corespunzătoare.

La sol poluarea este caracterizată de acumularea continuă a deșeurilor industriale sau domestice, creșterea nivelului zgomotului în zonele industriale și urbane prin degradarea peisajului natural. Printre multiplele surse de poluare se manifestă și mijloacele de transport rutier, aerian și naval echipate cu motoare cu ardere internă [114]. Acțiunea poluantă a motoarelor, prin emisiunile nocive de gaze se manifestă în mod pregnant în mari centre urbane, caracterizate printr-o densitate deosebită a mijloacelor de transport și o situație geografică specială cum este cazul orașelor Los Angeles, Tokio, Mexico City de exemplu.

Poluarea atmosferei cu gaze și cu particule determină modificări importante de concentrație nu numai local dar care se pot manifesta la nivel planetar chiar. Incidența unor maladii pulmonare tipice, modificări de climă care în perspectivă pot avea urmări deosebit de grave, se datorează acțiunii unor poluanți.

Identificarea legilor poluării este necesară pentru înțelegerea efectelor ei globale și pentru trasarea soluțiilor optime. *B. Commoner* a sintetizat trei legi ecologice, cu enunțuri extrem de generale [62]:

Prima lege, enunțată sub forma "*toate sunt legate de toate*", tratează ciclurile existente în natură - biochimice, biologice, ecologice – dar care, în esență, arată independența formelor de viață existente, atât reciprocă, cât și cu mediul ambiant. Această lege permite explicarea oscilațiilor ecologice datorate unor modificări ale mediului ambiant care sunt reversibile până la o anumită limită. Depășirea valorii normale a unei componente ecologice duce la perturbarea ciclului biologic, de cele mai multe ori fiind un proces de feed-back, dificil de analizat.

A doua lege, "*totul trebuie să ducă undeva*", este de fapt o altă enunțare a principiului de conservare "*totul se transformă, nimic nu se pierde*", adaptat la contextul poluării în sensul că toate deșeurile activității omului nu pier și chiar dacă sunt aruncate în oceane, vor reîntra, mai devreme sau mai târziu, în circuitele biologice.

A treia lege se poate enunța "*natura se pricepe mai bine*" și indică faptul că, în cursul evoluției vieții, natura a experimentat mii de substanțe păstrând în compoziția internă a organismelor numai compușii utili și nenocivi.

În cazul motoarelor cu ardere internă poluanții chimici sunt determinați de procesul oxidării combustibililor care este un proces complex ce generează, pe lângă CO_2 , H_2O , N_2 și O_2 în exces, o serie de substanțe chimice – produși ai arderii incomplete – care se află în cantități mici în gazele de evacuare (2% din volum).

Aceste substanțe sunt foarte toxice, iar la scară mondială produc efecte nocive importante asupra mediului înconjurător în general, și asupra sănătății oamenilor, în special.

Din cele aproximativ 1000 de substanțe chimice distincte identificate în gazele arse, datorită efectului nociv dovedit, s-au limitat prin reglementări speciale următoarele:

Hydrocarburile - HC

Monoxidul de carbon - CO

Oxizii de azot - $\text{NO}_x(\text{NO}+\text{NO}_2)$

Particulele - PT (numai pentru motoarele cu aprindere prin comprimare)

Fumul - măsură a efectului vizibil produs de gazele arse.

Efecte nocive incontestabile produc și alte substanțe, pentru care sunt în discuții unele propuneri de limitări:

Bioxidul de carbon – CO_2 ; considerat până de curând un produs "curat" al arderii, este acuzat în prezent de producerea efectului de seră, cu consecințe nefaste asupra mediului înconjurător; singura metodă de a limita acești poluanți este reducerea consumului specific de combustibil.

Oxizii de sulf - $SO_x(SO_2+SO_3)$; împreună cu NO_x cauzează ploile acide care distrug vegetația, metoda de limitare a acestor poluanți este reducerea consumului de sulf combustibil;

Plumbul și compușii săi - nocivitatea sa foarte mare impune evitarea folosirii tetraetilului de plumb ca aditiv antidetonant și găsirea unor înlocuitori nepoluanti.

Benzo(a) pirena și alte substanțe chimice din grupa hidrocarburilor (HC), care au efecte cancerigene sau mutagene dovedite.

Zgomotul este considerat a fi un poluant cu efecte nocive asupra stării de sănătate a populației; zgomotul produs de trafic afectează un procent mare din populație, iar creșterea numărului de autovehicule duce la creșterea intensității sonore. Se apreciază că, la fiecare creștere cu 25% a numărului de autovehicule, nivelul de zgomot în orașe crește cu 1 dB(A).

Datorită compunerii logaritmice a nivelelor intensității sonore, reducerea zgomotului produs de un autovehicul impune reducerea semnificativă a nivelelor cele mai mari ale intensității sonore ale componentelor acestuia. De aceea, zgomotul emis de motor trebuie privit ca un component al zgomotului vehiculului; în general limitările legislative care s-au impus se referă la autovehicul și nu la motor.

Transporturile rutiere au o contribuție însemnată asupra poluării mediului înconjurător, afectând practic toate ecosistemele. Principalele efecte sunt prezentate în tabelul 2.1.

Contribuția procentuală a transporturilor rutiere la degradarea mediului este, conform ultimelor aprecieri:

- schimbări de climă
 - prin producerea efectului de seră, 17%;
 - prin reducerea stratului de ozon, 2%;
- acidificare, 25%;
- eutroficare cu azot (5%), cu fosfor (2%);
- zgomot, 90%;
- miros, 38%;

Tabelul 2.1. Transporturile rutiere și poluarea mediului înconjurător

Element natural	Efecte
AER	<ul style="list-style-type: none"> •emisiile de NO_x, CO, CO_2, compuși organici volatili (VOC), PT, care produc înrăutățirea stării de sănătate •emisiile de NO_x și VOC produc O_3 troposferic și peroxiacetil nitrat (PAN) •folosirea și evaporarea combustibililor cu aditivi duce la creșterea emisiei de plumb •poluarea sonoră
APĂ	<ul style="list-style-type: none"> •contaminarea cu săruri, aditivi și solvenți a apelor de suprafață și de adâncime •acidificarea prin SO_2 și NO_x •modificarea sistemelor hidrologice prin rețeaua de drumuri
SOL	<ul style="list-style-type: none"> •construirea drumurilor produce fragmentarea și erodarea solului •riscul de contaminare accidentală cu substanțe periculoase •probleme de depozitare a vehiculelor vechi și a componentelor acestora
CADRU NATURAL	<ul style="list-style-type: none"> •extragerea materialelor de construcții și a minereurilor duce la degradarea peisajului

Sunt interesante cifrele care sunt reprezentative, pentru studiul poluării caracterizate de emisiile principalelor substanțe produse în Europa, atât ca valori absolute, cât și ca valori raportate la emisia mondială (tabelul 2.2); o parte importantă din aceste emisii se datorează transporturilor, lucru care se va evidenția în cele ce urmează.

Reparațiile acestor emisii pe surse au fost apreciate de cele mai multe grupuri europene de cercetare a emisiilor poluante, care au folosit și proceduri de calcul diferite.

În continuare se prezintă două reparații considerate ca fiind reprezentative pentru studiul poluării produse de transporturile rutiere.

Tabelul 2.2. Emisiile principalelor substanțe poluante produse în Europa

Poluantul	Cantitatea [Mtone/an]	%Din emisia mondială
CO ₂	8070	30
CH ₄	55	16
CFC	0.5	36
NO _x	22	21*
CO	125	11*
VOC (NMHC)	25	25*
SO ₂	39	25*

*-Estimările globale sunt nesigure CFC-clorofluor carbon
 VOC-compuși organici volatili
 NMHC-hidrocarburi fără metan

În tabelul 2.3. sunt înfățișate sursele principale de emisii, în care transportul rutier apare ca sursă distinctă, chiar distribuită funcție de tipul motorului (m.a.s.- motoare cu aprindere prin scânteie care funcționează cu benzină, m.a.c.- motoare cu aprindere prin comprimare, care funcționează cu motorină).

Tabelul 2.3. Sursele principale de emisii poluante

Sursa	SO ₂	NO ₂	CO	PM	VOC	PB	Metale grele
Combustie casnică							
-cărbune	•	*	*				* / •
-petrol	•	*	•	•	• * /		* / •
-lemn	•	*		•	• * /		
Transporturi rutiere							
m.a.s.	*		•	#		•	#
m.a.c.		•		•	•		
Industrie	*	*	*	*	*	*	• / #

*-între 5-25% din emisiile totale în orașe comerciale neindustrializate
 •-între 25-50%, analog
 #-peste 50%, analog

A doua repartitie considerată a fost făcută în 1986 în Germania, prin analiza măsurătorilor asupra poluării aerului efectuate și raportate atât la surse (tabelul 2.4) cât și la parcul de autovehicule (tabelul 2.5.)

Din tabelul 2.4. se observă că mijloacele de transport (de la motocicletele la avioane) produc 74% CO, 61% NO_x și 21% CO₂; contribuția lor la emisia de SO_x și particule este relativ mică.

Tabelul 2.4. Mijloacele de transport și emisiile poluante

Poluant	Industrie	Centrale electrice	Utilizări civile	Transporturi
CO	15.2%	0.5%	10.6%	73.7%
NO _x	9.8%	24.6%	4.8%	60.8%
SO _x	23.7%	60.8%	10.7%	4.8%
HC*	44.3%	0.6%	3.5%	51.6%
CO ₂	21%	33%	24%	21%
PT**	63.6%	15.3%	8.1%	13%

*-incluzând solvenții

**-incluzând praful

Dacă se consideră numai poluarea produsă de transporturi, (tabelul 2.5.) se observă că emisia de CO și HC se datorează, în special, motoarelor cu benzină (m.a.s.). Emisia de SO_x și particule este produsă, aproape în întregime, de motoarele cu motorină (m.a.c.), în timp ce emisia de NO_x se împarte relativ egal între m.a.s. și m.a.c..

Gradul ridicat de motorizare în țările civilizate, condițiile climatice locale nefavorabile din ultimul timp în sezonul cald, impun ca un paleativ reducerea vitezei de circulație a autovehiculelor pentru diminuarea nivelului de solicitare al motorului și cu aceasta a noxelor, în primul rând a oxizilor de azot, cu implicații directe asupra formării ozonului la sol, determinând în același timp și reducerea numărului de accidente.

Tabelul 2.5. Poluarea produsă de transporturile rutiere

Poluant	Autoturisme m.a.s.	Autoturisme m.a.c.	Vehicule comerciale m.a.s.	Vehicule comerciale m.a.c.	Vehicule industriale și autobuze
CO	81.9%	2.4%	4%	1.2%	10.5%
NO _x	44.6%	12.2%	1.3%	4.9%	37%
SO _x	≈0	30%	≈0	10%	60%
HC	74%	4.6%	2.7%	4.3%	14.3%
PT	≈0	30%	≈0	10%	60%

2.1.2. Poluanții produși de motoarele cu ardere internă și nocivitatea lor

2.1.2.1. Considerații generale

Luând în considerare punctul de vedere ecologist “*un om curat într-o lume curată*”, există nemulțumiri privind impactul motoarelor cu ardere internă (m.a.i.) asupra ambianței terestre pe care o poluează prin emisii de gaze nocive și zgomot, în principal, dar și prin alte inconveniente, aparent de o mai mică însemnătate, cum ar fi scurgeri de ulei și combustibili, deșeuri din procesul de fabricație sau de reciclare al autovehiculelor, perturbații electromagnetice.

Atenția deosebită acordată sectorului de transporturi rutiere cu un grad ridicat de motorizare este justificată prin aceea că în 1990 acesta consuma circa

17% din producția de petrol extras anual, folosind 20-25% din energia mondială [62]. În 1993, statisticile British Petroleum stabilesc consumul de hidrocarburi pentru toate aplicațiile cu motoare cu ardere internă la 34%.

Efectul poluant cel mai important al motoarelor cu ardere internă se datorează emisiilor de gaze nocive existente în gazele de evacuare, emisii care apar datorită arderii defectuoase, incomplete, a combustibilului în motoarele cu ardere internă.

Arderea ideală a combustibililor se realizează prin evidențierea compuşilor prezenți în schema din figura 2.1.



Fig. 2.1. Arderea ideală

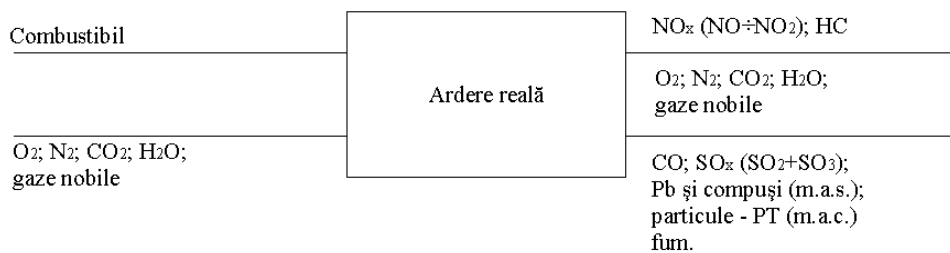


Fig. 2.2. Arderea reală

În raport cu noxele, pierderile anuale pentru un autovehicul care ar parcurge 30 000 km/an, cu un consum de 7,5l/100 km, s-ar repartiza astfel, în condițiile în care motorul nu a fost "depoluat":

- hidrocarburi prin evaporare, 90 l ;
 - hidrocarburi prin gazele de carter, 25 l ;
 - hidrocarburi prin gaze de evacuare, 60 l ;
 - oxid de carbon din gazele de eșapament (valoare echivalentă) 275 l,
- totalul fiind de 450 l din 2250 l necesari.

Primele două categorii de pierderi se datorează etanșării necorespunzătoare a rezervorului, carburatorului și mecanismului motor, iar celelalte două imperfecțiunii procesului de amestec și de ardere a hidrocarburilor, domeniu în care se cere încă a se acționa asiduu.

2.2. Originea poluanților din gazele de evacuare ale motoarelor cu aprindere prin scânteie, mijloace generale de diminuare a noxelor

2.2.1. Surse de noxe

Dintre motoarele cu ardere internă, motorul cu aprindere prin scânteie este considerat ca cel mai reprezentativ poluant, nu atât datorită principiului de

funcționare comparativ cu motoarele cu aprindere prin comprimare, cât datorită populației foarte mari de motoare de acest tip în trafic.

Din totalul de 100% noxe eșapate, 20% revin evaporării, 20% gazelor de carter și 60% gazelor de evacuare [16].

Aceasta a făcut ca, în multe țări, primele măsuri de protecție antipoluantă să fie luate relativ la etanșarea corectă îndeosebi a rezervorului, controlată prin bușonul acestuia și să se recurgă la aspirarea gazelor de carter.

Intervențiile asupra gazelor evacuate în eșapament sunt mai complicate, ele presupunând atât controlul la geneză al noxelor, cât și prelucrarea ulterioară a acestora.

2.2.2. Originea hidrocarburilor

Hidrocarburile din gazele de evacuare se datorează condițiilor determinate în primul rând de imposibilitatea propagării frontului de flacără în amestecul carburant.

Experimental s-a dovedit că întreruperea lanțului de reacții specifice arderii se poate face fie în masa de gaze supuse arderii, fie în prezența unor pereți reci existenți în incinta în care are loc arderea [7].

Desigur că redeclanșarea scânteii sau realizarea unei scânteii de prea mică intensitate, în scopul producerii primului nucleu de flacără, constituie accidente banale, dar și acestea au efecte de poluare, caracteristice fiind unei funcționări cu dispersie ciclică avansată, motiv pentru care nu ne vom ocupa expres de ele.

Măsurări experimentale au arătat că, în raport cu presiunea în colectorul de admisiune concentrația de hidrocarburi prezentă în gazele de evacuare se modifică brusc, ceea ce ne face să apreciem că domeniile A și B sunt determinate de mecanismele distincte de stingere a flăcării (figura 2.3.)

Stingerea flăcării în masa de gaze se înregistrează în domeniul A, la presiuni foarte mici p_{ca} , când datorită consistenței mari de gaze arse reziduale, moleculele active se pot ciocni de molecule neutre și lanțul de reacție se întrerupe. Acest fenomen poate avea loc și la presiuni mai mari, p_{ca} , dar cu prioritate în zona supapei de evacuare, unde fenomene dinamice necontrolate pot determina întoarcerea gazelor de evacuare spre cilindru.

Stingerea flăcării în masa de gaze poate determina noxe de 10 ori mai multe decât prin stingerea flăcării la perete.

Limitarea sau anularea fenomenului de stingere a flăcării în masa de gaze este posibilă pe următoarele căi:

- reducerea depresiunii în conducta de admisiune;
- întreruperea alimentării motorului cu combustibil;
- sărăcirea accentuată a amestecului, ceea ce echivalează practic cu alimentarea parțială a motorului cu combustibil;
- oxidarea hidrocarburilor ce părăsesc cilindrul pe eșapament, cu reactori catalitici sau termici.

Stingerea flăcării la perete a fost pusă în evidență pentru prima dată în 1957, în cazul motoarelor cu ardere internă. Este știut faptul că în prezența unui perete rece, pe o distanță de 0,04...0,5mm, se înregistrează un gradient sever de temperatură.

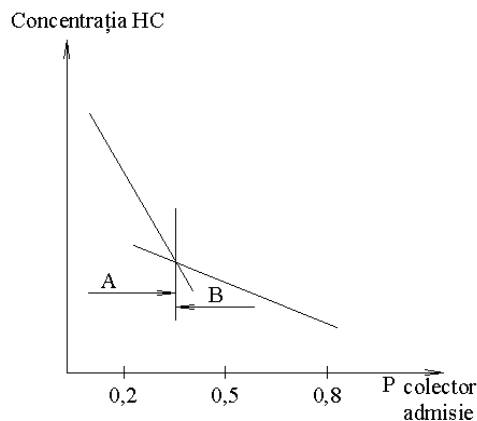


Fig. 2.3. Mecanisme de stingere a flăcării

În figura 2.4. este prezentată situația unui cilindru, al unui motor cu ardere internă, în care distingem:

- domeniul (1) – gaze care ard;
- domeniul (2) – stratul limită.

Amestecul ajuns în stratul limită datorită gradientului ridicat de temperatură, va cunoaște întreruperi severe ale reacțiilor, conținutul de hidrocarburi nense datorită acestui fenomen atingând doar ordinul procentelor.

Pentru reducerea riscului stingerii flăcării la perete, se pot lua, individual sau combinat, următoarele măsuri:

- intensificarea reacțiilor de oxidare, prin asigurarea oxigenului și a unei temperaturi ridicate pentru componentele din stratul limită;
- micșorarea concentrației de hidrocarburi prin sărăcirea amestecului, până la limita stingerii flăcării în masa de gaze;
- reducerea grosimii stratului limită prin majorarea presiunii și mai ales a temperaturii gazelor care ard în apropierea peretelui;
- reducerea raportului dintre aria suprafeței camerei de ardere și cilindree;
- reducerea jocului piston – cilindru, a distanței dintre primul segment și capul pistonului și micșorarea raportului D/V_h (D -alezajul, V_h -cilindreea unitară);
- introducerea în cilindru a cotei – părți din gazele arse din eșapament, bogate în hidrocarburi;
- postarderea hidrocarburilor, în eșapament, în primul rând cu reactori catalitici sau termici.

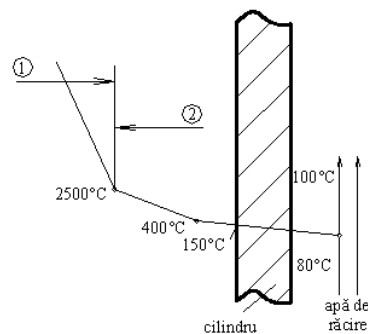


Fig. 2.4. Gradientul de temperatură în prezența unui perete rece

Studii teoretice și experimentale mai recente [6] au arătat că fenomenul de stingere a flăcării la perete generează cantități mai mici de HC decât s-a considerat inițial, alte fenomene, cum sunt imposibilitatea propagării flăcării prin spațiile înguste din camera de ardere, absorbția și desorbția în pelicula de ulei și în depozitele solide, fiind principalele generatoare de HC. Referitor la primul fenomen s-a constatat că o serie de zone ale camerei de ardere, cum sunt zona inelară de deasupra primului segment de comprimare, zona locașurilor supapelor ca și zona bujiei, au condiții impropriei propagării flăcării cu temperaturi mai mici ale gazelor și cu amestecare defectuoasă.

Astfel, la m.a.s. moderne, cu rapoarte de comprimare mari, masa de hidrocarburi acumulate în spațiile înguste și în spațiul dinte piston și chiulasă până la atingerea presiunii maxime poate reprezenta 10% din masa totală. Amestecul comburant din interstiții este transferat spre cilindru în cursa de destindere curgând cu viteze reduse - figura 2.5.a.), scăderea temperaturii sub 1200 – 1400 [K] după începerea destinderii împiedicând continuarea reacțiilor de ardere.

Pe durata evacuării apar turbioane – figura 2.5.b.) cu un conținut ridicat de hidrocarburi care se deplasează spre supapa de evacuare [6].

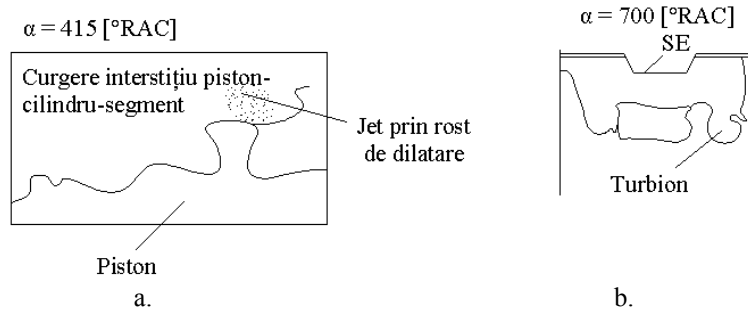


Fig. 2.5 Evoluția amestecului în interstiții

2.2.3. Originea oxizilor de carbon

Oxidul de carbon (CO) apare datorită arderii incomplete ca urmare a lipsei de oxigen, constatându-se, la fiecare îmbogățire a amestecului cu 10%, o creștere a CO cu 3,5%. Azi este universal acceptat că reacția de formare și reducere a CO are loc după schema:



Reacția decurge cu viteză mare în ambele sensuri, ceea ce ar motiva existența unui echilibru între CO și CO₂. Această situație nu este realizabilă pentru cilindrul m.a.i., deoarece concentrația de hidrogen este de zeci sau sute de ori mai mare decât cea de OH, ceea ce motivează prezența cu preponderență a monoxidului de carbon CO [7].

2.2.4. Originea oxizilor de azot

Oxizii de azot sunt existenți în proporție redusă 2000 - 4000 ppm, în gazele emise de m.a.s., totuși suficienți pentru a fi catalogați ca noxă [58].

Se apreciază că reacțiile de formare NO_x , cunoscute sub numele de mecanismul Zeldovici extins, sunt în următoarea structură [6]:



Se constată că, în cilindrul motorului cu ardere internă, concentrația de oxigen atomic este de 100–1000 ori mai mare decât cea de azot atomic, motiv pentru care inițierea reacțiilor prin atomi de oxigen este cea mai probabilă.

Reacțiile (2.1) – (2.3) de formare a NO sunt caracterizate de viteze de reacție care cresc exponențial cu temperatura.

Dacă ne referim la interiorul cilindrului, există trei zone în camera de ardere: zona gazelor arse, zona flăcării și zona amestecului nears, toate având niveluri de presiune diferite, ceea ce, termodinamic implică temperaturi diferite. Astfel, zonele din camera de ardere, care generează concentrații mari de NO, sunt cele cu temperaturi mari, mai precis zonele din apropierea bujiei.

Așa se explică faptul că în cilindrul m.a.i. sunt normați gradientii de NO_x de 1000 ppm. pe centimetru. În esență, conținutul de NO_x în gazele arse este determinat de următorii factori care trebuie controlați:

- temperatura, mai ales temperatura gazelor arse inițial, care trebuie să fie cât mai mică;
- durata cât gazele arse inițial sau în cilindru, care trebuie, de asemenea, să fie foarte redusă;
- cantitatea de oxigen disponibilă, cu cât este mai puțin oxigen, mai ales pentru gazele arse inițial cu atât este mai bine, ceea ce recomandă alimentarea stratificată (amestec bogat în zona bujiei, pentru amestecul inițial, și sărac pentru amestecul în faza arderii moderate).

Figura 2.6. ilustrează concentrații maxime ale oxizilor de azot pentru $\lambda \approx 1,1$ când există aer în exces și temperaturile sunt spre valori maxime.

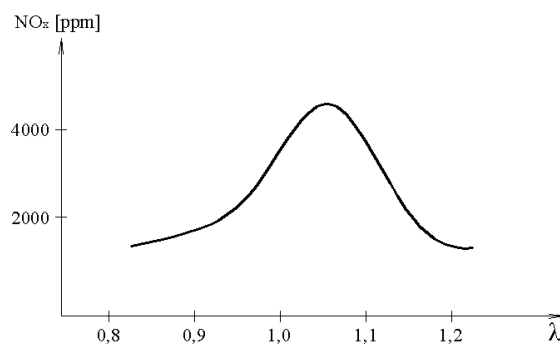


Fig. 2.6. Evoluția oxizilor de azot

Principiile care stau acumulate la îndemâna constructorilor de motoare, pentru reducerea NO_x sunt:

- reducerea temperaturii gazelor arse inițial, prin diluarea lor cu gaze arse sau aer, prin răcirea lor mai intensă, prin reducerea ϵ ;
- reducerea O₂ în gazele arse inițial, adică distribuția diferențială a combustibilului în amestecul supus arderii.

2.2.5. Originea particulelor

În cazul benzinelor cu plumb, particulele sunt de dimensiuni mari și conțin 60-65% săruri de plumb, 30-35% oxid de fier și 2-3% carbon [7].

La benzinele fără plumb, preponderente sunt particulele de carbon care provin datorită unei arderi defectuoase și, mai mult ulei ars pentru motorul cu uzură avansată și respectiv calamină.

Particulele pot fi de la zecimi de μm la mm, depinzând de :

- regimul de sarcină și turație;
- concentrația de plumb în benzină;
- consum și compoziție ulei;
- starea și temperatura conductei de evacuare.

Reducerea plumbului din benzină și chiar folosirea unor fibre eficiente sunt căi sigure pentru reducerea particulelor din gazele arse.

2.2.6. Originea aldehydelor

Aldehydele sunt produse de ardere incompletă (acroleina și formaldehida). Apar în stadiul de flacără rece, înregistrată la temperaturi joase, când se introduce aer în gazele de evacuare, pentru combustie suplimentară.

Aldehydele sunt rău mirositoare, cancerigene, fiind necesară postarderea lor.

2.3. Mijloacele de reducere a emisiilor poluante la motoarele cu aprindere prin scânteie

2.3.1. Influența unor factori asupra emisiilor produse de motoarele cu aprindere prin scânteie

Factorii ce determină nivelul emisiilor poluante eșapate de către motoarele cu aprindere prin scânteie pot fi grupați după cum urmează [7]:

- i. Proprietățile fizice ale amestecului aer-combustibil (calitatea amestecului, presiunea, temperatura etc.).
- ii. Natura și nivelul regimurilor funcționale.
- iii. Natura și nivelul reglajelor funcționale (avans la scânteie, reglarea distribuției, etc.).
- iv. Particularitățile constructive ale motorului (S/D, arhitectura colectoarelor, numărul de supape, numărul și dispoziția cilindrilor, etc.).

v. Particularitățile sistemului de alimentare cu combustibil (echilibrarea camerei de nivel constant, alimentarea prin carburatie sau injectia de benzină, etc.).

vi. Proprietățile combustibilului, apreciindu-se că 25% din măsurile pentru motorul curat trebuie să vizeze calitățile combustibilului.

vii. Condițiile de exploatare și modul de organizare a traficului în zonele aglomerate, ce vor fi separat tratate, au o influență consistentă asupra noxelor.

Un număr așa mare de factori de influență, precum și interdependența complexă dintre aceștia, fac ca motorul curat să nu fie încă realizat nici în faza de laborator, iar motorul absolut „curat“ să rămână un deziderat.

2.3.2. Mijloace generale pentru diminuarea noxelor la geneză

Metodele de reducere se pot clasifica în: *metode active*, care desemnează acele metode care reduc emisiile poluante în faza formării acestora, mai precis în procesul de ardere și *metode pasive*, care cuprind metodele care acționează după formarea emisiilor, în principal în instalația de evacuare prin procese chimice, termice sau mecanice. Metodele de reducere pot fi aplicate în concepție și în exploatare. În cadrul acestui paragraf referirile se vor face la metode active specifice concepției, acestea sunt în general numai enumerate, fiind detaliate în lucrări mai extinse [58].

Normele europene antipoluare sunt realizabile chiar cu măsuri constructive simple, injectia multipunct permițând aceasta, motiv pentru care Europa realizează motoare cu $\varepsilon=9,5$ și $n=6000$ rot/min și chiar $\varepsilon=10,25$ și $n=7000$ rot/min, pe când S.U.A. se limitează la $\varepsilon=8,5$ și $n=3600$ rot/min.

În categoria mijloacelor generale, care presupun diminuarea noxelor la geneză, se înscriu următoarele:

❖ Eliminarea gazelor de carter, cu care de fapt s-au inițializat procedeele de reducere a poluanților din gazele de eșapament, încă la începutul deceniului șapte. Gazele sunt absorbite de regulă după carburator, sau în genere pe traseul de aspirație al motorului. Este necesară existența unei supape sau cel puțin a unui drosel (orificiu calibrat) care să contribuie la reglarea indirectă a cantității de aer ce intră în carter pentru ventilarea acestuia astfel ca amestecul aer – gaze de carter să fie, la toate regimurile, cu proprietăți cât mai bune de ardere în motor;

❖ Procedee ce vizează carburatorul clasic, ce controlează cele mai poluante regimuri și anume: încălzirea motorului, mersul în gol, la sarcini mici și în decelerări acționându-se în principal după cum urmează:

○ reglajul atent al șurubului pentru controlul orificiilor de dozare la mersul în gol, limitarea deplasării acestuia, folosirea unor șuruburi cu vârf conic lung sau a “legăturii” pneumatice între șurubul de reglare a cantității de combustibil și cel de reglare a aerului la mersul în gol și sarcini mici;

○ utilizare de trasee cu două ramuri după carburator, ramura cu diametru mai mic pentru mersul în gol și sarcini reduse dispunând și de sistem de preîncălzire (pată caldă) practicată la Vesta 2;

○ suspendarea alimentării cu combustibil sau comanda vacuumică a deschiderii relativ mai mult a clapetei obturator în regim de decelerare;

- aerisirea camerei de nivel constant a carburatorului când motorul cald se oprește;
- injecția de apă pe traseul admisiune pentru diminuarea oxizilor de azot;
- utilizarea carburatorului electronic, a injecției monopunct și multipunct de combustibil, gestionate de asemenea electronic;
- controlul noxelor prin forma camerei de ardere și prin stratificarea amestecului;
- utilizarea raportului de comprimare variabil și a distribuției variabilei;
- practicarea soluției de umplere și golire a cilindrului prin procedeul mișcării fluidului proaspăt în tumbă;
- folosirea unor sisteme de aprindere evoluate care în ordinea performanțelor sunt:
 - aprinderea tranzistorizată și contacte mecanice;
 - aprinderea tranzistorizată fără contacte (inductiv sau plăcuțe Ztall);
 - aprinderea electronică microcomputerizată;
 - recircularea gazelor arse, soluție practică cu succes și la motoarele turbosupraalimentate asupra căreia se va insista în continuare.

Caracterul inert al gazelor arse face ca prezența acestora în cilindrul motor să reducă temperatura pe ciclu și conținutul de emisii de oxizi de azot (NO_x) [7].

Conținutul de gaze arse poate fi controlat fie prin întârzierea închiderii supapei de evacuare, fie, ceea ce este mai eficient și mai ușor de dozat, prin recircularea unei cote părți din gazele eșapate, spre cilindru.

Procedeul este mai eficient decât cel ce apelează la diluarea gazelor arse inițial cu aer, deoarece, în prezența gazelor reziduale, formarea NO_x este mult mai mult frânată.

Cota volumică prelevată raportată la volumul total de gaze eșapate este în general de 3-5% la m.a.s. și până la circa 30% la m.a.c. [114;115].

În cazul în care coeficientul de recirculare este prea mare, se poate stinge flacăra în masa de gaze sau pot apare chiar rateuri de aprindere, ceea ce este și mai grav, deoarece crește mult conținutul de hidrocarburi (HC) și monoxid de carbon (CO) în gazele evacuate.

Gazele arse prelevate pot fi răcite înainte de introducerea în colectorul de aspirație, mai ales pentru a nu se penaliza umplerea, una dintre soluții fiind cu comandă mecanică [7] conform figurii 2.7.

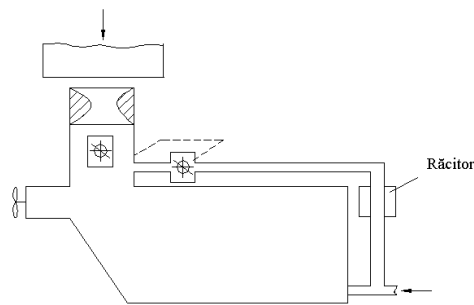


Fig. 2.7. Dispozitiv de prelevare cu comandă mecanică

Un procedeu mai evoluat de prelevare este cel care apelează la dispozitiv servo-vacuumatic de comandă (figura 2.8.), reglajul cantității de gaze arse recirculate făcându-se în raport cu sarcina (după depresiunea în dreptul clapetei obturator și temperatura fluidului de răcire) precum și în raport cu contrapresiunea de pe traseul de evacuare și de turația motorului [114;115].

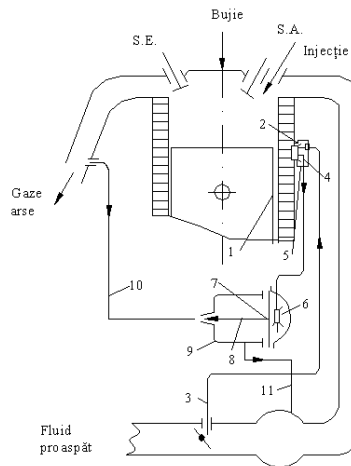


Fig. 2.8. Dispozitiv servo - vacuumatic de prelevare:

1-termoventil; 2-plăcuță de comandă; 3-priză de presiune de la obturator; 4,5-ventil de reglare; 6-arcul dispozitivului servo-vacuumatic; 7-membrană elastică; 8-tijă și ventil de comandă al gazelor prelevate; 9-cameră servo-mecanism; 10,11-conductă de prelevare; S.A.-supapă de admisie; S.E.-supapă de evacuare prelevate; 9-cameră servo-mecanism; 10,11-conductă de prelevare; S.A.-supapă de admisie; S.E.-supapă de evacuare

Motoarele cu poluare redusă fabricate după 1987 au în bună parte și comanda prelevării gazelor arse electronizată. Acestea se realizează printr-un bloc electronic, care primește informații în legătură cu sarcina motorului, turația, coeficientul excesului de aer (de la sonda lambda) și temperatura fluidului de răcire. Poziționarea ventilului electromagnet (figura 2.9.) se realizează utilizând un program de interpolare adecvat, în memoria microprocesorului găsiindu-se informații obținute de la standul de probă, pentru a se asigura reglajul de prelevare din condițiile: noxe minime, mers uniform și consum specific cât mai mic.

În raport cu cantitatea de gaze arse recirculate, conținutul de NO_x se poate reduce cu până la 60%. Dacă cota procentuală a acestor gaze, raportată la aerul introdus în motor nu depășește 10...15% nu se înregistrează creșteri ale consumului de combustibil (figura 2.10.) în cazul motoarelor cu aprindere prin

scânteie. Limita cantitativă de prelevare este determinată de creșterea conținutului de hidrocarburi în gazele de eșapament, de majorarea consumului specific de combustibil și de mersul neregulat al motorului. Aceasta face ca la mersul în gol și la sarcină totală, când amestecul este foarte bogat și practic consistența emisiilor de NO_x este minimă, să nu se mai recircule gazele arse spre cilindru.

Recircularea gazelor arse aduce și unele efecte suplimentare [7] care pot fi diminuate conform măsurilor schițate în figura 2.11.

Este reținut că, în timp, se pot înregistra depuneri de compuși macromoleculari pe traseul de admisiune și scaunele supapelor de aspirație.

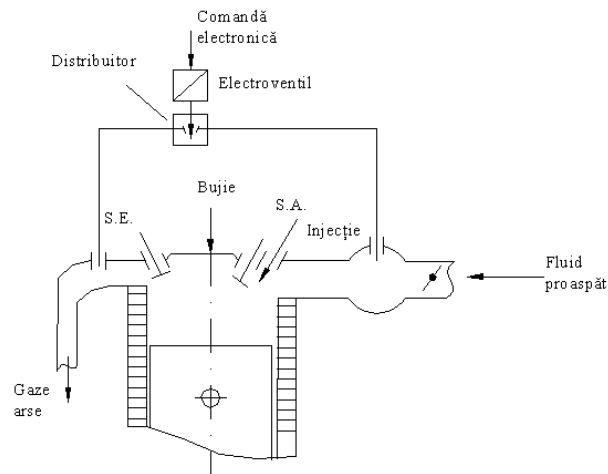
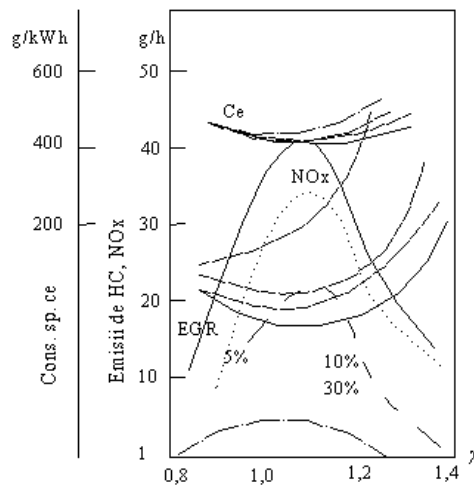


Fig. 2.9. Motor cu control electronic al cantității de gaze prelevate



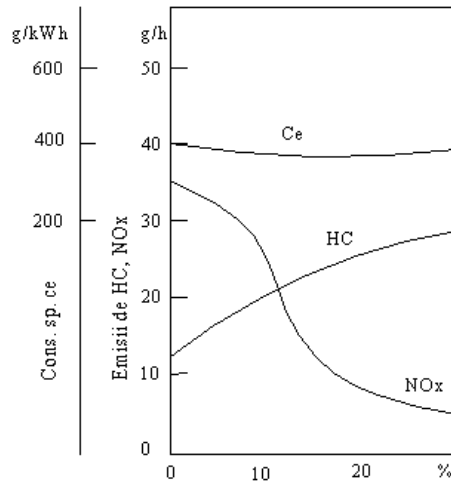


Fig. 2.10. Influența recirculării asupra noxelor și a consumului specific de combustibil

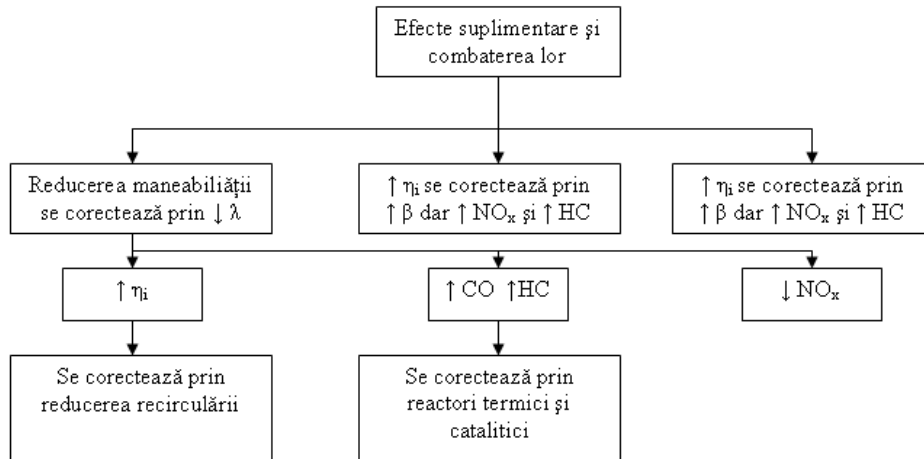


Fig. 2.11. Măsuri de control a efectelor suplimentare determinate de recircularea gazelor

2.4. Metode pasive de reducere a emisiilor la motoarele cu aprindere prin scânteie cu catalizator

2.4.1. Considerații generale

Emisiile poluante din gazele de evacuare produse de motoarele cu aprindere prin scânteie limitate prin prevederi legislative sunt: hidrocarburile (HC), monoxidul de carbon (CO) și oxizii de azot (NO_x). Indirect, pentru a limita poluarea atmosferei cu compuși ai plumbului se renunță din ce în ce mai mult la aditivarea benzinelor cu antidetonanți pe bază de plumb. Principalele metode pasive care se aplică motoarelor cu aprindere prin scânteie sunt utilizarea reactorilor termici, a filtrelor pentru reducerea particulelor de plumb și a reactorilor catalitici.

Primele două sisteme sunt deja mai puțin folosite, primul datorită eficienței sporite a reactorilor catalitici, iar cel de-al doilea din cauza renunțării la etilarea benzinelor.

Reactorii termici sunt sisteme dezvoltate în anii '70 în scopul oxidării CO și HC din gazele de ardere și al căror principiu constă în menținerea acestor gaze cât mai mult timp la temperaturi ridicate, la care reacțiile de oxidare se pot produce. Reactorul este realizat dintr-o manta cilindrică din tablă izolată sau neizolată, după cum este plasat mai departe sau mai aproape de motor, în care se introduce un tub din oțel refractar cu conținut foarte ridicat de Ni, tub ce funcționează la temperaturi de 900...1100°C. Asigurarea acestor temperaturi înalte a creat probleme constructive, care au condus la renunțarea folosirii lor. Descrierea lor detaliată este cuprinsă în lucrarea [85].

Filtrele pentru reducerea particulelor de plumb sunt realizate din site de oțel acoperite cu aluminiu. La temperaturi ridicate, plumbul reacționează cu aluminiul și formează compuși nevolatili.

După probe de cale de 700 000 km, s-a constatat că filtrul reține plumbul și compușii săi în proporție de 90% în trafic urban, 70 – 80% în trafic interurban și 40% pe autostradă, la viteze mari. Dacă filtrul nu este înfundat, rezistența sa nu este prohibită pentru căderea de presiune [115]. Se recomandă la motoarele care trebuie să funcționeze cu benzine cu plumb. Eficiența acestora este destul de bună, totuși s-a constatat că nu sunt reținute tocmai acele particule de dimensiuni foarte mici, care pătrund prin traiectul respirator.

2.4.2. Catalizatorii destinați motoarelor cu aprindere prin scânteie

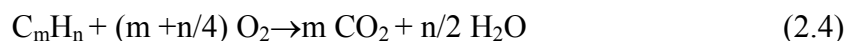
2.4.2.1. Principii de funcționare și reacții chimice

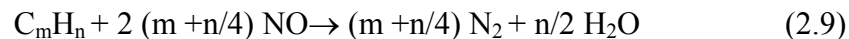
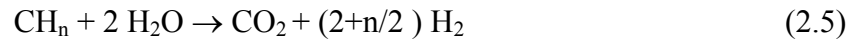
Soluția pasivă cea mai utilizată și cea mai eficientă este cea care folosește cataliza și catalizatorii. Au fost concepute sisteme catalitice denumite reactoare catalitice, sau convertoare catalitice, în care reacțiile de oxidare și/sau de reducere pot avea loc cu ajutorul unor substanțe chimice promotoare. Acțiunea catalizatorilor se bazează pe proprietatea acestora de a reduce substanțial pragul energetic, pentru declanșarea reacțiilor de oxidare și de reducere și de a accelera viteza de reacție a acestor procese. Astfel, temperatura necesară pentru producerea acestor reacții se reduce semnificativ.

Începutul acestor reacții este precedat de adsorbția substanțelor oxidabile și a oxigenului de către centrele catalitice active, la care se slăbesc legăturile chimice din molecula substanței nocive. Astfel, se reduce considerabil energia de activare necesară reacției. În cadrul procesului de cataliză, un rol deosebit îl joacă transportul de materie la și de la centrele active ale catalizatorului. Întregul proces are loc în trei etape principale [63]:

- adsorbția;
- reacția chimică;
- desorbția.

Reacțiile principale care au loc sunt[65]:





Reacțiile (2.4) – (2.7) sunt de oxidare și determină transformarea hidrocarburilor nearse (HC) și a monoxidului de carbon (CO), în timp ce reacțiile (2.8) – (2.10) sunt de reducere a NO_x. La un catalizator trivalent (Three Way Catalyst), reacțiile (2.4) – (2.10) au loc simultan. Reacțiile (2.11) – (2.16) sunt reacții secundare, care apar în procesul catalizei.

Eficiența unui catalizator este apreciată prin gradul de conversie definit cu formula:

$$E = (c_i - c_e) / c_i \quad (2.17.)$$

în care:

- ci - este concentrația poluantului înaintea catalizatorului;
- ce - este concentrația poluantului după catalizator.

Principalii parametri care influențează gradul de conversie sunt:

- coeficientul de exces de aer și variația acestuia;
- temperatura gazelor arse;
- viteza spațială (debitul gazelor arse raportat la volumul catalizatorului).

2.4.2.2. Clasificare și istoric

Sistemele catalitice se pot clasifica după diferite criterii, conform tabelului 2.6.

Din punct de vedere al numărului de paturi catalitice folosite, la începuturile dezvoltării catalizatorilor s-au folosit catalizatori de oxidare cu un singur pat sau cu două paturi, în combinație cu catalizatorul de reducere. Catalizatorul de reducere nu se mai folosește din cauza consumului de combustibil mare la un coeficient de exces de aer supraunitar și a refacerii amoniacului conform reacției 10. Reactorii cu un singur pat lucrează cu aer secundar și asigură oxidarea hidrocarburilor și a monoxidului de carbon în H_2O și CO_2 . La injecția de benzină, dacă se lucrează cu $\lambda > 1$, nu este absolut necesar aerul secundar, dar la carburator acesta este indispensabil.

Tabelul 2.6. Criterii de clasificare sisteme catalitice

Criteriul de clasificare	Tipul catalizatorului
Funcția	Catalizator de oxidare (HC, CO) Catalizator de reducere (NO_x) Catalizator trivalent (HC, CO, NO_x)
Numărul paturilor catalizatorului	Catalizator cu un pat Catalizator cu pat dublu
Configurația suportului	Catalizator monolitic Catalizator cu granule
Materialul suportului	Catalizator ceramic Catalizator metalic
Materialul de acoperire	Catalizator cu metale nobile Catalizator cu alte materiale, nenobile
Conținutul de plumb al combustibilului	Catalizator sensibil la plumb Catalizator insensibil la plumb
Scopul utilizării	Catalizator principal Catalizator de pornire

Reactorul cu pat dublu constă din doi reactori legați în serie. Motorul va funcționa cu coeficientul lambda subunitar ($\lambda < 1$), fiind utilizabil și la motorul cu carburator fără probleme.

Reducerea catalitică a oxizilor de azot (NO_x) conduce și la formare de amoniac (NH_3) care, datorită aerului secundar, fără de care nu se pot oxida catalitic hidrocarburile și monoxidul de carbon, determină producerea parțială din nou de NO_x , reactorul fiind mai puțin performant decât cel cu trei căi.

După criteriile funcției chimice și al numărului de paturi, în figura 2.11. este ilustrată evoluția sistemelor catalitice.

În ceea ce privește configurația suportului, s-au folosit la început catalizatori depuși pe granule din materiale ceramice, la care substanțele active au fost depuse pe bile sau bastonașe. Prețul de cost este foarte ridicat, dovedind o amorsare slabă, rezistențe gazodinamice mari și pierderi mari de material, ei fiind înlocuiți cu catalizatori monolitici.

Din punct de vedere al materialului suportului, ca alternativă la catalizatorul ceramic s-a dezvoltat catalizatorul cu suport metalic din aliaje de Al-Cr-Fe, cu strat intermediar din pământuri rare (itriu, ceriu); acesta se folosește, datorită compactității sale, în funcția de catalizator de pornire pentru

îmbunătățirea amorsării unui catalizator principal și pentru ușurarea sarcinii sondei lambda (λ). Suportii ceramici reacționează cu plumbul din combustibil, provocând modificări eutectice (silicat de plumb), care duc la scăderea temperaturii de topire; acest dezavantaj nu-l au suportii metalici, care sunt toleranți în ceea ce privește acțiunea plumbului.

Pentru motoare de performanță, catalizatorul cu suport metalic prezintă avantaje mai ales în regim de pornire; este realizat din cilindri concentrați și fâșii ondulate introduse între aceștia, grosimile tablelor fiind de 0,04–0,07 mm, conform reprezentării din figura 2.13. [46]. Datorită bunei conductivități a metalelor, reactorul intră foarte repede în regim normal de funcționare. Este puțin sensibil la solicitări mecanice, realizează pierderi de presiune mai reduse decât reactorii cu suport ceramic, dar are un preț de cost mai ridicat.

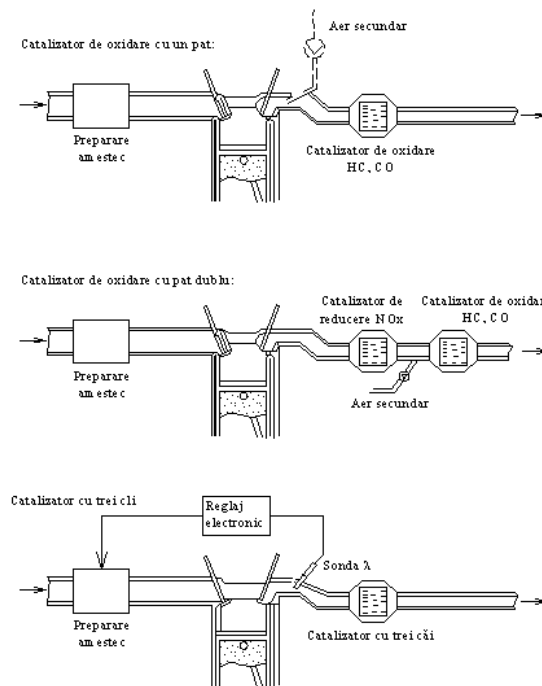


Fig. 2.12. Scheme de catalizatori

Pentru catalizatorii monolitici, în tabelul 2.7. sunt prezentate, evolutiv, domeniile ferestrelor λ și a aerului secundar (în procente față de aerul de admisie) specifice diferitelor variante.

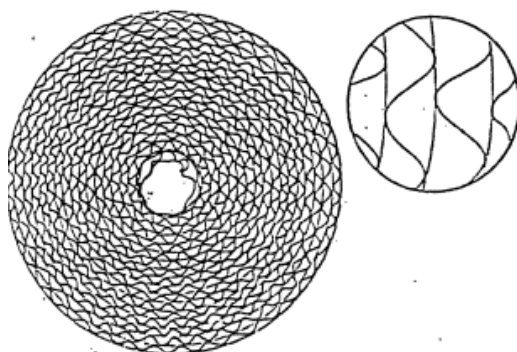


Fig. 2.13. Reactor catalitic cu suport metalic

Tabelul 2.7. Generații de catalizatoare

Formarea amestecului	Sistemul catalitic	Fereastra λ	Aerul secundar [%]
Generația 1 Carburator nereglat Amestec bogat	Cu un singur pat – cat.1 (HC/CO) Cu două paturi – cat 2.1(NO _x) și 2.2 (HC/CO)	0,85 – 0,98	20 20(2.2)
Generația 2 K-Jetronic L-Jetronic Amestec sărac	Cu un singur pat – cat.3 (HC/CO și parțial NO _x)	1– 1,10	0
Generația 3 K-Jetronic L-Jetronic Carburator cu amestec reglat	Cu un singur pat – cat.4 (HC/CO / NO _x) Cu două paturi – cat.5.1 (HC/CO / NO _x) și cat.5.2 (HC/CO)	0,98 – 1,01	0 8 – 10

Caracteristic primei generații a fost utilizarea unor carburatoare nereglate, cu amestec bogat ($\lambda < 1$), la care oxigenul necesar reacțiilor provenea din aer secundar. S-au folosit atât catalizatorii cu un pat, numerotați în tabelul 2.7. cat. 1 cu recircularea gazelor de evacuare, cât și catalizatorii cu două paturi, unul de reducere cat. 2.1 și unul de oxidare cat. 2.2.

Generația a doua este destinată injecției de benzină, funcționând cu amestecuri sărace ($\lambda = 1,05$), fără aer secundar. S-au folosit catalizatori de oxidare cu un singur pat și cu recircularea gazelor arse. Pentru reducerea parțială a NO_x, Concernul VW a folosit pentru prima dată catalizatorul cu trei căi, cu raportul platină rodium de 12,3:1, în condiții de oxidare nereglată (Open Loop). Datorită funcționării cu exces de aer, față de generația 1 s-au realizat economii de combustibil.

Generația a treia este formată din sisteme reglate de formare a amestecului, folosindu-se sonde lambda (λ), devenind necesară funcționarea motorului la coeficient unitar ($\lambda = 1$). Catalizatorii trivalenți cu un singur pat (cat.4) satisfac pe deplin nevoile motoarelor cu injecție de benzină. La motoarele cu carburator s-a folosit sistemul cu două paturi cu catalizator trivalent (5.1) și cu catalizator de oxidare (5.2). Cu această soluție motorul funcționează cu amestec stoichiometric, dar este nevoie de o cantitate de aer secundar mai mică decât pentru cat.1, care se realizează prin autoaspirarea aerului secundar.

2.5. Catalizatorul cu triplă acțiune

În prezent, în Europa se folosește aproape în exclusivitate catalizatorul trivalent sau cu triplă acțiune (cu trei căi - Three Way Catalyst) cu suport ceramic, catalizator integrat în sistemul descris anterior ca aparținând generației a treia .

Catalizatorii s-au dezvoltat în două sisteme, reprezentate în figura 2.14.: catalizator cu granule și catalizator monolitic.

În prima fază s-au folosit catalizatorii cu granule, dar construcția nu s-a răspândit, cea mai întâlnită fiind construcția monolitică din materiale ceramice (figura 2.14.).

Suportul formează în ansamblu cu carcasa, corpul propriu-zis al convertorului. Suportul ceramic este o construcție de tip fagure cu secțiunea rotundă sau ovală, cu canale pătrate, dispuse perpendicular pe direcția de curgere ($200\text{--}600$ celule/inch²). Materialul ceramic, denumit cordierit, este refractar. Materialul are conductibilitate termică mică, rezistență mecanică, rezistență gazodinamică redusă și secțiune transversală mare. Suportul cu 400 cel/inch² reprezintă cel mai bun compromis al acestor proprietăți.

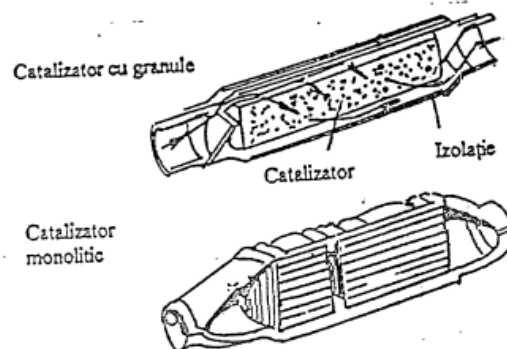


Fig. 2.14. Reactori catalitici cu granule și cu structuri monolite

Stratul intermediar este compus din alumina și este depus printr-un procedeu special pe suport, în vederea intensificării activității catalitice a stratului nobil. Acest strat intermediar are o suprafață specifică mare ($10\text{--}25$ m²/g) și conține așa-numiții promotori care măresc capacitatea de acumulare a oxigenului la catalizatorul trivalent și care ajută reacțiile de reformare a vaporilor de apă și a vaporilor de hidrocarburi.

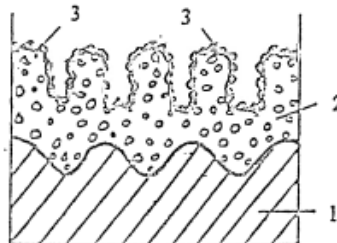


Fig. 2.15. Structura catalizatorului:

1 – suportul ; 2 – stratul intermediar ; 3 – stratul catalitic activ.

Stratul catalitic activ constă din metale nobile cum sunt platina, paladiul și rodiul. În timp ce platina promovează reacțiile de oxidare, rodiul contribuie la reducerea NO_x . Un exemplu de depunere a unui catalizator existent este caracterizat de următoarele date: raportul platină rodiu de 5 la 1, concentrația totală de metal nobile de 40–50 g/ft³.

Catalizatorii ceramici monoliți au depus oxid de aluminiu peste care se aplică pentru reactori oxidanți platină și paladiu iar pentru cei cu trei componente, platină, pentru hidrocarburi, platină și rodiu pentru NO_x .

Conținutul de metale nobile poate fi redus la 2–3g pe un reactor, suprafața activă ajungând la 20 000 m².

Domeniul optim de funcționare este 400...950°C, peste 800°C existând pericol de compromitere termică, până la această valoare putându-se folosi și 100 000 km fără probleme.

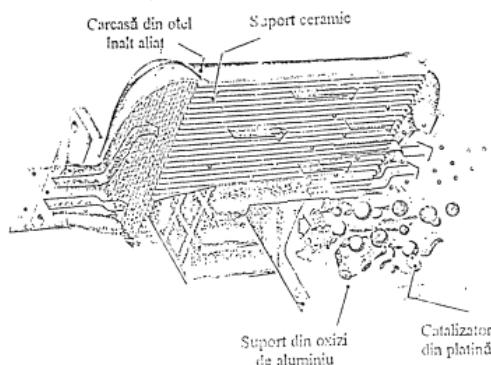


Fig. 2.16. Schemă axiometrică a catalizatorului cu trei căi

În figura 2.16. este reprezentată o secțiune axiometrică prin catalizatorul cu trei căi.

La defecțiuni, mai ales în sistemul de aprindere, reactorul poate ajunge la 1400°C, când se compromite rapid mai ales exfolierea substanței active.

Este interzisă folosirea benzinelor cu plumb. Dacă se face totuși o astfel de alimentare, este permis eventual un singur rezervor, se va decupla sonda lambda, se va alimenta apoi cu 2–3 rezervoare cu benzină verde, tot fără sondă și apoi se va reintroduce sonda în funcțiune. Pentru această situație, gradul de murdărire al reactorului este încă suportabil. Este indicată totuși o verificare la o stație service autorizată.

Sonda lambda funcționând în condițiile utilizării benzinei cu plumb, respectiv la reactor parțial murdar, dă informații eronate despre calitatea amestecului, ceea ce face ca motorul să funcționeze cu amestec bogat, cu penalizări atât la consum cât și la noxe. Dacă sonda lambda este scoasă din funcțiune, eficacitatea de reducere a noxelor scade la 30%.

În figura 2.17. este ilustrat efectul reactorului catalitic asupra principalelor noxe în raport cu coeficientul excesului de aer lambda. [8]. Se constată că intervalul convenabil pentru reducerile simultane ale celor trei compuși este foarte îngust, fereastra lambda, care desemnează intervalul coeficientului de exces de aer pentru care se produce reacția în buclă închisă a sondei, este între 0,99 și 1. Sonda

lambda instalată în sistemul de evacuare măsoară conținutul de oxigen al gazelor arse. În cazul amestecurilor sărace tensiunea în senzor este de 100 mV, iar la amestecuri bogate tensiunea crește la 800mV. Pentru amestecul stoichiometric tensiunea senzorului scade brusc de la o valoare la cealaltă. Se observă că în domeniul amestecurilor sărace catalizatorul nu mai are efecte benefice în ceea ce privește diminuarea oxizilor de azot și datorită disponibilităților excesive de oxigen.

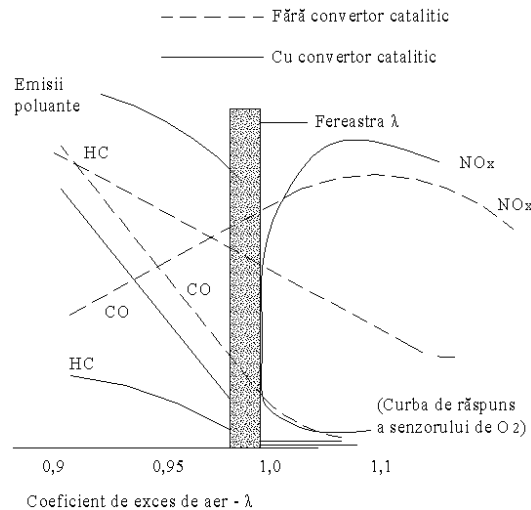


Fig. 2.17. Efectul reactorului catalitic asupra noxelor

2.6. Reducerea emisiilor la pornire pentru motoarele cu prelucrarea gazelor evacuate în catalizatori

Una dintre cele mai dăunătoare faze de funcționare a motoarelor echipate cu catalizatori este faza pornirii la rece, fază în care 60–85% dintre poluanți sunt eliminați prin sistemul de evacuare. Pentru a scurta această fază, se recomandă funcționarea la mers în gol după pornire sau folosirea unor dispozitive care să reducă perioada de încălzire a catalizatorului.

Un catalizator nu este amorsat sub temperaturi de 250°C, iar sistemul este eficient numai peste 1–2 minute. La pornirile la rece, amestecul trebuie să fie mai bogat, ceea ce înseamnă că pe lângă consumul mărit de combustibil ies gaze de evacuare cu combustibil nears. Pentru reducerea duratei de încălzire a catalizatorului s-au căutat cele mai convenabile metode. Una ar fi poziționarea catalizatorului cât mai aproape de motor, ceea ce poate produce încălzirea nedorită a compartimentului motorului, cu impedimente asupra pieselor electronice, tuburilor de cauciuc, izolațiilor electrice și a polimerilor.

O soluție convenabilă este încălzirea electrică la pornire a catalizatorului cu energie de la bateria de acumulatori. Catalizatorul cu încălzire electrică este cald înainte de antrenarea motorului fiind necesare 1–2 kW pentru 20–40 s. Totuși, această energie, preluată de la alternator sau baterie, înseamnă practic o energie dublă a combustibilului ars în motor; în plus, sistemul introduce gradienti termici foarte mari și supune bateria și alternatorul la cicluri de descărcare repetate dure.

Altă metodă este utilizarea unui arzător de combustibil care generează o putere de 10–20 kW, producând o încălzire rapidă, cu gradienti severi de temperatură.

Un alt mod de menținere a căldurii în catalizator este izolarea catalizatorului. Aceasta înseamnă folosirea unei conducte izolate cu pereți dubli, care pornește de la colectorul de evacuare până la catalizator și izolații refractare în jurul catalizatorului însuși, pentru a menține temperatura peste cea de lucru timp de câteva ore după oprirea motorului. Totuși, asigurarea unei izolații atât de eficiente este dificilă, implicând gabarite și mase foarte mari.

O altă metodă este folosirea unei izolări compacte cu variație a conductanței termice [39]. Între călătorii, conductivitatea este mică ducând la reținerea căldurii, iar la faza de încălzire conductivitatea crește pentru eliberarea rapidă a căldurii. Un astfel de sistem propune firma *NREL*, cu utilizarea a trei inovații: *izolație compactă vacuumică*, *material cu schimbarea stării de agregare*, ca agent de stocare termică și *izolație cu conductivitate variabilă*, pentru a preveni supraîncălzirea. Sistemul este scump și dificil de întreținut.

Firma *Schatz* a proiectat o baterie de căldură care stochează căldura reziduală preluată din motor folosind izolarea vacuumică (pierderea de căldură este de 3W la temperaturi ale mediului sub -20°C); bateria conține o serie de tuburi plate din tablă, umplute cu materiale care își schimbă starea de agregare. Când temperatura lichidului de răcire este mai mare de 78°C , materialul se topește și energia se stochează sub formă de căldură latentă peste noapte sau chiar până la sfârșitul săptămânii. La pornirea la rece, lichidul de răcire trece prin baterie extrăgând căldura, solidificând materialul și încălzind motorul și cabina. Materialul este un compus al bariului, $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, reciclabil, nepoluant.

2.7. Sinteză asupra controlului la motoarele cu aprindere prin scânteie

2.7.1. Corelația dintre condițiile de funcționare și noxe

Condițiile de funcționare a motoarelor cu aprindere prin scânteie, determinante pentru noxele eșapate, vor fi tratate prin prisma parametrilor ce guvernează funcționarea motorului.

Influența turației. Dacă turația crește, lucrul mecanic de frecare crește, consumul orar se majorează, randamentul mecanic și puterea efectivă se diminuează, consistența noxelor devenind mai severă. Trebuie reținut că, la o turație mai mare, obținerea puterii se face cu un consum de combustibil mai mare decât la turație mică, consum de combustibil majorat înseamnă inclusiv creșterea noxelor.

Influența sarcinii. Sarcina, definită prin coeficientul de sarcină $\chi = \frac{P_e}{P_{ec}}$

are următoarele efecte: dacă se majorează temperatura fluidului din cilindru, se reduce efectul de stingere a flăcării în masa de gaze, se îmbunătățește arderea moderată, scade conținutul de hidrocarburi și monoxid de carbon, dar crește cel de oxid de azot.

Influența vitezei de deplasare a autovehiculului. Dacă această viteză crește, puterea efectivă crește, consumul orar de combustibil crește, ceea ce ar determina, în general, majorarea noxelor. Având însă în vedere că la creșterea vitezei autovehiculului crește și sarcina motorului, putem aprecia că hidrocarburile și monoxidul de carbon nu cresc cu aceasta, majorându-se însă cantitatea de oxizi de azot datorită regimului termic mai sever.

Efectele funcționării în regim tranzitoriu a motorului. Dificultățile de dozaj în regim tranzitoriu determină majorarea noxelor. Deschiderea bruscă a obturatorului atât la carburație, cât și la injecția monopunct facilitează separarea combustibilului din aer și cu aceasta necesitatea îmbogățirii suplimentare a amestecului, crescând consumul de combustibil și noxele. Numai injecția multipunct poate rezolva această problemă, cu atât mai mult cu cât nu este vorba de spații de volume mari care trebuie umplute și golite de amestec proaspăt. Cu cât tranziția este mai severă cu atât injecția multipunct este mai avantajoasă pentru consumul de combustibil și pentru noxe.

2.8. Elemente privind determinarea experimentală a poluanților și a mirosului gazelor de eșapament

2.8.1. Inventarierea metodelor de măsurare a noxelor

Cercetarea genezei poluanților și a eficienței mijloacelor de combatere a acestora impun identificarea naturii și a concentrației substanțelor poluante prin metode și cu echipamente cât mai performante de măsurare. Acestea trebuie să satisfacă o serie de cerințe distincte cum ar fi: timpul de răspuns redus, mai ales pentru măsurările continue, costurile legate de încercare și materialele consumabile să fie cât mai mici, fiabilitatea și precizia cât mai mari.

Întrucât metodele de investigație se aplică unei probe prelevate din gazele de eșapare, aceasta nu trebuie să sufere modificări în perioada deplasării în sistemul de prelevare sau în perioada de conservare (absorbție-desorbție la perete, condensare, reacții chimice între componente, etc.).

Metodele de analiză aplicate pentru a determina componentele gazelor de evacuare nelimitate prin norme nu sunt, nici ele și nici metodele de prelevare a probelor, reglementate de astfel de norme. În același timp, deși pentru prelevarea probelor se pot utiliza, în parte metodele unice aplicate componentelor limitate prin norme, la înregistrarea analitică se pot aplica metode unice pentru ambele grupe de substanțe. Aceasta se justifică, în principal, prin două cauze: pe de-o parte, sensibilitatea aparatelor de măsură aplicabile componentelor gazelor de evacuare limitate prin norme nu corespunde cerințelor efectuării cercetărilor componentelor care nu sunt limitate prin norme, componente a căror concentrație este de multe ori mai redusă iar pe de altă parte, selectivitatea aparatelor existente este insuficientă.

De aceea, a fost necesară elaborarea unor tehnici de înregistrare de înaltă sensibilitate, precum și a unor metodici de prelucrare prealabilă a probelor pentru separarea dorită a substanțelor necesare. Această combinație dintre prelevarea

selectivă a probelor, dirijată în totalitate spre separarea și detectarea specială a substanțelor, a căpătat denumirea de microanaliză.

Metodele de microanaliză se bazează, în principal, pe principii fizice sau fizico-chimice de măsurare. Printre acestea sunt, de exemplu, metode cunoscute precum :

- spectrometria masică;
- cromatografia;
- gravimetria;
- termo-gravimetria;
- combinații ale cromatografiei cu spectrometria masică.

Metodele clasice, pur chimice, de analiză nu se pot aplica, în majoritatea cazurilor, unor serii mari de măsurători, datorită timpului îndelungat de lucru și a costurilor mari implicate. De aceea, unde a fost posibil, ele s-au înlocuit cu metode moderne, în mare măsură automatizate.

Metodele utilizate pentru prelevarea probelor și metodele de analiză pentru diferitele componente ale gazelor de evacuare sunt prezentate în tabelul 2.8.

Tabelul 2.8. Metode prelevare, analiză pentru diferite componente ale gazelor de evacuare

COMPONENTELE	METODELE DE PRELEVARE A PROBELOR *	METODELE DE ANALIZĂ **
Masa totală a particulelor	Filtrarea	Gravimetria
Totalitatea cianurilor	Absorbția	Fotometria
Amoniacul	Absorbția	Fotometria
Dioxidul de sulf	Absorbția	Titrarea
Sulfații	Filtrarea	Fotometria
Hidrogenul sulfurat	Absorbția	Fotometria
Totalitatea aldehydelor	Absorbția	Absorbția
Aldehyde separate și cetone	Absorbția	HPLC
Totalitatea fenolilor	Absorbția	Fotometria
Hidrocarburi separate	Sac colector	GC/FID
Hidrocarburi aromatice	Filtrarea, filtrarea cu absorbție	DSC/HPCC,GC/FID,GC/MC
Combinații organice care se leagă de particule	Filtrarea	Extracție, termogravimetrie
Compoziția elementară a particulelor	Filtrarea	Analiza elementară, amortizarea atomică și spectroscopia Röntgeno-fluorescentă

* Prelevarea probelor se face din gazele de evacuare diluate, exceptând analiza hidrocarburilor aromatice policiclice pentru care prelevarea probelor se face direct din curentul de gaze de evacuare nediluate.

** DSC - cromatografia straturilor subțiri;

HPLC – cromatografie lichidă de înaltă sensibilitate;

GC/FID – cromatografie cu detector de ionizare a flăcării;

GC/MC – cromatografie cu spectrometrie de masă.

În esență, metodele pentru măsurarea noxelor apelează la :

a.) În cazul hidrocarburilor :

- spectroscopia în infraroșu
- cromatografia cu gaze
- spectroscopia de masă

- b.) În cazul oxidului de carbon :
- absorbția în infraroșu
 - oxidarea catalitică
 - spectroscopia în infraroșu
- c.) În cazul oxizilor de azot :
- spectroscopia în infraroșu
 - spectroscopia în ultraviolet
 - spectroscopia de masă
 - metode de chemiluminiscentă
 - metode calorimetrice
- d.) În cazul fumului și al particulelor (compuse în principal din funingine și hidrocarburi absorbite sau condensate la motoarele Diesel) :
- gravimetria și termogravimetria (aplicate și pentru stabilirea fracțiunilor organice ce compun particulele).
 - fotometria (bazată pe măsurarea valorii absolute a absorbției luminii servind la determinarea concentrației unui component dintr-un amestec)

Este de reținut că măsurarea particulelor implică o procedură complicată cu aparatură costisitoare, care presupune: diluarea gazelor de evacuare sau a unei părți a acestora, măsurarea exactă a raportului de diluație, cântărirea filtrelor înainte și după eșantionare într-o atmosferă controlată, cunoașterea exactă a debitului de gaze diluate care trec prin filtru în perioada eșantionării.

Această tehnică este obligatorie astăzi la abilitarea unor motoare noi sau de concepție modernizată, pentru inspecțiile tehnice periodice obligatorii fiind acceptate metode mai simple, expeditiv și ieftine, care apelează la măsurarea indicelui de fum cu ajutorul fummetrelor, cele mai obișnuite fiind :

-fummetrul Bosch, cu scală de la 0 la 10, la care se evaluează gradul de înnegrire a hârtiei de filtru de tip Whatman 4, de 8 cm², prin care este trecută o probă de gaz de 330cm³.

Gradul de înnegrire al filtrului este măsurat de o celulă fotoelectrică ce primește lumina reflectată suprafața filtrului (reflectrometru).

-fummetrul Hartridge care exploatează gradul de extincție al luminii, pe o scală de la 0 la 100. Lumina emisă cu o sursă cu filament de tungsten ajunge la o celulă fotoelectrică, după ce trece printr-o coloană lungă de 457 mm în care se găsește gazul de analizat. Sursa de lumină și celula sunt plasate pe brațe ce pot pivota, astfel că pot fi aliniate cu o coloană de lungime egală plină cu aer curat, printr-un control. Originea scalei aparatului corespunde situației când lumina trece prin aer curat, iar dimensiunea 100, obturării complete a luminii.

-alte instrumente de firmă, necomercializate.

Instituții consacrate în domeniul investigării de motoare Diesel și de aparatură destinată acestui scop cum sunt MIRA (Societatea Britanică pentru Cercetări în Industria de Automobile) și AVL (Institutul Austriac de Cercetări a Motoarelor) au obținut rezultate foarte bune în stabilirea legăturii între cifrele de fum și concentrația de funingine măsurată în gazele de evacuare nediluate, mai exact în stabilirea corelațiilor fum-funingine la estimarea emisiei masice de particule[2]. De menționat că în cazul metodei MIRA se apreciază cu unitați

Hartridge (HSU) legate de coeficientul de absorbție cu lumini K_M în $[m^{-1}]$ prin relația:

$$HSU[\%]=1-e^{-0,43 K_M} \quad (2.18.)$$

2.8.2. Evaluarea mirosului gazelor de eșapament

Mirosul produs de gazele de evacuare ale motoarelor cu ardere internă reprezintă un alt neajuns, cauzând neplăcere respiratorie, senzație de disconfort, iar în cazul concentrațiilor mari, iritații ale mucoasei nazale și senzație de sufocare.

La motoarele cu aprindere prin scânteie mirosul gazelor arse de evacuare este supărător, mai ales la pornire, când se elimină combustibil nears. La motoarele cu aprindere prin comprimare mirosul gazelor de evacuare este mai puternic decât la motoarele cu aprindere prin scânteie. Acesta este dat de o serie de compuși de oxidare parțială a motorinei, de compuși oxigenați, din grupa aldehidelor, fenolilor și substanțelor aromatice ca și de compușii pe bază de sulf.

O serie de cercetări arată că intensitatea mirosurilor emise de gazele motoarelor Diesel crește cu sarcina, descrește prin îmbunătățirea sistemului de injecție și nu variază semnificativ cu turația motorului. Aplicarea catalizatorilor de oxidare conduce la reducerea intensității mirosului și a compușilor oxigenați.

Evaluarea mirosurilor este o problemă dificilă, deoarece implică aprecierea prin metode senzoriale, metode cu grad ridicat de subiectivitate. Studiul mirosurilor se realizează cu juriu de specialiști, antrenați în acest scop. Aceștia miros probe de gaz de evacuare, diluat cu aer în diferite proporții, sub și peste pragul de detectabilitate al mirosului uman. Se determină astfel concentrațiile de gaz care sunt supărătoare prin intermediul relației de proporționalitate dintre intensitatea mirosului și logaritmul zecimal din concentrația minimă sesizată de juriu [2].

O altă metodă, mai puțin artificială și mai ușor de pus în practică, folosește diluția naturală a gazelor evacuate cu aerul. În interiorul unui hangar funcționează un motor, la diferite distanțe de acesta, fiind plasați evaluatori care apreciază distanța până la care mirosul este sesizat.

Ambele metode sunt subiective, apreciind numai intensitatea mirosurilor. O abordare care evaluează și calitatea mirosurilor utilizând o scară absolută de referință este metoda Turk, în care un juriu antrenat format din 12 specialiști apreciază intensitatea și calitatea mirosului gazelor de evacuare (patru calități : afumat-ars, aromatic, caustic și uleios), prin compararea acestora cu cele emise de o trusă etalon. Trusa Turk cuprinde două seturi de materiale, unul pentru evaluarea intensității globale a mirosului, iar celălalt pentru evaluarea mirosului pe cele patru calități de mirosuri. Gazele de analizat sunt diluate cu aer în proporția de 1:200, fiind apoi supuse mirosirii de către experți.

Alte încercări de apreciere obiectivă a mirosului gazelor de evacuare au urmărit aprecierea gustului apei prin care au trecut gazele de evacuare, dar mai științific se dovedește a fi corelarea mirosului cu prezența unor substanțe puternic

mirositoare aflate în cantități foarte mici și detectate prin cromatografie și spectrografie de masă.

Pragul de sensibilitate al aparatelor de 10^{-9} , iar cel al mirosului uman este de $10^{-18} \dots 10^{-21}$, ceea ce înseamnă că natura nu a fost încă depășită de om.

2.9. Evaluarea poluării produse în transporturile rutiere

Transporturile rutiere realizate cu autovehicule echipate cu motoare cu ardere internă au o contribuție însemnată asupra poluării mediului înconjurător, afectând practic toate ecosistemele. Principalele efecte sunt prezentate în tabelul 2.9.

Tabelul 2.9. Efectele factorilor de poluare asupra mediului

Elementul natural	Efectele
AER	Emisii de Nox, CO, CO ₂ , compuși organici volatili (VOC), care produc înrăutățirea stării de sănătate. Emisiile de Nox și VOC produc O ₃ troposferic peroxiacetil nitrat (PAN) Folosirea și evaporarea combustibililor cu aditivi duce la creșterea emisiei de plumb Poluare sonoră
APA	Contaminarea cu săruri, aditivi și solvenți a apelor de suprafață și de adâncime Acidificarea prin SO ₂ și Nox Modificarea sistemelor hidrologice prin rețeaua de drumuri
SOL	Construirea drumurilor produce fragmentarea și erodarea solului Riscul de contaminare accidentală cu substanțe periculoase Probleme de depozitare a vehiculelor vechi și a componentelor acestora
CADRU NATURAL	Extragerea materialelor de construcții și a minereurilor duce la degradarea peisajului

Întrucât s-a dovedit că un procent important din populație este afectat de maladii cauzate de poluarea mediului ambiant, se impune întrebarea: care este rolul transporturilor cu motoare cu ardere internă la declanșarea unor asemenea situații dramatice, care este contribuția acestuia în raport cu alte surse poluante.

Contribuția procentuală a transporturilor rutiere la degradarea mediului este, conform ultimelor aprecieri:

- schimbări de climă:
 - prin producerea efectului de seră, 17%;
 - prin reducerea stratului de ozon, 2%;
 - acidificare, 25%;
 - eutroficare cu azot (5%), cu fosfor (2%),
 - zgomot, 90%;

- miros, 38%

În continuare, se prezintă două repartiții considerate ca fiind reprezentative pentru studiul poluării produse de transporturile rutiere.

În tabelul 2.10. sunt expuse sursele principale de emisii în care transportul rutier apare ca sursă distinctă, chiar distribuită în funcție de tipul motorului (m.a.s.-motoare cu aprindere prin scânteie care funcționează cu benzină, m.a.c.–motoare cu aprindere prin comprimare, care funcționează cu motorină).

După studii efectuate în Germania, prin analiză măsurătorilor asupra poluării aerului efectuate și raportate atât la surse (tabelul 2.11.), cât și la parcul de autovehicule (tabelul 2.12.), se pot face o serie de aprecieri.

Se constată că mijloacele de transport (de la motociclete la avioane) produc 74% monoxid de carbon (CO), 61% oxizi de azot (NO_x) și 21% bioxid de carbon (CO₂); contribuția lor la emisia de oxizi de sulf (SO_x) și particule este relativ mică. Dacă se consideră numai poluarea produsă de transporturi (tabelul 2.12.), se observă că emisia de CO și HC se datorează, în special, motoarelor Otto (m.a.s.). Emisia de SO_x și particule este produsă, aproape în întregime, de motoare Diesel (m.a.c.), în timp ce emisia de ansamblu pentru NO_x se împarte relativ egal între motoare cu aprindere prin scânteie (Otto) și motoare cu aprindere prin comprimare (Diesel).

Tabelul 2.10. Sursele principale de emisii

SURSA	SO ₂	NO ₂	CO	PM	VOC	PB	Metale grele
Centrale termice	.	*	*				*/
Combustie casnica							
- carbune	.	*	.	.			*/.
- petrol	.	*	.	./ *			
- lemn			.	./ *			
Transporturi							
Rutiere							
- m.a.s.		.	+		.	+	
- m.a.c.	*	*		.	.		
Industrie	*	*	*	*	*	*	./ *

Legenda:

* - între 5 – 25% din emisiile totale în orașele neindustrializate;

.

.- între 25- 50%, analog

+

.- peste 50%, analog

Tabelul 2.11. Gradul de poluare, în procente

Poluant	Industrie	Centrale electrice	Utilizări civile	Transporturi
CO	15,2	0,5	10,6	73,7
NOx	9,8	24,6	4,8	60,8
SOx	23,7	60,8	10,7	4,8
HC*	44,3	0,6	3,5	51,6
CO ₂	21,0	33	24	21
PT**	63,6	15,3	8,1	13

Tabelul 2.12. Parcul de autovehicule

Poluant	Autoturisme (m.a.s.)	Autoturisme (m.a.c.)	Vehicule comerciale (m.a.s.)	Vehicule comerciale (m.a.c.)	Vehicule industriale autobuze
CO	81,9	2,4	4	1,2	10,5
NO _x	44,6	12,2	1,3	4,9	37
SO _x	~ 0	30	~ 0	10	60
HC	74	4,6	2,7	4,3	14,3
PT	~ 0	30	~ 0	10	60

2.10. Concluzii

Formarea noxelor la m.a.s. este determinată de:

- soluțiile constructiv funcționale adoptate la realizarea motoarelor cu ardere internă
- condițiile în care motorul cu ardere internă este exploatat mai ales în cazul tracțiunii rutiere caracterizat printr-o variabilitate de sarcină și turație
- calitățile combustibilului știut fiind faptul că prognozele stabilesc că realizarea unui motor “curat” pentru un mediu “curat” mai are rezerve de 75 % din posibilitățile legate de soluțiile perfecționabile de construcție a motorului și de 25 % legate de reproiectarea combustibilului

Un motor “curat” necesită o presiune de vapor Reid mai scăzută, reducerea temperaturii T_{90} (temperatura la care se evaporă 90% din combustibil), hidrocarburi cu un conținut mai consistent de aromatice pentru m.a.s. respectiv de parafinice pentru m.a.c., bineînțelese echipamente de prelucrare a gazelor de eșapament.

Totodată nu este de neglijat observația că, în condițiile în care inspecțiile tehnice periodice nu se realizează la timp, cu toate investițiile consistente la proiectarea și realizarea unor reactori catalitici sofisticați, nivelul de reducere a noxelor nu depășește 3%, cheltuielile cu realizarea noilor soluții/echipamente antipoluare fiind pe de o parte mai consistente decât câștigul obținut prin reducerea noxelor.

Constructorii de autovehicule trebuie să recurgă tot mai consistent la soluții inovatoare de exemplu folosirea injecției directe la motoarele cu aprindere prin scânteie (obținerea mișcării de “Tumble”) și să accepte ideea că industria petrolului cu toate cheltuielile suplimentare pentru producerea unor combustibili mai ecologici trebuie să aplice aceste soluții.

2.11. Automobilul și încălzirea globală

Dincolo de efectul negativ asupra sănătății oamenilor, emisiile autovehiculelor afectează și încălzirea globală prin emisia de gaze cu „efect de seră”. Încălzirea globală se produce atunci când anumite substanțe din atmosferă

permit radiației termice solare să ajungă pe suprafața Pământului, dar împiedică întoarcerea în spațiu a unei părți din această energie. O anumită încălzire a atmosferei este naturală și necesară. Dacă vaporii de apă, bioxidul de carbon, metanul și alte gaze din atmosferă, care absorb radiațiile infraroșii, n-ar reține o parte din energia radiată de Pământ, temperatura planetei ar putea fi cu circa 33°C mai mică și viața n-ar fi posibilă în forma cunoscută. Gazele din natură cu accentuat efect de seră sunt vaporii de apă, bioxidul de carbon (CO₂), metanul (CH₄), protoxidul de azot – gazul ilariant (N₂O) și ozonul (O₃).

Câteva substanțe din clasa halogenilor, care conțin fluor, clor sau brom au de asemenea efect de seră, dar ele sunt, în cea mai mare parte, produse ale activităților industriale. Clorofluorocarbonul (CFC_s) și hidroclorofluorocarbonul (HCFC_s) sunt compuși halogenați ai carbonului. Alți compuși halogenați mai sunt hidrofluorocarbon (HFC_s), perfluorocarbon (PFC_s) și hexafluorura de sulf (SF₆).

Există, de asemenea, și alte gaze care, deși nu au efect direct asupra încălzirii globale, influențează formarea sau distrugerea ozonului, care are efect asupra absorbției radiației terestre. Aceste gaze includ oxidul de carbon (CO), oxizii de azot (NO_x) și compușii organici volatili care nu provin din metan (NMVOC_s).

Aerosolii, particule extrem de mici sau picături de lichid, adesea produse de emisiile de bioxid de sulf (SO₂), pot afecta caracteristicile de absorbție ale atmosferei.

Concentrația atmosferică de CO₂, CH₄ și N₂O a crescut ca urmare a activităților umane. Din anul 1800, și până astăzi, concentrațiile acestora au crescut cu 30%, 145%, și respectiv cu 15%. Această creștere a alterat compoziția atmosferei și a putut afecta clima globală.

Discuțiile la nivel științific cât și politic, referitoare la încălzirea globală ca o problemă serioasă, au ca țintă prevederile Protocolului de la Kyoto din 1997, care cere reducerea emisiei de gaze cu efect de seră, față de nivelul din 1990, între 2008 și 2012. În cadrul responsabilităților acceptate s-a convenit ca în SUA reducerea să fie de 7%, în Japonia de 6% și în UE de 8%. Pentru a atinge această țintă ambițioasă fiecare participant trebuie să-și reducă emisiile cu cât mai mult posibil. Gazele aflate în discuție sunt CO₂, CH₄, N₂O, ozonul, CFC și SF₆.

În tabelul 2.13. sunt prezentate duratele de viață și potențialul de efect de seră al gazelor relevante [47].

Tabelul 2.13. Duratele de viață ale gazelor cu efect de seră

Componentul	Concentrația atmosferică	Durata de viață în ani	Echivalent CO ₂ pentru un orizont de 20 de ani	Echivalent CO ₂ pentru un orizont de 100 de ani
H ₂ O	2ppm – 2%	0,01 – 2	?	?
CO ₂	365ppm	50 – 200	1	1
N ₂ O	311ppb	120 – 150	270 – 290	290 – 320
O ₃ Troposferă	20ppb	0,1 – 0,2	2000	2000
CH ₄	1731ppm	7 – 12,3	56 – 63	21 – 24
CFC 11	270ppt	50 – 60	4500 – 5000	3500 – 4000
HFC 134a	2ppt	14 – 16	3200 – 3400	1200 – 1400

Oricum, vaporii de apă reprezintă cel mai important component natural cu efect de seră, figura 2.23[45].

În partea dreaptă a figurii sunt evidențiate gazele produse ca urmare a activităților umane a căror participare este evaluată la 0,5 – 1,5% din total.

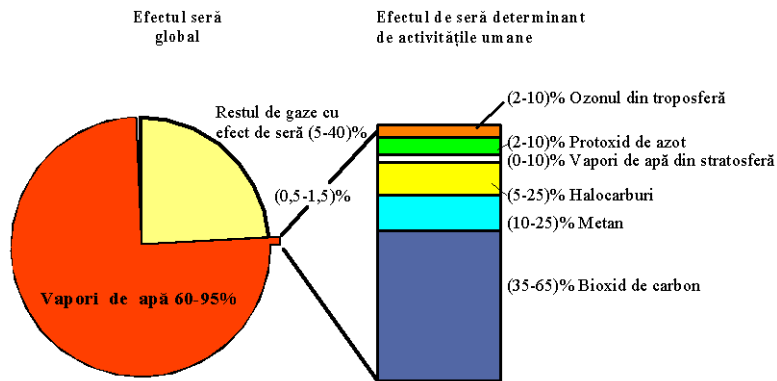


Fig. 2.18. Contribuția activităților umane la emisia de gaze cu efect de seră

2.11.1. Bioxidul de carbon

Se apreciază că CO₂ este cel mai activ pentru încălzirea globală, dintre gazele produse de activitățile umane. Participația sa la efectul global este evaluată la 0,3 – 0,6%. Cele mai recente cercetări evaluează emisia totală de CO₂ în medie de 800 miliarde tone, din care surselor naturale (oceanele – 43%, vegetația – 28% și solul – 28%) le revin 96,5%, iar activităților umane (centrale electrotactice, sisteme de încălzire a locuințelor și industria) le revin 29 miliarde tone, adică circa 3,5%. Partea care revine traficului rutier (autoturisme, autocamioane, autobuze și motocicletele) este de aproximativ 13,5%, ceea ce reprezintă abia 0,5% din totalul emisiilor, figura 2.24. Contribuția traficului aerian, în creștere, este aproape jumătate din cea a autoturismelor[66].

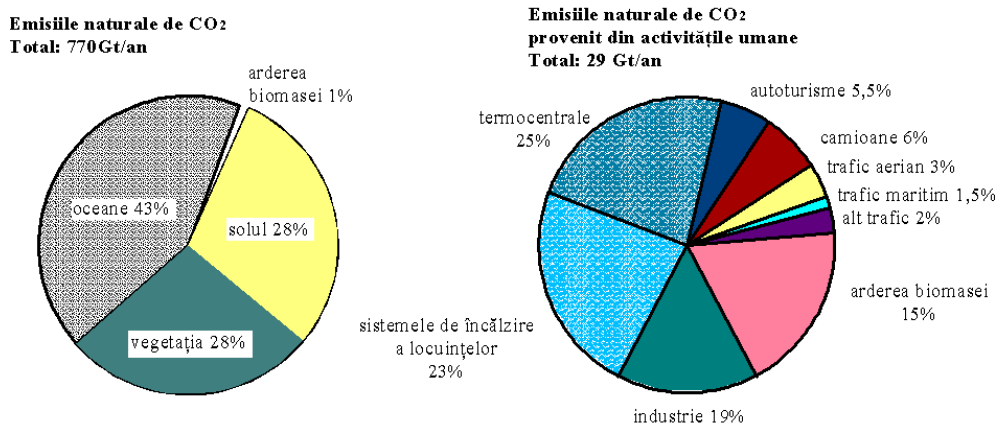


Fig. 2.19. Contribuția diferitelor surse la emisia globală de CO₂

În ciuda eforturilor de reducere a emisiei de CO₂ în multe țări industrializate, din cauza consumului energetic crescut, ca urmare a dezvoltării economice, în țările din Asia, Oceania și America Latină aceste emisii vor crește în viitor, figura 2.24.

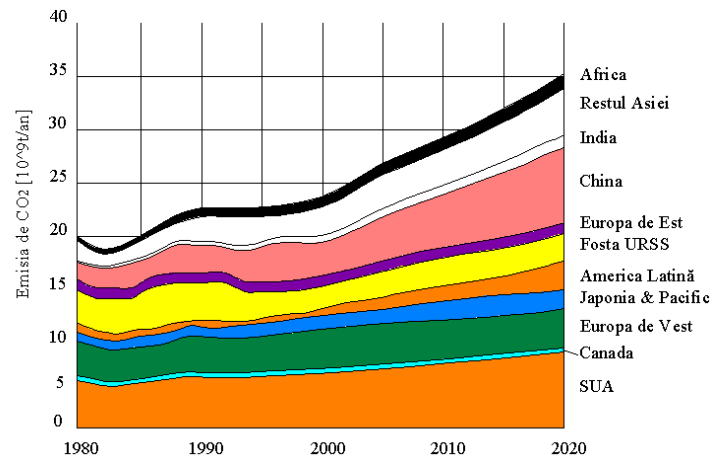


Fig. 2.20. Emisia globală prognozată de CO₂ provenit din arderea combustibililor fosili

În figura 2.25. se prezintă rezultatele unui model de calcul. Linia de sus reprezintă tendința de creștere a emisiei de CO₂ în absența Protocolului de la Kyoto. Următoarea linie reprezintă tendința în condițiile îndeplinirii prevederilor Protocolului de la Kyoto. Următoarele două se referă la evoluția emisiei de CO₂ în cazul în care țările dezvoltate și-ar reduce emisiile cu 50 respectiv 100%, între anii 2008 și 2010. Este clar că o astfel de reducere este imposibilă, dar s-a încercat obținerea unui rezultat șocant.

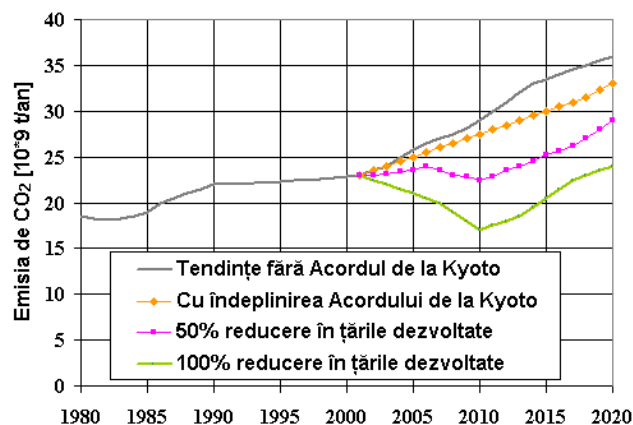


Fig. 2.21. Emisia globală de CO₂ în condițiile unor scenarii

Chiar în ipotezele menționate, în anul 2020 emisia de CO₂ va fi mai mare decât în anul 2000. Ceea ce înseamnă că influența țărilor industrializate este foarte mică, principale surse fiind țările în curs de dezvoltare.

Evoluția emisiei de CO₂ ca urmare a dezvoltării activităților umane este ilustrată în figura 2.26. Efectul marginal al emisiilor provenind de la autoturisme, în special, și de la traficul rutier, în general, este evident.

În figura 2.27. s-a încercat să se evidențieze și influența introducerii autoturismelor cu consum redus de combustibil (3 l/100 km) asupra reducerii emisiei globale de CO₂.

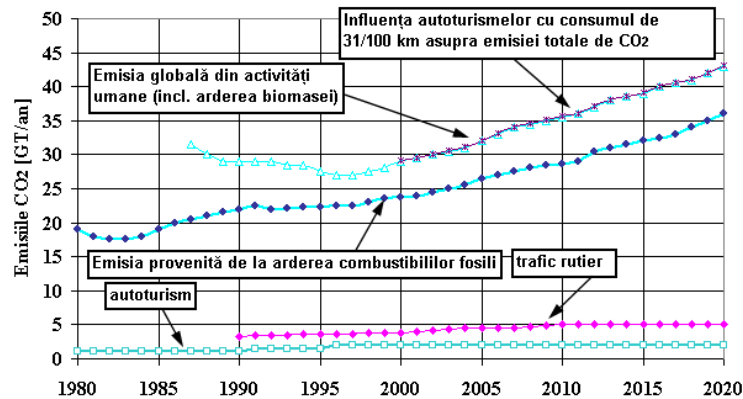


Fig. 2.22. Tendința emisiei globale de CO₂ provenit din activitățile umane

2.11.2. Metanul

Emisiile globale de metan sunt estimate între 120 și 295 milioane de tone pe an, cu cea mai probabilă valoare de 225 milioane tone/an, pentru sursele naturale (37%), și între 260 și 420 milioane tone/an, cu cea mai probabilă valoare de 380 milioane tone/an, pentru sursele umane (63%).

Sursele naturale sunt: terenurile întinse cu vegetație arbustieră și mlăștinoasă (63%), termitile și insectele (10%), rumegătoarele sălbatice (3%), arderea biomasei (15%), tundra (2%), oceanele (6%) și lacurile (1%).

Sursele activităților umane sunt: agricultura umedă a orezului (35%), rumegătoarele domestice (24%), ținuturi deșertice (13%), extracția și exploatarea țițeiului și gazelor naturale (9%), minele de cărbune și utilizarea acestuia (9%), arderea biomasei (9%), lacuri (0,5%), autoturisme (0,3%) și autocamioane (0,2%).

2.11.3. Protoxidul de azot – gazul ilariant

Emisiile globale de N₂O variază între 28 și 60 milioane tone/an, cu cea mai probabilă valoare de 35 milioane tone/an, din surse naturale (69%) și între 9 și 18 milioane tone/an, cu cea mai probabilă valoare de 16 milioane de tone/an, din activitățile umane (31%).

Principalele surse naturale sunt: oceanele (38%), pădurile tropicale (35%), alte păduri, pajiști și pășuni (22%), apa freatică (4%) și din arderea biomasei (1%).

Sursele activităților umane sunt: defrișările pădurilor tropicale pentru pășuni (25%), fertilizările organice (21%) și artificiale (23%), industrie (10%),

apele freatice (8%), arderea combustibililor fosili în instalații staționare (4%) și a biomasei (4%), autoturisme (1,6%), vehicule grele și autobuze (1,6%) și alte surse mobile (1,8%).

2.11.4. Non-metan hidrocarburi

Precursorii ozonului troposferic sunt NMHC și NO_x .

Estimările emisiilor globale variază între 490 și 2200 milioane de tone/an, cu cea mai probabilă valoare de 1250 milioane tone/an, din sursele naturale (91%) și între 100 și 140 de milioane de tone/an, din activități umane (9%).

Principalele surse naturale sunt isoprenul, alți reactivi NMHC și alți NMHC, iar din activități umane se menționează arderea biomasei, utilizarea solvenților și a surselor staționare.

2.11.5. Oxizii de azot

Emisia globală de NO_x se estimează la 50-100 milioane tone/an, cu cea mai probabilă valoare de 80 milioane de tone/an, din surse naturale (42%) și 110 milioane tone/an din activități umane (58%).

Principalele activități umane ca surse de oxizi de azot sunt: centralele termice (25%) arderea biomasei (14%), industria (12%), încălzirea locuințelor și micile utilități (7%), autocamioane și autobuze (11%), autoturisme (9%), trafic aerian (3%), transport maritim (5%), alt trafic (2%), îngrășăminte artificiale (7%), etc.

2.11.6. Hidrocarburi halogenate

CFC și HFC – create în anii 1930 pentru a îmbunătăți confortul și stilul de viață – sunt aproape exclusiv produși ai activităților umane. Efectul asupra încălzirii globale produs de CFC-11 este de 4500 de ori mai mare decât a bioxidului de carbon.

Cu 10 ani în urmă numai CFC 12 era utilizat la sistemele de aer condiționat. Începând din 1991 acesta a fost înlocuit cu HFC 134a mult mai convenabil pentru mediu. CFC 11 și CFC 12 a scăzut de la 300 kt, în 1988, la mai puțin de 30 kt, astăzi. Pe de altă parte emisia de HFC 134 a atins 150 kt astăzi.

În tabelul 2.14. sunt prezentate, ca exemplu, emisiile anuale de gaze cu efect de seră în țările Uniunii Europene.

Tabelul 2.14. Emisiile de gaze cu efect de seră în țările din UE

Emisiile/Anul	2000	2010	2020
CO_2 [milioane de tone]	3393	3494	3496
CH_4 [milioane de tone]	410	350	300
N_2O [milioane de tone]	330	285	250
NMHC [milioane de tone]	9869	7040	6802
NO_x [milioane de tone]	9920	6661	6015
CFC și HFC	CFC nu se mai produce. Producția de HFC a crescut.		

2.12. Originea poluanților din gazele de evacuare ale motoarelor cu aprindere prin comprimare

2.12.1. Generalități

Motorul cu aprindere prin comprimare este identificat ca sursă de poluare după 1930, datorită fumului negru la eșapare. Fumul și mirosul gazelor sunt încă probleme nerezolvate pentru m.a.c., care păstrează mai multe necunoscute, relativ la geneza noxelor și datorită complexității proceselor de formare a amestecului și de ardere, dar și datorită atenției deosebite acordate motoarelor cu aprindere prin scânteie în ultimii 35 ani. Atitudinea față de nocivitatea emisiilor m.a.c. a variat, motorul fiind considerat când „sfânt”, când „păcătos”, fapt care a creat o stare de confuzie în rândul legislatorilor și a proiectanților de motoare [3].

În fumul m.a.c. sunt prezente: hidrocarburi, compuși oxigenați de tip aldehide, cetone, alcooli, oxizi, compuși polinucleari aromatici, CO, CO₂, NO_x, SO_x, particule. Concentrațiile variază în limite foarte largi, după tipul motorului, după calitățile combustibilului și după regimul funcțional.

Cele mai poluante sunt motoarele cu aprindere prin comprimare cu injecție directă.

Motoarele Diesel cu aspirație normală („aspirate“) excelează prin producerea de hidrocarburi (HC) și monoxid de carbon (CO), iar cele supraalimentate prin producerea de oxizi de azot (NO_x). Toate motoarele cu aprindere prin comprimare produc fum, la sarcini mari [4].

Mecanismele de formare a CO, HC și NO_x sunt similare celor produse în m.a.s. În cele ce urmează sunt prezentate considerații asupra noxelor emise de m.a.c. care au deranjat cel mai mult: fumul și mirosul neplăcut al gazelor de evacuare.

2.12.2. Originea fumului emis de către motoarele cu aprindere prin comprimare

Fumul este de trei categorii [13]:

- a) *fumul alb* – propriu momentelor pornirii, când este antrenat motorul și eventual când se încălzește;
- b) *fumul albastru* – propriu mersului în gol și la sarcini mici;
- c) *fumul negru* – ce apare la sarcini mari, solicitări termice mari, turația fiind indiferentă.

După regimurile opuse la care apare, fumul se mai numește rece sau cald.

Fumul alb și cel albastru constă dintr-o suspensie de particule lichide de combustibil nears, sau oxidat parțial, cu diametru în jur de 1 μm pentru fumul alb și 0,5 μm pentru fumul albastru.

Fumul negru este format din particule cărbunoase cu diametrul de 1 μm.

Pentru fumul alb și cel albastru, particulele de combustibil parțial oxidat se datoresc regimului termic prea coborât, care caracterizează pornirea, încălzirea, mersul în gol sau la sarcini mici. Acestea defavorizează arderea întregii cantități de combustibil, combustibilul condensându-se la temperaturi mici în destindere.

În situații extreme, se poate ca o parte din combustibil chiar să nu se oxideze deloc, sau să fie trimis tot combustibilul în eșapament, datorită rateului de autoaprindere la unele cicluri.

Fumul albastru conține combustibil nears și eventual și ulei de ungere. Din cauza unor condiții nefavorabile de concentrație, combustibilul nears ajunge să condenseze în timpul evacuării.

Fumul negru se formează numai în amestecuri cu combustibil în exces, parcurgându-se următoarele stadii :

- formarea unui compus intermediar precursor care este acetilena, care apare la 2500÷3000 K, temperatura în flacără;

- formarea particulelor de funingine din acest compus care, prin coagulare, cresc rapid pentru ca să se ajungă la coagularea particulelor la dimensiunile finale de 1μm.

Poluantul denumit fum vizibil, care a fost considerat ani de zile ca o măsură a gradului de poluare produs de m.a.c., se dovedește a fi un poluant care nu mai caracterizează suficient toxicitatea gazelor arse.

În afara particulelor de funingine, care creează un efect optic detectabil prin opacimetrele tradiționale, gazele de evacuare conțin particule ultrafine, care nu pot fi detectate decât prin colectare și cântărire. Aceste particule submicronice au efecte dăunătoare asupra sănătății oamenilor fiindcă, din cauza dimensiunilor lor reduse, reușesc să pătrundă în traiectul respirator. Astfel s-a definit un nou poluant denumit particule Diesel (PM sau PT), limitat prin norme legislative.

Particulele sunt definite, implicit prin metoda de măsurare, ca totalitatea materiei colectate pe un filtru de teflon la trecerea gazelor arse emise de motorul cu aprindere prin comprimare, gaze care au fost diluate cu aer filtrat, pentru menținerea temperaturii acestora sub 52 °C.

De menționat că viteza finală de formare a funinginii rezultă ca diferență între viteza propriu-zisă de formare și viteza de ardere parțială a norului de funingine. O schemă intuitivă și detaliată asupra formării particulelor de funingine este redată în figura 2.23.

Acest nou poluant astfel definit cuprinde practic toate emisiile solide și lichide cuprinse în gazele de evacuare ale motoarelor cu ardere internă, care sunt apreciate gravimetric, mai exact decât măsurările opacității fumului.

Particulele provin din procese similare cu cele ale genezei funinginei și HC. La această concluzie a condus observația că emisia de particule ia valori care urmăresc valorile fumului negru și ale HC, de aceea s-a presupus că emisia masică de particule este proporțională cu suma emisiei de funingine (fum negru) și a emisiei masice de HC, care sunt lichide la temperatura de prelevare a particulelor.

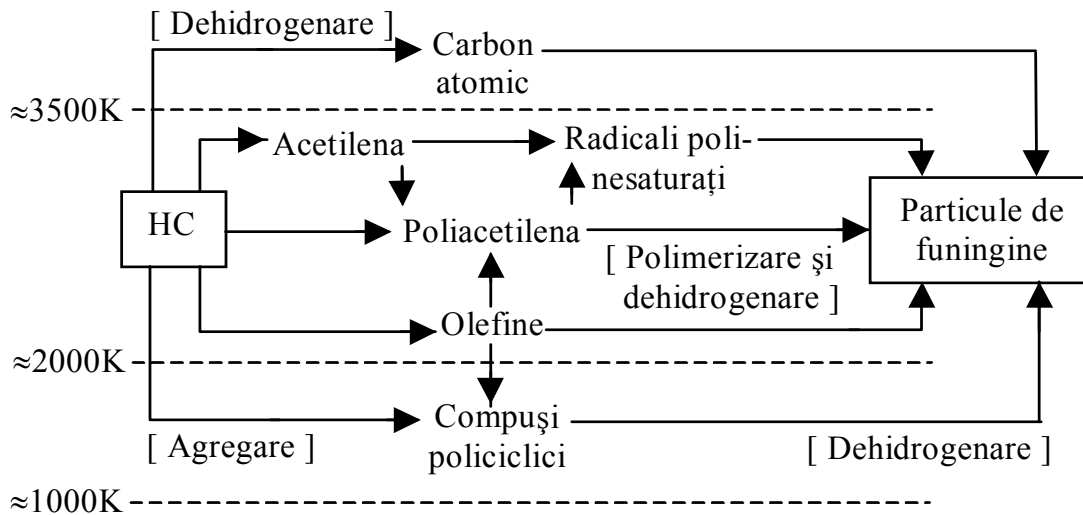


Fig. 2.23. Formarea particulelor de funingine

2.12.3. Originea emisiilor de hidrocarburi și a mirosului gazelor evacuate

Prezența hidrocarburilor (HC) se datorează:

- stingerii flăcării la perete;
- compoziției locale, a amestecului, excesiv de bogate sau sărace;
- existenței unor elemente izolate de amestec, în care raportul suprafață/volum este mare, astfel că aprinderea este imposibilă, datorită pierderilor de căldură;
- ratării aprinderii [4].

Detectarea substanțelor vinovate de mirosul neplăcut este o problemă dificilă pentru că omul distinge substanțe rău mirositoare în concentrații de 10^{-12} ... 10^{-8} , iar aparatura de măsură de mare finețe nu permite detectarea unor substanțe cu concentrații mai mici de 10^{-9} .

Mirosul gazelor provine în parte din oxidarea parțială a combustibilului în zona cu amestec sărac, la care se adaugă compuși de cracare și oxigenați cu greutatea moleculară mare, care sunt vinovați de senzația de vomă provocată de mirosul gazelor.

2.12.4. Metode active de reducere a emisiilor poluante la motoarele cu aprindere prin comprimare

Aceste metode acționează încă din faza de geneză a emisiilor poluante, combătându-le chiar din procesul de combustie. Metodele active de reducere a emisiilor poluante la m.a.c. vor fi prezentate în cele ce urmează[3]:

a) Regimul funcțional. Datorită caracteristicilor de funcționare a m.a.c. într-o gamă largă de regimuri de sarcini și turații, optimizarea regimului funcțional este dificilă. Se poate recomanda evitarea funcționării îndelungate în regim de mers în gol sau cu accelerări bruște. Pentru scăderea emisiilor poluante se determină caracteristicile emisiilor funcție de sarcină și turație care, corelate cu caracteristicile de consum de combustibil trasate în aceleași coordonate, stau la baza alegerii curbelor de utilizare a puterii. Caracteristicile amintite sunt utilizate la elaborarea programelor de reglare automată a regimurilor de funcționare, la alegerea treptei de viteză, pentru delimitarea zonelor în care se interzice funcționarea motorului din considerente ecologice. Pentru reducerea emisiilor trebuie folosit un echipament de injecție comandat electronic, care asigură injectarea dozei optime de combustibil, funcție de sarcină și turație, evitând funcționarea motorului pe curbele de consum și emisii cu valori foarte mari.

b) Caracteristicile injecției. Au o influență importantă în procesul de limitare a emisiilor poluante. Avansul la injecție este o variabilă cu efecte contradictorii asupra NO_x și HC. Reducerea avansului sub valoarea optimă duce la scăderea NO_x și la creșterea HC. Această metodă este folosită în scopul reducerii NO_x , cu prețul creșterii celorlalți poluanți, asupra cărora se vor aplica metode pasive de reducere, adică pe traseul de evacuare, după ce au fost produse. Funcția de corelare a unghiului de avans la injecție se realizează tot prin sistemul de injecție cu comandă electronică.

Legea de injecție, care este determinată de cantitatea de combustibil injectată funcție de unghiul de rotație, influențează considerabil emisiile, dacă este corelată cu fazele arderii, faza inițială de ardere (în întârzierea la autoaprindere) generează o cantitate mare de HC, faza arderii rapide generează NO_x , datorită temperaturilor mari și a rezervelor de O_2 , iar faza arderii moderate generează o cantitate mare de CO.

Creșterea presiunii de injecție la valori în jur de 1500 bar, precum și folosirea unui pulverizator cu un număr mai mare de orificii, având diametrul mai mic, de o anumită lungime și orientare, au efecte considerabile de scădere a emisiilor de particule.

Micșorarea volumului sacului de sub acul injectorului reduce cantitatea de combustibil post-injectat, cu scăderea HC, a fumului și a PM.

c) Particularități constructive ale motorului. Organizarea mișcării aerului în camera de ardere, caracterizată prin raportul de vârtej, are o influență contradictorie asupra NO_x și a fracțiunii insolubile din compoziția PM de aceea trebuie făcut un compromis la alegerea valorii optime; există deja soluții de camere de ardere cu vârtej („swirl“) variabil [9].

Cantitatea mărită de gaze reziduale din cilindru duce la micșorarea cantității de aer proaspăt aspirat cu scăderea NO_x și creșterea fumului, gazele arse rămase în cilindru micșorează cantitatea de O_2 disponibilă, frânând reacțiile de formare a NO_x . Influența favorabilă a gazelor reziduale asupra reducerii NO_x a

condus la metoda recirculării gazelor arse (EGR), care constă în reintroducerea unei fracțiuni din gazele arse în cilindru; creșterea gradului de recirculare este extrem de eficientă din punctul de vedere al reducerii NO_x , dar și al HC, ceea ce se explică prin faptul că o parte din HC din gazele arse nu se evacuează direct în atmosferă, ci se reintroduce în cilindru, astfel încât o parte din acestea vor arde în ciclul următor.

Folosind EGR se micșorează cantitatea de aer din fluidul proaspăt din cilindru, apărând tendința de creștere a fumului și a duratei arderii, ceea ce duce la mărirea consumului de combustibil. Aceste tendințe sunt mai puternice o dată cu mărirea sarcinii, astfel că EGR se dovedește o măsură foarte bună de reducere a NO_x și a HC, dar numai în condițiile corelării corespunzătoare a EGR cu sarcina motorului și în limitele acceptabile ale creșterii consumului de combustibil.

Camerele de ardere divizate au nivelul global al emisiilor mai redus cu circa 10 % față de cel al camerelor de ardere unitare, dar consumul de combustibil este mai mare cu aproximativ 10 %. Forma camerei de ardere influențează semnificativ nivelul emisiilor, în special al particulelor.

Schimbul termic intens din camera de ardere și pereții acesteia duce la scăderea temperaturii procesului de ardere cu scăderea emisiilor de CO, HC, PM și creșterea corespunzătoare a NO_x ; fiindcă scăderea NO_x este mai greu de obținut, se poate apela la metoda izolării termice a camerei de ardere; prin această izolare, se reduce întârzierea la autoaprindere.

Supraalimentarea m.a.c. are ca efect creșterea presiunii și temperaturii aerului la intrarea în motor, deci un regim termic mai ridicat; debitul de aer mai mare decât al m.a.c. aspirate natural explică formarea amestecurilor mai sărace și, în consecință, emisiile de HC, CO și PM scad cu creșterea presiunii de supraalimentare; regimul termic ridicat duce la mărirea sau micșorarea NO_x (funcție de motor), care poate fi redus mulțumitor prin aplicarea răcirii intermediare a aerului de admisie [9].

Nivelul particulelor, mai precis al fracțiunii solubile organice (SOF), depinde în proporție de 70÷90 % de consumul de ulei al motorului. Scăderea SOF se poate obține fie prin limitarea consumului de ulei la regimuri tranzitorii, fie prin îmbunătățirea arderii uleiului care pătrunde în camera de ardere.

Fazele de distribuție influențează fenomenul de emisie a poluanților prin durata deschiderii simultane a supapelor în jurul punctului mort superior.

d) Caracteristicile combustibilului. Acesta influențează considerabil emisia de PM și într-o măsură mai mică și emisiile poluante gazoase. Densitatea combustibilului trebuie menținută în limite strânse (0,82÷0,85) pentru a se evita modificarea debitului masic de combustibil. Volatilitatea optimă a combustibilului evită formarea funinginei impregnate cu HC grele, care sunt responsabile de coxarea injectoarelor.

Cifra cetică influențează NO_x , HC și PM; pentru o scădere cu o unitate a CC, NO_x crește cu 1 %, iar HC și PM cresc cu 2÷4% pentru ciclul european cu 13 trepte și cu 10% la funcționarea la sarcini mici și motorul rece. Compoziția fracționată supravegheată, conținând sub 10% HC aromatice, conduce la reducerea semnificativă a emisiilor, în special a PM.

Deși având o influență încă controversată, conținutul de hidrocarburi (HC) aromatice se pare că are o contribuție notabilă asupra emisiei de particule (PM).

e) *Starea tehnică a motorului.* Aceasta influențează, într-o măsură semnificativă, poluanții emiși de m.a.c. În general emisiile mărite apar datorită dereglărilor echipamentului de injecție, colmatării filtrelor de aer, ulei și combustibil, ca și uzurilor din cupla cinematică formată din piston–segmenti–cilindru. Studiul în regim de exploatare al emisiilor m.a.c. a dus la definirea unei categorii aparte de autovehicule, foarte poluante (*gross polluters*) care, datorită stării tehnice defectuoase contribuie într-o măsură mult mai mare la emisia de poluanți (1% din cele mai poluante autovehicule produce același nivel de poluare ca cel produs de 40% din autovehiculele cel mai puțin poluante). Măsurări ale nivelului de poluare efectuate pe autovehiculele cu m.a.c. din România au condus la constatarea că 70% din autovehiculele testate depășesc nivelurile admise (fum și CO), fapt ce se datorează în mare măsură stării tehnice necorespunzătoare.

f) *Natura aplicației și regimul de exploatare* [4]. Aici se încadrează o serie de factori, cum ar fi: nivelul de încărcare al motorului, tipul drumului, nivelul traficului precum și stilul de conducere al șoferului.

În general, când un motor funcționează în sarcină, emisiile de HC sunt mici, în timp ce emisiile de NO_x sunt înalte, datorită procesului de ardere eficient. Motorul poate lucra în sarcină când autovehiculul este accelerat, urcă rampe, rulează cu viteze mari sau este încărcat.

La m.a.c. apar emisii mari de HC la pornirea la rece (fumul alb) sau la mers în gol sau sarcini mici, când amestecarea defectuoasă a aerului cu combustibilul poate duce la ardere târzie sau incompletă. La sarcini mici emisiile de NO_x sunt foarte scăzute.

Formarea PM este un proces complex, având mai multe faze și de aceea este dificil de corelat cu condițiile de funcționare. Compoziția particulelor variază semnificativ cu condițiile de funcționare; când motorul lucrează la sarcini mari, fracțiunea de carbon (fum negru) este predominantă, în timp ce, la sarcini mici, fracțiunea cuprinzând hidrocarburi din combustibil și ulei nears este mai mare.

2.12.5. Metode pasive de reducere a emisiilor poluante la motoarele cu aprindere prin comprimare, cu catalizatori și filtre de particule

Emisiile din gazele de evacuare ale m.a.c. care sunt limitate prin norme legislative sunt: monoxidul de carbon (CO), hidrocarburi (HC), oxizii de azot (NO_x) și particulele (PM sau PT). Această listă va fi curând completată și cu bioxidul de carbon (CO₂), limitare care impune scăderea consumului specific de combustibil.

Față de emisiile existente în gazele de evacuare ale m.a.s., gazele produse de m.a.c. cuprind un poluant definit prin metoda de măsurare, este vorba de particule Diesel, poluant care urmărește determinarea emisiilor solide și lichide din gazele de evacuare printr-un procedeu de măsură mai riguros decât măsurarea opacității fumului.

Metodele de reducere a particulelor se împart în metode active, care urmăresc combaterea formării acestora prin optimizarea combustiei și metode pasive, care au ca scop reținerea și oxidarea particulelor după ce acestea s-au

format în camera de ardere. În categoria metodelor pasive (post-tratarea gazelor arse) sunt cuprinse filtrele de particule și catalizatorii de oxidare. Alegerea celei mai potrivite metode de post-tratament depinde de analiza compoziției PM din gazele arse, constatându-se că filtrele de particule sunt foarte eficiente în neutralizarea fracțiunii insolubile, iar filtrele cu catalizatori de oxidare în neutralizarea fracțiunii solubile.

Există o părere larg răspândită care afirmă că problema particulelor va fi în cele din urmă rezolvată printr-o serie de măsuri (metode active) care se vor aplica procesului de combustie, supraalimentării și răcirii intermediare a aerului de admisie, precum și măsuri care vor viza reducerea consumului de ulei și a sulfului din combustibil. Măsurile propuse sunt foarte atrăgătoare, dar ele nu satisfac exigențele temporale ale legislatorilor, astfel încât filtrele de particule par să dea un răspuns rapid la această problemă [4].

Metodele pasive de reducere a emisiilor m.a.c. sunt principial identice cu cele aplicate la m.a.s. pentru cazul poluanților CO și HC, dispozitivul utilizat fiind denumit filtru de oxidare sau catalizator de oxidare.

Folosirea catalizatorilor de oxidare la m.a.c. are ca scop reducerea substanțială a emisiilor de CO, HC, precum și a fracțiunii organice solubile a particulelor. Constructiv, catalizatorii de oxidare sunt fixați pe un suport, ansamblul fiind denumit convertor catalitic sau reactor catalitic, având aceleleași particularități ca și catalizatorul trivalent, propriu m.a.s.

Concepția conform căreia scăderea NO_x poate fi realizată numai prin acțiunea asupra procesului de ardere, se sprijinea pe trăsăturile specifice arderii în m.a.c., neputându-se aplica tratările catalitice ca și în cazul m.a.s. La m.a.s., amestecul aer-combustibil omogen se situează într-o plajă îngustă în jurul raportului stoichiometric, iar gazele arse pot fi trecute prin convertorul catalitic trivalent, fiind posibile, simultan, reacții de oxidare a CO și a HC, dar și de reducere a NO_x .

La m.a.c., arderea făcându-se într-un mediu cu exces mare de aer, nu pot avea loc reacțiile de reducere catalitică a NO_x , de aceea s-au preferat procedeele de prevenire a apariției NO_x cu prețul creșterii CO și HC, care au fost scăzute prin acțiunea catalizatorilor de oxidare.

Recent s-au dezvoltat metode pasive de tratare (after-treatment) a gazelor arse bazate pe reacții catalitice de reducere a NO_x și astfel rezultă sistemele denumite sisteme de reducere a NO_x .

Reducerea NO_x prin metode active este considerată a fi o operație dificilă, care antrenează modificări importante în procesul de combustie. În cadrul eforturilor de scădere a NO_x trebuie să se țină seama de cele trei compromisuri pe care acest poluant le generează:

- compromisul NO_x - consum de combustibil;
- compromisul NO_x - CO_2 ;
- compromisul NO_x - PM

Explicația acestor compromisuri se poate da prin considerarea celor doi factori care influențează arderea: temperatura camerei de ardere și concentrația locală de O_2 .

Creșterea temperaturii în camera de ardere echivalează cu creșterea temperaturii sursei calde, conform celui de-al doilea principiu al termodinamicii și implicit a randamentului termodinamic, pentru un proces considerat ideal; din punct

de vedere calitativ, creșterea temperaturii în camera de ardere duce la scăderea consumului de combustibil și a CO_2 , favorizând producerea reacțiilor de formare a NO_x .

Datorită caracteristicilor procesului de combustie și a compoziției gazelor de evacuare ale m.a.c., scăderea NO_x prin metode pasive a fost mult timp considerată inabordabilă, dar în ultimul timp succesele înregistrate în chimia catalizatorilor au condus la tratarea catalitică a NO_x din gazele de evacuare în instalații specializate, mai ales pentru situațiile în care rezultatele aplicării metodelor active nu sunt mulțumitoare.

Dezvoltarea tehnicilor catalitice au dus la punerea la punct a unor metode de tratare catalitică pentru reducerea NO_x din gazele de evacuare ale m.a.c. Metodele de reducere s-au împărțit în reducere catalitică neselectivă, NSCR (Non-Selective Catalytic Reduction) și reducerea catalitică selectivă SCR (Selective Catalytic Reduction). Pentru scăderea particulelor se folosesc dispozitive create special pentru atingerea acestui scop, care se numesc filtre de particule.

În tabelul 2.15. sunt descrise efectele aplicării acestor dispozitive în ceea ce privește reducerea emisiilor, a consumului de combustibil, a durabilității și a costului suplimentar al motorului [3]. Sistemele de reducere a NO_x , așa cum arată și denumirea lor, au efecte semnificative de scădere și reduc eficient NO_x , uneori cu prețul creșterii emisiei de PM și într-o măsură mult mai mică a creșterii consumului de combustibil. Costul suplimentar este comparabil cu cel al catalizatorilor de oxidare.

Tab. 2.15. Dispozitive reducere emisii, consum combustibil, durabilitate, cost suplimentar motor

	NO_x	HC	CO	PM	Consum de combustibil	Durabilitate	Supracost
Catalizator de oxidare	0	**	**	0	0	0	50%
Filtru de particule	0	0	0	*	0	0	100%

Legendă: 0 = fără influență; * = eficient; ** = foarte eficient

Deși efectele reducătoare sunt considerabile, există o serie de rețineri în ceea ce privește aplicarea metodelor pasive provocate de prețul lor mare. Pe de altă parte, producătorii de motoare consideră că nu s-a epuizat încă în totalitate potențialul reducător al metodelor active. Cu toate acestea se constată că, gradat, pătrund și metodele pasive, în special pentru aplicațiile rutiere urbane.

O mențiune specială trebuie făcută asupra problemei reducerii simultane a NO_x și a particulelor, pentru a se respecta valorile impuse de legislație, reducere care implică acceptarea unui compromis, dat fiind faptul că metodele de scădere a unuia din acești poluanți duc la creșterea celuilalt. În planul metodelor pasive acest lucru impune ca inginerul proiectant să aleagă între aplicarea metodelor pasive de post-tratare a NO_x sau a particulelor.

Sunt semnalate la nivelul producției americane, de către specialiști în tratamente catalitice, principalele tendințe ale dezvoltării metodelor pasive aplicate la m.a.c. în S.U.A.[9]:

- controlul PM se realizează prin filtre montate în instalația de evacuare, cele mai răspândite fiind filtrele ceramice care rețin 80 % din particulele din gazele arse; acestea trebuie regenerate frecvent la circa 800 km prin diverse

modalități de regenerare, prin care particulele sunt arse, fie prin încălzire electrică, fie în arzătoare; aceste sisteme de regenerare s-au dovedit nefiababile și scumpe;

- metodele de control catalitic a PM folosesc regenerarea catalitică; un catalizator cu platină montat în amonte filtrului generează NO_2 , iar apoi particulele din filtru sunt arse. Sistemul s-a dovedit fiabil pe 4000 de autovehicule de pe piața europeană. Un dezavantaj al sistemului este producerea de sulfați. În S.U.A. sistemul nu s-a utilizat, din cauza lipsei combustibilului cu conținut redus de sulf;

- controlul NO_x , este dificil la m.a.c., din cauza lipsei agentului reducător care să transforme NO în N_2 . Catalizatorii cunoscuți de reducere a NO au o viteză de reacție prea mică pentru condițiile specifice m.a.c.;

- sistemele cunoscute sub denumirea de NO_x sunt sisteme active, în care o cantitate mică de combustibil este injectată în evacuare asigurând agentul reducător necesar catalizatorului. S-au dezvoltat două tipuri de catalizatori: un catalizator de temperaturi joase pe bază de platină și un catalizator de temperaturi înalte pe bază de metale, de obicei cu cupru. Acești catalizatori sunt capabili să înlătorească NO_x dintr-o gamă îngustă de temperatură, valorile maxime ale reducerii fiind de 40%. Catalizatorii cuprind adeseori zeoliți, care stochează HC la temperaturi joase și îi eliberează la temperaturi înalte, pentru reducerea NO_x ;

- sistemele SCR reduc NO_x de la motoarele staționare, prin injecție de amoniac; pentru sistemele mobile folosirea amoniacului este considerată nepractică, de aceea s-a înlocuit amoniacul cu ureea; cu uree, eficiența obținută a fost de 80% într-un interval larg de temperatură;

- filtrul de reținere a NO_x folosește un proces nou de înlăturare a NO_x din gazele arse; mai întâi, NO este transformat în NO_2 și apoi stocat. Urmează apoi reducerea, care este inițiată prin introducerea unui amestec bogat, care înlătură NO_2 stocat. Catalizatorii folosiți sunt platina, pentru trecerea NO în NO_2 , iar pentru stocarea NO_2 oxizii alcalino-pământoși. Acești catalizatori au fost dezvoltați „cu succes” pe motoarele cu injecție de benzină, urmând ca după rezolvarea unor probleme de calibrare să fie folosiți și pentru m.a.c.;

- reducerea catalitică a NO_x cu ajutorul plasmei; plasma generează electroni de energie înaltă care activează unele substanțe reducătoare din gazele arse; circa 80% din NO este redus în condiții de laborator;

- conținutul de sulf ridicat din combustibil este un dezavantaj important în folosirea tratamentelor catalitice. În catalizator, SO_2 se transformă în SO_3 care formează acid sulfuric în combinație cu apa. Acesta se eliberează în atmosferă sub forma unei cețe de particule. De aceea, sistemele catalitice trebuie să evite formarea acidului sulfuric prin micșorarea conținutului de sulf din combustibil

În concluzie, sistemele pasive au un câmp larg de dezvoltare în condițiile aspririi prevederilor legislative antipoluare. Pe măsură ce metodele active sunt epuizate, metodele pasive se perfecționează și pot contribui cu procente de reducere a poluanților foarte mari.

2.13. Contribuția transportului rutier la producerea gazelor cu efect de seră

Funcționarea autovehiculelor este bazată aproape exclusiv pe utilizarea combustibililor fosili și de aceea contribuția lor la efectul de seră este semnificativă (îndeosebi cu CO₂). Eficiența energetică și implicit emisia de CO₂ (energia cheltuită pe călător sau tonă transportată) a crescut foarte puțin sau, chiar, deloc față de 1970. Utilizarea mai frecventă a autovehiculelor mai grele și mai puternice – însoțită de reducerea gradului de ocupare și a factorului de sarcină – a compensat creșterea eficienței energetice a autovehiculelor, ca urmare a tehnologiilor avansate folosite. A rezultat o creștere cu 14% a consumului energetic ca urmare a creșterii volumului transportat și o creștere cu 12% a emisiei de CO₂, între 1990 și 1996. Se apreciază că în 2010 transporturile vor constitui principala sursă de CO₂ a UE. Astăzi, circa 98% din transporturi sunt dependente de petrol, consumul reprezentând 67% din consumul total de țiței [1].

Transporturile de persoane și de mărfuri s-au dublat în ultimii 25 de ani, cea mai puternică creștere înregistrându-se în transporturile aeriene și rutiere. Transporturile de călători cu autovehiculele a crescut de la 65% la 74% între 1970 și 1997, iar transportul cu autocamioane reprezintă 45% din totalul transporturilor față de 30% în 1970.

În 1970 și 1997 transportul de persoane și de mărfuri în Uniunea Europeană a crescut înregistrându-se o creștere anuală, în medie, de 2,8%, respectiv 2,6% în timp ce produsul intern brut a crescut cu 2,5%. Creșterea transportului rutier și aerian de persoane se datorează creșterii veniturilor, reducerii prețului real de transport și schimbărilor în rețelele de transport. Referitor la intensificarea transportului rutier de mărfuri, explicația constă în schimbările volumului și structurii economiei și a infrastructurii disponibile.

În Japonia, sectorului transporturi îi revine aproximativ un sfert din totalul emisiilor de CO₂: 55,1% - autoturisme, 12,2% - autovehicule ușoare de transport marfă, 17,1% - autocamioane, 1,8% - autobuze, 1,8% - taxiuri, 5,8% - vapoare, 2,8% - locomotive și 3,4% - avioane. Emisia de CO₂ la autoturisme se produce astfel: 85,8% - în timpul exploatarei, 4,0% - în timpul fabricării, 7,1% - în timpul producerii materialelor care intră în componența acestora, 1,7% - în timpul transportului autovehiculului și 1,4% - în timpul întreținerii [26].

Referitor la emisiile de CO₂, determinate de activitățile umane, transportul rutier contribuie global cu aproximativ 10%, iar regional, în Europa, cu circa 20%.

Emisia globală de CO₂ înregistrează o creștere ușoară de la 10% în 2000 la 11% în 2010.

Contribuția transportului rutier la emisia globală de CH₄ este neînsemnată, mai puțin de 0,2%, iar regional, mai puțin de 1%. Din activitățile umane emisia globală este sub 0,5%, iar regional, în Europa, de 2%.

Contribuția transportului rutier la emisia globală de N₂O este mai mică de 0,3%, iar regional, până la 2%. Din activitățile umane emisia globală este sub 1%, iar regional, în Europa, de aproape 10%.

Emisia de N₂O a scăzut de la toate sursele, dar la transportul rutier crește, până în 2010, din cauza echipamentelor catalitice.

Emisiile de NMHC de la toate sursele sunt în scădere. Contribuția transporturilor este sub 1/3.

Emisiile de NO_x din transportul rutier, ca de altfel la toate sursele, sunt în scădere începând cu 1990. Contribuția transportului rutier a fost mai mică de 40% în 2000 și are tendința de scădere și în viitor.

Contribuția transportului rutier la emisia totală de CFC este sub 0,1%, iar regional de 0,2%. Toate emisiile de CFC sunt determinate de activitățile umane.

2.14. Măsuri de protecție a mediului

Urmare a creșterii continue a numărului de autovehicule și amânării rezolvării problemei calității aerului, la care s-au adăugat problemele determinate de emisiile toxice și modificările climaterice, Europa, SUA și Japonia au decis măsuri extrem de severe pentru anii următori. Printre măsurile din ultimii ani se menționează:

- UE a adoptat directive privind emisiile autovehiculelor ușoare de marfă și calitatea combustibililor prin care standardele (2000 și 2005) devin și mai restrictive, s-au adăugat prevederi noi (diagnosticarea la bord – OBD, durată de funcționare) și s-a limitat conținutul de sulf din combustibili;

- S-au adoptat normele Euro III, IV și V pentru autovehicule comerciale grele (autocamioane) și autobuze, cu intenția de a stimula introducerea sistemelor avansate de control a emisiei de oxizi de azot (NO_x) și a postarderii particulelor din gazele de evacuare (PM);

- California Air Board (CARB) – Autoritatea americană californiană de standardizare în domeniul emisiilor poluante – a stabilit limite strânse nu numai pentru emisiile de oxid de carbon (CO), hidrocarburi nense (HC), oxizi de azot (NO_x) și particule (PM), ci și privind neutralitatea combustibililor (autovehiculele cu m.a.c. trebuie să îndeplinească aceleași standarde ca și cele cu m.a.s.) și a autovehiculelor (autovehiculelor ușoare de marfă și cele cu destinație utilitar-sportivă-SUV-dacă sunt folosite pentru transport de persoane, trebuie să îndeplinească aceleași norme ca și autoturismele);

- Japonia a impus, pentru prima dată în ultimii 20 de ani, norme mai severe pentru autovehiculele cu m.a.s. și a introdus cerințe pentru cele cu m.a.c.;

- În SUA, EPA (Energy Policy and Conservation Act) împreună cu CARB au impus cele mai severe restricții din istoria industriei motoarelor pentru autovehicule grele;

- EPA a adoptat cele mai severe standarde referitoare la PM și NO_x, pentru autocamioanele grele și autobuze, și a dispus utilizarea motorinei cu conținut scăzut de sulf pentru a se aplica tehnologiile avansate necesare;

- UE împreună cu constructorii de automobile (ACEA–Asociația Europeană a Constructorilor de Automobile) au ajuns la un acord care prevede reducerea emisiei de bioxid de carbon (CO₂) cu 25% până în 2008;

- CARB a decis, dat fiind faptul că particulele emise de m.a.c. sunt toxice, să intensifice eforturile de reducere a emisiei de PM și la autovehiculele cu m.a.c. existente.

De asemenea, sunt în derulare următoarele acțiuni:

- În contextul prevederilor Protocolului de la Kyoto, se acționează în direcția reducerii emisiei de gaze cu efect de seră provenite din sectorul de transport, în special CO₂, metanul (CH₄) și protoxidul de azot (N₂O);

- Cercetările evidențiază faptul că particulele de carbon emise de m.a.c. au un efect de seră mai pronunțat decât metanul, și de aceea presiunea de reducere a emisiei de PM a crescut, inclusiv pentru autovehiculele existente;

- Japonia este într-un stadiu avansat de introducere a unui control sever, care impune instalarea filtrelor de PM pe toate m.a.c. noi și reducerea conținutului de sulf din motorină.

UE intenționează să înlocuiască parțial combustibilul convențional pentru autovehicule, până în 2020, după cum urmează: 6% biocombustibil (2-4 ori mai scump) până în 2010, 5% gaz natural până în 2015 și 5% hidrogen până în 2020 (ponderea acestora va deveni sesizabilă după 2030) [1].

CAPITOLUL 3

REGLEMENTĂRI INTERNE ȘI INTERNAȚIONALE PRIVIND LIMITE DE POLUARE ADMISE PENTRU AUTOVEHICULE ECHIPATE CU MOTOARE CU ARDERE INTERNĂ

3.1. Legislația antipoluare

3.1.1. Evoluția legislației pentru combaterea poluării

Omenirea s-a preocupat de mult timp de calitatea aerului pe care îl respiră. Prima lege împotriva poluării a fost promulgată în anul 1273 de către regele Edward I al Angliei și era îndreptată împotriva fumului și oxizilor de sulf care rezultau în urma arderii cărbunelui.

Între legislațiile moderne are prioritate tot o lege britanică, adoptată în 1956, care limita emisiile surselor industriale și casnice.

Primele măsuri împotriva emisiilor poluante ale autovehiculelor au fost adoptate în S.U.A., în statul California, începând cu 1959. Statul California, datorită condițiilor geografice neprielnice, o depresiune puțin aerată și temperaturi relativ înalte, precum și datorită numărului mare de autovehicule care ducea la producerea smogului, mai ales pe străzile orașului Los Angeles, a fost inițiatorul unor legislații foarte aspre care, în decursul timpului, au prescris valori ale emisiilor sub cele conținute în legislația federală a S.U.A. Apoi, din 1960, s-au întocmit legislații la nivel federal, cuprinzând, în principal, limitarea emisiilor evaporative din carburator și rezervor. În 1963 s-au limitat gazele de carter, în 1965 NO_x , iar în 1968 toate autoturismele au devenit obiectul legislației pentru controlul emisiilor poluante, limitându-se CO și HC [1].

Efectul global al măsurilor adoptate în S.U.A. a fost evaluat în 1970 ca fiind remarcabil, totuși insuficient, de aceea s-a adoptat o altă orientare a evaluării emisiilor, pornind de la observația că poluarea aerului depinde de masa absolută de noxe deversate în atmosferă. Se renunța astfel la criteriul conținutului relativ de substanțe poluante din gazele arse (exprimat în procente sau ppm) și se adoptă criteriul absolut: exprimarea în grame / milă (care dezavantajează autovehiculele cu cilindree mare).

În 1975 (California) și 1976 (celelalte state federale din S.U.A.) limitele emisiilor au atins nivelul care, de regulă, necesita folosirea unui convertor catalitic (m.a.s.). Următoarele reduceri din 1977 – 1982 în California, urmate, în 1983, de restul S.U.A., au condus la introducerea obligatorie a catalizatorilor trivalenți, cu control electronic. Din 1987 s-a introdus controlul asupra emisiilor de particule la m.a.c. (Diesel).

Europa a reacționat cu mare întârziere față de S.U.A., înaintea ei luând măsuri antipoluante Japonia și Canada. Cronologic, controlul emisiilor poluante a început în Europa în 1970 prin limitarea CO și HC la m.a.s. (Otto), continuând cu limitarea fumului în 1972 la m.a.c. (Diesel). A urmat reducerea emisiei de CO la mersul în gol și scăderea pragului CO și HC în 1974, iar în 1977 s-a introdus limitarea NO_x .

În anii '80 regulamentele au modificat numai valorile limită admise pentru m.a.s., iar la m.a.c. s-a prevăzut controlul particulelor începând cu anii '90.

Se poate aprecia că prima perioadă în care s-a declanșat lupta împotriva emisiilor a fost caracterizată de creșterea consumului de combustibil, dovedindu-se că politica legislativă a emisiilor a fost foarte costisitoare. În 1975, o dată cu declanșarea crizei petroliere, s-au dezvoltat mijloacele de control a emisiilor fără creșterea consumului de combustibil.

În perioada 1975 –1990 eforturile scăderii consumului de combustibil s-au corelat cu cele făcute pentru scăderea emisiilor. Problema scăderii consumului de combustibil a devenit acută, nu numai din punct de vedere economic cât mai ales datorită emisiei de CO₂.

Politica antipoluare a generat planuri, prognoze și strategii de reducere a emisiilor autovehiculelor, care sunt în plină desfășurare. Țările puternic industrializate au luat o serie de măsuri stimulativă pentru constructorii de autovehicule nepoluante (sau mai puțin poluante), cum ar fi reducerea impozitelor și aplicarea de sancțiuni (taxe suplimentare ecologice sau chiar interzicerea circulației) pentru autovehiculele cu emisii poluante mari, peste norme. S-au definit o serie de categorii de autovehicule, din punct de vedere al nivelului de poluare, planificându-se ca producția de autovehicule a anilor 2000 să respecte anumite procente din aceste categorii:

- TLEV (Transitional Low Emission Vehicle) – vehicul cu emisii relativ scăzute;
- LEV (Low Emission Vehicle) – vehicul cu emisii scăzute;
- ULEV (Ultra Low Emission Vehicle) – vehicul cu emisii foarte scăzute;
- ZEV (Zero Emission Vehicle) – vehicul cu emisii (practic) nule.

S.U.A. (mai ales statul California) au cuprins în planificările referitoare la producția de autovehicule noi procente mari de ZEV, obținute fie prin îmbunătățirea motoarelor clasice cunoscute, fie prin folosirea unor motoare cu combustibili mai puțin poluanți (gaze naturale, alcoolii, energie electrică) sau total nepoluanți (hidrogenul).

La ora actuală există în lume trei mari centre de dezvoltare economică, producătoare de autovehicule, care și-au impus proceduri, legislații, strategii proprii în ceea ce privește emisiile poluante ale autovehiculelor : Europa, S.U.A. și Japonia.

Astfel, nu se poate vorbi de un singur regulament internațional de măsurare și limitare a emisiilor. În prezent coexistă cele trei seturi de legislații, la care au subscris multe alte țări. Există și țări cu legislații antipoluare proprii.

Strategiile față de limitarea emisiilor poluante s-au dovedit divergente: S.U.A. pun accent pe reducerea nivelului de particule, acceptând valori mari ale CO, Japonia impune scăderea NO_x, fără a limita particulele, iar Europa se situează undeva la mijloc, căutând calea compromisului

Procedurile de testare sunt diferite, bazate pe o serie de regimuri de funcționare cu ponderi diferite. De exemplu, pentru a se compara testele executate în regimuri stabilizate pentru autovehicule grele (testul european și cel japonez) cu cel american, executat în regim tranzitoriu, acesta din urmă a fost echivalat cu un test cu 8 trepte staționare sau cu testul european existent, variindu-se ponderile acordate fiecărei trepte de încercare.

Încercările comparative ale aceluiași motor după cele 3 proceduri au demonstrat că se obțin rezultate diferite ale poluanților, ceea ce poate duce la concluzii contradictorii asupra caracteristicilor aceluiași motor [2]. Comparația

este și mai greu de făcut dacă se ține seama că se folosesc unități de măsură diferite: g/kWh, g/km, g/test, ppm.

Legislațiile își largesc treptat cadrul, tinzând să limiteze toate formele de poluare, pornind de la poluanții din gazele de evacuare, continuând cu gazele carter și vaporii de combustibil scăpați din instalațiile motorului sau la stațiile de alimentare.

Funcție de durata de viață utilă a autovehiculului, se fac măsurări ale emisiilor după un anumit număr de ore de funcționare, acceptându-se coeficienți de corecție și se verifică durabilitatea dispozitivelor antipoluante (convertor catalitic, filtru de particule).

În cele ce urmează se vor face referiri numai la legislația autovehiculelor rutiere și se vor prezenta pe scurt principalele regulamente europene, americane și japoneze.

3.1.2. Regulamente Europene

Documente cu putere de lege emit două organisme europene: Comunitatea Economică Europeană și Comisia Economică Europeană (organism al Organizației Națiunilor Unite). Directivele primului organism sunt similare regulamentelor celui de-al doilea și tind, în timp, să devină identice.

Întrucât România s-a aliniat documentelor emise de CEE-ONU, acestea vor fi descrise în cele ce urmează.

3.1.2.1. Regulamentul nr. 83 CEE - ONU

În cele ce urmează se fac referiri la mai multe categorii de autovehicule, care sunt conform standardului referitor la frânarea autovehiculelor, STAS 11960, notate prescurtat conform explicației din tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Categoriile de autovehicule conform STAS 11960

Simbolul categoriei	Caracteristici
M ₁	Autovehicule de persoane cu cel mult opt locuri pentru pasageri
M ₂	Autobuze cu masă totală maximă de cel mult 5 000 kg
M ₃	Autobuze cu masă totală maximă peste 5 000 kg
N ₁	Autovehicule de mărfuri cu masă totală maximă de cel mult 3 500 kg
N ₂	Autovehicule de mărfuri cu masă totală maximă peste 3 500 kg, dar cu cel mult 12 000 kg
N ₃	Autovehicule de mărfuri cu masă totală maximă peste 12 000 kg

Prevederile acestui regulament se aplică:

– emisiilor din gazele de eșapament și emisiilor de gaze carter ale tuturor autovehiculelor din categoria M1 și N1, cu motoare cu aprindere prin scânteie, funcționând cu benzină cu plumb;

– emisiilor din gazele de eșapament, din gazele de carter și emisiilor evaporative; durabilității dispozitivelor antipoluante ale autovehiculelor din categoria M1, N1 cu m.a.s., funcționând cu benzină fără plumb;

– emisiilor din gazele de eșapament și durabilității dispozitivelor antipoluante ale tuturor autovehiculelor din categoria M1, N1, cu m.a.c., având cel puțin 4 (patru) roți.

Categoriile M1 și N1 cuprind autovehicule pentru transportul de marfă și de persoane, cu masa totală sub 3,5 t (în principal autoturisme și autoutilitare).

Există 5 tipuri de încercări de omologare care se aplică diferențiat fiecărei categorii de autovehicul, conform tabelului 3.2.

Încercarea de tip I urmărește controlul emisiilor din gazele de eșapament cu autovehiculul montat pe un banc cu rulouri, care simulează rezistența la înaintare și inerția. Se efectuează un ciclu format dintr-un ciclu urban, ce se repetă de 4 ori și dintr-un ciclu care simulează funcționarea în afara orașului (extraurban) (figura 3.1.). Inițial, această încercare cuprindea numai ciclul urban. Acest ciclu solicita puțin motorul (viteza maximă 50km/h) și de aceea nu este reprezentativ pentru toate regimurile de funcționare, în special emisiile de NO_x fiind foarte mici, fără relevanță. După multe discuții s-a adăugat și ciclul extraurban, în care viteza maximă este de 120 km /h.

Tabelul 3.2. Încercări de omologare pe categorii de autovehicule

Tipul încercării	Autovehicule cu benzină cu plumb	Autovehicule cu benzină fără plumb Masa < 2,5 t	Autovehicule cu benzină fără plumb Masa > 2,5 t	Autovehicule cu motorină Masa < 2,5 t	Autovehicule cu motorină Masa > 2,5 t
I	DA	DA	DA	DA	DA
II	DA	–	DA	–	–
III	DA	DA	DA	–	–
IV	–	DA	–	–	–
V	–	DA	–	DA	–

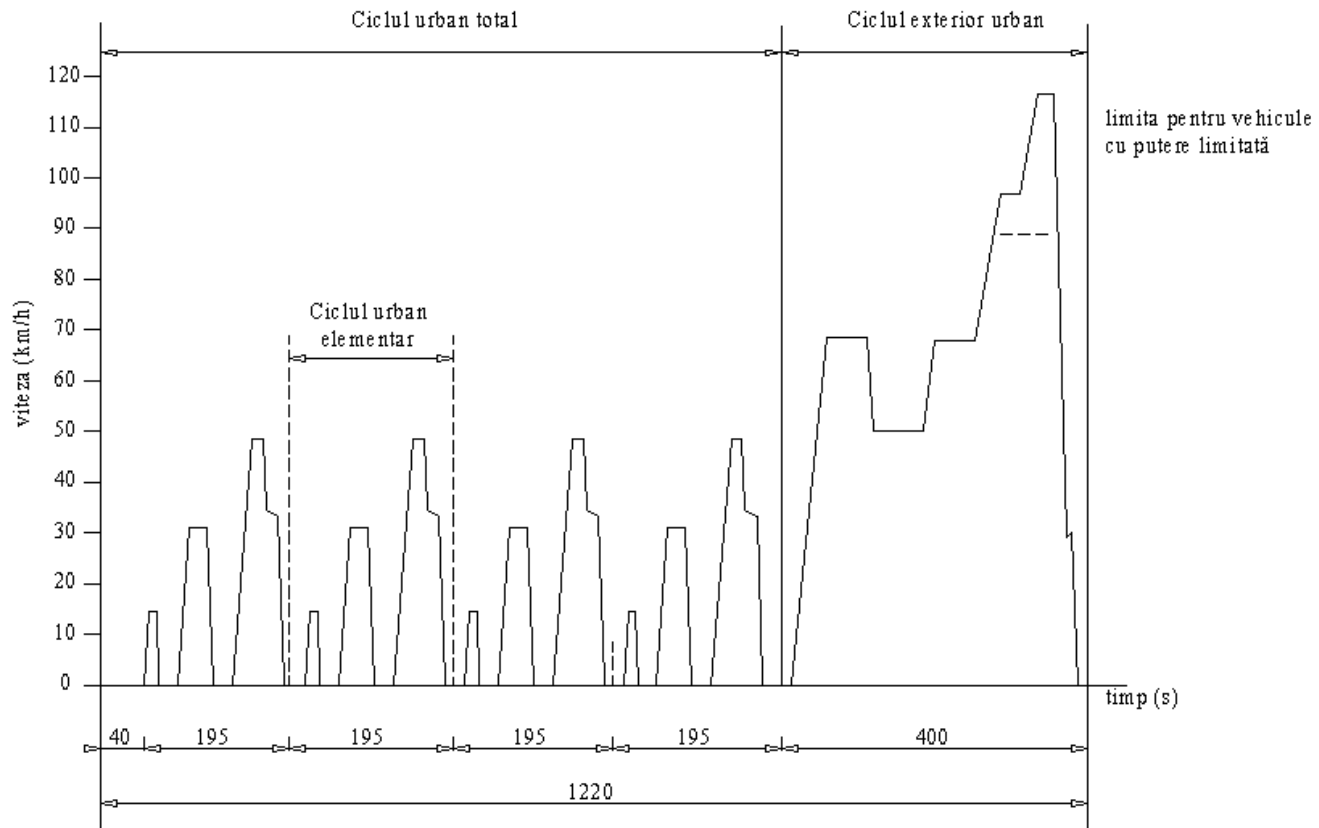


Fig. 3.1. Ciclu după testul de poluare nr. 83 CEE - ONU

În timpul încercării gazele de evacuare sunt diluate și colectate în saci. Pentru autovehiculele cu m.a.s. se măsoară CO, HC, NO_x, iar pentru m.a.c. se măsoară în plus particulele. Valorile limită sunt date funcție de tipul autovehiculului (tabelul 3.3.).

Tabelul 3.3. Emisiile admise ale autovehiculelor care funcționează cu benzină etilată (M₁)*

Masa de referință a autovehiculului [kg]	CO [g / test]	HC + NO _x [g / test]
< 1020	58	19
1020 ... 1250	67	20,5
1250 ... 1470	76	22
1470 ... 1700	84	23,5
1700 ... 1930	93	25
1930 ... 2150	101	26,5
2150 <	110	28

*Pentru categoria de autovehicule N₁, valorile HC + NO_x din tabelul 3.3. se multiplică cu 1,25

Tabelul 3.4. Emisiile admise ale autovehiculelor care funcționează cu benzină neetilată (M₁)*

CO [g / km]	HC + NO _x [g / km]	Anul
2,72	0,97	1993 (EURO I)
2,2	0,5	1996(EURO II)

*Pentru categoria de autovehicule N₁ sunt valabile datele din tabelul 3.4.

Tabelul 3.5. Emisiile poluante admise ale autovehiculelor care funcționează cu motorină (M₁)*

CO [g / km]	HC + NO _x [g / km]	Particule [g / km]
2,72	0,97	0,14

*Pentru categoria de autovehicule N₁ sunt valabile datele din tabelul 3.5.

Limitele prognozate de legislatorii europeni, în ceea ce privește emisiile poluante produse de motoarele cu aprindere prin scânteie., sunt sintetizate în tabelul 3.6.

Tabelul 3.6. Limite emisii poluante admise produse de motoarele cu aprindere prin scânteie

Anul	2000 (EURO III)	2005 (EURO IV)
HC [g/km]	0,2	0,1
NO _x [g/km]	0,15	0,08
CO[g/km]	2,3	1,0

Încercarea tip II se referă la controlul CO la mersul în gol, imediat după al patrulea ciclu din încercarea I. Valorile CO nu trebuie să depășească 3,5%, pentru reglajul specific încercării de tip I sau nu trebuie să depășească 4,5% CO, pentru plaja de reglaje specificate în acest regulament.

Încercarea tip III verifică emisiile din gazele carter la mers în gol și la 50km/h, folosind standul cu role. Presiunea măsurată în carter nu trebuie să depășească valoarea presiunii atmosferice din momentul măsurării. Dacă această lucră nu se respectă, se impune o încercare complementară prin care se colectează

gazele carter într-un sac fixat la orificiul jojei de ulei. Autovehiculul este considerat satisfăcător dacă nu se produce o umflare vizibilă a sacului.

Încercarea tip IV determină emisiile de HC evaporate prin metoda SHED (Sealed Housing for Evaporative Determinations). Aceasta metodă constă în captarea emisiilor într-o incintă închisă care conține autovehiculul. Cunosându-se volumul incintei și concentrația substanțelor poluante, se determină emisiile totale.

Emisiile evaporabile se împart în:

- pierderi diurne – apar când autovehiculul este staționat, cu motorul oprit, datorită evaporării combustibilului din rezervor, provocată de variația temperaturii care apare în 24 de ore;
- pierderi datorită încălzirii – apar când autovehiculul încălzit este lăsat să staționeze și căldura motorului este transferată rezervorului și/sau carburantului;
- pierderi în funcționare – apar când autovehiculul este condus în condiții normale de funcționare.

Metoda SHED are măsurători similare și în S.U.A., determinându-se cele 3 tipuri de emisii amintite. Suma acestora nu trebuie să depășească 2g/test.

Încercarea tip V urmărește verificarea durabilității dispozitivelor antipoluante care echipează m.a.s. sau m.a.c. în cursul încercării de duranță de 80 000 km. Este definit un program de funcționare, alcătuit din 11 cicluri de 6km lungime, care se repetă până la 80 000 km. Se măsoară emisiile din 10 000 km în 10 000 km și, pe baza lor, se calculează factorul de deteriorare al emisiilor din gazele de eșapament, ca raport al emisiei de poluanți, în g / km la 6 400 km și la 80 000 km.

3.1.2.2. Regulamentul nr. 49 CEE - ONU

Acest regulament se aplică emisiilor gazoase și de particule ale motoarelor cu aprindere prin comprimare, care antrenează autovehicule având viteza nominală superioară valorii de 25km/h și aparținând categoriilor M1 de masă totală peste 3,5t , M2, M3, N1, N2, N3. Mai scurt spus, se aplică autovehiculelor grele (autocamioane și autobuze) echipate cu m.a.c. Pentru încercare, motorul (și nu autovehiculul) este montat pe un banc de încercare, este cuplat la un dinamometru și este supus unui ciclu de încercări alcătuit din 13 trepte de funcționare staționară, definite de sarcină și turație (tabelul 3.7.).

După prima treaptă de mers în gol, motorul este încărcat treptat în sarcini crescătoare, la 10, 25, 50, 75 și 100% din sarcina maximă, la turație intermediară. Turația intermediară este definită ca turația de cuplu maxim, dacă aceasta se încadrează între 60 și 75% din turația nominală, iar dacă această condiție nu este îndeplinită, se consideră egală cu 60% din turația nominală. În treapta a șaptea a ciclului, motorul funcționează în gol, după care urmează treptele de funcționare la turație nominală, în sarcină descrescătoare: 100, 75, 50, 25 și 10% din sarcina maximă; ultima treaptă cuprinde din nou mersul în gol.

Tabelul 3.7. Ciclul de încercări din 13 trepte de funcționare staționară

Modul	Turația	Sarcina [%]	Coefficient de ponderare
1	Turația de mers în gol	-	0,25 / 3
2	Turația intermediară	10	0,08
3	Turația intermediară	25	0,08
4	Turația intermediară	50	0,08
5	Turația intermediară	75	0,08
6	Turația intermediară	100	0,25
7	Turația de mers în gol	-	0,25 / 3
8	Turația nominală	100	0,10
9	Turația nominală	75	0,02
10	Turația nominală	50	0,02
11	Turația nominală	25	0,02
12	Turația nominală	10	0,02
13	Turația de mers în gol	-	0,25 / 3

În fiecare treaptă se măsoară, prin înregistrări grafice, emisiile gazoase care se mediază pe întreg intervalul de măsurare; apoi media fiecărei trepte intră în calculul mediei ponderate finale cu un anumit coeficient (tabelul 3.7). Măsurările de debit de gaze arse, cuplu și turație duc la stabilirea puterii specifice fiecărei trepte necesare la determinarea puterii echivalente a întregului ciclu. Emisiile gazoase măsurate de analizoare se raportează masic la puterea echivalentă a ciclului și se exprimă în g/kWh.

Pentru determinarea particulelor se folosește metoda gravimetrică: gazele arse, diluate cu aer curat, trec printr-o pereche de filtre din teflon de o anumită porozitate, colectând depunerile solide și lichide existente în gazele arse. Filtrele sunt cântărite înainte și după același ciclu, iar debitul masic de particule este raportat la puterea motorului.

Valorile admise ale celor patru poluanți considerați sunt redate, mai jos, în tabelul 3.8.

Tabelul 3.8. Valori admise pentru poluanții considerați

Data intrării în vigoare	Poluantul [g/kWh]			
	CO	HC	NO _x	PT
1.07.1992 (EURO I)	4,5	1,1	8	0,36 *
1.10.1995 (EURO II)	4,0	1,1	7	0,15
1999 (EURO III)	2,5	0,7	5	0,10
2004 (EURO IV)	1,0	0,5	<3	< 0,10

*Valoarea limită pentru emisiile de particule se înmulțește cu 1,7 în cazul motoarelor cu putere nominală mai mică sau egală cu 85kW.

Limitele EURO III sunt cu 30% mai mici ca EURO II și, deși se prevedea intrarea lor în vigoare în 1999, acest termen s-a amânat până la 1 octombrie 2000. Noile valori ale emisiilor, conform ciclurilor de încercare propuse, denumite după numele organizațiilor care le-au emis, sunt cuprinse în tabelul 3.9.

Tabelul 3.9. Valori emisii conform ciclurilor de incercare propuse

Domeniul de aplicare	Testul	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO _x [g/kWh]	PM [g/kWh]
Motoare Diesel convenționale EURO III	Testul european OICA	2,1	0,66	5,0	0,10 (0,13)*
Motoare Diesel avansate EURO III	Testul european FIGE	5,45	0,78 (NMHC)	5,0	0,16 (0,21)*
Motoare cu gaze naturale	Testul european FIGE	5,45	0,78 (NMHC) CH ₄ 1,6	5,0	–

*Pentru motoare cu o cilindree unitară mai mică de 0,7 dm³ și o turație nominală mai mare de 3000 rot/min.

O altă propunere pentru valorile emisiilor categoriei de motoare definite de legislatorii europeni și care este considerată cea mai optimistă este ilustrată în tabelele 3.10 și 3.11, acestea cuprinzând valorile limită ale emisiilor poluante produse de motoarele Diesel (motoare convenționale ± catalizatori de oxidare, în ciclul european OICA) și respectiv valorile limită ale emisiilor poluante emise de m.a.c. și a motoarelor cu gaze naturale (m.a.c. cu post-tratare avansată a gazelor arse incluzând filtre de particule și catalizatori DENO_x, în ciclul european tranzitoriu FIGE).

Tabelul 3.10. Valori limită emisii poluante motoare Diesel in ciclul european OICA

Data intrării în vigoare	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO _x [g/kWh]	PM [g/kWh]	Indice de fum [m ⁻¹]
2000-2001	2,1	0,66	5,0	0,10 (0,13)*	0,8
2005-2006	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
2008-2009	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5

*Pentru motoare cu o cilindree unitară mai mică de 0,7 dm³ și o turație nominală mai mare de 3000 rot/min.

Tabelul 3.11. Valori limită emisii poluante motoare Diesel in ciclul european FIGE

Data intrării în vigoare	CO [g/kWh]	NMHC [g/kWh]	CH ₄ [g/kWh]**	NO _x [g/kWh]	PM [g/kWh]***
2000-2001	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16 0,21*
2005-2006	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
2008-2009	4	0,55	1,1	2,0	0,03

*Pentru motoare cu o cilindree unitară mai mică de 0,75 dm³ și o turație nominală mai mare de 3000 rot/min.

**Numai pentru motoarele cu gaze naturale.

***Numai pentru motoarele Diesel.

3.1.2.3. Regulamentul nr. 24 CEE - ONU

Acest regulament cuprinde prescripții referitoare la omologarea motoarelor cu aprindere prin comprimare, în ceea ce privește emisiile poluante vizibile (fumul). Emisiile poluante se măsoară în cursul a două încercări: în regim stabilizat de funcționare în sarcină totală (a) și în regim de accelerare liberă (b).

a - Încercarea se execută fie pe motor, fie pe autovehicul, măsurându-se opacitatea gazului de eșapament. Se execută un număr suficient de măsurări, repartizate între turația nominală maximă și cea minimă. Pentru fiecare din turațiile la care s-au făcut măsurări ale coeficientului de absorbție se calculează debitul nominal de gaz:

$$G = V n / 120 \quad (3.1.)$$

în care :

G este debitul nominal de gaz (l/s);

V – cilindrul motorului (l;

n – turația motorului (rot/min).

Coeficientul de absorbție al luminii, măsurat cu opacimetrul, trebuie să fie mai mic decât valorile limită impuse acestui coeficient în regulament, funcție de debitul de gaz.

b - Încercarea se execută asupra motorului instalat pe bancul de încercare sau pe autovehicul. Emisiile poluante vizibile în accelerație liberă trebuie măsurate când motorul funcționează la regim nominal și la puterea sa maximă. Motorul, funcționând la regimul de mers în gol, este accelerat rapid, dar fără brutalitate, pentru a se obține debitul maxim al pompei de injecție. Această poziție se menține până se atinge regimul maxim al motorului, apoi se decelerează până când motorul ajunge din nou la regimul de mers în gol, la turație minimă și opacimetrul revine la condițiile inițiale. Se repetă operația de cel puțin 6 ori, notându-se valorile maxime ale opacității, obținute în încercări succesive, până când se obțin valori stabilizate într-o plajă de $0,25 \text{ m}^{-1}$. Valoarea coeficientului de absorbție este media aritmetică a 4 valori consecutive ale opacității, care respectă condiția anterioară.

Referitor la modalitatea de a se efectua accelerația prin apăsarea completă, rapidă, dar nu violentă a pedalei de accelerație, există opinia că această indicație este prea vagă, lăsată la aprecierea fiecărui executant. Pentru a elimina arbitrarul, unele standarde (ISO/TR 9310) stabilesc intervalul valorilor gradientului de turație de la 15 la 50 s^{-2} .

Așa cum s-a putut consta, în subcapitolul anterior, există tendința ca prevederile acestui regulament să fie cuprinse unitar în regulamentul dedicat emisiilor poluante ale motoarelor cu aprindere prin comprimare (m.a.c.).

În afara acestor regulamente specifice autovehiculelor rutiere, există o serie de norme ale emisiilor produse de aplicații nerutiere din domeniul, feroviar, naval, agricol, al construcțiilor sau a generatoarelor electrice. În Europa, documentul cel mai des menționat este ISO 8178, care indică procedura de încercare specifică și valorile admisibile fiecărei utilizări în parte.

3.1.3. Regulamente ale S.U.A.

3.1.3.1. Cicluri și limite pentru autovehicule ușoare

Din 1972, ciclul de măsurare al emisiilor s-a bazat pe ciclul tranzitoriu obținut din regimurile reprezentative de funcționare ale motoarelor corespunzătoare conducerii unui autovehicul în Los Angeles. Procedura originală, denumită FTP-72 (Federal Test Procedure - procedura de încercare federală), este un test alcătuit din două faze care acoperă un parcurs de 7,5 mile în 23 de minute. Din 1975, procedura s-a modificat, devenind FTP-75 și aceasta are aceeași componență ca FTP-72, la care s-a mai adăugat prima fază după o pauză de 10 minute. Intenția acestui ciclu modificat este de a cuprinde și influența emisiilor produse de motorul pornit cald. Autovehiculul este mai întâi condiționat 12 ore la temperatura ambiantă, apoi se efectuează ciclul de funcționare la rece, gazele fiind colectate în primul sac. Pe durata funcționării stabilizate gazele sunt direcționate către sacul al doilea. Urmează o întrerupere de 10 minute, după care se reia prima fază, dar în condițiile în care motorul este încălzit. În acest ultim caz gazele se adună în cel de-al treilea sac.

Emisiile celor trei faze se ponderează în modul următor :

$$EC = 0,43 TP_r + SP + 0,57 TP_c, \quad (3.2.)$$

în care :

EC - emisiile totale de poluant pe ciclu;

TP_r - emisiile de poluant din perioada de funcționare rece;

SP - emisiile de poluant din perioada de funcționare staționară;

TP_c - emisiile de poluant din perioada de funcționare caldă.

Suma ponderată a emisiilor din cei trei saci este evaluată funcție de distanța parcursă și este exprimată în gram /milă. Figura 3.2. prezintă ciclul FTP-75 și ciclul de funcționare pe autostradă, acesta din urmă măsurând consumul de combustibil și emisia de NO_x.

Spre deosebire de Europa, S.U.A. nu au diferențiat legislația antipoluare funcție de tipul motorului care echipează autovehiculul; m.a.c. trebuie să respecte aceleași valori ale emisiilor în gram / milă. Totuși, din cauza emisiei mari de particule, statul California a inclus limite ale particulelor în propunerea legislativă numită LEV II (tabelul 3.12.).

Tabelul 3.12. Limite ale particulelor conform legislației LEV II

Categoria autovehiculului	Durabilitatea autovehiculului [mile]	NMOG [g/milă]	CO [g/milă]	NO _x [g/milă]	PM* [g/milă]
TLEV	50 000	0,125	3,4	0,4	
	120 000	0,156	4,2	0,6	0,04
LEV	50 000	0,075	3,4	0,05	
	120 000	0,090	4,2	0,07	0,01
ULEV	50 000	0,040	1,7	0,05	
	120 000	0,055	2,1	0,07	0,01
SULEV	120 000	0,010	1,0	0,02	0,01

* Numai pentru motoare cu aprindere prin comprimare

Începând cu 2004, 25% din autovehiculele sub 6000 de livre trebuie să respecte limita NO_x 0,07g/milă, urmând adăugări de 25% la fiecare 3 ani. Celelalte 75% trebuie să îndeplinească regulamentul federal LEV (0,3 g/milă NO_x în medie, cu maximum 0,6 g/milă NO_x , iar particulele sub 0,02 g/milă).

Începând cu 2004, 25% din autovehiculele peste 6000 de livre trebuie să respecte limita NO_x 0,2g/milă, urmând adăugări de 25% la fiecare 3 ani; particulele sunt admise la limita de 0,06g/milă. Celelalte 75% trebuie să îndeplinească condițiile de 0,6g/milă NO_x , iar particulele sub 0,06 g/milă; din 2008, 50% din aceste autovehicule trebuie să aibă emisia de NO_x de 0,07g/milă, urmând ca restul de 50% să fie acceptate în 2009.

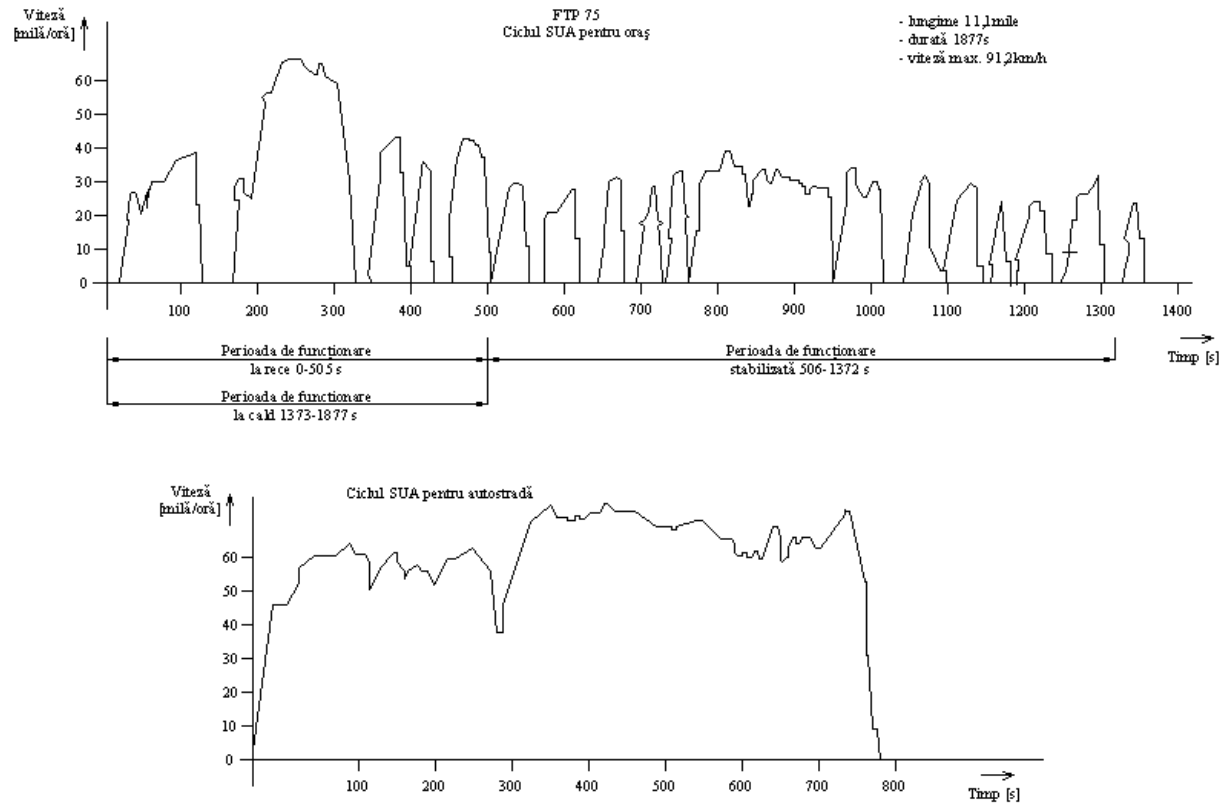


Fig. 3.2. FTP75 - Ciclul SUA pentru oraș și ciclul pentru autostradă

3.1.3.2. Ciclul pentru autovehicule grele

În 1985 s-a alcătuit un ciclu tranzitoriu, format în urma analizei regimurilor de funcționare ale motoarelor în condițiile pornirii la rece și la cald în mediu urban aglomerat, în mediu urban neaglomerat și pe autostradă.

Măsurările au fost făcute în New York și Los Angeles, iar ciclul rezultat supune motorul unei funcționări într-o gamă largă de sarcini și turații. Ciclul este parcurs de două ori, prima oară după o pornire rece, iar a doua oară după o pauză de 20 de minute. Emisiile obținute în cele două secvențe sunt ponderate, 1/7 pentru ciclul rece și 6/7 pentru ciclul cald. Ceea ce este interesant este faptul că acest ciclu cuprinde și 178s în care motorul este împins, adică antrenat de dinamometru, fază în care se urmărește comportarea motorului când acesta nu este alimentat cu combustibil, deși motorul se rotește.

3.1.4. Regulamente Japoneze

Regulamentele japoneze privitoare la emisii sunt complexe, datorită numărului mare de proceduri de testare, categorii de autovehicule și date de intrare în vigoare. În 1990 erau în vigoare următoarele tipuri de cicluri de încercări:

a. Ciclul cu 10 trepte - ciclu urban cu pornire la cald, cu accelerări de până la 40km/h, folosit pentru autoturisme și autoutilitare ușoare cu m.a.s. sau motoare cu gaze petroliere lichefiate (LPG) și m.a.c. (sub 1700 kg masă totală).

b. Ciclul cu 11 trepte - ciclu cu pornire la rece și viteze până la 60 km/h, completează ciclul cu 10 trepte.

c. Ciclul cu 6 trepte - ciclu bazat pe ponderarea emisiilor măsurate în 6 trepte de funcționare staționară, folosit pentru autovehicule peste 2500 kg sau autovehicule cu m.a.c. peste 1700 kg.

d. Testul emisiilor evaporative - se bazează pe captarea vaporilor de hidrocarburi în containere cu cărbune poros (procedură diferită de SHED).

După 1991, aceste proceduri s-au modificat astfel încât să includă cicluri cu viteze mai mari și măsurările să se facă în g/km sau g/kWh în loc de ppm.

Noile cicluri sunt:

a. Ciclul 10.15 trepte, care se aplică din 1991 autoturismelor și autoutilitarelor cu m.a.s. /LPG sau m.a.c. Înlocuiește ciclul cu 10 trepte.

b. Cicilul cu 13 trepte pentru m.a.s./LPG, care schimbă unitatea de măsură ppm în g/kWh

c. Ciclul cu 13 trepte pentru m.a.s. / LPG, care schimbă unitatea de măsură ppm în g/kWh. Se aplică din 1992 autovehiculelor comerciale.

d. Ciclul cu 13 trepte pentru m.a.c., care schimbă unitatea de măsură ppm în g/kWh și se aplică din 1993 autovehiculelor comerciale cu m.a.c.

Figura 3.3. cuprinde schematic caracteristicile acestor cicluri. Ciclul cu 13 trepte nu este identic cu cel european (Reg. CEE - ONU nr.49), de aceea nu se poate face o comparație valabilă.

Tabelele 3.13 și 3.14 cuprind valorile emisiilor din gazele de evacuare admisibile pentru autoturisme din standardul japonez, echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie respectiv cu motoare cu aprindere prin comprimare.

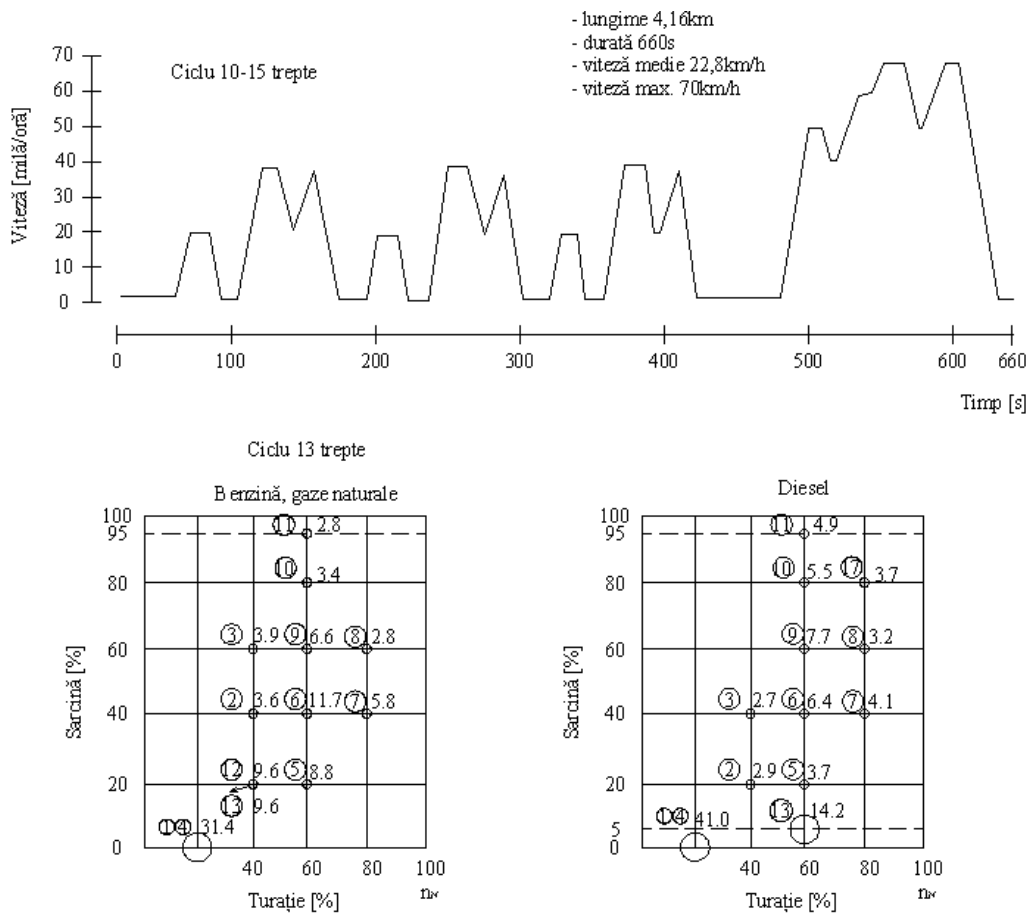


Fig. 3.3. Structura ciclurilor japoneze

Tabelul 3.13. Valori emisii admisibile conform standardelor japoneze

Ciclul	Emisia	Unitatea	Valori medii	Valori maxime
Testul cu 10.15 trepte , cu pornire la cald	HC	g/km	0,25	0,39
	CO		2,1	2,7
	NO _x		0,25	0,48
Testul cu 11 trepte, cu pornire la rece	HC	g/test	7,0	9,5
	CO		60	85
	NO _x		4,4	5,0
	Vapori	g/test	2,0	
	Gaze carter		0	
Mers în gol	HC	ppm	1200	
Mers în gol	CO	%vol	4,5	

Tabelul 3.14. Valori emisii admisibile din gazele evacuate conform standardelor japoneze

Ciclul	Emisia	Până la 31.03.2000		După 1.04.2000		
		medie	maximă	Medie	maximă	
Testul de fum în accelerare liberă	Înnegrirea hârtiei de filtru	40%		25%		
Testul cu 10.15 trepte , cu pornire la cald	Masa <1265 kg	HC	0,40	0,62	0,40	0,62
		CO	2,10	2,70	2,10	2,70
		NO _x	0,50	0,72	0,40	0,55
		PM	0,2	0,34	0,08	0,14
	Masa >1265 kg	HC	0,40	0,62	0,40	0,62
		CO	2,10	2,70	2,10	2,70
		NO _x	0,60	0,84	0,40	0,55
		PM	0,2	0,34	0,08	0,14

3.1.5. Legislația Românească

Legislația românească tinde să se alinieze la legislația europeană antipoluantă prin recunoașterea prevederilor unor regulamente (CEE - ONU nr.24, 49 și 83) și prin emiterea unor documente legislative proprii care să armonizeze cu documentele similare ale ISO (Organizația Internațională de Standardizare).

În domeniul poluării chimice sunt în vigoare mai multe norme (STAS), dintre care mai importante sunt:

- STAS 10474 Autovehicule. Determinarea opacității gazelor de evacuare ale motoarelor cu aprindere prin comprimare;

- STAS 11040 Autovehicule. Dispozitive pentru măsurarea opacității gazelor de evacuare la motoarele Diesel (metoda prezentată este identică cu prevederile Reg.CEE-ONU nr.24).

- STAS 11369 Autovehicule rutiere. Determinare emisiilor poluante. Limite admise și metode de încercare pentru autovehicule cu masa până la 3500 kg (metoda este identică cu varianta anterioară a Reg.CEE-ONU nr.83) lipsind bucla pentru deplasare cu o viteză de până la 120 km/h.

În afara documentelor de standardizare, există un organism abilitat de Ministerul Transporturilor de a se ocupa de certificarea și omologarea vehiculelor aflate în circulație pe drumurile publice din România, Registrul Auto Român (R.A.R).

- Documentele emise de R.A.R. cuprind prevederi clare referitoare la relația dintre motor și mediul înconjurător.

Valoarea zgomotului exterior măsurată în staționare nu e limitată, însă ea trebuie înscrisă în certificatele de omologare, pentru a putea fi utilizată ca bază de referință la eventuale verificări ale nivelului de zgomot al autovehiculelor aflate în exploatare.

În afară de certificarea de tip și de omologarea individuală, R.A.R. efectuează inspecții tehnice periodice care, din punct de vedere al emisiilor poluante, sunt mai simple decât testarea pe standul de încercare a autovehiculelor sau motoarelor, fiind determinate de încercarea în câteva regimuri de funcționare stabilite.

La m.a.s. se măsoară conținutul de CO care nu trebuie să depășească 0,5% la mersul în gol și 0,3% la mersul în gol accelerat (minimum 2000 rot/min) și coeficientul de exces de aer care trebuie să se încadreze în plaja $1 \pm 0,03$.

La m.a.c. se măsoară indicele de opacitate al gazelor de evacuare care nu trebuie să depășească $2,5\text{m}^{-1}$ pentru motoarele cu aspirație naturală și 3m^{-1} pentru motoarele supraalimentate.

În legătură cu proba pentru fum, pentru eliminarea arbitrarului la efectuarea acestei încercări în regim de accelerare, unele standarde, subliniem din nou, cum este ISO-TR 9310 stabilesc intervalul gradientului de turație de la 15 la 50s^{-2} (adică într-o secundă turația va fi majorată de la 15 rot/sec până la maximum 50 rot/sec, nefiind admisă o accelerare foarte violentă, pentru m.a.c.).

3.2. Concluzii

Ca o concluzie se poate afirma că legislația antipoluare este cât se poate de diversă. În afara poluanților și a metodelor de măsurare a acestora, care sunt aceleași, diferă semnificativ:

- structura ciclurilor de încercare,
- unitățile de măsură, valorile limită ale poluanților,
- împărțirea autovehiculelor pe categorii.

Pentru o interpretare unitară, se propune crearea unor regulamente sau acceptarea regulamentelor existente a căror valabilitate să fie recunoscută global. În același timp, se observă eforturile continue, susținute de organismele abilitate de a elibera norme cât mai stricte de limitare a emisiilor, în scopul alcătuirii unui cadru legislativ propice reducerii emisiilor poluante și a poluării mediului înconjurător.

Metoda de calcul a noxelor este bună, relațiile mai simple sunt mai expeditivă, dar mai puțin exacte, iar cele complexe sunt relativ ușor de prelucrat cu calculatorul deoarece sunt funcții algebrice.

Metoda permite studii expeditivă de optimizare funcțională a motorului pentru diminuarea noxelor în corelație cu caracteristicile sale constructiv funcționale.

3.3. Automobilul și regulamentele de poluare

3.3.1. Scurt istoric

După un secol de dezvoltare, aproape liberă, a automobilului, cu realizări considerabile în ultimii ani, urmează o perioadă în care perfecționarea acestuia trebuie realizată în condițiile existenței unor restricții extrem de severe. Niciodată inginerii nu s-au aflat sub o presiune atât de mare, determinată de armonizarea unor cerințe atât de contradictorii cum sunt: pretențiile clienților, poluarea chimică și sonoră, consumul de combustibil, siguranța autovehiculelor, confortul, costurile, integrarea în sistemele de transport, performanțele și plăcerea de a conduce. Toate acestea constituie obstacole greu de depășit și impun cheltuieli materiale însemnate și eforturi intelectuale deosebite. În figura 3.4. sunt prezentate, în viziunea firmei Volkswagen, principalele modernizări ale automobilului în ultimii 50 de ani și cauzele care le-au determinat [66].

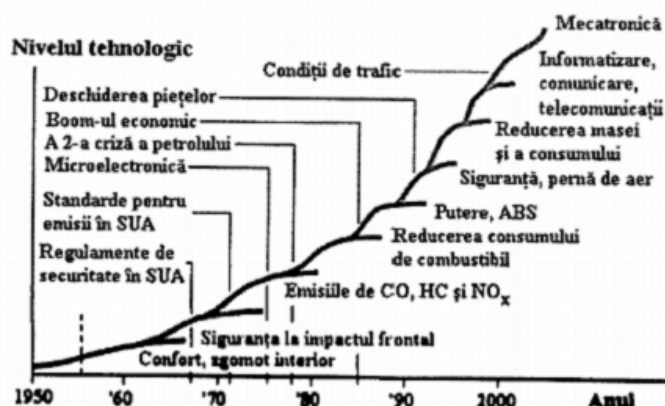


Fig. 3.4. Introducerea principalelor inovații la automobile și cauzele care le-au determinat

Primele măsuri legislative privind controlul emisiilor la autovehicule au fost introduse în statul american California în 1961. În Comunitatea Europeană primele măsuri legislative au devenit efective în 1970. Evoluția reglementărilor referitoare la emisiile de oxid de carbon (CO), hidrocarburi (HC), oxizi de azot (NO_x) și particule (PM) este prezentată în figura 3.4 [39].

În figura 3.5 este prezentată evoluția standardelor pentru autovehiculele ale căror masă este mai mare de 3,5 t și sunt echipate cu motoare cu puterea mai mare de 85 kW.

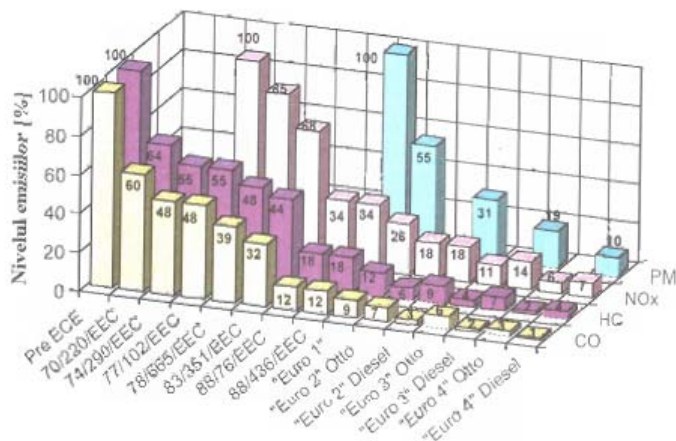


Fig. 3.5. Evoluția standardelor de poluare pentru autoturisme în Uniunea Europeană

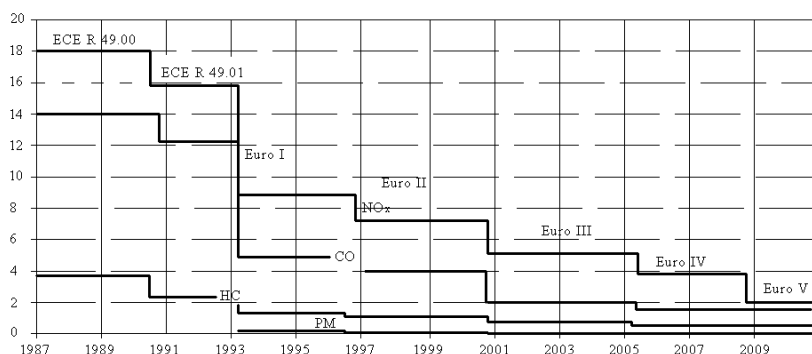


Fig. 3.6. Evoluția standardelor de poluare în UE pentru autovehiculele grele

Reduceri substanțiale ale emisiilor noilor autovehicule se realizează în majoritatea țărilor dezvoltate. Din cauza faptului că nu se folosesc aceleași proceduri de testare este dificil să se facă o comparație referitoare la severitatea reglementărilor. Dacă se ignorează aceste proceduri, atunci se pot centraliza cerințele referitoare la emisiile de oxizi de azot și particule, la autoturisme și autocamioane, pentru diferite regiuni ale globului.

Ciclurile de testare, a automobilelor, European (NEDC), Japonez și Nord-American sunt prezentate comparativ în figura 3.7.

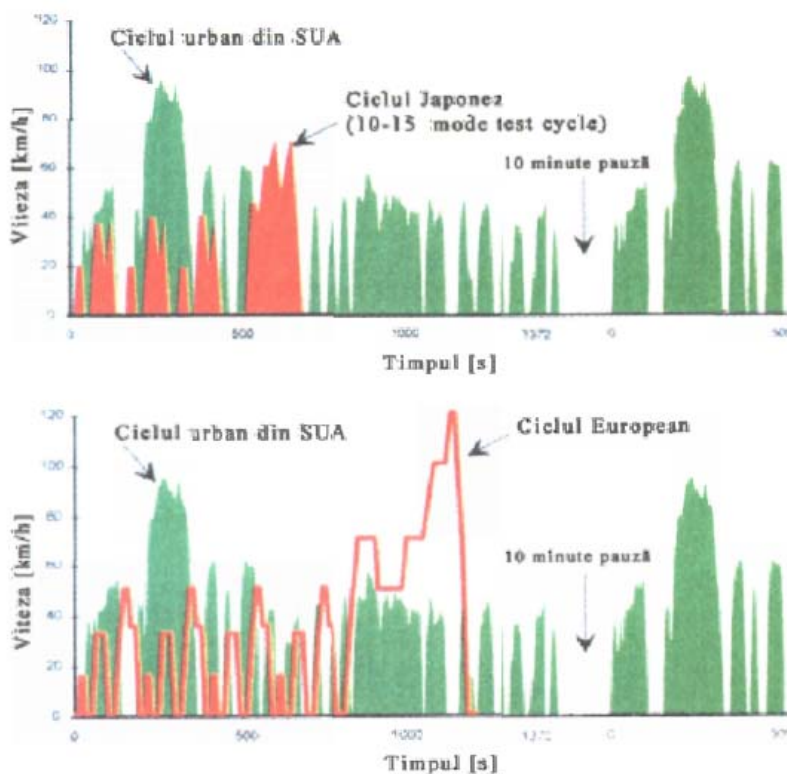


Fig. 3.7. Ciclurile European, Japonez și Nord-American de testare a autovehiculelor

Noul ciclu european de testare – NEDC (New European Drive Cycle) este format din 4 super cicluri de simulare a circulației urbane cu durata de 195 de secunde fiecare (ECE sau UDC – Urban Drive Cycle) și un ciclu de simulare a circulației extraurbane de 400 de secunde (EUDC – Extra Urban Drive Cycle). Distanța echivalentă parcursă de automobil în ciclul NEDC este de 11km (1+1+1+1+7). Ciclul ECE+EUDC mai este cunoscut și sub denumirea de ciclu MVEG-A.

3.3.2. Regulamentele privitoare la emisiile oxizilor de azot la autoturisme

Limitele privind emisiile de oxizi de azot (NO_x), în g/km, la autoturisme sunt prezentate în tabelul 3.15. pentru cele echipate cu m.a.s. și în tabelul 3.16. pentru cele echipate cu m.a.c. [93].

Tabelul 3.15. Prevederile standardelor referitoare la emisiile de NO_x (m.a.s.)

	Standardul	Anul introducerii	[g/km]	Durata de viață [km]
US National	Tier 1	1994	0,373	160000
	NLEV	2001	0,186	160000
	Tier 2	2004	0,043	193080
California	TLEV	1994	0,373	160000
	LEV	1994	0,186	160000
	ULEV	1994	0,186	160000
	LEV 2	2004	0,043	193080
	ULEV 2	2004	0,043	193080
	SULEV	2004	0,012	193080
Japonia	Japan 2000	2000	0,080	80000
EU	Euro III	2000	0,150	80000
	Euro IV	2005	0,080	100000

Alte limite prevăzute de standardele Tier 2 și LEV II sunt de 0,04 g/km pentru HC și 0,67g/km pentru CO. De asemenea, standardul SULEV prevede limite de 0,02 g/km pentru HC și 0,67g/km pentru CO.

În Japonia limita pentru NO_x a fost redusă la 0,05 g/km începând din anul 2005 [100].

Tabelul 3.16. Prevederile standardelor referitoare la emisiile de NO_x (m.a.c.)

	Standardul	Anul introducerii	[g/km]	Durata de viață [km]
US National	Tier 1	1994	0,777	160000
	NLEV	2001	0,186	160000
	Tier 2	2004	0,043	193080
California	TLEV	1994	0,373	160000
	LEV	1994	0,186	160000
	ULEV	1994	0,186	160000
	LEV 2	2004	0,043	193080

	Standardul	Anul introducerii	[g/km]	Durata de viață [km]
	ULEV 2	2004	0,043	193 080
	SULEV	2004	0,012	193 080
Japonia	Japan 2002	2002	0,280	80 000
EU	Euro III	2000	0,500	80 000
	Euro IV	2005	0,250	100 000

Se constată că reglementările preconizate pentru 2005, în toate zonele, prevăd niveluri scăzute pentru NO_x la autoturisme. Totodată, se observă că durata de viață a autoturismelor, pretinsă în Europa și Japonia, este substanțial mai mică decât în America de Nord. Un element cheie al realizării acestor niveluri scăzute îl constituie conținutul redus de sulf din benzină. Astfel, în Japonia limita admisă este de maxim 30 ppm, în Europa, de maxim 50 ppm în 2005, iar în SUA, de maxim 80 ppm, dar cu o valoare medie de 30 ppm.

Referitor la autoturismele cu m.a.c., reglementările din Europa și Japonia au devenit mult mai severe, comparativ cu anii precedenți, dar sunt încă mult mai lejere comparativ cu autoturismele cu m.a.s. În Japonia, limita pentru NO_x a fost redusă la 0,14g/km începând din anul 2005 [100].

3.3.3. Regulamentele privitoare la emisiile de particule Diesel la autoturisme

Cerințele privitoare la emisia de particule Diesel la autoturisme sunt mult mai lejere în Europa și Japonia comparativ cu SUA. În Europa numai autoturismele din clasa superioară sunt obligate să utilizeze filtre de particule, în timp ce cele din clasele medie și mică nu sunt obligate să instaleze filtre, ceea ce înseamnă că ele vor emite un număr mare de particule ultrafine chiar dacă se încadrează în prevederile standardului. În SUA persistă o oarecare rețineră față de penetrarea largă pe piață a motorului Diesel în ciuda economicității sale incontestabile, din cauza faptului că emisiile Diesel (îndeosebi particule) au fost trecute pe lista substanțelor cauzatoare de cancerul la plămân. Acesta este și motivul adoptării unei legislații de poluare extrem de dure.

Tabelul 3.17. Prevederile standardelor referitoare la emisia de particule Diesel (autoturisme)

	Standardul	Anul introducerii	[g/km]	Durata de viață [km]
US National	Tier 1	1994	0,062	160000
	NLEV	2001	0,050	160000
	Tier 2	2004	0,006	193080
California	TLEV	1994	0,050	160000
	LEV	1994	0,050	160000
	ULEV	1994	0,025	160000
	LEV 2	2004	0,006	193080
	ULEV 2	2004	0,006	193080
	SULEV	2004	0,006	193080
Japonia	Japan 2002	2002	0,052	80000
EU	Euro III	2000	0,050	80000
	Euro IV	2005	0,025	100000

3.3.4. Regulamentele privitoare la emisiile oxizilor de azot la autovehicule grele

Mari progrese s-au realizat în privința reducerii emisiilor la autovehiculele grele. Se pare că majoritatea țărilor admit că este nevoie și totodată, posibil să se introducă controlul sistemelor de poluare și de postardere la acest tip de autovehicule. Condiția reducerii emisiilor constă în introducerea motorinei cu conținut foarte scăzut (aproape zero) de sulf.

Limitele privind emisiile de oxizi de azot (NO_x) la autovehiculele grele, în g/kWh, sunt prezentate în tabelul 4 [93].

În Japonia limita pentru NO_x a fost redusă la 2g/kWh începând din anul 2005 [90].

Tabelul 3.18 Limite pentru emisiile de NO_x în g/kWh (autovehicule grele)

Model anul	SUA	Uniunea Europeană	Japonia
1990	8,2	15,8	-
1991	7,2	15,8	-
1992	7,2	15,8	-
1993	7,2	9	-
1994	7,2	9	6
1995	7,2	9	6
1996	7,2	7	6
1997	7,2	7	6
1998	5,8	7	4,5
1999	5,8	7	4,5
2000	5,8	5	4,5
2001	5,8	5	4,5
2002	5,8	5	4,5
2003	2,9	5	3,38
2004	2,9	5	3,38
2005	2,9	3,5	3,38
2006	2,9	3,5	3,38
2007	0,16	3,5	3,38
2008	0,16	2	3,38
2009	0,16	2	3,38
2010	0,16	2	3,38

3.3.5. Regulamentele privitoare la emisiile de particule Diesel la autovehicule grele

Limitele privind emisiile de particule Diesel (PM) la autovehiculele grele, în g/kWh, sunt prezentate în tabelul 3.19. [93].

În Europa, Asociația Europeană a Constructorilor de Automobile – ACEA (The European Car Manufacturer's Association) a propus și UE a acceptat reducerea per-autovehicul a emisiilor cu efect de seră cu 25% până în 2008. Aceasta implică o creștere a economicității cu 33% la noile autovehicule.

Tabelul 3.19 Limite pentru emisiile de particule Diesel în g/kWh (autovehicule grele)

Model anul	SUA camioane	SUA autobuze	Uniunea Europeană*	Japonia
1993	0,3	0,15	0,4	-
1994	0,15	0,105	0,4	-
1995	0,15	0,105	0,4	-
1996	0,15	0,075	0,15	0,25
1997	0,15	0,075	0,15	0,25
1998	0,15	0,075	0,15	0,25
1999	0,15	0,075	0,15	0,25
2000	0,15	0,075	0,1	0,25
2001	0,15	0,075	0,1	0,25
2002	0,15	0,075	0,1	0,25
2003	0,15	0,075	0,1	0,18
2004	0,15	0,075	0,1	0,18
2005	0,15	0,075	0,02	0,18
2006	0,15	0,075	0,02	0,18
2007	0,0075	0,0075	0,02	0,18
2008	0,0075	0,0075	0,02	0,18
2009	0,0075	0,0075	0,02	0,18
2010	0,0075	0,0075	0,02	0,18

*Euro IV din 2005 și Euro V din 2008

În Japonia, guvernul a stabilit standarde de consum în funcție de greutate, care înseamnă pentru vehiculele comerciale ușoare o reducere de consum de aproximativ 23% până în 2010.

3.3.6. Regulamentele europene pentru autoturisme

Limitele emisiilor pentru autoturisme, în ciclul MVEG, sunt prezentate în tabelul 3.20.

În figura 3.8. s-au reprezentat, comparativ, limitele admise de standardele Euro III, Euro IV 2005 (0,10 HC, 1,0 CO, 0,08 NO_x în g/km), ULEV și SULEV 2004 (0,01 HC, 1,0 CO, 0,02 NO_x și 0,01 PM în g/milă).

Se apreciază că diferența dintre normele californiene pentru anul 2004 și normele europene pentru anul 2005 este de „câțiva ani”.

Referitor la emisia de CO₂, ACEA a adoptat limita de 140g/km pentru automobilele noi începând cu anul 2008. Uniunea Europeană propune pentru anul menționat limita de 120g/km.

Tabelul 3.20. Limitele prevăzute de standardele Euro III (2000) și Euro IV (2005)

Categoriile de autovehicule		Clasa	Masa de rerință M_{ar} [kg]	Valori limită								
				Masa CO		Masa HC		Masa NO _x		Masa HC+NO _x		Masa de parti-cule PM
				L ₁ [g/km]		L ₂ [g/km]		L ₃ [g/km]		L ₂ +L ₃ [g/km]		L ₄ [g/km]
			Benzină	Motorină	Benzină	Motorină	Benzină	Motorină	Benzină	Motorină	Motorină	
A (2000)	M	-	Toate	2,3	0,64	0,20	-	0,15	0,50	-	0,56	0,05
	N _I	I	$M_{ar} < 1305$	2,3	0,64	0,20	-	0,15	0,50	-	0,56	0,05
		II	$1305 < M_{ar} < 1760$	4,17	0,80	0,25	-	0,18	0,65	-	0,72	0,07
		III	$1760 < M_{ar}$	5,22	0,95	0,29	-	0,21	0,78	-	0,86	0,10
B (2005)	M	-	Toate	1,0	0,50	0,10	-	0,08	0,25	-	0,30	0,025
	N _I	I	$M_{ar} < 1305$	1,0	0,50	0,10	-	0,08	0,25	-	0,30	0,025
		II	$1305 < M_{ar} < 1760$	1,81	0,63	0,13	-	0,10	0,33	-	0,39	0,04
		III	$1760 < M_{ar}$	2,27	0,74	0,16	-	0,11	0,39	-	0,46	0,06

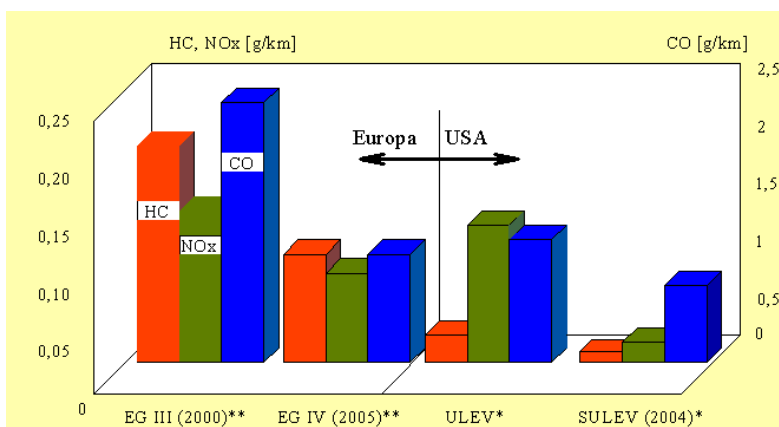


Fig. 3.8. Prezentarea comparativă a standardelor europene și nord-americane de poluare

3.3.7. Regulamentele europene pentru autovehiculele comerciale

Tabelul 3.21. prezintă standardele pentru emisii la autovehiculele comerciale, exprimate în g/kWh, deoarece acestea sunt mult mai bine caracterizate de puterea lor [50]. O comparație directă cu valorile care exprimă emisiile la autoturisme nu este posibilă.

Tabelul 3.21. Limitele pentru emisii in g/kWh (autovehicule comerciale)

ESC=European Stationary Cycle ELR=Smoke-Standard ETC=European Transient Cycle	Euro 0	Euro I	Euro II	Euro III		Euro IV/V	
	88/77/EWG	91/542/EWG		EU-Environm.Council-Dec.21.12.98			
	De la 1988/90	Din 1992/3	Din 1995/6	Din 2000		Din 2005/8	
		1. Step	2. Step	ESC and ELR – Test ¹⁾	ETC – Test ²⁾³⁾	ESC and ELR – Test ¹⁾	ETC – Test ²⁾³⁾
	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
CO	12,3	4,9	4,0	2,1	5,45	1,5	4,0
HC	2,6	1,23	1,1	0,66	-	0,46	-
NMHC	-	-	-	-	0,78	-	0,55
CH ₄	-	-	-	-	1,6 ⁴⁾	-	1,1 ⁴⁾
NO _x	15,8	9,0	7,0	5,0	5,0	3,5/2,0	3,5/2,0
PM	-	0,4	0,15	0,10	0,16 ⁵⁾	0,02	0,03 ⁵⁾
Soot	-	-	-	0,8m ⁻¹	-	0,5m ⁻¹	-

1) Procedură extinsă de testare a tuturor motoarelor Diesel; 2) Testul tranzitoriu suplimentar pentru toate motoarele Diesel + sistemul de post-tratare; 3) Testul tranzitoriu numai pentru motoarele cu gaz; 4) Numai pentru motoarele cu gaz; 5) Numai pentru motoarele Diesel; Soot=Funingine

Evoluția normelor de poluare Euro I-V pentru autovehiculele comerciale mari sunt prezentate în figura 3.9. (FIE – Fuel Injection Equipment, EGR – Exhaust Gas Recirculation, DPF – Diesel Particulate Filter) [66].

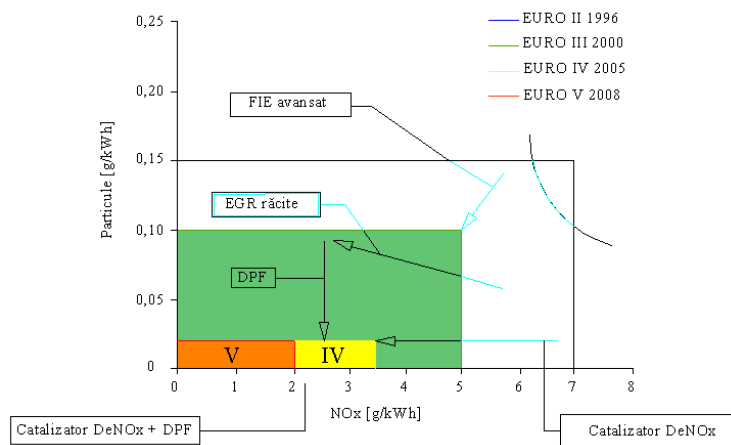


Fig. 3.9. Evoluția standardelor Euro I-V pentru autovehiculele comerciale mari cu m.a.c.

3.3.8. Alte reglementări

În 2010, circa 12% din parcul de autovehicule va fi constituit din autovehicule zero poluante (ZEV – Zero Emission Vehicles), iar zgomotul, care a fost redus în 2000 până la 71dB(A) la autoturisme și până la 77dB(A) la autocamioane, urmează să fie redus substanțial în continuare din rațiuni de confort.

Din 2003, în California, se pretinde ca minim 10% din autovehiculele noi vândute în acest stat să fie zero poluante sau, cel puțin, echivalent zero poluante [66].

Se așteaptă ca autovehiculele de serie produse în primul deceniu, din actualul mileniu, să realizeze performanțele pretinse pentru anul 2000 și anume o putere de 100kW și un cuplu de 200Nm dintr-un litru de cilindree.

O problemă foarte importantă o constituie utilizarea rațională a materiilor prime. Și din acest punct de vedere se impune reducerea masei autovehiculului, pentru a reduce consumul de materiale și a crește procentul din masa reciclabilă a acestuia.

În prezent minim 75% din masa autovehiculului trebuie să fie reciclabilă (5,4% materiale neferoase: 3% Al, 0,4% Cu, Zn, 2% echipamente electrice; 70,1% materiale feroase: 13% fontă, 13% piese forjate, 39% tablă, 5,1% echipamente mecanice). Rămân nerecuperate (reziduuri) 24,5% materiale: 8,5% plastice, 3,5% sticlă, 1% textile, 0,5% hârtie, 2,8% altele, 3% echipament electric, 4% cauciuc, 1% ulei și unsori.

Directiva Comisiei Europene 2000/53/EC din 18 septembrie 2000, referitoare la autovehiculele care își încheie ciclul de funcționare – ELV (End of Life Vehicles), prevede, ca și ACORD (The Automotive Consortium on Recycling and Disposal), că începând de la 1 ianuarie 2006 circa 85% din masa autovehiculelor realizate după 1980 trebuie să fie reutilizabilă și recuperabilă (80% reutilizabilă și reciclabilă), iar începând din 2015 procentul să crească până la 95% (85% reutilizabilă și reciclabilă).

Directiva mai prevede că producătorii de echipamente originale (OEM) trebuie să asigure manuale pentru dezmembrare, pentru a ușura identificarea componentelor și materialelor reutilizabile și recuperabile. De asemenea, producătorii de autovehicule trebuie să publice rapoarte asupra proiectării autovehiculelor și a componentelor lor referitoare la potențialul de recuperare și reciclare.

CAPITOLUL 4

METODE ȘI ECHIPAMENTE PENTRU EVALUAREA NOXELOR EMISE DE MOTOARELE CU ARDERE INTERNĂ UȘOARE ÎN RAPORT CU TIPUL, DURATA ȘI CONDIȚIILE DE EXPLOATARE A ACESTORA

4.1. Metode de măsurare a emisiilor

4.1.1. Măsurarea monoxidului de carbon

Măsurarea CO se face cu analizorul tip NDIR (analizor nedispersiv cu absorbție în infraroșu) sau cu analizorul electric, primul fiind preferat de regulamentele internaționale. Dacă se dovedește că alte metode sunt echivalente în performanțe cu cele ale analizatorului NDIR nu se exclud. Acest analizor folosește metoda absorbției energiei radiante nedispersive în spectrul de radiații infraroșii, care are la bază următorul principiu: gazele poliatomice absorb selectiv energia radiată în spectrul infraroșu în diferite benzi de lungimi de undă caracteristice fiecărei substanțe. Pe această cale se poate determina atât concentrația de CO cât și CO₂ și HC. CO și CO₂ absorb radiația infraroșie la lungimea de undă de 4,7 μm și 4,3 μm. Analizorul NDIR măsoară absorbția la o lungime de undă dată și compară rezultatul cu absorbția unor gaze etalon. Analizorul acesta face o comparație comparativă și nu una absolută, depinzând într-o mare măsură de calitatea amestecului de gaze pure. În figura 4.1. este reprezentată o diagramă simplificată în care o sursă de radiații de bandă largă în infraroșu produce două fascicule paralele, care trec prin două tuburi cu pereți interiori reflectorizanti și care sunt apoi captate de un detector diferențial de gaz.

Detectorul este alcătuit dintr-o carcasă etanșă, cu două fante de transmitere a radiației infraroșii, care este despărțită de o diagramă flexibilă, ce reprezintă placa unui condensator. Cele două părți ale condensatorului sunt umplute cu gazul de analizat și cu gazul etalon. Când cele două fascicule pătrund în detector, componentele la lungimile de undă specificate sunt absorbite de gazul detector, care se încălzește și se dilată. Când fasciculele sunt egale, nu există dezechilibru al diafragmei separatoare. Un fascicul, cel de referință, urmează un drum fixat, celălalt trece prin tubul de gaz analizat. În acest tub, energia fasciculului scade datorită absorbției unui anumit component și prin trecerea prin jumătatea corespunzătoare detectorului, dezvoltă mai puțină căldură de absorbție, ceea ce conduce la deplasarea diafragmei cu variația capacității electrice a condensatorului. Fasciculele sunt întrerupte cu o frecvență de 6-10 Hz, ceea ce determină generarea unui semnal electric alternativ. Selectivitatea pentru fiecare component dată de natura gazului folosit în detector poate fi crescută prin folosirea filtrelor de bandă îngustă în infraroșu tip Fabry-Perrot sau prin înlăturarea compusului cu care interferează.

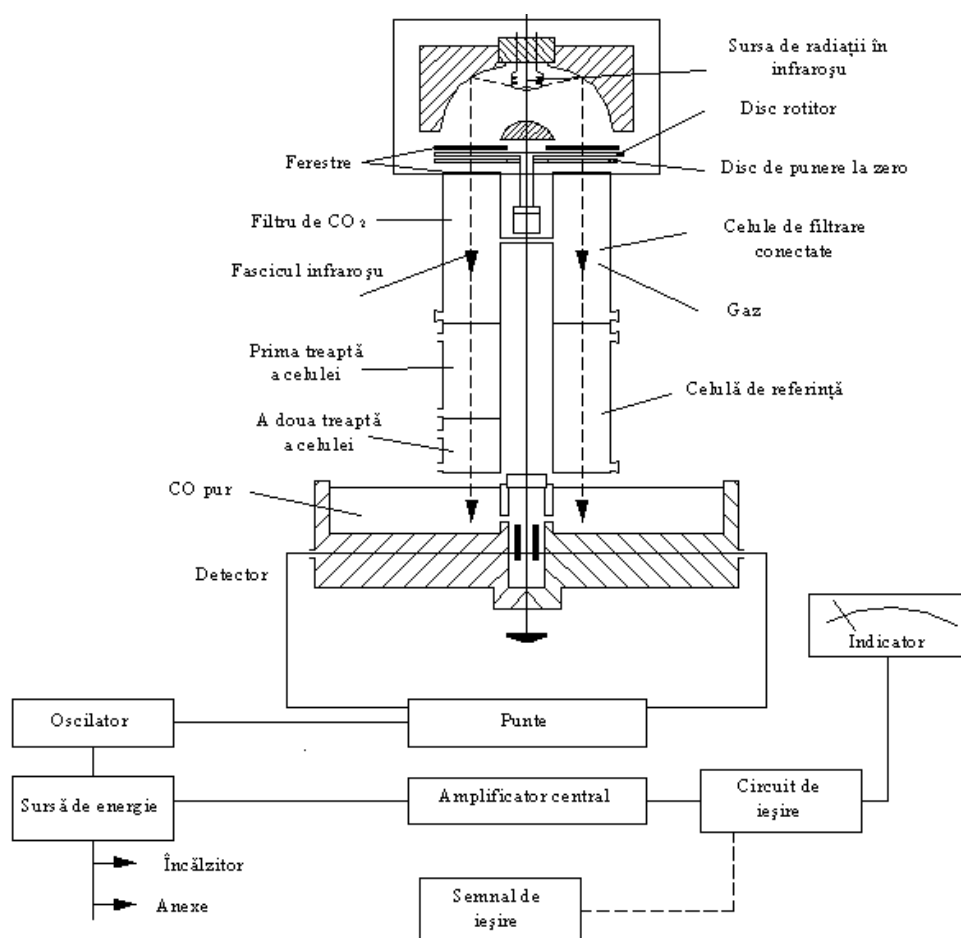
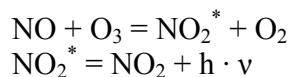


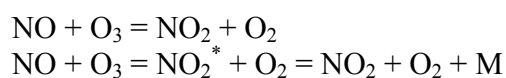
Fig. 4.1. Schema unui analizor în infraroșu (NDIR)

4.1.2. Măsurarea oxizilor de azot

Măsurarea NO_x se face prin metoda absorbției sau prin metoda chemiluminiscentei, aceasta din urmă fiind metoda recomandată de regulamentele internaționale. Determinarea NO_x prin chemiluminiscentă se bazează pe faptul că NO reacționează cu ozonul (O_3), rezultând NO_2^* încărcat electric; acesta se descarcă producând o cantă de lumină roșie:



Aceasta poate fi măsurată cu precizie, folosind un fotomultiplicator. Pot avea loc alte două reacții:



Prima reacție consumă O_2 , fără a produce molecule excitate, iar cea de a doua consumă molecule excitate, prin acțiunea moleculelor inerte (M), fără a produce emisie de fotoni.

Pentru evitarea acestor reacții parazite, se menține gazul la presiune scăzută și temperatură constantă și se elimină apa, pentru a nu crea molecule inerte. Analizorul are alcătuirea din figura 4.2.

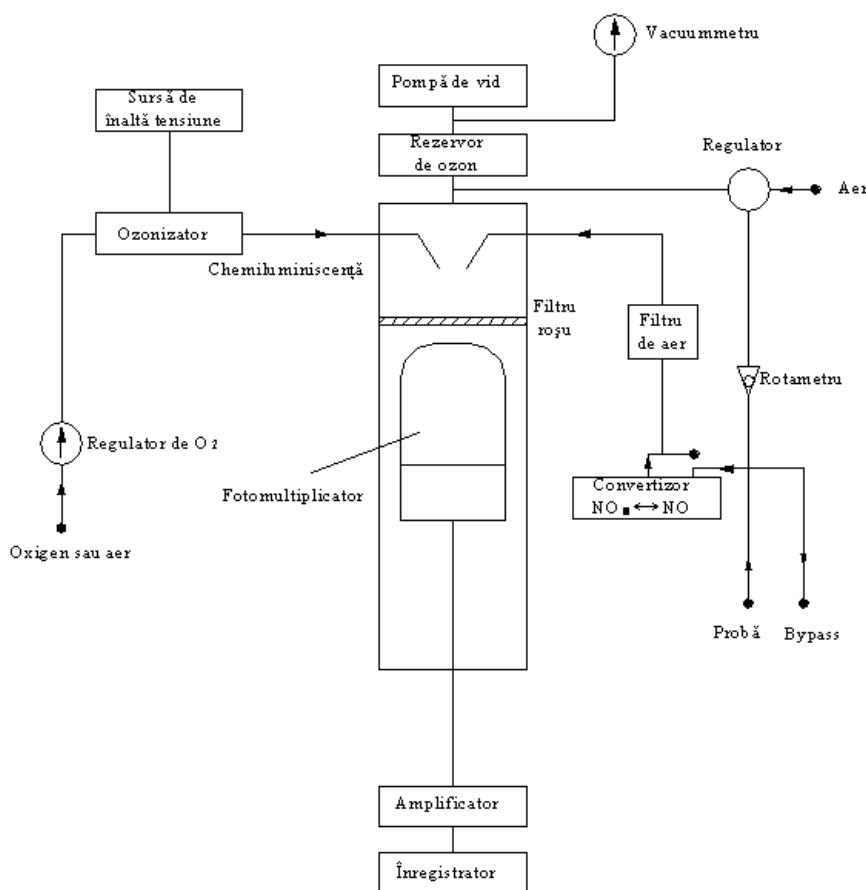


Fig. 4.2. Analizorul cu chemiluminiscență (HCLA)

În camera de reacție pătrunde gazul de analizat și ozonul. În această cameră, menținută la temperatură constantă, se produce reacția care generează molecule de NO_2 excitate. Camera este vidată (3 – 12 torr) cu o pompă de vid. Fotomultiplicatorul (cu celulă fotoelectrică) transformă impulsurile luminoase în curent electric. Aparatul mai cuprinde circuitul probei și circuitul de producere a ozonului (ozonul se obține prin trecerea O_2 printr-un reactor cu doi electrozi, alimentați la o sursă de tensiune înaltă, care produce o descărcare electrică, rezultând 2% ozon din oxigenul vehiculat). Deoarece normele solicită măsurarea concentrației totale de NO_x ($NO + NO_2$) și pornind de la constatarea că în gazele de evacuare se află NO și NO_2 , aparatul este realizat pentru a măsura și suma acestor gaze. Pentru aceasta, proba de gaze se trece printr-un reactor încălzit electric la temperatura de 650...700°C, la care totalitatea NO_2 disociază în NO , care este apoi analizat după metoda descrisă.

4.1.3. Măsurarea hidrocarburilor

O serie de hidrocarburi absorb radiația în spectrul infraroșu, la lungimea de undă de 3,4 μm , dar altele, în special hidrocarburile aromatice, au absorbția aproape nulă. Doar aproximativ 50% dintre hidrocarburi pot fi măsurate prin NDIR, ceea ce este inadmisibil pentru o tehnică de măsură. Metoda care realizează măsurători cu o precizie mai bună este cea care utilizează detecția ionizării flăcării (FID – Flame Ionization Detection). Această metodă se bazează pe faptul că atomii de carbon pot fi separați, la temperatură ridicată, în ioni pozitivi și electroni liberi. Întrucât vaporii de apă influențează măsurarea, gazele de analizat se încălzesc până la 190°C, iar metoda devine HFID (Heated FID). Procedul de măsură are avantajul că indicația detectorului este proporțională cu concentrația hidrocarburilor și cu numărul de atomi de carbon din moleculă, de exemplu, indicația aparatului la 100 ppm propan (C_3H_8) este jumătate din indicația la 100 ppm hexan (C_6H_{14}). Aparatul se mai numește și numărător de atomi de carbon (figura 4.3).

Gazul de analizat se amestecă cu aer și arde într-o flacără formată din H_2 (40%) și He (60%). În zona flăcării sunt amplasate 2 plăci electrizate pozitiv și negativ. Ioni pozitivi și negativi se vor separa, pe plăci, generând un curent electric proporțional cu numărul de atomi de carbon, curent care poate fi amplificat și măsurat.

ce și sugerează continuarea cercetărilor pentru obținerea de noi variante și soluții ale problemei analizate.

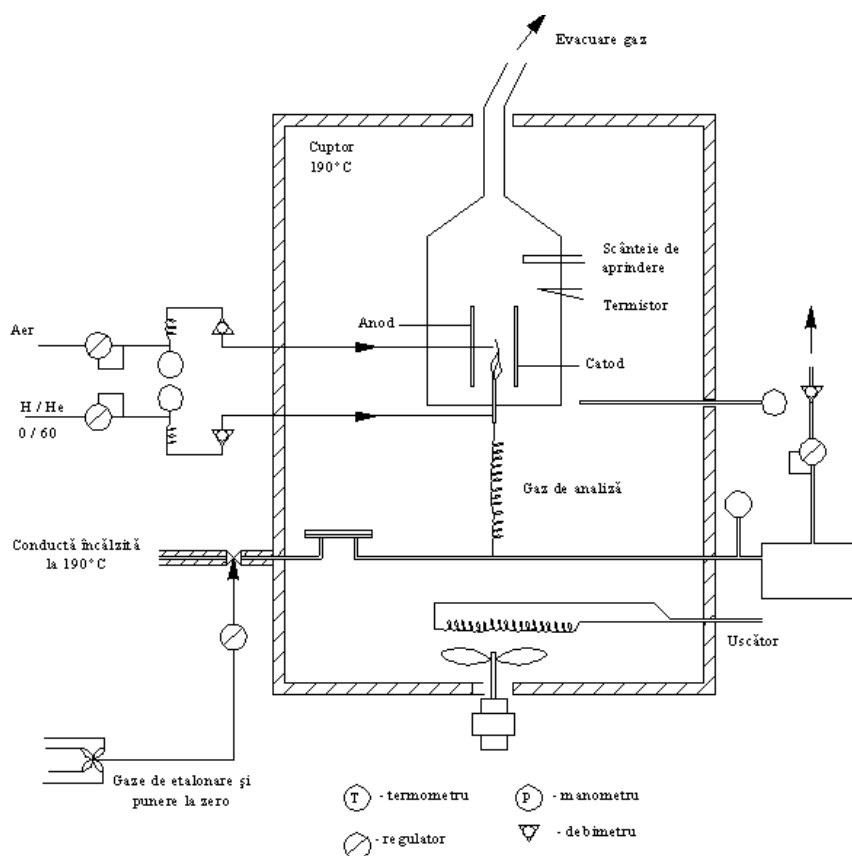


Fig. 4.3. Analizorul pentru hidrocarburi cu ionizarea flăcării (HFID)

4.1.4. Măsurarea fumului

Metodele cele mai răspândite de măsurarea fumului sunt metoda filtrării gazelor și metoda evaluării luminii absorbite de gaze.

Metoda filtrării gazelor constă în colectarea particulelor de fum pe un filtru și aprecierea acestora fie prin cântărire, fie prin determinarea colorației hârtiei de filtru. Metoda de măsurare gravimetrică este identică cu cea prezentată la măsurarea particulelor, ceea ce înseamnă că noțiunea de particule reprezintă o noțiune mai largă: particula include produși solizi și lichizi ai arderii incomplete. Determinarea colorației hârtiei de filtru este principiul care stă la baza construcției fummetrelor Bosch. Fumul trece printr-un disc din hârtie de filtru, la o depresiune constantă creată de o pompă de vacuum. După luarea probei, filtrul se compară cu unul curat, cu ajutorul unei celule fotoelectrice. Valorile obținute se încadrează în scara Bacharach, care stabilește 10 niveluri de înnegrire, zero fiind atribuit hârtiei de filtru curate.

Metoda evaluării luminii absorbite de gaze are ca principiu de măsură comparația transparenței coloanei de fum cu transparența unei coloane de aer curat. O lampă cu incandescență emite un flux luminos, ce trece prin coloanele de gaze și aer, impresionând o celulă fotoelectrică. Funcție de coeficientul de absorbție determinat se stabilesc valorile corespunzătoare ale unităților de fum. Fummetrele care lucrează după acest principiu se numesc fummetre tip Hartridge sau opacimetre.

Între cele 2 scări de măsură, Bosch și Hartridge, s-a stabilit o echivalență calitativă, iar prin medierea intervalului de variație s-au obținut valorile cele mai probabile.

În condițiile în care s-au precizat metodele de măsură a particulelor, măsurarea fumului poate fi considerată inutilă. Reglementările referitoare la măsurarea opacității gazelor de evacuare se mențin în vigoare, fumul fiind considerat neoficial o măsură vizibilă a emisiei de particule.

QUARG (Grupul pentru calitatea aerului din Marea Britanie) a dat următoarea definiție: „Fumul reprezintă materia formată din particule cu diametrul sub 15 μm , rezultată în urma arderii incomplete a combustibilului. Fumul negru reprezintă materia formată din particule negre (nereflectante) care rezultă în urma măsurării prin metoda filtrării”.

Diferența dintre fum și fum negru: termenul fum se referă la particulele primare, indiferent de culoarea acestora (grad de înnegrire). Măsurările de fum din aer prin metoda filtrului depind de gradul de înnegrire al hârtiei de filtru, s-a introdus termenul de fum negru, pentru a se face o distincție între capacitățile de depunere diferite ale fumului provenit din surse diferite.

4.1.5. Măsurarea particulelor

Întrucât metoda gravimetrică este destul de complicată, firma AVL a propus altă metodă de măsurare a particulelor prin tehnica absorbției în infraroșu la anumite lungimi de undă; echipamentul DPL 482 determină conținutul de carbon (fracțiunea insolubilă a particulelor) și cantitatea totală de hidrocarburi (solide, lichide și gazoase); precizia determinării este de $\pm 5\%$ pentru carbon și de $\pm 15\%$ pentru hidrocarburi, raportate la

metoda convențională. Această metodă n-a întrunit suficientă adeziune din partea organismelor legislative pentru a fi preferată.

4.1.6. Echivalența fum - particule

Particulele emise de m.a.c. sunt compuse în principal din funingine, generată în timpul arderii (carbon grafitic) și hidrocarburi, adsorbite sau condensate. Particulele sunt definite, în scop legislativ, ca materialul (cu excepția apei) care se colectează pe un filtru de teflon la trecerea gazelor arse emise de motor, anterior diluate cu aer filtrat; diluarea cu aer curat se face pentru a respecta condiția ca $T_{\text{filtru}} < 52^{\circ}\text{C}$, pentru a evita volatilizarea unor hidrocarburi și condensarea apei.

Măsurarea particulelor se bazează pe definiția anterioară și implică o procedură complicată: diluarea gazelor de evacuare sau a unei părți a acestora, măsurarea exactă a raportului de diluție, cântărirea filtrelor înainte și după eșantionare într-o atmosferă controlată, cunoașterea exactă a debitului de gaze diluate care trec prin filtru în perioada eșantionării.

Se poate trage concluzia că măsurarea particulelor este o operație cu multe faze, scumpă și de durată și, de aceea, nu este surprinzător faptul că au fost făcute multe încercări de a corela măsurarea gravimetrică a particulelor cu măsurarea indicelui de fum, prin folosirea fummetrelor obișnuite (Bosch, Hartridge) sau a altor instrumente necomercializate. Majoritatea studiilor pe această temă au obținut corelații între cifrele de fum și concentrația de funingine măsurată în gazele de evacuare nediluate. De aceea, se va urmări aplicativitatea corelațiilor existente fum-funingine în estimarea emisiei masice de particule și se vor cerceta relațiile dintre particule, funingine și fum.

În cele ce urmează se vor prezenta rezultatele cercetărilor unor instituții consacrate în domeniul investigării de m.a.c. și de aparatură destinată acestui scop. Cele mai dese referiri se vor face la MIRA (Motor Industry Research Association - Societatea Britanică pentru Cercetări în Industria de Automobile) și AVL (Institutul Austriac de Cercetare a Motoarelor).

4.1.6.1. Corelații cu unitățile de fum Bosch

Există mai multe determinări, efectuate de diferiți investigatori, începând din anii '60, care au stabilit o serie de corelații sub formă de nomograme, valori tabelate sau ecuații [56]:

$$C = 3,87 \cdot 10^{-2} \cdot Bn^5 - 1,47 \cdot 10^{-1} \cdot Bn + 1,06 \cdot 10^{-1} \cdot Bn^3 + 12,6 \cdot Bn + 12,4 \cdot Bn \quad (4.1.)$$

$$C = 24,7 \cdot Bn + 1,92 \cdot Bn^3 \quad (4.2.)$$

$$C = 19,1 \cdot Bn^{1,78} \quad (4.3.)$$

$$C = 581,4 \cdot \left[\ln \left(\frac{10}{10 - Bn} \right) \right]^{1,413} \quad (4.4.)$$

în care: C - este concentrația de funingine din gaze (g/m^3);

Bn - indicele de fum în unități Bosch.

Pe graficele următoare (figura 4.4) aceasta ultimă curbă (4) adoptată pentru celelalte dependențe cantitative expuse în lucrare - este cea mai reprezentativă, având o poziție mediană în raport cu celelalte curbe (1), (2) și (3).

Formulele (4.2.), (4.3.) și (4.4.) au fost determinate prin măsurarea masei de carbon raportată la condițiile standard de presiune și temperatură și a indicelui de fum Bosch, în 53 de puncte de funcționare ale motorului.

Semnificația fizică a ecuației (4) este mai evidentă în forma:

$$B_n = 10 \{1 - \exp[-(kC)^b]\} \tag{4.5.}$$

unde:

- B_n - indice de fum Bosch;
- C - concentrația de carbon (g/m³);
- k, b - constante experimentale.

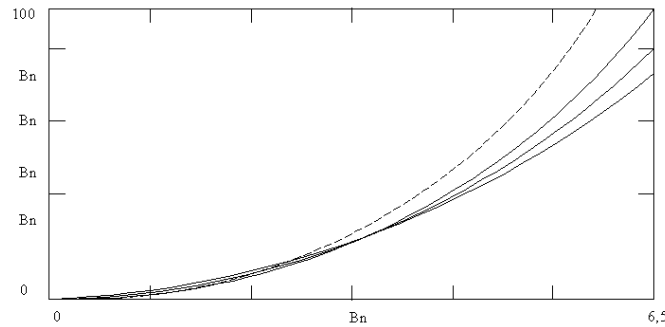


Fig. 4.4. Diferite funcții de interpolare a dependențelor experimentale C(Bn)

Ecuația (4.5) reflectă fenomenul de atenuare al radiației luminoase, definit de legea Lambert-Beer, iar determinarea experimentală a coeficienților k, b a condus la ecuația:

$$B_n = 10 \{1 - \exp[-(0,0017C)^{0,708}]\} \tag{4.6.}$$

Pentru aceleași încercări s-a stabilit corelația particule fum [8]:

$$P = 565 \cdot \left[\ln \left(\frac{10}{10 - B_n} \right) \right]^{1,206} \tag{4.7}$$

În care P este concentrația de particule din gaze arse (g/m³) și echivalența sa:

$$B_n = 10 \{1 - \exp[-(0,0018C)^{0,829}]\} \tag{4.8}$$

În figura 4.5. se observă consistența relațiilor (4.4) și (4.7), cu relația evidentă C < P pe domeniul de aplicabilitate tipic 0 < B_n < 5, inegalitate care se păstrează, pe curbele de interpolare, pentru valori ale lui B_n < 6.

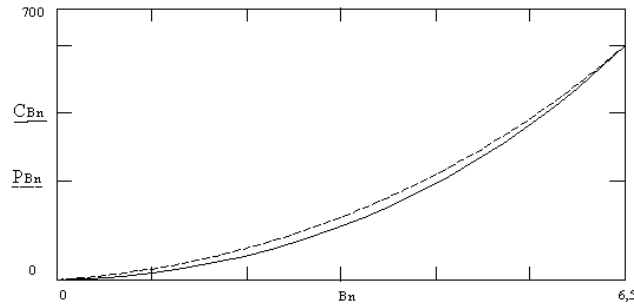


Fig. 4.5. Curbele de funingine și particule

Din reprezentarea grafică a formulei (4.7) se observă că măsurătorile de particule se corelează surprinzător de bine cu indicele de fum Bosch, relația (4.7) având un grad de încredere de 97%, ceea ce înseamnă că fracțiunea volatilă a particulelor are o influență redusă asupra fumului Bosch. Ecuația (4.7) a fost confirmată și de studiul [8], rezultând o corespondență excelentă.

Alți autori [9], folosind măsuri efectuate pe motoare Diesel cu cameră unitară și cu cameră divizată, au propus relația:

$$P=1,024C+0,505HC \quad (4.9)$$

în care:

- C - concentrația de carbon sau funingine obținută prin măsurarea fumului Bosch prin corelația propusă de MIRA 9 și care este trasată în figura 4.6.
- HC - concentrația masică de hidrocarburi din gazele de evacuare

$$C = \frac{1}{0,405} \cdot a \cdot Bn \cdot \exp(b \cdot Bn) \quad (4.10)$$

în care 0,405 este lungimea (m) a tubului de măsură
a,b - coeficienți experimentali (a = 4,95 și b = 0,38).

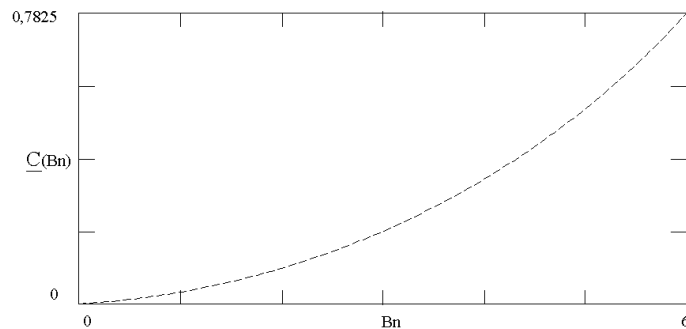


Fig. 4.6. Curba de corelație MIRA

Figura 4.7. redă corespondența descrisă de ecuația (4.10), iar figura 4.8. arată situarea acestei relații comparative cu alte relații deja existente, dintre care curba MIRA-

DB este cea din figura 4.6., curba Alkidas este cea corespunzătoare relației (4.4) (fig. 4.5), iar celelalte curbe s-au obținut de specialiștii firmei AVL cu ocazia dezvoltării altor fummetre.

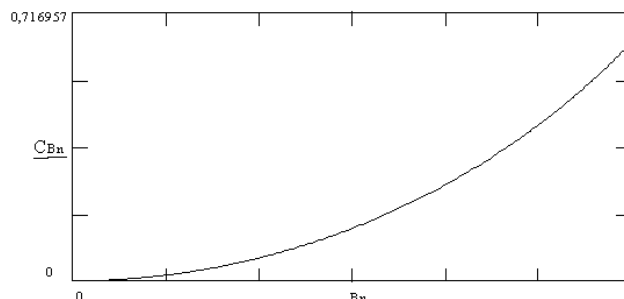


Fig. 4.7. Corelația funingine-unități Bosch (conform AVL)

Din graficele prezentate, ce reprezintă concluziile mai multor investigatori ai problemei, care au utilizat diferite tipuri și mărimi de m.a.c., rezultă convergența opiniilor lor, dovedind că fummetrul Bosch poate fi un instrument potrivit pentru evaluarea particulelor.

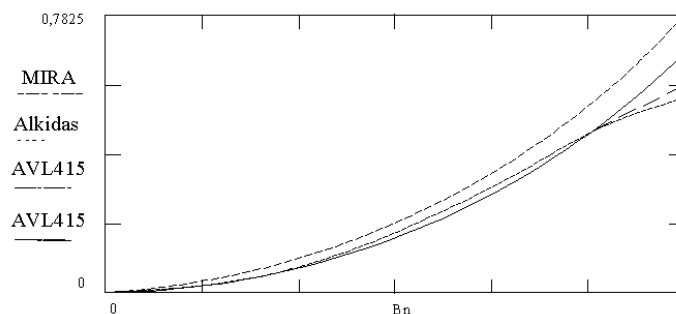


Fig. 4.8. Corelații funingine-fum Bosch.

Din figura 4.8. se poate observa curba MIRA – AVL, determinarea fiind efectuată prin cooperarea celor două institutii. Curba AVL 8404 coincide cu curba AVL 415 până în jurul coeficientului $B_n = 4$.

4.1.6.2. Corelația cu unitățile de fum Hartridge

Principiul de măsurare a fumului cu fummetrul Hartridge diferă de cel al fummetrului Bosch. În primul caz se realizează compararea intensității luminoase a unui fascicul luminos, care trece printr-un spațiu umplut cu gaze de evacuare, cu intensitatea luminoasă a aceluiași fascicul, care trece prin aer curat, iar în al doilea caz se realizează filtrarea gazelor și evaluarea colorației (gradului de înnegrire) a hârtiei de filtru.

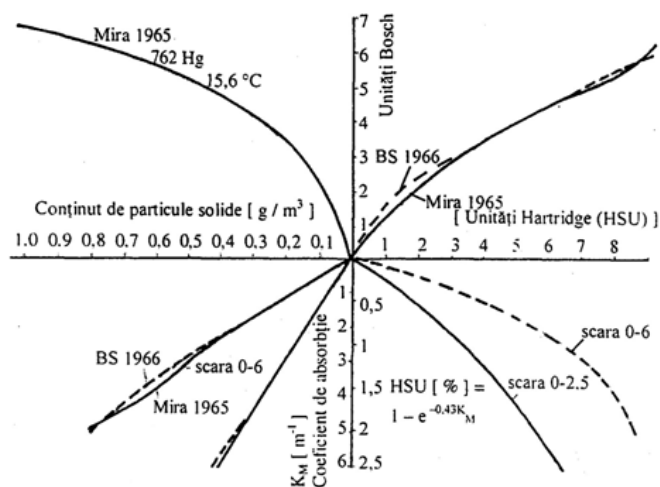


Fig. 4.9. Corelații ale măsurătorilor de fum

Ca metodă de măsurare, metoda Hartridge este mai directă, ea fiind caracterizată de o mărime cu semnificație fizică clar definită - coeficientul de absorbție a luminii (m^{-1}), spre deosebire de metoda Bosch, la care scara de măsurare este relativă.

Răspândirea mare a acestor fummetre a dus la stabilirea unei corespondențe între indicele de fum Bosch și indicele Hartridge. Statistic, MIRA a determinat această corespondență sub forma grafică din figura 4.9., în care apare, de asemenea, corelația cu conținutul de particule solide.

Pe baza măsurătorilor efectuate de MIRA (9), care au stabilit relații de corespondență tabelară între fumul Hartridge și emisia de funingine, specialiștii germani (10) au aplicat corecții acestei corespondențe, explicabile datorită modificărilor echipamentului de măsură, definind astfel o nouă formulă de echivalență:

$$P = 0,349^{+0,183}_{-0,089} \ln[1 - H/100]^{-1} [g/m^3] \quad (4.11)$$

în care:

- P - concentrația de particule din gazele arse
- H - indicele de fum Hartridge

Această formulă a rezultat din interpretarea statistică a 376 de perechi de măsurări (particule - fum Hartridge), valoarea centrală fiind cea mai probabilă; formula cuprinde între limitele sale 95% dintre măsurători (probabilitate de eroare de 5%).

Reprezentarea grafică a valorii minime, medii și maxime a curbelor P_H s-a ilustrat în figura 4.8. (pentru deosebirea curbelor s-au utilizat indicii 0, 1 și respectiv 2).

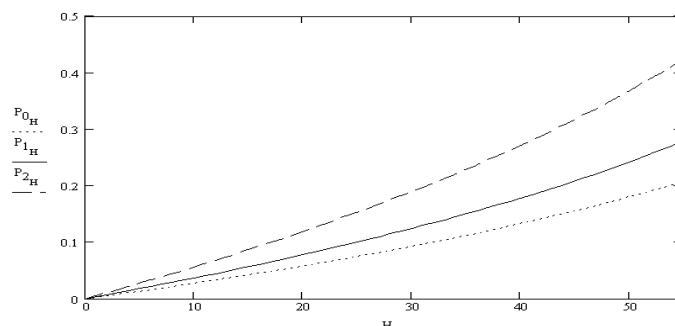


Fig. 4.10. Corespondența fum Hartridge - funingine

4.1.6.3. Interpretarea curbelor de echivalență

În figura 4.8. s-au reprezentat curbele care definesc corespondența particule - fum Hartridge determinate de formula (4.11), în care $P_{H,0,1,2}$ au semnificația din figura 4.8, iar P_{B_H} reprezintă corespondența particule - fum Hartridge.

Se observă o corespondență foarte bună a formulei (4.4) cu valoarea medie dată de formula (11) în intervalul uzual de indici de fum Hartridge (0-55).

La valori mai mari ale indicelui de fum Bosch ($B_n > 5$), rar întâlnite în practică, extrapolarea curbelor de corespondență prezentate nu este semnificativă și introduce erori importante.

Întrucât măsurarea fumului prin metoda Hartridge este cea recunoscută de organismele europene (Regulamentul CEE-ONU nr. 24.03), se propune folosirea formulei (4.11), prin care se determină concentrația de particule a emisiei motorului pentru un regim dat. Pentru stabilirea acestei emisii, se urmărește procedura de calcul din Regulamentul CEE-ONU nr. 49.02 cu modificările impuse de concordanța ecuațiilor dimensionale.

Acest regulament prevede că se acceptă și alte metode, sisteme și tipuri de analizoare dacă se dovedește că ele dau rezultate echivalente; echivalența este recunoscută dacă rezultatele noului sistem se încadrează în limitele $\pm 5\%$ față de rezultatele obținute cu sistemul considerat de referință.

4.1.6.4 Verificarea corelației fum -particule

Pentru verificarea corelației propuse prin formula (11) s-au efectuat măsurători de fum Hartridge, în cele 13 trepte prevăzute de Regulamentul nr. 49.02, pe motorul Renault tip MIDR 06 354N/3. Acest motor a fost certificat conform Regulamentului nr. 49.02 și este caracterizat de o emisie de particule de 0,226 g/kWh, determinate deci prin metoda gravimetrică; prin metoda propusă, emisia probabilă de particule este de 0,223 g/kWh, ceea ce înseamnă o eroare de 1,3 % față de metoda de referință.

4.2. Instalații și aparate de măsurare

4.2.1. Instalații de măsură a poluanților

4.2.1.1. Instalații de măsurare a poluanților gazoși

Există mai multe posibilități de conectare a aparatelor descrise, pentru măsurarea simultană a CO, NO_x și HC emise de un motor. Schema tipică este reprezentată în figura 4.11.

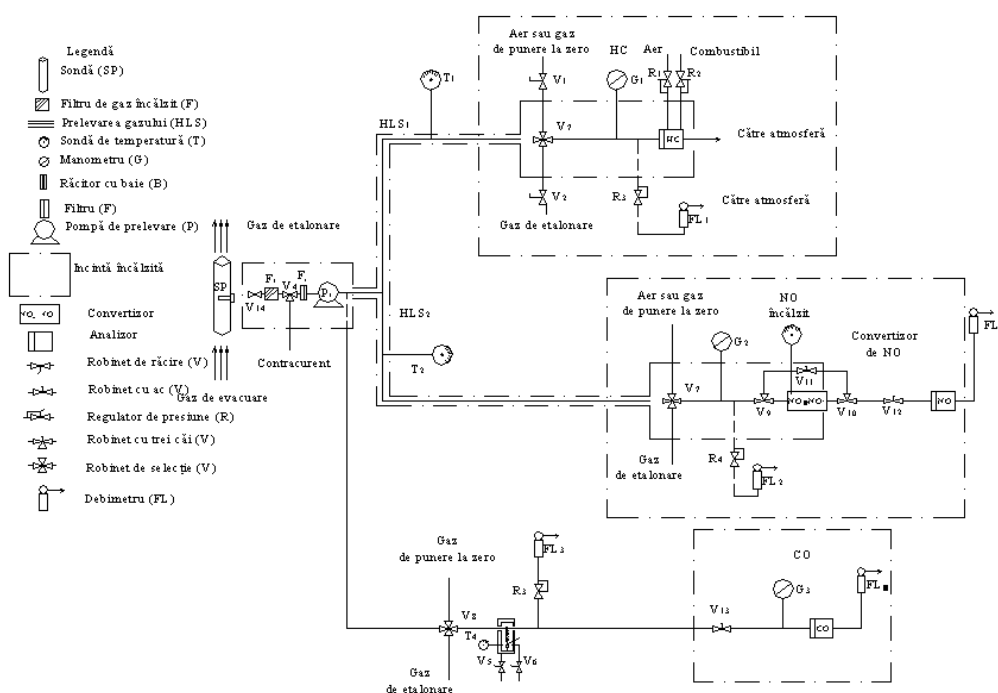


Fig. 4.11. Schema instalației de măsură a poluanților gazoși

Performanțele instalației depind foarte mult de tipul analizorului folosit, în special de caracteristicile sale de curgere. Analizoarele HFID și HCLA necesită un sistem de încălzire a probei, în timp ce analizoarele NDIR necesită un sistem de răcire. Înaintea construirii unei asemenea instalații de măsură trebuie consultați producătorii de analizoare. Este mai bine, dar mult mai costisitor, să se achiziționeze un sistem profesional de măsurare a emisiilor gazoase.

Corectitudinea măsurătorii poate fi afectată de mai multe cauze: scăpări de aer, curgeri inverse în conductele de evacuare, probe prea fierbinți care duc la pierderi prin oxidare sau probe prea reci care produc condensări, de aceea este foarte important să se urmeze cu exactitate instrucțiunile de măsurare.

4.2.1.2. Instalații de măsurare a particulelor

Măsurarea particulelor se face prin metoda gravimetrică. Determinarea particulelor necesită un sistem de diluție capabil să mențină gazele diluate de evacuare

sub 52°C și să evite condensarea apei, un sistem de prelevare a particulelor cu filtre speciale și o microbalanță care trebuie plasată într-o cameră cu atmosferă controlată. Diluarea se poate efectua printr-un sistem principal sau printr-un sistem în deviație.

Cele două sisteme de diluție și prelevare diferite - sistemul de diluție în circuitul principal și sistemul de diluție în derivație sunt reprezentate în figura 4.11. și respectiv în figura 4. 12.

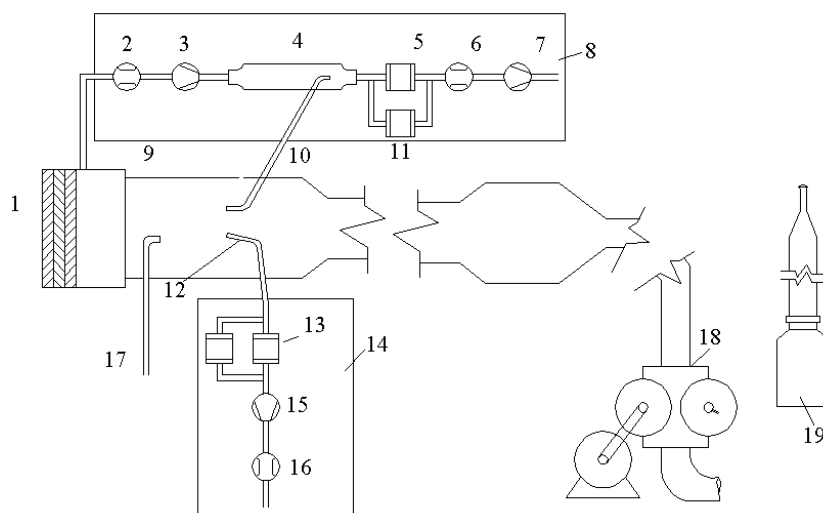


Fig.4.12. Sistem de diluție în circuitul principal

1 - filtru de aer; 2 - debitmetru de intrare; 3 - pompă de diluție; 4 - tunel de diluție secundară; 5 - filtru; 6 - pompă de prelevare a particulelor; 7- debitmetru de ieșire; 8- sistem de prelevare în diluție dublă; 9- tunel de diluție primară; 10- tub de transfer a particulelor; 11- schimbător de căldură; 12- sondă de prelevare a particulelor; 13- filtru; 14- sistem de prelevare în diluție simplă; 15- pompă de prelevare a particulelor; 16- debitmetru; 17- intrarea gazului de eșapament; 18- sistem opțional cu pompă volumetrică; 19- sistem de măsurare a debitului cu ventilator.

Instalația descrisă în figura 4.12 folosește prelevarea la volum constant (CVS- Constant Volume Sampling). Se măsoară volumul total de amestec gaze arse-aer și se prelevează o probă pentru analiză. Masa emisiilor de particule este apoi calculată cunoscând masa particulelor prelevate, debitul prelevat și debitul total de amestec.

Filtrele pentru reținerea particulelor sunt filtre din fibre de sticlă acoperită cu fluorcarbon sau teflon sau filtre tip membrană pe bază de fluorcarbon; ele sunt de obicei două, dispuse în serie, la distanță maximă de 100 mm. Microbalanța utilizată trebuie să aibă o precizie de 2%, iar domeniul de măsurare este 0÷5 mg.

Camera cu atmosferă controlată este necesară pentru evitarea erorilor de cântărire, de aceea temperatura se menține în intervalul 20...30° C, iar umiditatea între 35 și 55%. Toate piesele sistemului de diluție și prelevare care sunt în contact cu gazele arse diluate și nediluate trebuie să minimalizeze depunerea și alterarea particulelor (conducte din oțel inoxidabil) și să evite efectele electrostatice (legare la pământ).

Instalația descrisă în figura 4.13. se bazează pe diluarea numai a unei părți din gazele de eșapament, iar emisia de particule se determină cu masa particulelor prelevate pe filtre, raportul de diluție, debitul eșantionat și debitul total de gaze arse.

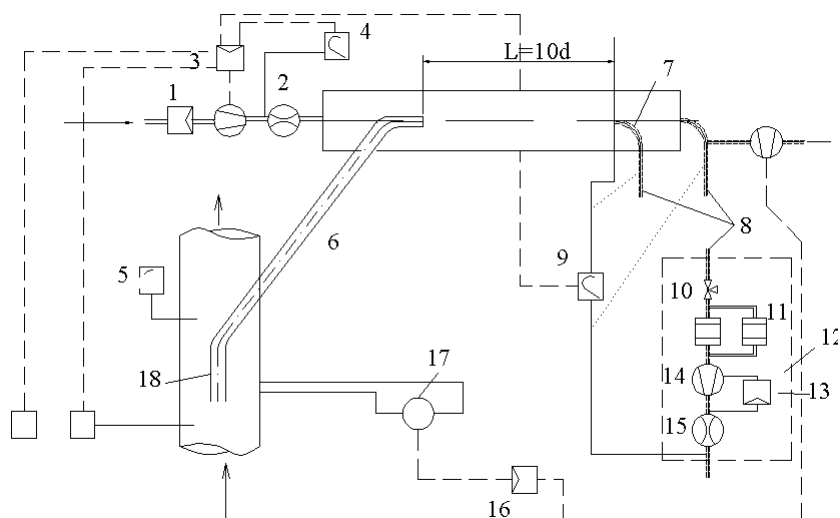


Fig.4.13. Sistem de diluție în derivație

1-filtru de aer; 2-debitmetru de intrare; 3,13-regulator de debit; 4,5,9-analizor pentru CO₂ sau NO_x; 6,8-tub de transfer; 7-sondă de prelevare a particulelor; 10-robinet; 11-filtru; 12-sistem de prelevare a particulelor; 14--pompa de prelevare a particulelor; 15-debitmetru de ieșire; 16-sistem de control al presiunii; 17-sistem de control al presiunii diferențiale; 18-sondă izocinetică.

4.2.2. Scheme pentru standuri dinamice cu role

Măsurarea noxelor se realizează prin colectarea acestora în saci de prelevare (≈100 l), autovehiculul funcționând pe standul dinamic cu role, după programul prescris în ciclul de funcționare. Standul, cu ajutorul dinamometrului și a maselor inerțiale, simulează urcarea rampelor, coborârea pantelor și mersul în palier.

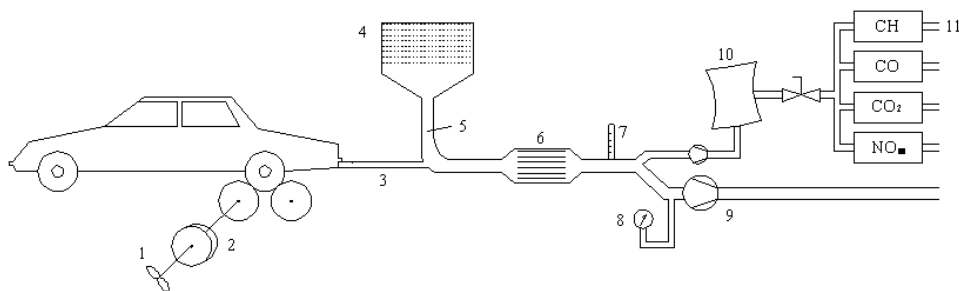


Fig.4.14. Schema pentru testul ECE/EC- Europa

1-dinamometru; 2-mase inerțiale; 3-eșapament; 4-filtru aer; 5-aer proaspăt de diluție; 6-răcitor; 7-termometru; 8-manometru; 9-suflantă rotativă cu piston; 10-saci de prelevare (≈100 l); 11-sistem de evacuare.

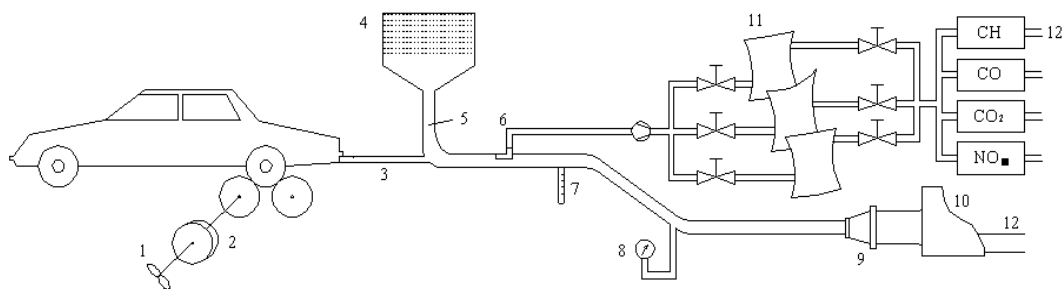


Fig.4.15. Schema pentru testul FTP- S.U.A.

1-dinamometru; 2-mase inertiiale; 3-eșapament; 4--filtru de aer; 5-aer proaspăt de diluție; 6-ajutaj prelevare probă; 7-termometru; 8-manometru; 9-ajutaj; 10-ventilator; 11-saci de colectare probe; 12-sistem de evacuare.

Figura 4.14. prezintă schema standului dinamic cu role utilizat în Europa, iar figura 4.15. a celui utilizat în S.U.A..

Elementele componente ale standului reies din legendele figurilor.

4.2.3. Aparatura de măsurare

Pentru realizarea unei instalații de măsurare compatibile cu prevederile, este necesară prospectarea pieței de astfel de produse (în România nu se fabrică încă astfel de componente).

Firmele străine producătoare de astfel de analizoare se împart în:

- firme ce produc analizoare de uz general, care sunt folosite la controlul calității aerului ambiant și la supravegherea poluării produse de industria materialelor de construcții, industria siderurgică și centralele termoelectrice; acestea nu au facilitățile necesare folosirii în domeniul autovehiculelor, dar pot fi adaptate, cu avantajul de a fi relativ ieftine, comparative cu cele din categoria următoare (cele mai cunoscute sunt Rosemount – SUA, CCS, Bosch – Germania, ADS, Signal și Analitical System – Anglia).

- firme ce produc instalații de măsurare proiectate special pentru industria de autovehicule, care respectă cerințele impuse de regulamente referitoare la domeniul de măsură, precizia măsurării și condițiile de eșantionare și prelevare; principalii producători specializați în echipamente complete de măsurare (atât poluanți gazoși cât și particule) sunt Pierburg și Siemens – Germania, Horiba – Japonia, AVL – Austria, Signal – Marea Britanie.

Principale facilități ale acestor echipamente sunt:

- sistemul este comandat de o unitate centrală electronică;
- analizoarele au o construcție modulară având microprocesoare încorporate;
- comunicarea cu unitatea centrală se face prin interfața serială;
- posibilități de conectare la înregistrator, imprimantă sau ecran de afișare;
- autodiagnoză;
- ușurință în lucrul cu ecranul și meniurile;
- game de măsură reglabile ale analizoarelor în domenii largi (0-10 ppm...0-10000 ppm)

- posibilitatea cuplării cu module specializate pentru cercetarea experimentală (de exemplu modul specializat pentru determinarea eficienței recirculării gazelor, modul pentru studiu eficienței filtrelor de particule sau a catalizatorilor de oxidare).

4.3. Metode moderne de cercetare a poluanților chimici

Cercetarea genezei poluanților și a eficienței mijloacelor de combatere a acestora impun identificarea naturii și a concentrației substanțelor poluante prin metode și cu echipamente cât mai performante. Acestea trebuie să satisfacă o serie de cerințe distincte cum ar fi timpul de răspuns redus, mai ales pentru măsurările continue, costurile legate de încercare și materiale consumabile să fie cât mai mici, fiabilitatea și precizia cât mai mari.

Întrucât metodele de investigație se aplică unei probe prelevate din gazele de evacuare, aceasta nu trebuie să sufere modificări în perioada deplasării în sistemul de prelevare sau în perioada de conservare (absorbție-desorbție la perete, condensare, reacții chimice între componente).

4.3.1. Analiza substanțelor nelimitate prin norme

Metodele de analiză aplicate pentru a determina componentele gazelor de evacuare nelimitate prin norme nu sunt, nici ele și nici metodele de prelevare a probelor, reglementate de astfel de norme. În același timp, deși pentru prelevarea probelor se pot utiliza, în parte, metodele unice aplicate componentelor limitate prin norme, la înregistrarea analitică se pot aplica metode unice pentru ambele grupe de substanțe. Acestea se justifică, în principal, prin două cauze: pe de-o parte, sensibilitatea aparatelor de măsură aplicabile componentelor gazelor de evacuare limitate prin norme nu corespunde cerințelor efectuării cercetărilor componentelor care nu sunt limitate prin norme, componente a căror concentrație este de multe ori mai redusă iar, pe de altă parte, selectivitatea aparatelor existente este insuficientă.

De aceea, a fost necesară elaborarea unor tehnici de înregistrare de înaltă sensibilitate, precum și a unor metode de prelucrare a probelor pentru separarea dorită a substanțelor necesare. Această combinație dintre prelevarea selectivă a probelor, dirijată în totalitate spre separarea și detectarea specială a substanțelor, a căpătat denumirea de microanaliză.

Metodele de microanaliză se bazează, în principal, pe principii fizice sau fizico-chimice de măsurare. Printre acestea sunt, de exemplu, metode cunoscute precum:

- spectrometria masică;
- cromatografia;
- gravimetria;
- termo-gravimetria;
- combinații ale cinematografiei cu spectrometria masică.

Metodele clasice, pur chimice, de analiză nu se pot aplica, în majoritatea cazurilor, unor serii mari de măsurători, datorită timpului îndelungat de lucru și a costurilor mari implicate. De aceea, unde a fost posibil, ele s-au înlocuit cu metode moderne, în mare măsură automatizate.

Metodele utilizate pentru prelevarea probelor și metodele de analiză pentru diferitele componente ale gazelor de evacuare sunt prezentate în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1. Metode utilizate pentru prelevare probe si analiză componente din gazele evacuate

Componentele	Metodele de prelevare a probelor*	Metodele de analiză**
Masa totală a particulelor	Filtrarea	Gravimetria
Totalitatea ceanurilor	Absorția	Fotometria
Amoniacul	Absorția	Fotometria
Dioxidul de sulf	Absorția	Titrarea
Sulfatii	Filtrarea	Fotometria
Hidrogenul sulfurat	Absorția	Fotometria
Totalitatea aldehydelor	Absorția	Absorția
Aldehyde separate și cetone	Absorția	HPLC
Totalitatea fenolilor	Absorția	Fotometria
Hidrocarburi separate	Sac colector	GC/FID
Hidrocarburi aromatice	Filtrarea, filtrarea cu absorție	DSC/HPCC, GC/FID, GC/MC
Combinatii organice care se leagă de particule	Filtrarea	Extracție, termogravimetrie
Compoziția elementară a particulelor	Filtrarea	Analiza elementară, amortizarea atomică și spectroscopia Röntgeno-fluorescentă

* Prelevarea probelor se face din gazele de evacuare diluate exceptând analiza hidrocarburilor aromatice policiclice pentru care prelevarea probelor se face direct din curentul de gaze de evacuare nediluate.

** DSC – cromatografia straturilor subțiri;

HPLC – cromatografie lichidă de înaltă sensibilitate;

GD/FID – cromatografie cu detector de ionizare a flăcării;

GC/MC – cromatografie cu spectrometrie de masă

4.3.2. Spectrometria de masă

Această metodă analizează compoziția chimică a unui amestec, funcție de comportarea particulelor sale încărcate electric într-un câmp electromagnetic. Proba de gaze analizată este bombardată cu electroni cu energii înalte, rezultând ioni de masă m și sarcină e . Aceștia sunt accelerați într-un câmp electric de tensiune U , până când ating viteza w , cu care pătrund într-un câmp magnetic H . Traectoria inițială a electronilor se curbează cu raza:

$$R = [2U_m/eH^2]^{0,5} \quad (4.12)$$

Raza de curbură poate fi modificată convențional, acționându-se asupra lui U sau H , astfel că particulele cu un anumit raport caracteristic m/e să ajungă la detector. Răspunsul detectorului este proporțional cu numărul de ioni cu același m/e , adică cu concentrația inițială a substanței analizate.

Spectrometrul de masă se folosește pentru determinarea tuturor substanțelor dintr-un amestec, pe baza înregistrării continue a razei de curbură a traiectoriei particulelor. Datorită descompunerii sau a ionizării duble din faza bombardării electronice, spectrul de masă al unei substanțe are mai multe vârfuri (spectru de fragmentare). Fiecare vârf corespunde unui raport m/e caracteristic, iar înălțimea vârfului este proporțională cu

concentrația sa în amestec. La un amestec cu mai mulți componenți, spectrele de fragmentare interferează și fiecare vârf al spectrului poate reprezenta rezultanta mai multor vârfuri, ceea ce complică analiza. De aceea, pentru efectuarea analizei, este necesar să se cunoască compușii probabili din amestec și spectrul de fragmentare al acestora. Analiza comportă rezolvarea unui sistem de ecuații algebrice, în care numărul de ecuații este egal cu numărul de vârfuri din spectrul de masă. Această metodă de analiză este foarte sensibilă, ea poate fi folosită pentru determinarea unor concentrații de ordinul 1 ppm (parte de miliard).

4.3.3. Cromatografia

Cromatografia este o metodă de separare a amestecurilor multicomponente. Ea se bazează pe repartiția diferită a componentelor unui amestec între o fază mobilă și una staționară având ca urmare deplasarea cu viteză diferită a componentelor purtate de fază mobilă de-a lungul fazei staționare.

Există mai multe variante ale metodei cromatografice, în funcție de tehnică, modul de lucru și proprietățile fizico-chimice ale fazelor. Practic, cea mai importantă clasificare are drept criteriu starea de agregare a fazei mobile:

- cromatografie în faza gazoasă;
- cromatografie în fază lichidă.

Tehnica de lucru diferă atât de mult în aceste două grupe, încât s-au dezvoltat aparate distincte, foarte diferite. Principale deosebiri sunt:

- folosirea unei faze mobile gazoase atrage după sine utilizarea unor coloane de separare, în timp ce folosirea unei faze mobile lichide permite și aplicarea altor tehnici, cum ar fi cromatografia pe hârtie sau în strat subțire;
- deoarece transferul de masă este cu câteva ordine de mărime mai rapid în gaze decât în lichide, viteza de separare prin cromatografie în fază gazoasă este mult mai mare decât în fază lichidă
- faza mobilă gazoasă se pretează mai bine la determinarea cantitativă a unor cantități extrem de mici de substanță, cromatografia în fază gazoasă fiind o astfel de metodă de microanaliză calitativă și cantitativă

În cromatografia gazoasă, procesul de separare a componentelor se bazează pe legile termodinamice ale echilibrului fazelor, care se stabilește la trecerea amestecului prin coloana de separare.

O categorie de coloane de separare au pereții prevăzuți cu un material absorbant poros, care reține prin adsorbție un component, stabilindu-se un echilibru între fracțiunea componentului rămas în amestec și fracțiunea adsorbită. Conform legii lui Henri, cantitatea adsorbită este proporțională cu concentrația componentului în amestec.

O altă categorie de coloane, numite coloane de partiție, sunt prevăzute cu materiale poroase impregnate cu un lichid. O parte a componentului se dizolvă în acest lichid, până atinge echilibrul cu faza rămasă în amestecul de gaze. Conform legii lui Nernst, concentrația finală a fracțiunii dizolvate în faza lichidă este proporțională cu concentrația componentului în faza gazoasă.

Analiza hidrocarburilor existente în gazele de evacuare se realizează prin cromatografie pe partiție. Pentru efectuarea analizei se injectează o cantitate determinată dintr-un gaz purtător inert (hidrogen sau azot), care nu interacționează cu proba. În

ordinea afinității față de materialul coloanei, componenții amestecului se separă, părăsind coloana pe rând. Gazul care iese este analizat de un detector care sesizează apariția componenților sub forma unei succesiuni de semnale funcție de timp, obținându-se grafic o cromogramă.

Primul vârf de pe cromogramă corespunde momentului când ajung în detector componenții care nu sunt reținuți în colector, iar coada cromatogramei corespunde componenților care nu sunt bine separați. Intervalul de timp dintre momentul injecției probei și momentul apariției primului vârf se numește timp de reținere și caracterizează o substanță dată; aceasta poate servi la identificarea substanțelor folosind o cromogramă de etalonare. Concentrația unui component în amestec poate fi determinată calculând aria unui vârf care este proporțională cu cantitatea inițială a componentului în amestec. Timpul de reținere depinde de temperatura fazei lichide din coloană; astfel, prin scăderea temperaturii, se mărește timpul de reținere și se îmbunătățește rezoluția.

Construcția cromatografelor moderne cuprinde mai multe coloane de separare cu materiale și temperaturi diferite, în care separarea începe la temperaturi joase, mărindu-se timpii de reținere pentru primii compuși, ca să rezulte o bună separare. Temperatura crește apoi treptat, pentru ca să se evite timpii de reținere prea mari pentru ultimii componenți separați. Detectorii folosiți sunt detectorul cu conductibilitate termică, detectorul cu ionizare a flăcării sau spectrometrul de masă.

Cromatografia are dezavantajele de a nu permite analiza continuă a gazelor arse și de a avea o durată de analiză destul de mare. Printre avantajele se numără:

- posibilitatea de a analiza toate gazele și toate substanțelor lichide sau solide care pot fi evaporate fără descompuneri;
- cantitatea de probă este redusă fiind de ordinul 10^{-6} - 10^{-3} grame;
- pot fi analizate și substanțe prin descompunerea lor termică controlată (piroliză).

Sensibilitatea analizelor depinde de detectorul. Concentrația măsurată cu detectorul de conductibilitate este de 0,1% iar cu detectorul cu ionizare a flăcării este de 1ppm.

4.3.4. Gravimetria și termogravimetria

Metoda gravimetrică urmărește determinarea masei probei de analizat prin cântărire: este folosită în special la determinarea masei totale de particule, dar și la analiza compoziției acestora. Ustensilele cele mai folosite sunt microbalanțele analitice (încărcare maximă 20g și sensibilitate 10^{-3} mg), ultra-microbalanțele (încărcare maximă de zeci de miligrame și sensibilitate 10^{-4} mg) și nanogram-balanțele (încărcare maximă 20mg și sensibilitate 10^{-6} mg).

Termogravimetria urmărește variația greutății substanțelor la diferite temperaturi și intervale de timp, prin cântărirea lor după fiecare etapă. În tehnica instrumentală folosită în prezent, proba este cântărită continuu în timp ce este încălzită într-un cuptor, în care ridicarea temperaturii se realizează cu viteză constantă. Ea este folosită cu precădere în analiza compoziției particulelor, mai ales a fracțiunii organice.

4.3.5. Fotometria

Metodele fotometrice se bazează pe măsurarea valorii absolute a absorbției luminii, servind la determinarea concentrației unui component dintr-un amestec.

Principiul măsurării fotometrice este următorul: lumina emisă de o sursă trece printr-un monocromator, care lasă să treacă o bandă îngustă de lungimi de undă și apoi trece prin soluția cercetată, ajungând la o celulă fotoelectrică. Intensitatea luminoasă se compară cu intensitatea radiației ce trece prin amestecul fără componentul urmărit, diferența fiind proporțională cu concentrația măsurată. Monocromatorul separă lumina albă prin refracție sau, mai adesea prin difracție și, printr-o fantă mobilă în raport cu evantaiul de raze monocromatice astfel obținut, filtrează trece-banda lumină. Prin baleierea acestui evantai de raze, corelată mecanic sau electronic cu bariera unei axe (a absciselor) pe hârtia unui inregistrator X-Y sau pe ecranul unui calculator, se parcurge tot domeniul frecvențelor de interes (uzual între infraroșu și ultraviolet). Ordonata diagramei spectrometrice este intensitatea luminoasă (reprezentată liniar, dacă se doresc determinări cantitative de precizie sau logaritmice, dacă se doresc doar aprecieri calitative, eventual numai identificări de poluanți). Neuniformitățile spectrale ale sursei sunt, la rândul lor, compensate mecanic sau electronic. Evident, sursele luminoase au construcție specială (de la sursele cu incandescență cu filamente speciale, pentru infraroșu și vizibil, până la sursele cu tuburi de descărcare în gaz, îndeosebi halogen, cu sticlă specială de cuarț).

4.3.6. Alte metode de cercetare

Laboratoarele de cercetare din domeniul motoarelor și-au dezvoltat tehnici proprii de măsurare adaptate la specificul problemelor studiate. De multe ori, metodele folosite sunt diferite și, de aceea, este necesară evaluarea corectitudinii măsurătorilor. Un exemplu în acest sens este cazul analizei conținutului de HC aromatice, care poate fi făcut prin 4 metode de analiză chimică, ale căror rezultate sunt diferite.

Studiul este interesant, datorită procedurii folosite. De exemplu, s-au organizat două programe de măsurători în sistem turneu, la care au participat 8 laboratoare. În primul turneu s-au evaluat precizia măsurării PAH, determinate prin alegerea liberă a metodei de către fiecare laborator, iar al doilea turneu a impus o anumită metodă. Rezultatele studiului au arătat că nici una din cele 4 metode nu se evidențiază față de celelalte, iar folosirea unei singure metode dă precizie mai mare decât în cazul în care fiecare laborator își alege singur metoda. Deviația standard înregistrată a variat între 15 și 34% dovedindu-se o precizie suficientă pentru studiul combustibililor Diesel și a efectelor PAH din particule asupra mediului.

Studii mai aprofundate asupra procesului de formare a particulelor au impus folosirea microscopului electronic, care cuplat cu un sistem computerizat de luat vederi, a dat informații despre mărimea și structura particulelor. Concluziile cercetării au relevat faptul că particulele sunt compuse din particule separate, de forme neregulate, cu aglomerări având o structură complexă, neputând fi modelate cu o sferă ci mai degrabă în lanțuri. Pe baza fotografiilor aglomerărilor de particule s-au putut defini o serie de mărimi specifice cum ar fi diametrul mediu al particulelor și dimensiunea Hausdorff (perimetrul aproximativ al conturului exterior al particulei) [64].

În scopul aprecierii nocive ale unor componenți ai particulelor, se poate agree construcția unui generator de aerosoli alcătuiți din particule emise de m.a.c. care au absorbit compuși aromatici policiclici (PAC) și a unui sistem de distribuire a aerosolilor către camere de inhalație cu animale de laborator.

De multe ori măsurarea unor mărimi specifice poluanților Diesel se face folosind aparatura proiectată pentru alte domenii, cum este cazul măsurării continue a conținutului de carbon din gazele de evacuare cu ajutorul unui aparat de determinat concentrația prafului din atmosferă. Scopul cercetării este de a dezvolta o metodă de măsurare continuă a conținutului de carbon, ca și a variației temporale a concentrației acestuia. Particulele sunt depuse pe o bandă de filtrare de pe care absorb radiația β a unei surse cu Kr-85 montată sub filtru. Variația intensității radiației β , măsurată într-o cameră de ionizare, este proporțională cu masa raportată la unitatea de suprafață, astfel încât calibrarea gravimetrică a detectorului de radiații β cu filtrul acoperit cu particule duce la determinarea masei absolute. Considerând un set de valori al masei, creșterea raportată la unitatea de timp se poate calcula prin metoda celor mai mici pătrate și, cunoscând debitul de aer, concentrația se poate determina cu ușurință.

Întrucât atât combustibilul cât și uleiul sunt hidrocarburi, studiul originii particulelor este greu de făcut prin analiza compoziției lor. Pentru aprecierea contribuției pe care o are uleiul la formarea emisiilor, s-a folosit tehnica trasorilor radioactivi [19]. Se adaugă în uleiul de ungere un compus organic radioactiv care conține izotopul C_{14} , și care va avea rolul de trasor. După amestecarea cu uleiul se efectuează probe de funcționare a motorului, colectându-se particulele. Se măsoară apoi cantitatea de C_{14} , raportată la conținutul total de carbon. Contribuția uleiului la emisia de particule depinde de gradul în care C_{14} a fost diluat cu carbonul provenit din alte surse (combustibil). Măsurarea C_{14} din emisia de particule se poate face prin metoda scintilației în lichide. Probele de particule sunt arse, obținându-se CO_2 și apă, iar aceste produse de ardere sunt absorbite de o soluție specială cu un lichid scintilator (cu rol de traductor – revelator). Scânteile emise de acest amestec sunt supuse analizei cu un spectrofometru.

4.4. Tendințe și obiective în programul de acțiune și reducere a poluării asupra mediului

4.4.1. Al șaselea Program de Acțiune asupra Mediului

Mediul Înconjurător 2010: Viitorul nostru, Alegerea noastră

Obiective

Să definească obiectivele și prioritățile politicii de mediu a comunității până în 2010, și după, și să descrie măsurile care trebuie luate pentru a putea implementa strategia de dezvoltare susținută de Uniunea Europeană.

Act

Comunicat de la Comisie către Consiliu, Parlamentul European „Comitetul Economic și Social și Comitetul Regiunilor din 24.01.2001 asupra celui de-al 6-lea Program de Acțiune Asupra Mediului „Mediul Înconjurător 2010: Viitorul nostru, Alegerea noastră”.

Cuprins

1) Comunicatul prezintă Programul de Acțiune Asupra Mediului cu titlul „Mediul Înconjurător 2010: Viitorul nostru, Alegerea noastră”, care acoperea perioada 01.01.2010 – 31.12.2010. Acest program s-a bazat pe al 5-lea Program de Acțiune Asupra Mediului (1992-2000) și deciziile luate la revizuirea acestora.

Abordarea strategică

2) Comunicatul exprimă clar că întâmpinarea provocărilor ridicate de problemele de mediu din ziua de azi înseamnă a privi dincolo de abordarea strict legislativă și a stabili o abordare strategică folosind o serie de instrumente și măsurători pentru a implementa deciziile luate de afaceri, deciziile luate de consumatori, cetățeni și planificatori politici. Propune priorități de acțiune strategică:

- a. o îmbunătățire a implementării legislației existente
- b. integrarea preocupărilor de mediu în alte politici de domenii
- c. o mai bună colaborare cu piața
- d. a conferi putere oamenilor ca cetățeni privați și a-i ajuta să-și schimbe comportamentul
- e. luarea în considerare a problemei mediului în planificarea folosirii spațiului și a deciziilor de management

3) 1a. S-au considerat următoarele acțiuni:

- susținerea rețelei IMPEL și extinderea ei în țările candidate
- raportarea implementării legilor de mediu
- o strategie „nume, rușine și faimă” asupra implementărilor legilor de mediu
- îmbunătățirea standardelor de mediu inspectate
- inițierea combaterii crimei de mediu
- a acționa legal în CURTE EUROPEANĂ pentru a asigura implementarea

4) 2b. Comunicatul propune

- stabilirea unor mecanisme de integrare adiționale
- implementarea totală de cerințe asupra integrării preocupărilor de mediu
- dezvoltarea în continuare a indicatorilor de monitorizare a procesului de integrare

5) 3c. Am putea include

- încurajarea unei largi preluări a EMAS (Schema de Ecomanagement și Audit a Comunității)
- a încuraja companiile să publice propriile performanțe și să se încadreze în cerințele de mediu
- introducerea unor scheme de recompense pentru performanțele de mediu a companiilor
- încurajarea voluntariatului
- stabilirea unei politici de integrare a produselor

- promovarea folosirii și evaluării eficacității schemei Eco-Label (ecomarcă de produs)
- promovarea consumului de produse verzi
- adoptarea legislației cu privire la răspunderea de mediu

6) 4d. Include 2 sugestii:

- a ajuta cetățenii să crească performanțele de mediu
- îmbunătățirea calității informației despre mediu

7) 5e. Sunt propuse următoarele acțiuni:

- publicarea unui comunicat despre importanța integrării mediului în planificarea și managementul folosirii terenului
- îmbunătățirea implementării directivei de stabilire a impactului asupra mediului
- răspândirea celor mai bune practici și supravegherea schimbului de experiență referitor la dezvoltarea susținută inclusiv dezvoltarea urbană
- impulsionearea măsurilor din agricultură-mediu cuprinse în politica de agricultură
- dezvoltarea unor parteneriate active pentru susținerea turismului

8) Al 6-lea Program de Acțiune asupra Mediului focalizat pe patru ani de acțiune care sunt:

Modificarea climatului

9) Obiectivele în această problemă sunt de a reduce gazele cu efect de seră până la un nivel care nu va cauza variații nenaturale în climatul Terrei.

10) Pe termen scurt Uniunea Europeană țintește să atingă obiectivele Protocolului de la Kyoto:

- să reducă emisiile gazelor cu efect de seră cu 8% până în 2008-2012 comparat cu nivelul din 1990
- pe termen lung până în 2020 va fi necesară reducerea acestor gaze cu 20 până la 40% prin intermediul unei colaborări eficiente internaționale

11) Eforturile comunitare pentru preîntâmpinarea provocărilor datorate schimbării climei

- integrarea obiectivului de schimbare a climei în diferite politici comunitare, în particular politica energetică și politica în transporturi
- reducerea gazelor cu efect de seră prin măsuri specifice de creștere a eficienței energetice, de creștere a folosirii surselor energetice reînnoibile, promovarea acordând cu industria și a face economie energetică
- creșterea cercetării asupra modificării climei
- îmbunătățirea informării cetățenilor despre schimbarea climei
- pregătirea cetățenilor pentru impactul schimbării climei

Natură și biodiversitate

12) Obiectivele comunicatului referitoare la aceasta sunt de a proteja și restabili structura și funcționarea sistemelor naturale și de a opri pierderea biodiversității atât în Uniunea Europeană cât și la nivel mondial

13) Acțiunile propuse sunt:

- implementarea legislației de mediu în special în domeniul apei și aerului
- extensia aplicării directivei SEVESO II
- coordonarea statelor membre comunitare în caz de accidente și dezastre naturale
- examinarea necesității de a proteja plantele și animalele de radiații ionizante
- protecția, conservarea și restaurarea peisajului
- protecția și promovarea dezvoltării susținute a pădurii
- stabilirea unei strategii comunitare pentru protecția solului

Protecția și restaurarea habitatului marin și a coastelor și includerea în rețeaua Natura 2000

- întărirea controalelor de Label (marcă), monitorizarea GMO
- integrarea conservării naturii și biodiversitatea în politici comerciale și dezvoltare
- crearea de programe pentru strângerea de informații despre conservarea naturii și biodiversitate
- susținerea cercetării în domeniul conservării naturii

Mediul înconjurător și sănătatea

14) Obiective

- atingerea unei calități a mediului înconjurător care să nu genereze impact semnificativ sau riscuri asupra, ori pentru sănătatea umană

15) Propuneri

- identificarea riscurilor pentru sănătate inclusiv copii și bătrâni și stabilirea unor standarde corespunzătoare
- introducerea de priorități de mediu și sănătate în alte politici de domeniu și standarde referitoare la apă, aer, fumuri și sol
- stimularea cercetării în domeniul sănătății și a mediului
- dezvoltarea unui nou sistem pentru evaluarea riscului noilor chimicale
- interzicerea sau limitarea folosirii majorității pesticidelor periculoase și asigurarea aplicabilității celui mai sigur mod de folosire
- asigurarea implementării legislației despre apă
- asigurarea aplicării standardelor de calitate a aerului și definirea unor strategii despre poluarea aerului
- adoptarea și implementarea directivei despre zgomot

Managementul resurselor naturale și gunoier-menajer-deșeuri

16) Obiectivele sunt de a asigura că, consumul resurselor reînnoibile și nereînnoibile nu depășește capacitatea de saturație a mediului și să se asigure o

declupare a folosirii resurselor de creștere economică prin îmbunătățirea semnificativă a eficienței resurselor și reducerea gunoiului menajer.

În legătură cu gunoiul menajer, ținta este de a reduce cantitatea finală cu 20% până în 2010 și 50% până în 2050.

17) Acțiunile sunt:

- dezvoltarea unei strategii pentru managementul resurselor prin stabilirea priorităților și reducerea consumului
- taxarea folosirii resurselor
- eliminarea programului care încurajează supraexploatarea resurselor
- integrarea eficienței resurselor și a politicii de producere
- stabilirea unei strategii pentru reciclarea gunoiului
- îmbunătățirea schemelor existente de management al gunoiului și investiții calitative și cantitative de prevenție
- integrare de prevenție a gunoiului cu politica produsului și strategia comunitară a chimicalelor

4.4.2. Noxele cu efect de seră și programe pentru controlul schimbărilor climatice

Obiective

Dezbateri publice pentru implementarea unei posibile politici comunitare referitoare la emisiile de gaze înainte de aplicarea protocolului Kyoto.

Măsuri comunitare

Green Paper = este un act referitor la emisiile de gaze cu efect de seră aplicabil în Uniunea Europeană.

Conținut

1. Conform protocolului Kyoto (1997) Uniunea Europeană a semnat să scadă emisiile de gaze cu efect de seră cu 8% (2008-2012) comparativ cu nivelele din 1990. Comunitatea dorește să implementeze propriile scheme de reducere a emisiilor de gaze pentru a câștiga experiență înainte de introducerea schemei internaționale din 2008.

2. Schimbul de emisii este o schemă în cadrul fiecărei companii careia îi este alocată o anumită marjă pentru propriile emisii de gaze în concordanță cu ambițiile fiecărui guvern. Este un sistem practic în care companiile individuale își permit să emită mai mult decât propria marjă cu condiția să găsească o companie care a emis mai puțin și care e dispusă să vândă diferența de marjă. Această schemă încurajează dezvoltarea de noi tehnologii. Companiile motivate de profitul obținut prin vânzarea diferenței de marjă vor investi în procesul de tehnologizare

4. Protocolul Kyoto prevede redistribuirea marjei de emisii între statele membre ale Uniunii Europene. Odată ce protocolul este ratificat statele membre sunt obligate să

anunțe secretariatul Convenției de aceste redistribuiri care, per întreg, trebuie să atingă o reducere de 8% în comunitate.

5. Schema schimburilor de emisii ar putea scădea costul implementării protocolului Kyoto cu 1/5. Această schemă ar duce la un unic preț al diferențelor de marjă asigurând o funcționare corespunzătoare a pieței interne.

Comunitatea va interveni în:

1. asigurarea unui tratament egal pentru companii de dimensiuni comparabile în ceea ce privește schema de schimbări de emisii de gaze;
2. asigurarea unei competiții tip economie de piață;
3. asigurarea sinergismului cu legislația în vigoare;
4. să se asigure că schema este aplicată eficient;
5. să asigure compatibilitatea cu schema protocolului Kyoto;
6. schema alocării marjelor de emisii este foarte dificilă. Trebuie întâi să se determine care sectoare și companii vor fi implicate. După 2008 statele vor trebui să cadă de acord între ele asupra modului de distribuție a marjelor de emisii asigurând cerința protocolului Kyoto de reducere per total de 8%.
7. cu privire la sinergismul cu alte politici trebuie clarificată modalitatea tehnică de reglementare, taxare a schemei de schimbare de emisii.
8. comisia s-a decis pentru învățarea prin implementare. Comunitatea vrea să înceapă prin aplicarea schemei de CO₂ unde monitorizarea sistemului e mai fezabilă. Bazându-se pe această experiență comunitatea poate trece la monitorizarea autovehiculelor ce aduc în plus (ridică) probleme tehnice și administrative.
9. politica Comunității Europene și măsurile de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră subliniază că implementarea protocolului Kyoto necesită o serie de inițiative de schimbare a climei în ceea ce privește aerul, transportul și energia, ținta fiind de a face toate aceste programe compatibile.

4.4.3. Transportul și bioxidul de carbon

Obiective

Protecția Ministerului de Interne prin reducerea emisiilor de CO₂ în transporturi în concordanță cu Protocolul Kyoto.

Măsuri comunitare

Comunicat de la Consiliul Comisiei, Parlament European, Comitetul Economic și Social și Comitetul Regional referitor la transport și CO₂.

Conținut

Protocolul Kyoto

În Uniunea Europeană emisiile de gaze din transport reprezentând proporția de CO₂ a crescut de la 19% la 26% în 1995. Emisiile de CO₂ din transporturile Uniunii Europene sunt responsabile de 3,5% din emisiile globale de CO₂ va trebui să includă acțiuni asupra emisiilor din transporturi.

În Comunicat, Comisia susține că politica măsurilor de transport propusă sau adoptată deja la nivel comunitar sau local ar trebui să facă posibilă reducerea ratei de creștere a emisiei de CO₂ la jumătate.

Road freight

Ținte:

- creșterea ratei de utilizare a autovehiculelor;
- reducerea turajiei în gol;
- îmbunătățirea capacității de conducere care ar putea duce la o reducere cu 20% a consumului de combustibil;
- dezvoltarea folosirii unui program de software de stabilire a rutei pentru a reduce distanța stabilită;

Autovehicule pasageri

Sunt responsabile de aproximativ jumătate din emisiile de CO₂ din transporturile în Uniunea Europeană. Pentru a reduce emisiile poluante constructorii trebuie să producă autovehicule eficiente din punct de vedere al combustibilului consumat. Această abordare ar trebui să permită o reducere de aproximativ 30% a emisiilor de CO₂ pentru noile autovehicule lansate în viitor pe piață. UE a adoptat deja o strategie de reducere a emisiilor de CO₂ la autovehiculele pasagerilor prin îmbunătățirea economiei de combustibil ajungându-se la o medie de emisie de CO₂ de 120g/km până în 2005, cel mai târziu 2010 pentru autovehiculele noi. Această strategie constă dintr-un acord de mediu cu industria de automobile susținut de măsuri fiscale sunt necesare și alte măsuri cum ar fi: taxe pe autovehicul. Se fac eforturi pentru dezvoltarea unui combustibil alternativ mai puțin poluant.

Rail freight

Promovarea transportului feroviar reprezintă o prioritate a strategiei comisiei de a reduce emisiile poluante. În 1996 Actul Alb (o strategie pentru realizarea comunității feroviare) subliniază că este necesar ca transportul feroviar să răspundă mai bine cerințelor călătorilor și să-și îmbunătățească performanța. Aceasta necesită o mai mare liberalizare a transportului feroviar. În 1998 Comisia a prezentat o serie de măsuri pentru a îmbunătăți eficiența transportului feroviar.

Ținte:

- încurajarea armonizării și interoperabilității tehnice în sistemul feroviar
- convențional
- îmbunătățirea folosirii managementului, modalității de precizare și stabilizare a costurilor în infrastructura feroviară;
- clarificarea rețelei dintre stat și companiile feroviare

Transportul public de pasageri

Este importantă promovarea acestui tip de transport ca o modalitate de reducere a emisiilor poluante în zonele urbane, măsuri variate de creștere a transportului public.

Încurajarea companiilor pentru achiziționarea biletelor de sezon în sistem de transport public pentru angajați.

Promovarea calității transportului public la nivel național, regional și local.

Încurajarea consumatorilor de a folosi transportul public prin campanii eficiente de informare.

a. Transportul maritim:

Reprezintă unul dintre modalitățile de transport cel mai puțin poluante. Folosirea inclusiv pe distanțe mici ar trebui să fie prioritară. Protocolul Kyoto lasă la aprecierea organizațiilor mondiale maritime responsabilitatea de a decide reguli pentru reducerea emisiei gazelor cu efect de seră.

b. Transportul pe aer:

Responsabil de 12% din totalul emisiei de CO₂ din transporturi.

În 1998 – opțiuni pentru scăderea emisiilor de CO₂:

- stabilirea unor limite stricte a emisiilor standard internaționale;
- promovarea eficienței transportului aerian (îmbunătățirea prețurilor, limitarea distanțelor de zbor);
- promovarea modalităților alternative de transporturi;

Comisia examinează sistemul de taxe în special VAT (care nu este aplicabil la tarife aeriene intracomunitare) și tratament fiscal al kerosenului.

- crearea unui sistem de transport european ar trebui să reducă emisiile de CO₂ cu aproximativ 4%.

Se crede că creșterea taxelor pe minimum de combustibil ar duce la reducerea emisiilor de CO₂ în transporturi.

- Comisia a propus măsuri complementare în funcție de diferitele modalități de transport.

Revigorarea rolului autorităților naționale, regionale și locale în managementul transportului (controlul vitezei, campanii de informare, promovarea modalităților nonpoluante de transport de exemplu bicicleta, restricționarea traficului în zonele urbane).

Dezvoltarea de noi și mai puțin poluante tehnologii de propulsie de exemplu autovehicule hibride și celule de combustibil.

Cercetarea ar trebui să se bazeze pe reducerea costurilor de prelucrare a acestor tehnologii.

Programele Alternator și Termie ar trebui să permită comisiei să dezvolte:

- experiența în noile metode tehnologice de transport
- promovarea combustibililor noi de tip biocombustibil
- îmbunătățirea coordonării Bursei de Valori prin adoptarea unor planuri de acțiune;
- implementarea unui sistem de monitorizare a evoluției raportului transport – emisiile de CO₂ cu participarea Agenției Europene de Mediu

4.4.4. Protocolul Kyoto asupra schimbării climei

Obiective

De a combate schimbările climatice prin măsuri internaționale de reducere a emisiilor anumitor gaze cu efect de seră.

Act

Decizia Consiliului 2002/358/EC/25.04.2002 în legătură cu aprobarea în numele Consiliului Europei a protocolului Kyoto la Convenția Națiunilor Unite asupra modificării climatului.

Sumar

1. În 4 februarie 1991 Consiliul a autorizat Comisia să participe în numele Uniunii Europene la negocierea convenției cadru a Națiunilor Unite asupra modificării climatului care a fost adoptată în 9 mai 1992 la New York. Comunitatea a ratificat convenția cadru prin decizia 94/69/EC/15.12.1993, care a fost aplicată în forță în 21 martie 1994.

2. Convenția Cadru poate fi considerată un succes mai ales prin efectul de a atrage atenția oamenilor din toată lumea asupra problemelor legate de schimbarea climatului. Uniunea Europeană a onorat angajamentul făcut în cadrul Convenției de a reduce nivelele emisiei de gaze din 1990 până în 2000. Totuși un număr mare de țări industrializate, inclusiv SUA, nu au respectat obiectivul referitor la stabilizarea concentrației gazelor cu efect de seră la nivelul anului 1990.

3. La a patra întâlnire a părților în Berlin în martie 1995 – semnării Convenției au decis să negocieze un protocol conținând măsuri de reducere a emisiilor pentru perioada de după 2000 pentru țările industrializate. După multă muncă protocolul Kyoto a fost semnat în 10 decembrie 1997 la Kyoto.

4. Comunitatea Europeană a semnat protocolul Kyoto în 29 aprilie 1998. În decembrie 2001 Consiliul Europei de la Laeken a confirmat că Uniunea Europeană dorește să introducă Kyoto înaintea Summitului Mondial de la Johannesburg în susținerea dezvoltării (26.04 – 04.09.2002). Până la această decizie a aprobat protocolul în numele Comunității. Statele membre se obligau să coordoneze acțiunile lor de a asigura instrumentele de ratificare în același timp cu Comunitatea și cât mai departe posibil până la 1 iulie 2002.

5. Anexa II a Deciziei cere angajamente de a limita și a reduce emisiile în Comunitatea Europeană pentru o perioadă inițială între 2008-2012.

6. Protocolul Kyoto luptă împotriva emisiilor a șase gaze cu efect de seră:

- Bioxidul de carbon (CO₂);
- Metan (CH₄);
- Oxid nitros (N₂O);
- Hidrofluorocarbon;
- Perofluorocarbon (PFC)
- Hexafluorid de sulf (SF₆);

Reprezintă un important pas înainte în efortul de a combate efectul de seră deoarece include obiective cantitative de a limita și reduce gazele cu efect de seră.

7. Luat ca întreg, părțile ce au semnat Anexa I a Convenției Cadru se angajează să reducă emisiile de gaz cu efect de seră cu cel puțin 5% sub valorile din 1990 în perioada 2008 – 2010. Anexa B a protocolului Kyoto conține angajamente cantitative emise de părțile semnatare. Statele Membre ale Uniunii Europene per total trebuie să reducă emisiile de gaze cu efect de seră cu 8% între 2008 – 2010.

8. În perioada de până în 2008 părțile semnatare trebuie să demonstreze progres evident în realizarea angajamentelor, nu mai târziu de 2005. Părțile care doresc pot face din anul 2005 un an de referință pentru scăderea emisiilor de HFC, PFC și SF₆.

9. Protocolul sugerează modalități variate de atingere a acestor obiective:

- introducerea de politici naționale de reducere a emisiilor (eficiență energetică mai mare, promovarea unei forme susținute de agricultură, dezvoltarea unor surse noi de energie);
- cooperarea cu celelalte părți semnatare (schimb de experiență și informații);

10. Nu mai târziu de cu un an înainte de începerea primei perioade a angajamentului, fiecare parte semnatară trebuie să aibă un sistem național de estimare a emisiilor antropogenice și de eliminare a tuturor gazelor cu efect de seră necontrolate de protocolul de la Montreal.

11. Angajamentele trebuie revizuite cel târziu în 2005 pentru a doua perioadă de angajament.

4.4.5. Indicatori de cuantificare a condițiilor de mediu

Obiective

De a stabili o listă a indicatorilor de mediu și de a alege șapte dintre cei mai relevanți pentru a include în lista indicatorilor structurali pentru a susține implementarea

strategiei de a face Europa cea mai competitivă și dinamică economie, bazată pe conștiințe, din lume capabilă să susțină o dezvoltare economică.

Act

Raport de la Comisie pentru Consiliul din 20 septembrie 2002. Analiza listei de deschidere și indicatorilor cap de serie – referitor la mediu se numește COM (2002) 524 final.

Sumar

1. Strategia pentru o dezvoltare susținută a fost adoptată în Consiliul Europei din Göteborg în iunie 2001, adăugând o dimensiune ecologică a strategiei de angajare în reforma economică și coeziunea socială de la Lisabona. Comisiei i-a fost dată sarcina de a evalua implementarea strategiei prin raportul anual din primăvară, pe baza indicatorilor structurali. Consiliul, nesatisfăcut de indicatorii ecologici aleși, a oferit o listă deschisă de indicatori.

Acest raport este o analiză a fezabilității și disponibilității de date pentru indicatorii propuși.

Constituie baza pentru alegere a celor șapte indicatori ecologici, pentru eventuala includere în raportul primăvara 2003.

2. În raport indicatorii sunt împărțiți în patru grupe:

- cei care sunt fezabili în 2002 deoarece datele cerute sunt disponibile și certe;
- cei care sunt fezabili doar în parte în 2002 deoarece datele deși sunt disponibile sunt incomplete și nu suficient de actualizate;
- cei care sunt nefezabili în viitorul apropiat deoarece, deși datele sunt identificabile, sursele sunt neadevărate sau datele nu sunt întotdeauna emise anual;
- cei pentru care datele disponibile nu sunt suficient de clare și pentru care sunt necesare metodologii noi.

3. Pentru fiecare dintre indicatorii din primele trei grupe, raportul include descrierea, datele disponibile, metoda de calculare și propuneri pentru îmbunătățire.

4. Indicatorii care sunt fezabili în 2002 (primul grup):

- totalul emisiilor gazelor cu efect de seră, emisii per capita, emisiile pe sector și emisii pe unitatea GDP;
- energia consumată în funcție de modul de transport;
- populația urbană expusă la poluarea aerului (prin ozon și masă particulată);
- emisii de poluanți de aer (precursor de ozon, masă particulată și SO₂);
- susținerea unui pescuit selectiv pentru specii (propunerea alternativă stocuri de pește în apele maritime europene);
- departament devotat agriculturii organice.

5. Indicatorii fezabili în 2002 dar incompleți (al doilea grup):

- intensitatea de transport GDP;

- modalitatea de împărțire a felurilor de transport (dependența transporturilor de bunuri din sectorul rutier și transporturilor de pasageri de mașină);
- colectarea deșeurilor de către municipalitate;
- rate de reciclare a materiilor selectate (hârtie, sticlă, etc.);
- concentrațiile de nitrat și fosfați în râuri;
- protecția biodiversității zonelor;
- balanța nitrogenului (balanța dintre nitrogenul adăugat solului și nitrogenul luat de la nivelul solului prin culturi sau creșteri de vite).

6. Indicatorii cu șanse mici de a fi fezabili în viitorul apropiat (a treia grupă):

- investițiile în infrastructura transportului;
- rata de reciclare a materialelor selectate;
- deșeuri generate hazardat;
- deversarea de poluanți (nutrienți, organici, chimici) în apă;
- calitatea apei potabile;
- folosirea apei în sectorul economic;
- productivitatea din resurse naturale;
- consumul de pesticide;
- evoluția folosirii terenurilor.

7. Indicatorii neclari, care necesită metodologie importantă de implementare (al patrulea grup):

- expunerea poluanților la nivele înalte de zgomot generat de transport;
- durata și distanța medie într-o vacanță pe persoană în funcție de mod și scop;
- internalizarea costurilor externe din domeniul transporturilor;
- expunerea și consumul chimicalelor toxice;
- prevenirea formării deșeurilor;
- rata de valorizare a materialelor selectate;
- intensitatea primară a folosirii materialelor;
- index de biodiversitate;
- soluri contaminate și erodate;
- alți indicatori potențiali în domeniul sănătății publice;

8. Raportul concluzionează că un program de muncă detaliat pentru identificarea indicatorilor se va dezvolta în următorul stadiu. Prioritatea va fi acordată producerii de indicatori fezabili în 2002 și de indicatori fezabili în 2002 dar incompleți.

4 5. Concluzii

În concluzie, metodele de măsurare a poluanților chimici sunt foarte diverse și depind mult de obiectul cercetărilor. Pentru alegerea metodei adecvate, aceasta trebuie să îndeplinească o serie de condiții:

- relevanță;

- repetabilitate, reproductibilitate;
- senzitivitate;
- evitarea interferențelor;
- costuri reduse;
- utilitate și în alte măsurători similare;
- posibilitatea de abordare cu tehnicile chimiei analitice.

Fiecare metodă propusă trebuie pusă la punct în prealabil prin teste de validare care permit:

- stabilirea pragurilor de detecție a poluantului respectiv;
- precizarea tehnicilor de calibrare și generarea curbelor asociate;
- definirea interferențelor;
- verificarea stabilității de stocare a probei;
- determinarea debitelor, a mediului de colectare și a temperaturii pentru substanță absorbantă;
- verificarea stabilității agentului absorbant;
- determinarea eficienței colectării;
- stabilirea tehnicilor de control a calității;
- delimitarea domeniului de aplicabilitate (m.a.c. sau m.a.s.);
- raportarea la tehnicile de testare a emisiilor poluante deja standardizate.

După completarea acestor teste generale de validare, se fac și o serie de teste particulare de omologare, pentru fiecare din cazurile concrete de studiat, în care apar și caracteristicile echipamentelor anexă necesare pentru măsurare (de exemplu, parametrii constructivi ai tunelului de diluție) și, de asemenea, caracteristicile tehnice ale autovehiculului pe care se face testarea.

Metodele de colectare a poluanților în vederea analizei lor chimice sunt:

- colectarea directă în saci;
- colectarea chimică umedă;
- colectarea cu filtrare de reținere;
- utilizarea de substanțe (capcană) absorbante.

Stabilirea rezultatului măsurătorilor trebuie să țină seama de influența specifică metodelor de colectare (de exemplu, trebuie considerate pierderile de depunere pe pereții incintelor). Pentru a evita alterarea caracterului probelor se impun adesea condiții speciale, de exemplu încălzirea probelor (care previne denaturarea lor prin condensarea apei).

După efectuarea măsurătorilor se realizează o serie de prelucrări experimentale care cuprind, în principal, următoarele operații:

- calculul mărimilor măsurate pe baza înregistrărilor făcute de analizoare;
- compararea mărimilor măsurate cu valorile limită impuse;
- evaluarea statistică a rezultatelor;
- redarea grafică a informațiilor și stocarea lor în baze de date.

Pentru a evalua efectele nocive ale poluanților, atât pe cele globale cât și pe cele locale, este necesară elaborarea în prealabil a unui model de împrăștiere a gazelor de evacuare, care să permită determinarea concentrațiilor reale de poluanți. Pentru conceperea acestui model, trebuie luate în considerare caracteristicile emisiilor poluante ale mijloacelor de transport, parametrii meteorologici, precum și condițiile în situații

diverse (tipul străzii, parametrii geometrici ai căii de rulare, ai clădirilor înconjurătoare și tunelelor rutiere, etc.)

Concentrațiile efective, determinate conform cu modelul de răspândire, sunt comparate cu valorile concentrațiilor poluanților respectivi, stabilite de organisme abilitate în acest sens (din domeniile sănătății populației, protecției muncii, ecologiei, etc.).

În general, stabilirea valorilor limită admisibile se face prin împărțire cu coeficienți de siguranță (în jurul valorii de 100), a concentrațiilor de risc (la care apar primele semne de înrăutățire a stării de sănătate).

CAPITOLUL 5

CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA NIVELULUI NOXELOR MĂSURATE LA INSPECȚIILE TEHNICE PERIODICE PENTRU AUTOTURISME ECHIPATE CU MOTOARE CU ARDERE INTERNĂ

5.1. Cercetări experimentale privind nivelul noxelor emise pentru un motor cu aprindere prin comprimare

5.1.1. Descrierea aparaturii experimentale utilizată la măsurarea noxelor

Cercetările făcute prin măsurători au fost efectuate utilizând un analizor de gaze de tipul VLT 4590. Aparatul de încercare este controlat prin intermediul unui microprocesor, ceea ce permite efectuarea unei analize rapide și exacte. Aparatul este foarte ușor de manipulat, fiind alcătuit din două componente: o cameră de fum și un sistem indicator.

Pe lângă opacitate sunt indicate pe patru afișaje mari (cu cristale lichide), temperatura uleiului, turația motorului, temperatura camerei de fum și diferența de presiune. Astfel, utilizatorul primește simultan toate informațiile respective. În vederea evaluării acestor rezultate ale încercării, în structura echipamentului este inclusă o imprimantă termoinregistratoare. În timpul funcționării aparatului, temperatura camerei de fum poate ajunge până la 100 °C.

Specificații tehnice:

Sursă de alimentare	230V/50 Hz + pământare
Consum total de energie	Max. 330 Watt
Masă totală	30 kg
Lungimea camerei de fum	430 mm
Materialul camerei de fum	Aluminiu
Temperatura de culoare a sursei luminoase	3200 K
Diametrul țevii sondei de prelevare	Φ10 mm
Lungimea țevii sondei de prelevare	1000 mm

Domeniu de măsurare:

Opacitate	0 – 99 % 0 – 99,99 m ⁻¹
Temperatura uleiului	0 – 150 °C
Temperatura camerei de fum	0 – 150 °C
Turația	300 – 7500 rot/min
Diferența de presiune	0 – 25 mbar

Rezoluția afișajului:

Opacitate	1 % 0,01 m ⁻¹
-----------	-----------------------------

Temperatura uleiului	1 °C
Temperatura camerei de fum	1 °C
Tuometru	1 rot/min
Diferența de presiune	1 mbar
Imprimanta	termica, 40 de caractere
Traductor de turație cu pensă controlat cu microprocesor	piezoelectric

Gazele de evacuare ale motoarelor cu aprindere prin comprimare au următoarele componente: CO (monoxid de carbon), CO₂ (dioxid de carbon), HC (hidrocarburi), oxigen (O₂), H₂O (apă), SO_x (oxizi sulfurici), NO_x (oxizi de azot), C (carbon). Unele componente pot fi măsurate cu un analizor de gaze, deoarece ele se află în stare gazoasă. Totuși, ultima componentă, carbonul, se află în stare solidă. Pentru a măsura cantitatea de carbon din gazele de evacuare, se utilizează un analizor pentru gazele de evacuare ale m.a.c. Cu cât este mai mare opacitatea gazelor, cu atât mai multe particule de carbon solid se vor găsi în gazele de evacuare.

Există trei tipuri de opacimetre: cu flux total (complet), cu flux parțial și cu metoda filtrării. Principiul de lucru al analizoarelor cu flux total și parțial este practic același. Gazele de evacuare sunt conduse în camera de fum pentru analiză. Dezavantajul fummetrului cu flux total îl reprezintă camera de gaze mare, în care trebuie aduse integral gazele de evacuare pentru analiză. Metoda de verificare cu filtru nu se poate utiliza pentru regim dinamic. Cu această metodă se poate măsura cantitatea de carbon acumulată în timpul unei anumite perioade de timp sau al unui anumit parcurs, și nu valoarea opacității în momentul prezent.

Aparatul VLT 4590 este un opacimetru executat în conformitate cu principiul fluxului parțial. Țeava sondei de prelevare are lungimea de 1 m și ca urmare amestecul de gaze din interiorul camerei de fum rezultă omogen.

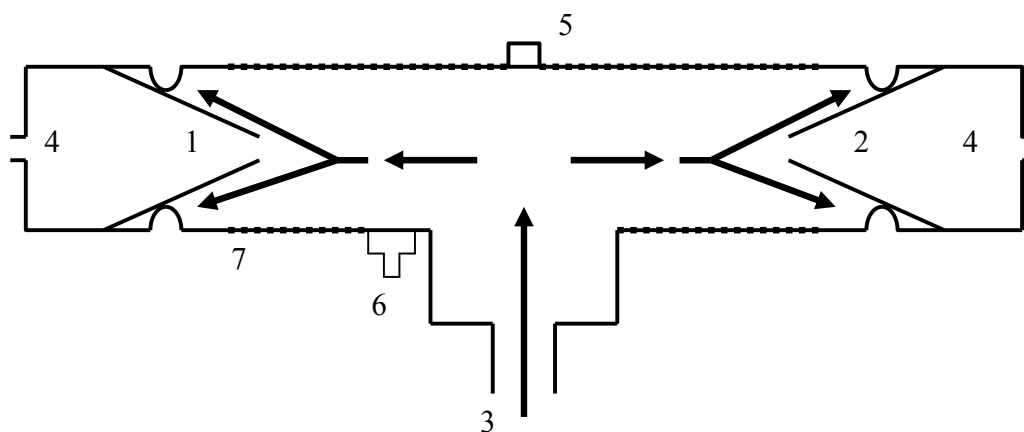


Fig. 5.1. Desen schematic al camerei de fum

1 – sursa de lumină; 2 – receptor; 3 – intrare gaze; 4 – intrare aer proaspăt; 5 – senzor de temperatură; 6 – traductor de presiune; 7 – înfășurarea pentru încălzire.

Pentru a asigura o bună disponibilitate, aparatul este împărțit în două sisteme de bază, camera de fum ce se amplasează în apropierea țevii de evacuare a autovehiculului și modulul indicator aflat în apropierea operatorului.

Camera de fum a aparatului VLT 4590, în forma literei „T”, este confecționată din aluminiu. Pentru a preveni erorile de măsurare, camera de fum este prevăzută cu un sistem de încălzire controlat cu microprocesor. Acest sistem măsoară în mod continuu și reglează temperatura camerei la 100 °C, dacă este conectat. Prin urmare, particulele de apă vor fi vaporizate și, ca urmare vor constitui un element gazos, ce nu va fi măsurat de aparatul VLT 4590.

Camera de fum a aparatului este special concepută pentru a avea o suprapresiune foarte mică, chiar nulă, în comparație cu presiunea din afara camerei. Pentru a măsura această diferență de presiune este prevăzut un traductor electronic de presiune ce permite o măsurare continuă. Fluxul de gaze este vehiculat cât mai natural posibil, pentru a preveni introducerea unor erori de către fluxul de aer proaspăt.

5.1.2. Determinarea experimentală a noxelor emise la un motor cu aprindere prin comprimare, între inspecțiile tehnice periodice

Cu ajutorul opacimetrului VLT 4590 sau fummetru Hartridge cum mai este denumit, din dotarea stației Registrul Auto Român – Timiș s-au efectuat măsurători pe un autoturism marca Mercedes Benz, tip VITO, extensie 115 CDI.

De menționat este faptul că măsurarea fumului, prin metoda Hartridge, este metoda recunoscută de organisme europene (Regulamentul CEE - ONU nr. 24.03).

În tabelul 5.2. sunt prezentate valorile coeficientului K_M , măsurate timp de 12 luni în funcție de numărul de kilometri parcurși, respectiv de temperatura mediului ambiant. La autoturismul studiat și supus măsurărilor, se remarcă un parcurs mediu de 2 250 km rulați, între verificări la inspecții tehnice, în regim de trafic urban și interurban.

Tabelul 5.1. Valorile coeficientului Hartridge (Mercedes Benz VITO 115 CDI)

Perioada de timp între măsurători [lună]	Coeficientul de absorbție Hartridge $K_M [m^{-1}]$	Rulajul parcurs între măsurători [km]	Temperatura mediului ambiant $t_{ext} [^{\circ}C]$
ianuarie	1	65 000	-8
februarie	1,24	68 000	-2
martie	1,65	71 000	12
aprilie	1,85	73 000	20
mai	1,1	76 000	26
iunie	0,61	80 000	34
iulie	0,52	82 000	38
august	0,34	85 000	36
septembrie	0,31	86 000	21
octombrie	1,7	88 000	14
noiembrie	1,35	90 000	10
decembrie	1,21	92 000	-6

În fig. 5.2. se prezintă variația coeficientului de absorbție Hartridge funcție de temperatura mediului ambiant. Astfel, se constată valori ridicate ale gradului de fum la temperaturi constante, apoi o scădere la temperaturi ridicate ca apoi iar să crească odată cu scăderea temperaturii ambiante (răcirea t_{ext}).

Scăderea se explică prin îmbunătățirea procesului de ardere la temperaturi moderate, undeva până la 25°C , ca apoi datorită reducerii cantității de aer aspirat și a scăderii densității acestuia la temperaturi ridicate, arderea să fie incompletă din lipsa locală de oxigen în zona jeturilor pulverizate de combustibil.

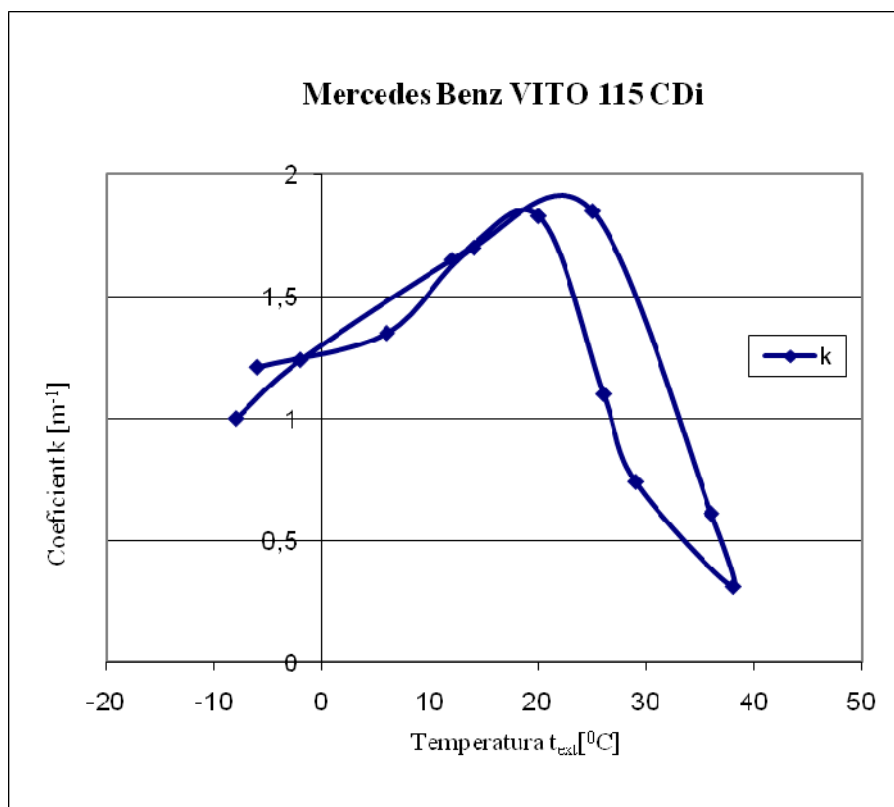


Fig. 5.2. Variația coeficientului Hartridge în funcție de temperatura ambiantă

În continuare se prezintă, într-o formă succintă, date și caracteristici tehnice pentru motorul ce echipază autoturismul Mercedes Benz VITO 115 CDI.

Date tehnice motor:

- cod motor = 646.982
- tip motor = Diesel, în 4 timpi
- configurație = turbo, 4 cilindri – în linie
- putere = 110/150 [kW/CP]
- turație = 3800 [1/min]
- cilindree = 2148 [cmc]
- transmisie = mecanică, manual (CVM 6 + 1)
- trepte de viteză = 7; 6 - mers înainte, 1- mers înapoi
- normă de poluare = Euro III

5.2. Cercetări experimentale asupra noxelor emise pentru autoturisme echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie

5.2.1. Descrierea aparaturii experimentale utilizată la măsurarea noxelor

Pentru determinarea valorilor masurate experimental, la autoturisme echipate cu motor cu aprindere prin scânteie, s-a utilizat analizorul de gaze MAHA MGT5 – Eurosystem.

Acesta este un aparat conceput 2004, bazându-se pe module executate în tehnologie SMD. Această construcție modulară, valabilă la orice echipament MAHA, permite interconectarea în rețea a oricărui tip de aparat MAHA fără nicio cheltuială suplimentară.

Orice up-grade de soft se face prin instalarea de pe CD a unei noi versiuni de program. Fiecare modul în parte are câte un microprocesor pe 32 biti, programabil sub licența Windows.

Conexiunea între module se face prin cablu UTP, aparatul putând fi comparat cu o rețea de calculatoare. Comunicarea între module precum și comunicarea cu calculatorul se face în timp real iar legătura la calculator este realizată prin USB.

În figura 5.3. este prezentat aparatul cu ajutorul caruia s-au efectuat cercetările experimentale, iar în tabelul 5.2. sunt prezentate succint caracteristicile tehnice ale analizorului de gaze.



Fig. 5.3. Analizorul MAHA MGT 5 - Eurosystem

Tabelul 5.2. Caracteristici tehnice analizor gaze MGT 5 - Eurosystem

Caracteristici Tehnice	
Clasa de precizie	OIML Clasa 0
Combustibil	Benzină, GPL, CNG
Gaze măsurate	HC, CO, CO ₂ , O ₂ , Nox, Llambda
Domenii de măsură/Precizii de măsurare	CO 0 – 15% / 0,01 CO ₂ 0 – 20% / 0,01 HC 0 – 9999 / 0,1 O ₂ 0 – 25% / 0,01 Llambda 0,5 – 9,99 / 0,01 NO 0 – 5000 ppm / 1
Alimentare	12 – 42 Vcc, 220Vca / 50Hz
Timp de încălzire	Maxim 8 minute
Debit aspirat pompă	3,5 l/min.
Presiunea de lucru	750 – 1100 hPa
Interfață OBD	Încorporată
Greutate aparat	8kg
Afișaj	Monitor, TV, 8 x afișaj digital încorporat, terminal portabil
Interfață pentru PC	USB, LON, RS232
Se poate conecta în rețea Eurosystem cu următoarele produse MAHA	Stand frână, Opacimetru, Tester de amortizoare, Placă de convergență, Stand de putere, Tester lichid frână, Reglofar

Componente auxiliare:

- unitate centrală
- cablu USB
- sondă de prelevare gaze și furtun de prelevare
- clește inductiv pentru captarea turației
- set filtre rezervă
- PC pentium 4 cu monitor TFT 17” (poate fi achiziționat și de client)
- Pachet software Eurosystem și cheie hard (dongel)
- verificare metrologică inițială
- 8 x afisaj analogic încorporat
- terminal portabil cu afisaj și mini imprimantă matricială încorporată
- PC pentium 4 cu monitor TFT 17” și imprimantă laser
- interfață OBD încorporată și cuplă de diagnoză

De menționat este faptul că, acest tip de analizor se află în dotarea tuturor reprezentanțelor R.A.R. din țară precum și în dotarea tuturor laboratoarelor mobile ale Registrului Auto Român (R.A.R.) pentru Control Tehnic în Trafic (CTT).

5.2.2. Determinarea experimentală a noxelor la un motor cu aprindere prin scânteie, între inspecțiile tehnice periodice

Cercetările experimentale au fost făcute prin măsurători, în paralel, pentru două autoturisme echipate cu m.a.s., de putere mare, dar din clase diferite. Astfel, în prima parte se prezintă rezultatele măsurătorilor efectuate pe un m.a.s. ce echipează un autoturism marca Porsche, tip 928, extensie GTS urmând ca ulterior să fie supus studiului un motor ce echipează un autoturism marca BMW, tip 750, extensie iA. Important de menționat este faptul că autoturismul studiat, Porsche 928 GTS, prezintă o medie de aproximativ 2 583 km rulați, între verificările la inspecții tehnice, cu preponderență în regim de trafic extraurban.

Se prezintă, succint, câteva date și caracteristici tehnice pentru motorul ce echipează autoturismul Porsche 928 GTS [24].

Date tehnice motor:

- cod motor = M 28.50
- tip motor = Otto, în 4 timpi
- configurație = 8 cilindri - în V, două axe cu came, 32 valve
- putere = 257/350 [kW/CP]
- turație = 5700 [1/min]
- cilindree = 5397 [cm³]
- transmisie = automată (CVA 4 + 1)
- trepte de viteză = 5; 4 - mers înainte, 1- mers înapoi
- normă de poluare = Euro II

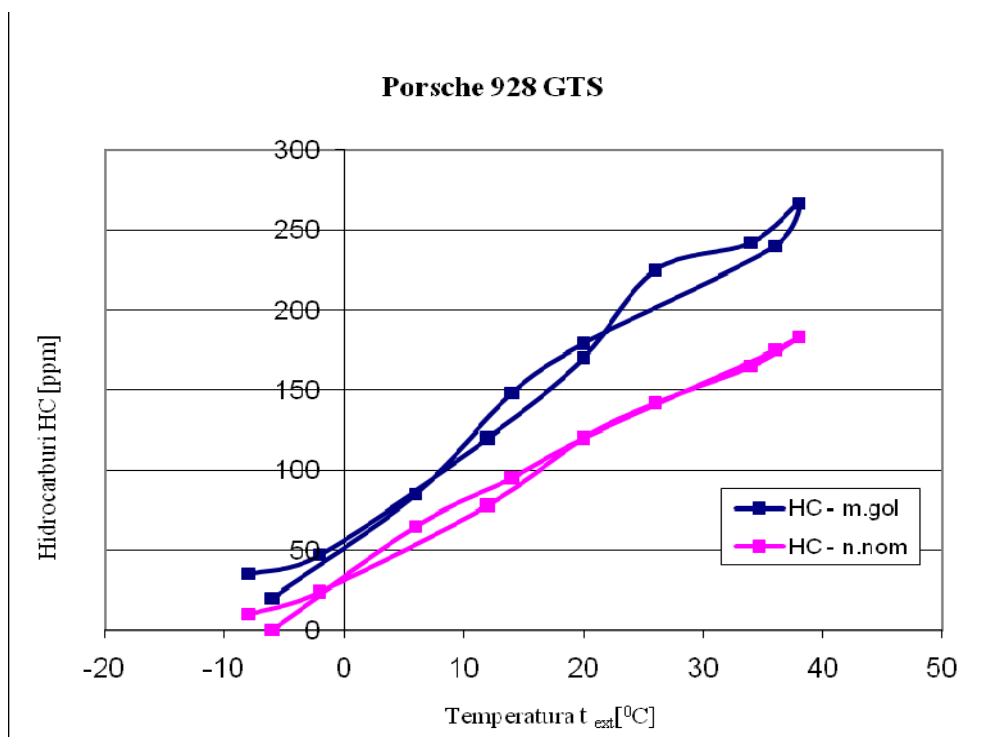


Fig. 5.4. Variația HC în funcție de t_{ext}

În figura 5.4. s-a reprezentat grafic variația hidrocarburilor (HC) în funcție de temperatura ambiantă (t_{ext}). Se observă faptul că emisiile de HC la turație de mers în gol (relanti) sunt mai mari decât emisiile de HC la turație nominală (în sarcină).

În urma măsurătorilor efectuate se poate observa faptul că variația emisiilor de hidrocarburi (HC) crește odată cu creșterea temperaturii ambiante (t_{ext}). Analizând emisiile de hidrocarburi, atât la turație de mers în gol cât și la turație nominală, rezultă o similitudine între cele două regimuri de turație și anume linii de tendință crescătoare.

Tabelul 5.3. Valorile emisiilor de HC (Porsche 928 GTS)

Perioada de timp între măsurători inspecții tehnice [lună]	HC la turație de mers în gol [ppm]	HC la turație nominală [ppm]	Rulajul parcurs între măsurătorile efectuate la inspecțiile tehnice [km]	Temperatura mediului ambiant la efectuarea inspecțiilor tehnice t_{ext} [°C]
ianuarie	35	10	10 000	-8
februarie	47	24	11 500	-2
martie	120	78	14 000	12
aprilie	170	120	16 800	19
mai	225	142	20 000	26
iunie	242	165	22 000	34
iulie	267	183	25 000	38
august	240	175	29 000	36
septembrie	187	136	34 000	20
octombrie	148	95	36 500	14
noiembrie	85	65	38 700	6
decembrie	20	0	41 000	-6

În continuarea cercetărilor, s-a măsurat monoxidul de carbon (CO) cum se poate vedea în figura 5.5. Reprezentarea grafică a emisiilor de CO, în urma unei analize atente, ne arată faptul că variația monoxidului de carbon este strâns dependentă de temperatura ambientală. Astfel, odată cu încălzirea mediului ambiant pentru cele două regimuri de turație (mers în gol și în sarcină) cresc și emisiile de CO.

Tabelul 5.4. Valorile emisiilor de CO (Porsche 928 GTS)

Perioada de timp între măsurători inspecții tehnice [lună]	CO la turație de mers în gol [%]	CO la turație nominală [%]	Rulajul parcurs între măsurătorile efectuate la inspecțiile tehnice [km]	Temperatura mediului ambiant la efectuarea inspecțiilor tehnice t_{ext} [°C]
ianuarie	0,01	0,02	10 000	-8
februarie	0,07	0,05	11 500	-2
martie	0,24	0,13	14 000	12
aprilie	0,33	0,18	16 800	19
mai	0,34	0,22	20 000	26
iunie	0,28	0,26	22 000	34
iulie	0,17	0,24	25 000	38
august	0,28	0,22	29 000	36
septembrie	0,34	0,17	34 000	20
octombrie	0,25	0,14	36 500	14
noiembrie	0,15	0,1	38 700	6
decembrie	0	0	41 000	-6

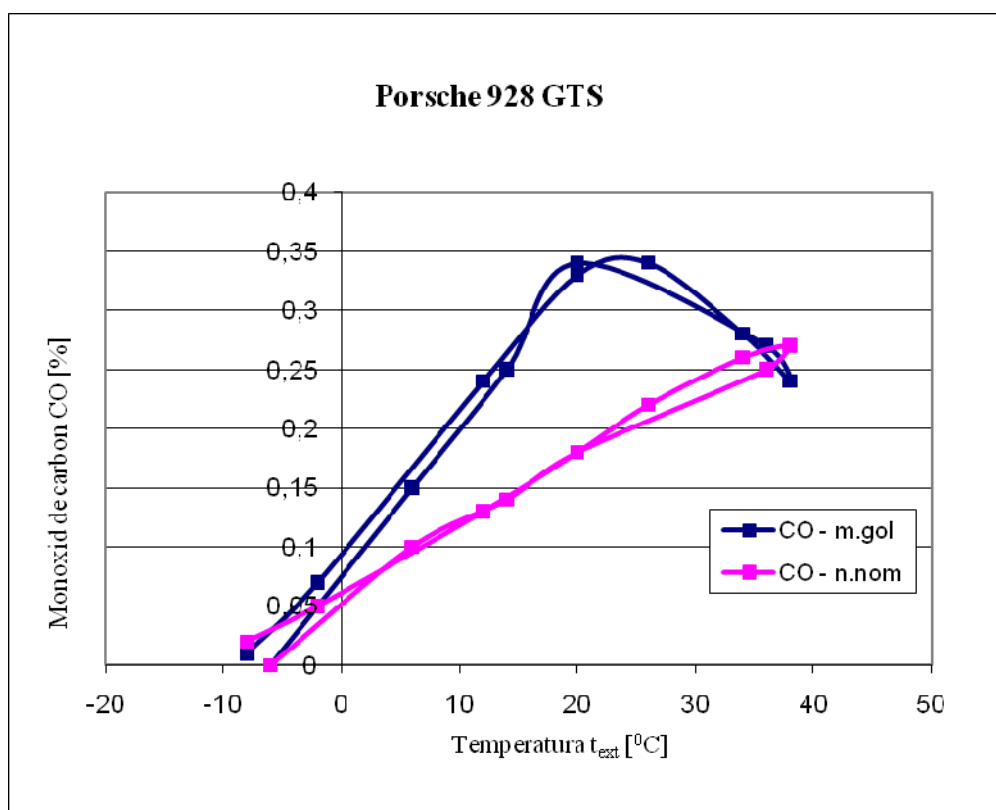


Fig. 5.5. Variația CO în funcție de t_{ext}

Se observă cu ușurință faptul că alura grafică a liniei de tendință pentru turația nominală este sub alura liniei de tendință corespunzătoare turației nominale (CO la $n_{MG} > > CO$ la n_{nom}). Cu alte cuvinte, se poate afirma că emisiile de monoxid de carbon (CO) sunt mult mai mari la turația de mers în gol, situație des întâlnită mai ales în traficul urban. În tabelul 5.5. se regăsesc valorile emisiilor de bioxid de carbon (CO_2) pentru autoturismul monitorizat, inclusiv după rulajul parcurs între inspecțiile tehnice.

Tabelul 5.5. Valorile emisiilor de CO_2 (Porsche 928 GTS)

Perioada de timp între măsurători inspecții tehnice [lună]	CO_2 la turație de mers în gol [%]	CO_2 la turație nominală [%]	Rulajul parcurs între măsurătorile efectuate la inspecțiile tehnice [km]	Temperatura mediului ambiant la efectuarea inspecțiilor tehnice t_{ext} [°C]
ianuarie	12,7	13,8	10 000	-8
februarie	13,1	14,1	11 500	-2
martie	14,25	15	14 000	12
aprilie	15	15,7	16 800	19
mai	15,3	15,85	20 000	26
iunie	15,4	15,88	22 000	34
iulie	15,6	15,9	25 000	38
august	15,25	15,8	29 000	36
septembrie	15	15,7	34 000	20
octombrie	14,25	15,25	36 500	14
noiembrie	13,5	14,85	38 700	6
decembrie	12,7	13,8	41 000	-6

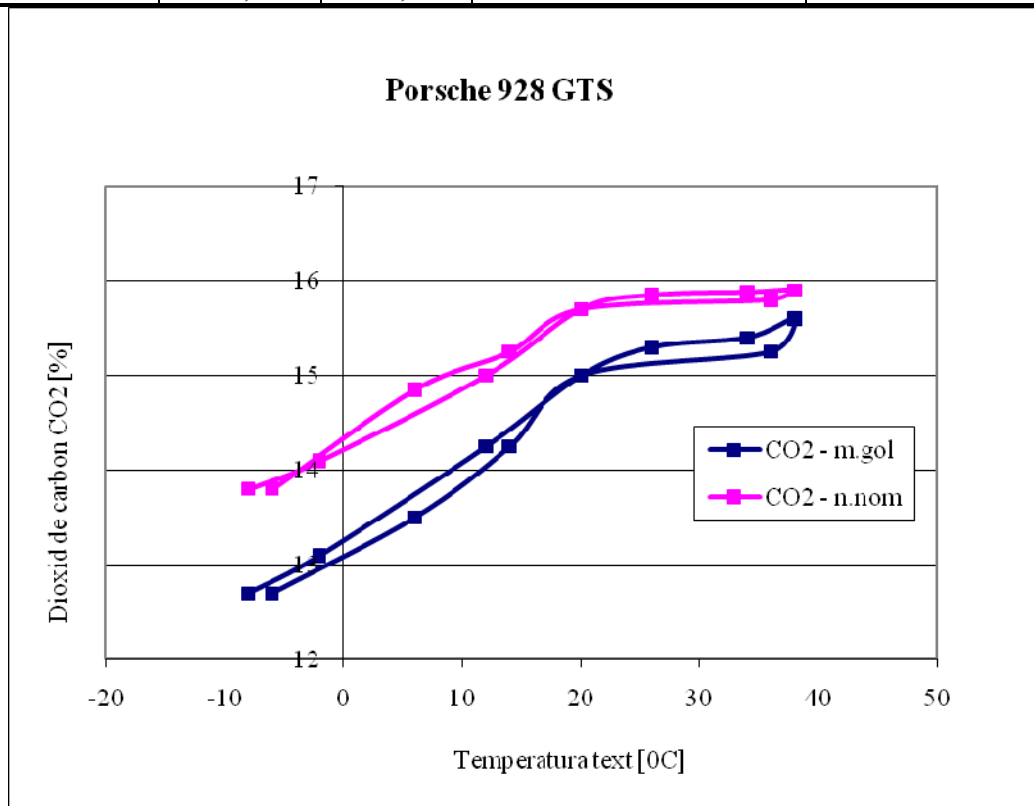


Fig. 5.6. Variația CO_2 în funcție de t_{ext}

Cercetările arată că, în concordanță cu datele din figura 5.6., datorită faptului că emisia de bioxid de carbon (CO₂) este într-o strânsă dependență față de consumul de combustibil, la turații de mers în gol cantitățile emisiilor de CO₂ sunt mai mici în comparație cu emisiile rezultate la turații nominale (CO₂ la n_{MG} < CO₂ la n_{nom}).

În tabelul 5.6. sunt prezentate valorile coeficientului de exces de aer (λ) obținute în urma măsurătorilor efectuate experimental.

Tabelul 5.6. Valorile coeficientului de exces de aer λ (Porsche 928 GTS)

Perioada de timp între măsurători tehnice [lună]	Lambda la turație de mers în gol [-]	Lambda la turație nominală [-]	Rulajul parcurs între măsurătorile efectuate la inspecțiile tehnice [km]	Temperatura mediului ambiant la efectuarea inspecțiilor tehnice t _{ext} [°C]
ianuarie	1,281	1,165	10 000	-8
februarie	1,225	1,12	11 500	-2
martie	1,145	1,05	14 000	12
aprilie	1,08	1,01	16 800	19
mai	1,05	0,99	20 000	26
iunie	1,03	1,014	22 000	34
iulie	1,009	1,000	25 000	38
august	1,000	0,79	29 000	36
septembrie	1,091	1,001	34 000	20
octombrie	1,115	1,03	36 500	14
noiembrie	1,18	1,08	38 700	6
decembrie	1,261	1,153	41 000	-6

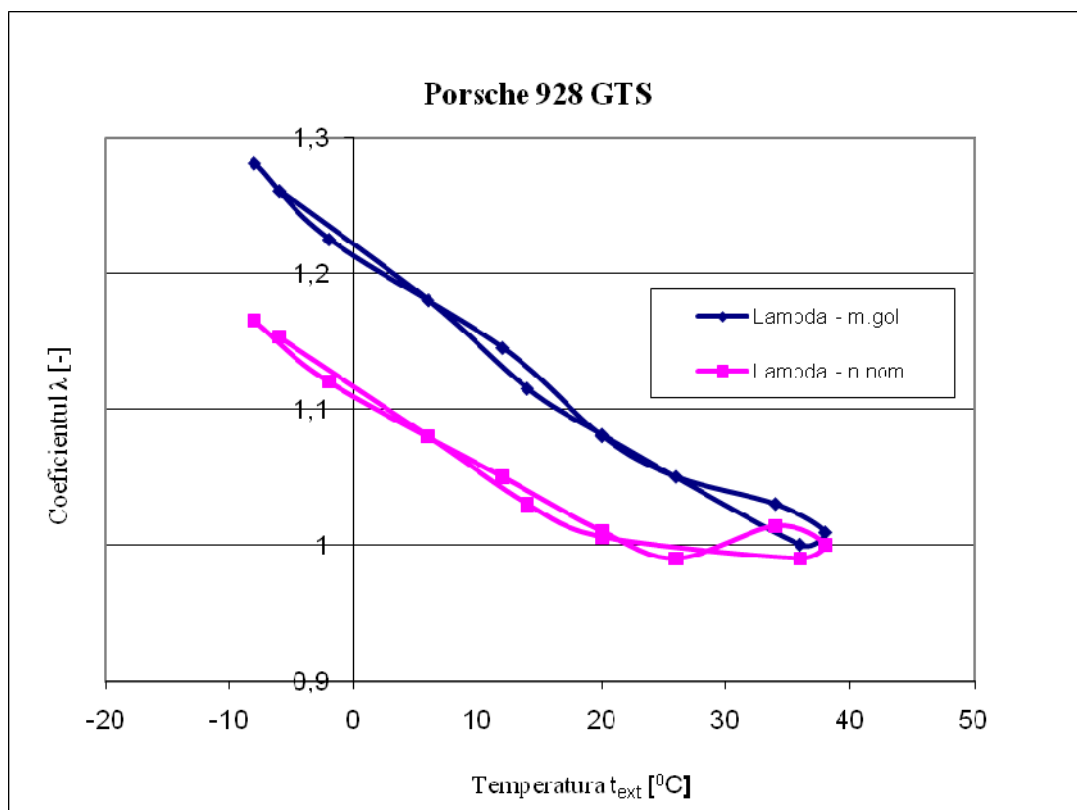


Fig. 5.7. Variația coeficientului exces de aer λ

Din figura 5.7. se poate observa că, la regimul turației de mers în gol valoarea coeficientului excesului de aer lambda (λ) este mai mare comparativ cu valoarea coeficientului lambda (λ) în regim de turație nominală (în sarcină); sintetizat rezultă că avem λ la $n_{MG} > \lambda$ la n_{nom} .

Datorită înrăutățirii procesului de ardere, alte modificări nu s-au făcut în intervalul considerat la motor, odată cu creșterea temperaturii ambiante (t_{ext}) aceasta dovedește că în sezonul cald, când și curenții de aer în orașe au o intensitate redusă, poluarea prin aceste gaze toxice este mult mai ridicată. De altfel, comportarea motorului este evidențiată și de variația coeficientului de exces de aer lambda (λ).

În continuare, se prezintă grafic variația emisiilor precum și a coeficientului excesului de aer în funcție de rulajul parcurs de către autoturismul supus cercetării experimentale. Rulajul parcurs între măsurători exprimat în km, preponderent în regim de trafic extraurban, are o valoare medie de 2 375 km parcursi lunar.

Astfel, în tabelul 5.7. sunt redate valorile hidrocarburilor (HC) măsurate, în funcție de km rulați între verificările efectuate, la inspecțiile tehnice.

Tabelul 5.7. Emisiile de HC în concordanță cu km rulați (Porsche 928 GTS)

Perioada de timp între măsurători inspecții tehnice [lună]	HC la turație de mers în gol [ppm]	HC la turație nominală [ppm]	Rulajul parcurs între măsurătorile efectuate la inspecțiile tehnice [km]	Temperatura mediului ambiant la efectuarea inspecțiilor tehnice t_{ext} [°C]
ianuarie	35	10	10 000	-8
februarie	47	24	11 500	-2
martie	120	78	14 000	12
aprilie	170	120	16 800	19
mai	225	142	20 000	26
iunie	242	165	22 000	34
iulie	267	183	25 000	38
august	240	175	29 000	36
septembrie	179	120	34 000	20
octombrie	148	95	36 500	14
noiembrie	85	65	38 700	6
decembrie	20	0	41 000	-6

În figura 5.8. se prezintă grafic variația hidrocarburilor (HC) în strânsă corelație cu numărul de km rulați, între verificări la inspecțiile tehnice.

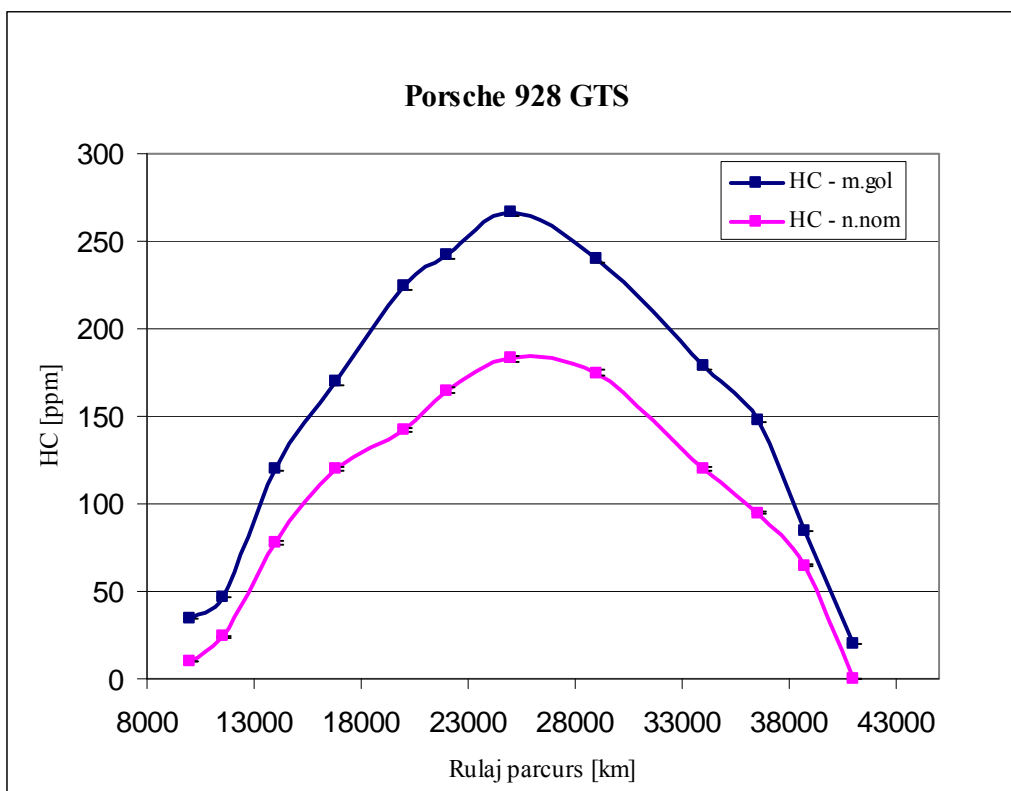


Fig. 5.8. Variația HC în funcție de rulajul parcurs

Prin comparație cu variația hidrocarburilor (HC) în raport cu temperatura ambientală (t_{ext}), se dovedește similitudinea prin emisiile de HC, la turația de mers în gol, care sunt mai mari față de emisiile de HC la turația nominală ($HC_{\text{la } n_{\text{MG}}} > HC_{\text{la } n_{\text{nom}}}$).

Corelația dintre emisiile de monoxid de carbon (CO), și parcursul de km rulați între inspecțiile tehnice, este redată cu ajutorul tabelului 5.8. respectiv figura 5.9.

Tabelul 5.8. Emisiile de CO în concordanță cu km rulați (Porsche 928 GTS)

Perioada de timp între măsurători inspecții tehnice [lună]	CO la turație de mers în gol [%]	CO la turație nominală [%]	Rulajul parcurs între măsurătorile efectuate la inspecțiile tehnice [km]	Temperatura mediului ambiant la efectuarea inspecțiilor tehnice t_{ext} [°C]
ianuarie	0.01	0.02	10 000	-8
februarie	0.07	0.05	11 500	-2
martie	0.24	0.13	14 000	12
aprilie	0.33	0.18	16 800	19
mai	0.34	0.22	20 000	26
iunie	0.28	0.26	22 000	34
iulie	0.24	0.27	25 000	38
august	0.27	0.25	29 000	36
septembrie	0.34	0.17	34 000	20
octombrie	0.25	0.14	36 500	14
noiembrie	0.15	0.1	38 700	6
decembrie	0	0	41 000	-6

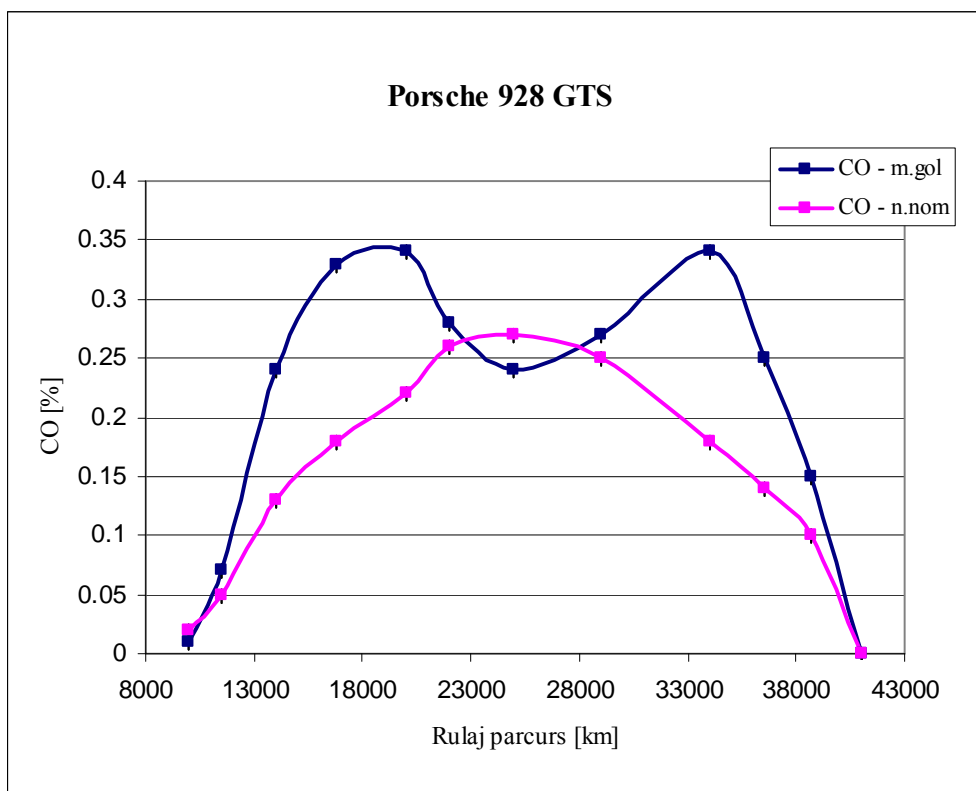


Fig. 5.9. Variația CO în funcție de rulajul parcurs

Similar cu variația emisiilor de monoxid de carbon (CO), în raport cu temperatura exterioară (t_{ext}), s-a dovedit că și variația emisiilor de CO în funcție de kilometri rulați la turația de mers în sarcină (nominală) este mai scăzută decât emisiile eșapate la turația de mers în gol; într-o formă succintă se poate scrie: $\text{CO la } n_{\text{nom}} < \text{CO la } n_{\text{MG}}$.

Valorile obținute experimental pentru emisiile de bioxid de carbon (CO_2) și variația acestora, sunt redată în tabelul 5.9. respectiv reprezentate grafic în figura 5.10.

Tabelul 5.9. Emisiile de CO_2 în concordanță cu km rulați (Porsche 928 GTS)

Perioada de timp între măsurători inspecții tehnice [lună]	CO_2 la turație de mers în gol [%]	CO_2 la turație nominală [%]	Rulajul parcurs între măsurătorile efectuate la inspecțiile tehnice [km]	Temperatura mediului ambiant la efectuarea inspecțiilor tehnice t_{ext} [$^{\circ}\text{C}$]
ianuarie	12,7	13,8	10 000	-8
februarie	13,1	14,1	11 500	-2
martie	14,25	15	14 000	12
aprilie	15	15,7	16 800	19
mai	15,3	15,85	20 000	26
iunie	15,4	15,88	22 000	34
iulie	15,6	15,9	25 000	38
august	15,25	15,8	29 000	36
septembrie	15	15,7	34 000	20
octombrie	14,25	15,25	36 500	14
noiembrie	13,5	14,85	38 700	6
decembrie	12,7	13,8	41 000	-6

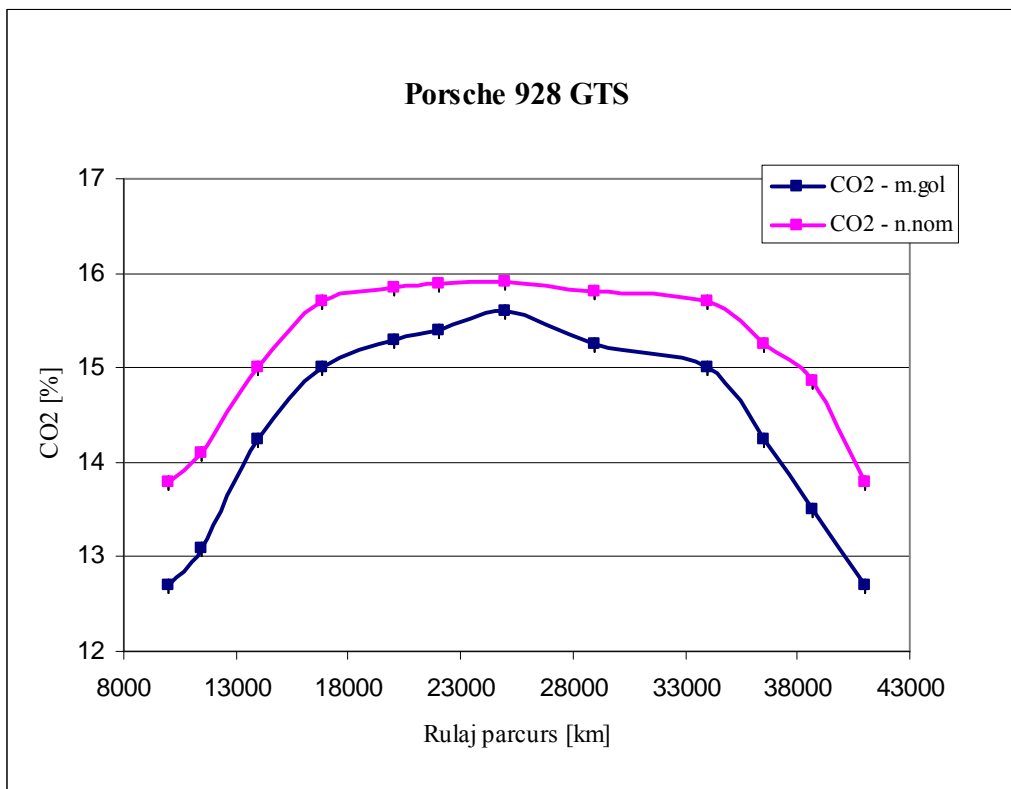


Fig. 5.10. Variația CO₂ în funcție de rulajul parcurs

Este relevantă similitudinea comparării măsurătorilor efectuate pentru emisiile de bioxid de carbon (CO₂) atât în raport cu temperatura ambientală (t_{ext}) cât și cu rulajul parcurs (km) între inspecțiile tehnice.

Prin urmare, s-a demonstrat că variația emisiilor de CO₂ în regim de turație nominală are valori peste nivelul valorilor emisiilor de CO₂ eşapate în regim de turație la mers în gol. Având în vedere faptul că emisiile de CO₂ sunt într-o strânsă legătură cu consumul de combustibil, este evident și s-a dovedit că crescând consumul de carburant crește și emisia de bioxid de carbon și reciproc, dacă scade consumul de combustibil atunci scade implicit și emisia de CO₂.

Cele de mai sus, se pot scrie sub forma:

$$\text{CO}_2 \text{ la } n_{nom} > \text{CO}_2 \text{ la } n_{MG}$$

În tabelul 5.10. se regăesc datele, corelate cu coeficientul de exces de aer lambda precum și variația coeficientului lambda (λ), în raport cu rulajul parcurs între inspecțiile tehnice (figura 5.11.).

Tabelul 5.10. Valorile coeficientului de exces de aer λ (Porsche 928 GTS)

Perioada de timp între măsurători inspecții tehnice [lună]	Lambda la turație de mers în gol [-]	Lambda la turație nominală [-]	Rulajul parcurs între măsurătorile efectuate la inspecțiile tehnice [km]	Temperatură inspecții mediului ambiant la efectuarea inspecțiilor tehnice t_{ext} [°C]
ianuarie	1,281	1,165	10 000	-8
februarie	1,225	1,12	11 500	-2
martie	1,145	1,05	14 000	12
aprilie	1,08	1,01	16 800	19
mai	1,05	0,99	20 000	26
iunie	1,03	1,014	22 000	34
iulie	1,009	1,000	25 000	38
august	1,000	0,79	29 000	36
septembrie	1,091	1,001	34 000	20
octombrie	1,115	1,03	36 500	14
noiembrie	1,18	1,08	38 700	6
decembrie	1,261	1,153	41 000	-6

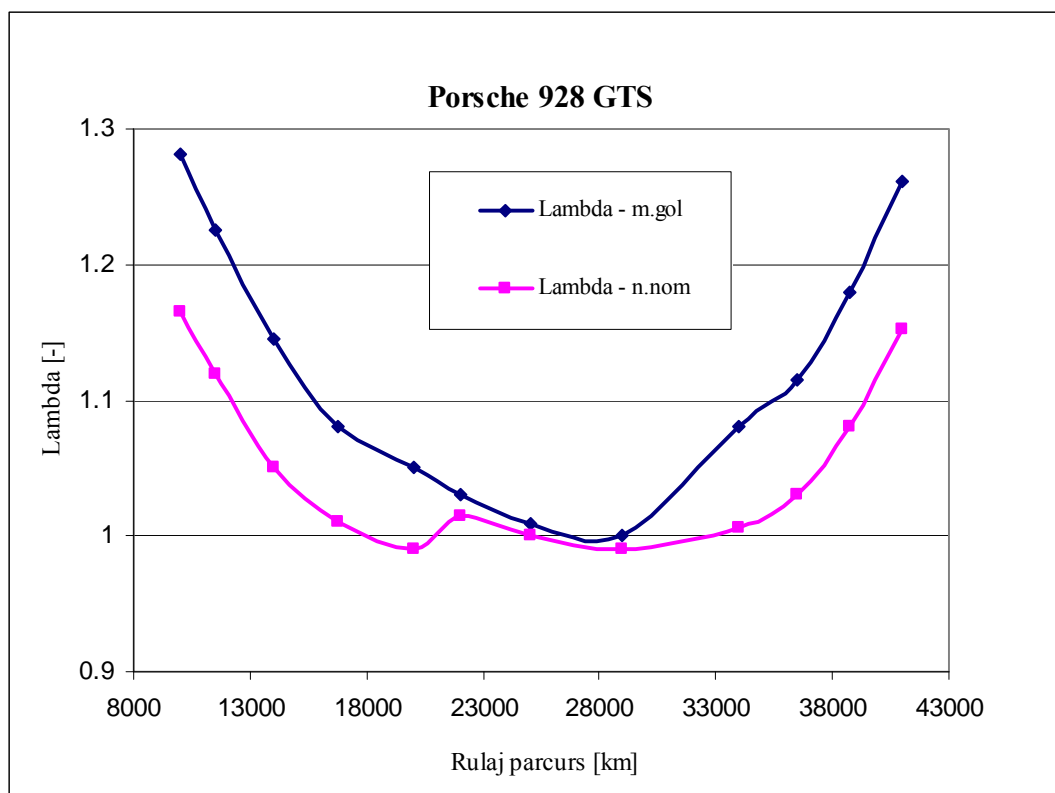


Fig. 5.11. Variația coeficient exces de aer λ

Din figura 5.11. se confirmă faptul că, prin comparație cu variația coeficientului lambda (λ) funcție de temperatura exterioră raportat la regimurile de funcționare a

motorului la turație de mers în gol respectiv la turație nominală, variația coeficientului lambda la turație de mers în gol (relanti) descrește proporțional cu încălzirea mediului ambiant, iar pe măsură ce temperatura scade coeficientul excesului de aer prezintă valori crescătoare.

Adică:

$$\lambda \text{ la } n_{\text{nom}} < \lambda \text{ la } n_{\text{MG}}$$

Cercetările experimentale au dovedit faptul că, observând reprezentarea grafică din figura 5.11., variația coeficientului λ la turație nominală este sub nivelul variației coeficientului lambda la turație de mers în gol.

Variația coeficientului de exces de aer (λ) este influențată de temperatura ambiantă precum și de durata și condițiile de exploatare (ex: ambient uscat/umed/rece).

În cele ce urmează se face referire la un autoturism marca BMW, tip 750, extensie iA, echipat cu m.a.s., monitorizat timp de 12 luni prin măsurători la inspecții tehnice. S-a calculat, în intervalul de cercetare experimentală, o medie de aproximativ 1 710 km parcursi, în regim preponderent de trafic urban, între verificarea la inspecții tehnice.

În continuare se prezintă, succint, câteva date și caracteristici tehnice pentru motorul ce echipează autoturismul BMW 750 iA.

Date tehnice motor:

- cod motor = 54121
- tip motor = Otto, în 4 timpi
- configurație = 12 cilindri - în V, două axe cu came, 24 valve
- putere = 240/326 [kW/CP]
- turație = 5800 [1/min]
- cilindree = 5379 [cm³]
- transmisie = automatică, steptronic (CVA 5 + 1)
- trepte de viteză = 6; 5 - mers înainte, 1- mers înapoi
- normă de poluare = Euro II

În tabelul 5.11. se prezintă emisiile de HC obținute experimental, prin măsurători la ITP, în corelație cu temperatura ambiantă (t_{ext}), rulajul parcurs între măsurători și perioada de timp între inspecții.

Tabelul 5.11. Valorile emisiilor de HC (BMW 750 iA)

Perioada de timp între măsurători inspecții tehnice [lună]	HC la turație de mers în gol [ppm]	HC la turație nominală [ppm]	Rulajul parcurs între măsurătorile efectuate la inspecțiile tehnice [km]	Temperatura mediului ambiant la efectuarea inspecțiilor tehnice t_{ext} [°C]
ianuarie	33	9	48 000	-7
februarie	45	20	49 300	-3
martie	118	67	51 100	12
aprilie	168	117	52 600	18
mai	220	138	55 000	26
iunie	241	159	58 000	34
iulie	265	180	60 000	38
august	236	170	61 000	35
septembrie	179	120	63 000	20
octombrie	152	102	65 400	15
noiembrie	82	61	67 000	5
decembrie	15	0	68 500	-2

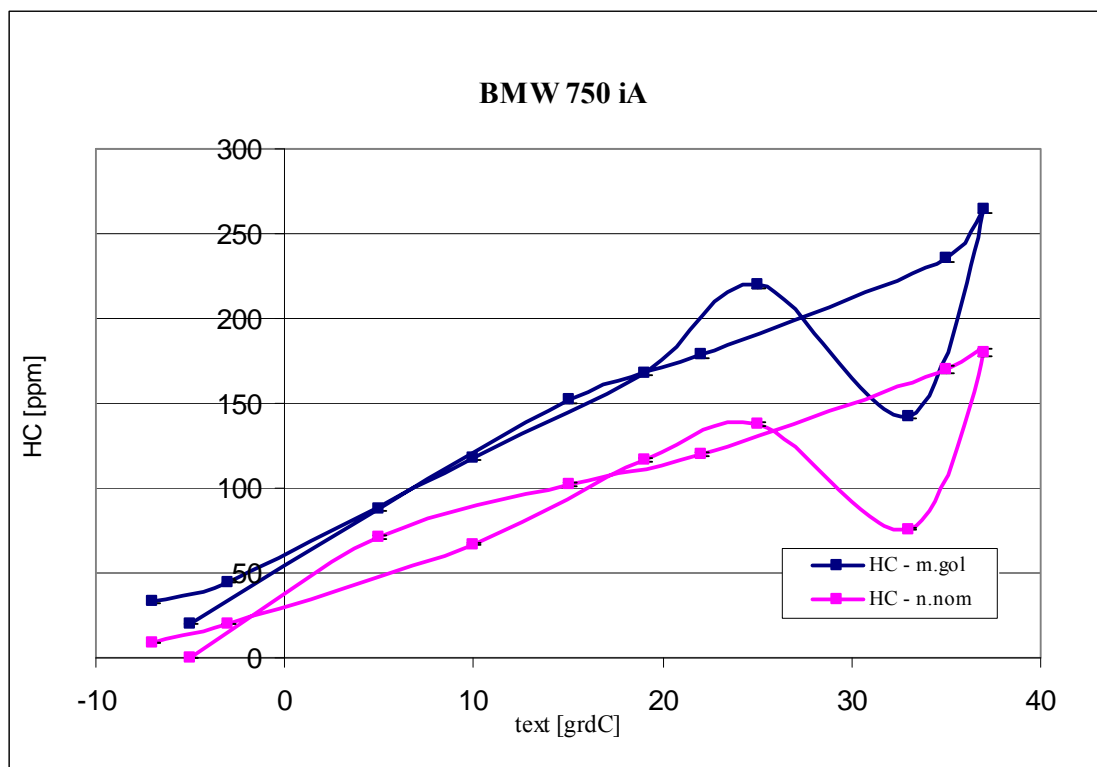


Fig.5.12. Variația HC în funcție de t_{ext}

S-a reprezentat grafic variația hidrocarburilor (HC) în raport cu temperatura ambiantă (t_{ext}). Din figura 5.12. se observă că, atât la turația de mers în gol (relanti) cât și la turația nominală (în sarcină), variația HC este direct proporțională cu temperatura exterioară.

Matematic, se poate scrie:

$$\text{HC la } n_{\text{MG}} > \text{HC la } n_{\text{nom}}$$

Astfel, odată cu încălzirea mediului ambiant cresc și emisiile de HC, iar la răcirea mediului ambiant emisiile de HC se diminuează.

În tabelul 5.12. sunt redate valorile măsurate ale emisiilor monoxidului de carbon (CO) pentru autoturismul studiat, iar în figura 5.13. s-a redat grafic variația CO în funcție de temperatura ambientală (t_{ext}). Se dovedește că variația CO la turație de mers în gol este mai mare decât variația CO la turație nominală (CO la $n_{\text{MG}} > \text{CO la } n_{\text{nom}}$).

Tabelul 5.12. Valorile emisiilor de CO (BMW 750 iA)

Perioada de timp între măsurători inspecții tehnice [lună]	CO la turație de mers în gol [%]	CO la turație nominală [%]	Rulajul parcurs între măsurătorile efectuate la inspecțiile tehnice [km]	Temperatura mediului ambiant la efectuarea inspecțiilor tehnice t_{ext} [°C]
ianuarie	0,02	0,03	48 000	-7
februarie	0,08	0,06	49 300	-3
martie	0,21	0,11	51 100	12
aprilie	0,31	0,16	52 600	18
mai	0,33	0,21	55 000	26
iunie	0,28	0,14	58 000	34
iulie	0,22	0,11	60 000	38
august	0,25	0,15	61 000	35
septembrie	0,34	0,17	63 000	20
octombrie	0,26	0,14	65 400	15
noiembrie	0,16	0,2	67 000	5
decembrie	0	0	68 500	-2

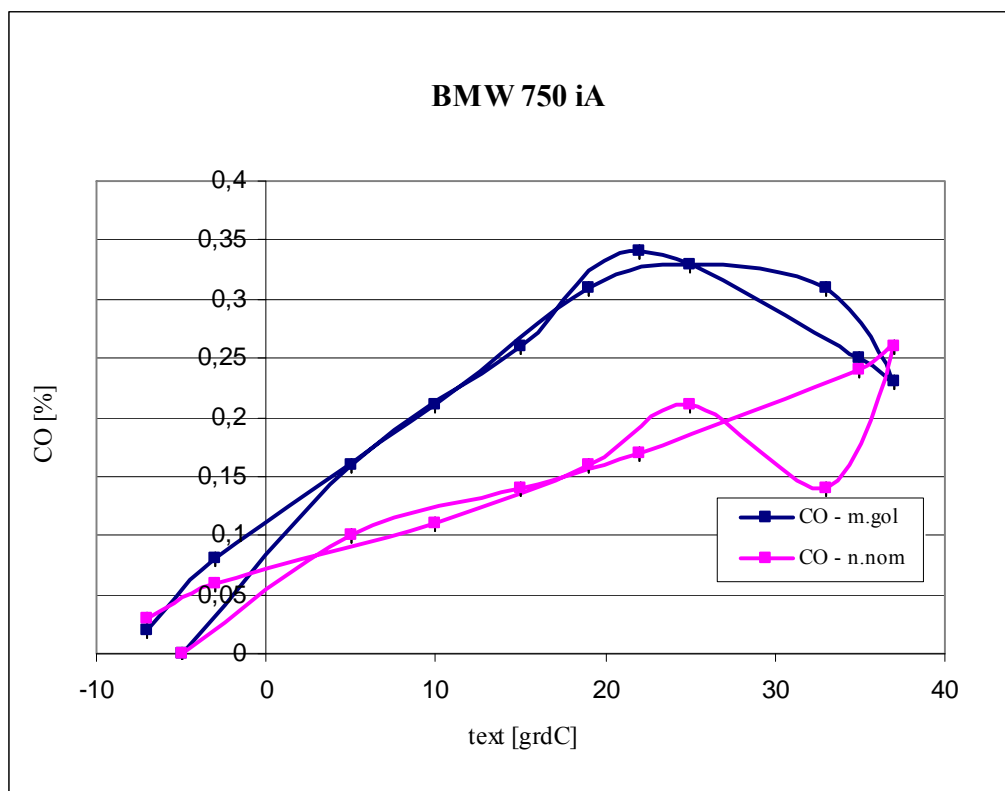


Fig.5.13. Variația CO în funcție de t_{ext}

În tabelul 5.13. sunt redată valorile măsurate ale emisiilor de bioxid de carbon (CO_2) iar în figura 5.14. s-a reprezentat grafic variația CO_2 în raport cu temperatura exterioară (t_{ext}). În corelație cu figura 5.14. se demonstrează că variația emisiilor de CO_2 la turație de mers în gol (relanti), raportată la temperatura ambiantului, este mai scăzută comparativ cu emisiile, de valoare mai ridicată, în regim de turație nominală (în sarcină).

Tabelul 5.13. Valorile emisiilor de CO_2 (BMW 750 iA)

Perioada de timp între măsurători inspecții tehnice [lună]	CO_2 la turație de mers în gol [%]	CO_2 la turație nominală [%]	Rulajul parcurs între măsurătorile efectuate la inspecțiile tehnice [km]	Temperatura mediului ambiant la efectuarea inspecțiilor tehnice t_{ext} [°C]
ianuarie	11,9	12,6	48 000	-7
februarie	12,7	13,8	49 300	-3
martie	13,31	14,99	51 100	12
aprilie	14,82	15,5	52 600	18
mai	15,1	15,66	55 000	26
iunie	11,36	15,72	58 000	34
iulie	15,5	15,93	60 000	38
august	15,24	15,86	61 000	35
septembrie	15	15,7	63 000	20
octombrie	14,27	15,32	65 400	15
noiembrie	13,41	14,91	67 000	5
decembrie	11,99	12,92	68 500	-2

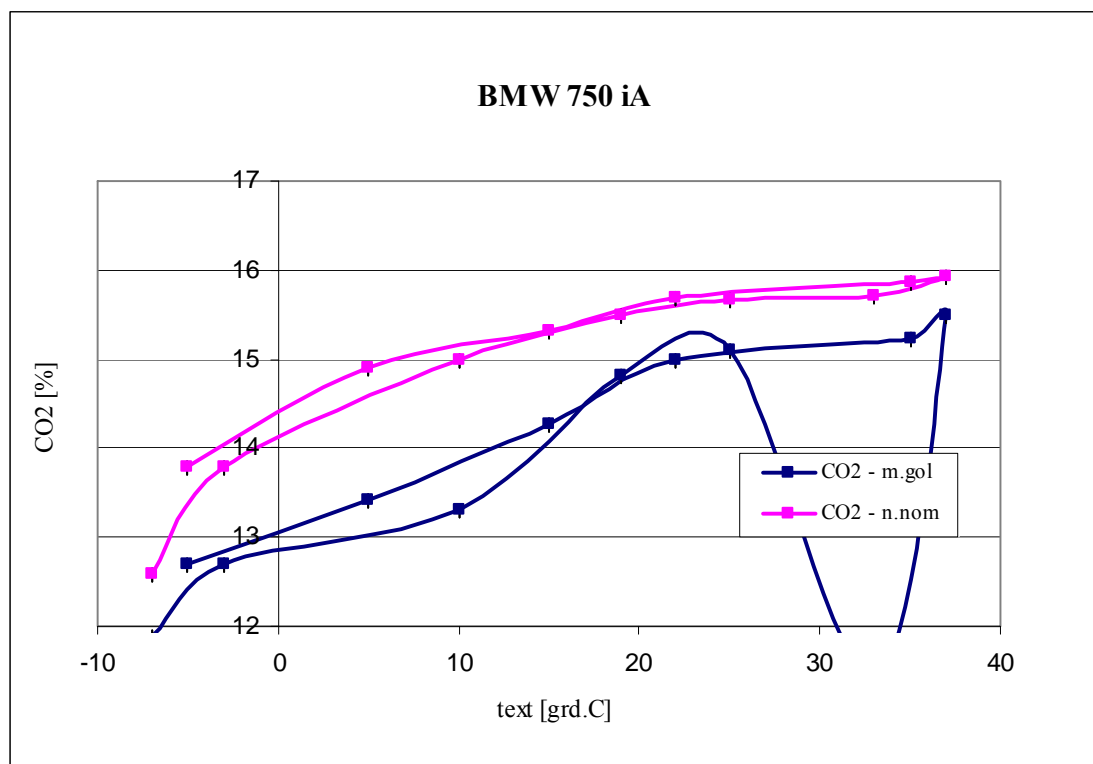


Fig.5.14. Variația CO₂ în funcție de t_{ext}

Tabelul 5.14. redă cu fidelitate valorile măsurate experimental pentru variația coeficientului de exces de aer (λ) în raport cu temperatura ambientală. Reprezentarea din figura 5.15. relevă faptul că variația coeficientului excesului de aer (λ) are valori mai ridicate la regimul turației de mers în gol comparativ cu coeficientul lambda corespunzător turației nominale (λ la $n_{MG} > \lambda$ la n_{nom}).

Tabelul 5.14. Valorile coeficientului de exces de aer λ (BMW 750 iA)

Perioada de timp între măsurători inspecții tehnice [lună]	Lambda la turație de mers în gol [-]	Lambda la turație nominală [-]	Rulajul parcurs între măsurătorile efectuate la inspecțiile tehnice [km]	Temperatura mediului ambiant la efectuarea inspecțiilor tehnice t _{ext} [°C]
ianuarie	1,201	1,176	48 000	-7
februarie	1,197	1,123	49 300	-3
martie	1,09	1,03	51 100	12
aprilie	1,07	1,01	52 600	18
mai	1,04	0,98	55 000	26
iunie	1,02	1,012	58 000	34
iulie	1,007	1,003	60 000	38
august	1,002	0,95	61 000	35
septembrie	1,081	1,006	63 000	20
octombrie	1,112	1,025	65 400	15
noiembrie	1,17	1,06	67 000	5
decembrie	1,241	1,147	68 500	-2

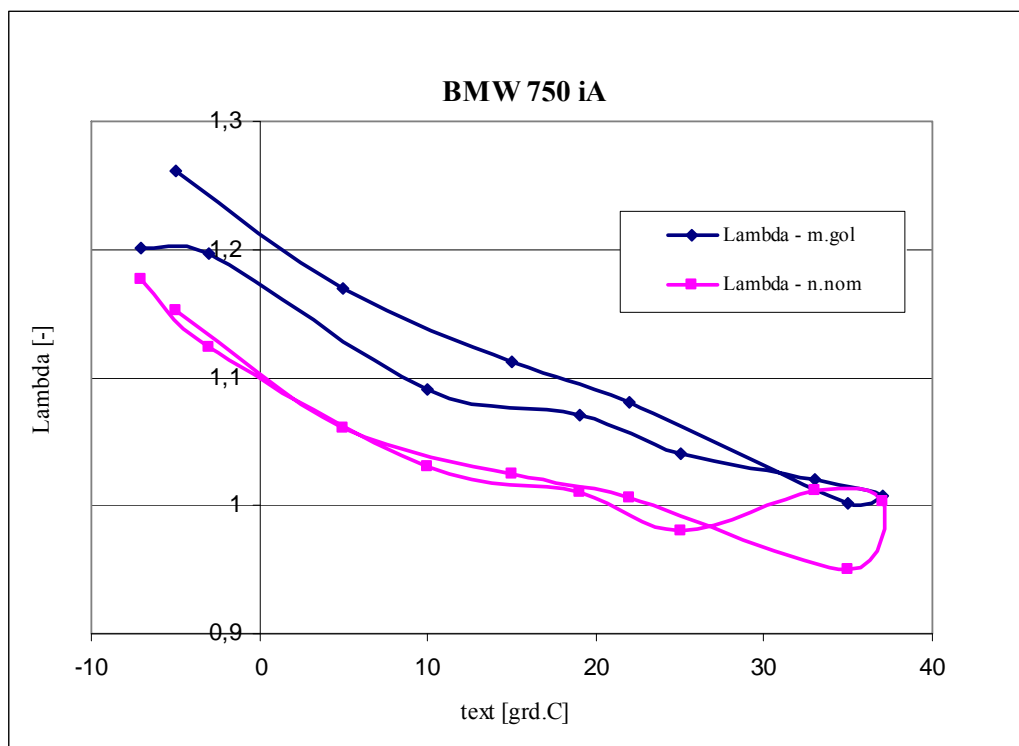


Fig.5.15. Variația coeficient exces de aer λ

Reprezentarea din figura 5.15. arată faptul că variația coeficientului excesului de aer (λ) are valori mai ridicate la regimul turației de mers în gol (ralanti) comparativ cu coeficientul lambda (λ) corespunzător turației nominale (în sarcină).

CAPITOLUL 6

SIMULAREA FUNCȚIONĂRII UNUI AUTOTURISM ECHIPAT CU MOTOR
CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE6.1. Calculul noxelor eșapate de autoturisme echipate cu motoare cu
aprindere prin scânteie

Poluarea atmosferei cu gaze și particule determină modificări importante de concentrație nu numai local, dar care se pot manifesta chiar la nivel planetar. În atmosferă se deversează mari cantități de gaze, lichide și solide care, dacă ajung la concentrații mari, modifică condițiile de viață.

Bioxidul de carbon este un produs natural al arderii tuturor combustibililor ce au în structura lor carbon, înregistrându-se propuneri de limitare a acestuia. Perturbațiile climatice tot mai severe datorită efectului de seră au făcut ca la Conferința Internațională de Protecție a Mediului de la Kyoto – Japonia, ce a avut loc la sfârșitul anului 1997, să se stabilească reducerea cantității de CO₂ ajunsă în atmosferă cu 5,4% față de anul 1990 până în 2005.

În lipsa posibilităților de măsurare directă a compoziției gazelor emise de către motoarele cu ardere internă, se propun metodologii pentru evaluarea aproximativă a acestora, care pot fi utile mai ales în studii de dispersie a noxelor în atmosferă, respectiv a emisiilor datorate motoarelor cu ardere internă.

Conținutul de bioxid de carbon se determină cu relația:

$$\text{CO}_2 := \frac{100}{0,329L \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot \lambda + 1} \quad (6.1)$$

Coeficientul excesului de aer (λ), pentru motoarele moderne cu aprindere prin scânteie, cu gestiune electrică a formării amestecului, sondă lambda și catalizator cu trei căi, după normele românești, este egal cu valoarea de $1 \pm 0,03$.

Aerul stoichiometric necesar arderii unui kilogram de combustibil, L_{\min} măsurat în kg aer/kg combustibil, după ecuațiile arderii și compoziția combustibilului la ardere completă ($\lambda \geq 1$), este:

$$L_{\min} := \left(\frac{1}{0,21} \right) \cdot \left[\left(\frac{8}{3} \right) \cdot c + 8 \cdot h - o + s \right] \quad (6.2)$$

În cazul în care conținutul de oxigen din gazele arse nu poate fi măsurat paramagnetic, acesta se determină din relația:

$$\text{O}_2 := \left[\frac{0,21 \cdot (\lambda - 1) \cdot L_{\min} + o}{L_r + 1} \right] \cdot 100 \quad (6.3)$$

În cazul arderii incomplete, cantitatea reală de aer introdusă în motor la arderea unui kilogram de combustibil este:

$$L_r := \lambda \cdot L_{\min} \quad (6.4)$$

iar h, c, o, s, reprezintă conținutul de hidrogen, carbon, oxigen și sulf dintr-un kilogram de combustibil, în procente masice și nu de volum.

În cazul amestecurilor sărace, bioxidul de carbon poate fi evaluat analitic cu relația:

$$CO_2 := \frac{100}{0,416L_{\min} \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) - 3 \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot \left(1 + \frac{c}{h}\right)} \quad (6.5)$$

Pentru gazul metan prezent în gazele arse, în vederea unei precizii sporite, se recomandă relația:

$$CH_4 := 0,211 + 0,0174 \cdot CC \quad (6.6)$$

Monoxidul de carbon se determină cu relația:

$$CO := \frac{2897 - 12,01 \cdot L_{\min} \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot (CO_2 + 0,21) \cdot \lambda}{12,313L \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot \lambda} \quad (6.7)$$

Cu precizie medie se evaluează azotul:

$$N_2 := 0,329 \cdot L_{\min} \cdot CO_2 \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot \lambda \quad (6.8)$$

Hidrogenul poate fi calculat cu precizie bună:

$$H_2 := 0,0853 + 0,778 \cdot CO + 0,0869 \cdot CO^2 - 0,0076 \cdot CO^3 + 0,0003 \cdot CO^4 \quad (6.9)$$

Hidrocarbura C₆H₁₄ din gazele de evacuare, cu precizie bună:

$$C_6H_{14} = 100 - CO_2 - CO - O_2 - H_2 - N_2 \quad (6.10)$$

Cu o precizie medie se deduc expresiile de calcul pentru oxizii de azot și hidrocarburi de ansamblu în forma:

$$NO := 5,75 \cdot M_K \cdot \frac{\left[CO_2 + 2 \cdot O_2 - H_2 + \left[\left(6 \cdot \frac{h}{c} \right) + 1 \right] \cdot (CO_2 + CO) \right]}{2,38 \cdot M_L \cdot \left(1 + \frac{h}{c} \right) - 5,75 \cdot M_K} \quad (6.11)$$

și hidrocarburile totale prezente în gazele de evacuare:

$$|HC| = 0,396 \cdot \left[(2 \cdot |CO_2| + |CO| + |H_2O| + 2 \cdot |O_2|) + 12 \cdot \lambda \cdot L_{\min} \cdot M_K \cdot (|CO_2| + |CO|) \right] \quad (6.12)$$

unde:

M_L - masa molară a aerului, în kg/kmol

M_K - masa molară a combustibilului, în kg/kmol

$$H_2O := \left(\frac{\rho_{H_2} H_2}{2 \cdot \rho_{H_2O}} \right) + \left(\frac{\rho_{O_2} O_2}{16 \cdot \rho_{H_2O}} \right) \quad (6.13)$$

$\rho_{H_2} = 0,09 \text{ kg/m}^3$ la 0°C și 1013 mbar , $\rho_{O_2} = 1,43 \text{ kg/m}^3$ la 0°C și $\rho_{H_2O} = 0,2805 \text{ kg/m}^3$ la 500°C și 1 bar , respectiv $\rho_{H_2O} = 0,379 \text{ kg/m}^3$ la 300°C și la 1 bar .

Dacă se intersectează densitățile la alte presiuni și temperaturi se aplică formula:

$$\rho := \rho_0 \cdot \left(\frac{p}{p_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) \quad (6.14)$$

Este de menționat că, adeseori în literatura de specialitate, oxizii de azot din gazele de evacuare se notează cu NO_x .

Producătorul prevede ca valoarea coeficientului excesului de aer (λ) să fie corectă (pentru autovehicule din producția actuală) pe baza încercărilor și cercetărilor autovehiculelor aflate în producție, (conform StVZO se folosește relația lui BRANSTETER).

Relația lui BRANSTETER:

$$\lambda = A_1 \cdot A_2 \quad (6.15)$$

$$A_1 = \frac{21}{21 + 50 \cdot \mu \cdot x \cdot \frac{[\text{CO}]/[\text{CO}_2]}{K + [\text{CO}]/[\text{CO}_2]}} \quad (6.16)$$

$$A_2 = \frac{[\text{CO}_2] + \frac{[\text{CO}]}{2} + [\text{O}_2] + \frac{[\text{NO}]}{2} + \left(\frac{H_{cv}}{4} \cdot \frac{K}{K + [\text{CO}]/[\text{CO}_2]} - \frac{O_{cv}}{2} \right) \cdot ([\text{CO}_2] + [\text{CO}]) - \frac{W_{cv}}{2} \cdot (...)}{\left(1 + \frac{H_{cv}}{4} - \frac{O_{cv}}{2} \right) \cdot ([\text{CO}_2] + [\text{CO}] + K_1 \cdot [\text{HC}])} \quad (6.17)$$

unde:

x - umiditatea aerului, în kg vapori de apă/kg aer, care este o fracție cu o valoare mică $A_1=1$ impus (ales)

W_{cv} - raportul apă/carbon, $W_{cv} = 0$

O_{cv} - raport atomic oxigen/carbon, $O_{cv} = 0,0175$

H_{cv} - raport atomic hidrogen/carbon, $H_{cv} = 1,7261$

K - constantă de echilibru a gazului, $K = 3,5$

K_1 - factor de transformare indicat de producător

NO/2 - oxid de azot, NO/2 = 0ppm/2 = 0

Parantezele pătrate reprezintă concentrația volumică a componentelor din fazele de evacuare, în procente (%).

6.2. Simularea funcționării unui autoturism utilizând programul AVL- CRUISE

6.2.1. Prezentare generală program AVL-CRUISE

Programul AVL-CRUISE performează ca un sistem de analiză a autovehiculului și a grupului motopropulsor atât pentru conceptele de autovehicule convenționale cât și viitoare. Programul este cel mai puternic, rezistent și perfect adaptat, instrument din industria automotive pentru analiza sistemului de transmisie și a sistemului de operare al autovehiculului.

AVL-CRUISE susține operațiile de analiză de zi cu zi pentru sistemul de operare al autovehiculului, grupului motopropulsor și transmisiei prin toate fazele dezvoltării, de la planificarea conceptului până la pornire și după. Aria de aplicare a programului suportă transmisii convenționale până la sisteme hibride foarte avansate și autovehicule electrice.

Programul oferă o eficiență derulare a operațiunilor pentru diverși parametri de optimizare, asortarea componentelor - ghidând utilizatorul spre a găsi cea mai practică soluție la care se poate ajunge.

Această abordare face posibilă re folosirea modelelor sau a subsistemelor acestora, asortând precis nevoile aplicației în diferitele faze ale dezvoltării într-un proces constant de dezvoltare al autovehiculului [113].

AVL CRUISE este mai mult decât un model de simulare al autovehiculelor. Astfel, acesta oferă suport producătorului în a avea cea mai vastă înțelegere a sistemului de transmisie al autovehiculului și toate variantele sale. Totodată, programul ajută la luarea celor mai corecte decizii într-un timp eficient conducând la autovehicule competitive cu privire la consumul de carburant, noxe, performanță și confort. Evaluarea configurațiilor grupului motopropulsor, privind performanța, emisiile și avantajele eficienței autovehiculului folosind simularea cu AVL – Cruise, devine o procedură standard în dezvoltarea automobilului (figura 6.1.).

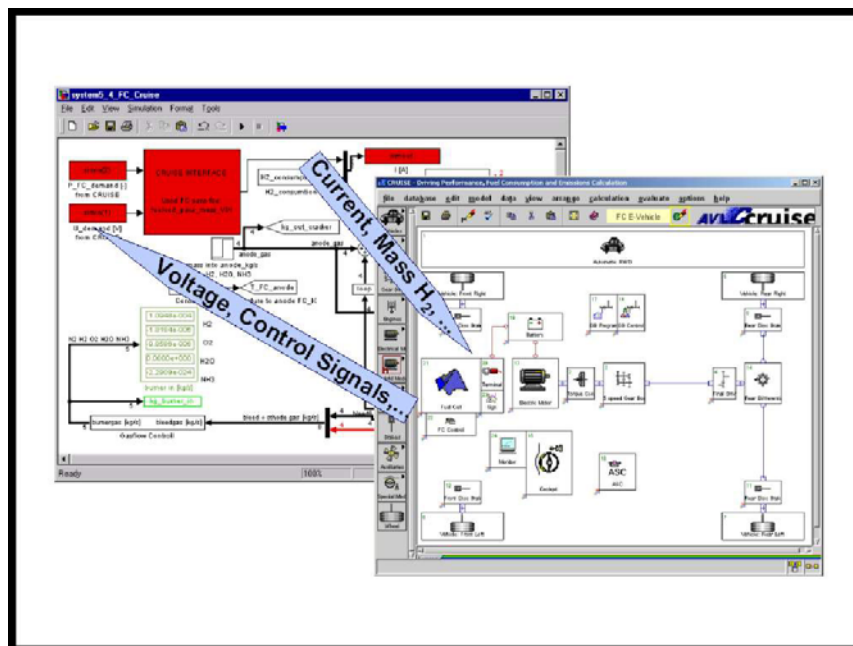


Fig. 6.1. Interfață simulare program AVL – CRUISE [113]

Autovehiculele care sunt construite folosind simularea cu ajutorul programului AVL – CRUISE asigură cerințele definzitorii, cu privire la conceptul de grup motopropulsor, și compromisurile necesare în vederea reducerii consumului de combustibil, a performanțelor de rulare și confortul de manevrabilitate continuă de-a lungul procesului de dezvoltare al autovehiculului.

Pe de o parte programul poate fi utilizat pentru orientarea simulării într-o fază incipientă, iar pe de altă parte poate fi folosit ca un instrument de monitorizare de-a lungul întregului proces de dezvoltare al produsului.

Prin simulare și analiză, programul oferă posibilitatea de a găsi echilibrul optim între performanță, confortul conferit de autovehicul și consumul de combustibil al acestuia. Primele tendințe sunt realizate luând în considerare cerințele tot mai crescute ale clienților, cu privire la performanțele generale ale autovehiculului, precum și legislația viitoare cu referire la emisiile poluante în diverse piețe ale lumii[110].

Emisiile autovehiculelor, la nivel mondial, cresc continuu ceea ce necesită un efort mare din partea constructorilor de automobile. Se adoptă noi tehnologii în construcția și dezvoltarea noilor tipuri de autovehicule, astfel încât să fie îndeplinite obiectivele privitoare la reducerea poluării.

Cele de mai sus se explică prin aceea că este vitală cunoașterea opțiunilor tehnice, pentru reducerea emisiilor poluante și în mod special a bioxidului de carbon (CO₂).

6.2.2. Simularea funcționării unui autoturism echipat cu motor cu aprindere prin scânteie

În vederea simulării, cercetarea s-a făcut pe autoturismul Porsche 928 GTS echipat cu motor cu aprindere prin scânteie în 4 timpi. În cele ce urmează sunt prezentate câteva dintre caracteristicile principale din punct de vedere constructiv.

Programul AVL – CRUISE permite simularea constructivă a autovehiculului aflat în analiză, având ca model autovehiculul real. Pentru simulare s-au introdus, în vederea efectuării calculului de către program, date tehnice, caracteristici și parametri constructivi ai autoturismului.

În figura 6.2. este reprezentată interfața programului reprezentând algoritmul de simulare al autovehiculului supus studiului și cercetărilor experimentale.

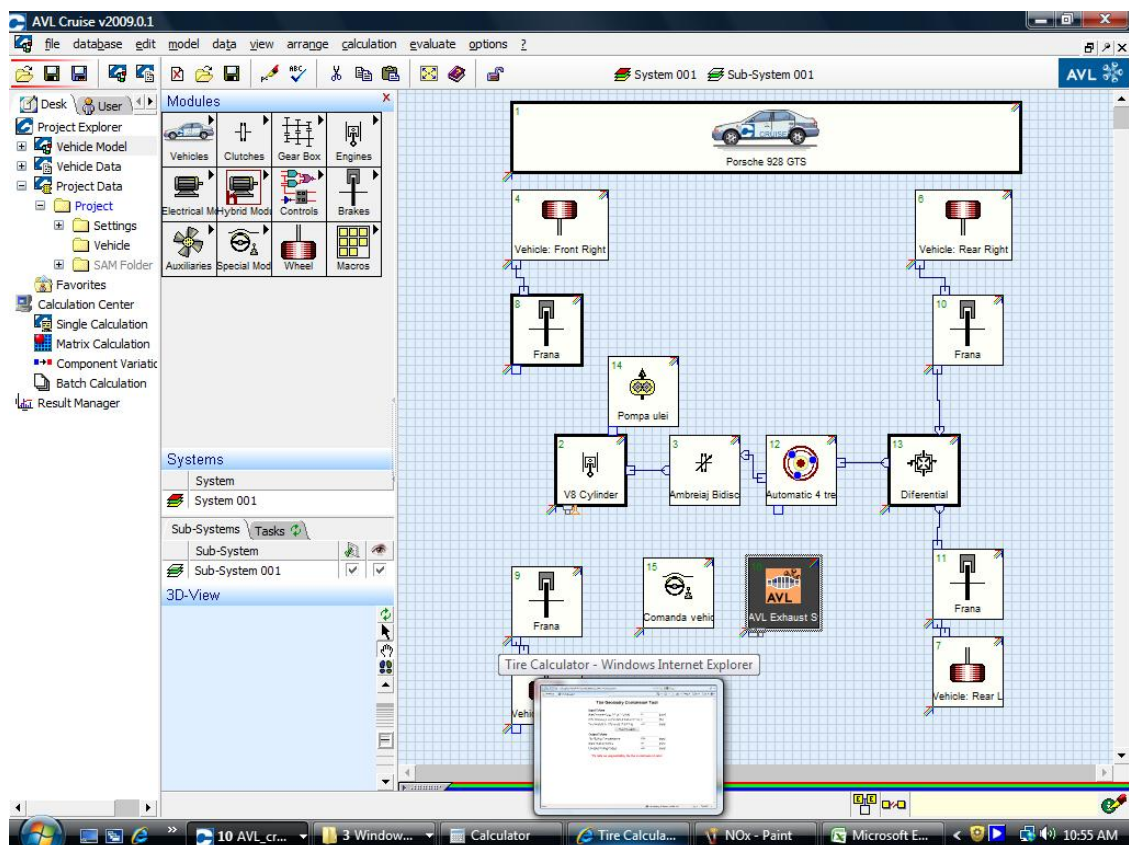


Fig. 6.2. Interfață algoritm de simulare

Se poate afirma că interfața algoritmului de simulare poate fi definită ca și o schemă bloc. Interfața obținută reprezintă configurarea părților componente ale autoturismului, ce urmează a fi analizate, după cum urmează:

- a) axe
- b) sistem de frânare
- c) roți
- d) motor
- e) pompă de ulei
- f) ambreiaj
- g) cutie de viteze
- h) ax cardanic
- i) diferențial
- j) evacuare (eșapare) gaze arse

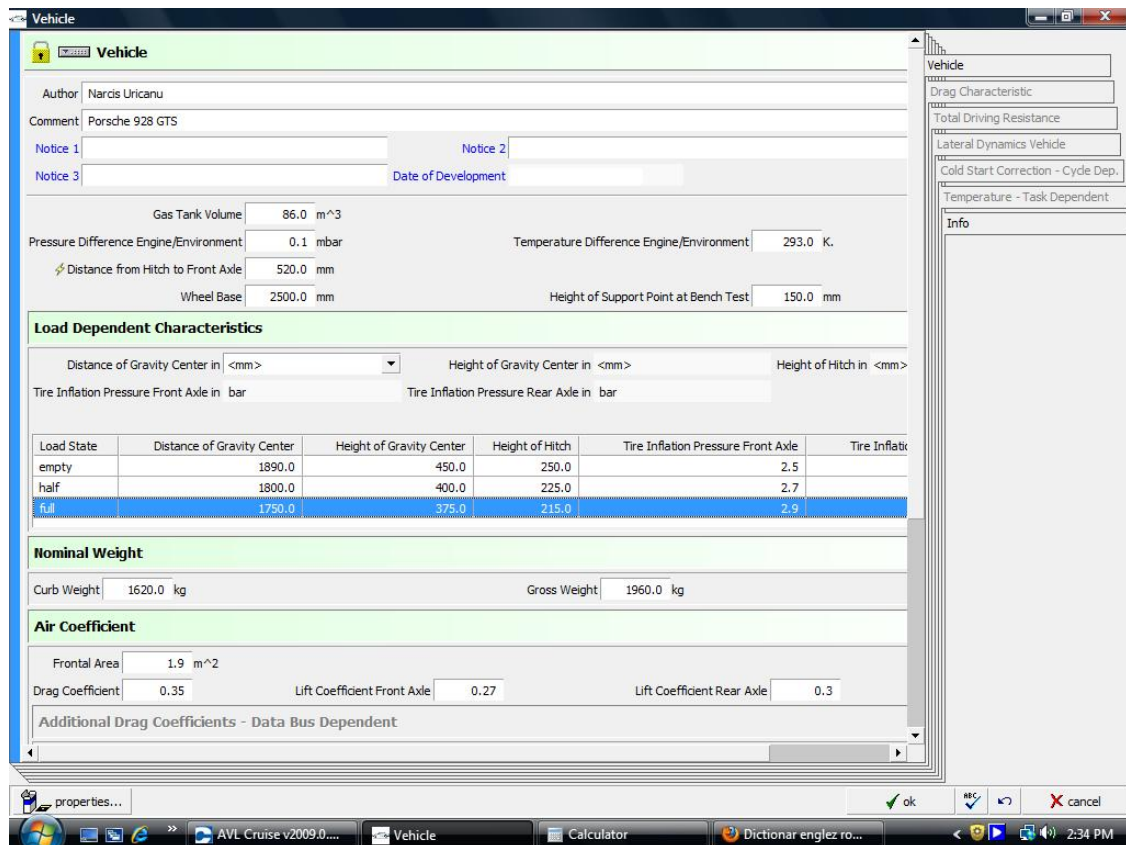


Fig. 6.3. Interfață introducere date autovehicul

Autoturismul cercetat, Porsche 928 GTS [24], face parte din clasa autovehiculelor cu tracțiune împinsă. Astfel, se deduce faptul că axa (puntea) față este cea directoare, respectiv axa (puntea) spate este cea motoare.

În figura 6.3. este prezentată interfața cu introducerea datelor autovehiculului:

- capacitate rezervor combustibil
- diferența de presiune dintre motor și mediul ambiant
- diferența de temperatură dintre motor și mediul ambiant
- ampatamentul
- distanța centrului gravitațional
- înălțimea centrului gravitațional
- presiunea în pneuri
- greutatea nominală (masa proprie)
- greutatea maximă admisă (masa totală)
- coeficientul de aer aria frontală
- coeficientul de ridicare axa față
- coeficientul de ridicare axa spate

În concordanță cu cele de mai sus, conform literaturii de specialitate, trebuie ținut cont de următoarele:

- greutatea nominală (masa proprie) pentru autovehicul, exprimată în kg, se ia în calcul cu rezervorul de combustibil plin
- greutatea maximă admisă (masa totală) pentru autovehicul, exprimată în kg, se ia în calcul cu numărul total de pasageri și bagaje

Astfel, rezultă că sarcina utilă a autoturismului studiat (dată de diferența dintre masa totală și masa proprie) este de 340 Kg. În acest calcul se consideră greutatea unui pasager ca fiind de 75 Kg, iar în cazul nostru - fiind vorba de un autoturism sport Coupe - avem un număr total de 4 (patru) pasageri. Un calcul simplu ne arată că greutatea totală pentru bagaje este de 40 Kg.

Mergând mai departe, și respectând pașii de calcul ai programului, au rezultat: interfața din figura 6.4. conținând datele motorului (I), respectiv interfața din figura 6.5. conținând datele motorului (II).

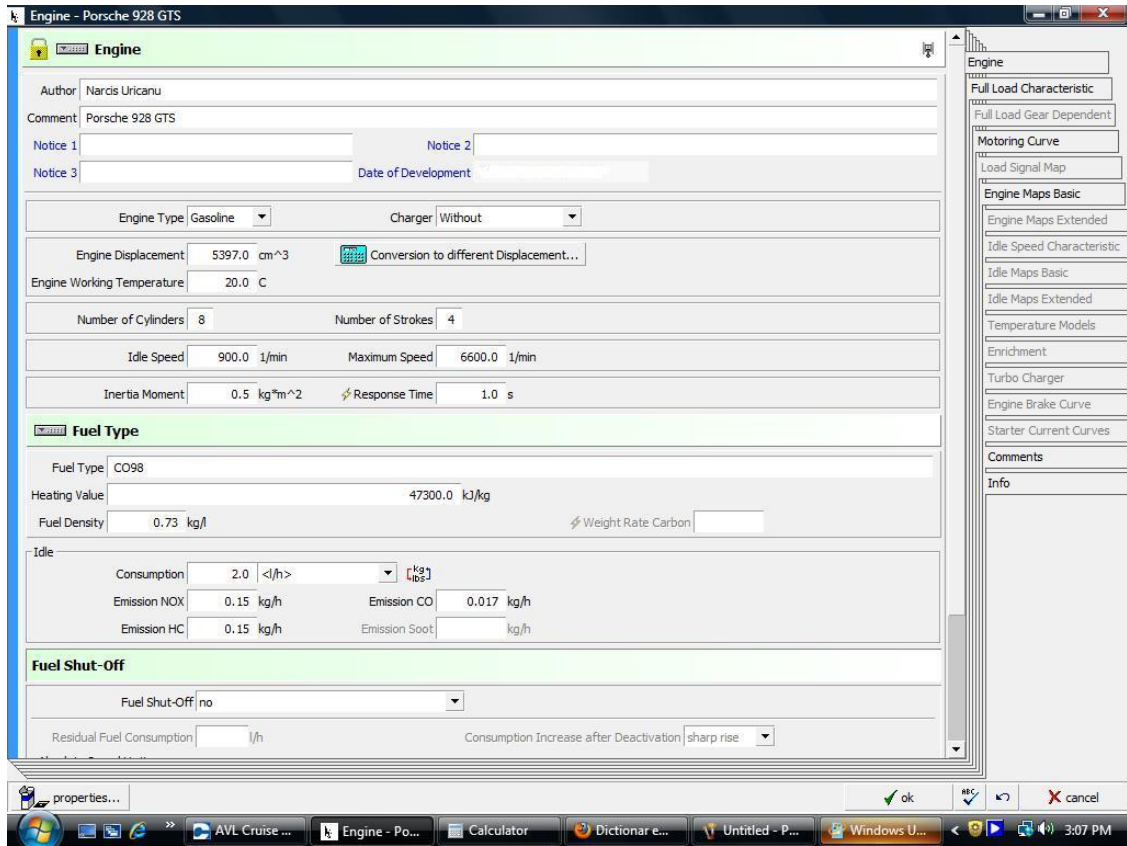


Fig. 6.4. Interfață introducere date motor (I)

În strânsă corelare cu figura 6.4. respectiv figura 6.5. s-au introdus datele motorului solicitate de programul AVL – CRUISE. Datele motorului solicitate de program, în vederea calculului, sunt următoarele:

- tip motor
- cilindrarea
- temperatura de lucru
- număr timpi
- număr cilindri
- turație mers în gol
- turație maximă
- momentul inerțial
- timpul de răspuns
- tipul carburantului
- densitatea carburantului
- puterea calorică a combustibilului
- consumul orar de combustibil
- emisiile de NO_x
- emisiile de CO

- emisiile de HC
- cuplul maxim
- turația la cuplu maxim
- puterea maximă
- turația la putere maximă
- norma de poluare

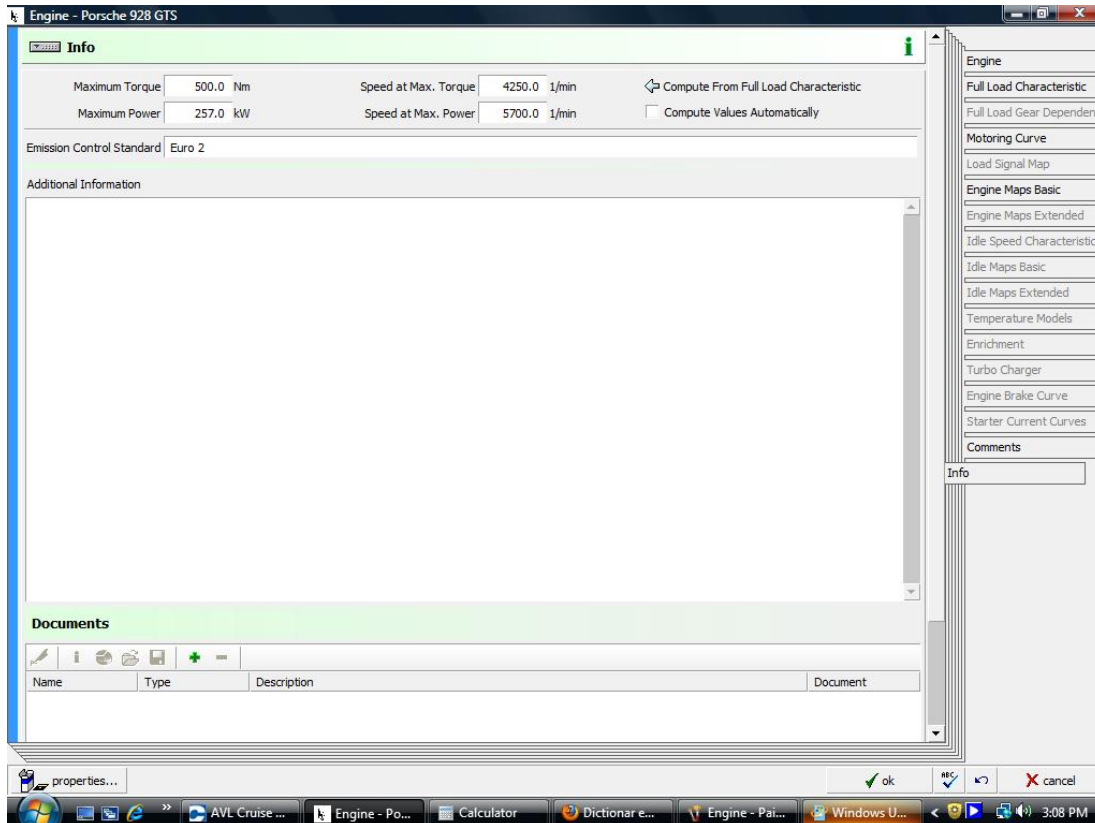


Fig.6.5. Interfață introducere date motor (II)

În continuare, după cum se poate observa din interfața redată în figura 6.6., au fost introduse valorile datelor ambreiajului pentru vehiculul studiat.

La autoturismul Porsche 928 GTS, supus analizei prin simulare, mecanismul ambreiajului are în componență 2 (două) discuri de fricțiune. Este o soluție constructivă de mare utilitate/uzanță, la autoturismele din clasa sport, mai ales datorită regimurilor de funcționare la care sunt supuse aceste automobile.

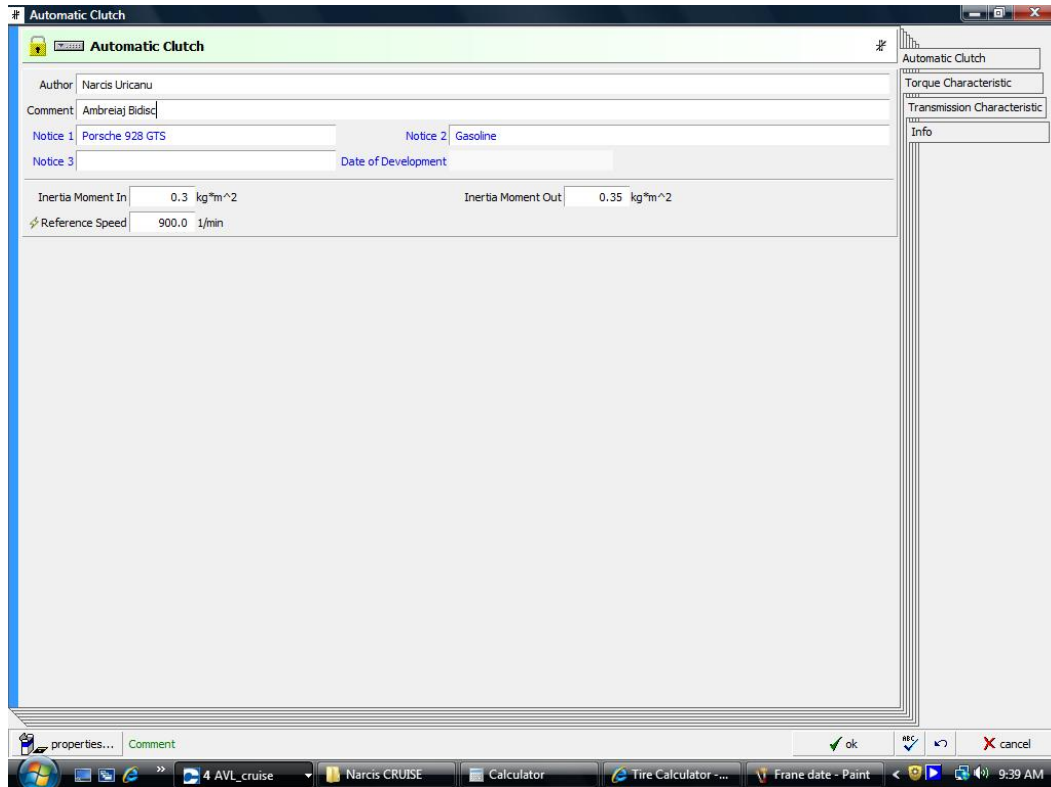


Fig. 6.6. Interfață introducere date ambreiaj

Datele introduse, în corelare cu figura 6.6., sunt următoarele:

- momentul inerțial la intrare
- momentul inerțial la ieșire
- turația de referință
- tip combustibil

După calculul valorilor de mai sus, rulând programul în continuare, s-a obținut reprezentarea diagramei în interfața din figura 6.7.

În reprezentarea din interfața ambreiajului se prezintă variația caracteristicii transmisiei, obținută prin calcul în funcție de coeficienții (a) respectiv (b), unde:

- a – reprezintă rația turației de referință
- b – reprezintă rația momentului

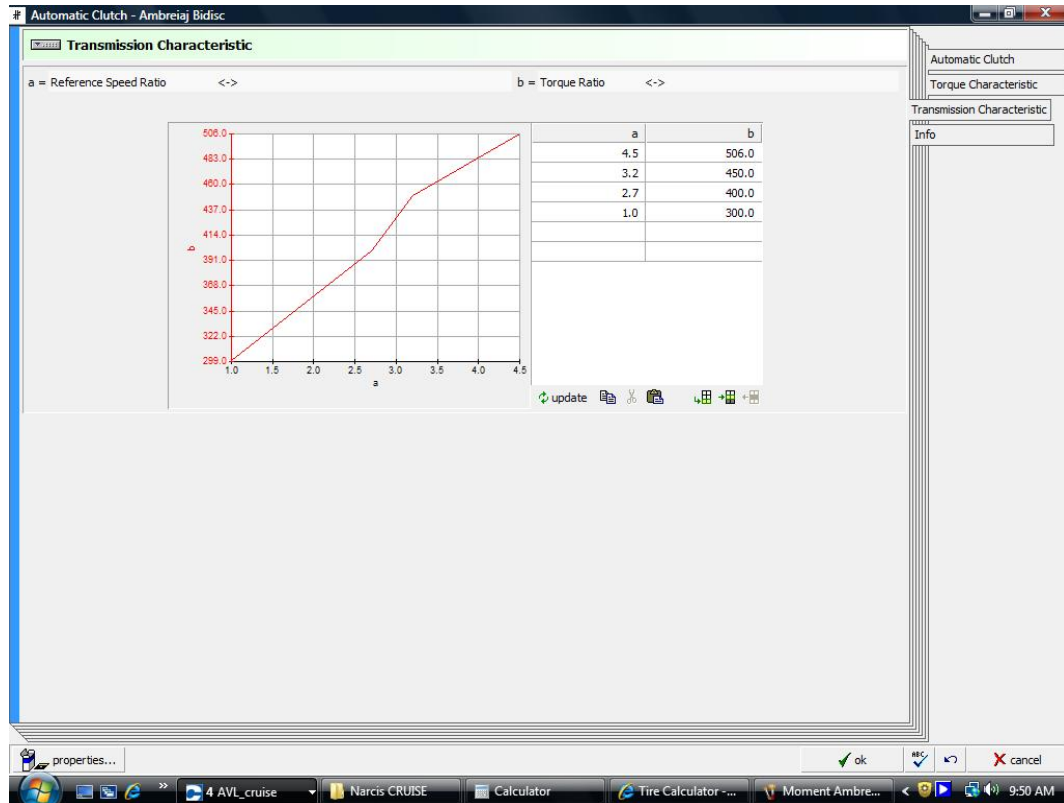


Fig. 6.7. Interfață caracteristica transmisiei ambreiajului

Se observă cu ușurință faptul că, diagrama caracteristicii transmisiei ambreiajului prezintă o alură de tendință crescătoare de formă aproximativ liniară. Analizând diagrama se deduc, cu ușurință, următoarele:

- $a = 0,5$
- $b = 23$

Prin urmare, caracteristica transmisiei ambreiajului prezintă o variație care este strâns corelată cu interdependența coeficienților (a respectiv b) calculați. Astfel, rezultă faptul că rația (a) crește direct proporțional cu rația (b) și invers.

În figura 6.8. este reprezentată caracteristica de moment a ambreiajului, în funcție de rația turației (a) respectiv rația momentului (b).

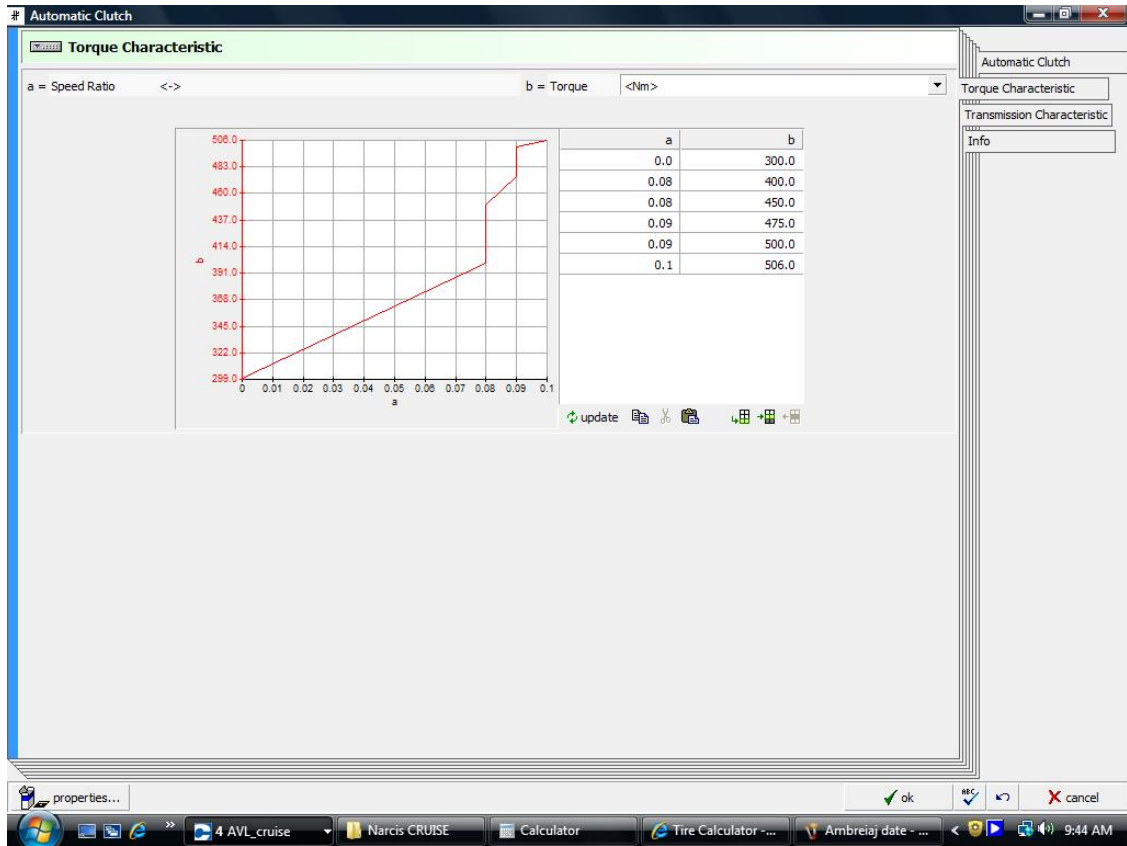


Fig. 6.8. Interfață caracteristica de moment a ambreiajului

Se poate observa faptul că, diagrama caracteristicii momentului ambreiajului prezintă o alură de tendință crescătoare.

Astfel, în prima parte tendința este uniform crescătoare de formă liniară după care în a doua parte, pe măsură ce ne apropiem de valoarea maximă a cuplului, linia de tendință este neuniform crescătoare (în salturi/trepte).

Analizând diagrama se deduc, cu ușurință, următoarele:

- $a = 0,01$
- $b = 23$

În figura 6.9., se prezintă interfața datelor cutiei de viteze iar în figura 6.10. avem interfața date diferențial.

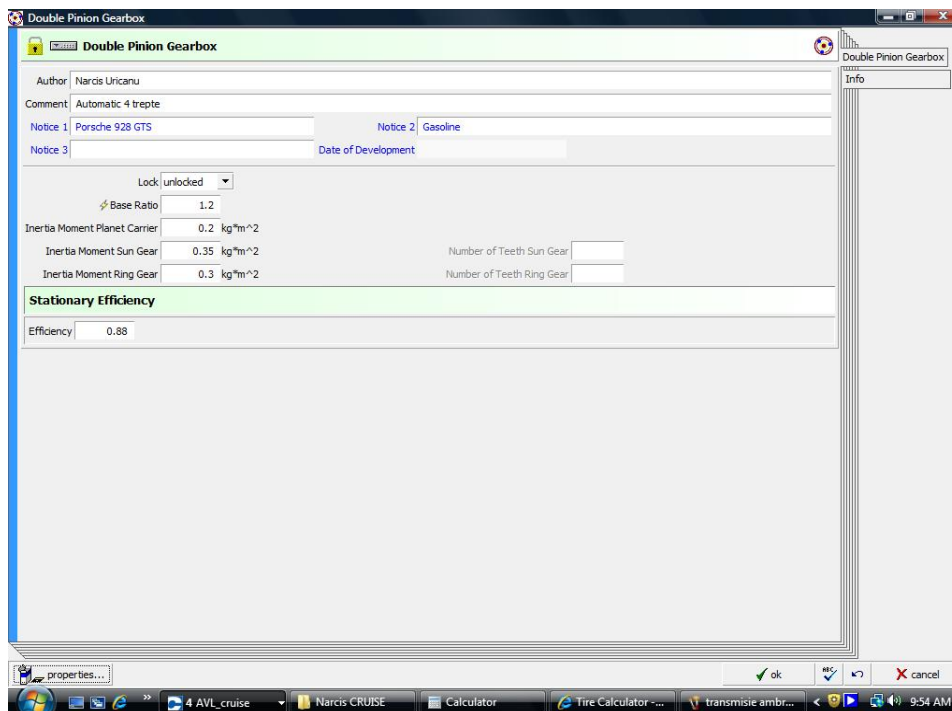


Fig. 6.9. Interfață date cutie de viteze

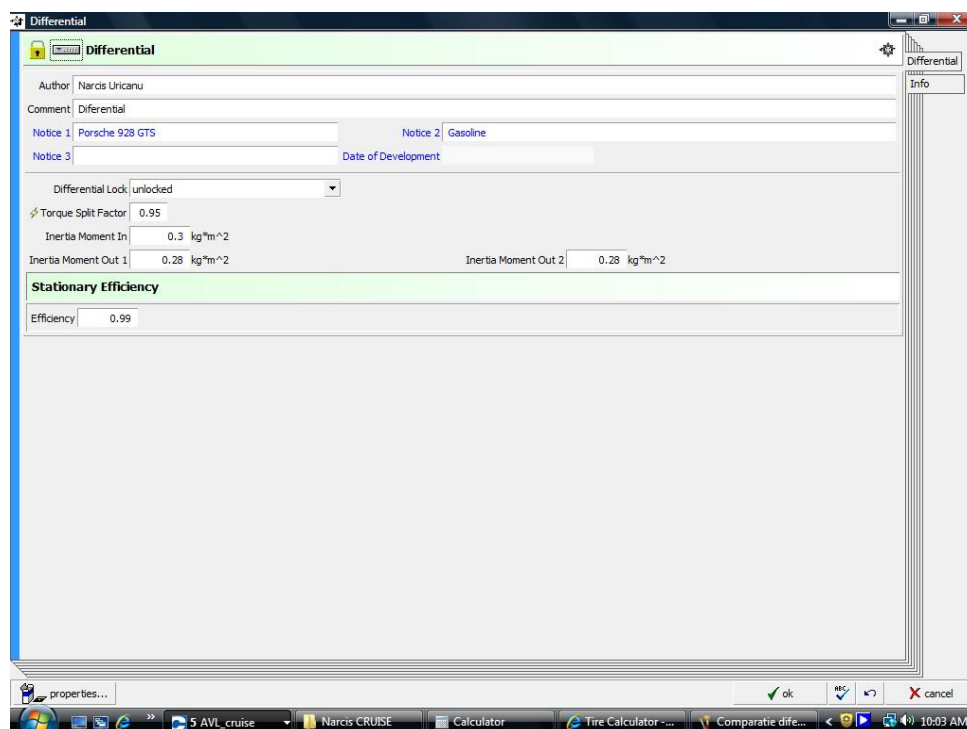


Fig. 6.10. Interfață date diferențial

Datele calculate pentru diferențial sunt următoarele:

- factorul momentului
- momentul inerțial la intrare
- momentul inerțial la ieșire (1)
- momentul inerțial la ieșire (2)
- eficiența staționară

De menționat este faptul că, în cazul autovehiculului studiat, cele două momente inerțiale de ieșire au aceeași valoare. Prin urmare, diferențialul nu prezintă dezechilibru și transmite puterea către roți în mod egal. Comparativ, se pot analiza mai multe tipuri de diferențiale funcție de momentul inerțial de intrare, respectiv de ieșire ale acestora.

În continuare se prezintă, în interfața din figura 6.11., calculul roților în strânsă corelație cu mai mulți parametri.

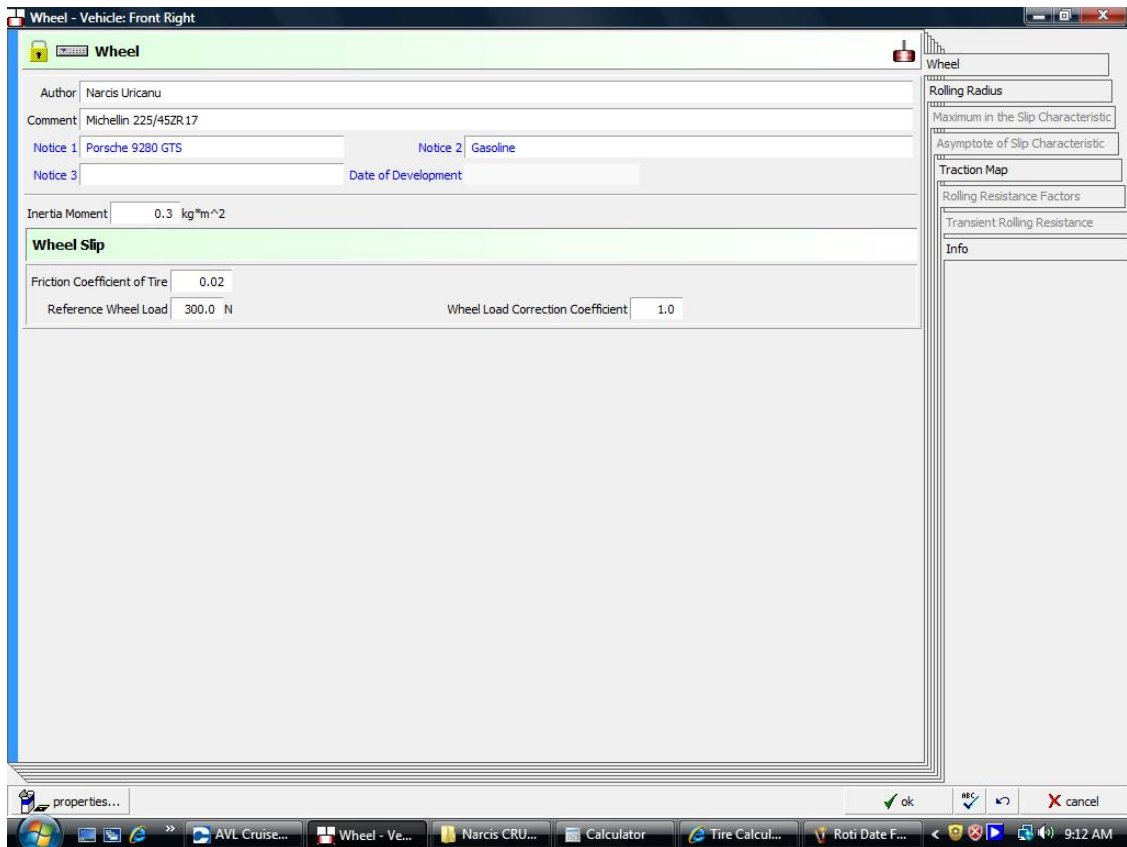


Fig.6.11. Interfață date roți

Pentru simulare, prin calcul, s-au introdus următoarele date:

- dimensiunile pneului
- momentul inerțial

- coeficientul de frecare al pneului
- încărcarea de referință a roții
- coeficientul (corectat) de încărcare al roții

Corelat cu interfața din figura 6.12., s-a reprezentat variația caracteristicii razei dinamice de rulare funcție de viteza autovehiculului.

Datele care au fost introduse sunt:

- raza radială statică
- circumferința pneului.

După cum se poate observa, din analiza diagramei trasate, există o strânsă interdependență – invers proporțională - între viteza autoturismului studiat (a) și raza de rulare (b). Altfel spus, odată cu creșterea vitezei de rulare (b) a autoturismului scade raza de rulare (a) și invers.

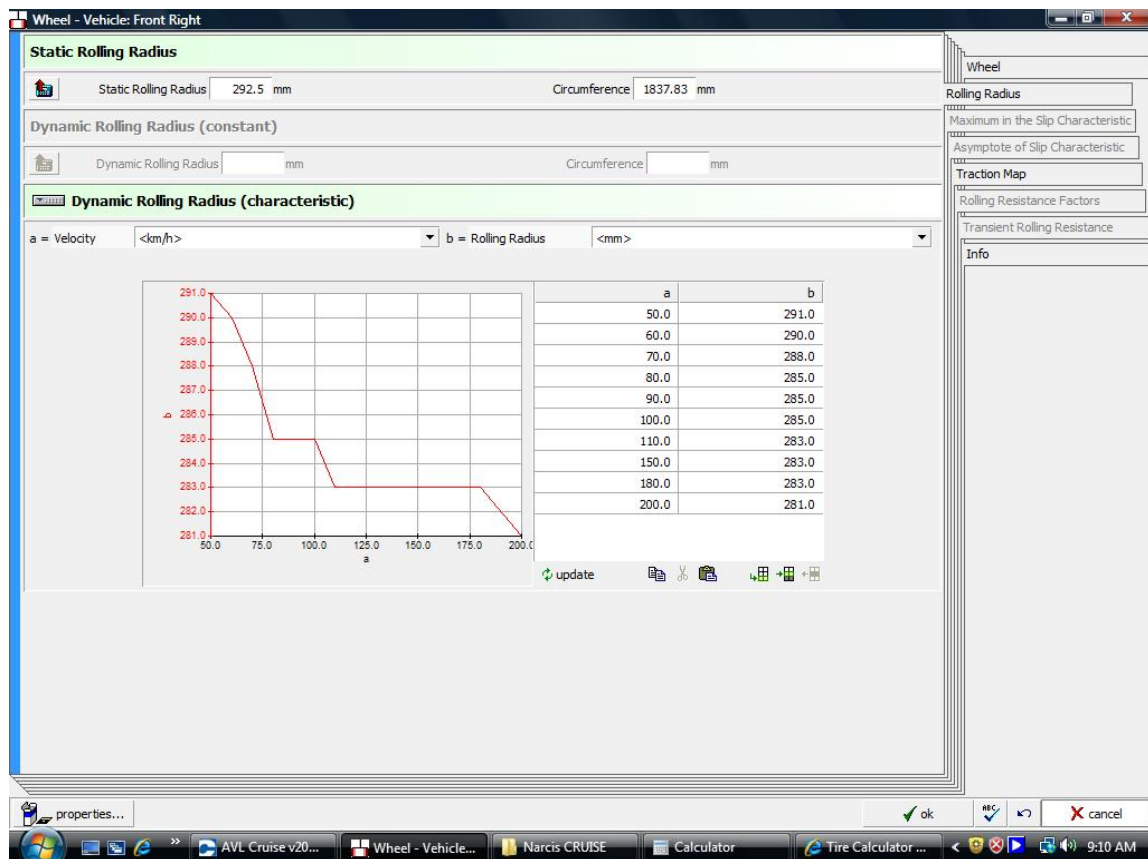


Fig. 6.12. Interfață caracteristica razei dinamice de rulare

În interfața din figura 6.13. se prezintă, din punct de vedere izometric, caracteristica de tracțiune specifică exprimată în procente.

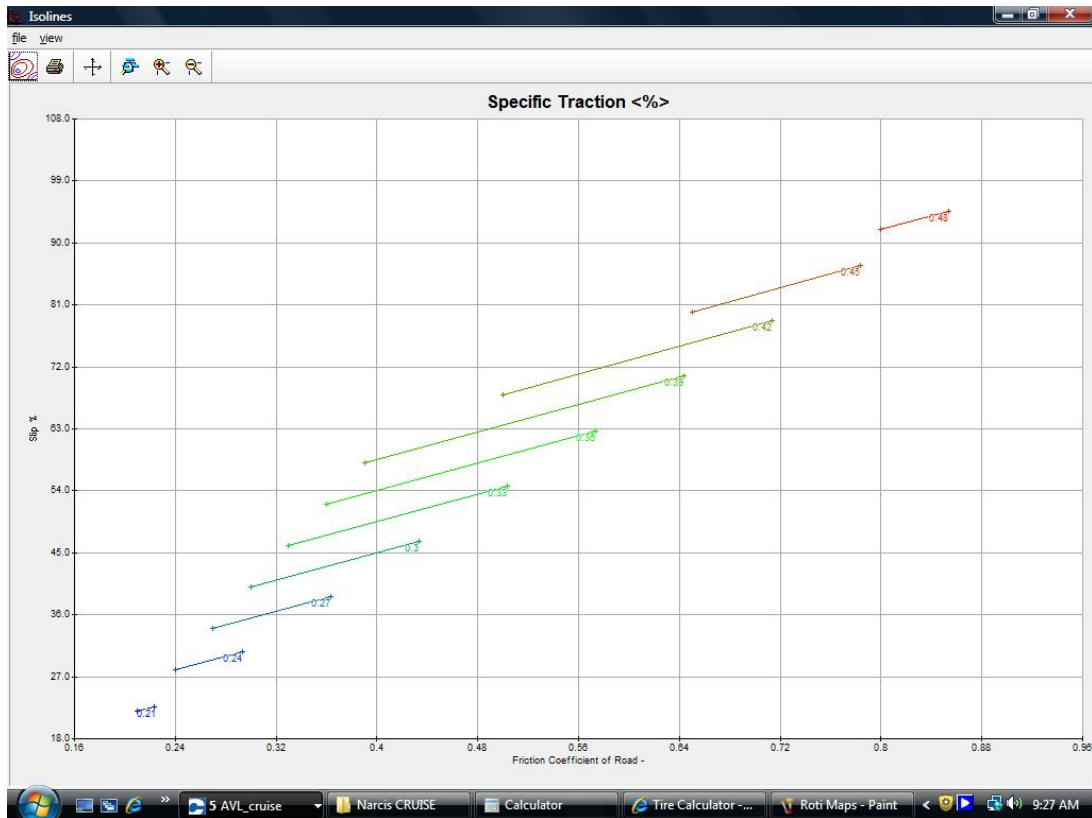


Fig.6.13. Interfață caracteristica izometrică a tracțiunii specifice

Caracteristica tracțiunii specifice, reprezentată prin harta izometrică din figura 6.13., ne arată că există o strânsă legătură între coeficientul de alunecare (patinare) al pneului și coeficientul de frecare (aderență) al suprafeței de rulare (drum).

Din analiza figurii de mai sus, avem:

- pentru alunecare, rația = 9
- pentru frecare, rația = 0,8

În interfața din figura 6.14., corelat cu reprezentarea din figura 6.13, este prezentată harta tridimensională (3D) a caracteristicii tracțiunii specifice în funcție de coeficientul de alunecare, respectiv coeficientul de frecare dintre pneu și suprafața de rulare.

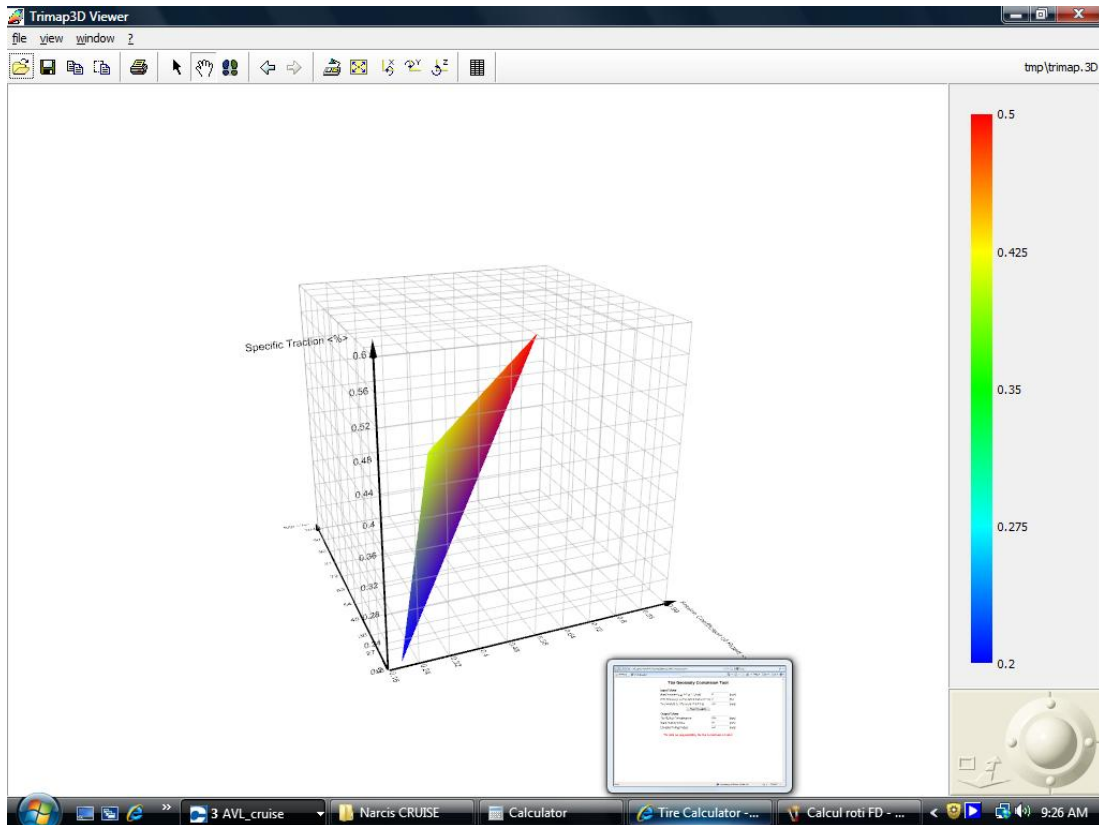


Fig. 6.14. Interfață caracteristica 3D a tracțiunii specifice

În interfața din figura 6.15. este reprezentată harta izometrică a consumului specific de combustibil în funcție de moment, respectiv regimul turației de funcționare.

Din reprezentarea izometrică rezultă interdependența dintre consum, turație respectiv moment.

Astfel, variația consumului specific este rezultanta regimului de funcționare pentru moment (cuplu), respectiv turație (nominală).

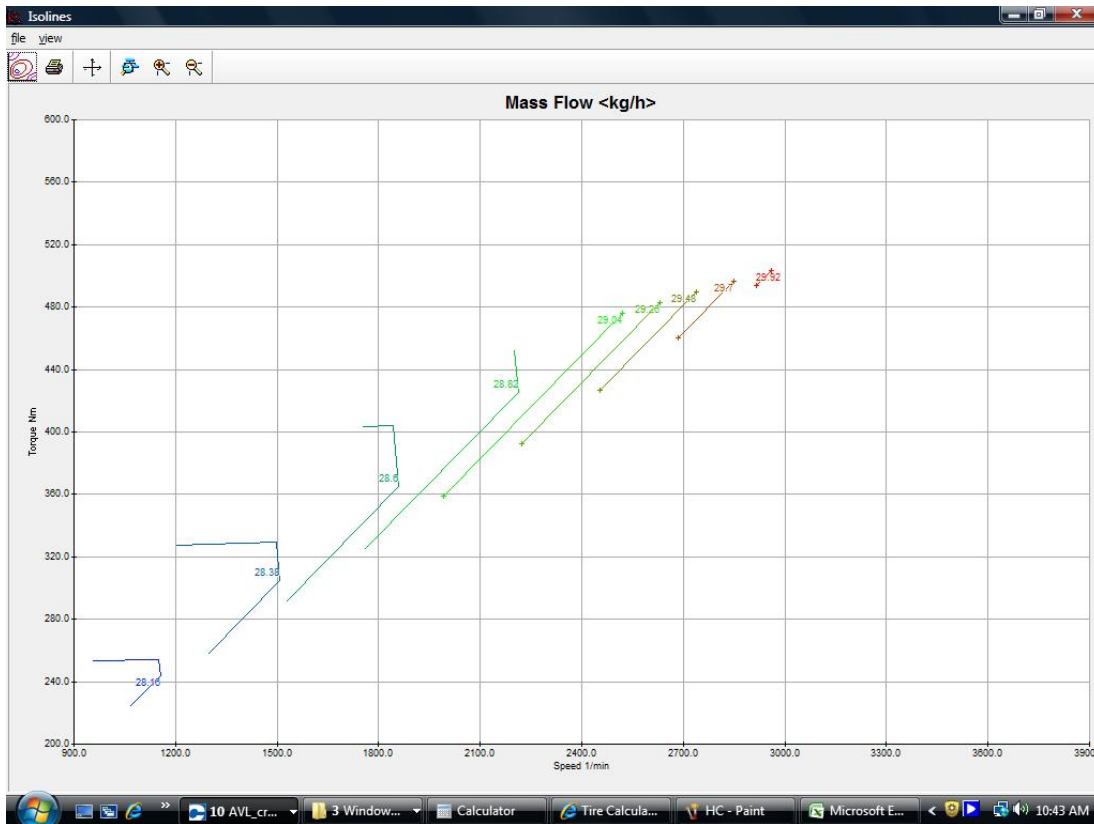


Fig.6.15. Interfață variația izometrică a consumului specific funcție de moment și turație

Odată cu creșterea turației nominale (în sarcină) observăm cum crește și momentul, de unde putem aprecia faptul că aceste 2 (două) mărimi sunt direct proporționale.

Consumul specific de combustibil este strâns legat de moment, turație și implicit de regimul de funcționare al autoturismului analizat. Totodată, într-o strânsă corelare se află și interdependența dintre consumul specific și emisiile de noxe.

Astfel, dacă avem o creștere a consumului specific rezultă creșterea volumului de noxe eșapate și invers.

În interfața din figura 6.16., corelat cu reprezentarea din figura 6.16, este prezentată harta tridimensională (3D) a variației consumului specific în funcție de valoarea momentului (cuplu), respectiv regimul de funcționare la turație nominală (în sarcină).

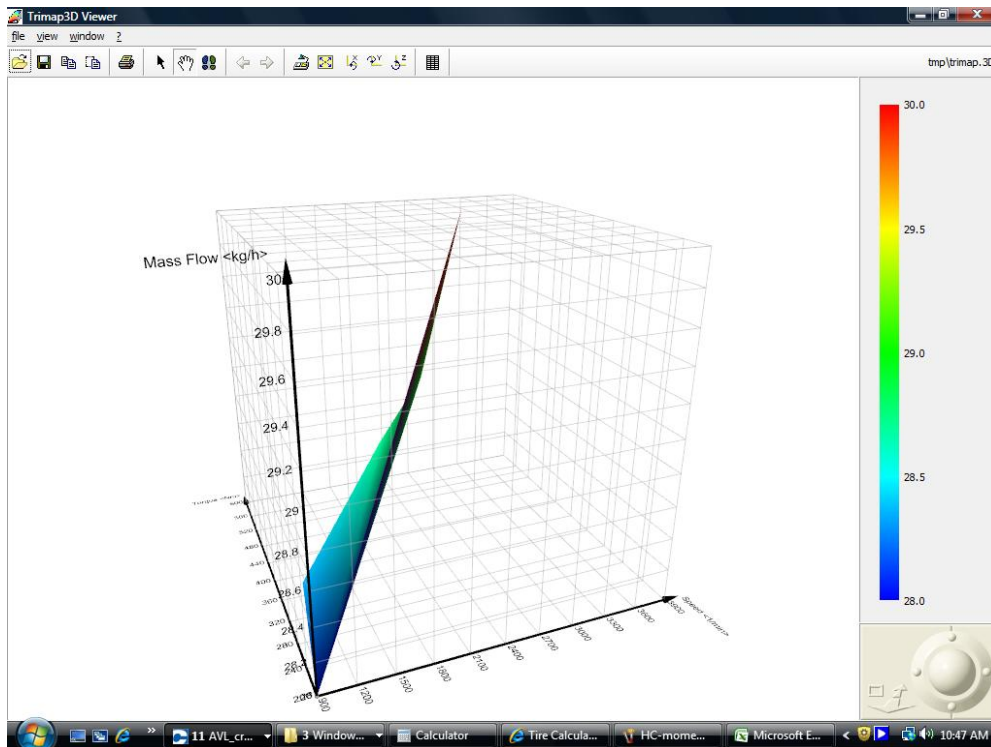


Fig.6.16. Interfață variația 3D a consumului specific funcție de moment și turație

În urma simulării funcționării unui autovehicul echipat cu motor cu aprindere prin scânteie, cu ajutorul programului AVL – CRUISE, se pot trage concluziile următoare:

- rezultatele obținute sunt similare cazului funcționării unui autovehicul real, în condițiile de exploatare între inspecțiile tehnice periodice
- în cazul eventualelor intervenții, ce au ca rezultat modificări ale parametrilor de intrare, programul poate simula funcționarea reală a autovehiculului aflat în studiu
- programul are posibilitatea de a simula condiții variate de funcționare, funcție de tipul autovehiculului analizat și durata de exploatare a acestuia

CAPITOLUL 7

CONCLUZII. CONTRIBUȚII PERSONALE

7.1. Concluzii

- În cazul motoarelor cu ardere internă poluanții chimici sunt determinați de procesul oxidării combustibililor care este un proces complex ce generează, pe lângă CO₂, H₂O, N₂ și O₂ în exces, o serie de substanțe chimice – produși ai arderii incomplete – care se află în cantități mici în gazele de evacuare (2% de volum). Aceste substanțe sunt foarte toxice, iar la scară mondială produc efecte nocive importante asupra mediului înconjurător în general, și asupra sănătății oamenilor, în special.
- Motorul cu ardere internă (atât m.a.c cât și m.a.s) datorită multiplelor populații de autovehicule pe care le echipază, a principiului său constructiv și a regimurilor de mare variabilitate funcțională pe care le cunoaște, este o sursă semnificativă de poluare.
- Dintre motoarele cu ardere internă, motorul cu aprindere prin scânteie este considerat ca cel mai reprezentativ poluant, nu atât datorită principiului de funcționare comparativ cu motoarele cu aprindere prin comprimare, cât datorită populației foarte mari de motoare de acest tip în trafic.
- Transporturile rutiere realizate cu autovehicule echipate cu motoare cu ardere internă au o contribuție însemnată asupra poluării mediului înconjurător, afectând practic toate ecosistemele.
- Utilizarea rațională a materiilor prime reprezintă o problemă de importanță deosebită. S-au efectuat calcule iar rezultatele confirmă că, pentru fiecare kilogram scăzut din greutatea totală a unui autovehicul se reduc aproximativ 20 kg de CO₂. Și din acest punct de vedere se impune reducerea masei autovehiculului, dar și pentru a reduce consumul de materiale și a crește procentul din masa reciclabilă a acestuia.
- Formarea noxelor la autoturisme echipate cu m.a.s. este determinată de condițiile în care motorul cu ardere internă este exploatat, mai ales în cazul tracțiunii rutiere, caracterizat printr-o variabilitate de sarcină și turajie.
- Prin trecerea de la o normă de poluare la alta (ex.: E2 – E3, E3 – E4, etc.) în condițiile în care inspecțiile tehnice periodice nu se realizează la timp, cu toate investițiile consistente la proiectarea și realizarea unor reactori catalitici sofisticăți, nivelul de reducere a noxelor nu depășește 3%, cheltuielile cu realizarea noilor soluții fiind pe de o parte mai consistente decât câștigul obținut prin reducerea noxelor.
- Constructorii de automobile trebuie să recurgă tot mai mult la soluții inovatoare, de exemplu folosirea injecției directe la motoare cu aprindere prin scânteie (obținerea mișcării de “*tumble*”) și să accepte ideea că industria petrolului, cu toate cheltuielile suplimentare pentru producerea unor combustibili mai ecologici, trebuie să aplice aceste soluții.
- În prezent se observă tendința de apropiere a valorilor limită impuse poluanților din gazele arse cuprinse în normele specifice internaționale; deși regulamentele diferă substanțial, ele au totuși un punct comun, prin folosirea acelorași metode de măsurare a poluanților legiferați.

- Legislațiile în domeniul poluării își largesc treptat cadrul, tinzând să limiteze toate formele de poluare, pornind de la poluanții din gazele de evacuare, continuând cu gazele de carter și vaporii de combustibil scăpați din instalațiile motorului cu ardere internă sau la stațiile de alimentare.
- Se poate afirma că legislația antipoluare este cât se poate de diversă. Pentru o interpretare unitară, se propune crearea unor regulamente sau acceptarea regulamentelor existente a căror valabilitate să fie recunoscută global. În același timp, se observă eforturile continue, susținute de organismele abilitate de a elibera norme cât mai stricte de limitare a emisiilor, în scopul alcătuirii unui cadru legislativ propice reducerii emisiilor poluante și a poluării mediului înconjurător.
- Cercetările experimentale au ca fundament măsurarea noxelor eșapate pentru emisiile de HC, CO, NO_x, O₂ și CO₂ la motoarele cu aprindere prin scânteie, a opacității și a coeficientului de absorbție k pentru motoarele cu aprindere prin comprimare.
- Importanța monitorizării noxelor, la motoarele cu ardere internă ce echipează autoturisme, rezultă din cercetările experimentale efectuate de către autor la intervale mai scurte față de termenele impuse prin legislația în domeniu.
- Dacă pentru autoturismele aflate în studiu s-ar fi analizat doar starea tehnică din punct de vedere al poluării, odată la 24 de luni, în acest interval de timp între măsurători s-ar fi constatat diferențe foarte mari funcție de condițiile mediului ambiant, respectiv regimul de exploatare.
- În cazul autovehiculelor aflate în studiu s-au putut constata următoarele: exploatarea optimă, a autoturismelor echipate cu m.a.s. de puteri mari, se realizează în condițiile rulării în regim extraurban (pe distanțe lungi).
- Prin utilizarea programului de simulare a rulării autovehiculului (AVL-CRUISE) s-a putut simula funcționarea unui autovehicul cu parametri identici cu cercetarea experimentală, astfel obținându-se rezultate care ar fi necesitat realizarea de măsurători în poligon de încercări.
- Normele legislative la verificările de tip inspecție tehnică periodică (ITP) permit doar analiza noxelor în două regimuri de funcționare (la mers în gol și la turație nominală) diferite față de analiza noxelor în cazul unui ciclu real (stand dinamic) existând posibilitatea ca autovehiculul respectiv să nu se mai încadreze în norma de poluare pentru care a fost construit/omologat. Această situație poate fi cauzată de uzura normală a autovehiculului, respectiv de un regim de exploatare neadecvat (ex.: schimb ulei de motor cu întârziere, înlocuire întârziată filtre, calitate combustibil, etc.)
- Cercetările experimentale au fost realizate de către autor în cadrul stației Registrul Auto Român-Timiș pe o perioadă de 12 luni, măsurătorile fiind efectuate în toate condițiile de timp și mediu insistându-se pentru categoria autoturisme echipate cu m.a.s. de putere mare. Astfel, la această categorie de autoturisme, s-a constatat că sunt necesare anumite condiții de exploatare cum ar fi impunerea unor reguli privind exploatarea în regim optim.
- Pentru autoturismele echipate cu m.a.s. de putere mare, având un volum crescut de noxe emise, constructorii consacrați în domeniu iau serios în calcul variante de îmbunătățire și reducere din punct de vedere poluant cum ar fi: hibrid, motor electric, scăderea greutateii masei proprii (ex.: Porsche, Audi, BMW, Ferrari, Lamborghini).

- Datorită experimentărilor, efectuate timp îndelungat asupra aceleiași autoturism, s-a constatat influența mare a temperaturii mediului ambiant asupra nivelului de poluare. Astfel, prin creșterea temperaturii are loc o scădere a densității aerului aspirat ceea ce conduce la creșterea nivelului de CO și HC, ca apoi la avansarea spre sezonul rece coeficientul excesului de aer (λ) să crească și scad emisiile de CO și HC.
- Când temperatura ambiantă este ridicată, un autovehicul cu m.a.s. ar trebui să fie condus aproximativ 10 km urbani pentru ca motorul să se încălzească și să funcționeze eficient. Prin similitudine, unui autovehicul echipat cu m.a.c. îi sunt necesari doar 5 km parcurși în oraș.
- Privitor la emisiile poluante eșapate de autovehicule echipate cu motor de tracțiune rutieră, s-a demonstrat că emisiile de CO și HC atât pentru m.a.s. standard cât și cu catalizator, cresc odată cu intensitatea traficului rutier urban, în timp ce emisiile eșapate de autovehiculele echipate cu m.a.c. rămân scăzute.
- S-a constatat că autovehiculele prezentate la inspecțiile tehnice periodice care nu sunt întreținute corespunzător consumă mai mult combustibil și, implicit, au emisii mai mari de CO și HC în comparație cu autovehiculele revizuite periodic. Este mai probabil ca emisiile de noxe pentru m.a.c. să varieze în mai mică măsură raportat la durata de viață a autovehiculului, comparativ cu emisiile de noxe ale m.a.s. datorită reglajelor specifice, care necesită mai multe lucrări de întreținere a echipamentelor antipoluare adăugate și a degradării catalizatorilor.
- S-a dovedit importanța răcirii intermediare a aerului aspirat, înainte de pătrunderea în cilindrii motorului, pentru reducerea poluării.
- Concluziile de mai sus conduc la ideea că, se pot efectua în continuare cercetări de durată pentru a stabili dacă efectul se regăsește și la alte autovehicule, respectiv la cele echipate cu m.a.c.

7.2. Contribuții personale

- Prin prezenta lucrare s-a realizat aducerea la zi a informațiilor privind legislația antipoluare pentru autovehicule de tip autoturism.
- În condițiile fenomenelor climatice, cu caracter zonal și local, lucrarea se constituie ca și o contribuție majoră teoretică și practică.
- Cercetând un bogat material bibliografic, este prezentată contribuția industriei de automobile la protecția climei și a mediului înconjurător.
- În lucrare s-a insistat asupra echipamentelor și metodelor de cercetare în vederea evaluării performanțelor de poluare ale motoarelor cu ardere internă în corelație cu autovehiculul pe care îl echipază.
- Se prezintă cercetările experimentale privind gradul de fum al unui autoturism echipat cu m.a.c. S-a determinat coeficientul de absorbție K_M , prin măsurători lunare efectuate pe durata unui an de zile, în funcție de rulajul parcurs între verificările la inspecții tehnice, respectiv în funcție de temperatura mediului ambiant – utilizând fummetrul Hartridge.
- S-au obținut rezultate care dovedesc faptul că, în absența unor reglaje serioase la inspecțiile tehnice, poluarea prin fum a m.a.c. este deosebit de periculoasă (datorită particulelor eșapate) pentru mediul ambiant și sănătatea oamenilor.
- Cercetările experimentale efectuate privind emisiile noxelor eșapate ale m.a.i., între inspecțiile tehnice periodice, și simularea ciclului real de funcționare cu programul AVL

– CRUISE, se constituie în părți cu caracter ridicat de originalitate. Sunt expuse datele experimentale privind evoluția în timp a emisiilor de noxe pentru autovehiculele studiate, care sunt reprezentate și prin funcții pentru aceste autovehicule.

- S-a realizat o simulare cu ajutorul programului AVL-CRUISE pentru un autoturism care a fost supus și cercetărilor experimentale. Au fost introduse datele referitoare la principalii parametri constructivi ai autoturismului, respectiv ai grupului motopropulsor. Astfel, a fost realizat un studiu dinamic al autovehiculului apropiat condițiilor reale de exploatare. Prin simularea cu programul AVL-CRUISE se poate efectua o analiză a exploatării în condiții similare de exploatare reală, fapt ce permite un control mai riguros al noxelor emise comparativ cu măsurătorile impuse la intervalul de efectuare al inspecției tehnice periodice (ITP).
- Prin utilizarea programului AVL - CRUISE, se pot realiza predicții privind producerea de noxe poluante în condiții reale de exploatare în intervalul de timp dintre inspecțiile tehnice pentru autovehiculele ce nu au integrat sistemul de diagnostică *On Bord* a noxelor emise.
- Pentru motoarele cu aprindere prin scânteie de tracțiune rutieră, pe baze statistice, sunt calculate noxele emise în mediul ambiant.
- S-a validat metoda simulării, prin experimentări proprii, pentru a putea fi folosită atunci când se cunosc tipurile de motor de pe un autovehicul oarecare. Este o metodă de evaluare expeditivă a noxelor emise de un motor, în anumite condiții de funcționare, care pot fi comparate cu cele experimentale găsite la standul de probă.
- Privitor la achiziția de date s-au efectuat măsurători, cu aparatură de nivel corespunzător, în cadrul stației R.A.R.-Timiș.
- Prezentarea sistematizată a instalațiilor și metodelor de măsurare a noxelor poluante emise de motoarele cu ardere internă.
- S-a dovedit experimental, pentru prima oară, influența mare asupra nivelului de poluare a scăderii densității aerului aspirat în sezonul cald și invers în cazul sezonului rece.
- Din experimentările realizate, în timp, a rezultat rolul răcirii intermediare a aerului mai ales în sezonul cald pentru creșterea densității și deci creșterea coeficientului excesului de aer, în vederea arderii complete a carbonului și hidrogenului, limitând emisiile de CO și HC.
- Rezultatele obținute pentru autovehiculele supuse cercetării pot fi extrapolate la autovehicule similare, din aceeași clasă.
- În perspectivă, se deschide o nouă direcție de cercetare în domeniul autovehiculelor, pentru stabilirea efectului răcirii aerului și, în general, a motorului, asupra nivelului de poluare atât la m.a.s. cât și la m.a.c.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Affenzeller, J., Kriegler, W., Lepperhoff, G., Owen, N., Gruson, J. F., Blaich, M., *FURORE-Future Road Vehicle Research, A Roadmap for the Future*, 9th EAEC International Congress, Paris 2003
- [2]. Alkidas, A. C., *Relationships between Smoke Measurements and Particulate Measurement*, SAE Technical Paper Series 840412
- [3]. Andrews, G.E., Charalambous, L.A., *An Organic Diesel Fuel Additive for the Reduction of Particulate Emissions*, SAE Technical Paper Series 912334
- [4]. Anton, I., *Cavitația*, Editura Academiei Române, București 1984
- [5]. Apostolescu N., Bătagă, I., *Motoare cu ardere internă*, Editura Tehnică, București 1967
- [6]. Apostolescu, N., Chiriac, R., *Procesul arderii în motorul cu ardere internă*, Editura Tehnică, București 1998
- [7]. Apostolescu, N., Grunwald, B., *Neomogenitatea termică și chimică din motoarele cu ardere internă*, Editura Academiei, București 1975
- [8]. Apostolescu, N., Sfințeanu, D., *Automobilul cu combustibili neconvenționali*, Editura Tehnică, București 1989
- [9]. Aramă, C., Apostolescu, N., Grunwald, B., *Poluarea aerului de către motoarele cu ardere internă*, Editura Tehnică, București 1975
- [10]. Aramă, C., *Motoare cu ardere internă*, Editura Tehnică, București 1966
- [11]. Benson, R.S., *The Thermodynamics and Gas Dynamics of Internal Combustion Engines* vol. I, Clarendon Press, Oxford 1982
- [12]. Birch, S., *Sorting Through New Automotive Technologies. Engines for Growth. Is this the Beginning of the End for Internal Combustion Engines?*, Automotive Engineering International, 2002
- [13]. Bobescu, G., ș.a., *Tehnici speciale de reducere a consumului de combustibil și limitarea noxelor la autovehicule*, Univ. Transilvania, Brașov 1989
- [14]. Bobescu, G., Cofaru, C., Chiru, A., Radu, A., *Motoare pentru automobile și tractoare*, vol. I - II, Chișinău 1996
- [15]. Boretti, G., *Diesel Engine Combustion Chamber Design with Three-Dimensional Flow Computations*, International Conference Combustion in Engines, 1992
- [16]. Braun, G., Wolters, P., *The Development Potentials of Gasoline Engines with Respect to Exhaust Emissions and Fuel Consumption*, EAEC Congress, Bratislava 2001

- [17]. **Budianu, C., Călinescu, E.,** *Elemente de ecologie umană*, Editura Științifică și Enciclopedică, București 1982.
- [18]. **Cărăbaș, I.D., Nagi, M., Laza, I.I., Uricanu P.N.,** *The Influence of the Fins Over the Performance Thermal and Fluid Dynamics of Heat Exchangers*, HUMBOLDT Conference, Fac. de Mecanică, Univ. Politehnica, Timișoara 2010
- [19]. **Chang H., Zhang Y., Chen L.,** *Gray Forecast of Diesel Engine Performance Based on Wear*, Applied Thermal Engineering, 2003
- [20]. **Chen B., Qin Z.,** *Analysis of Piston-Cylinder Dynamic Oil Film Behaviour*, Proceedings 6-th International Congress on Tribology vol.IV-Eurotrib, Budapest 1993
- [21]. **Cooper, B.,** *Diesel Catalytic after Treatment Systems for the USA*, Engine Technology International, 1998
- [22]. **Diem, W.,** *Injecting Some Competition*, Automotive Engineer, July/August, 2001
- [23]. **Dodd, A., Holubecki, Z.,** *The Measurements of Diesel Exhaust Smoke*, MIRA Report, October 1965
- [24]. **Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG,** *Type. Maße. Toleranzen*, WKD 423710 2M Stand 8, Stuttgart 1992
- [25]. **Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG,** *Type. Maße. Toleranzen*, WKD 423910 2M Stand 8, Stuttgart 1993
- [26]. **Filippi, F.,** *Vehicule industriale și mediul înconjurător*, ATA, 1990
- [27]. **Funazaki, A., Taneda, K.,** *Life Cycle Assessment on Automobile Shredder Residue Treatments of a 2002-year End-of-Life Vehicle*, Proceedings of the 2002 Environmental Sustainability Conference and Exhibition, Published by SAE Inc. USA, 2001
- [28]. **Gaiginschi, R., Zătreanu, G.,** *Motoare cu ardere internă-construcție și calcul*, Editura Gh. Asachi, Iași 1995
- [29]. **Griffits, J.D.,** *Mathematics in Transport Planning and Control*, Univ. Of Walls – College of Cardiff, Ed. Clarendon Press, Oxford 1992
- [30]. **Gruden, D.,** *Auto und Umwelt*, Porsche A.G. Stand 1, Stuttgart 1998
- [31]. **Gruden, D.,** *Umweltschutz in der Automobilindustrie: Motor, Kraftstoffe, Recycling*, GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2008
- [32]. **Grunwald, B.,** *Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovehicule rutiere*, Editura Didactică și Pedagogică, București 1980
- [33]. **Haseganu, C., Vladu, C.,** *Reglementări legale pe plan european asupra emisiilor de noxe din gazele de eșapament ale autovehiculelor*, Revista inginerilor automobiliști nr. 4-5, 1992

- [34]. Henderson, P.T., Wells, D., Haddox, M., *Diesel Engines Emissions: A Timing Control Approach*, SAE Technical Paper Series 871630
- [35]. Hiroyasu, H., *Measurements of Spray Characteristics and Fuel Vapor Concentration in a Diesel Spray*, Univ. of Hiroshima, Japan 1994
- [36]. Hirsiger, F., Tichtinsky, H., *Modelisation numerique de l'etablissement d'une zone de combustion avec recirculation*, ONERA 1979
- [37]. Ionel, I., Ungureanu, C., *Termoenergetica și mediul*, Editura Tehnică, 1996
- [38]. Ionel, I., *Dispersia noxelor. Teorie si aplicații*, Editura Politehnica, Timișoara 2000
- [39]. Johnson, M. R., Wang, M. H., *Sustainability and Management of End-of-Life Vehicles Within the European Union's Directive on ELVs*, Proceedings of the 2002 Environmental Sustainability Conference and Exhibition, Published by SAE, USA 2001
- [40]. Kamimoto, T., Bae, M., *High Combustion Temperature for the Reduction of Particulate in Diesel Engines*, SAE Technical Paper Series 880423
- [41]. Kirilin, V., *Termodynamique Technique*, Edition MIR, Moscow 1981
- [42]. Klinger, H. J., *Size Analysis and Fractal Dimension of Diesel Particles Based on REM Measurements with an Automatic Imaging System*, Journal of Aerosol Science vol. 20, 1989
- [43]. Kobayashi, M., *Method of Removing Nox in Exhaust Gases from a Diesel Engine*, USA Patent nr. 5021227, 1991
- [44]. Knoll, G., Peeken, H., Lechtape-Gruter, *The Dynamics of Lubricated Piston Rings*, Proceedings 6-th International Congress on Tribology vol.IV-Eurotrib, Budapest 1993
- [45]. Kong, S.C., Reitz, R.D., *Spray Combustion Processes in Internal Combustion Engine*, Univ. of Wisconsin, USA, Medison 1996
- [46]. Kuhlmann, P., *Verbrennungsmotoren*, Hamburg 1993
- [47]. Lenz, H. P., Cozzarini, C., *Emissions and Air Quality*, Published by SAE, USA, Warrendale 1999
- [48]. Lenz, H. P., Pruller, S., Naderer, R., *Visions for Clean Air – Future Requirements and Developments*, FISITA World Automotive Congress, Helsinki 2002
- [49]. Mayer, W. J., Lehman, D. C., *The Contribution of Engine Oil to Diesel Exhaust Particulate Emissions*, SAE Paper 900256
- [50]. Metz, N., *Contribution of Passenger Cars and Trucks to CO₂, CH₄, N₂O, CFC and HFC Emissions*, Proceedings of the 2002 Environmental Sustainability Conference and Exhibition, Published by SAE, USA 2001

- [51]. **Mitrache, A., Văduva, G.,** *Injecția de combustibil la motorul de automobil*, SID 68, 1989
- [52]. **Monaghan, M.,** *Putting Friction in Its Place*, Internal Combustion Engine Research in Universities – C375/KN1, ImechE 1991
- [53]. **Mortimer, J.,** *Alternative Power: Optimum Exposure*, Automotive Engineer, September 2001
- [54]. **Moser, F.,** *Zur Partikelmission von Nutzfahrzeug Dieselmotoren*, MTZ 51, 1990
- [55]. **Nagi, M, Cărăbaș, I.D., Ilieș, P., Ghiță, E., Uricanu, P.N.,** *The Exploitation Feature and the Efficiency of the Radiators with Sinusoidal Fins*, BENA Conference, Fac. De Mecanică, Univ. Politehnica, Timișoara 2010
- [56]. **Neacșu, E., Nagi, M.,** *Tabele, diagrame și formule termotehnice*, Timisoara 1997
- [57]. **Neculai, N.,** *Cromatografe de proces*, Editura Tehnică, Bucuresti 1980
- [58]. **Negoitescu, A., Jădăneanț, M.,** *Termodinamica pentru inginerie mecanică*, Editura Orizonturi Universitare, Timisoara 2009
- [59]. **Negrea, V.D.,** *Bazele cercetării experimentale a motoarelor termice*, Timișoara 1978
- [60]. **Negrea, V.D.,** *Motoare cu ardere internă. Procese. Economicitate. Poluare - vol. I*, Editura Sedona, Timișoara 1997
- [61]. **Negrea, V.D.,** *Automobilul un prieten ce poate deveni dușman*, Conferința ESFA, București 1998
- [62]. **Negrea, V.D., Sandu, V.,** *Combaterea poluării mediului în transporturile rutiere*, Editura Tehnică , București 2000
- [63]. **Negrea, V.D.,** *Procese în motoare cu ardere internă - vol. I*, Editura Politehnica, Timișoara 2001
- [64]. **Negrea, V.D.,** *Procese în motoare cu ardere internă - vol.II*, Editura Politehnica, Timișoara 2003
- [65]. **Oprean, I.M., Andreescu, C., Dobrescu, B.,** *Unele probleme ale automobilului la început de mileniu*, Revista Inginerilor de Automobile nr.1, 1999
- [66]. **Oprean, I.M.,** *Automobilul modern*, Editura Academiei Române, București 2003
- [67]. **Oser, P., Brandstetter, W.,** *Principii de bază ale reducerii poluării la motoare cu aprindere prin scânteie aplicând catalizatori*, MTZ 45, 1985
- [68]. **Parker, D.,** *The Measurement and Reduction of Piston Assembly Friction*, Internal Combustion Engine Research in Universities-C375/017, ImechE 1991
- [69]. **Pischinger, F.,** *Vehicle Engine Development Trends under Future Boundary Conditions*, FISITA Congress, Beijing 1994

- [70]. **Popa, B., Silași, C., Bătagă, I.**, *Rodarea și uzura motoarelor cu ardere internă*, Editura Tehnică, București 1967
- [71]. **Raica, T.**, *Construcția și calculul motoarelor cu ardere internă - vol.I-V*, Timișoara 1978
- [72]. **Rakosi, E., Rosca, R., Manolache, G.**, *Combustibili neconvenționali oxigenați pentru motoare cu ardere internă*, Editura Gh. Asachi, Iași 2002
- [73]. **Rizi, A., W., Inouye, M.**, *Time Split Finite Volume Method for Three Dimensional Blunt Body Flow – vol. 11*, AIAA Journal 1973
- [74]. **Sandu, V., Marinescu, A.**, *Aparatura modernă pentru măsurarea emisiilor motoarelor Diesel, Conferința ESFA*, București 1995
- [75]. **Schedel, R.**, *Moving Towards the Optimum Combustion Process*, Auto Technology vol. I, 2001
- [76]. **Seiffert, U.**, *The Automobile in the Next Century*, FISITA Congress, Praga 1996
- [77]. **Smith, E., Clarke D., Sherrington**, *The Measurement of Piston Assembly Friction in a Engine*, Internal Combustion Engine Research in Universities-C433/031, ImechE 1991
- [78]. **Spalding, D.B.**, *Some Fundamentals of Combustion*, Academic Press, New York 1955
- [79]. **Stokes, J., Hadded, O., Lake, T.H., Pendlebury, K.J.**, *Le vehicule a essence du futur: emissions ultra-bases et faible consommation de carburant*, Congres International SIA, Paris 1994
- [80]. **Stratulat, M., Andreescu, C.**, *Diagnosticarea automobilului*, Știință și Tehnică, București 1998
- [81]. **Tecușan, N., Ionescu, E.**, *Tractoare și automobile*, Editura Didactică și Pedagogică, București 1982
- [82]. **Thring, R.**, *Piston Skirt Friction in Internal Combustion Engines*, Internal Combustion Engine Research in Universities-C375/002, ImechE 1991
- [83]. **Ting L., Shih T.**, *Piston Ring Friction Loss Behaviour for Motored and Fired Reciprocating Engines*, Proceedings 6-th International Congress on Tribology vol.IV-Eurotrib, Budapest 1993
- [84]. **Tokar, A.**, *Cercetări privind interacțiunea dintre automobilul echipat cu motor cu ardere internă și mediu*, Teză de doctorat, Univ. Politehnica, Timișoara 2009
- [85]. **Tuzu, C.**, *Motoare Diesel*, Editura Tehnică, București 1966
- [86]. **Uricanu, P.N., Negrea, V.D., Ostoia, D., Mihon, L.**, *Audi Q7 Hybrid The Clean Way to High Performance*, International Symposium „Man and the Environment” 5th Edition, Fac. de Mecanică, Univ. Politehnica, Timișoara 2007

- [87]. **Uricanu, P.N., Iorga, D., Hiticaș, I., Hențiu, R., Bacoș, L.,** *Simularea prin calcul a performanțelor grupului autovehicul – motor propulsor*, Fac. De Mecanică, Univ. Politehnica, Timișoara 2010
- [88]. **Uricanu, P.N., Hiticaș, I., Iorga, D., Bacoș, L., Hențiu, R.,** *Evoluția emisiilor poluante a unui autovehicul între inspecțiile tehnice periodice*, Fac. De Mecanică, Univ. Politehnica, Timișoara 2010
- [89]. **Vasilescu, C. Q.,** *Combaterea poluării produse de motoarele cu ardere internă*, Editura Academiei, 1975
- [90]. **Ventre, P.,** *The Automotive Industry and the Environment – Acting Now to Protect the Future*, FISITA Congress, Praga 1996
- [91]. **Vibe, G.,** *Brennverlauf und Kreisprozess von Verbrennungsmotoren*, VEB-Verlag Technik, Berlin 1970
- [92]. **Voicu, V.,** *Tehnica desprăfuirii aerului*, Editura Tehnică, București 1988
- [93]. **Walsh, P. M.,** *Global Trends in Motor Vehicle Pollution Control- Accomplishments to Date and Challenges Ahead*, FISITA World Automotive Congress, Helsinki 2002
- [94]. **Webb, A.,** *A Piston Revolution*, Engineering Management Journal, February 2002
- [95]. **Whitehouse, N.D., Baluswamy, N.,** *Calculation of Gaseous Products During Combustion in Diesel Engine Using a Four Zone Model*, SAE Paper No. 770410, USA 1977
- [96]. **Williams, A.,** *Combustion of Liquid Fuel Sprays*, ISBN 0-408-04113-7-1990
- [97]. **Williams, F.A.,** *Combustion Theory*, Addison-Wesley Publishing Company, 1965
- [98]. **Wolters, P.,** *Fuel Economy Concepts for Gasoline Engines in Connection with Future Emission Legislation*, FISITA Congress, Paris 1998
- [99]. **Woschni, G.,** *Elektronische Berechnung von Verbrennungsmotor-Kreisprozessen-MTZ*, 1965, 11
- [100]. **Yasuhiro, D.,** *Future Technologies for Low-Emission and Fuel-Efficient Vehicles*, FISITA World Automotive Congress, Helsinki 2002
- [101]. **Yeh, C., Kosaka, H., Kamimoto, T.,** *Measurements of Drop Sizes in Unsteady Dense Spray*, Tokyo Institute of Technology, Japan 1996
- [102]. *** *Automotive HandBook*, Bosch 3-rd Edition, Stuttgart 1993
- [103]. *** *Kleine Kolbenkunde-Mahle*, 1975
- [104]. *** *Zum Entwicklungsstand der Kolbenringe und Dichtungen für Verbrennungsmotoren-MTZ-1978*
- [105]. *** *Colecția de reviste MTZ*

- [106]. *** Colecția de reviste ATZ
- [107]. *** Colecția de reviste Automotive Engineer
- [108]. *** www.porsche.com
- [109]. *** www.mercedesbenz.com
- [110]. *** www.bmw.com
- [111]. *** www.dieselgreen.com
- [112]. *** www.sae.com
- [113]. *** www.avl.at
- [114]. *** Diesel Vehicle Emission and Urban Air Quality, QUARG 1993
- [115]. *** Obgastehnik fur Ottomotoren Tehnische Unterrichtung Bosch

ANEXE

