

**UNIVERSITATEA “POLITEHNICA”  
TIMIȘOARA  
Facultatea de Mecanică**

**TEZĂ DE DOCTORAT**

**“STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND CONTROLUL  
NOXELOR PENTRU MOTOARELE CU ARDERE  
INTERNĂ ÎN CONDIȚIILE INTERACȚIUNII CU  
AUTOMOBILUL”**

Conducător științific:

**Prof.dr.ing. Virgiliu-Dan NEGREA**

Membru Titular al Academiei de Științe Tehnice din România

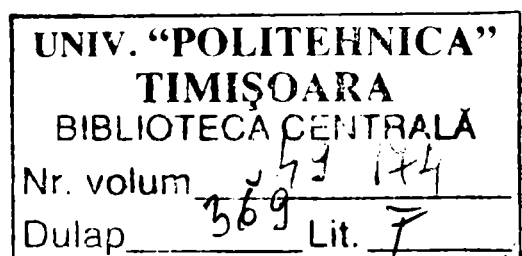
**Doctorand:**

**Ing. Lăcrămioara Suzana Petruțescu-Boaru**

**2006**

## Cuprins

<b>Cap.1</b>	<b>Introducere</b>	5
<b>Cap. 2</b>	<b>Stadiul actual al cercetărilor în domeniul poluării în transportul rutier</b>	8
2.1	Legătura între ecologie și poluare	8
2.2	Transporturile rutiere, natura și efectele emisiilor produse de motoarele cu ardere internă	8
2.3.	Poluarea comparativă între motoarele cu aprindere prin scânteie și motoarele cu aprindere prin comprimare	16
2.4	Căile posibile ale influenței emisiilor din trafic	21
2.5.	Utilizatorul	34
2.6.	Managementul traficului	34
2.7.	Concluzii	34
<b>Cap. 3</b>	<b>Motorul cu ardere internă unitate energetică și sursă de poluare în tracțiunea rutieră</b>	36
3.1.	Introducere	36
3.2.	Poluarea globală	38
3.3.	Originea poluanților din gazele de evacuare ale motoarelor cu aprindere prin comprimare	39
3.3.1.	<i>Originea fumului emis de către motoarele cu aprindere prin comprimare</i>	40
3.3.2.	<i>Originea emisiilor de hidrocarburi și a mirosului gazelor evacuate</i>	42
3.4.	Formarea poluanților în motorul cu injecție directă	42
3.4.1.	<i>Câmpul concentrațiilor în perioada întârzierii la autoaprindere</i>	42
3.4.2.	<i>Formarea substanțelor poluante</i>	43
3.5.	Formarea poluanților în motorul cu injecție indirectă	44
3.6.	Controlul arderii în motorul cu aprindere prin comprimare	45
3.7.	Transportul rutier și controlul climei	69
3.7.1.	<i>Mobilitate – Pretenție și cerință</i>	69
3.7.2.	<i>Condiția protecției climei</i>	72
3.7.3.	<i>Contribuția industriei de automobile la protecția climei</i>	76
3.7.4.	<i>Măsuri adevărate și false</i>	78
3.7.4.1.	<i>Obiective juste</i>	78
3.7.4.2.	<i>Combustibili fără conținut de sulf</i>	79



3.7.4.3.	<i>Măsuri greșite</i>	81
3.7.5.	<i>Concluzii</i>	82
<b>Cap. 4</b>	<b>Echipamente și metodici de cercetare pentru evaluarea performanțelor de poluare ale motoarelor cu ardere internă în corelație cu autovehiculul ce-l echipează</b>	84
4.1.	Particulele emise de motoare	84
4.2.	Instalații de măsură a noxelor	88
4.2.1.	<i>Instalații de măsură a poluanților gazoși</i>	88
4.2.2.	<i>Instalații de măsură a particulelor</i>	88
4.3.	Echivalența fum-particule	90
4.3.1.	<i>Corelații cu unitățile de fum Bosch</i>	91
4.3.2.	<i>Corelația cu unitățile de fum Hartridge</i>	93
4.3.3.	<del><i>Interpretarea curbelor de echivalență</i></del>	95
4.3.4.	<i>Verificarea corelației fum – particule</i>	95
4.4.	Aparatură pentru măsurarea noxelor	96
4.4.1.	<i>Măsurarea monoxidului de carbon</i>	96
4.4.2.	<i>Măsurarea oxizilor de azot</i>	97
4.4.3.	<i>Măsurarea hidrocarburilor</i>	98
4.4.4.	<i>Măsurarea fumului</i>	100
4.4.5.	<i>Măsurarea particulelor</i>	101
4.5.	Construcția aparatelor pentru măsurarea noxelor de tip Gats, AVL, Flux 5000 și Opax 2000	101
4.5.1.	<i>Prezentarea și caracteristicile aparatului Gats 1000 NGD</i>	101
4.5.2.	<i>Prezentarea și caracteristicile aparatului AVL DCom 4000 NO<sub>x</sub></i>	104
4.5.2.1.	<i>Date tehnice ale sistemului AVL 4000</i>	104
4.5.2.2.	<i>Operarea aparatului</i>	105
4.5.3.	Aparatul de măsurarea a gradului de poluare la motoarele cu aprindere prin scânteie Flux 5000	113
4.5.3.1.	<i>Generalități</i>	113
4.5.3.2.	<i>Aparatul de măsurare a poluării la m.a.s. Flux 5000</i>	113
4.5.3.2.1.	<i>Generalități</i>	113
4.5.3.2.2.	<i>Caracteristici principale ale aparatului</i>	114
4.5.3.2.3.	<i>Tastatura</i>	115
4.5.3.2.4.	<i>Funcționare și mod de lucru</i>	116
4.5.3.2.4.1.	<i>Introducere</i>	116
4.5.3.2.4.2.	<i>Efectuarea testului simplu</i>	116
4.5.3.2.4.3.	<i>Testul standard</i>	117
4.5.4.	<i>Aparatul de măsurarea a gradului de poluare la</i>	118

	<i>motoarele cu aprindere prin comprimare Opax 2000</i>	
4.5.4.1.	<i>Generalități</i>	118
4.5.4.2.	<i>Aparatul de măsurare a poluării la m.a.c. Opax 2000</i>	118
4.5.4.2.1.	<i>Generalități</i>	118
4.5.4.2.2.	<i>Caracteristici principale ale aparatului</i>	119
4.5.4.2.3.	<i>Tastatura</i>	119
4.5.4.2.4.	<i>Afișajele (display-uri)</i>	121
4.5.4.3.	<i>Modul de lucru</i>	122
4.5.4.3.1.	<i>Utilizarea aparatului</i>	122
4.5.4.3.2.	<i>Alte măsurători</i>	123
4.6.	Standuri dinamice cu role pentru încercarea motoarelor cu ardere internă pentru măsurarea noxelor	124
4.6.1.	<i>Caracteristici</i>	124
4.6.2.	<i>Scheme pentru standuri dinamice cu role</i>	125
<b>Cap. 5</b>	<b>Evaluarea noxelor pentru motoarele cu aprindere prin scânteie de tracțiune rutieră și interpretări comparative a rezultatelor cercetărilor</b>	127
5.1.	Generalități	127
5.2.	Evoluția noxelor și a oxigenului în funcție de coeficientul excesului de aer	130
5.3.	Evaluarea noxelor pentru motoarele cu aprindere prin scânteie de tracțiune rutieră utilizând informații statistice	143
<b>Cap. 6</b>	<b>Modelarea termogazodinamicii motoarelor cu aprindere prin comprimare prin evaluarea ciclului real de funcționare</b>	151
6.1.	Evaluarea ciclului real de funcționare pentru motoarele cu aprindere prin comprimare	151
6.2.	Cu privire la evaluarea noxelor pentru motoarele cu aprindere prin comprimare de tracțiune rutieră utilizând informații statistice	170
<b>Cap. 7</b>	<b>Cercetări experimentale și interpretarea comparativă cu date de calcul pentru noxele eșapate de către motoarele cu ardere internă și studii asupra evaluării prin echivalență a conținutului de fum pentru motorul diesel</b>	174
7.1.	Date experimentale privind evoluția în timp și după rulajul în kilometri a noxelor pentru autovehicule rutiere	174
7.2.	Evoluția fumului în cazul motoarelor diesel	194
7.3.	Studii asupra evaluării prin echivalență a fumului	198
7.4.	Interpretarea în juxtapunere cu date de calcul a rezultatelor cercetărilor experimentale	200



<b>Cap. 8</b>	<b>Concluzii generale și contribuții personale</b>	202
8.1.	Concluzii generale	202
8.2.	Contribuții personale	203
	<b>Bibliografie</b>	207
	<b>Anexe</b>	214
	<b>Mulțumiri</b>	223

## CAPITOLUL 1

### INTRODUCERE

Poluarea naturală a existat pe pământ de miliarde de ani, fiind un principal factor modelator al climei și reliefului. În această categorie intră erupțiile vulcanice, cutremurele, inundațiile și alunecările de teren, eroziunea solului fiindu-i caracteristică reversibilitatea efectelor, păstrarea ciclurilor vitale biologice și biochimice permițând refacerea naturii.

Poluarea artificială este rezultatul activității omului, în lupta pentru cucerirea naturii. Deci poluarea este o parte a ecologiei care studiază perturbarea echilibrelor biologice, a ecosistemelor. Caracteristică poluării artificiale este interferența consecințelor activității omului cu acțiunea modelatoare a naturii. De mare pericolozitate sunt ploile acide, extinderea deșerturilor, eutrofizarea apelor, efectul de seră (datorat în mare măsură arderii combustibililor), micșorarea stratului de ozon din stratosferă.

Cum transporturile rutiere, datorită populației numeroase de autovehicule echipate cu motoare cu ardere internă, având în vedere principiile lor constructive și regimurile de mare variabilitate funcțională pe care le cunosc, sunt o sursă consistentă de poluare, lucrarea tratează de la simplu la complex problematica implicării acestora în perturbarea echilibrului ecologic.

Organizată în 8 capitole lucrarea debutează cu o introducere în cadrul căreia se prezintă importanța temei abordate și se face un scurt rezumat al acesteia.

În capitolul 2 se fac scurte referințe asupra legăturii existente între ecologie și poluare, se analizează transporturile rutiere în contextul naturii și efectelor emisiilor produse de motoarele cu ardere internă ce echipează majoritar acest tip de mașini trecându-se în revistă compușii principali care sunt conținuți în gazele de eșapament. Este analizată comparativ poluarea produsă de motoarele cu aprindere prin scânteie și de cele cu aprindere prin comprimare în raport cu coeficientul excesului de aer care este un factor de influență consistent al emisiilor. De asemenea sunt analizate căile posibile pentru stabilirea influenței emisiilor din trafic cu o serie de grafice inspirate preluate din literatura de specialitate pentru a se ajunge la standardizarea nivelului emisiilor, evoluția acestora în timp

după norme și stabilindu-se în esență ce prescripție au legislațiile EURO 3 și EURO 4. Se stabilesc influențele pe care le are utilizatorul asupra regimului de agenți poluanți și asupra managementului transportului.

Capitolul 3 analizează originea poluanților în gazele de evacuare ale motoarelor diesel în prisma originii fumului cu mecanismul de formare a acestuia și originea emisiilor de hidrocarburi și a mirosului gazului de evacuare. Având în vedere condițiile deosebite inclusiv în legătură cu formarea amestecului se tratează separat formarea poluanților în motoarele cu aprindere prin comprimare cu injecție directă și în cele cu cameră divizată trecându-se apoi la expunerea mijloacelor de control a arderii în motorul diesel inclusiv prin analiza injecției pilot cu influențele pe care le are atât asupra consumului specific de combustibil cât și asupra nivelului de noxe. Se fac referiri asupra posibilităților de control integral al amestecului aer-combustibil pentru obținerea emisiilor motoarelor diesel aproape de zero. Contribuția industriei de automobile la protecția climei prezintă câteva informații interesante legate de instalațiile de climatizare de ultim nivel, de utilizarea uleiurilor ușoare care au efect asupra reducerii consumului de combustibil de folosirea unor pneuri mai performante, precum și efectele diminuării emisiilor de dioxid de carbon. Având în vedere nocivitatea compușilor de sulf se analizează și efectele folosirii combustibililor fără conținut de sulf.

În capitolul 4 se prezintă metodele și instalațiile de măsurare a noxelor și echivalența fum-particule în corelație cu unitățile de fum Bosch și Hartridge, construcția aparatelor pentru măsurarea noxelor de tip Gats și AVL, precum și, aparatul de măsurare a gradului de poluare la motoarele cu aprindere prin scânteie Flux 5000 și aparatul de măsurare a gradului de poluare la motoarele cu aprindere prin comprimare Opax 2000.

Capitolul 5 tratează evoluția noxelor pentru motoarele cu aprindere prin scânteie de tracțiune rutieră în funcție de coeficientul excesului de aer, atât din punct de vedere al rezultatelor teoretice cât și experimentale. Se prezintă standurile pentru măsurarea noxelor, analizorul de gaze, traductorul de turație și evaluarea noxelor pentru motoarele cu aprindere prin scânteie de tracțiune rutieră utilizând informații statistice. Măsurarea experimentală a noxelor pentru motoarele cu aprindere prin scânteie s-a realizat pentru 5 tipuri de autovehicule și anume Dacia 1310, Cielo, Opel Astra, Renault 19 și Tico.

Capitolul 6 prezintă informații generale pentru metoda umplerii și golirii cilindrului motorului, se folosește programul UNISORI pentru calculul ciclului real de funcționare pentru motoare cu aprindere prin comprimare obținându-se caracteristicile motoarelor MAN D 2156 HMN, OM 352 și OM 352A. S-au trasat diagramele indicate, variațiile temperaturii, coeficientului excesului de aer din cilindru, vitezei

unghiulare momentane, coeficientul excesului de aer pe evacuare, temperatura pe evacuare pentru 2 autocamioane de tip ROMAN D 2156 HMN și motoarele OM 352 și OM 352A care echipează autovehiculele de tip Mercedes Benz - Unimog. Se mai prezintă variația lui  $\text{NO}_x$  în funcție de turația motorului, variația particulelor precum și evaluarea noxelor utilizând informații statistice.

În capitolul 7 se fac cercetări experimentale privind noxele eșapate de către motoarele cu ardere internă în timp și după numărul de kilometri parcurși de autovehiculele de tip Cielo și Opel Astra cu injecție multipunct, Dacia 1310 și Tico cu carburator și Renault 19 cu injecție monopunct. Se mai prezintă evoluția fumului, camera de prelevare gaze, opacimetru pentru motoarele cu aprindere prin comprimare, ecuațiile de variație a fumului și studii asupra evaluării prin echivalență a conținutului de fum pentru motorul diesel.

Capitolul 8 se referă la concluziile generale, contribuțiile personale pentru ansamblul lucrării prezentându-se selectiv bibliografia utilizată.

## CAPITOLUL 2

# STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL POLUĂRII ÎN TRANSPORTUL RUTIER

### 2.1. LEGĂTURA ÎNTRE ECOLOGIE ȘI POLUARE

Știința care se ocupă cu studiul interacțiunii dintre ființele vii și dintre acestea și mediul în care trăiesc se numește ecologie. Originea denumirii vine din limba greacă și anume: oikos – casă și logos – știință și a fost dată în 1866 de biologul german Ernest Haeckel în lucrarea „Morfologia generală a organismului”. Ecologia este o știință a gospodăririi planetei care se bazează pe observații proprii, pe experimente și cercetări efectuate prin mijloace statistice și pe modele matematice fiind desprinsă din biologie, științe medicale și din cele social-umaniste [49].

O legătură strânsă există între ecologie și poluare. Poluarea constă în introducerea în mediu a unor substanțe care pot deranja echilibrul ecologic între ființele vii, care dăunează stării de sănătate, de confort a oamenilor și care produc pagube economice prin modificarea factorilor naturali sau a celor creați prin activități umane. Ansamblul modificărilor defavorabile pe care le suportă calitățile naturale ale acestuia sub influența activităților societății omenești reprezintă poluarea mediului înconjurător. Poluarea începe în momentul în care consistența noxelor nu mai poate fi controlată de mecanismele existente în natură pentru distrugerea sau izolarea lor. Poluarea nu poate fi considerată numai ca o caracteristică a societății moderne [49].

### 2.2. TRANSPORTURILE RUTIERE, NATURA ȘI EFECTELE EMISIILOR PRODUSE DE MOTOARELE CU ARDERE INTERNĂ

Transporturile rutiere realizate cu autovehicule echipate cu motoare cu ardere internă contribuie foarte mult la poluarea mediului înconjurător, afectând toate ecosistemele. Contribuția procentuală a transporturilor rutiere la degradarea mediului este:

- Schimbări de climă: - prin producerea efectului de seră: 17%  
- prin reducerea stratului de ozon: 2%
- Acidificare: 25%
- Eutroficare cu azot (5%) și cu fosfor (2%)

- Zgomot 90%
- Miroas 38%

Efectele principale sunt reprezentate în tabelul 2.1 [49].

Tabel 2.1

Elementul natural	Efectele
Aer	Emisii de NO <sub>x</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , compuși organici volatili (VOC), PT care produc înrăutățirea stării de sănătate Emisiile de NO <sub>x</sub> și VOC produc O <sub>3</sub> troposferic și peroxiacetil nitrat (PAN) Folosirea și evaporarea combustibililor cu aditivi duce la creșterea emisiei de plumb Poluare sonoră
Apă	Contaminarea cu săruri, aditivi și solvenți a apelor de suprafață și de adâncime Acidificarea prin SO <sub>2</sub> și NO <sub>x</sub> 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

Sursele principale de emisii în care transportul rutier apare ca sursă distinctă funcție de tipul motorului: m.a.s. – motoare cu aprindere prin scânteie care funcționează cu benzină și m.a.c. - motoare cu aprindere prin comprimare care funcționează cu motorină sunt redade în tabelul 2.2 [49].

Tabel 2.2

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

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

• - între 25 - 50 %, analog

# - peste 50%, analog.

Din studiile efectuate în Germania, privind măsurătorile asupra poluării aerului efectuate și raportate atât la surse (tabelul 2.3), cât și la parcul de autovehicule (tabelul 2.4), prin analiza datelor se pot face o serie de aprecieri. Se constată că mijloacele de transport (de la motociclete la avioane) produc 74% CO,

61% NO<sub>x</sub> și 21% CO<sub>2</sub>; contribuția lor la emisia de SO<sub>x</sub> și particule este relativ mică [49].

Tabel 2.3

Poluant	Gradul de poluare [%]			
	Industrie	Centrale electrice	Utilizări civile	Transporturi
CO	15.2	0.5	10.6	73.7
NO <sub>x</sub>	9.8	24.6	4.8	60.8
SO <sub>x</sub>	23.7	60.8	10.7	4.8
HC*	44.3	0.6	3.5	51.6
CO <sub>2</sub>	21	33	24	21
PT**	63.6	15.3	8.1	13

\* - incluzând solvenții;

\*\* - incluzând praful

Tabel 2.4

Poluant	Gradul de poluare [%]				
	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 <sub>x</sub>	44.6	12.2	1.3	4.9	37
SO <sub>x</sub>	≈ 0	30	≈ 0	10	60
HC	74	4,6	2,7	4,3	14,3
PT	≈ 0	30	≈ 0	10	60

Dacă se consideră numai poluarea produsă de transporturi (tabelul 2.4), se observă că emisia de CO și HC se datorează, în special, motoarelor cu benzină (m.a.s.). Emisia de SO<sub>x</sub> și particule este produsă, aproape în întregime, de motoarele diesel (m.a.c.), în timp ce emisia de ansamblu pentru NO<sub>x</sub> se împarte relativ egal între m.a.s. și m.a.c. [49].

Efectele cele mai periculoase ale poluării produse de m.a.i. se manifestă la nivelul atmosferei prin emisiile de gaze nocive. Compușii care se formează în gazele de evacuare contribuie la poluarea aerului, atât global cât și local, direct sau indirect, prin reacții chimice în atmosferă. Schimbarea compoziției locale a atmosferei poate produce efecte asupra stării de sănătate a populației, cum ar fi cele produse de emisia de CO, particule și ozon. La nivelul întregii planete, creșterea concentrației de gaze care produc efectul de seră va conduce la încălzirea globală, cu consecințe imprevizibile asupra mediului și a vieții.

Caracterizarea principalelor grupe de substanțe dăunătoare, bazată pe efectele pe care acestea le produc asupra sănătății oamenilor, asupra vegetației și asupra mediului înconjurător, este prezentată în cele ce urmează [49]:



## Hidrocarburile

Cuprind produsele gazoase ale arderii incomplete și componentele din combustibil care se pot vaporiza. S-au identificat circa 400 de compuși individuali în gazele de evacuare, care reprezintă majoritatea claselor de compuși organici, incluzând hidrocarburi alifactice saturate și nesaturate, hidrocarburi aromatice și compuși policiclici, compuși oxigenați cum sunt aldehidele, cetonele, alcoolii, eterii, acizii și esterii, precum și azotați, sulfați și organometalici.

Compușii emiși includ mulți dintre compușii existenți în combustibil și care au trecut neschimbați prin motor. Există diferențe în compoziția hidrocarburilor în gazele de evacuare ale m.a.s. și m.a.c.; în general, m.a.c. conțin o proporție mai mare de hidrocarburi cu masă moleculară mare.

S-a observat că prin combustia unui singur compus – izooctanul – au rezultat 11 hidrocarburi distincte, demonstrând complexitatea produșilor organici ai arderii amestecurilor de combustibili cum sunt motorinele.

Metanul contribuie foarte puțin la formarea rapidă a ozonului, s-a introdus categoria hidrocarburilor fără metan (NMHC), pentru ca restul componentelor să aibă relevanță sporită în aprecierea tendinței de formare rapidă a ozonului. Această categorie nu include compușii oxigenați, cum ar fi aldehidele, alcoolii, eterii și cetonele. Categoria gazelor organice fără metan (NMOG) include acești compuși, având o contribuție mai mare decât NMHC la formarea ozonului.

Privite ca un ansamblu numeros de compuși chimici, considerate ca și substanțe primare care rezultă din procesul nemijlocit de schimb de gaze și de ardere ale m.a.i., hidrocarburile au nocivitate foarte diversă, cuprinzând componenți netoxici, cum ar fi metanul, dar și foarte toxici cum ar fi 4-hidroxibifenilul. Unele sunt iritante și au efecte sistemice reduse, în timp ce altele pot avea consecințe toxicologice grave, cum ar fi disfuncționalitatea sistemului nervos central și a căilor respiratorii, efecte cancerigene și altele.

Ca și substanțe poluante secundare care rezultă prin interacțiunea dintre substanțele primare sau dintre acestea și aer în condiții de umiditate, temperatură și radiație solară, HC sunt un factor important în formarea smogului fotochimic.

Smogul fotochimic, specific unor zone cu circulație verticală redusă a aerului și insolație puternică (Tokio, California), se produce în urma a circa 13 reacții, la care participă peste 200 compuși. Mecanismul acestor reacții nu se cunoaște ceea ce nu a permis reproducerea sa în laborator. Smogul uscat sau fotochimic se instalează brusc, reducând vizibilitatea la zero și este dăunător mai ales pentru persoanele cu suferințe cardio-respiratorii.

Cercetările biologice ale nocivității hidrocarburilor, în special și a altor substanțe poluante, se desfășoară în două categorii de studii biologice:

1. studiul *in vitro* pe lame de laborator, care se bazează pe corelația dintre efectul cancerigen și mutațiile genetice provocate de bacterii; cel mai



cunoscut este testul Ames (1975), care comportă tratarea cu substanțele considerate cancerigene a unui mamifer, care metabolizează substanța, apoi pe anumite componente ale ficatului să se aplice culturi de bacterii (*Salmonella*), care evidențiază mutațiile genetice; acest test este foarte răspândit, iar rezultatele sunt considerate relevante

2. studiul *in vivo*, care urmăresc capacitatea substanțelor considerate cancerigene, introduse prin piele subcutanat sau prin sistemul respirator al animalelor de studiu, de a provoca tumori canceroase.

Transferarea acestor rezultate asupra oamenilor prezintă un grad variabil de incertitudine. Există studii epidemiologice care arată o frecvență mai înaltă a cancerului pulmonar la categoriile profesionale expuse inhalării gazelor de evacuare.

### **Compuși organici volatili (VOC)**

Compuși organici volatili (VOC) cuprind o gamă largă de substanțe:

- hidrocarburi (alcani, alchene, compuși aromatici);
- halocarburi (tricloretilena);
- compuși oxigenați (alcooli, aldehide, cetone).

Toți sunt compuși organici carbonați suficient de volatili pentru a exista sub formă de vapori în atmosferă. Majoritatea măsurărilor de VOC se fac funcție de conținutul lor de carbon, fără analiza componentelor individuale. Nu se pot face generalizări ale efectelor asupra sănătății produse de aceste substanțe; unele sunt toxice și chiar suspectate de a fi cancerigene. Multe dintre VOC contribuie la formarea secundară a poluanților și la reducerea stratului de ozon atmosferic.

### **Aldehidele**

Reprezintă substanțele cu contribuția cea mai mare la formarea ozonului. În special formaldehida și acetaldehida sunt prezente în gazele de evacuare; sunt toxice și posibil cancerigene.

### **Olefinele**

Sunt compuși nesaturați foarte reactivi, cu mulți atomi de carbon în moleculă și care pot accepta atomi de hidrogen sau de clor, au tendința de a forma ozon și sunt foarte toxici. Una dintre olefinele cele mai periculoase este 1,3-butadiena.

### **Compușii aromatici**

Sunt compuși ai carbonului, în care atomii de carbon formează inele ciclice hexagonale; compuși cu două sau mai multe inele, hidrocarburile aromatice policiclice (PAH) se formează ca rezultat al pirolizei, în timpul arderii. Unii compuși aromatici formează ozon și sunt toxici. Benzenul este substanța cu efect

cancerigen dovedit asupra oamenilor, conform aprecierii făcute de IARC (Agenția Internațională de Cercetare a Cancerului), încadrându-se în grupul 1 (tabel 2.5).

Pe baza testelor „in vivo” s-a dovedit că benzo(a)pirenul și dibenz(a,h)antracenu sunt cei mai cancerigeni compuși aromatici care se găsesc frecvent în aer.

Tabel 2.5

Grupa	Descrierea categoriei
1	Efect cancerigen dovedit asupra oamenilor. Această categorie include substanțe chimice pentru care există dovezi suficiente din studii epidemiologice pentru a susține relația cauză – efect între expunere și carcinogeneză
2	Efect cancerigen probabil asupra oamenilor. Această categorie include substanțele chimice pentru care, la o extremă, dovada caracterului cancerigen este aproape suficientă, iar la cealaltă extremă, nu există această dovadă. Pentru a reflecta acest domeniu, categoria este împărțită în două subgrupe funcție de gradul de încredere acordat.
2A	Această subgrupă include substanțele chimice pentru care există cel puțin dovezi limitate de carcinogeneză asupra oamenilor și dovezi suficiente de carcinogeneză asupra animalelor.
2B	Această subgrupă include substanțele chimice pentru care sunt dovezi insuficiente de carcinogeneză asupra oamenilor și dovezi suficiente de carcinogeneză asupra animalelor.
3	Substanțe chimice neclasificabile; cuprinde substanțe chimice care nu pot fi clasificate în funcție de caracterul lor cancerigen asupra oamenilor.

### Oxizii de azot (NO<sub>x</sub>)

Se formează prin reacția oxigenului atmosferic cu azotul la temperaturi și presiuni mari, specifice camerei de ardere. Pe măsură ce crește temperatura crește și ponderea NO<sub>x</sub> în gazele de evacuare. Dintre diverșii oxizi, NO<sub>x</sub> este constituentul principal. În gazele de evacuare este prezentă și o anumită cantitate de dioxid de azot, NO<sub>2</sub>, cantitate ce sporește la ieșirea NO în atmosferă, prin oxidarea lui suplimentară.

NO<sub>2</sub> este considerat ca cel mai important pentru sănătatea omului, astfel că statisticile asupra riscurilor de îmbolnăvire și asupra concentrațiilor ambiante, precum și normele și standardele, sunt exprimate adesea cu referință directă la NO<sub>2</sub> și nu la categoria mai generală a NO<sub>x</sub>.

Dioxidul de azot este astfel considerat dăunător, având efecte toxice moderate prin inhalarea de către om, producând disfuncții pulmonare, afecțiuni respiratorii acute, iritarea ochilor și în general a mucoaselor, ca substanță primară; ca substanță secundară, efectele dăunătoare asupra mediului pe care le produc NO<sub>2</sub> și restul NO<sub>x</sub> includ ploile acide, cu consecințe nefaste asupra vegetației. NO<sub>x</sub> sunt esențiali în formarea ozonului. Când NO<sub>2</sub> este supus radiației ultraviolete solare, un

atom de oxigen se separă în moleculă, iar dacă el se combină cu o moleculă de oxigen ( $O_2$ ), se formează ozonul ( $O_3$ ).

Emisiile de  $NO_x$  constituie al doilea component ca pondere, care contribuie la producerea efectului de seră, după  $CO_2$  și au o contribuție importantă la formarea smogului fotochimic.

### **Monoxidul de carbon**

Este un gaz incolor, inodor și insipid, care este mai puțin dens decât aerul; este un compus relativ stabil și participă în mică măsură la reacțiile chimice atmosferice. CO este un produs intermediar prin care trec toți compușii carbonului când sunt oxidați. În prezența unei cantități suficiente de  $O_2$ , CO produs în timpul arderii este imediat oxidat, obținându-se  $CO_2$ , dar acest lucru nu se întâmplă în cazul funcționării motorului în regim de mers în gol sau de decelerare. În condiții obișnuite de funcționare, motoarele diesel produc cantități mici de CO, comparativ cu motoarele cu benzină.

Afinitatea CO de a se combina cu hemoglobina este de 220 de ori mai mare decât pentru  $O_2$ , rezultând carboxihemoglobina, ceea ce produce, chiar și pentru doze mici, afecțiuni ale sistemului nervos, respirator și cardiovascular. Reacția este reversibilă și expunerea intoxicațiilor timp de câteva ore la aer curat duce la eliminarea gazului din corp. Regula lui Henderson și Haggard arată că există o corelație strânsă între concentrația gazului și timpul de expunere. Produsul dintre părți CO/10 000 și timpul de expunere, în ore, dă o cifră orientativă cu privire la toxicitatea gazului.

CO participă, ca substanță secundară, la o serie de reacții atmosferice incluzând și formarea ozonului, în mod indirect, prin reacția cu radicalii hidroxili (OH) pe care îi consumă și care ar fi contribuit la neutralizarea unor gaze cu potențial mai mare de producere a efectului de seră, cum ar fi metanul.

Intoxicația cu CO conduce la dureri de cap, oboseală, amețeli, tulburări de vedere, irascibilitate, palpitații, vomă, leșin, comă, moarte.

### **Particulele**

Reprezintă un amestec de substanțe organice și anorganice prezente în atmosferă atât în formă lichidă, cât și solidă și care provin din gazele arse, definirea particulelor se face implicit prin procedeul de măsurare a acestora, fiind cazul m.a.c. „material colectată pe un filtru special la trecerea gazelor arse emise de un motor cu aprindere prin comprimare, gaze diluate cu aer curat până la obținerea temperaturii acestora de maximum 52 °C”.

După mărime, se consideră particule mari acele particule care au un diametru mai mare de 2,5  $\mu m$ , iar particule mici cele sub 2,5  $\mu m$  diametru. Emisia de particule a m.a.c. este mult mai mare decât a m.a.s., chiar utilizând benzine etilate.

Raportul acestor emisii variază între 6 și 22 (4 – 7 g/l pentru autovehiculele grele, față de 0,65 g/l pentru motoarele cu benzină), iar dacă raportarea se face în g/km, valoarea emisiei de particule m.a.c./m.a.s. este de 500:1.

Există o îngrijorare crescândă asupra efectelor pe care le produc particulele asupra sănătății. S-au făcut cercetări asupra fracțiunii de carbon din particule; carbonul nu este toxic, dar proprietățile sale fizice pot afecta funcția celulară a plămânilor. Particulele de carbon emise de motoarele diesel sunt foarte mici și penetrează adânc în plămâni, unde se acumulează. În timp, acumularea carbonului poate întârzia mecanismul de curățare pulmonară.

### **Ozonul și peroxiacetil – nitratul (PAN)**

Ozonul este forma triatomică a oxigenului molecular; este unul dintre agenții oxidanți cei mai puternici, fapt care îl face puternic reactiv. PAN este un agent de oxidare format de reacția compușilor organici cu radicalul OH și apoi cu O<sub>2</sub> și NO<sub>2</sub>. Ozonul și ceilalți oxidanți produc o serie de efecte cum ar fi iritații ale mucoaselor, insuficiențe respiratorii, tuse, dureri de cap etc.

Prin „rupturile” în stratul de mare altitudine de ozon ce din păcate se extind, nu mai este filtrată radiația ultravioletă, ceea ce conduce la creșterea incidenței cancerului de piele în ultimul timp.

### **Compuși cu sulf**

Petrolul nerafinat conține o fracțiune de compuși cu sulf, deoarece aceștia sunt concentrați în fracțiunile grele, există în cantități mai mari în motorină decât în benzină. Cantitatea de sulf din motorină depinde țiteiul din care este extrasă motorina și de măsura în care aceasta este tratată pentru reducerea sulfului. Când combustibilul este ars, majoritatea sulfului se transformă în bioxid de sulf, iar o cantitate mică (2 %) este oxidată până la trioxid de sulf, care se combină cu apă și cu alți compuși ai gazelor de evacuare, formând acidul sulfuric și sulfații, care contribuie la emisia totală de particule.

Transporturile rutiere reprezintă un contribuant minor la emisia de compuși de sulf, iar presiunea de a reduce conținutul de sulf din motorină izvorăște mai mult din necesitatea de a limita bioxidul de sulf.

Deoarece limitele emisiei de particule sunt din ce în ce mai mici, producătorii de motoare pot utiliza aplicarea unor sisteme de post – tratare a gazelor arse, în scopul respectării reglementărilor. O tehnică eficientă de reducere a particulelor și a VOC este folosirea catalizatorilor de oxidare. Când aceștia sunt utilizați, ei favorizează oxidarea bioxidului de sulf în trioxid de sulf, care este emis sub formă de particule. Dacă conținutul de sulf, este de exemplu, în jur de 0,3 %, atunci emisia totală de particule poate crește de 3 ori când se folosesc catalizatori, deși se obține o reducere importantă a fracțiunii alcătuite din hidrocarburi.

Ca substanțe secundare, oxizii de sulf sunt importanți pentru formarea smogului umed. Smogul umed se formează în atmosfera cu vapori de apă, oxizi de sulf și oxid de carbon la 4°C, el fiind sufocant, reducând vizibilitatea până la zero. Prima situație catastrofală s-a înregistrat la Londra în 1954, când au decedat 3 500 de persoane, pericol de producere a smogului umed înregistrându-se și în bazinul Ruhr din Germania.

### **Dioxidul de carbon (CO<sub>2</sub>)**

CO<sub>2</sub> nu joacă un rol semnificativ în producerea ozonului și nu este toxic; el contribuie la producerea efectului de seră, în proporție de 50% căci absoarbe energia radiată de suprafața terestră.

Cu toate că nu este o noxă, dioxidul de carbon, CO<sub>2</sub> este considerat, de curând, ca poluantul cel mai periculos al planetei noastre, perturbând clima, topind ghețurile eterne și icebergurile, prin efectul de seră pe care îl produce.

S-a calculat că automobilele introduc în atmosferă circa 4 tone CO<sub>2</sub> pe an și km<sup>2</sup>. Fără a ține seama de rolul dioxidului de carbon în procesul de fotosinteză și de acțiunea clorofilei plantelor, se poate arăta că numai respirația umană introduce anual 300 kg CO<sub>2</sub> pe locuitor, ceea ce pentru o densitate de 100 locuitori pe km<sup>2</sup> duce la 30 t pe an. Aceasta înseamnă că, în limitele valorilor acceptate, automobilul produce o emisiune de dioxid de carbon de 12%, ceea ce nu poate fi considerat actualmente ca o calamitate, dar poate deveni, date fiind tendințele tot mai accentuate de motorizare.

Efectul de seră „murdar”, determinat de particulele cu dimensiuni microscopice, care pot ajunge în stratosferă, se manifestă prin absorbția unei cote părți relativ mici de energie solară, cu estomparea efectului de seră propriu-zis.

## **2.3. POLUAREA COMPARATIVĂ ÎNTRE MOTOARELE CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE ȘI MOTOARELE CU APRINDERE PRIN COMPRIMARE**

Transporturile rutiere folosesc două tipuri de motoare cu ardere internă și anume: - motoarele cu aprindere prin scânteie (m.a.s.)

- motoarele cu aprindere prin comprimare (m.a.c.)

M.a.s sunt folosite la motociclete, autoturisme și autoutilitare mici și mijlocii, iar m.a.c. la autoturisme, autoutilitare, autocamioane și autobuze.

M.a.s au fost folosite mai ales la autoturisme, unde este necesară o putere specifică mare. Ele sunt mai ieftin de executat și oferă performanțe mai bune de accelerare decât m.a.c. echivalente. Pentru vehicule mai mari, cum ar fi camioanele și autobuzele, m.a.c sunt folosite datorită economicității și durabilității crescute.



În ultimii ani, s-au dezvoltat m.a.c. de capacitate mică și s-a redus diferența de preț, observându-se treptat trecerea lor la folosirea lor, mai ales la autoturisme și autoutilitare. Multe din aceste vehicule ușoare au fost dotate cu m.a.c. supraalimentate, pentru creșterea puterii specifice.

În ultimul deceniu, vehiculele echipate cu motoare diesel au devenit din ce în ce mai răspândite, reducându-se decalajul față de vehiculele echipate cu motoare cu benzină, în ceea ce privește performanțele, zgomotul și prețul de cost.

Pentru o apreciere globală comparativă între concentrațiile de monoxid de carbon, oxizi de azot și hidrocarburi eșapate de către m.a.s. și m.a.c., în raport cu unul dintre cei mai importanți factori de influență, coeficientul excesului de aer  $\lambda$ , în figura 2.1 este reprezentată această interdependență, constatându-se că, cel puțin în raport cu noxele la care ne-am referit, m.a.c. este mai puțin poluant decât m.a.s...

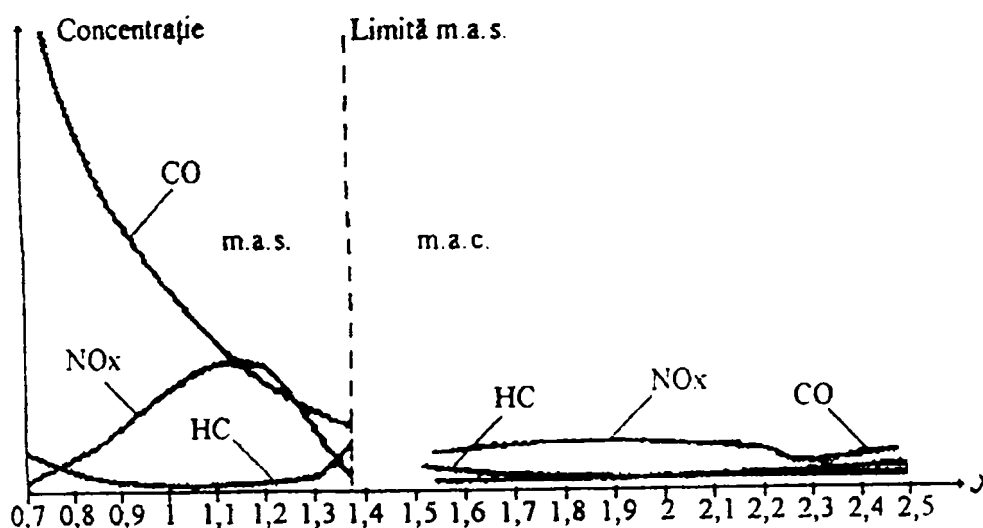


Fig. 2.1. Alura curbelor de concentrație ale principalelor emisii m.a.s./m.a.c.[49]

Substanțele nocive reprezintă în cazul m.a.s. circa 1% din total gaze eșapate conform schemei din figura 2.2.

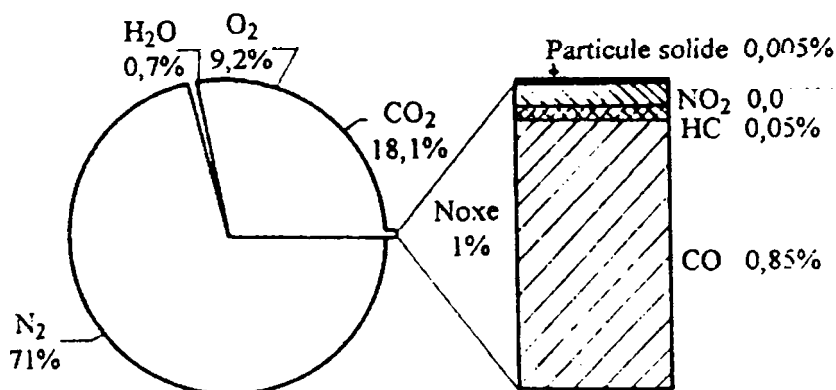


Fig. 2.2. Compoziția gazelor de ardere la m.a.s.[49]

În cazul m.a.c. substanțele nocive reprezintă circa 0,3% din total gaze eșapate – figura 2.3.

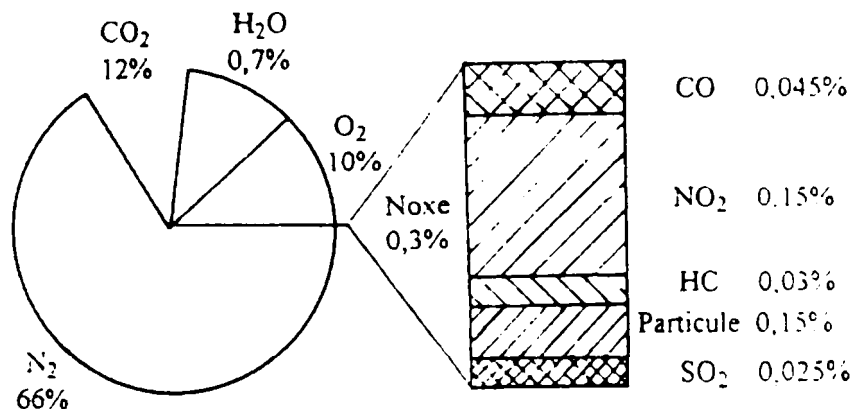


Fig. 2.3. Compoziția gazelor de ardere la m.a.c.[49]

Din punct de vedere al emisiilor poluante, există păreri divergente în ceea ce privește aprecierea gradului de toxicitate al m.a.c. și m.a.s.. Până nu demult, motoarele diesel erau considerate numai după caracteristicile exterioare (fum negru și mirosul neplăcut al gazelor) ca fiind principalul pericol asupra mediului, motorul cu aprindere prin scânteie, datorită emisiilor sale invizibile, părând a fi motorul „curat” al viitorului.

Măsurările efectuate de firma italiană VM asupra acestor două tipuri de motoare au arătat că, în ciuda fumului și a mirosului, gazele emise de m.a.c. sunt mai puțin toxice decât HC și CO emise de m.a.s.; testele efectuate asupra autoturismelor dotate cu m.a.s. și m.a.c. au scos în evidență faptul că m.a.s. emite de 10 ori mai mult CO, de 12 – 14 ori mai mult HC, aproximativ de 2 ori mai mult NO<sub>x</sub>. M.a.c. are emisii mult mai mari de particule (de circa 3 ori) și de SO<sub>x</sub> (circa 4 ori) față de nivelurile m.a.s..

Se detaliază în tabelul 2.6 [49] nivelul de emisii pentru cele două tipuri de motoare fiind prezentate comparativ ca valoare nivelul emisiilor pentru m.a.s standard, m.a.s cu catalizator și diesel. M.a.c înregistrează emisii mai scăzute de CO, HC, NO<sub>x</sub> decât m.a.s standard (fără catalizatorul trivalent), iar pentru PT emisiile m.a.c. sunt mult mai mari decât pentru m.a.s.. Comparația între m.a.s. cu catalizator și m.a.c. arată că emisiile gazoase legiferate sunt apropiate.

Tabel 2.6

Tipul de vehicul	Emisii medii în trafic [g/km]			
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PT
M.a.s. standard (cu catalizator)	27	2,8	1,7	-
M.a.s. cu catalizator	2	0,2	0,4	-
Diesel	0,9	0,3	0,8	0,4

S-a constatat la emisiile nelegiferate că, m.a.c. emit mai puține hidrocarburi ușoare decât m.a.s. cu catalizator, cu câteva excepții: etilena, propilena și 1-butena care au un rol important în formarea ozonului.

Compușii aromatici, pe lângă efectul fotochimic, au o semnificație aparte datorită efectului cancerigen. Emisia de benzen este de 3 ori mai mare la m.a.s. cu catalizator decât la m.a.c.. Pentru toluen, diferența este de un ordin de mărime, dar 1,3-butadiena este prezentă în gazele emise de m.a.c. în concentrații mai mari decât la m.a.s. cu catalizator.

Emisiile autovehiculelor sunt mai mari în cazul funcționării cu motorul rece. Pe vreme caldă, un vehicul cu m.a.s. va trebui să fie condus circa 10 km în oraș pentru a se încălzi și a funcționa eficient în condiții similare, vehiculul cu m.a.c. necesită numai 5 km. Tabelul 2.7 [49] prezintă creșterea de emisii datorată pornirii la rece în funcționare urbană. Creșterea pentru m.a.c. și m.a.s. standard este similară, dar pentru m.a.s. cu catalizator se observă o creștere cu un ordin de mărime la CO și HC, pentru că în catalizator nu s-au atins temperaturile de regim.

Tabel 2.7

Tipul de vehicul	Raportul rece/cald			
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PT
M.a.s. standard, fără catalizator	1.6	2	1	-
M.a.s. cu catalizator	9.6	11	1.3	-

Asupra emisiilor poluante, traficul intens are următoarea influență: s-au comparat emisiile în două teste urbane, unul fiind cel european urban, iar celălalt fiind un ciclu de trafic urban intens. Rezultatele au arătat că efectul congestionării este mai mare decât cel al funcționării la rece, pentru același traseu simulat.

Emisiile de HC și CO, atât pentru m.a.s. standard cât și cu catalizator, cresc cu intensitatea traficului, în timp ce emisiile m.a.c. rămân foarte scăzute. În trafic aglomerat, emisia de NO<sub>x</sub> a m.a.c. este similară celei a m.a.s. standard și mult mai mare decât aceea a m.a.s. cu catalizator.

Vehiculele care nu sunt întreținute corespunzător consumă mai mult combustibil și emit mai mult CO și HC decât vehiculele revizuite periodic. Este mai probabil ca emisiile m.a.c. să varieze în mai mică măsură raportat la durata de viață a vehiculului decât cele ale m.a.s., datorită reglajelor specifice, care necesită mai multe lucrări de întreținere, a echipamentelor antipoluare adăugate și a degradării catalizatorilor.

Trecerea de la vehiculele m.a.s. standard la vehiculele m.a.c. ar conduce la reducerea tuturor poluanților, cu excepția particulelor. De aceea, alegerea se va face în domeniul autoturismelor între m.a.c. și m.a.s. cu catalizator. De aceea se compară emisiile specifice acestor două categorii de vehicule, emisii cuprinse în tabelul 2.8 [49].



În ultimii ani au fost multe discuții privind efectele asupra mediului pe care le au m.a.s. și m.a.c., discuții care urmăreau promovarea m.a.c. la autoturisme; cântărirea diferitelor avantaje și dezavantaje nu este simplă, iar răapunsul este încă echivoc.

Tabel 2.8

Poluantul	M.a.s. standard	M.a.s. cu catalizator trivalent	M.a.c. standard	M.a.c. cu catalizator de oxidare
NO <sub>x</sub>	****	*	**	**
HC	****	**	***	*
CO	****	***	**	*
PT	**	*	****	***
Aldehyde	****	**	***	*
Benzen	****	***	**	*
1.3 Butadienă	****	**	***	*
PAH	***	*	****	**
SO <sub>2</sub>	*	*	***	****
CO <sub>2</sub>	***	****	*	**

\* - cele mai mici emisii;

\*\*/\*\* - emisii intermediare;

\*\*\*\* - cele mai mari emisii.

În timp ce autoturismele diesel sunt considerate a avea emisii comparativ cu m.a.s. convenționale, în comparație cu m.a.s. cu catalizator avantajele devin mult mai puțin marcante, iar unele dezavantaje devin mai evidente. Mai întâi, este greu să se știe exact ce tipuri anume de vehicule se compară, astfel încât să fie compatibile m.a.s. și m.a.c. după criterii cum ar fi capacitatea cilindrică, puterea motorului, turația maximă sau alți parametri. În general, autoturismele diesel comparate cu autoturismele m.a.s. cu catalizatori au emisii mai reduse de CO și CO<sub>2</sub>, dar mai crescute de NO<sub>x</sub> și PT, chiar dacă în general numai cota de NO<sub>2</sub> este mai redusă.

Dacă criteriul „sănătatea oamenilor“ este considerat a fi criteriul dominant, atunci, din nou, nu se poate spune care dintre m.a.s. și m.a.c. este mai dăunător, datorită lipsei unei legături plauzibile din punct de vedere biologic dintre cauză și efect, lipsă care persistă, în ciuda numărului mare de studii efectuate. În ipoteza că acest criteriu este cel mai important, s-au făcut o serie de considerente de ierarhizare a poluanților funcție de efectul lor dăunător asupra oamenilor și asupra mediului înconjurător.

Dacă criteriul dominant este, de exemplu, depunerea de carbon de pe clădiri, atunci se poate spune cu certitudine că m.a.c. este sursa cea mai mare de emisii de fum negru în orașe.

Trăsătura pozitivă a motoarelor diesel este randamentul termodinamic mai ridicat decât al m.a.s. și deci emisiile mai mici de CO<sub>2</sub> pe kilometru. Ele emit, de

asemenea, mai puține gaze care produc efect de seră, metan și  $\text{NO}_2$ , contribuind într-o măsură mai mică la efectul global de încălzire.

Principalele avantaje ale m.a.c. comparativ cu m.a.s. cu catalizator sunt următoarele:

- Produc mai puțin CO și HC;
- Emisiile evaporative sunt reduse;
- Randament termodinamic mai mare;
- Emisie mai mică de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  și  $\text{CH}_4$ .

Principalele dezavantaje ale m.a.c. sunt emisiile mari de  $\text{NO}_x$  și PT, mai ales pentru motoarele cu injecție directă ( *DI – Direct Injection* ).

## **2.4. CĂILE POSIBILE ALE INFLUENȚEI EMISIILOR DIN TRAFIC**

Domeniul real al emisiilor autoturismelor și vehiculelor grele sunt determinate nu doar de condițiile vehiculelor specifice care sunt parțial prescrise de cerințele legislative, ci sunt influențate într-un grad substanțial pe drum de conducătorii auto.

A permite o mărime evaluată de ambele efecte a măsurilor legislative (care include emisiile standard, necesitățile combustibilului și inspecțiile vehiculelor în folosință) și influența conducătorului, un program pentru calculul emisiilor asupra pasagerilor autovehiculului și traficul vehiculelor grele s-au dezvoltat la Universitatea Tehnică din Viena (Institutul pentru Motoare cu Ardere Internă și Proiectarea Vehiculului).

Dificultatea în calcule, care conțin, în cuvinte simple, determinarea vehiculelor populate și kilometrii parcurși și combinarea acestor date cu factorii emisiilor, este selecția corectă și prognoza viitoare dezvoltări a acestor parametrii impuși.

Diferitele estimări pentru creșterea probabilă a populației vehiculelor arătată în figura 2.4 demonstrează dificultatea în obținerea unei prognoze sigure despre viitorul dezvoltării traficului străzii. Actuala dezvoltare a făcut să depășească toate proiectele.

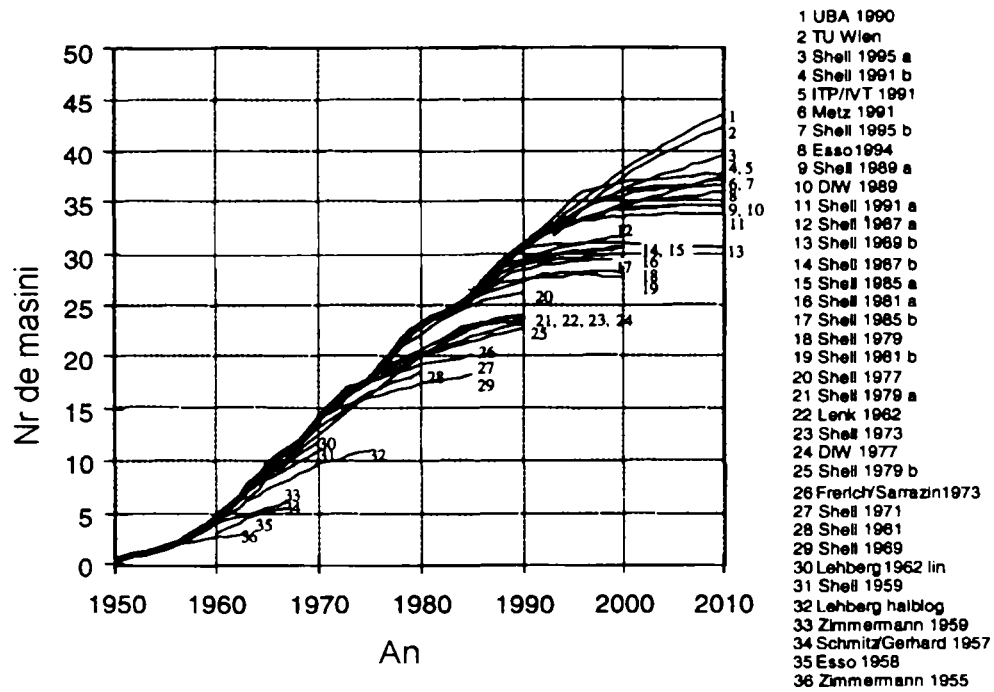


Fig. 2.4. Compararea estimativă pentru dezvoltarea numărului de mașini din 1950 până în 2010 cu actuala dezvoltare în vechile state ale R.F.G. [37]

Programul calculează emisiile automobilelor și vehiculelor grele în vechiul și noul stat a Republicii Federale Germane din 1970 până în 2020 pe 44 categorii de automobile. Aceste categorii sunt separate armonizând metoda propulsiei individuale, suprafața de întâlnire a standardelor emisiilor și categoria de dispersie individuală pentru 142 categorii de vehicule grele. Determinarea viitoarei creșteri a populației vehiculelor este bazată pe calculul tendinței pentru necesitatea vehiculelor de curând înregistrate și pe „probabilitatea supraviețuirii” a vehiculelor extrapolate din anul 1996 (figurile 2.5 și 2.6). Investigațiile de la Shell, Esso și Institutul de Informații pentru studii economice sunt folosite pentru evoluția vehiculelor.

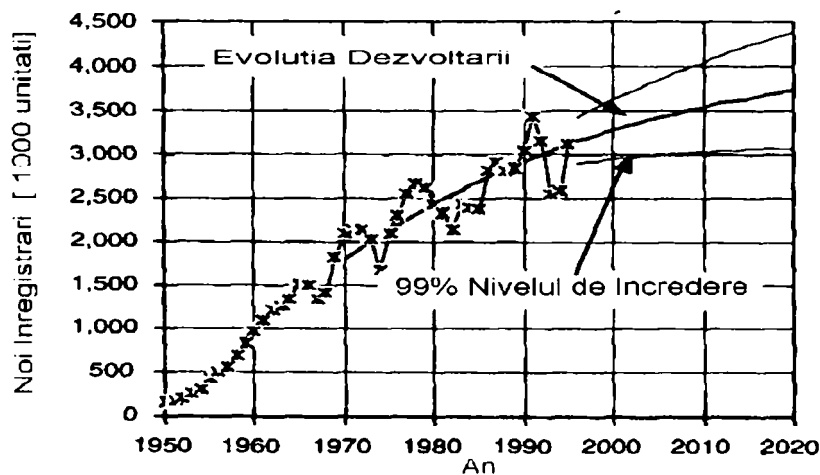


Fig. 2.5. Noi înregistrări ale autoturismelor în vechiul R.F.G. din 1950 până în 2020 [37]

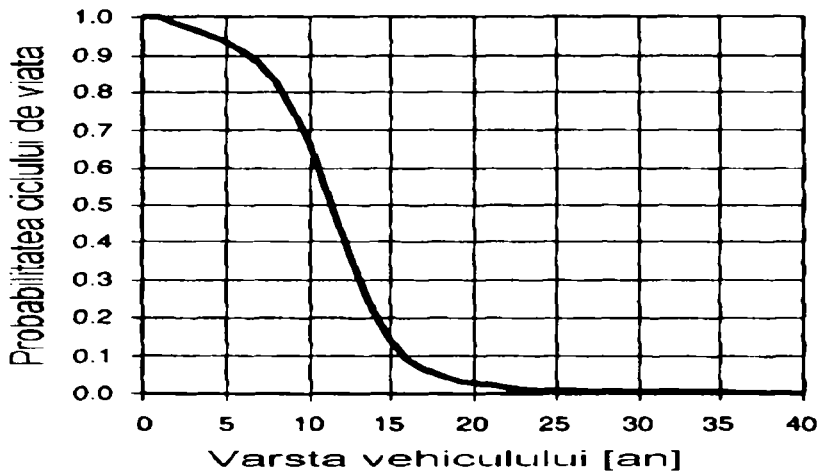


Fig. 2.6. Probabilitatea ciclului de viață a autoturismului ca funcție de vârstă a acestuia pentru vehiculul R.F.G. [37]

Separarea mașinilor rapide în diferite categorii de vehicule se calculează de la noile înregistrări individuale și probabilitatea anumitului ciclu al vieții. Rezultatele dezvoltării mașinilor rapide este arătată în figurile 2.7 și 2.8. Aceste grafice nu includ nici o diferență în dispersarea claselor pentru pasagerii mașinilor și nici pentru vehicule grele.

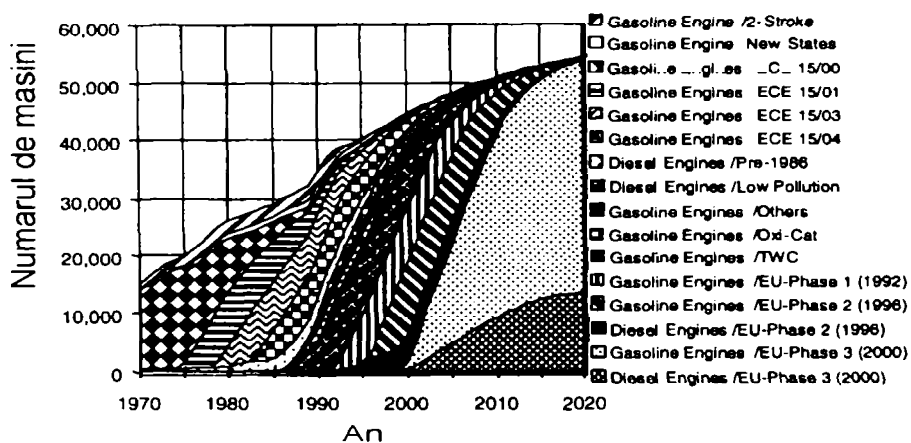


Fig. 2.7. Mărimea și compozițiile viitoare ale numărului de vehicule în R.F.G. din 1979 până în 2020 [37]

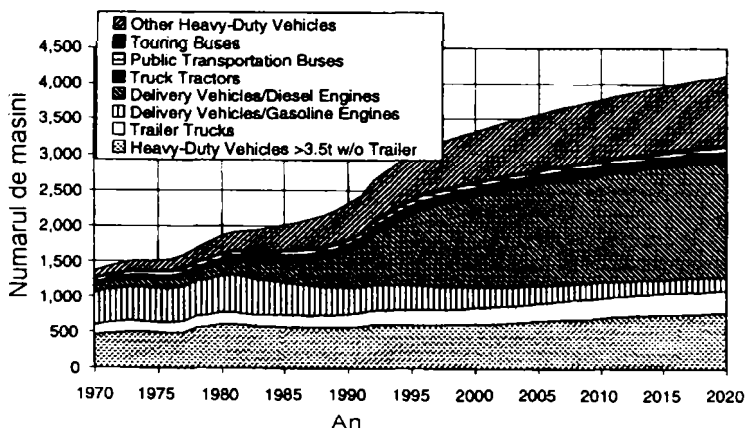


Fig. 2.8. Mărimea și dezvoltarea compoziției capacității numărului de mașini în R.F.G. din 1970 în 2020 [37]

Date despre consumul de combustibil și factorii de emisie pentru oxidul de azot, hidrocarburi totale, monoxid de carbon și particule materiale au fost luate din literatură pentru anul de referință 1990. Acești factori de emisie provin din TÜV Rheinland (Technischer Überwachungs-Verein) pentru categorii de vehicule individuale, dezvoltându-se fiecare pentru un vehicul sau grup de mașini cu distanță medie oarecare.

Cu aceste date pereche: an de referință și distanța corespunzătoare, și cu ajutorul relației dintre emisiile evacuate și distanța medie a vehiculului calculată din informația luată de la băncile de date, a fost posibil să genereze emisiile specifice în relație la anul de referință și vârsta vehiculului. Pe deasupra, această bancă de date a fost folosită să determine factorii de emisie pentru viitoarele emisii ale controlului tehnologiilor.

Ciclurile conducătorilor reprezentative pentru străzile urbane și extra-urbane (rural) precum și pentru conducătorii pe drumurile federale (Bundes-Autobahn) s-au format prin luarea în socoteală a informațiilor conținute în 2 surse de literatură și folosite de conducători succesiv deoarece vitezele medii ale traficului real au fost simulate aproximativ. Verificarea validării au stabilit conducătorii succesiv cu acei factori de emisie relevanți, linia distanței medii anuale vehiculul depinzând de vârstă pe distanța distribuită și calculul sistematic efectului de pornire la rece fiind îndeplinite. Aceasta s-a făcut prin compararea calculului consumului de combustibil și cantitatea de benzine și motorină folosite în R.F.G. în anul respectiv.

Modelul de calcul în general folosește emisiile anuale ca unități de calcul cele mai mici, pe când emisiile de pornire la rece sunt calculate pe baze lunare. Acesta din urmă este justificat deoarece distanța vehiculului acumulată nu este egal distribuită la sfârșitul anului și relațiile non-liniare dintre temperatura de pornire la rece și emisii (fig. 2.9 și 2.10).

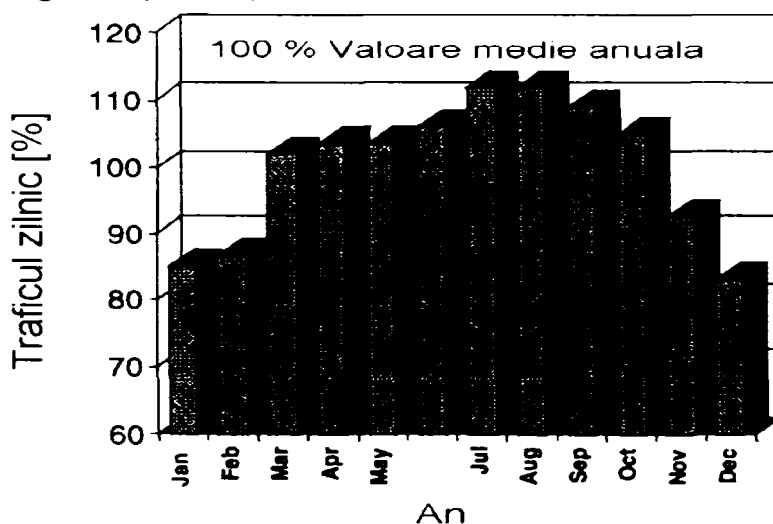


Fig. 2.9. Media traficului zilnic ca valoare principală a magistralei federale A5, A8 și A81 (an de referință 1991) [37]

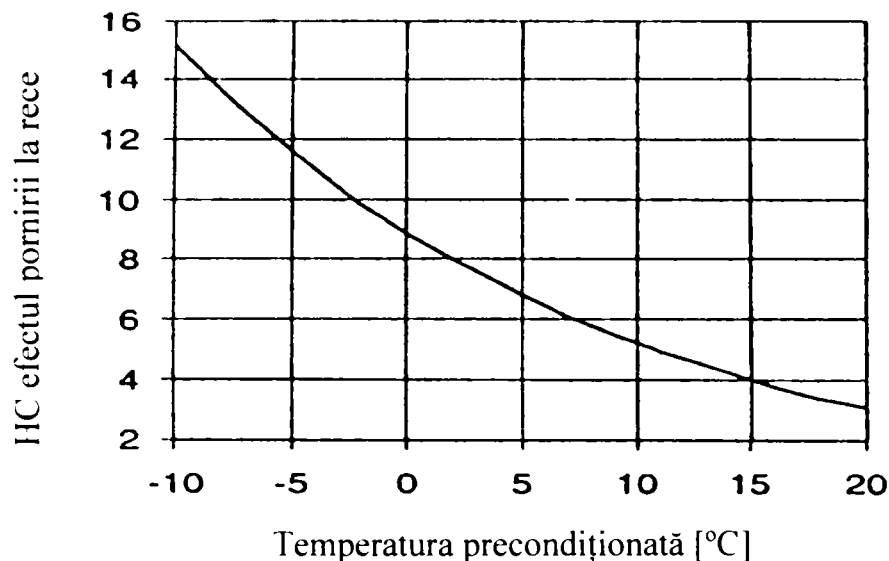


Fig. 2.10. Efectul pornirii la rece pentru emisiile de HC pentru m.a.s. cu catalizatoare cu 3 căi

Metoda de calcul pentru determinarea cantității de emisii s-a determinat prin transmiterea categoriei pasagerilor mașinii (vehicule cu motoare cu benzină, catalizatoare cu 3 căi și deplasarea sub 1,4 litri). Metoda folosită pentru pasagerii mașinilor este aceeași ca una folosită pentru vehicule grele, excepție fac pentru calcularea emisiilor de pornire la rece, care nu pot fi încorporate în modelul computerului deoarece lipsesc investigațiile relevante.

Bazată pe noile figuri înregistrate „probabilitățile de supraviețuire”, populația de mașini anuală este calculată pentru fiecare 44 de automobile și 142 de vehicule grele. Distanțele vehiculelor sunt determinate pentru categorii de vehicule individuale și tipul străzii de la distanța medie cu ajutorul distribuției vârstei vehiculului și tipul străzii. Emisiile generate de transmiterea categoriei de vehicule pe tipul de stradă dată și anul dat sub condițiile de motoare încălzite sunt calculate prin multiplicarea corespondenței populației de mașini cu distanța anuală și factorul de emisie corectat pentru pantă și altitudine.

Emisiile de pornire la rece și la cald sunt considerate doar pentru calculul emisiilor generate de străzile urbane. Bazele de calcul a emisiilor lunare de pornire la rece și la cald pentru fiecare categorie de vehicul este clasificată pe distanța medie anuală cu traseul lungimii distribuției în 11 clase de traseu – lungime. Alți parametri ai acestui calcul sunt distribuții de temperatura zilnică și diferențierea în timpul de parcare (impregnare) a claselor.

Clasificarea orară a timpului de impregnare în intervale de la 0 la 8 ore ține seama de considerațiile individuale a emisiilor de pornire la rece și la cald, pornire rece „reală” cu 8 sau mai multe ore de impregnare și pornirea caldă după 0 la o oră din timpul de impregnare.



După această metodă a structurii în clasele distanței, zonele de temperatură zilnică și timpul de impregnare rezultă în 297 de cazuri diferite. Un caz reprezintă o pornire la temperatura anumită, după o definiție a timpului de impregnare cu următoarea distanță terminată a distanței specifice (care este una din cele 11 clase de distanțe).

Totalul emisiilor lunare de pornire la rece și la cald pentru categoria de vehicule date rezultă din multiplicarea „efectului de pornire la rece” cu număr la întâmplare și numărul de mașini a populației. După aceea, toate 297 de cazuri sunt adunate. În final, emisiile de pornire la rece și la cald pentru toate cele 12 luni sunt adunate și rezultatul este adăugat la emisiile de început la cald a anului dat, în ordinea sosirii emisiilor totale anuale a categoriei de vehicule date.

Emisiile caracteristice pasagerilor mașinilor în domeniu pot fi influențați de următorii factori:

- Standardele nivelului emisiilor
- Durabilitatea emisiilor necesare
- Compoziția combustibilului
- Inspecția în folosire și întreținere

### **Standardizarea nivelului emisiilor**

Impactul traficului stradal pe aerul calitativ în California în timpul anilor 1940 a fost discutat dintotdeauna. Unica adversă a situației atmosferice, în special în bazinul Los Angeles, este cunoscută în California ca „smogul de vară”. Această situație de asemenea a fost agravată de emisiile de evacuare și evaporare de la motorul vehiculelor. Sub condițiile „smogul de vară”, reacțiile chimice a oxidului de azot ( $\text{NO}_x$ ) și hidrocarburile (HC) sunt intens influențate de radiațiile ultraviolete (UV) și temperaturile înalte sub formă de foto-oxidanți. În Europa, emisiile de CO din traficul stradal devin o materie a concernului în anii 1960 datorată riscului direct a sănătății umane.

Contramăsurile legislative au pornit mai întâi în Statele Unite, cu introducerea în 1961 a regulilor controlului emisiilor în California. Prima legislație a controlului emisiilor auto necesare în Comunitatea Europeană a fost pusă în vigoare în 1970. Dezvoltările viitoare a ambelor reguli a cadrelor este descrisă în fig. 2.11 pentru gazele de evacuare constituite din monoxid de carbon (CO) și suma hidrocarburilor și oxidul de azot (HC+ $\text{NO}_x$ ).

Figura 2.12 arată dezvoltarea corespondenței standardelor emisiilor pentru vehicule grele.

Efectivele acestor regulamente legislative în reducerea emisiilor din traficul stradal vis-à-vis de permanenta creștere a populației de mașini este evaluată în secțiunile următoare pentru exemple de emisii de oxid de azot, hidrocarburi și monoxid de carbon de la pasagerii mașinilor.

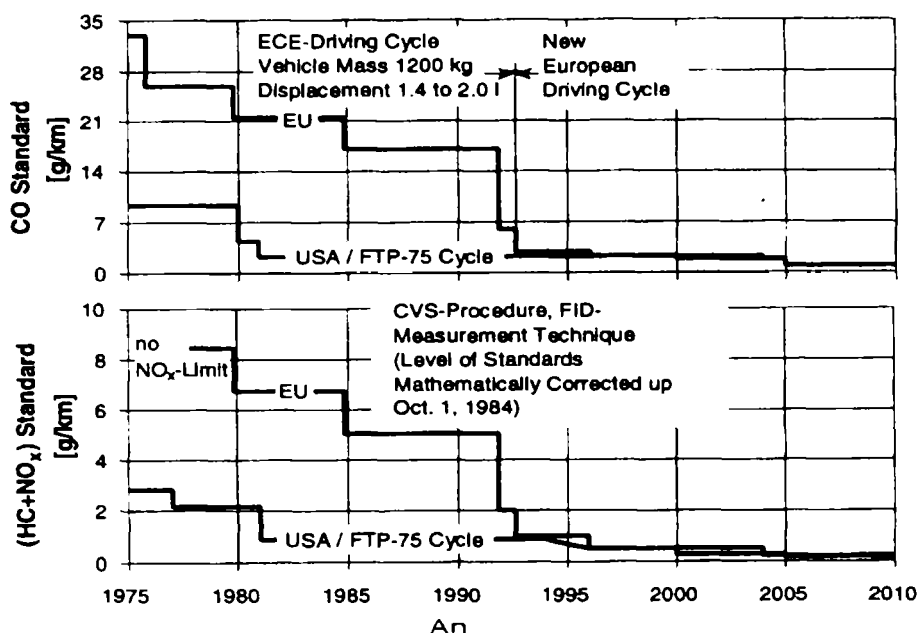


Fig. 2.11. Evoluția emisiilor gazelor evacuate standard pentru m.a.s. în U.E. și în S.U.A. pentru CO și combinația standardelor pentru HC și NO<sub>x</sub> [37]

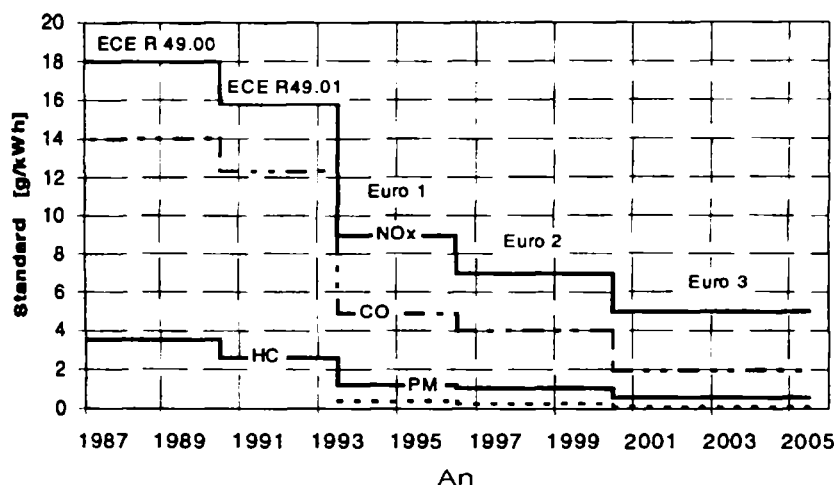


Fig. 2.12. Dezvoltarea emisiilor de NO<sub>x</sub> a autovehiculelor pentru emisii controlate regulat comparate cu dezvoltarea totală a milelor parcurse de autovehicul [37]

Figurile 2.13 până la 2.15 arată emisiile dezvoltate pentru oxidul de azot, hidrocarburile totale și monoxidul de carbon sub 3 regulatoare diferite împreună cu dezvoltarea totală a vehiculelor deplasate în mile. Normele „Euro 2” se referă la faptul că factorii de emisie s-au păstrat constanți după anul 1996, sau, cu alte cuvinte, tehnologia controlului emisiei s-a înghețat la linia lui 1996. Sub același principiu, normele „Euro 3” sunt relatate la anul 2000 și respectiv, „Euro 4” la anul 2005.

Cum arată în fig. 2.13 până la 2.15, toate cele 3 emisii de evacuare (NO<sub>x</sub>, HC și CO) vor fi reduse în continuare dincolo de anul 2000 și eventual vor fi păstrate constante la o linie foarte înaltă, chiar sub presupunerea viitoare a sporirii deplasării



vehiculelor în mile. Comparăm linia obținută în anul 2020 cu punctul de pornire făcând o scurtă previziune la curbele de emisii în 1987, efectivele pentru fiecare legislație în măsură devin evidente, ca spre exemplu în tabelul 2.9 [37].

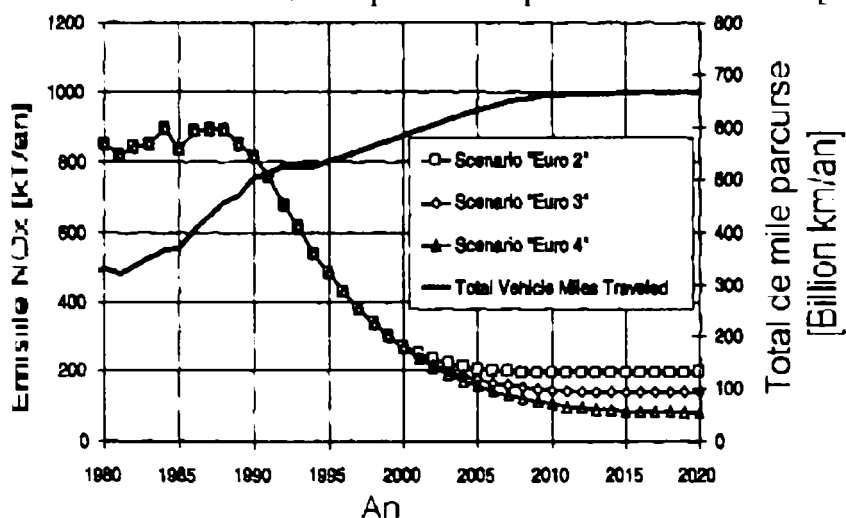


Fig. 2.13. Dezvoltarea emisiilor HC a autovehiculelor pentru comanda de reglare a diverselor emisii comparate cu dezvoltarea milelor totale parcurse de vehicul [37]

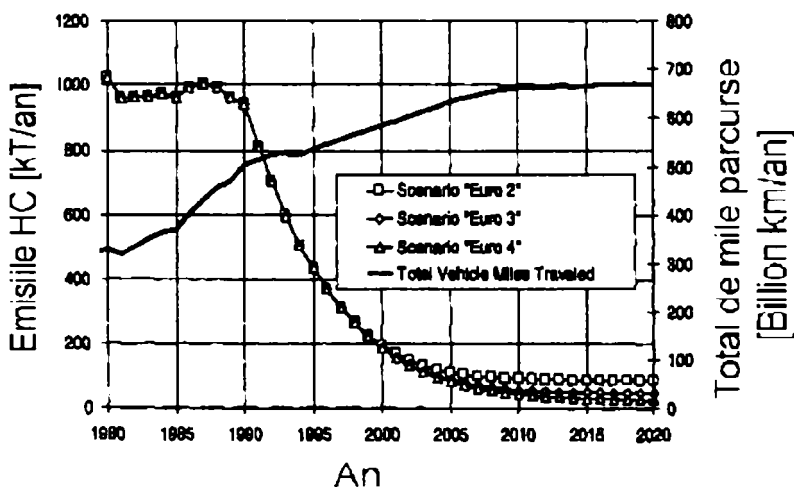


Fig. 2.14. Dezvoltarea emisiilor de HC a autovehiculelor pentru comanda de control a variației emisiei comparată cu dezvoltarea milelor totale parcurse de vehicul [37]

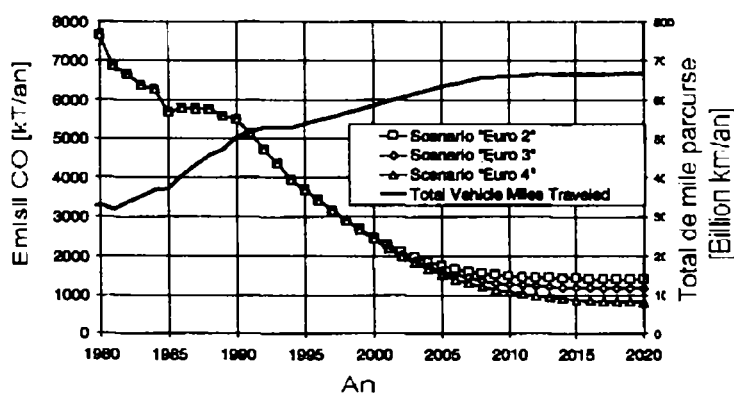


Fig. 2.15. Dezvoltarea emisiilor de CO a autovehiculelor pentru comanda de control a variației emisiei comparată cu dezvoltarea milelor totale parcurse de vehicul [37]

Tabel 2.9.

Legislație	NO <sub>x</sub>	HC	CO
„Euro 2”	78%	91%	76%
„Euro 3”	85%	95%	80%
„Euro 4”	91%	97%	85%

Această comparație clară arată marginea adăugată calității aerului obținută prin implementarea legislației „Euro 4”, care, pe de altă parte, determină eforturi tehnice substanțiale și cresc costurile pentru dezvoltarea potrivită a sistemelor de control a emisiilor.

Rezultatul calculelor, care sunt arătate în grafice în figurile precedente, pot fi rezumate astfel:

- Legislația „Euro 3” asigură acea linie de emisie foarte înaltă ce va putea fi obținută și întreținută după conversia plină a mașinilor rapide existente cu întâlnirea vehiculelor implicate cu emisiile standard
- Legislația „Euro 4” obține doar o reducere marginală în viitorul emisiilor comparată cu „Euro 3”

### Emisiile vehiculelor în folosință

În afară de considerentul anului de producție individual (tehnologia aplicată emisiilor de control), o emisie deteriorată a vehiculelor amestecate la sfârșitul domeniului la rezultatele deplasării sunt arătate în figura 2.16. Media deteriorării este caracterizată de o linie de regresie (non-liniară) cu interval de încredere de 99%, care descrie domeniul în care media emisiilor de HC distanța obținută pot fi găsite cu o probabilitate de 99%.

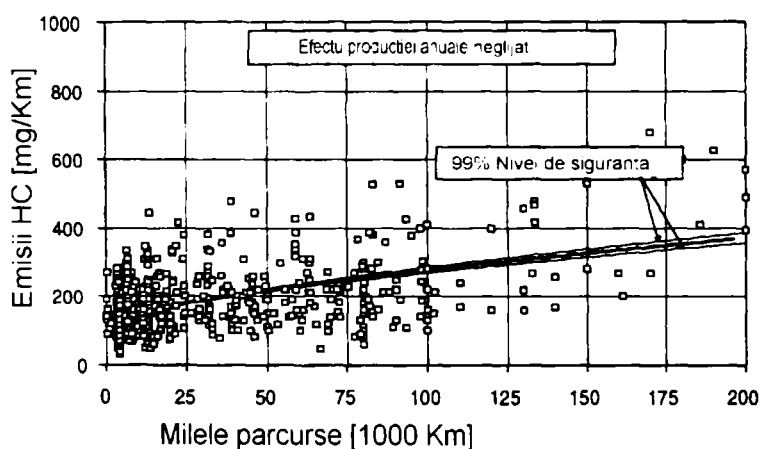


Fig. 2.16. Deteriorarea emisiilor de HC pentru m.a.s. și catalizator cu 3 căi [37]

Câteodată, dacă producția anului (sau cu alte cuvinte, aplicarea controlului tehnologic a emisiilor) au fost luate în socoteală vom vedea efectul arătat în fig. 2.17, adică, aceasta împreună cu linia emisiilor descrescute (necesară), factorul deteriorării pentru emisiile din vehicule a producției obținute anual a fost redusă.

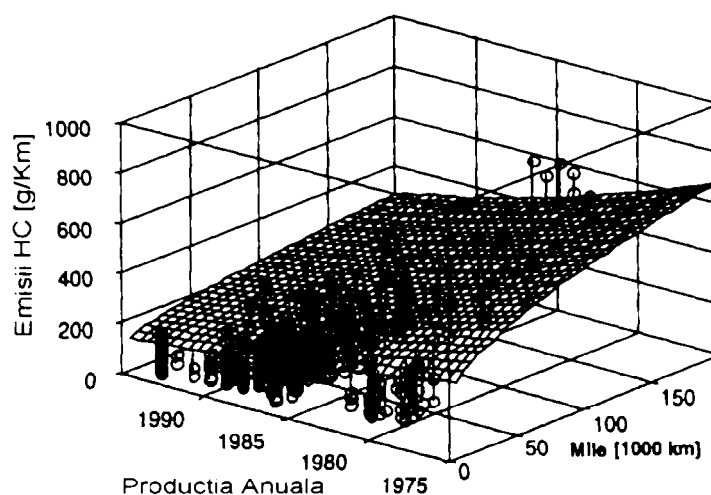


Fig. 2.17. Evoluția emisiilor de HC a milelor și producția anuală pentru m.a.s. cu catalizatoare cu 3 căi [37]

*Introducerea crescută a standardelor emisiilor stricte în timpul anilor trecuți, care au declanșat îmbunătățirea motorului și controlul tehnologic a emisiilor, nu doar au influențat coborârea liniei de emisie absolută dar de asemenea au determinat o stabilitate favorabilă a emisiei de durată în timpul domeniului actual al operării vehiculului.*

### Compoziția combustibilului

În Europa și Statele Unite, eforturile legislative pentru ameliorarea calității aerului au influențat în mod continuu creșterea presiunii pentru ca fabricanții de vehicule să dezvolte și să introducă viitoarele îmbunătățiri a sistemelor de control a emisiilor. De asemenea, declanșează similar cerând necesitățile pentru industria uleiului pentru producerea combustibililor avantajoși (emisie înaltă).

Tabelele 10 și 11 [37] arată prezentul și viitorul specificațiilor stabilite în Uniunea Europeană pentru benzină și motorină, împreună cu sarcinile apreciate definite de ACEA. Pentru compararea scopurilor, valorile medii din benzinele analizate pe piață sunt de asemenea menționate în aceste tabele.

Folositor potențialului reducerii emisiilor diferitelor compoziții ale combustibilului sunt prezentate în tabelele 12 și 13 [37]. O literatură extinsă analizează dezvăluind că aceste potențiale emisii de reducere depind nu doar de compoziția combustibilului dar și de motorul aplicat și controlul tehnologic a emisiilor. Pe deasupra, este dificil de stabilit precis efectul individual a anumitor combustibili specifici deoarece câteva specificări sunt înrudite în interiorul combustibilului obținut.

Mărimea efectelor modificării compoziției combustibililor, benzină cu reducerea conținutului aromatic s-a folosit la determinarea reducerii posibile a

benzenului și modificarea motorinei s-a folosit la determinarea posibilelor particule materiale a potențialului reducerii emisiilor pe autovehicule diesel și vehicule grele în R.F.G..

Tabel 2.10

	Standardele prezente DIN EN 228	Piața medie Germania 1995			Îndrumător		Revendicarea lui ACEA
		Super Plus	Super	Regular	Înainte de 2000	Înainte de 2005	
RVP [kPa]	< 70	66	65	65	< 60	-	55 – 70*
Aromatice [vol %]	-	43	38	31	< 42	< 35	< 35
Benzen [vol %]	< 5	2	2,2	1,7	< 1	-	< 1
Oxigen [wt %]	< 2,8	1,3	0,4	0,1	< 2,7	-	< 2,7
Olefine [vol %]	-	4	10	18	< 18	-	< 10
E 100 [vol %]	40 – 70	49	51	53	> 46	-	50 – 60
E 150 [vol %]	-	84,5	84	84	> 75	-	> 85 (E 180)
Sulfură [wt %]	< 0,05	0,0065	0,0135	0,0275	< 0,015	< 0,005	< 0,003
Plumb [g/l]	< 0,013	0,001	0,001	0,001	< 0,005		< 0,005

\* Valabil pentru combustibil vara

Tabel 2.11

	Standardele prezente DIN EN 590	Piața medie în Germania 1995	Îndrumător		Revendicarea lui ACEA
			Înainte de 2000	Înainte de 2005	
Numărul cetanic	> 49	52	> 51	-	> 55
Densitate [kg/m <sup>3</sup> ]	820 - 860	841	< 845	-	< 840
PAH [wt %]	-	5,6	< 11	-	< 1
Total aromatice [wt %]	-	-	-	-	< 10
T 95 [°C]	< 370	367	< 360	-	< 340
Sulfură [% m/m]	< 0,05	0,04	> 0,035	< 0,005	< 0,003

### Emisiile de benzen

Influența emisiilor aromatice și a benzenului, conținute în benzina pentru automobile, sunt calculate în 3 secțiuni. Calculul a pornit de la normele de bază ce reflectă îngreunarea vânzării de combustibil actual compoziția combustibilului a aproximativ 40% volum aromatice și 2% volum benzen în Germania înainte de 1996 și a fost asumată continuarea constantă după aceea până-n anul 2020. Al

doilea început de secțiune se referă la conținutul aromatic a 35% volum și conținutul a 1% volum la anul 2000. Secțiunea a 3-a descrie un combustibil cu un conținut aromatic extrem de înalt, având un conținut de benzen de 0,5% volum și aromatice rămase de 20% volum.

Tabel 2.12.

Specificare	Modificare	Vehicle	CO	C <sub>emisie</sub>	HC <sub>evaporare</sub>	NO <sub>x</sub>	Benzen	Butadienă	Aldehide
Creșterea oxigenului	0 → 2.7%	Fără catalizator	↓↓↓	↓	+0	±0	0	0	↑↑
		Cu catalizator	↓↓	↓	+0	+0	-0	0	↑
Reducerea hidrocarburilor aromatice	40 → 25 volum %	Fără catalizator	↓	↓	0	↓	↓↓	0	↑
		Cu catalizator	↓	↓	0	±0	↓↓↓	+0	↑
Reducerea benzenului	3 → 2 volum %	Fără catalizator	0	0	-0	0	↓↓	0	0
		Cu catalizator	0	0	-0	0	↓↓	0	0
Reducerea olefinelor	10 → 5 volum %	Fără catalizator	±0	↑	-0	↓	0	↓↓	0
		Cu catalizator	0	+0	-0	-0	0	↓↓	0
Reducerea sulfurilor	300 → 100 ppm	Fără catalizator	0	0	0	0	0	0	0
		Cu catalizator	↓	↓	0	↓	↓	↓	↑
Reducerea RVP	70 → 60 kPa	Fără catalizator	0	±0	↓↓↓	0	0	0	0
		Cu catalizator	0	-0	↓↓	0	0	0	0
Descreșterea lui E 100	50 → 60%	Fără catalizator	+0	↓	±0	0	0	0	0
		Cu catalizator	+0	↓	0	0	0	0	0
Descreșterea lui E 150	85 → 90%	Fără catalizator	0	↓↓	0	↑	0	↓	↓
		Cu catalizator	0	↓↓	0	↑	0	↓	↓

(0 – fără efect; ± 0 - - 2 la + 2 %; ↓ sau ↑ de la 2 la 10 %; ↓↓ sau ↑↑ de la 10 la 20%; ↓↓↓ sau ↑↑↑ mai mare de 20%)

Tabel 2.13.

Specificare	Modificare	Vehicle	CO	HC <sub>emisie</sub>	NO <sub>x</sub>	Particule
Reducerea sulfurilor	0,05 → 0,02 wt %	PC, LCV	0	0	0	↓
		HCV	0	0	0	↓
Reducerea densității	855 → 828 kg/m <sup>3</sup>	PC, LCV	↓↓	↓↓	↓↓	↓↓↓
		HCV	↑	↑	↓	↓
Reducerea poliaromaticelor	8 → 1 wt %	PC, LCV	+0	+0	↓	↓↓
		HCV	0	-0	↓	↓
Reducerea totală a hidrocarburilor aromatice	30 → 10 wt %	PC, LCV	0	0	↓	↓
		HCV	-0	-0	↓	↓
Descreșterea numărului cetanic	50 → 55	PC, LCV	↓↓	↓↓	±0	±0
		HCV	↓↓	↓	-0	0
Reducerea lui T 95	370 → 325 °C	PC, LCV	-0	+0	+0	↓
		HCV	↑	↑	-0	-0

(0 – fără efect; ± 0 - - 2 la + 2 %; ↓ sau ↑ de la 2 la 10 %; ↓↓ sau ↑↑ de la 10 la 20%; ↓↓↓ sau ↑↑↑ mai mare de 20%)

PC – autovehicule de pasageri; LCV – vehicule comerciale ușoare; HCV – vehicule comerciale grele

În privința îmbunătățirii calității combustibilului, trebuie să fie subliniate aceste calcule a potențialelor emisii reduse care vor conduce la o îmbunătățire imediată și regională ajutând folosirea combustibililor îmbunătățiți pe linia largă a industriei uleiului.

#### *Emisiile de particule materiale*

Următorul scenariu pentru particule de emisii asumă modificări combustibilului în anul 2000, ca următoarele :

- Densitate redusă de la 841 la 828 kg/m<sup>3</sup>
- Conținut redus de poliaromate de la 8 la 1 %
- Conținut redus de sulf de la 400 la 50 p.p.m.
- Temperatura T<sub>95</sub> redusă de la 367 la 325 °C (693 la 617 °F)
- Număr crescut de cetan de la 52 la 58

#### **Verificarea vehiculelor în folosință**

Avantaje pline a potențialelor de reducere a controlului tehnologic a emisiilor moderne se pot materializa doar dacă sistemele susțin capacitățile proiectate la sfârșitul unui timp al vieții extins sub lumea reală a condițiilor operaționale. Mai multe studii au arătat că aproximativ 1 la 2% din vehicule în domeniu care au fost echipate cu catalizatori cu 3 căi au defecțiuni pe părțile sistemului de control a emisiilor cauzând creșterea emisiilor.

Continuu îmbunătățesc controlul tehnologic a emisiilor ce au fost aplicate, în paralel cu introducerea mai multor reguli legale stricte. Acestea nu au redus drastic linia emisiilor dar de asemenea au îmbunătățit simultan caracteristicile emisiilor pe termen lung a vehiculelor în practică.

A verifica și a asigura durabilitatea acestor emisii, legislația a stabilit măsura pentru inspecțiile periodice a tuturor componentelor emisiilor relevante și sistemelor. În cursul progresului tehnic, s-a așteptat ca efortul necesar pentru asemenea metode test pot fi reduse în viitor fără o tranziție către sistemele autodiagnosticate pe vehicule individuale (diagnoze la bord (OBD)), care vor îndeplini simultan o creștere substanțială în eficiență a programului printr-un rezumat continuu. Similar un sistem va asigura automat eficiența tuturor vehiculelor în domeniu în orice timp și sub toate condițiile operaționale.



## 2.5. UTILIZATORUL

Utilizatorul contribuie substanțial la reducerea emisiilor și a consumului de combustibil pentru vehicule prin optimizarea conducătorului. Următorul studiu arată efectul conducătorului „adaptat” – un stil de conducere neted care evită accelerările bruște și decelerările – pentru consum de combustibil. 6 vehicule cu catalizator cu 3 căi au fost testate în mediul urban și extra-urban (rural) de conducător. 3 tipuri de purtări ale conducătorului – adică agresiv, normal și neted – au definit prin accelerația medie a vehiculului cu  $0,85 - 1,10 \text{ m/s}^2$ ,  $0,65 - 0,80 \text{ m/s}^2$  și  $0,46 - 0,65 \text{ m/s}^2$  și accelerația maximă cu 3, 2,6 și  $2,2 \text{ m/s}^2$ .

## 2.6. MANAGEMENTUL TRAFICULUI

Printre așa numitele „măsuri non-tehnice”, managementul traficului câștigă o importanță crescută ca însemnări efective și eficiente să reducă consumul de combustibil și emisiile de evacuare. Acesta este în special un adevăr în cazurile unde măsurile tehnice (tehnologiile emisiilor de control în vehicule sau combustibili adăugați pe piață) pot fi insuficiente în obținerea necesară unei norme a calității aerului.

Un asemenea cost eficient a managementului traficului este o apreciere cunoscută ca „stradă inteligentă”. Aceasta înseamnă stabilirea unei limite de viteză flexibilă ce se adaptează automat la condițiile de trafic existente. Asemenea sistem a fost instalat și testat pe Federal Highway (Bundesautobahn) A9 nord de Munich. În general cauza pentru stabilirea acestui sistem a redus numărul și accidentele severe din trafic; câteodată, au arătat efectul pozitiv de reducere a emisiilor și consumul de combustibil.

Reducerea în emisii rezultă în primul rând de la 90% eliminări cresc și descresc evenimentele și prin eliminarea ineficientă a vitezelor mici variind de la 0 la 30 km/oră (0 la 19 mph) în favoarea vitezelor mari.

## 2.7. CONCLUZII

Datele prezentate conferă informații recente în primul rând evolutiv în timp în legătură cu emisiile ce afectează calitatea aerului de a căror geneză este în principal vinovat transportul rutier precum și poluanții induși de emisiile, cu precădere caracteristice instalațiilor mobile de ardere.

Se tratează astfel problematica poluării produse de transporturile rutiere, natura și efectele emisiilor produse de motoarele cu ardere internă, compararea

emisiilor motoarelor cu aprindere prin scânteie și a motoarelor cu aprindere prin comprimare și căile de influență ale emisiilor.

Prin complexitatea lor, procesele de geneză ale substanțelor poluante se investighează cu ajutorul modelării acestora trebuind a se avea în vedere atât factorul uman cât și managementul traficului.



## CAPITOLUL 3

# MOTORUL CU ARDERE INTERNĂ UNITATE ENERGETICĂ ȘI SURSĂ DE POLUARE ÎN TRACȚIUNEA RUTIERĂ

### 3.1. INTRODUCERE

Problema măsurării emisiilor nu este simplă, fiind necesară dezvoltarea unor metodologii de inventariere a emisiilor. Indiferent de tipul emisiei sau de mediul afectat, inventarul emisiei trebuie să cuprindă următoarele informații:

- Metoda de măsură a emisiilor;
- Factorii care influențează emisiile;
- Surse de emisii (poziții, activitate, procese, cote);
- Statistica activității care generează emisia (folosirea energiei, producția, populația implicată);
- Referințe ale surselor de date folosite;
- Comentarii asupra ipotezelor făcute la prelucrarea datelor.

Inventarul cuprinde distribuția emisiilor raportate la tehnologiile relevante și la sectoarele socio-economice, distribuția spațială a emisiilor ca și tendințele de variație a emisiilor în timp. Sursele mari de poluare (termocentrale, rafinării, fabrici) sunt incluse separat în inventar ca surse punctuale. Sursele mai mici, dar mai difuze cum sunt de exemplu: încălzitul caselor, autovehiculele, agricultura sunt tratate ca surse de suprafață, fiind raportate la suprafața unui oraș sau a unei zone industriale. În unele inventare, autovehiculele pot fi tratate ca surse liniare, având forma drumurilor.

Agenția europeană de protecție a mediului a realizat un studiu asupra gradului de poluare a aerului în principalele orașe mari europene, având ca referință indicațiile cuprinse în documentul „Ghid asupra calității aerului” (AQG) emis de Organizația Mondială a Sănătății. Principalii poluanți atmosferici și efectele expunerii la aceștia sunt prezentate în tabelul 3.1 [49].

Tabel 3.1

Poluantul	Concentrația [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Durata	Efecte
Smog de vară $\text{O}_3$	150 – 200	1 oră	Simptome respiratorii
$\text{SO}_2 + \text{PM}^*$	125 + 125	1 zi	Nereguli respiratorii la copii
$\text{NO}_2$	150	1 zi	-
Pb	0,5 – 1	1 an	Afecțiuni ale sângelui
Smog de iarnă $\text{SO}_2 + \text{PM}$	50 + 50	1 an	Simptome respiratorii

\* PM – particule măsurate ca fum negru

Metodologia prin care se apreciază gradul de poluare a orașelor a fost elaborată de Institutul Olandez de Sănătate Publică și Protecție a Mediului în 1994 și a cuprins următorii indici de calitate, care se regăsesc în tabelul 3.2 [49]:

- Presiunea asupra mediului înconjurător {1} (combinație între numărul populației și densitatea ei);
- Emisii (smogul de vară {2} – măsurat prin producția de O<sub>3</sub>, ca rezultat al emisiilor de compuși organici volatili (VOC) și NO<sub>x</sub> – și smogul de iarnă {3} – măsurat prin emisia de SO<sub>2</sub> și PM);
- Impactul climatic (dispersia medie {4}, funcție de viteza vântului, potențialul de formare a smogului, funcție de frecvența condițiilor adverse dispersiei, în timpul verii {5} și în timpul iernii {6});
- Depășiri (concentrația maximă raportată la valorile AQG), la O<sub>3</sub> {7} și la SO<sub>2</sub> + PM {8};
- Expunere (procentul din populație expus la concentrațiile peste AQG); pentru SO<sub>2</sub> + PM în {9}

Tabelul 3.2.

Orașul	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
Viena	4	4	2*	4	3	3		2	2
Paris	5	5*	3	3	3	2	2	2	2
Berlin	4	5	5	3	3	3	2	4*	4
Atena	4	4	2*	4	4	1		2	3
Budapesta	5	4*	5*	4	4	3	2	2*	4
Roma	5	4*	5*	3	4	2		3	3*
Chișinău	3	2*	3*	5	3	4		3	3*
Amsterdam	3	3*	2*	2	2	2	2	0,5	2
Varșovia	3	4	3*	3	3	3	1		1*
București	4	3	3	4	4	5		2*	4
Moscova	5	4	2	4	3	4		2*	2*
Madrid	5			3	5	4			
Zurich	4	1	2	5	3	3		0,5	1*
Londra		5*	2	3	2	2	2		

\* Date nesigure

Aceste mărimi au fost prezentate pentru a ghida interpretarea și compararea datelor din tabel. Tabelul 3.2 [49] cuprinde rezultatele comparative ale indicilor de calitate a aerului, indici mășurați în marile orașe europene.

Valorile din tabel variază între 1 și 5; pentru {1} intervalele dintre cea mai mică valoare și cea mai mare s-au ales pe baza deviației standard a populației și a mediei densității populației; pentru impactul climatic caracterizat de {4}, {5} și {6}, partiția s-a făcut pe baza deviației standard a dispersiei medii (viteza vântului)

și a condițiilor de dispersie pentru smogul de iarnă și cel de vară. Notând cu  $a$  media și cu  $s$  dispersia, alocarea cifrelor s-a făcut astfel:

- 1 pentru valori  $< (a - 1,5s)$ ;
- 2 pentru valori în intervalul  $(a - 1,5s) \dots (a - 0,5s)$ ;
- 3 pentru valori în intervalul  $(a - 0,5s) \dots (a + 0,5s)$ ;
- 4 pentru valori în intervalul  $(a + 0,5s) \dots (a + 1,5s)$ ;
- 5 pentru valori  $> (a + 1,5s)$ .

Pentru indicii {2}, {3}, {7} și {8} alocarea cifrelor s-a făcut pe baza deviațiilor standard a mediilor:

- 0,5 pentru media  $< 0,5$  din valoarea prescrisă de AQG (tabelul 3.1);
- 1 pentru media cuprinsă în intervalul  $(0,5 \dots 1)$  AQG;
- 2 pentru media cuprinsă în  $(1 \dots 2)$  AQG;
- 3 pentru media cuprinsă în intervalul  $(2 \dots 3)$  AQG;
- 4 pentru cuprinsă în intervalul  $(3 \dots 4)$  AQG;
- 5 pentru media cuprinsă în intervalul  $(4 \dots 5)$  AQG.

Pentru expunere, la {9}, alocarea este următoarea:

- 1 pentru  $0 \dots 5\%$  din populație;
- 2 pentru  $5 \dots 33\%$  din populație;
- 3 pentru  $33 \dots 66\%$  din populație;
- 4 peste  $66\%$  din populație.

Se observă că emisiile existente în aerul Bucureștilor au un potențial mare de formare a smogului, iar gradul de expunere al populației este foarte mare.

### 3.2. POLUAREA GLOBALĂ

Dintre toate sursele de poluare existente, s-a estimat că o sursă importantă o reprezintă transporturile, iar în cadrul acestora, datorită numărului foarte mare de autovehicule în circulație, apreciat în prezent la peste 700 de milioane, o pondere însemnată o are poluarea produsă de transporturile rutiere.

În cadrul transporturilor rutiere există 2 tipuri de neuniformități la nivel global [49]:

1. *Neuniformitatea răspândirii autovehiculelor pe glob.* Parcul auto mondial este dominat în prezent de zonele puternic industrializate din America de Nord și Europa de Vest. Se presupune că saturarea cu autovehicule, congestia crescândă a circulației rutiere și politica intervențiilor guvernamentale vor restrânge creșterile viitoare, în special în zonele puternic industrializate.

Se prognozează că, în viitor, numărul de autovehicule pe cap de locuitor va crește în medie în toate zonele lumii, iar unele zone cu dezvoltare rapidă (Asia, Europa de Est, America Latină și țările dezvoltate de pe coasta Pacificului) vor

avea peste 40 de ani tot atâtea autovehicule cât America de Nord și Europa de Vest la un loc.

2. *Neuniformitatea repartizării autovehiculelor pe tipuri.* Un exemplu grăitor în acest sens este categoria autocamioanelor grele, care reprezintă mai puțin de 10% din parcul total, dar parcurg 20% din numărul total de kilometri și emit 25% din cantitatea de CO<sub>2</sub> atribuită transportului rutier.

O analiză a tendințelor globale ale emisiilor de CO, HC, NO<sub>x</sub> și CO<sub>2</sub> funcție de tipul autovehiculului arată că autocamioanele rămân sursa dominantă de CO și HC; la emisia de HC contribuie semnificativ motocicletele, majoritatea în 2 timpi (20 – 30% din HC).

Pentru NO<sub>x</sub> situația de relativă egalitate între cantitățile emise de autoturisme și autocamioane grele va evolua în următorii 40 de ani către o mărire a ponderii (70–80%) autocamioanelor grele.

La aceste tendințe prezentate se poate ridica obiecția că dimensiunea unei surse nu trebuie evaluată numai după ponderea globală pe care o deține. Unele substanțe sunt mai nocive decât altele, de aceea poziția unei surse trebuie apreciată după efectul nociv al emisiilor asupra omului și mediului înconjurător.

Dezvoltarea economică neuniformă a țărilor lumii a condus la o poziție diferită față de problema protejării mediului înconjurător. Țările dezvoltate au luat măsuri de reducere a emisiilor poluante la niveluri acceptabile, în timp ce țările mai puțin dezvoltate nu au aplicat mijloace de control.

Se apreciază, totuși, că pașii făcuți de statele dezvoltate vor fi refăcuți și de țările mai puțin dezvoltate, cu un decalaj de 10 de ani, iar problemele poluării aerului trebuie tratate la nivel global și nu regional sau local ca în prezent.

### **3.3. ORIGINEA POLUANȚILOR DIN GAZELE DE EVACUARE ALE MOTOARELOR CU APRINDERE PRIN COMPRIMARE**

Motorul diesel este identificat ca sursă de poluare după 1930, datorită fumului negru la eșapare. Fumul și mirosul gazelor sunt încă probleme nerezolvate pentru motoarele cu aprindere prin comprimare, 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 motorului diesel 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 [49].

În fumul motoarelor cu aprindere prin comprimare (m.a.c.) sunt prezente: hidrocarburi, compuși oxigenați de tip aldehide, cetone, alcooli, oxizi, compuși polinucleari aromatici, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, 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 (m.a.c.) cu injecție directă.

Motoarele diesel cu aspirație normală („aspirate”) excelează prin producerea de hidrocarburi și monoxid de carbon, iar cele supraalimentate prin producerea de oxizi de azot. Toate motoarele cu aprindere prin comprimare (m.a.c.) produc fum, la sarcini mari.

Mecanismele de formare a CO, HC și NO<sub>x</sub> sunt similare celor produse în m.a.s.. În cele ce urmează sunt prezentate considerații asupra noxelor emise de motorul diesel care au deranjat cel mai mult, fumul și mirosul neplăcut al gazelor de evacuare.

### **3.3.1. ORIGINEA FUMULUI EMIS DE CĂTRE MOTOARELE CU APRINDERE PRIN COMPRIMARE**

Fumul este de trei categorii:

- fumul alb – propriu momentelor pornirii, când este antrenat motorul și eventual când se încălzește
- fumul albastru – propriu mersului în gol și la sarcini mici
- 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 cel 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 la 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 au inițial 40Å ( $1\text{Å}=10^{-10}\text{ m}$ ) și care, prin coagulare, cresc rapid, pentru ca să se ajungă la coagularea particulelor la dimensiunile finale de 1 μm.

De menționat că viteza finală de formare a funinginii rezultă ca diferență între viteza propriu-zisă de formare și viteza de radere parțială a norului de funingine. O schemă intuitivă și detaliată pentru asupra formării particulelor de funingine este redată în fig. 3.1.

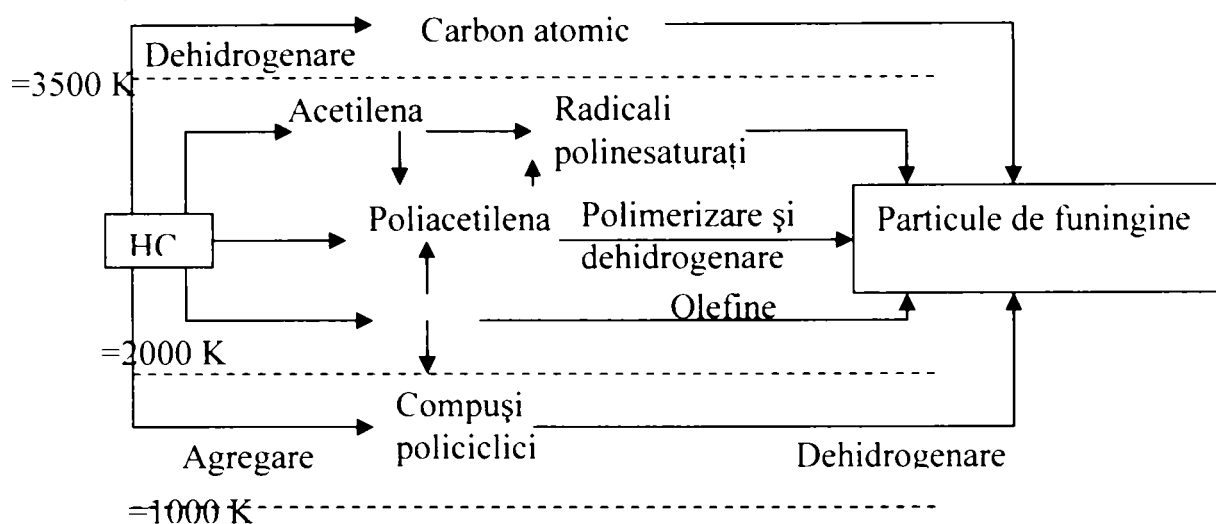


Fig. 3.1. Formarea particulelor de funingine [49]

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, 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.

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.

### **3.3.2. ORIGINEA EMISIILOR DE HIDROCARBURI ȘI A MIROSULUI GAZELOR EVACUATE**

Prezența hidrocarburilor se datorează [49]:

- 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

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 greutate moleculare mari, care sunt vinovați de senzația de vomă provocată de mirosul gazelor.

### **3.4. FORMAREA POLUANȚILOR ÎN MOTORUL CU INECȚIE DIRECTĂ**

#### **3.4.1. CÂMPUL DE CONCENTRAȚII ÎN PERIOADA ÎNTÂRZIERII LA AUTOAPRINDERE**

Durata întârzierii la aprindere, precum și intensitatea proceselor care au loc în acest interval și mai ales mișcarea din cilindru au o influență consistentă asupra formării amestecului, a arderii și a noxelor [49].

În condițiile mișcărilor severe ale aerului din cilindru, jetul ajunge rapid la pereți după circa 0,5 ms, ceea ce face ca o importantă tranșă a amestecului să se formeze în apropierea pereților.

Aceasta este favorizant pentru vaporizare, deoarece, în orice caz, în zona enunțată temperaturile sunt mai ridicate, dar devine defavorizant dacă combustibilul atinge perețele.

Evaporarea combustibilului, diferențiată în timp și spațiu, conferă amestecului pregătit pentru aprindere și ardere o neomogenitate nu numai termică și fizică ci și chimică, ceea ce are ca efect apariția primelor nuclee de flacără de la ciclu la ciclu, în puncte diferite ale camerei de ardere. Nu sunt motive însă, ca momentele apariției nucleelor să fie diferite, deoarece oricum, la fiecare ciclu sunt zone cu  $\lambda \approx 0,1$ , în care, dacă sunt satisfăcute și condițiile de temperatură, apar nuclee de flacără care declanșează aprinderea. Acest fapt explică dispersia ciclică mult mai redusă a m.a.c., în raport cu m.a.s., ceea ce este favorizant și pentru economicitate și pentru poluare.

### 3.4.2. FORMAREA SUBSTANȚELOR POLUANTE

Emisiunile poluante își au originea în zone distincte, care caracterizează câmpul de concentrații și gradul de propagare al amestecului în vederea arderii și anume:

- zona amestecurilor preformate inflamabile
- zona amestecurilor preformate neinflamabile
- nucleul jetului
- zona peretelui
- coada jetului (fracțiunea finală a dozei de combustibil injectată până la închiderea injectorului)
- fracțiunea de combustibil introdusă prin post-injecție

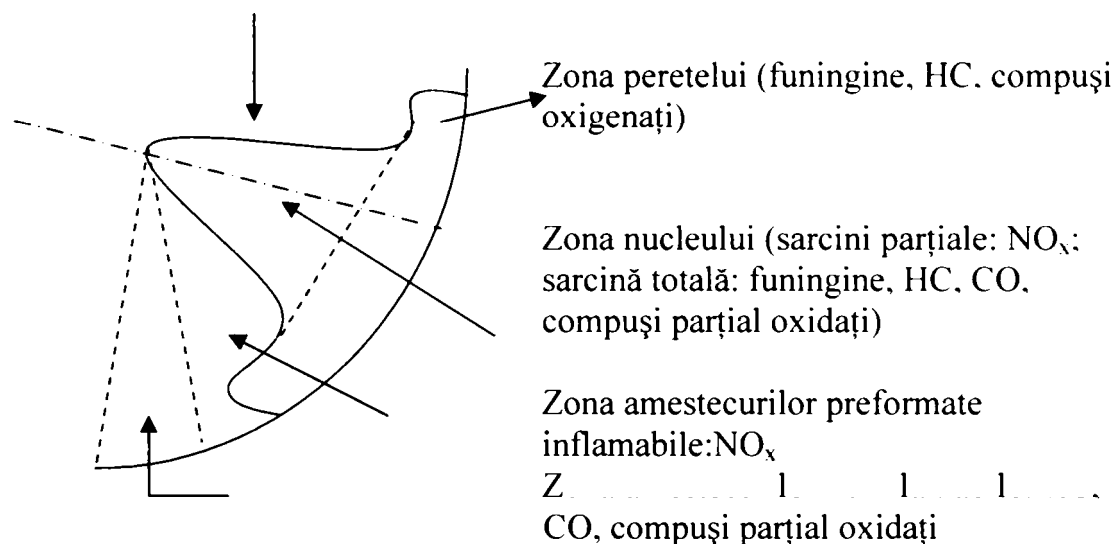


Fig. 3.2. Jetul și zonele sale [49]

Figura 3.2 schițează structura jetului cu zonele specifice formării diferiților poluanți. În zona peretelui, datorită manifestării stratului limită hidrodinamic, mișcările sunt frânate în apropierea sa, mai sever la apropierea de perete, ceea ce

face ca să se înrăutățească condițiile de amestecare, chiar și în prezența curentului circular ce deformează jetul. Arderea devine incompletă, cu apariție de funingine, hidrocarburi și compuși parțial oxidați.

În nucleul jetului, deși dimensiunile picăturilor sunt cele mai mari, la sarcini parțiale, datorită disponibilităților mari de aer, se formează doar oxizi de azot, favorizați de prezența oxigenului în exces.

La sarcina plină, cel puțin local, aerul nu mai este suficient, apărând noxele specifice arderii incomplete (funinginea, hidrocarburi, compuși parțial oxidați).

În zona amestecurilor preformate neinflamabile nu există suficient combustibil pentru a permite arderea și au loc reacții chimice de descompunere și oxidare parțială, rezultând CO, aldehide și hidrocarburi parțial descompuse.

Zona amestecurilor preformate inflamabile este generatoare numai de oxizi de azot, temperaturile fiind mari datorită plasării ei în apropierea nucleului jetului.

Coada jetului apare ca urmare a injectării ultimei fracțiuni de combustibil, în destindere, când presiunea de injecție devine mică, pulverizarea și amestecarea sunt deficitare, cantitatea de funingine și hidrocarburi formate fiind cu atât mai mare cu cât disponibilitățile de oxigen sunt reduse, adică cu cât sarcina motorului este mai mare.

Post-injecția se manifestă în anumite regimuri de funcționare, când și sub efect hidrodinamic, datorită undelor, injectorul se mai deschide, chiar de câteva ori. Injecția este deficitară la presiuni reduse, oxigen este puțin, astfel încât post-injecția, nedorită nici economic, este generatoare de hidrocarburi și de funingine.

### **3.5. FORMAREA POLUANȚILOR ÎN MOTORUL CU INjecȚIE INDIRECTĂ**

Motoarele cu camere de ardere divizată sau cu injecție indirectă sunt constituite dintr-un compartiment de volum constant și un compartiment de volum variabil în cilindru, care comunică între ele prin unul sau mai multe canale. Combustibilul se injectează în compartimentul de volum constant unde are loc întârzierea la autoaprindere. Arderea inițiată în prima cameră continuă în camera din cilindru [49].

La motoarele diesel cu camera divizată (injecție indirectă), volumul acesteia reprezintă maximum 60% din volumul camerei de ardere  $V_c$ .

În camera auxiliară temperatura este ridicată, dar disponibilitățile de aer sunt reduse, astfel încât este favorizată formarea de funingine și hidrocarburi nearsă sau parțial oxidate și este frânată formarea oxizilor de azot.

Formarea oxizilor de azot este frânată și în camera principală, datorită existenței temperaturii mai coborâte.

Motoarele cu cameră divizată au tendința de a emite fum albastru la sarcini parțiale și turații mari, datorită dispersiei ciclice mai mari decât la motoarele cu injecție directă.

Durata de încălzire după pornire și cantitatea de fum alb emisă sunt mai mici decât la injecția directă, deoarece camera auxiliară, unde se declanșează aprinderea și arderea, este mai caldă.

Avantajele camerelor divizate sunt: limitarea arderii violente, dezvoltarea arderii cu degajare lentă de căldură (emisie redusă de  $\text{NO}_x$ ), amestecarea bună a combustibilului cu aerul (emisi mai reduse de HC, CO și fum), atingerea unor turații mari și sensibilitate mai scăzută la calitatea combustibilului.

### 3.6. CONTROLUL ARDERII ÎN MOTORUL CU APRINDERE PRIN COMPRIMARE

Pentru îmbunătățirea performanțelor motorului diesel se poate interveni asupra procesului de ardere pe mai multe căi [52]:

- pentru mărirea randamentului trebuie să fie activată faza arderii rapide în vederea degajării fracțiunii principale din căldura dezvoltată pe ciclu în apropierea PMI (arderea rapidă să se apropie de izocoră);
- pentru atenuarea funcționării violente a motorului trebuie micșorată viteza de creștere a presiunii  $p'$  prin reducerea duratei întârzierii la autoaprindere  $\alpha_{aa}$ ;
- pentru reducerea emisiilor poluante sunt vizate întârzierea la autoaprindere  $\alpha_{aa}$ , injecția de combustibil și avansul la injecție  $\beta$ , formarea amestecului.

În continuare sunt descrise câteva din aceste căi de control a arderii.

**Injecția pilot** constă în introducerea în cilindrul motorului, înaintea injectării dozei principale, a unei cantități reduse de combustibil – pilotul, care, prin aprindere, pregătește din punct de vedere chimic amestecul aer-combustibil astfel că doza principală de combustibil se injectează într-o atmosferă încălzită și bogată în elemente reactive, provenite din reacțiile pilotului cu oxigenul. Se asigură o durată foarte scurtă a întârzierii la autoaprindere și o ardere treptată a dozei principale de combustibil.

Ca urmare curba presiunii are o pantă mai lină în zona arderii rapide, fapt care permite realizarea unei presiuni maxime  $p_{\max}$  mai mici și a unei viteze de creștere a presiunii  $p'$  reduse. Se asigură, în felul acesta, o funcționare mai liniștită a motorului.

Prin injectarea pilotului de motorină temperatura în camera de ardere în momentul injectării dozei principale crește, dar dacă pilotul este injectat cu un decalaj foarte mare față de doza principală acest efect scade rapid, iar diagrama

indicată suferă modificări. Astfel, la un decalaj al pilotului de  $25^{\circ}\text{RAC}$ , temperatura în camera de ardere crește cu aproximativ  $200^{\circ}$  față de cazul injecției convenționale.

Mărirea decalajului pilot-doză are o influență negativă atât asupra consumului specific de combustibil, cât și asupra emisiilor poluante  $\text{NO}_x$ , PM și HC.

Având în vedere această influență puternică a momentului injecției pilotului, cercetătorii de la Mitsubishi recomandă un decalaj al pilotului față de doza principală de  $6...20^{\circ}$ . Totodată ei pun în evidență existența unei limitări a injecției clasice în privința diminuării emisiei de oxizi de azot. Apelând la injecția pilot emisia de oxizi de azot se poate diminua substanțial, dar cu sacrificarea importantă a economicității motorului.

Aceeași cercetători de la Mitsubishi consideră că aceasta nu trebuie să depășească  $5...10\%$  din doza pe ciclu. Cu cât este mai mare pilotul sporește eficiența motorului și se reduc emisiile poluante. La motoare mari doza optimă se situează în jurul a  $3\%$ .

Realizarea unor doze atât de mici pentru pilot (sub  $1 \text{ mm}^3$ ) presupune aplicarea unor tehnologii avansate remarcându-se în această direcție firmele Bosch, Delphi, Denso, Siemens (cercetătorii firmei Delphi spun că sistemul lor este mai rapid de trei ori decât cel al firmei Bosch, astfel că doza principală poate fi injectată după numai  $300 \mu\text{s}$  față de  $900 \mu\text{s}$  în cazul firmei Bosch).

După pornire, în perioada de încălzire a motorului asigură și o stabilitate mai mare a ciclurilor motoare, iar la ralanti micșorează zgomotul produs de motor de la 76 la  $65,6 \text{ dB}$ . Prin asocierea cu recircularea de gaze de ardere scad emisiile de oxizi de azot, în condițiile unei creșteri acceptabile a consumului specific efectiv de combustibil.

Injecția pilot poate constitui o soluție de reducere a întârzierii la autoaprindere și în cazul combustibililor grei ( $\text{CC}=30...35$ ).

Realizarea injecției pilot prin profilarea adecvată camei pompei de injecție reprezintă o soluție dificilă. Se poate recurge la utilizarea unui injector special sau la pompe de injecție cu comandă electronică.

Pentru motoarele cu cameră separată de vârtej a fost conceput un injector special – injectorul Pintaux – care, spre deosebire de injectorul standard are încă un orificiu prin care se realizează injecția pilot – orificiul secundar  $\text{O}_2$ . La începutul ridicării acului injectorului secțiunea orificiului principal  $\text{O}_1$  este mai redusă decât secțiunea orificiului secundar  $\text{O}_2$ . Ridicându-se în continuare, acul mărește secțiunea orificiului  $\text{O}_1$  permițând injectarea dozei principale (curgerea prin orificiul  $\text{O}_2$  se dezamorsează). Pilotul este îndreptat spre centrul camerei de vârtej, iar jetul principal de combustibil spre periferie. Raportul dintre cantitatea de combustibil injectat prin orificiile  $\text{O}_2$  și  $\text{O}_1$ , variază cu turația motorului, ceea ce are



o influență importantă asupra pornirii motorului. La pornire, turația pompei de injecție este scăzută, iar viteza pistonului sarter redusă; acul injectorului se ridică încet, iar fracțiunea cea mai mare din doză trece prin  $O_2$ . La regim normal de funcționare acul se ridică repede, iar fracțiunea principală din doză trece prin  $O_1$ . În acest fel, la pornire, combustibilul este injectat în centrul camerei de ardere, deci în zona mai caldă, ceea ce ușurează pornirea.

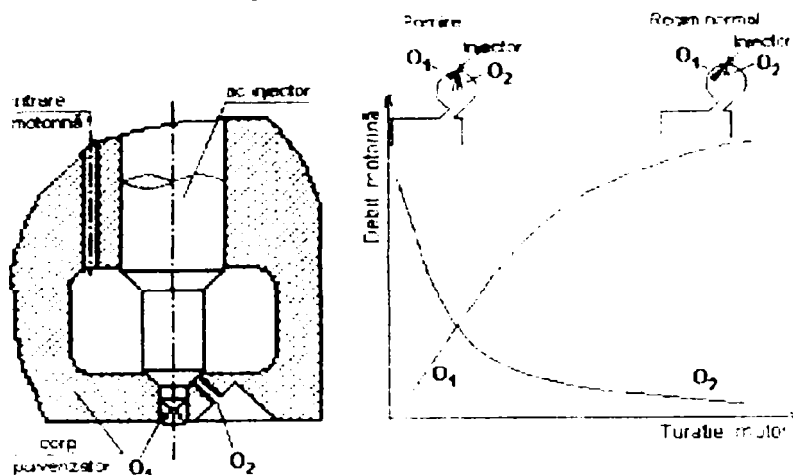


Fig. 3.3. Injecorul Pintaux: schemă de principiu și debite de combustibil prin cele două orificii. principal (pentru doza principală)  $O_1$  și secundar (pentru pilot)  $O_2$  [52]

Pentru motoarele cu injecție directă, semirapide, o soluție o constituie montarea a două injectoare (unul pentru doza principală, celălalt pentru pilot) într-o singură piesă plasată în chiulasă sau un singur injector cu două trasee (unul pentru doza principală, celălalt pentru pilot).

La motoare mai mici de autovehicule soluția nu se mai poate aplica din lipsă de spațiu. În acest caz s-a realizat injectorul cu două arcuri, care realizează ridicarea acului în două etape: prima ridicare se realizează la presiune mai scăzută, învingând arcul 1 (cel din construcția injectorului clasic) – are loc injecția pilot, iar a doua ridicare – care este în continuarea celei dintâi – se produce la o presiune mult mai mare, învingând rezistența ambelor arcuri 1+2 – are loc injecția dozei principale. Unii cercetători în domeniu au numit acest tip de injecție –*injecție modulată* sau *secvențială*.

În cazul injectorului cu două arcuri variația presiunii din cilindru este mai redusă, ceea ce înseamnă un mers mai liniștit al motorului, în special în zona turațiilor joase.

În cazul injecției electronice injecția pilot se realizează prin ridicarea acului injectorului de două ori de pe sediu.

**Fumigarea. Procedul Vigom.** Alte metode pentru controlul arderii în motorul diesel constau în pulverizarea unei doze reduse de combustibil în admisia motorului – **fumigarea** sau la sfârșitul evacuării – **procedul Vigom**. Reacțiile chimice ce decurg lent până la injectarea dozei principale, ușurează aprinderea



acesteia. Aceste procedee se aplică cu dificultate deoarece nu se pot controla reacțiile de preoxidare la diferite regimuri de funcționare. Introducerea alcoolilor în admisia motorului (metoda diesel-carburator) reprezintă de fapt aplicarea sub altă formă a metodei fumigării.

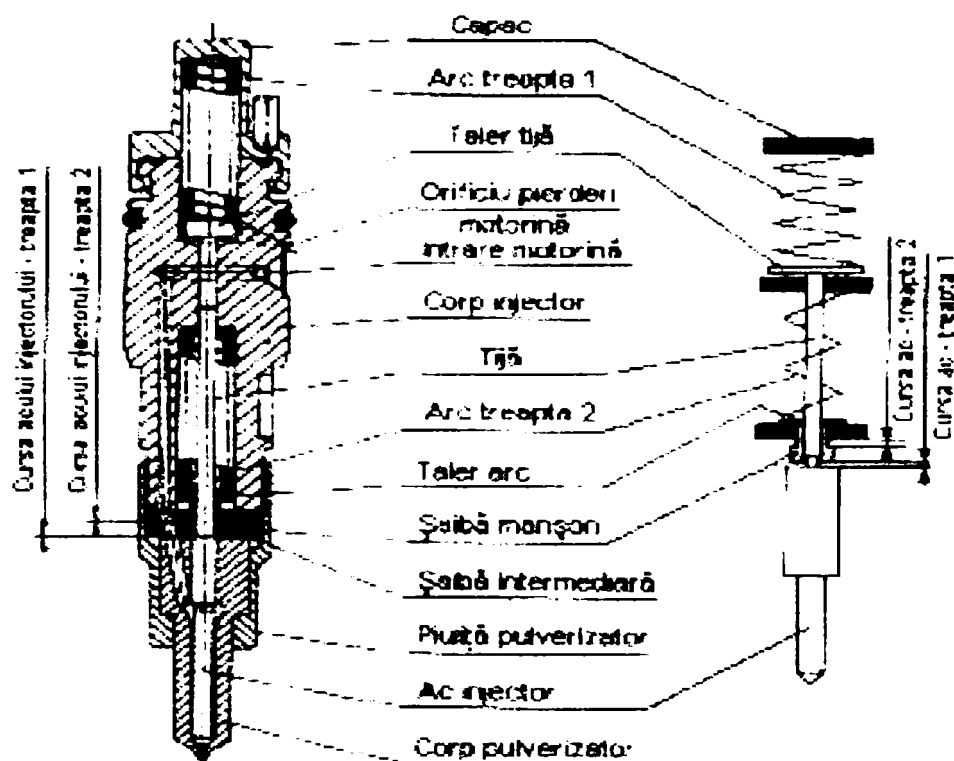


Fig. 3.4. Injectorul cu două arcuri: secțiune și schemă simplificată [52]

**Modularea cinetică a arderii MK** (Modulated Kinetics) a fost imaginată de cercetătorii japonezi de la Nissan pentru a micșora emisiile poluante din gazele de evacuare ale motorului diesel. Această metodă este aplicată într-o regiune de funcționare a motorului în care raportul de vârtej este foarte mare.

Acest concept cuprinde trei faze:

- O *recirculare intensă de gaze arse* în urma căreia concentrația de oxigen scade (faza I);
- O *injecție târzie a combustibilului* (avans la injecție  $\beta$  redus) față de arderea normală (faza II);
- Un *raport de vârtej foarte mare* (faza III).

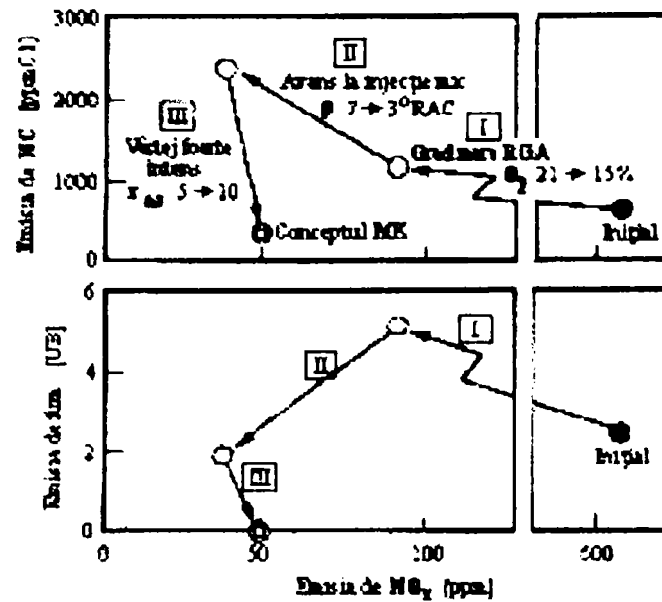


Fig. 3.5. Efectul fiecărei faze a conceptului de modulare cinetică a arderii MK asupra emisiilor de fum și hidrocarburi HC: motor cu injecție directă în volum Nissan.  $P_e=110$  kW/4000 rpm.  $M_e=309$  Nm/2000 rpm.  $S/D=88/100$  mm.  $\epsilon=17.5$  [52]

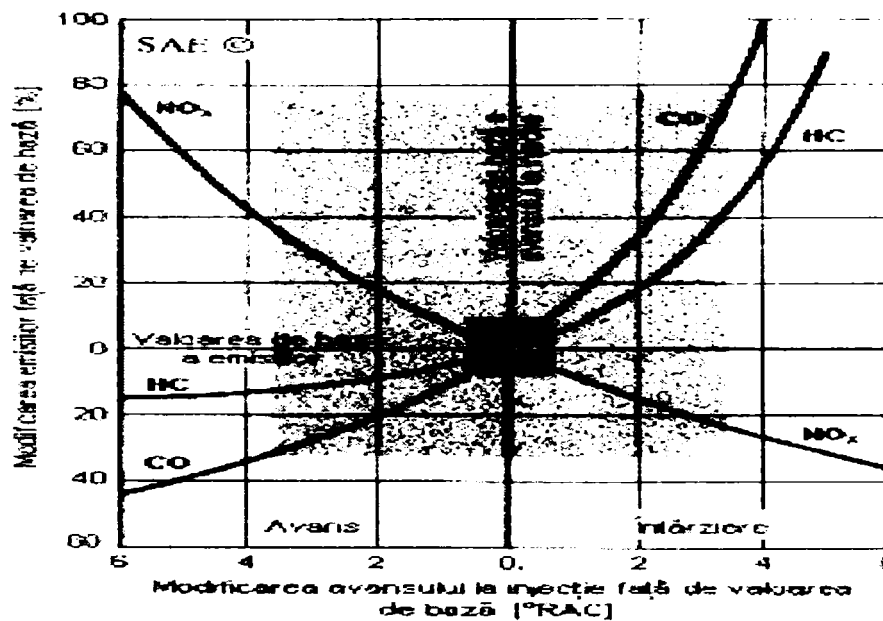


Fig. 3.6. Influența avansului la injecție asupra emisiilor poluante [52]

Având în vedere influența avansului la injecție asupra emisiilor poluante, constatăm că în prima fază, prin micșorarea cantității de oxigen ca urmare a recirculării de gaze de ardere scade temperatura în camera de ardere și odată cu ea emisia de  $NO_x$ , cu aproximativ 85%. Însă emisiile de fum și HC cresc cu aproape 100%. Micșorând avansul la injecție presiunea și temperatura în cilindru scad; emisia de fum ajunge aproape la valoarea inițială, dar se reduce și mai mult emisia de  $NO_x$ , aproape la jumătate. Emisia de HC, crește aproape dublu. Aplicând o



Metoda reducerii avansului la injecție precum și micșorarea emisiilor poluante nu este nouă. A fost folosită și de firma Perkins pe motoarele cu cameră  $\Delta$ , dar nefiind coroborată cu intensificarea mișcării aerului motorul avea numai două supape pe cilindru a condus la scăderea puterii motorului.

**Controlul emisiilor poluante** presupune intervenții asupra parametrilor funcționali și constructivi ai motorului pe baza cunoașterii fenomenelor care conduc la apariția emisiilor de HC, NO<sub>x</sub>, fum și particule PM. Nu trebuie scăpat din vedere consumul de combustibil, implicat în emisia de CO<sub>2</sub> (cercetătorii marilor firme estimează scăderea consumului de combustibil la 1,5 l la 100 km în a doua decadă a secolului XXI).

**Fumul și particulele materiale PM.** Kamimoto și Bae consemnează 3 elemente ce condiționează formarea fumului în timpul arderii:

- Fumul se formează foarte repede și concentrația ajunge la maxim aproximativ la sfârșitul injecției, după care descrește la fel de repede ca urmare a oxidării în condițiile în care temperatura este mai mare de 1900K;
- Concentrația de fum ajunge la maxim atunci când, local, atât temperatura cât și excesul de aer ajung la valoarea maximă;
- Valoarea maximă observată a temperaturii a fost între 2100 și 2350 K, în timp ce valoarea maximă a excesului de aer a fost cuprinsă în intervalul 1,5...2,5

Pe baza observațiilor făcute s-a realizat o imagine a evoluției jetului de motorină evoluând în flacără, care arată că „fumul se formează într-o regiune a flăcării unde coeficientul mediu de exces de aer este sărac, iar temperatura flăcării este mare, suficiente pentru a promova piroliza combustibilului evaporat”.

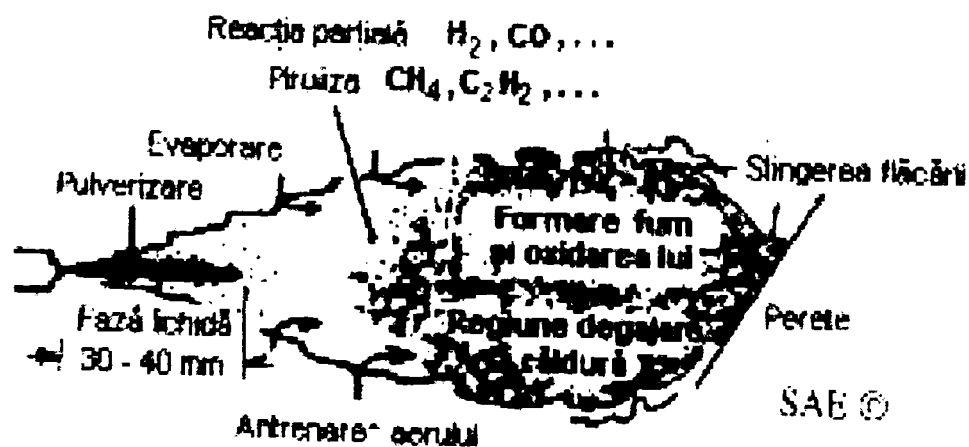


Fig. 3.9. Imaginea flăcării răspândite peste jetul de motorină [52]

Ținând seama și de rezultatele altor cercetări se constată că fumul se formează atunci când temperatura amestecului este cuprinsă între 2200 K și 2300...2400 K; el nu apare la temperaturi mai mici de 1500 K, iar oxidarea ulterioară este posibilă numai dacă temperatura este mai mare de 1800...1900 K.

O cale de micșorare a fumului din gazele de ardere o constituie folosirea unor orificii de injecție cât mai mici, care să conducă la o mai bună formare a amestecului, numai că același diametru al orificiului injectorului nu conduce la aceeași emisie de fum pe toată plaja de funcționare a motorului.

Această micșorare a diametrului orificiilor injectorului trebuie asociată cu presiunea de injecție și mișcarea aerului din camera de ardere. Prin modificarea presiunii de injecție sunt influențate caracteristicile pulverizării – diametrul și numărul picăturilor, penetrația jetului, omogenitatea pulverizării – dar și durata injecției. Pentru o cantitate de combustibil injectată, durata injecției depinde nu numai de presiunea de injecție, ci și de numărul de orificii și diametrul acestora.

$$\alpha_m \approx \frac{const.}{z \cdot d_i \cdot \sqrt{\Delta p}} \quad (3.1)$$

unde  $z$  este numărul de orificii ale injectorului,  $d_i$  – diametrul orificiilor injectorului,  $\Delta p$  – diferența de presiune în zona orificiilor injectorului  $p_{inj} - p_{cil}$ .

Pentru reducerea emisiei de fum trebuie realizată o corelație între presiunea de injecție și folosirea cât mai eficientă a aerului din camera de ardere care să conducă la o amestecare cât mai bună a combustibilului cu aerul. Pentru realizarea acestei corelații trebuie avute în vedere cele două categorii principale de motoare: motoare rapide (de autoturism, camion, tractor) la care alezajul este relativ mic (sub 150 mm) și turația ridicată (1800...5000 rpm) caracterizate printr-o mișcare intensă a aerului și motoarele rapide (de locomotivă) și semirapide, cu alezaj mai mare și turație mai mică de 1500 rpm, la care mișcarea aerului este mai lentă. La ambele categorii de motoare, pentru folosirea eficientă a aerului dintre două jeturi cerințele sunt asemănătoare (cu diferențieri privind dimensiunile mărimilor respective) este necesară o corelare a duratei injecției (presiune de injecție, număr de orificii și diametrul acestora), a vitezei de rotație a aerului în camera de ardere și a penetrației jetului în așa fel încât combustibilul să nu ajungă pe peretele camerei de ardere, de cele mai multe ori fiind necesară și o modificare a camerei de ardere. La a doua categorie de motoare trebuie să se țină seama și de corelația dintre diametrul orificiului injectorului, viteza de rotație a aerului în camera de ardere și sarcina motorului pentru a obține cea mai mică emisie de fum și cel mai bun consum specific efectiv de combustibil: la numărul impus de orificii ale injectorului, la micșorarea sarcinii este necesară reducerea intensității mișcării aerului în camera de ardere.

Acordând o atenție deosebită detaliilor constructive ale orificiului injectorului (formă conică, rotunjirea marginilor prin hidroeroziune, secțiune de curgere optimizată), cercetătorii firmei Volkswagen au reușit să micșoreze emisia de particule cu 25%.

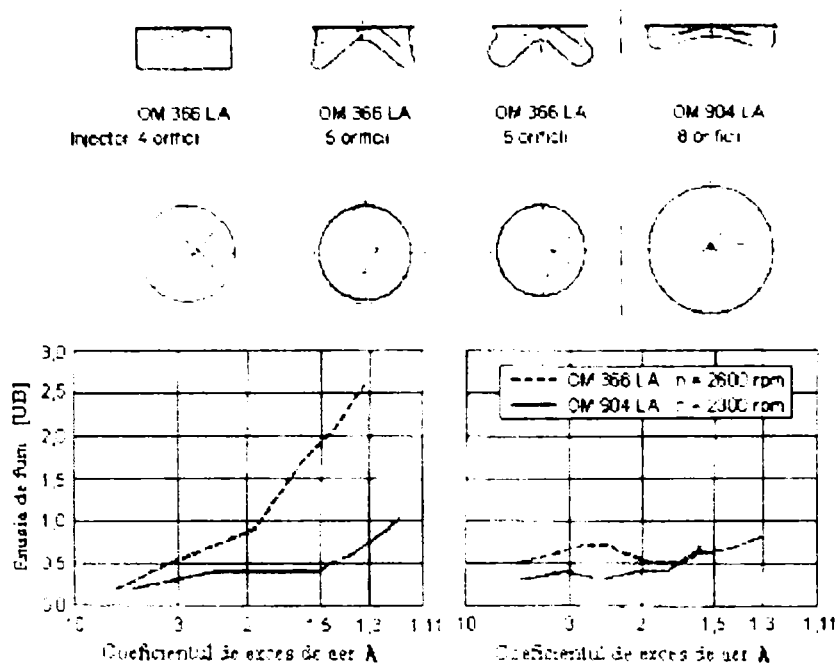


Fig. 3.10. Optimizarea folosirii aerului la motorul Mercedes seria 900 față de seria 300: (stânga – la  $n=0,45 \cdot n_n$ ; dreapta – la  $n=n_n$ ) [52]

Și Hill și alții, în cercetările făcute pe motorul experimental Ricardo Hydra, a pus în evidență influența pozitivă asupra emisieii de fum a presiunii de injecție ridicate la orice turație și valoarea excesului de aer.

Folosirea bariului ca aditiv ajută la reducerea emisieii de fum (a substanțelor carbonoase) din gazele de evacuare, dar nu reprezintă o soluție viabilă deoarece contribuie la formarea altor particule – carbonatul și sulfatul de bariu – care se adaugă emisieii de particule deja existente. Se apreciază că 85...95% din bariu este emis în evacuare și din acesta doar 10...15% este sub formă solubilă de carbonat de bariu. Din această cauză bariul se comportă ca un poluant asemănător plumbului.

Micșorarea avansului la injecție determină deplasarea arderii în destindere, micșorarea temperaturii amestecului aer-combustibil și în consecință reducerea emisieii de fum și particule.

O altă cale de reducere a fumului în gazele de evacuare este introducerea apei în camera de ardere fie odată cu aerul admis, fie emulsionată cu combustibilul, fie injectată separat sau împreună cu motorina direct în camera de ardere.

Dintre aceste procedee de adăugare a apei, singurul care asigură micșorarea emisieii de fum este cel al emulsiei motorină-apă. La folosirea emulsiei motorină-apă temperatura locală scade, micșorând în acest fel condițiile favorizante formării fumului.



Aplicând metoda injectării emulsiei motorină-apă în camera de ardere la un motor din fabricația de serie, firma MTU a obținut o reducere substanțială a emisiei de fum – aproximativ 85% la un adaos de apă de 50%.

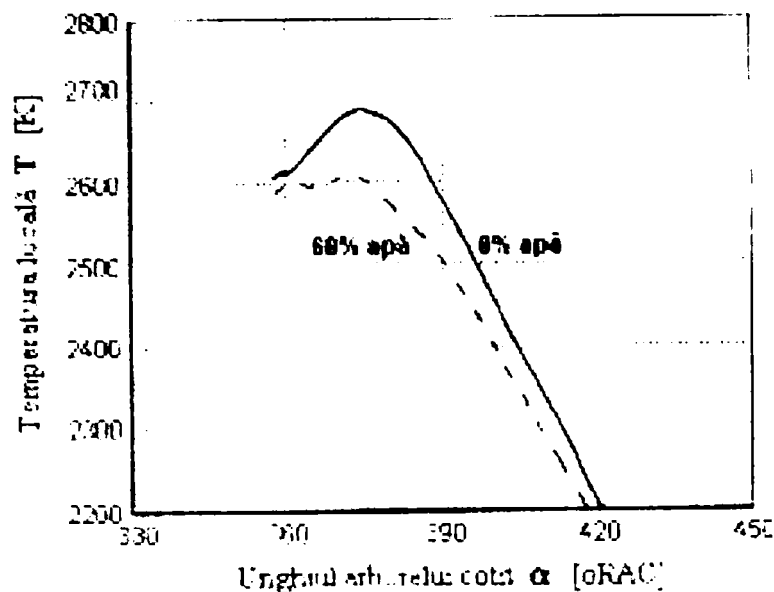


Fig. 3.11. Temperatura flăcării în cazul folosirii unei emulsii motorină-apă [52]

Born și Peters au folosit o soluție de apă oxigenată  $H_2O_2$  pentru a îmbogăți atmosfera în care se desfășoară arderea în radicali OH. Folosind metoda injecției directe au constatat că pe măsură ce concentrația apei oxigenate crește emisia de fum scade (la o concentrație de 15%  $H_2O_2$  emisia de fum devine egală cu cea corespunzătoare folosirii motorinei, iar la 50% concentrație emisia de fum scade la jumătate); astfel și metoda injecției directe devine eficientă în diminuarea fumului. Aplicând și metoda emulsiei motorină-apă oxigenată, se constată o reducere a fumului cu aproape 80% prin folosirea a 20% apă oxigenată cu o concentrație de 25%.

Pentru a face față limitărilor din ce în ce mai severe ale normelor actuale EURO 3 și viitoare EURO 4, EURO 5, pe lângă mijloacele prezentate de reducere a emisiei de particule, toți constructorii apelează la tratarea ulterioară a gazelor de evacuare într-un filtru de particule.

Filtrele de particule sunt confecționate din materiale ceramice sub forma unor canale, în pereții acestora fiind reținute particulele rezultate în procesul de ardere și eliminate odată cu gazele arse. Aceste particule, tot acumulându-se, vor mări rezistența la curgere a gazelor de evacuare, afectând puterea și economicitatea motorului. Se impune o curățire a acestui filtru, curățire care se face prin injecția în destindere a unei cantități de motorină, timp de câteva minute (până la 5 minute) și arderea în acest fel a particulelor depuse în pereții celulelor. Sesizarea momentului începerii acțiunii de curățire este făcută de calculator în momentul depășirii unei

anumite valori a diferenței de presiune dintre amonte și avalul filtrului de particule.

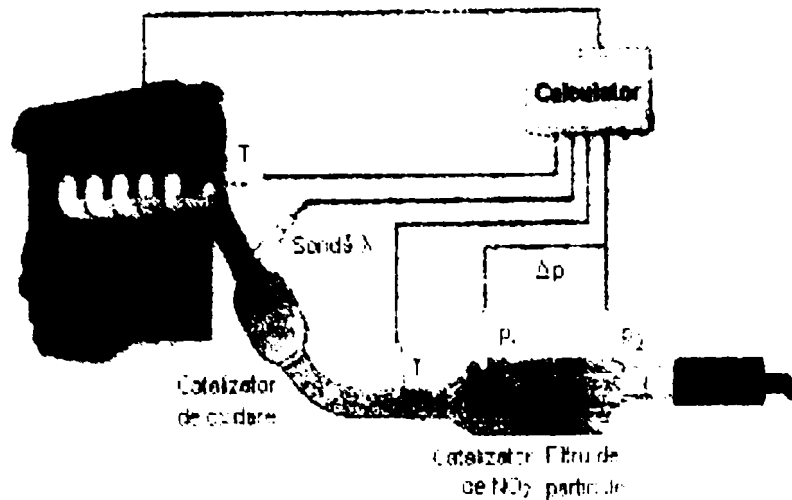


Fig. 3.12. Sistemul complex de tratare a gazelor de evacuare la motoarele VW din ultima generație [52]

Toate aceste filtre sunt vulnerabile la sulful prezent în combustibil. Firma engleză AEA a realizat Electrocat Diesel Particulate Filter, un filtru de particule funcționând la temperaturi scăzute ale gazelor de evacuare, insensibil la conținutul de sulf din combustibil, auto-regenerabil folosind principiul plamei.

Ultimele variante de tratare chimică a gazelor de evacuare cuprind într-un bloc comun filtrul de particule și filtrul de oxizi de azot. În acest fel se folosește atât oxigenul activ eliberat în faza de prelucrare a  $\text{NO}_x$  pe catalizatorul de platină, cât și oxigenul în exces prezent din gazele de evacuare. Funcționarea este mult îmbunătățită prin schimbarea periodică a sensului de curgere a gazelor prin filtru cu ajutorul unei clapete.

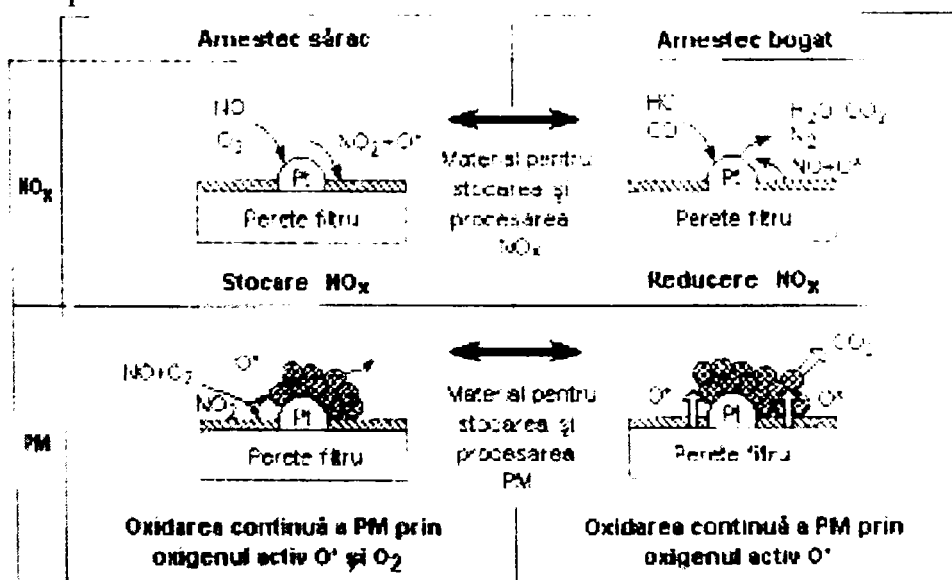


Fig. 3.13. Mecanismul purificării gazelor de evacuare de  $\text{NO}_x$  și fum în cazul sistemului DPNR (Diesel Particulate- $\text{NO}_x$  Reduction System) al firmei Toyota [52]

Recircularea de gaze arse se aplică în special pentru reducerea oxizilor de azot, prin micșorarea temperaturii flăcării. Emisia de fum și particule. Se consideră că prin limitarea cantității de gaze recirculate la 30...40%, la sarcini parțiale, se realizează un compromis între cele două emisii PM-NO<sub>x</sub>.

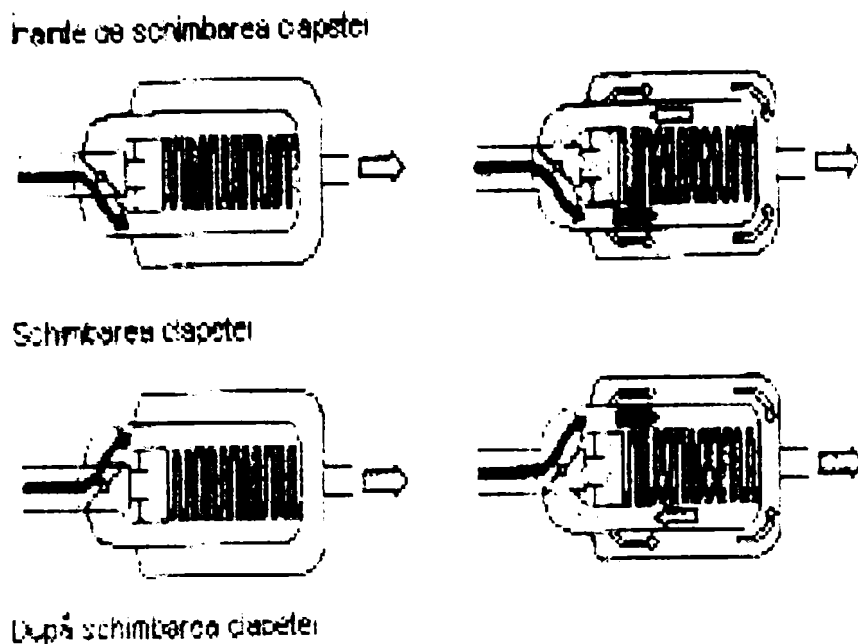


Fig. 3.14. Schema schimbării sensului de curgere a gazelor de evacuare prin filtrul DPFR realizat de Toyota [52]

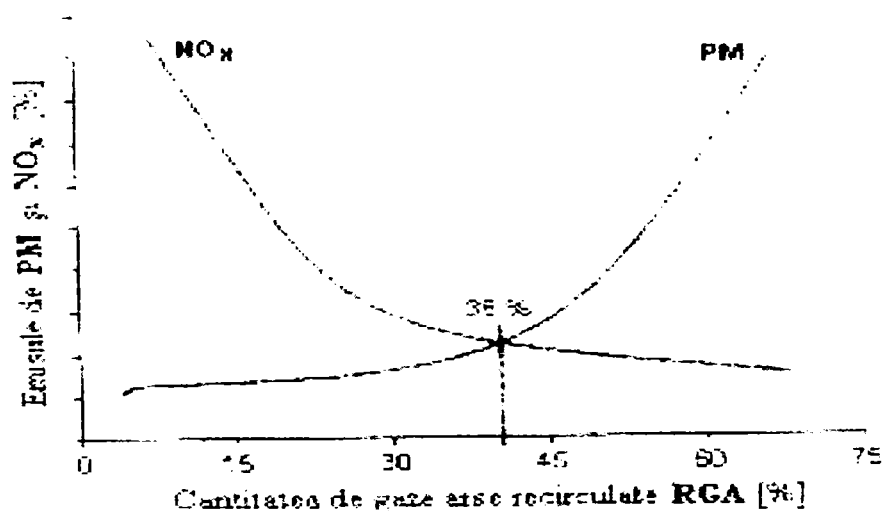


Fig. 3.15. Cantitatea de gaze arse recirculate considerată ca acceptabilă din punct de vedere al celor două emisii – particule materiale PM și oxizi de azot NO<sub>x</sub> [52]

O metodă foarte răspândită este injecția multiplă, doza pe ciclu principală fiind divizată în 3, prima injectată înaintea dozei principale, a treia după doza principală.

Prin cercetările proprii și pe baza observațiilor făcute de alți cercetători pe motoare experimentale pe care este posibilă vizualizarea proceselor din camera de

ardere, Han și alții, analizând separarea dozei principale în 2 jeturi consecutive, au constatat importanța pauzei dintre jeturi și proporției acestora asupra producerii fumului.

În cazul unei singure injecții jetul masiv de combustibil avansează în zonele cu amestec bogat, aflate la temperatură relativ joasă, alimentându-le continuu și favorizând formarea fumului. În cazul injecției multiple al doilea jet, datorită pauzei dintre jeturi, pătrunde într-o zonă cu amestec sărac aflat la temperatură ridicată rezultat în urma arderii primului jet. În felul acesta combustibilul din al doilea jet este consumat rapid prin ardere înainte de a se acumula în zone bogate în fum. Ca urmare fumul și particulele sunt în cantitate mai mică.

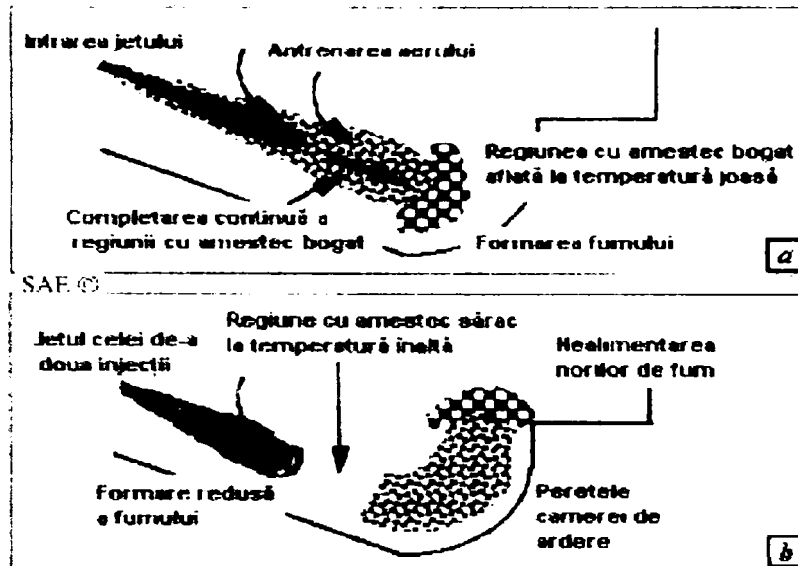


Fig. 3.16. Imagine schematică arătând mecanismul reducerii emisiei de fum în cazul injecției multiple: a) injecție clasică (un singur jet); b) injecție multiplă (2 jeturi) [52]

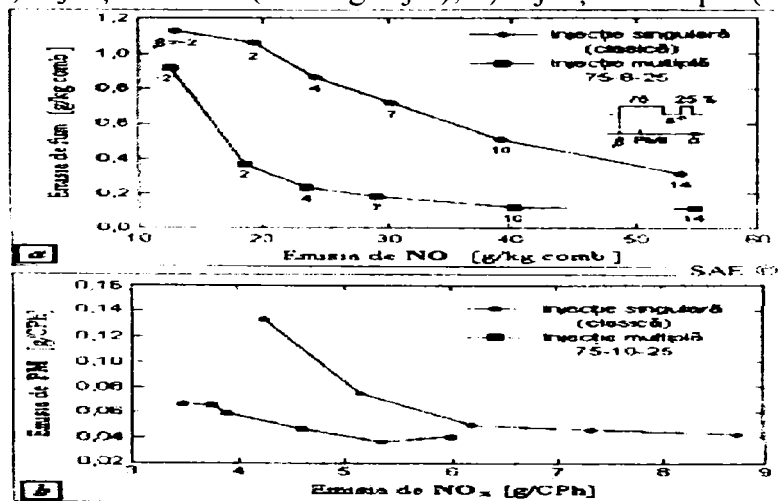


Fig. 3.17. Influența injecției multiple asupra emisiilor de fum și particule PM: a) simularea reducerii emisiilor de fum și NO la diferite avansuri la injecție  $\beta$ ; b) emisiile de particule PM și oxizi de azot NO<sub>x</sub> măsurate la sarcina de 75% pentru avansuri la injecție de la +12 la -1°RAC; (în cazul injecției multiple cele 2 jeturi de 75% și 25% din doză sunt separate de 8°RAC, respectiv 10°RAC) [52]

Prin aplicarea injecției multiple micșorarea vitezei de creștere a presiunii este mult mai pronunțată, astfel că nivelul zgomotului scade cu 7 db<sub>A</sub> față de cazul injecției pilot (de la 89 db<sub>A</sub> la 82 db<sub>A</sub>).

Injecția multiplă are o acțiune complexă asupra procesului de ardere față de injecția pilot, pentru că pe lângă micșorarea zgomotului și a emisiei de fum se îmbunătățește funcționarea motorului în sensul scăderii emisiilor de oxid de carbon, hidrocarburi neare și oxizi de azot și creșterii economicității prin consumul specific efectiv de combustibil.

O combinație între injecția multiplă și injecția singulară pot asigura optimizarea funcționării motorului la toate sarcinile și turațiile, dar folosind rate de livrare diferite.

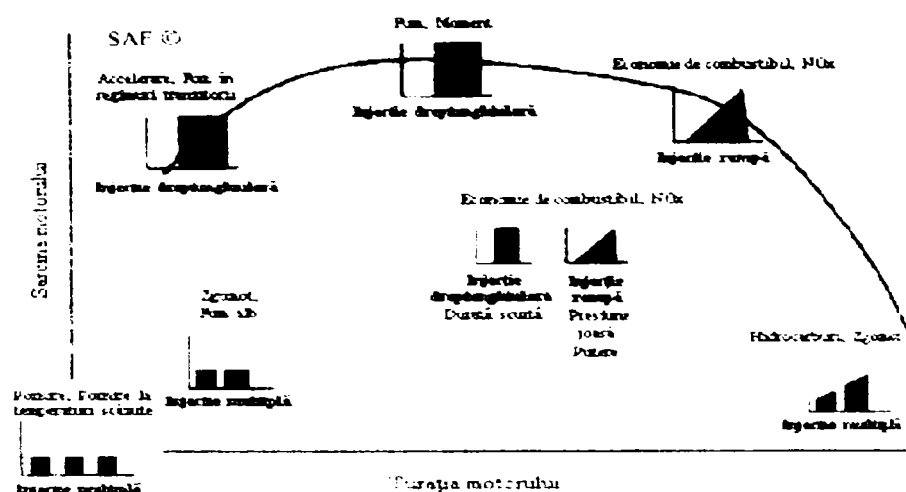


Fig. 3.18. Harta optimizării funcționării motorului diesel folosind o injecție de combustibil adaptivă [52]

*Emisia de oxizi de azot NO<sub>x</sub>*. Necesitatea reducerii acestei emisii rezidă din aceea că, dacă bioxidului de carbon i se atribuie coeficientul 1 în panopia gazelor cu efect de seră, oxizii de azot au coeficientul 270.

Oxizii de azot se formează în acele regiuni ale camerei de ardere caracterizate de o temperatură ridicată și de un amestec sărac. Temperatura are cel mai important rol în formarea NO<sub>x</sub> deci toate eforturile sunt îndreptate asupra acesteia.

Prin deplasarea arderii în destindere se micșorează presiunea din camera de ardere și temperatura gazelor scade substanțial. Se micșorează viteza de creștere a presiunii  $dp/d\tau$ , deci și zgomotul motorului și emisia de NO<sub>x</sub>.

Adaosul de apă contribuie la reducerea posibilității formării oxizilor de azot prin scăderea temperaturii în camera de ardere. Orice modalitate de introducere a apei are efect benefic asupra reducerii emisiei de oxizi de azot. Aplicarea metodei emulsiei pe un motor MTU 8V 396 TB34 a condus la scăderea liniară a emisiei de oxizi de azot (de la 1700 mg/m<sup>3</sup> la 750 mg/m<sup>3</sup>) cu adaosul de apă (de la 0 la 50%).

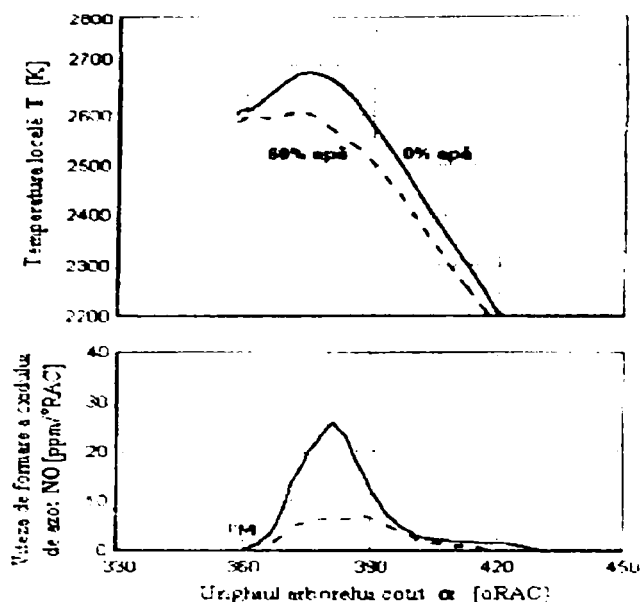


Fig. 3.19. Influența adaosului de apă asupra temperaturii din camera de ardere și vitezei de formare a oxizilor de azot [52]

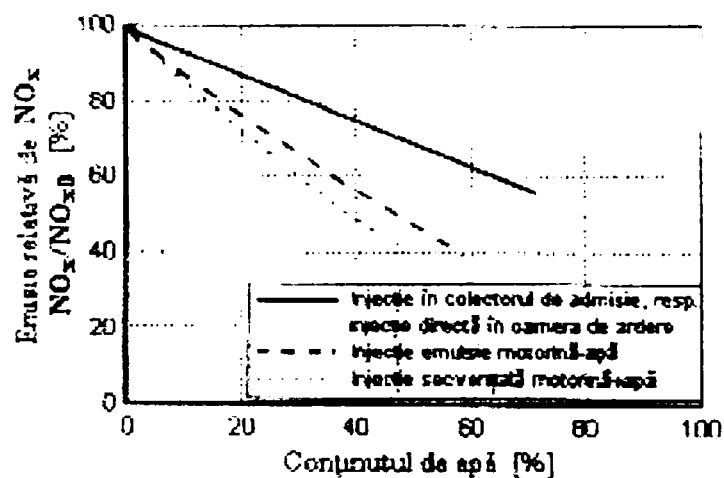


Fig. 3.20. Influența conținutului de apă asupra emisie de oxizi de azot [52]

Altă metodă eficientă pentru reducerea emisie de oxizi de azot este recircularea gazelor arse. Ea conduce la scăderea substanțială a emisie de oxizi de azot până la un grad de recirculare de ~30% (limitarea este necesară și pentru a nu afecta prea mult emisiile de fum și particule). Pentru ca metoda să fie mai eficientă gazele recirculate trebuie răcite. Se pot preleva gaze din amonte sau avalul turbinei de gaze.

În cazul folosirii gazelor arse la presiune ridicată (prin plasarea zonei de prelevare se beneficiază de efectul dinamic al curgerii gazelor din colectorul de evacuare) sau joasă se constată o scădere apreciabilă a emisie de oxizi de azot, dar și o creștere a emisie de particule. Pentru o bună corelare a celor două emisii, având în vedere și consumul specific efectiv de combustibil, cantitatea optimă de gaze recirculate trebuie să nu depășească 10% la sarcină totală și 30% la sarcini parțiale (încercări făcute pe motorul Deutz BF6M 2013C).

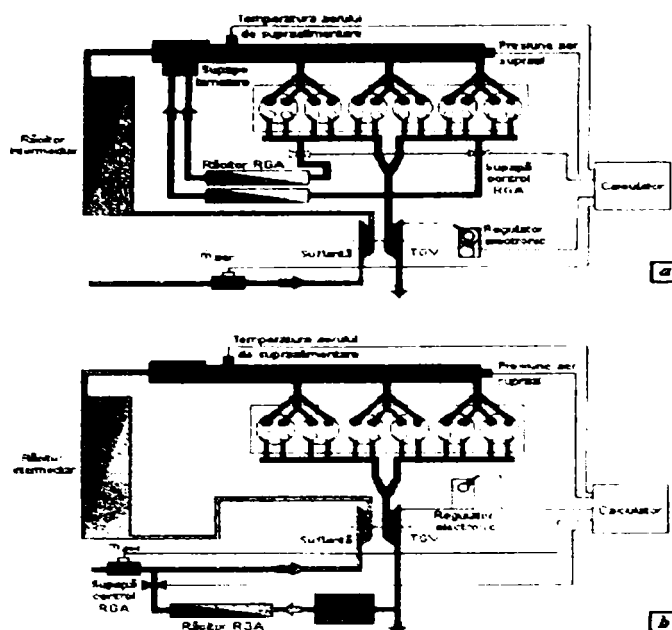


Fig. 3.21. Modalități de prelevare a gazelor arse în vederea recirculării lor: a) din amontele turbinei de gaze cu geometrie variabilă TGV – recirculare la presiune ridicată (pulsatorie); b) din avalul turbinei de gaze – recirculare la presiune joasă [52]

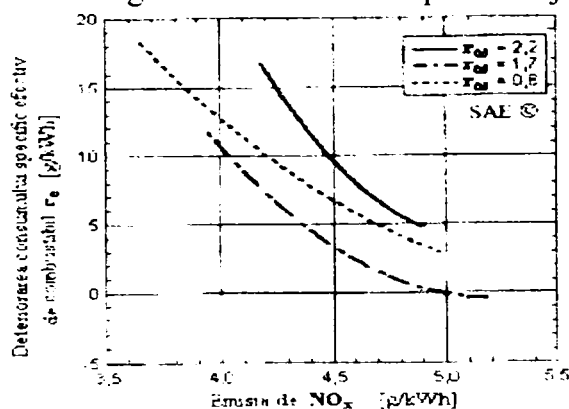
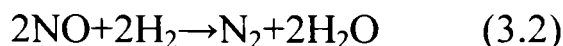


Fig. 3.22. Influența raportului de vârtje asupra emisiei de oxizi de azot și deteriorării consumului specific efectiv de combustibil [52]

Asociind și o corectă alegere a camerei de ardere, a numărului de orificii, a diametrului acestora și a momentului injecției, se poate asigura încadrarea motorului în limitele de poluare cerute la momentul respectiv.

Oxizii de azot ( $NO_x = NO + NO_2$ ) din gazele de evacuare ale motorului diesel se compun în cea mai mare parte din NO (partea de  $NO_2$  reprezintă aproximativ 10%). Așa cum arată și Koebel și alții în catalizatorul de oxidare  $DeNO_x$ , pe lângă reducerea emisiilor de HC și CO, are loc o transformare a oxidului de azot NO în azot și apă:



precum și o neutralizare a ionilor de azot:





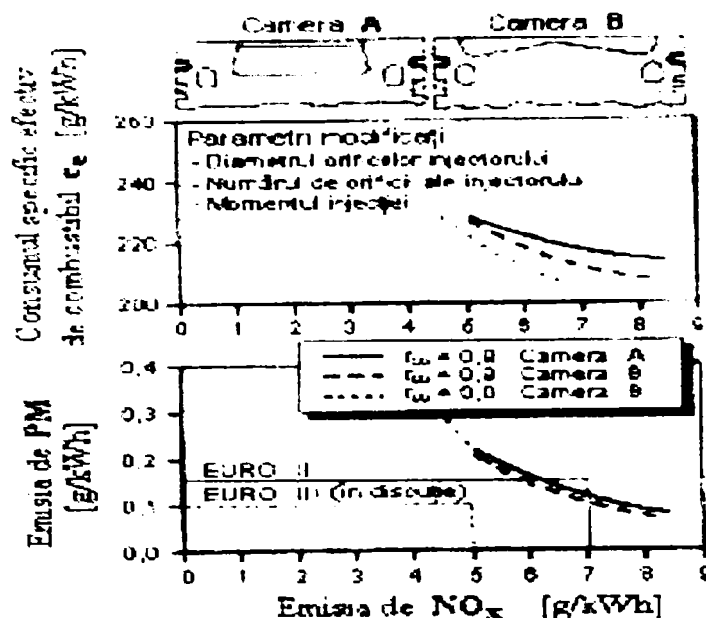
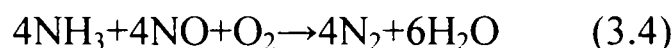


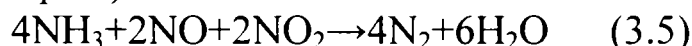
Fig. 3.13. Posibilități de corelare a emisiei de oxizi de azot cu consumul specific efectiv de combustibil și emisia de particule; testare după ciclul cu 13 moduri ECE-R 49 [52]

Pentru desfășurarea acestor reacții hidrogenul joacă rolul aditivului. În cazul amestecurilor sărace oxigenul în exces consumă acest aditiv producând apă. Este necesar să se apeleze la n alt aditiv, cum ar fi amoniacul –  $\text{NH}_3$ , ureea –  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , acidul cianhidric –  $\text{HCN}$ , care să reacționeze selectiv cu  $\text{NO}$ .

În catalizatoarele SCR standard eliminarea oxidului de azot decurge după reacția:



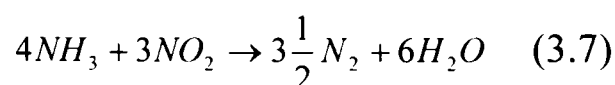
reacție ce decurge mult mai repede pentru amestecul de  $\text{NO}$  și  $\text{NO}_2$  în proporția 1:1 (catalizatoarele SCR rapide):



dar viteza reacției descrește rapid (cantitatea de  $\text{NO}_2$  este prea mică). Se preferă varianta de oxidare a unei părți din  $\text{NO}$  la  $\text{NO}_2$  în catalizatorul de oxidare  $\text{DeNO}_x$ , acesta având ca element activ – platina:



oxidare care nu trebuie să conducă la obținerea a mai mult de 50%  $\text{NO}_2$ , ca să nu rămână  $\text{NO}_2$  netransformat în baza reacției (3.5) și care ar putea reacționa cu viteză mai mică decât în cazul SCR standard:



Aceste catalizatoare funcționează cu o eficiență de 90% dacă temperatura gazelor de evacuare se situează în intervalul 350..400°C. La temperaturi mai mari ale gazelor se reduce selectivitatea prin oxidarea parțială a amoniacului, iar la temperaturi mai mici activitatea catalizatorului scade.

Aceste catalizatoare pot fi ameliorate prin înlocuirea amoniacului cu soluție de uree, care introdusă în gazele de evacuare calde, se descompune prin efect de termoliză în amoniac și acid izocianic:



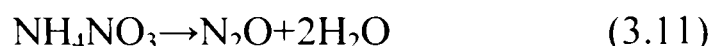
acesta din urmă, împreună cu apa, putându-se transforma în amoniac și bioxid de carbon:



O proporție de 1:1 între  $\text{NH}_3$  și  $\text{NO}_x$  este folosită în mod obișnuit pentru a evita pierderi de amoniac, acesta trecând doar prin catalizator și regăsindu-se în gazele de evacuare. Catalizatorul poate să stocheze o cantitate de  $\text{NH}_3$  pentru a interveni rapid atunci când au loc modificări ale turației și sarcinii motorului. Pot să apară și reacții nedorite cum ar fi formarea de  $\text{N}_2\text{O}$  în loc de  $\text{N}_2$  și oxidarea amoniacului. De asemenea o parte din  $\text{NO}_2$  poate forma, împreună cu amoniacul la temperaturi sub  $200^\circ\text{C}$ , nitrat de amoniu  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ :



Prin încălzire rapidă (la mărirea sarcinii) azotatul de amoniu se descompune formând  $\text{N}_2\text{O}$ :



Prezența sulfurii în combustibil influențează negativ depoluarea motorului diesel: cu cât conținutul în sulf este mai mare, cu atât emisiile de particule și oxid de carbon cresc. Dar sulful prezent în combustibil scoate din fracțiune relativ repede catalizatorul de  $\text{NO}_x$ .

Catalizatoarele în care au loc reacțiile menționate au celule confecționate din cordierit acoperit cu  $\text{TiO}_2$  sau  $\text{TiO}_2\text{-WO}_3\text{-V}_2\text{O}_5$ . Combinând încărcarea cu sarcini electrice a gazelor evacuate (crearea unei plame non-termice) cu un catalizator pe bază de zeolit cercetătorii de la PNNL (Pacific Northwest National Laboratory) din Departamentul Energiei al SUA au reușit să reducă emisia de  $\text{NO}_x$  cu 70% și speră, ca reducerea să fie de 90%. Aceeași cercetători mai precizează că acest tip de catalizator nu este afectat de sulful prezent în combustibil.

Injecția ureei începe la o temperatură de intrare în catalizator de  $150^\circ\text{C}$ , puțin peste punctul de fierbere al ureei  $135^\circ\text{C}$ . La scăderea temperaturii sub  $200^\circ\text{C}$  în catalizatorul SCR cu zeolit conversia  $\text{NO}_x$  scade vertiginos; când temperatura de intrare în catalizator este de  $270^\circ\text{C}$  conversia  $\text{NO}_x$  atinge 93...95%. În încercările făcute pe un grup motor-generator funcționând la 1500 rpm la o putere de 116 kW<sub>el</sub> (motor cu cilindrul totală  $V_t=6,6$  l, turbosupraalimentat și cu răcire intermediară), Koebel și alții au constatat în intervalul  $185\text{...}200^\circ\text{C}$  o scădere a  $\text{NO}_2$  în catalizatorul de oxidare de la 26% la 2% și apoi la 0% în catalizatorul SCR.

Tabelul 3.3 [52] prezintă comparativ emisiile cu și fără catalizator SCR cu uree ale unui motor diesel american cu șase cilindri în linie,  $V_t=12$  l, turbosupraalimentat și cu răcire intermediară, pus să funcționeze după regimul

tranzitoriu american la cald și la rece și după testul OICA (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles), fiind calibrat la  $M_c=1383$  Nm/1800 rpm și  $M_c=1844$  Nm/1200 rpm.

Tabelul 3.3.

Emisia		Motor fără SCR uree	Motor cu SCR uree	Diferența [%]
<i>Testul tranzitoriu american la rece</i>				
NO <sub>x</sub>	g/CPh	6.24	2.77	-55.6
HC	g/CPh	0.06	0	-100
PM	g/CPh	0.09	0.07	-22.2
NH <sub>3</sub>	ppm-media	0	0.35	-
CO	g/CPH	1.8	2.31	+28.3
CO <sub>2</sub>	g/CPh	575	557	-3.1
<i>Testul tranzitoriu american la cald</i>				
NO <sub>x</sub>	g/CPh	5.25	1.55	-70.5
HC	g/CPh	0.06	0	-100
PM	g/CPh	0.08	0.06	-25
NH <sub>3</sub>	ppm-media	0	0.4	-
CO	g/CPH	1.012	1.54	+37.5
CO <sub>2</sub>	g/CPh	552	554	-0.4
<i>Testul OICA</i>				
NO <sub>x</sub>	g/CPh	4.86	0.7	-85.6
HC	g/CPh	0.01	0	-100
PM	g/CPh	0.04	0.04	0
NH <sub>3</sub>	ppm-media	0	0.24	-
CO	g/CPH	0.29	0.29	0
CO <sub>2</sub>	g/CPh	506	515	+1.8

Emisia mai ridicată de CO, cu toate că se află sub limita impusă de standardele actuale, se aplică prin formarea oxidului de carbon ca produs secundar la hidroliza ureei.

Firma Siemens AG analizând funcționarea autovehiculului în mediul urban a imaginat un ciclu de funcționare a motorului în care secvențele cuprind variația turației între 1000 și 2000 rpm și momentului motor între 10 și 80 Nm. Aplicând acest ciclu unui motor dotat cu catalizator SCR cu amoniac, dar fără pre-tratarea cu plasmă non-termică a gazelor de evacuare (ca în cazul PNNL), emisia de NO<sub>x</sub> a scăzut cu 30%. Prin tratarea gazelor de evacuare cu plasmă având o putere medie de 280 W, înainte de catalizatorul SCR, emisia de NO<sub>x</sub> scade cu 60%.

Ureea folosită este o soluție de 30...32,5% (m) în apă și rămâne nemodificată chiar când soluția îngheață (concentrația eutectică are punctul de cristalizare la -11°C). Adăugând aditivi în soluție aceasta poate rămâne în stare lichidă până la temperaturi de -30°C.

Filtre catalitice selective SCR (selective catalytic reduction) pe bază de uree au fost folosite, începând din anul 1980, pentru diminuarea poluării produse de

turbinele cu gaze, de instalațiile de incinerare a deșeurilor menajere și de motoarele diesel staționare; apoi folosirea lor s-a extins și la motoarele diesel instalate pe nave, locomotive și camioane grele. Începând din anul 1990 este folosită din ce în ce mai mult și are tendința de a înlocui amoniacul lichid sau anhidru. Unitatea de calcul primește informații prin RCM despre regimul de funcționare al motorului – sarcină, turație – pentru a doza corespunzător ureea. Aplicarea sistemului conduce la reducerea emisiei de  $\text{NO}_x$  cu 70%, o economie de combustibil de 5...10% și o reducere a emisiei de particule.

Firma britanică Johnson Matthey a unificat cele 2 filtre, cel de particule cu regenerarea continuă CRT și cel de reducere selectivă a  $\text{NO}_x$ , SCR, într-unul singur SCRT. Temperatura optimă de funcționare a acestui catalizator este de 300 °C.

O altă cale de control a emisiei de oxizi de azot o constituie folosirea sistemelor de injecție cu comandă electronică funcționând la presiune ridicată: pompă individuală (Unit Pump) aplicată de firma Mercedes-Benz, pompă injector (Unit Injector) folosită de firmele Volvo, Scania, Iveco sau Common Rail adoptată de Renault, MAN și Cummins. Utilizând aceste sisteme se pot executa mai multe injecții într-un ciclu motor. Dacă se folosesc injectoare cu dispozitiv de acționare piezoelectric sunt posibile 5 injecții: 2 înaintea injecției principale – pilotul și pre-injecția care au rolul de a reduce emisia de  $\text{NO}_x$ , zgomotul și vibrațiile motorului, iar prima post-injecție (după injecția principală) are rolul de a arde particulele rămase în procesul de ardere, iar a doua post-injecție are rolul de a ridica temperatura la valoarea necesară purificării filtrului de particule (timp de 5 minute la fiecare 8000 km). În același timp post-injecția furnizează o cantitate de HC care servește ca agent reducător pentru  $\text{NO}_x$ .

În cercetările făcute pe un monocilindru Mercedes din seria 500 s-a constatat că în cazul folosirii sistemului CR emisia de oxizi de azot este mult mai mare decât în cazul folosirii pompei individuale, iar pentru a obține aceeași emisie de  $\text{NO}_x$  avansul la injecție a fost micșorat cu aproape 2°RAC, modificare care s-a concretizat într-o penalizare la consumul de combustibil. Analizând modelul de curgere la injector în cele 2 cazuri dr. Schwarz de la DaimlerChrysler a constatat apariția, la sistemul CR, unei turbulențe nedorite în sacul injectorului, turbulență care conduce la separarea jetului și apariția unei iregularități în controlul ridicării acului. Din această cauză jeturile au unghi de dispersie mare și penetrație mică, iar formarea amestecului este necorespunzătoare. În cazul pompei individuale jeturile au caracteristici aproape identice la fiecare orificiu. Pentru a elimina acest neajuns au fost aduse diferite modificări constructive injectoarelor.

Presiunile mari de injecție constituie o cale eficientă de accelerare a arderii, cu consecințe benefice atât asupra emisiilor poluante cât și consumului de combustibil. Din acest motiv se constată o evoluție continuă a echipamentelor de injecție capabile de presiuni din ce în ce mai mari.

*Emisia de HC.* Matsui și Sugihara, în urma cercetărilor făcute pe un motor diesel de alezaj mic, precizează sursele principale pentru producerea emisiei de HC:

- Formarea, în perioada de întârziere la aprindere, a unor amestecuri sărace peste limitele corespunzătoare arderii;
- Impactul jetului cu peretele camerei de ardere, datorită penetrației prea mari a jetului, mai ales în cazul motoarelor diesel mici;
- Picăturilor de diametru mare rezultate în urma proastei pulverizări spre sfârșitul injecției, datorită presiunii scăzute de injecție în această fază și duratei scurte a injecției;
- Stingerea flăcării (datorită pierderilor de căldură între pereții camerei de ardere) sau incompleta ardere în spațiul îngust dintre capul pistonului și chiulasă.

Prin mărirea raportului de comprimare sau a indicelui cetanic întârzierea la aprindere se micșorează, fapt care favorizează scăderea emisiei de HC. Astfel prin creșterea raportului de comprimare de la 16 la 22 emisia de HC scade cu ~50% la sarcină mică și cu ~33% la sarcină mare, iar la folosirea unei motorine cu indice cetanic mare – IC=57 față de IC=44 – emisia de HC este mai mică cu ~30%.

Parametrii injecției – rata injecției, presiunea de deschidere a acului injectorului, penetrația jetului – au o influență foarte mare asupra emisiei de HC, mai ales în zona sarcinilor mici. Prin reducerea ratei de injecție cantitatea de combustibil injectată în perioada întârzierii la aprindere fiind mai mică, determină formarea unor cantități reduse de amestec foarte sărac și micșorarea emisiei de HC. Pe de altă parte reducerea presiunii de deschidere a acului injectorului creează condiții pentru o pulverizare necorespunzătoare a combustibilului spre sfârșitul injecției – principală sursă pentru emisia de HC. Scăderea penetrației jetului sub o anumită valoare determină creșterea vertiginoasă a emisiei de HC, ca urmare fie a arderii incomplete a combustibilului în perioada întârzierii la aprindere, fie stingerii flăcării la perete.

Și elementele constructive ale echipamentului de injecție influențează emisia de HC. Cea mai mare influență o are înălțimea de ridicare a acului injectorului: prin micșorarea acesteia de la 0,25 mm la 0,10 mm se micșorează întârzierea la închiderea acului injectorului, pulverizarea finală a combustibilului este mai bună iar emisia de HC scade cu 33%. Asemănătoare este și acțiunea diametrului sediului acului injectorului: la micșorarea lui cu ~30% (de la 2,2 mm la 1,4 mm) emisia de HC s-a redus cu 20...30% pe toată gama de sarcini a motorului. Influența volumului sacului nu este certă, deși Matsui, consideră că prezența sacului și lungimea orificiului injectorului nu au nici o influență asupra emisiei de HC.



Modificarea construcției camerei de ardere toroidale prin execuția unei buze reduce emisia de HC cu ~25% în zona amestecurilor sarcinilor mici și mijlocii, dar nu are efect la sarcinile mari.

La turații ridicate și sarcini foarte mici are loc o scădere accentuată a temperaturii în camera de ardere și stingerea flăcării; ca urmare emisia de HC crește substanțial. Efectul de scădere a temperaturii din camera de ardere și stingerea flăcării se constată și în cazul aplicării unei mișcări energice a gazelor din cilindru la sarcini mici ale motorului. Din această cauză emisia de HC crește.

Prin adăugare de apă temperatura în camera de ardere scade, iar emisia de HC se micșorează. Scade și emisia de CO (cu excepția injecției apei în colectorul de admisie), iar consumul specific efectiv de combustibil rămâne aproape constant.

### ***Formarea și arderea amestecurilor omogene HCCI (Homogeneous Combustion Compression Ignition)***

Pentru a micșora emisiile din gazele de evacuare ale motorului diesel, cercetătorii au ajuns la concluzia că trebuie schimbată optica de formare a amestecului, în așa fel încât să se înlocuiască amestecul eterogen (specific motorului diesel) cu un amestec omogen (mai omogen decât cel specific motorului cu aprindere prin scânteie) care, prin ardere, să nu mai creeze zone de temperatură ridicată în care să se formeze oxizii de azot, dar nici zone cu amestecuri bogate în care iau naștere particulele (fumul) și chiar zone cu temperatură mai coborâtă în care particulele de fum formate să nu mai poată reacționa cu oxigenul din aerul prezent în cilindru. Văzând rezultatele obținute pe modelele experimentale specialiștii în motoare își propun să aplice metoda și la motorul cu aprindere prin scânteie cel puțin în zona sarcinilor mici. Specialiștii speră ca această metodă de control a formării amestecului și arderii în motorul diesel, ce constituie o cale foarte eficientă de micșorarea a emisiilor poluante, să fie aplicată în preajma anului 2010.

După cum precizează Bill Gray de la Departamentul de Cercetare al motoarelor și vehiculelor de la Southwest Research Institute din SUA „amestecul este realizat în așa fel încât fiecare particulă de combustibil să fie înconjurată de o cantitate de aer de cel puțin două ori mai mare decât este necesar pentru arderea ei. Prin comprimarea acestui amestec are loc creșterea temperaturii în camera de ardere încât picăturile de combustibil se aprind spontan, arderea fiind inițiată în foarte multe puncte ale amestecului distribuit uniform. În felul acesta arderea are loc în prezența unei cantități mari de aer la o temperatură scăzută, reducând emisia de NO<sub>x</sub> cu 98%”. Din acest motiv Gray consideră metoda HCCI ca o „piatră de hotar în reducerea emisiilor la motorul diesel”.

Problema realizării unui astfel de amestec este deosebit de delicată. Willand de la DaimlerChrysler a folosit un injector cu 30 orificii pentru a realiza o omogenitate sporită a amestecului din camera de ardere a motorului diesel. Alți



cercetători ca Durst și Weclas de la Universitatea Erlangen au realizat o cameră „poroasă” acoperind camera de ardere deschisă a motorului diesel cu o spumă din material ceramic poros; în felul acesta se creează o multitudine de mici camere de ardere în care arderea decurge la temperatură mai mică, diminuând emisiile de particule și  $\text{NO}_x$ .

Întrucât metoda HCCI n-a dat rezultate la sarcinile mari, cercetătorii de la Institut Français du Pétrole au conceput un motor care să funcționeze la sarcini parțiale cu amestec omogen, iar la sarcină totală cu amestec eterogen (diesel convențional). Pentru aceasta au realizat un injector cu unghi redus al jeturilor ( $100^\circ$  pentru ca jeturile să nu ajungă pe peretele camerei de ardere) și care este capabil de 8 injecții pe ciclu. Monocilindrul conceput de ei ( $S/D=86,4/78,3$  mm,  $V_S=0,416$  l,  $p_{inj}=1350$  bar) este prevăzut cu distribuție variabilă prin care se modifică raportul de comprimare efectiv. Și specialiștii firmei Fiat au introdus distribuția variabilă pe motorul diesel pentru controlul formării amestecului și al recirculării de gaze arse.

Cercetătorii firmei Toyota au realizat sistemul Unibus pentru formarea și arderea amestecurilor omogene fig. 3.64. Ei au creat un sistem de injecție cu acumulare, care la presiunea de 500 bar trimite combustibilul printr-un injector cu cep care realizează un jet conic gol la interior al cărui ac se închide mult mai repede decât cel convențional. În felul acesta penetrația jetului este mai redusă la aceeași cantitate de combustibil injectată, picăturile nu ajung pe perete, iar amestecul aer-combustibil este mai omogen (o altă modalitate de a împiedica combustibilul să nu ajungă pe perete față de soluția franceză). Amestecarea poate fi îmbunătățită realizând injectorul cu mai multe orificii cu diametre mici.



Fig. 3.14. Pulverizatorul sistemului de injecție UNIBUS [52]

În încercări făcute pe un motor experimental prevăzut cu o fereastră de cuarț în zona camerei de ardere, se constată prezența „norilor” de fum în cazul amestecurilor eterogene (motorul diesel convențional) și lipsa acestora în cazul folosirii unui amestec omogen. Dacă emisia de  $\text{NO}_x$  s-a redus la 7% iar cea de fum este inexistentă, se constată o creștere a emisiilor de HC și CO, fiind necesară anihilarea lor într-un catalizator de oxidare.

După aprecierea diferiților specialiști un rol în realizarea și arderea amestecurilor omogene îl joacă și volatilitatea și reactivitatea combustibilului la temperatură joasă. Se cere un control foarte riguros al cantității de aer admise și a celei de gaze arse recirculate (asemănător combustibilului injectat).

Din cele expuse se trage o primă concluzie: folosirea unei presiuni de injecție ridicate și a unui combustibil de calitate. Presiunile mari de injecție și-au făcut apariția la motoarele de autoturism și de autocamion în anul 1974. Sistemele de injecție de înaltă presiune cele mai des folosite au comandă electronică și sunt: pompa de injecție individuală, pompa injector, pompa rotativă, sistemul Common Rail (injecție cu acumulare), toate folosind injectoare piezoelectrice capabile de injecții multiple (5...8 pe ciclu).

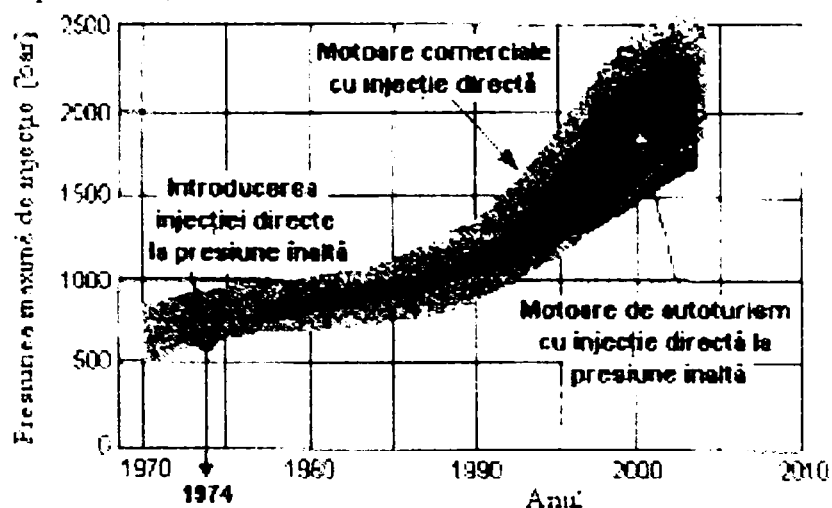


Fig. 3.15. Evoluția presiunii de injecție la motoarele de autoturism și autocamion [52]

Pentru o încadrare în limitele actuale de poluare se cere o îmbunătățire a calității combustibilului. Motorina care să conducă la cele mai mici emisii trebuie să aibă sulf < 10 ppm, triaromate + poliaromate < 0,1% și o cifră cetanică > 55.

Din punct de vedere al modificărilor constructive și funcționale aduse motoarelor diesel menționăm:

- Folosirea injecției directe chiar la motoarele mici de autoturism;
- Raportul de comprimare a cunoscut o creștere de la ~17 la 19...20, însă în ultima vreme este posibilă o revenire la vechile valori;
- Presiunea maximă de ardere a crescut la 140 bar și există tendința de a ajunge la 160...180 bar și chiar la 200 bar;
- 4 supape pe cilindru și un control al mișcării aerului;
- folosirea turbinei cu geometrie variabilă pentru grupul de supraalimentare.

Aceste modificări pot conduce la performanțe deosebite ale motoarelor diesel, dar și la costuri ridicate. Tabelul 3.4 [52] prezintă opțiunile tehnologice

legate fie de realizarea unor performanțe ridicate ale motorului, fie de producerea motorului cu costuri reduse.

Tabelul 3.4

		Costuri scăzute	Performanțe ridicate
Densitatea de putere preconizată		40...45 kW/l	55...60 kW/l
Cerințe pentru sistemul de injecție CR	Controlul injecției	Injecție multiplă	
	Acuratețea măsurării debitului de combustibil	Cu 50% mai bună decât la producția curentă	
	Tip de pulverizator	Cu microsac și 5...6 orificii $\Phi 0.12$ mm	
	Presiunea maximă de injecție	1350 bar	1600...1800 bar
Cerințe privind motorul diesel	Raportul de comprimare	~17 (→16)	
	Chiulasa (nr. de supape)	2 sau 4 supape	4 supape + control vârtej
	Presiunea maximă de ardere	140 bar	160...180 bar
	Temperatura maximă a gazelor de evacuare	740°C	800°C
Sistemul de supraalimentare		TS + RI	TGV

Aceste îmbunătățiri asociate cu altele conduc la realizarea unui motor de autoturism capabil de un consum record 2,38 l/100 km la o viteză medie de 85,7 km/h, ceea ce echivalează cu un randament al motorului de ~45%.

### 3.7. TRANSPORTUL RUTIER ȘI CONTROLUL CLIMEI

#### 3.7.1. MOBILITATE – PRETENȚIE ȘI CERINȚĂ

Mobilitatea aparține nevoilor de bază ale societății și economiei. Este primordială pentru participarea oamenilor la viața socială și economică, este baza creșterii economice moderne, procurării nevoilor noastre – pe scurt, este temelia centrală a bunăstării noastre.

Deci nu este surprinzător căci creșterea bunăstării din toate ramurile industriale în ultimele decenii a fost însoțită de o dezvoltare dinamică în transporturi. În țările din centrul și estul Europei, candidate la intrarea în Uniunea Europeană, ca și țările în curs de dezvoltare din Asia, Africa și America Latină se realizează acum o creștere asemănătoare.

Fără dezvoltarea traficului de marfă ar fi imposibil realizarea creșterii bunăstării, pentru că aceasta se bazează în mare parte pe repartizarea locurilor de muncă la nivel național, european și internațional și pe deschiderea de noi piețe de desfacere. O economie modernă, care să asigure cetățenilor suficiente locuri de muncă și posibilități de câștig mulțumitoare, nu este posibilă fără un sistem de transporturi capabil să rezolve necesitățile de trafic ale economiei. Fără dezvoltarea transporturilor nu s-ar putea realiza nici integrarea mondială a economiei naționale.

Dar nu doar marfa trebuie transportată, ci și oamenii vor și trebuie să fie mobili. Trebuie să aibe acces la un sistem de transport care să le permită să ajungă la locul de muncă sau la locul de formare profesională. Fără mobilitatea persoanelor ar trece viața socială și a societății în repaus. Din aceste motive este foarte important ca mobilitatea să aibă un preț, căci altfel grupe întregi din populație riscă să fie excluse din viața socială și locurile lor de muncă să dispară. Din cauza pieței de muncă, care cere de la angajați o mult mai mare mobilitate decât înainte, trebuie ca această necesitate de a fi mobil să fie realizabilă și rentabilă. Cancelarul Schröder a subliniat acest fapt când a explicat: Mobilitatea trebuie să rămână accesibilă tuturor.

Dezvoltarea transporturilor a fost și este puternic influențată de automobil. Aceasta datorită sistemului puternic al transportului pe șosele. De aceea înalta participare a transportului rutier la întreaga piață de transport nu trebuie interpretată ca o cauză a unui dezechilibru, cum face Comisia Europeană în cartea verde referitor la producerea de energie.

Datorită individualității, flexibilității și universalității autovehiculului, acesta se află pe primul loc în transportul de călători. Își păstrează utilitatea crescută prin libertatea personală pe care o conferă ca nici un alt mijloc de transport. Limitarea utilizării autovehiculelor este deci și o limitare a libertății personale a oamenilor. Și în traficul de marfă este șoseaua, de departe cel mai important mod de transport. Autovehiculele utilitare sunt mai bune decât alte mijloace de transport, datorită proprietăților lor, prin adaptările la necesitățile de transport.

La aceste atuuri se adaugă și proprietatea de a putea transporta marfă, în zone greu accesibile altor mijloace de transport, cu respectarea termenului de livrare. Și capacitatea de a construi rețele de șosele face ca transportul rutier să fie de neînlocuit. La concurență cu calea ferată și transportul fluvial, transportul rutier este de preferat datorită calității, flexibilității și costurilor.

Din acest motiv a crescut participarea transportului rutier în cadrul pieței de transporturi din ultimele decenii. În anii 50 transportul feroviar de marfă în Germania conducea pe piața transporturilor de marfă cu 56 de procente, astăzi transportul rutier de mărfuri deține 70%. Transportul feroviar de marfă este reprezentat astăzi de doar 15 procente din totalul transporturilor de mărfuri.

Un grafic asemănător reiese și dacă se realizează pentru Statele Uniunii Europene laolaltă. În U.E. în 1970 transportul rutier de marfă deținea 15%, iar până astăzi a crescut la 74%, în schimb transportul de marfă pe calea ferată a scăzut de la o treime la 14%.

În traficul de persoane procentele care corepund traficului rutier de persoane au crescut din anii 50 și până astăzi de la 35% la peste 80%, în schimb traficul feroviar de persoane deține mai puțin de 7%. Aceste raporturi corespund și în statele U.E. luate laolaltă. Și în cadrul mijloacelor de transport în comun șoseaua preia o

poziție centrală. Autobuzul deține un procent de 80% din volumul de trafic și 56% din capacitatea de trafic.

Tocmai la periferia metropolelor, în centrul orașelor și la sate autobuzul reprezintă, datorită flexibilității și eficienței economice, șira spinării a transportului în comun. Deci transporturile sunt o bază pentru dezvoltare și bunăstare în Germania și în lume, atunci transporturile rutiere sunt punctul forte al acestei baze.

Aceasta este ilustrată și de o analiză „Input - Output” pentru Germania realizată de Universitatea din Köln. În 1996, în Germania au lucrat 4,3 milioane de oameni, direct sau indirect, la locuri de muncă realizate prin dezvoltarea transporturilor. Cea mai mare influență vine de la transportul individual motorizat care asigură 1,6 milioane locuri de muncă.

A doua mare influență vine de la transportul rutier de mărfuri, de care depind 1,3 milioane de locuri de muncă. Transporturile realizează un sfert din produsul social. Fără dezvoltarea transporturilor în perioada 1965 până în 1990, produsul social brut ar fi în 1990 cu 270 miliarde de EURO mai scăzută. Din acești bani 108 miliarde EURO corespund transportului rutier de mărfuri și 133 miliarde EURO corespund transportului individual motorizat.

Și pe viitor, dezvoltarea economică și creșterea locurilor de muncă va fi în strânsă legătură cu dezvoltarea transporturilor. Totuși există semne că ratele de creștere a dezvoltării transporturilor vor scădea față de anii trecuți. Astfel produsul intern brut este determinat tot mai mult de ramura prestărilor de servicii.

În orice caz, așteptata dezvoltare a transporturilor rămâne de urmărit. Comisia Europeană a calculat o creștere anuală în transportul de călători în anul 2010 de 1,8%, după ce această creștere a fost de 3,4% în anii 70 și 3,1% în anii 80. În transportul de marfă se așteaptă o creștere de 2,7%. Aceasta era în anii 70 de 3,5%.

În ceea ce privește dezvoltarea transportului de marfă, trebuie luat în considerare că o creștere a volumului de mărfuri transportat pe cale rutieră nu trebuie să însemne obligatoriu și creșterea numărului de kilometri parcurși de autovehicule de transport. De câțiva ani se observă o creștere marcată a volumului de mărfuri în comparație cu km parcurși pentru transportul acestor mărfuri. Astfel scade numărul de kilometri parcurși de autovehiculele utilitare per tonă transportată. Aceste lucruri sunt în strânsă legătură și cu capacitățile șoselelor și cu poluarea mediului. În 1960 se realiza o medie de 2,8 tone/km de transport, astăzi această medie a fost îmbunătățită la 4,8 tone/km.

Responsabil pentru această evoluție este permanenta îmbunătățire a autovehiculelor de transport, creșterea capacității de transport și evitarea deplasării fără marfă. În special după liberalizarea transportului rutier de marfă în U.E. s-a beneficiat de creșterea eficienței de transport. Datorită conceptelor logistice



moderne și tehnologiei informaționale noi, se presupune că raportul dintre cantitatea de marfă transportată și km parcurși va crește în continuare.

Prin metode moderne de informație și prin tehnici de comunicare avansate se poate stabili ce drum trebuie urmat pentru a se atinge nivelul de dezvoltare al transporturilor așteptat și pentru mulțumirea nevoilor de mobilitate: este drumul inovațiilor tehnice. Cine vrea să scumpească, să împiedice sau să reducă mobilitatea, produce consecințe negative legate de dezvoltare și bunăstare, riscând ca mobilitatea să devină pentru unii un lux, dar mobilitatea este o nevoie de bază a tuturor.

Din acest motiv, creșterea continuă din ultimii ani a impozitelor și taxelor ar trebui să dea de gândit. Astfel în anul 2002 taxele totale pentru transportul rutier în Germania au depășit suma de 50 miliarde EURO.

### **3.7.2. CONDIȚIA PROTECȚIEI CLIMEI**

Pe lângă necesitatea mobilizării globale apar probleme de mediu ca o nouă provocare a sfârșitului de secol 20 și început de secol 21. Politica ecologică s-a modificat în ultimul deceniu. Înainte protecția mediului era o problemă absolut regională. Ca exemplu poate fi folosită o discuție a anilor 60: „Cer albastru deasupra Ruhrului”. Concentrarea mare de industrie grea în această regiune a dus la o poluare marcată a acestei zone.

Reducerea poluării a devenit o prioritate pentru politică. Au fost reduse emisiile, dar nu există tehnici moderne de epurare a gazelor, astfel că singura modalitate de reducere a poluării a fost înălțarea coșurilor de fum. Aceasta a fost binevenită pentru regiune dar a aprins discuții despre extinderea prin curenți de aer al poluării. Astfel au început discuțiile în presă și politică despre un program de protecție a mediului nu doar regional. Câțiva ani mai târziu a devenit evidentă necesitatea protecției mediului la nivel global, după exemplul FCKW. Acesta a fost identificat, ca factorul, care dizolvă stratul protector de ozon al terei. Era foarte important de stabilit în ce puncte de pe Terra se eliberează FCKW. Era nevoie de o convenție internațională, care s-a numit Protocolul Montreal. Și industria automobilelor a participat la protecția stratului de ozon, prin încetarea utilizării FCKW înainte de termenul limită. Datorită cooperării internaționale și activității tuturor scade concentrația FCKW-ului din atmosferă. Ulterior a rezolvat și economia această problemă. Și creșterea concentrației de CO<sub>2</sub> și odată cu aceasta încălzirea atmosferei Terrei este un fenomen de dimensiuni globale. Unde se eliberează CO<sub>2</sub>, crește concentrația acestuia în atmosferă [37].

Față de alte substanțe poluante, poluarea cu CO<sub>2</sub> este dominată de eliberările din natură, aproximativ 97% sunt de origine naturală și doar 3% din



activitățile oamenilor. Ciclul dioxidului de carbon din natură este foarte puțin cunoscut, dar cele 3% influențează mai puțin această balanță. Emisiile antropogene sunt rezultate în primul rând din arderile combustibililor ca: lemn, cărbune, gaz metan și uleiuri minerale dar și prin distrugerea pădurilor tropicale. Traficul rutier participă cu 12% la eliberările antropogene de CO<sub>2</sub>. Aceste procente s-au modificat ne semnificativ în ultimii ani. Se presupune că procentele emisiilor antropogene de CO<sub>2</sub> nu se vor modifica ne semnificativ nici în următorii ani. Astfel totalul emisiilor de CO<sub>2</sub> din cauza oamenilor se modifică ne semnificativ.

Politicienii europeni și mulți cercetători văd ca scop principal în protecția mediului limitarea emisiilor antropogene de CO<sub>2</sub>, pe care le consideră responsabili de creșterea temperaturii globale. Alți factori cum ar fi modificarea activității solare, nu sunt luate în considerare. Institutul Max-Planck de meteorologie a prezis că temperatura medie globală va crește cu 3,5°C în următorii 100 ani.

CO<sub>2</sub> este răspunzător peste 50% de efectul antropogen de seră. Nu este de ignorat nici hidrocarburile cu conținut de fluor care răspunde de 21% din efectul de seră și metanul cu 15%. Traficul rutier nu participă la poluarea cu aceste gaze deloc sau aproape deloc. În cazul poluării cu hidrocarburi cu conținut în fluor sursele principale sunt procesele industriale, pe când în cazul metanului sursa principală de poluare este agricultura. O pondere semnificativă în poluare o are producerea de energie și prelucrarea deșeurilor. O apreciere a efectului de seră produs de poluanții antropogeni fără a aminti de hidrocarburile cu conținut de fluor și metan este incompletă.

Conferința despre climă a Națiunilor Unite ținută la Kyoto a stabilit unele obiective și limite față de producerea de gaze poluante. S-a stabilit să se reducă emisiile de gaze responsabile pentru efectul de seră cu mai mult de 5%. Țărilor membre ale U.E. ia revenit o reducere a emisiilor cu 8%, S.U.A. 7% și Japoniei 6%. Protocolul Kyoto se referă în afară de CO<sub>2</sub> și la metan, oxid de azot, HFKW/HFC, hidrocarburi cu conținut de fluor și hexafluorură de sulf. Protocolul conține și precizări despre cum se pot atinge aceste scopuri. La conferințele ce vor urma la Buenos Aires, Bonn și Den Haag urmează să se concretizeze aceste obiective. Scopul era menținerea valorilor emisiilor de CO<sub>2</sub> sau chiar scăderea acestora. În noiembrie 2000 a fost întreruptă Conferința de la Den Haag care s-a terminat fără nici un rezultat. Ea a fost continuată în iulie 2001 la Bonn. Motivele de ceartă au fost și sunt despre cât de mult trebuie să scadă eliminările de CO<sub>2</sub> pentru protejarea mediului și câte procente îi revine fiecărei țări industriale, să reducă din eliminările de gaze poluante [37].

Până în acest moment nu a fost ratificat protocolul Kyoto. U.E. este pentru urgentarea ratificării protocolului și pentru clarificarea întrebărilor rămase fără răspuns. Protocolul intră în vigoare dacă este ratificat de cel puțin 55 din cele 160 de state participante la Kyoto, iar aceste state împreună să aibe cel puțin 55% din

totalul emisiilor industriale. S.U.A. au anunțat că nu vor să ratifice acest protocol pe motiv că sarcinile care îi revin din acest protocol ar împovăra economia și ar afecta producția de energie, dar și pentru că multe țări ale lumii cum ar fi China și India sunt excluse de la unele sarcini. Australia împărtășește poziția S.U.A., pe același motiv că unele țări ale lumii sunt excluse de la aceste sarcini. Și alte țări cum ar fi Rusia, Japonia și chiar unele state ale U.E. au luat între timp o poziție negativă.

Participarea S.U.A. la protocolul de la Kyoto este foarte importantă în special datorită faptului că ea este răspunzătoare pentru eliberarea a mai mult de un sfert din totalul CO<sub>2</sub>. Din acest motiv trebuie amintit caracterul global al problemelor de climă. În nici un caz această problemă nu poate fi rezolvată de o țară singură sau de un grup de țări. Măsuri de protecție a mediului luate de o țară singură duce la dezechilibrul concurenței din această țară și fără a atinge rezultatele de protecția mediului scontate. De aceea Germania și Europa nu ar trebui să adopte programe politice de protecția mediului singure. Nici nu poate fi vorba să fie preluate și sarcinile S.U.A. sau a altor țări în probleme de mediu. Ar trebui să se continue dialogul internațional pe aceste teme, cu scopul de a crea o bază solidă pentru protecția globală a mediului și pentru a împărți sarcinile care revin fiecărei țări cât mai echitabil.

Guvernul German a adoptat un program național de protecție a mediului. Acesta este împărțit pe sectoare. De la sectorul de transporturi se așteaptă o reducere a emisiilor de CO<sub>2</sub> până în anul 2015 de 15–20 milioane tone. Cele mai importante măsuri luate de guvern pentru participarea acestor scopuri sunt următoarele:

- impozite pe combustibili
- acorduri voluntare cu industria construcțiilor de mașini pentru realizarea unor consumuri cât mai mici de combustibil a autovehiculelor
- cererea de combustibil sărac în sulf
- sisteme telematice și managementul flotei
- taxă de utilizare a autostrăzilor de către autovehicule de tonaj mare
- măsuri de informare și explicare
- utilizarea de uleiuri ușoare și pneuri performante la mașinile noi scoase pe piață.

Reușita acestor măsuri se bazează în mare parte pe îmbunătățiri tehnice. Restul măsurilor de scădere a emisiilor de CO<sub>2</sub> se bazează pe redistribuirea și evitarea traficului prin scumpirea taxelor pentru șosele. O astfel de strategie de scumpire a transportului rutier este o eroare, punând în dificultate poziția Germaniei, fiind și o greșeală social-politică. O strategie, care să se bazeze pe

soluții tehnice, ajută la dezvoltarea potențialului inovator al industriei automobiliste fără a defavoriza utilizatorii și mediul.

S-a stabilit și în programul de protecția mediului că politica de până acum nu are efecte negative. Germania are în anul 1999 față de 1990 o diminuare a emisiilor de CO<sub>2</sub> de 15,5% și o a emisiilor celorlalte gaze de 3%. Mai sunt doar 3% până la valoarea de 21% pe care trebuie să le atingă Germania în cadrul U.E., pentru a-și atinge scopul propus în cadrul protocolului Kyoto. Alte țări mai au foarte mult până să-și atingă acest scop, în unele țări emisiile de CO<sub>2</sub> chiar au crescut în loc să scadă.

Și pe plan european se discută intens, cum poate U.E. să-și îndeplinească obligațiile legate de protocolul Kyoto. Momentan se lucrează la un program european de protecție a mediului care implică traficul rutier legat de enunțul cărții verzi a U.E. despre procurarea de energie. Punctul central al planului comisiei europene este limitarea emisiei de gaze care provin din traficul rutier și produc efectul de seră:

- inovații tehnice de transport și soluții alternative de propulsie
- utilizarea telematicii (tehnică informațională bazată pe telecomunicații)
- un mod de transport cu consum limitat
- exploatarea transportului intermodal și dezvoltarea transportului pe căi ferate
- orientarea sistemelor de impozitare legate de CO<sub>2</sub>
- introducerea taxelor pentru utilizarea șoselelor.

Pe plan european sunt propuse: îmbunătățirea infrastructurii transporturilor, creșterea capacității de transport și creșterea capacității de transport a autoturismelor.

La dezvoltarea strategiilor politice pentru climă, fie pe plan național, fie pe plan european, trebuie ținut cont de următoarele: dezvoltarea acestor postulate implică nu numai realizarea unor cote sau procente de reducere a emisiilor ci și componente economice și sociale. De aceea scopul trebuie să fie: scăderea emisiilor de gaze să se realizeze în așa fel încât să nu afecteze foarte mult costurile totale ale economiei. Astfel aceste reduceri trebuie să se facă acolo unde costurile sunt minim posibile. Dar costurile reducerii emisiilor de gaze sunt tocmai în sectorul transportului rutier unde reducerea emisiei unei tone de CO<sub>2</sub> costă în jur de 150 euro, în schimb reducerea emisiei de CO<sub>2</sub> în mediul privat costă între 20 și 50 euro/tonă CO<sub>2</sub>.

Și un studiu făcut de comisia europeană arată că aceste cheltuieli pentru protecția mediului nu ar trebui să se bazeze în principal pe sectorul transporturilor. S-a studiat o modalitate ca întreaga economie să suporte costurile necesare realizării scopului protocolului Kyoto. Pentru a ajunge la cele 8 procente de reducere a emisiilor, cât ia venit U.E. în urma protocolului Kyoto, ar trebui să suporte 28% industria, 26% segmentul de îndepărtare a deșeurilor și 6%

gospodăriile private, altfel i-ar reveni 26% sistemului de transporturi. Cu această împărțire a costurilor, pentru îndeplinirea protocolului Kyoto, pe toate ramurile economice s-ar realiza o economie de 16 miliarde euro.

Aceste rezultate subliniază importanța unor strategii economice și a unui control a eficienței. Bineînțeles că trebuie să se ia măsuri de scădere a emisiilor de CO<sub>2</sub> și în sectorul transporturilor, dar aceasta trebuie să fie îngrădite într-un concept unitar și coerent, pentru ca aceste costuri să fie eficient distribuite diferitelor ramuri și sectoare. Înalta participare a sectorului transporturilor la emisiile totale de CO<sub>2</sub> nu trebuie să fie un motiv pentru a se lua măsuri politice drastice de protecție a mediului în acest sector, pentru că aceste costuri de reducere a emisiilor de gaze sunt foarte mari în acest sector. De aceea ar trebui să se crească reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub> în alte sectoare, dacă costurile acestor reduceri sunt mai mici decât în sectorul transporturilor, în acest fel ar scădea cheltuielile totale pentru reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub>.

Există multe discuții științifice despre existența unui efect de seră rezultat din cauza omului și multe programe politice internaționale de protecție a mediului la care industria automobilistică germană își reduce contribuția în protecția mediului. Ea urmează drumul inovațiilor tehnice și încearcă să realizeze un echilibru între nevoia de asigurare a mobilității și protecția mediului.

### **3.7.3. CONTRIBUȚIA INDUSTRIEI DE AUTOMOBILE LA PROTECȚIA CLIMEI**

Industria automobilistică germană și-a luat angajamentul în fața Guvernului German ca până în anul 2005 să reducă consumul de carburanți a noilor mașini scoase în circulație cu 25% față de anul 1990. În schimbul acestor angajamente industria automobilistică așteaptă de la guvern să prevină distorsionarea concurenței și să nu întreprindă măsuri care ar duce la scăderea utilizării de carburanți. Industria automobilistică germană se află pe drumul cel bun în realizarea angajamentelor luate. Deocamdată și-au atins scopurile 3/4 din acest scop. Datele despre consumul de carburanți sunt comunicate permanent guvernului și sunt date publicității pe pagina de net a VDA. Graficul arată că industria automobilistică germană scade consumul de combustibil al autovehiculelor încă din 1970. Din 1978 și până în acest moment consumul de combustibil al autovehiculelor a scăzut cu o treime [37].

Angajamentul industriei automobilistice reprezintă contribuția ei importantă la scăderea emisiilor de CO<sub>2</sub>. Prin scăderea consumului de carburanți a automobilelor a dat industria automobilistică (de construcții de mașini) un semn Europei. Acțiunea a fost preluată și de Uniunea Europeană. ACEA și-a luat un

angajament față de U.E., asemănător cu cel al VDA, astfel consumul de carburant a autoturismelor noi scoase pe piață trebuie să scadă cu 25% până în 2008 față de anul 1995. Concret aceasta înseamnă o diminuare a emisiilor de CO<sub>2</sub> de la 186 gCO<sub>2</sub>/km la 140 gCO<sub>2</sub>/km.

Industria automobilistică și-a mai luat un angajament, ca până în anul 2000 să scoată pe piață modele care emit 100 gCO<sub>2</sub>/km sau chiar mai puțin. Și acest angajament a fost respectat. Mai multe din aceste modele de autoturisme sunt acum în oferta producătorilor de automobile. Astfel industria constructoare de mașini germană joacă un rol primordial: ea a scos pe piață prima mașină cu un consum de 3 l/100 km. Și prin aceasta a dat industria germană un semn pozitiv.

Și în înlocuirea instalațiilor de climatizare are industria constructoare de mașini un tempo de inovație crescut. Astfel încă de la începutul anilor 90, înainte de termenul limită, și-a propus sistarea montării instalațiilor de aer condiționat care conțineau FCKW. Astăzi sunt în probe instalații de climatizare care utilizează gaze pe bază de substanțe naturale și care necesită o putere de propulsie mult mai mică în comparație cu cele utilizate până în prezent. Și în acest domeniu are industria germană întâietatea. Noile instalații de climatizare se află într-o tranziție cuantică și în același timp participă la protecția mediului.

În ultima perioadă a fost introdus așa zisul ulei ușor, de către producătorii de autoturisme. Acestea reduc emisiile de CO<sub>2</sub> prin scăderea frecărilor din interiorul motorului, în special la pornire când motorul este rece. Uleiurile care reduc mult frecarea sunt deja de mulți ani utilizate de numeroși producători. Aceste uleiuri îndeplinesc, bineînțeles și celelalte roluri importante ale unui ulei de mașină, etanșeitate, stabilitate și curățenie.

Se introduc pneuri tot mai performante, măsură care aparține și ea de întregul pachet de măsuri peste scăderea emisiilor de CO<sub>2</sub>. Aceste pneuri în comparație cu cele vechi au o rezistență la rulare cu 20 – 30% mai mică. Prin utilizarea de pneuri cu rezistență la rulare scăzută, se poate scădea consumul de combustibil cu aproximativ 1,5%. Mulți producători își echipează autovehiculele cu pneuri performante cu rezistență scăzută la rulare. Acestea trebuie să îndeplinească și alte criterii importante la un pneu cum ar fi: o direcție sigură, fiabilitate la umiditate, frânare eficientă, uzură scăzută și protejarea suspensiilor.

Toate aceste eforturi a industriei constructoare de mașini își arată rezultatele. Emisiile de CO<sub>2</sub> din transportul rutier din Germania vor scădea în anii ce vor urma, cu toate că necesitățile tot mai mari de mobilitate vor crește și volumul traficului. Prognozele programelor Comisiei Europene arată că emisiile de CO<sub>2</sub> din acest deceniu sunt în scădere. Și alte sectoare, cum ar fi cel de uleiuri minerale, susțin aceste afirmații. Și în U.E. luată ca un tot unitar sunt în scădere emisiile de CO<sub>2</sub>, chiar dacă în țările mai sărace ale Uniunii aceste emisii sunt încă în stadiul de stabilizare.



Aceste dezvoltări se bazează în primul rând pe inovațiile din industria constructoare de mașini, inovații realizate de bună voie de constructorii de mașini. Spre deosebire de modificările impuse de reguli stricte, cele de bună voie au avantajul de a lăsa inginerilor libertatea de a găsi soluții tehnice optime, care în același timp sunt și eficiente economic. Prin aceste inovații devine mobilitatea mai sigură, mai confortabilă și economisește resurse. Aceasta este o protecție a mediului eficientă.

### 3.7.4. MĂSURI ADEVĂRATE ȘI FALSE

#### 3.7.4.1. OBIECTIVE JUSTE

##### Optimizarea motoarelor și a mașinilor prin acțiuni întreprinse de bună voie

Sistemul de injecție al motoarelor reduc emisiile de CO<sub>2</sub> cu aproximativ 20%.

##### Transportul pe bază de combustibil diesel

Dezvoltarea transportului pe bază de motoare diesel este un alt element important al reducerii emisiei de CO<sub>2</sub>. În ultimii ani a crescut construirea de autoturisme cu propulsie pe bază de combustibil diesel, astfel că astăzi 40% din producția de autovehicule au motoare diesel. Dieselurile care înainte erau numite „gălăgioase și încete”, au devenit fiabile după o îndelungată muncă de cercetare din partea constructorilor de mașini. Căci consumul scăzut, elasticitatea crescută și un randament tot mai bun al acestor motoare nu s-a obținut prin măsuri de economisire ci prin cheltuieli în cercetare din partea industriei constructoare de mașini [37].

Creșterea ponderii motoarelor diesel și în clasa Premium arată că de potențialul acestor motoare beneficiază întreaga producție. În mai puțin de 5 ani, doar la clasa Premium a scăzut consumul de combustibil cu 14%. În 1996 aceste autoturisme consumau 12,7 l de combustibil la 100 km, astăzi ele consumă cu 2 l mai puțin. Asta arată cât de corectă a fost și este strategia producătorilor germani când au hotărât ca tehnologia să fie punctul lor forte contra concurenței.

Autoturismele care consumă sub 6,5 l/100 km reprezintă 40%. Creșterea utilizării motoarelor diesel nu a încetat. Căci în țările vechi: Franța și Belgia dețin un procent de peste 50% de mașini noi cu motoare diesel, iar în Austria acest procent depășește 60%. Și în Germania se așteaptă o creștere a utilizării motoarelor diesel, de până la 50%. De aceasta profită mediul, căci motoarele diesel au față de motoarele de benzină avantajul de a emite cu 20-25% mai puțin CO<sub>2</sub>. prin creșterea utilizării motoarelor diesel în Germania cu 10% s-ar realiza o scădere a emisiilor de CO<sub>2</sub> de 2 până la 3%.



### 3.7.4.2. COMBUSTIBILI FĂRĂ CONȚINUT DE SULF

Și introducerea timpurie a combustibililor fără conținut de sulf este o fază importantă în strategia politicii CO<sub>2</sub>. Căci doar așa s-au putut realiza sistemele pe injecție care economisesc combustibil. Astăzi este disponibil în benzinării, combustibil SuperPlus fără conținut de sulf. Acesta este un avantaj la care VDA a lucrat intensiv.

*În 1997 producătorii ofereau 65 de modele de mașini cu consum redus, în 2001 această ofertă a crescut la 187 de modele dintre care 90% sunt diesel [37].*

Industria automobilistică germană se luptă vehement pentru introducerea și a combustibililor diesel fără sulf.

#### Propulsii alternative

Îmbunătățirile tehnice a autovehiculelor este doar un aspect al măsurilor de protecție a mediului în traficul rutier. Industria automobilistică nu are ca singură preocupare îmbunătățirea tehnică a actualelor metode de propulsie. În paralel se cercetează și se dezvoltă noi metode de propulsie care să reducă emisiile de CO<sub>2</sub> într-o proporție mult mai mare. De aceea industria constructoare de mașini alături de cea a uleiurilor minerale și guvernul Germaniei conlucrează pentru dezvoltarea unei strategii energetice viitoare a traficului rutier. Scopul final al acestei lucrări este atingerea unui procent de 2,5% până în anul 2010 și 15% până în 2020, de mașini care utilizează sisteme de propulsie alternative, din totalul autovehiculelor aflate în circulație. Asta reprezintă 5-10% până în 2010 și 25 la 30% până în 2020 din totalul autovehiculelor scoase pe piață.

#### Telematică

O a doua prioritate a industriei construcțiilor de mașini cu privire la inovațiile de protecție a mediului se referă la folosirea tehnologiilor informaționale și de telecomunicații moderne. Prin creșterea utilizării telematicii se deschid potențiale noi pentru îmbunătățirea traficului rutier. Prin utilizarea telematicii se reduc: aglomerația pe șosele, efectul de „stop and go” de la semafoare care la rândul lui duce la creșterea consumului de combustibil și la creșterea emisiilor de CO<sub>2</sub>. Sunt foarte importante și informațiile despre blocajele pe șosele sau autostrăzi care fac ca aceste blocaje să nu crească și mai mult, evitarea zonelor de blocaje de către șoferi. Astfel se va scurta perioada de blocaj a traficului sau se va preveni apariția sa. Telematica poate fi folosită și în propunerea de rute de circulație, șoferilor, care să fie cât mai directe și astfel să se economisească consumul de combustibil. Cu ajutorul telematicii s-ar putea reduce cu 25% circulația pentru găsirea unui loc de parcare [37].

#### **COSTURILE ANUALE A BLOCAJELOR DE TRAFIC ÎN GERMANIA:**

**- 12 miliarde de litri de carburant**

**- 12 miliarde EURO**

**- 30 milioane de tone de CO<sub>2</sub> emise suplimentar**

### Investiții în infrastructura șoselelor

Cel mai important rol în aceasta o joacă politica. Dezvoltarea infrastructurii traficului rutier ar trebui să fie o prioritate pentru orice program din transporturi de protecție a mediului. Un studiu în Germania a arătat că se consumă aproximativ 12 miliarde de litri de combustibil anual în blocajele de circulație, acestea corespund la o emisie de 30 milioane tone de CO<sub>2</sub>. Punctele îngustate de trecere și efectul de „stop and go” de la semafoare și intersecții, fac ca economia de combustibil câștigată prin inovații tehnice să se piardă. Prin dezvoltarea unei infrastructuri capabile să reducă aceste efecte s-ar putea realiza o fluidificare a traficului și astfel o economisire de combustibil. Eforturile inovatoare ale industriei constructoare de mașini ar trebui să fie susținute și de investiții strategice a statului.

### Sensibilizarea șoselelor

Și șoferii pot să-și aducă contribuția la protecția mediului:

- un condus economisitor de combustibil
- revizii frecvente a autovehiculelor
- demontarea portbagajului de pe plafonul mașinii în cazul în care nu este utilizat
- controlul permanent al presiunii în pneuri

Acțiuni prin care să se explice utilitatea acestor măsuri, din partea industriei, cluburilor automobiliste, instituțiilor guvernamentale și altora pot ajuta la sensibilizarea șoferilor. Comisia Europeană consideră că printr-o comportare adecvată a șoferilor în sensul protecției mediului pot fi reduse emisiile de CO<sub>2</sub> cu până la 25%. Industria construcțiilor de mașini în Germania susține o campanie în acest sens a Concernului BMW și ajută la dezvoltarea programelor constructorilor de mașini care se desfășoară în acest sens. Inovațiile tehnice, optimizarea infrastructurii și un comportament adecvat din partea șoferilor legat de protecția mediului, este drumul care trebuie urmat pentru a putea îmbina nevoia de mobilitate cu strategiile de protecție a mediului. Acest drum permite mobilitatea atât a economiei cât și a societății cu un consum minim de resurse.

**Industria constructoare de mașini din Germania participă activ la reducerea consumurilor de combustibil și la protecția mediului. Face acest lucru în special prin continuarea inovațiilor tehnice. Și politica are un cuvânt important de spus în reducerea consumului de carburanți și în măsuri de protecția mediului.**

### 3.7.4.3. MĂSURI GREȘITE

Măsurile care au ca scop reducerea mobilității sau scumpirea acesteia pentru protecția mediului sunt total greșite. Cei care vor să facă aceasta nu țin seama de nevoia societății de a fi mobilă și pun în pericol bunăstarea și locurile de muncă.

#### Strategii de scumpire

Împozitele și taxele pentru ecologie duc inevitabil la o scumpire nediferențială a mobilității, fapt care afectează angajații care trebuie să se deplaseze cu mașina la locul de muncă. Un studiu arată că 64% din angajații în Germania se deplasează cu mașina spre locul de muncă, în unele regiuni acest proces fiind chiar 72%.

#### **ÎN GERMANIA CU MAȘINA SPRE SERVICI:**

- **64% din totalul angajaților**
- **72% din angajați în unele regiuni rurale**

Și împărțirea taxelor de mediu dau de gândit. Un raport arată că reforma impozitelor pe ecologie împovărează tocmai familiile cu un venit mic sau mediu. Comisia Europeană a discutat introducerea de taxe pentru intrarea cu autoturismul în centrele orașelor. Aceasta ar fi nu numai o limitare a libertății oamenilor ce ar face din intrarea cu mașina într-un centru de oraș un privilegiu pentru cei bogați. În același timp centrul orașului și-ar pierde farmecul ca zonă: de cumpărături, de petrecere a timpului liber și culturală.

#### **Taxe pentru utilizarea șoselelor pentru autovehiculele de transport**

Cum sunt planificate pentru autostrăzile din Germania în anul acesta, fiind preluate și de Comisia Europeană. Ca și în cazul taxelor de protecție a mediului și această taxă are mai mult implicații politice și nu ajută în mare măsură mediul. Dacă taxele pentru drumuri ar fi utilizate pentru lărgirea pasajelor de trecere, reducerea efectelor de „stop and go” și astfel reducerea blocajelor de circulație, atunci s-ar realiza și scopurile acestor taxe de protecție a mediului. Și din punct de vedere al politicii ar trebui să fie o prioritate dezvoltarea infrastructurii în sensul prevenirii blocajelor de circulație. Necesitatea lărgirii concurenței de oferte pe piață, trece la o optimizare în transportul rutier al mărfurilor. Astfel circulația autovehiculelor de transport fără marfă din Germania atrage astăzi 20%. Astfel s-a ajuns practic la un transport sub sarcină plină în cadrul transporturilor de marfă. În schimb la transportul de marfă pe calea ferată, circulația de vapoare fără marfă este de aproximativ o treime.

#### Modificarea condițiilor de deplasare

Taxele pentru utilizarea șoselelor, folosite în scopul schimbării transporturilor de pe șosea pe alte căi de transport sunt o mare greșală. Transportul mărfurilor pe cale rutieră atrage 80% și unele nici nu ar putea fi transportate pe cale ferată. De altfel calea ferată nici nu are capacitatea pentru aceste transporturi [37].

Dacă s-ar vrea transferarea a doar 10% din transportul de mărfuri de pe șosele pe calea ferată ar trebui mărită capacitatea căii ferate cu încă jumătate. Căii ferate în comparație cu transportul rutier îi lipsește: punctualitatea, fiabilitatea, flexibilitatea și are un timp de transport mult crescut. Aceste lucruri nu depind de bani, căci căile ferate primesc suficienți bani de investiții. Prin liberalizarea transporturilor transfrontaliere ar putea calea ferată să câștige procente la transportul de mărfuri. În același timp trebuie ținut cont de faptul că utilizarea tot mai mare a energiei nucleare a dus la creșterea bilanțului CO<sub>2</sub> emis prin transportul feroviar. Și locomotivele diesel emit mai mult CO<sub>2</sub> decât motoarele moderne a camioanelor. Aceste lucruri ne arată că nu se mai poate vorbi despre tren ca: „prieten al mediului”. Dacă s-ar înlocui teoretic traficul rutier cu cel feroviar, ar scădea emisiile de CO<sub>2</sub> cu 1% dar aceasta s-ar realiza cu costuri economice foarte mari. Pentru transportul unei persoane sau a unei tone de marfă pe o distanță de 1000 km, s-au investit în infrastructura căii ferate 32 euro pe când în infrastructura traficului rutier doar 13,5 euro.

#### Interdicții / Reglementări

Nici o limitare generală a vitezei, nu ar duce un beneficiu protecției mediului. O limitare a vitezei la 120 km/h impusă în anii 80 aducea o scădere a emisiilor cu doar 1,5%. În loc să se recurgă la limitări de viteză pentru protecția mediului ar trebui să se orienteze mai mult pe utilizarea posibilităților de telematică pentru flexibilitatea circulației și reducerea poluării. Posibilitatea de a circula cu viteza dorită pe anumite porțiuni a rețelei de drumuri, a fost și este o încurajare a dezvoltării tehnologiei industriei constructoare de mașini. Din aceasta a rezultat o siguranță crescută a automobilelor germane, a crescut reputația automaticii germane și succesul în concurența de pe piața automobilistică. Astăzi se exportă 70% din mașinile produse în Germania. O limitare a vitezei de circulație ar reduce avantajul Germaniei pe piața internațională, prin scăderea inovațiilor și deci o pierdere a producătorilor germani de autovehicule față de concurență. Și cele 761000 de locuri de muncă din industria constructoare de mașini ar fi puse în pericol [37].

### **3.7.5. CONCLUZII**

Nu ar trebui limitată mobilitatea ca pretext pentru protecția mediului înconjurător. O concluzie globală ar fi cea mai indicată pentru a găsi răspunsurile la întrebările legate de protecția mediului înconjurător. Această strategie comună de protecție a mediului nu ar trebui să influențeze negativ mobilitatea. Cine dorește o dezvoltare economică, cine vrea să lupte eficient împotriva șomajului, să realizeze o economie puternică a U.E. și să atragă noi membri ai Uniunii, ar trebui să

privească mobilitatea ca pe un lucru esențial pentru societate și economie. Mobilitatea nu trebuie să fie doar posibilă ci trebuie să fie și accesibilă din punct de vedere financiar. Traficul rutier deține și în viitor un rol central. Politica protecției mediului ar trebui să scoată automobilul din discuțiile despre cauzele poluării, în secolul acesta. Transportul rutier de persoane și-a atins deja scopul de a reduce emisiile de gaze până la niște limite care în trecut nu se credeau posibil de atins. Prin introducerea normelor Euro IV în 2005 și Euro V în 2008 va ajunge și transportul rutier de marfă la aceleași performanțe. Industria constructoare de mașini germană și-a luat angajamentul în fața guvernului Germaniei de a scădea consumul de carburant al autovehiculelor noi scoase pe piață și deci și a emisiilor de CO<sub>2</sub> cu 25% în anul 2005 față de anul 1990. Până astăzi s-a reușit deja o reducere cu 18% a consumului și a emisiilor de CO<sub>2</sub>. Emisiile de CO<sub>2</sub> mai crescute din traficul rutier de marfă sunt compensate prin emisiile foarte scăzute din traficul rutier de persoane. În concluzie cele mai importante programe pentru protecția mediului înconjurător din punct de vedere al traficului rutier sunt:

1. Optimizarea întregului sistem de trafic rutier
2. Modernizarea pasajelor și a porțiunilor de drum care duc la formarea blocajelor
3. Utilizarea potențialului maxim al sistemelor telematice pentru scăderea consumului de combustibil
4. Calitate crescută a combustibililor, utilizarea de combustibil fără conținut de sulf (atât diesel cât și benzină), pentru ca motoarele moderne scoase pe piață să poată funcționa la potențialul maxim și cu un consum cât mai mic de combustibil
5. Politica de protecție a mediului trebuie să fie pregătită să ofere răspunsurile la întrebările globale și să realizeze o scădere a emisiilor de CO<sub>2</sub> cu costuri economice cât mai mici
6. Industria constructoare de mașini își aduce aportul la reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub>. Răspunsul ei la întrebările globale este: tehnică inovativă. Industria constructoare de mașini este un partener de încredere al politicii și își va respecta angajamentele.

Își va aduce contribuția la creșterea bunăstării, asigurarea mobilității și păstrarea pentru generația viitoare a unei lumi curate.

Cu aplicația cea mai evidentă în domeniul tracțiunii rutiere, având în vedere faptul că sunt peste 700 milioane unități în trafic cu o rată de creștere de 30–40 milioane/an, motorul cu ardere internă este o sursă consistentă de poluare fiind vinovat de 45–90% din noxele gazoase emise în atmosferă cu o toxicitate de 8–22% pentru că numai motorinele conțin sulf care după normele Comunității Europene nu trebuie să depășească 0,02%.



## CAPITOLUL 4

# ECHIPAMENTE ȘI METODICI DE CERCETARE PENTRU EVALUAREA PERFORMANTELOR DE POLUARE ALE MOTOARELOR CU ARDERE INTERNĂ ÎN CORELAȚIE CU AUTOVEHICULUL CE-L ECHIPEAZĂ

### 4.1. PARTICULELE EMISE DE MOTOARE

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 motorul cu aprindere prin comprimare, ci datorită populației foarte mari de motoare de acest tip în trafic.

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

Primele măsuri de protecție antipoluantă, în multe țări, au fost luate la etanșarea corectă 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 a noxelor, cât și prelucrarea acestora ulterioară.

Începând cu 1930, motorul diesel este identificat ca sursă de poluare datorită fumului negru la eșapare. Fumul și mirosul gazelor sunt încă probleme nerezolvate pentru motoarele cu aprindere prin comprimare la geneza noxelor și datorită complexității proceselor de formare a amestecului și de ardere, dar și datorită atenției acordate motoarelor cu aprindere prin scânteie în ultimii 35 ani. Datorită faptului că motorul a fost considerat când sfânt, când păcătos s-a creat o stare de confuzie în rândul legislatorilor și a proiectanților de motoare.

În fumul motoarelor cu aprindere prin comprimare sunt prezente: hidrocarburi, compuși oxigenați de tip aldehide, cetone, alcooli, oxizi, compuși polinucleari aromatici, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, particule. Concentrațiile variază în limite 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 și monoxid de carbon, iar cele supraalimentate prin producerea de oxizi de azot. Toate motoarele cu aprindere prin comprimare produc fum la sarcini mari.



Particulele sunt definite 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 sub 52°C.

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

Emisia de particule m.a.s. este de 40 – 100 de ori mai mică decât aceea a m.a.c., pentru motoare similare. Din punct de vedere a compoziției chimice, particulele m.a.s. conțin, pe lângă carbon, Pb, P, aditivi organici din ulei și benzină.

Particulele emise de m.a.c., din punct de vedere cantitativ, din cele 0,3% din gazele arse care sunt dăunătoare sănătății 0,005% sunt particule.

Corelația dintre particule și emisiile de funingine și HC indică faptul că particulele provin din procese similare cu cele ale genezei funinginei și HC. Emisia de particule ia valori care urmăresc valorile fumului negru și ale HC, de aceea s-a presupus că emisia masică de particule este egală cu suma emisiei de funingine (fum negru) și emisia masică de HC, care sunt lichide la temperatura de prelevare a particulelor (52°C) [49]:

$$P[g / m^3] = A \cdot Fum[g / m^3] + B \cdot HC[g / m^3] + C$$

*Funinginea* se formează prin supunerea amestecurilor bogate la temperaturi înalte. Cu cât amestecul este mai bogat sau cu cât temperatura este mai ridicată, cu atât crește funinginea produsă din carbonul existent în combustibil. Emisia de funingine este legată de cantitatea de combustibil injectată, în special de cantitatea injectată în cea de-a doua fază a arderii, după perioada de întârziere la autoaprindere. Combustibilul injectat înaintea aprinderii are timp să se amestece în condiții mai sărace înainte ca temperatura să crească.

*Hidrocarburile*, HC, provin din trei surse principale:

- amestecurile sărace neinflamabile
- volumul sacului injectorului
- amestecurile bogate formate târziu în ciclul motor.

Cea mai mare parte a combustibilului injectat este consumată de reacțiile rapide la valori ale coeficientului de exces de aer apropiate de unitate, care nu generează HC. Apar când temperaturile sunt prea mici sau există o lipsă locală de oxigen, când amestecul este prea sărac sau prea bogat pentru a fi consumat de reacțiile rapide stoechiometrice.

Particulele sunt alcătuite dintr-o fracțiune insolubilă de carbon, cunoscută sub denumirea de funingine, compuși metalici și o fracțiune solubilă, formată din combustibil și ulei nears.

În figura 4.1 sunt prezentate compoziția tipică și proveniența particulelor din gazele de evacuare.

Compoziția particulelor depinde de regimul de funcționare al motorului, observându-se că o dată cu creșterea sarcinii și cu creșterea turației are loc scăderea procentului reprezentat de fracțiunea organică solubilă (SOF) și creșterea fracțiunii insolubile, alcătuită din carbon amorf.

Compoziția particulelor depinde de tipul constructiv al motorului, înregistrându-se variații ale procentelor componentelor specifice (DI, IDI) între ele (tabelul 4.1) [49], cât și compoziția din figura 4.1.

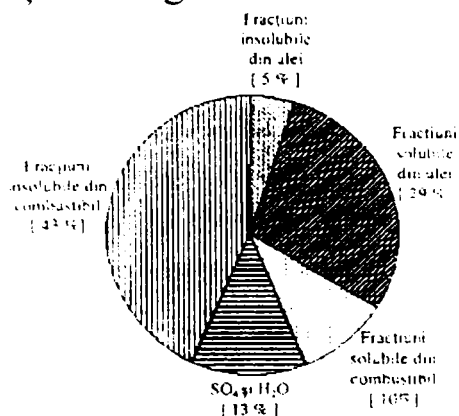


Fig. 4.1. Compoziția particulelor [49]

Tabelul 4.1

Compuși	Motor cu injecție directă	Motor cu injecție indirectă
Carbon	31%	46%
Ulei nears	40%	28%
Combustibil nears	7%	6%
Sulfați asociați cu apă	14%	10%
Diverse	8%	10%

Analiza spectrografică a particulelor evidențiază ca element dominant carbonul; există Fe, Si, S în cantități mai mari, iar alte elemente sunt numai în cantități foarte mici, numai urme.

Există mai multe referiri asupra dimensiunilor particulelor emise de motoarele diesel:

- diametrul mediu (masic) 0,1 – 0,3  $\mu\text{m}$ , cele mai mici pot fi de 10 nm
- mai mult de 50% dintre particule au diametrul sub 0,5  $\mu\text{m}$
- 80 – 90% dintre particule au un diametru mai mic de 1  $\mu\text{m}$
- 90% dintre particule (raportate masic) au diametrul mai mic de 1  $\mu\text{m}$ , iar 70% sub 0,3  $\mu\text{m}$
- 0,03 – 0,6  $\mu\text{m}$  conform distribuției tipice dimensionale; dimensiunile particulelor emise de m.a.s. sunt mai mici decât cele emise de m.a.c.: 0,01 – 0,05  $\mu\text{m}$  în cazul m.a.s. cu catalizator și 0,01 – 0,1  $\mu\text{m}$  în m.a.s. fără catalizator

Particulele emise de m.a.c. sunt foarte mici și nu au intrat în atenția legislatorilor, decât prin măsurarea fumului și a compoziției chimice a gazului de eșapament. Experții în medicină estimează că ele provoacă sau întrețin boli cum ar fi astmul, bronșita cronică sau emfizemul pulmonar, după clasificarea internațională a substanțelor care au probabilitate mare de a produce cancerul.

Efectele asupra sănătății produse de particule depind de dimensiunile acestora, de modul în care pătrund în organism și de capacitatea organismului de a le elimina sau neutraliza. Particulele m.a.c. sunt suficient de mici pentru a se depune în traiecul respirator. Particulele mai mari de 0,3  $\mu\text{m}$  sunt eliminate din traiecul respirator, în timp ce restul (70% masic) pot pătrunde în plămâni.

*Particulele* reprezintă tot materialul sub formă suspendată, solid sau lichid și se clasifică după mărime. Nanoparticulele sau particulele submicroscopice sunt particulele ultrafine care apar în număr foarte mare dar au o contribuție mică asupra masei totale a particulelor. Funcție de tipul motorului, distribuția dimensională tipică este centrată pe valoarea de 100 nm (0,1  $\mu\text{m}$ ).

Epidemiologia a corelat nivelul particulelor cu rate crescute ale morbidității și mortalității. Cu toate că particulele nu sunt considerate că produc boala, ele înrăutățesc stările cronice existente. Particulele ultrafine sunt mai periculoase, din cauza acestora de a pătrunde adânc în sistemul respirator și de a se depozita în zona alveolară a plămânului. Particulele mari sunt fixate în zonele superioare ale plămânilor, de unde sunt eliminate de cili pulmonari în 3 – 4 zile. Particulele ultrafine pătrund în zona alveolară. Eliminarea particulelor din această regiune este realizată de celule specializate, numite macrofage alveolare, fiind necesare 100 de zile.

Dimensiunile particulelor variază cu regimul de funcționare al motorului, constatându-se că la turație constantă creșterea sarcinii a dus la creșterea diametrului mediu al particulelor, iar la creșterea turației, diametrele medii au scăzut, datorită scăderii timpului de staționare a particulelor în motor și a anihilării fenomenelor de aglomerare.

Constituirea particulelor sub formă de aglomerate aproximativ sferice pot avea HC adsorbite pe suprafață de obicei lichide. S-a folosit microscopia electronică pentru studiul dimensional al particulelor cu ajutorul căreia s-a analizat imaginea particulelor emise de motorul D2156MTN8 în regimul de funcționare caracterizat de 100% sarcină și la turația de 1800 rot/min. Depunerea particulelor s-a făcut pe pastile de aluminiu lustruite chimic, acestea fiind menținute în curentul de gaze arse un timp foarte scurt, pentru a se evita depunerile în straturi ale particulelor. Fotografii confirmă aspectul de conopidă al particulelor. Dimensiunile medii ale aglomeratelor s-au apreciat la 20  $\mu\text{m}$  și ale particulelor celor mai mici de circa 1  $\mu\text{m}$ .

## 4.2. INSTALAȚII DE MĂSURĂ A NOXELOR

### 4.2.1. Instalații de măsură a poluanților gazoși

Pentru măsurarea simultană a CO, NO<sub>x</sub> și HC emise de un motor există mai multe posibilități de conectare a aparatelor (fig. 4.2).

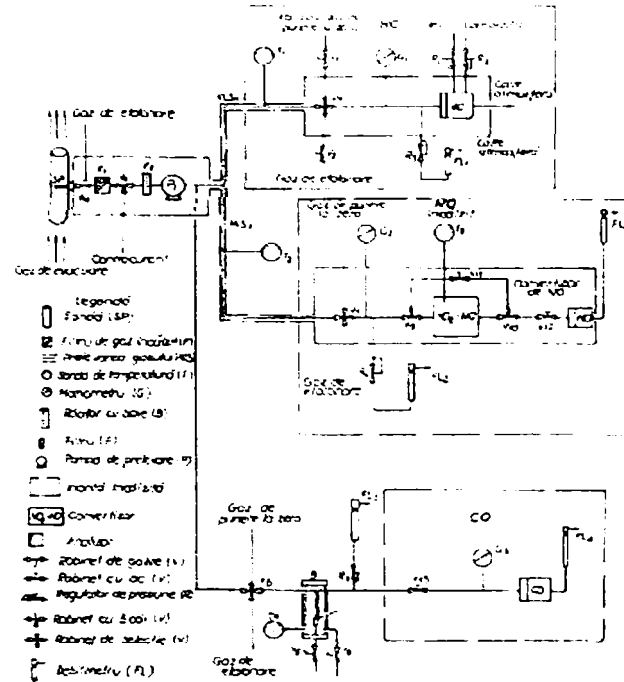


Fig. 4.2. Schema instalației de măsură a poluanților gazoși [49]

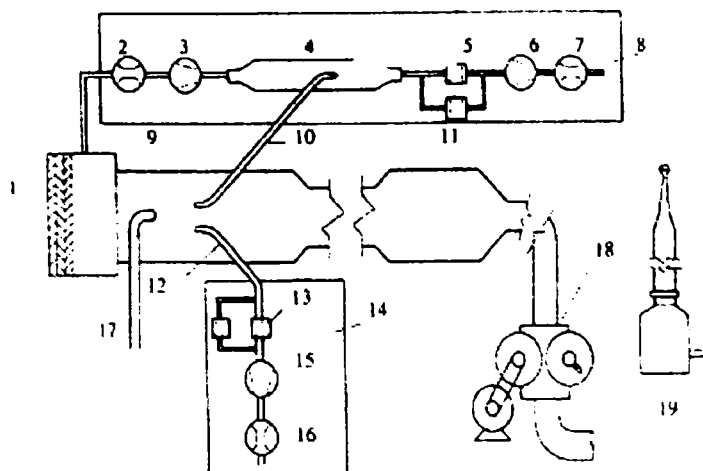
De tipul analizorului folosit, în special de caracteristicile sale de curgere depind performanțele instalației. Analizoarele HFID și HCLA necesită un sistem de încălzire a probei, în timp ce analizoarele NDIR necesită un sistem de răcire. Mult mai costisitor, dar mai bine este să se achiziționeze un sistem profesional de măsurare a emisiilor gazoase.

Cauzele care afectează corectitudinea măsurătorii sunt: 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, deci fiind necesar să se urmeze cu exactitate instrucțiunile de măsurare.

### 4.2.2. Instalații de măsură 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 se 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-unul în derivație.

Cele două sisteme de diluție și prelevare diferite – sistemul de diluție în circuitul principal și sistemul de diluție în derivație sunt reprezentate în figurile 4.3 și 4.4.



4.3. Sistem de diluție în circuit principal:[49]

1 – filtru de aer; 2 – debitmetru de intrare; 3 – pompă de diluție; 4 – tunel de diluție secundară; 5 – filtre; 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 al 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 fig. 4.3 folosește prelevarea la volum constant (CVS – *Constant Volume Sampling*). Se măsoară volumul total de amestec de gaze arse – aer și se prelevează o probă pentru analiză. Masa emisiilor de particule este calculată cunoscând masa particulelor prelevate, debitul prelevat și debitul total de amestec.

Filtrele pentru reținerea particulelor sunt filtre din fibră de sticlă acoperită cu fluorcarbon sau teflon sau filtre de tip membrană pe bază de fluorcarbon; fiind dispuse de obicei două în serie la distanță maximă de 100 mm. Microbalanța utilizată trebuie să aibă o precizie de 2%, iar domeniul de măsurare de 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 fig. 4.4 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.

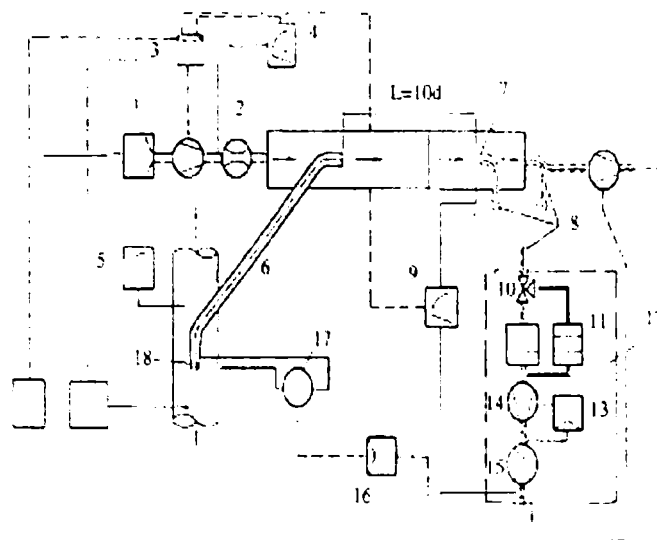


Fig. 4.4. Sistem de diluție în derivație [49]

1 – filtru de aer; 2 – debitmetru de intrare; 3, 13 – regulator de debit; 4, 5, 9 – analizor pentru CO<sub>2</sub> sau NO<sub>x</sub>; 6, 8 – tub de transfer; 7 – sondă de prelevare a particulelor; 10 – robinet; 11 – filtru; 12 – sistem de prelevare a particulelor; 14 – pompă de prelevare a particulelor; 15 – debitmetru de ieșire; 16 – sistem de control al presiunii; 17 – sistem de control al presiunii diferențiale; 18 – sondă izocinetică

### 4.3. ECHIVALENȚA FUM – PARTICULE

Particulele emise de motoarele diesel sunt compuse din funingine, generată în timpul arderii (carbon grafitic) și hidrocarburi, adsorbite sau condensate. Particulele sunt definite 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 volatizarea unor hidrocarburi și condensarea apei.

Măsurarea particulelor 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.

Măsurarea particulelor este o operație cu multe faze, scumpă și de durată și deci au fost făcute multe încercări de corelarea măsurării gravimetrice a particulelor cu măsurarea indicelui de fum, prin folosirea fummetrelor obișnuite (Bosch, Hartridge) sau a altor instrumente necomercializate. S-au obținut corelații între cifrele de fum și concentrația de funingine măsurată în gazele de evacuare nediluate.

Se prezintă rezultatele cercetărilor la MIRA (Motor Industry Research Association – Societatea Britanică pentru Cercetări în Industria de Automobile) și la AVL (Institutul Austriac de Cercetare a Motoarelor).



### 4.3.1. Corelații cu unitățile de fum Bosch

Începând din anii '60, există mai multe determinări, efectuate de diferiți investigatori, care au stabilit o serie de corelații sub formă de nomograme, valori tabelate sau ecuații [49]:

$$C = 3.87 \cdot 10^{-2} \cdot Bn^5 - 1.47 \cdot 10^{-1} \cdot Bn^4 + 1.06 \cdot 10^{-1} \cdot Bn^3 + 12.6 \cdot Bn^2 + 12.4 \cdot Bn \quad (1)$$

$$C = 24.7 \cdot Bn + 1.92 \cdot Bn^3 \quad (2)$$

$$C = 19.1 \cdot Bn^{1.78} \quad (3)$$

$$C = 581.4 \cdot \left[ \ln \left( \frac{10}{10 - Bn} \right) \right]^{1.413} \quad (4)$$

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

Bn – indicele de fum în unități Bosch

Ultima curbă (4) din fig. 4.5 adoptată pentru celelalte dependențe cantitative – este cea mai reprezentativă, având o poziție mediană în raport cu celelalte curbe (1), (2) și (3).

Formulele (2), (3) și (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.

$$Bn = 10 \cdot \left\{ 1 - \exp \left[ - (kC)^b \right] \right\} \quad (5)$$

în care: Bn este indicele de fum Bosch;

C – concentrația de carbon ( $g/m^3$ );

k, b – constante experimentale.

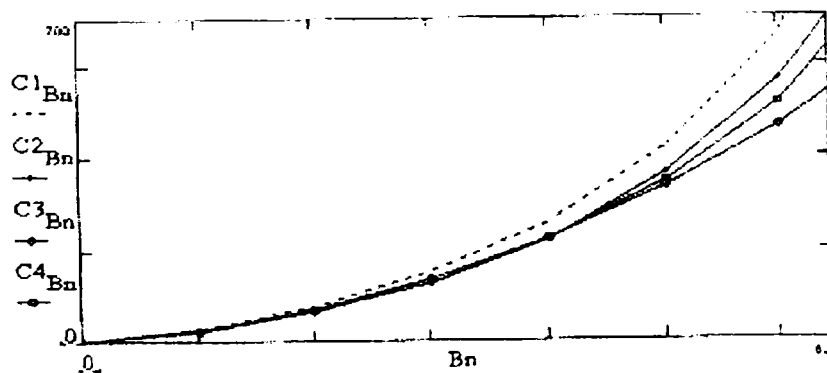


Fig. 4.5. Diferite funcții de interpolare a dependențelor experimentale C(Bn) [49]

Ecuția (5) reflectă fenomenul de atenuare al radiației luminoase, definit de legea Lambert-Beer, iar determinarea experimentală a coeficienților k, b a condus la ecuația:

$$Bn = 10 \cdot \left\{ 1 - \exp \left[ - (0.0017 \cdot C)^{0.708} \right] \right\} \quad (6)$$

Pentru aceleași încercări s-a stabilit corelația particulă – fum:

$$P = 565 \cdot \left[ \ln \left( \frac{10}{10 - Bn} \right) \right]^{1.206} \quad (7)$$

în care  $P$  este concentrația de particule din gazele arse ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) și echivalenta sa:

$$Bn = 10 \cdot \left\{ 1 - \exp\left[-(0,0018 \cdot P)^{0,829}\right] \right\} \quad (8)$$

În figura 4.6 s-au reprezentat relațiile 4 și 7, cu relația  $C < P$  pe domeniul de aplicabilitate  $0 < Bn < 5$ , inegalitate care se păstrează, pe curbele de interpolare, doar la valorile  $Bn < 6$ .

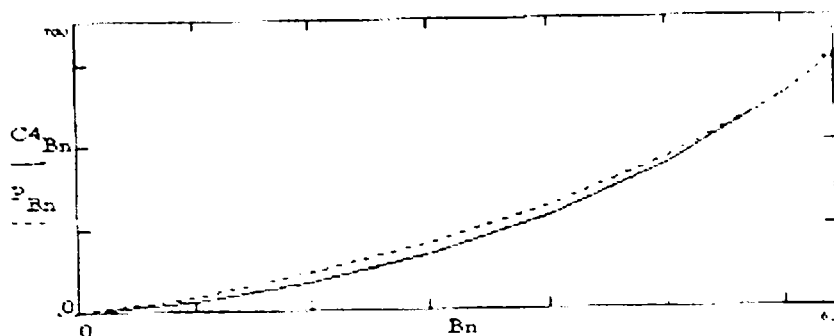


Fig. 4.6. Curbele de funingine și particule [conform (4) și (7) Alkidas] [49]

Din reprezentarea grafică a relației (7) se observă că măsurătorile de particule se corelează cu indicele de fum Bosch, relația (7) având un grad de încredere de 97%, ceea ce înseamnă că fracțiunea volatilă a particulelor are o influență redusă asupra fumului Bosch.

Din măsurătorile efectuate pe motoare diesel cu cameră unitară și cu cameră divizată s-a propus relația:

$$P = 1,024 \cdot C + 0,505 \cdot HC \quad (9)$$

în care:  $C$  este concentrația de carbon sau funingine obținută prin măsurarea fumului Bosch prin corelația propusă de MIRA și care este trasată în figura 4.7.

$HC$  – concentrația masică de hidrocarburi din gazele de evacuare

$$C = \frac{1}{0,405} \cdot a \cdot Bn \cdot \exp(b \cdot Bn) \quad (10)$$

în care: 0,405 este lungimea (m), a tubului de măsură

$a, b$  – coeficienți experimentali ( $a=4,95$  și  $b=0,38$ )

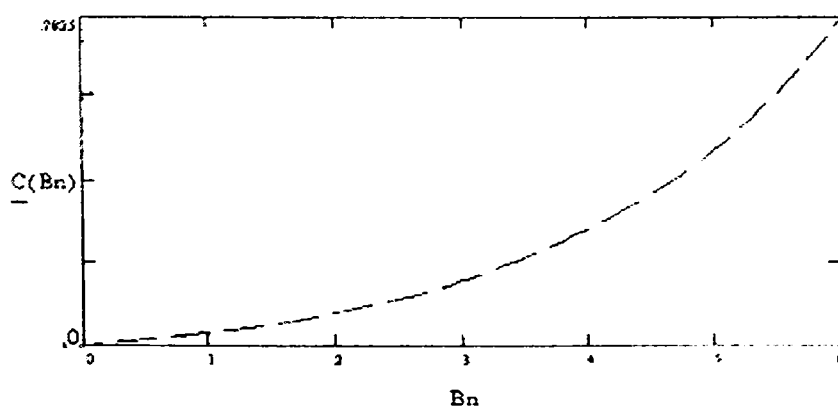


Fig. 4.7. Curba de corelație MIRA [49]

Figura 4.8 redă corespondența descrisă de relația (10), iar figura 4.9 arată situarea acestei relații comparativ cu alte relații deja existente, dintre care curba MIRA – DB este cea din fig. 4.7, curba Alkidas este cea corespunzătoare relației (4) (fig. 4.6), iar celelalte curbe s-au obținut de specialiștii firmei AVL cu ocazia dezvoltării altor fummetre.

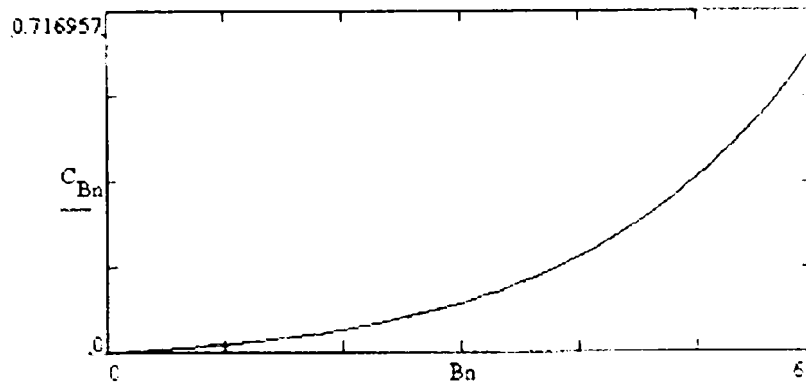


Fig. 4.8. Corelația funingine-unități Bosch (conform AVL) [49]

Din graficele prezentate, rezultă că fummetrul Bosch poate fi un instrument potrivit pentru evaluarea particulelor.

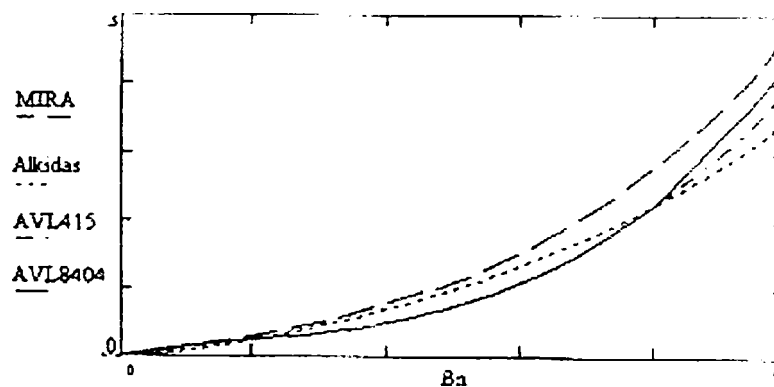


Fig. 4.9. Corelații funingine-fum Bosch [49]

(curba MIRA coincide cu curba MIRA-AVL, determinare efectuată în cooperare cu cele două instituții; curba AVL 8404 coincide cu curba AVL 415 până în jurul lui  $B_n=4$ )

### 4.3.2. Corelația cu unitățile de fum Hartridge

Principiul de măsurare a fummetrului 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 aceluiși fascicul, care trece prin aer curat, iar în al doilea caz se realizează filtrarea gazelor și evaluarea colorației (gradului de înnegrire) al hârtiei de filtru.

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

Marea răspândire 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 fig. 4.10, în care apare corelația cu conținutul de particule solide.

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

$$P = 0.349_{-0.089}^{-0.183} \cdot \ln[1 - H/100]^{-1} \quad [\text{g/m}^3] \quad (11)$$

în care: P este concentrația de particule din gazele arse

H – indicele de fum Hartridge

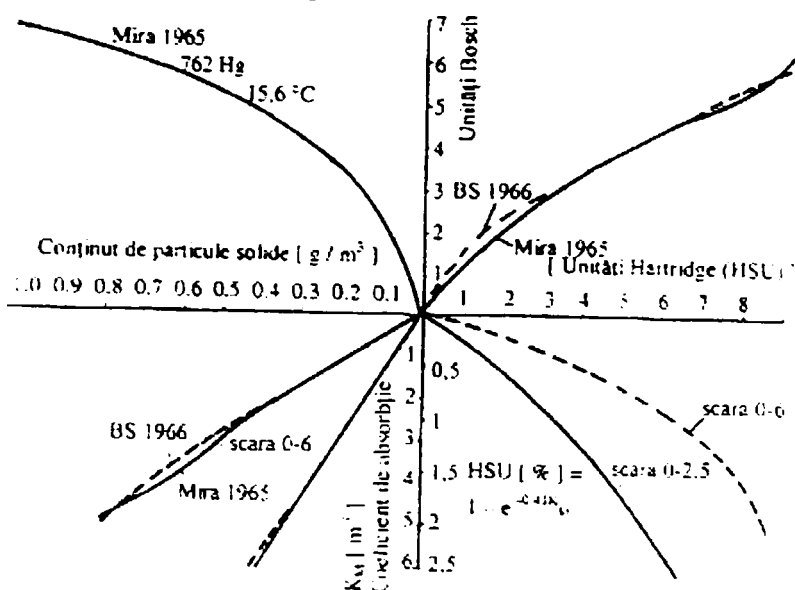


Fig. 4.10. Corelații ale măsurărilor de fum [49]

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

Reprezentarea grafică a valorii minime, medii și maxime a curbelor  $P_H$  se observă în fig. 4.11, în care pentru deosebirea curbelor s-au stabilit indicii 0,1 și 2.

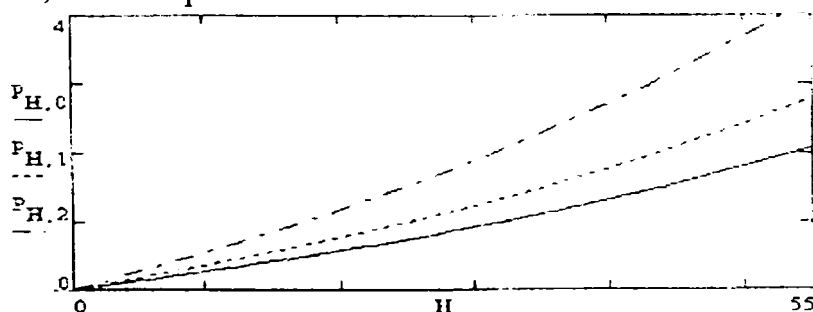


Fig. 4.11. Corespondența între fumul Hartridge și emisia de funingine [49]

### 4.3.3. Interpretarea curbelor de echivalență

În fig. 4.12 s-au reprezentat curbele care definesc corespondența particule – fum Hartridge determinate de formula (11), în care  $P_{H,0.1.2}$  au semnificația din fig. 4.11, iar  $P_{B_H}$  reprezintă corespondența particule – fum Hartridge obținută prin transformarea formulei (4) din unități Bosch în unități Hartridge.

Există o bună corespondență foarte bună a formulei (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.

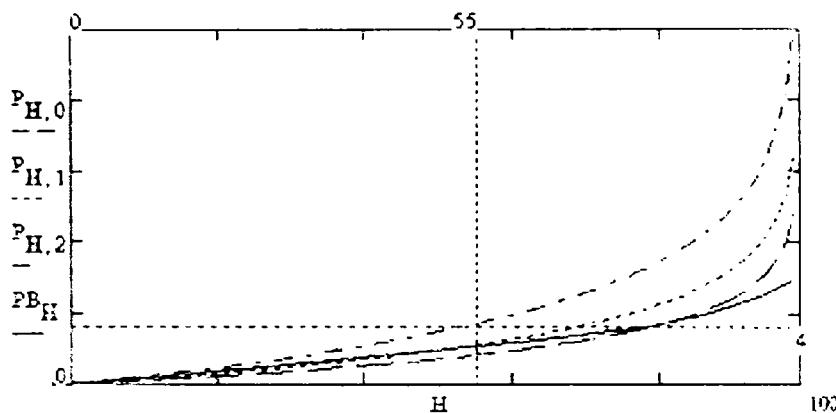


Fig. 4.12. Reprezentarea grafică a echivalenței particule – fum Hartridge (S-a încadrat cu linie punctată domeniul uzual,  $0 < H < 55$  și  $0 < P < 0,4 \text{ g/m}^3$  corespunzător fig. 11) [49]

Deoarece măsurarea fumului prin metoda Hartridge este cea recunoscută de organismele europene (Regulamentul CEE-ONU nr. 24.03), se propune folosirea formulei (11), prin care se determină concentrația de particule a emisiei motorului pentru un regim dat. Pentru stabilirea emisiei, se urmărește procedura de calcul din Regulamentul CEE-ONU nr. 49.02 cu modificările impuse de concordanța ecuațiilor dimensionale. Regulamentul 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 +/-5% față de rezultatele obținute cu sistemul considerat de referință.

### 4.3.4. 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 și este caracterizat de o emisie de particule de  $0,226 \text{ g/kWh}$ , determinată prin metoda gravimetrică; prin metoda propusă, emisia probabilă de particule este de  $0,223 \text{ g/kWh}$ , ceea ce înseamnă o eroare de 1,3% față de metoda de referință.

## 4.4. APARATURĂ PENTRU MĂSURAREA NOXELOR

### 4.4.1. Măsurarea monoxidului de carbon CO

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 CO<sub>2</sub> și HC. CO și CO<sub>2</sub> 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 4.13 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.



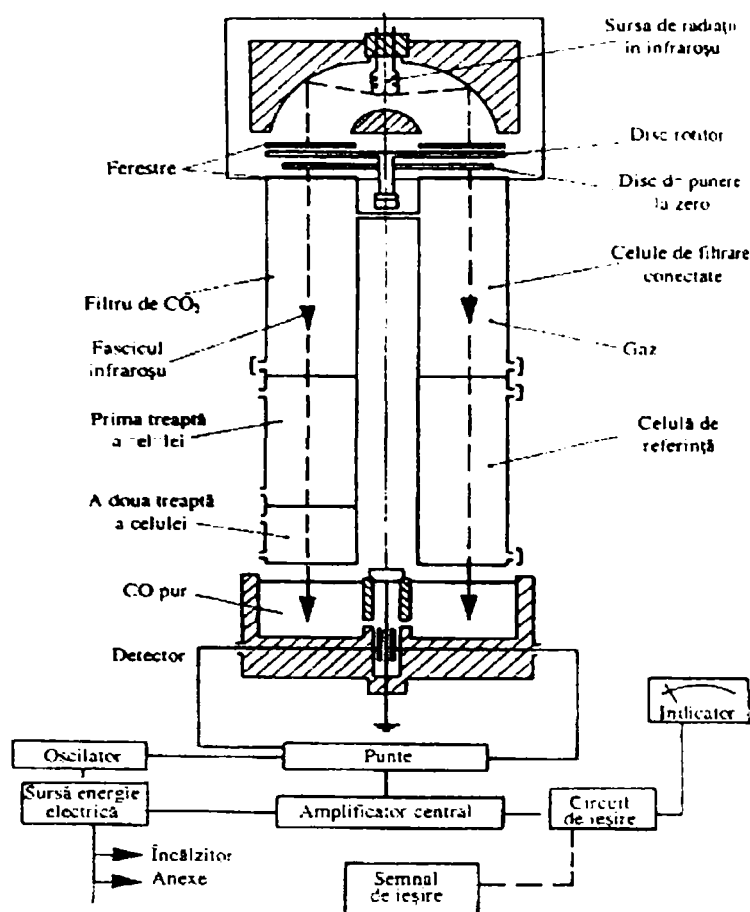
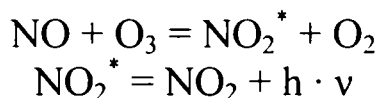


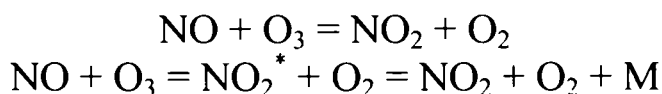
Fig. 4.13. Schema unui analizor în infraroșu (NDIR) [49]

#### 4.4.2. Măsurarea oxizilor de azot $\text{NO}_x$

Măsurarea  $\text{NO}_x$  se face prin metoda absorbției sau prin metoda chemiluminiscentei, aceasta din urmă fiind metoda recomandată de regulamentele internaționale. Determinarea  $\text{NO}_x$  prin chemiluminiscentă se bazează pe faptul că  $\text{NO}$  reacționează cu ozonul ( $\text{O}_3$ ), rezultând  $\text{NO}_2^*$  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  $\text{O}_2$ , 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 fig. 4.14.

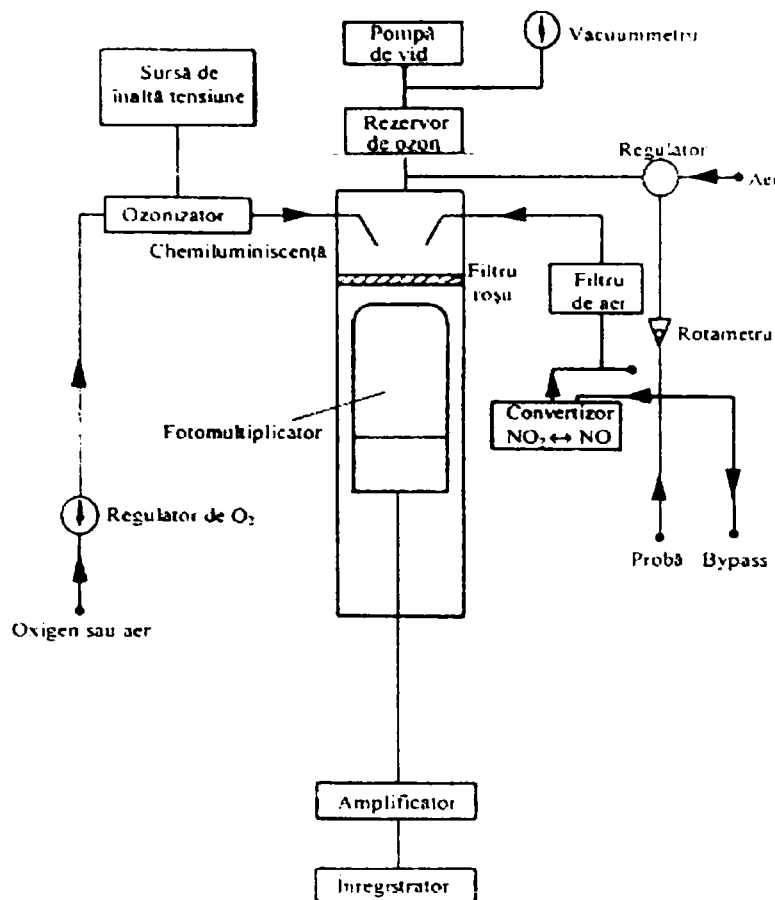


Fig. 4.14. Analizorul cu chemiluminiscență (HCLA) [49]

În camera de reacție pătrunde gazul de analizat și ozonul. În această cameră, menținută la temperatură constantă, se produce reacția care generează molecule de  $\text{NO}_2$  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  $\text{O}_2$  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  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) și pornind de la constatarea că în gazele de evacuare se află  $\text{NO}$  și  $\text{NO}_2$ , 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  $\text{NO}_2$  disociază în  $\text{NO}$ , care este apoi analizat după metoda descrisă.

#### 4.4.3. Măsurarea hidrocarburilor

O serie de hidrocarburi absorb radiația în spectrul infraroșu, la lungimea de undă de 3,4  $\mu\text{m}$ , 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 (fig. 4.15).

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. Ionii 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.

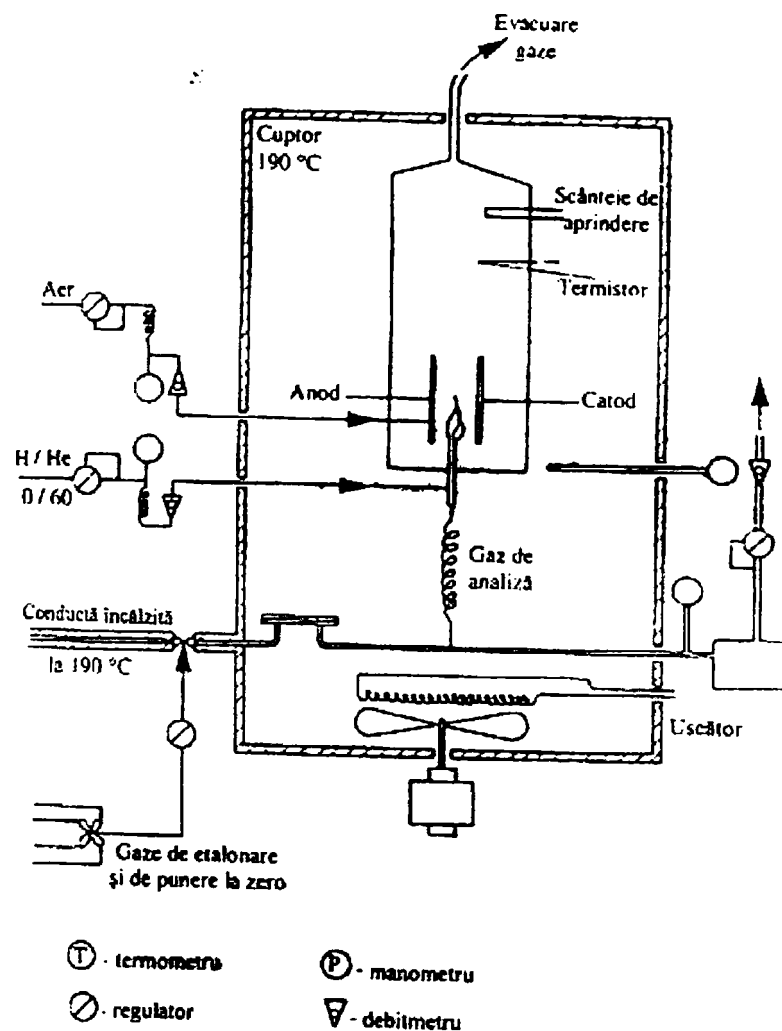


Fig. 4.15. Analizorul pentru hidrocarburi cu ionizarea flăcării (HFID) [49]

#### 4.4.4. 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  $\mu\text{m}$ , 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.

#### 4.4.5. 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.

### 4.5. CONSTRUCȚIA APARATELOR PENTRU MĂSURAREA NOXELOR DE TIP GATS, AVL, FLUX 5000 și OPAX 2000

#### 4.5.1. Prezentarea și caracteristicile aparatului GATS 1000 NGD

**GATS 1000 NGD** este un aparat electronic digital, comandat de un microcomputer încorporat, ale cărui funcții de măsurare îl includ în categoria aparatelor de diagnosticare auto și măsurare a emisiilor poluante a motoarelor pe benzină, pe gaz sau Diesel.

Aparatul conține 7 programe selectabile prin intermediul elementelor de comandă de pe panoul frontal: în cadrul programării, măsurarea emisiilor la autovehicule și funcțiile de măsurare a subsansamblelor electrice care influențează emisia sunt comandate de microcomputer, care comandă și afișează rezultate pe imprimanta încorporată.

La măsurarea emisiilor la autovehicule cu motoare pe benzină sau pe gaz, principiul care stă la baza determinării concentrației de monoxid de carbon (CO), bioxid de carbon (CO<sub>2</sub>) și hidrocarburi (HC) este acela al absorbției pe frecvențe diferite, specifice, de către aceste gaze componente ale amestecului de gaze de evacuare, a unei raze de lumină din spectrul infraroșu care străbate camera de măsurare. Pentru măsurarea concentrației de oxigen (O<sub>2</sub>) **GATS 1000 NGD** este prevăzut cu un senzor electrochimic.

Principiul care stă la baza măsurării emisiei de fum la motoare Diesel, se bazează pe absorbția fluxului luminos vizibil de către gazul de emisie, la detectarea acestuia cu o fotocelulă cu siliciu.

Ansamblul aparatului **GATS 1000 NGD** constă din următoarele:

- sonda de prelevare a gazelor de evacuare pentru motoare pe benzină sau pe gaz, conectată la camera de măsurare prin care este dirijată o rază de lumină infraroșie
- sonda de temperatură pentru uleiul motorului

- sonde prelevare pentru fummetru:
  - **Tip 1** – pentru țevi de eșapament  $< \Phi 70$  mm
  - **Tip 2** – pentru țevi de eșapament  $> \Phi 70$  mm
- camera de fum termostată, care constituie camera de măsurare pentru funcția de fummetru
- stroboscop reglabil
- dispozitiv de afișare cu indicare individuală a următoarelor mărimi: concentrațiile de gaze HC, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, turație; factor  $\lambda$ ; factor AFR; valori reglate la poziția avansului la aprindere și la carburator
- sistem înregistrare cu imprimanta
- subansamblul „**GATS PEDAL SYSTEM**” pentru măsurări în regim de reproducere a accelerațiilor la care s-au efectuat măsurătorile, care constituie o pedală de accelerație automată comandată de microprocesor

Rezultatele analizei gazelor de eșapament sunt prezentate prin intermediul dispozitivului de afișare digital, rezultate care se regăsesc în buletinul de analiză eliberat prin intermediul printerului cu care este echipat analizorul. Aceste rezultate sunt asociate cu date referitoare la condițiile de măsurare precum și cu date de identificare a autovehiculului încercat, a operatorului și a momentului efectuării analizei (data și ora).

Factorul  $\lambda$  se calculează de către aparat cu ajutorul formulei utilizate pe plan internațional (Brettschneider), iar la calculul factorului AFR se ia ca referință raportul masic teoretic aer-combustibil (14,7 kg/kg la benzina super). Aparatul **GATS 1000 NGD** este prevăzut cu monitorizare internă și automată a fluxului de gaze, sunt asigurate mijloace de vehiculare și de filtrare a gazelor prelevate, precum și de purjare a condensului.

Înainte de fiecare măsurare se verifică automat etanșeitățile sistemului de măsurare, în caz de neetanșeități sau a pătrunderii de aer fals nu permite efectuarea măsurării pe funcțiile de măsurare pentru motoare pe benzină sau pe gaz. Aparatul verifică automat înainte de fiecare măsurare nivelul HC rezidual și în situația în care acesta depășește valoarea de 20 ppm vol. nu permite efectuarea măsurătorii.

Întrucât emisiile poluante la motoare termice depind în mare măsură de temperatura motorului, înainte de începerea măsurării aparatul impune introducerea sondei de temperatură la motorul oprit. Măsurarea temperaturii se repetă până când 5 măsurători consecutive prezintă aceeași valoare a temperaturii motorului, aceasta fiind considerată cea reală și se memorează de către aparat, după care se cere scoaterea sondei din motor, pornirea motorului și se poate trece la efectuarea analizei gazelor de evacuare.

Măsurarea valorilor caracteristice ale gazelor de evacuare se efectuează cu motorul autovehiculului funcționând la relanti.



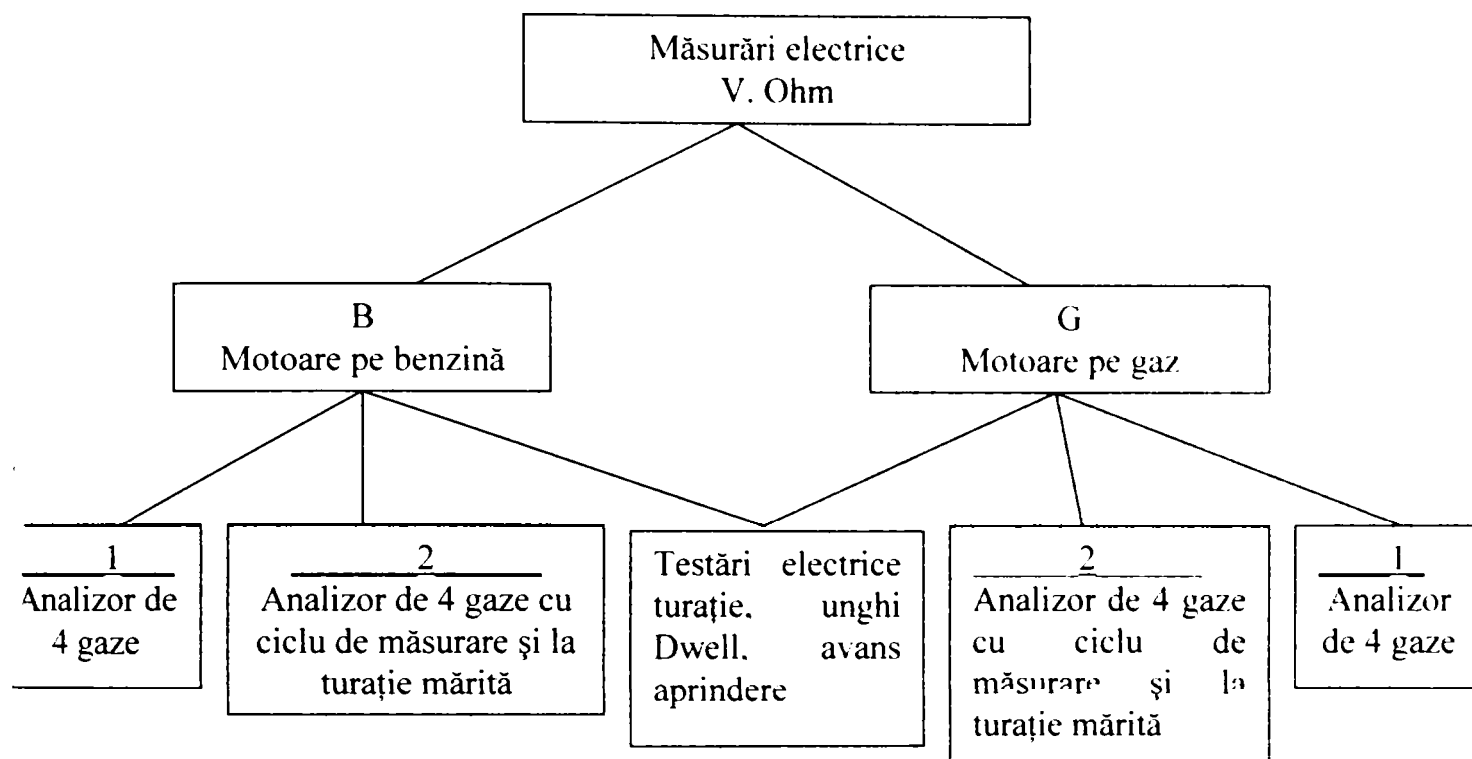


Fig. 4.16. Schema programelor de funcționare GATS 1000 NGD

Opacimetrul cu afișare numerică GATS 1000 NGD este un stand optic de măsurare. Caracteristici specifice funcției de măsurare a emisiilor de fum la motoare Diesel:

- lungimea spotului de lumină  $430 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$
- lungimea de undă a luminii de măsurare  $560 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$
- interval de măsurare a coeficientului  $k \text{ } 0 - 16,06 \text{ m}^{-1}$
- interval de măsurare a opacității  $N \text{ } 0 - 100 \%$
- limite tolerante ale erorilor la măsurare  $\pm 4$

Funcții suplimentare:

- indicarea turației motorului în domeniul  $350 - 9990 \text{ rot/min}$
- indicarea temperaturii uleiului  $50 - 200 \text{ }^\circ\text{C}$
- indicarea avansului de aprindere  $0 - 60 \text{ grad}$
- indicarea avansului de injecție  $0 - 60 \text{ grad}$
- indicarea tensiunilor  $0 - 40 \text{ V}$
- indicarea rezistențelor  $- 99,99 \text{ Ohm}$
- etalonarea electronică automată
- imprimanta locală
- interfețe RS - 232 și RS - 442/485

#### **4.5.2. Prezentarea și caracteristicile aparatului AVL DiCom 4000 NO<sub>x</sub>**

Turația motorului, respectiv gradul de fum au fost măsurate cu ajutorul unui aparat de tip AVL DiCom 4000.



##### **4.5.2.1. DATE TEHNICE ALE SISTEMULUI AVL 4000**

Monitor : Afișaj cu LCD (format VGA sfert) cu facilitate grafică, cu contrast și luminozitate mare, fond luminat.

Operare : 6 taste funcții  
Poate fi conectată o tastatură standard PC.

Imprimanta	: Imprimantă grafică opțională integrată (cu facilitate grafică, adecvată pentru documente).
Memorie internă	: Cartela memorie (standard PCMCIA) pentru opțiuni program, baze de date, reactualizări soft și schimb de date cu PC-urile.
Principiu de măsurare	: CO, HC, CO <sub>2</sub> Măsurare în infraroșu; O <sub>2</sub> Măsurare electrochimică; NO (opțiune) Măsurare electrochimică;
Temperatura de lucru	: +5 ... +45 °C Păstrarea preciziei de măsurare; +1 ... +50 °C Pregătit pentru măsurare; +5 ... +35 °C Cu senzor de NO integrat;
Temperatura depozitare	: -20 ... +60 °C -20 ... +50 °C Cu senzor de O <sub>2</sub> integrat; -10 ... +45 °C Cu senzor de NO integrat; 0 ... +50 °C Cu apă în filtru și /sau pompă;
Umiditatea aerului	: 90% maxim, fără condens;
Alimentare	: 195 ... 253 V, 47 ... 65 Hz
Putere absorbită	: 150 VA
Dimensiuni	: 470 x 431 x 230 mm (lungime x lățime x înălțime);
Masa	: 11.0 kg
Camera opacimetrică	
Încălzire cameră opacimetrică	: 80 °C
Lungime efectivă	: 0.215 ± 0.002 m
Temperatură maximă gaz eșapament	: 200 °C
Dimensiuni	: 395x285x136mm(WxHxD)
Masa	: 3.5 kg
Aparate măsurare 4 – gaze	: Interval calibrare : 12 luni
	Debit nominal : 360 <sup>l h</sup>
	Debit minim : 180 <sup>l h</sup>
	Debit total : 180 ... 500 <sup>l h</sup>
	Debit gaz calibrare : 90 ... 180 <sup>l h</sup>

#### **4.5.2.2. Operarea aparatului**

Aparatul AVL 4000 poate fi manevrat cu ajutorul tastelor funcție de pe panoul frontal, cu ajutorul unei telecomenzi opționale, sau cu ajutorul unei tastaturi PC standard, externe.



Funcțiunile curente ale tastelor F1 până la F6 sunt afișate deasupra tastelor, fie ca simbol sau în scris. Tasta LF execută avans cu un rând al hârtiei la imprimanta incorporată. Următoarele simboluri pot fi afișate în orice moment:

- « **Anuleaza masurarea in curs**
- < **Da inapoi cu un pas procesul de masurare**
- » **Continua procesul de masurare**
- ✓ **DA**
- ⊗ **NU**
- ↑ ↓ ← → **Taste cursor**
- ↺ **Selecteaza senzorul de turatie**
- ≡ **Opreste valorile masurarilor in curs**
- ▶ **Reia o masurare oprita anterior**
- ⌒ **Afiseaza graficul curbei de opacitate**
- i **Ofera informatii detaliate asupra valorilor afisate**

ABC  
123

Editor pentru introducerea textului

CE

Anulează datele introduse



Listează datele curente sau

Afișajele ilustrate sunt niște reprezentări comparative care pot diferi de ceea ce vedeți în mod real pe ecran, în funcție de configurația sistemului (inclusiv opțiuni de program, de hardware instalat).

### Măsurarea oficială

Montarea cablurilor / sondei de prelevare fum.

Măsurarea turației (RPM) (dacă este necesară).

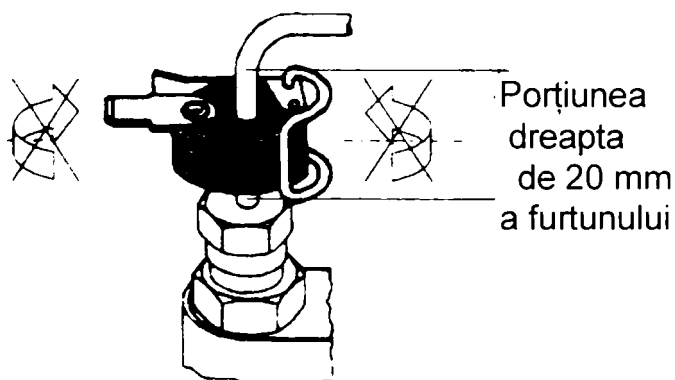
Puteți folosi un traductor-clemă pentru măsurarea universală a turației.



- Conectați cablul traductorului clemă la mufa traductorului clemă.
- Stabiliți poziția de prindere pe conducta de injecție :
  - pe o porțiune dreaptă a conductei
  - de lungime cel puțin 20 mm
- Curățați poziția de montare.

➤ Dacă suprafața de montare este deteriorată, este suficient să-l curățați bine cu o cârpă.

- Dacă locul de montare este deteriorat (de ex. zgâriat, brăzdat, ruginit, scobit, etc.).
- Frecați suprafața cu o bucată de hârtie abrazivă.



Porțiunea dreaptă de 20 mm a furtunului

- Ștergeți apoi toate resturile cu o cârpă.
  - Dacă în acest fel nu va rezulta o suprafață de montare netedă, rotundă, traductorul trebuie să fie montat în altă parte.
- Dacă țeava este vopsită, îndepărtați întâi vopseaua (de preferat cu un

solvent).

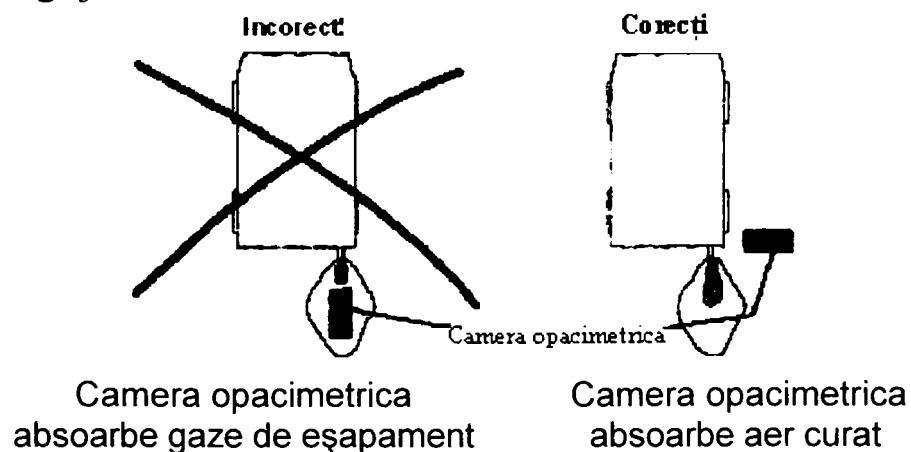
- Folosiți traductorul - clema corect pentru diametrul acesteia.
- Acum montăm traductorul pe țeava de injecție.
  - Planul includerii traductorului trebuie să se găsească în același plan cu următoarea îndoitură a conductei;
  - Nu răsuciți niciodată un traductor, după ce ați strâns clema;
  - Conectați cablul traductorului la traductor;
- Fixați clema de legare la pământ a cablului traductorului de piulița țevii de injecție la care este prins traductorul.
- ❖ Pentru a regla corect momentul injecției, montați traductorul clemă la ieșirea pompei de injecție.

### **Sonda prelevare fum :**

- Conectați furtunul sondei la admisia gazelor măsurare în camera opacimetrică.
- Fixați sonda la țeava de eșapament.
  - Sonda trebuie să fie introdusă cel puțin 30 cm în porțiunea finală a țevii de eșapament;
  - Axa longitudinală a sondei și a țevii de eșapament trebuie să fie, pe cât posibil, paralele.

### **Atenție mărită însă la următoarele:**

- Nu îndoiți furtunul sondei!
- În timpul calibrării camera opacimetrică absoarbe aer.
- De aceea este indicat să nu amplasați camera opacimetrică în calea gazelor eșapate, ci în unghi drept față de acestea.
- Sonda poate fi foarte fierbinte după o măsurare, de aceea se recomandă a fi manevrată cu grijă !



Realizarea măsurării oficiale se efectuează astfel :



- Din meniul principal se selectează DIESEL (fig. A);
- Și apoi MASURARE OFICIALA (fig. B);

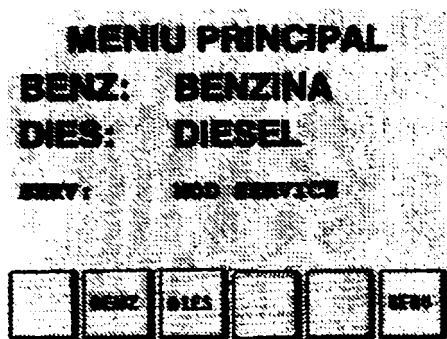


Fig. A

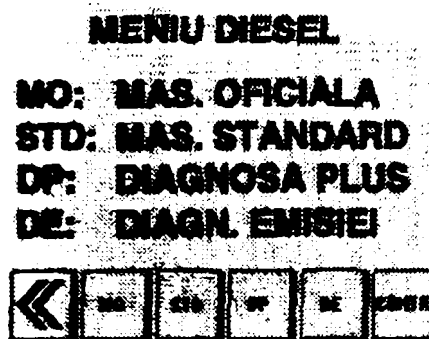
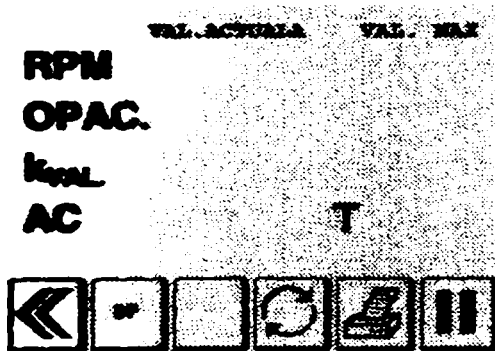


Fig. B

Realizarea măsurătorilor standard se efectuează astfel:

- Din meniul principal se selectează DIESEL (fig. A);
- Și apoi MĂSURARE STANDARD (fig. B);


Afișajul valorilor de măsurare :






Opacitatea și valoarea - k sunt afișate doar atunci când camera de măsurare a atins temperatura de funcționare cerută.

Următoarele taste de funcțiuni sunt disponibile în timpul măsurării standard:

**DP** - Apelează funcțiunile Diagnoza Plus.

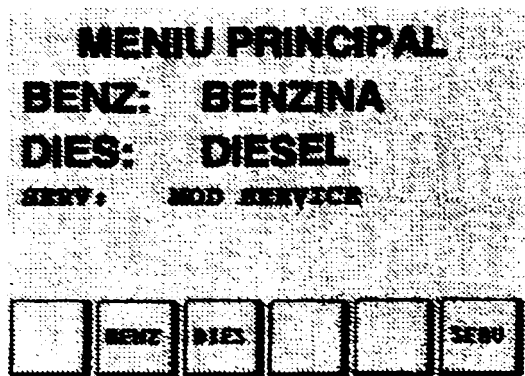
 - Permite selectarea senzorului de turație și unghi conectate.

 - Pornește editarea la imprimantă a valorilor de măsurare.

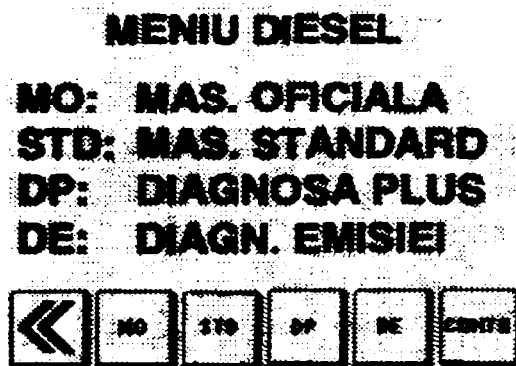
 - Valorile măsurărilor curente sunt oprite și repornite apoi apăsând: 

## Controlul măsurării

Selectați DIESEL în meniul principal.



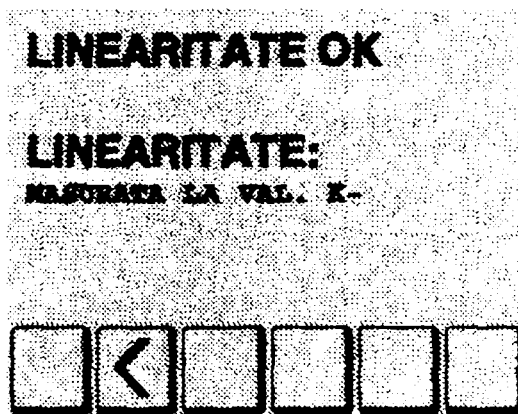
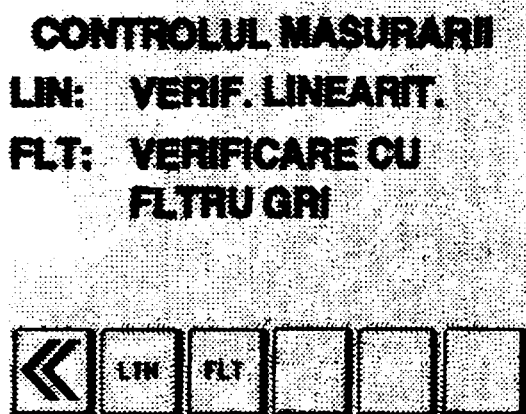
Și apoi CONTROLUL LINIARITĂȚII (CONTR).



Apoi va fi afișat pe display-ul aparatului meniul următor care permite reglarea și vizionarea parametrilor necesari:

### A. Testul de Liniaritate

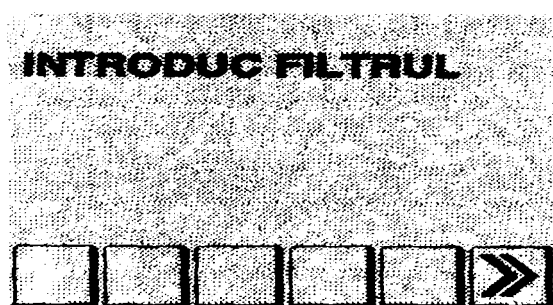
După aproximativ 15 secunde este afișată valoarea de liniaritate. ( Apăsați << pentru a vă întoarce la meniul diesel).




### B. Controlul Măsurării cu Filtru

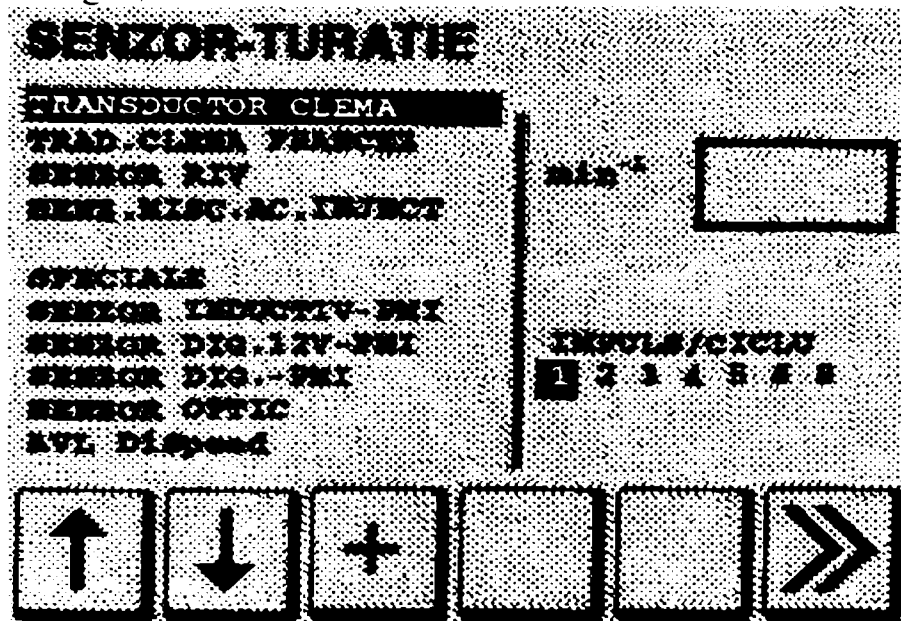
Montați filtrul gri în camera de măsurare a opacității și apăsați » .

Este afișată absorbția măsurată a filtrului gri utilizat.



## Măsurare Turație și Unghi.

Folosind tasta , puteți selecta senzorul de turație (și un al doilea senzor pentru măsurare unghi).




Pe stânga sunt afișați senzorii de turație (rpm).

- Folosiți  și  pentru a selecta un senzor.

Pe dreapta pot fi selectate reglaje suplimentare, folosind tasta + (de exemplu, numărul de impulsuri sau un reglaj special).



- O turație a motorului mai joasă de  $250 \text{ min}^{-1}$  se află în afara domeniului valabil - valoarea rpm va clipi
- Dacă apare o eroare în timpul măsurării turației, se va afișa,-----în locul turației (rpm).
- Dacă apare simbolul E la dreapta valorii măsurate, există de asemenea probleme cu măsurarea turației (rpm). S-ar putea ca valoarea afișată să fie nevalabilă.

### Senzori speciali de turație

Aici poate fi selectat conectorul (Borna) W. Apăsăți tasta  pentru a introduce direct valoarea raportului de transmisie.


### Senzor PMI și senzor optic

Când este selectat unul dintre acești senzori, puteți selecta numărul de impulsuri/rotație sau puteți introduce direct valoarea lor.


- Apoi apăsați tasta + de atâtea ori cât este necesar, până când se va afișa  ;
- Apăsăți tasta  pentru a apela editorul, apoi introduceți valoarea cerută (între 33.. ..255 impulsuri/rotație);

### PMI - senzor inductiv



La dreapta este afișat tipul senzorului folosit (real).

Apăsăți tasta  pentru a comuta între "nu există alimentare cu curent pentru senzor" și "alimentare cu curent a senzorului". Folosiți reglajul care asigură un semnal bun atât la turație joasă, cât și la turație înaltă.

## Măsurare Unghi

Apăsăți tasta  (dacă este disponibilă) pentru a selecta un al doilea senzor. (Un unghi poate fi măsurat întotdeauna cu ajutorul traductorului - clema și a stroboscopului).


În dreapta sunt afișate turația reală și valorile unghiului.

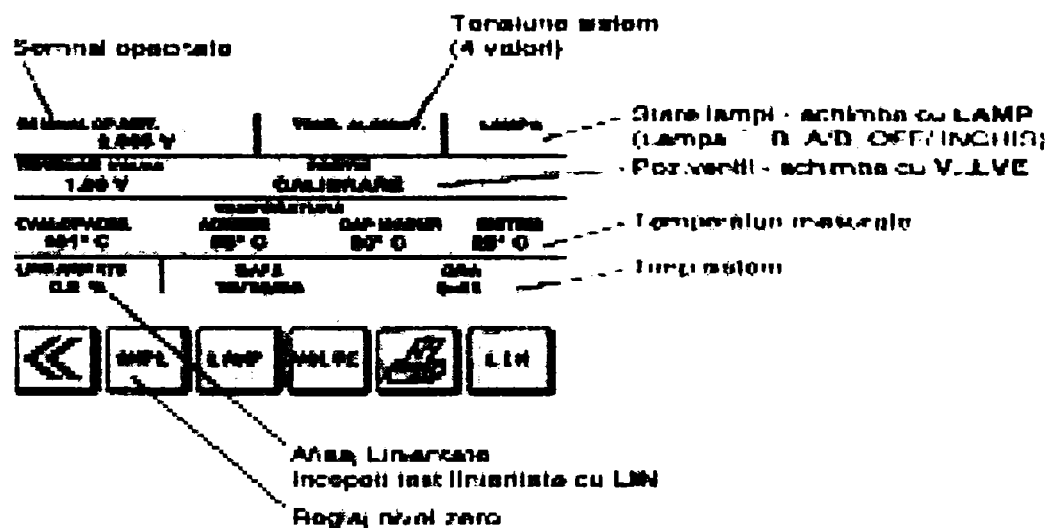
- Folosiți tasta  și  pentru a selecta un senzor.


Folosind tastele  și + puteți introduce abaterea FMI.

Abaterea (ofset-ul) PMI este diferența (în °CA) dintre punctul de referință și PMI-ul motorului (depinzând de fabricant).

Nu toți senzorii oferă posibilitatea de a schimba abaterea de la PMI.

- Apăsăți tasta  pentru a selecta cifra pe care doriți să o schimbați.
  - Folosiți tasta + pentru a modifica cifra selectată.
  - Pentru a schimba semnul, selectați-l și comutați între + și -.
- Apăsăți » pentru a reveni în regimul de diagnoză.



- Apăsăți  pentru a edita pe imprimanta valoarea afișată.
- Apăsăți » pentru a reveni în menul principal / de boxa

### **4.5.3. APARATUL DE MĂSURARE A GRADULUI DE POLUARE LA MOTOARELE CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE FLUX 5000**

#### **4.5.3.1. Generalități**

Stabilirea stării tehnice generale a motorului folosind ca parametru de diagnosticare densitatea substanțelor poluante din gazele de evacuare prezintă un aspect mai degrabă ecologic, deoarece chiar dacă emite gaze nocive motorul poate funcționa în condiții bune.

Determinarea concentrației unor noxe din gazele de evacuare, cum sunt oxidul de carbon sau hidrocarburile, are și menirea de a contribui la îmbunătățirea performanțelor de consum, știut fiind că consumurile specifice de combustibil sunt minime în jurul concentrațiilor minime ale acestor substanțe poluante.

Valorile limită ale parametrilor de diagnosticare folosiți sunt dictate nu de considerente tehnice sau economice, ci de norme internaționale care se ajustează periodic.

Gazele evacuate de motoarele cu combustie internă conțin cantități importante de oxid de carbon, hidrocarburi nearse sau oxidate parțial, oxizi de azot, fum și produși ai plumbului.

Pentru m.a.s. este specifică testarea după concentrația de oxid de carbon, noxele de plumb fiind limitate, de regulă prin restricții cu caracter internațional privind intensitatea aditivării benzinelor cu etil fluid.

#### **4.5.3.2. Aparatul de măsurare a poluării la M.A.S. FLUX 5000**

##### **4.5.3.2.1. Generalități**

FLUX 5000 este un aparat de diagnoză, modern și complet, pentru testarea gazelor de eșapament, care corespunde standardelor internaționale severe, ca de exemplu O.I.L.M. cl.1, BAR 90 și AA –II.

Domenii de măsură și toleranța mărimilor măsurate:

- CO : 0 - 9,999% vol. ; toleranța 0,0015
- CO<sub>2</sub> : 0 - 19,99% vol. ; toleranța 0,001%
- HC : 0 - 9999% vol. ; toleranța 1 ppm
- O<sub>2</sub> : 0 - 21% vol. ; toleranța 0,015
- RPM : 400 - 8000 rpm ; toleranța 1 rpm
- temperatură ulei: 45-125gr C ; toleranța 1°C

- lambda: 0,500 - 1500% ;toleranța 0,001% numai dacă există

#### **4.5.3.2.2. Caracteristici principale ale aparatului**

- măsurarea CO (oxid de carbon), CO<sub>2</sub> (bioxid de carbon) și HC prin infraroșu;

- măsurarea O<sub>2</sub> (oxigen) (NO și NO<sub>2</sub>, dacă există), prin traductori electrochimici încorporați (traductorii sunt convertori care dau posibilitatea măsurării electronice a reacției chimice și fizice).

- măsurarea NO<sub>x</sub> – dacă ambii traductori există, acest parametru se măsoară ca NO%+NO<sub>2</sub>%. Dacă există numai traductorul NO, parametrul se masoară ca, NO%x1,1. Aceste canale nu există la aparatele de serie și trebuie comandate suplimentar.

- măsurarea Lambda prin măsurarea gazelor de eșapament - acest parametru este necesar pentru verificarea catalizatorilor

- măsurarea turației (RPM) prin sondă inductivă, cu selecție 4 timpi sau 2 timpi;

- măsurarea temperaturii uleiului din motor cu sonda de temperatură

- măsurarea performanței catalizatorului, cu o reprezentare grafică corespunzătoare reducerii emisiilor toxice.

- imprimanta cu 24 coloane pentru tipărirea tuturor datelor măsurate. Buletinul de măsură rezultat poate fi personalizat și cu datele atelierului auto.

- ceas-calendar cu baterie auxiliară

- interfața serială RS 232 pentru conectarea aparatului cu alte aparate exterioare, pentru măsurarea și prelucrarea datelor.

- a doua interfață serială RS 232 pentru legarea aparatului cu un terminal portabil.

- interfață paralelă pentru legarea la imprimantA externă;

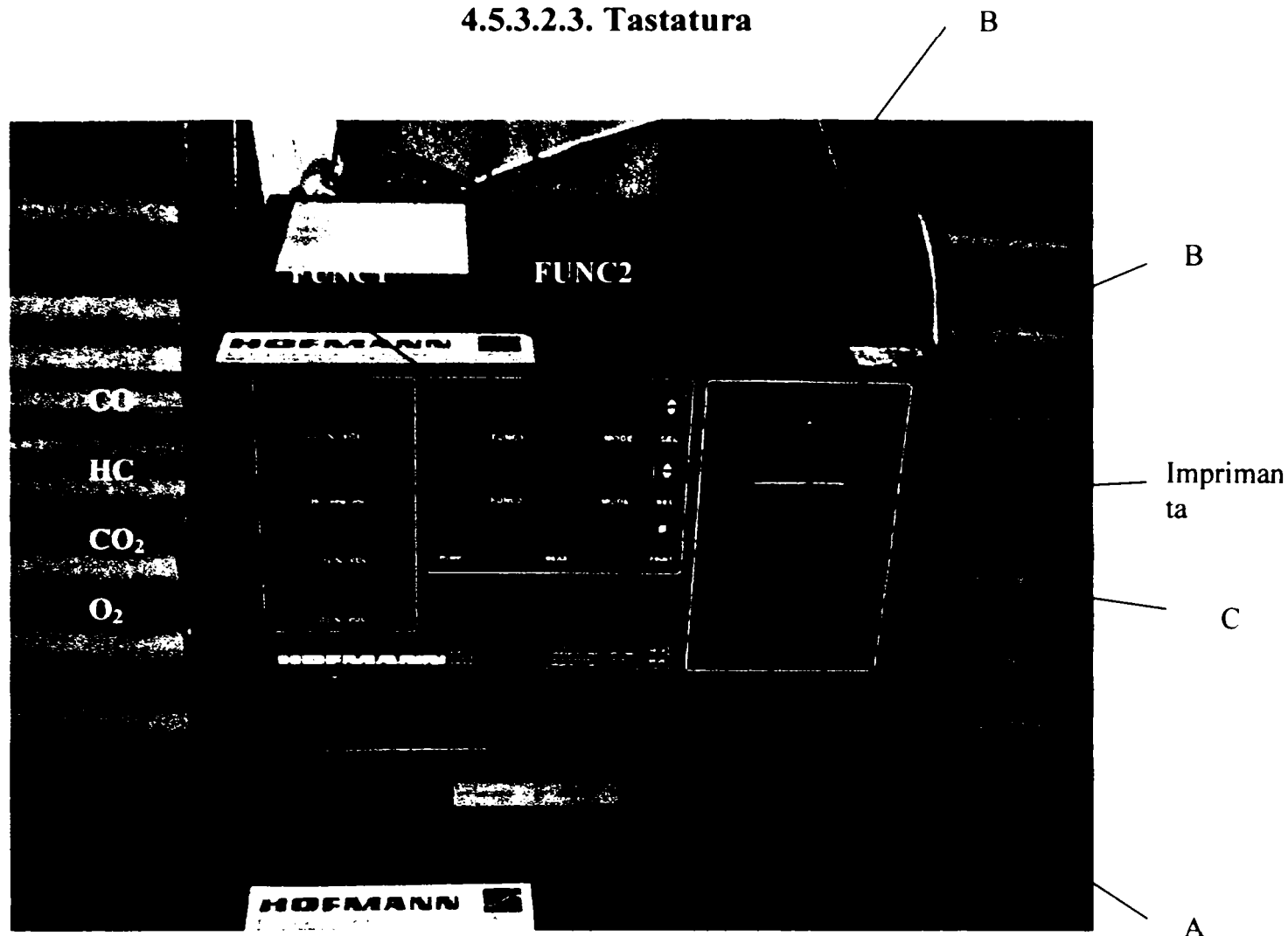
- sistem de filtrare a gazelor evacuate pentru drenarea automată a apei de condens. Apa se drenează continuu printr-o pompă separată.

- instalații de filtrare încorporate cu întreținere rapidă și ușoară

- display cu LED-uri



#### 4.5.3.2.3. Tastatura



Tastatura la FLUX 5000 constă din 4 taste, fiecare corespunzând unei funcții. În modul normal de lucru, după preîncălzirea aparatului, tastele primesc următoarele semnificații:

- A. tasta MEASURE** efectuează o verificare, în caz că la început nu are loc și o antereglare pe 0. Aparatul aspiră aer din mediul ambiant (timp de cca. 3 sec.), în timp ce pe display se afișează inscripția CAL. Dacă în timpul acestei faze se apasă din nou pe tasta MEASURE, se pune capăt autoreglării pe 0. La sfârșitul autoreglării pe 0, aparatul începe automat să absoarbă gaze de eșapament și să afișeze pe display valorile componentelor chimice ale gazului de eșapament. Pompa rămâne conectată, până când se apasă din nou pe această tastă. După 15 min. de funcționare se decuplează automat, pentru a proteja mecanismul de mersul în gol.

- B. tastele SEL** permit preselectia mărimilor de măsură, care se afișează pe display-ul FUNC corespunzător. Fiecare apăsare pe această tastă selectează parametrul următor, care urmează a fi afișat pe display-ul FUNC. În dreapta display-ului se află o inscripție, care identifică felul mărimii afișate la momentul respectiv.
- C. tasta PRINT**, în regimul de pompă cuplată, tipărește toate datele măsurate și/sau calculate. Această funcție de tipărire se activează prin apăsarea o dată pe această tastă (se așteaptă 2 sec.). Dacă tasta se ține apăsată cca.1 sec., are loc avansul benzii de hârtie (fără tipărire). Această funcție este de folos la schimbarea rolei de hirtie.
- **Atenție** : tasta PRINT nu lucrează când pompa e decuplată.

#### **4.5.3.2.4. Funcționare și mod de lucru**

##### **4.5.3.2.4.1 Introducere**

1. Se conectează cablul de la rețea, se pune în funcțiune aparatul și se așteaptă 10 minute; acesta este timpul de preîncălzire de care are nevoie aparatul pentru a fi gata de funcționare. În timpul acestei faze de încălzire, aparatul afișează pe display-urile CO și HC inscripția "WARM UP" (încălzire). Pe display-ul O<sub>2</sub> apare afișat timpul scurs de la pornire (în minute) și pe diplay-ul CO apare "WAIT".

În această fază, pe display-ul FUNC 2 este indicată valoarea P.E.F. a aparatului (factor de echivalență program).

2. La sfârșitul preîncălzirii, aparatul efectuează testul hidrocarburilor (HC) remanente. Dacă acest test este trecut, aparatul se află în regim STAND BY (gata de lucru).

3. Dacă se apasă tasta MEAS în regimul STAND BY, aparatul cere automat un test contra scurgerii de gaze, acest test servește la depistarea neetanșeităților de pe furtunul de măsură și aparatul de măsură. Neetanșeitățile ar altera măsurătoarea în mod inadmisibil. Dacă acest test a fost trecut, aparatul se întoarce în STAND BY și este acum pregătit să efectueze analiza de gaze.

##### **4.5.3.2.4.2 Efectuarea testului simplu**

1. Așezați sonda de gaze de eșapament în toba finală a autovehiculului și cuplați sonda de turatie la unul din cablurile bujiilor. Asigurați-vă că săgeata de pe sondă

arată în direcția bujiei; apoi introduceți sonda de temperatură a uleiului în țeava jojei de ulei.

2. Apăsăți pe tasta MEASURE, pentru a începe măsurarea. Aparatul începe cu auto-reglarea pe 0. Când se stinge mesajul CAL de pe display, aparatul începe cu măsurarea. Se alege, cu tastele SEL, parametrii ce trebuie afișați, depinzând de analiză.

3. Persoana care efectuează testul poate tipări datele cu ajutorul tastei PRINT, dar numai cu pompa în funcțiune.

4. La sfârșitul testării sau într-un moment arbitrar, utilizatorul poate decide întreruperea procedurii de aspirație, prin tasta MEAS. Dacă nu se procedează astfel, aparatul se oprește după 15 min.

5. Sistemul de aspirație poate fi ușor impurificat prin înfundarea sondei de măsură; în acest caz, display-urile afișează mesajul intermitent "Er 1".

#### **4.5.3.2.4.3 Testul standard**

1. După trecerea timpului de preîncălzire, aparatul se află, după efectuarea cu rezultat pozitiv a testului HC remanente, în regim STAND BY (linii pe display). Dacă se apasă pe tasta MEASURE (la care aparatul poate fi pentru prima dată în regimul STAND BY), FLUX 5000 pretinde efectuarea testului circuitului de aer, fără de care aparatul nu poate trece la pasul următor. Display-ul FUNC 1 indică mesajul L-ch (leak check). Se obturează sonda de gaze și se apasă pe tasta SEL. În timpul testului se ține închis accesul gazelor. La sfârșitul testului aparatul se întoarce la mesajul STAND BY. Aparatul este acum pregătit de analiză.

2. Introduceți sonda de măsură în toba de eșapament finală.

3. Apăsăți tasta MEASURE pentru a introduce auto-reglarea pe 0. La sfârșit, mesajul CAL dispare de pe display și aparatul aspiră prin sondă.

4. Puneți sonda de turație în legătură cu unul din cablurile bujiilor.

5. Introduceți sonda de temperatură în țeava jojei de ulei.

6. Prin apăsarea tastei SEL se afișează temperatura uleiului și se așteaptă până aceasta este de peste 60 °C.

7. După conectarea sondei la un cablu de bujie, asigurați-vă că valoarea turației coincide cu cea prevăzută de constructor. În caz contrar, se corectează.

8. După ce valorile componentelor gazului s-au stabilit, se tipăresc datele cu tasta PRINT.

9. Comparați datele cu cele recomandate de producătorul autovehiculului sau cu Autodata pentru:

-CO, -CO<sub>2</sub>, -HC, -O<sub>2</sub> și -LAMBDA

10. După eventuala reparație sau reglare a motorului, se efectuează o nouă măsurare a gazelor de evacuare.

## **4.5.4. APARATUL DE MĂSURARE A GRADULUI DE POLUARE LA MOTOARELE CU APRINDERE PRIN COMPRIMARE**

### **OPAX 2000**

#### **4.5.4.1. Generalități**

Stabilirea stării tehnice generale a motorului folosind ca parametru de diagnosticare densitatea substanțelor poluante din gazele de evacuare prezintă un aspect mai degrabă ecologic, deoarece chiar dacă emite gaze nocive motorul poate funcționa în condiții bune.

Determinarea concentrației unor noxe din gazele de evacuare, cum sunt oxidul de carbon sau hidrocarburile, are și menirea de a contribui la îmbunătățirea performanțelor de consum, știut fiind că consumurile specifice de combustibil sunt minime în jurul concentrațiilor minime ale acestor substanțe poluante.

Valorile limită ale parametrilor de diagnosticare folosiți sunt dictate nu de considerente tehnice sau economice, ci de norme internaționale care se ajustează periodic.

Gazele evacuate de motoarele cu combustie internă conțin cantități importante de oxid de carbon, hidrocarburi nearchive sau oxidate parțial, oxizi de azot, fum și produși ai plumbului.

Pentru m.a.c. importantă este măsurarea gradului de fum, a concentrațiilor de oxid de azot și de hidrocarburi.

#### **4.5.4.2. Aparatul de măsurare a poluării la m.a.c. OPAX 2000**

##### **4.5.4.2.1. Generalități**

Opax 2000 este un opacimetru utilizabil pentru măsurarea emisiei de fum a unui motor Diesel. Acest instrument este conceput în conformitate cu directiva ISO

3173, cu standardul CUNA C005/11 și cu directiva CEE72/306 (legislația în vigoare).

#### **4.5.4.2.2. Caracteristici principale ale aparatului**

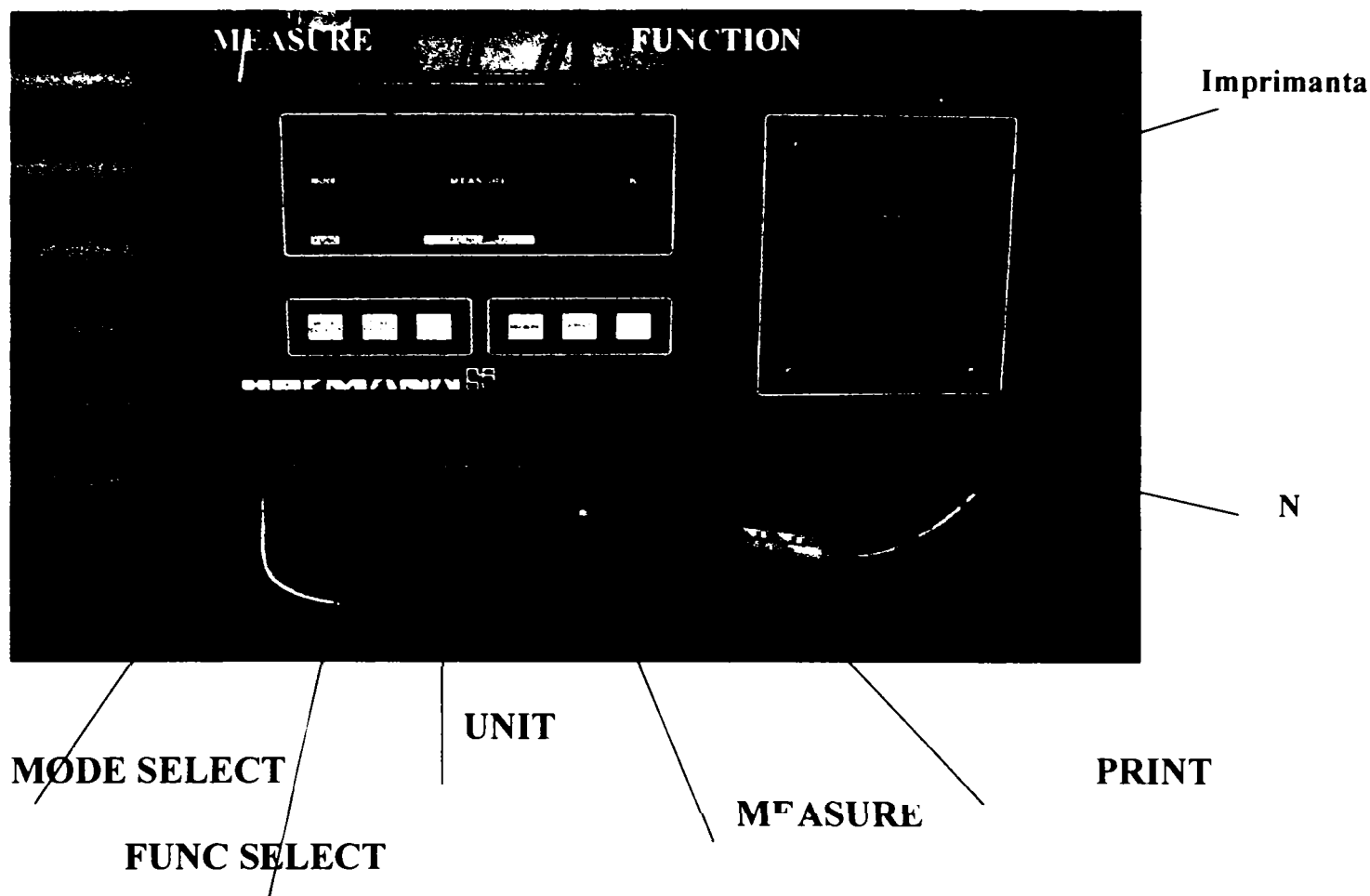
- opacitatea (măsurarea parametrilor fumului) bazată pe absorbția spectrului luminos vizibil al unui gaz de emisie, atunci când este detectat de fotocelulă;
- răspunsul spectral corectat pentru a fi similar răspunsului fotic al ochiului uman, după cum se recomandă de către standardul ISO;
- reglarea camerei de fum, la o temperatură cunoscută, pentru a asigura o prelevare normală a fumului;
- posibilitatea de testare automată multi-repetiție pentru a intra în concordanță cu legislația menționată mai sus, prin calcularea valorilor medii;
- posibilitate de măsurare a accelerației libere a fumului (FAS);
- sistem de prelevare parțială a fumului pentru a asigura cele mai bune rezultate și independența de fluctuațiile parametrilor mediului ambiant;
- imprimanta cu 24 coloane încorporată în aparat, în scopul tipăririi tuturor datelor importante în conformitate cu metoda de testare;
- aparat compact și portabil;
- afișaje LED mari, luminoase pentru a asigura vizibilitate bună;
- tastatura funcțională cu membrane de plastic și LED-uri indicatoare pentru ușurarea utilizării și protecția contra prafului și uleiului;
- alimentare electrică selectabilă 110/220/240 V AC sau 12 V DC;
- măsurarea turației (RPM) prin sonda inductivă, cu selecție 4 timpi sau 2 timpi.
- măsurarea temperaturii uleiului cu sonda de temperatură.
- imprimantă cu 24 coloane pentru tipărirea tuturor datelor măsurate. Tipăritul rezultatelor poate fi personalizat și cu datele atelierului auto.
- ceas-calendar cu baterie auxiliară.
- interfață serială RS 232 pentru conectarea aparatului cu altele exterioare, pentru măsurarea și prelucrarea datelor.

#### **4.5.4.2.3. Tastatura**

Tastatura la Opax 2000 constă din 6 taste, fiecare corespunzând unei funcții în modul de lucru.

Tasta **MODE SELECT** permite alegerea parametrului indicat pe afișajul MEASURE. Atunci când aparatul se află în regim de așteptare (EEC/CUn pe afișajul MEASURE) legislația poate fi selectată pe afișajul MEASURE. Când aparatul se află în regim operațional, după apăsarea tastei MEASURE, măsurătorile

opacității (A-medie, C-continuu și P-maxim) sunt indicate apăsând succesiv tasta MODE SELECT.



Tasta **FUNC SELECT** permite selecția valorii indicate pe afișajul **FUNCTION**. Parametrii (t - temperatura, p - presiune, r - turație, u - tensiune) sunt afișați apăsând succesiv tasta **FUNC SELECT**.

Tasta **UNIT** permite selecția unității de măsură între K (scala de la 0 la 9,99) sau % (scala de la 0 la 99,9). Alegerea făcută de utilizator este afișată fie prin aprinderea LED-ului K, fie prin aprinderea LED-ului %.

Tasta **MEASURE** pornește orice măsurătoare a opacității cu aparatul OPAX 2000-11.

De fiecare dată când este necesară o măsurătoare apăsarea acestei taste în regimul de așteptare (CUn/EEC pe afișajul **MEASURE**) realizează intrarea aparatului în regimul său operațional, solicitând utilizatorului prima accelerație (pe afișajul **MEASURE** apare un "-I-"). Această tastă acționează ca un întrerupător pornit/oprit, făcând ca aparatul să treacă de la regimul operațional la unul neoperațional. De fiecare dată când este apăsată această tasta se inițializează o fază de autoreglare pe 0 (mesajul "rEF" pe afișajul **MEASURE**) prin aspirația de aer proaspăt în camera de fum. Autoreglarea pe 0 poate fi făcută chiar și cu sonda de



gaze în țeava de eșapament, atunci când aerul este prelevat de electrosupapa internă. Apăsarea acestei taste în regim operațional oprește orice testare în curs și revine la regimul de așteptare. Apăsând - tasta MEASURE - timp de 2 sec. în cursul regimului operațional, aparatul realizează accelerația următoare.

**NOTĂ:** Utilizați această funcție atunci când fumul are nivel scăzut de opacitate și aparatul nu trece de unul singur la accelerația următoare după fiecare eliberare a clapetei de accelerație.

Tasta **PRINT** produce tipărirea datelor înregistrate în timpul testării și poate fi folosită de câteva ori pentru a obține mai multe tipăriri înaintea efectuării următoarei autoreglări pe 0 (rEF) utilizând tasta MEASURE.

Dacă utilizatorul apasă tasta PRINT în regimul continuu de măsurare a opacității, indiferent de accelerația momentană, aparatul tipărește următoarele date :

- a) valoarea opacității în K;
- b) valoarea opacității în % ;
- c) presiunea diferențială în camera de fum;
- d) temperatura regularizată din camera de fum (°C).

Tasta **UNIT** este folosită (atunci când se afișează opacitatea) pentru selecția unității de măsură convenabile, K sau %; LED-ul K se aprinde atunci când pe afișaj s-a selectat unitatea de măsură K, asemănător pentru unitatea de măsură %.

Tasta **N** se folosește pentru a regla data și ora.

#### 4.5.4.2.4 Afișajele (display-uri)

Panoul frontal al lui OPAX 2000 conține 5 afișaje :

Afișajul **MEASURE** (% - K). Imediat după punerea în funcțiune pe acest display apare:

- EEC - în caz de testare după directiva CEE 72/306;
- CUn - în caz de testare după standardul CUNA NC 005/11;

Apoi în faza de măsură valorile opacității sunt prezentate pe acest afișaj cu trei cifre în unități K (l/m) de la 0.00 până la 9.99 sau în procente de la 00.0% până la 99.9%. Afișajul poate de asemenea indica opacitatea medie, instantanee sau de vîrf a FAS conform cu necesitățile utilizatorului. Acest afișaj este folosit de asemenea pentru avertizarea utilizatorului în legătură cu apariția diverselor condiții de lucru: de fiecare dată când aparatul efectuează o autoreglare pe 0, se afișează un mesaj "rEF" pe timp de maxim 10 secunde; se afișează de asemenea un mesaj de eroare "Exx" unde "xx" este codul de eroare.

Afișajul **MODE**:

Acest afișaj cu o cifră este utilizat pentru precizarea semnificației afișajului: MEASURE. Imediat după punerea în funcțiune, pe afișaj apare un "L"; apoi sunt

afișate alte caractere prin apăsarea tastelor panoului frontal, după cum urmează:

A valoarea medie calculate a accelerațiilor anterioare conform cu legislația sau nr.de ordine a accelerației următoare

C opacitatea în regim continuu

P valoarea maximă a opacității

Afișajul **FUNCTION**:

Acest afișaj indică parametri relativi, ca:

- temperatura camerei de fum - t;
- presiunea diferențială în camera de fum - p (cm H<sub>2</sub>O);
- turatia motorului - r;
- tensiunea canalului fotocelulă - u (mV).

Utilizatorul poate selecta parametrul dorit apăsând tasta FUNC SELECT.

Afișajul **N** :

Este utilizat în timpul testului și menține numărul succesiv al accelerației următoare, pornind de la 1 la 10, pentru un maxim de 10 accelerări în cazul directivei EEC sau maxim 5 în cazul standardului CUNA.

#### **4.5.4.3. Modul de lucru**

Conectați aparatul la sursa corespunzătoare de tensiune, 220 V AC sau 12 V DC dacă verificarea se face în trafic.

Puneți comutatorul pornit/oprit de pe panoul posterior pe poziția pornit (ON). Opacimetrul va porni și își va inițializa autocontrolul indicând cifra "8" pe toate pozițiile afișajelor, producând aprinderea tuturor LED-urilor pentru un scurt timp și tipărind un "preambul". La sfârșit afișajul MEASURE va arăta legislația aleasă și afișajul FUNCTION va indica temperatura momentană a camerei de fum. La sfârșitul timpului de încălzire aparatul este pregătit de lucru.

##### **4.5.4.3.1 Utilizarea aparatului**

Verificați ca afișajul MEASURE indică "CUn" sau "Ron".

- porniți motorul care trebuie să fie deja în temperatura de lucru. Apăsați pedala de accelerație până când motorul atinge turația de reglaj și apoi reduceți turația în regim de mers în gol. Repetați aceasta de câteva ori în scopul de a curăța țeava de evacuare de particule de praf și funingine.
- introduceți sonda în țeava de eșapament utilizând adaptorul furnizat. Asigurați fixarea ei corespunzătoare la țeava de eșapament.
- apăsați acum tasta MEASURE.

- Afișajul MODE indică "A";
- Afișajul MEASURE indică intermitent "-I-";
- Afișajul N indică "I".

Cu afișajul MEASURE indicând "-I-", utilizatorul poate lua loc în autovehicul și începe accelerările cerute de testare. La fiecare accelerare, utilizatorul trebuie să apese puternic pedala până la poziția de maxim și odată atinsă turația de reglare să o mențină timp de aprox. 2 sec., eliberând apoi pedala. În acel moment OPAX 2000 intercalează o întârziere de 5-6 sec. la sfârșitul căreia solicită utilizatorului o nouă accelerare; afișajul luminos MEASURE indică faptul că este necesară următoarea accelerare.

În timpul regimului operațional, menținând tasta MEASURE apasată timp de 2 sec., aparatul realizează următoarea accelerare. Utilizați această funcție atunci când fumul are nivel redus de opacitate și aparatul nu trece la următoare accelerare după fiecare eliberare a clapetei de accelerație.

Repețați de 6 până la 10 ori procedura de accelerare și revenire la turația de mers în gol. Imediat ce aparatul indică o valoare medie a opacității ("A" pe afișajul MODE) testarea poate fi terminată. E posibil să nu fie indicată nici o valoare medie pentru primele 5 accelerări (această valoare trebuie calculată utilizând cel puțin 4 citiri peste numărul de 6 accelerări, care este numărul minim). Afișajul MEASURE indică liniuțe de-a lungul numărului ce semnifică accelerația ce urmează; dacă la sfârșitul celei de a șasea accelerări există o medie VALABILĂ, se indică valoarea acesteia. În acest moment testul poate fi considerat terminat. La sfârșitul testării sau în orice moment dintre accelerări, dacă se indică o medie disponibilă, utilizatorul poate tipări rezultatele folosind tasta PRINT a aparatului. OPAX 2000 va începe tipărirea datelor, indicând "Prt" pe afișajul MEASURE.

Procedura de tipărire necesită câteva secunde. La 10 minute aparatul va comuta automat pe regimul de așteptare (liniuțe pe toate afișajele).

#### **4.5.4.3.2. Alte măsurători**

După cum s-a descris mai sus pe afișajul FUNCTION sunt disponibili și alți parametrii, indiferent de regimul de lucru al aparatului, după cum urmează:

- "t" temperatura camerei de fum;
- "p" presiunea diferențială în camera de fum;
- "r" turația motorului;
- "u" tensiunea fotocelulei.

Pentru selectarea parametrului necesar apăsați tasta FUNC SELECT.

Dacă utilizatorul a intrat în regimul operativ de lucru al aparatului (după o apăsare pe tasta MEASURE și o autoreglare pe 0 "rEF") sunt disponibile alte măsurători ale opacității, utilizând afișajul MEASURE pentru a indica valoarea și utilizând tasta MODE SELECT asociată cu afișajul MODE pentru a defini semnificația măsurătorii după cum urmează:

- "C" opacitatea în regim continuu;
- "P" valoare maximă a opacității.

## **4.6. STANDURI DINAMICE CU ROLE PENTRU ÎNCERCAREA MOTOARELOR CU ARDERE INTERNĂ PENTRU MĂSURAREA NOXELOR**

### **4.6.1. Caracteristici**

Principalele părți ale standului de încercare a frânelor sunt:

- panoul indicator – afișează valorile măsurate și rezultatele calculelor
- telecomanda – reprezintă o parte a sistemului de comandă la distanță, prin care se dau comenzile de lucru ale standului
- setul de role – antrenează roțile unui vehicul, pentru măsurarea forței de frânare. La standurile de încercare având ultimele două cifre ale numărului modelului „33”, prin setul de role se măsoară și greutatea pe axă
- cutia cu relee – unele standuri de încercare a frânelor au propriile relee pentru motoarele electrice de antrenare, dispuse într-o carcasă amplasată în apropierea setului de role. Acest lucru se aplică la standurile având primele două cifre ale numărului modelului „12”, „14” și „16”.

În afară de aceste componente standard ale standurilor de încercare la frânare, pot fi prezente și anumite accesorii. Accesoriile opționale cele mai importante și funcțiile acestora sunt:

- imprimanta (printerul) – pentru imprimarea rezultatelor încercării în text, grafice și tabele
- afișaj alfanumeric extins – afișaj cu până la 16 poziții de caractere (prezent ca echipament standard pe standurile de încercare a frânelor având ultimele două cifre ale numărului de model „33”). Permite un al treilea mod de utilizare, modul cu programare. Permite utilizarea unei tastaturi de comandă.
- Tastatura – pentru introducerea datelor de identificare a clientului, spre a fi incluse în imprimare. Necesită un afișaj cu două linii.
- Traductorul de măsurare a forței la pedala de frână – măsoară forța aplicată asupra pedalei de frână în timpul încercării frânelor

- Traductorul de presiune pneumatică – pot fi utilizate până la 10 traductoare concomitent la măsurarea presiunii din instalațiile de frânare ale autocamioanelor
- Traductorul de presiune hidraulică – pentru măsurarea presiunii hidraulice în sistemele de frânare în timpul forței de frânare
- Simulatorul frânei inerțiale – pentru simularea forței de împingere pentru acționarea frânelor mecanice ale remorcii
- Simulatorul sarcinii pe axă – pentru aplicarea unei încărcări suplimentare a axei. Acest lucru, permite măsurarea unei forțe de frânare mai mari înainte de începerea patinării roților pe rolele de antrenare.
- Dispozitiv de blocare rotelor – menține rolele blocate atunci când nu sunt antrenate de motorul electric. Împiedică rotirea rotelor atunci când peste acestea trece o axă motoare
- O a doua viteză de rotație a rotelor – aceasta este aplicabilă la standurile de încercare a frânelor având primele 2 cifre ale numărului modelului „12”, „14” și „16”
- Rotirea în sens invers a rotelor – pentru încercarea vehiculelor cu 4 roți motoare, fără diferențial între axe
- Două sensuri de măsurare – pentru încercarea vehiculelor ce intră pe role din două sensuri de conducere opuse
- Măsurarea forței de frânare la mers înapoi – pentru măsurarea forței de frânare atât la mersul înainte, cât și la mersul înapoi

Următorul echipament poate fi conectat la standul de încercare a frânelor și poate funcționa împreună cu acesta ca un sistem integrat.

- sistemul de verificare a convergenței – pentru a verifica rapid convergența unui vehicul
- instalația de verificare a suspensiei – pentru a verifica dacă suspensia roții se află în stare de funcționare normală
- calculator personal – pentru a stoca datele și a efectua calcule suplimentare și a trasa grafice

Standul de încercare a frânelor poate fi de asemenea integrat într-o linie de verificare complet automatizată.

#### **4.6.2. Scheme pentru standuri dinamice cu role**

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

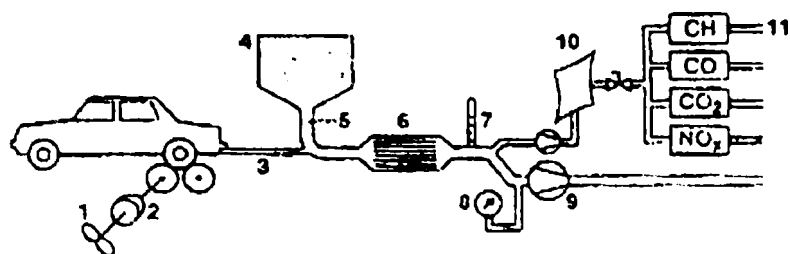


Fig. 4.17. Schema pentru testul ECE/EC – Europa:[49]

1 – dinamometru; 2 – mase inertiabile; 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

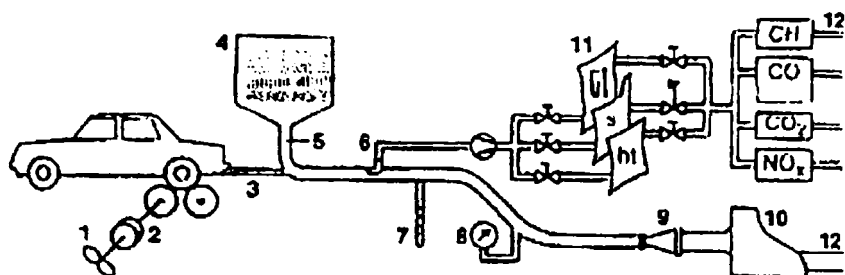


Fig. 4.18. Schema pentru testul FTP – S.U.A. [49]

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

Figura 4.17 prezintă schema standului dinamic cu role utilizat în Europa, iar figura 4.18 a celui utilizat în S.U.A..



## CAPITOLUL 5

# EVALUAREA NOXELOR PENTRU MOTOARELE CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE DE TRACȚIUNE RUTIERĂ ȘI INTERPRETĂRI INCLUSIV COMPARATIVE A REZULTATELOR CERCETĂRILOR

### 5.1. Considerații generale

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 particule solide care, dacă ajung la concentrații prea mari, modifică condițiile de viață.

Dioxidul de carbon este un produs natural al arderii tuturor combustibililor ce au în structura lor carbon, se înregistrează propuneri de limitare a lui. 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 CO<sub>2</sub> 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 imisiunilor datorate motoarelor cu ardere internă.

Conținutul de dioxid de carbon se deduce după expresia:

$$\text{CO}_2 := \frac{100}{0.329 \text{ L} \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot \lambda + 1}$$

Coeficientul excesului de aer  $\lambda$ , pentru motoarele moderne cu aprindere prin scântee, cu gestiune electrică a formării amestecului, sondă  $\lambda$  și catalizator cu trei căi, după normele românești este egal cu  $1 \pm 0,03$ .

Aerul stoichiometric necesar arderii unui kilogram de combustibil, L măsurat în kg aer/kg combustibil, după ecuațiile arderii și compoziția combustibilului la ardere completă ( $\lambda \geq 1$ ) avem:

$$L := \left(\frac{1}{0.21}\right) \cdot \left[\left(\frac{8}{3}\right) \cdot c + 8 \cdot h - o + s\right]$$

În cazul în care conținutul de oxigen din gazele arse nu poate fi măsurat paramagnetic, el se determină din relația:

$$O_2 := \left[ \frac{0.21 \cdot (\lambda - 1) \cdot L + o}{L_r + 1} \right] \cdot 100$$

În cazul arderii incomplete cantitatea reală de aer introdusă în motor la arderea unui kilogram de combustibil este:

$$L_r := \lambda \cdot L$$

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, dioxidul de carbon poate fi evaluat analitic cu relația:

$$CO_2 := \frac{100}{0.416L \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) - 3 \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot \left(1 + \frac{c}{h}\right)}$$

Pentru gazul metan prezent în gazele arse, în vederea unei precizii sporite, se recomandă relația:

$$CH_4 := 0.211 + 0.0174 \cdot CC$$

Monoxidul de carbon se deduce cu formula:

$$CO := \frac{2897 - 12.01 \cdot L \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot (CO_2 + 0.21) \cdot \lambda}{12.313 \cdot L \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot \lambda}$$

Cu o precizie medie se evaluează azotul:

$$N_2 := 0.329 \cdot L \cdot CO_2 \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot \lambda$$

Hidrogenul poate fi calculat cu o precizie bună:

$$H_2 := 0.0853 + 0.778 \cdot CO + 0.0869 \cdot CO^2 - 0.0076 \cdot CO^3 + 0.0003 \cdot CO^4$$

Hidrocarbura  $C_6H_{14}$  din gazele de evacuare, cu o precizie bună, se calculează ca participare volumică în procente după relația:

$$C_6H_{14} = 100 - CO_2 - CO - O_2 - H_2 - N_2$$

Cu o precizie medie se deduc expresiile de calcul pentru oxizii de azot și hidrocarburi de ansamblu în forma:

$$NO := 5.75 \cdot M_K \cdot \frac{\left[ CO_2 + 2 \cdot O_2 - H_2 + \left[ \left( 6 \cdot \frac{h}{c} \right) + 1 \right] \cdot (CO_2 + CO) \right]}{2.38 \cdot M_L \cdot \left( 1 + \frac{h}{c} \right) - 5.75 \cdot M_K}$$

și hidrocarburile totale prezente în gazele de evacuare:

$$|HC| = 0,396 \cdot \left[ (2 \cdot |CO_2| + |CO| + |H_2O| + 2 \cdot |O_2|) + 12 \cdot \lambda \cdot L \cdot M_K \cdot (|CO_2| + |CO|) \right] \cdot \frac{2,38 \cdot M_l \cdot \left( 1 + \frac{h}{c} \right) - 5,75 \cdot M_K}{\lambda \cdot L \cdot M_K} + \frac{5,75 \cdot M_K \cdot \left[ |CO_2| + 2 \cdot |O_2| - |H_2| + \left( \frac{6h}{c} + 1 \right) \cdot (|CO_2| + |CO|) \right]}{\lambda \cdot L \cdot M_K}$$

unde:  $M_l$  este masa molară a aerului în kg/kmol

$M_K$  – masa molară a combustibilului în kg/kmol

$$H_{2O} := \left( \frac{\rho_{H_2} \cdot H_2}{2 \cdot \rho_{H_2O}} \right) + \left( \frac{\rho_{O_2} \cdot O_2}{16 \cdot \rho_{H_2O}} \right)$$

$\rho_{H_2} = 0,09 \text{ kg/m}^3$  la  $0^\circ\text{C}$  și  $1013 \text{ mbar}$ ,  $\rho_{O_2} = 1,43 \text{ kg/m}^3$  la  $0^\circ\text{C}$  și  $\rho_{H_2O} = 0,2805 \text{ kg/m}^3$  la  $500^\circ\text{C}$  și  $1 \text{ bar}$ , respectiv  $\rho_{H_2O} = 0,379 \text{ kg/m}^3$  la  $300^\circ\text{C}$  și  $1 \text{ bar}$ . Dacă interesează densitățile la alte presiuni și temperaturi se aplică formula:

$$\rho := \rho_0 \cdot \left( \frac{p}{p_0} \right) \cdot \left( \frac{T_0}{T} \right)$$

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  $\lambda$  să fie corectă (pentru vehiculele din producția actuală) pe baza încercărilor și corectărilor vehiculelor aflate în producție, conform StVZO se folosește relația lui BRANSTETER.

Relația lui BRANSTETER:

$$\lambda = A_1 \cdot A_2 \quad , \text{ unde:}$$

$$A_1 = \frac{21}{21 + 50 \cdot \mu \cdot x \cdot \frac{[CO][CO_2]}{K + [CO][CO_2]}}$$

$$A_2 = \frac{[CO_2] + \frac{[CO]}{2} + [O_2] + \frac{[NO]}{2} + \left( \frac{H_{cv}}{4} \cdot \frac{K}{K + [CO][CO_2]} - \frac{O_{cv}}{2} \right) \cdot ([CO_2] + [CO]) - \frac{H_{cv}}{2} \cdot (...)}{\left( 1 + \frac{H_{cv}}{4} - \frac{O_{cv}}{2} \right) \cdot ([CO_2] + [CO] + K_1 \cdot [HC])}$$

unde:

$x$  = umiditatea aerului în kg vapori apă/kg aer care este o fracție cu o valoare mică

$A_1 = 1$  este impus (ales)

$W_{cv}$  = raportul apă/carbon = 0

$O_{cv}$  = raport atomic oxigen/carbon = 0,0175

$H_{cv}$  = raport atomic hydrogen/carbon = 1,7261

$K$  = constantă de echilibru a gazului = 3,5

$K_1$  = factor de transformare indicat de producător

$NO/2$  = oxid de azot = 0 ppm/2 = 0

Calculul simplificat al valorii  $\lambda$  este:

$$\lambda = \frac{[CO_2] + \frac{[CO]}{2} + [O_2] + \left( \frac{1,7261}{4} \cdot \frac{3,5}{3,5 + \frac{[CO]}{[CO_2]} - 0,0088} \right) \cdot ([CO_2] + [CO])}{\left( 1 + \frac{1,7261}{4} - 0,0088 \right) \cdot ([CO_2] + [CO] + K_1 \cdot [HC])}$$

Parantezele pătrate reprezintă concentrația volumică a componentelor din fazele de evacuare în %.

De remarcat că la modificarea compoziției combustibilului constantele corespunzătoare se ajustează. Valorile utilizate în formulă trebuie să se poată verifica. Pentru aceasta e necesar ca valorile (de măsură) utilizate în calculul lui  $\lambda$  ( $CO_2$ ,  $CO$ ,  $HC$  și  $O_2$ ) și constantele să poată fi verificate la nevoie pentru valoarea  $\lambda$  situată în limita marjei de toleranță față de valoarea impusă prin normele tehnice.

## 5.2. Evoluția noxelor în funcție de coeficientul excesului de aer

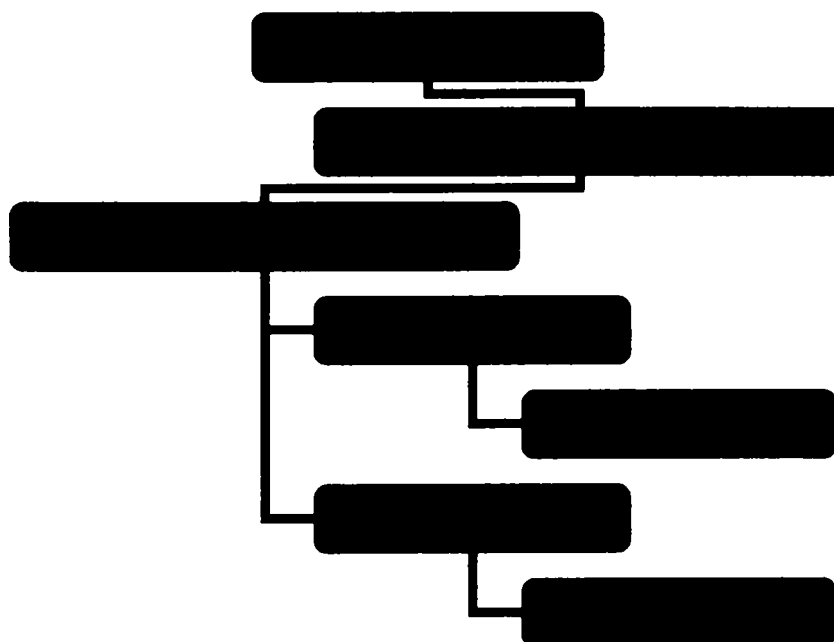


Fig. 5.1 Organigrama încercărilor

Măsurătorile s-au efectuat la Regia de Drumuri și Poduri Constanța și s-au făcut pe 5 autovehicule cu motoare cu aprindere prin scântee și anume: Cielo, Dacia 1310, Opel Astra, Renault 19 și Tico.

Mărimile măsurate au fost obținute pe baza fișei de evidență pentru fiecare autovehicul în parte. O fișă de evidență conține următoarele caracteristici:

- Autoturismele au fost conduse de același șofer
- Caracteristici drum: șes
- anotimp: vară, toamnă, iarnă, primăvară
- combustibili utilizați: benzina
- tipul combustibilului: premium
- kilometri parcurși lunar: aproximativ 6000 km
- consum combustibil: la 100 km 8,8 l
- valori medii în kilometri: 250 km/zi
- lubrifianti: - motor: 15W40  
- transmisie: T90

Pentru fiecare autovehicul a fost întocmită fișa activității zilnice pe fiecare lună în parte. Un exemplu al fișei activității zilnice este prezentat pentru autoturismul Dacia 1310 în anexa 1.

Încercările experimentale au fost efectuate pe standuri cum ar fi cele prezentate în figurile de mai jos:



Fig. 5.2. Analizor de gaze

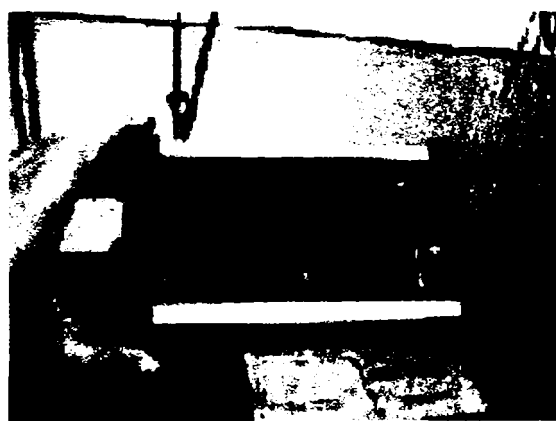


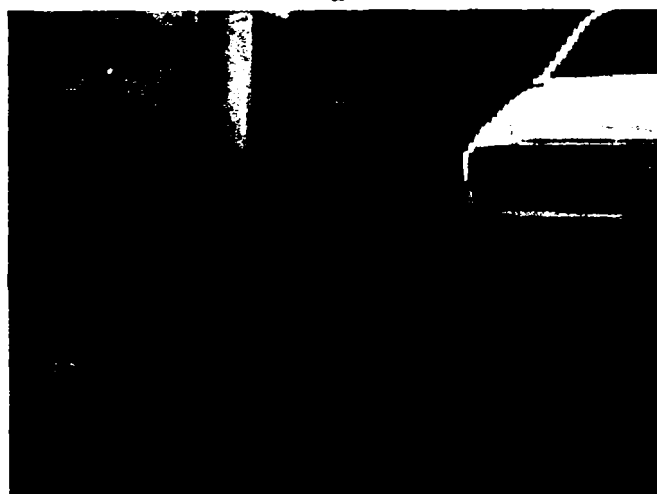
Fig. 5.3. Traductorul de turație



Fig. 5.4. Stand pentru măsurarea noxelor



a



b

Fig. 5.5 Măsurarea experimentală a noxelor pentru autoturismul Dacia 1310



Graficele CO, CO<sub>2</sub>, HC și O<sub>2</sub> în funcție de coeficientul excesului de aer pentru toate cele 5 autovehicule sunt prezentate după cum urmează:

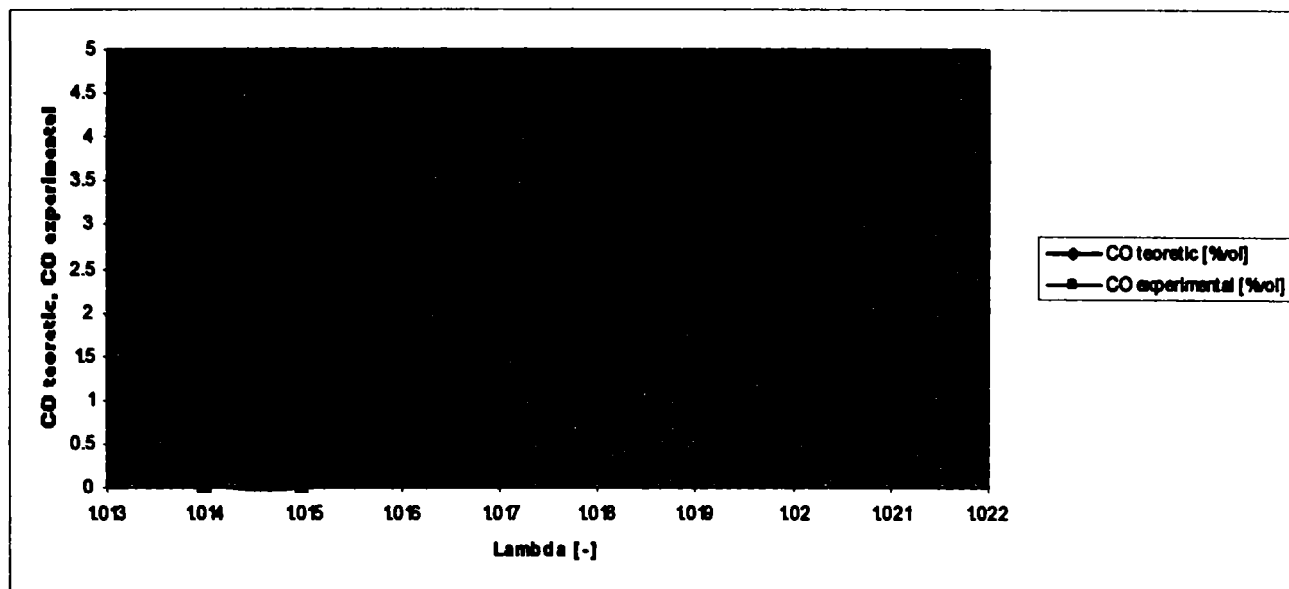


Fig. 5.6 Evoluția monoxidului de carbon calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Cielo

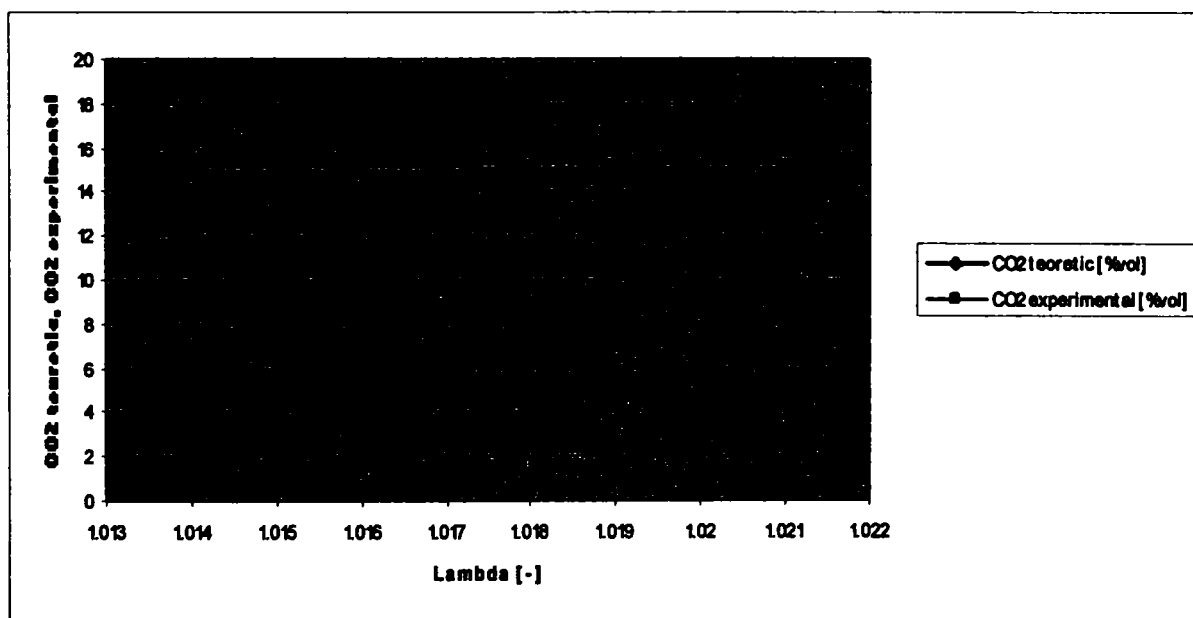


Fig. 5.7 Evoluția bioxidului de carbon calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Cielo

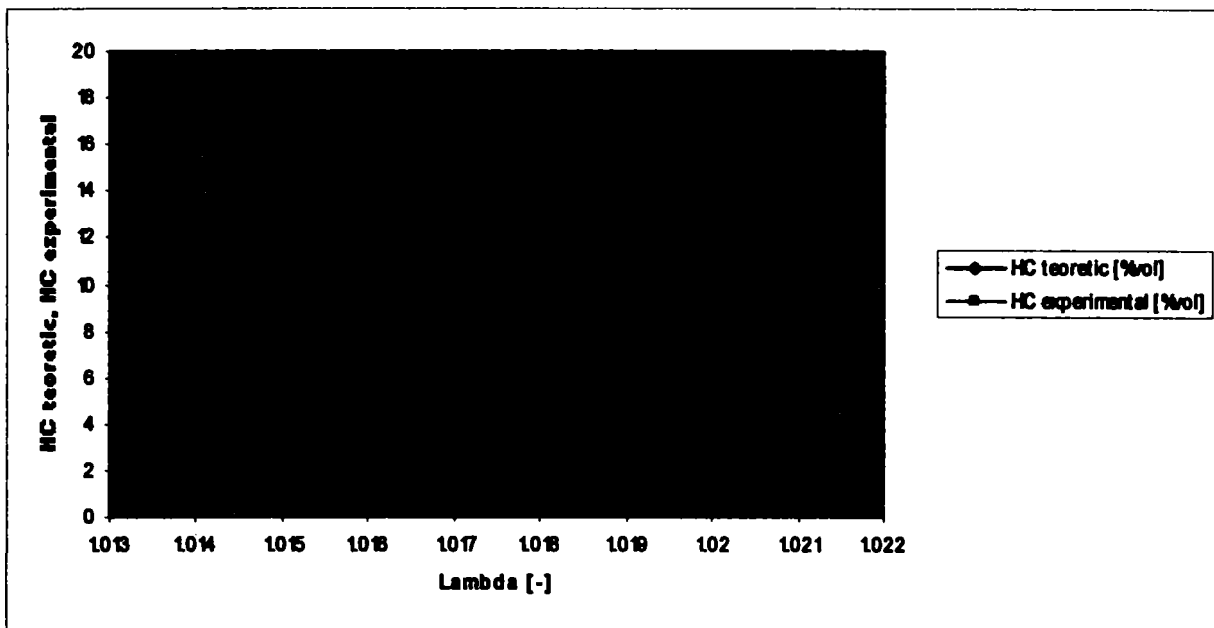


Fig. 5.8 Evoluția hidrocarburii calculate și măsurate în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Cielo

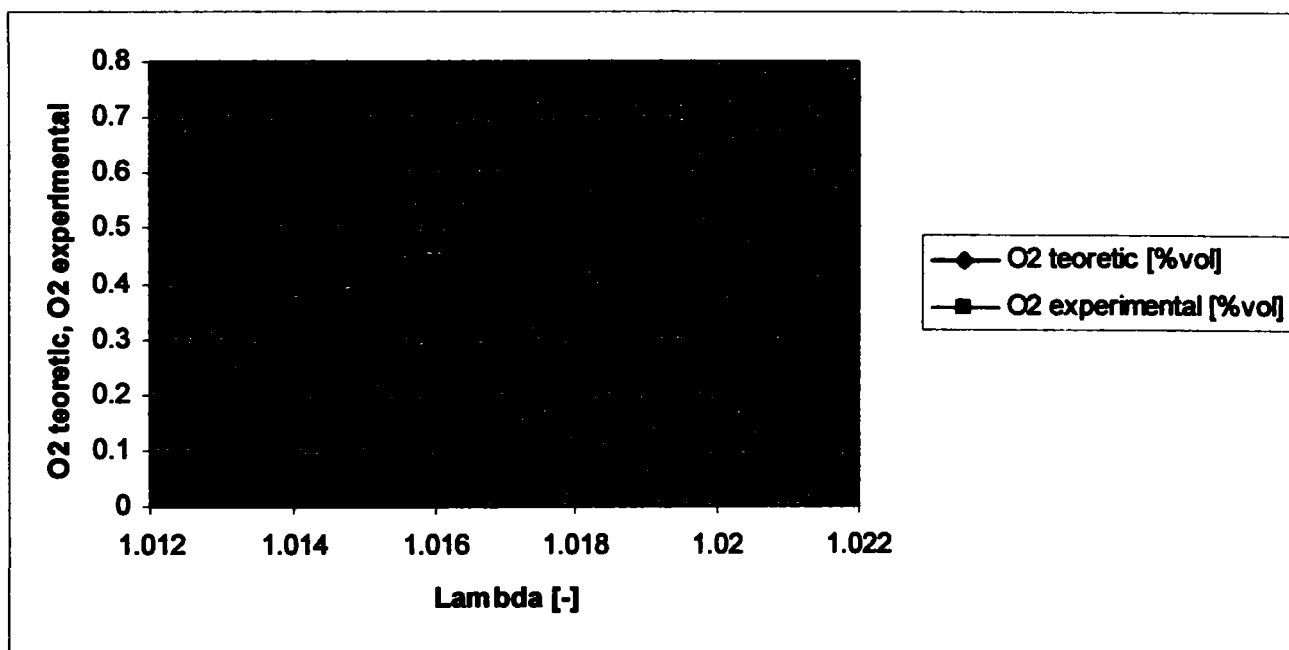


Fig. 5.9 Evoluția oxigenului calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Cielo

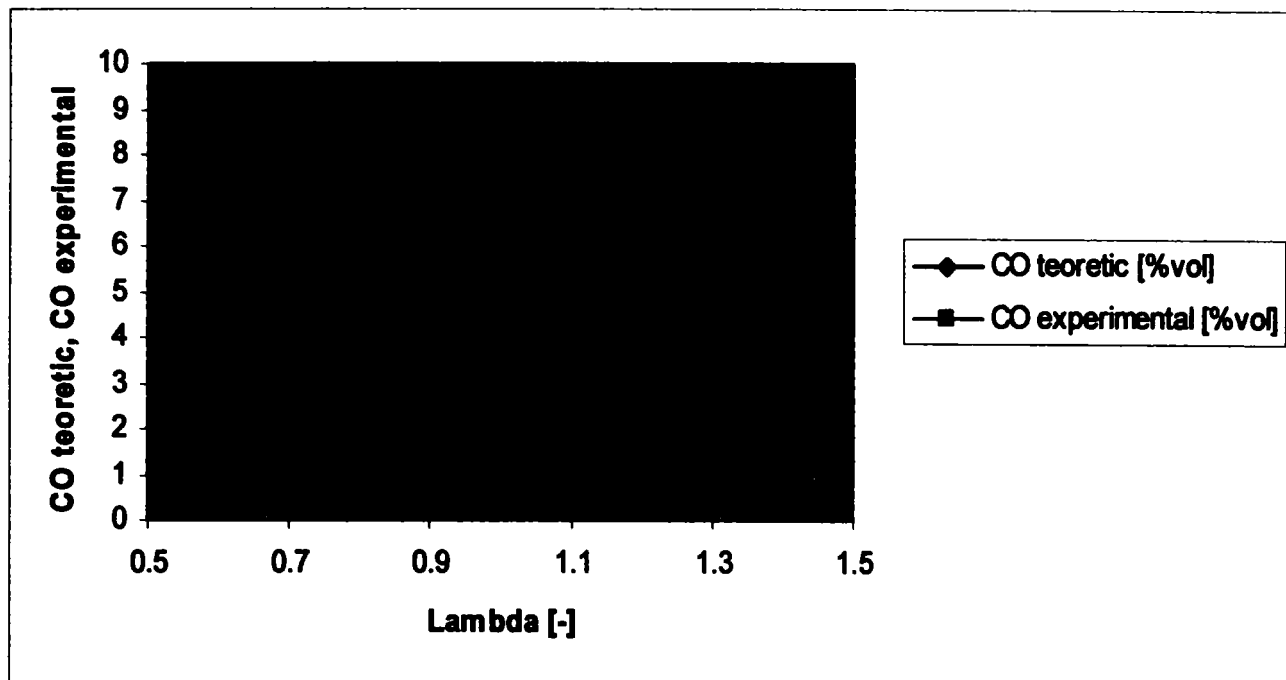


Fig. 5.10 Evoluția monoxidului de carbon calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Dacia 1310

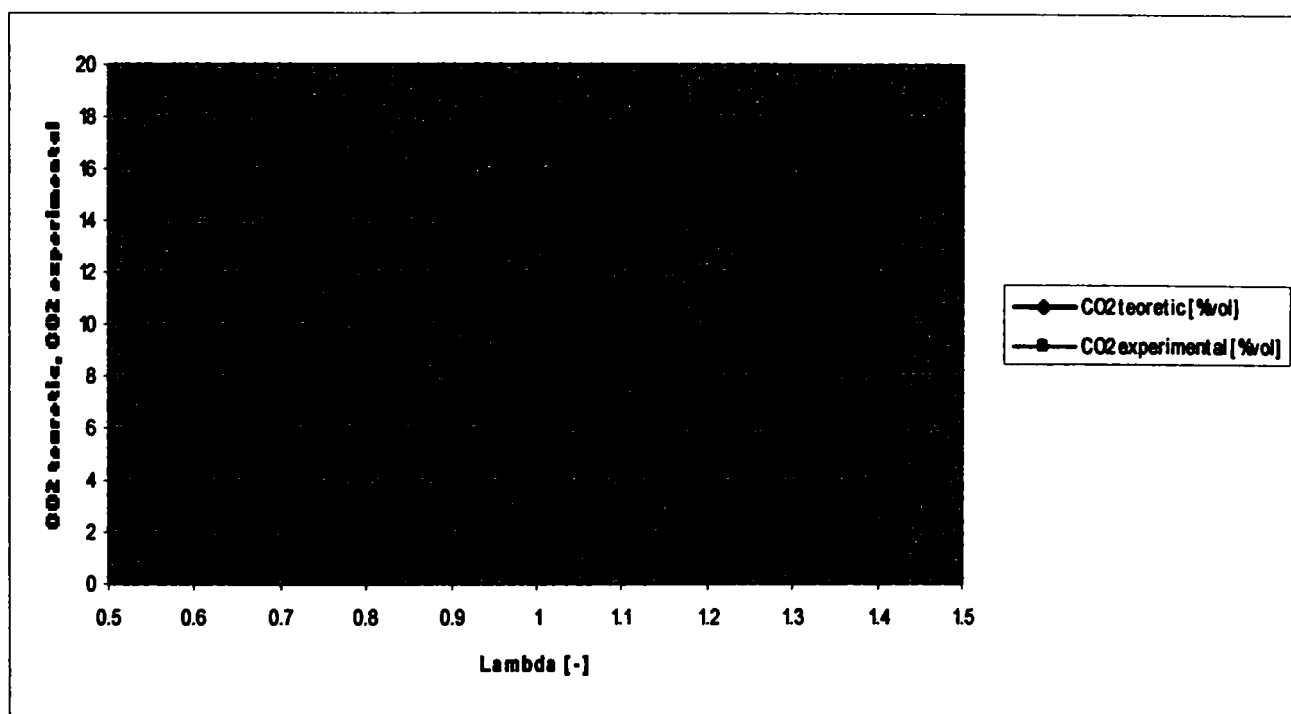


Fig. 5.11 Evoluția bioxidului de carbon calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Dacia 1310

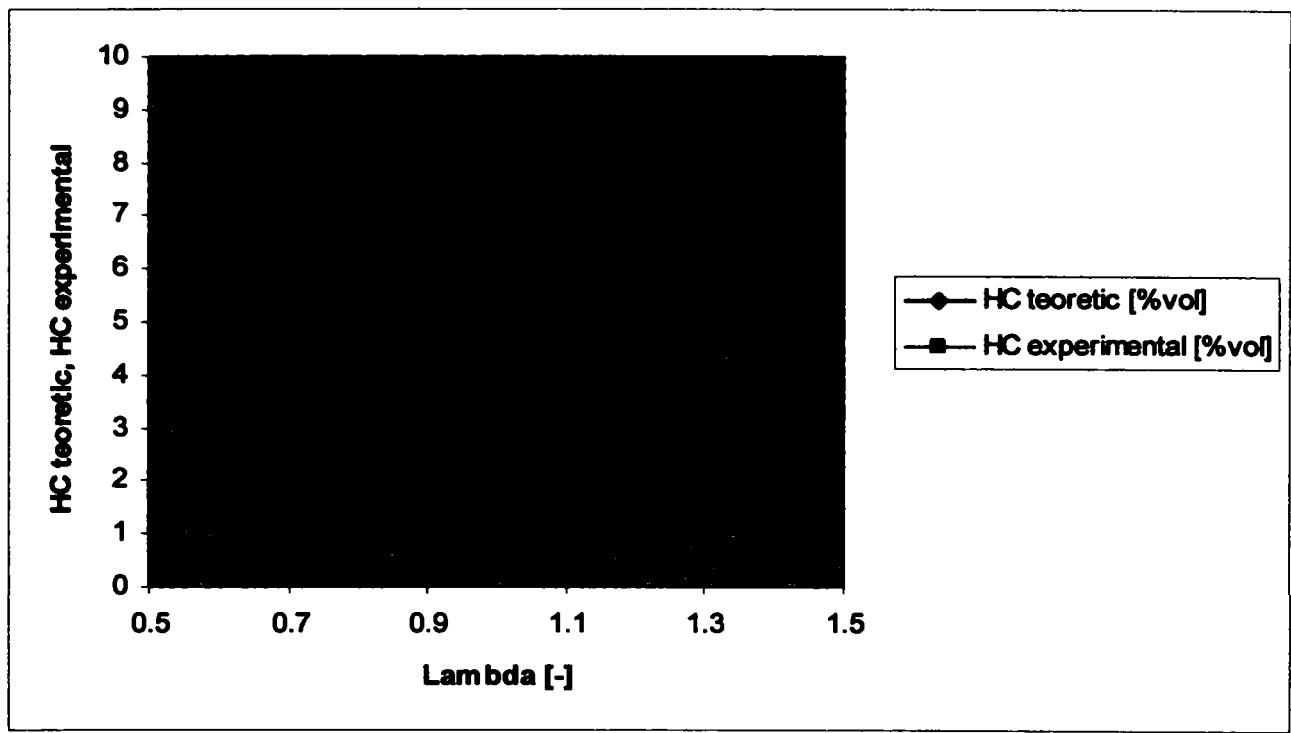


Fig. 5.12 Evoluția hidrocarburii calculate și măsurate în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Dacia 1310

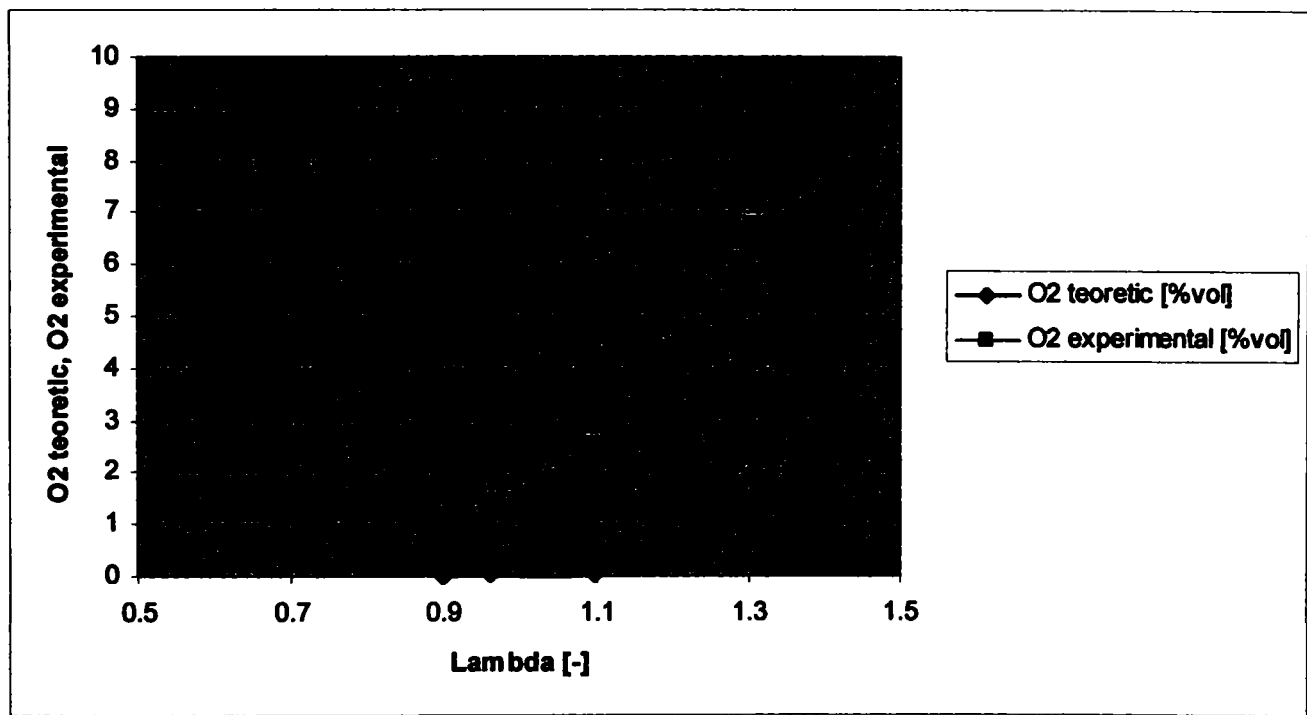


Fig. 5.13 Evoluția oxigenului calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Dacia 1310

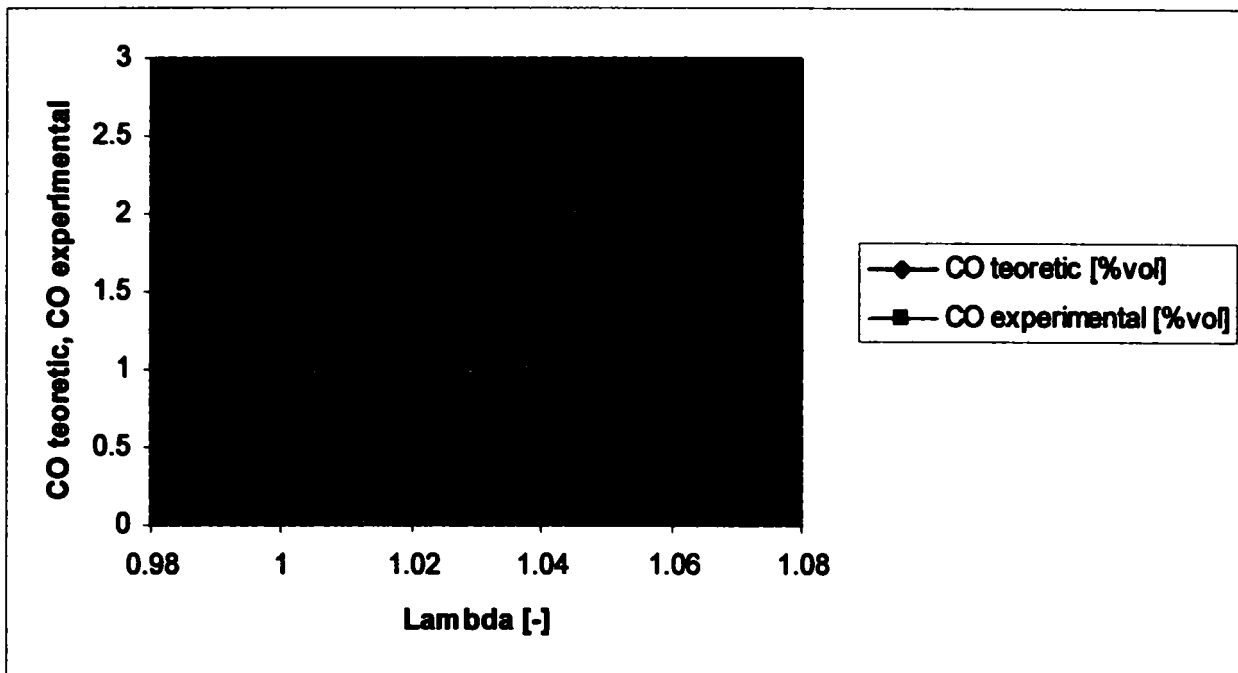


Fig. 5.14 Evoluția monoxidului de carbon calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Opel Astra

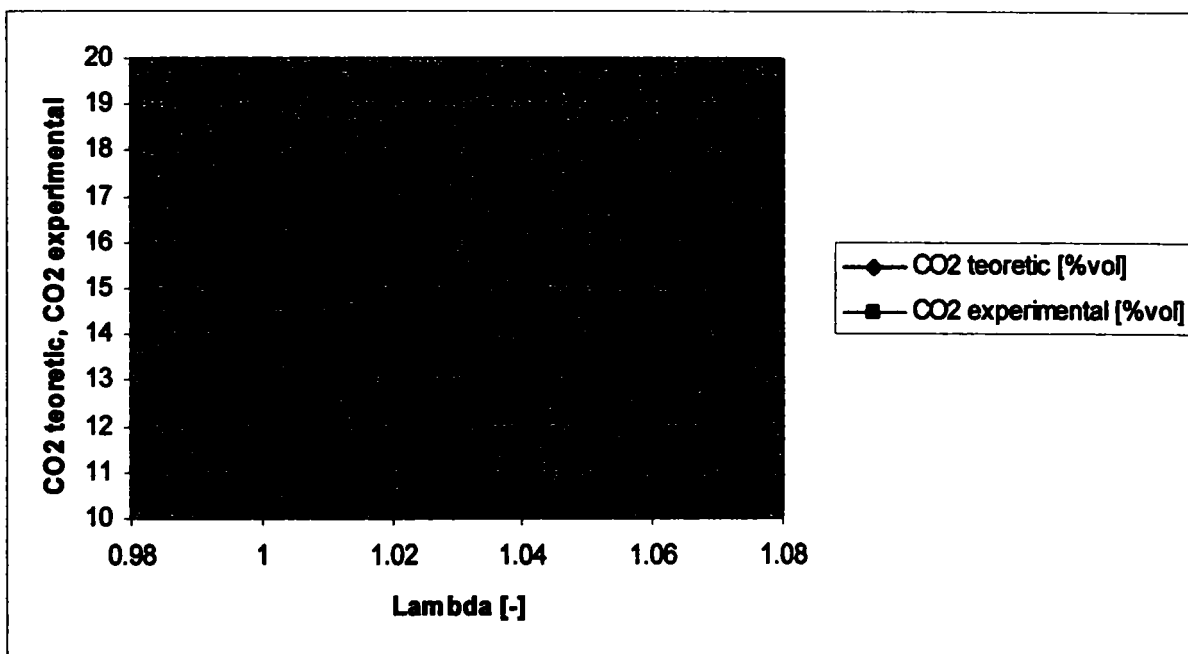


Fig. 5.15 Evoluția bioxidului de carbon calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Opel Astra

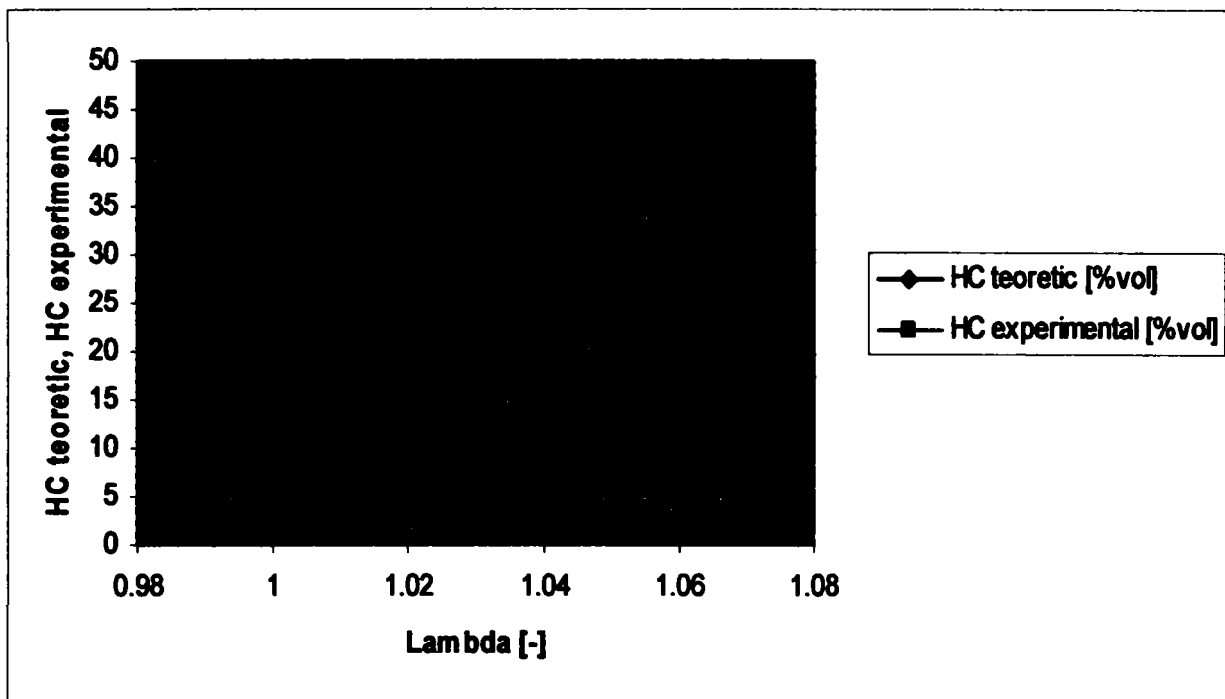


Fig. 5.16 Evoluția hidrocarburi calculate și măsurate în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Opel Astra

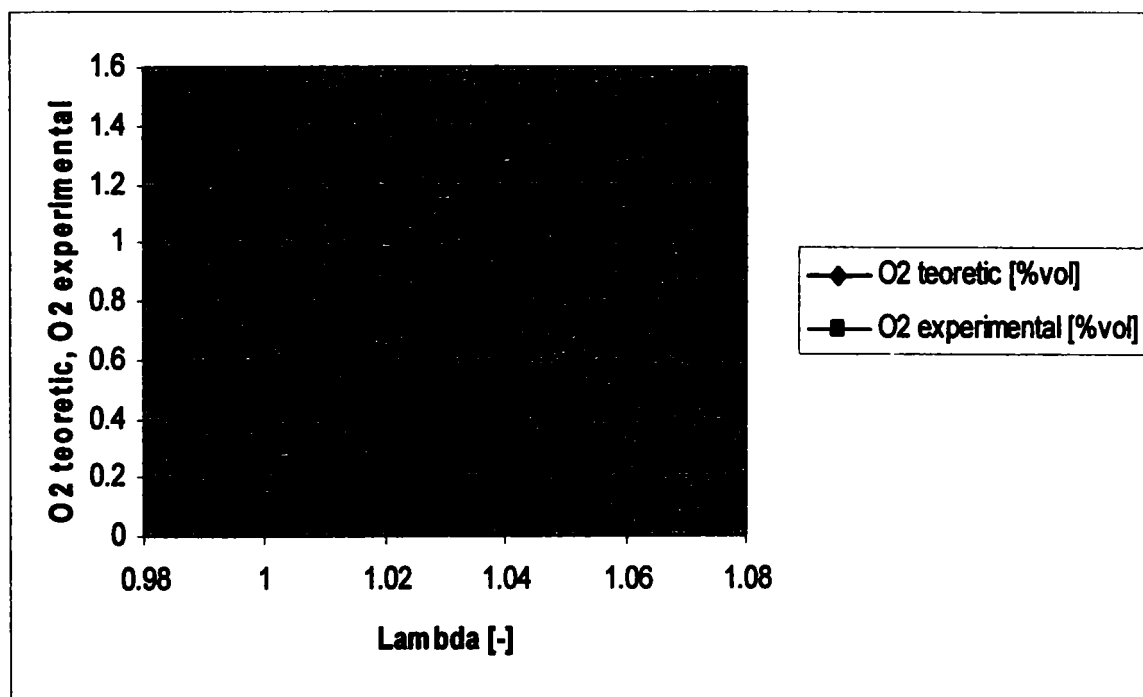


Fig. 5.17 Evoluția oxigenului calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Opel Astra



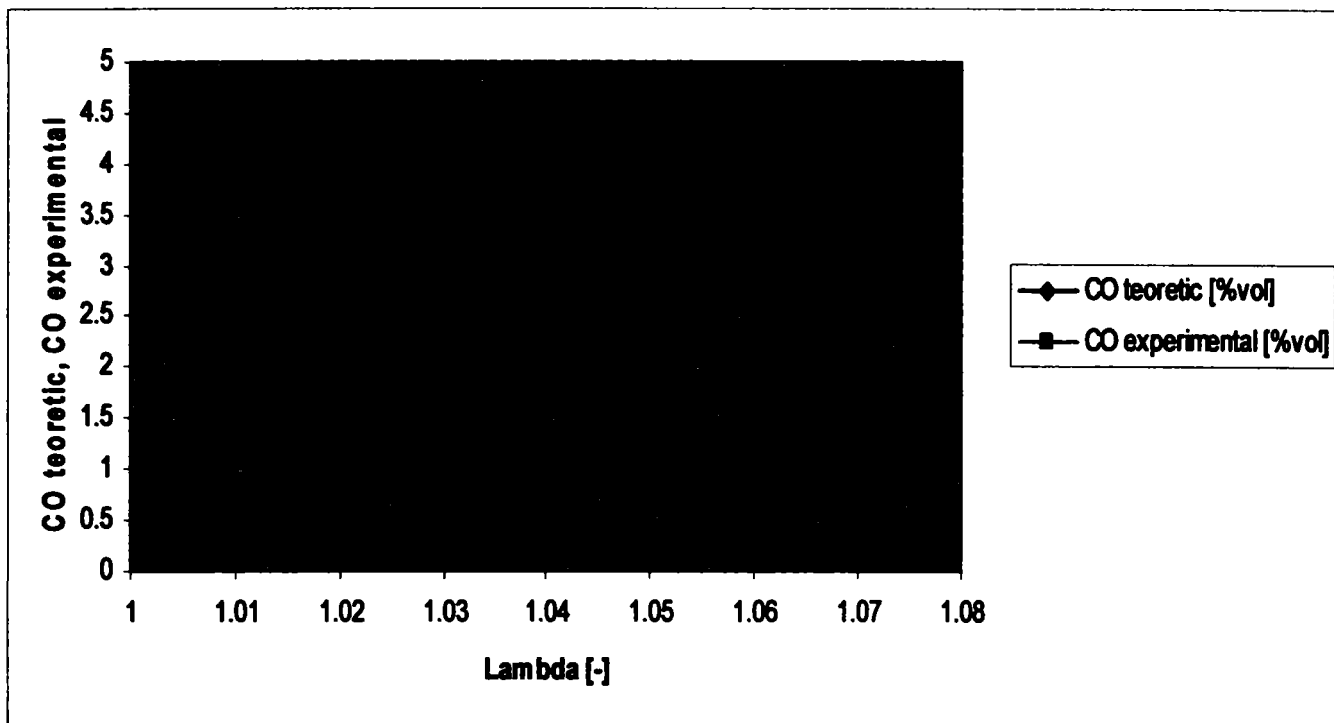


Fig. 5.18 Evoluția monoxidului de carbon calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Renault 19

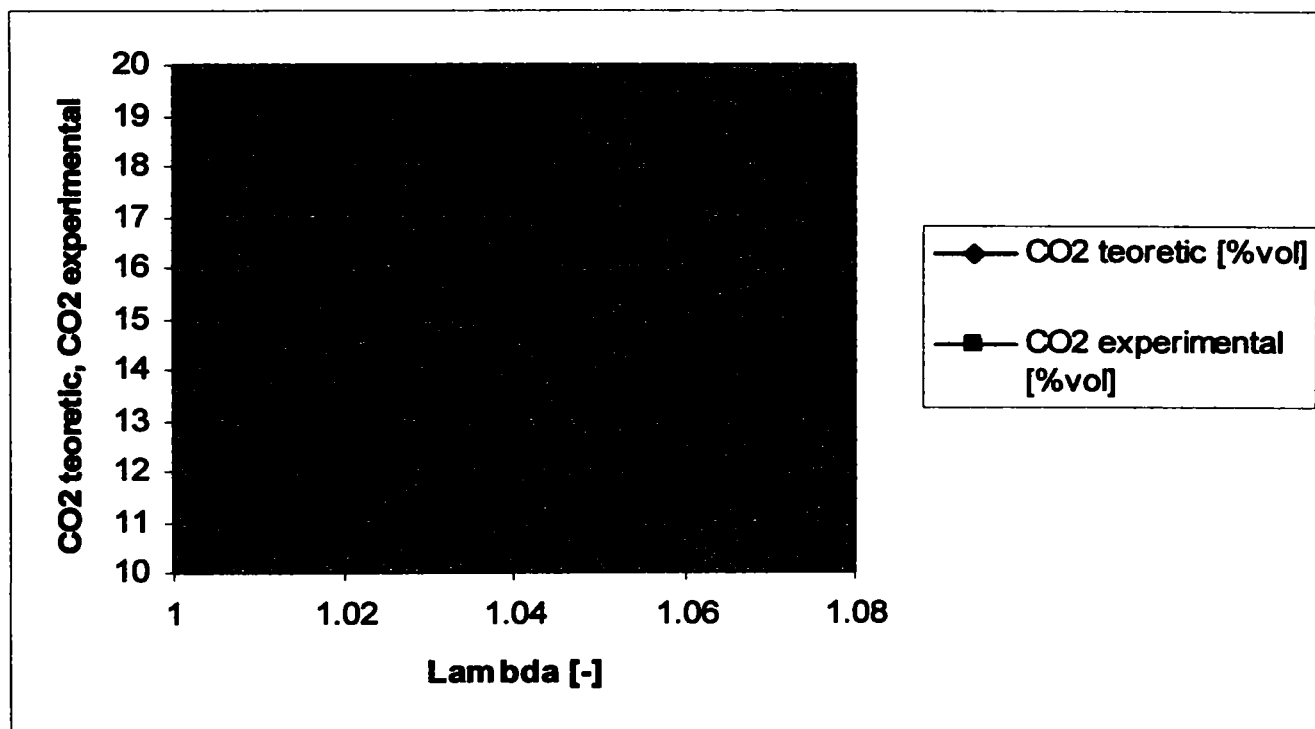


Fig. 5.19 Evoluția bioxidului de carbon calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Renault 19

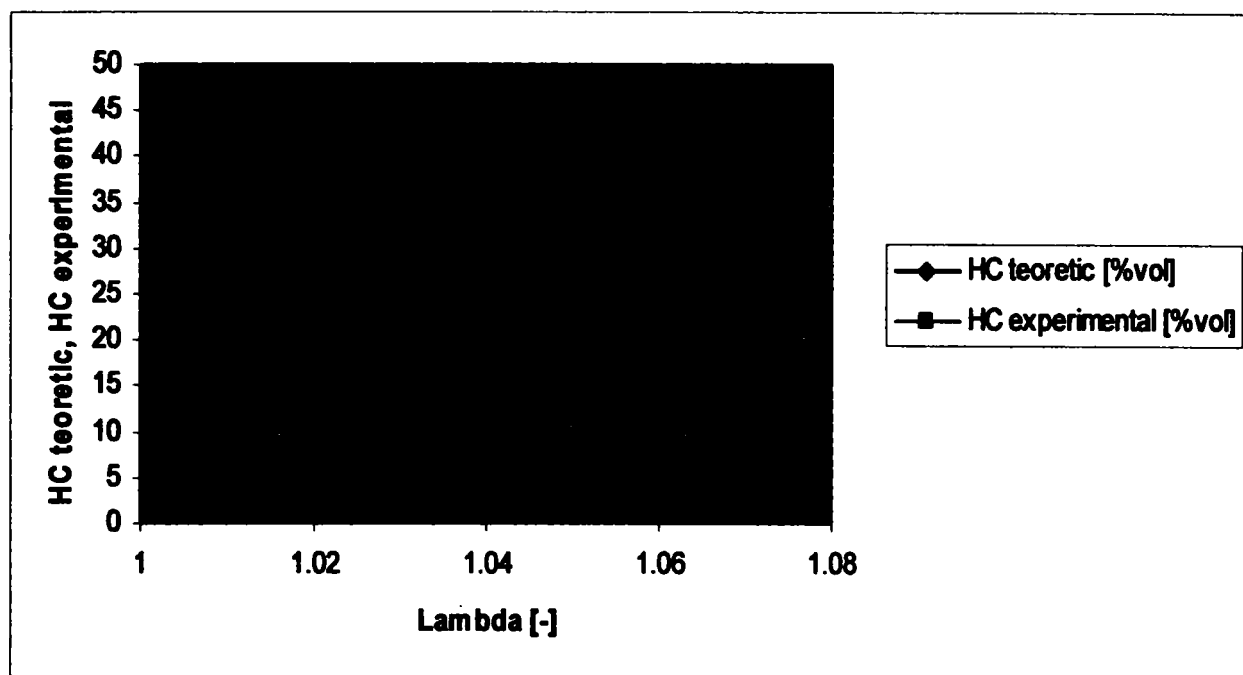


Fig. 5.20 Evoluția hidrocarburii calculate și măsurate în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Renault 19

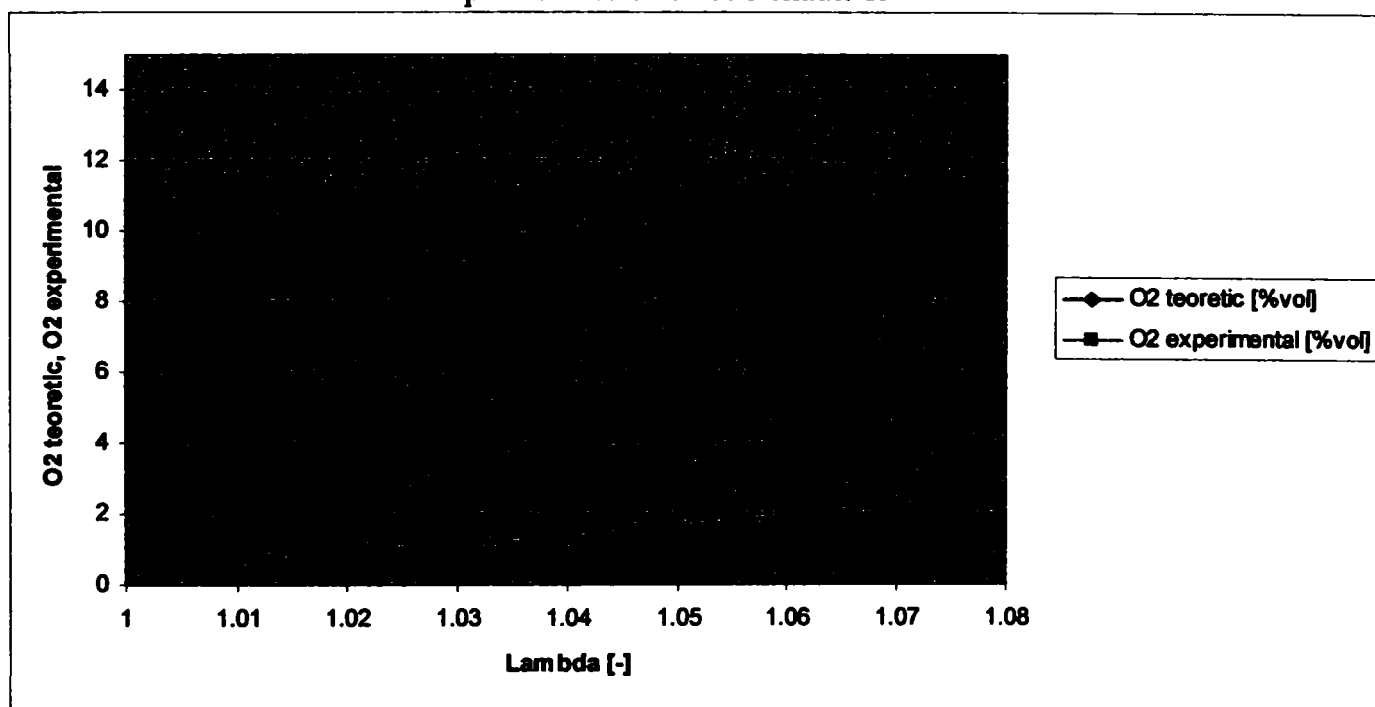


Fig. 5.21 Evoluția oxigenului calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Renault 19

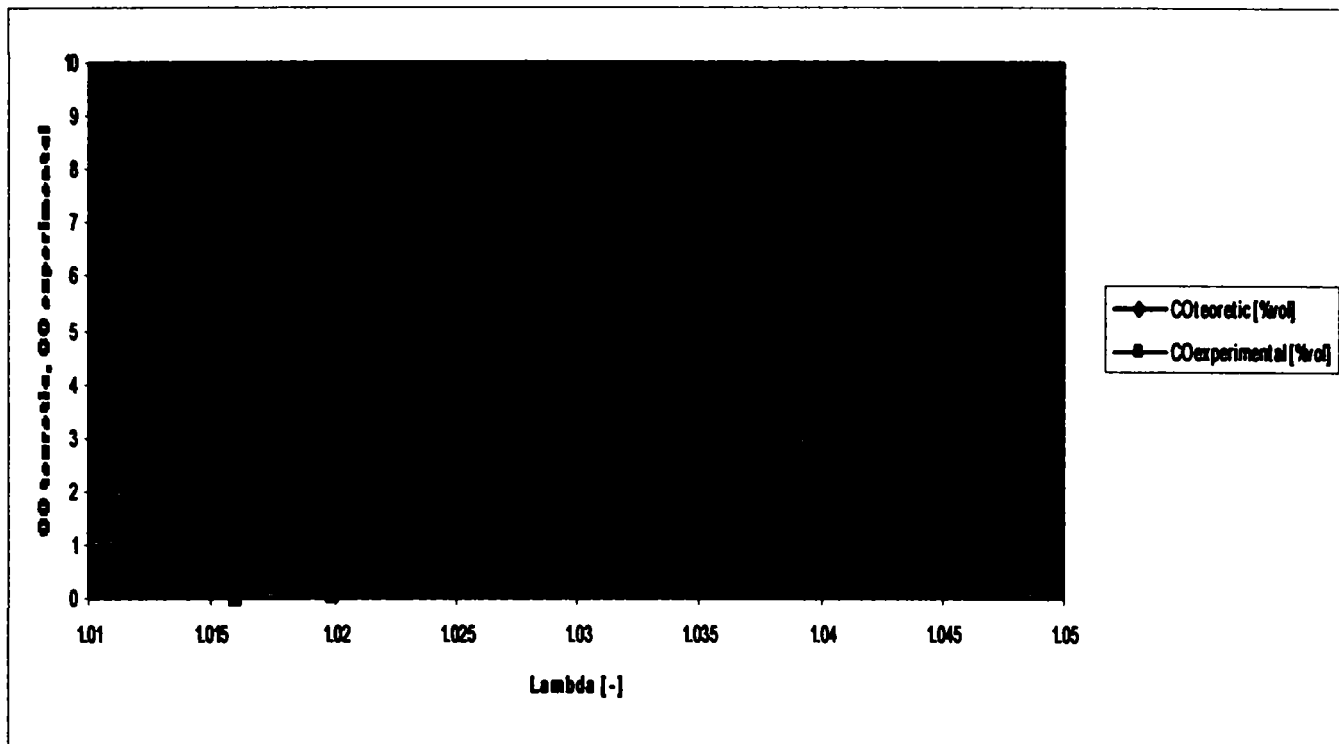


Fig. 5.22 Evoluția monoxidului de carbon calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Tico

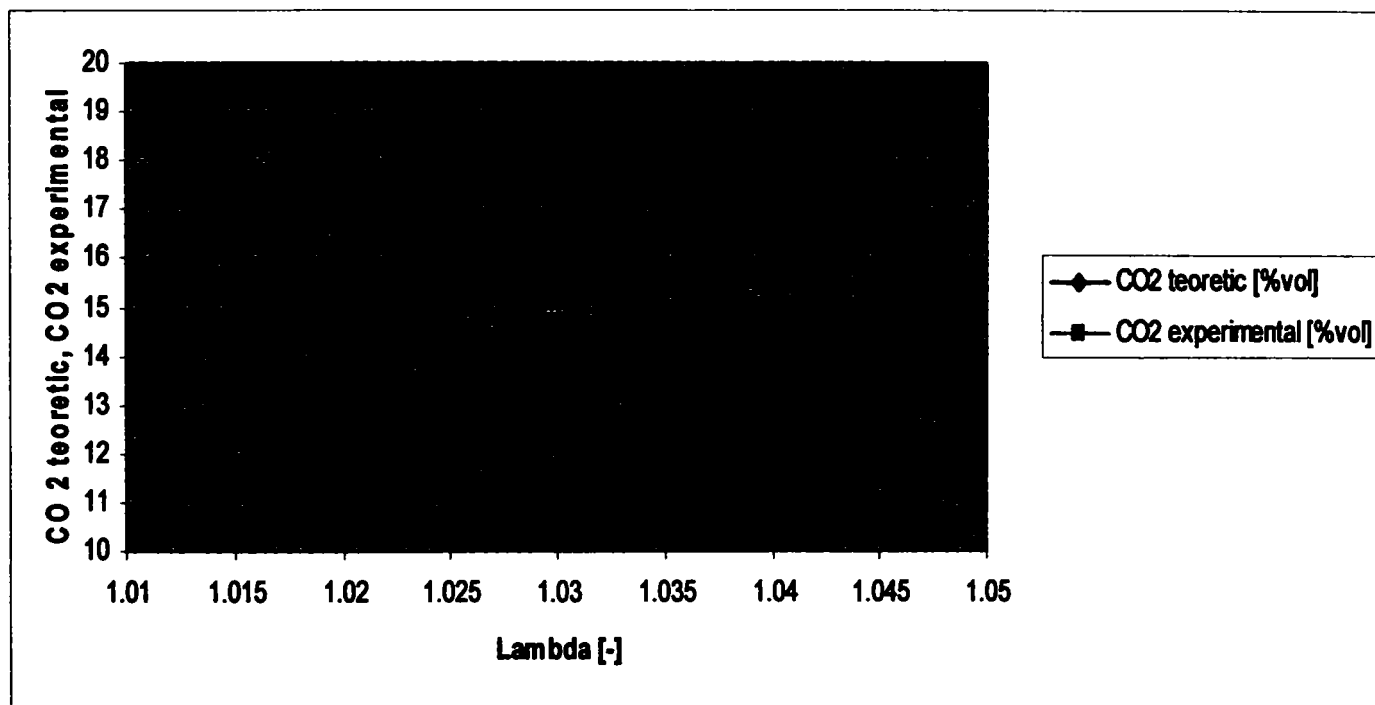


Fig. 5.23 Evoluția bioxidului de carbon calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Tico

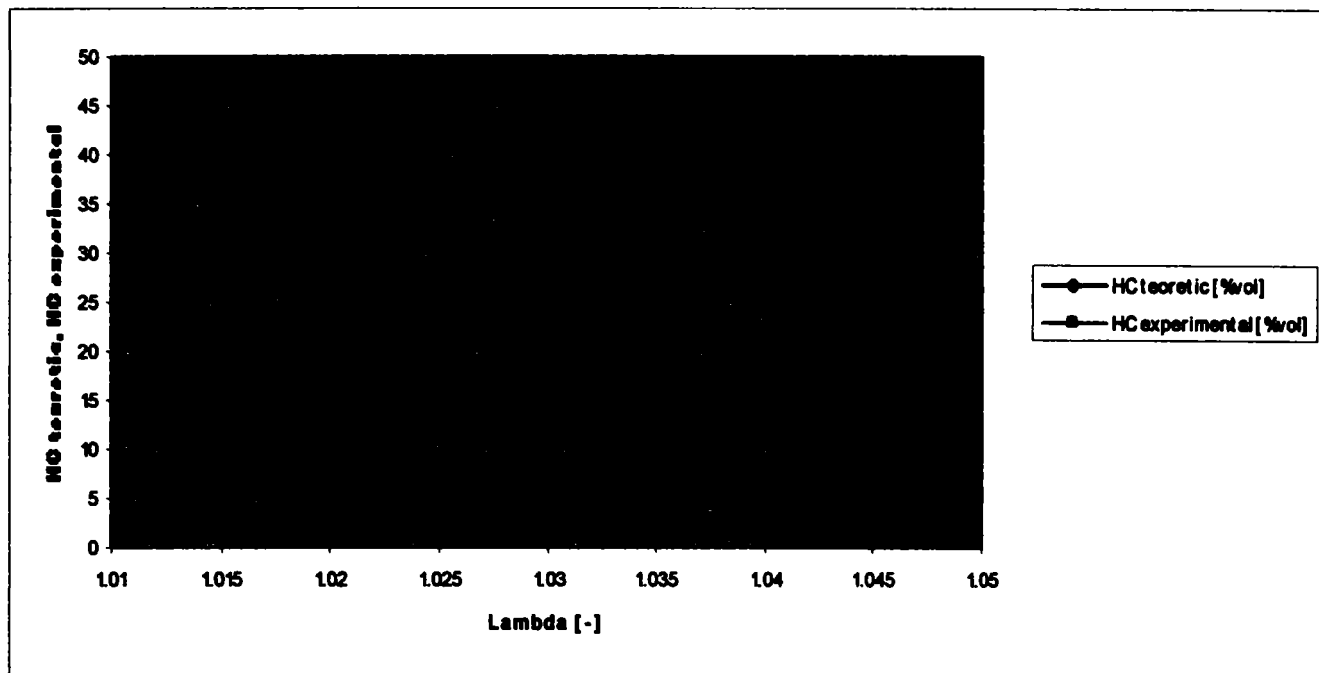


Fig. 5.24 Evoluția hidrocarburii calculate și măsurate în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Tico

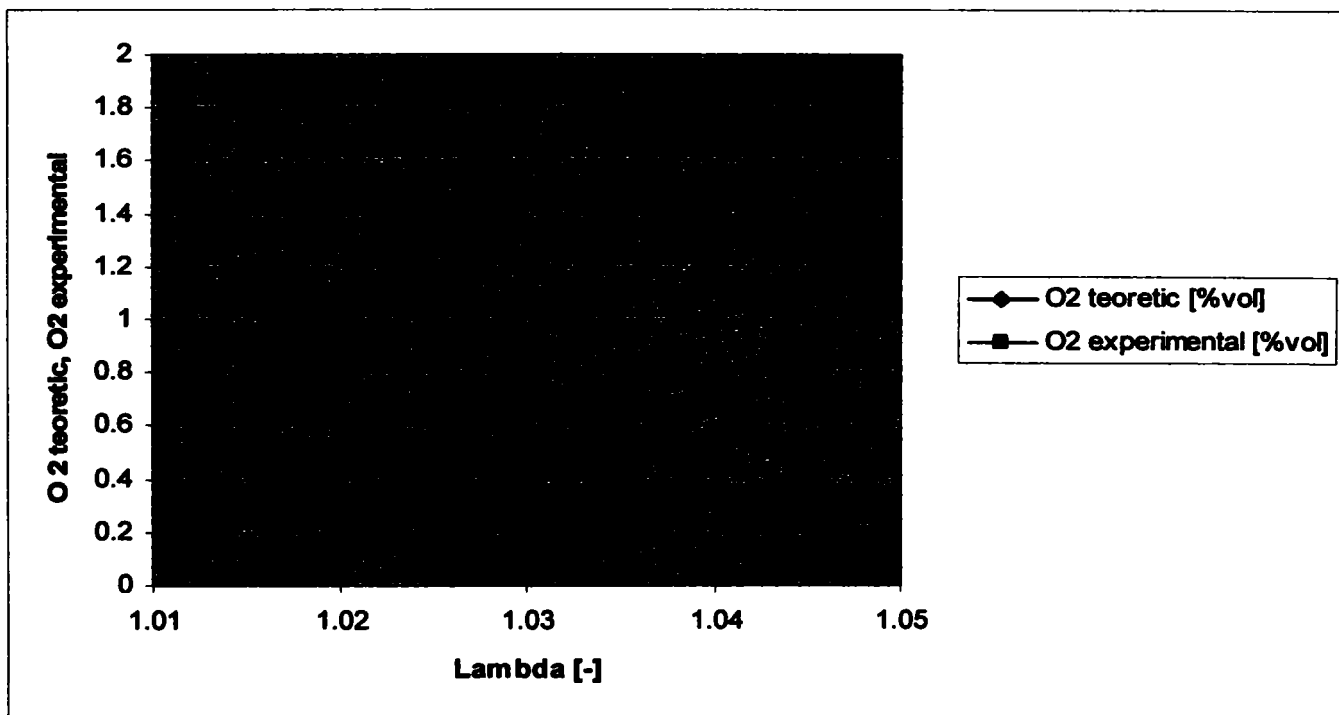


Fig. 5.25 Evoluția oxigenului calculat și măsurat în funcție de coeficientul excesului de aer pentru autoturismul Tico

În urma juxtapunerii rezultatelor experimentale și teoretice pentru motoarele cu ardere internă de tip Cielo și Opel Astra cu injecție multipunct, Dacia 1310 și Tico cu carburator și Renault 19 cu injecție monopunct se pot observa următoarele concluzii:

1. monoxidul de carbon scade când coeficientul excesului de aer este mai mic decât 1, iar când  $\lambda \geq 1$  conținutul de CO este independent de coeficientul excesului de aer
2. studiul emisiilor de bioxid de carbon la motoarele cu aprindere prin scântee este important datorită efectelor produse de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub> nefiind considerat o noxă prin faptul că plantele îl asimilează) prin efectul de seră produs lucru sesizabil prin modificările climatice vizibile în ultima vreme. Datorită acestor consecințe producătorii importanți de motoare ce echipează autovehiculele au în vedere reducerea CO<sub>2</sub>
3. în cazul amestecurilor bogate dacă  $\lambda$  crește, conținutul de hidrocarburi se diminuează. Pentru  $\lambda > 1$ , dacă  $\lambda$  crește, cantitatea de hidrocarburi eșapate se majorează datorită stingerii flăcării în masa de gaze sau chiar a rateurilor de aprindere
4. oxigenul are tendință de creștere odată cu creșterea coeficientului excesului de aer

### 5.3. EVALUAREA NOXELOR PENTRU MOTOARELE CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE DE TRACȚIUNE RUTIERĂ UTILIZÂND INFORMAȚII STATISTICE

Structura gazelor trimise în atmosferă în cazul motoarelor cu aprindere prin scântee este:

- azot: N<sub>2</sub> 71%
- Oxigen: O<sub>2</sub> 9,2%
- Dioxid de carbon: CO<sub>2</sub> 18,1%
- Vaporii de apă: 0,7%
- Noxe total: 1% din care:
  - monoxid de carbon: CO 0,85%
  - dioxid de azot: NO<sub>2</sub> 0,085%
  - hidrocarburi: HC 0,05%
  - particule: PT 0,005%

Consumul specific de combustibil este de circa  $c_e = 0,220$  kg/CPh, se apreciază că motoarele funcționează în medie la  $P_e = 22$  CP. Se admite un coeficient al excesului de aer  $\lambda = 1$  și o cantitate de aer necesară arderii  $L_{\min} = 14,5$  kg aer/kg combustibil, după structura benzinei. Se apreciază ca se alimentează în 24 ore, 22 autoturisme cu motoare cu aprindere prin scântee, simultaneitatea fiind 1

autoturism pentru o oră care este prezent în stație, cu motorul pornit (nu în momentul alimentării) circa 5 minute.

Cantitatea de benzină consumată este:

$$0,083 \text{ h} \times 0,220 \text{ kg/CPh} \times 22 \text{ CP} = 0,40172 \text{ kg}$$

Noxele pentru 1 autoturism și 1 h:

$$M_{CO} = c_e \cdot P_e \cdot (1 + \lambda \cdot L_{\min}) \cdot \frac{CO}{100} = 0,220 \cdot 22 \cdot (1 + 1 \cdot 14,5) \cdot \frac{0,85}{100} = 0,63767 \text{ kg}$$

Pentru CO:

$$m_{CO} = 0,083 \cdot 0,220 \cdot 22 \cdot (1 + 1 \cdot 14,5) \cdot \frac{0,85}{100} = 0,05292 \text{ kg pentru 5 min dintr-o oră}$$

Pentru NO<sub>2</sub>:

$$m_{NO_2} = 0,083 \cdot 0,220 \cdot 22 \cdot (1 + 1 \cdot 14,5) \cdot \frac{0,085}{100} = 0,005292 \text{ kg}$$

Pentru HC:

$$m_{HC} = 0,083 \cdot 0,220 \cdot 22 \cdot (1 + 1 \cdot 14,5) \cdot \frac{0,05}{100} = 0,003113 \text{ kg}$$

Pentru PT:

$$m_{PT} = 0,083 \cdot 0,220 \cdot 22 \cdot (1 + 1 \cdot 14,5) \cdot \frac{0,005}{100} = 0,0003113 \text{ kg}$$

În conformitate cu Ordinul 592/octombrie 2002 publicat în Monitorul Oficial al României nr. 765 din 21 octombrie 2002 și după calcule ale autorului noxele în ansamblu au următoarele valori, pentru transformarea din  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  în ppm:

- pentru CO:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 1,052 \text{ ppm}$
- pentru NO<sub>2</sub>:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 1,72 \text{ ppm}$
- pentru HC:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \approx 2,1 \text{ ppm}$
- pentru PT:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \approx 2,7 \text{ ppm}$
- pentru SO<sub>2</sub>:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \approx 2,456 \text{ ppm}$
- pentru COV prin echivalare cu HC:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \approx 2,1 \text{ ppm}$

Trebuie avut în vedere că  $1 \text{ kg} = 10^9 \mu\text{g}$ .

Volumul aproximativ total pentru o oră a gazelor ce ar ajunge în atmosferă pentru un autoturism cu motor cu aprindere prin scântei, frecvență cu care acesta este în stație fiind de o oră, acceptând densitatea fluidului motor la eșapament  $\rho = 2 \text{ kg}/\text{m}^3$  este:

$$V_{mas-h} = c_e \cdot P_e \cdot \frac{(1 + \lambda \cdot L_{\min})}{2} = 0,220 \cdot 22 \cdot \frac{(1 + 1 \cdot 14,5)}{2} = 37,51 \text{ m}^3 \text{ gaze eșapate într-o oră}$$

Cantitatea de noxe raportată pe  $\text{m}^3$  pe durata a o oră (autovehiculele fiind prezente câte 5 minute în stație într-o oră, raportarea făcându-se la gazele trimise într-o secundă în atmosferă) este:



$$m_{mas-CO-h} = \frac{m_{CO}}{(V_{mas-h} \cdot 5 \text{ min})} = \frac{0,05292, \text{ kg} \cdot 10^9}{(37,51 \cdot 300)} = 4,70 \text{ } \mu\text{g/m}^3\text{s}$$

$$m_{mas-NO_2-R} = \frac{m_{NO_2}}{(V_{mas-h} \cdot 5 \text{ min})} = 0,47 \text{ } \mu\text{g/m}^3\text{s}$$

$$m_{mas-HC-R} = \frac{m_{HC}}{(V_{mas-h} \cdot 5 \text{ min})} = 0,276 \text{ } \mu\text{g/m}^3\text{s}$$

$$m_{mas-PT-R} = \frac{m_{PT}}{(V_{mas-PT} \cdot 5 \text{ min})} = 0,0276 \text{ } \mu\text{g/m}^3\text{s}$$

Valorile concentrațiilor admise după Ordinul nr. 592/oct. 2002 sunt:

- pentru CO valoarea limită pentru media a 8 h:  $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3 > 5,92 \text{ } \mu\text{g/m}^3$
- pentru NO<sub>2</sub> limita orară:  $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3 > 16,674 \text{ } \mu\text{g/m}^3$
- pentru HC limita pe an calendaristic de la 1 ian. 2005:  $4 \text{ } \mu\text{g/m}^3 > 3,37 \text{ } \mu\text{g/m}^3$
- pentru PT limita orară  $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3 > 16,485 \text{ } \mu\text{g/m}^3$
- pentru SO<sub>2</sub> limita orară  $350 \text{ } \mu\text{g/m}^3 > 2,768 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , care sunt toate mai mari decât cele determinate pentru obiectivul studiat.

Rezultatele experimentale au fost coroborate cu relațiile de calcul obținându-se rezultate statistice care au participat la cercetări. Prezentarea datelor experimentale, de calcul obținute cu relațiile din paragraful 5.1, respectiv a datelor statistice proprii unor cazuri particulare caracteristice prezenței unor automobile în stații de alimentare cu combustibili sunt redată în histogramele următoare:

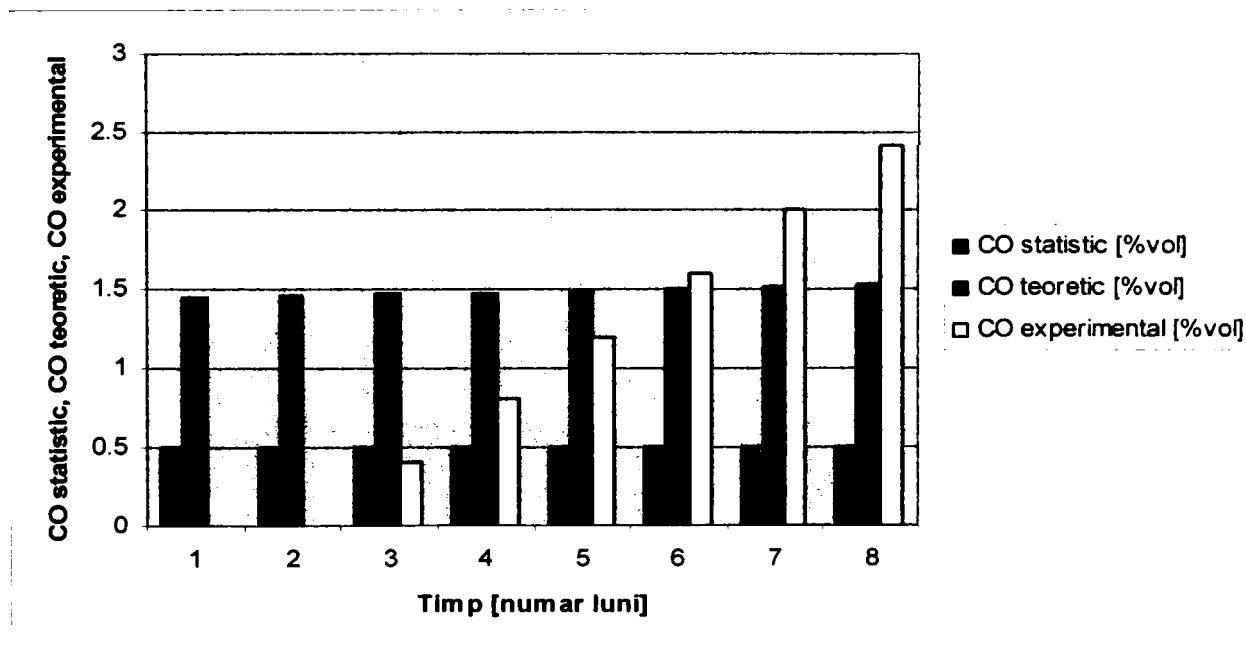


Fig. 5.26 Evoluția monoxidului de carbon statistic, teoretic și experimental în timp pentru autoturismul Cielo

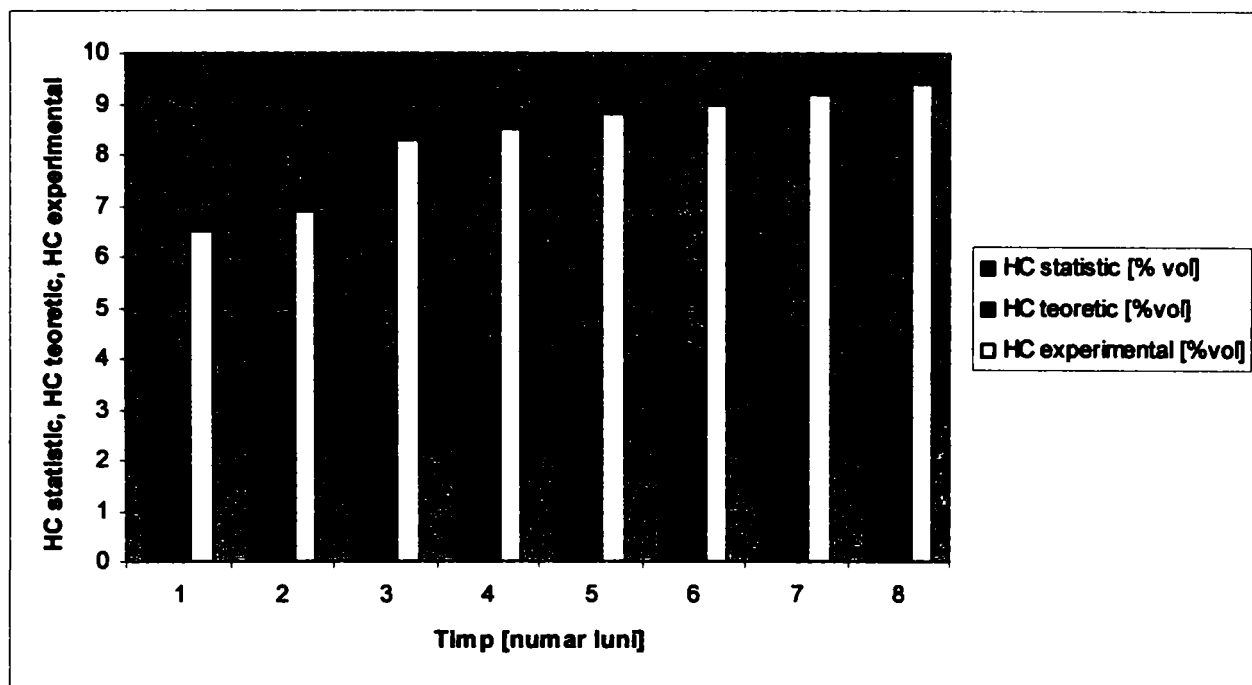


Fig. 5.27 Evoluția hidrocarburii statistic, teoretic și experimental în timp pentru autoturismul Cielo

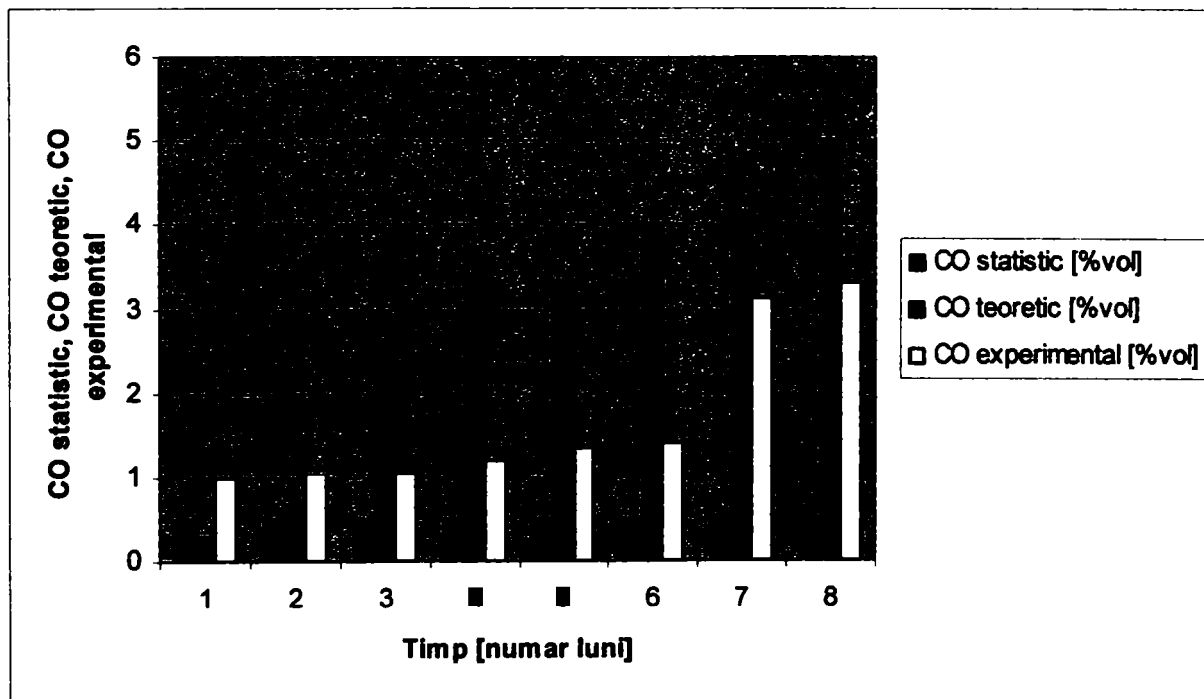


Fig. 5.28 Evoluția monoxidului de carbon statistic, teoretic și experimental în timp pentru autoturismul Dacia 1310

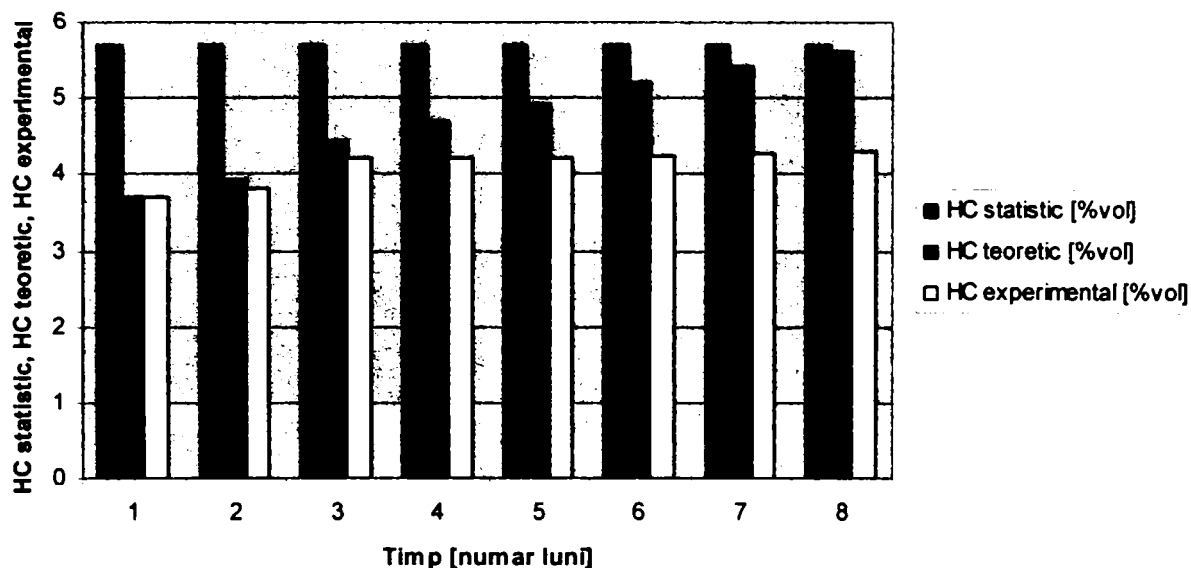


Fig. 5.29 Evoluția hidrocarburii statistic, teoretic și experimental în timp pentru autoturismul Dacia 1310

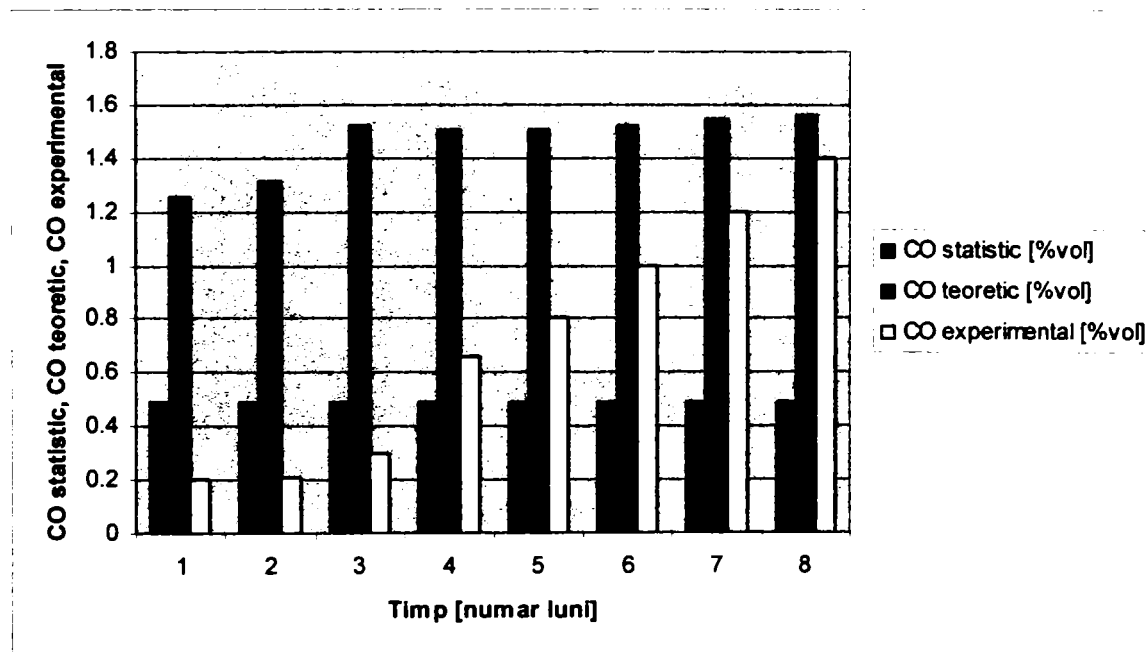


Fig. 5.30 Evoluția monoxidului de carbon statistic, teoretic și experimental în timp pentru autoturismul Opel Astra

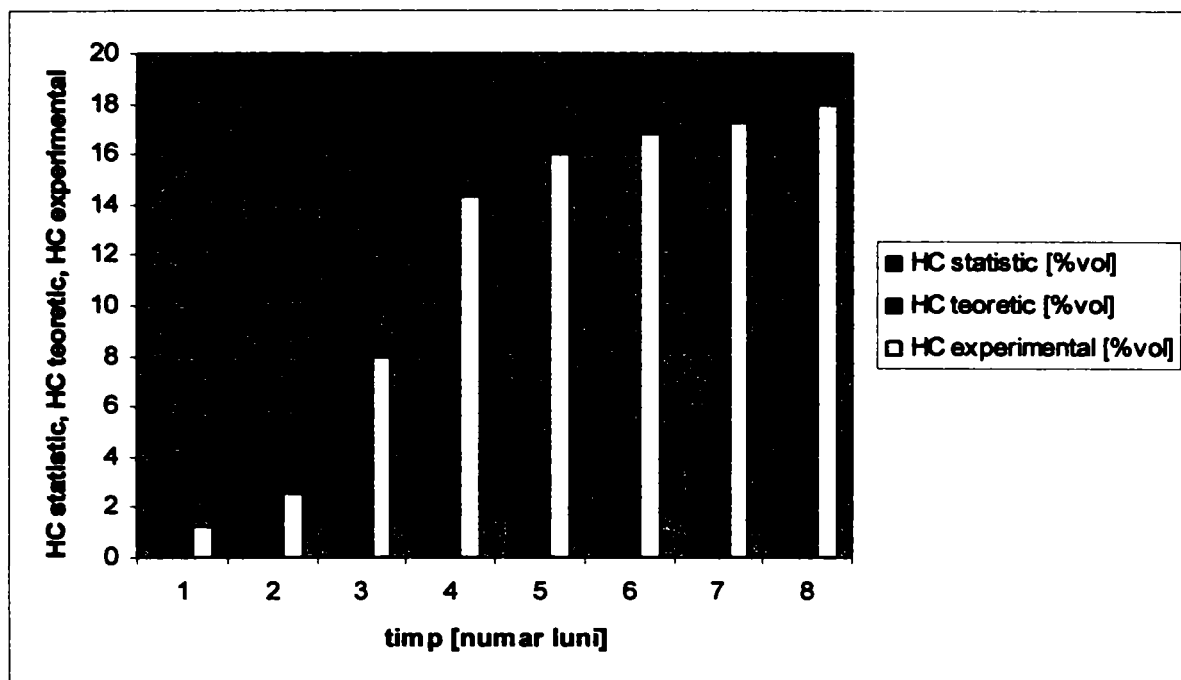


Fig. 5.31 Evoluția hidrocarburii statistic, teoretic și experimental în timp pentru autoturismul Opel Astra

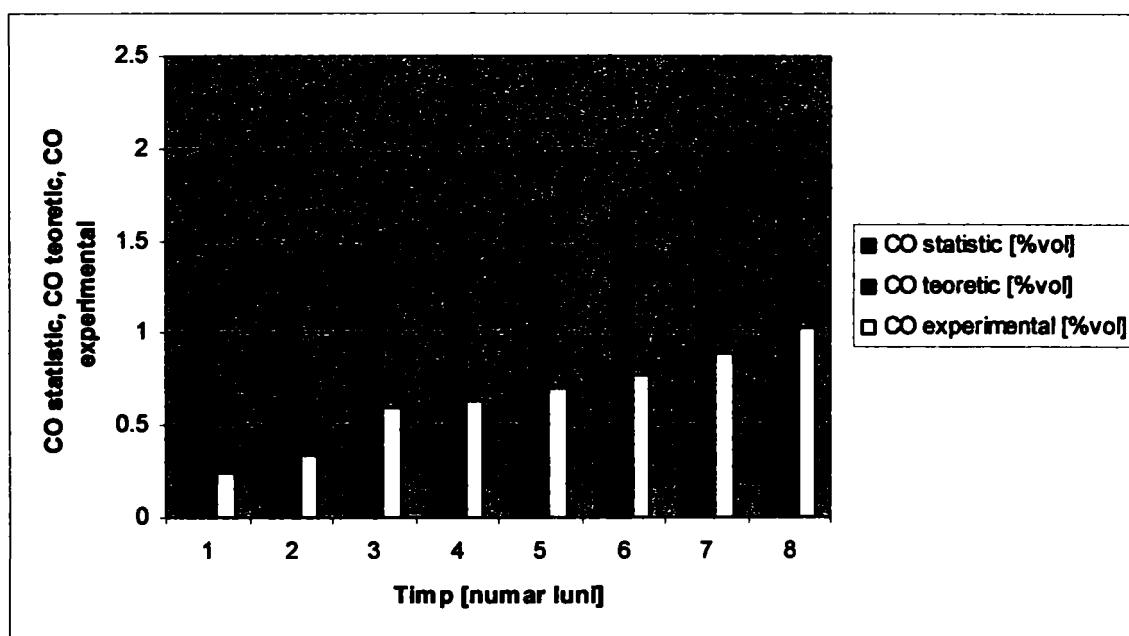


Fig. 5.32 Evoluția monoxidului de carbon statistic, teoretic și experimental în timp pentru autoturismul Renault 19

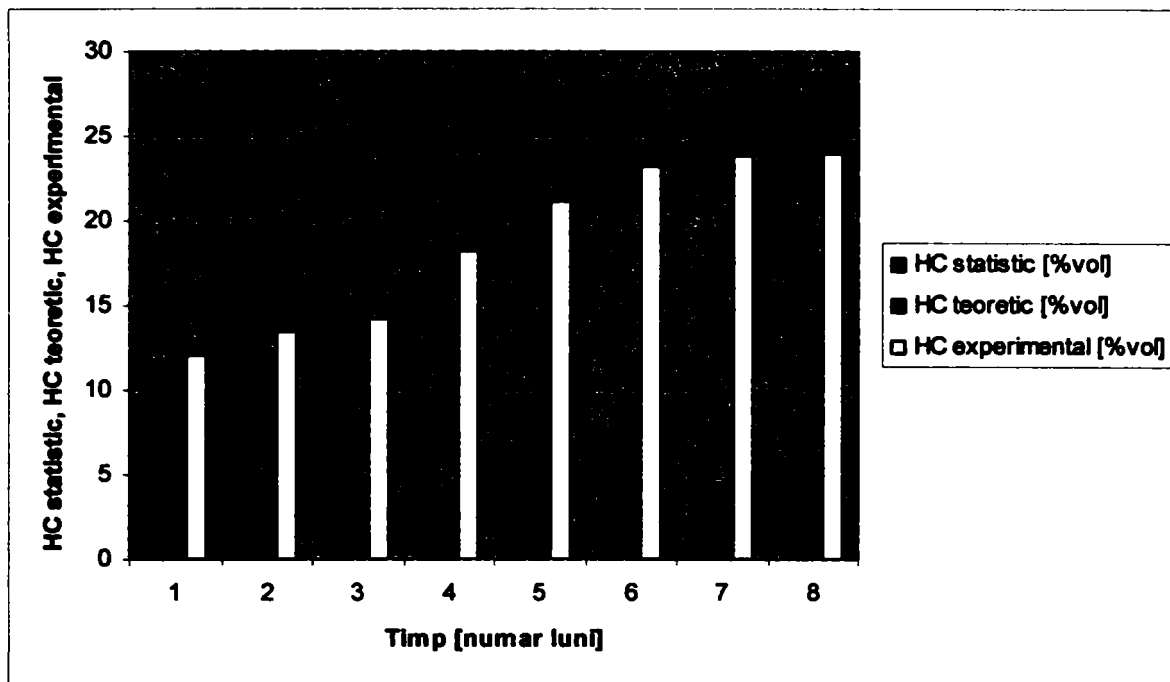


Fig. 5.33 Evoluția hidrocarburii statistic, teoretic și experimental în timp pentru autoturismul Renault 19

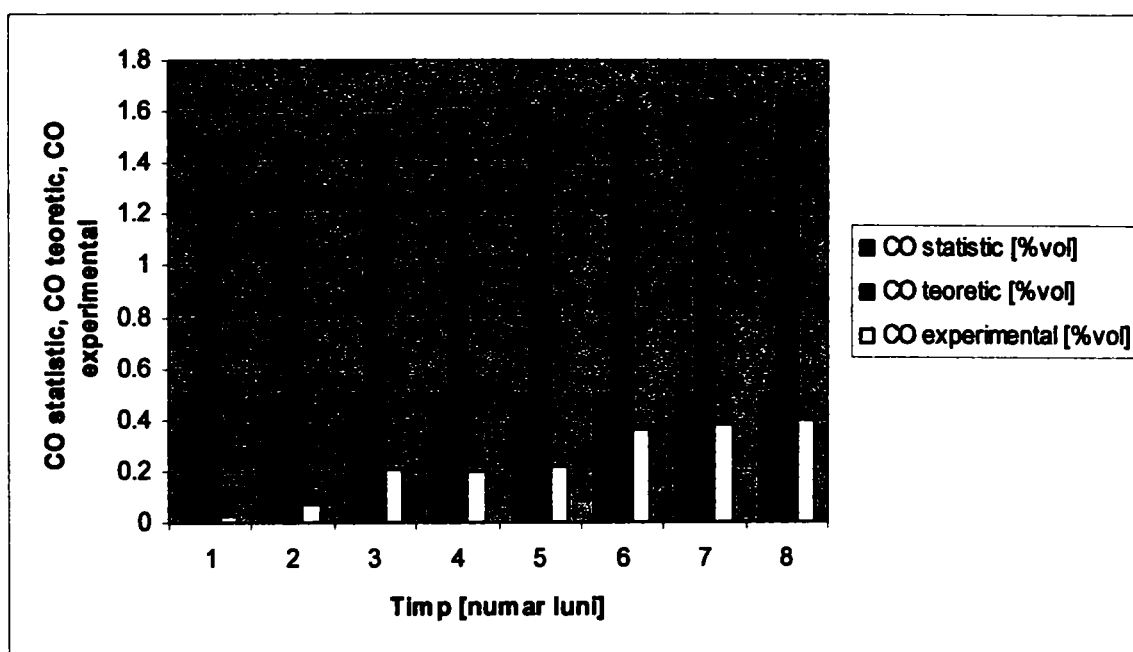


Fig. 5.34 Evoluția monoxidului de carbon statistic, teoretic și experimental în timp pentru autoturismul Tico

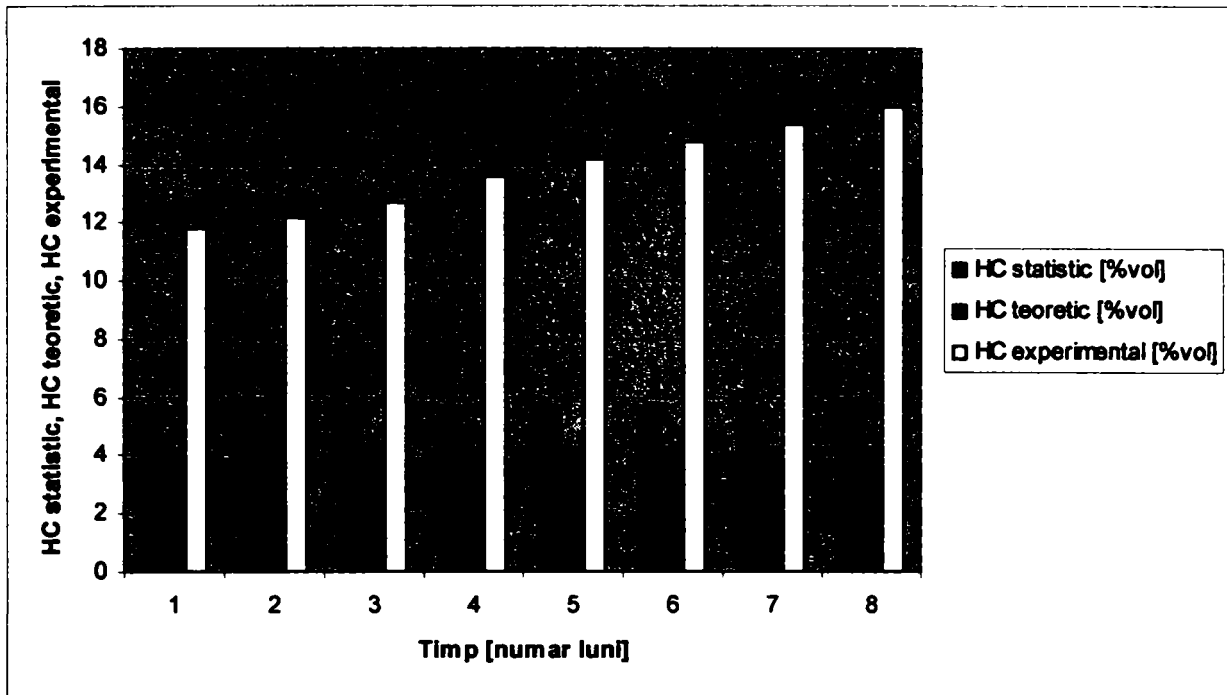


Fig. 5.35 Evoluția hidrocarburii statistic, teoretic și experimental în timp pentru autoturismul Tico

În diagramele unde sunt diferențe mari între monoxidul de carbon teoretic și statistic raportate la monoxidul de carbon experimental trebuie avut în vedere că pentru primele 2 situații s-au acceptat valori impuse constant pentru consumul de combustibil și puteri care nu se reproduc în exploatare unde regimurile sunt de foarte mare variabilitate, coeficientul de sarcină variind, de exemplu între 0,2 și 0,8.



## CAPITOLUL 6

### MODELAREA TERMOGAZODINAMICII MOTOARELOR CU APRINDERE PRIN COMPRIMARE PRIN EVALUAREA CICLULUI REAL DE FUNCȚIONARE

#### 6.1. EVALUAREA CICLULUI REAL DE FUNCȚIONARE PENTRU MOTOARELE CU APRINDERE PRIN COMPRIMARE

Simularea numerică a modului de funcționare a motoarelor D 2156 HMN, OM 352 și OM 352 A din punct de vedere termogazodinamic s-a realizat pentru diferite regimuri. Motorul OM 352 este un motor cu aspirație naturală sub licență Mercedes Benz, iar motorul OM 352 A este un motor supraalimentat cu turbină radial axială sub licență Garets (supraalimentare joasă 1,2 bar) de 5,7 l.

Pentru calcule s-a utilizat programul UNISORI care permite simularea funcționării unui motor în 6 cilindri prin metoda umplerii și golirii și a legii de degajare a căldurii de tip Vibe de ordinul I, având astfel posibilitatea de a stabili condițiile inițiale din cilindru folosind un ciclu convergent la care parametrii rezultați dintr-un ciclu de calcul reprezintă parametrii de intrare pentru următoarea iterație. Parametrii rezultați la sfârșitul unui ciclu de calcul sunt comparați cu cei care au fost utilizați pentru inițierea respectivului ciclu, iar diferența dintre mărimile comparate trebuie să fie mai mică decât o valoare prescrisă, caz în care simularea ia sfârșit pentru respectivul regim [98].

Măsurătorile pentru motoarele cu aprindere prin comprimare s-au efectuat pe motoarele MAN-D 2156 HMN 8, OM 352 și OM 352A.

Motorul MAN-D 2156 HMN 8 este un motor în 4 timpi, cu cameră de ardere în capul pistonului, cu injecție directă. Caracteristicile principale ce definesc motorul MAN-D 2156 HMN 8 sunt [39]:

- Numărul de cilindri: 6, în linie, înclinați la 40° față de verticală
- alezajul: 121 mm
- cursa pistonului: 150 mm
- raportul de compresie: 17:1
- cilindreea totală: 10,350 l
- turația motorului: 2200 rot/min
- puterea nominală: 215 CP la 2200 rot/min
- momentul cuplului motor: 76 daNm la 1400 rot/min

Motorul OM 352 are următoarele caracteristici:

Tabel 6.1

<b>Tipul motorului</b>	Vertical în linie
<b>Număr cilindri</b>	6
<b>Răcire motor</b>	Răcire cu apă
<b>Număr timpi</b>	4 injecție directă
<b>Diametrul pistonului</b>	128 mm
<b>Raportul de compresie</b>	17:1
<b>Greutatea motorului</b>	420 kg
<b>Puterea maximă la 2800 rot/min</b>	96 kW sau 130 CP
<b>Cuplul maxim la 2000 rot/min</b>	363 Nm

Motorul OM 352 A are următoarele caracteristici:

Tabel 6.2

<b>Tipul motorului</b>	Vertical în linie supraalimentat
<b>Număr cilindri</b>	6
<b>Răcire motor</b>	Răcire cu apă
<b>Număr timpi</b>	4 injecție directă
<b>Diametrul pistonului</b>	128 mm
<b>Raportul de compresie</b>	17:1
<b>Greutatea motorului</b>	420 kg
<b>Puterea maximă la 2800 rot/min</b>	96 kW sau 130 CP
<b>Cuplul maxim la 2000 rot/min</b>	363 Nm

Pentru calibrarea programului de calcul s-a ales unul din regimurile determinate experimental. S-au realizat apoi rulări succesive modificând mărimile estimate până când rezultatele mărimilor calculate s-au suprapus peste cele măsurate. După calibrare s-au efectuat calculele pentru celelalte motoare.

Ca date de ieșire se obțin cinci fișiere. În ordine primul fișier conține datele de intrare, al doilea caracterizează sistemul de injecție, următorul modificările termogazodinamice ale gazului din cilindru, penultimul variațiile parametrilor din rezervoarele de admisiune respectiv de evacuare, iar al cincilea se referă la cantitățile de combustibil injectat.

Pentru a obține o finețe suficientă a rezultatelor, s-a determinat momentul de inerție a sistemului motor-consumator.

În continuare, se vor prezenta sub forma unor variații grafice principalii parametri ce definesc funcționarea motoarelor.

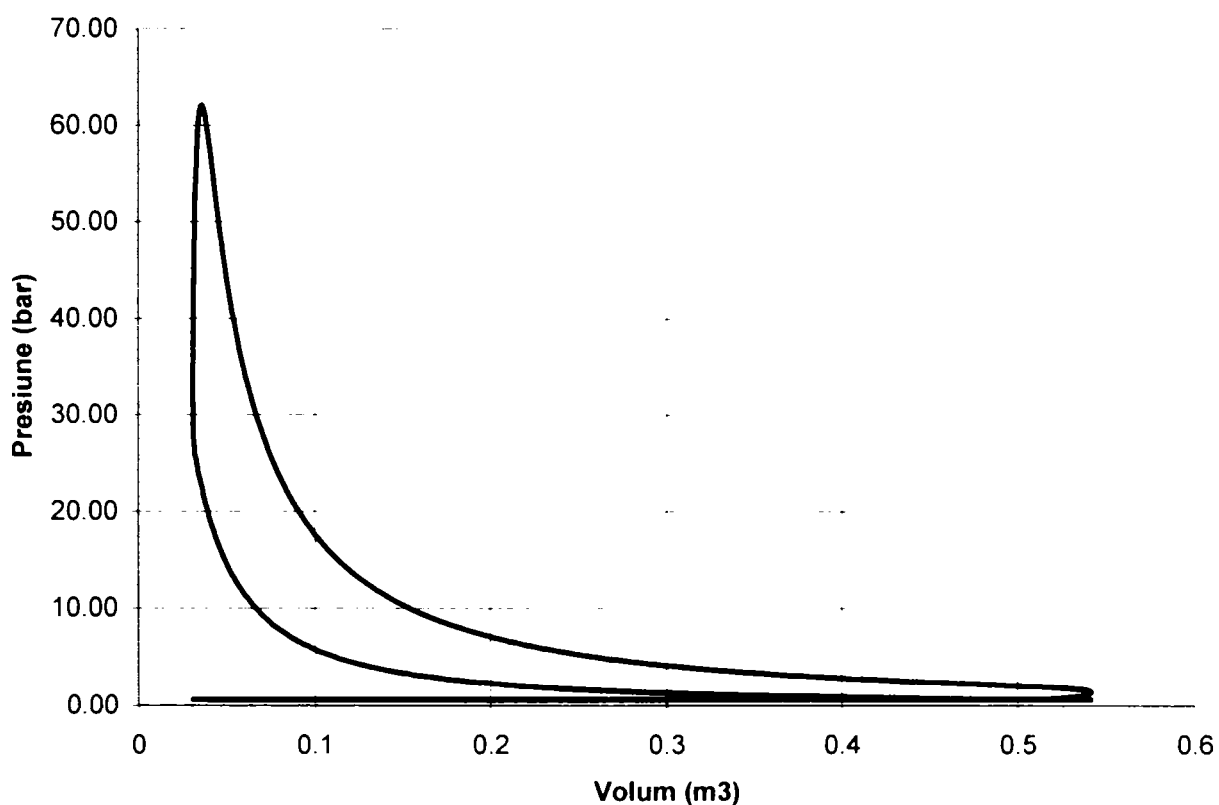


Fig. 6.1 Diagrama indicată pentru autocamionul 1

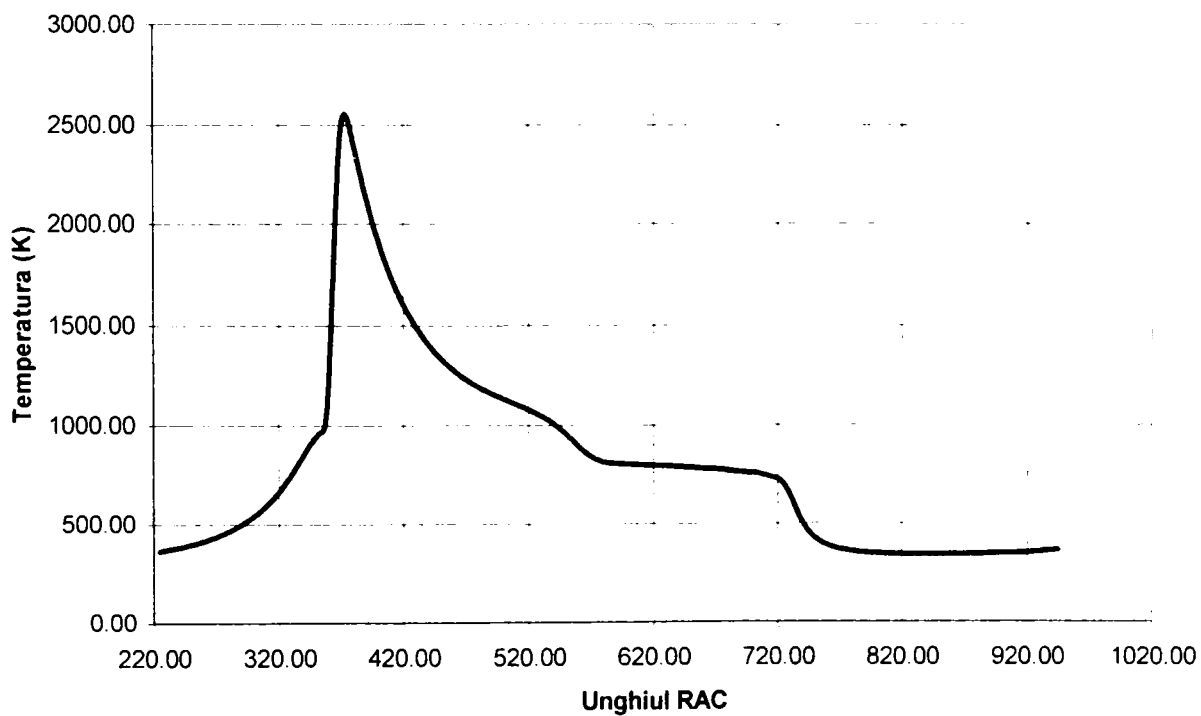


Fig. 6.2 Variația temperaturii pentru autocamionul 1

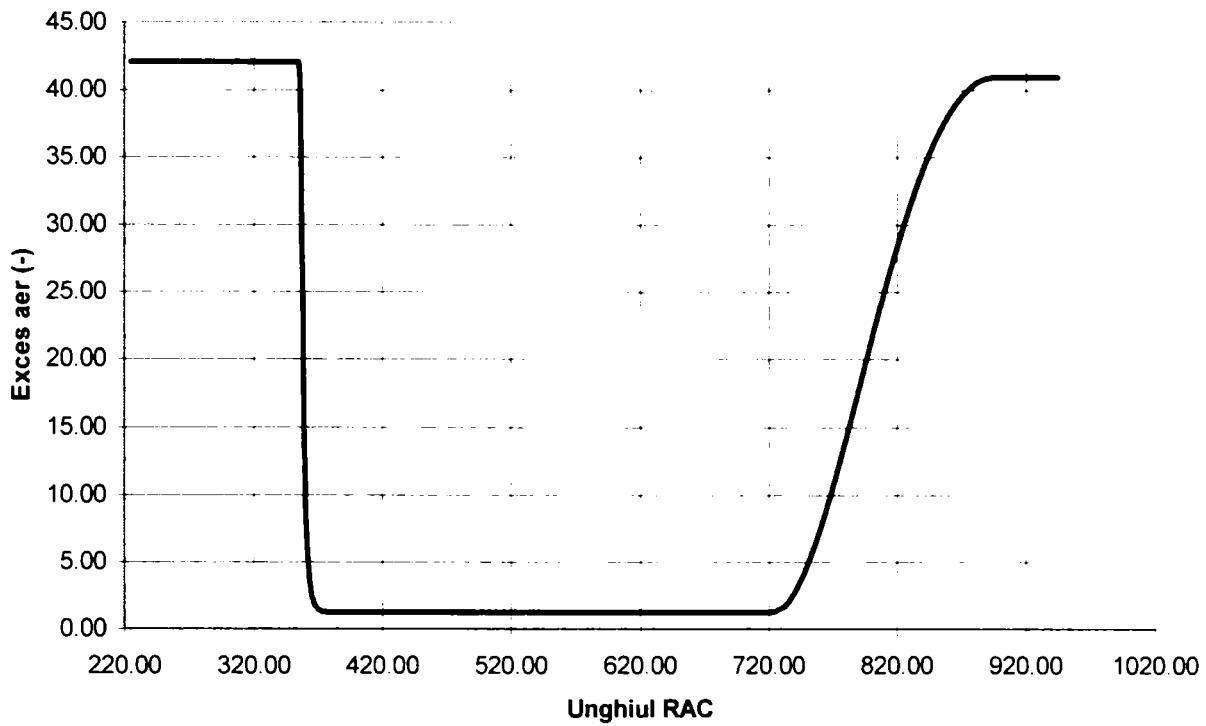


Fig. 6.3 Variația coeficientului excesului de aer din cilindru pentru autocamionul 1

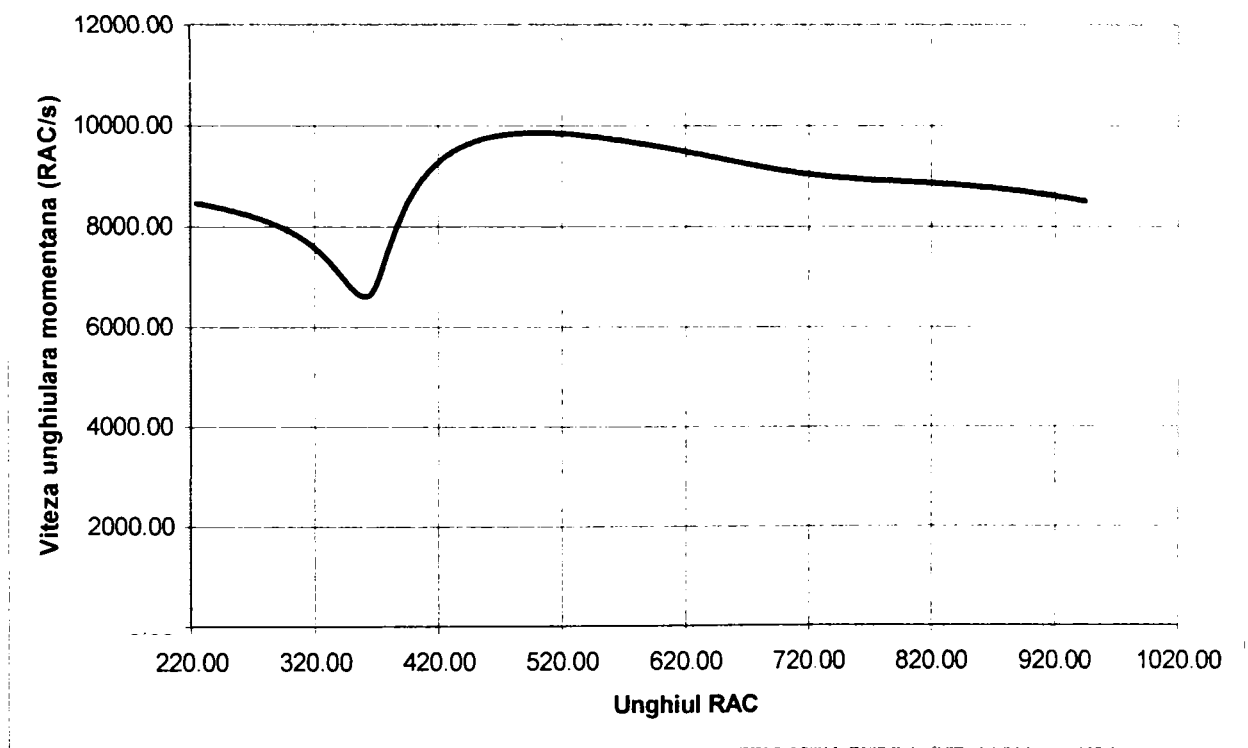


Fig. 6.4 Variația vitezei unghiulare momentane pentru autocamionul 1

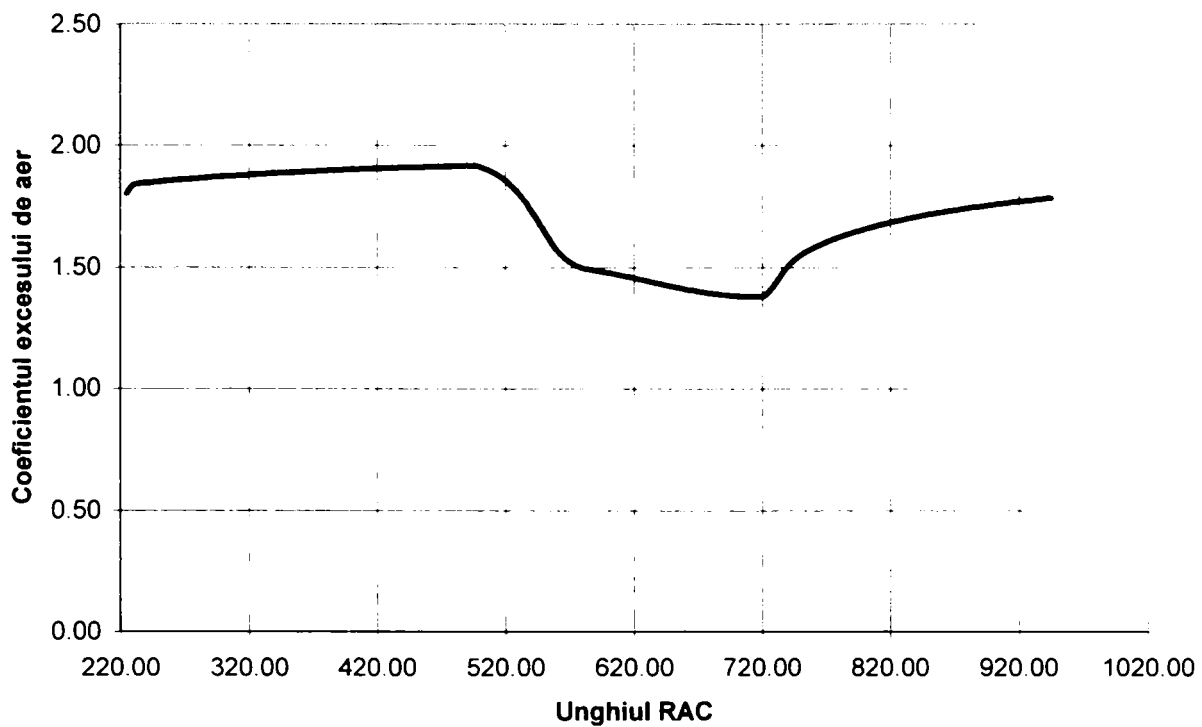


Fig. 6.5 Variația coeficientului excesului de aer pe evacuare pentru autocamionul 1

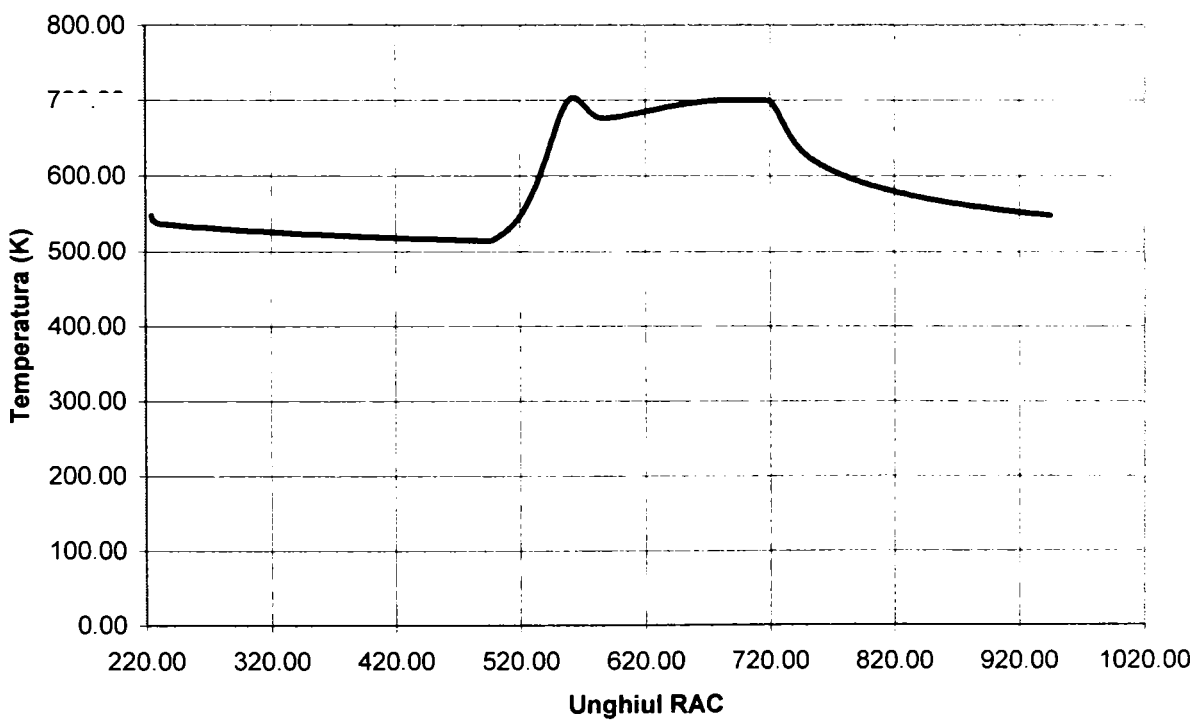


Fig. 6.6 Temperatura pe evacuare pentru autocamionul 1

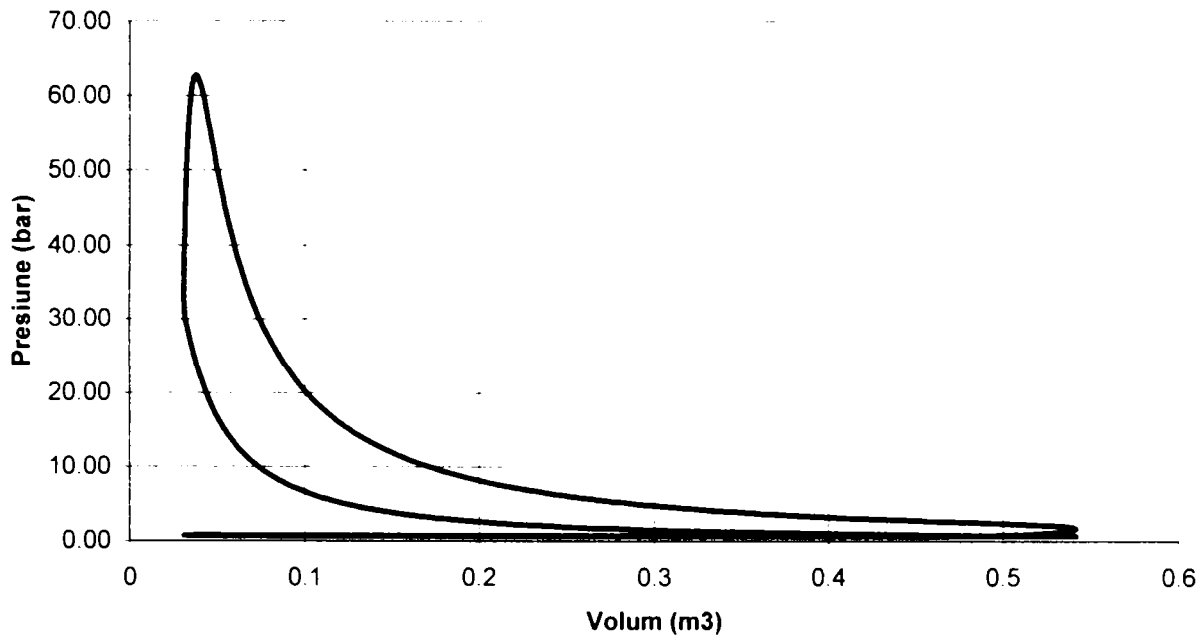


Fig. 6.7 Diagrama indicată pentru autocamionul 2

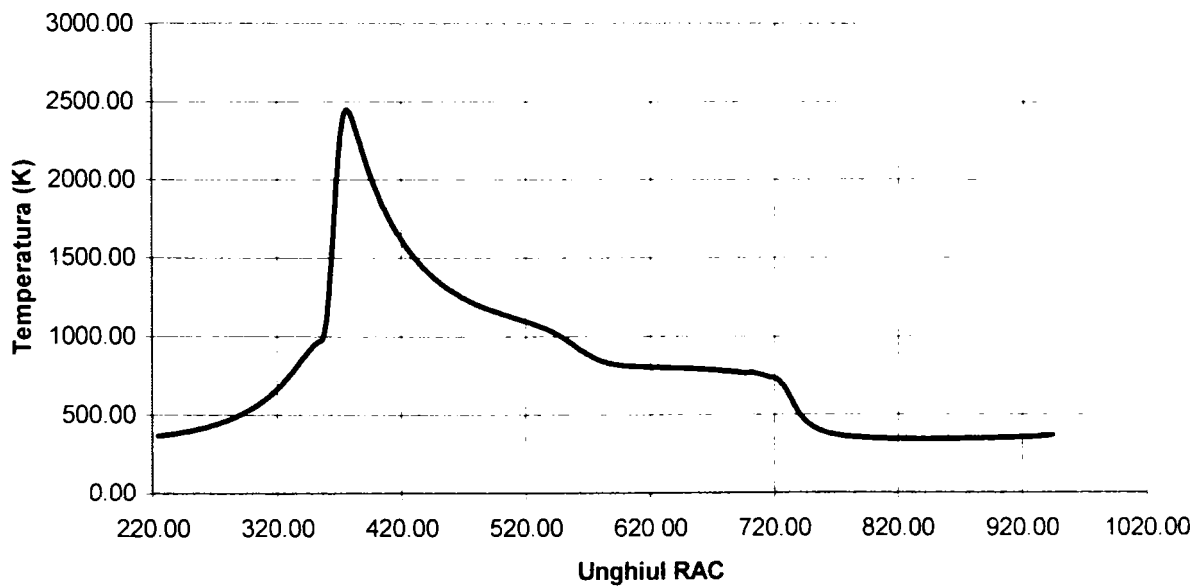


Fig. 6.8 Variația temperaturii pentru autocamionul 2

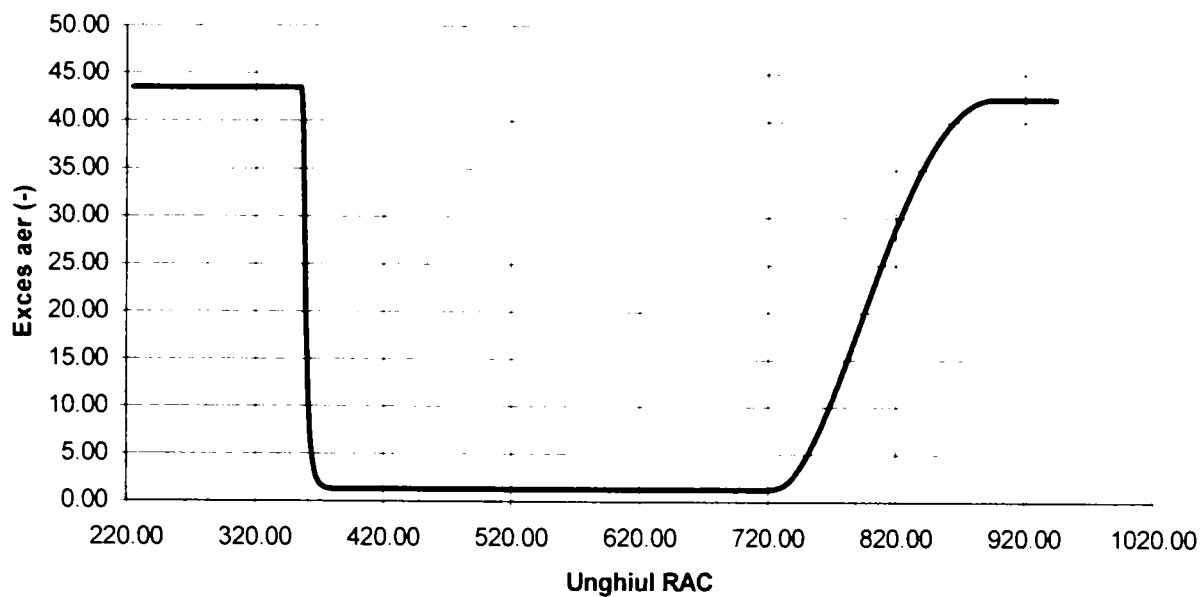


Fig. 6.9 Variația coeficientului excesului de aer din cilindru pentru autocamionul 2

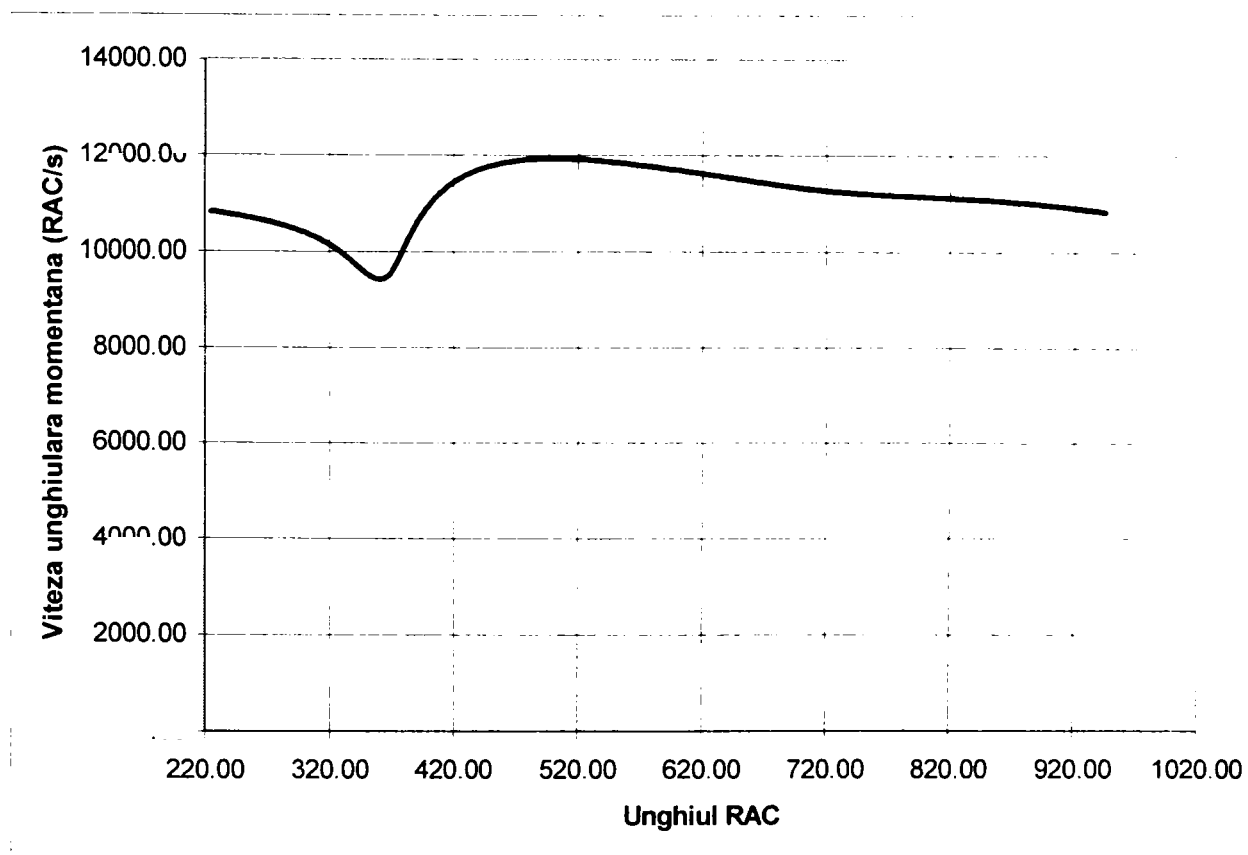


Fig. 6.10 Variația vitezei unghiulare momentane pentru autocamionul 2



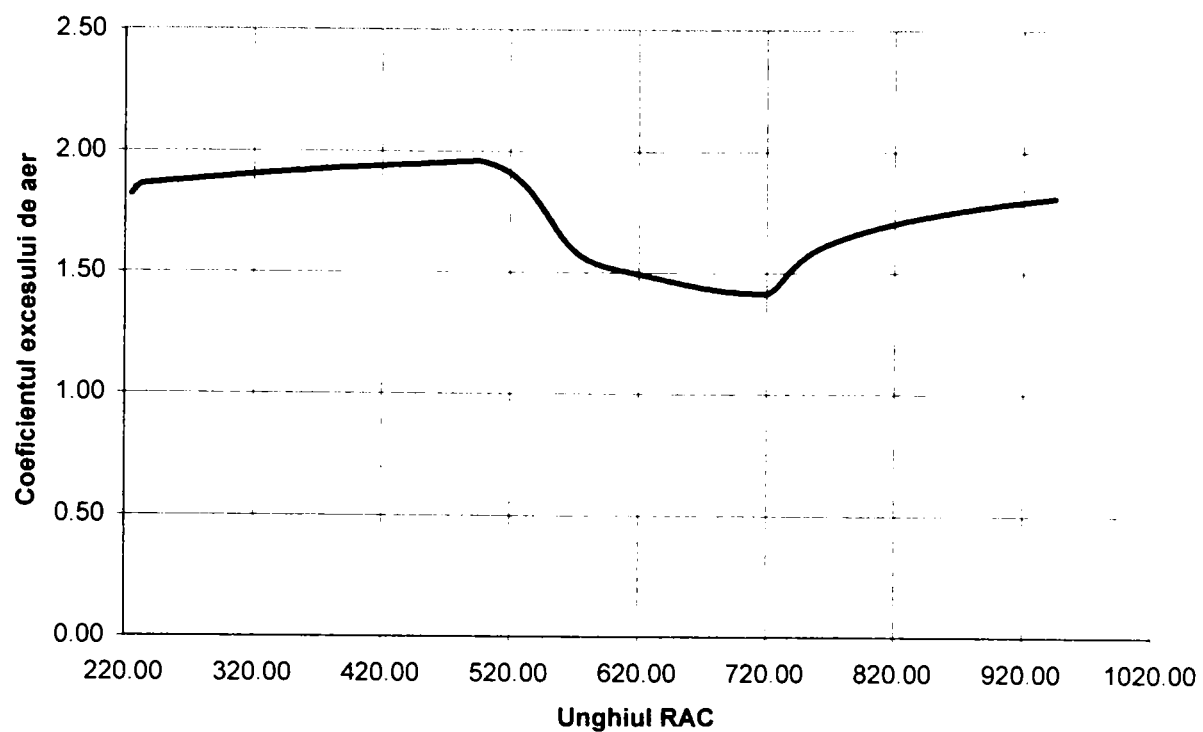


Fig. 6.11 Variația coeficientului excesului de aer pe evacuare pentru autocamionul 2

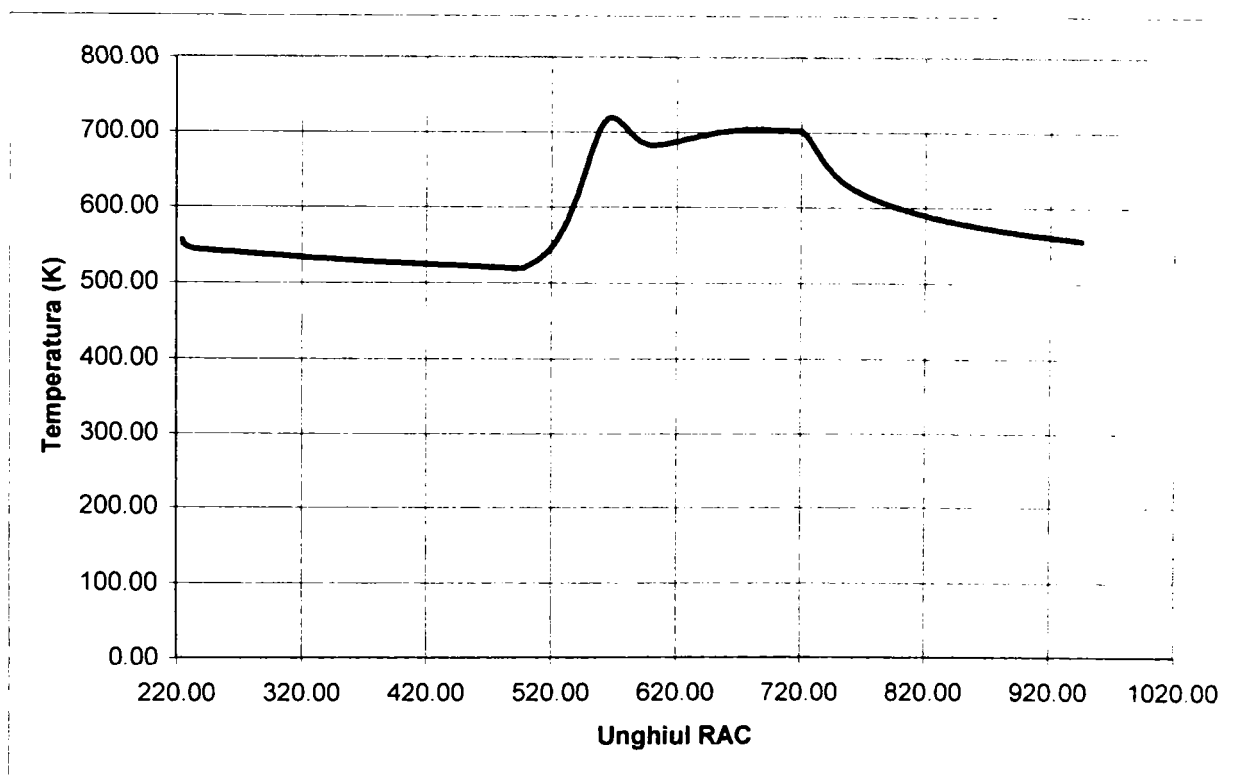


Fig. 6.12 Temperatura pe evacuare pentru autocamionul 2

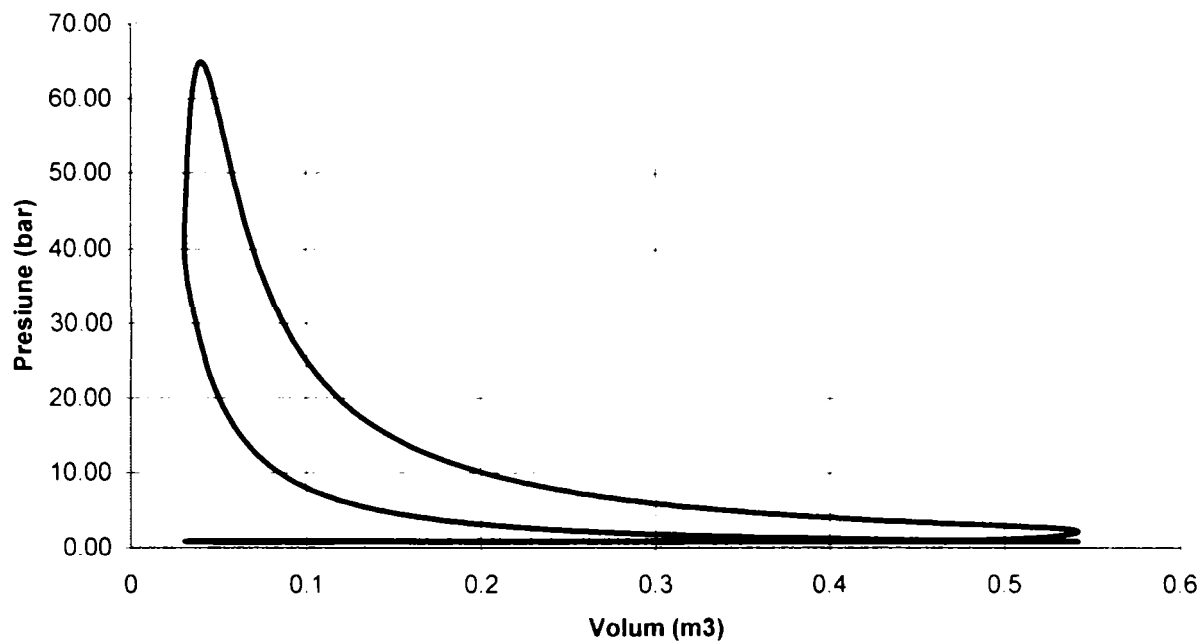


Fig. 6.13 Diagrama indicată pentru motorul OM 352

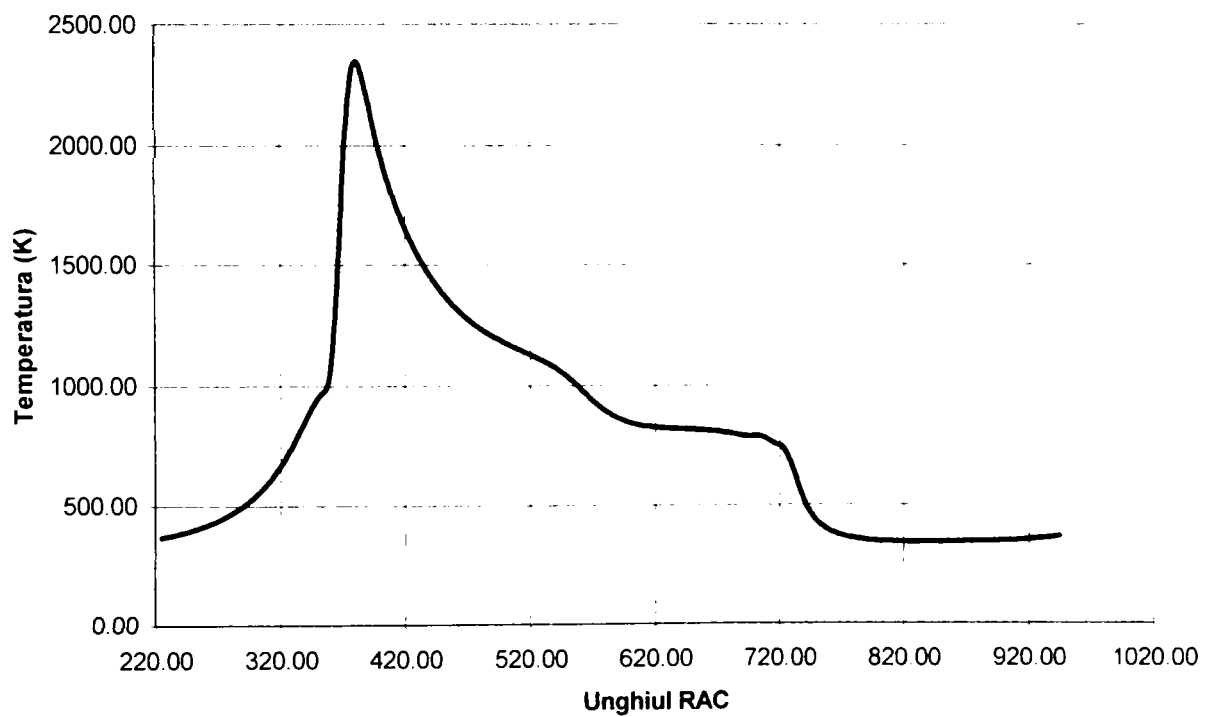


Fig. 6.14 Variația temperaturii pentru motorul OM 352

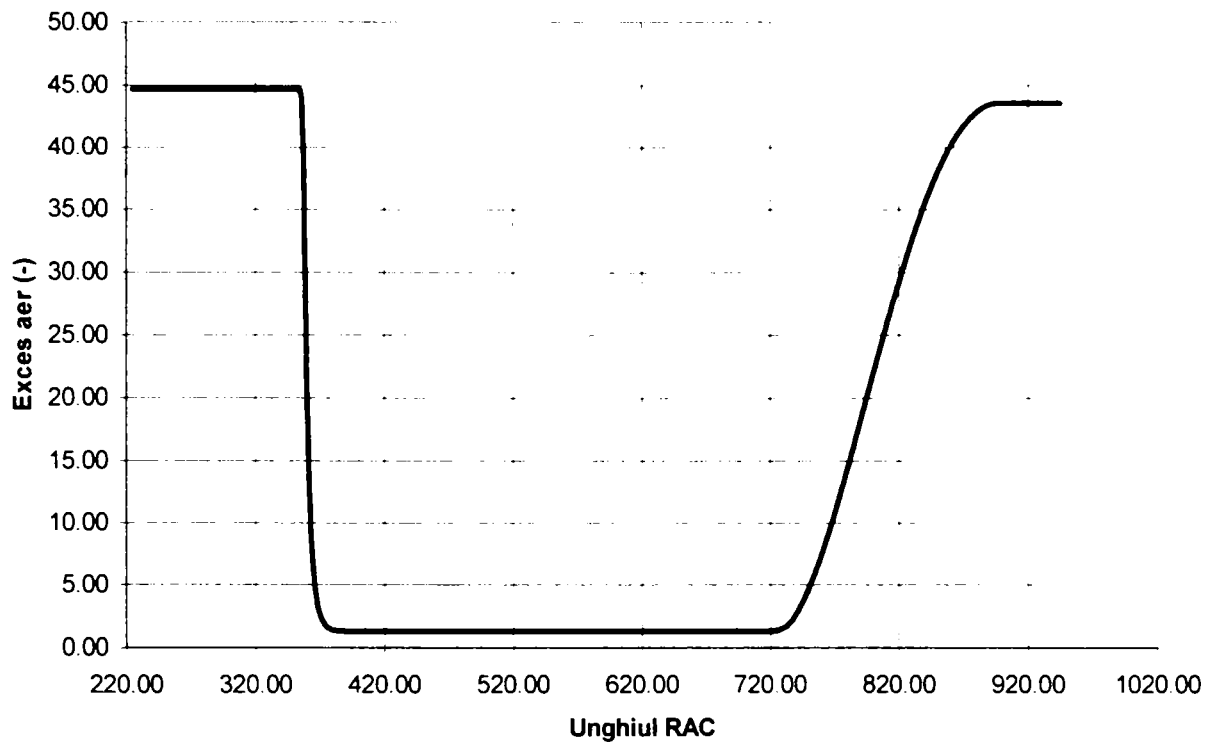


Fig. 6.15 Variația coeficientului excesului de aer din cilindru pentru motorul OM 352

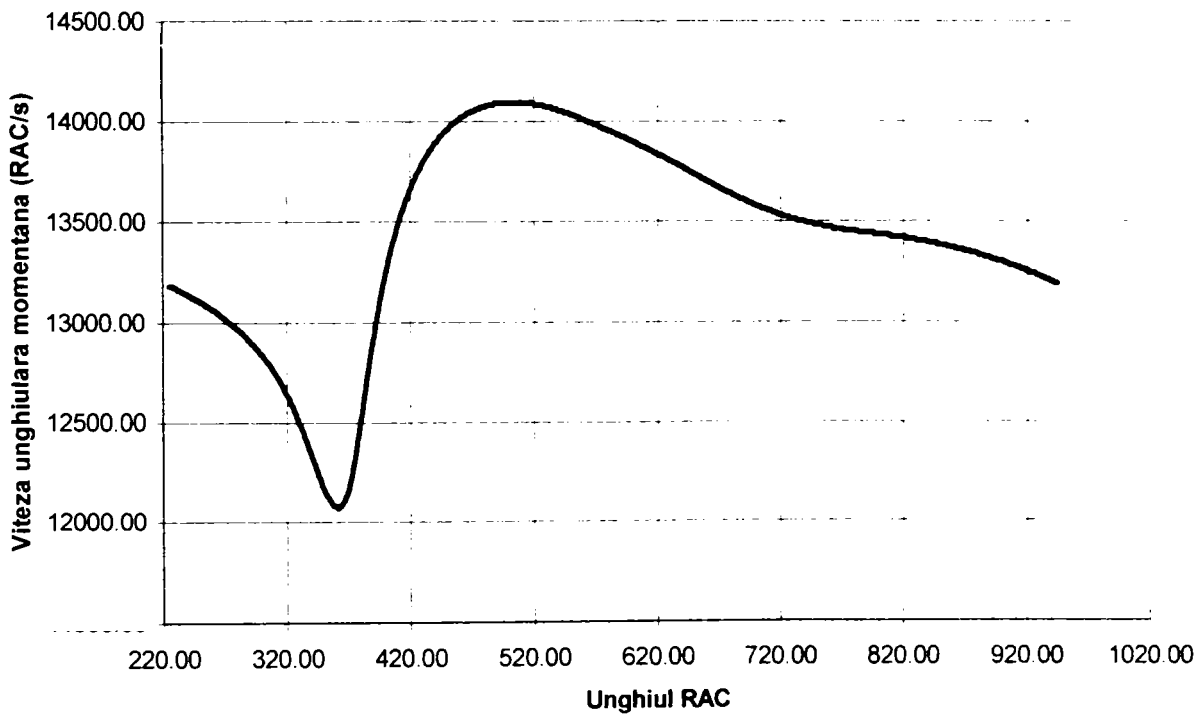


Fig. 6.16 Variația vitezei unghiulare momentane pentru motorul OM 352

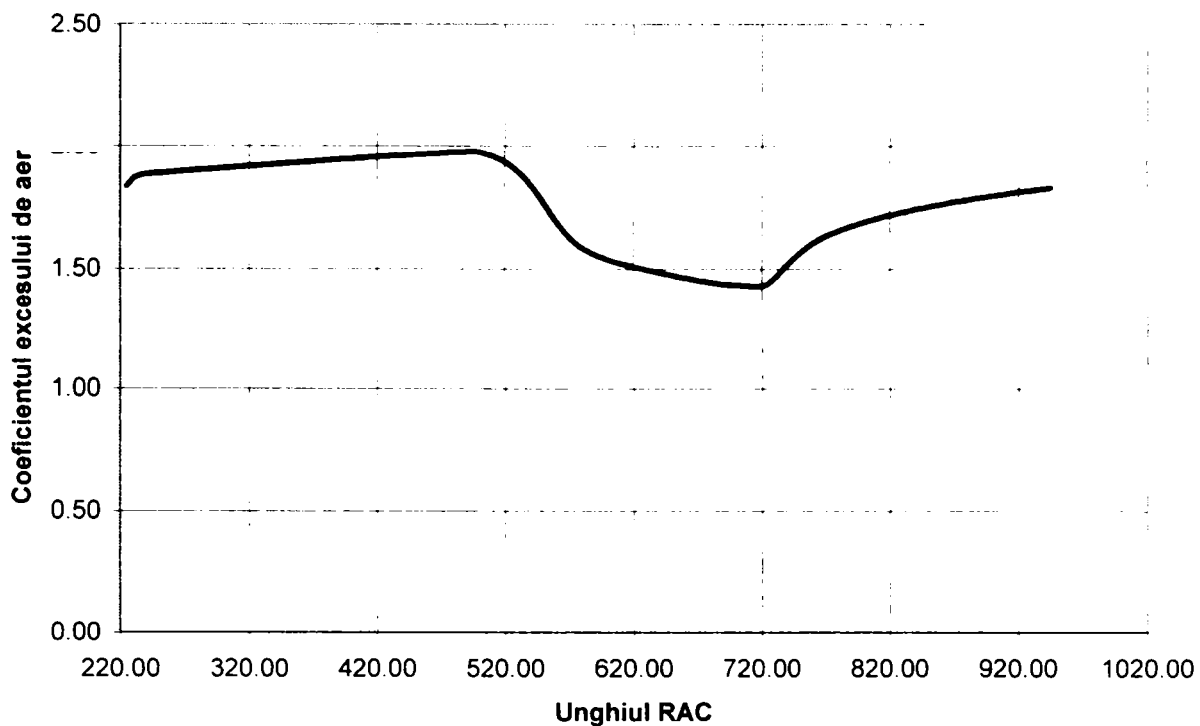


Fig. 6.17 Variația coeficientului excesului de aer pe evacuare pentru motorul OM 352

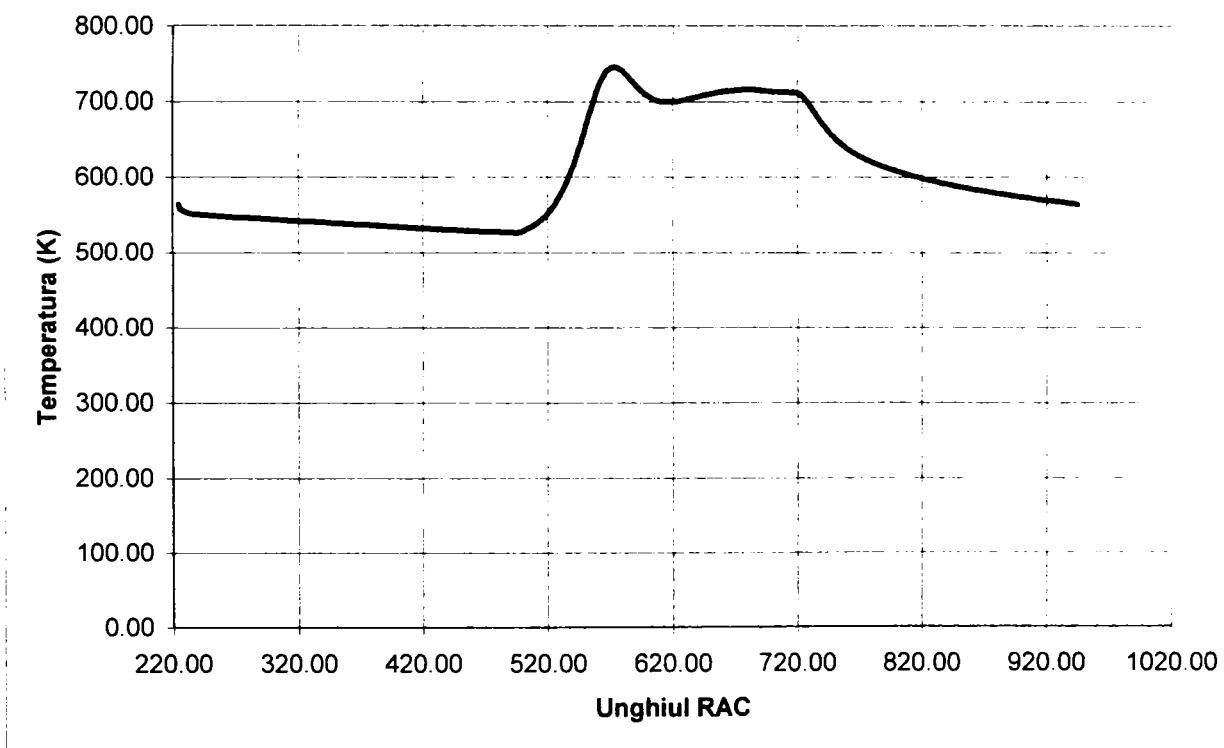


Fig. 6.18 Temperatura pe evacuare pentru motorul OM 352

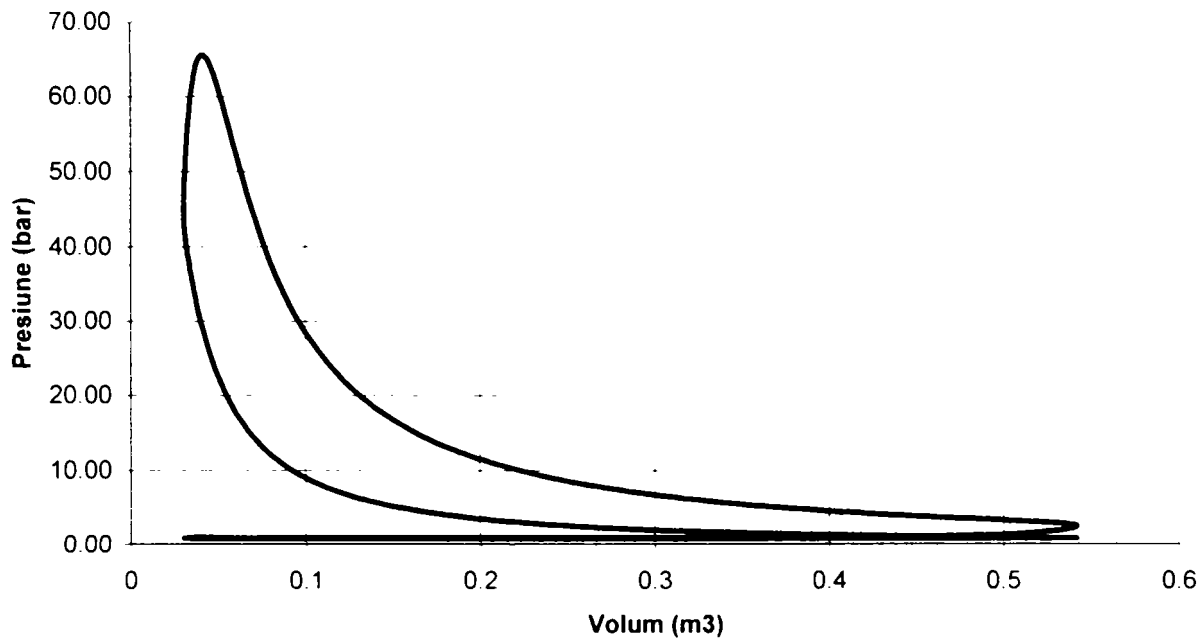


Fig. 6.19 Diagrama indicată pentru motorul OM 352A

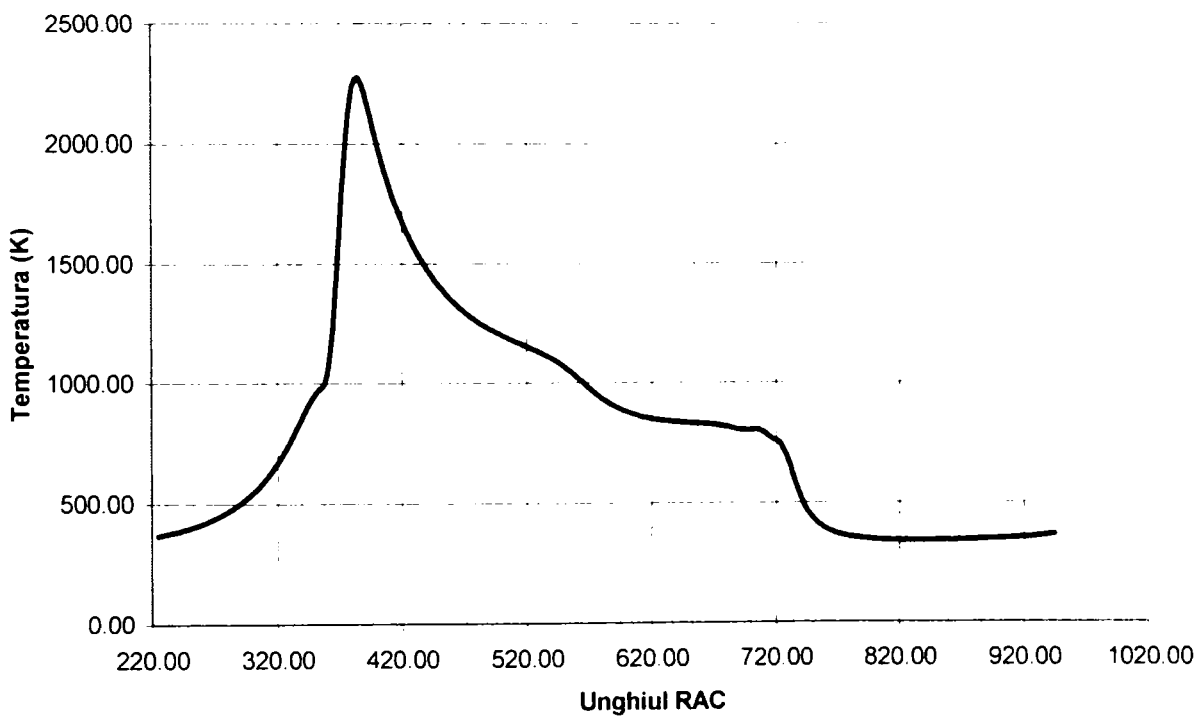


Fig. 6.20 Variația temperaturii pentru motorul OM 352A

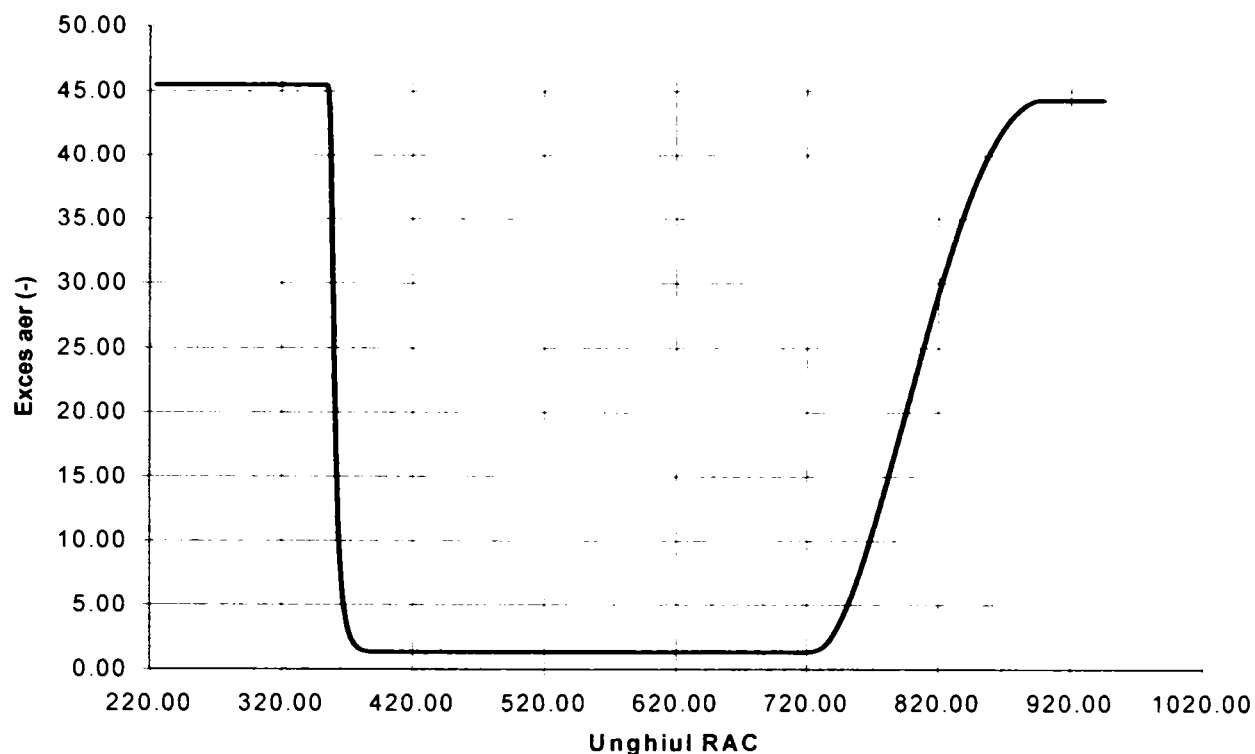


Fig. 6.21 Variația coeficientului excesului de aer din cilindru pentru motorul OM 352A

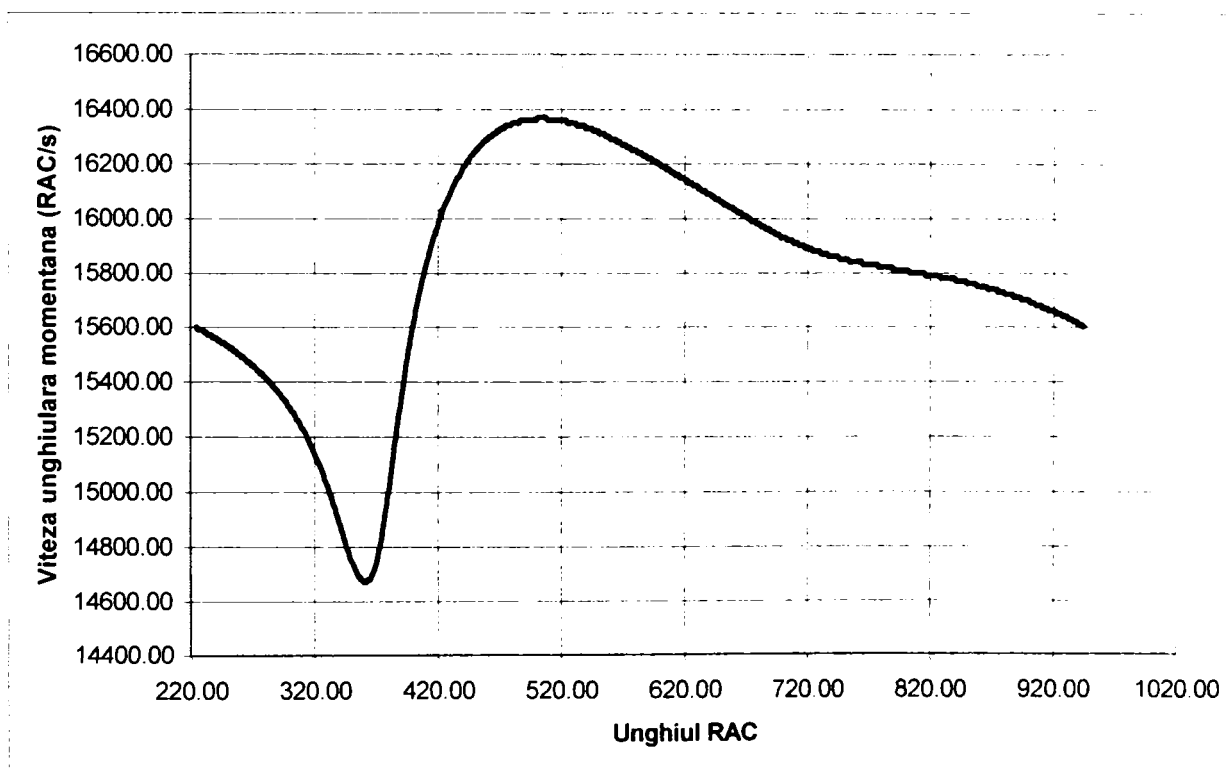


Fig. 6.22 Variația vitezei unghiulare momentane pentru motorul OM 352A

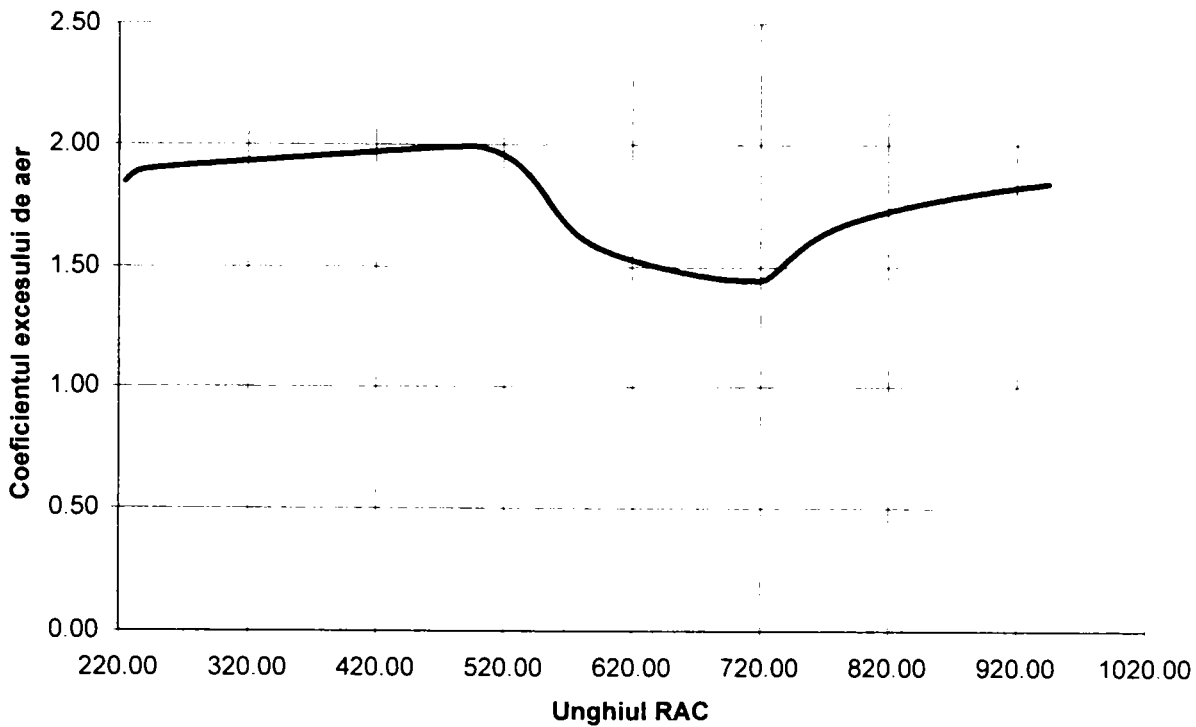


Fig. 6.23 Variația coeficientului excesului de aer pe evacuare pentru motorul OM 352A

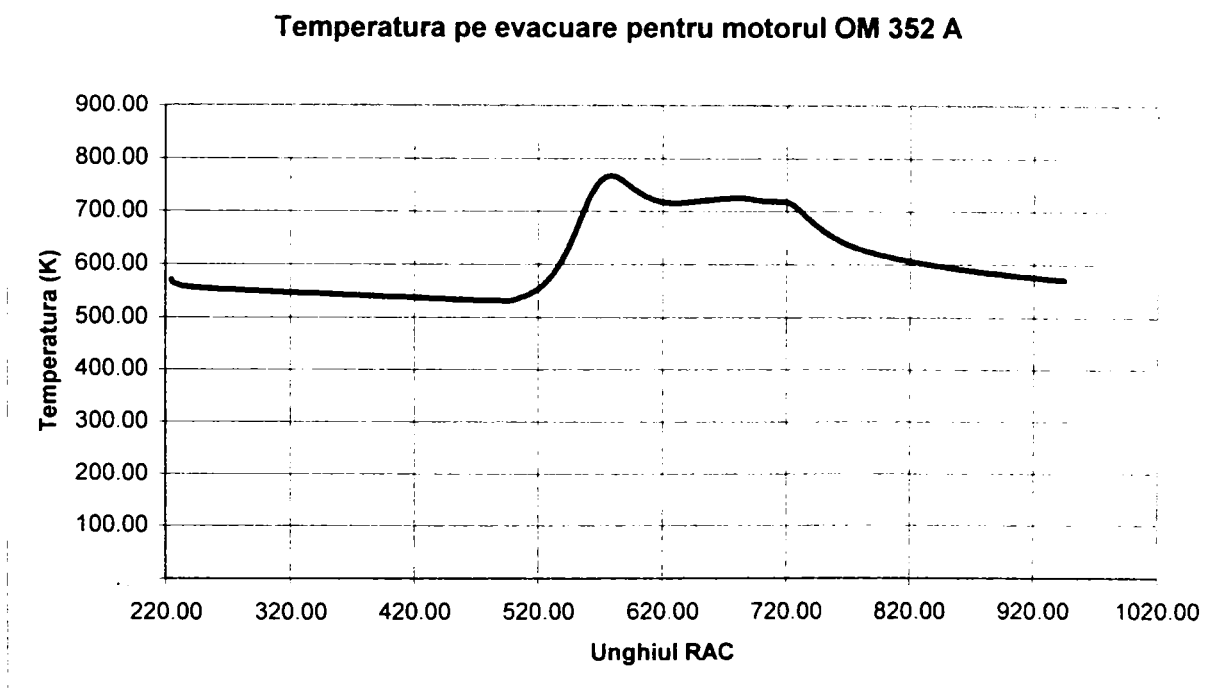


Fig. 6.24 Temperatura pe evacuare pentru motorul OM 352A



Reprezentările grafice următoare (figurile 6.25..6.28) prezintă câteva caracteristici calculate ale motoarelor funcție de variația turației:

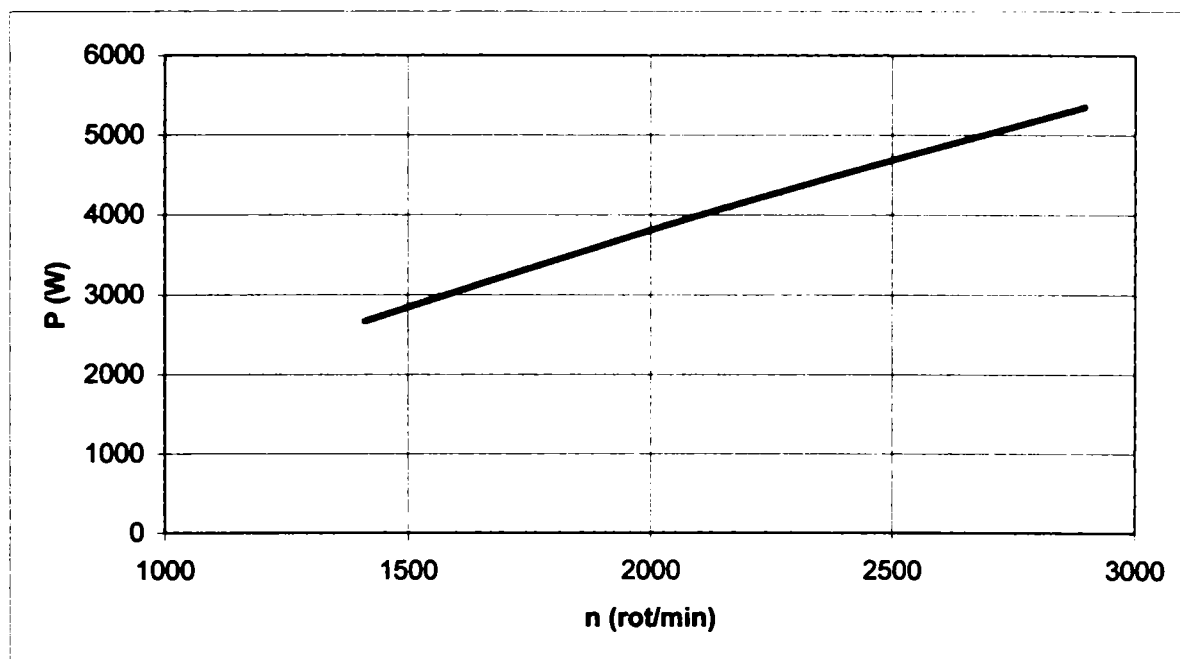


Fig. 6.25 Variația puterii indicate

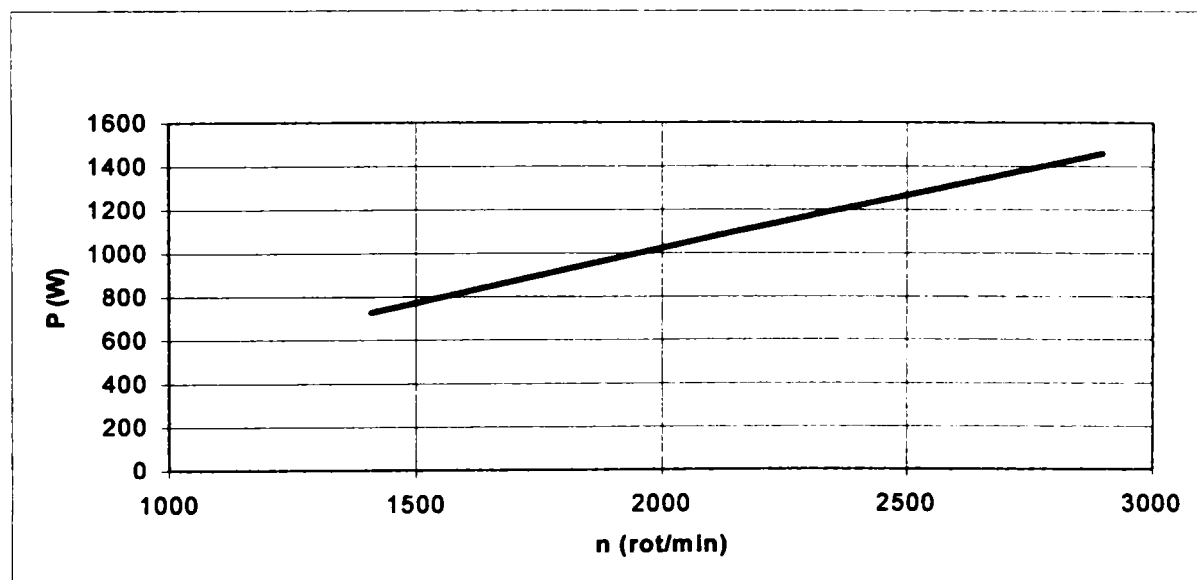


Fig. 6.26 Variația pierderilor prin frecare

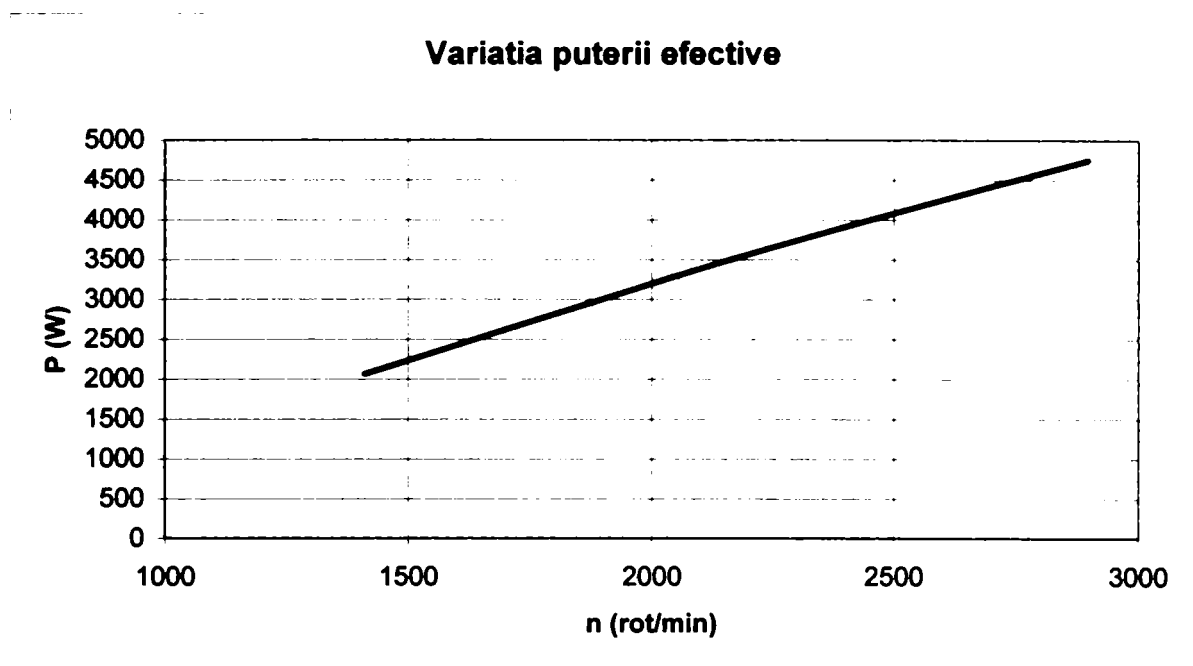


Fig. 6.27 Variația puterii efective

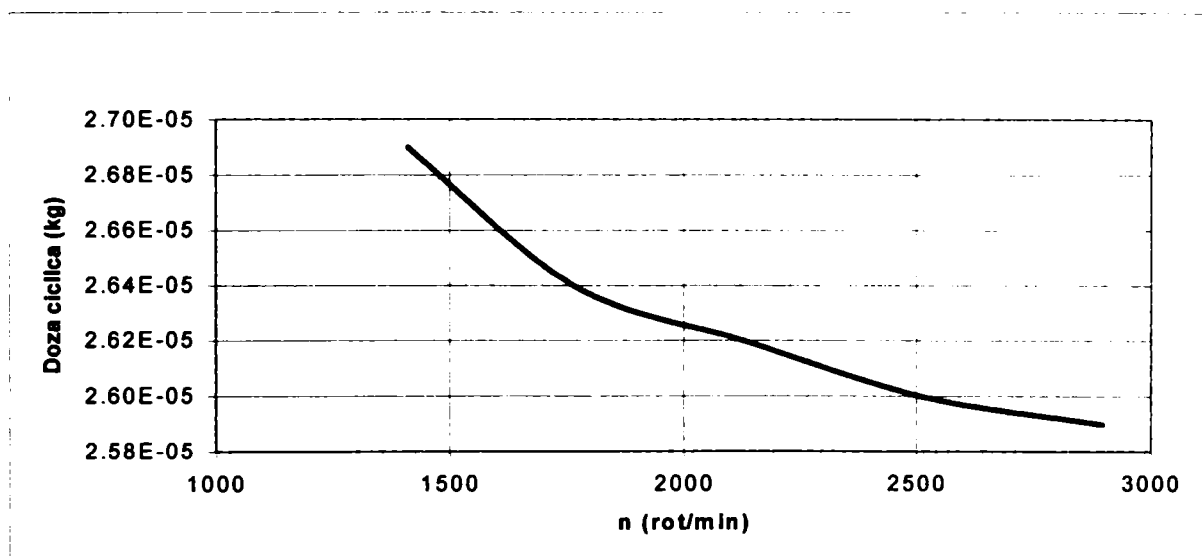


Fig. 6.28 Variația dozei ciclice

În următoarele patru grafice se reprezintă în sinteză variațiile principalilor parametrii, comparativ, la toate cele 4 motoare care au fost luate în calcul. Se prezintă astfel, modul de variație a temperaturii din cilindru, variația presiunii din motor, temperatura de-a lungul unui ciclu motor complet respectiv variația temperaturii în colectorul de evacuare.

Prin intermediul acestor grafice se pot trage concluzii asupra modului de funcționare a motorului la diferite regimuri.

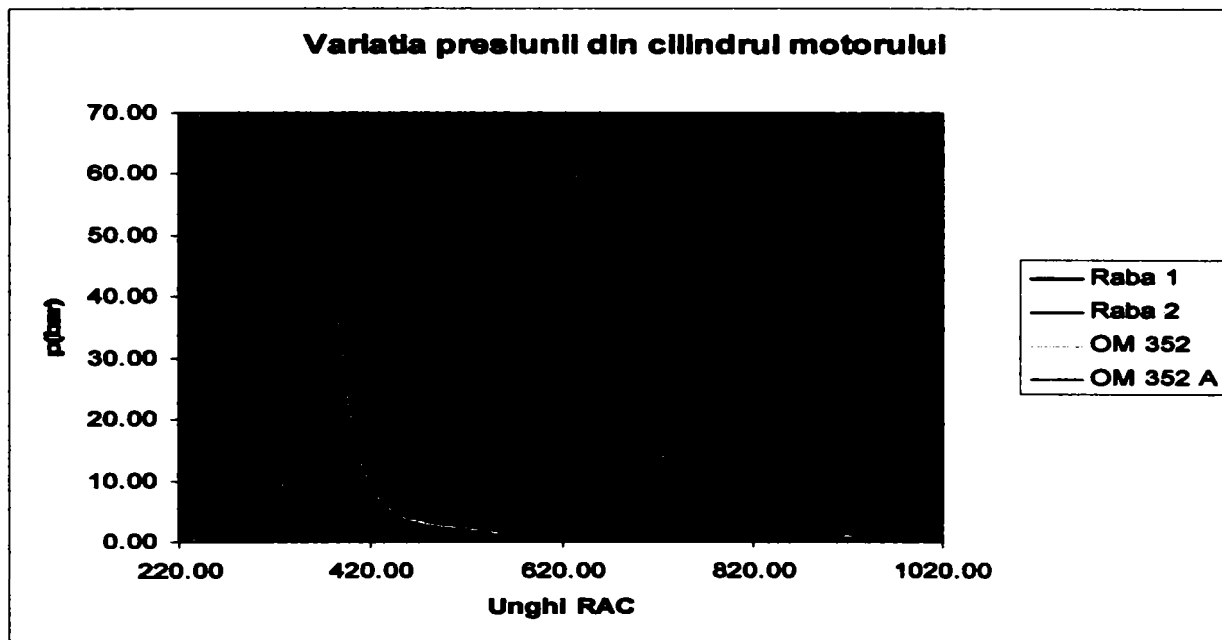


Fig. 6.29 Variația presiunii din cilindrul motorului

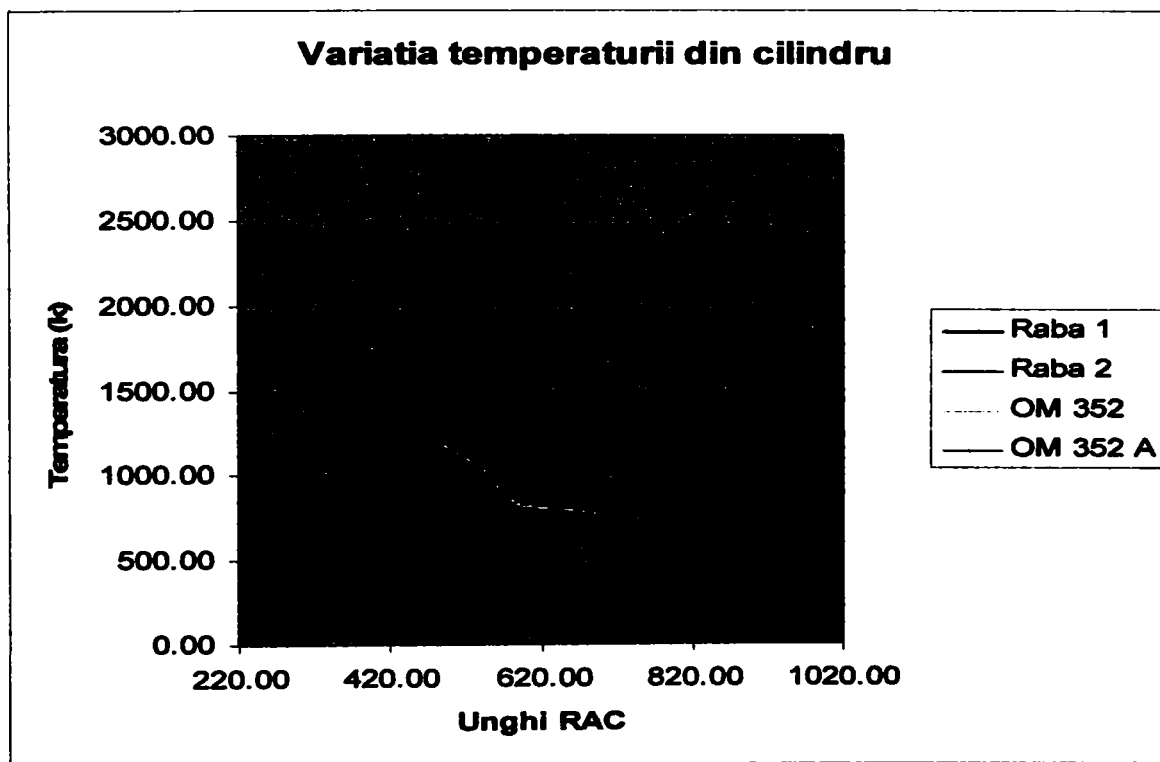


Fig. 6.30 Variația temperaturii din cilindru

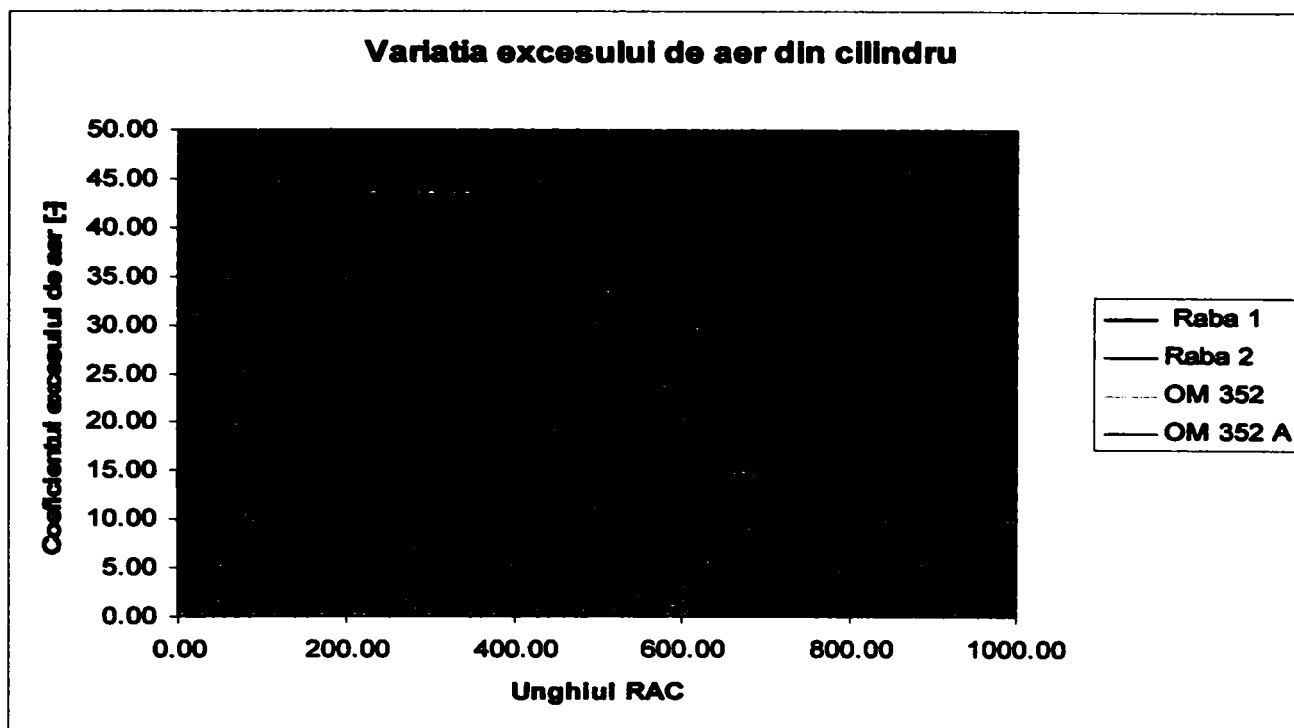


Fig. 6.31 Variația excesului de aer din cilindru

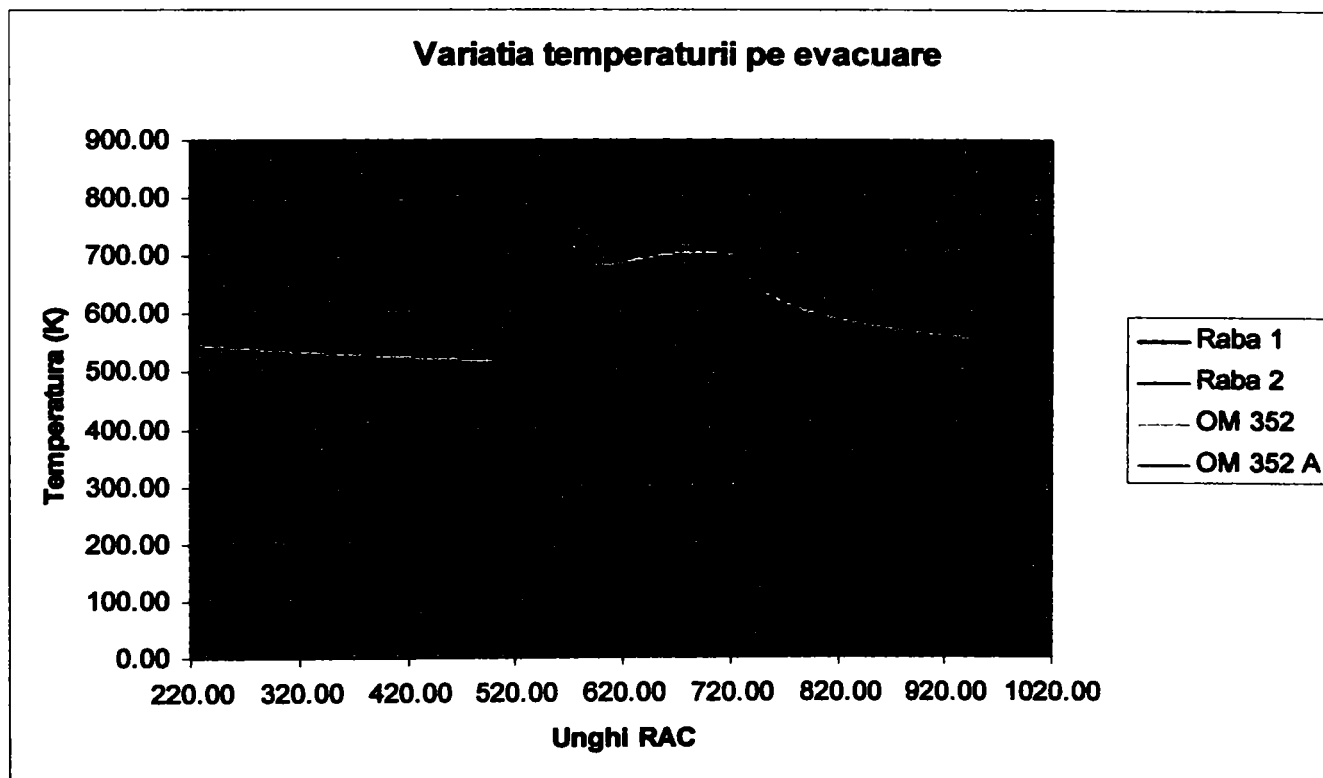


Fig. 6.32 Variația temperaturii pe evacuare

Capitolul tratează evaluarea prin calcul a performanțelor motoarelor D2156HMN, OM 352 și OM 352A funcționând în regim tranzitoriu la mersul în gol și sarcini variabile. Sunt redate caracteristicile principale care definesc geometria motorului, diagrama indicată rezultată prin calcul, se fac studii asupra unor parametri ce caracterizează gazodinamica motorului (viteza unghiulară și evoluția presiunii în cilindru).

În următorul tabel sunt redate valorile lui NO<sub>x</sub> experimentale și simulate la diferite turații pentru autocamionul 1 obținute cu ajutorul programului Diesel-RK.

Tabel 6.3 [87]

Turația motorului [rot/min]	NO <sub>x</sub> experimentat [g/kWh]	NO <sub>x</sub> simulat [g/kWh]
2170	9.8	10.8
2182	14.3	10.04
2190	19.2	15.27
2200	21.6	15.7
2210	24	33
2216	28	31.4

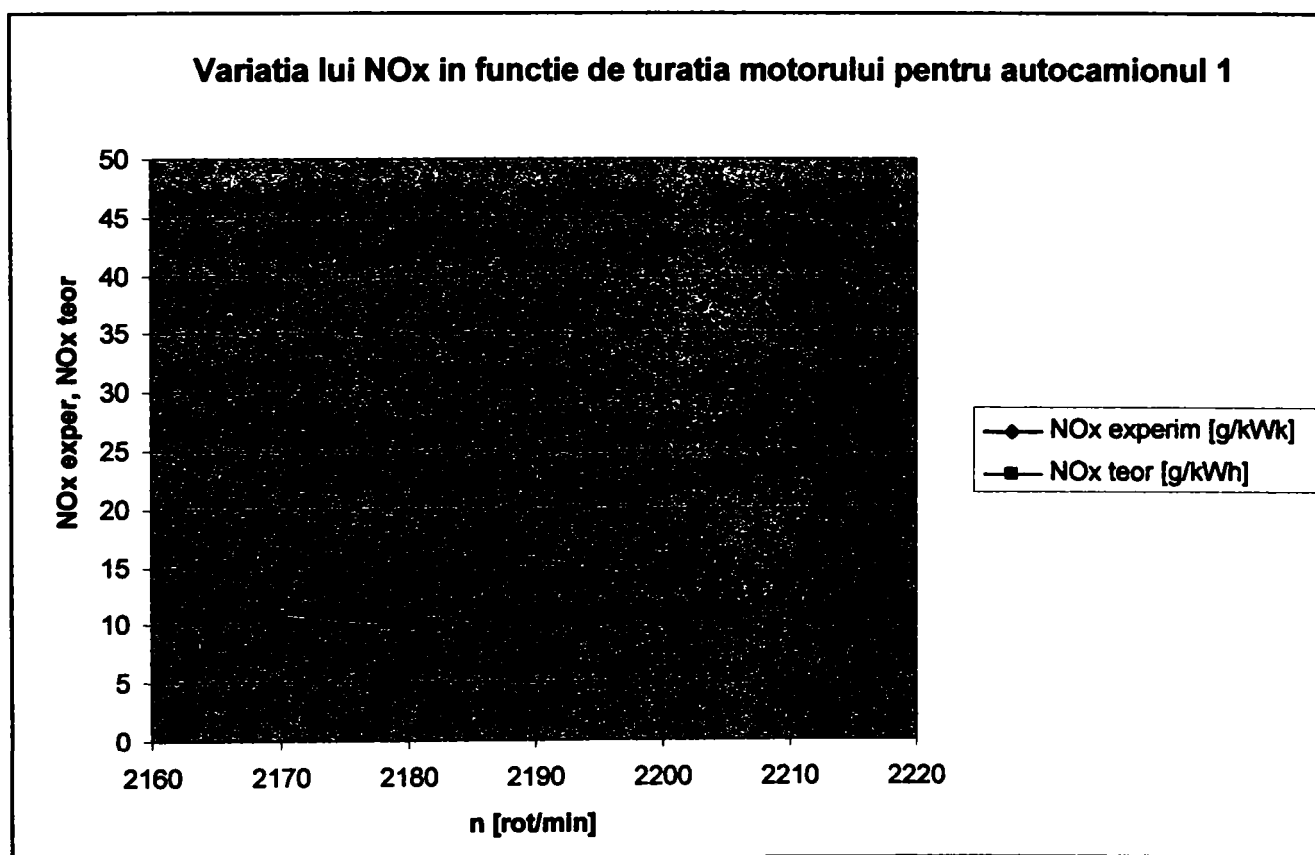


Fig. 6.33 Variația lui NO<sub>x</sub> în funcție de turația motorului pentru autocamionul 1

În următoarea figură este redată variația particulelor în funcție de NO<sub>x</sub> pentru motorul de Mercedes OM 352.

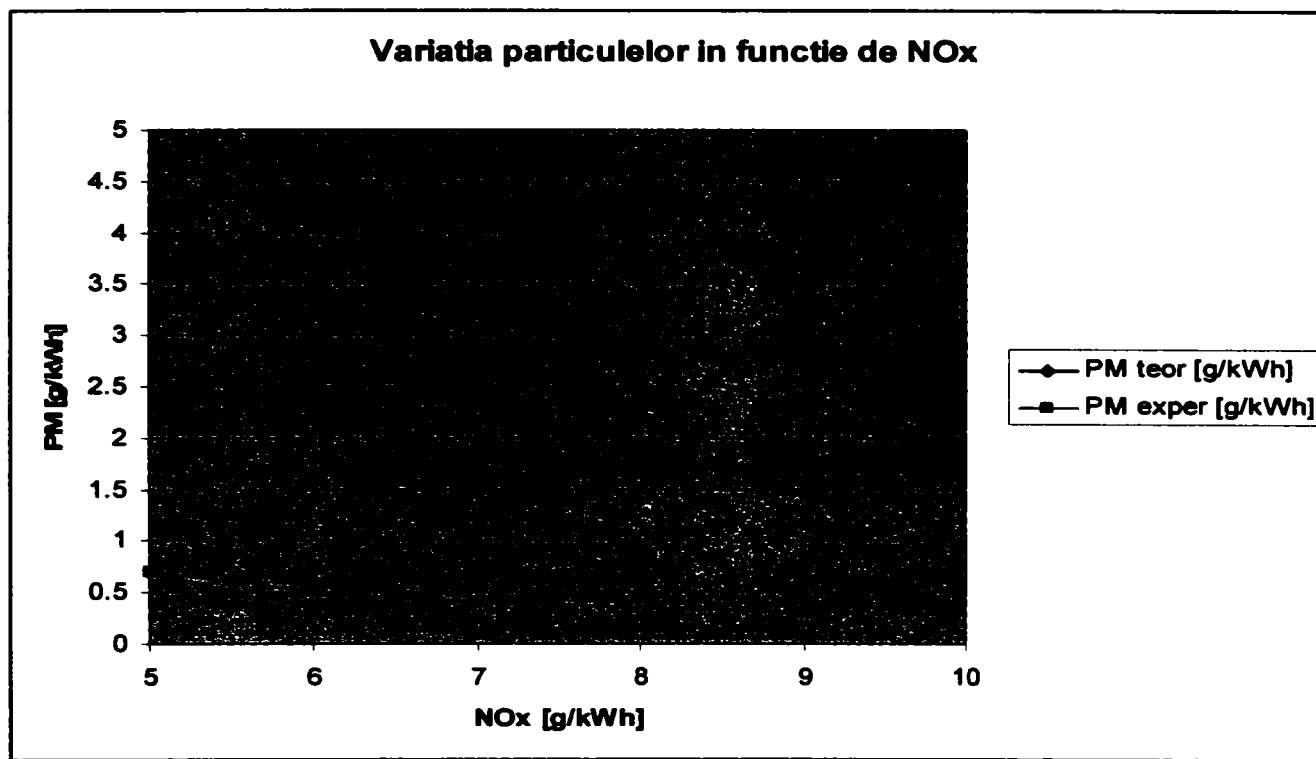


Fig. 6.34 Variația particulelor în funcție de NO<sub>x</sub> pentru OM 352

Se constată că tendința curbelor obținute din datele experimentale este aceeași cu cea obținută din datele teoretice, abaterea obținută permițând validarea relațiilor teoretice.

## 6.2. CU PRIVIRE LA EVALUAREA NOXELOR PENTRU MOTOARELE CU APRINDERE PRIN COMPRESIE DE TRACȚIUNE RUTIERĂ UTILIZÂND INFORMAȚII STATISTICE

După literatura de specialitate în cazul motoarelor cu aprindere prin comprimare compoziția gazelor evacuate este următoarea:

- azot: N<sub>2</sub> 66%
- Oxigen: O<sub>2</sub> 10%
- Dioxid de carbon: CO<sub>2</sub> 12%
- Vaporii de apă: 0,7%
- Noxe total: 0,4% din care:
  - monoxid de carbon: CO 0,045%
  - dioxid de azot: NO<sub>2</sub> 0,15%
  - hidrocarburi: HC 0,03%

- particule: PT 0,15%
- dioxid de sulf: SO<sub>2</sub> 0,025%

Consumul specific de motorină este de circa  $c_e=0,230$  kg/CPh, se apreciază că motoarele funcționează în medie la  $P_e=22$  CP. Se admite un coeficient al excesului de aer  $\lambda=1,7$  și o cantitate de aer teoretic necesară arderii  $L_{\min}=14,69$  kg aer/kg combustibil, după structura motorinei. Se apreciază că se alimentează în 24 ore, 22 autoturisme și 22 de autocamioane cu motoare diesel, simultaneitatea fiind 1 autoturism și 1 autocamion pentru o oră care sunt prezente în stație, cu motoarele pornite (nu în momentul alimentării) circa 5 minute.

Cantitatea de motorină consumată este:

$$0,083 \text{ h} \times 0,230 \text{ kg/CPh} \times 22 \text{ CP} \times 2 \text{ auto} = 0,83996 \text{ kg}$$

Noxele pentru 2 autovehicule și 1 h:

$$M_{CO} = c_e \cdot 2 \cdot P_e \cdot (1 + \lambda \cdot L_{\min}) \cdot \frac{CO}{100} = 0,230 \cdot 2 \cdot 22 \cdot (1 + 1,7 \cdot 14,69) \cdot \frac{0,045}{100} = 0,11828 \text{ kg}$$

Pentru CO:

$$m_{CO} = 0,083 \cdot 0,230 \cdot 2 \cdot 22 \cdot (1 + 1,7 \cdot 14,69) \cdot \frac{0,045}{100} = 0,0098173 \text{ kg pentru 5 min dintr-o oră,}$$

interval de timp pentru care se vor calcula și celelalte emisii din stații.

Pentru NO<sub>2</sub>:

$$m_{NO_2} = 0,083 \cdot 0,230 \cdot 2 \cdot 22 \cdot (1 + 1,7 \cdot 14,69) \cdot \frac{0,15}{100} = 0,0327 \text{ kg}$$

Pentru HC:

$$m_{HC} = 0,083 \cdot 0,230 \cdot 2 \cdot 22 \cdot (1 + 1,7 \cdot 14,69) \cdot \frac{0,03}{100} = 0,006544 \text{ kg}$$

Pentru PT:

$$m_{PT} = 0,083 \cdot 0,230 \cdot 2 \cdot 22 \cdot (1 + 1,7 \cdot 14,69) \cdot \frac{0,15}{100} = 0,0327 \text{ kg}$$

Pentru SO<sub>2</sub>:

$$m_{SO_2} = 0,083 \cdot 0,230 \cdot 2 \cdot 22 \cdot (1 + 1,7 \cdot 14,69) \cdot \frac{0,025}{100} = 0,00545 \text{ kg}$$

În conformitate cu Ordinul 592/octombrie 2002 publicat în Monitorul Oficial al României nr. 765 din 21 octombrie 2002 și după calcule ale autorului noxele în ansamblu au următoarele valori, pentru transformarea din  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  în ppm:

- pentru CO:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 1,052$  ppm
- pentru NO<sub>2</sub>:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 1,72$  ppm
- pentru HC:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \approx 2,1$  ppm
- pentru PT:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \approx 2,7$  ppm
- pentru SO<sub>2</sub>:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \approx 2,456$  ppm
- pentru COV prin echivalare cu HC:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \approx 2,1$  ppm

Trebuie avut în vedere că  $1 \text{ kg} = 10^9 \mu\text{g}$ .



Volumul aproximativ total pentru o oră a gazelor ce ar ajunge în atmosferă pentru 2 autovehicule cu motoare diesel, frecvență cu care acestea sunt într-o intersecție fiind de o oră, acceptând densitatea fluidului motor la eșapament  $\rho=2\text{kg/m}^3$  este:

$$V_{mac-h} = c_e \cdot 2 \cdot P_e \cdot \frac{(1 + \lambda \cdot L_{min})}{2} = 0,230 \cdot 2 \cdot 22 \cdot \frac{(1 + 1,7 \cdot 14,69)}{2} = 131,42 \text{ m}^3 \text{ gaze eșapate}$$

într-o oră

Cantitatea de noxe raportată pe  $\text{m}^3$  pe durata a o oră (autovehiculele fiind prezente câte 5 minute într-o intersecție din intervalul de o oră, raportarea făcându-se la gazele trimise într-o secundă în atmosferă) este:

$$m_{mac-CO-h} = \frac{m_{CO}}{(V_{mac-h} \cdot 5 \text{ min})} = \frac{0,0098173, \text{ kg} \cdot 10^9}{(131,42 \cdot 300)} = 24,9 \text{ } \mu\text{g/m}^3 \text{ s}$$

$$m_{mac-NO_2-R} = \frac{m_{NO_2}}{(V_{mac-h} \cdot 5 \text{ min})} = 82,9 \text{ } \mu\text{g/m}^3 \text{ s}$$

$$m_{mac-HC-R} = \frac{m_{HC}}{(V_{mac-h} \cdot 5 \text{ min})} = 16,605 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

$$m_{mac-PT-R} = \frac{m_{PT}}{(V_{mac-PT} \cdot 5 \text{ min})} = 82,9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

$$m_{mac-SO_2-R} = \frac{m_{SO_2}}{(V_{mac-SO_2-R} \cdot 5 \text{ min})} = 13,84 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

Valorile concentrațiilor admise după Ordinul nr. 592/oct. 2002 sunt:

- pentru CO valoarea limită pentru media a 8 h:  $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3 > 5,92 \text{ } \mu\text{g/m}^3$
- pentru  $\text{NO}_2$  limita orară:  $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3 > 16,674 \text{ } \mu\text{g/m}^3$
- pentru HC limita pe an calendaristic de la 1 ian. 2005:  $4 \text{ } \mu\text{g/m}^3 > 3,37 \text{ } \mu\text{g/m}^3$
- pentru PT limita orară  $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3 > 16,485 \text{ } \mu\text{g/m}^3$
- pentru  $\text{SO}_2$  limita orară  $350 \text{ } \mu\text{g/m}^3 > 2,768 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , care sunt toate mai mari decât cele determinate

Rezultatele experimentale au fost coroborate cu relațiile de calcul obținându-se rezultate statistice care au participat la cercetări. Prezentarea datelor experimentale, de calcul respectiv a datelor statistice este redată în histogramele următoare:

Compararea oxizilor de azot statistic, teoretic și experimental în timp

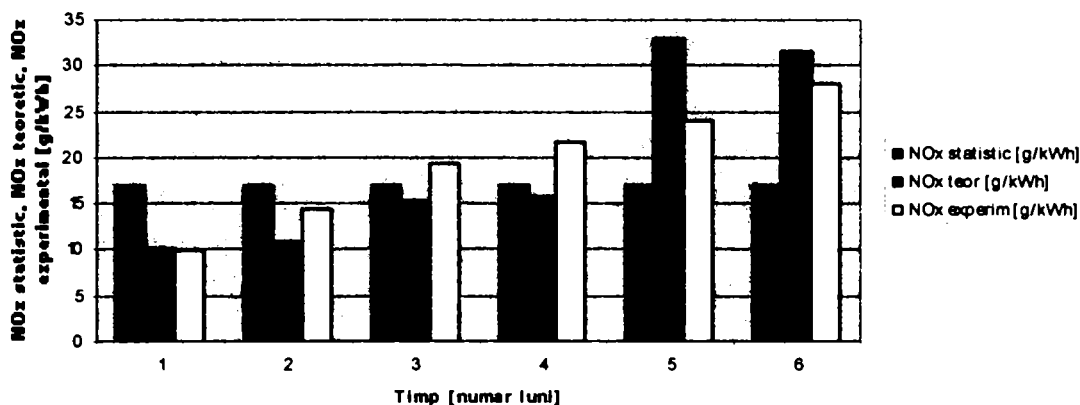


Fig. 6.35. Compararea oxizilor de azot statistic, teoretic și experimental în timp

Compararea particulelor statistic, teoretic, experimental în timp

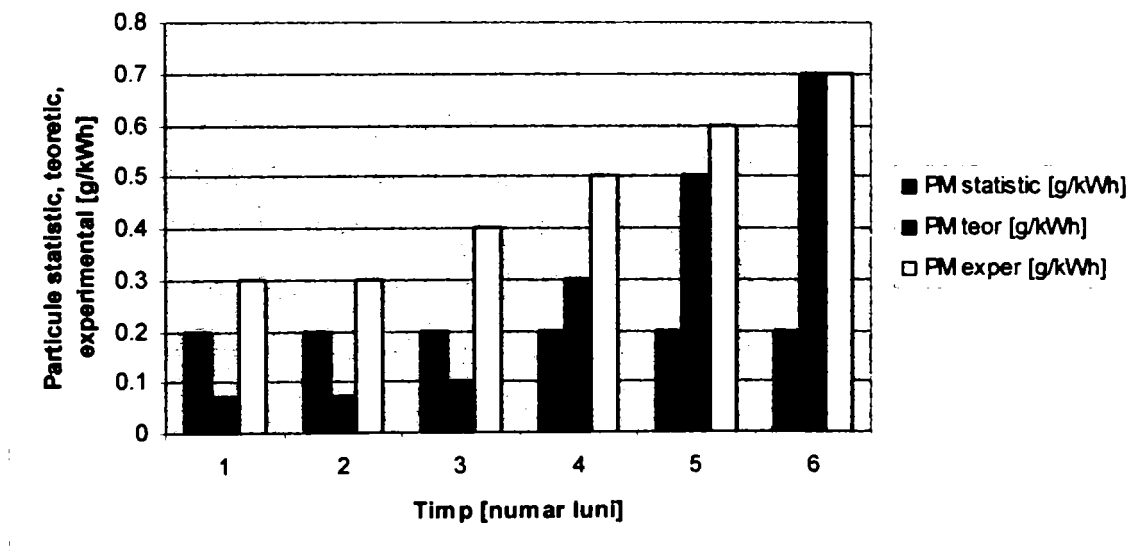


Fig. 6.36. Compararea particulelor statistic, teoretic și experimental în timp

În diagrame unde sunt diferențe mari între teoretic și statistic raportate la experimental trebuie avut în vedere că pentru primele 2 situații s-au acceptat valori impuse constant pentru consumul de combustibil și puteri care nu se reproduc în exploatare unde regimurile sunt de foarte mare variabilitate, coeficientul de sarcină variind, de exemplu între 0,2 și 0,8.

## CAPITOLUL 7

### CERCETĂRI EXPERIMENTALE ȘI INTERPRETAREA COMPARATIVĂ CU DATE DE CALCUL PENTRU NOXELE EȘAPATE DE CĂTRE MOTOARELE CU ARDERE INTERNĂ ȘI STUDII ASUPRA EVALUĂRII PRIN ECHIVALENȚĂ A CONȚINUTULUI DE FUM PENTRU MOTORUL DIESEL

#### 7.1. Date experimentale privind evoluția în timp și după rulajul în kilometri a noxelor și a conținutului de oxigen pentru autovehicule rutiere

În continuare se prezintă evoluția în timp a CO, CO<sub>2</sub>, HC și O<sub>2</sub> pentru toate cele 5 autovehicule prezentate în capitolul 5.

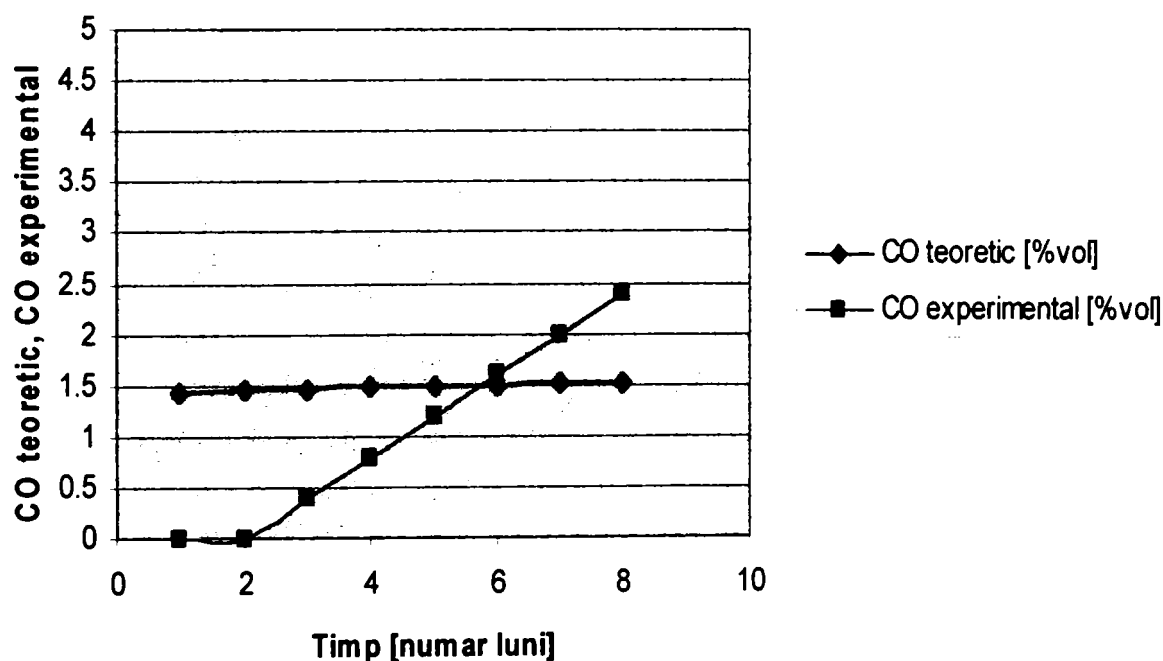


Fig. 7.1 Variația monoxidului de carbon în timp pentru autoturismul Cielo

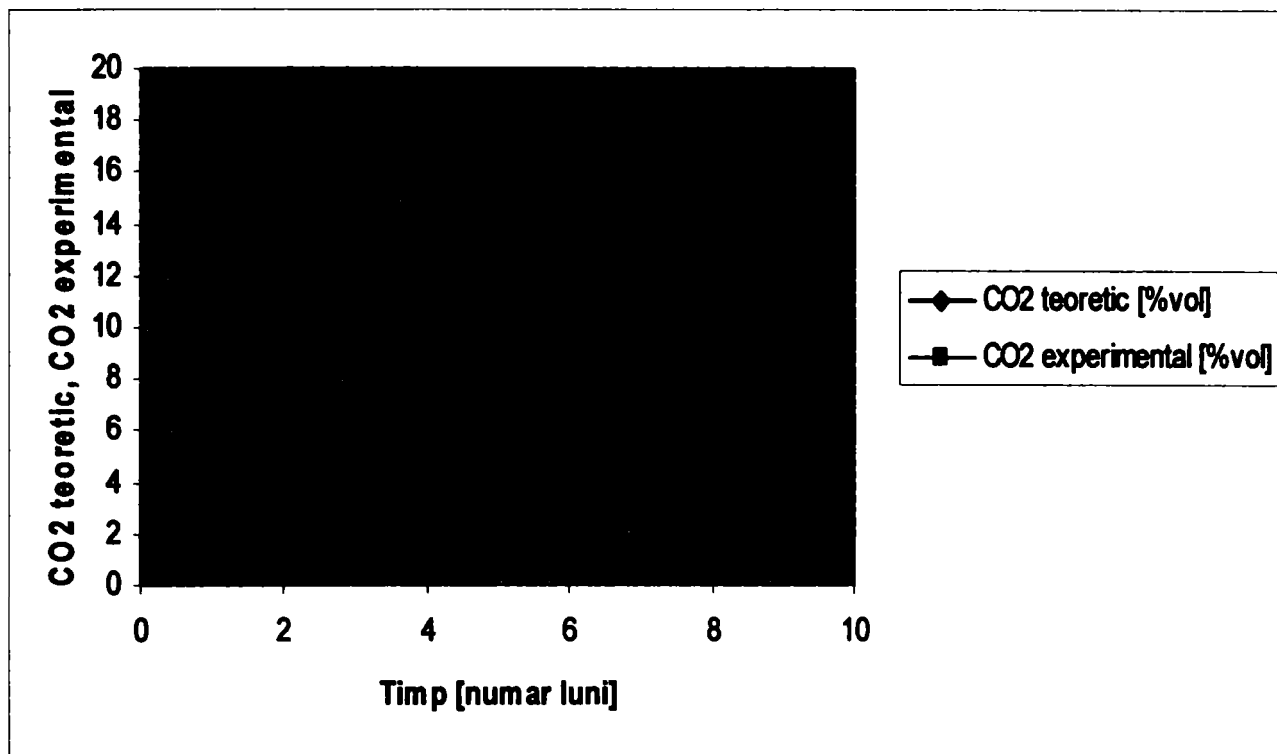


Fig. 7.2 Variația bioxidului de carbon în timp pentru autoturismul Cielo

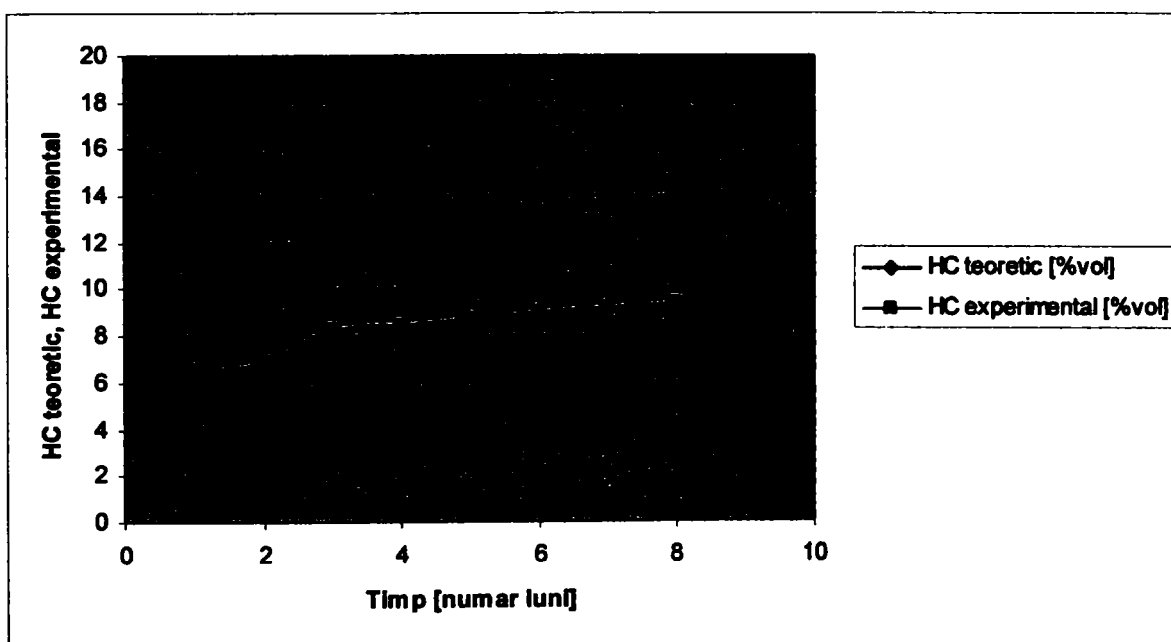


Fig. 7.3 Variația hidrocarburi în timp pentru autoturismul Cielo

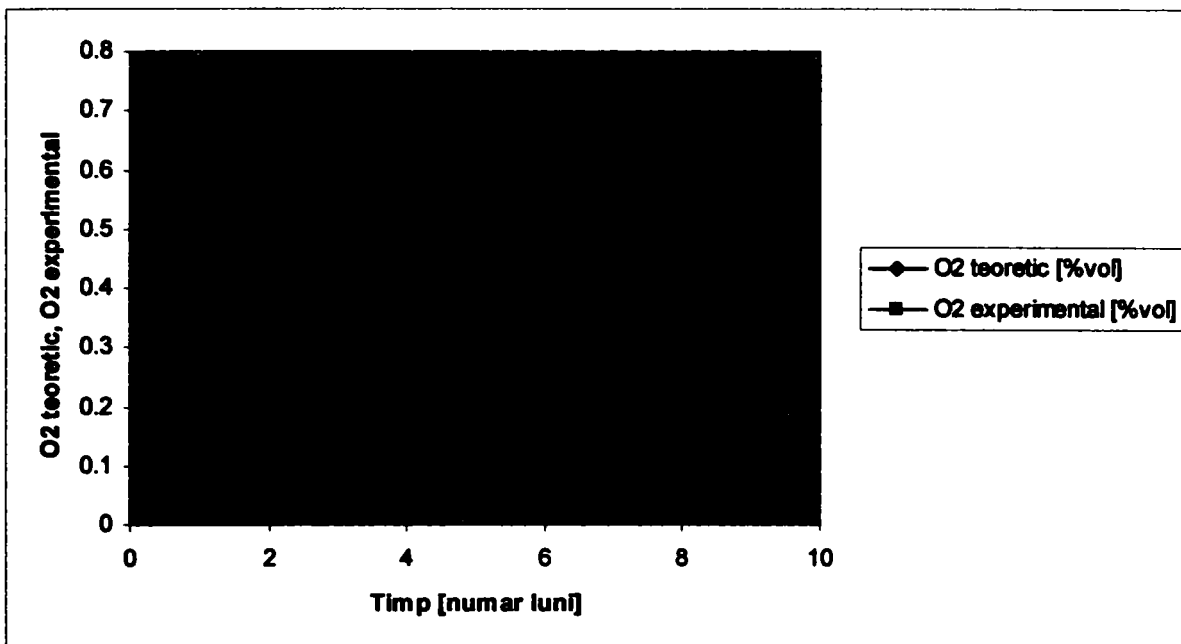


Fig. 7.4 Variația oxigenului în timp pentru autoturismul Cielo

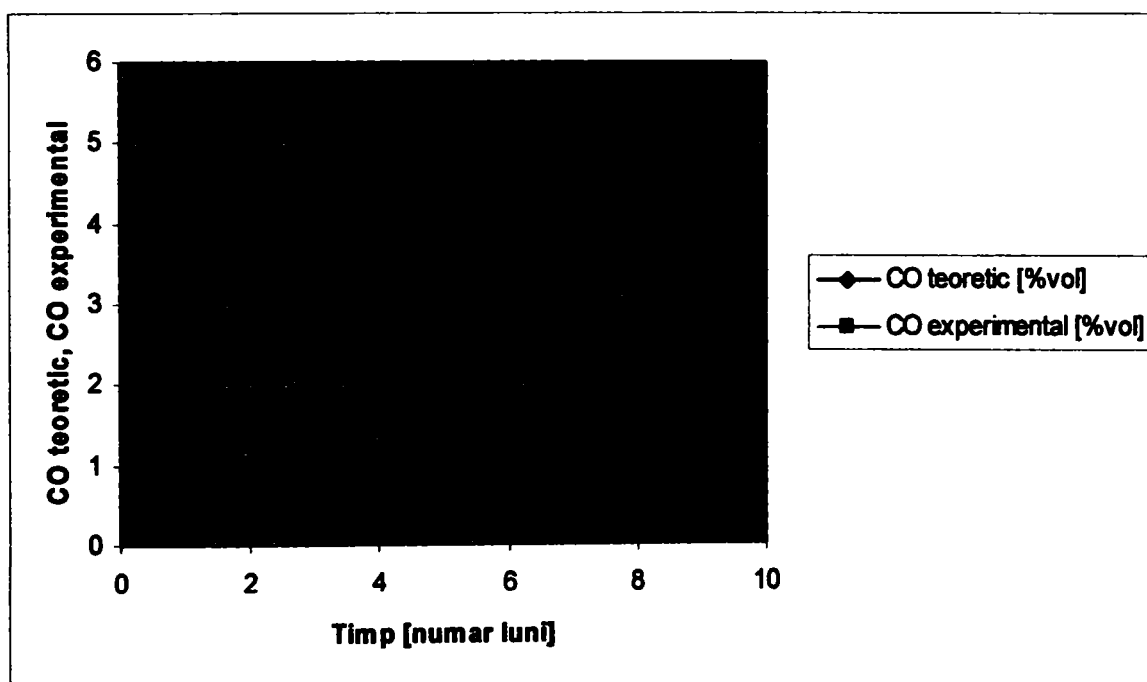


Fig. 7.5 Variația monoxidului de carbon în timp pentru autoturismul Dacia 1310

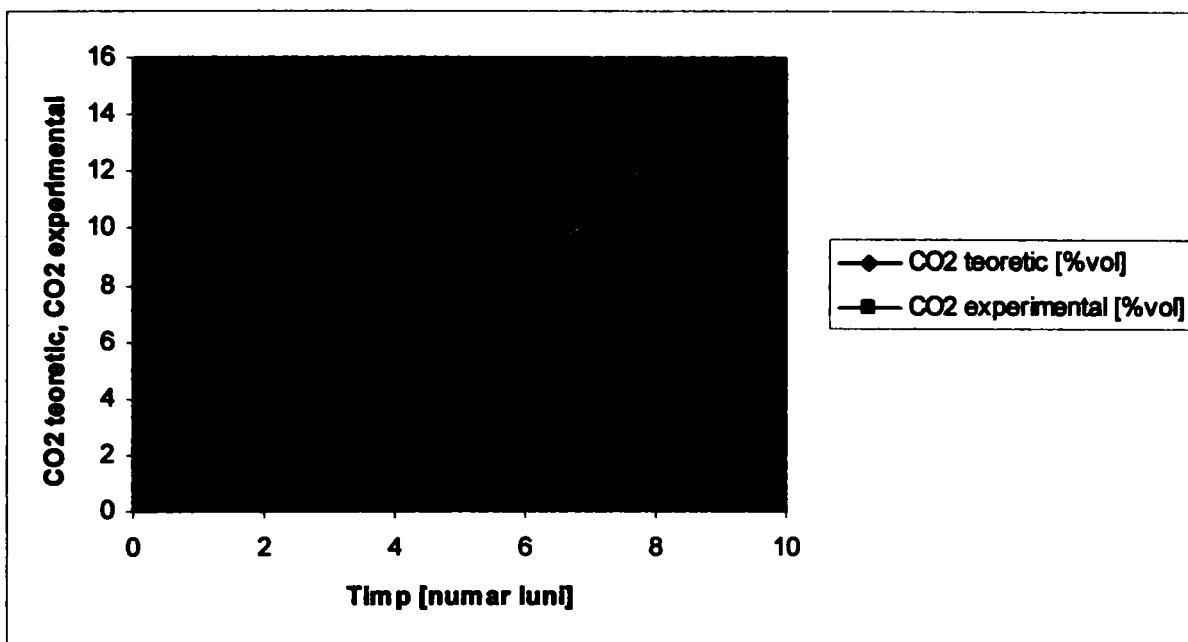


Fig. 7.6 Variația bioxidului de carbon în timp pentru autoturismul Dacia 1310

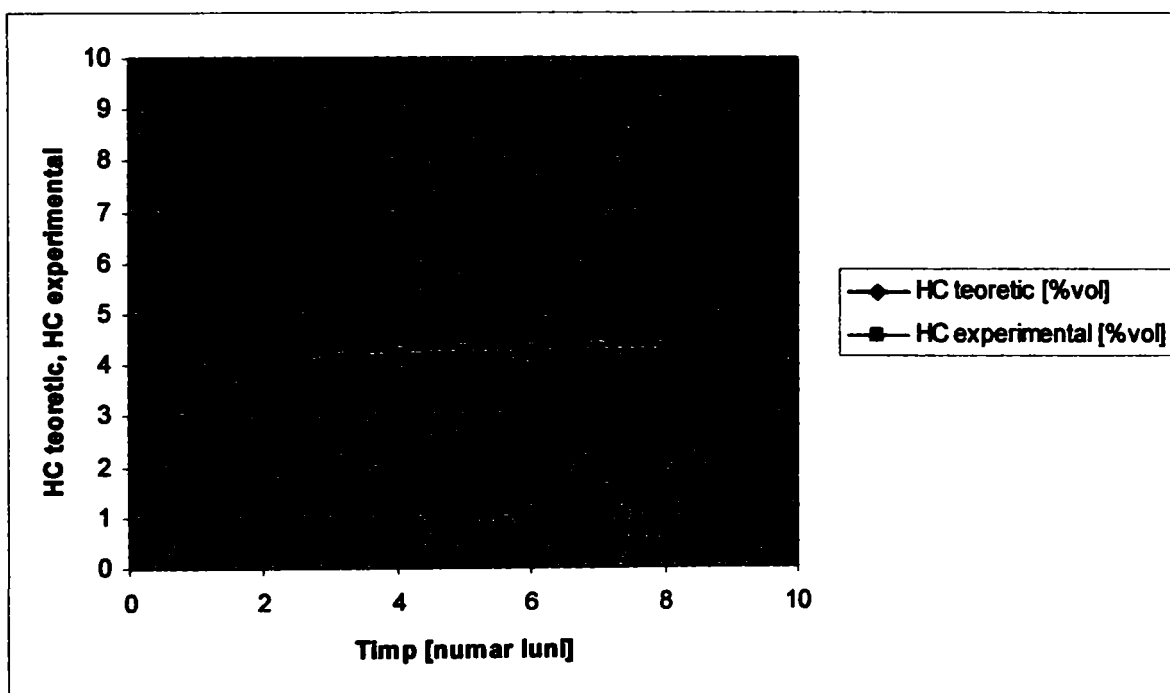


Fig. 7.7 Variația hidrocarburi în timp pentru autoturismul Dacia 1310

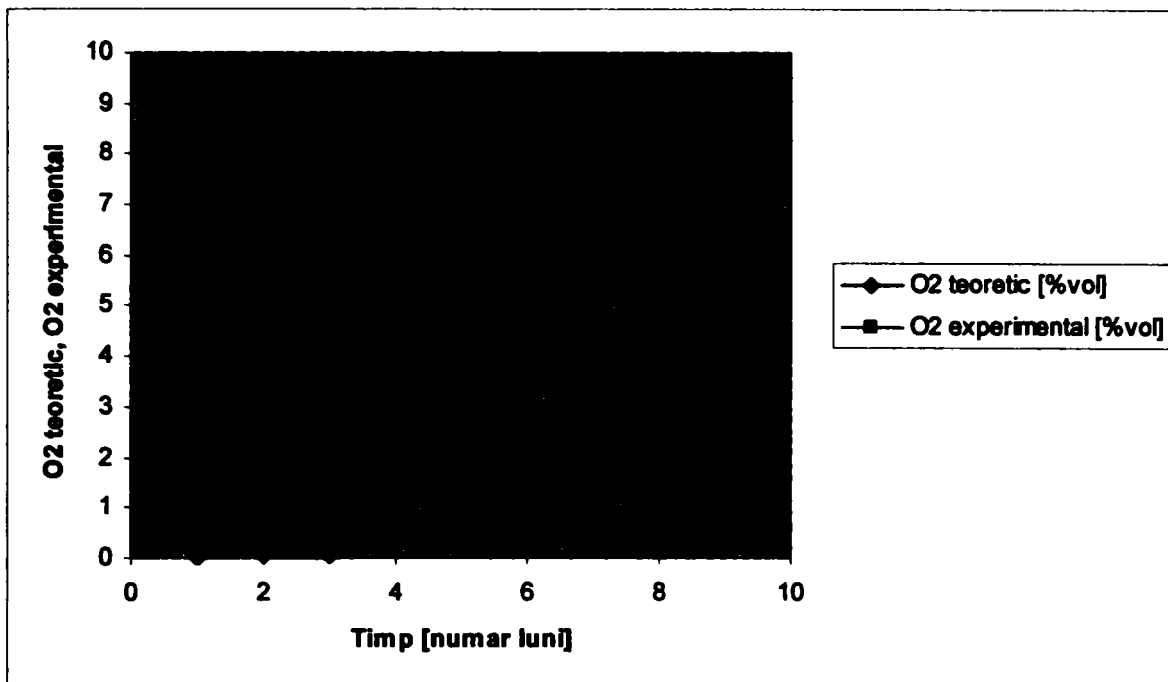


Fig. 7.8 Variația oxigenului în timp pentru autoturismul Dacia 1310

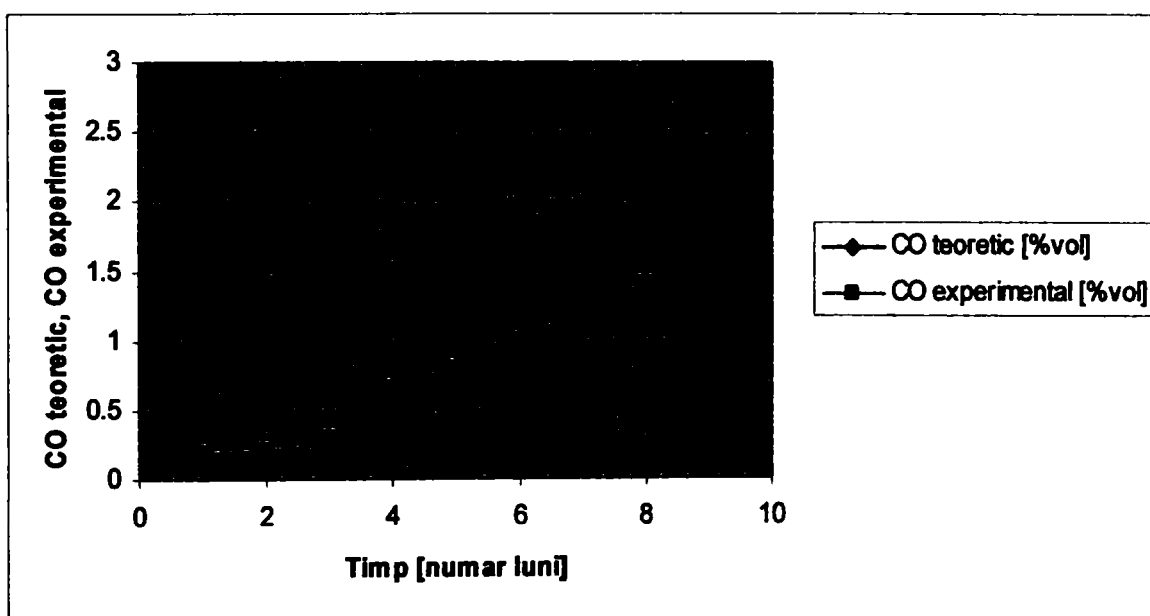


Fig. 7.9 Variația monoxidului de carbon în timp pentru autoturismul Opel Astra



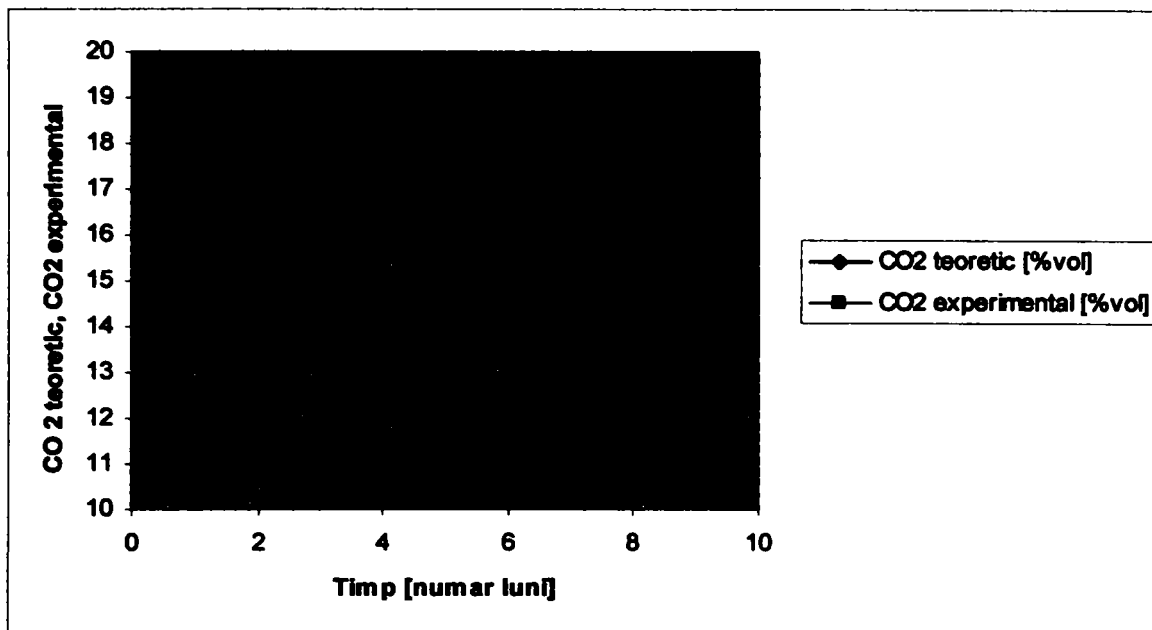


Fig. 7.10 Variația bioxidului de carbon în timp pentru autoturismul Opel Astra

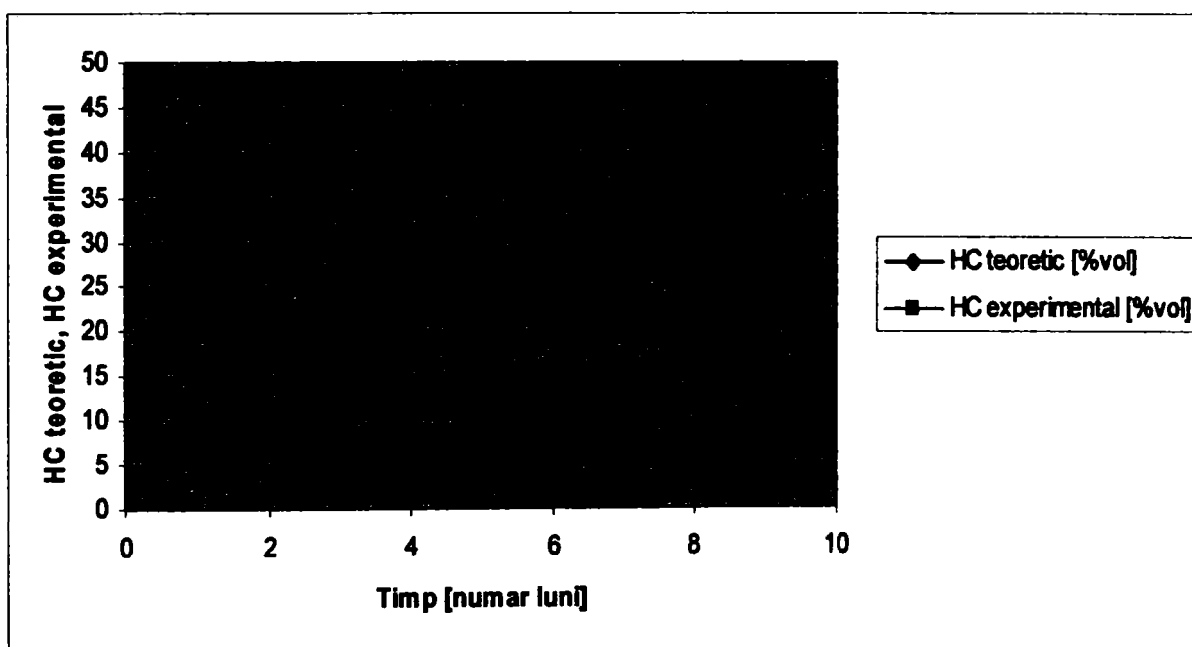


Fig. 7.11 Variația hidrocarburii în timp pentru autoturismul Opel Astra

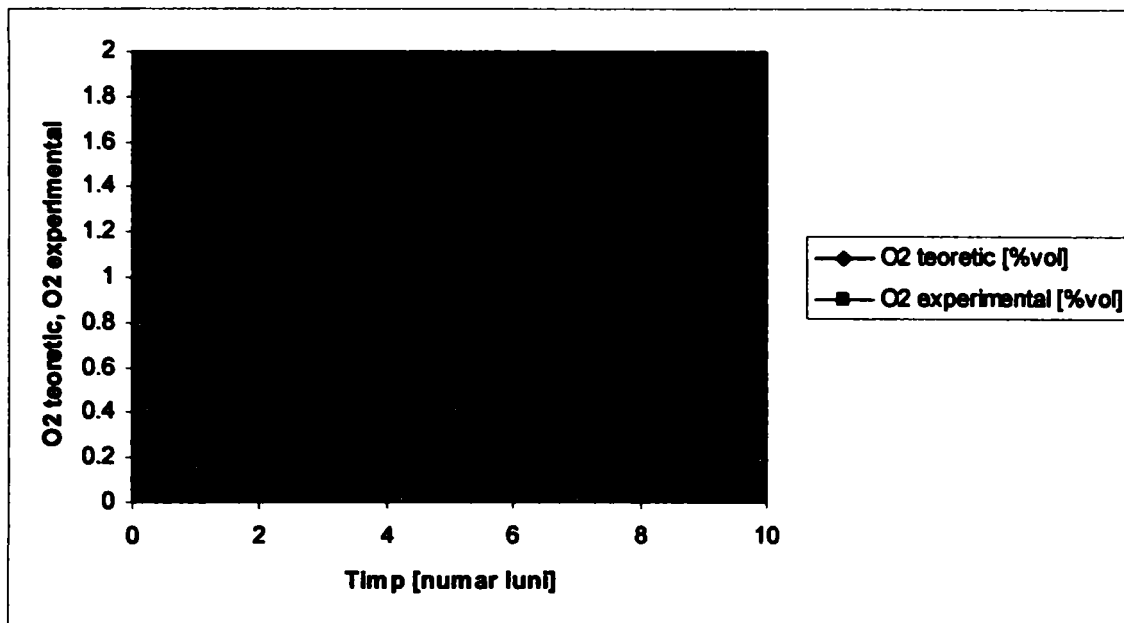


Fig. 7.12 Variația oxigenului în timp pentru autoturismul Opel Astra

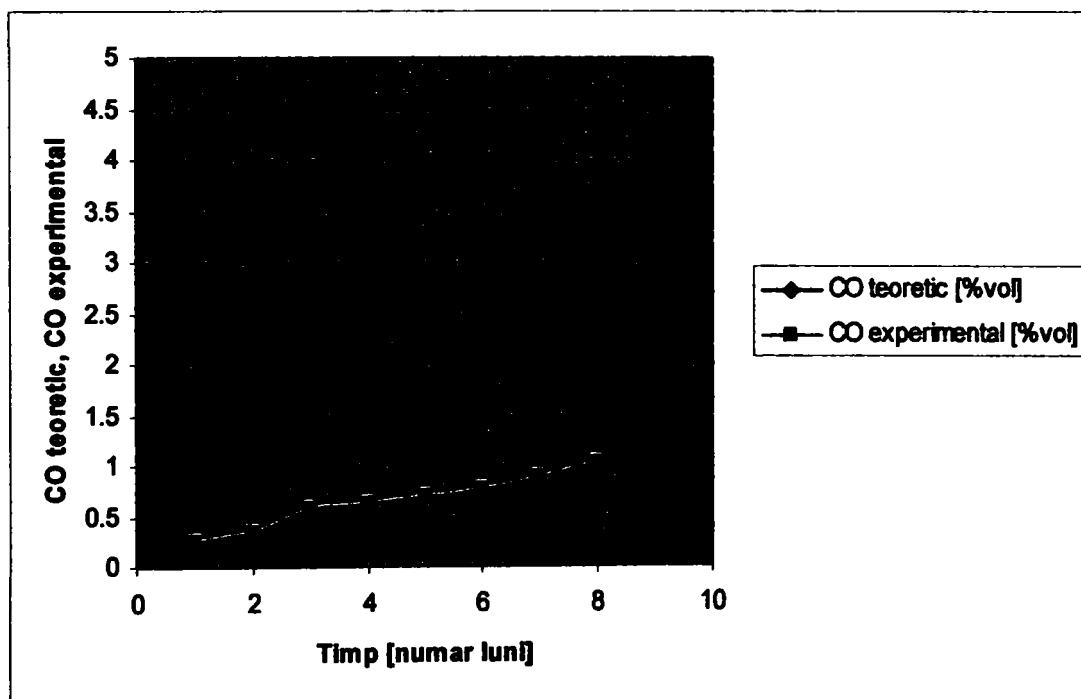


Fig. 7.13 Variația monoxidului de carbon în timp pentru autoturismul Renault 19

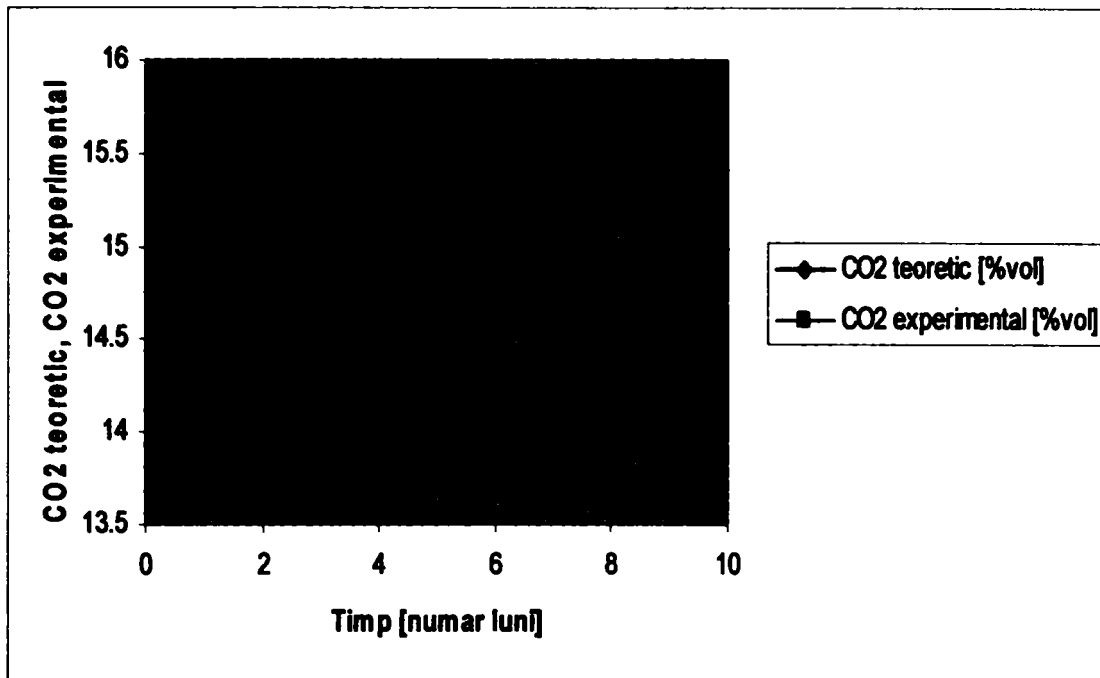


Fig. 7.14 Variația biooxidului de carbon în timp pentru autoturismul Renault 19

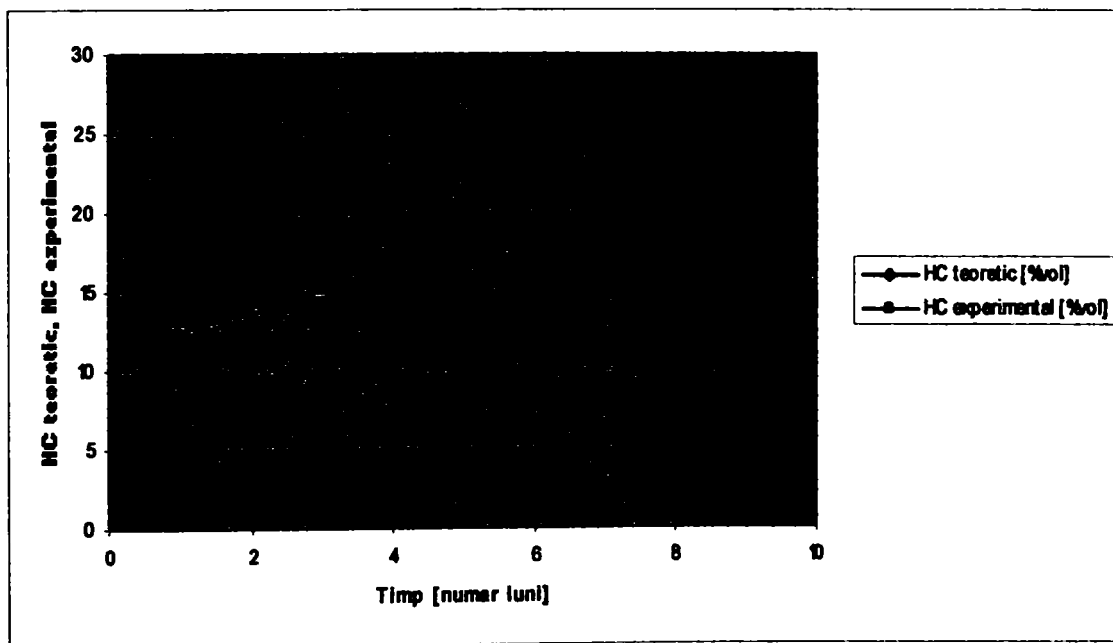


Fig. 7.15 Variația hidrocarburii în timp pentru autoturismul Renault 19

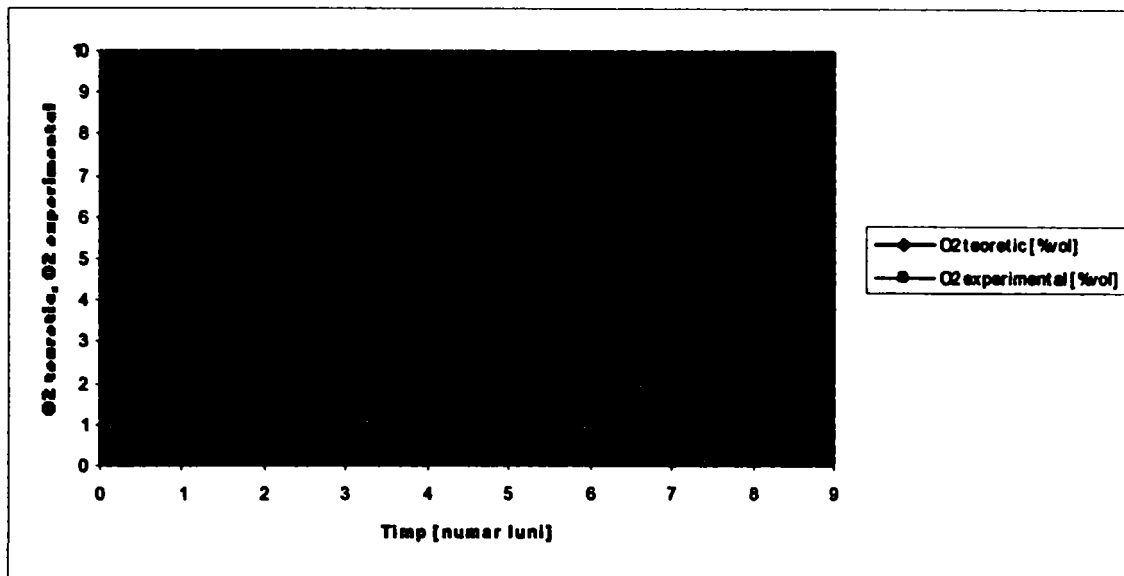


Fig. 7.16 Variația oxigenului în timp pentru autoturismul Renault 19

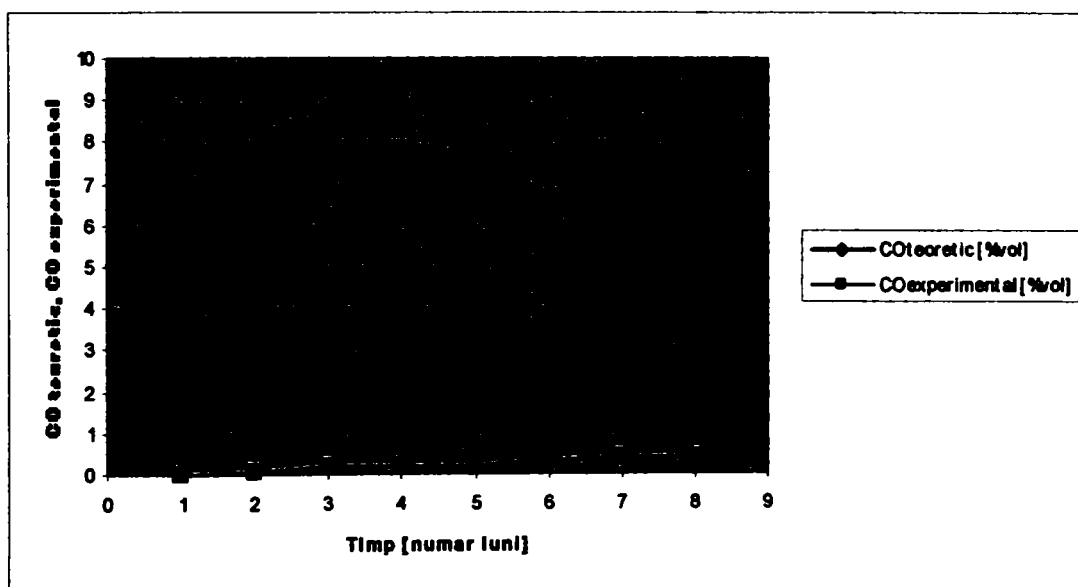


Fig. 7.17 Variația monoxidului de carbon în timp pentru autoturismul Tico

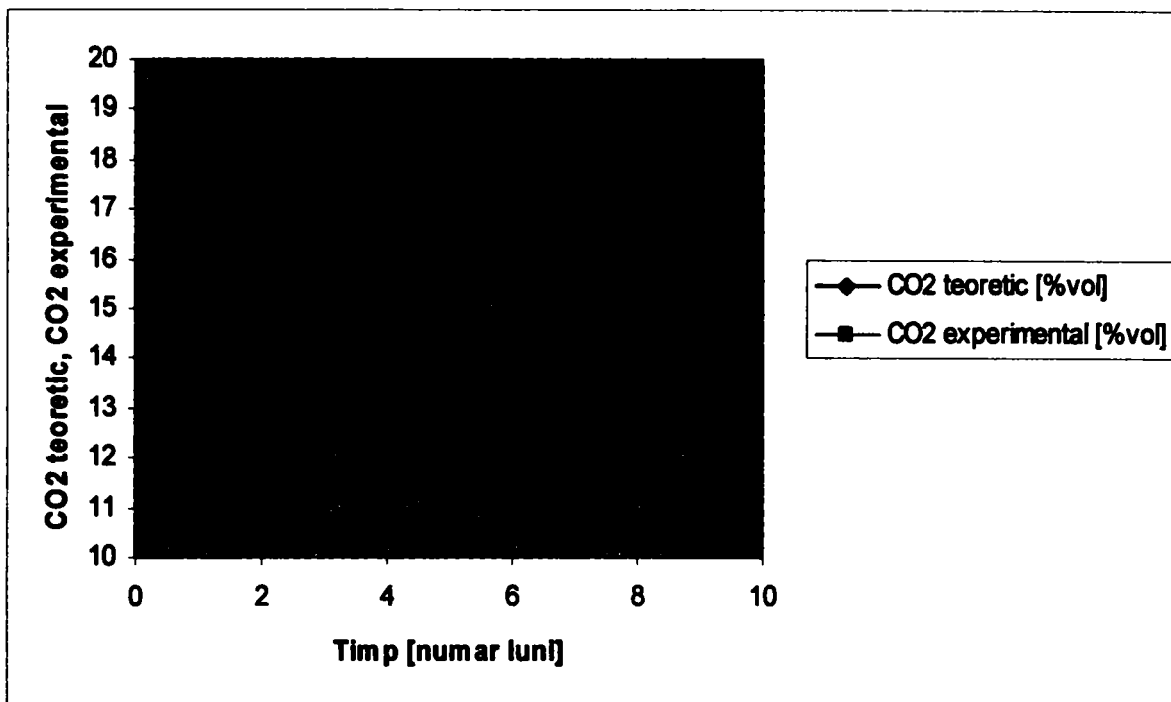


Fig. 7.18 Variația bioxidului de carbon în timp pentru autoturismul Tico

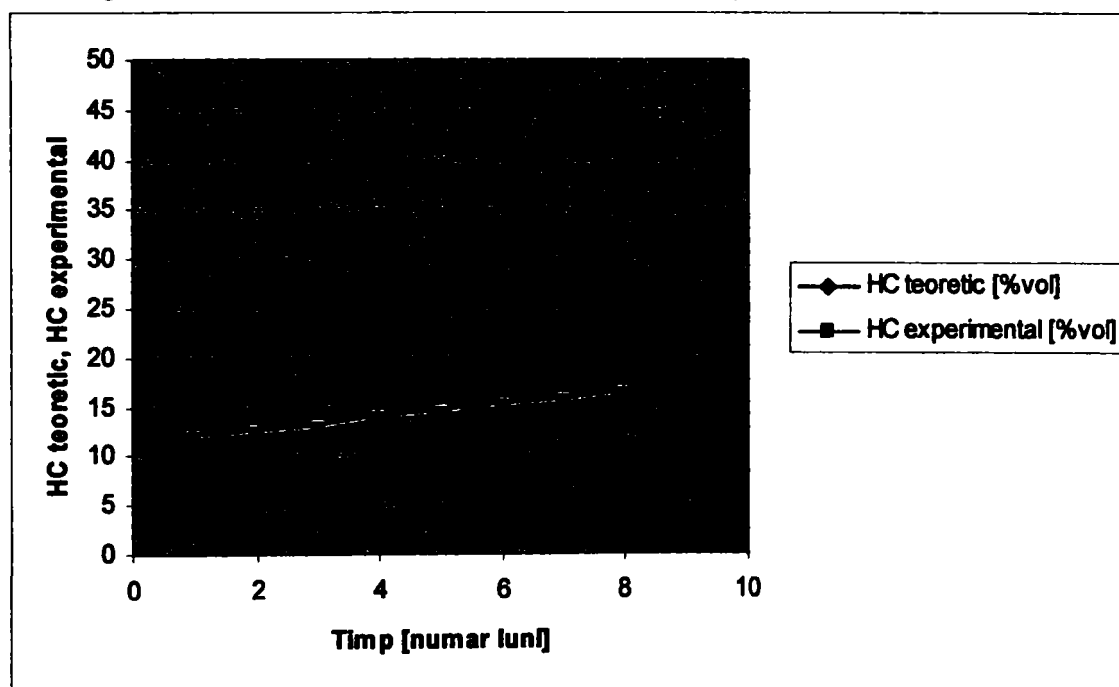


Fig. 7.19 Variația hidrocarburii în timp pentru autoturismul Tico

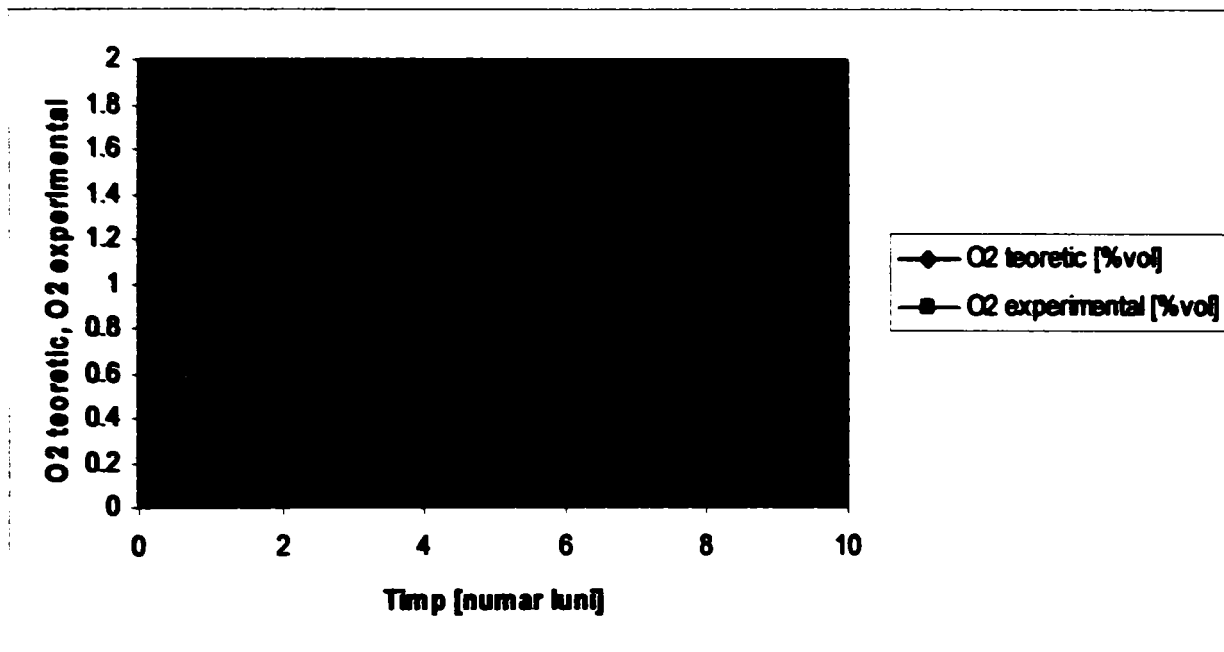


Fig. 7.20 Variația oxigenului în timp pentru autoturismul Tico

În timp conținutul de monoxid de carbon, bioxid de carbon, hidrocarburi și oxigen crește datorită uzurii motorului pentru toate cele 5 tipuri de autovehicule.

În continuare se prezintă evoluția lui CO, CO<sub>2</sub>, HC și O<sub>2</sub> în funcție de numărul de kilometri parcurși de autovehiculele experimentate.

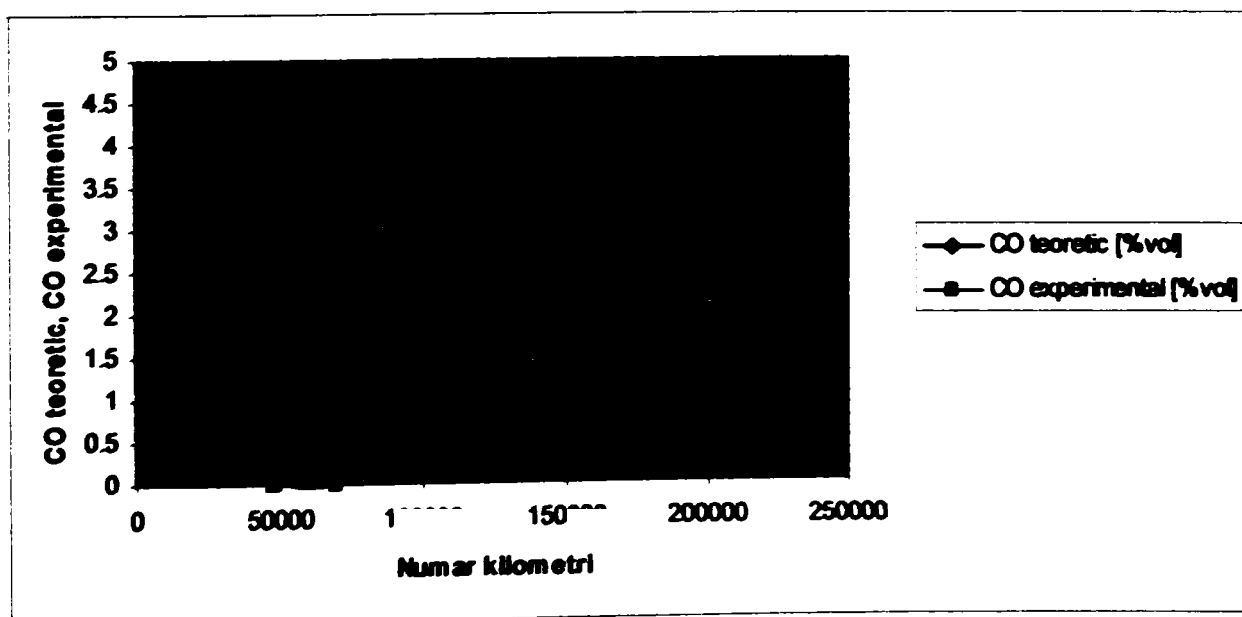


Fig. 7.21 Variația monoxidului de carbon în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Cielo

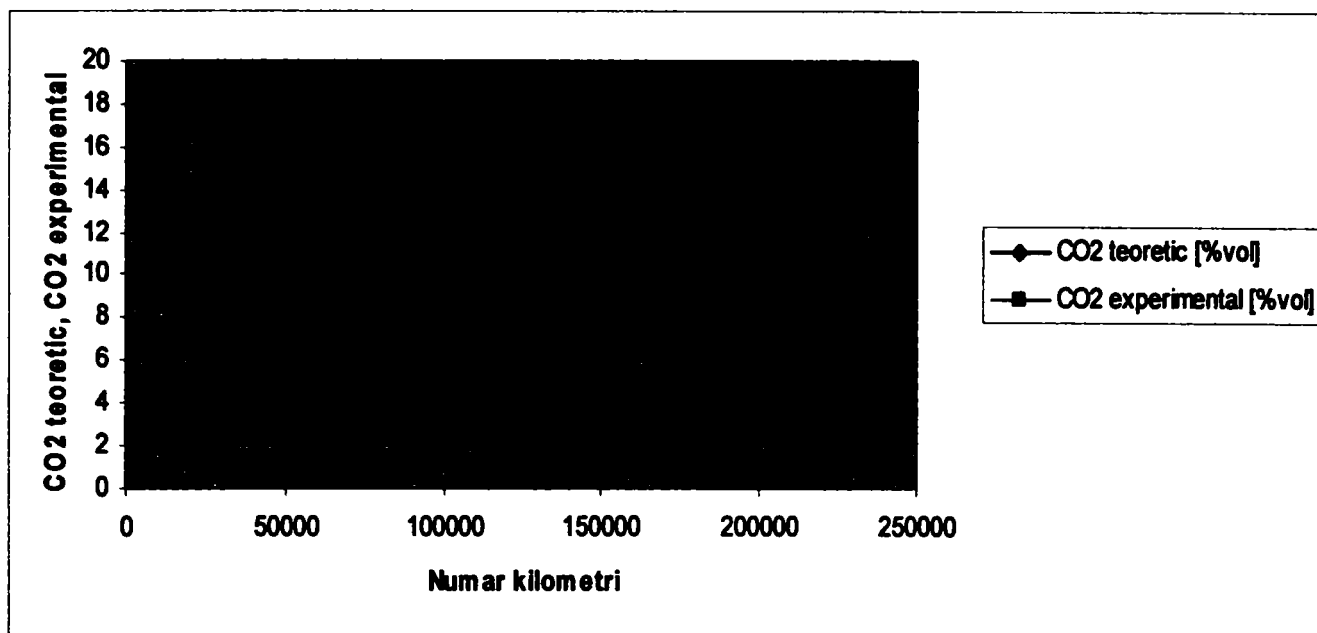


Fig. 7.22 Variația bioxidului de carbon în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Cielo

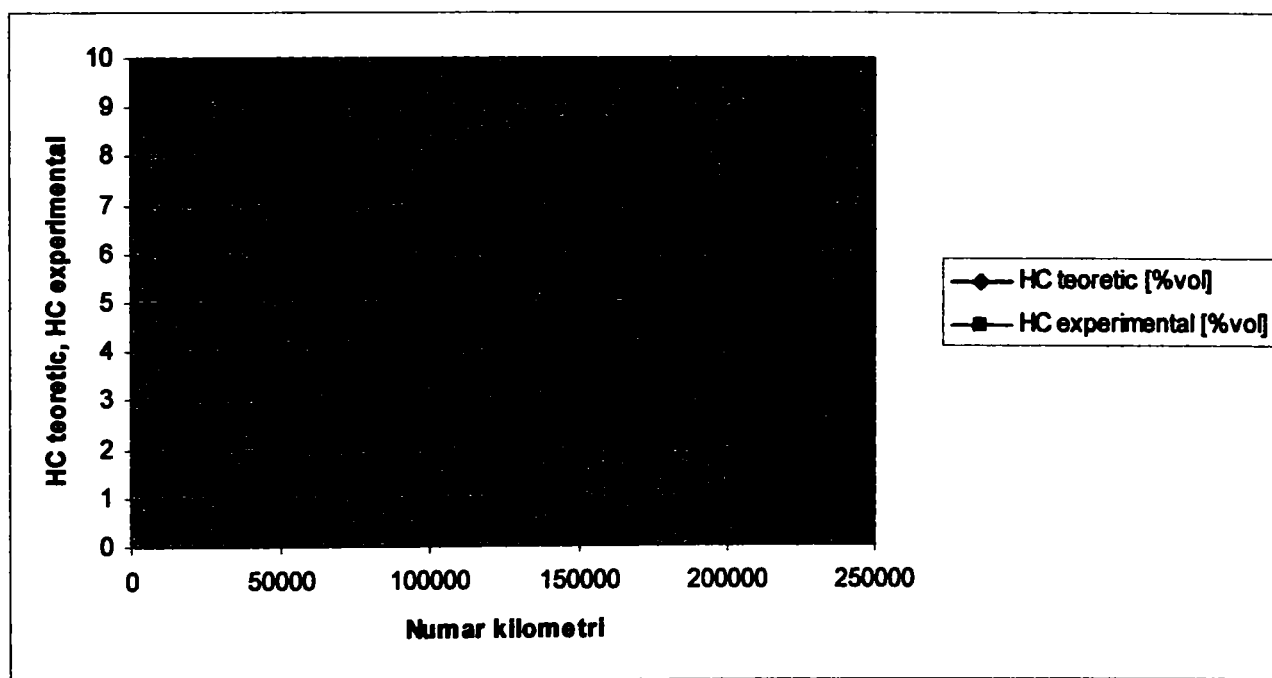


Fig. 7.23 Variația hidrocarburi în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Cielo



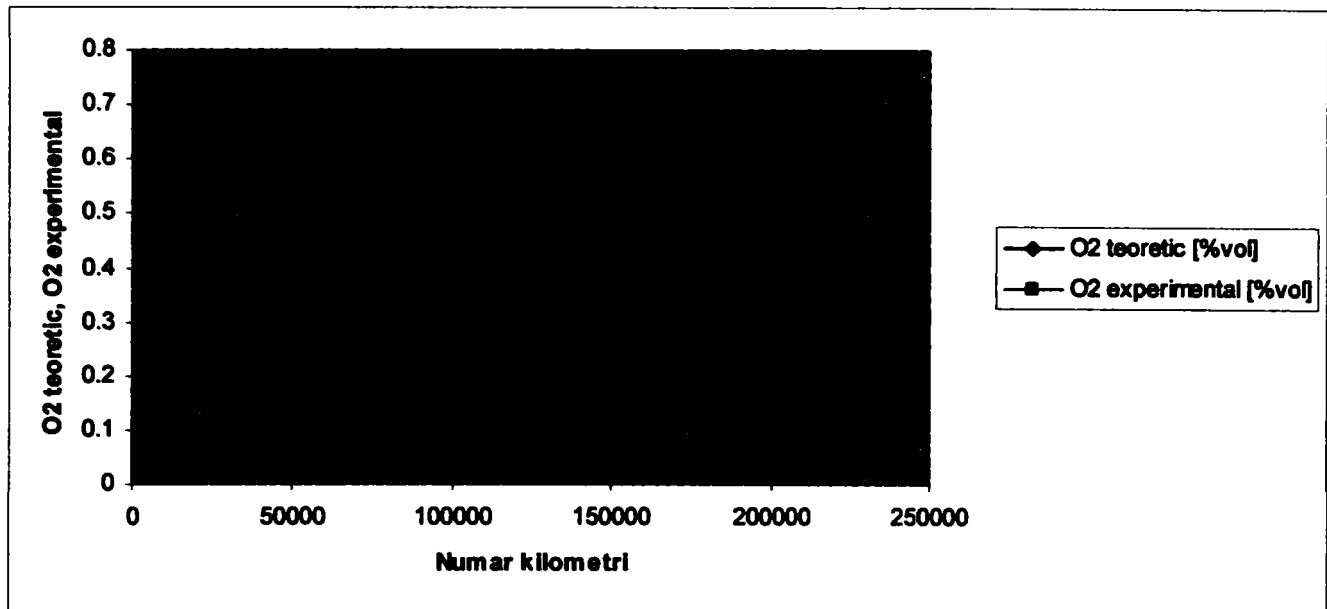


Fig. 7.24 Variația oxigenului în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Cielo

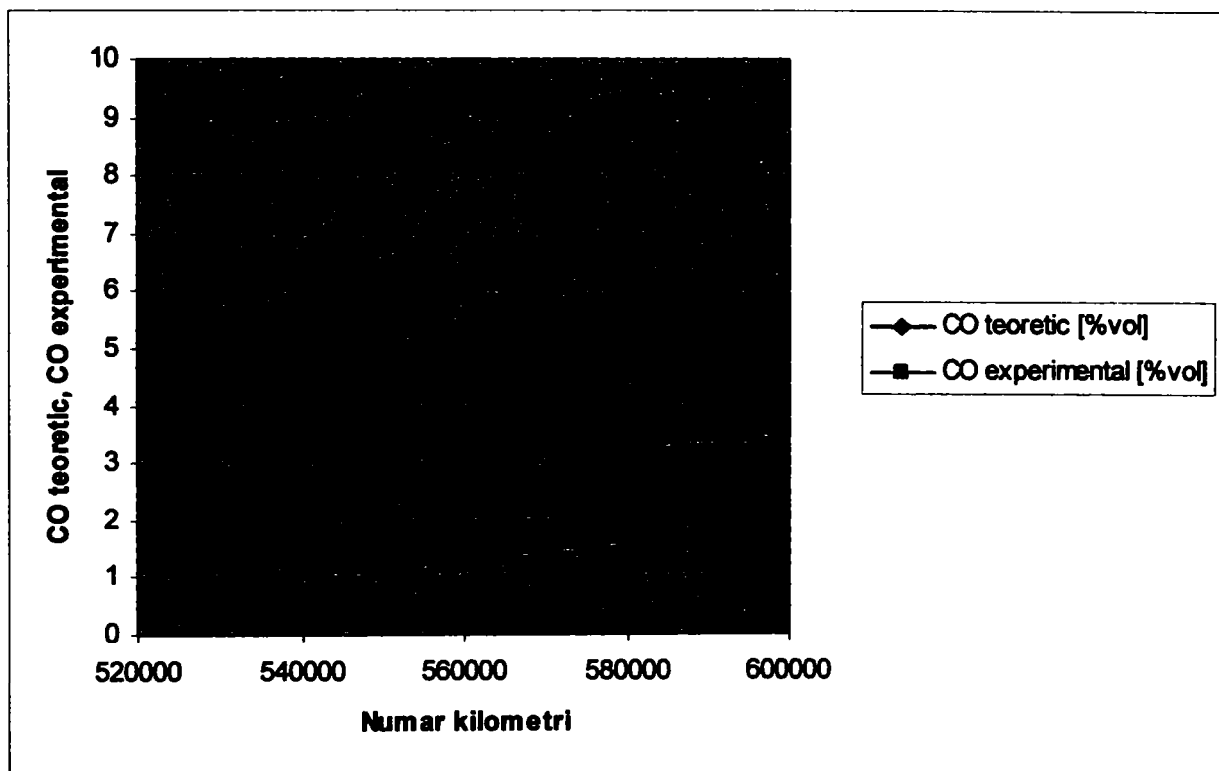


Fig. 7.25 Variația monoxidului de carbon în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Dacia 1310

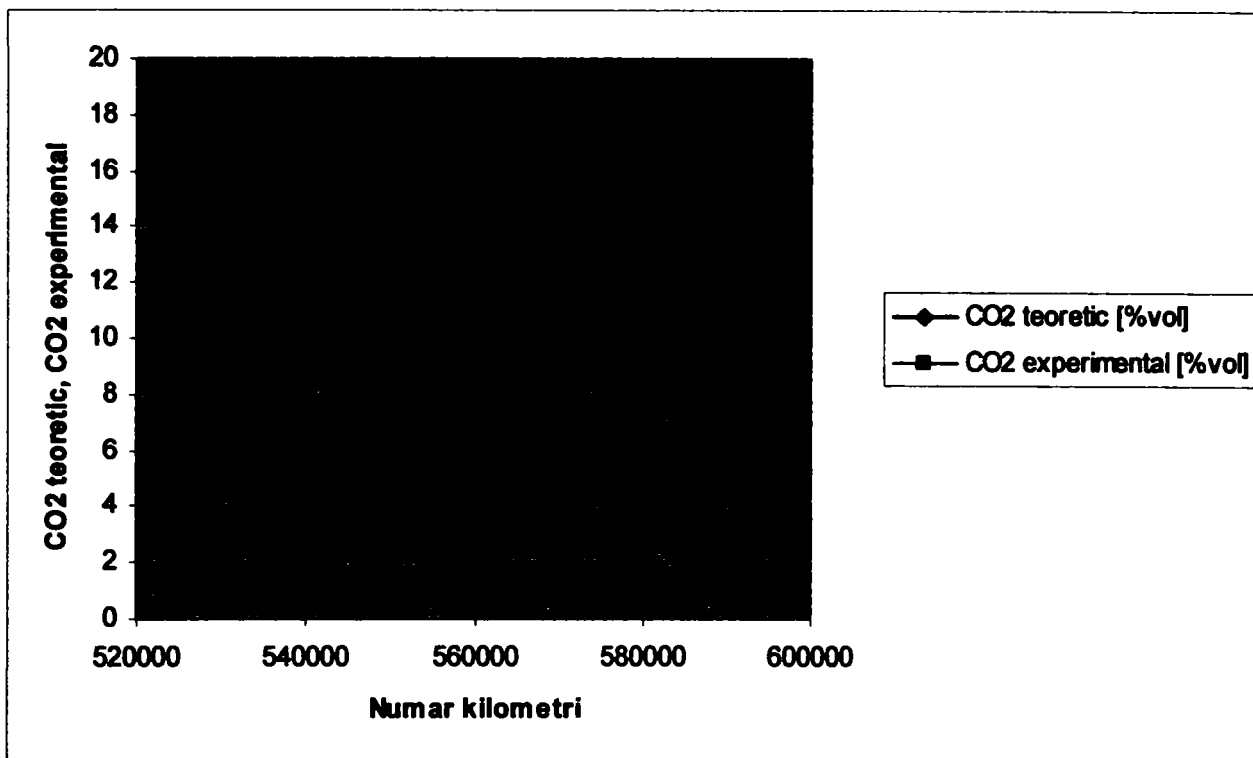


Fig. 7.26 Variația bioxidului de carbon în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Dacia 1310

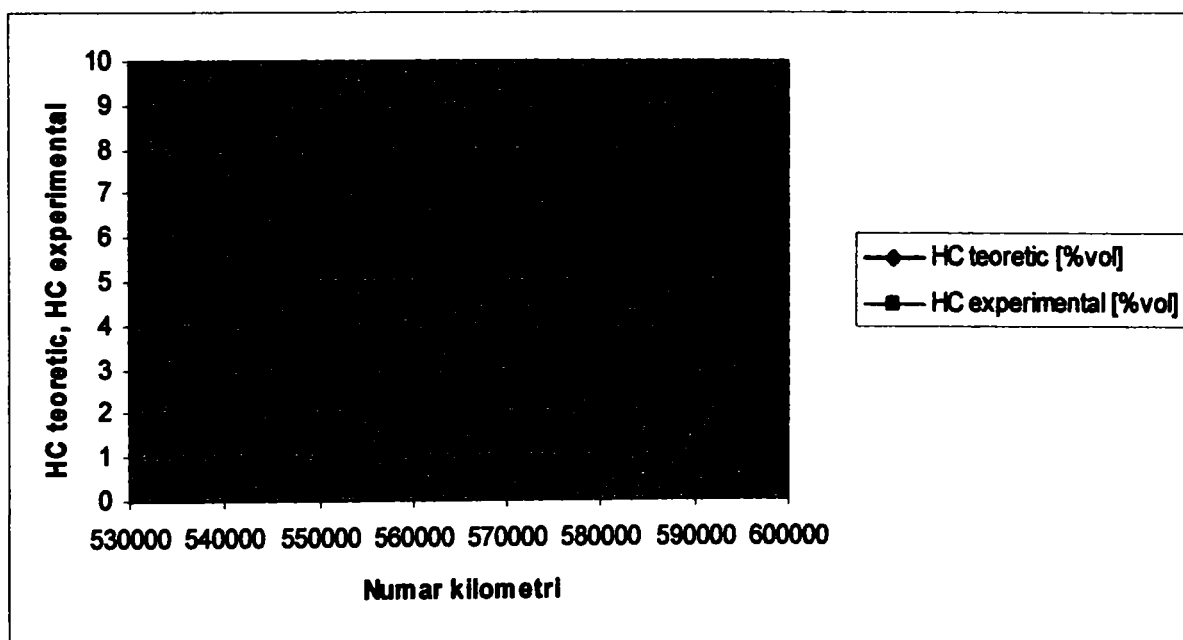


Fig. 7.27 Variația hidrocarburii în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Dacia 1310

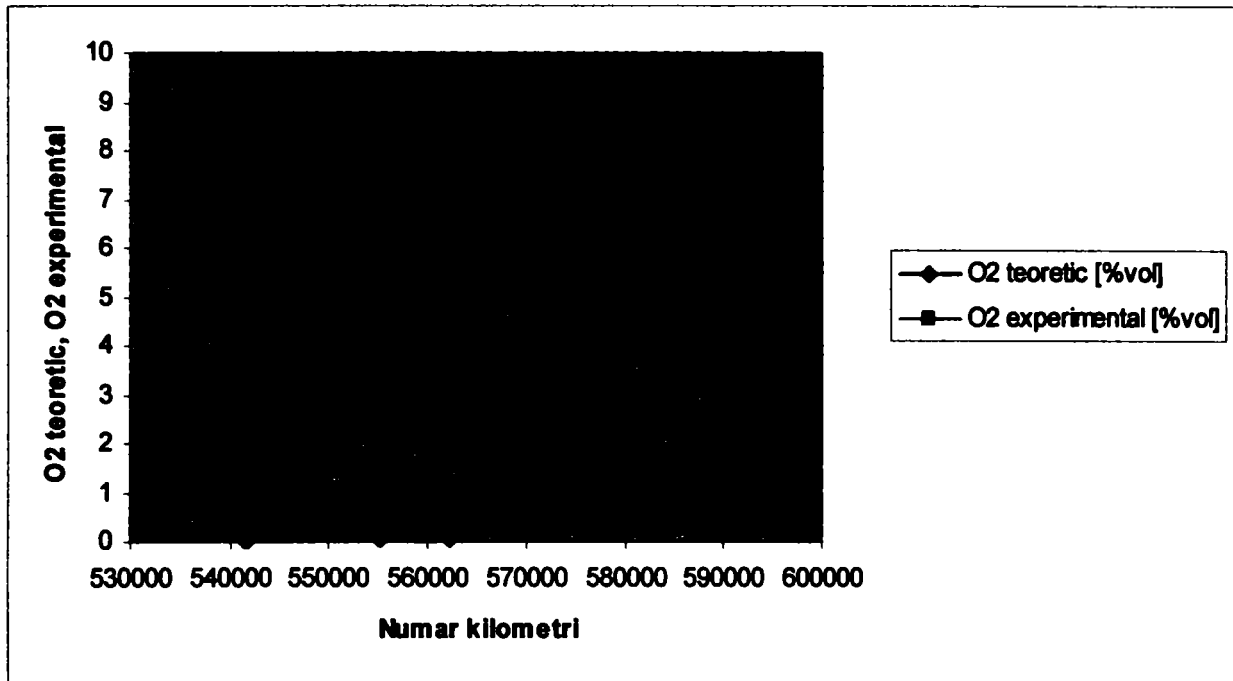


Fig. 7.28 Variația oxigenului în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Dacia 1310

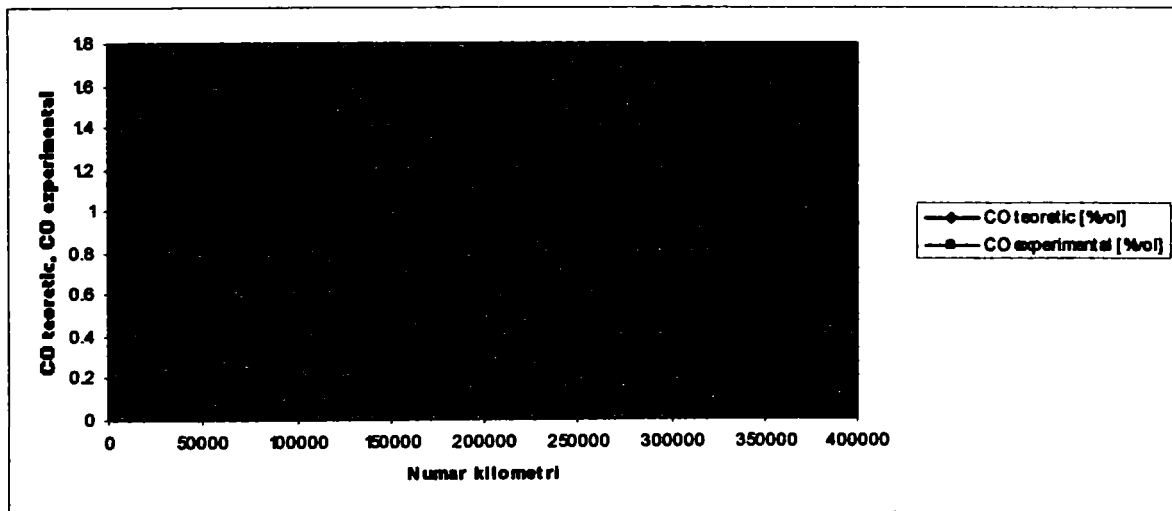


Fig. 7.29 Variația monoxidului de carbon în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Opel Astra

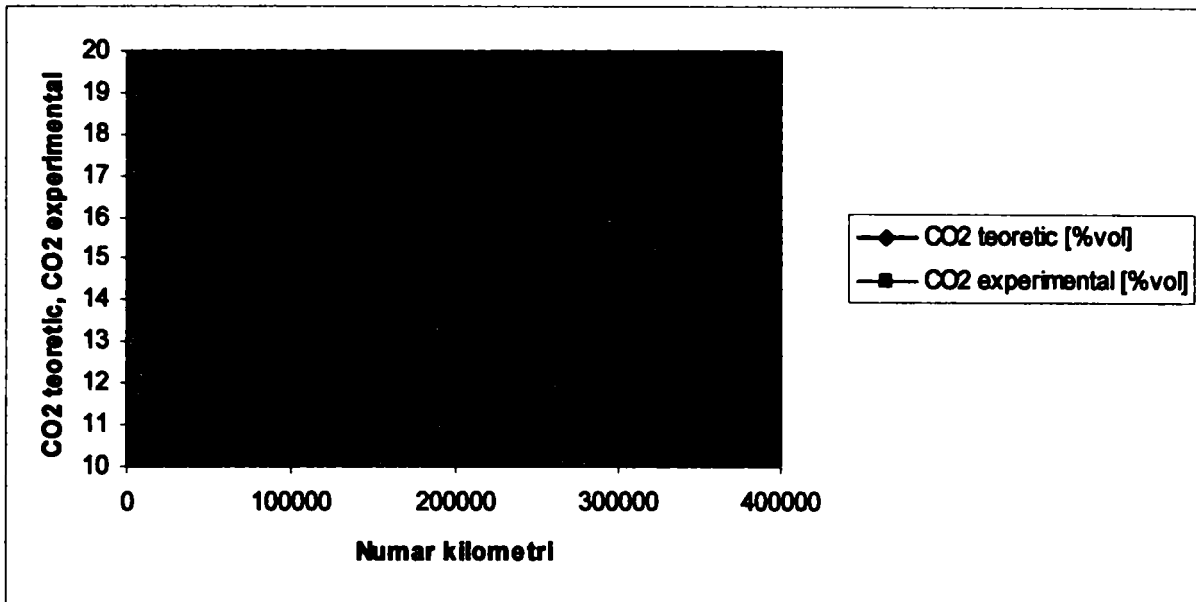


Fig. 7.30 Variația bioxidului de carbon în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Opel Astra

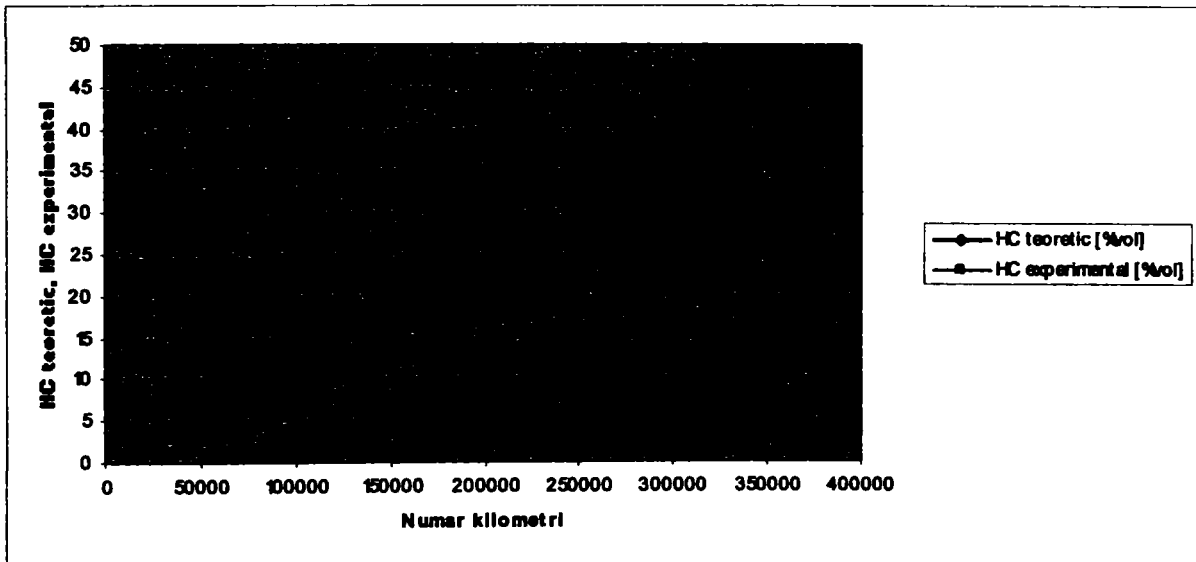


Fig. 7.31 Variația hidrocarburiilor în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Opel Astra

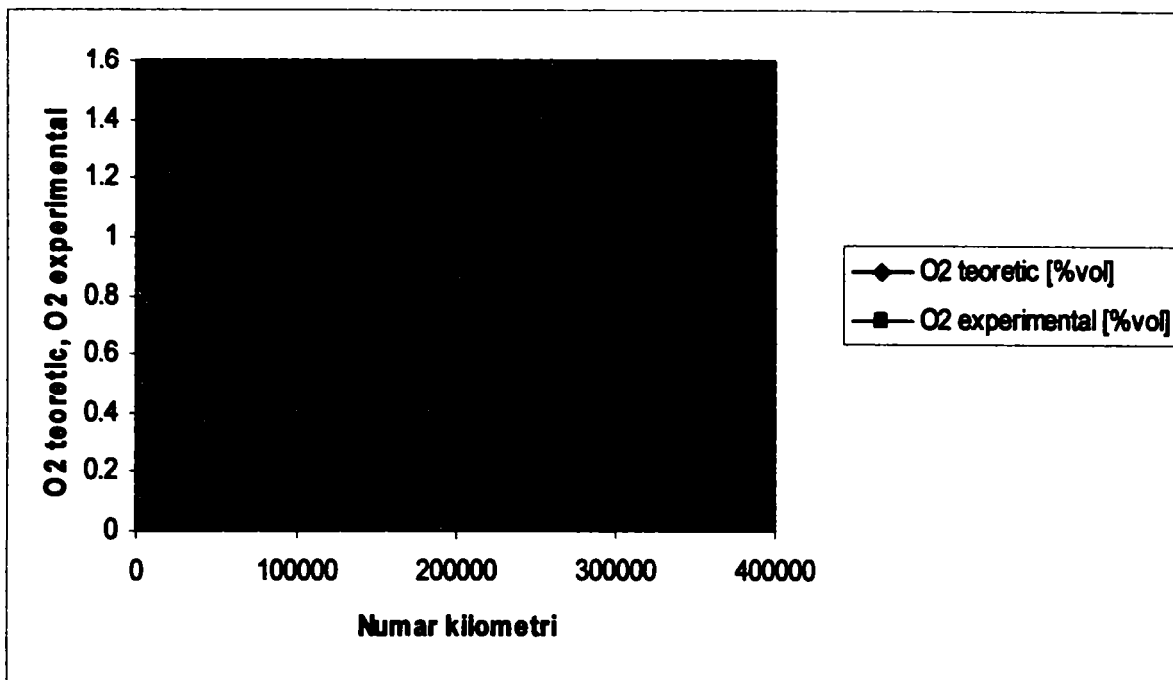


Fig. 7.32 Variația oxigenului în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Opel Astra

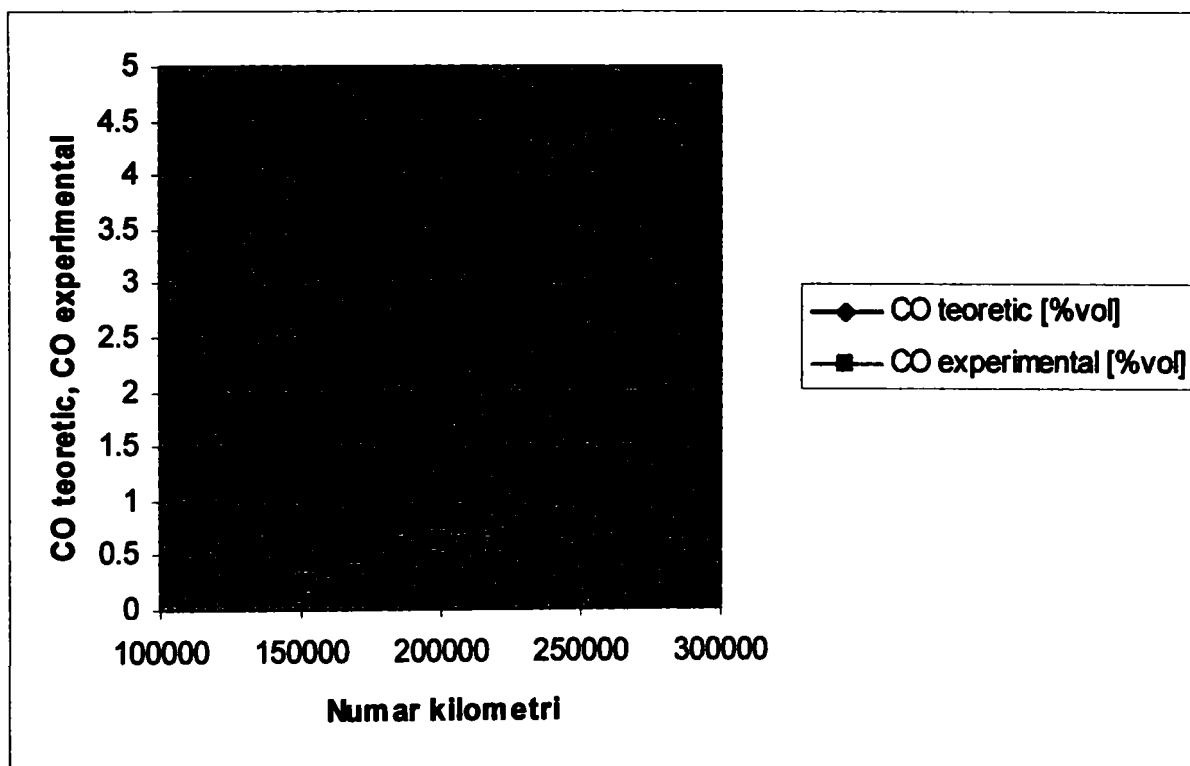


Fig. 7.33 Variația monoxidului de carbon în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Renault 19

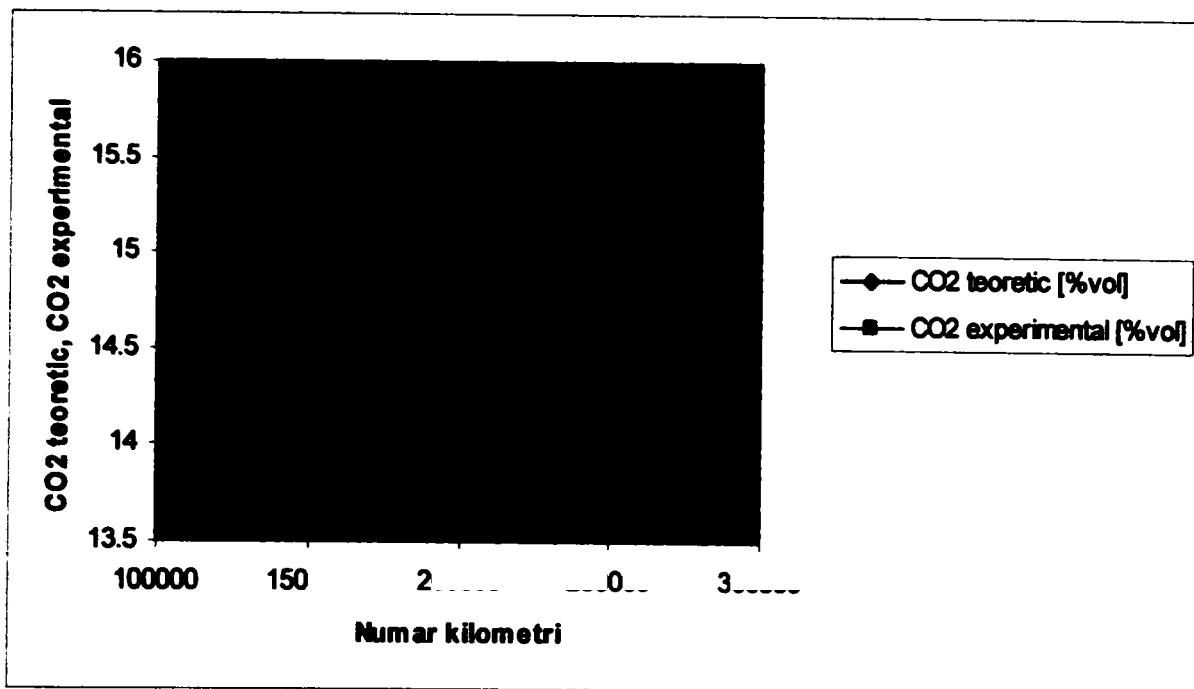


Fig. 7.34 Variația bioxidului de carbon în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Renault 19

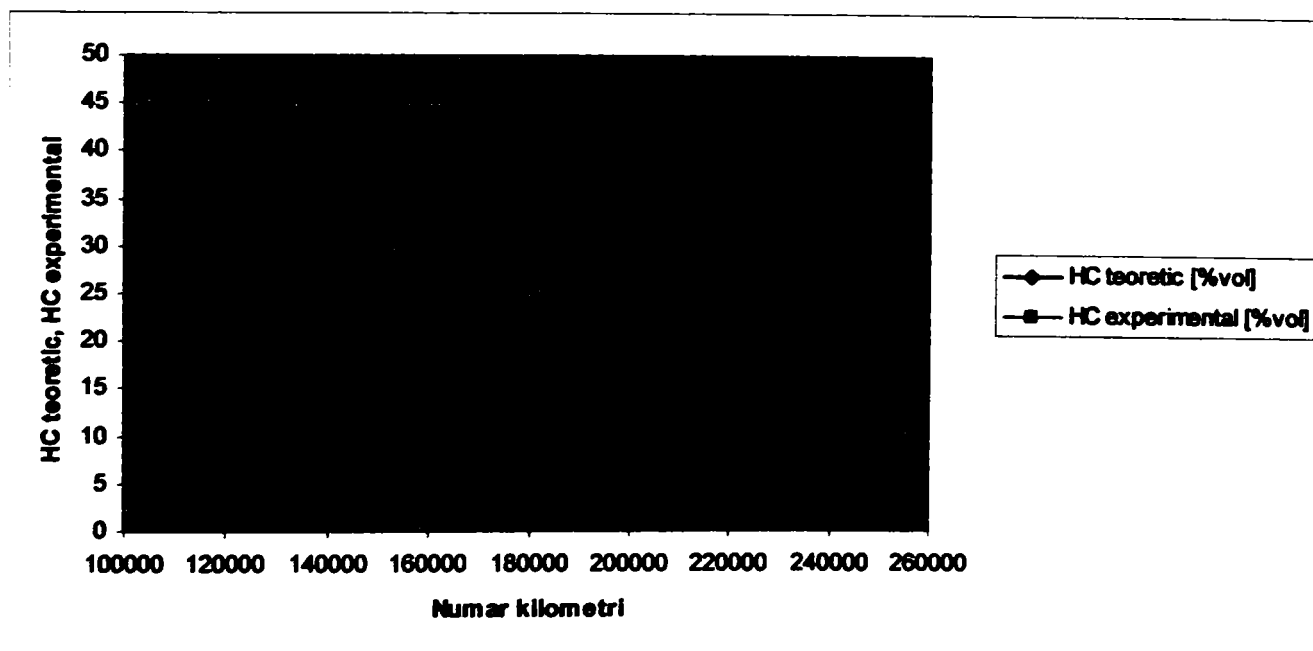


Fig. 7.35 Variația hidrocarburii în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Renault 19

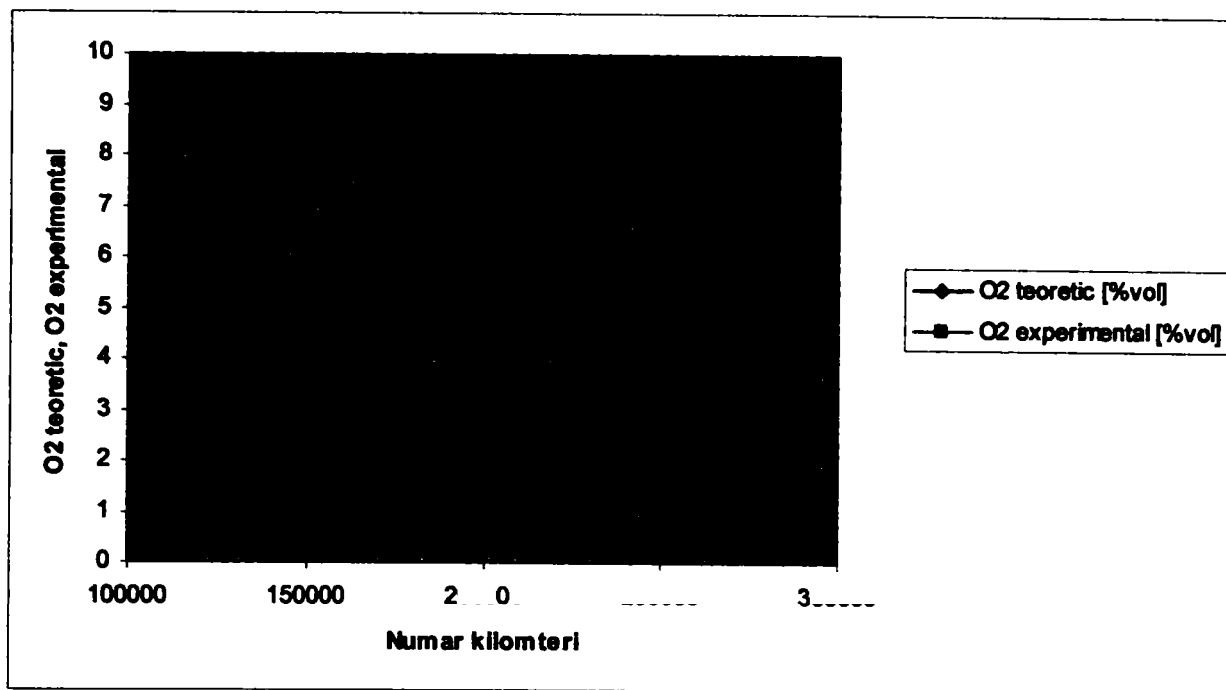


Fig. 7.36 Variația oxigenului în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Renault  
19

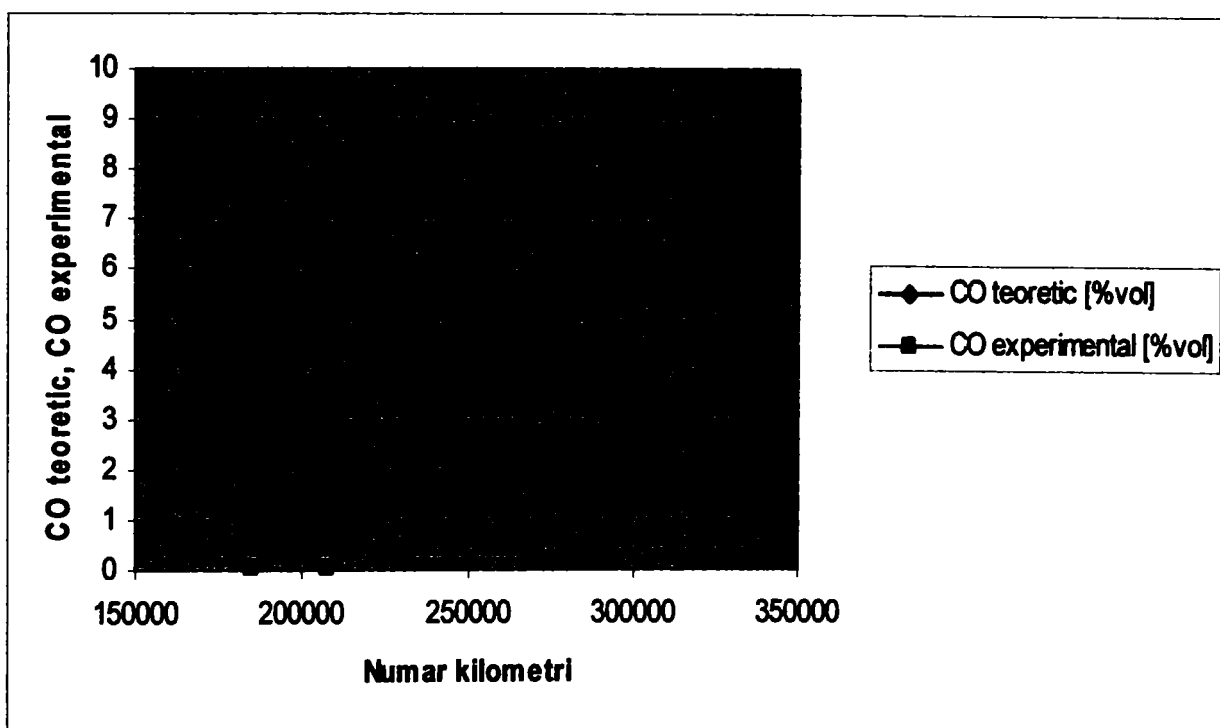


Fig. 7.37 Variația monoxidului de carbon în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Tico



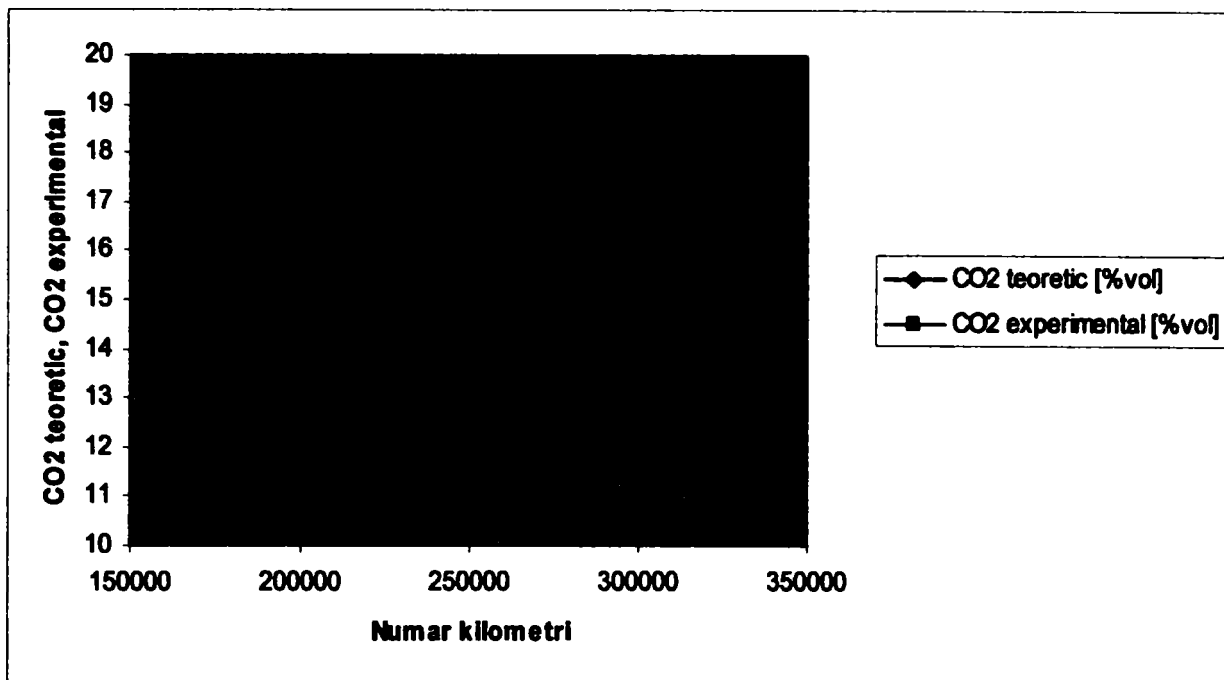


Fig. 7.38 Variația bioxidului de carbon în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Tico

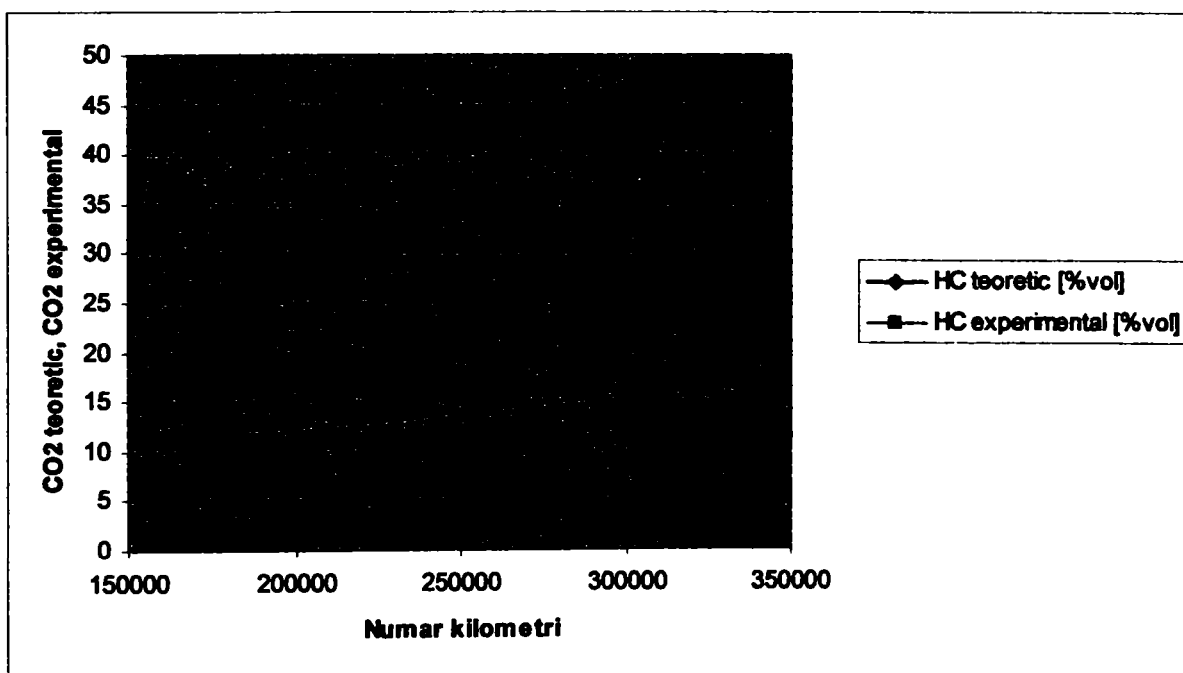


Fig. 7.39 Variația hidrocarburi în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Tico

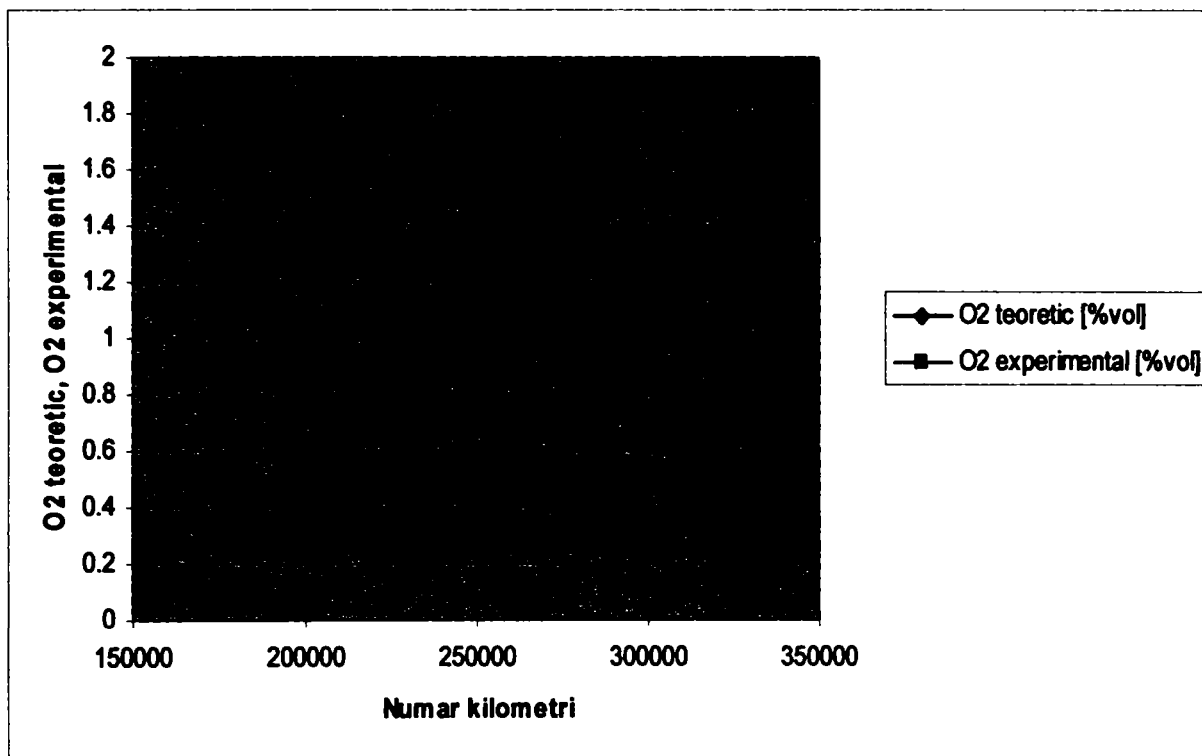


Fig. 7.40 Variația oxigenului în funcție de numărul de kilometri parcurși de autoturismul Tico

## 7.2. Evoluția fumului în cazul motoarelor diesel

La fel ca și la motoarele cu aprindere prin scânteie a fost întocmită o fișă a activității zilnice pentru fiecare motor în parte. Fișa activității zilnice a fost întocmită ținând cont de aceleași caracteristici principale ca și la motoarele cu aprindere prin scânteie.

În fiecare lună au fost întocmite declarațiile de conformitate pentru ulei și motorina folosită.

O astfel de declarație de conformitate pentru ulei se găsește în anexa 2, iar pentru motorină se găsește în anexa 3. În anexa 4 sunt prezentate rezultatele de la încercări.



Fig. 7.41 Camera de prelevare gaze pentru motoare cu aprindere prin comprimare



Fig. 7.42 Opacimetru pentru motoare cu aprindere prin comprimare

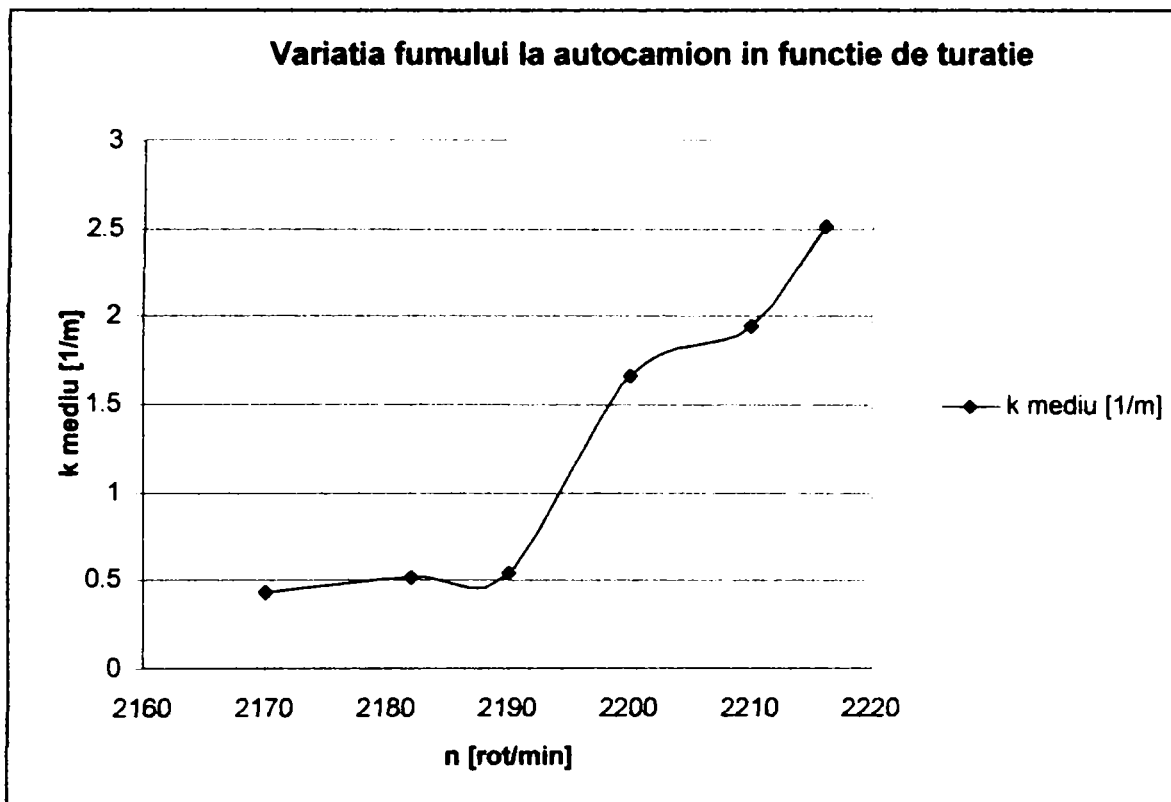


Fig. 7.33 Variația fumului la autocamion în funcție de turație

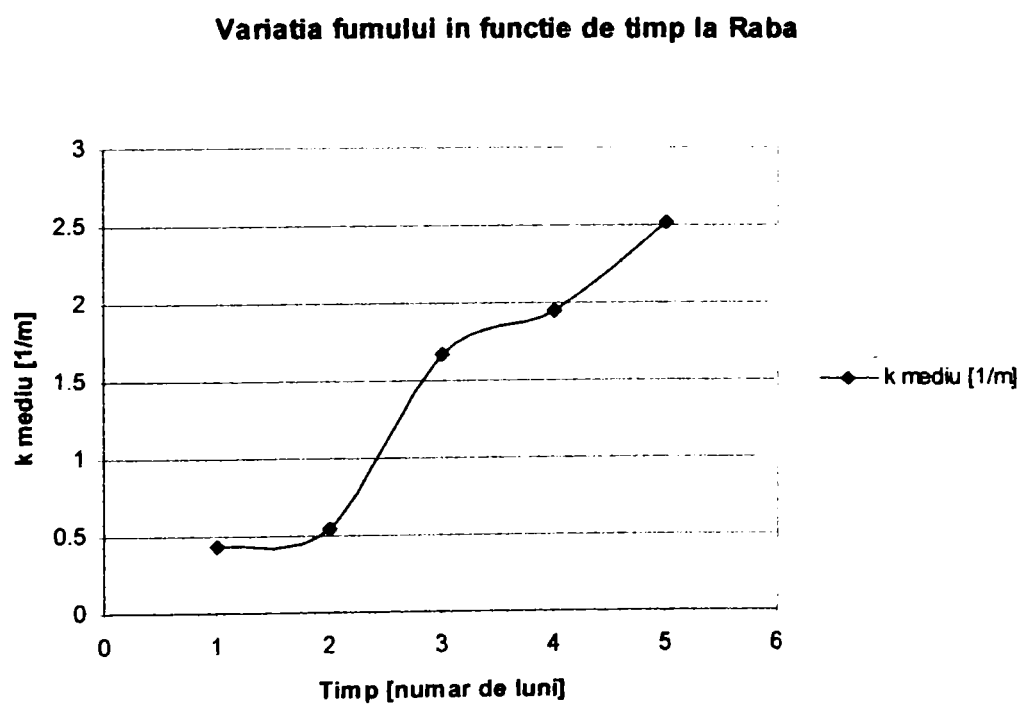


Fig. 7.34 Variația fumului la autocamion în timp

### Variația fumului la autocamion în funcție de turație

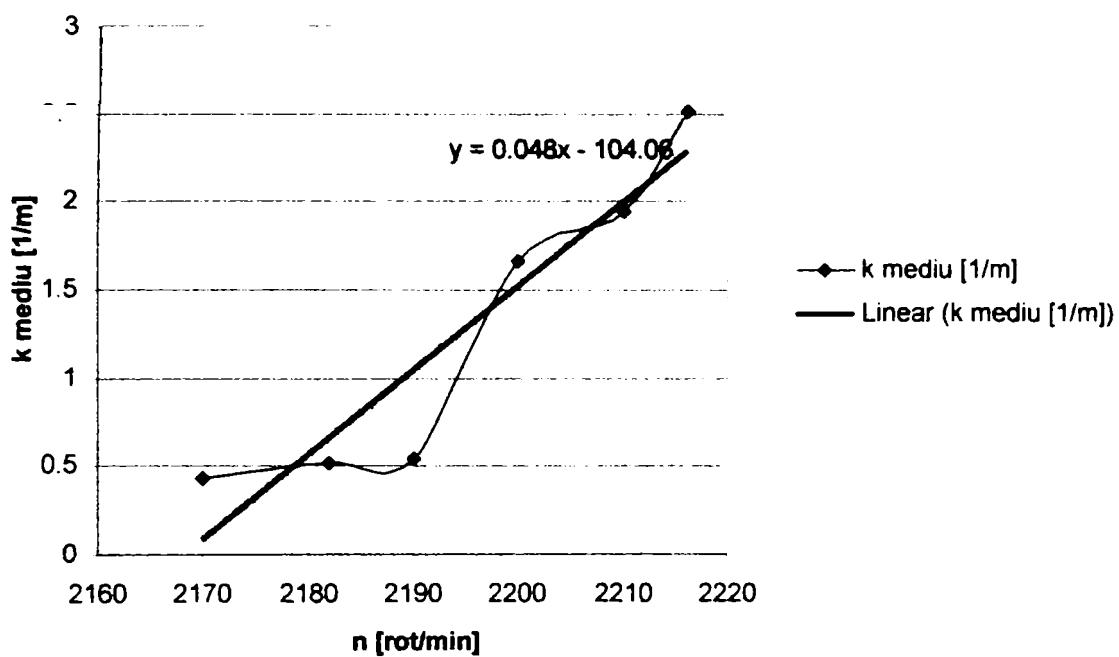


Fig. 7.35 Ecuația de variație a fumului la autocamion în funcție de turație

### Variația fumului în funcție de timp la Raba

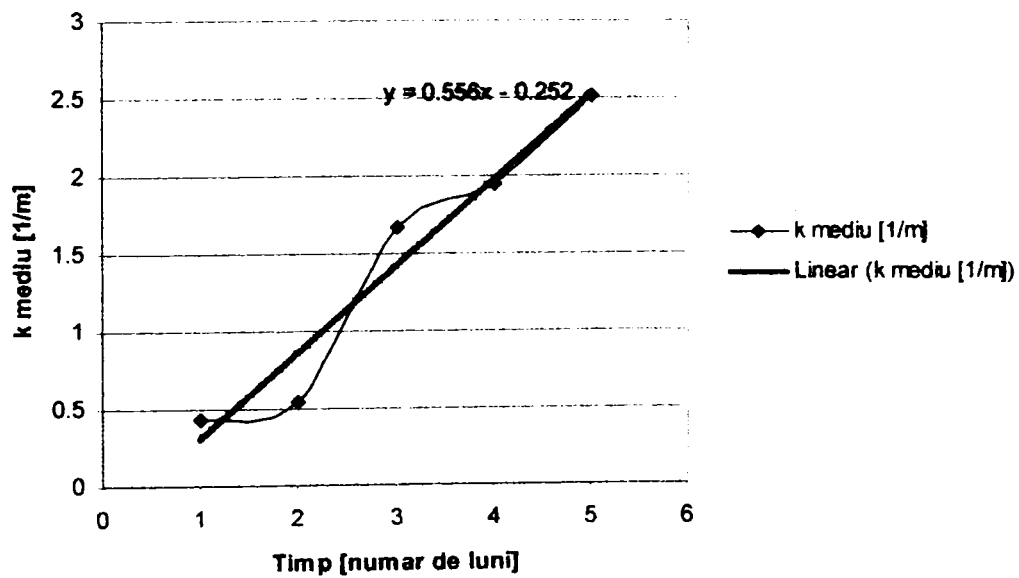


Fig. 7.36 Ecuația de variație a fumului la autocamion în timp

La abateri foarte mari le punem pe seama inconstanței la calitățile combustibililor și uleiurilor, pe variabilitatea condițiilor de exploatare legate de variația maselor transportate (încărcăturii), de condițiile de drum (rampe, pante) concentrația vehiculelor în trafic care determină viteza de deplasare și modul de conducere al șoferului.

S-a ales reprezentarea prin drepte care mediatizează variațiile parametrilor studiați, în caz contrar trebuind ca curbele cu monotonie variabilă să fie tratate cu funcțiile ce le definesc pe domenii în funcție de intervalul de timp.

### 7.3. Studii asupra evaluării prin echivalență a fumului

Variația fumului în funcție de unități Hartridge pentru autocamionul 1 arată după cum se vede în graficul următor:

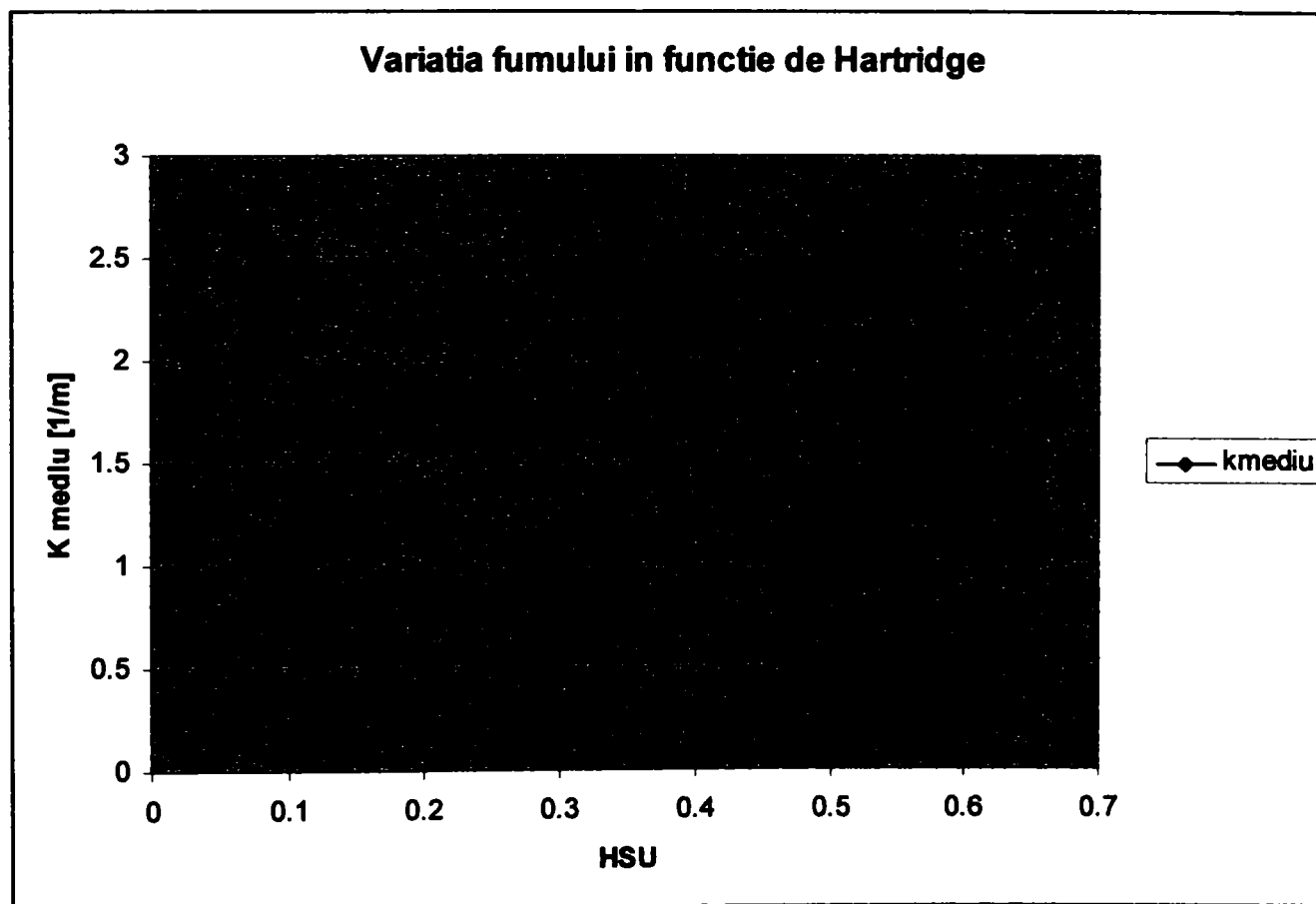


Fig. 7.35 Variația fumului la autocamion în funcție de Hartridge

Gradul de fum în funcție de timp pentru motorul OM 352 arată după cum se vede în figura următoare:

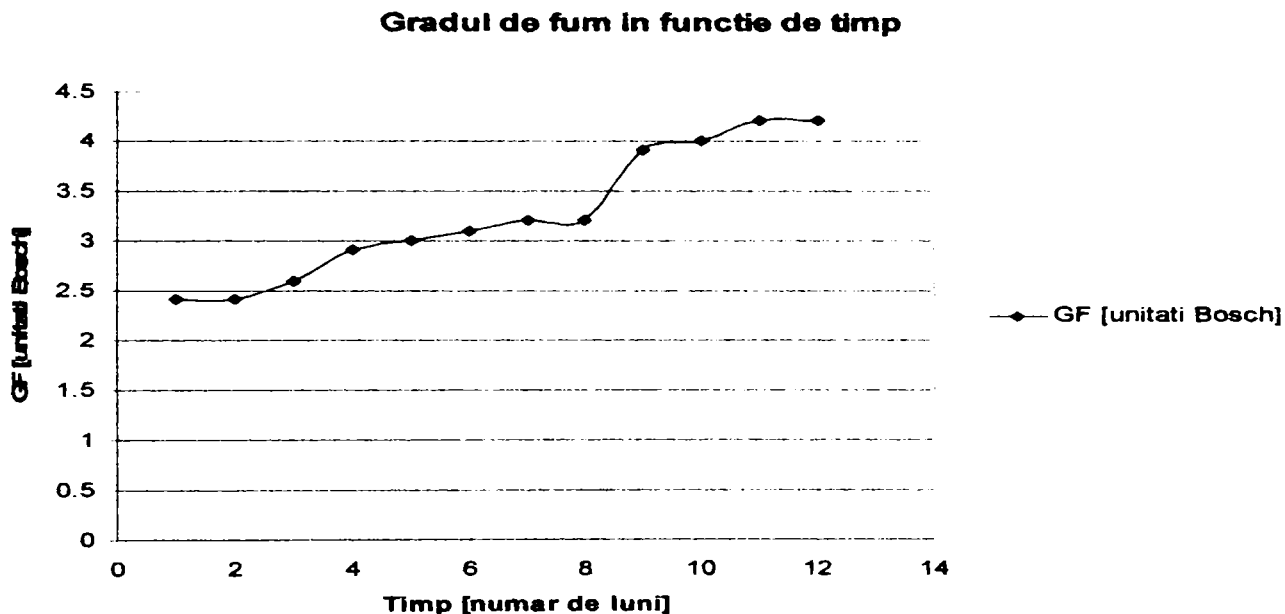


Fig. 7.36 Gradul de fum în timp

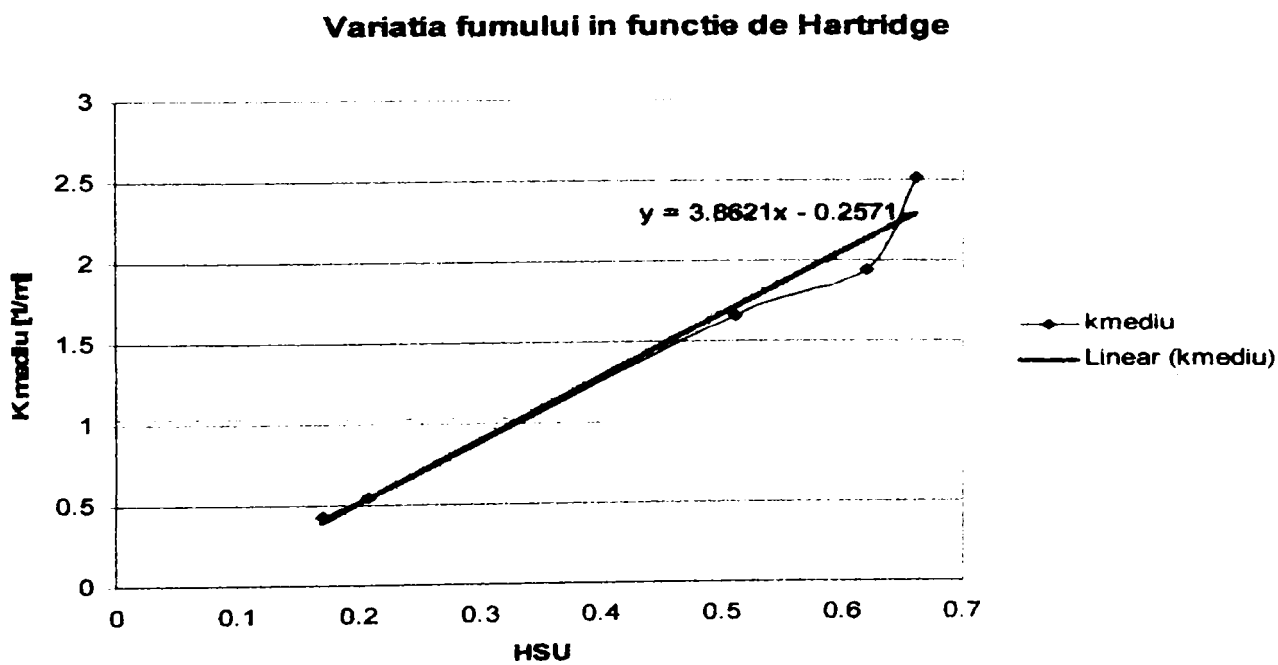


Fig. 7.37 Ecuația de variație a fumului în funcție de Hartridge

### Gradul de fum in functie de timp

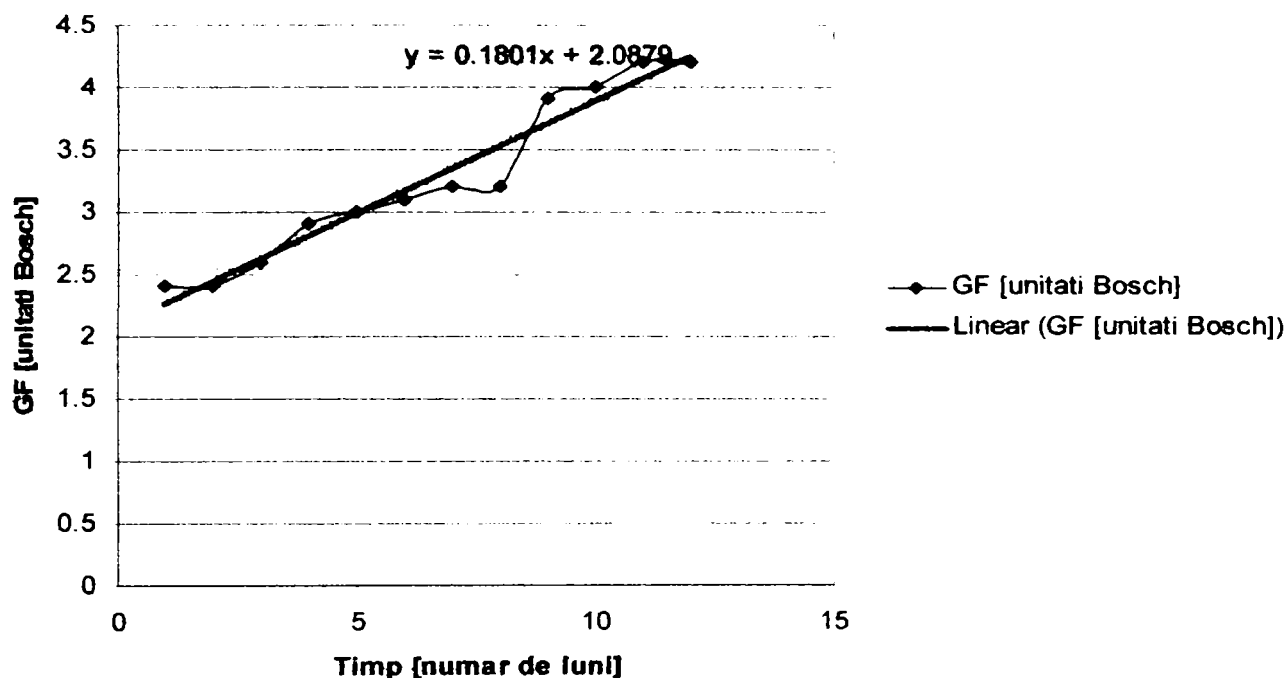


Fig. 7.38 Ecuatia de variatie a fumului în timp

## 7.4. Interpretarea în juxtapunere cu date de calcul a rezultatelor cercetărilor experimentale

### Variatia unitatilor Hartridge si Bosch in functie de coeficientul de absorție

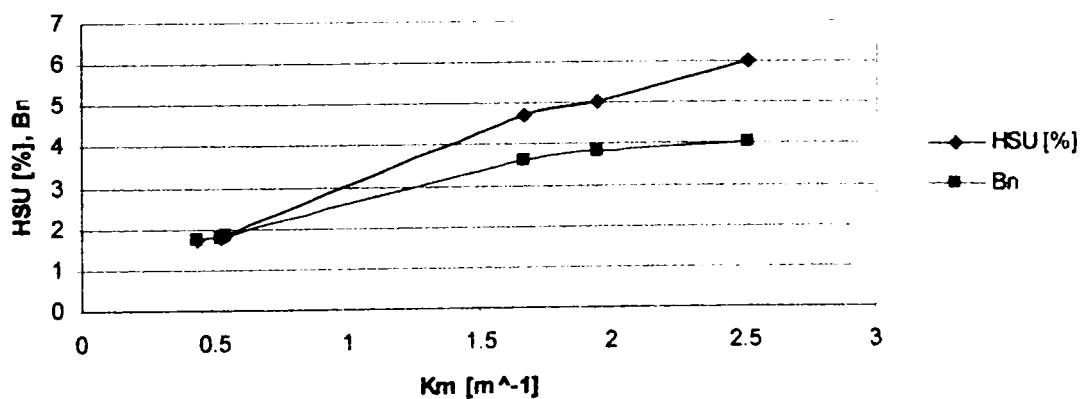


Fig. 7.39 Variația unităților Hartridge și Bosch în funcție de coeficientul de absorție



Continutul de particule solide în funcție de unitățile Hartridge

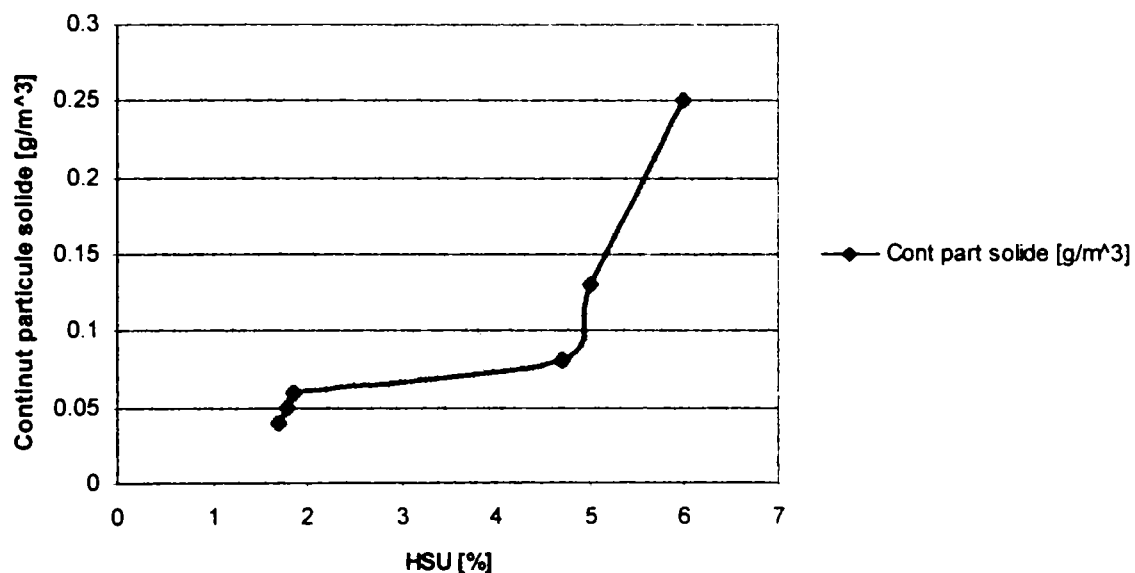


Fig. 7.40 Conținutul de particule solide în funcție de unitățile Hartridge

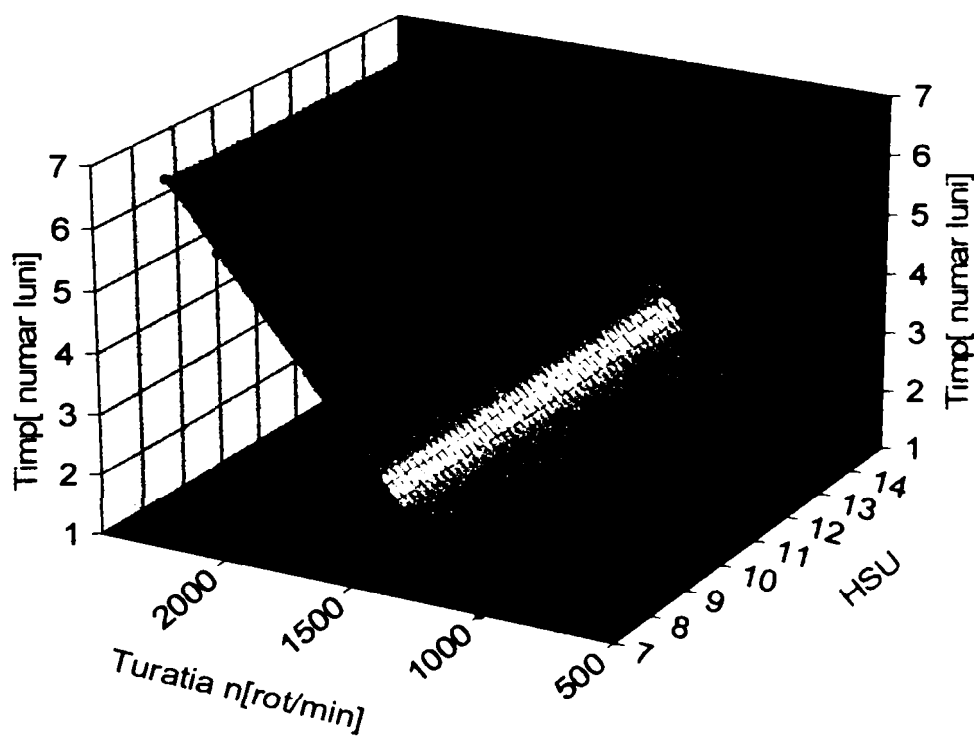


Fig. 7.41 Variația în timp a gradului de fum Hartridge în funcție de turatie

## **CAPITOLUL 8**

### **CONCLUZII GENERALE. CONTRIBUȚII PERSONALE.**

#### **8.1. CONCLUZII GENERALE**

În partea introductivă a lucrării este tratată importanța temei abordate și se face un scurt rezumat al acesteia.

În capitolul 2 se face o informare bibliografică cu date recente în legătură cu emisiile ce afectează calitatea aerului și de a căror geneză este vinovatul principal transportul rutier precum și date ce privesc poluanții produși de emisii, cu precădere caracteristice instalațiile mobile de ardere.

Este tratată problematica poluării produse de transporturile rutiere, natura și efectele emisiilor produse de motoare cu ardere internă, se compară emisiile motoarelor cu aprindere prin scânteie cu cea a motoarelor diesel și căile de influență a emisiilor.

Trebuie remarcat că prin complexitatea lor procesele de geneză ale substanțelor poluante se investighează cu ajutorul modelării acestora trebuind a se avea în vedere atât factorii umani, vehiculul cât și managementul traficului.

Capitolul 3 foarte extins și cu extrem de bogate informații pornește de la sublinierea populației numeroase de autovehicule a cărei rată de creștere este de 30-40 milioane pe an și cu nivelul noxelor de care acesta este vinovat. Lucrarea trece în revistă inventarul de ansamblu al emisiilor, aspecte ale poluării globale, originea poluanților și problematica transportului rutier și a controlului climei. Și subliniază că, condiția generală a vieții moderne este că una din marile probleme este poluarea. Chiar dacă dioxidul de carbon nu este normat cu limite admisibile el fiind un produs al arderii imperfecte pentru combustibilii care au în moleculă carbon inclusiv pentru uleiurile vegetale sau biomasă, se așteaptă în curând să se introducă norme cu caracter global și regional așa cum sunt cele valabile astăzi pentru celelalte noxe.

În capitolul 4 se insistă în mod deosebit asupra echivalenței fum-particule pornind de la date obținute de la Institutul din Marea Britanie MIRA, aceasta fiind prima cercetare de acest fel realizată în literatura autohtonă.

Se trece apoi în capitolul 5 la evaluarea noxelor pentru motoare cu aprindere prin scânteie de tracțiune rutieră utilizând informații statistice domeniu în care se utilizează material bibliografic din literatura de specialitate ca și contribuții personale ale autoarei realizate cu ocazia unor manifestări științifice naționale și internaționale. De asemenea se interpretează inclusiv comparativ rezultatele cercetărilor.

Capitolul 6 are ca obiectiv modelarea termogazodinamică a motoarelor cu aprindere prin comprimare prin evaluarea ciclului real de funcționare.

În capitolul 7 se realizează cercetări experimentale asupra noxelor eșapate de către motoarele cu ardere internă efectuându-se totodată și studii asupra evaluării prin echivalență a conținutului de fum pentru motorul diesel, cu date numerice de calcul.

Fumul consistent este datorat emisiilor în trafic și se fac interpretări comparative cu datele măsurate, care subliniază o bună corespondență, cel puțin în domeniul preciziei tehnice între calcule și experimente.

Paragraful 8.2 se dedică contribuțiilor personale aduse prin teza de doctorat.

## **8.2. CONTRIBUȚII PERSONALE**

- În condițiile fenomenelor climatice, uneori zonal catastrofice, cu caracter zonal și local, lucrarea se constituie ca și o contribuție majoră teoretică și practică.
- Lucrarea aduce la zi informații pertinente relative la stadiul actual al cercetărilor în domeniul poluării în transportul rutier.
- Se fac scurte referiri asupra legăturii existente între ecologie și poluare, se analizează transporturile rutiere în contextul naturii și efectelor emisiilor produse de motoarele cu ardere internă ce echipează majoritar acest tip de mașini, trecându-se în revistă compușii principali care sunt conținuți în gazele de eșapament.
- Este analizată comparativ poluarea produsă de motoarele cu aprindere prin scânteie și de cele cu aprindere prin comprimare în raport cu coeficientul excesului de aer care este un factor de influență consistent al emisiilor.

- De asemenea sunt analizate căile posibile pentru stabilirea influenței emisiilor din trafic cu o serie de grafice inspirate preluate din literatura de specialitate pentru a se ajunge la standardizarea nivelului emisiilor, evoluția acestora în timp după norme și stabilindu-se în esență ce prescripție au legislațiile EURO 3 și EURO 4. De asemenea se acordă atenția cuvenită emisiilor vehiculelor în folosință, efectele compoziției combustibililor și măsurile ce trebuie luate pentru controlul acestora vis-à-vis de combustibili.
- Se analizează atât aspectele de ansamblu ale problematicii cât și măsurile ce trebuie luate inclusiv legate de procesul legislativ, verificarea utilizatorului și a managementului traficului.
- Tratarea motorului cu ardere internă ca unitate energetică și sursă de poluare în tracțiunea rutieră prilejuiește analizarea aspectelor poluării și trecerea în revistă a originii poluanților a gazelor de evacuare ale motoarelor cu aprindere prin comprimare cu injecție directă și cu cameră divizată.
- După introducere în care se prezintă inclusiv date privind nivele de noxe din care rezultă gradul de poluare ridicat al Bucureștiului, se tratează despre poluarea globală determinată de neuniformitatea răspândirii autovehiculelor pe glob și a repartizării acestora pe tipuri.
- Având în vedere condițiile deosebite, inclusiv în legătură cu formarea amestecului, se tratează separat formarea poluanților în motoarele cu aprindere prin comprimare cu injecție directă și în cele cu cameră divizată, trecându-se apoi la expunerea mijloacelor de control a arderii în motorul diesel inclusiv prin analizarea injecției pilot, cu influențele pe care le are atât asupra consumului specific de combustibil cât și asupra nivelului de noxe. Se inventariază și metode de prelucrare pasivă a noxelor care pot răspunde la normele EURO 3 și EURO 4 pentru motoarele cu ardere internă, inclusiv efectele pe care le are injecția de combustibil adaptivă și bineînțeles recircularea gazelor arse. Materialul este valoros atât prin extindere cât și prin noutate și analiza pertinentă a soluțiilor ce privesc problema definită.
- Se fac referiri și asupra posibilităților de control integral al amestecului aer-combustibil pentru obținerea emisiilor motoarelor diesel aproape de zero.

- Transportul rutier și controlul climei conține un grad ridicat de originalitate prin aprecierile care se fac în legătură cu mobilitatea ca pretenție și cerință, cu condițiile de protecție ale climei vis-à-vis de dioxidul de carbon, de participarea androgenă a autovehiculului care se consideră încă ca ne semnificativă, de diferita participare a gazelor din atmosferă, de ratificarea protocolului Kyoto, programul de protecție a mediului a Guvernului German care este unul din cele mai evaluate din Europa, a programului european de protecție a mediului și de posibilitățile de minimalizare a costurilor totale economice care constituie o problemă.
- Cercetând un bogat material bibliografic este prezentată contribuția industriei de automobile la protecția climei cu măsurile din ultima perioadă ce s-au luat cu aspectele reale și unele aspecte false ale acestora.
- De altfel, dacă din punct de vedere al cantității de gaze deversate în atmosferă transporturile rutiere sunt vinovate cantitativ de 40 până la 45% din total poluanți, deși consumă după diferitele surse între 17 și 34% dintre hidrocarburi, ca și nocivitate, pentru că la benzină sulful nu mai există, iar la combustibilii diesel se tinde ca și în țările mediu dezvoltate să se ajungă la proporții spre 0, se apreciază că automobilul are contribuții de 8 până la 22% în vicierea mediului.
- Lucrarea insistă asupra echipamentelor și metodicilor de cercetare pentru evaluarea performanțelor de poluare ale motoarelor cu ardere internă în corelație cu autovehiculul ce-l echipează problematică ce prilejuiește în mod special cu pedanterie posibilitățile de evaluarea a echivalenței fum-particule știut fiind faptul că instalațiile pentru determinarea gravifică a particulelor sunt extrem de costisitoare și în acest sens lucrându-se pentru prima dată în literatura autohtonă cu metode care permit transformarea rezultatelor măsurătorilor în unități de fum determinate prin opacitate și extincție în valori gravifice.
- Pe baze statistice sunt calculate noxele pentru motoare cu aprindere prin scânteie de tracțiune rutieră.
- Este modelat termogazodinamic motorul cu aprindere prin comprimare prin evaluarea ciclului real de funcționare cu contribuții inspirate relativ la calculul oxizilor de azot conținuți în gazele de eșapament.

- Cercetări experimentale privind noxele eșapate ale motoarelor cu ardere internă și studii asupra evaluării prin echivalență a conținutului de fum pentru motoarele diesel se constituie de asemenea în părți cu caracter ridicat de originalitate fiind expuse datele experimentale privind evoluția în timp a noxelor pentru autovehicule rutiere date care sunt reprezentate și prin funcții pentru câteva din automobilele testate, evaluarea fumului în cazul motoarelor diesel și studii asupra evaluării prin echivalență a fumului studii numerice care conduc până la reprezentarea comparativă a nivelului de fum prin unități de fum Bosch sau Hartridge și prin unități gravifice, care are caracter de prioritate în literatură românească de specialitate
- Lucrarea este de un deosebit interes teoretic și practic și conține contribuții personale de esență

## BIBLIOGRAFIE

- [1]. **Apostolescu N., Bătagă, I.**, *Motoare cu ardere internă* , Editura Tehnică, 1967
- [2]. **Apostolescu N., Bătagă, I.**, *Motoare cu ardere internă* , Editura Tehnică, 1967
- [3]. **Apostolescu, N., Chiriac, R.**, *Procesul arderii în motorul cu ardere internă*-Editura Tehnică, București 1998
- [4]. **Apostolescu, N., Grunwald, B.**, *Neomogenitatea termică și chimică din motoarele cu ardere internă*- Editura Academiei, București 1975
- [5]. **Apostolescu, N., Sfințeanu, D.**, *Automobilul cu combustibili neconvenționali*, Editura “Tehnică”,București 1989
- [6]. **Apostolescu, N., Sfințeanu, D.**, *Automobilul cu combustibili neconvenționali*, Editura “Tehnică”,București 1989
- [7]. **Aramă, C., Apostolescu, N., Grunwald, B.**, *Poluarea aerului de către motoarele cu ardere internă*, Editura Tehnică București, 1975
- [8]. **Aramă, Ct.**, *Motoare cu ardere internă*, Editura “Tehnică”, București 1966
- [9]. **Benson, R.S.**, *The Thermodynamics and Gas Dynamics of Internal Combustion Engines* vol I –Claredon Press-Oxford 1982
- [10]. **Bergmann, H., Scherer, F., Osterwald, H.**, *Die Thermodynamik des neuen Nutzfahrzeugmotors OM 904 LA von Mercedes-Benz* - MTZ 57(1996), nr. 4
- [11]. **Betz, A.**, *Rechnerische Untersuchung des stationären und transienten Betriebsverhaltens ein- und zweistufig aufgeladener Viertakt – Dieselmotoren*
- [12]. **Boaru, L.S.**, *Legislative measures to influence emissions from road Traffic Miskolc*, 4<sup>th</sup> International Conference of Phd Students University of Miskolc Hungary, 11-17 august 2003 ISBN 963 661 590 X
- [13]. **Boaru, L.S., Negrea, V.D.**, *Cu privire la structura locală și zonală a emisiilor de monoxid de carbon și ale ozonului*, a XIII-a Conferință de Termotehnică Reșița, mai 2003
- [14]. **Boaru, L.S., Negrea, V.D.**, *Evaluarea numerică a coeficienților ponderați de toxicitate pentru motoare cu aprindere prin scânteie și*



- motoare cu aprindere prin comprimare de tracțiune rutieră*, Conferința de Termotehnică 25 – 26 noiembrie 2004 București
- [15]. **Boaru, L.S., Negrea, V.D.**, *Evaluarea prin calcule numerice a noxelor eșapate de către motoarele cu aprindere prin scânteie*, Cluj-Napoca, 2002
- [16]. **Boaru, L.S., Negrea, V.D., Holotescu, S., Stoian, F.**, *Atmospheric gases with global effect and their pollutant implications*, The 30<sup>th</sup> session of scientific presentations „Modern technologies in the XXI century” Bucharest 6 – 7 noiembrie 2003 Ministry of National Defence Military Technical Academy Bucharest, ISBN 973-640-012-3
- [17]. **Boaru, L.S., Pop, Gh.**, *Cu privire la originea poluanților din gazele de evacuare ale motoarelor cu aprindere prin scânteie și evaluarea prin calcul a acestora*, Constanța, 2002
- [18]. **Boaru, L.S.**, *The numerical evaluation of the weighted toxicity indices for the gasoline engine and compression ignition engine by causeway drive*, Conat Brașov octombrie 2004 ISBN 973 – 635 –394 – X
- [19]. **Boaru, L.S.**, *The study of theoretical and experimental about exhaust emission components with local and regional effects*, Varna septembrie 2004
- [20]. **Bobescu, Gh., Cofaru, C., Chiru, A., Radu, A.**, *Motoare pentru automobile și tractoare*, vol.I, vol.II, Chișinău 1996
- [21]. **Boretti, G.**, *Diesel engine combustion chamber design with three-dimensional flow computations*, International Conference Combustion in Engines, 1992
- [22]. **Chang Hanbao, Zhang Y., Chen L.**, *Gray forecast of Diesel engine performance based on wear*, Applied Thermal Engineering, 2003
- [23]. **Chen Boxian, Qin Zupan**, *Analysis of Piston-Cylinder Dynamic Oil Film Behavior* , Proceedings 6-th International Congress on Tribology vol.IV-Eurotrib-Budapest 1993
- [24]. **Diem, W.**, *Injecting some Competition* – Automotive Engineer, July/August 2001
- [25]. **Follain, L.**, *The New PSA 2.2 – Litre HDI Diesel Engine* – AutoTechnology, vol. I, June 2000
- [26]. **Gaiginschi, R., Zătreanu, Gh.**, *Motoare cu ardere internă- Construcție și Calcul* , Editura “Gh.Asachi”, Iași 1995



- [27]. **Ghințburg, I.**, *Teoria i rasciot porşvevih koleţ –Maşghiz*, Moskva 1945
- [28]. **Grunwald, B.**, *Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovehicule rutiere*, Editura Didactică și Pedagogică, București 1980
- [29]. **Henderson, P.T., Wells, D., Haddox, M.**, *Diesel Engines Emissions: A Timing Control Approach* - SAE Technical Paper Series 871630
- [30]. **Hiroyasu, H.**, *Measurements of spray characteristics and fuel vapor concentration in a diesel spray*-University of Hiroshima, Japan-1994
- [31]. **Hirsiger, F., Tichtinsky, H.**, *Modelisation numerique de l'etablissement d'une zone de combustion avec recirculation* ONERA 1979
- [32]. **Holotescu, S.**, *Cercetări privind simularea numerică a funcționării motoarelor cu ardere internă*-Teză de doctorat, Timișoara 1999
- [33]. **Jakobs, G.**, *Influence of oil ring type and design on fuel and oil consumption*, Internal Combustion Engine Research in Universities-C375/023, ImechE 1991
- [34]. **Kamimoto, T., Bae, M.**, *High Combustion Temperature for the Reduction of Particulate in Diesel Engines* - - SAE Technical Paper Series 880423
- [35]. **Kirilin, V.**, *Termodinamique technique*-Edition MIR Moscou 1981
- [36]. **Klein, H., Rulfs, H.**, *Einfuss der Kraftstoff-Voreinspritzung auf das Betriesverhalten von mittelschnellaufenden Dieselmotoren* – MTZ 53(1992), nr. 9
- [37]. **Lenz, H.P., Cozzarini, Ch.**, *Emissions and Air Quality*. Society of Automotive Engineers, Inc. Warrendale, Pa, 1999
- [38]. **Langrock, T., Petersen, R., Schallaböck, K.O.**, *Bedeutung der klimawirksamen Emissionen des PKW-Verkehrs und Bewertung von Minderungs-strategien*
- [39]. **Mateevici, V., Pavelescu, T., Bogdan, D., Grosu, G., Timaru, Gh., Ion, M., Capeti, R.**, *Automobile Roman pentru transportul de mărfuri*. Editura Tehnică București, 1982
- [40]. **Monaghan, M.**, *Putting friction in its place*, Internal Combustion Engine Research in Universities-C375/KN1, ImechE 1991
- [41]. **Neacșu, E., Nagi, M.**, *Tabele, diagrame și formule termotehnice*. Timișoara 1997

- [42]. **Needham, J.R., Bouthhenet, A.**, SAE Technical Paper Series 931020
- [43]. **Negrea V.D.** *Procese în motoare cu ardere internă*, vol. II Editura “Politehnica”, Timișoara 2003
- [44]. **Negrea, V.D.**, *Bazele cercetării experimentale a mașinilor termice*, Lito I.P.T. Timișoara, vol. I 1978, vol. II 1979
- [45]. **Negrea, V.D., Boaru, L.S.**, *Regards of the emissions produced by road traffic*, The VII<sup>th</sup> International Conference ESFA București, 8-9 mai 2003, ISBN 973-8449-10-3, ISBN 973-8449-12-x
- [46]. **Negrea, V.D., Boaru, L.S.**, *Traficul rutier și poluarea mediului*, Oradea iunie 2003
- [47]. **Negrea, V.D., Boaru, L.S., Tokar, A., Pădure, G., Holotescu, S., Ostoia, D.**, *Research on the evaluation of noxes of road vehicle engines*, Iași 8 –10 iulie 2004 ISSN 1011 – 2855
- [48]. **Negrea, V.D., Boaru, L.S., Tokar, A., Pădure, G., Holotescu, S., Ostoia, D.**, *Research on the Evaluation of Noxes of Road Vehicle Engines*-Buletinul Institutului Politehnic din Iași –Tomul L(LIV) Fascicula 6D-ISSN-2855-, Technical University “Gh. Asachi “ of Iași – First International Conference “prof. Emil Gaiginschi”-Advanced Concepts in Mechanical Engineering-8<sup>th</sup> -10<sup>th</sup> of July 2004-ISSN-1011-2855
- [49]. **Negrea, V.D., Sandu, V.**, *Combaterea poluării mediului în transporturile rutiere*-Editura “Tehnică”, București, 2000.
- [50]. **Negrea, V.D., Pădure, G., Boaru, L.S., Holotescu, S., Pop, Gh.**, *Omul, mobilitatea sa și Mediul*, Oradea 2004 ISSN 1583 – 0691
- [51]. **Negrea, V.D.**, *Procese în motoare cu ardere internă*, vol. I, Editura “Politehnica”, Timișoara 2001
- [52]. **Popa, M.G., Negurescu, N., Pană, C-tin**, *Motoare diesel. Procese. Vol. I și II*, Editura „Matrix Rom” București, 2003
- [53]. **Ostoia, D., Boaru, L.S.**, *Studiu experimental privind influența pierderilor prin neetanșeități asupra consumului de combustibil a unui monocilindru diesel*, Simpozionul „Omul și mediul” Timișoara 8 noiembrie 2004 ISBN 973-625-176-4
- [54]. **Ostoia, D., Holotescu, S., Petruțesc-Boaru, L.S.**, *Studiu privind creșterea de presiune pe ciclu și opacitatea pe caracteristica de mers în gol a unui monocilindru diesel*- Simpozionul “Omul și Mediul “-

- [55]. **Ostoia, D.**, *Studii și cercetări privind controlul formării amestecului și al arderii asupra comportării în serviciu a camerelor de ardere în corelație cu regimul de noxe pentru motoarele diesel*, Teză de doctorat Timișoara 2006
- [56]. **Pesic, R.**, *Motoare cu ardere internă de automobil cu consum redus de combustibil*. International Journal MVM, Kragujevac, 1994
- [57]. **Petrutesc-Boaru, L.S., Negrea, V.D., Petruțesc-Boaru, C.C.**, *Calculul coeficienților ponderați de toxicitate pentru motoarele cu ardere internă de tracțiune rutieră*, A XIX sesiune de comunicări științifice cu participare internațională „Nav-Mar-Edu 2005”, Constanța 2-4 iunie 2005 ISBN 973-8303-54-0, ISBN 973-8303-56-7
- [58]. **Petrutesc-Boaru, L.S., Petruțesc-Boaru, C.C.**, *Controlul emisiilor poluante în timpul arderii la motoarele cu aprindere prin comprimare*, Conferința de la Craiova 26-28 mai 2005 ISBN 973-742-089-6
- [59]. **Petrutesc-Boaru, L.S., Petruțesc-Boaru, C.C.**, *Cu privire la efectul poluant al substanțelor existente în atmosferă și a concentrațiilor de noxe cu efect global*, Simpozionul „Omul și mediul” Timișoara 26 mai 2005 ISBN 973-625-225-6
- [60]. **Petrutesc-Boaru, L.S., Petruțesc-Boaru, C.C.**, *Posibile căi ale influenței emisiilor din trafic*. Conferința de la Craiova 26-28 mai 2005 ISBN 973-742-089-6
- [61]. **Raica, T.**, *Construcția și calculul motoarelor cu ardere internă*, Vol.I-V, Timișoara, 1978
- [62]. **Rakosi, E., Roșca, R., Manolache, Gh.**, *Combustibili neconvenționali oxigenați pentru motoare cu ardere internă*, Editura „Gh. Asachi” Iași, 2002
- [63]. **Rizii, A., W., Inouye, M.**, *Time split finite-volume method for three dimensional blunt-body flow-AIAA Journal vol. 11* 1973
- [64]. **Savu, C-tin**, *Poluarea mediului și prezența substanțelor toxice în alimente. Controlul calității alimentelor*, Editura Semne București 1999
- [65]. **Schulte, H., Königs, M., Reuter, U., Scheid, E.**, *The Influence of Pilot Injection on Combustion in DI Diesel Engines*

- [66]. **Shimada, T., Shoji, T., Takeda, Y.**, *The Effect of Fuel Injection Pressure on Diesel Engine Performance* – SAE Technical Paper Series 891919
- [67]. **Smith E., Clarke D., Sherrington**, *The measurement of piston assembly friction in a engine*, Internal Combustion Engine Research in Universities-C433/031, ImechE 1991
- [68]. **Stratulat, M., Andreescu, C.**, *Diagnosticarea automobilului*, Societatea Știință și Tehnică SA București 1998
- [69]. **Thring, R.**, *Piston skirt friction in internal combustion engines*, Internal Combustion Engine Research in Universities-C375/002, ImechE 1991
- [70]. **Ting L., Shih T.**, *Piston Ring Friction Loss Behavior for Motored and Fired Reciprocating Engines*, Proceedings 6-th International Congress on Tribology vol.IV-Eurotrib-Budapest 1993
- [71]. **Tokar, A., Boaru, L.S., Negoitescu, A.S., Ostoia, D.**, *Studii și cercetări privind influența indicatorilor eco-economici asupra deficiențelor ecologice*, Simpozionul „Omul și mediul” Timișoara 8 noiembrie 2004 ISBN 973-625-176-4
- [72]. **Tudora, O.**, *Studii și cercetări privind termogazodinamica motoarelor diesel prin metode numerice*, Teză de doctorat, Timișoara 2004
- [73]. **Tuzu, Ct.**, *Motoare Diesel*, Editura Tehnică, București 1966
- [74]. **Uchida, N., Shimokawa, K., Kudo, Y., Shimoda, M.**, *Combustion Optimization by Means of Common Rail Injection System for Heavy-Duty Diesel Engines* - SAE Technical Paper Series 982679
- [75]. **Veinovic, S., Negrea V.D., Pesic, R., Davinic, D.**, *Perspective privind carburanți și lubrifianți pentru autovehicule cu 3 l la 100 km*. Congresul Internațional YUNG'95, Vrnjacka Banja
- [76]. **Vibe, G.**, *N. Brennverlauf und Kreisprozess von Verbrennungsmotore* VEB-Verlag Technik Berlin, 1970
- [77]. **Whitehouse, N.D., Baluswamy, N.**, *Calculation of gaseous products during combustion in diesel engine using a four zone model* SAE Paper No. 770410 (1977)
- [78]. **Williams Alan**, *Combustion of Liquid Fuel Sprays*-ISBN 0-408-04113-7-1990

- [79]. **Williams, F.A.**, *Combustion Theory*-Addison-Wesley Publishing Company 1965
- [80]. **Worthing, A.G., Geffner, J.**, *Prelucrarea datelor experimentale*, Editura Tehnică București, 1959
- [81]. **Woschni, G.**, *Elektronische Berechnung von Verbrennungsmotor-Kreisprozessen*-MTZ, 1965 ,11
- [82]. **Yeh, C., Kosaka, H., Kamimoto**, *Measurements of drop sizes in unsteady dense spray* –Tokyo Institute of Technology, Japan-1996
- [83]. **Zătreanu, Gh.**, *Contribuții la studiul funcționării segmentelor motoarelor cu ardere internă în regim tranzitoriu*, Teză de doctorat, București 1975
- [84]. \*\*\* *Automotive HandBook*, Bosch 3-rd Edition, Stuttgart, 1993
- [85]. \*\*\* Colecția de reviste Automotive Engieneer
- [86]. \*\*\* Colecția de reviste MTZ
- [87]. \*\*\* Diesel RK
- [88]. \*\*\* Manual de utilizare Opax 2000
- [89]. \*\*\* *Sisteme moderne de injecție de foarte înaltă presiune-Bosch*,2000.
- [90]. \*\*\* [www.mefin.ro](http://www.mefin.ro)
- [91]. \*\*\* [www.sae.com](http://www.sae.com)
- [92]. \*\*\* Zum Entwicklungsstand der Kolbenringe und Dichtungen fur Verbrennungsmotoren-MTZ-1978
- [93]. \*\*\*Colecția de reviste ATZ
- [94]. \*\*\**Diesel emissions reduced* – Automotive Engineering International, May 1998
- [95]. \*\*\*Manual de utilizare Flux 5000
- [96]. \*\*\*manual utilizare AVL DiCom
- [97]. \*\*\*manual utilizare LabView 6.
- [98]. \*\*\*Program UNISORI
- [99]. \*\*\*VDA, *Mobilität und Klimaschutz*
- [100].\*\*\*[www.avl.at](http://www.avl.at)

# ANEXE

Anexa 1

## PROTECH

## FLUX 5000

INFRARED GAS ANALYSER

ver. 1.11/ITA

28 October 2003  
13:27:11

Rpm4	0889	1/min
CO	3.140	%vol
COcor.	3.140	%vol
CO2	12.47	%vol
HC	00381	PPMV
O2	01.47	%vol
NO	----	PPMV
NO2	----	PPMV
NOx	----	PPMV
T.OIL	102.8	°C
Lambda	0.961	
AFR	14.12	

VEHICLE *CT-03-7AA*

OPERATOR .....

Nr. identificare fișă/Data fișei

**FIȘĂ DE EVIDENȚĂ**  
**Octombrie**

Unitatea ce a efectuat probele: R.A.J.D.P. Constanța

Nr. și tip autovehicul: CT-03-JAA, Autoturism Dacia 1310

Nr. km. parcursi: - de la precedenta verificare: 5.816 Km  
- nr. total de km.: 567.890 Km

Nume conducător auto: Panait Dumitru

Caracteristicile drum ( șea, deal, munte ): Șea

Valori medii în kilometri: 253 Km/zi

Anotimp: Toamna

Condiții meteo ( temperatură aer, umiditate, zi-noaptea ) cu detaliere pe km. parcursi:

Combustibili utilizați ( date analiză de calitate ): Benzina

Tip combustibil: Premium

Conținut S: %g

Lubrificanți ( date analiză de calitate ):

- motor: Mobil 15W40
- transmisie: T90

Tip combustibili:

Consum combustibili: - la 100 km.: 8,8 l  
- total: 530 l

Reparații curente pentru intervalul de parcurs ( inclusiv piese înlocuite ):

RT1+RT2, reparat instalație electrică, înlocuit capac pompa apă, înlocuit orșaliera usă, înlocuit vas expansiune, înlocuit teuri amortizoare

Incidente tehnice deosebite pe intervalul de parcurs:

**FIȘA ACTIVITĂȚII ZILNICE PENTRU AUTOVEHICULE PE LUNA**  
**Decembrie**

Zi	Tip	Pentru	PARCURI (km)			PRIVATE		CAMIONANȚI (kg)		JURĂCĂNȚI			ALTE ACT.	
			Total	Pm	Blak	Tip	ParcKm	LAZI	BCP	Blak	Blak	Blak	Blak	Blak
1														
2	12.507	7	201	201,00	212			30						
3	12.507	06	200	200,00	200			30						
4	12.544	00	203	203,00	200									
5	12.545	0	100	100,00	100			30						
6	12.534	0	103	103,00	102									
7														
8	12.546	0	102	102,00	100			30						
9	12.547	0	236	236,00	233									
10	12.503	7	200	200,00	202			30						
11	12.500	0	204	204,00	201			13						
12	12.500	7	100	100,00	231			30						
13	12.510	4	130	130,00	140			25						
14														
15	12.530	0	271	271,00	263			30						
16	12.521	0	170	170,00	196									
17	12.523	0	170	170,00	100			30						
18	12.523	0	270	270,00	204									
19	12.542	0	107	107,00	200			30						
20	12.547	0	140	140,00	134									
21														
22	12.503	10	207	207,00	204			30						
23	12.546	0	236	236,00	204			30						
24	12.549	11	235	235,00	240			23						
25	12.520	7	211	211,00	230			10						
26	11.971	0	202	202,00	200			30						
27	0.001	0	245	245,00	230									
28	0.002	0	247	247,00	230			30						
29														
30														
<b>TAL:</b>		<b>00</b>	<b>5432</b>	<b>5432</b>	<b>5432</b>			<b>30</b>						


<b>PARCURI REALIZAT (km):</b>	
La început lună	522.207
Total luna curentă	5432
Total general	527.639

<b>REVENIRI DE LA:</b>	
Total impoz	30
Acțiun	20
Dobânz	

<b>CAMIONANȚI (kg):</b>	
Procent maxim	300
Comunit	300
Diferență	14

<b>INCURCĂȚĂRI (km):</b>	
Motor	1
Tramvai	
Altele	

Director: Mădălina  
Ing. Popescu Mihaila

  
 \_\_\_\_\_  
 Director



S.N.P. "PETROM" S.A. BUCUREȘTI  
 SUCURSALA "PECO" CONSTANȚA S.A.  
 Str. Mihai Eminescu nr.9 tel :041618596  
 Nr.reg. Comerțului : J 40/8302/1997  
 Cod fiscal : 10382480

LABORATOR C.T.C. / CONSTANȚA

**DECLARAȚIE DE CONFORMITATE**

Noi, S.N.P. "PETROM" S.A. BUCUREȘTI - SUCURSALA "PECO" CONSTANȚA S.A.  
 Declaram pe propria răspundere că produsul

**ULEI M 40 S2**

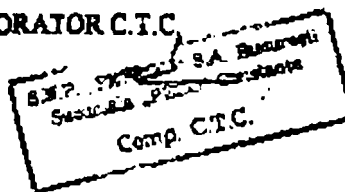
este în conformitate cu cerințele documentului normativ : ST 10/ASTRA ;  
 ST 1-014-1999 (Lubrifiți)  
 și cu cerințele contractuale specifice sau a declarației de conformitate emise de  
 producători / importatori conform O.G. 168/1997 , pe care le deținem în original

CAZAN/AUTOREZERVOR	6
Pentru beneficiar/stația Peco	RAJOP CA
În mijlocul de transport	(12 Litri) "PECO" CA
BULETIN DE ANALIZA	5731
DATA	6.06.03
ORA	9 <sup>00</sup>

CARACTERISTICI	UM	VALORI NORMATE	VALORI REALE	METODA DE ÎNCERCARE
DENSITATE la temp. de livrare	g/cm <sup>3</sup>	max. 0.910	0.902 + 4	STAS 35-87
VISCOZITATE LA 100°C	cSt	12.5 - 16.3	—	—
VISCOZITATE LA 50°C	°E	10.5-12 (inform)	12.5	STAS 117-87
INFLAMARE M	°C	min 230	150	STAS 5489-80
CONGELARE	°C	max. - 20	-20	STAS 39-80
APA (distilare)	%	Lipsă	0.01	STAS 242-89

TERMEN DE GARANTIE	36 luni
--------------------	---------

LABORATOR C.T.C.





**DECLARAȚIE DE CONFORMITATE**  
 NR. 12969 DATA 4.06.2003

Produs certificat  
 R.A.R. - D.C.P.  
 225 REC  
 29.07.02

Nof:  
 Numele furnizorului: **SC ROMPETROL RAFINARE S.A.**  
 Adresa furnizorului: **DJ 228, Km 23, COD 8700, Constanța**  
 Nr. de ordine în registrul comerțului: **J 13/534/1991 - Oficiul Registrului Comerțului Constanța**

asigurăm, garantăm și declarăm, pe proprie răspundere, conform art. 5 din Hotărârea Guvernului nr. 1023/2002 privind regimul produselor și serviciilor care pot pune în pericol viața, sănătatea, securitatea națională și protecția mediului, că:

Denumirea produsului: COMBUSTIBIL PT. MOTOARE DIESEL (MOTORINĂ) TLF  
 Din (garaj, lot, rezervor): M90 CLIC  
 Transportat cu: CT 12 RAO  
 Cantitatea: 4300 kg  
 Beneficiar: RAJAO CONSTANȚA  
 Prelevat conform standard: 170341.78

Produsul descris mai sus nu pune în pericol viața, sănătatea, securitatea națională, nu produce un impact negativ asupra mediului și este în conformitate cu:

Documentul nr.: SR EN 590 Titlu: CARBURANT PT. AUTOMOBILE Ediția/Data emiterii: 1997  
COMBUSTIBIL PT. MOTOARE DIESEL

Derogare: \_\_\_\_\_

Termen de garanție: 1 lună de la data livrării în condiția respectării cerințelor de manipulare, transport, depozitare și conservare specificate în Fișa tehnică de securitate.

Informații suplimentare:  
 Pentru probe medle prelevată din garaj/lot/rezervor nr. M90 s-a emis

Raportul de încercare nr.: 384 Din data de 3-06-2003

Laboratorul de încercări este acreditat de RENAR, în conformitate cu SR EN 45001 și Ghidul ISO/CEI 25, și are certificat de acreditare nr. 050-L/05.07.2000  
 Sistemul de management al calității este certificat în conformitate cu standardul EN 9002:94, cu certificatul nr. 070853 Q2/14.08.2001, emis de DQS - Germania, și certificatul nr. DE-070853 Q2 / 14.08.2001, emis de IQNet.

4.06.2003  
 Locul și data emiterii

**ROMPETROL RAFINARE S.A.**  
 Compania a Grupului Rompetrol  
 DJ 228, km 23, cod 8700, Constanța

Tel + (40) 241 506 000  
 Fax + (40) 241 506 931  
 http://www.rompetrol.com  
 e-mail: office.petrochemical@rompetrol.com

Cod: PNLE - 917/rev.5/04.2003

# PROTECH

## OPAX 2000 II

ver. 1.2/ROM

BULETEN DE ANALIZA  
A FURNALUI

25 August 2003  
12.30

### VEHICUL

CF-04-VVV

RPM min	RPM max	T (sec)	K (1/m)
0637	2170		0.63
0640	2102	1.1	0.71
0643	2190	0.9	0.620
0647	2200	0.9	0.540
0649	2210	1.0	0.490
0650	2216	0.8	0.460

Temperatura: 856.0 (C)  
Drift: 0.01 X

Statiu I.T.P.

**Kmediu = 0.52**

Operator:

45

Nr. identificare fișă/Datn fișei

**FIȘĂ DE EVIDENȚĂ**  
**August**

Unitatea ce a efectuat probele: RAJ.D.P. Constanța

Nr. și tip autovehicul: CT-04-VUV, Autobusul nr.4 38300 VFK

Nr. km. parcurși: - de la precedenta verificare: 1.945 Km  
- nr. total de km.: 255.116 Km

Nume conducător auto: Olteanu Ștefan

Caracteristici drum ( șos, deal, umate ): Șos

Valori medii în kilometri: 195 Km/zi

Anotimp: Vara

Condiții meteo ( temperatură aer, umiditate, zi-noapte ) cu detalieri pe km. parcurși:

Combustibilii utilizați ( date analiză de calitate ): Motorină

Tip combustibil:

Conținut S: %g

Lubrifianti ( date analiză de calitate ):

- motor: Mobil Delvac MX 15W40
- cutie viteze: Mobil 80W90
- diferenciat: T90

Tip combustibili:

Consum combustibili: - la 100 km.: 35,6 l – gol; 59,1 l - plin  
- total: 1.100 l

Reparații curente pentru intervalul de parcură ( inclusiv piese înlocuite ):

Incidente tehnice deosebite pe intervalul de parcură:

**FIȘA ACTIVITĂȚII ZILNICE PENTRU AUTOVEHICULE PE LUNA**  
**August**

Poziția	Tip expl.	Km			PREȚIARI		CARBURANȚI (litri)			LUBRIFIANȚI (l)			ALTE ACT.			
		Total	Plă.	Rețin.	Tona	Tona/Km	Locală	BCP	Restit.	Infra.	Motor	Transm.	Alte.	Creșt.	Base	Obs.
6.658	3	68	48,00	92	33	889										10
6.677	8	240	120,00	286	66	2,620	100	✓								9
6.693	5	160	80,00	183	44	1,780	180	✓								4
6.721	3	80	40,00	93	23	920	150	✓								16
6.722	7	230	110,00	280	128	2,300	180	✓								60
6.731	7	215	80,00	258	48	1,920	150	✓								20
6.743	8	240	120,00	277	66	2,640	120	✓								6
6.912	7	220	130,00	230	20	2,078	116	✓		3	✓	2	✓			2
6.351	10	305	242,00	336	48	3,987	98	✓								12
7.283	6	185	75,00	213	44	1,670	120	✓								12
<b>AL:</b>	<b>64</b>	<b>1,945</b>	<b>1,046</b>	<b>2,272</b>	<b>310</b>	<b>21,371</b>	<b>1,198</b>			<b>3</b>		<b>2</b>				<b>151</b>

<b>PARCURS REALIZAT (Km)</b>	
La începutul lunii	293.171
Total luna curentă	1.645
Total general	295.116

<b>NUMAR DE ZILE:</b>	
Total luna	31
Active	10
Defect	

<b>CARBURANȚI (litri)</b>	
Mecan. creșterea	1,200
Constant	1,100
Diferența	166

<b>LUBRIFIANȚI (litri)</b>	
Motor	3
Tranzmisie	
Hidraulic	2

Director Mecanizare,  
Ing. Popescu Mihail

Insusit  
*[Signature]*  
Bucuresti, 10.08.2010

## REZULTATE ÎNCERCĂRI

NR.	CARACTERISTICĂ	METODA DE ÎNCERCARE	CM	VALORILE		REACTIVITATE
				PREVĂZUT	DETERMINATĂ	
1	Masă volumică la 15°C	ISO 3675	Kg/m <sup>3</sup>	820-860	849,8	1,2
2	Distilare:	SR ISO 3408-1998				
	distilă la 250°C		%v/v	max. 65	38	
	distilă la 350°C		%v/v	min. 85	94	
	distilă la 400°C		%v/v	min. 85	470	
3	Vâscozitate cinematică la 40°C	SR ISO 3106-1996	mm <sup>2</sup> /s	2,00-4,50	3,20	0,704
4	Conținut sulf	SR ISO 8756-1998	%	max. 0,2	0,14	
5	Conținut de apă	SR ISO 760-94	mg/kg	max. 200	105	
6	Conținut emulgă	SR ISO 6245-1995	%	max. 0,01	0,002	0,005
7	Coroziune/Cu (2h/50°C)	SR ISO 2160-1995	cotare	clasa 1	1	
8	Indice cetanic calculat	SR ISO 4264-1998		min. 46	50,94	
9	Indice cetanic determinat	SR IS 5155-98		min. 49	51,4	13
10	Punct de inflamabilitate - PM	ISO 2719-98	°C	min. 55	73	12
11	Stabilitate la oxidare	ASTM 2274-1999	g/m <sup>2</sup>	max. 25	6	
12	TLV	SR EN 116/1997	°C	max. 0	-9	10
13	Sediment	EN 12662	mg/kg	max. 24	4,22	
14	Maximul de carbon Conradson (pe 10% reziduu)	ASTM 109-1997	%	max. 0,30	0,023	0,19
15	densitate la 40°C	ISO 3675	g/cm <sup>3</sup>		0,824	0,001

OBSERVAȚII:

*REP Z...*

SC FEP  
ROMPETROL RAFFINARE  
S.A.

*RESPONSABIL DE ÎNCERCĂRI*

RESPONSABIL DE ÎNCERCĂRI  
Nr. 6  
1997

Mulțumirile mele nu pot echivala cu ajutorul acordat de cei care de-a lungul anilor m-au sprijinit, îndrumat pe măsură ce prezenta teză se contura.

Un gând de recunoștință se cuvine domnului prof.dr.ing. VIRGILIU DAN NEGREA pentru gradul ridicat de profesionalism cu care m-a îndrumat de-a lungul elaborării tezei, și nu numai la aceasta ci și prin prisma formării mele profesionale.

Pe această cale țin să aduc mulțumirile mele domnului și prietenului de familie asist.dr.ing. DANIEL OSTOIA și prietenei acestuia MONICA, pentru sprijinul logistic acordat la realizarea calculelor teoretice, a diagramelor, a structurii și tehnoredactării tezei.

Mulțumiri aduc colegilor catedrei de Termotehnică Mașini și Echipamente Termice și Autovehicule Rutiere, care m-au format ca și inginer și coleg și m-au sprijinit moral și logistic prin idei la elaborarea tezei cât și profesorilor care au avut un rol important în formarea mea ca și inginer.

De asemenea, mulțumesc celor de la Regia Autonomă de Drumuri și Poduri Constanța pentru ajutorul pe care mi l-au acordat la efectuarea măsurătorilor și colegilor soțului meu de la RMB Casa Auto Timișoara, în special domnului ing. MIRCEA DEAȘ pentru sprijinul acordat în momentele cheie ale vieții noastre. Totodată mulțumesc prietenelor mele medic, dr. ALEXANDRA MARIN și dr. LILIANA BIROU care mi-au supravegheat sarcina în tot acest timp.

Gândurile de mulțumire mă conduc la persoanele cărora le datorez o considerație deosebită și le port mereu în suflet prin rolul avut în formarea mea spirituală și profesională și anume părinților mei MARIA-RODICA și NICOLAE BOARU, care fără ajutorul lor teza n-ar fi avut niciodată finalitate.

Nu în ultimul rând, mulțumesc soțului meu CIPRIAN-COSTIN PETRUȚESC-BOARU pentru răbdarea și suportul avut din partea lui în momentele în care finalizarea era un deziderat și mai ales viitorului meu COPIL pe care l-am stresat foarte tare încă din viața intrauterină.