

**UNIVERSITATEA „POLITEHNICA”
DIN TIMIȘOARA
FACULTATEA DE MECANICĂ**

Ing. Adriana Tokar

TEZĂ DE DOCTORAT

**”CERCETĂRI PRIVIND INTERACȚIUNEA
DINTRE AUTOMOBILUL ECHIPAT CU M.A.I. ȘI
MEDIU”**

Conducător științific:

Prof. Dr.ing. Virgiliu Dan NEGREA

Prof. Dr.ing. Dănilă IORGA

2009

CUVÂNT ÎNAINTE

Explozia de motorizare înregistrată în România post decembristă impune mobilizarea specialiștilor în proiectarea, construcția și exploatarea automobilului echipat cu motor cu ardere internă, fiind necesară efectuarea unor reglaje corecte și o exploatare rațională, a căror motivație trebuie cunoscută în cele mai mici detalii.

Problema poluării este din ce în ce mai acută dacă ne gândim că schimbările climatice se datorează dioxidului de carbon ajuns în troposferă datorită activității umane, automobilul fiind responsabil pentru jumătate din această cantitate.

Motorul cu ardere internă care echipează o numeroasă populație de autovehicule este o sursă consistentă de poluare astfel încât se impune tratarea de la simplu la complex a reproiectării acestuia, dezvoltarea și implementarea soluțiilor hibride, reconsiderarea transportului rutier urban.

Doresc să mulțumesc în mod deosebit conducătorului științific, domnului Prof.dr.ing. Dănilă IORGA, pentru ajutorul acordat la finalizarea tezei de doctorat.

Mulțumesc domnului Prof.dr.ing.h.c. Virgiliu Dan NEGREA, pentru coordonarea permanentă acordată la întocmirea lucrării de față.

De asemenea, mulțumesc referenților științifici: domnului Prof.dr.ing. Constantin Pană de la Universitatea Politehnică din București, domnului Prof.dr.ing. Nicolae Burnete de la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, domnului Conf.dr.ing. Liviu Mihon de la Universitatea Politehnică din Timișoara, pentru revizuirea lucrării cu atenție și competență, oferindu-mi astfel șansa de a o perfecționa.

Mulțumesc colegilor din catedra TMTAR: Șl.dr.ing. Arina Speranța Negoîtescu, Șl.dr.ing. Daniel Ostoia, Ing. Sorin Deac, pentru sprijinul acordat în vederea elaborării tezei de doctorat.

Mulțumesc prietenilor și familiei pentru ajutorul, înțelegerea și încurajarea de care am beneficiat în permanență.

Timișoara, iulie 2009

Adriana Tokar

CUPRINS

Notații, abrevieri, acronime	7
Lista de tabele	9
Lista de figuri	11
1. Introducere	17
2. Stadiul actual al cercetărilor în domeniul poluării mediului de către transportul rutier	19
2.1. Evaluarea poluării produse în transporturile rutiere	19
2.2. Natura și efectele emisiilor produse de motoarele cu ardere internă	22
2.3. Poluarea aerului și praguri nocive	25
2.4. Inventarul emisiilor	26
2.5. Compararea emisiilor MAS și MAC	28
2.6. Aspecte ale poluării globale	32
2.7. Poluarea prin zgomot	33
2.8. Norme de calitate a aerului	34
2.9. Concluzii	40
3. Metode de calcul pentru stabilirea corelației trafic rutier-poluare	41
3.1. Elemente de teorie a traficului	41
3.1.1. Mărimi caracteristice traficului	41
3.1.2. Modelarea curenților în traficul rutier	42
3.1.3. Modelarea fluxului de vehicule în trafic	45
3.1.4. Teoria firelor de așteptare și analiza traficului rutier	47
3.1.4.1. Ipotezele de trafic și teoria firelor de așteptare	47
3.1.4.2. Fire de așteptare în regim U-U-1	47
3.1.4.3. Fire de așteptare în regim P-U-1	47
3.1.4.4. Fire de așteptare în regim P-P-1	48
3.1.5. Analiza traficului pe șosele în cazul dopurilor în circulație	48
3.1.6. Analiza traficului într-o intersecție semnalizată	48
3.2. Analiza traficului rutier real	49
3.2.1. Gradul de utilizare	49
3.2.2. Analiza traficului de drum real pe o autostradă	50
3.2.3. Analiza traficului de drum real pe o șosea cu două benzi de circulație	52
3.2.4. Analiza traficului de drum real pe o șosea cu mai multe benzi de circulație	53
3.2.5. Proiectarea traficului rutier	54
3.3. Metode de fluidizare a circulației în intersecții dirijate	57
3.3.1. Metoda suspendării unei faze a ciclului de semnalizare	57
3.3.2. Metoda intervalului critic (interval-vehicul)	58
3.3.3. Unda verde, ca metodă de fluidizare a traficului	58
3.3.4. Sisteme centralizate de reglare și control al traficului	58
3.4. Modelarea și optimizarea emisiilor poluante într-o intersecție	60
3.4.1. Modelare și simulare cu ajutorul programului de calcul CALINE 3	60
3.4.2. Exemplificarea programului CALINE 3	62
3.4.3. Studiul oportunității semaforizării intersecției din P-ța Leonardo Da Vinci.	63
Calculul timpilor de semaforizare	
3.5. Concluzii	67

4. Mijloace de reducere a emisiilor poluante la motoarele cu ardere internă de tracțiune rutieră	68
4.1. Reducerea emisiilor poluante prin dezvoltarea științei și tehnologiei	68
4.2. Măsuri legislative antipoluare la nivel mondial și european	69
4.3. Metode de reducere a emisiilor la MAS	72
4.3.1 Metode active de reducere a emisiilor la MAS	73
4.3.2. Metode pasive de reducere a emisiilor la motoarele cu aprindere prin scânteie	74
4.3.2.1. Principii de funcționare	76
4.3.3. Reducerea emisiilor la pornire	77
4.4. Metode de reducere a emisiilor la MAC	78
4.4.1 Metode active de reducere a emisiilor la MAC	79
4.4.2 Metode pasive de reducere a emisiilor la MAC	80
4.5. Concluzii	86
5. Cercetări experimentale privind emisiile produse de m.a.i ce echipează autovehiculele de tracțiune rutieră	87
5.1. Metode și instalații de măsurare a emisiilor poluante	87
5.1.1. Stand dinamic cu role LPS3000	89
5.1.2. Analizor gaze-AVL DiCom 4000	95
5.1.3. Sistem pentru diagnosticarea autovehiculelor Delphi DS 100E	96
5.2. Rezultate experimentale	98
5.2.1. Rezultate experimentale pentru motoarele cu aprindere prin scânteie	100
5.2.2. Rezultate experimentale pentru motoarele cu aprindere prin comprimare	
5.2.3. Compararea rezultatelor experimentale între autovehicule cu diferite tipuri de motorizări	126
6. Evaluarea prin calcul a noxelor eșapate de autovehicule echipate cu MAI	129
6.1. Determinarea prin calculul a noxelor eșapate de autovehicule echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie	129
6.2. Comparații ale rezultatelor experimentale pentru autovehiculele încercate	132
6.3 Comparații între mărimile calculate și mărimile obținute în urma cercetărilor experimentale	138
6.4. Studiu comparativ al rezultatelor experimentale obținute în condiții de cale cu cele simulate	142
7. Concluzii finale și contribuții personale	155
7.1. Concluzii finale	155
7.2. Contribuții personale	158
Bibliografie	160
Anexe	166

NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME

s - dispersia
 λ - coeficientul excesului de aer
q - debitul traficului
t - timpul
 n_v - numărul de autovehicule
 h_i - frecvența de trecere sau lungimea de undă a traficului
—
h - lungimea de undă medie
 u_t - viteza medie a fluxului traficului
u - viteza unui vehicul
 l_i - lungimea drumului pe o anumită porțiune
 t_{nv} (l_{nv}) - timpul necesar pentru vehiculul n_v de a parcurge secțiunea de drum cu lungimea l_{nv}
 k_t - densitatea traficului
 u_f - viteza unui vehicul ($q = 0$)
 q_m - fluxul maxim (debitul maxim) al traficului
 u_m - viteza medie de trafic pentru fluxul maxim
 k_m - punct de densitate al traficului corespunzător fluxului maxim de vehicule.
 P_{nv} - probabilitatea de a avea n_v vehicule care ajung în punctul considerat în timpul t
 λ_s - fluxul mediu sau numărul de vehicule care sosesc în unitatea de timp
 t_v - verde efectiv
 t_R - roșu efectiv
 s_t - flux de saturație
C - capacitatea zonei de apropiere
 f_1 - factor care ține seama de lățimea benzii de circulație
 GU_m - gradul de utilizare
 E_h - factorul de corecție
 GU_r - gradul de utilizare maxim în condiții reale
 q/q_m - factorul de utilizare al șoselei (q_m - flux maxim, q - flux măsurat real)
 f_t - factor de corecție care ține seama de numărul vehiculelor de transport
 f_s - factor care aplică o corecție în funcție de modul de conducere al vehiculului
 f_d - factor ce ține seama de distribuția neegală a traficului pe cele două sensuri de mers
 GU_i - gradul de utilizare ideal
 k_i - factorul care definește cele mai aglomerate i ore în raport cu MAZ
D' - un factor ce exprimă volumul traficului pe direcția de mers
EL - lungimea elementului
W - lățimea șoselei
NE - numărul elementului
BASE - factorul de majorare al elementului
PHI - unghiul dintre direcția vântului și direcția șoselei
c - lungimea ciclului de semnalizare
 c_i - concentrația poluantului înaintea catalizatorului;
 c_e - concentrația poluantului la ieșirea din catalizator
 V_t - cilindrul total al motorului
 p_0 - presiunea ambiantă

Q_i - capacitatea calorică inferioară a combustibilului
 n – turația motorului
 τ - numărul de timpi ai motorului
 R - constanta termodinamică a agentului motor
 T_0 - temperatura ambiantă
 λ - coeficientul excesului de aer
 L_{\min} - cantitatea stoichiometrică de aer necesară arderii unui kilogram de combustibil
 η_i - randamentul indicat
 η_m - randamentul mecanic al motorului
 η_{tr} - randamentul transmisiei
 η_{fr} - coeficientul care ține seama de eventualele pierderi de putere în frâne
 V_{ref} - viteza de referință pentru valorile caracteristice rezistenței (în mod normal 90 km/h)
 V - viteza de mers
 P_{Air} - puterea rezistenței aerului
 P_{Flex} - pierderea de putere datorită deformării anvelopei
 P_{Roll} - puterea rezistenței rolei
 a_m - masa autovehiculului
 ρ - densitatea aerului
 c_w - coeficientul de rezistență al aerului
 A_{Front} - suprafața frontală a autovehiculului
 v_0 - viteza vântului din față
 μ_r - coeficientul de rezistență la rulare
 m - masa autovehiculului
 g - accelerația gravitațională
 f_m - factor motor
 r - raportul presiunii la supraîncărcare
 q - consumul specific de combustibil, conform SAE J1349
 P_L - creșterea accelerată absolută a presiunii
 P_E - presiunea absolută în fața compresorului
 F - debitul combustibilului
 D - diametrul cilindrului
 L_r - cantitatea reală de aer necesar arderii unui kilogram de combustibil
 h - conținutul de hidrogen dintr-un kilogram de combustibil în procente masice și nu de volum
 c - conținutul de carbon dintr-un kilogram de combustibil în procente masice și nu de volum
 o - conținutul de oxigen dintr-un kilogram de combustibil în procente masice și nu de volum
 s - conținutul de sulfură dintr-un kilogram de combustibil în procente masice și nu de volum
 M_L - masa molară a aerului
 M_K - masa molară a combustibilului în
 x - umiditatea aerului în kg vapor de apă/kg aer care este o fracție ci o valoare mică $A_1=1$ este impus (ales)
 W_{cv} - raportul apă/carbon, $W_{cv}=0$
 O_{cv} - raport atomic oxigen/carbon, $O_{cv}=0,0175$
 H_{cv} - raport atomic hidrogen/carbon, $H_{cv}=1,7261$
 K - constantă de echilibru a gazului, $K=3,5$
 K_1 - factor de transformare indicat de producător
 $NO/2$ - oxid de azot, $NO/2=0ppm/2=0$
M.A.I. - motor cu ardere internă
MAS - motor cu aprindere prin comprimare
MAC - motor cu aprindere prin comprimare

LISTA DE FIGURI

Fig. 2.1	Principalele efecte ale emisiilor asupra ecosistemului	19
Fig. 2.2	Analiza poluării în U.E. raportată la sursele de poluare	21
Fig. 2.3	Analiza poluării în U.E. raportată la parcul de autovehicule	21
Fig. 2.4	Alura curbilor de concentrație ale principalelor emisii MAS / MAC	29
Fig. 2.5	Compoziția gazelor de ardere la MAS	29
Fig. 2.6	Compoziția gazelor de ardere la MAC	29
Fig. 3.1	Relația viteză-densitate trafic	43
Fig. 3.2.	Relația debit-densitate trafic	44
Fig. 3.3.	Relația viteză de circulație-debit trafic	44
Fig. 3.4.	Relația flux-viteză-densitate	45
Fig. 3.5.	Distribuție exponențială probabilitate-timp	46
Fig. 3.6.	Diagrama viteză-rată de utilizare	50
Fig. 3.7.	Repartiția zilnică a traficului pe un sector de drum	55
Fig. 3.8.	Repartiția mediei zilnice pe o perioadă de un an	56
Fig. 3.9.	Variația factorului k_i	56
Fig. 3.10.	Emisia de CO funcție de viteza medie de circulație	59
Fig. 3.11.	Sistem centralizat de reglare și control a traficului rutier	59
Fig. 3.12.	Intersecția în care se face modelarea	63
Fig. 4.1.	Evoluția automobilului la un secol de la apariție	68
Fig. 4.2.	Evoluția motoarelor în ultimii 28 de ani	68
Fig. 4.3.	Evoluția în timp în ceea ce privește scăderea emisiilor	69
Fig. 4.4.	Evoluția în timp a numărului de vehicule	69
Fig. 4.5.	Structura tuturor legislațiilor privind emisiile	70
Fig. 4.6.	Abordare în Europa privind reglementările emisiilor poluante	71
Fig. 4.7.	Determinarea emisiilor poluante funcție de categoria vehiculului	71
Fig. 4.8.	Reglementări EURO 1-EURO 6 privind limitele emisiilor poluante pentru vehicule ușoare	72
Fig. 4.9.	Metodă de simulare a proceselor arderii	72
Fig. 4.10.	Influența parametrilor injecției asupra noxelor și performanțelor motorului	73
Fig. 4.11	Convertor catalitic	75
Fig. 4.12	Tipuri de catalizatoare	75
Fig. 4.13	Poziționarea catalizatorilor	76
Fig. 4.14.	Principiul de funcționare al SCR (Selective Catalytic Reduction)	80
Fig. 4.15.	Tipuri de convertoare catalitice	81
Fig. 4.16.	Procesele chimice din interiorul SCR	82
Fig. 4.17.	Prezentarea comparativă privind modul de dozaj și limentare între DNOX1 și DNOX2	83
Fig. 4.18.	Schema sistemului DNOX2	83
Fig. 5.1.	Principalii poluanți rezultați în urma arderii	87
Fig. 5.2.	Schema bloc a standului experimental	88
Fig. 5.3.	Organizarea modelului experimental	88
Fig. 5.4.	Dispozitiv pentru determinarea consumului de combustibil	89
Fig. 5.5.	Setul de role R100 cu care este echipat șasiul dinamometric LPS3000	89

Fig. 5.6.	Structura programului LPS3000	90
Fig. 5.7.	Analizor de gaze Dicom 4000	95
Fig. 5.8.	Sistem pentru diagnosticarea autovehiculelor DS 100E	96
Fig. 5.9.	Traseul analizat	98
Fig. 5.10.	Variația CO ₂ , funcție de n, pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N	101
Fig. 5.11.	Variația CO, O ₂ , funcție de n, pentruBMW 535iE28, încărcare F=0N	101
Fig. 5.12.	Variația HC, NO _x , funcție de n, pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N	101
Fig. 5.13.	Variația CO ₂ , funcție de λ , pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N	102
Fig. 5.14.	Variația CO, O ₂ , funcție de λ , pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N	102
Fig. 5.15.	Variația HC, NO _x , funcție de λ , pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N	102
Fig. 5.16.	Variația CO ₂ , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N	103
Fig. 5.17.	Variația CO, O ₂ , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N	103
Fig. 5.18.	Variația HC, NO _x , funcție de n (agregat de climatizare decuplat) , pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N	104
Fig. 5.19.	Variația CO ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat) , pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N	104
Fig. 5.20.	Variația CO, O ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat) , pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N	104
Fig. 5.21.	Variația HC, NO _x , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat) , pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N	105
Fig. 5.22.	Variația CO ₂ , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N	105
Fig. 5.23.	Variația HC, NO _x , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N	106
Fig. 5.24.	Variația CO ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N	106
Fig. 5.25.	Variația CO, O ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N	106
Fig. 5.26.	Variația HC, NO _x , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N	107
Fig. 5.27.	Variația CO ₂ , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N	107
Fig. 5.28.	Variația CO, O ₂ , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N	108
Fig. 5.29.	Variația HC, NO _x , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N	108
Fig. 5.30.	Variația CO ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N	108
Fig. 5.31.	Variația CO, O ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N	109
Fig. 5.32.	Variația HC, NO _x , funcție λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N	109
Fig. 5.33.	Variația CO ₂ , funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N	110
Fig. 5.34.	Variația CO, O ₂ , funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N	110
Fig. 5.35.	Variația HC, NO _x , funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N	110
Fig. 5.36.	Variația CO ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat), pentru DACIA	111

	LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N	
Fig. 5.37.	Variația CO, O ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N	111
Fig. 5.38.	Variația HC, NO _x , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N	111
Fig. 5.39.	Variația CO ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N	112
Fig. 5. 40.	Variația CO, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N	112
Fig. 5.41.	Variația HC, NO _x , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N	113
Fig. 5.42.	Variația CO ₂ funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N	113
Fig. 5.43.	Variația CO, O ₂ , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N	114
Fig. 5.44.	Variația HC, NO _x , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N	114
Fig. 5.45.	Variația CO ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N	114
Fig. 5.46.	Variația CO, O ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N	115
Fig. 5.47.	Variația HC, NO _x , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N	115
Fig. 5.48.	Variația CO ₂ , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N	116
Fig. 5.49.	Variația CO, O ₂ , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N	116
Fig. 5.50.	Variația HC, NO _x , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N	116
Fig. 5.51.	Variația CO ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N	117
Fig. 5.52.	Variația CO, O ₂ , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N	117
Fig. 5.53.	Variația HC, NO _x , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N	117
Fig. 5.54.	Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=0N	118
Fig. 5.55.	Variația k, în funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=0N	119
Fig. 5.56.	Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=0N	119
Fig. 5.57.	Variația k, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=0N	120
Fig. 5.58.	Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=200N, v=ct	120
Fig. 5.59.	Variația k, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=200N, v=ct	121
Fig. 5.60.	Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=200N, v≠ct	121
Fig. 5.61.	Variația k, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=200N, v≠ct	122

Fig. 5.62.	Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$	122
Fig. 5.63.	Variația k , funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$	123
Fig. 5.64.	Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$	123
Fig. 5.65.	Variația k , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$	124
Fig. 5.66.	Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare $F=200N$, $v=ct$	124
Fig. 5.67.	Variația k , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare $F=200N$, $v=ct$	125
Fig. 5.68.	Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare $F=200N$, $v \neq ct$	125
Fig. 5.69.	Variația k , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare $F=200N$, $v \neq ct$	126
Fig. 5.70.	Variația CO_2 , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), comparativ pentru BMW 535iE28 și DACIA LOGAN1,4MPI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$	126
Fig. 5.71.	Variația CO , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), comparativ pentru BMW 535iE28 și DACIA LOGAN1,4MPI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$	127
Fig. 5.72.	Variația HC , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), comparativ pentru BMW 535iE28 și DACIA LOGAN1,4MPI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$	127
Fig. 5.73.	Variația NO_x , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), comparativ pentru BMW 535iE28 și DACIA LOGAN1,4MPI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$	127
Fig. 5.74.	Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), comparativ pentru SKODA ROOMSTER 1,4 TDI și OPEL COMBO1,7 DTI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$	128
Fig. 5.75.	Variația k , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), comparativ pentru SKODA ROOMSTER 1,4 TDI și OPEL COMBO1,7 DTI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$	128
Fig. 6.1.	Comparație privind variația CO_2 , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=0N$, $v=ct$	132
Fig. 6.2.	Comparație privind variația CO , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=0N$, $v=ct$	132
Fig. 6.3.	Comparație privind variația O_2 , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=0N$, $v=ct$	133
Fig. 6.4.	Comparație privind variația NO_x , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=0N$, $v=ct$	133
Fig. 6.5.	Comparație privind variația HC , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=0N$, $v=ct$	133
Fig. 6.6.	Comparație privind variația CO_2 , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=200N$, $v=ct$	143
Fig. 6.7.	Comparație privind variația CO , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=200N$, $v=ct$	143
Fig. 6.8.	Comparație privind variația O_2 , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=200N$, $v=ct$	135
Fig. 6.9.	Comparație privind variația NO_x , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=200N$, $v=ct$	135
Fig. 6.10.	Comparație privind variația HC , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=200N$, $v=ct$	135
Fig. 6.11.	Comparație privind variația coeficientului k , funcție de n (agregat de	136

	climatizare cuplat/decuplat) pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare $F=0N, v \neq ct$	
Fig. 6.12.	Comparație privind variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare $F=0N, v \neq ct$	137
Fig. 6.13.	Comparație privind variația coeficientului k , funcție de n (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare $F=200N, v \neq ct$	137
Fig. 6.14.	Comparație privind variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare $F=200N, v \neq ct$	138
Fig. 6.15.	Comparație între CO_2 măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare $F=0N, v \neq ct$	138
Fig. 6.16.	Comparație între CO măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare $F=0N, v \neq ct$	139
Fig. 6.17.	Comparație între O_2 măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare $F=0N, v \neq ct$	139
Fig. 6.18.	Comparație între NO_x măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare $F=0N, v \neq ct$	139
Fig. 6.19.	Comparație între HC măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare $F=0N, v \neq ct$	140
Fig. 6.20.	Comparație între CO_2 măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare $F=200N, v \neq ct$	140
Fig. 6.21.	Comparație între CO măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare $F=200N, v \neq ct$	140
Fig. 6.22.	Comparație între O_2 măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare $F=200N, v \neq ct$	141
Fig. 6.23.	Comparație între NO_x măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare $F=200N, v \neq ct$	141
Fig. 6.24.	Comparație între HC măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare $F=200N, v \neq ct$	141
Fig. 6.25.	Comparație între CO_2 măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină	142
Fig. 6.26.	Comparație între CO măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină	143
Fig. 6.27.	Comparație între O_2 măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină	143
Fig. 6.28.	Comparație între NO_x măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină	143
Fig. 6.29.	Comparație între HC măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină	144
Fig. 6.30.	Comparație între CO_2 măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu GPL	144
Fig. 6.31.	Comparație între CO măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu GPL	145
Fig. 6.32.	Comparație între O_2 măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu GPL	145
Fig. 6.33.	Comparație între NO_x măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu GPL	145
Fig. 6.34.	Comparație între HC măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu GPL	146
Fig. 6.35.	Comparație privind variația CO_2 , funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină/GPL	147

Fig. 6.36.	Comparație privind variația CO, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină/GPL	147
Fig. 6.37.	Comparație privind variația O ₂ , funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină/GPL	147
Fig. 6.38.	Comparație privind variația NO _x , funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină/GPL	148
Fig. 6.39.	Comparație privind variația HC, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină/GPL	148
Fig. 6.40.	Variația opacității la rulare în trafic, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	149
Fig. 6.41.	Variația coeficientului k la rulare în trafic, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	149
Fig. 6.42.	Variația opacității medii la rulare în trafic, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	149
Fig. 6.43.	Ponderea treptelor de viteză utilizate la rulare în trafic (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	150
Fig. 6.44.	Variația opacității la rulare în trafic, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	150
Fig. 6.45.	Variația coeficientului k la rulare în trafic, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	150
Fig. 6.46.	Variația opacității medii la rulare în trafic, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	151
Fig. 6.47.	Ponderea treptelor de viteză la rulare în trafic (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	151
Fig. 6.48.	Variația opacității la simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	151
Fig. 6.49.	Variația coeficientului k la simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	152
Fig. 6.50.	Variația opacității medii la simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	152
Fig. 6.51.	Variația opacității la simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	152
Fig. 6.52.	Variația coeficientului k la simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	153
Fig. 6.53.	Variația opacității medii la simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	153
Fig. 6.54.	Comparația opacității între rulare în trafic și simulare experimentală a traficului, funcție de (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	153
Fig. 6.55.	Comparația coeficientului k între rulare în trafic și simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI	154

LISTA DE TABELE

Tabelul 2.1.	Surse de poluare	20
Tabelul 2.2.	Grupele compușilor cancerigeni	23
Tabelul 2.3.	Principalii poluanți atmosferici și efectele expunerii la aceștia	26
Tabelul 2.4.	Indici de calitate a aerului, măsurați în marile orașe europene	27
Tabelul 2.5.	Valorile medii ale emisiilor produse de un motor încălzit în funcționare urbană	30
Tabelul 2.6.	Creșterea de emisii datorită pornirii la rece în funcționare urbană	30
Tabelul 2.7.	Valori comparative ale emisiilor specifice MAS și MAC	31
Tabelul 2.8.	Valorile limită, marje de toleranță și termene limită pentru SO ₂	34
Tabelul 2.9.	Valorile limită, marje de toleranță și termene limită pentru NO ₂ și NO	34
Tabelul 2.10.	Valorile limită, marje de toleranță și termene limită pentru PM ₁₀	35
Tabelul 2.11.	Valorile limită, marje de toleranță și termene limită pentru Pb	35
Tabelul 2.12.	Valorile limită, marje de toleranță și termene limită pentru benzen	36
Tabelul 2.13.	Valorile limită, marje de toleranță și termene limită pentru CO	36
Tabelul 2.14.	Valori țintă pentru ozon	37
Tabelul 2.15.	Obiective pe termen lung pentru ozon	37
Tabelul 2.16.	Pragul de alertă pentru ozon	37
Tabelul 2.17.	Pragul de informare pentru ozon	37
Tabelul 2.18.	Pragul inferior și superior pentru SO ₂	37
Tabelul 2.19.	Pragul inferior și superior pentru NO ₂ și NO	38
Tabelul 2.20.	Pragul inferior și superior pentru pulberi în suspensie (PM ₁₀)	38
Tabelul 2.21.	Pragul inferior și superior pentru Pb	38
Tabelul 2.22.	Pragul inferior și superior pentru benzen	38
Tabelul 2.23.	Pragul inferior și superior pentru CO	38
Tabelul 2.24.	Metode de referință pentru evaluarea calității aerului.	39
Tabelul 2.25.	Concentrațiile maxime admisibile pentru substanțele existente în gazele de evacuare	39
Tabelul 3.1.	Gradul de utilizare funcție de viteză și gradul de încărcare	51
Tabelul 3.2.	Factorul de corecție f_1 funcție de distanța față de banda de circulație	51
Tabelul 3.3.	Factorul de corecție E_h funcție de configurația terenului	52
Tabelul 3.4.	Factorul f_d funcție de distribuția traficului	52
Tabelul 3.5.	Valoarea factorul f_1 funcție de lățimea acostamentului și lățimea benzii de circulație	53
Tabelul 3.6.	Coeficientul de corecție E_h funcție de GU și condițiile de teren	53
Tabelul 3.7.	Coeficientul de corecție E_h funcție de GU pentru șosele cu mai multe benzi de circulație	53
Tabelul 3.8.	Factorul de corecție E_h funcție de configurația terenului	54
Tabelul 3.9.	Factorul de corecție f_1 în cazul în care benzile nu sunt despărțite prin spații distincte	54
Tabelul 3.10.	Factorul de corecție f_c funcție de tipul de șosea	54
Tabelul 3.11.	Limitele mărimilor de intrare	61
Tabelul 3.12.	Fișierul de intrare	61

Tabelul 4.1.	Procedee active de reducere a emisiilor poluante la MAS	74
Tabelul 4.2.	Sisteme catalitice	77
Tabelul 4.3.	Comportamentul catalizatorului pe domenii de temperaturi	78
Tabelul 4.4.	Metode active de reducere a emisiilor poluante la MAC	79
Tabelul 4.5.	Metode pasive de reducere a emisiilor poluante la MAC	80

1. INTRODUCERE

Elaborarea lucrării de față s-a impus ca o necesitate practică odată cu creșterea alarmantă a gradului de încălzire globală ca rezultat al dezvoltării industriale necontrolate și escaladarea volumului de noxe.

Dacă până nu demult nu contau decât profitul și performanțele tehnice obținute, preocuparea oamenilor de știință, a constructorilor, utilizatorilor dar și a oamenilor politici este canalizată în vederea reducerii nivelului de poluanți.

Tratatele internaționale și europene la care România este parte „obligă” implicarea specialiștilor într-un domeniu sensibil „energoecologia”.

Transporturile rutiere reprezintă un important factor cu contribuție la poluarea mediului înconjurător și prin urmare se impune găsirea unor soluții raționale în ceea ce privește exploatarea acestuia (reglaje și verificări tehnice periodice, respectarea regimurilor de viteză economică).

Studiul comportării automobilului în regim dinamic a căpătat noi valențe odată cu implementarea controlului electronic al parametrilor funcționali ai acestuia. Profunzimea fenomenelor care decurg pe timpul funcționării poate fi studiată pe baza informațiilor transmise de calculatorul de bord, ceea ce implică o tratare sistemică și interdisciplinară a dinamicii automobilului modern, abordare rezultată ca urmare a complexității structurale și de reglaj a acestuia.

În sensul celor prezentate, această lucrare efectuează analiza datelor experimentale achiziționate de la traductoarele încorporate și preluate de calculatorul de bord al autoturismelor folosite la încercări și a echipamentelor de testare; datele experimentale și abordarea sistemică a condițiilor de funcționare în trafic, a dinamicității și economicității automobilului au stat la baza atingerii obiectivelor stabilite în teză.

În consecință, obiectivul principal al lucrării de față este elaborarea și aplicarea unui algoritm de studiu teoretic și experimental al evaluării cantității de poluanți eşapați, a dinamicității și economicității automobilelor prevăzute cu motoare cu ardere internă. Printr-o abordare sistemică și interdisciplinară, cu mijloace și procedee utilizate la ora actuală pe plan mondial și prin aplicarea conceptelor, algoritmilor și metodelor de măsurare a emisiilor, utilizând teoria sistemelor automate, a statisticii matematice și beneficiind de echipamente de calcul s-a încercat rezolvarea uneia din problemele cotidiene privind monitorizarea și reducerea emisiilor produse de m.a.i.

În capitolul 1 este prezentată problematica abordată și obiectivele urmărite la elaborarea lucrării. S-au scos în evidență aspectele principale referitoare la studiul teoretic și experimental privind traficul urban, al dinamicității și economicității automobilelor.

Ca structură, lucrarea este divizată în șapte capitole în care sunt tratate aspecte teoretice cu caracter general, aspecte privind determinarea prin metode analitice de calcul al noxelor, pregătirea și realizarea cercetărilor experimentale, simularea condițiilor de trafic real în laborator, prelucrarea datelor experimentale.

Capitolul 2 face 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 autovehicule trecându-se în revistă compuşii principali care sunt conţinuţi în gazele de eşapament.

Este analizată comparativ poluarea produsă de motoarele cu aprindere prin scânteie şi cele cu aprindere prin comprimare în raport cu coeficientul excesului de aer care este un factor de influenţă consistent al emisiilor. De asemenea, sunt analizate căile posibile pentru stabilirea influenţei emisiilor din trafic cu o serie de grafice preluate din literatura de specialitate. Pentru a se ajunge la standardele nivelului emisiilor, evoluţia acestora în timp după norme şi stabilirea în esenţă a prescripţiei legislaţiilor EURO 1 - EURO 6, se stabilesc influenţele pe care le are utilizatorul asupra regimului de agenţi poluanţi şi asupra managementului transportului.

Capitolul 3 este destinat studiului realizat pentru stabilirea corelaţiei trafic rutier-poluare. Sunt abordate elemente de teoria traficului, modelarea curenţilor şi a fluxului de vehicule în trafic. Sunt prezentate elemente de analiza traficului în cazul dopurilor în circulaţie, analiza traficului în intersecţii semaforizate (circulaţie în regim tranzitoriu), analiza traficului pe autostradă, pe şosele cu două sau mai multe benzi de circulaţie (circulaţie în regim stabilizat). S-a prezentat un studiu privind oportunitatea semaforizării unei intersecţii ca necesitate a fluidizării traficului ca măsură a reducerii emisiilor poluante.

În Capitolul 4 s-a realizat o sinteză a măsurilor legislative adoptate atât pe plan mondial cât şi pe plan european, în ceea ce priveşte standardizarea normelor de poluare, a procedurilor şi metodelor de diagnosticare şi stabilire a nivelurilor maxime admise pentru autovehiculul echipat cu M.A.I. S-a prezentat o serie de metode active şi pasive de reducere a emisiilor poluante atât pentru autovehiculele echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie, cât şi pentru cele cu aprindere prin comprimare.

Capitolul 5 este destinat cercetărilor experimentale, capabil să ofere o bază de date cu evaluarea noxelor pe tipuri de categorii de autovehicule şi care să acopere principalele situaţii întâlnite în traficul urban. S-au prezentat scopurile urmărite în timpul experimentărilor, metodologia, aparatura şi software-urile utilizate pentru achiziţia şi prelucrarea datelor. S-au făcut aprecieri asupra rezultatelor obţinute, majoritatea acestora fiind prezentate sub formă grafică. Experimentările de trafic s-au efectuat cu 5 autoturisme echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie şi cu aprindere prin comprimare. S-a realizat o metodă proprie de simulare experimentală a condiţiilor de rulare în trafic utilizând standul cu role în corelare cu analizorul de gaze pentru prelevarea de noxe. S-a măsurat şi interpretat evoluţia noxelor eşapate de autovehicule încercate, echipate cu M.A.I. de tracţiune rutieră în funcţie de coeficientul excesului de aer şi de turaţie. Analiza comportării în trafic din punct de vedere al noxelor eşapate s-a realizat prin utilizarea aparatului de prelevare gaze şi interpretarea acestora în funcţie de turaţie, timp şi treptele de viteză.

În Capitolul 6 se efectuează evaluarea prin calcul a noxelor eşapate de autovehicule echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie de tracţiune rutieră în funcţie de coeficientul excesului de aer, atât din punct de vedere al rezultatelor teoretice cât şi experimentale. Pentru autovehiculele încercate, echipate cu MAS, s-a analizat comparativ evoluţia noxelor eşapate utilizând ca şi combustibil benzină, respectiv GPL. Pentru toate autovehiculele încercate sunt prezentate comparativ evoluţia emisiilor pentru situaţia de rulare în trafic şi simularea pe standul cu role. A fost studiat nivelul emisiilor poluante pentru cazurile funcţionării autovehiculelor cu agregat de climatizare cuplat/decuplat.

Capitolul 7 prezintă concluziile generale şi contribuţiile principale aduse în studiul teoretic şi experimental al interacţiunii dintre autovehiculul echipat cu M.A.I. şi mediu. Sunt evidenţiate unele deschideri oferite de teza de doctorat.

2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL POLUĂRII MEDIULUI DE CĂTRE TRANSPORTUL RUTIER

2.1. Evaluarea poluării produse în transporturile rutiere

Transporturile rutiere realizate cu autovehicule echipate cu motoare cu ardere internă au o contribuție însemnată asupra poluării mediului înconjurător, afectând practic toate ecosistemele. Principalele efecte sunt prezentate în figura 2.1.

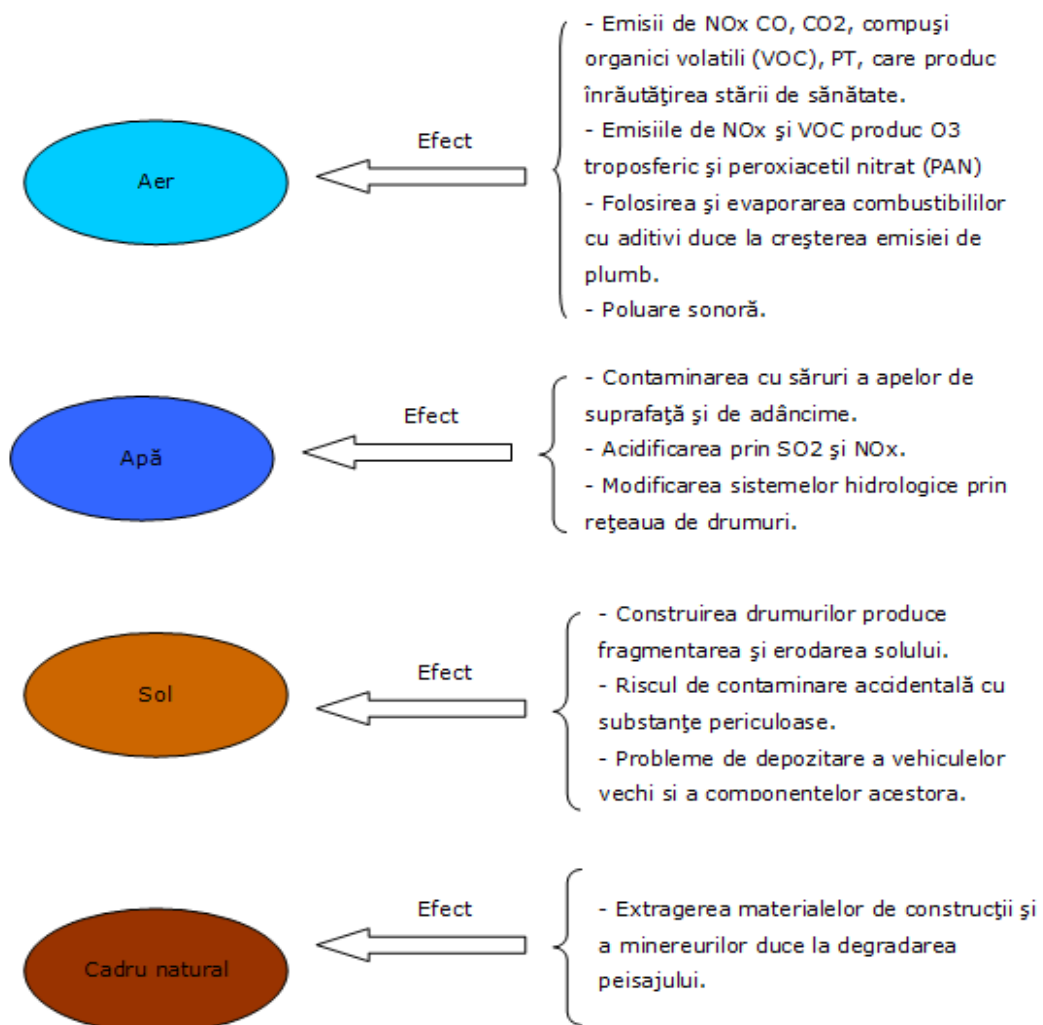


Fig.2.1 Principalele efecte ale emisiilor asupra ecosistemului

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

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

- schimbări de climă:
 - prin producerea efectului de seră, 17%;
 - prin reducerea stratului de ozon, 2%;
- acidificare, 25%;
- eutroficare cu azot (5%), cu fosfor (2%);
- zgomot, 90%;
- miros, 30%.

În tabelul 2.1 sunt expuse sursele principale de emisii în care transportul rutier apare ca sursă distinctă, chiar distribuită, în funcție de tipul motorului (MAS- motoare cu aprindere prin scânteie care funcționează cu benzină, MAC motoare cu aprindere prin comprimare, care funcționează cu motorină).

După studii efectuate în statele U.E., prin analiza măsurătorilor asupra poluării aerului efectuate și raportate atât la surse (figura 2.2), cât și la parcul de autovehicule (figura 2.3), se pot face o serie de aprecieri.

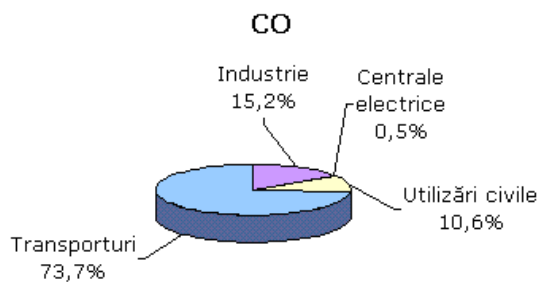
Se constată că mijloacele de transport (de la motocicletele la avioane) produc 74% CO, 61% NO_x și 21% CO₂; contribuția lor la emisia de SO_x și particule este relativ mică. Dacă se consideră numai poluarea produsă de transporturi (figura 2.3), se observă că emisia de CO și HC se datorează, în special, motoarelor cu benzină (MAS). Emisia de SO_x și particule este produsă, aproape în întregime, de motoarele Diesel (MAC), în timp ce emisia de ansamblu pentru NO_x se împarte relativ egal între MAS și MAC.

Tabelul 2.1. Surse de poluare

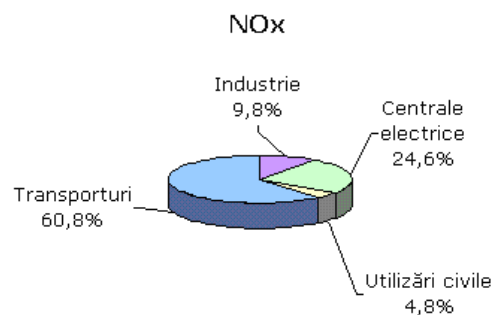
SURSA	SO ₂	NO ₂	CO	PM	VOC	PB	Metale grele
Centrale termice	●	▪	▪				● / ▪
Combustie casnică							
- cărbune	●	▪	●	●			
- petrol	●	▪			▪ / ●		▪ / ●
- lemn				●	▪ / ●		
Transporturi rutiere:							
- MAS		●	#		●	#	
- MAC	▪	●		●	●		
Industrie	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪ / #

Legendă:

- - între 5 – 25% din emisiile totale în orașele neindustrializate
- - între 25 – 50% din emisiile totale în orașele neindustrializate
- # - peste 50% din emisiile totale în orașele neindustrializate



a



b

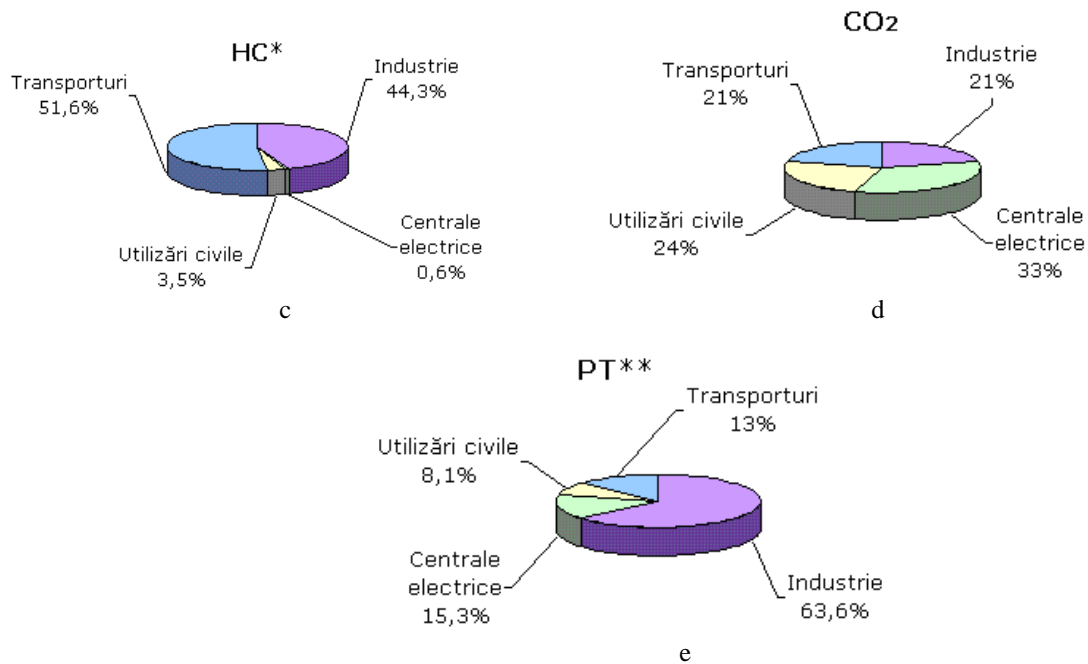


Fig.2.2 Analiza poluării în U.E. raportată la sursele de poluare
 a) CO; b) NO_x; c) HC* (*-incluzând solvenții); d) CO₂; e) PT**(**-incluzând praful)

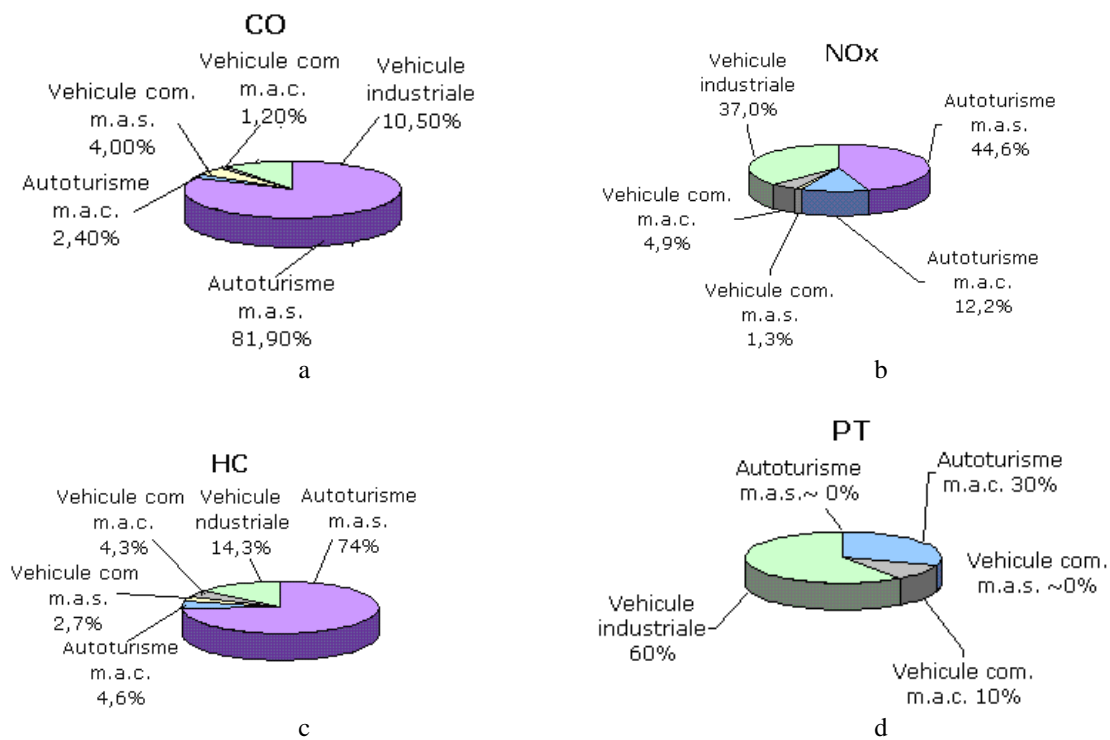


Fig.2.3 Analiza poluării în U.E. raportată la parcul de autovehicule
 a) CO; b) NO_x; c) HC; d) PT

2.2. Natura și efectele emisiilor produse de motoarele cu ardere internă

Așa cum s-a menționat, efectele cele mai periculoase ale poluării produse de M.A.I. se manifestă la nivelul atmosferei prin emisiile de gaze nocive; în cele ce urmează se vor face referiri mai ales asupra poluării chimice a aerului.

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.

Hidrocarburile. În această categorie intră 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 alchidele, cetonele, alcoolii, eterii, acizii, și esterii, precum și compușii azotați, sulfatați și organometalici.

Compușii chimici includ mulți dintre compușii existenți în combustibil și care au trecut neschimbați prin motor. Există diferențe în compoziția hidrocarburilor din gazele de evacuare ale MAS și MAC; în general, MAC conține o proporție mai mare de hidrocarburi cu masă moleculară mare.

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

- hidrocarburi (alcani, alchene, compuși aromatici);
- halocarburi (tricloretilena);
- compuși oxigenați (alcoolii, alchide, cetone).

Toți aceștia sunt compuși organici carbonați suficient de volatili pentru a exista sub formă de vapori în atmosferă.

Majoritate 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 stratosferic.

Alchidele. Alchidele reprezintă substanțele cu contribuția cea mai mare la formarea ozonului. În special formaldehida și acetaldehida sunt prezente în gazele de evacuare; ele 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; ei 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; compușii 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 (tabelul 2.2).

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

Tablelul 2.2. Grupele compușilor cancerigeni

GRUPA	DESCRIEREA CATEGORIEI
1	Efect cancerigen dovedit asupra oamenilor. Această categorie include substanțe chimice pentru care există dovezi suficiente de 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 funcție de caracterul lor cancerigen asupra oamenilor.

Dintre diverșii oxizi, NO este constituentul principal. În gazele de evacuare este prezentă și o anumită cantitate de dioxid de azot, NO₂, cantitate ce sporește la ieșirea NO în atmosferă, prin oxidarea lui suplimentară.

NO₂ este considerat în general 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 NO₂ și nu la categoria mai generală a NO_x.

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 NO₂ și restul NO_x includ ploile acide, cu consecințe nefaste asupra vegetației. NO_x sunt esențiali în formarea ozonului. Când NO₂ este supus radiației ultraviolete solare, un atom de oxigen se separă de moleculă, iar dacă acesta se combină cu o moleculă de oxigen (O₂), se formează ozonul (O₃).

Emisiile de NO_x constituie al doilea component ca pondere, care contribuie la producerea efectului de seră, după CO₂ și, de asemenea, au o contribuție importantă la formarea smogului fotochimic.

Monoxidul de carbon. 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 O₂, CO produs în timpul arderii este imediat oxidat, obținându-se CO₂, 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 hemoglobină este de 220 de ori mai mare decât pentru O₂, rezultând carboxihemoglobină, 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. 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 procedeele de măsurare a acestora fiind, în cazul MAC, „materia 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 2,5μm, iar particule mici cele cu un diametru mai mic de 2,5μm. Emisia de particule a MAC este mult mai mare decât a MAS, 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 MAC / MAS este 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 O₂ și NO₂. 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, care din păcate se extind, nu mai este filtrată radiația ultravioletă, ceea ce conduce la creșterea incidenței cancerului de piele în ultimul timp.

Compușii 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 de țigeliul 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, ce contribuie la emisia totală de particule.

Transporturile rutiere reprezintă un contribuant minor la emisia totală de sulf, iar presiunea de a reduce conținutul de sulf din motorină izvorăște mai mult din necesitatea de a limita particulele decât din necesitatea de a limita dioxidul 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 dioxidului de sulf în trioxid de sulf, care este emis sub formă de particule. În cazul în care 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 atmosferă 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 3500 de persoane, pericol de producere a smogului umed înregistrându-se și în bazinul Ruhr din Germania.

Dioxidul de carbon (CO₂). CO₂ nu joacă un rol semnificativ în producerea ozonului și nu este toxic; el contribuie la producerea efectului de seră, în proporție de 50 % deoarece absoarbe energia radiată de suprafața terestră.

Cu toate că nu este o noxă, dioxidul de carbon, CO₂ 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 CO₂ pe an și km². Fără a se 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 CO₂ pe locuitor, ceea ce pentru o densitate de 100 locuitori pe km² duce la 30 t pe an. Aceasta înseamnă că, în limitele valorilor acceptate, automobilul produce o emisie 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 ce pot ajunge în stratosferă, se manifestă prin absorbția unei cote părți relativ mici de energie solară, cu estomparea efectului de seră propriu-zis.

Oxizii de azot (NO_x). Oxizii de azot 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_x în gazele de evacuare.

2.3. Poluarea aerului și praguri nocive

Termenul de poluare a aerului presupune un anumit tip de noxe atmosferice de la care poate fi observată o variație a calității acestuia. Orice împrejurare prin care, adăugând compuși chimici la constituenții obișnuiți ai aerului, alterarea proprietăților fizice și chimice ale acestuia este suficient de pregnantă pentru a fi detectată, se numește poluare.

Se consideră poluanți numai substanțele care, apărute în concentrație suficientă, pot produce un efect măsurabil asupra omului, animalelor și materialelor.

Poluantă poate fi orice substanță ce poate fi aeropurtată, indiferent de starea de agregare, ea devenind extrem de periculoasă dacă depășește anumite limite!

Noxele din atmosferă sunt periculoase doar când depășesc un nivel maxim admis al concentrațiilor (numit prag nociv). Stabilirea pragurilor nocive este foarte grea, deoarece se poate face numai cu ocazia unor accidente, pragurilor stabilite pentru alte mamifere neputând fi reproductibile la om.

Pentru CO sunt admise 70-80ppm la circa 8ore. În habitaclul unui autoturism se măsoară frecvent 75ppm CO. Informativ, la inhalarea unui fum de țigară se inspiră de la 42000-45000ppm CO.

Pragul nociv al hidrocarburilor este mult mai mic (5ppm aldehydă, timp de 8ore, produce o iritare puternică a ochilor, concentrații de câteva ori mai mici fiind suficiente pentru producerea smogului fotochimic).

Pragul nociv al NO_x este de 5ppm pentru 8ore, concentrații de 10-20 ori mai mici putând conduce la smogul fotochimic. Fumul de țigară conține 250ppm NO_x.

Pentru SO_x limita este 0,5-1,5ppm, peste care aerul devine sufocant. Deoarece combustibilii M.A.I. conțin puțin sulf, deși contribuția motoarelor este de circa 50% din totalul poluării aerului, din punct de vedere al toxicității, ele contribuie cu 8-22%.

Normele europene privind conținutul de sulf în gazele de evacuare ale motoarelor cu ardere internă:

- benzină:
 - EURO 3: sulf < 150ppm;
 - EURO 4: sulf < 50ppm;
 - EURO 5: sulf < 10ppm.
- motorină:
 - EURO 3: sulf < 350ppm;
 - EURO 4: sulf < 50ppm;
 - EURO 5: sulf < 10ppm.

2.4. Inventarul emisiilor

Problema măsurării emisiilor nu este simplă, fiind necesară dezvoltarea unor metodologii de inventariere a emisiilor. În general, indiferent de tipul emisiei sau de mediul afectat, inventarul trebuie să includă 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 adesea incluse separat în inventar ca surse punctuale. În schimb, sursele mai mici, dar mai difuze, (încălzitul caselor, autovehiculele, agricultura) sunt tratate ca surse de suprafață, fiind raportate la suprafața unui oraș sau zone industriale. În unele inventare, autovehiculele pot fi tratate ca surse liniare, având forma drumurilor.

Agencia Europeană de Protecție a Mediului a elaborat un studiu [6] 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 2.3.

Tabelul 2.3. Principalii poluanți atmosferici și efectele expunerii la aceștia

Poluantul	Concentrația [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Durata	Efecte
Smog de vară O_3	150-200	1oră	Simptome respiratorii
SO_2 +PM*	125+125	1zi	Nereguli respiratorii la copii
NO_2	150	1zi	-
Pb	0,5-1	1an	Afecțiuni ale sângelui
Smog de iarnă SO_2 +PM	50+50	1an	Simptome respiratorii
Smog de iarnă SO_2 +PM	50+50	1an	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 2.4:

-presiunea asupra mediului înconjurător {1} (combinație între numărul populației și densitatea ei);

-emisii (smogul de vară {2}-măsurat prin producția de O₃, ca rezultat al emisiilor de compuși organici volatili (VOC) și NO_x-și smogul de iarnă {3}-măsurat prin emisia de SO₂ 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 O₃ {7} și la SO₂ + PM {8};

-expunere (procentul din populație expus la concentrațiile peste AQG); pentru SO₂ + PM în {9};

Aceste mărimi au fost prezentate pentru a ghida interpretarea și compararea datelor din tabel. Tabelul 2.4 cuprinde rezultatele comparative ale indicilor de calitate a aerului, indici măsurați 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.

Tabelul 2.4. Indici de calitate a aerului, măsurați în marile orașe europene

ORAȘUL	Presiunea asupra mediului înconjurător	Smogul de vară	Smogul de iarnă	Dispersia medie	Potențial formare smog vară	Potențial formare smog iarnă	Depășire concentrație O ₃ (rportat la AQG)	Depășire concentrație SO ₂ + PM (raportatAQG)	Expunere la SO ₂ + PM (raportat la AQG)
	{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

Notând cu s dispersia, alocarea cifrelor s-a făcut astfel:

1 pentru valori < (a - 1,5s);

2 pentru valori în intervalul (a - 1,5 s)...(a - 0,5 s);

3 pentru valori în intervalul (a - 0,5 s)...(a + 0,5 s);

4 pentru valori în intervalul (a + 0,5 s)...(a + 1,5 s);

5 pentru valori > (a + 1,5 s).

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 AQC (tabelul 2.3);

1 pentru media cuprinsă în intervalul (0,5...1) AQC;

2 pentru media cuprinsă în (1...2) AQC;

3 pentru media cuprinsă în intervalul (2...3) AQC;

4 pentru media cuprinsă în intervalul (3...4) AQC;

5 pentru media cuprinsă în intervalul (4...5) AQC;

Pentru expunere, la concentrații peste AQC {9}, alocarea este următoarea:

1 pentru 0...5 % din populație;

2 pentru 5...33 % din populație;

3 pentru 33...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.

2.5. Compararea emisiilor MAS și MAC.

Transporturile rutiere, cea mai frecventă aplicație a M.A.I., folosesc două tipuri de motoare cu ardere internă, motoarele cu aprindere prin scânteie (MAS) și motoarele cu aprindere prin comprimare (MAC). MAS sunt folosite cu predilecție la motociclete, autoturisme și autoutilitare, autocamioane și autobuze.

MAS au fost folosite mai ales la autoturisme, unde este necesară o putere specifică mare. Ele sunt ieftin de executat și oferă performanțe mai bune de accelerare decât MAC echivalente. Pentru vehiculele mai mari, cum ar fi camioanele și autobuzele, MAC sunt folosite aproape în exclusivitate datorită economicității și a durabilității crescute.

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

În ultimul deceniu, vehiculele echipate cu motoare diesel au devenit din ce în ce mai răspândite, reducându-se astfel 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 MAS și MAC, în raport cu unul dintre cei mai importanți factori de influență, coeficientul excesului de aer λ , în figura 2.4 este reprezentată această interdependență, constatându-se că, cel puțin în raport cu noxele la care ne-am referit, MAC este mai puțin poluant decât MAS.

Substanțele nocive reprezintă în cazul MAS circa 1% din totalul gaze eșapate conform schemei din figura 2.5. În cazul MAC substanțele nocive reprezintă circa 0,3% din totalul gaze eșapate, figura 2.6 [35].

Din punct de vedere al emisiilor poluante, există păreri divergente în ceea ce privește aprecierea gradului de toxicitate al MAC și MAS.

Până nu demult, motoarele diesel erau considerate numai după caracteristicile exterioare (fumul 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 [64], [35] asupra acestor două tipuri de motoare au arătat că, în ciuda fumului și a mirosului, gazele emise de MAC sunt mai puțin toxice decât HC și CO emise de MAS.

Testele efectuate asupra autoturismelor dotate cu MAC și MAS au scos în evidență faptul că MAS emite de 10 ori mai mult CO, de 12 – 14 ori mai mult HC, aproximativ de 2 ori mai mult NO_x.

MAC are emisii mult mai mari de particule (de circa 3 ori) și de SO_x (de circa 4 ori) față de nivelurile MAS.

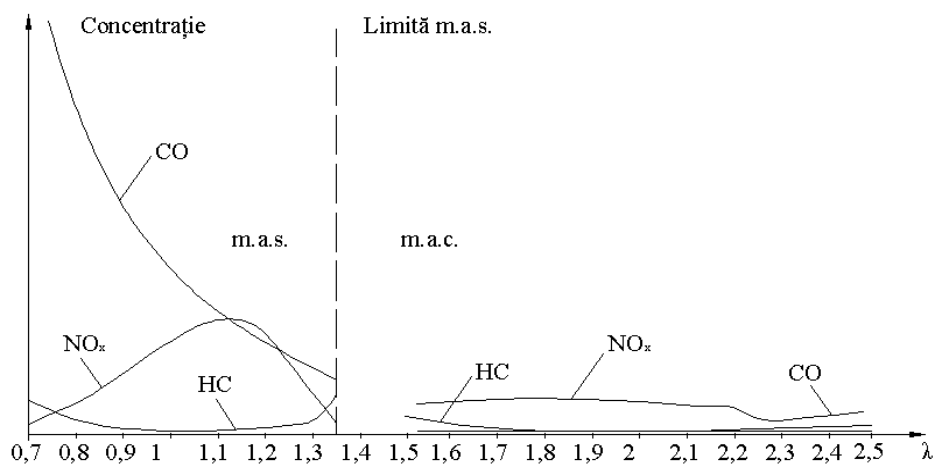


Fig.2.4 Alura curbelor de concentrație ale principalelor emisii MAS / MAC

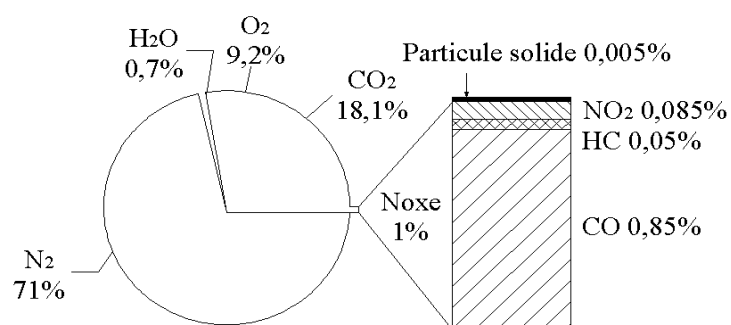


Fig.2.5 Compoziția gazelor de ardere la MAS

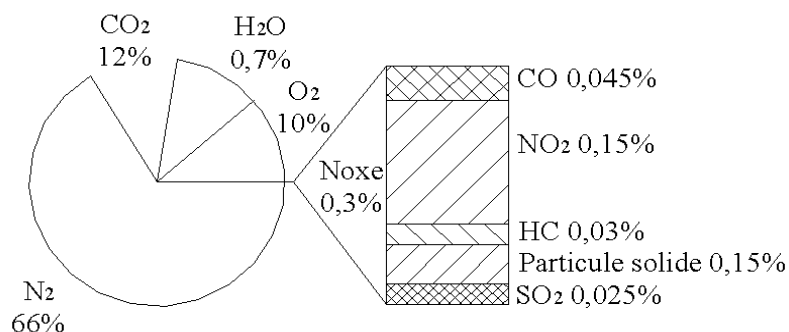


Fig.2.6 Compoziția gazelor de ardere la MAC

Tipul de vehicul	Emisii medii în trafic [g/Km]
------------------	-------------------------------

	CO	HC	NO_x	PT
MAS standard (fără catalizator)	27,0	2,8	1,7	-
MAS cu catalizator	2,0	0,2	0,4	-
Diesel	0,9	0,3	0,8	0,4

Tabelul 2.5. Valorile medii ale emisiilor produse de un motor încălzit în funcționare urbană

În cele ce urmează se detaliază nivelul de emisii absolut pentru cele două tipuri de motoare; sunt prezentate comparativ, ca valoare, nivelul emisiilor pentru MAS convențional (fără catalizator trivalent), MAS cu catalizator și MAC.

Referitor la emisiile legiferaute, tabelul 2.5 ilustrează comparativ valorile medii ale emisiilor produse de un motor încălzit în funcționare urbană, în cazul utilizării acestuia la autoturisme. MAC înregistrează emisii mai reduse de CO, HC, NO_x, decât MAS standard (fără catalizatorul trivalent); totuși, pentru PT, emisiile MAC sunt mai mari decât cele ale MAS. Comparatia între MAC și MAS cu catalizator arată că emisiile gazoase legiferaute sunt apropiate.

Referitor la emisiile nelegiferaute, s-a constatat că, în general, MAC emit mai puține hidrocarburi ușoare decât MAS cu catalizator, cu câteva excepții notabile: etilena, propilena și 1-butena care sunt cunoscute ca având un rol important în formarea ozonului.

Compușii aromatici, pe lângă efectul fotochimic important, au o semnificație aparte datorată efectului cancerigen potențial. De exemplu, emisia de benzen este de trei ori mai mare la MAS cu catalizator decât la MAC. Pentru toluen, diferența este de un ordin de mărime, dar 1,3-butadiena este prezentă în gazele emise de MAC în concentrații mai mari decât la MAS cu catalizator.

S-a constatat că emisiile autovehiculelor sunt mai mari în cazul funcționării cu motorul rece. Pe vreme caldă, un vehicul cu MAS va trebui să fie condus circa 10Km în oraș pentru a se încălzi și a funcționa eficient, în timp ce, în condiții similare, vehiculul cu MAC necesită numai 5km. Tabelul 2.6 prezintă creșterea de emisii datorată pornirii la rece în funcționarea urbană. Creșterea pentru MAC și MAS standard este similară, dar pentru MAS cu catalizator se observă o creștere cu un ordin de mărime la CO și HC, datorită faptului că în catalizator nu s-au atins temperaturile de regim.

Tabelul 2.6. Creșterea de emisii datorită pornirii la rece în funcționare urbană

Tipul de vehicul	Raportul rece / cald			
	CO	HC	NO_x	PT
MAS standard, fără catalizator	1,6	2	1	-
MAS 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 CO și HC, atât pentru MAS standard cât și cu catalizator, cresc cu intensitatea traficului, în timp ce emisiile MAC rămân foarte scăzute.

În trafic aglomerat, emisia de NO_x a MAC este similară celei a MAS standard și mult mai mare decât aceea a MAS 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 MAC să varieze în mai mică măsură raportat la durata de viață a vehiculului decât cele ale MAS, datorită reglajelor specifice, care necesită mai multe lucrări de întreținere, a echipamentelor antipoluare adăugate și degradării catalizatorilor.

Trecerea de la vehicule MAS standard la vehicule MAC ar conduce la reducerea tuturor poluanților, cu excepția particulelor. Din acest motiv, alegerea se va face, în special, în domeniul autoturismelor, între MAC și MAS cu catalizator. De aceea, trebuie comparate emisiile specifice acestor două categorii de vehicule, emisii cuprinse în tabelul 2.7.

Tabelul 2.7. Valori comparative ale emisiilor specifice MAS și MAC

Poluantul	MAS standard	MAS cu catalizator trivalent	MAC standard	MAC cu catalizator de oxidare
NO _x	****	*	**	**
HC	****	**	***	*
CO	****	***	**	*
PT	**	*	****	***
Aldehyde	****	**	***	*
Benzen	****	***	**	*
1,3 Butadienă	****	**	***	*
PAH	***	*	****	**
SO ₂	*	*	***	****
CO ₂	***	****	*	**

* - cele mai mici emisii;

/ - emisii intermediare;

**** - cele mai mari emisii.

În concluzie, în ultimii ani au fost multe discuții privind efectele asupra mediului pe care le au MAS și MAC, discuții care urmăreau promovarea MAC la autoturisme; cântărirea diferitelor avantaje și dezavantaje nu este simplă, iar răspunsul este încă echivoc.

În timp ce autoturismele diesel sunt considerate a avea emisii mai mici comparativ cu MAS convenționale, în comparație cu MAS cu catalizator avantajele devin mult mai puțin marcante, iar unele dezavantajele devin mai evidente. Adesea se pune întrebarea, de către cei neavizați în domeniu: *sunt autoturismele diesel mai poluante decât autoturismele cu benzină?* Răspunsul nu este simplu, căci între ele există două diferențe majore. Mai întâi, este greu să se știe exact ce tipuri anume de vehicule se compară, astfel încât să fie compatibile MAS și MAC după criterii cum ar fi capacitatea cilindrică, puterea motorului, turația maximă sau alți parametri. Ignorând dificultățile de comparare fiecare cu fiecare, se ridică, în al doilea rând, problema: *care poluant este mai periculos?* În general, autoturismele diesel comparate cu autoturismele MAS cu catalizatori au emisii mai reduse de CO și CO₂, dar mai crescute de NO_x și PT, chiar dacă în general numai cota de NO₂, este mai redusă.

Care din aceste emisii sunt mai importante? Răspunsul este greu de găsit. Mai ales că este greu de spus care criteriu este mai important.

Dacă criteriul „sănătatea oamenilor“ este considerat a fi criteriul dominant, atunci, din nou, nu se poate spune care dintre MAS sau MAC 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 MAC este sursa cea mai mare de emisii de fum negru în orașe.

Trăsătura pozitivă a motoarelor diesel este randamentul termodinamic mai ridicat decât al MAS și deci emisiile mai mici de CO₂ pe kilometru. Ele emit, de asemenea, mai puține gaze care produc efect de seră, metan și NO₂, contribuind într-o măsură mai mică la efectul global de încălzire.

Principalele avantaje ale MAC comparativ cu MAS cu catalizator sunt următoarele:

- produc mai puțin CO și HC;
- emisiile evaporative sunt reduse;
- randament termodinamic mai mare;
- emisie mai mică de CO₂, NO₂ și CH₄.

Principalele dezavantaje ale MAC sunt emisiile mari de NO_x și PT, mai ales pentru motoarele cu injecție directă (DI- Direct Injection).

2.6. Aspecte ale poluării globale

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 700 de milioane, o pondere însemnată o are poluarea produsă de transporturile rutiere.

În cadrul transporturilor rutiere există două tipuri de neuniformități la nivel global:

a) *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.

b) *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 CO₂ atribuită transportului rutier.

O analiză a tendințelor globale ale emisiilor de CO, HC, NO_x și CO₂ funcție de tipul autovehiculului arată că autoturismele rămân sursa dominantă de CO și HC; la emisia de HC contribuie semnificativ motocicletele, majoritatea în 2 timpi (20 – 30% din HC).

Pentru NO_x 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 ani, iar problemele poluării aerului trebuie tratate la nivel global și nu regional sau local ca în prezent.

2.7. Poluarea prin zgomot

Zgomotul este considerat a fi un poluant cu efecte nocive asupra stării de sănătate a populației; zgomotul produs de trafic afectează un procent mare din populație, iar creșterea numărului de vehicule cu M.A.I. duce la creșterea intensității sonore. Se apreciază că, la fiecare creștere cu 25% a numărului de vehicule, nivelul de zgomot crește cu 1dB [6].

Datorită compunerii logaritmice a nivelurilor intensității sonore, reducerea zgomotului produs de un M.A.I., respectiv vehicul, impune reducerea efectivă a nivelurilor cele mai mari ale intensității sonore ale componentelor acestora. De aceea, zgomotul emis de motor trebuie privit ca un component al zgomotului vehiculului, în general, limitările legislative care se impun referindu-se la vehicul și nu la motor direct.

Determinarea nivelului de zgomot în localitățile urbane este reglementat de STAS 6161/3-82 [139].

Principalele zgomote care se produc în ansamblurile urbane sunt: zgomote rezultate din trafic și zgomote produse în incinte [140].

Prin măsurare se obține, în punctul de măsurare respectiv, nivelul de zgomot global în db(A) sau pe componente în anumite benzi de frecvență, în dB, care variază în cursul unei perioade de timp caracteristice.

În funcție de înregistrările făcute se calculează nivelul de zgomot echivalent Lech, care în funcție de scopul măsurării, folosește la determinarea:

- nivelului de zgomot exterior clădirii;
- nivelului de zgomot la bordura trotuarului;
- nivelului de zgomot la limita incintei;
- nivelului de zgomot în interiorul incintei;

În cazul zgomotelor rezultate din trafic, în anumite situații specificate în STAS 10009-88 se determină prin calcul (normal sau automat) nivelul de zgomot indexat L10. În vederea aprecierii caracterului probabilistic - informațional al zgomotului urban se pot determina prin calcul: alte nivele de zgomot indexate (L20, L50 etc.) și indicele de zgomot (TNI).

Pentru caracterizarea nivelului de zgomot aerian emis de un vehicul ce se deplasează pe partea carosabilă sau pe căile cu sine pozate pe străzi se determină:

- nivelul de zgomot corespunzător regimului curent de circulație (L_C);
- nivelul de zgomot corespunzător accelerării (L_A);
- nivelul de zgomot corespunzător frânării (L_F);
- nivelul de zgomot corespunzător plecării din stație (L_{PS});
- nivelul de zgomot corespunzător sosirii în stație (L_{SS});
- nivelul de zgomot produs în regim staționar (L_S);
- nivelul de zgomot corespunzător evacuării gazelor (L_{EG});
- nivelul de zgomot corespunzător semnalizării acustice (L_{CX}).

Instalația de înregistrare-redare trebuie să aibă o caracteristică de frecvență uniformă cu o abatere de ± 2 dB, în domeniul de frecvență 45-11200 Hz, iar microfoanele folosite trebuie să fie de tip omnidirecțional.

Prelucrarea înregistrărilor de zgomot se face cu ajutorul analizoarelor de distribuție statistică astfel concepute încât să permită citirea nivelurilor cel puțin odată pe secundă și în clase de nivel de maximum 5 dB.

2.8. Norme de calitate aerului

Având în vedere necesitatea de a preveni și limita poluarea atmosferică, precum și de a îmbunătăți calitatea aerului în vederea evitării efectelor negative asupra stării de sănătate a oamenilor, asigurând în același timp alinierea la normele internaționale și la reglementările Uniunii Europene, a fost elaborat ORDINUL nr. 592 din octombrie 2002, pentru aprobarea Normativului privind stabilirea valorilor limită, a valorilor de prag și a criteriilor și metodelor de evaluare a dioxidului de sulf, dioxidului de azot și oxizilor de azot, pulberilor în suspensie (PM₁₀ și PM_{2,5}), plumbului, benzenului, monoxidului de carbon și ozonului în mediul înconjurător, ordin publicat în M.O. nr. 765/21.10.2002. Acest act normativ cuprinde prevederi referitoare la valorile limită, pragurile de alertă și evaluarea noxelor din atmosferă, stabilind astfel pragurile de calitate a aerului, care sunt redată (Tabelul 2.8, Tabelul 2.9, Tabelul 2.10), conform anexei nr.1 la normative.

Valori limită, marje de toleranță și termene limită

A.1. Dioxidul de sulf

Valorile limită sunt exprimate în $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Volumul trebuie exprimat în condiții standard (temperatura de 293°K și presiunea de 101,3kPa).

Tabelul 2.8. Valori limită, marje de toleranță și termene limită pentru SO₂

Valori limită	Perioada de mediere	Valoarea limită	Marja de toleranță	Termen limită
1. Valoarea limită orară pentru protecția sănătății umane	1h	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a nu se depăși de peste 24 de ori într-un an calendaristic	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (43%) la data intrării în vigoare a prezentelor normative, redusă la 1 ian.2004 și apoi din 12 în 12 luni cu procente anuale egale pentru a ajunge la 0% la 1 ian 2007	1 ianuarie 2007
2. Valoarea limită zilnică pentru protecția sănătății umane	24 h	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a nu se depăși de peste 3 ori într-un an calendaristic	Nu	1 ianuarie 2007
3. Valoarea limită pentru protecția ecosistemelor	An calendaristic	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nu	1 ianuarie 2007

A.2. Dioxid de azot și oxizi de azot

Valorile limită sunt exprimate în $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabelul 2.11). Volumul trebuie exprimat în condiții standard (temperatură de 293°K și presiunea de 101,3kPa).

Tabelul 2.9. Valori limită, marje de toleranță și termene limită pentru NO₂ și NO

Valori limită	Perioada de mediere	Valoarea limită	Marja de toleranță	Termen limită
1. Valoarea limită orară pentru protecția sănătății umane	1h	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂ , a nu se depăși de peste 18 ori într-un an calendaristic	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50%) la data intrării în vigoare a prezentului normativ, redusă la 1 ian. 2005 și apoi din 12 în 12 luni cu procente anuale egale pentru a ajunge la 0% la 1 ian 2010	1 ianuarie 2010

Valori limită	Perioada de mediere	Valoarea limită	Marja de toleranță	Termen limită
2. Valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane	An calendaristic	40μg/m ³ NO ₂	20μg/m ³ (50%) la data intrării în vigoare a prezentului normativ, redusă la 1 ian. 2005 și apoi din 12 în 12 luni cu procente anuale egale pentru a ajunge la 0% la 1 ian 2010	1 ianuarie 2010
3. Valoarea limită pentru protecția ecosistemelor	An calendaristic	30μg/m ³ NO _x ,	Nu	1 ianuarie 2007

A.3. Pulberi în suspensie (PM₁₀)

Tabelul 2.10. Valori limită, marje de toleranță și termene limită pentru PM₁₀

Valori limită	Perioada de mediere	Valoarea limită	Marja de toleranță	Termen limită
Faza 1				
1. Valoarea limită zilnică pentru protecția sănătății umane	24h	50μg/m ³ PM ₁₀ , a nu se depăși de peste 35 de ori într-un an calendaristic	25μg/m ³ (50%) la data intrării în vigoare a prezentului normativ, redusă la 1 ian. 2005 și apoi din 12 în 12 luni cu procente anuale egale pentru a ajunge la 0% la 1 ian 2007	1 ianuarie 2007
2. Valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane	An calendaristic	40μg/m ³ PM ₁₀	20μg/m ³ (50%) la data intrării în vigoare a prezentului normativ, redusă la 1 ian. 2005 și apoi din 12 în 12 luni cu procente anuale egale pentru a ajunge la 0% la 1 ian 2007	1 ianuarie 2007
Faza 2 – Valori limită, indicative ce se revizuiesc în baza noilor informații privind efectele asupra sănătății și mediului, fezabilității tehnice și experienței de aplicare a valorilor limită din faza 1				
1. Valoarea limită zilnică pentru protecția sănătății umane	24h	50μg/m ³ PM ₁₀ , a nu se depăși de peste 7 ori într-un an calendaristic	Se derivă din date și este echivalentă cu valoarea limită din faza 1	1 ianuarie 2010
2. Valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane	An calendaristic	20μg/m ³ PM ₁₀	10μg/m ³ (50%) la 1 ian 2007, redusă apoi din 12 în 12 luni cu procente anuale egale pentru a ajunge la 0% la 1 ian 2010	1 ianuarie 2010

A.4. Plumb

Tabelul 2.11. Valori limită, marje de toleranță și termene limită pentru Pb

Valori limită	Perioada de mediere	Valoarea limită	Marja de toleranță	Termen limită
1. Valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane	An calendaristic	0,5μg/m ³	0,5μg/m ³ (100%) la data intrării în vigoare a prezentelor normative, redusă la 1 ian. 2005 și apoi din 12 în 12 luni	1 ianuarie 2007 sau 1 ian. 2010 în imediata vecinătate a surselor specifice industriale

Valori limită	Perioada de mediere	Valoarea limită	Marja de toleranță	Termen limită
			cu procente anuale egale pentru a ajunge la 0% la 1 ian 2007 sau 1 ian. 2010 în imediata vecinătate a surselor punctuale specifice	situate pe amplasamente contaminate de decenii de activitate industrială

A.5. Benzen

Valorile limită sunt exprimate în $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabelul 2.12). Volumul trebuie exprimat în condiții standard (temperatura de 293°K și presiunea de $101,3\text{kPa}$).

Tabelul 2.12. Valori limită, marje de toleranță și termene limită pentru benzen

Valori limită	Perioada de mediere	Valoarea limită	Marja de toleranță	Termen limită
1. Valoarea limită pentru protecția sănătății umane	An calendaristic	$5\mu\text{g}/\text{m}^3$	$5\mu\text{g}/\text{m}^3$ (100%) la 1 ian 2004, redusă la 1 ian. 2005 și apoi din 12 în 12 luni cu $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ pentru a ajunge la 0% la 1 ian 2010	1 ianuarie 2010

A.6. Monoxid de carbon

Valorile limită sunt exprimate în $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabelul 2.13). Volumul trebuie exprimat în condiții standard (temperatura de 293°K și presiunea de $101,3\text{kPa}$).

Tabelul 2.13. Valori limită, marje de toleranță și termene limită pentru CO

Valori limită	Perioada de mediere	Valoarea limită	Marja de toleranță	Termen limită
1. Valoarea limită pentru protecția sănătății umane	Valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore	$10\mu\text{g}/\text{m}^3$	$6\mu\text{g}/\text{m}^3$ (60%) la 1.01.2004, redusă la 1.01.2005 și apoi din 12 în 12 luni cu $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ pentru a ajunge la 0% la 1.01.2007	1 ianuarie 2007

Valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore se alege prin examinarea mediilor curente pe 8 ore, calculate după datele orare și actualizate din oră în oră. Fiecare medie pe 8 ore astfel calculată este atribuită zilei în care se termină, respectiv: prima perioadă de calcul pentru oricare zi este perioada care începe la ora 17,00 din ziua precedentă și se termină la ora 1,00 în ziua respectivă; ultima perioadă de calcul pentru o zi este perioada de la ora 16,00 la ora 24,00 din ziua respectivă.

Valori țintă și obiective pe termen lung pentru ozon sunt prezentate în tabelul 2.14 și tabelul 2.15.

Valorile limită sunt exprimate în $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Volumul trebuie exprimat în condiții standard de temperatură de 293°K și de presiune de $101,3\text{kPa}$.

AOT40 exprimată în $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{nr. ore}$ înseamnă suma diferențelor dintre concentrațiile orare ce depășesc $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 părți pe miliard) și $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ pe o perioadă dată, folosind numai valori pe 1 h măsurate zilnic între 8 a.m. și 8 p.m. ora Europei Centrale.

B.1. Valori țintă

Tabelul 2.14. Valori țintă pentru ozon

	Parametrul	Valoarea țintă pentru 2010
1. Valoarea țintă pentru protecția sănătății umane	Valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore	$120\mu\text{g}/\text{m}^3$, a nu se depăși peste 25 zile dintr-un an, mediat pe 3 ani
2. Valoarea țintă pentru protecția vegetației	AOT40, calculată din valorile orare de la 1.05-31.07	$18.000\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ –valoarea medie pe 5ani

B.2. Obiectivele pe termen lung

Tabelul 2.15. Obiective pe termen lung pentru ozon

	Parametrul	Valoarea țintă pentru 2010
1. Obiectivul pe termen lung pentru protecția sănătății umane	Valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore dintr-un an calendaristic	$120\mu\text{g}/\text{m}^3$
2. Obiectivul pe termen lung pentru protecția vegetației	AOT40, calculată din valorile orare de la 1 mai până la 31 iulie	$6.000\mu\text{g}/\text{m}^3$

Pragul de alertă**C.1. Dioxid de sulf**

$500\mu\text{g}/\text{m}^3$ măsurat timp de 3 ore consecutive în puncte reprezentative pentru calitatea aerului, pe o suprafață de cel puțin 100km^2 sau pentru o întreagă zonă sau aglomerare, depinde care este mai mică.

C.2. Dioxid de azot

$400\mu\text{g}/\text{m}^3$ măsurat timp de 3 ore consecutive în puncte reprezentative pentru calitatea aerului, pe o suprafață de cel puțin 100km^2 sau pentru o întreagă zonă sau aglomerare, depinde care este mai mică.

C.3. Ozonul

Tabelul 2.16. Pragul de alertă pentru ozon

	Parametrul	Pragul
Pragul de alertă	Media pe 1h	$240\mu\text{g}/\text{m}^3$

Depășirea acestui prag (tabelul 2.16) trebuie să fie măsurată sau prognozată timp de 3 ore consecutive.

Pragul de informare pentru ozon este prezentat în tabelul 2.17:

Tabelul 2.17. Pragul de informare pentru ozon

	Parametrul	Pragul
Pragul de informare	Media pe 1h	$180\mu\text{g}/\text{m}^3$

Pragurile superior și inferior de evaluare sunt prezentate în tabelul 2.18 și tabelul 2.19.

E.1. Dioxid de sulfTabelul 2.18. Pragul superior și inferior pentru SO_2

	Protecția sănătății	Protecția ecosistemelor
Pragul superior de evaluare	60% din valoarea limită pe 24h ($75\mu\text{g}/\text{m}^3$, a nu se depăși de peste 3 ori într-un an calendaristic)	60% din valoarea limită de iarnă ($12\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Pragul inferior de evaluare	40% din valoarea limită pe 24h ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$, a nu se depăși de peste 3 ori într-un an calendaristic)	40% din valoarea limită de iarnă ($8\mu\text{g}/\text{m}^3$)

E.2. Dioxidul de azot și oxizi de azotTabelul 2.19. Pragul superior și inferior pentru NO₂ și NO

	Valoarea limită orară pentru protecția sănătății NO ₂	Valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane NO ₂	Valoarea limită anuală pentru protecția vegetației NOx
Pragul superior de evaluare	70% din valoarea limită (140μg/m ³ , a nu se depăși de peste 18 ori într-un an calendaristic)	80% din valoarea limită (32μg/m ³)	80% din valoarea limită (24μg/m ³)
Pragul inferior de evaluare	50% din valoarea limită (100 μg/m ³ , a nu se depăși de peste 18 ori într-un an calendaristic)	65% din valoarea limită (26μg/m ³)	65% din valoarea limită (19,5μg/m ³)

E.3. Pulberi în suspensie (PM₁₀)

Pragurile superior și inferior de evaluare pentru PM₁₀ se bazează pe valorile limită indicative pentru 1 ianuarie 2010 (tabelul 2.20, tabelul 2.21, tabelul 2.22, tabelul 2.23):

Tabelul 2.20. Pragul superior și inferior pentru SO₂

	Media pe 24 h	Media anuală
Pragul superior de evaluare	60% din valoarea limită (30μg/m ³ , a nu se depăși de peste 7 ori într-un an calendaristic)	70% din valoarea limită (14μg/m ³)
Pragul inferior de evaluare	40% din valoarea limită (20μg/m ³ , a nu se depăși de peste 7 ori într-un an calendaristic)	50% din valoarea limită (10μg/m ³)

E.4. Plumb

Tabelul 2.21. Pragul superior și inferior pentru Pb

	Media anuală
Pragul superior de evaluare	70% din valoarea limită (0,35μg/m ³)
Pragul inferior de evaluare	50% din valoarea limită (10μg/m ³)

E.5. Benzen

Tabelul 2.22. Pragul superior și inferior pentru benzen

	Media anuală
Pragul superior de evaluare	70% din valoarea limită (3,5μg/m ³)
Pragul inferior de evaluare	40% din valoarea limită (2μg/m ³)

E.6. Monoxid de carbon

Tabelul 2.23. Pragul superior și inferior CO

	Media anuală
Pragul superior de evaluare	70% din valoarea limită (7μg/m ³)
Pragul inferior de evaluare	50% din valoarea limită (5μg/m ³)

Pentru măsurarea poluanților în stațiile fixe, este obligatorie, începând din 1 ianuarie 2005, utilizarea exclusivă a următoarelor metode de referință pentru evaluarea calității aerului (tabelul 2.24):

Tabelul 2.24. Metode de referință pentru evaluarea calității aerului

Parametru	Metodă de referință pentru analiză	
	PÂNĂ ÎN 2004	DIN 1 IANUARIE 2005
1. Dioxid de sulf	STAS 10194-75	ISO /FDIS 10498 met. fluorescenței în ultraviolet
2. Dioxid de azot și oxizi de azot	STAS 10329-75	ISO 7996/1985 met. prin chemiluminiscentă
3. Plumb	STAS 10810-76	ISO 9855/1993 met. spectroscopie cu absorbție atomică
4. PM ₁₀	STAS 10813-76	EN 12341 met. gravimetrică
5. Benzen	Met avizată de MS	CEN met. gaz-cromatografică
6. Monoxid de carbon	Met avizată de MS	ISO 4224 met. spectrometrică în infraroșu nedispersiv
7. Ozon	STAS 11010-78	ISO 13954 met. fotometrică în UV

Restul valorilor concentrațiilor maxime admisibile sunt cele cuprinse în STAS 12574 – 87 „Aer din zonele protejate – condiții de calitate”; acest standard [5] se referă la aerul atmosferic și stabilește concentrațiile maxime admise ale unor substanțe poluante în aerul zonelor protejate. În tabelul 2.25 sunt extrase concentrațiile maxime admisibile pentru câteva din substanțele existente în gazele de evacuare, necuprinse în normativele amintite mai sus.

Tabelul 2.25. Concentrații maxime admise pentru câteva din substanțele din gazele de evacuare

Substanța poluantă	Concentrația maximă admisibilă [mg / m ³]				Metode de analiză
	Medie de scurtă durată	Medie de lungă durată			
		30min	Zilnică	Lunară	
Acid azotic	0,4	-	-	-	*)
Acroleina	0,03	0,01	-	-	STAS 11331-79
Aldehide (HCHO)	0,035	0,012	-	-	STAS 11332-79
Amoniac	0,3	0,1	-	-	STAS10812-76
Benzen**	1,5	0,8	-	-	*)
Dioxid de azot**	0,3	0,1	-	0,04	STAS 10329-75
Dioxid de sulf **	0,75	0,25	-	0,06	STAS 10194-75
Fenol	0,1	0,03	-	-	STAS 11027-77
Funingine	0,15	0,05	-	-	*)
Hidrogen sulfurat	0,015	0,008	-	-	STAS 10814-76
Metanol	1,0	0,5	-	-	STAS 11105-78
Oxid de carbon**	6,0	2,0	-	-	*)
Oxidantți (O ₃)**	0,1	0,03	-	-	STAS 11010-78
Plumb**	-	0,0007	-	-	STAS 10810-76
Sulfati în suspensie, inclusiv aerosoli de acid sulfuric (H ₂ SO ₄)	0,03	0,012	-	-	STAS 11194-79
Sulfura de carbon	0,03	0,005	-	-	STAS 11104-78
Pulberi în suspensie**	0,5	0,15	-	0,075	STAS 10813-76

*) Metodele de analiză vor fi avizate de Ministrul Sănătății.

***) Poluanții marcați se supun prevederilor L 655/2001, respectiv OUG 243/2000 și Ordinul 592/2002.

Prin concentrația medie lunară (CML) sau anuală (CMA) se înțelege media aritmetică a concentrațiilor medii zilnice obținute în perioada respectivă. Pentru CML sunt necesare minimum 15 valori medii zilnice, iar pentru CMA sunt necesare minimum 100 valori medii zilnice, uniform repartizate pe perioada respectivă de timp.

Problema normelor de calitate a aerului este legată și de limitele de noxe admise pentru diferitele categorii de vehicule.

De remarcat și prevederile Hotărârii de Guvern nr.743/2002, privind stabilirea procedurilor de aprobare de tip a motoarelor cu ardere internă destinate mașinilor mobile nerutiere și stabilirea măsurilor de limitare a emisiilor de gaze și particule poluante provenite de la acestea, în scopul protecției atmosferei.

2.9. 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 principal vinovat transportul rutier precum și poluanții induși de emisiile, cu precădere caracteristice informațiilor 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 fiind necesar a se avea în vedere atât factorul uman cât și managementul traficului.

3. METODE DE CALCUL PENTRU STABILIREA CORELAȚIEI TRAFIC RUTIER-POLUARE

3.1. Elemente de teorie a traficului

Funcția principală a drumurilor publice este de a asigura serviciile de transport persoane și marfă.

În prezent proiectarea, construcția, întreținerea și realizarea infrastructurilor rețelei de drumuri a devenit una din cele mai importante domenii de activitate în construcții. Statisticile arată că în fiecare zi, 1 km² de uscat este acoperit cu beton sau asfalt în procesul construcției de drumuri, sau altfel spus, zilnic se construiesc cca. 140 km de drumuri cu lățimea convențională de 7m [29].

Proiectarea drumurilor presupune cunoașterea dinamicii traficului de vehicule, punctele critice ale rețelei și perioadele critice în timp ale traficului. Toate aceste date sunt obținute din analizele efectuate asupra traficului și definirii legilor care guvernează acest fenomen.

3.1.1. Mărimi caracteristice traficului

a) Debitul traficului q este definit ca raportul dintre numărul n_v al autovehiculelor care trec printr-un punct al drumului în intervalul de timp t .

$$q = \frac{n_v}{t} \text{ [veh/min]} \quad (3.1)$$

b) Intervalul de timp dintre trecerea a două bare față succesive (a două autovehicule succesive) h_i , numit și frecvența de trecere sau lungimea de undă a traficului:

$$t = \sum_{i=1}^{n_v} h_i \quad (3.2)$$

$$q = \frac{n_v}{\sum_{i=1}^{n_v} h_i} \quad (3.3)$$

$$\bar{h} = \frac{1}{n_v} \cdot \sum_{i=1}^{n_v} h_i \quad (3.4)$$

unde \bar{h} este lungimea de undă medie;

c) Viteza medie a fluxului traficului se poate defini:

$$I. \bar{u}_t = \frac{1}{n_v} \cdot \sum_{i=1}^{n_v} u_i \quad (3.5)$$

$$II. u = \frac{1}{n_v \cdot t} \cdot \sum_{i=1}^{n_v} l_i \quad (3.6)$$

unde u reprezintă viteza unui vehicul pentru a parcurge lungimea l_i a drumului (pe o anumită porțiune) în timpul t .

$$\bar{t} = \frac{1}{n_v} [t_1(l_1) + t_2(l_2) + \dots + t_{n_v}(l_{n_v})] \quad (3.7)$$

unde $t_{n_v}(l_{n_v})$ reprezintă timpul necesar pentru vehiculul n_v de a parcurge secțiunea de drum cu lungimea l_{n_v} . Dacă toate vitezele vehiculelor din trafic sunt măsurate pe același tronson, rezultă $L=l_1=l_2=\dots=l_{n_v}$, atunci:

$$u = \frac{1}{\left(\frac{1}{n_v}\right) \sum_{i=1}^{n_v} \left[\frac{1}{L/t_i}\right]} = \frac{n_v}{\sum_{i=1}^{n_v} \frac{t_i}{L}} = \frac{L \cdot n_v}{\sum_{i=1}^{n_v} t_i} \quad (3.8)$$

a) Densitatea traficului k_t , reprezintă numărul n_v de vehicule care se află pe o anumită lungime l a drumului, într-o perioadă de timp bine determinată:

$$k_t = \frac{n_v}{l} \quad (3.9)$$

3.1.2. Modelarea curenților în traficul rutier

Relația de bază pentru modelarea traficului o reprezintă legătura dintre debit, viteză (ca spațiu) și densitate:

$$q = u \cdot k_t \quad (3.10)$$

unde:

q - debitul de vehicule [veh/h];

u - viteza unui vehicul [km/h];

k_t - densitatea traficului [veh/km].

a) Relația dintre viteză și densitate.

Pentru a putea discuta aceasta relație, în primul rând trebuie făcute câteva precizări după cum urmează:

- se definește u_f ca fiind viteza unui vehicul când debitul este 0, sau altfel spus, viteza cu care poate circula un vehicul când este singur pe șosea;

- se definește u_0 ca fiind viteza $u=0$, când densitatea este așa de mare pe tronsonul respectiv încât traficul încetează;

- densitatea pentru care traficul încetează se numește densitatea congestiei, se notează cu k_j și este o mărime specifică fiecărei situații în parte.

Relația dintre viteză și densitate este prezentată în figura 3.1, ca fiind o relație liniară tipică între cele două mărimi [23], [25], [32], [33].

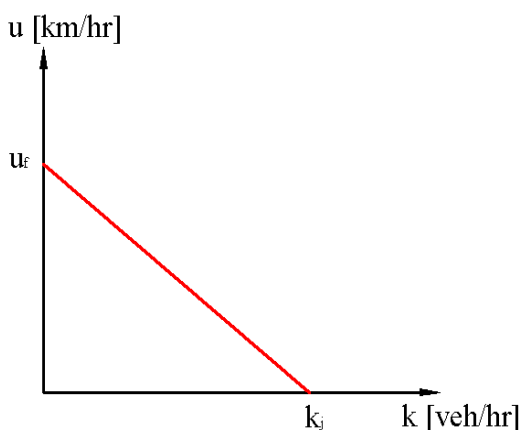


Fig.3.1. Relația viteză-densitate trafic

Matematic relația se poate exprima prin ecuația unei drepte:

$$u = u_f \left(1 - \frac{k_t}{k_j} \right) \quad (3.11)$$

Acest model matematic descrie fenomenul ideal.

În realitate în apropierea punctelor u_f și k_j fenomenul real nu mai este chiar liniar, cum se întâmplă cu multe fenomene în jurul punctelor de limită. În continuare se va considera numai variația liniară a fenomenului [40].

b) Relația dintre trafic și densitate.

Plecând de la ipoteza liniarității relației viteză-densitate, înlocuind ecuația 3.11 în ecuația 3.10, rezultă:

$$q = u_f \left(k_t - \frac{k_t^2}{k_j} \right) \quad (3.12)$$

Această ecuație reprezintă o parabolă. Forma generală a unei astfel de ecuații apare în figura 3.2. Punctual q_m reprezintă fluxul maxim (debitul maxim) al traficului, pe care-l poate asigura un tronson de drum. Al doilea punct important este k_m adică punctual de densitate a traficului corespunzător fluxului maxim de vehicule. Acestor mărimi le corespunde u_m , o viteză medie de trafic pentru fluxul maxim, figura 3.3.

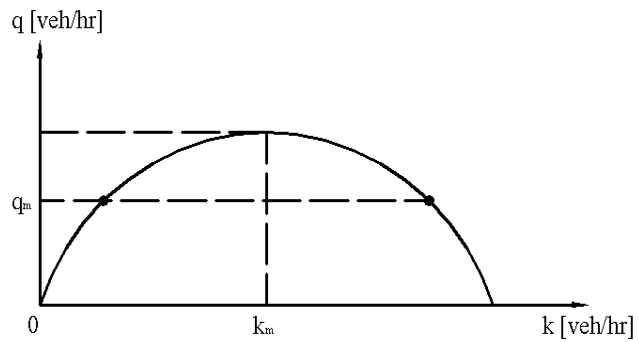


Fig.3.2. Relația debit-densitate trafic

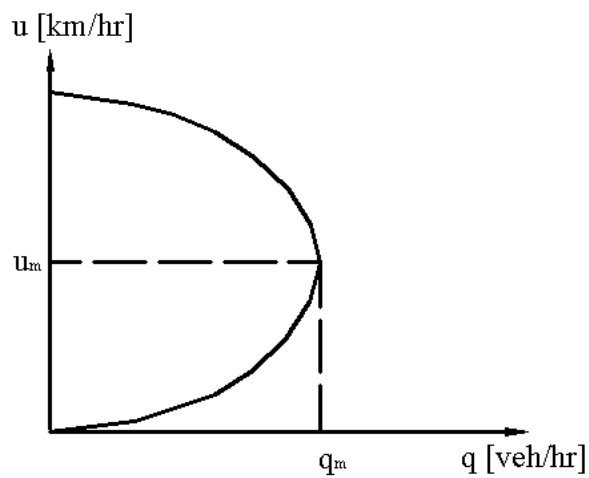


Fig.3.3. Relația viteză de circulație-debit trafic

Diferențiind ecuația 3.11., se obține:

$$\frac{dq}{dk_t} = u_f \cdot \left(1 - \frac{2k_t}{k_j} \right) = 0 \quad (3.13)$$

și pentru $u_f \neq 0$

$$k_m = \frac{k_j}{2} \quad (3.14)$$

Substituind ecuația 3.13 în ecuația 3.10, rezultă:

$$u_m = u_f \cdot \left(1 - \frac{k_j}{2 \cdot k_j} \right) = \frac{u_f}{2} \quad (3.15)$$

iar din ultimele două ecuații se poate obține:

$$q_m = u_m \cdot k_m = \frac{u_f \cdot k_f}{4} \quad (3.16)$$

c) Relația dintre viteză și debit.

Plecând de la relația 3.11, se poate obține:

$$k_t = k_j \cdot \left(1 - \frac{u}{u_f}\right) \quad (3.17)$$

Și, înlocuind în relația de bază 3.10, se obține:

$$q = k_j \cdot \left(u - \frac{u^2}{u_f}\right) \quad (3.18)$$

Această ultimă ecuație descrie tot o parabolă a cărei alură este prezentată în figura 3.3. Relația grafică dintre flux, viteză și densitate este prezentată în figura 3.4

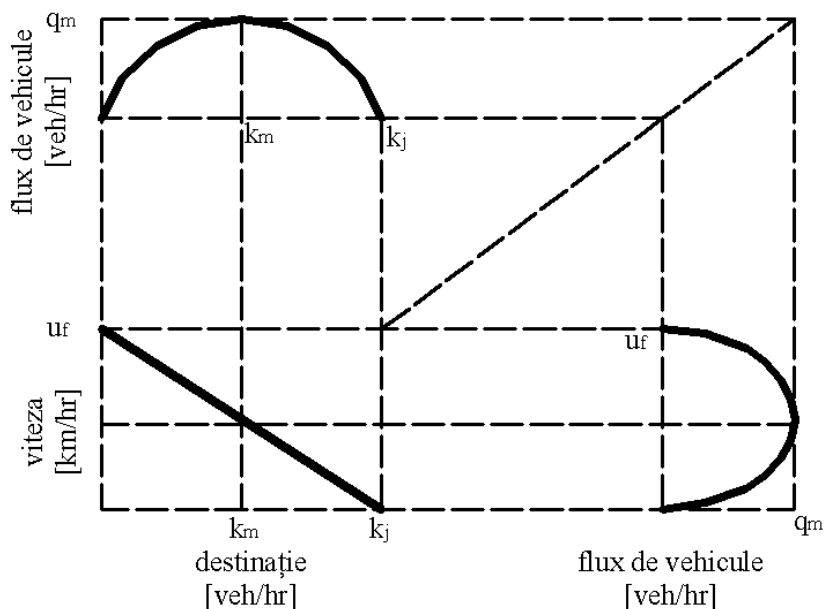


Fig. 3.4. Relația flux-viteză-densitate

3.1.3. Modelarea fluxului de vehicule în trafic

Utilizând relațiile de bază între flux, viteză și densitate de trafic, se poate analiza și modela fluxul de vehicule [52], [69], [73], [81], [103], [107]. Pentru a calcula mai ușor timpii de sosire succesivi ai vehiculelor se consideră următoarele ipoteze simplificatoare:

- toate vehiculele circulă cu aceeași viteză;
- distanța dintre vehicule este aceeași.

Cu aceste ipoteze, se poate calcula ușor lungimea de undă medie \bar{h} :

$$\bar{h} = \frac{3600}{q} \quad (3.19)$$

În realitate, lucrurile se complică, vitezele nu sunt constante, iar fluxurile (debitele) diferă în timp de la o situație la alta. Modelele care să țină cont de neuniformitatea fluxului trebuie să plece de la ipoteza că legea de sosire a vehiculelor corespunde unui proces cu totul întâmplător. Astfel trebuie selectată o lege de distribuție a probabilității sosirilor. Un exemplu în acest sens poate fi considerată distribuția Poisson, exprimată prin ecuația:

$$P_{(n_v)} = \frac{(\lambda_s \cdot t)^{n_v} \cdot e^{-\lambda_s \cdot t}}{n_v!} \quad (3.20)$$

unde:

t-intervalul de timp în care sunt numărate vehiculele;

P_{n_v} -probabilitatea de a avea n_v vehicule care ajung în punctul considerat în timpul t;

λ_s -fluxul mediu sau numărul de vehicule care sosesc în unitatea de timp;

n_v -numărul de vehicule care sosesc în intervalul de timp t.

O distribuție de tip Poisson pentru sosirea vehiculelor implică și o distribuție neuniformă a intervalelor de timp dintre două sosiri succesive.

Considerând λ ca fiind exprimat în veh/s:

$$\lambda_s = \frac{q}{3600} \quad (3.21)$$

În aceste condiții ecuația 3.20 devine:

$$P_{(n_v)} = \frac{\left(\frac{q \cdot t}{3600}\right)^{n_v} \cdot e^{-\frac{q \cdot t}{3600}}}{n_v!} \quad (3.22)$$

În figura 3.5 este prezentată curba de distribuție exponențială.

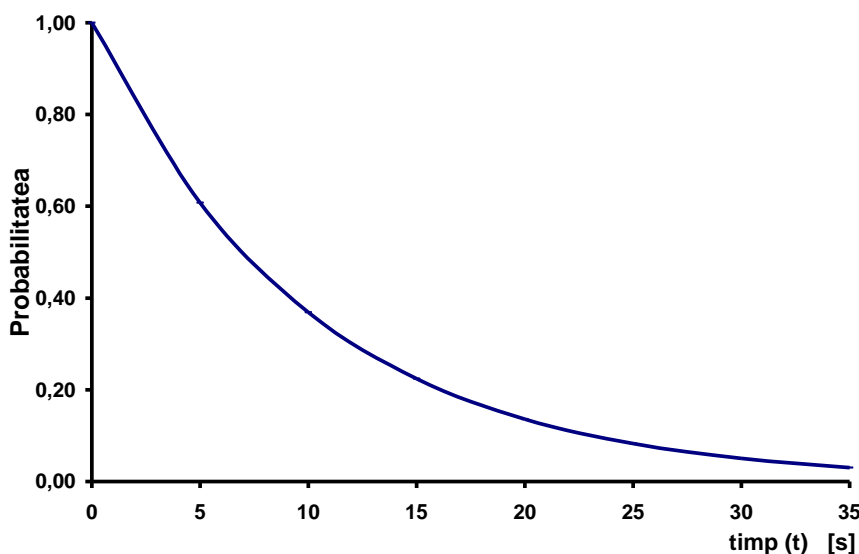


Fig.3.5. Distribuție exponențială probabilitate-timp

Experiența a arătat că distribuția de tip Poisson se poate aplica cu foarte bune rezultate pentru zone cu trafic moderat. Dacă traficul crește în densitate, alte modele de distribuție pot fi mai aproape de realitate.

3.1.4. Teoria firelor de așteptare și analiza traficului rutier

Formarea în fluxul traficului a firelor de așteptare, de obicei în intersecții, fie ele semaforizate sau nu, în perioadele de congestionare a traficului pe anumite porțiuni de șosea, conduce la pierderi importante de timp sau, altfel spus, la scăderea eficienței traficului pe șoseaua congestionată sau în punctul din rețeaua stradală analizată.

Problema firelor de așteptare nu este caracteristică numai traficului rutier. Aceasta se întâlnește peste tot unde există o succesiune de obiecte în mișcare, în procesele de fabricare în serie, în sistemul comercial. Această teorie tratează modul în care apare un fir de așteptare și modul cum acesta dispare [52], [117], [118]. În modelarea traficului rutier cu ajutorul firelor de așteptare, sosirile în fir vor fi considerate ca fiind descrise de o distribuție Poisson sau liniară (determinate de intervalele regulate de timp).

3.1.4.1. Ipotezele de trafic și teoria firelor de așteptare

Modelarea procesului de formare a cozilor în trafic are ca scop principal estimarea performanțelor traficului pe un anumit sector de drum în condiții diverse. Astfel, se pot determina cu acuratețe lungimea firelor de așteptare, timpul pierdut, numărul de vehicule implicate în acest proces și măsurile care se impun pentru reducerea până la dispariție, dacă este posibil, a acestora. Modelarea matematică a firelor de așteptare trebuie să țină cont de frecvența și intervalul sosirilor, caracteristicile plecărilor și disciplina în respectarea ordinii în firul de așteptare [40], [56]. Se impun două ipoteze privind modul de sosire în firul de așteptare:

- intervale egale de timp între două sosiri succesive;
- distribuție exponențială a timpilor de sosire de tip Poisson.

Modelarea corectă a fenomenului de așteptare presupune cunoașterea gradului de disciplină în respectarea locului în fir. Se întâlnesc două cazuri frecvente:

- a) coada este respectată de toți cei ce o formează sau altfel spus ultimul venit, ultimul plecat;
- b) firul de așteptare nu este respectat când se poate spune ultimul venit, primul plecat.

În situații teoretice de modelare se va considera cazul a) ca fiind cel mai frecvent. Pentru simplificarea notării se va conveni ca sosirile și plecările considerate ca respectând o lege a distribuției uniforme să fie notate cu U , iar cele considerate ca urmând o distribuție exponențială de tip Poisson, cu P .

3.1.4.2. Fire de așteptare în regim U-U-1

Acest tip de regim este cel mai simplu de modelat având sosiri și plecări distribuite după o lege uniformă, iar așteptarea se face pe un singur fir, pe o singură bandă de circulație.

3.1.4.3. Fire de așteptare în regim P-U-1

În multe situații, modelarea firelor de așteptare este mai aproape de realitate dacă se consideră distribuția sosirilor sau plecărilor ca făcându-se după o funcție exponențială de tip Poisson. Rezolvarea pe cale grafică fiind foarte dificilă, practica a demonstrat că dacă se

definește un termen ρ -intensitatea traficului ca raportul dintre numărul mediu de sosiri și plecări, cu condiția ca $\rho < 1$ se poate calcula cu destulă precizie lungimea firului de așteptare și timpul mediu de așteptare.

3.1.4.4. Fire de așteptare în regim P-P-1

Dacă pentru modelarea unui fir de așteptare se preferă relația de tip Poisson pentru aproximarea sosirilor și plecărilor, trebuie făcută ipoteza unui timp constant petrecut de fiecare vehicul la trecerea de barieră, când ajunge în față și nu mai are nici un vehicul care să-l preceadă. În general, acest timp este variabil și depinde în principal de comportarea conducătorilor auto care este impredictibilă. Formulele statistice care conduc la rezultate dau o precizie satisfăcătoare.

3.1.5. Analiza traficului pe șosele în cazul dopurilor în circulație.

Capacitatea de transport a unei artere rutiere este determinată de viteza de circulație a vehiculelor în fluxul de pe arteră. Dacă viteza de circulație scade din diferite motive, apar zone congestionate în care viteza de circulație este foarte mică, iar debitul mult sub capacitatea de transport. În amonte zonei congestionate se formează un șir de vehicule care, de obicei, este în mișcare, cu o viteză mică, dar în mișcare. Mișcarea poate fi întreruptă de mici perioade de staționare datorită propagării de-a lungul fluxului spre amonte a unor valuri, zone cu viteză foarte mică de circulație sau opriri [25]. Dopurile în circulație sunt de două feluri:

- a) congestii ale fluxului care apar regulat în anumite perioade ale zilei sau ale unei săptămâni din cauza supraîncărcării arterei (orele de vârf în circulație);
- b) congestii datorate unor incidente neprevăzute de felul accidentelor, reparații la șosea sau infrastructură, condiții deosebite (ceață, ploaie, polei, vânt, etc.).

În cazul dopurilor de circulație se poate folosi, de exemplu, un regim de așteptare în fir de tip U-U-1 sau U-U-2 dacă plecările sau sosirile se fac pe două benzi, caz des întâlnit pe arterele principale cu mai mult de două benzi de circulație pe sens.

Pentru a afla timpul de întârziere pentru orice moment al șirului se trasează o orizontală din punctul dorit pe linia sosirii și se citește timpul corespunzător pe linia plecării. Pentru alte situații, mai ales în cazul dopurilor în circulații regulate, la orele de vârf, se poate urmări evoluția șirului pe o perioadă mai mare de timp, stabilindu-se pentru curba sosirilor și plecărilor ecuații care să modeleze cât mai aproape de realitate comportarea șirului. Pe baza acestui model se vor lua măsurile ce se impun de la caz la caz pentru optimizarea circulației în zona studiată.

3.1.6. Analiza traficului într-o intersecție semnalizată

Se spune despre o intersecție că este semaforizată dacă circulația prin aceasta este reglementată cu ajutorul unor instalații electrice de semnalizare. Semaforizarea unei intersecții prezintă o serie de avantaje:

- capacitate mare de circulație cu un trafic ordonat și fluent;
- se evită accidentele ca urmare a neacordării de prioritate;
- permite intersectarea drumurilor principale cu cele secundare cu posibilitatea de reglementare prin temporizarea fluxurilor de circulație funcție de nevoile specifice;
- în condițiile în care există o distanță suficientă între intersecțiile semaforizate, acestea pot fi coordonate și programate astfel încât să poată crea fluxuri continue în regim de undă verde.

Răspândirea instalațiilor de semaforizare este specifică intersecțiilor din localitățile urbane în care traficul rutier este comparativ mai mare decât în localitățile rurale. Aceste instalații sunt utilizate în zonele de strangulare a traficului.

Proiectarea corectă și urmărirea în funcționare a intersecțiilor semaforizate influențează major parametrii circulației în zonă în ceea ce privește fluxul de circulație a poluării datorate zgomotului, vibrațiilor și a emisiilor. O intersecție semaforizată este caracterizată de următoarele mărimi:

- zona de apropiere de intersecție;
- un ciclu de semnalizare;
- lungimea ciclului de semnalizare, c ;
- interval;
- interval de schimbare;
- interval verde;
- timp mort;
- verde efectiv, t_v ;
- roșu efectiv, t_R ;
- flux de saturație, s_t ;
- timp de semnalizare;
- capacitatea zonei de apropiere, $C = s_t \cdot \frac{t_G}{c}$.

3.2. Analiza traficului rutier real

În acest capitol s-au abordat noțiunile de teorie a traficului pornind de la o adoptare reală a fluxului de vehicule, flux compus din vehicule diferite, distribuite neuniform pe clase și care circulă cu viteze diferite pentru care caracteristicile dinamice diferă de la tip la tip (timp de accelerare, lungime de frânare). Se acceptă faptul că fluxul de vehicule poate circula pe porțiuni de drum în pantă sau drum denivelat, ceea ce determină o zonă de congestie [122], [133], [134].

Dificultatea de cuantificare a neomogenităților în ceea ce privește condițiile în care poate circula un flux de vehicule determină greutatea în soluționarea traficului real.

3.2.1. Gradul de utilizare

Condițiile de trafic și percepția conducătorilor auto față de acestea sunt exprimate calitativ prin gradul de utilizare. Caracteristicile traficului sunt: viteza de rulare, timpul, obstacolele din trafic, libertatea de manevră, semnalizări, etc. [52], [118], [120], [121]. Sunt reglementate următoarele tipuri ale gradului de utilizare:

- grad de utilizare A (GU-A)-pe o astfel de șosea traficul este liber, utilizatorii individuali nu sunt afectați de participanții la trafic (utilizatorii își pot alege culoarul și viteza de deplasare). Se înregistrează un grad de confort al călătoriei foarte ridicat.

- grad de utilizare B (GU-B)-trafic fluent influențat de prezența celorlalte vehicule. Caracteristicile traficului sunt: libertate de manevră mare dar se impune atenție sporită. Se înregistrează un grad de confort al călătoriei ridicat dar mai redus decât în cazul GU-A.

- grad de utilizare C (GU-C)-fluxul de vehicule rulează cu viteză constantă, libertatea de manevră este îngrădită de densitatea traficului. Se înregistrează un grad de confort al călătoriei în scădere.

- grad de utilizare D (GU-D)-trafic cu densitate ridicată și viteză de rulare constantă la un nivel satisfăcător. Caracteristicile traficului sunt: viteza și libertatea de manevră sever limitate. Se înregistrează un grad de confort al călătoriei scăzut, conducerea vehiculului cerând o atenție deosebită.

- grad de utilizare E (GU-E)-densitatea și fluxul de vehicule au valori apropiate de limita maximă admisă pe tronsonul de drum. Caracteristicile traficului sunt: viteze de circulație pe diferite benzi constante dar cu valori inferioare celor din cazurile precedente, nu există libertate de manevră (schimbarea benzii de circulație sau mărirea vitezei se poate face prin manevre periculoase pentru sine și pentru celelalte vehicule din trafic). Se înregistrează un grad de confort al călătoriei foarte redus și o creștere a nervozității conducătorilor de vehicule.

- grad de utilizare F (GU-F)- densitatea și fluxul de vehicule au valori maxime. Caracteristicile traficului sunt: se circulă „bară la bară” cu viteză de rulare foarte mică, fluxul cu întreruperi dese și timpi de staționare variabili. Se înregistrează un grad de confort al călătoriei foarte scăzut ce caracterizează zonele de congestie (accidentală sau obișnuită).

În figura 3.6 sunt ilustrate în coordonate v [km/h]- și rata de utilizare [-], gradele de utilizare .

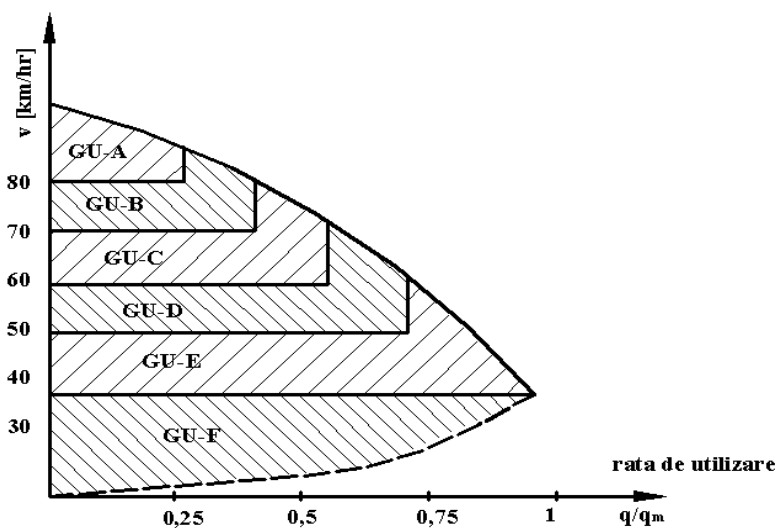


Fig.3.6. Diagrama viteză-rată de utilizare

3.2.2. Analiza traficului de drum real pe o autostradă

Analiza traficului de drum real pe o autostradă constă în împărțirea acesteia pe zone. Fiecare zonă se va caracteriza printr-un anumit tip de trafic, cu o anumită viteză a traficului, cu grade diferite de predispoziție la congestionare.

Segmentul principal este definit ca o porțiune a autostrăzii cu două sau mai multe benzi pe o direcție cu posibilitatea controlului foarte precis al traficului, în acest sector neexistând intrări, ieșiri sau intersecții. Pentru o mai precisă apreciere a dinamicii traficului referirile în continuare, se vor face separat numai pentru o direcție de mers. În final se va obține tabloul întregului segment pe ambele direcții.

În practică efectul caracteristicilor diferite ale vehiculelor din flux este măsurat cantitativ relativ la anumite condiții considerate ideale.

Pentru autostrăzi, condițiile ideale ar fi:

- lățimea ideală a unei benzi de circulație să fie nu mai mică de 3,6m;
- infrastructura laterală, bariera de protecție, semnalizări, cabine telefonice, nu la mai puțin de 2m de marginea din dreapta a primei benzi, după banda de refugiu;
- fluxul de vehicule se consideră constituit din vehicule ușoare, fiind excluse camioane, autobuze etc., conducătorii cunosc tronsonul mărind astfel la maximum eficiența traficului [25], [119];

- GU-F este utilizat pentru a descrie condițiile de circulație în șir cu intermitențe în înaintare, considerând că circulația după trecerea zonei de congestie se desfășoară normal, GU-B, GU-C.

Gradul maxim de utilizare GU_m este definit pentru un anumit grad de utilizare i ca fiind cel mai ridicat grad de utilizare care poate fi atins în condițiile unui trafic ideal.

În tabelul 3.1 este prezentat gradul de utilizare a unei autostrăzi în funcție de gradul de încărcare și viteza de proiectare.

Tab.3.1. Gradul de utilizare funcție de viteză și gradul de încărcare

GU	Densitate (1)	120 km/h (2)			100 km/h (2)			80 km/h (2)		
		v	$\frac{q}{q_m}$	GU_m (3)	v	$\frac{q}{q_m}$	GU_m (3)	v	$\frac{q}{q_m}$	GU_m (3)
A	≤ 8	≥ 100	0.35	700	-	-	-	-	-	-
B	≤ 12	≥ 90	0.54	1100	≥ 80	0.49	1000	-	-	-
C	≤ 20	≥ 80	0.77	1550	≥ 70	0.69	1400	≥ 70	0.67	1300
D	≤ 25	≥ 70	0.93	1850	≥ 60	0.84	1700	≥ 60	0.83	1600
E	≤ 40	≥ 50	1.00	2000	≥ 50	1.0	2000	≥ 45	1.0	1900
F	> 40	< 50	*	*	< 50	*	*	< 45	*	*

(1)-[A/km/bn]-autoturisme/km/bandă;

(2)-viteza maximă proiectată a autostrăzii;

(3)- [A/h/bn]-autoturisme/oră/bandă;

*-variații foarte mari;

În tabelul 3.2. este prezentat factorul corector f_i pentru două cazuri, drum obstrucționat pe o singură latură sau drum obstrucționat pe ambele părți, în funcție de lățimea și distanța obstacolelor față de marginea benzii de circulație. Cu cât obstacolele sunt mai aproape de carosabil apare un disconfort psihic care are ca rezultat reducerea vitezei de circulație și implicit scăderea gradului de utilizare, față de gradul de utilizare GU_m în condiții ideale.

Tab.3.2. Factorul de corecție f_i funcție de distanța față de banda de circulație

Distanța față de banda de circulație [m]	Factorul f_i							
	Bandă cu obstacol pe o parte				Bandă cu obstacol pe ambele părți			
	Lățime bandă [m]				Lățime bandă [m]			
	3,6	3,3	3,0	2,7	3,6	3,3	3,0	2,7
	Două benzi pe sens							
≥ 2	1,00	0,97	0,91	0,81	1,00	0,97	0,91	0,81
1,5	0,99	0,96	0,90	0,80	0,99	0,96	0,90	0,80
1,2	0,99	0,96	0,90	0,80	0,98	0,95	0,89	0,79
0,9	0,98	0,95	0,89	0,79	0,96	0,93	0,87	0,77
0,6	0,97	0,94	0,88	0,79	0,94	0,91	0,86	0,76
0,3	0,93	0,90	0,85	0,76	0,87	0,85	0,80	0,71
0	0,90	0,87	0,82	0,73	0,81	0,79	0,74	0,66
Mai multe benzi pe sens								
≥ 2	1,00	0,96	0,89	0,78	1,00	0,96	0,89	0,78
1,5	0,99	0,95	0,88	0,77	0,99	0,95	0,88	0,77
1,2	0,99	0,95	0,88	0,77	0,99	0,95	0,88	0,77
0,9	0,98	0,94	0,87	0,76	0,97	0,93	0,86	0,76
0,6	0,97	0,93	0,87	0,76	0,96	0,92	0,85	0,75
0,3	0,95	0,92	0,86	0,75	0,93	0,89	0,83	0,72
0	0,94	0,91	0,85	0,74	0,91	0,87	0,81	0,70

Factorul E_h se determină în funcție de configurația terenului, (tabelul 3.3).

Tab.3.3. Factorul de corecție E_h funcție de configurația terenului

Factorul de corecție E_h	Configurație teren		
	La nivel	Pante	Muntos
E_{hc}	1,7	4,0	8,0
E_{hb}	1,5	3,0	5,0
E_{hs}	1,6	3,0	4,0

3.2.3. Analiza traficului de drum real pe o șosea cu două benzi de circulație

Aceste șosele se caracterizează prin faptul că au câte o bandă de circulație pe fiecare sens de mers. Circulația pe artere de acest tip este în general mai lentă decât pe autostrăzi. Depășirile se fac cu dificultate, caracteristic pentru acest tip de drum fiind circulația de obicei în coloană, având în frunte un vehicul care circulă de cele mai multe ori cu viteză redusă. Capacitatea de transport va fi calculată pentru ambele sensuri de mers simultan, devenind importantă proporția traficului pe fiecare direcție [25], [117]. Se vor defini, în continuare, condițiile ideale de circulație pe o șosea simplă:

- viteza de circulație proiectată, 100km/h;
- lățimea minimă a unei benzi, 3,6m;
- obstacole laterale la mai mult de 2 m de marginea șoselei;
- vehiculele din trafic sunt toate autoturisme;
- proporția traficului pe sens, 50%-50%;
- nu sunt obstacole în calea fluxurilor de circulație;
- terenul este drept, fără curbe care să impună reducerea vitezei sub cea proiectată.

Gradul de utilizare maxim în condiții reale GU_r este:

$$GU_r = 2800 \cdot \left(\frac{q}{q_m} \right) \cdot f_1 \cdot f_t \cdot f_s \cdot f_d \quad (3.23)$$

unde:

- $\frac{q}{q_m}$ este factorul de utilizare a șoselei (q_m -flux maxim, q -flux măsurat real);
- f_1 factor care ține seama de lățimea benzii de circulație;
- f_t factor de corecție care ține seama de numărul vehiculelor de transport (autocamioane, autovehicule speciale);
- f_s factor care aplică o corecție în funcție de modul de conducere a vehiculului;
- f_d factor ce ține seama de distribuția neegală a traficului pe cele două sensuri de mers (tabelul 3.4).

Tab.3.4. Factorul f_d funcție de distribuția traficului

Distribuția pe sens	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
Factorul f_d	0,71	0,75	0,83	0,89	0,94	1,00

În cazul circulației pe un singur sens, se consideră GU_i (gradul de utilizare ideal), ca având aceeași valoare ca în cazul autostrăzilor cu mai multe fire de circulație, valoarea factorului f_1 în funcție de lățimea acostamentului și lățimea benzii de circulație de pe fiecare sens (tabelul 3.5).

Tab.3.5. Valoarea factorului f_i funcție de lățimea acostamentului și lățimea benzii de circulație

Lățime acostament	3,6m (1)		3,3m (1)		3,0m (1)		2,7m (1)	
	A-E (2)	f_i	A-E (2)	f_i	A-E (2)	f_i	A-E (2)	f_i
≥2m	1,0	1,0	0,93	0,94	0,84	0,87	0,70	0,79
1,2m	0,92	0,97	0,85	0,92	0,77	0,85	0,65	0,74
0,6m	0,81	0,93	0,75	0,88	0,68	0,81	0,57	0,70
0m	0,70	0,88	0,65	0,82	0,58	0,75	0,49	0,66

(1)-lățimea benzii de circulație pe fiecare sens;

(2)-gradul de utilizare.

Valorile coeficientului de corecție E_h , echivalent în autoturisme a vehiculelor de alt tip, pentru diferite condiții de teren, în funcție de gradul de utilizare GU sunt prezentate în tabelul 3.6.

Tab.3.6. Coeficientul de corecție E_h funcție de GU și condițiile de teren

Tip vehicul	GU	Configurație teren		
		La nivel	Pante	Muntos
Autocamioane E_{hc}	A	2,0	4,0	7,0
	B și C	2,2	5,0	10,0
	D și E	2,0	5,0	12,0
Autovehicule speciale E_{hs}	A	2,2	3,2	5,0
	B și C	2,5	3,9	5,2
	D și E	1,6	3,3	5,2
Autobuze E_{hb}	A	1,8	3,0	5,7
	B și C	2,0	3,4	6,0
	D și E	1,6	2,9	6,5

3.2.4. Analiza traficului de drum real pe o șosea cu mai multe benzi de circulație

Deosebirea dintre șoselele cu mai multe benzi și autostrăzi este aceea că, în cazul șoselelor intersecțiile cu alte artere de aceeași clasă sau clasă inferioară se face la același nivel prin intersecții semaforizate sau simple, cu panouri de prioritate sau sensuri giratorii [25].

Tab.3.7. Coeficientul de corecție E_h funcție de GU pentru șosele cu mai multe benzi de circulație

GU	Densitate (1)	120 km/h (2)			100 km/h (2)			80 km/h (2)		
		v	$\frac{q}{q_m}$	GU_m (3)	v	$\frac{q}{q_m}$	GU_m (3)	v	$\frac{q}{q_m}$	GU_m (3)
A	≤8	≥90	0.36	700	-	-	650	-	-	-
B	≤12	≥85	0.54	1100	≥80	0.33	1000	≥70	0,45	850
C	≤20	≥80	0.71	1400	≥70	0.5	1300	≥60	0.6	1150
D	≤25	≥65	0.87	1750	≥60	0.8	1600	≥55	0.76	1450
E	≤40	≥50	1.00	2000	≥50	1.0	2000	≥45	1.0	1900
F	>40	<50	*	*	<50	*	*	<45	*	*

(1)-[A/km/bn]-autoturisme/km/bandă;

(2)-viteza maximă proiectată a șoselei;

(3)- [A/h/bn]-autoturisme/oră/bandă;

*-variații foarte mari;

Analiza unui astfel de tronson de șosea cu mai multe benzi de circulație se face folosind aceleași ecuații ca și în cazul autostrăzilor ținând cont de vitezele proiectate pentru șosele. Gradul de utilizare, în condiții ideale de trafic, se determină după același principiu. Valorile gradului de utilizare GU pentru șosele cu mai multe benzi de circulație sunt prezentate în tabelul 3.7.

Valorile factorului de corecție E_h care se determină în funcție de configurația terenului sunt redate în tabelul 3.8 iar, în cazul în care benzile nu sunt despărțite prin spații distincte, factorul f_1 se va lua din tabelul 3.9.

Tab.3.8. Factorul de corecție E_h funcție de configurația terenului

Factorul de corecție E_h	Configurație teren		
	La nivel	Pante	Muntos
E_{hc}	1,7	4,0	9,0
E_{hb}	1,5	3,0	6,0
E_{hs}	1,6	3,0	5,0

Tab.3.9. Factorul de corecție f_1 în cazul în care benzile nu sunt despărțite prin spații distinct

Distanța față de banda de circulație [m]	Factorul f_1							
	Bandă cu obstacol pe o parte				Bandă cu obstacol pe ambele părți			
	Lățime bandă [m]				Lățime bandă [m]			
	3,6	3,3	3,0	2,7	3,6	3,3	3,0	2,7
	Două benzi pe sens							
≥ 2	1,00	0,95	0,89	0,77	NC	NC	NC	NC
1,2	0,98	0,94	0,88	0,76	NC	NC	NC	NC
0,6	0,95	0,92	0,86	0,75	0,94	0,91	0,86	NC
0,0	0,88	0,85	0,80	0,70	0,81	0,79	0,74	0,66
	Mai multe benzi pe sens							
≥ 2	1,00	0,95	0,89	0,77	NC	NC	NC	NC
1,2	0,99	0,94	0,88	0,76	NC	NC	NC	NC
0,6	0,97	0,93	0,86	0,75	0,96	0,92	0,85	NC
0,0	0,94	0,90	0,83	0,72	0,91	0,87	0,81	0,70

NC-nu este cazul, se folosește factorul de la obstacole pe o parte a benzii

Factorul de corecție f_e este definit ca ținând cont de modul în care sunt despărțite benzile de circulație în sens contrar și de faptul că accesul de pe laterale și spre laterale nu este controlat, acesta fiind prezentat în tabelul 3.10.

Tab. 3.10. Factorul de corecție f_e funcție de tipul de șosea

Tip de șosea	Factorul f_e	
	Despărțit	Nedespărțit
Rural	1,0	0,95
Suburban	0,9	0,8

3.2.5. Proiectarea traficului rutier

În paragrafele precedente au fost prezentate valori diferite ale traficului, care se consideră în proiectare în funcție de tipul arterei de circulație (GU_m). Stabilirea acestei mărimi este foarte dificilă deoarece fluxul de vehicule este o mărime ce depinde de foarte mulți factori care fac imposibilă cuantificarea într-o ecuație a evoluției acesteia. Din această cauză valoarea traficului pentru proiectare se stabilește pe criterii statistice [103], [117], [118].

În figura 3.7. este prezentat un exemplu de repartiție zilnică a traficului pe un sector de drum în două zile ale săptămânii, vineri și sâmbătă.

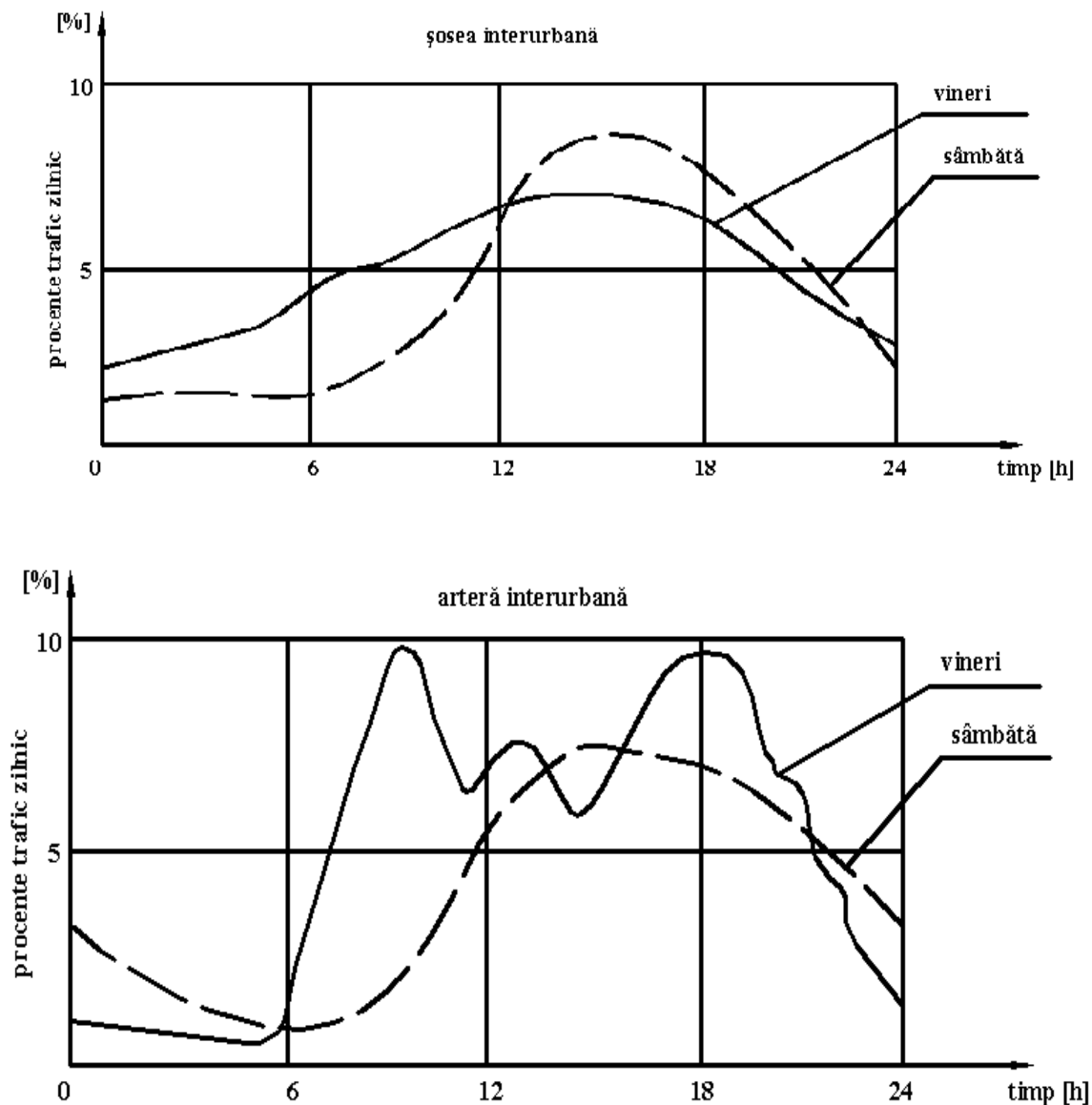


Fig.3.7. Repartiția zilnică a traficului pe un sector de drum

Tot pe cale statistică se pot obține date privind traficul pe perioada unui an, pentru a stabili lunile cu densitate de trafic cea mai ridicată, figura 3.8. Media Anuală Zilnică MAZ exprimată în vehicule/zi și calculată împărțind traficul total anual la numărul de zile ale unui an, nu poate fi luată în considerare ca parametru de proiectare, deoarece este mult prea ponderată.

În practică se aleg 100 de ore cu cel mai mare trafic, pe perioada unui an, figura 3.9.

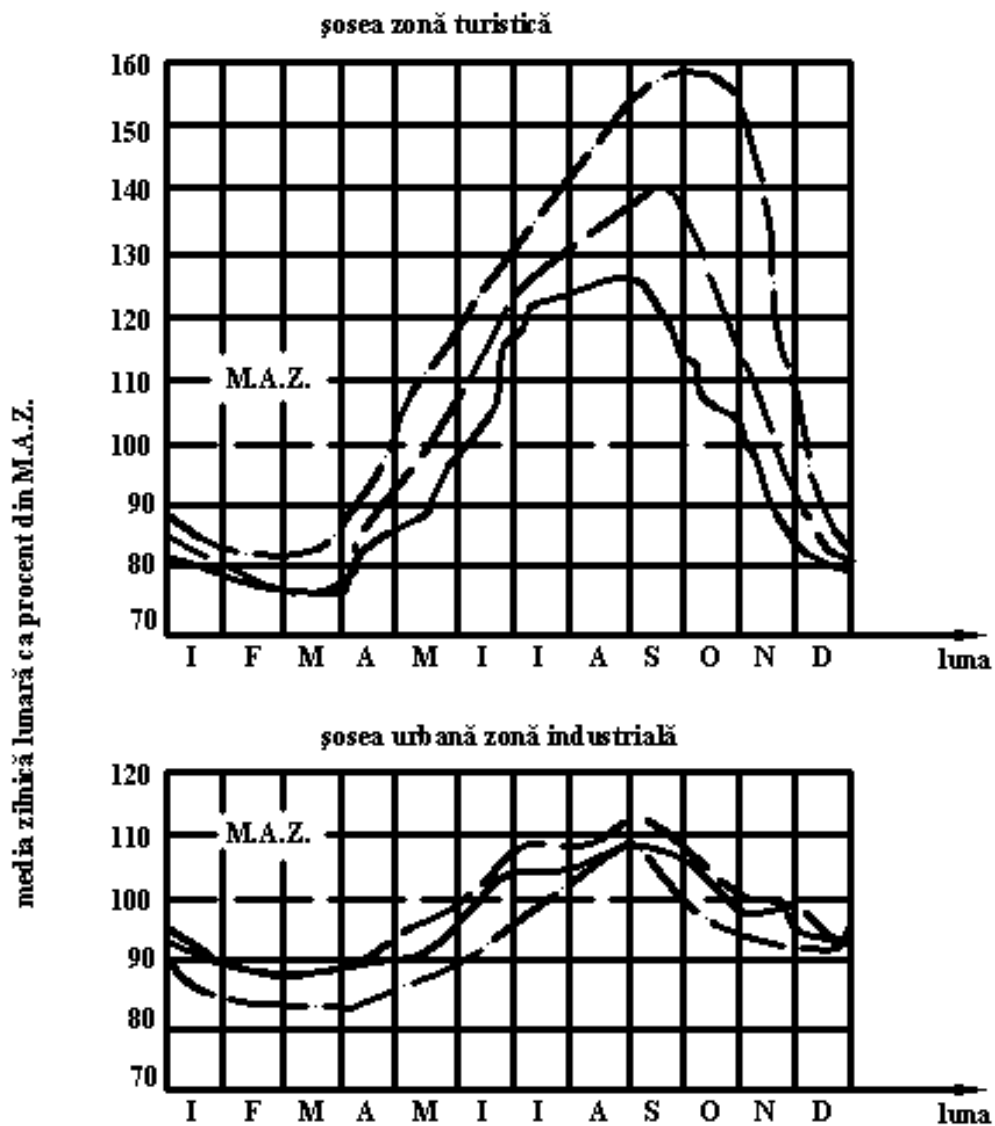


Fig.3.8. Repartiția mediei zilnice pe o perioadă de un an

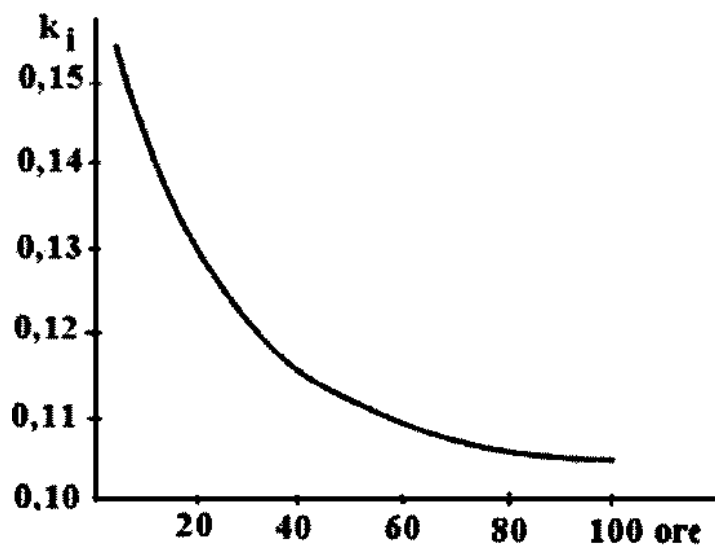


Fig. 3.9. Variația factorului k_i

Se definește un factor k_i , pentru $i=30h$:

$$k_{30} = \frac{VTO}{MAZ} \quad (3.24)$$

unde:

- VTO-este volumul traficului orar pentru cele mai aglomerate $i=30$ de ore din decursul anului;
 - k_i –factorul care definește cele mai aglomerate i ore în raport cu MAZ ($i=10\dots100$).
- În proiectare se folosește un factor ce definește volumul orar ponderat VOP:

$$VOP = k_i \cdot D' \cdot MAZ \quad (3.25)$$

unde D' este un factor ce exprimă volumul traficului pe direcția de mers.

3.3. Metode de fluidizare a circulației în intersecții dirijate

Intersecțiile dirijate prin semnalizare luminoase (stopuri) sunt foarte răspândite în traficul urban și suburban.

Odată cu dezvoltarea microelectronicii, în special a microprocesoarelor, a devenit posibilă modificarea ciclurilor de semnalizare a intersecțiilor în timp real pe baza datelor concrete de trafic culese de senzori plasați pe arterele de circulație și prelucrate de programe speciale.

În practică se folosesc mai multe tipuri de algoritmi:

- algoritmul interval-vehicul;
- algoritmul volum-densitate;
- algoritmul lui Miller.

Pe baza acestor algoritmi s-au dezvoltat sisteme specifice de dirijare a circulației în intersecții cum ar fi PRODYN în Franța, MOVA în Anglia sau OPAC în S.U.A.

3.3.1. Metoda suspendării unei faze a ciclului de semnalizare

Metoda constă în suprimarea unei faze a ciclului de semnalizare dacă pe direcția monitorizată nu apare nici un vehicul într-un interval de timp, sau la o anumită distanță de intersecție. Acest sistem se aplică în principal în următoarele cazuri:

- pe direcții de modificare a sensului de mers, în special viraj la stânga;
- faze speciale de dirijare a circulației autobuzelor pe benzi speciale, în perioada când circulația lor este întreruptă (noaptea);
- pentru artere și drumuri secundare sau trafic foarte redus în anumite intervale (noaptea sau anumite ore legate de programul de lucru într-o anumită zonă);
- situații în care culoarea verde pentru pietoni este comandată local prin acționarea unui buton iar, în condițiile în care această comandă nu este dată traversarea este interzisă (culoare roșie a semaforului pentru pietoni).

Prin suspendarea unei faze a ciclului de dirijare se ia în considerare gradul de utilizare doar a unei anumite direcții din intersecție. Suspendarea unei faze a ciclului de dirijare poate fi făcută în felul următor:

- În momentul în care sistemul detectează un vehicul pe direcția secundară sau a fost acționată comanda locală la trecerea de pietoni, durata totală a ciclului de semnalizare se mărește. Ciclul de semnalizare în acest caz se poate desfășura pe două sau chiar trei perioade de timp (care pot să difere funcție de complexitatea mărimilor ce reprezintă intrarea în sistem).

Pentru o circulație din toate direcțiile, ciclul se va desfășura într-un interval stabilit anterior în funcție de parametrii de trafic stabiliți anterior. În cazul utilizării comenzii locale pentru pietoni, ciclul de semnalizare se modifică. Dacă fluxul de vehicule se reduce una dintre direcții se deblochează și crează „undă verde” pentru vehiculele ce rulează pe direcția principală.

- Se poate întâlni situația în care durata totală a ciclului de semnalizare să nu se modifice în schimb se va modifica cadența semafoarelor permițând intrarea în ciclu a direcției blocate.

- Prioritate pentru direcții principale caracterizată prin faptul că aceasta are „undă verde” în timp ce pe direcția secundară este necesar să se strângă mai multe vehicule pentru a putea permite deblocarea circulației pe aceasta.

În practică, cele trei sisteme se pot combina funcție de specificul circulației în zonă.

Putem concluziona că metoda este simplu de aplicat prin faptul că are date de intrare puține iar reglajul care este în mare parte secvențial poate fi prestabilit.

3.3.2. Metoda intervalului critic (interval-vehicul)

Metoda este caracterizată prin faptul că reglajul ciclului de semnalizare se realizează în buclă automată, astfel cadența semafoarelor se reglează în timp real. Se menține astfel culoarea verde a semaforului pe o anumită direcție cât timp fluxul de vehicule este continuu. În cazul în care fluxul de vehicule scade sub o anumită valoare se va produce scurtarea cadenței culorii verzi a semaforului.

Concluzii: sistemul care funcționează după acest algoritm acordă un timp de verde minim și prezintă dezavantajul că algoritmul ia în considerare numai vehiculele de pe o direcție fără să țină cont de șirul ce se va forma pe celelalte direcții de mers. Algoritmul este atribuit separat pentru fiecare direcție de mers, și în momentul în care secvența verde pe o anumită direcție se încheie, se activează algoritmul pentru alte direcții.

3.3.3. Unda verde, ca metodă de fluidizare a traficului

O altă metodă cu largă utilizare în traficul de vehicule specific aglomerărilor urbane este „unda verde”. Metoda este eficientă în cazul intersecțiilor apropiate sau dacă distanțele dintre acestea sunt aproximativ egale. Pentru dirijarea circulației după o undă verde ciclurile de semaforizare ale intersecțiilor pe artera principală vor fi egale între ele și vor fi obligatoriu egale cu ciclul de semaforizare din intersecția cea mai solicitată din traseu. Se definește pentru fiecare sens de circulație pe o arteră „banda de trecere” ca fiind intervalul temporar necesar pentru ca un vehicul care se deplasează cu viteză constantă să poată traversa toate intersecțiile fără ca acesta să se oprească.

Se pune problema determinării „lățimii” maxime pentru „unda verde” dificil de soluționat datorită ponderii pe care o au debitele de vehicule pe cele două sensuri.

3.3.4. Sisteme centralizate de reglare și control al traficului

Dificultatea în ceea ce privește dirijarea și optimizarea traficului de vehicule în marile aglomerări urbane, în interiorul orașelor, în zone de concentrare a capacităților industriale sau a marilor spații comerciale a putut fi eliminată prin introducerea sistemelor centralizate de supraveghere și control ale traficului rutier introdus pentru prima dată în S.U.A. la începutul anilor '60. Aceste sisteme au fost utilizate pentru comandarea ciclurilor de semnalizare tehnică de calcul fapt care a determinat adoptarea de măsuri legislative și administrative menite să încurajeze lucrările de modernizare și control ale traficului rutier. Avantajele tehnicii de calcul au fost puse în slujba optimizării problemelor de control ale traficului cu posibilitatea de prelucrare a unui volum mare de date de intrare în timp real.

S-au înregistrat următoarele avantaje ca urmare a unui control eficient al traficului de vehicule:

- fluiditate;
- reducerea consumului de combustibil al vehiculelor prin reducerea timpului de parcurgere a sectoarelor de drum supravegheate;
- reducerea emisiilor M.A.I. cu consecințe notabile (pozitive) în reducerea poluării mediului ilustrată prin evoluția emisiilor de CO în funcție de viteza de rulare prin intersecțiile dirijate, (figura 3.10.);

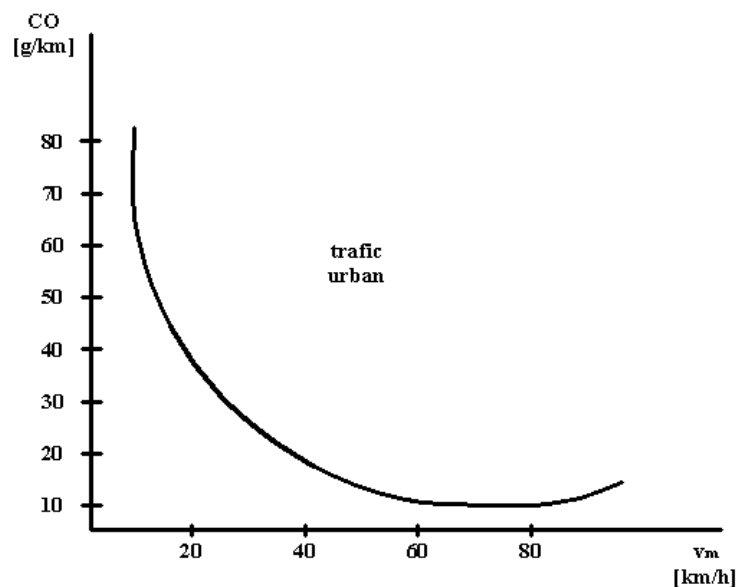


Fig.3.10. Emisia de CO funcție de viteza medie de circulație

- reducerea costurilor sociale generate de traficul rutier (întârzieri în livrări, accidente, sănătate);

Schema bloc a unui sistem centralizat de reglare și control a traficului rutier este redată în figura 3.11.

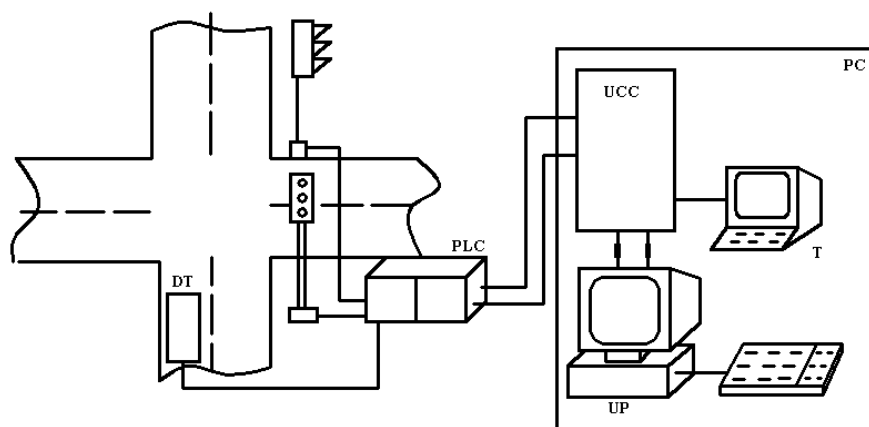


Fig.3.11. Sistem centralizat de reglare și control a traficului rutier

PC-post central de control și dirijare; PLC-posturi locale de comandă; UCC-unitate centrală de calcul; DT-senzor de trafic; UP-unitate de programare; T- terminale de control și dirijare efectivă a circulației.

Informațiile culese din trafic sunt transmise, prin radio sau prin cabluri de legătură, postului central de control care va fi plasat cât mai aproape de centrul geometric al zonei într-un spațiu adecvat ca suprafață și dotări compus din: un calculator central cu mare putere de calcul, un modul de proiectare și optimizare a programelor rulate de calculatorul central, terminale de comandă și control ale traficului în condiții speciale. Postul central de control va transmite prin rețeaua de comunicare comenzi către posturile locale de comandă a semafoarelor, posturi dotate cu microprocesoare, unități de memorie și surse de energie electrică de rezervă care să facă posibilă funcționarea acestor posturi fără intervenția unității centrale în caz de avarie.

3.4. Modelarea și optimizarea emisiilor poluante într-o intersecție

3.4.1. Modelare și simulare cu ajutorul programului de calcul CALINE 3

CALINE 3 este un program de simulare a dispersiilor de foarte scurtă durată, în special pentru poluanții generați de trafic. CALINE 3 permite specificarea până la 20 de elemente și 20 receptori în planul X-Y. Elementul este definit ca și un segment drept al șoselei având lățime, înălțime, volumul traficului și factorul de emisie constante. Programul CALINE 3 se poate folosi pentru modelarea surselor și receptoarelor multiple, curbilor sau segmentelor de șosea cu factor de emisie variabil [41].

Pentru a aplica programul CALINE 3 se împarte sursa (șoseaua) singulară într-o serie de elemente ale căror concentrații sunt calculate și însumate pentru a determina concentrația totală estimată pentru un receptor particular definit. Distanța receptorului este măsurată perpendicular pe linia de legătură între receptor și axa șoselei. Lungimea elementelor este definită prin următoarele relații:

$$EL = W \cdot BASE^{(NE-1)} \quad (3.26)$$

unde:

EL = lungimea elementului;

W = lățimea șoselei;

NE = numărul elementului;

BASE = factorul de majorare a elementului;

PHI = unghiul între direcția vântului și direcția șoselei.

Fiecare element este modelat ca o sursă finită echivalentă (EFLS), poziționată perpendicular pe direcția vântului și în centrul elementului. Sistemul local de coordonate aliniat cu direcția vântului și dispus în centrul elementului este definit pentru fiecare element. Se presupune că dispersia se realizează după modelul Gaussian. Lungimea respectiv orientarea lui EFLS sunt în funcție de mărimea și unghiul (PHI, Φ) între direcția medie a vântului și direcția șoselei.

Programul însumează automat contribuțiile fiecărui element și receptor. Rugozitatea suprafețelor se consideră uniformă pentru suprafața studiată. Mărimile meteorologice ale stabilității atmosferice, vitezei și a direcției vântului sunt de asemenea constante [41].

Tab. 3.11. Limitele mărimilor de intrare

Mărimea	Valoarea propusă și limitele	Motivarea
Viteza vântului	$U^3 > 1\text{m/s}$	Prezumția Gaussiană; cu $U^3 > 1\text{m/s}$ în direcția vântului, difuzia se consideră neglijabilă relativ la U
Direcția vântului	$0^\circ < BRG < 360^\circ$	Măsurat relativ la axa Y pozitivă
Media	$3\text{min} < ATIM < 120\text{min}$	Limita rezonabilă pentru aproximarea power low
Rugozitate suprafață	$3\text{cm} < Z_0 < 400\text{cm}$	Limita rezonabilă pentru aproximarea power low
Zona de amestec	$W^3 > 10\text{m}$	Minim o bandă plus 3 metri pe latura elementului
Lungime element	$W < LL < 10\text{km}$	Lungimea elementului, definită prin punctul de capăt al elementului (X_1, Y_1, X_2, Y_2), trebuie să fie \geq cu lățimea elementului, sau $<$ de 10 km, întrucât dispersia verticală este valabilă pentru distanța de 10 km în direcția vântului
Clasa de stabilitate	$CLAS = 1,2,3,4,5,6$	Schema claselor de stabilitate Pasquill
Înălțime sursă	$-10 < H < 10\text{m}$	Nu este verificată în afara limitelor stabile
Înălțime receptor	$Z^3 > 0$	Pana Gaussiană reflectată la interfață aer - suprafață; modelul asumă un transport al penei deasupra planului orizontal

Orientarea rețelei

CALINE 3 folosește o combinație a sistemului cartezian de coordonate X-Y și un sistem de coordonate cilindric pentru a determina poziția și geometria elementelor. Sistemul de coordonate cilindric este transformat în sistemul de coordonate cartezian X-Y, astfel încât nordul (N) corespunde cu direcția + Y, iar estul (E) corespunde cu direcția + X.

Tab. 3.12. Fișier de intrare

Set de date nr.	Denumirea mărimilor	Coloanele prevăzute pentru mărimea curentă	Descrierea mărimilor
1	JOB	1 – 40	Exemplu curent
	ATIM	41 – 44	Media, [min]
	ZO	45 – 48	Rugozitate suprafață, [cm]
	VS	49 – 53	Viteza particulei [cm/s]
	VD	54 – 58	Viteza de depunere, [cm/s]
	NR	59 – 60	Număr de receptori $NR_{\max} = 20$
	SCAL	61 – 70	Factor de scară pentru convertirea coordonatelor receptorilor și elementelor, [m]
2	RCP	1 – 20	Denumirea receptorului

Set de date nr.	Denumirea mărimilor	Coloanele prevăzute pentru mărimea curentă	Descrierea mărimilor
	XR	21 – 30	Coordonata X pentru receptor
	YR	31 – 40	Coordonata Y pentru receptor
	ZR	41 – 50	Coordonata Z pentru receptor
3	RUN	1 – 40	Model curent
	NL	41 – 43	Numărul de elemente $NL_{max} = 20$
	NM	44 – 46	Numărul de condiții meteorologice
4	LNK	1 - 20	Denumirea elementului
	TYP	21 - 22	Tipul secțiunii AJ = At – Grade FL = Fill BR = Bridge DP = Depressed
	XL1, YL1	23–29, 30-36	Coordonatele punctului de capăt nr. 1 al elementului
	XL2, YL2	37–43, 44-50	Coordonatele punctului de capat nr. 2 al elementului
5	VPHL	51 – 58	Volum de trafic, [vehicule/h]
	EFL	59 – 62	Factor de emisie, [g/mile]
	HL	63 - 66	Înălțimea sursei
	WL	67 - 70	Lățimea zonei de amestec
	U	1 - 3	Viteza vântului, [m/s]
	BRG	4 - 7	Unghiul vântului raportat la axa y pozitivă în grade, $0^{\circ} - 360^{\circ}$
	CLAS	8	Clasa de stabilitate atmosferică (1 – 6 = A-F)
	MIXH	9 - 14	Înălțimea de amestec, [m]
	AMB	15 - 18	Concentrația ambientală [ppm]

Fișierul de ieșire:

Fișierul de ieșire conține un sumar al datelor de intrare și al rezultatelor modelului. Valorile de intrare sunt separate în mărimile topografice, de cele legate de elemente și de mărimile receptorilor. Rezultatele concentrației CO sunt date în ppm pentru fiecare element receptor.

Exemplificarea programului CALINE 3

Demonstrativ programul de calcul CALINE 3 s-a aplicat pentru intersecția P-ța Leonardo DaVinci din Timișoara. Volumul total de trafic prin intersecția respectivă este de circa 1290 de autovehicule, cu un factor de emisie total evaluat de 100 g/mile. Suprafața analizată a fost împărțită în 6 elemente iar concentrația medie de scurtă durată pentru CO s-a calculat în trei locuri diferite, definite pentru poziționarea celor trei receptori (figura 3.12.).

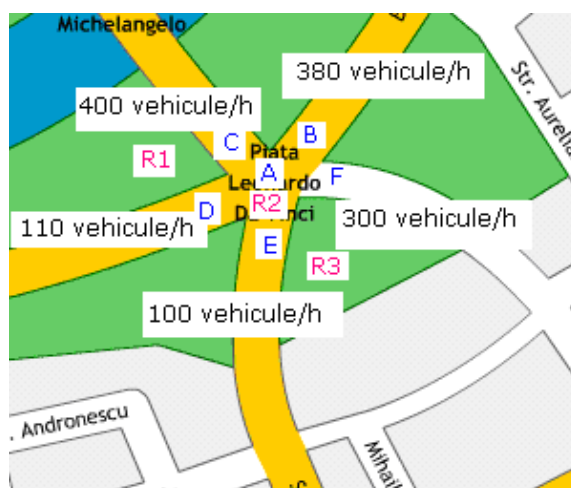


Fig. 3.12. Intersecția în care se face modelarea

Datele meteo se prezintă prin viteza vântului (care a fost de 1 m/s). Direcția vântului (45°) față de direcția de referință, înălțimea de amestec (100m), clasa de stabilitate (F6) și concentrația poluantului CO în mediul ambiant de 1 ppm (concentrație de fond, normală într-o intersecție). Fișierul de intrare se prezintă în tabelul următor:

EXAMPLE IMISII					60.100.	0.	0.3	1.
RECP. 1		-30.	30.		1.8			
RECP. 2		-30.	-30.		1.8			
RECP. 3		-100.	30.		1.8			
URBAN LOCATION: INTERSECTION						6	1	
LINK A	AG	0.	40.	0.	4.	1290.100.	0.8	1.
LINK B	AG	8.	0.	40.	0.	1290.100.	0.8	90.
LINK C	AG	0.	-4.	0.	-40.	1290.100.	0.8	6.
LINK D	AG	-40.	0.	-8.	0.	1290.100.	0.8	100.
LINK E	AG	-8.	0.	8.	0.	1290.100.	0.8	5.
LINK F	AG	0.	4.	0.	-4.	1290.100.	0.8	0.
		1.	90.6	100.	5.0			

3.4.3. Studiarea oportunității semaforizării intersecției P-ța Leonardo DaVinci.

Calculul timpilor de semaforizare

Având în vedere faptul că, în intersecția studiată, rata sosirilor este mai mare decât rata plecărilor, orele de trafic maxim produc o aglomerare mare de vehicule cu efecte nedorite privind siguranța și confortul în trafic și nu în ultimul rând producând creșterea emisiilor poluante [52].

Pentru fluidizarea traficului în intersecție (reducerea timpilor de așteptare) s-a urmărit analiza modului de reducere a emisiilor poluante prin scurtarea șirului de vehicule prin semaforizarea intersecției.

În acest scop s-a modelat intersecției utilizând legea U-U-1.

Date inițiale:

Fluxurile de vehicule pe direcțiile B, C, D, E, F

Fluxurile de vehicule pe direcții B, C, D, E, F

$$n_B := 380 \quad \text{numarul de vehicule / ora pe artera B}$$

$$n_C := 400 \quad \text{numarul de vehicule / ora pe arter}$$

$$n_D := 110 \quad \text{numarul de vehicule / ora pe arter}$$

$$n_E := 100 \quad \text{numarul de vehicule / ora pe arter}$$

$$n_F := 300 \quad \text{numarul de vehicule / ora pe arter}$$

$$N := n_B + n_C + n_D + n_E + n_F$$

$$N = 1290 \quad \frac{\text{veh}}{\text{hr}}$$

numarul total de vehicule care trec
prin intersecția A într-o ora

Se consideră direcțiile principale care au timpi egali de semaforizare ca fiind:

- direcția F-C
- direcția C-E

Fluxul de saturatie în intersecție „N” fiind de 1290 veh/hr iar perioada unui ciclu de 60s cu o distribuție în șirul de așteptare de forma U-U-1, S-a presupus timpul efectiv „verde” și „roșu” pentru fiecare direcție astfel încât să se obțină cea mai mică întârziere totală a vehiculelor.

Rata plecărilor pe cele 5 direcții va fi de forma:

$$\lambda_F := \frac{n_F}{3600} \quad \lambda_F = 0,08 \frac{\text{veh}}{\text{s}}$$

$$\lambda_C := \frac{n_C}{3600} \quad \lambda_C = 0,11 \frac{\text{veh}}{\text{s}}$$

$$\lambda_E := \frac{n_E}{3600} \quad \lambda_E = 0,02 \frac{\text{veh}}{\text{s}}$$

- direcții secundare:

$$\lambda_D := \frac{n_D}{3600} \quad \lambda_D = 0,03 \frac{\text{veh}}{\text{s}}$$

$$\lambda_B := \frac{n_B}{3600} \quad \lambda_B = 0,015 \frac{\text{veh}}{\text{s}}$$

- fluxul maxim al plecărilor:

$$\mu_p := \frac{N}{3600} \quad \mu_p = 0,358 \frac{\text{veh}}{\text{s}}$$

Intesitatea traficului

- direcții principale:

$$\rho_F := \frac{\lambda_F}{\mu_P} \quad \rho_F = 0,223$$

$$\rho_C := \frac{\lambda_C}{\mu_P} \quad \rho_C = 0,307$$

$$\rho_B := \frac{\lambda_B}{\mu_P} \quad \rho_B = 0,042$$

Întârzierea totală a vehiculelor:

$$i_v = \frac{\lambda_F \cdot r_F}{2 \cdot (1 - \rho_F)} + \frac{\lambda_C \cdot r_C}{2 \cdot (1 - \rho_C)} + \frac{\lambda_E \cdot r_E}{2 \cdot (1 - \rho_E)} + \frac{\lambda_D \cdot r_D}{2 \cdot (1 - \rho_D)} + \frac{\lambda_B \cdot r_B}{2 \cdot (1 - \rho_B)} \quad (3.27)$$

Întrucât pe direcțiile principale timpii sunt totali putem scrie:

$$r_{FCE} = r_F = r_C = r_E \quad (3.28)$$

Întrucât și pe direcțiile secundare timpii sunt egali putem scrie:

$$r_{BD} = r_B = r_D \quad (3.29)$$

$$r_{BD} = 60 - r_{FCE} \quad (3.30)$$

Din relațiile (3.27), (3.28), (3.29), (3.30) rezultă:

$$i_v = 0,054 \cdot r_{FCE}^2 + 0,081 \cdot r_{FCE}^2 + 0,015 \cdot r_{FCE}^2 + 0,075 \cdot (60 - r_{FCE})^2 + 0,017 \cdot (60 - r_{FCE})^2$$

$$i_v = 0,242 \cdot r_{FCE}^2 - 11,04 \cdot r_{FCE} + 331,2$$

- condițiile de minim:

$$\frac{di_v}{dr_{FCE}} = 0$$

$$0,484 \cdot r_{FCE} - 11,04 = 0$$

$$r_{FCE} := \frac{11,041}{0,484} \quad r_{FCE} = 22,812$$

$$r_{BD} := 60 - r_{FCE} \quad r_{BD} = 37,188$$

$$i_v = 0,054 \cdot r_{FCE}^2 + 0,081 \cdot r_{FCE}^2 + 0,015 \cdot r_{FCE}^2 + 0,075 \cdot (60 - r_{FCE})^2 + 0,017 \cdot (60 - r_{FCE})^2$$

$$i_v = 205,289 \left(\frac{\text{veh}}{\text{ciclu}} \right)$$

Se observă că, pe durata unei ore de trafic în condițiile semaforizării intersecției fluxul de vehicule poate fi de 12317 vehicule comparativ cu cele 1290 de vehicule considerat în ipotezele de calcul.

Se poate afirma deci că are loc o reducere a emisiilor poluante, prin reducerea timpilor de așteptare.

Semaforizarea intersecțiilor în zonele urbane este comandată și optimizată în funcție de traficul înregistrat de senzori plasați în zonele de apropiere de intersecție.

Principiile de bază ale procesului de optimizare:

- optimizarea se va face pentru a reduce cât mai mult timpul de staționare în intersecție;
- optimizarea se va face pentru a reduce numărul vehiculelor oprite la stop.

Urmărind separat aceste obiective se obțin rezultate diferite. Logic este de a îmbina ambele cerințe însă dificultățile cresc foarte mult fără a obține rezultate spectaculoase. Recent s-a pus problema să se insiste asupra procesului de apropiere de intersecție, care influențează hotărâtor parametrii șirului de așteptare.

Dirijarea interactivă a traficului, când va fi posibilă dirijarea fluxului de vehicule pentru o fluentă cât mai ridicată, va aduce cu sine și noi soluții în problema optimizării semaforizării.

Sunt prezentate principalele elemente ce caracterizează problemele traficului din punct de vedere teoretic. Practic se păstrează aceiași parametri dar condițiile inițiale se modifică, ele ne fiind ideale, fiind astfel, definit fluxul maxim de vehicule, în vehicule pe oră.

Fluxul de vehicule este considerat omogen vehiculele comportându-se identic, având aceleași caracteristici. În realitate fluxul de vehicule este eterogen, compus din vehicule diferite care circulă cu viteze diferite, nefiind distribuite omogen pe clase. Caracteristicile dinamice diferă de la tip la tip de autovehicul, și anume: timp de accelerație, lungime de frânare, etc.

În calculul efectuat, artera de circulație a fost considerată ca fiind perfect orizontală și în linie dreaptă. Realitatea este departe de aceste ipoteze simplificatoare.

Neomogenitatea fluxului de vehicule creează mari probleme iar soluționarea acestora este dificilă din cauza dificultăților de cuantificare a neomogenităților.

3.5. Concluzii

Autovehiculele grele, fabricate în România, depășesc, în funcționare, normele internaționale de poluare fonică. Service-urile auto care efectuează operații de reglaj al funcționării motoarelor nu sunt înzestrate cu echipamente pentru verificarea emisiilor poluante, nefiind dotate nici cu instrucțiuni de reglaje și reparații pentru toate tipurile de autovehicule ce solicită aceste operații.

Costurile externe (ecologice, sociale) sunt în continuare suportate de întreaga comunitate, neexistând nici un fel de inițiative (legislative, administrative sau economice) pentru internalizarea lor.

Studii statistice efectuate în S.U.A. au scos în evidență caracteristicile principale ale congestiei traficului, fenomen caracteristic zonelor urbane des populate cu un număr mare de vehicule raportat la numărul de locuitori și deplasări masive de populație cu vehicule personale din zonele rezidențiale spre locurile de muncă sau zone de interes social. Pierderile totale cauzate de blocarea traficului sunt mult mai mari dacă se consideră și pierderile datorate întârzierilor la locurile de muncă, întârzieri în distribuția mărfurilor la care se adaugă și costuri sociale care sunt mari dar foarte greu de apreciat. S-a constatat că rezolvarea problemelor generate de fenomenul de congestie a traficului rutier nu este simplu, măsurile care s-ar impune sunt fie nepopulare, fie prea scumpe, fie ineficiente după o perioadă scurtă de la punerea în operă.

Alternativele față de transportul motorizat cu grad sporit de poluare sunt slab sau deloc utilizate, neexistând nici măcar planuri concrete de reducere a valorii traficului actual, în zonele foarte aglomerate.

4. MIJLOACE DE REDUCERE A EMISIILOR POLUANTE LA MOTOARE CU ARDERE INTERNĂ DE TRACȚIUNE RUTIERĂ

4.1. Reducerea emisiilor poluante prin dezvoltarea științei și tehnologiei

Preocupările inginerilor motorști, dezvoltarea electronicii de putere, a sistemelor hardware și software, din ultimele trei decenii, au schimbat radical atât înfățișarea, cât și performanțele autovehiculelor echipate cu motoare cu ardere internă (figura 4.1)








	Sursa de putere	Combustibilul necesar	Emisii	Gaze cu efect de seră
1900 	Animală	Regulat	Miros de îngrășământ natural	Metan = 20xCO2
1900 	Primele vehicule	Variat	CO, HC NOx	CO2
1910 	Motor cu ardere	În timpul funcționării	CO, HC NOx, PM	CO2
1970 	Ardere + Tratamente Postardere	În timpul funcționării	Emisii scăzute	CO2
2000 	Hibridă	Când e necesar	CO, HC NOx, (PM)	CO2
2005 	Ardere + Tratamente Postardere	Funcționare cu biocomustibili	CO, HC, NOx, PM	CO2
2005 	Hibrid	Cand e necesar	CO, HC, NOx, PM	CO2

Fig. 4.1. Evoluția automobilului la un secol de la apariție

Au fost îmbunătățite atât elementele de caroserie și dinamică, cât și performanțele motorului de propulsie obținându-se pe lângă economii substanțiale în ceea ce privește costul de exploatare, putere, un ridicat nivel de confort, ergonomie și siguranță și nu în ultimul rând reducerea substanțială a emisiilor poluante (figura 4.2).

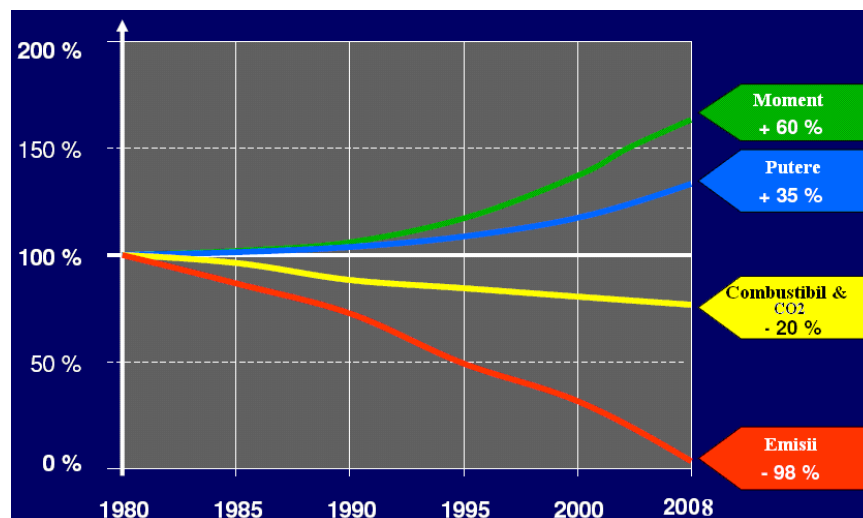


Fig. 4.2. Evoluția motoarelor în ultimii 28 de ani

4.2. Măsuri legislative antipoluare la nivel mondial și european

Din anul 1970, emisiile autovehiculelor au fost reduse dramatic [135]. Un motor alimentat cu benzină care echipează autovehicule emite, în prezent, cu 97-99% mai puțin decât în anul 1970 (figura 4.3).

Motoarele diesel ale căror emisii erau deja mai reduse comparativ cu cele Otto, emit, în prezent, cu 60-75% mai puțin decât în anul 1970, emisiile de particule fiind cu 99% mai reduse. În mod similar au evoluat și celelalte componente ale emisiilor.

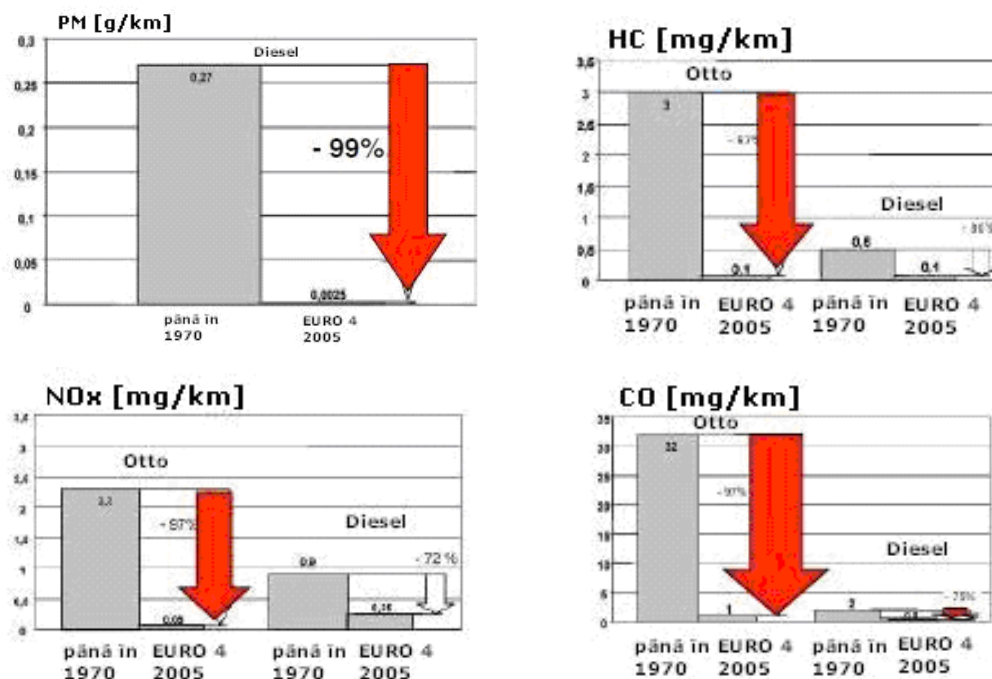


Fig. 4.3. Evoluția în timp în ceea ce privește scăderea emisiilor

Având în vedere estimările din domeniul vânzărilor de autovehicule care preconizează creșterea numărului de autoturisme, la nivel mondial, la peste 600 milioane în anul 2010, se impun măsuri legislative mai severe din punct de vedere a normelor antipoluare. Evoluția numărului de vehicule la nivel mondial este prezentată în figura 4.4.

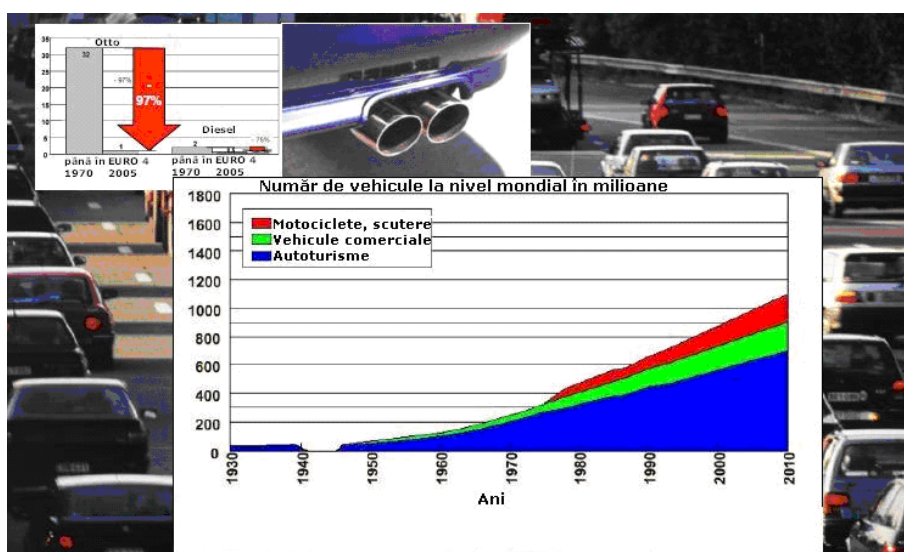


Fig. 4.4. Evoluția în timp a numărului de vehicule

Majoritatea țărilor se raportează la standardele europene sau americane privind emisiile. Există o tendință accentuată spre standardele europene comparativ cu cele americane:

- Asia-Pacific folosește standardele EU (doar Taiwan are standarde US);
- Argentina, Australia și Hong Kong permitteau atât standarde EU cât și US, iar în prezent s-au orientat spre EU.

Națiunile Unite elaborează reglementările UN-ECE privind emisiile:

- UN-ECE sunt în concordanță cu legislația europeană privind emisiile;
- UN-ECE ajută țările non-EU să adopte reglementări echivalente celor EU;
- Reglementările UN-ECE reprezintă o oportunitate pentru țările non EU să implementeze propriile necesități.

În prezent peste 50% din vehiculele vândute la nivel mondial respectă standardele de emisii EU. Acest procent va crește semnificativ datorită faptului că “noi” piețe cu standardele EU (precum China și India) au o creștere mai rapidă decât cele deja dezvoltate [135].

Legislația privind limitarea emisiilor are în vedere activitatea de proiectare, de testare și de monitorizare a emisiilor poluante. Pentru realizarea acestui deziderat au fost necesare stabilirea limitelor emisiilor poluante, întocmirea procedurilor, a specificațiilor privind ciclurile de testare, monitorizarea rezultatelor și stabilirea soluțiilor conform protocoalelor stabilite (figura 4.5).

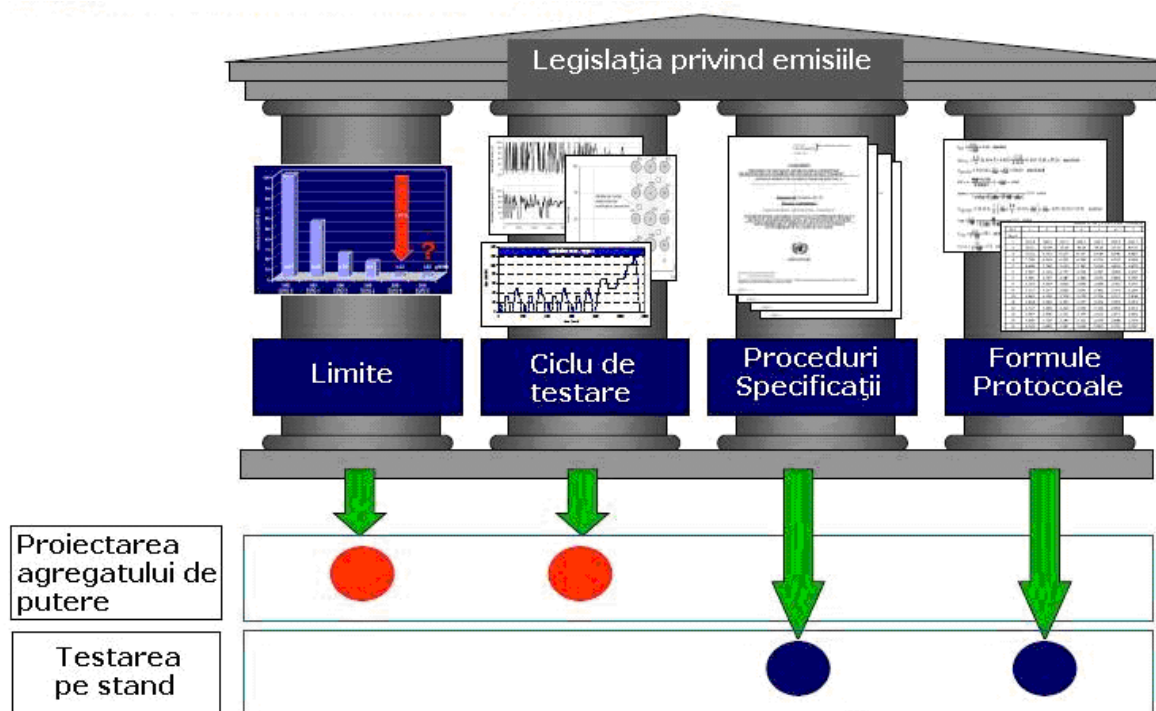


Fig. 4.5. Structura tuturor legislațiilor privind emisiile

Atât limitele cât și ciclurile de testare sunt stabilite prin legislația emisă de Parlamentul European care prin comisiile de specialitate emit acte normative și reglementări de tipul procedurilor și specificațiilor (figura 4.6).

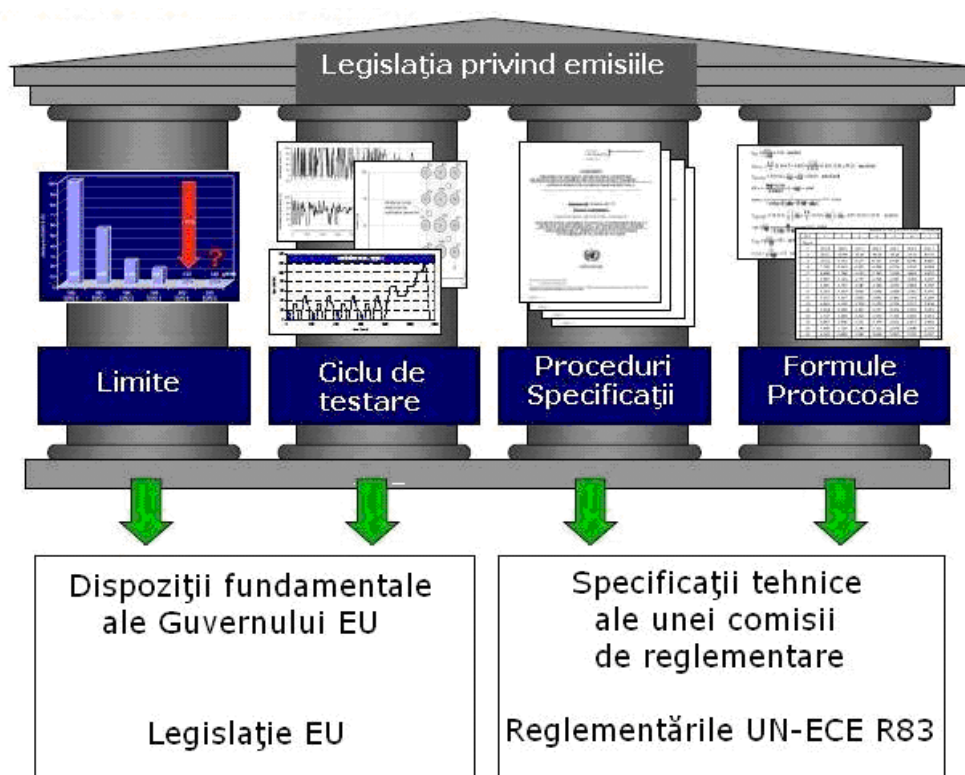


Fig. 4.6. Abordare în Europa privind reglementările emisiilor poluante

În figura 4.7 sunt ilustrate în funcție de categoria vehiculelor reglementările privind tipul standului de testare și cantitatea de emisii poluante ca limită superioară impusă de EU.

Aplicații	Vehicule ușoare	Vehicule grele	Vehicule de teren
Tipul standului de testare	Dinamometru șasiu	Tester motor	Tester motor
Limite în	masa/distanța g/km	masa/lucru mecanic g/kWh	masa/lucru mecanic g/kWh

Fig. 4.7. Determinarea emisiilor poluante funcție de categoria vehiculului

Limita impusă de norma Euro 4 pentru particule în cazul motoarelor diesel poate fi obținută fără filtru de particule (DPF). Totuși, de la introducerea reglementărilor de mediu privind particulele fine, autovehiculele fără filtru de particule nu vor mai putea fi vândute pe piața EU.

În figura 4.8 am prezentat limitele superioare admise prin normele europene EU1-EU6.

Media emisiilor evacuate			EU-1	EU-2	EU-3	EU-4	EU-5	EU-5+	EU-6
			1992	1996	2000	2005	2009	2011	2014
Motor cu aprindere prin scânteie Benzină	CO	mg/km	2720	2200	2300	1000	1000	1000	1000
	HC	mg/km			200	100	100	100	100
	HC + NOx	mg/km	970	500					
	NOx	mg/km			150	80	60	60	60
	NMHC	mg/km					68	68	68
	PM GDI	mg/km					5	4,5	4,5
	PN	#/km							?
Motor cu aprindere prin comprimare Diesel	CO	mg/km	2720	1000	640	500	500	500	500
	HC + NOx	mg/km	970	700	560	300	230	230	170
	NOx	mg/km			500	250	180	180	80
	PM	mg/km	140	80	50	25	5	4,5	4,5
	PN	#/km						6E11	6E11

Schimbare moderată (<30%)
 Schimbare semnificativă (>30%)

Fig. 4.8. Reglementări EURO 1-EURO 6 privind limitele emisiilor poluante pentru vehicule ușoare.

4.3. Metode de reducere a emisiilor la MAS

Factorii ce determină nivelul emisiilor poluante eșapate de către MAS pot fi grupați după cum urmează:

- proprietățile fizice ale amestecului aer-combustibil (calitatea amestecului, presiunea, temperatura, etc.);

Arderea reprezintă oxidarea moleculelor de combustibil într-un amestec format din combustibil, aer, gaze arse (figura 4.9).

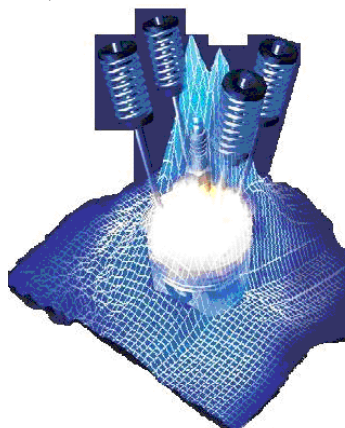


Fig. 4.9. Metodă de simulare a proceselor arderii

Energia combustibilului este transformată în:

- molecule chimice → emisii;
- putere mecanică → presiune în cilindru.

Măsurarea temperaturii în camera de ardere implică o metodă de analiză sofisticată în scopul cercetării, dezvoltării și optimizării arderii [8], [46], [47], [53], [54], [67], [98], [123], [124].

- natura și nivelul regimurilor funcționale;
- natura și nivelul reglajelor funcționale (avans la scânteie, reglarea distribuției, etc.);
- particularitățile constructive ale motorului (S/D, arhitectura colectoarelor, numărul de supape, numărul și poziția cilindrilor, etc.) (figura 4.10);
- particularitățile sistemului de alimentare cu combustibil (echilibrarea camerei de nivel constant, alimentarea prin carburație sau injecția de benzină, etc.);

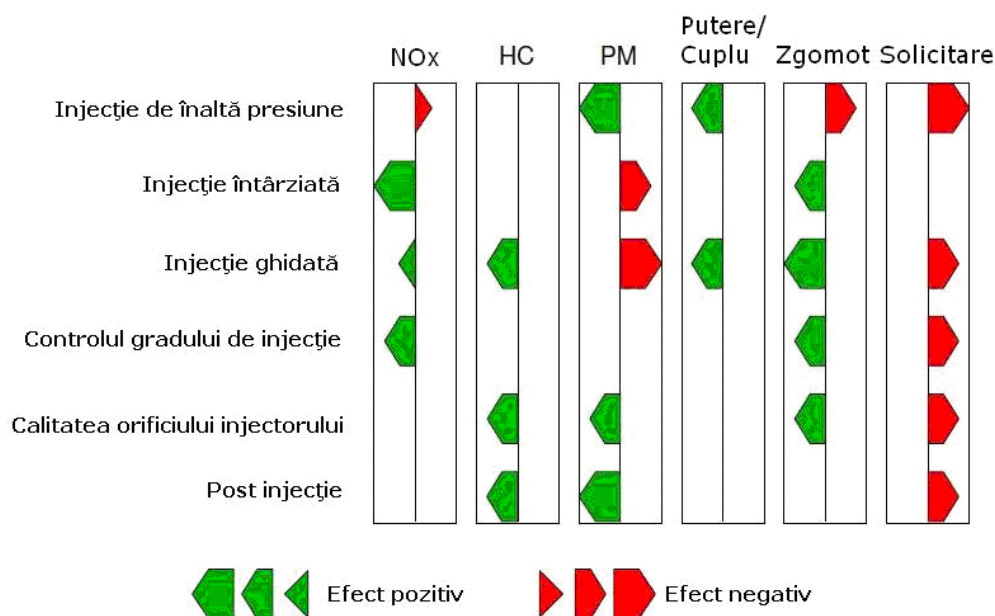


Fig. 4.10. Influența parametrilor injecției asupra noxelor și performanțelor motorului

- proprietățile combustibilului, apreciindu-se că 25% din măsurile pentru motorul curat trebuie să vizeze calitățile combustibilului [1], [7], [74], [105];
- condițiile de exploatare și modul de organizare a traficului în zonele aglomerate, ce vor fi separat tratate, au o influență consistentă asupra noxelor.

Metodele de reducere a emisiilor poluante se pot clasifica în:

- metode active, care desemnează acele metode care reduc emisiile poluante în faza formării acestora, mai precis în procesul de ardere;
- metode pasive, care cuprind metodele ce acționează după formarea emisiilor, în principal în instalația de evacuare prin procese chimice, termice sau mecanice.

Metodele de reducere pot fi aplicate în concepție și în exploatare.

4.3.1 Metode active de reducerea emisiilor la MAS

Metodele active sunt acele metode prin care se reduc emisiile poluante în faza formării acestora, adică în procesul de ardere.

Din punct de vedere al normelor europene antipoluare acestea sunt realizabile chiar cu măsuri constructive simple, injecția multipunct permițând aceasta, motiv pentru care Europa realizează motoare cu raport de comprimare 9,5-10,25 și $n=6000-7000$ rot/min, pe când S.U.A. se limitează la raport de comprimare 8,25 și $n=3600$ rot/min [8], [64], [126], [127].

Procedeele uzuale sunt prezentate în tabelul 4.1 (efectul pozitiv este marcat cu săgeți ascendente, fiind maxim pentru cele verticale; efectele indirecte sunt marcate în paranteze) [64].

Tabelul 4.1. Procedee active de reducere a emisiilor poluante la MAS

METODA	NATURA EMISIILOR		
	CO	HC	NO _x
Sărăcirea amestecului			
- cu 10%	↓	↘	↗
- peste 10%	→	↗	↘
Îmbunătățirea calității amestecului	→ (↓)	→ (↘)	↗
Încălzirea aerului de admisie	→ (↓)	↘	↗
Mărirea turației de mers în gol	→ (↓)	↘	↗
Reducerea avansului	→	↓	↓
Reducerea raportului de comprimare ε	→	↘	↘
Reducerea raportului $\frac{A_{sc}}{V_c}$	→	↘	→
Mărirea duratei de deschidere simultană a supapelor	→ (↗)	→	↓

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

Emisiile poluante din gazele de evacuare produse de MAS limitate prin prevederi legislative sunt: hidrocarburile (HC), monoxidul de carbon (CO) și oxizii de azot (NO_x). Principalele metode pasive care se aplică MAS sunt utilizarea reactorilor termici și a reactorilor calitici.

Reactorii termici sunt sisteme dezvoltate în anii '70 în scopul oxidării CO și HC din gazele de ardere și al căror principiu constă în menținerea acestor gaze cât mai mult timp la temperaturi ridicate, la care reacțiile de oxidare se pot produce. Reactorul este realizat dintr-o manta cilindrică din tablă izolată sau neizolată, după cum este plasat mai aproape sau mai departe de motor, în care se introduce un tub din oțel refractar cu conținut foarte ridicat de Ni, tub ce funcționează la temperaturi de 90...1100°C. Asigurarea acestor temperaturi înalte a creat probleme constructive, care au condus la renunțarea folosirii lor [99].

Motoarele cu ardere internă contribuie la poluarea aerului deoarece amestecul aer-combustibil nu este în totalitate ars.

Convertoarele catalitice reduc emisiile, acționând asupra celor trei factori poluanți: CO, HC și NO_x.

Platinum și Rhodium, cele două metale prețioase folosite în construcția catalizatoarelor, asigură o suprafață interioară a convertorului catalitic foarte mare, necesară procesului de reducere a emisiilor poluante.



Fig.4.11 Converter catalitic

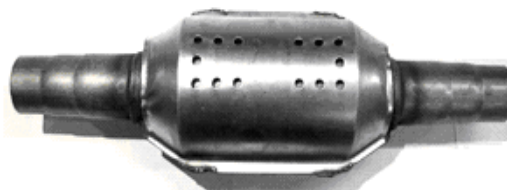
Catalizator (convertizor catalitic) reprezintă o componentă a sistemului de evacuare a gazelor rezultate ca urmare a arderii combustibilului care “tratează” gazele de eșapament înainte ca acestea să fie evacuate. Funcționarea în condiții normale a unui convertor catalitic conduce la o transformare a gazelor de ardere în gaze cvasiinofensive eliminând în acest fel o parte importantă a poluanților. Catalizatorul are forma unui amortizor de sunet clasic, eliptic sau rotund (figura 4.12), în interiorul căruia se află un monolit ceramic sau metalic pe care sunt depuse metale nobile care favorizează conversia gazelor poluante în gaze nepoluante. În catalizator (convertorul catalitic) au loc procese de transformare a hidrocarburilor în dioxid de carbon (CO_2) și vapori de apă, a monoxidului de carbon (CO) în dioxid de carbon (CO_2) și a oxidului de azot (NO în azot (N_2) și oxigen (O_2) (figura 4.11).

Conversia gazelor de eșapament începe după 250°C - 300°C , temperatura optimă de funcționare fiind de 300°C - 900°C .

Convertoarele catalitice reduc cu până la 90% poluarea numai dacă motorul funcționează cu raportul de amestec aer-combustibil specificat (14,7 părți aer pentru o parte combustibil). Controlul raportului de aer este asigurat de injecția de combustibil, sonda Lambda și alte echipamente electronice.



a



b



c

Fig.4.12 Tipuri de catalizatoare
a-catalizator magnetic permanent; b-catalizator rotund;c-catalizator oval

Catalizatorul magnetic permanent este un aparat rar întâlnit la noi. Este realizat pentru a controla mai bine injecția pentru motoarele diesel. Se montează direct pe linia de combustibil, înainte de prima filtrare. Acesta crește calitatea combustibilului prin diminuarea, reducerea și micșorarea dimensiunilor și aglomerării picăturilor de combustibil, a depunerilor organice în filtrele convenționale și a sedimentelor în rezervoare.

Beneficiile acestor tipuri de catalizatoare sunt următoarele: putere mai mare, economie de combustibil între 20% și 50%, emisii scăzute, rezervoare, filtre și injectoare curate, reducerea întreținerii și a timpilor de staționare, siguranță și fiabilitate crescută în exploatare. Arderea este eficientă și completă, încarcă magnetic combustibilul, dispersează moleculele de benzină, are loc o polarizare a moleculelor de combustibil care le permite să se combine mai ușor cu cele de aer, facilitând arderea acestuia [128].

Combustibilul magnetizat duce la înlăturarea combustibilului rezidual rezultând curățarea zonelor de ardere, rezultatul fiind scăderea emisiilor de noxe. Poate fi folosit pe o perioadă nelimitată de timp și se montează pe furtunul de admisie cât mai aproape de carburator sau de sistemul de injecție (figura 4.13).

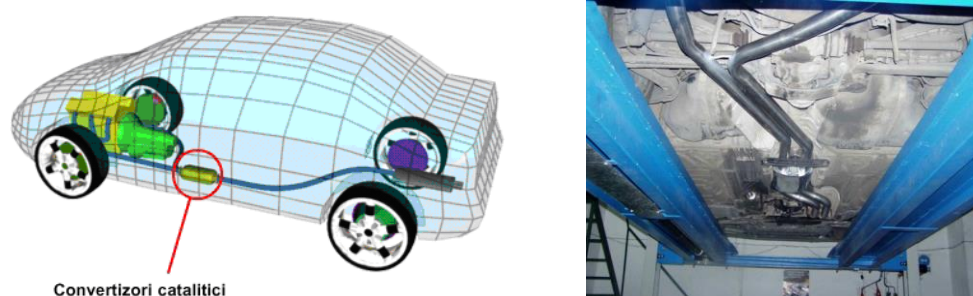


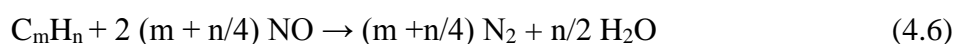
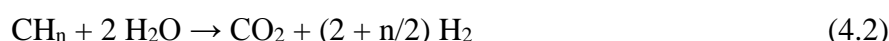
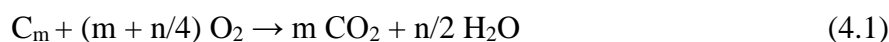
Fig.4.13 Poziționarea catalizatorilor

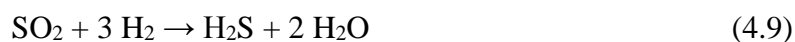
4.3.2.1. Principii de funcționare

Soluția pasivă cea mai utilizată și cea mai eficientă este cea care folosește cataliza și catalizatorii. Au fost concepute sisteme catalitice denumite reactoare catalitice sau convertoare catalitice în care reacțiile de oxidare și/sau de reducere pot avea loc cu ajutorul unor substanțe chimice promotoare. În cadrul procesului de cataliză, un rol deosebit îl joacă transportul de materie la și de la centrele active ale catalizatorului. Întregul proces are loc în trei etape principale:

- absorbția;
- reacția chimică;
- desorbția.

Reacțiile principale care au loc sunt:





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

$$E = (c_i - c_e) / c_i \quad (4.14)$$

în care: c_i – concentrația poluantului înaintea catalizatorului;
 c_e – concentrația poluantului la ieșirea din catalizator.

Principali parametri care influențează gradul de conversie sunt:

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

se pot califica după diverse criterii, tabelul 4.2

Tabel 4.2. Sistemele catalitice

Criteriul de clasificare	Tipul catalizatorului
Funcția	Catalizator de oxidare (HC, CO) Catalizator de reducere (NO _x) Catalizator trivalent (HC, CO, NO _x)
Numărul paturilor catalizatorului	Catalizator cu un pat Catalizator cu pat dublu
Configurația suportului	Catalizator monolitic Catalizator cu granule
Materialul suportului	Catalizator ceramic Catalizator metalic
Material de acoperire	Catalizator cu metale nobile Catalizator cu alte materiale, nenobile
Conținutul de plumb al combustibilului	Catalizator sensibil la plumb Catalizator insensibil la plumb
Scopul utilizării	Catalizator principal Catalizator de pornire

4.3.3. Reducerea emisiilor la pornire

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

Tabel 4.3. Comportamentul catalizatorului pe domenii de temperaturi

Domeniul de temperaturi [°C]	Comportamentul catalizatorului
0 ... 250	Domeniul de funcționare fără conversie Temperaturi specifice pornirii la rece
250 ... 300	Temperatura de amorsare a catalizatorului nou
300 ... 400	Temperatura de amorsare a catalizatorului uzat
400 ... 600	Îmbătrânirea termică redusă, intoxicare mai pronunțată
600 ... 800	Îmbătrânirea termică medie, intoxicare redusă
800 ... 900	Îmbătrânirea termică pronunțată, intoxicare redusă
900 ... 1000	Temperatură limită de funcționare a catalizatorului
1000 ... 1300	Domeniul de supraîncălzire
1300 ... 1400	Domeniul de înmuiere a suportului
1400 ... 1500	Domeniul de topire a suportului

Așa cum reiese din tabelul 4.3, un catalizator nu este amorsat sub temperaturi de 250°C, iar sistemul este eficient numai peste 1-2 minute. La pornirile la rece, amestecul trebuie să fie mai bogat, ceea ce înseamnă că pe lângă consumul mărit de combustibil ies gaze de evacuare cu combustibil nears. Pentru reducerea duratei de încălzire a catalizatorului s-au căutat cele mai convenabile metode. Una ar fi poziționarea catalizatorului cât mai aproape de motor, ceea ce poate produce încălzirea nedorită a compartimentului motorului, cu impedimente asupra pieselor electronice, tuburilor de cauciuc, izolațiilor electrice și a polimerilor. O soluție convenabilă este încălzirea la pornire a catalizatorului cu energie de la bateria de acumulatori. Catalizatorul cu încălzire electrică este cald înainte de antrenarea motorului fiind necesare 1-2kW pentru 20-40s. Totuși, această energie, preluată de la alternator sau baterie, înseamnă practic o energie dublă a combustibilului ars în motor; în plus, sistemul introduce gradienti termici foarte mari și supune bateria și alternatorul la cicluri de descărcare repetate dure.

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

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

O altă metodă este folosirea unei izolări compacte cu variație a conductanței termice [54], [64]. Între călătorii, conductivitatea este mică ducând la reținerea căldurii, iar la faza de încălzire conductivitatea crește pentru eliberarea rapidă a căldurii.

4.4. Metode de reducere emisiilor la MAC

Problema aplicării unor măsuri de limitare a emisiilor poluante se dovedește a fi foarte delicată, datorită multitudinii factorilor ce influențează aceste mărimi. Există influențe contradictorii ale unor factori asupra celor patru tipuri de poluanți legiferati, dar și efecte contradictorii ale aceluiași factor asupra aceluiași poluant, în cazul unor motoare diferite.

În general, măsurătorile de reducere a celor patru poluanți limitați în legislația existentă au generat creșteri (relativ mici) ale consumului de combustibil, ceea ce implică găsirea unei căi de compromis [64].

Factorii care afectează nivelul emisiilor poluante sunt numeroși, iar cei mai importanți sunt prezentați succint în cele ce urmează:

- regimul funcțional;
- caracteristicile injecției;

- particularități constructive ale motorului;
- caracteristicile combustibilului;
- starea tehnică a motorului;
- natura aplicației și regimul de exploatare.

4.4.1 Metode active de reducerea emisiilor la MAC

Prezentarea succintă a principalilor factori care influențează nivelul emisiilor a avut ca scop să arate numărul lor mare, care implică mai multe strategii posibile de urmat pentru reducerea acestora [24], [48], [64], [68], [76]. Metodele de reducere a emisiilor produse de MAC se împart în:

- *metode active*, care acționează încă din faza de genază a emisiilor, combătându-se chiar din procesul de combustie [34], [100], [130];
- *metode pasive*, care acționează asupra emisiilor după formarea acestora, mai ales prin post-tratarea chimică și mecanică a poluanților în instalația de evacuare [14], [64], [131].

Tabelul 4.4 evidențiază categoria metodelor active de reducere a emisiilor poluante:

Tabelul 4.4. Metode active de reducere a emisiilor poluante la MAC

TEHNICA	EFECT						
	NO _x	HC	CO	PT	Consum de combustibil	Durabilitate	Supracost
Supraalimentare	-	+	+	+	+	-	+3%
Răcire intermediară	++	-	+	+	++	+	+7%
Întârzierea injecției	++	-	-	-	--	0	/
Camera de ardere tip re-entrant	0	0	0	+	0	-	+1%
Raport de compresie mărit	0	+	0	-	0	0	/
Izolație termică	--	++	+	+	0	--	
Raport de vârtej variabil	0	0	0	+	+	-	+7%
Consum de ulei redus	0	0	0	+	0	-	/
Recicularea gazelor arse	++	+	0	+	+	-	+5%
Variator de avans mecanic	+	0	0	+	+	0	+3%
Variator de avans electronic	++	+	0	0	++	0	+8%
Sistem de injecție de presiune înaltă	0	0	0	++	+	0	+4%
Sistem de injecție electronică	++	+	0	++	++	0	+15%
Turbosuflanta cu geometrie variabilă	0	0	+	+	+	-	+8%

Legendă: 0 – fără influență; ++ - foarte eficace; +- eficace; -- - foarte dăunător; - - dăunător.

4.4.2 Metode pasive de reducerea emisiilor la MAC

Metodele pasive de reducere a emisiilor la MAC sunt în principal identice cu cele aplicate la MAS pentru cazul poluanților CO și HC, dispozitivul utilizat fiind denumit filtru de oxidare sau catalizator de oxidare [15], [64].

Tabelul 4.5 descrie efectele aplicării acestor dispozitive în ceea ce privește reducerea emisiilor, a consumului de combustibil, a durabilității și a costului suplimentar al motorului.

Tabelul 4.5. Metode pasive de reducere a emisiilor poluante la MAC

TEHNICA	EFECT						
	NO _x	HC	CO	PT	Consum de combustibil	Durabilitate	Supracost
Catalizator de oxidare		++	++	0	0	-	50%
Filtru de particule	0	0	0	+	0	0	100%

Legendă: 0 – fără influență; ++ - foarte eficace; + - eficace.

Folosirea calizatorilor la MAC are ca scop reducerea substanțială a emisiilor de CO, HC, precum și a fracțiunii organice solubile a particulelor. Recent s-au dezvoltat metode pasive de tratare a gazelor (after-treatment) a gazelor arse bazate pe reacții catalitice de reducere a NO_x; sistemele sunt denumite sisteme de reducere a NO_x [18].

Dezvoltarea tehnicilor catalitice a dus la punerea la punct a unor metode de tratare catalitică pentru reducerea NO_x din gazele de evacuare ale motoarelor diesel. Metodele de reducere s-au împărțit în reducere catalitică neselectivă, NSCR („Non Selective Catalytic Reduction”) și reducere catalitică selectivă, SCR („Selective Catalytic Reduction”) [58].

Pentru scăderea particulelor se folosesc dispozitive create special pentru atingerea acestui scop, care se numesc filtre de particule.

Pentru a încadra valorile oxizilor de azot (NO_x) din emisiile de eșapament între limitele impuse de regulamentele Euro 4, Euro 5, cu un consum scăzut de carburant, vehiculele au fost prevazute cu un sistem de post-tratament al acestor substanțe din gazele de eșapament, reprezentând practic un catalizator de oxidare controlat electronic.

Principiul de funcționare al SCR este prezentat în figura 4.14.

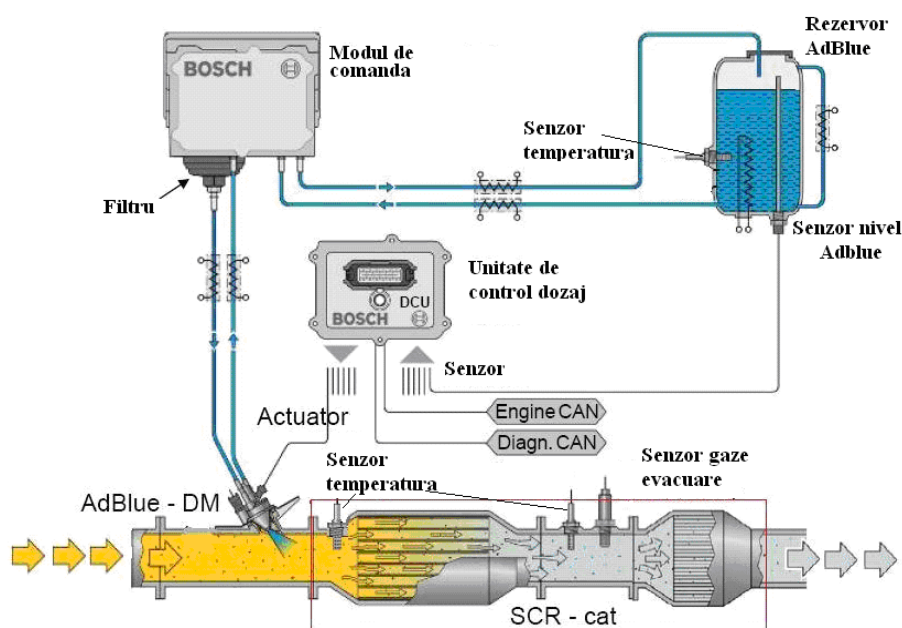


Fig. 4.14. Principiul de funcționare al SCR (Selective Catalytic Reduction)

Reducerea catalitică selectivă (SCR) transformă oxizii de azot (NO_x) în azot – inofensiv pentru mediu – și apă, prin intermediul unui convertizor catalitic și cu ajutorul unei cantități de AdBlue injectate în fluxul fierbinte de gaze de eșapament. În sistemul SCR arderea se face la temperaturi mari, producându-se o mare cantitate de NO_x , dar o cantitate mică de particule. Excesul de NO_x este îndepărtat prin post tratarea gazelor de eșapament [58].

Procesul SCR reprezintă o serie de reacții chimice care duc la reducerea NO_x . Temperatura optimă de lucru este de $180\text{--}350^\circ$. Sistemul este gestionat de DCU (Unitate de control dozaj), înglobat în modulul pompă și ține cont de turația motorului, de cuplul solicitat, temperatura gazelor de eșapament, temperatura lichidului de răcire, cantitatea de NO_x și umiditatea aerului la admisie. Senzorul de umiditate este situat pe galeria de ieșire din filtrul de aer. Acesta are rolul de a transmite la ECU informația umidității prezente în aer, necesară pentru calculul emisiilor de azot. Senzorul de temperatură gaze eșapament are funcția de a transmite centralinei (modulul de comandă) valorile de temperatură ale gazelor de eșapament în punctele de intrare și de ieșire din catalizator, pentru calcularea cantității de AdBlue (uree) necesară pentru a fi injectată.

Catalizatorul este echipat cu amortizoare de zgomot și înlocuiește actuala tobă de eșapament. În interiorul lui, NO_x reacționează cu amoniacul, rezultând azot molecular și vapori de apă. Pe catalizator sunt montați și senzorii de temperatură. Dacă este amestecat cu motorină și injectat în cilindru, aditivul AdBlue se va descompune și va arde din cauza temperaturilor ridicate ale procesului de ardere. În acest caz, nu se va produce formarea amoniacului, necesar pentru reacția catalitică. Iată de ce nu poate fi amestecat aditivul AdBlue cu motorina. Pompa preia AdBlue din rezervor și o trimite sub presiune la DCU, unde este amestecat cu aerul din sistemul pneumatic și introdusă de un injector înainte de catalizator. AdBlue se evaporă instantaneu, rezultând amoniac și dioxid de carbon. Temperatura gazelor scade până la cea necesară procesului, rezultând la sfârșitul acestuia azot molecular și apă. Introducerea ureei în sistemul SCR are loc doar în anumite condiții predefinite:

- temperatura motorului trebuie să fie mai mare de 65°C ;
- temperatura catalizatorului trebuie să fie mai mare de 220°C ;
- temperatura exterioară trebuie să fie mai mare de -20°C ;
- turația motorului trebuie să fie mai mare de 1000rpm.

În plus, nu trebuie să existe erori prezente în EDC legate de: injectoare, presiunea de supraalimentare, presiunea de injecție, senzorul de turație a motorului, senzorul de umiditate și senzorul de temperatură atmosferică. De asemenea, nu trebuie să avem erori în DCU (denoxtronic – centralina de comanda a sistemului SCR).

În cazul în care convertorul catalitic depășește 600°C , în timpul funcționării, acesta va fi distrus grav, ducând la o reducere a puterii până când temperatura ajunge la 480°C . De fiecare dată când sistemul de evaluare este activat cauza și durata sunt înregistrate în unitatea de control. Injectorul AdBlue poate fi înlocuit fără a fi nevoie de a fi programat în unitatea de control [136]. În figura 4.15. sunt prezentate diferite tipuri de convertoare catalitice:

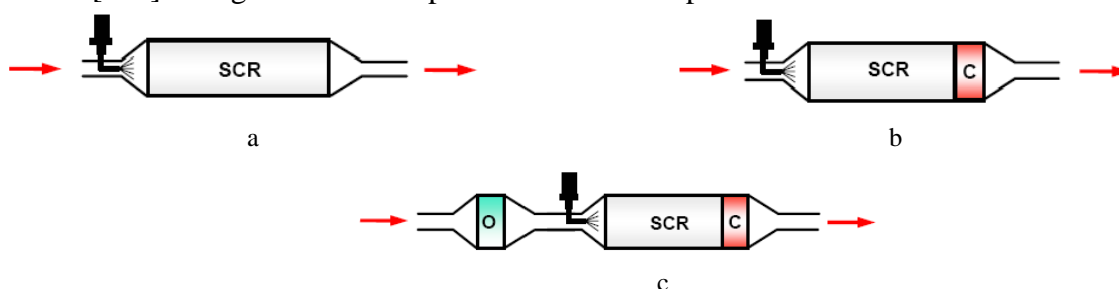


Fig. 4.15. Tipuri de convertoare catalitice

a)- convertor catalitic simplu; b)- convertor catalitic cu filtru de curățare; c)- convertor catalitic cu filtru de curățare și sistem de preoxidare

În cazul în care există o scapare de AdBlue, după o pauză sau de o pierdere în circuit, sistemul va fi capabil să o recunoască, dacă valoarea de scurgere este mai mare de 3kg/oră. Pierderile mai mici nu vor fi recunoscute. În cazul în care senzorul este blocat, monitorizarea sistemului va continua, unitatea de control va fi capabilă să-l recunoască și în consecință, să îl dezactiveze. În cazul în care temperatura de AdBlue înregistrată de DCU este mai mare de 90 de grade, sistem de injectare a AdBlue va fi dezactivat. Ținând cont de specificațiile sale chimice, AdBlue se transformă în amoniac cu începere de la 60 de grade și nivelul pH-ului este de până la 9 devenind extrem de coroziv.

În cazul în care instalația este oprită, sistemul de injecție AdBlue este complet uscat, în jur de 90 secunde, păstrându-și pompa în funcțiune datorită informațiilor furnizate de la senzorul supapei din interiorul pompei. Sistemul ar trebui să fie reumplut în 60 de secunde după ce motorul a fost pornit, de asemenea instalația trebuie perfect uscată deoarece cristalizându-se ureea crește în volum cu 15% provocând defecțiunile senzorilor și filtrului.

Procesul SCR se bazează pe o serie de reacții chimice care prin interacțiunea dintre amoniac și oxigenul din gazele de eșapament, duce la reducerea oxizilor de azot (NO_x) din acestea, transformând oxizii de azot (NO_x) în componente inerte: azot (N_2) și vapori de apă (H_2O).

Reacțiile chimice din interiorul catalizatorului sunt prezentate în figura 4.16.

Prima fază a acestui proces are loc în prima parte a convertorului catalitic datorită temperaturii gazelor de eșapament, care evaporă instantaneu reactivul și este hidrolizată la amoniac (2NH_3) și dioxidul de carbon (CO_2). În același timp, soluția se evaporă pentru a reduce temperatura gazelor de eșapament la nivelul apropiat de temperatura optimă necesară pentru acest proces.

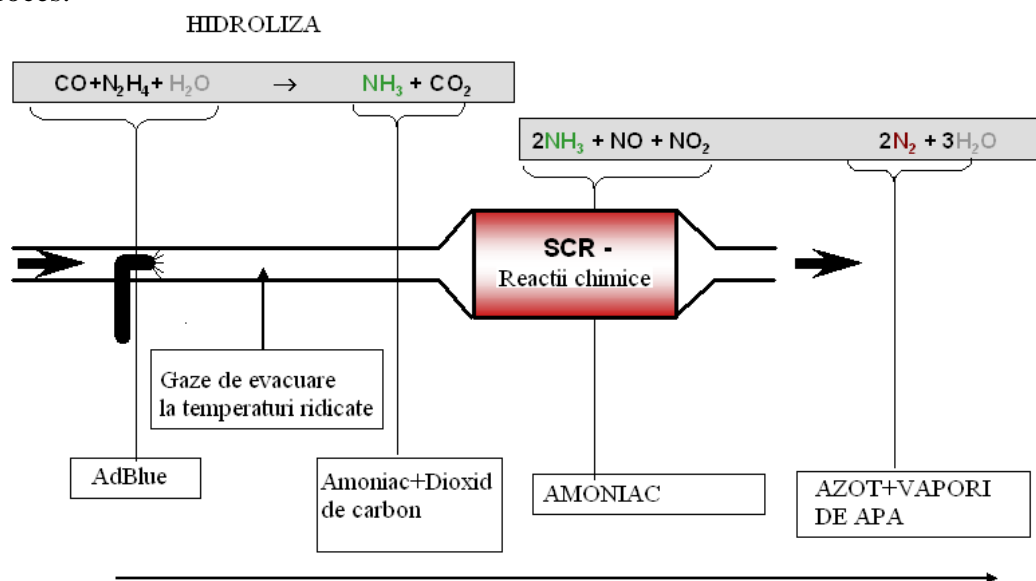


Fig. 4.16. Procesele chimice din interiorul SCR

Gazele de eșapament conțin amoniac la temperatura necesară pentru a intra în reacție cu oxigenul în convertorul catalitic. În cea de-a doua etapă a procesului va avea loc o reacție în care amoniacul reacționează cu oxigenul din gaze de eșapament și este convertit în azot (N_2) și vapori de apă (H_2O).

O serie de variante și metode sunt posibile în sfera de aplicare, astfel încât postratarea poate include și un sistem de filtru de particule.

În cele ce urmează se prezintă sistemul DNOX2, atât ca și comparație cu sistemul DNOX1 (figura 4.17), cât și ca principiu de testare a sistemului de dozare uree. Sistemul

DNOX2 (figura 4.18) are injectorul de uree integrat direct în modulul de dozare. Alimentarea cu uree se realizează printr-o pompă care controlează presiunea în sistemul de uree (5bar) [136].

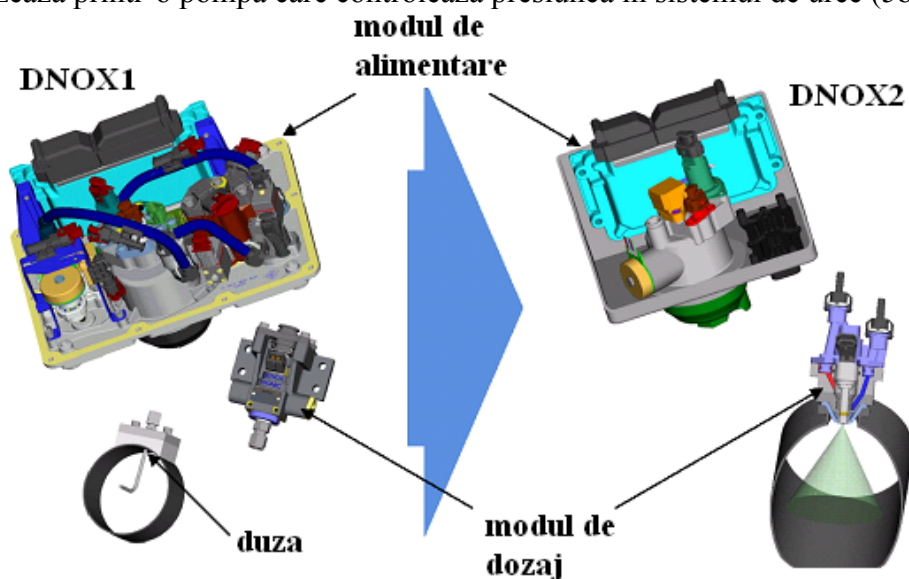


Fig. 4.17. Prezentarea comparativă privind modul de dozaj și limentare între DNOX1 și DNOX2

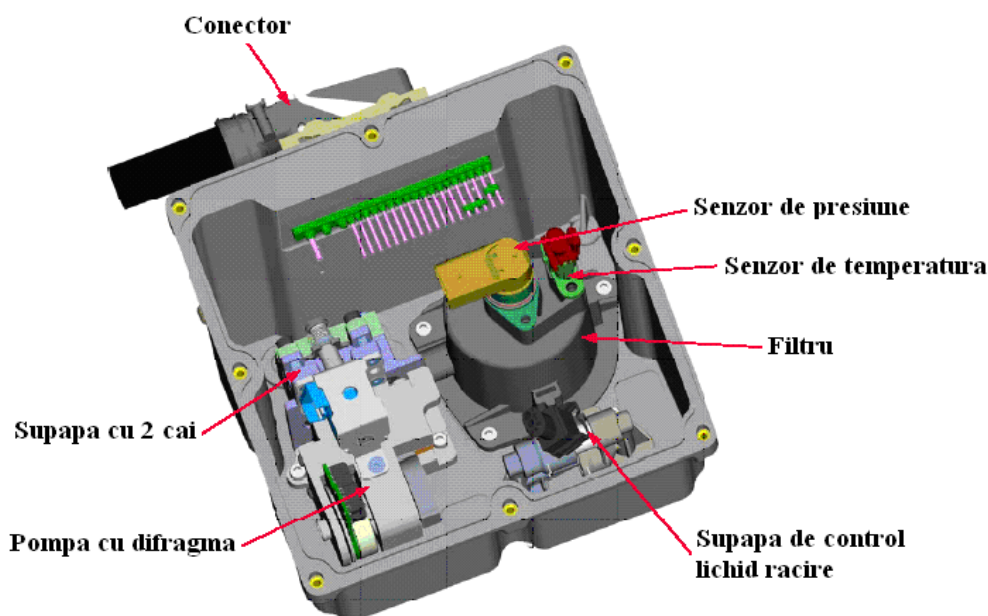


Fig. 4.18. Schema sistemului DNOX2

Procedura de test (UDST-Test system dozare uree) cuprinde următoarele etape:

- Erorile sunt citite din memoria centralinei DCU:
 - se verifică erorile electrice (încălzire, senzori, actuatoare etc.);
 - se verifică erorile detectate anterior (presiune insuficientă) în timpul funcționării normale;
 - se deconectează senzorul de temperatură aflat după catalizator, eroarea corespunzătoare ar trebui să apară;
- Se repară toate defectele electrice și se șterge memoria erorilor;
- Se execută procedura completă UDST prin intermediul tester-ului;

- pentru DNOX2, testul UDST este controlat în întregime de tester (nu se mai folosesc rutine interne ale DCU)

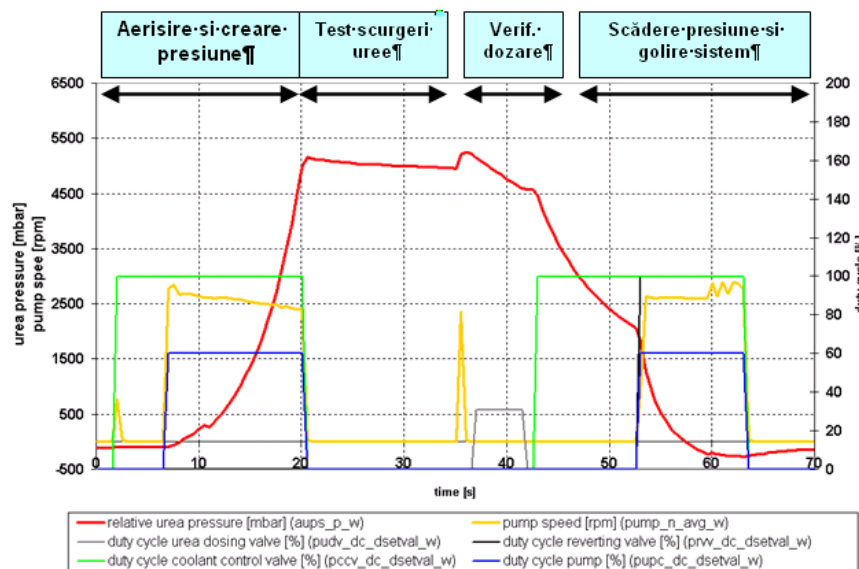
- condițiile de efectuare vor fi verificate automat de către tester.

Activarea actuatorului este împiedicată în condițiile în care turația motorului este mai mică de 1600rot/min.

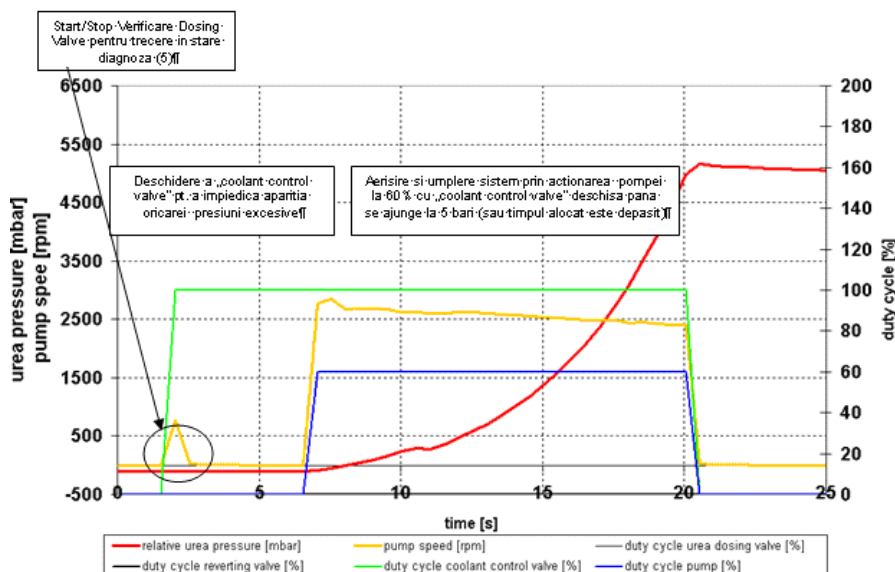
Cu toate acestea, pentru obținerea rezultatelor dorite, trebuie îndeplinite următoarele condiții:

- temperatura rezervor uree > -5°C;
- tensiunea bateriei > 20V;
- senzorul de presiune uree fără erori;
- nivelul de uree suficient de mare;
- nici o eroare la actuatori (supapă dozaj uree, supapă recirculare, sau supapă lichid răcire);
- nici o eroare internă în modulul pompă;
- perioada de desfășurare test < 100s.

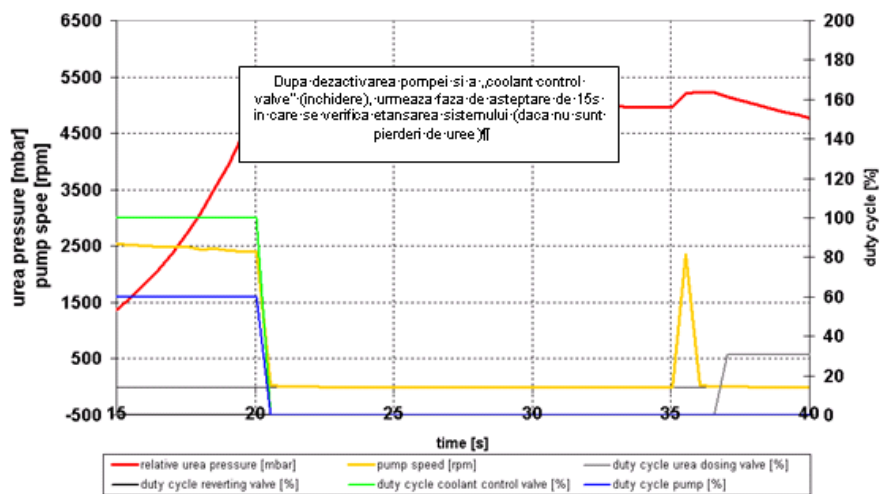
Etapele de testare permise de UDST



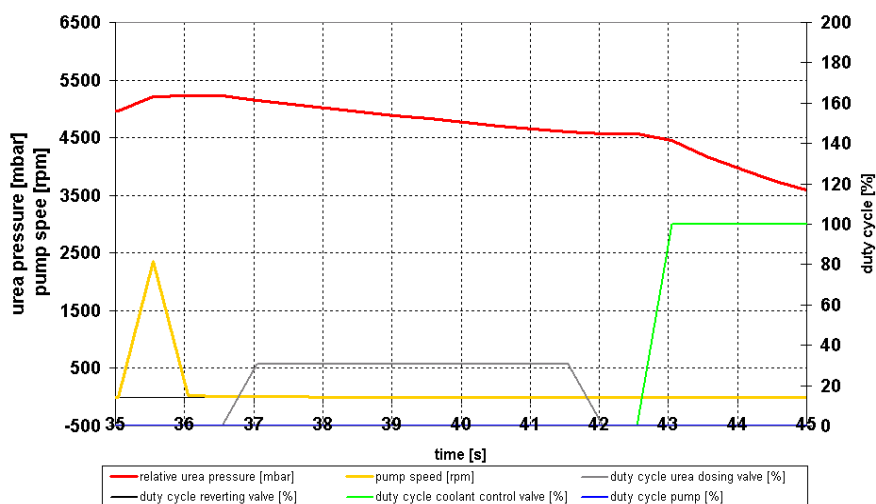
Aerisire și atingerea presiunii de lucru



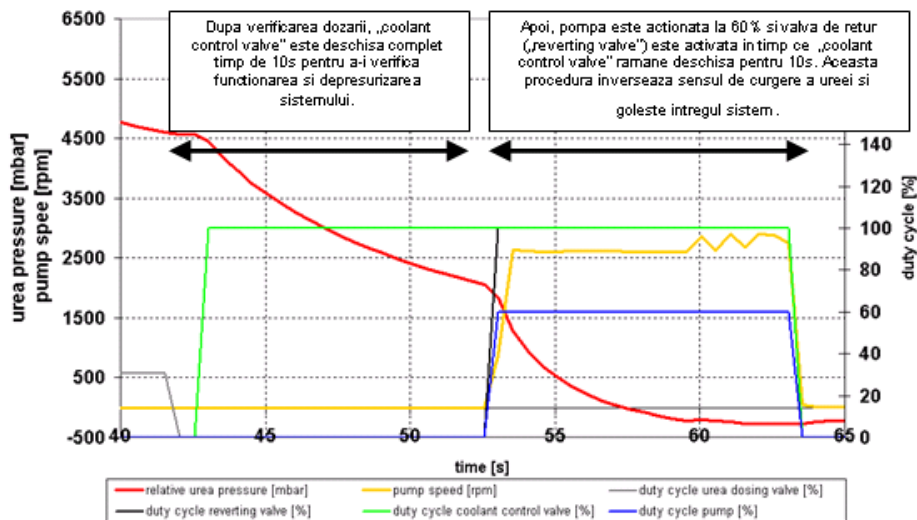
Testul pierderilor de uree (etanșare sistem)

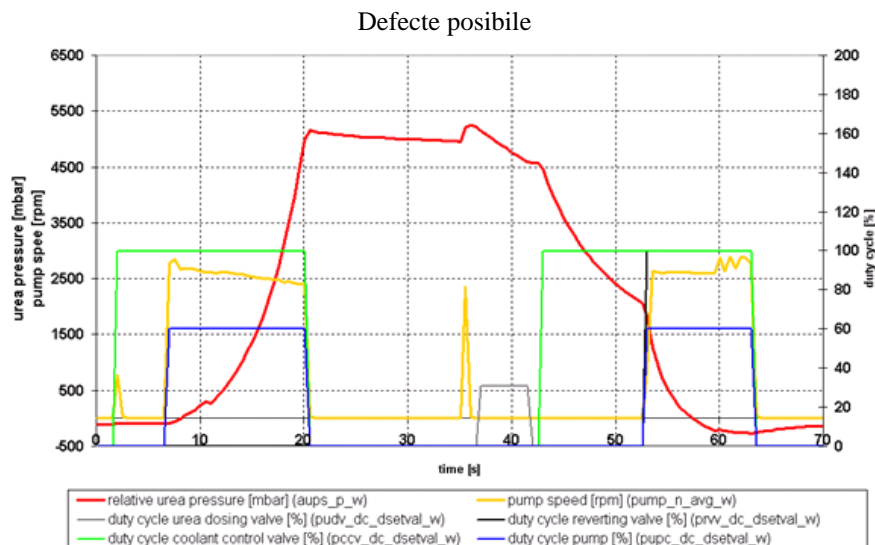


Verificarea dozarii (injecția)



Scaderea presiunii și golirea sistemului





Testul UDST permite determinarea, instalarea și funcționarea corectă a componentelor, poate determina doar dacă sistemul este capabil să injecteze uree într-o anumită plajă, considerând scăderea de presiune a ureei.

Nu poate calcula cantitatea corectă de dozare și nu poate determina, de asemenea, nici funcționarea corectă a catalizatorului SCR.

Acestea pot fi verificate prin teste suplimentare și anume executarea unui test „onroad“ la bancul de probă sau prin monitorizarea emisiilor de NO_x.

Puncte Slabe Cunoscute ale Sistemului: pierderi la supapa de recirculare, supapa lichid răcire (poate fi reparată temporar prin spălarea supapei, în timpul golirii sistemului).

4.5. Concluzii

Tehnologia SCR are un viitor sigur și, de aceea, reprezintă o investiție sigură, deoarece această tehnologie vedește potențial în perspectiva Euro 5 și mai mult chiar.

Tehnologia SCR este disponibilă peste tot în Europa și este considerabil mai tolerantă față de calitatea scăzută a motorinei decât tehnologiile competitor.

Sistemul SCR necesită întreținere minimă și este conceput pentru întreaga durată de viață a vehiculului.

Tehnologia SCR este potrivită pentru puteri mari de ieșire. Spre exemplu, nu este necesar să fie suplimentată ungerea motorului sau a sistemului de răcire, lucru care s-ar putea dovedi necesar în cazul altor tehnologii.

Tehnologia SCR reprezintă cea mai eficientă soluție în materie de economie de combustibil față de tehnologiile disponibile pentru standardele Euro 4 și Euro 5.

Tehnologia SCR este o tehnologie a cărei fiabilitate și-a dovedit deja eficacitatea, fără a limita puterea maximă. Acest lucru înseamnă că va fi optimizată în conformitate cu ultimele cerințe ale legii, inclusiv un sistem de diagnosticare pentru a monitoriza respectarea nivelurilor impuse pentru gazele de evacuare.

5. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND EMISIILE PRODUSE DE M.A.I CE ECHIPEAZĂ AUTOVEHICULELE DE TRACȚIUNE RUTIERĂ

5.1. Metode și instalații de măsurare a emisiilor poluante

Pentru a obține informațiile dorite privind calitățile autovehiculelor încercate și pentru a înregistra cât mai fidel rezultatele încercărilor, sub formă digitală, analogică, sau grafică, în afara aparatelor de bord din dotarea standard se vor monta aparate de măsură, achiziție și prelucrare a datelor suplimentare.

Cercetările experimentale își propun să monitorizeze principali poluanți rezultați în urma arderii în motoarele care echipează autovehiculele rutiere (figura 5.1.)

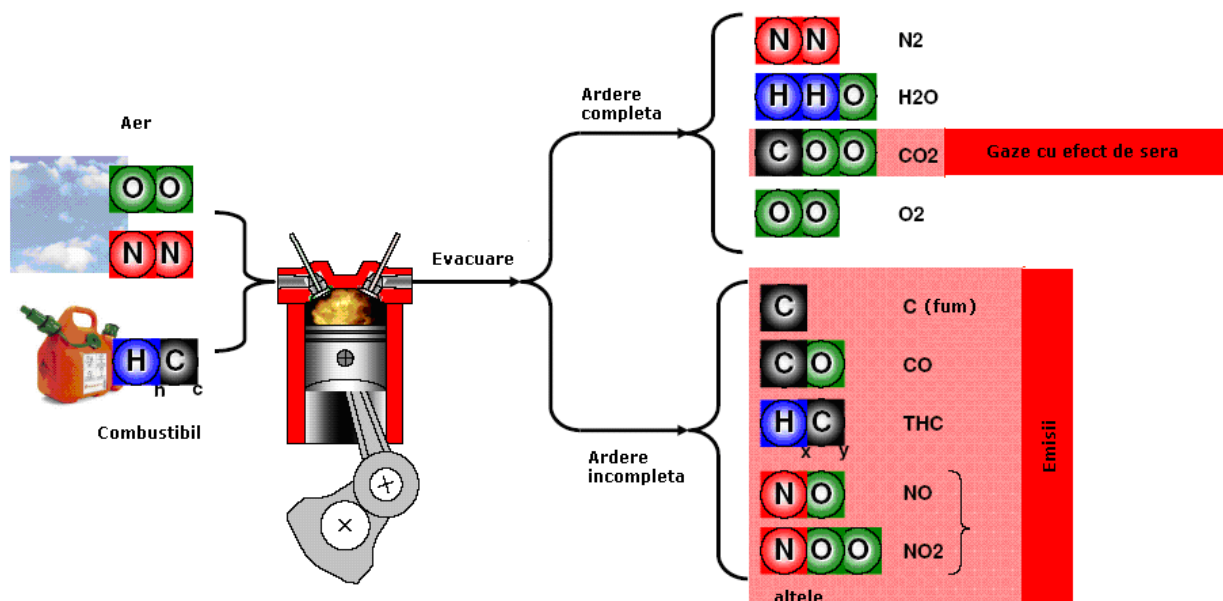


Fig.5.1. Principali poluanți rezultați în urma arderii

Alegerea corectă a metodei de măsurare, utilizarea celor mai adecvate aparate de măsurare, achiziție și stocare a datelor, utilizarea celor mai performante softuri de prelucrare a datelor și conceperea corectă a lanțului de măsură constituie premisa principală pentru obținerea unor rezultate viabile în urma încercărilor. De asemenea trebuie asigurate condiții optime de funcționare a întregului lanț de măsurare prin izolarea de vibrații, protejarea de acțiunile excesive ale mediului ambiant, asigurarea tensiunii de alimentare corespunzătoare, etc.

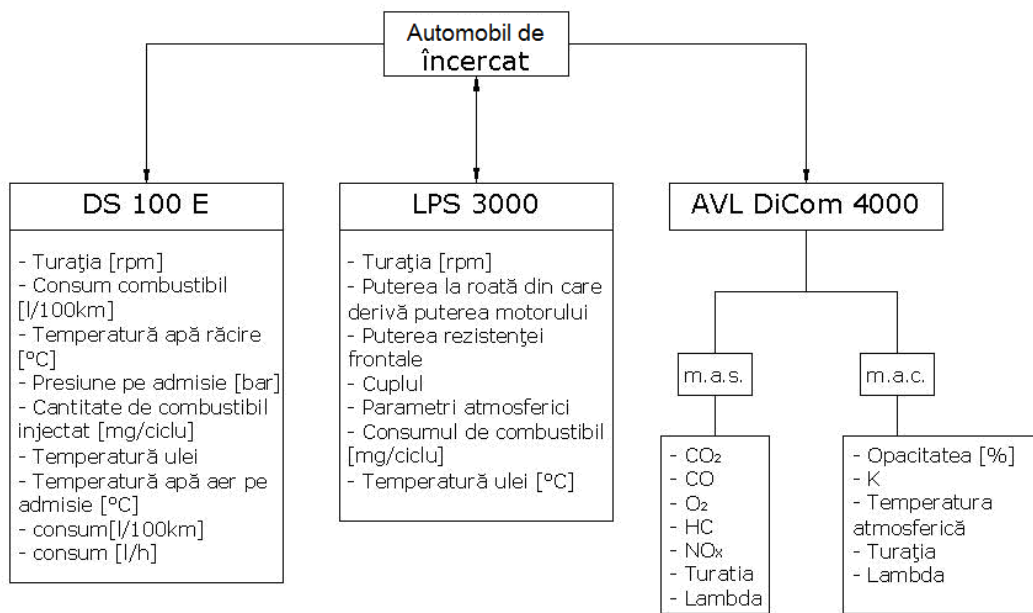


Fig.5.2. Schema bloc a standului experimental

Calitatea unei măsurători depinde și de caracteristicile metrologice (clasa de precizie, sensibilitatea, pragul de sensibilitate, puterea de rezoluție) și dinamice (domeniul dinamic, funcția de transfer, domeniul de frecvențe) ale aparaturii utilizate. Pentru eficientizarea procesului de dezvoltare a unui autovehicul se impune scurtarea timpului de încercare, încercările accelerate ale componentelor și/sau autovehiculelor.

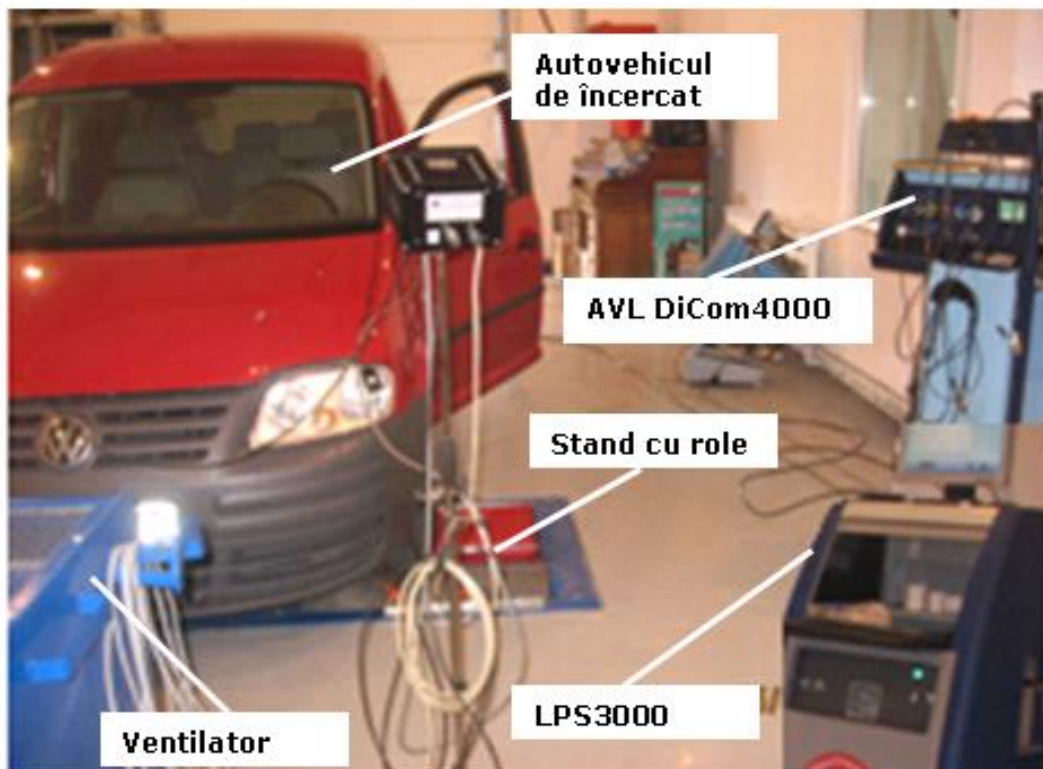


Fig.5.3. Organizarea modelului experimental

5.1.1. Stand dinamic cu role LPS3000

Șasiul dinamometric LPS3000 constă din:

- pupitrul de comunicație cu PC, monitor, tastatură și mouse;
- telecomandă;
- role.

LPS3000 permite testarea performanțelor autovehiculelor [138]. Simularea pe dinamometru este realizată cu un sistem de frânare cu curenți turbionari.

LPS3000 poate măsura puterea motoarelor la autovehicule cu motoare Otto și Diesel.

Ventilatorul cu aer pentru răcire care este conectat la pupitrul de comunicație este operat prin telecomandă radio și permite simularea rezistenței la înaintare.

La interfață sunt conectate următoarele module:

- Modulul turometru are rolul de a achiziționa turația motorului prin intermediul unui senzor clemă piezo (la motoarele Diesel), senzor TDC (specific producătorului, procurabil la cerere), conector de diagnostic (specific producătorului, procurabil la cerere), martor pentru temperatura uleiului (până la 180°C) etc.;
- Modulul ambiental are rolul de achiziționare a temperaturii ambientale, temperaturii aerului la admisie, presiunea și umiditatea aerului, temperatura combustibilului;
- Modulul analog achiziționează semnalele analogice;
- Modulul OBD achiziționează informațiile OBD;
- Modulul presiune-temperatură are rolul de înregistrare independentă a două temperaturi și două presiuni.

Pentru a determina informațiile de performanță ale DIN 70020, EWG 80/1269, ISO 1585, SAE J1349 sau JIS D1001 un barometru și un senzor de umiditate sunt instalate în interfață.

Dispozitive periferice:

- Imprimantă color și jet de cerneală DIN A4;
- Dispozitivul de consum al combustibilului pentru benzină și diesel (KRUPP/AIC) (figura 5.4.);



Fig.5.4. Dispozitiv pentru determinarea consumului de combustibil

Set de role

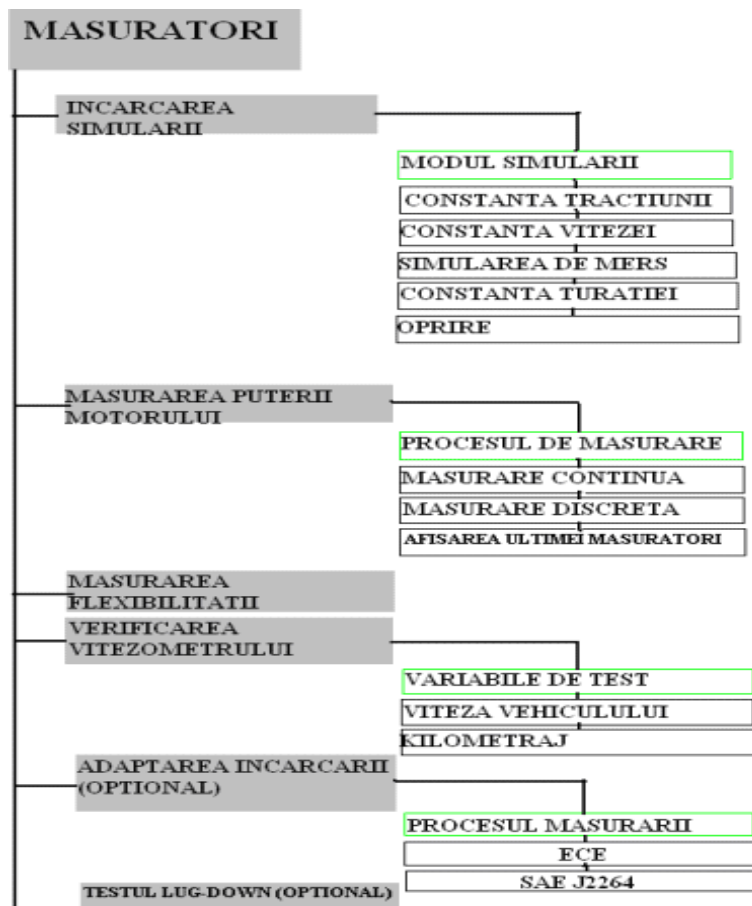
Setul de role LPS3000 constă dintr-o construcție cu cadru robust autoportant (figura 5.5.).



Fig. 5.5. Setul de role R100 cu care este echipat șasiul dinamometric LPS3000
a-stand cu role; b-poziționarea roții pe stand

Structura programului

Meniul pentru simularea încărcării (figura 5.6.a) oferă utilizatorului posibilitatea preselecției diferitelor condiții de încărcare, care de exemplu, face posibil diagnosticul dorit al motorului sau determinarea evoluției performanței vehiculului.



a)



b)

Fig.5.6. Structura programului LPS3000

a) organigrama programului LPS 3000 pentru măsurători; b) curbele de putere date de programul LPS 3000 în urma măsurătorilor continue

Programul rulează sub sistemele de operare Windows 2000 și XP Professional. Programul șasiului dinamometric LPS3000 este orientat pe meniuri.

Meniul principal al programului este împărțit în câteva submeniuri, și anume:

- măsurători;
- setări;
- diagnosticare.

- **Simularea rezistenței la înaintare**

a) Viteza constantă

În modul de operare „viteză constantă“, dinamometrul este reglat în așa fel încât viteza de mers rămâne constantă, indiferent de tracțiunea (de la minim la maximul accelerației) creată de vehicul, doar viteza care a fost presetată poate fi folosită. Doar eficacitatea sistemului de frânare cu curenți turbionari crește până la accelerația maximă, dar nu la viteză.

b) Tracțiune constantă

O valoare presetată a tracțiunii activează sistemul de frânare cu curenți turbionari în mod imediat și acest lucru menține o tracțiune constantă pe durata măsurătorilor. Valorile ce vor fi setate sunt orientate în funcție de:

- modelul și dimensiunile autovehiculului de test;
- unghiul de înclinare dorit.

- **Simularea condițiilor de rulare**

Simularea condițiilor de rulare cu software-ul LPS3000 s-a efectuat pentru următoarele condiții:

a) Calculul puterii la roată [kW]

Puterea la roată este un parametru de diagnosticare care are legături multiple cu parametrii de stare ai autovehiculului.

$$P_r = [V_t \cdot p_0 \cdot Q_i \cdot n] / 30 \cdot T \cdot R \cdot T_0 (1 + \lambda \cdot L_{\min}) \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_{fr} = K \cdot (n / (1 + \lambda \cdot L_{\min})) \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_{fr} \quad (5.1)$$

în care:

V_t - cilindrul totală a motorului

p_0 - presiunea ambiantă

Q_i - capacitatea calorică inferioară a combustibilului

n - turația

τ - numărul de timpi ai motorului

R - constanta termodinamică a agentului motor

T_0 - temperatura ambiantă

λ - coeficientul excesului de aer

L_{\min} - cantitatea stoichiometrică de aer necesară arderii unui kilogram de combustibil

η_i - randamentul indicat

η_m - randamentul mecanic al motorului

η_{tr} - randamentul transmisiei

η_{fr} - coeficientul care ține seama de eventualele pierderi de putere în frâne

Puterea la roată depinde de următorii factori:

1. coeficientul excesului de aer, parametru a cărui valoare poate oferi indicații asupra stării tehnice a instalației de alimentare cu combustibil, a filtrului de aer, a galeriilor de admisiune iar la motoarele supraalimentate asupra stării de etanșare a galeriilor suflantei;
2. randamentul indicat este determinat de aceiași factori enumerați mai sus și, în plus, de starea instalației de aprindere – la motoarele cu benzină - de starea sistemului de răcire, de reglajul și de starea mecanismului de distribuție a gazelor, gradul de etanșare a cilindrilor, starea galeriilor de evacuare și a amortizorului de zgomot la evacuare (toba de eșapament);
3. randamentul mecanic dă informații despre: starea mecanismelor auxiliare ale motorului (pompa de ulei, pompa de apă, generatorul de curent, compresor, etc), starea tehnică a mecanismului motor și regimul termic al motorului;
4. randamentul transmisiei constituie un indicator al pierderilor mecanice în lanțul sistematic al organelor care compun transmisia autovehiculului;
5. coeficientul η_{fr} arată dacă există defecțiuni care provoacă pierderi de putere prin frecarea excesivă în rulmenții roților sau în frâne.

b) Calculul rezistenței la înaintare

Ecuția:

$$F_x = \frac{P_{Air} \cdot 3,6 \cdot v^2}{V_{ref}^3} + \frac{P_{Flex} \cdot 3,6 \cdot v}{V_{ref}^3} + \frac{P_{Roll} \cdot 3,6}{V_{ref}} + a_m \quad (5.2)$$

unde:

V_{ref} -este viteza de referință pentru valorile caracteristice rezistenței în mod normal 90 km/h

V -viteza de mers

P_{Air} -puterea rezistenței aerului [kW]

P_{Flex} -puterea îndoirii [kW]

P_{Roll} -puterea rezistenței rolei[kW]

a_m -masa autovehiculului

c) Calculul rezistenței aerului [kW]

Rezistența aerului este proporțională cu suprafața feței autovehiculului și coeficientul de rezistență al aerului C_w :

$$P_{Air} = 0,5 \cdot \rho \cdot c_w \cdot A_{Front} \cdot (v + v_0)^2 \cdot v \quad (5.3)$$

unde:

ρ -densitatea aerului

$\rho = 1.1 \text{ kg/m}^3$

c_w -coeficientul de rezistență a aerului

$c_w = 0.38$

A_{Front} -suprafața feței autovehiculului

$A_{Front} = 1.7 \text{ m} \cdot 1,47 \text{ m} = 2.5 \text{ m}^2$

V -viteza de mers

$v = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$

v_0 -viteza vântului din față

$v_0 = 0 \text{ m/s}$

$P_{Air} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 0,38 \cdot 2,5 \cdot 25^2 \cdot 25$

$P_{Air} = 8.164 \text{ kW la } 90 \text{ km/h}$

d) Calculul pierderii de putere datorită deformării anvelopei [kW]

Pierderea de putere datorită deformării anvelopei este definită ca pierderea de putere ce intervine datorită schimbării formei anvelopei pe suprafața de rulare sau pe rolă. General vorbind

puterea de îndoire nu are o influență relevantă asupra rezultatelor testului din cauza coeficientului minim de rezistență al îndoirii.

$$P_{\text{Flex}} = \mu_w \cdot m \cdot g \cdot v$$

e) Calculul puterii rezistenței rolei [kW]

Puterea rezistenței rolei intervine datorită deformării anvelopei și suprafeței de rulare ca o funcție a vitezei.

$$P_{\text{Roll}} = \mu_r \cdot m \cdot g \cdot v \quad (5.4)$$

unde:

μ_r - coeficientul de rezistență la rolă a anvelopelor	$\mu_r = 0.012$
m - masa autovehiculului	$m = 950 \text{ kg}$
g - constanta gravitațională	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
v - viteza de mers	$v = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$
$P_{\text{Roll}} = 0,012 \cdot 950 \cdot 9,81 \cdot 25$	$P_{\text{Roll}} = 2.79 \text{ kW}$

Deoarece puterea rezistenței la rulare reprezintă doar o mică parte a sarcinii căii de rulare este introdusă ca o valoare standard fixă pentru dinamometrele în cauză: pentru anvelope cu inserție de oțel puterea este de aproximativ 2.5kW iar pentru anvelope de iarnă este de aproximativ 3.5kW.

Definirea masei autovehiculului, puterea rezistenței aerodinamice și rezistența la rulare sunt absolut necesare pentru simularea sarcinii căii de rulare și nu se va ține cont de aceste teste pentru a simula corect sarcina căii de rulare.

f) Masa autovehiculului

Această valoare este necesară pentru a obține o forță motoare proporțională în funcție de sistemul de frânare cu curenți turbionari de la accelerația determinată a autovehiculului.

$$F = m \cdot a \text{ [N]} \quad (5.5)$$

g) Calculul momentului

$$M = P \text{ [kW]} \cdot 9549 / n \text{ [rot/min]} \quad (5.6)$$

h) Predicția puterii motorului la motoarele pe benzină

• DIN 70020 \Rightarrow	$K_a = \frac{1013}{p[\text{mbar}]} \left(\frac{T[\text{K}]}{293} \right)^{0,5}$
• EWG 80/1269 \Rightarrow	$K_a = \left(\frac{990}{p[\text{mbar}]} \right)^{1,2} \cdot \left(\frac{T[\text{K}]}{298} \right)^{0,6}$
• ISO 1585 \Rightarrow	$K_a = \left(\frac{990}{p[\text{mbar}]} \right)^{1,2} \cdot \left(\frac{T[\text{K}]}{298} \right)^{0,6}$
• SAE J1349 \Rightarrow	$K_a = \left(\frac{990}{p[\text{mbar}]} \right)^{1,2} \cdot \left(\frac{T[\text{K}]}{298} \right)^{0,6}$
• JIS D1001 \Rightarrow	$K_a = \left(\frac{990}{p[\text{mbar}]} \right)^{1,2} \cdot \left(\frac{T[\text{K}]}{298} \right)^{0,6}$

unde:

K_a - factor de corecție $K_a = 1.07671$
 p - presiunea atmosferică la dinamometru, în mbar (1 mbar = 0.001bar)
 T - temperatura aerului la dinamometru, în grade Kelvin ($0^\circ\text{C} = 273\text{K}$)

Valorile acestor mărimi sunt:

p - presiunea aerului ambient $p = 936\text{mbar}$
 T - temperatura ambiantă $T = 17^\circ\text{C} = 290\text{K}$

i) Predicția puterii motorului la motoarele Turbodiesel

- DIN 70020 $\Rightarrow K_a = \frac{1013}{p[\text{mbar}]} \left(\frac{T[\text{K}]}{293} \right)^{0,5}$
- EWG 80/1269 $\Rightarrow K_a = \left(\left(\frac{990}{p[\text{mbar}]} \right)^{0,7} \cdot \left(\frac{T[\text{K}]}{298} \right)^{1,5} \right)^{f_m}$
- ISO 1585 $\Rightarrow K_a = \left(\left(\frac{990}{p[\text{mbar}]} \right)^{0,7} \cdot \left(\frac{T[\text{K}]}{298} \right)^{1,5} \right)^{f_m}$
- SAE J1349 $\Rightarrow K_a = \left(\left(\frac{990}{p[\text{mbar}]} \right)^{0,7} \cdot \left(\frac{T[\text{K}]}{298} \right)^{1,5} \right)^{f_m}$
- JIS D1001 $\Rightarrow K_a = \left(\left(\frac{990}{p[\text{mbar}]} \right)^{0,7} \cdot \left(\frac{T[\text{K}]}{298} \right)^{1,5} \right)^{f_m}$

unde:

f_m - factor motor (standard $f_m = 0,3$)

Ecuția de predicție pentru motoarele turbodiesel în standardul ISO1585 se aplică doar la compresoarele răcite cu aer.

Calculul factorului motor f_m

În cele mai multe cazuri factorul motor $f_m = 0,3$ dar această valoare se poate schimba, după cum arată următoarele ecuații:

Factorul motor în conformitate cu ISO1585:

$$37,2 \leq \frac{q}{r} \leq 65 \quad f_m = 0,036 \cdot (q/r) - 1,14$$

$$\frac{q}{r} < 37,2 \quad f_m = 0,2$$

$$\frac{q}{r} > 65 \quad f_m = 1,2$$

Factorul motor în conformitate cu EWG80/1269, SAE J1349 și JIS D1001:

$$40 \leq \frac{q}{r} \leq 65 \quad f_m = 0,036 \cdot (q/r) - 1,14$$

$$\frac{q}{r} < 40 \quad f_m = 0,3$$

$$\frac{q}{r} > 65 \quad f_m = 1,2$$

j) Comportamentul presiunii la supraîncărcare

$$r = \frac{P_L}{P_E} \quad (5.7)$$

Consumul specific de combustibil la motoarele în 4 timpi în conformitate cu SAE J1349:

$$q = 120000 \cdot \frac{F}{D \cdot n} \quad (5.8)$$

unde:

f_m - factor motor

r - raportul presiunii la supraîncărcare

q - consumul specific de combustibil bazat pe SAE J1349

P_L - creșterea accelerată absolută a presiunii

P_E - presiunea absolută în fața compresorului

F - debitul combustibilului

D - diametrul cilindrului

n - turația motorului

Măsurătorile continue

Puterea maximă este dată în timpul unei măsurători continue și este calculată ("corecția puterii") conform DIN70020, EWG 80/1269, ISO 1585, SAE J1349 sau JIS D1001 ECE, DIN, EWG sau ISO (opțional). Curbele tracțiune și performanță a motorului sunt afișate în mod grafic.

Sunt afișate puterea motorului și cuplul (figura 5.6. b) dacă un semnal turație este disponibil.

Puterea motorului derivă din puterea la roată plus puterea rezistenței frontale, care este determinată automat după eliberarea ambreajului.

5.1.2. Analizor gaze-AVL DiCom 4000

În cadrul încercărilor experimentale pentru prelevarea emisiilor eşapate s-a utilizat analizorul de gaze AVL DiCom 4000 din dotarea laboratorului [137].



Fig 5.7. Analizor de gaze Dicom 4000
a-vedere analizor; b-vedere din spate

Sunt prezentate câteva date tehnice ale analizorului AVL DiCom 4000:

Monitor	: Afișaj cu LCD (format VGA sfert) cu facilități grafice, cu contrast și luminozitate mare, fond luminat.	
Operare	: 6 taste funcții.	
Imprimanta	: Imprimantă grafică integrată.	
Principiul de măsurare	: CO, HC, CO ₂ , O ₂ NO	Măsurare în infraroșu; Măsurare electrochimică; Măsurare electrochimică;
Temperatura de lucru	: +5...+45°C +1...+50°C +5...+35°C	Păstrarea preciziei de măsurare; Pregătit pentru măsurare; Cu senzor de NO integrat;
Temperatura de depozitare	: -20...+60°C -20...+50°C -10...+45°C 0...+50°C	Cu senzor de O ₂ integrat; Cu senzor de NO integrat; Cu apă în filtru și/sau pompă;
Umiditatea aerului	: 90% maxim, fără condens;	
Alimentare	: 195...253V, 47...65Hz	
Putere absorbită	: 150VA	
Dimensiuni	: 470 x 431 x 230mm (lungime x lățime x înălțime)	
Masa	: 11,0kg	
Camera opacimetrică		
Încălzire cameră opacimetrică	: 80°C	
Lungime efectivă	: 0,215 ± 0,002m	
Temperatură maximă gaz eșapament	: 200°C	
Aparate măsurare 4 – gaze	: Interval calibrare	: 12luni
	: Debit nominal	: 360 ^{l/h}
	: Debit minim	: 180 ^{l/h}
	: Debit total	: 180...500 ^{l/h}
	: Debit gaz calibrare	: 90...180 ^{l/h}

5.1.3. Sistem pentru diagnosticarea autovehiculelor Delphi DS 100E

Sistemul DS100E (figura 5.8) este un microcomputer, specializat pentru sistemele electronice ale autovehiculelor. DS100E permite depanarea și repararea sistemelor electronice ale autovehiculelor [139].

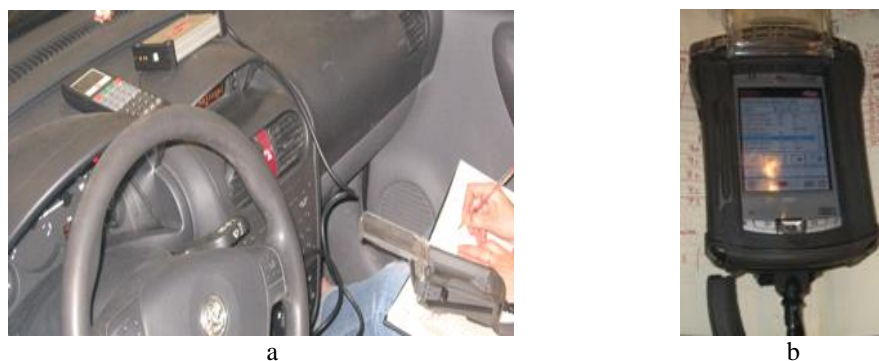


Fig 5.8. Sistem pentru diagnosticarea autovehiculelor DS 100E
a-conectat la autovehicul; b-vedere

DS100E este un dispozitiv de diagnosticare ușor de folosit, rapid și precis. Sistemul are o bază de date completă care este actualizată și mărită permanent. Software-ul DS100E, împreună cu hard-ul este proiectat să reziste în condiții dure. Este compatibil cu diferite motoare, sisteme ABS, SRS, ACC, etc.

Echipament de bază

- Interfață OBD cu conexiune Bluetooth (inclusiv conectare 16-pin OBD)
- Program de diagnosticare pe card.

Funcțiile principale ale programului DS100E

Se poate alege între OBD, eOBD:

- OBD

Din 1994-1996, majoritatea mașinilor noi au fost testate diagnostic 16-pin. Conform standardului, mufa trebuie să fie montată la o rază de 1m față de scaunul șoferului, de obicei sub sau aproape de bord.

OBD este o funcție de diagnostic construită în autovehicul cu rolul de a citi coduri greșite și parametri de la sistemele importante (motor, ABS, SRS, ACC, etc.).

Pentru activarea sistemului de diagnosticare se parcurg următorii pași:

- a) se alege marca mașinii;
- b) se alege modelul mașinii;
- c) se alege anul de fabricație;
- d) se alege tipul de sistem.

În program există 11 tipuri de sistem (sistemul de aprindere, sistemul de alimentare, motorul, diesel, ABS, transmisia, SRS Airbag, AC, TCS).

- eOBD

eOBD este un standard promovat de țările membre U.E. Scopul principal al standardului este de a permite autorităților, care dețin un dispozitiv de verificare a emisiilor de evacuare ale mașinii, să realizeze o verificare conform cerințelor. Toate mașinile care funcționează pe benzină vândute în U.E. din ianuarie 2001 sunt în conformitate cu standardul eOBD (Directiva U.E. 98/69/EC).

Scopul sistemului de diagnostic este identificarea erorilor sau a neajunsurilor care ar putea afecta emisiile autovehiculelor. Codurile greșite stocate în sistem pot fi citite cu un instrument de diagnosticare prin intermediul a patru tipuri de protocol: ISO9141, J1850, KWP2000, sau CAN. Legislația actuală cere producătorilor de mașini să aleagă unul dintre aceste protocoale pentru transferul de date către instrumentul de diagnostic.

5.2. Rezultate experimentale

Încercările desfășurate au permis culegerea unui număr mare de date experimentale, la care se adaugă cele obținute prin calcul pe baza valorilor măsurate. Cercetările experimentale s-au desfășurat atât în Laboratorul de Autovehicule rutiere din cadrul Universității “Politehnica” din Timișoara, cât și în trafic. Cercetările experimentale din trafic au vizat zonele cu aglomerare mare de vehicule atât în ore de vârf, cât și la ore cu circulație redusă. Traseul studiat (Figura 5.9) are o lungime de 2km, în care circulația, la ore de vîrf, se desfășoară “bară la bară”.

Patru intersecții semaforizate (S1, S2, S3, S4), un sens giratoriu și 6 treceri pentru pietoni nesemaforizate pe o distanță relativ scurtă, creează zone de mare aglomerare cu efecte evidente asupra poluării mediului.

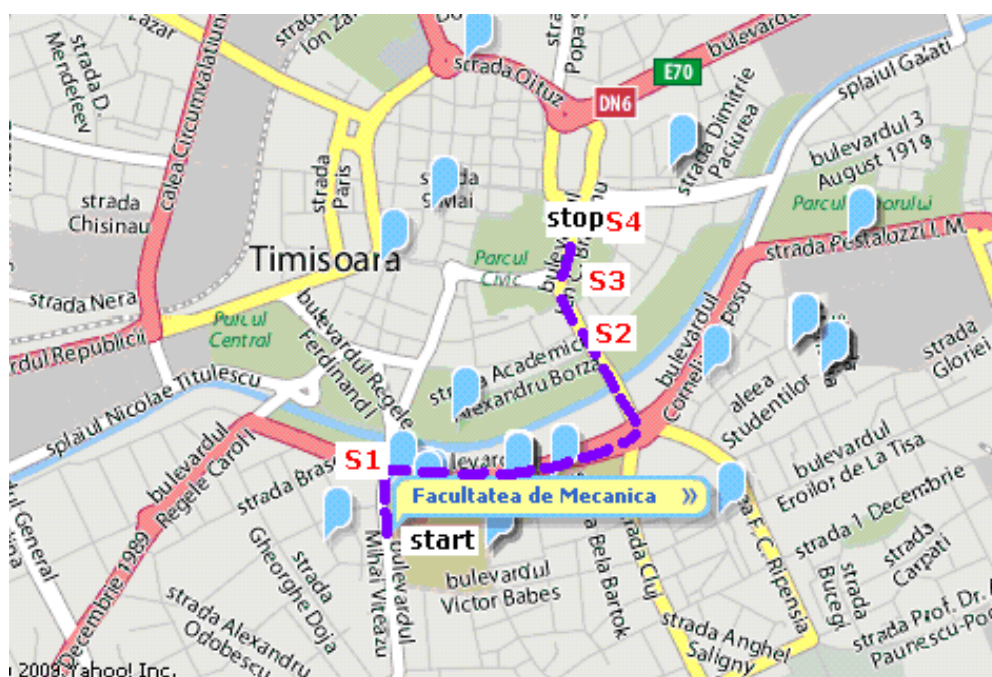


Fig.5.9 Traseul analizat

În condițiile în care se manifestă o tendință crescătoare a numărului de autovehicule, ca necesitate cotidiană, prin lucrarea de față mi-am propus să contribui la evaluarea și scăderea emisiilor poluante ca urmare a concluziilor ce se desprind, oferind o bază de date consistentă pentru cercetări experimentale ulterioare.

Traseul studiat creează condițiile funcționării autovehiculelor în regim tranzitoriu, care presupune mersul în gol sau la relanti, folosit la pornirea motorului (motorul rece) și în situațiile de așteptare (semafor, ambuteiaj, etc.), accelerare, decelerare, etc.

În laborator s-au simulat condițiile de trafic real atât pentru autovehiculele dotate cu MAS (combustibil: GPL și benzină), cât și pentru cele dotate cu MAC (motorină).

Pentru a reda cât mai fidel condițiile reale de trafic, simularea s-a realizat pe un număr de 5 autovehicule de la NONEURO la EURO IV, de la autovehicule de producție autohtonă la mărci consacrate.

Pentru realizarea cercetărilor experimentale s-a monitorizat funcționarea unor autovehicule cu diverse motorizări, număr de cilindri, capacitate cilindrică și nu în ultimul rând putere dezvoltată, după cum urmează:

- BMW 535i E28-NONEURO

- motorizare	MAS.
- cilindree	3430cm ³
- număr cilindri	6L
- Pmax	160kW
- an fabricație	1986
- Gmax	1390kg
- Nmax	316Nm
- km parcurși	380000
- număr ITP	11
- consum urban	16/100km
- consum extra urban	11l/100km
- consum mixt	14l/100km



- DACIA LOGAN 1,4MPI-EURO III

- motorizare	MAS.
- cilindree	1390cm ³
- număr cilindri	4L
- Pmax	55kW
- an fabricație	2003
- Gmax	1100kg
- Nmax	112Nm
- km parcurși	70518
- număr ITP	2
- consum urban	9,2l/100km
- consum extra urban	5,5l/100km
- consum mixt	6,8l/100km



- SKODA ROOMSTER 1,4TDI-EURO IV

- motorizare	MAC
- cilindree	1422cm ³
- număr cilindri	3L
- Pmax	51kW
- an fabricație	2008
- Gmax	1750kg
- Nmax	195Nm
- km parcurși	3150
- număr ITP	0
- consum urban	6,1l/100km
- consum extra urban	4,5l/100km
- consum mixt	5,1l/100km



• OPEL COMBO 1,7DTI-EURO II

- motorizare MAC
- cilindree 1686cm³
- număr cilindri 4L
- Pmax 55kW
- an fabricație 2003
- Gmax 1205kg
- Nmax 165Nm
- km parcurși 140000
- număr ITP 5
- consum urban 7l/100km
- consum extra urban 5,4l/100km
- consum mixt 6,5l/100km



• VOLKSWAGEN CADDY 2SDI-EURO III

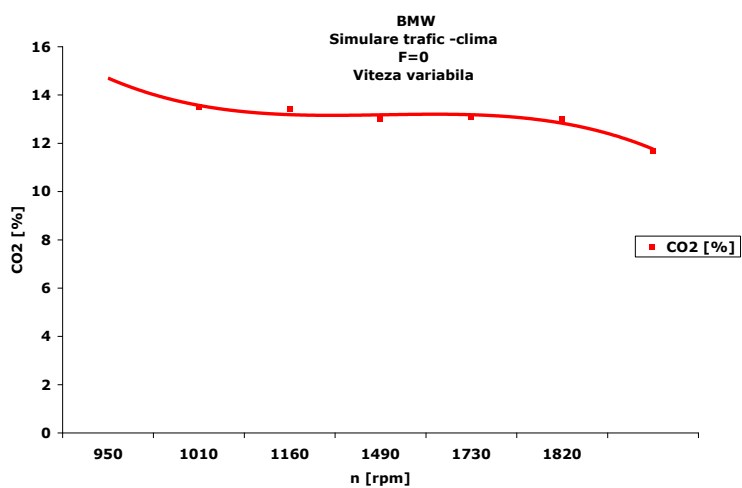
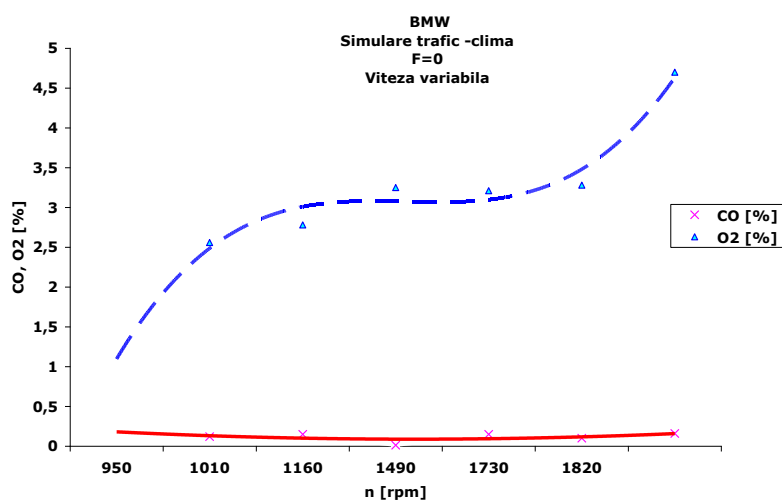
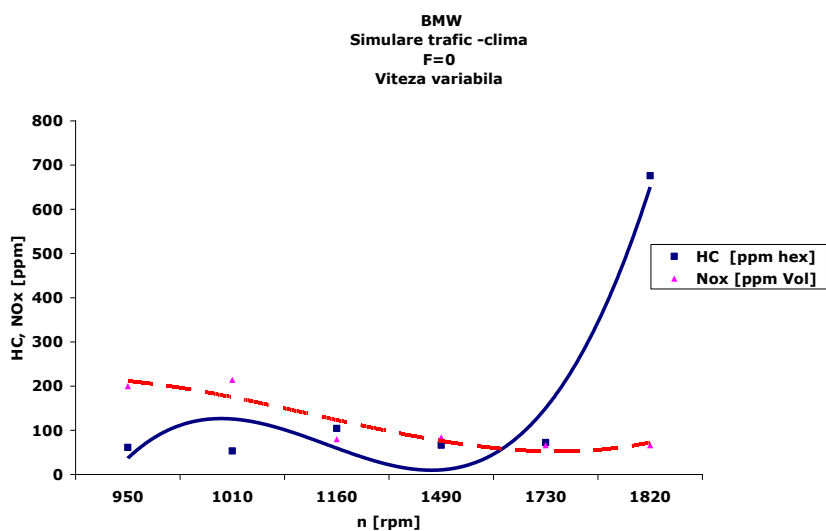
- motorizare MAC
- cilindree 1968cm³
- număr cilindri 4L
- Pmax 51kW
- an fabricație 2006
- Gmax 2035kg
- Nmax 210Nm
- km parcurși 25000
- număr ITP 1
- consum urban 7,8l/100km
- consum extra urban 5,4l/100km
- consum mixt 6,3l/100km



5.2.1. Rezultate experimentale pentru motoarele cu aprindere prin scânteie

În cele ce urmează se prezintă evoluția emisiilor poluante pentru autovehiculele echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie, supuse încercărilor. Au fost măsurate emisiile eşapate provenind de la:

CAZUL 1	- încărcare	F=0N;
	- normă poluare	NONEURO;
	- marca	BMW
	- combustibil	benzină;
	- agregat de climatizare	cuplat

Fig.5.10. Variația CO₂, funcție de n, pentru BMW 535iE28, încărcare F=0NFig.5.11. Variația CO, O₂, funcție de n, pentru BMW 535iE28, încărcare F=0NFig.5.12. Variația HC, NO_x, funcție de n, pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N

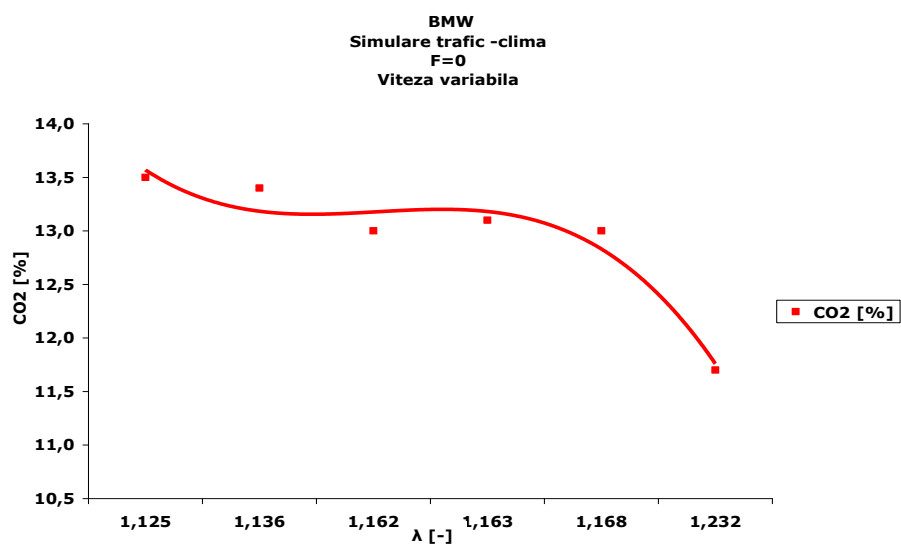


Fig.5.13. Variația CO₂, funcție de λ , pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N

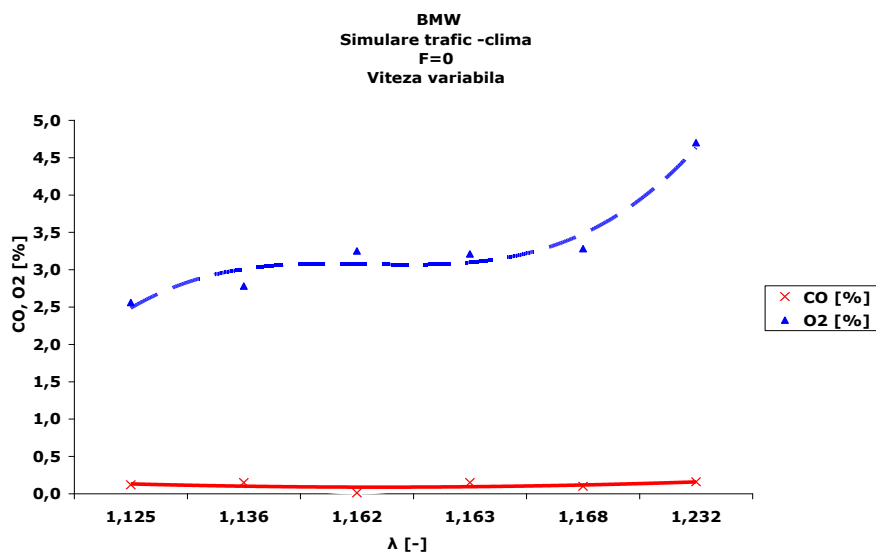


Fig.5.14. Variația CO, O₂, funcție de λ , pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N

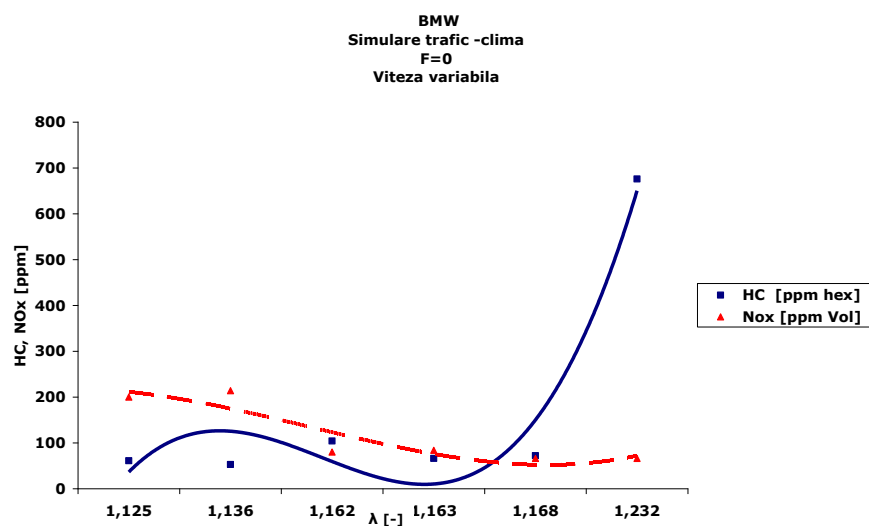


Fig.5.15. Variația HC, NO_x, funcție de λ , pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N

Din legea de variație a hidrocarburilor se poate observa că, din punct de vedere al emisiilor de HC, regimul de funcționare în treapta I este cel mai poluant, pe când la regim stabil de funcționare se remarcă o scădere semnificativă comparativ cu treapta I, curba prezentând o inflexiune relativ mică. Variația emisiilor de NO_x are o tendință crescătoare de la regimul de pornire la cel de mers în sarcină. Situația este nefavorabilă în special în cazul circulației urbane în zona intersecțiilor cu mare aglomerare de vehicule, datorită utilizării preponderent a treptei I de viteză (Figura 5.10, 5.11, 5.12).

Se constată că, în cazul amestecurilor sărace, cantitatea de CO_2 eșapată este mai mică datorită consumului mai mic de combustibil, iar cantitatea de CO are valori scăzute datorită sarcinii mici și datorită arderii relativ complete.

În zona amestecurilor sărace se constată o scădere a NO_x și o creștere a HC

CAZUL 2	- încărcare	F=0N;
	- normă poluare	NONEURO;
	- marca	BMW
	- combustibil	benzină;
	- agregat de climatizare	decuplat.

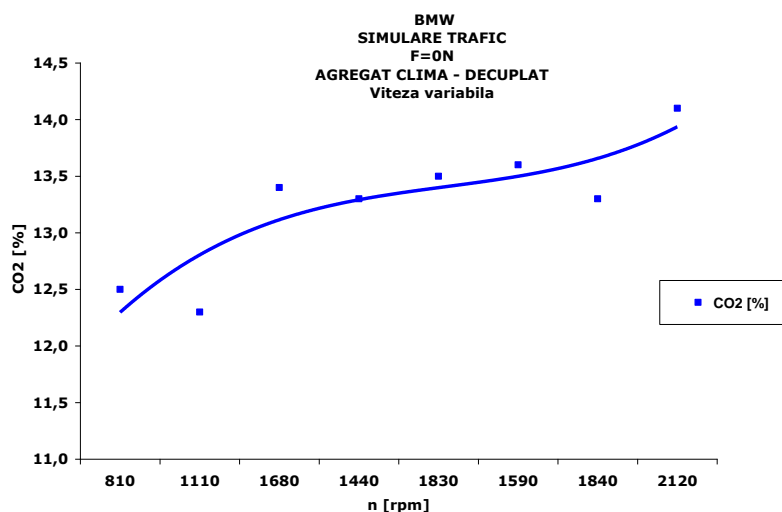


Fig.5.16. Variația CO_2 , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N

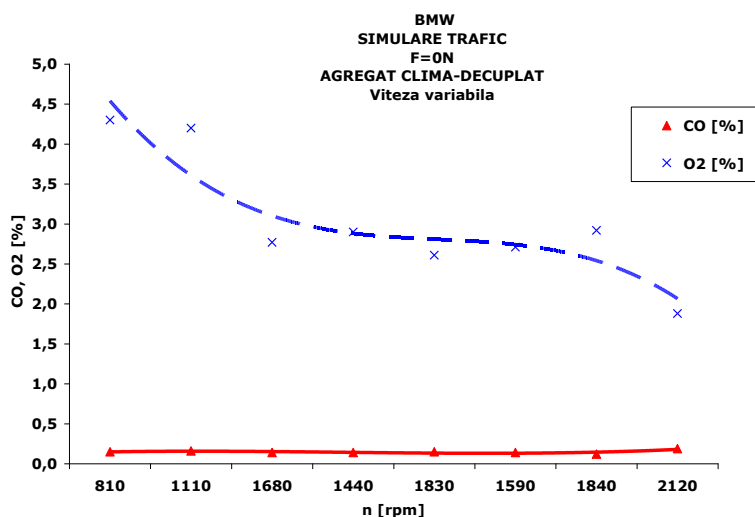


Fig.5.17. Variația CO, O₂, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N

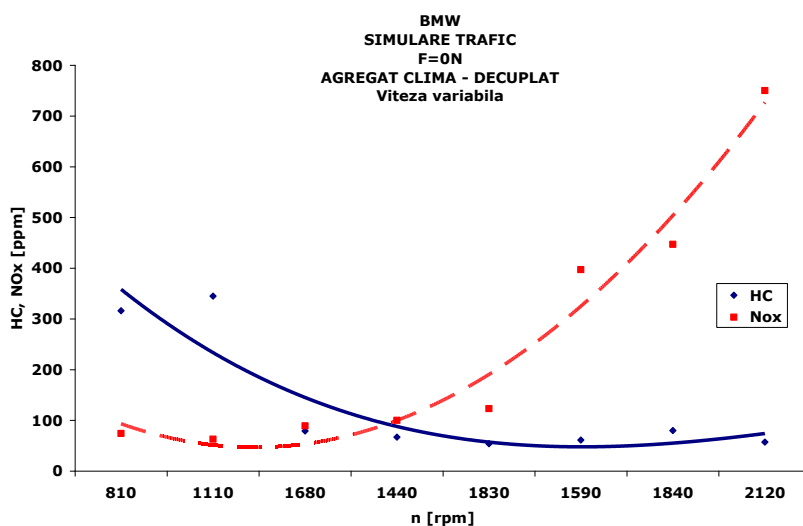


Fig.5.18. Variația HC, NO_x, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N

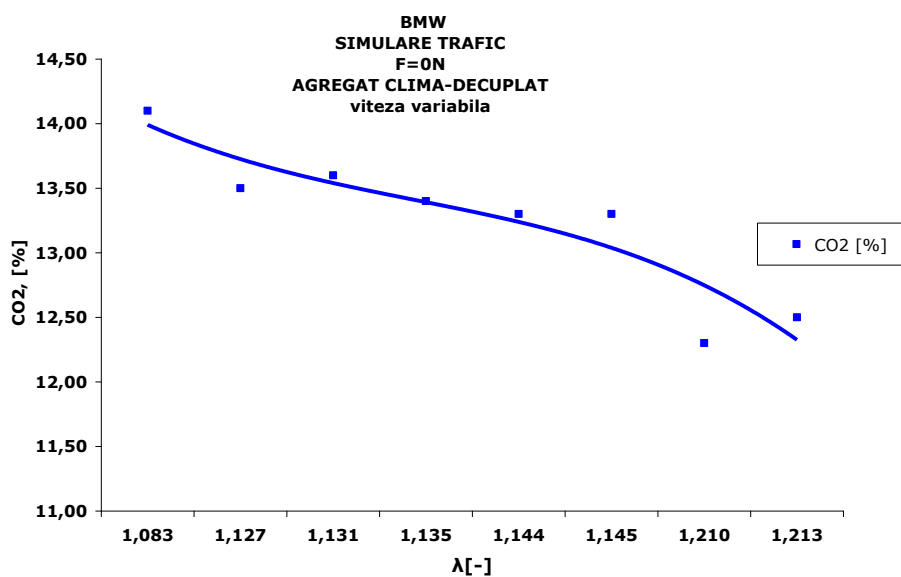


Fig.5.19. Variația CO₂, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N

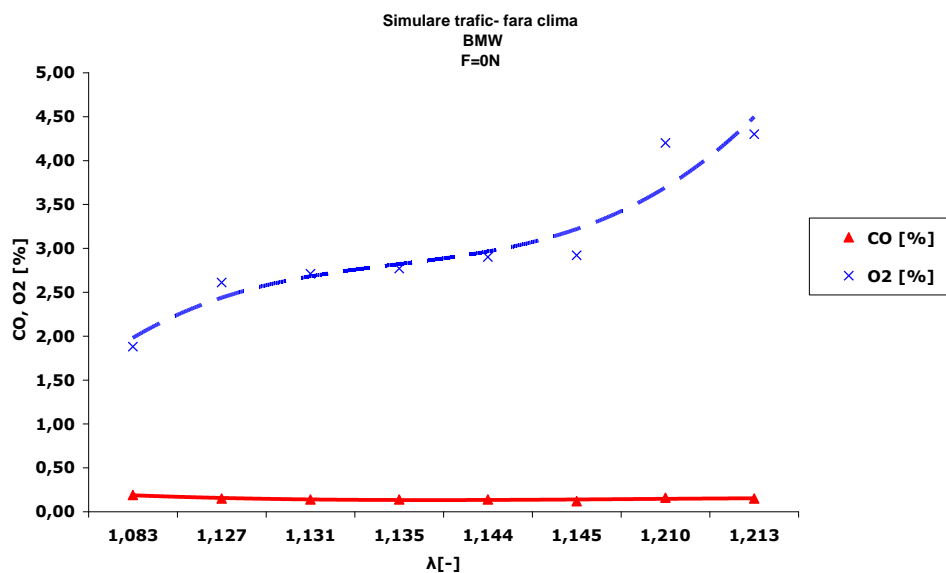


Fig.5.20. Variația CO, O₂, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N

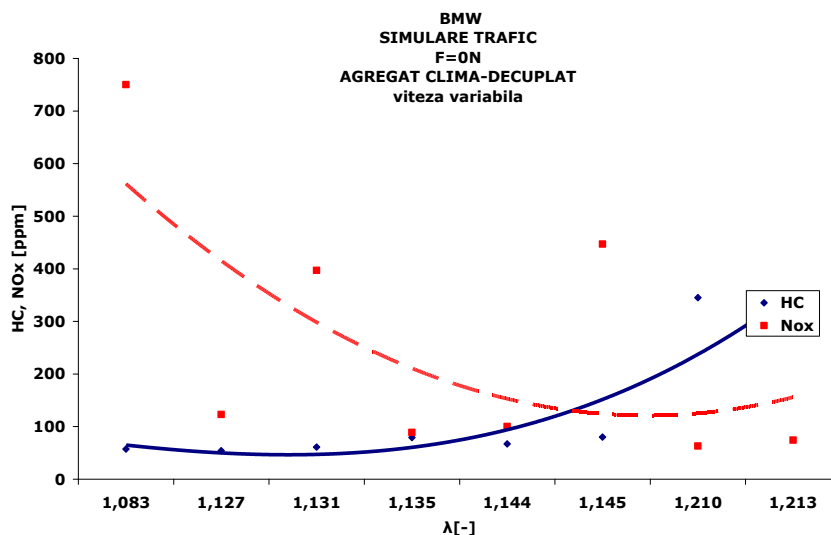


Fig.5.21. Variația HC, NO_x, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N

În situația în care agregatul de climă este decuplat (temperatura exterioară scăzută) se observă o creștere a CO₂ și o scădere a O₂ (Figura 5.17).

Legile de variație a emisiilor poluante în cazul 2 prezintă o evoluție ușor crescătoare pentru CO și HC, descrescătoare pentru NO_x și CO₂ odată cu creșterea coeficientului excesului de aer (Figura 5.20 și Figura 5.21).

CAZUL 3	- încărcare	F=200N;
	- normă poluare	NONEURO
	- marca	BMW
	- combustibil	benzină;
	- agregat de climatizare	decuplat
	- regim viteza	constant

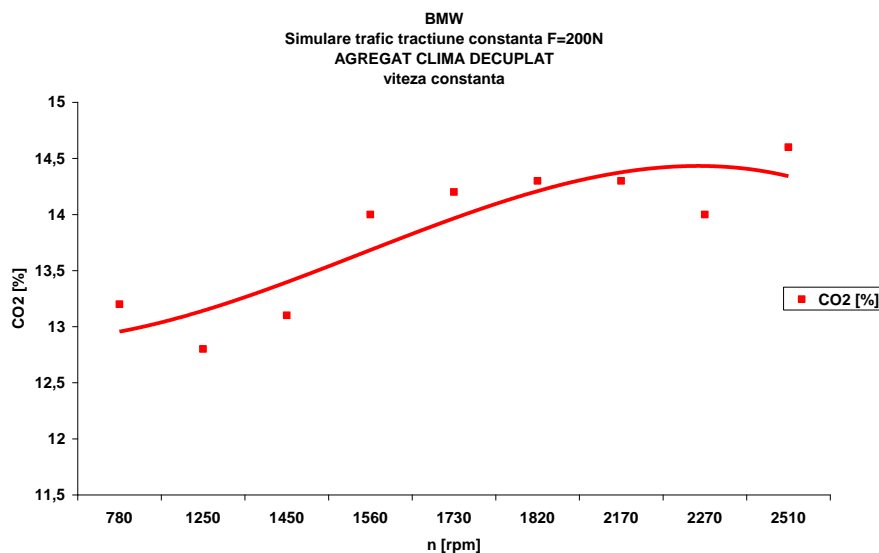


Fig.5.22. Variația CO₂, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N

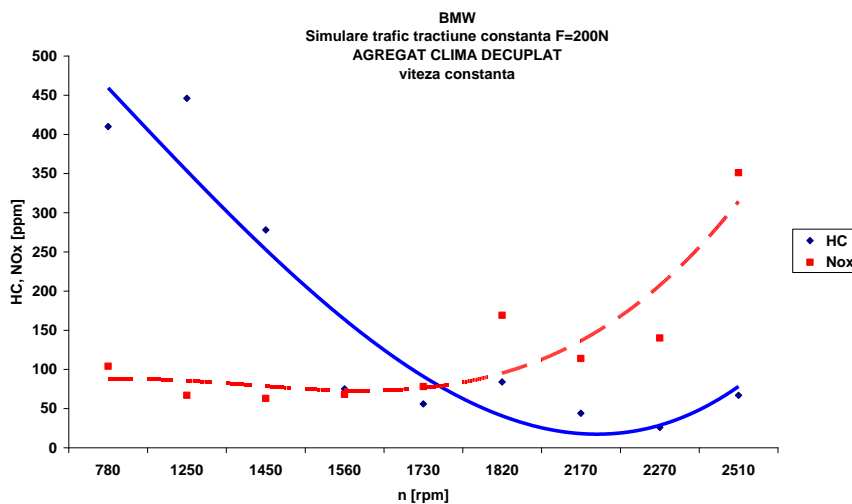


Fig.5.23. Variația HC, NO_x, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N

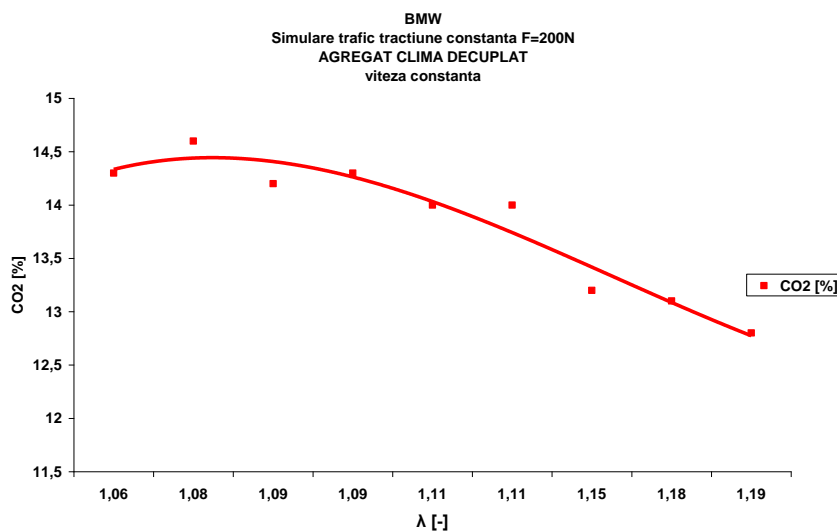


Fig.5.24. Variația CO₂, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N

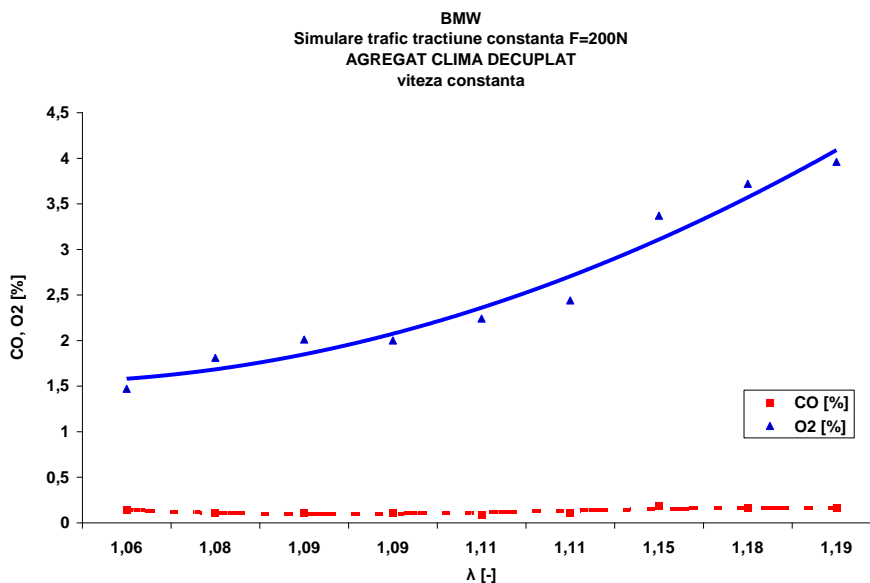


Fig.5.25. Variația CO, O₂, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N

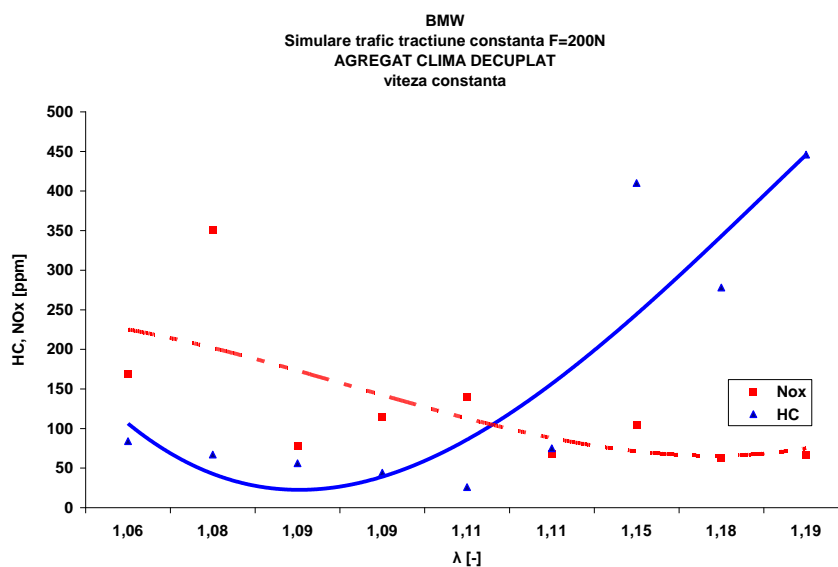


Fig.5.26. Variația HC, NO_x, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N

În cazul încărcării standului cu F=200N comparativ cu F=0N se constată că cele două situații sunt contrare în ceea ce privește emisiile de CO₂, O₂, HC și NO_x, iar CO are aceeași alură.

În condițiile încărcării standului cu F=200N, variația treptei de viteză nu influențează semnificativ emisiile poluante (Figura 5.24, Figura 5.25, Figura 5.26).

CAZUL 4	<ul style="list-style-type: none"> - încărcare - normă poluare - marca - combustibil - agregat de climatizare - regim viteza 	<ul style="list-style-type: none"> F=200N; NONEURO BMW benzină; decuplat variabil
----------------	--	---

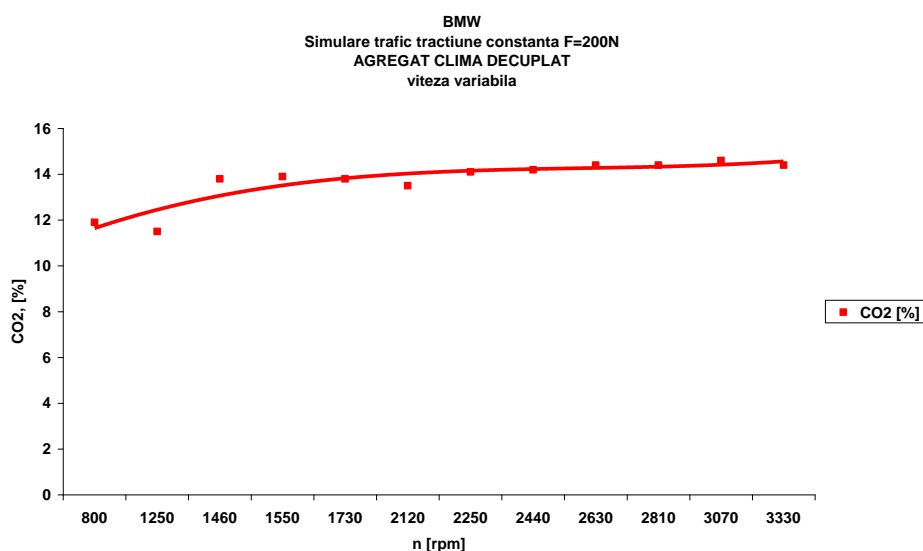


Fig.5.27. Variația CO₂, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N

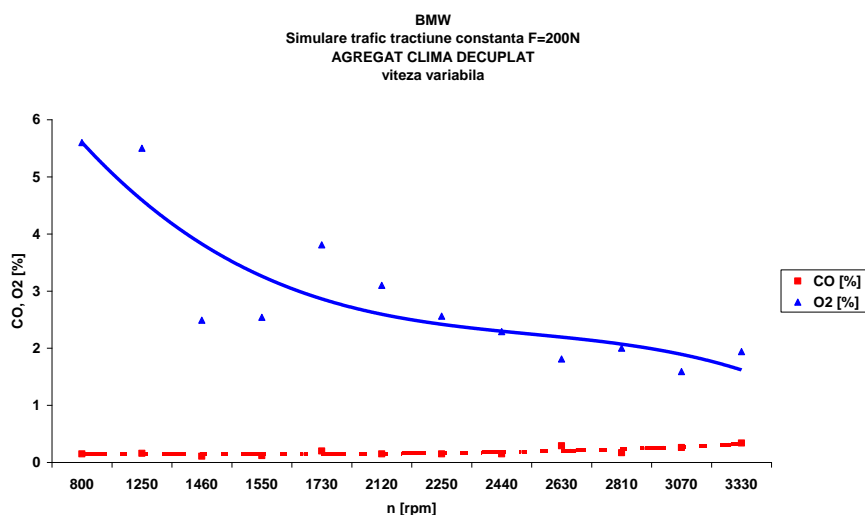


Fig.5.28 Variația CO, O₂, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N

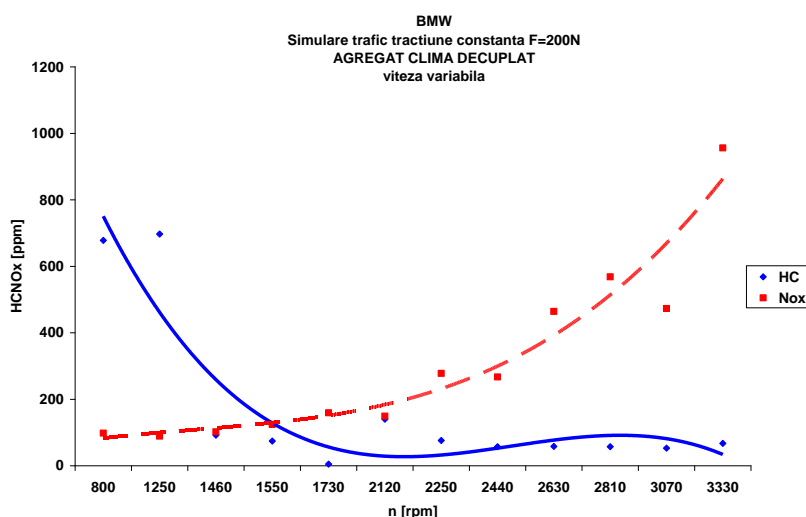


Fig.5.29. Variația HC, NO_x, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N

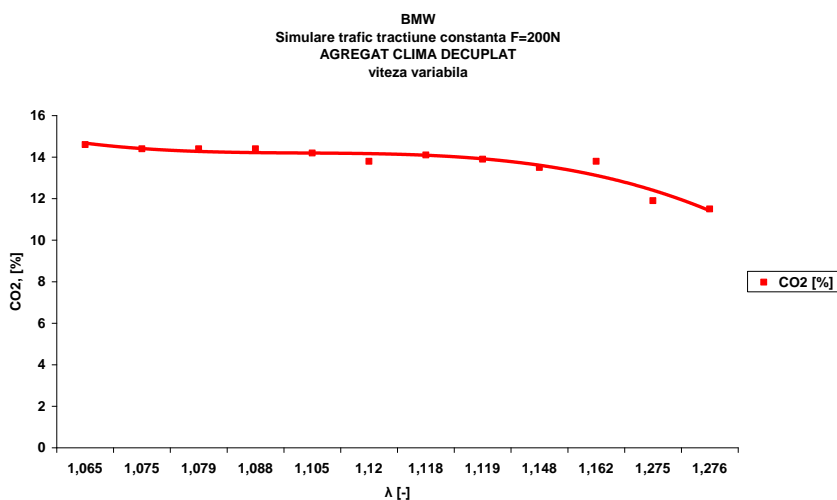
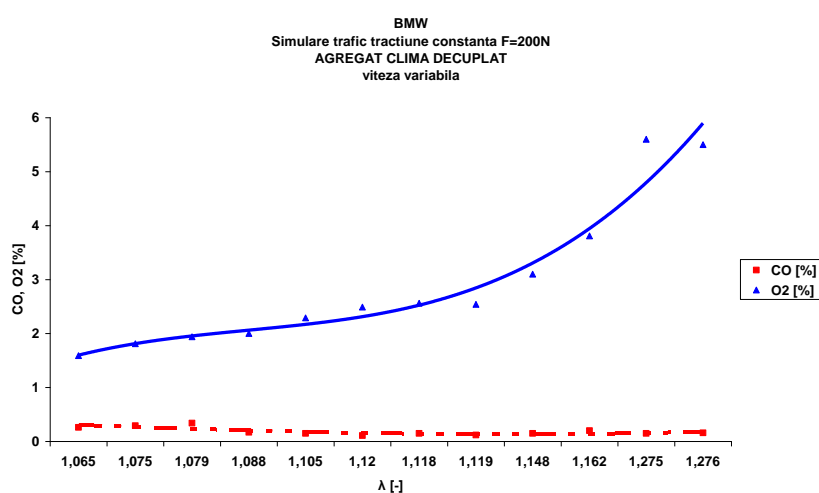
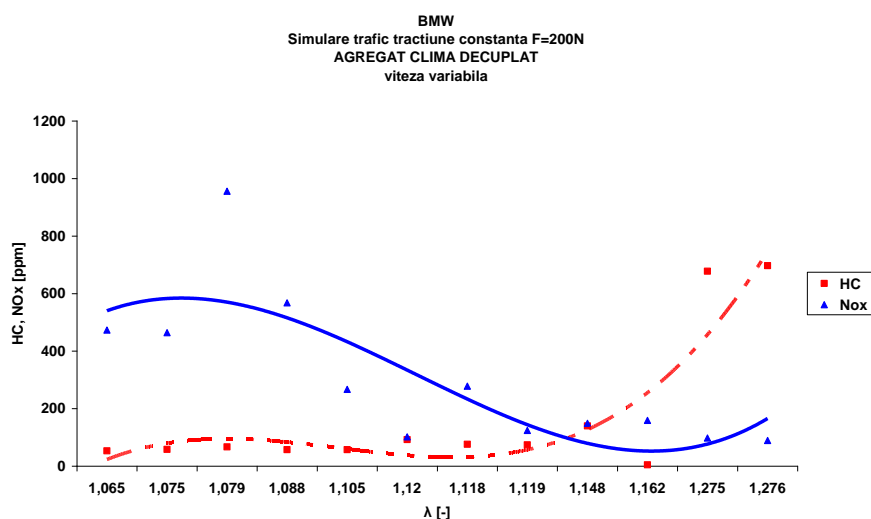


Fig.5.30 Variația CO₂, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N

Fig.5.31 Variația CO, O₂, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200NFig.5.32 Variația HC, NO_x, funcție λ (agregat de climatizare decuplat), pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N

Concentrația de CO₂ are o evoluție descrescătoare cu creșterea turației, pe măsura sărăcirii amestecului carburant, de la 14% la 12%.

Variația concentrației de O₂ are o evoluție ușor descrescătoare de la 6% la pornire, la sub 2%, valorile corespunzătoare funcționării în sarcină ajungând la valori de 6% pentru $\lambda=1.27$.

Concentrația de CO evoluează aproape liniar situându-se mult sub 1% pentru amestecuri sărace ($1,06 < \lambda < 1,27$).

Legea de variație a hidrocarburilor este descrescătoare, valori mari înregistrându-se la pornire ≈ 700 ppm, ajungând la valori de ≈ 100 ppm (la o turație de 3300 rot/min).

Emisiile de NO_x prezintă o evoluție descrescătoare astfel încât spre zona amestecurilor sărace se înregistrează valori de 1000 ppm.

CAZUL 5	<ul style="list-style-type: none"> - încărcare - normă poluare - marca - combustibil - agregat de climatizare - regim de viteză 	<ul style="list-style-type: none"> F=0N; EURO-3; LOGAN 1,4MPI benzină; cuplat variabil
----------------	---	--

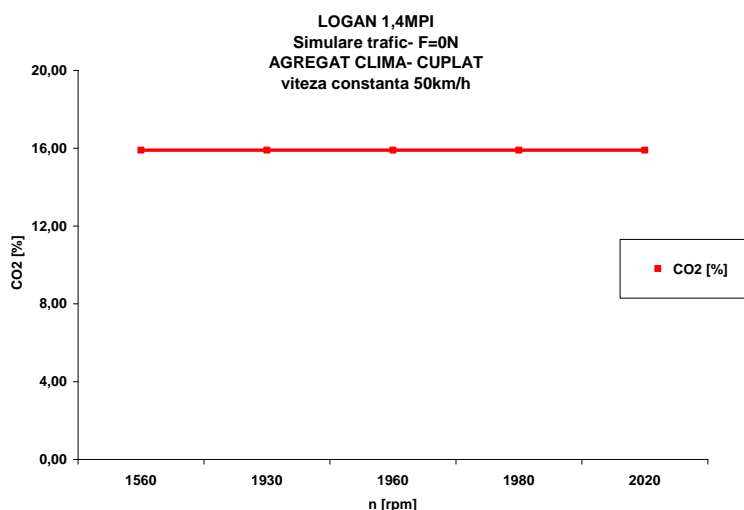


Fig.5.33. Variația CO₂, funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N

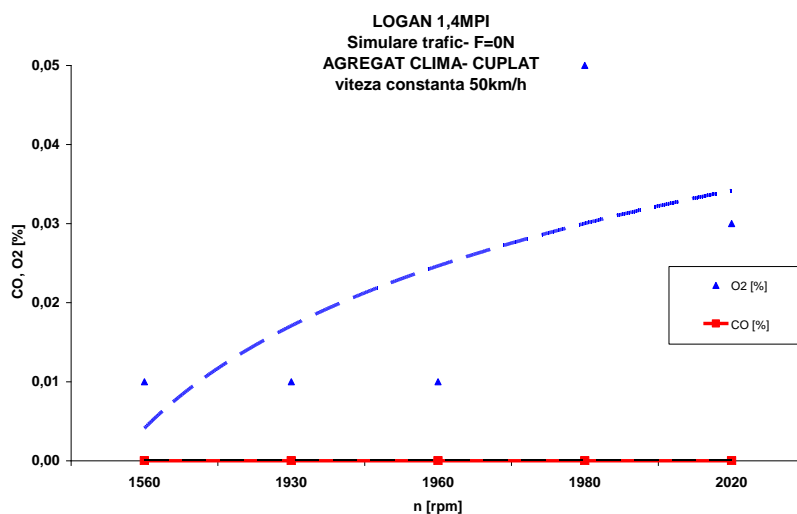


Fig.5.34. Variația CO, O₂, funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N

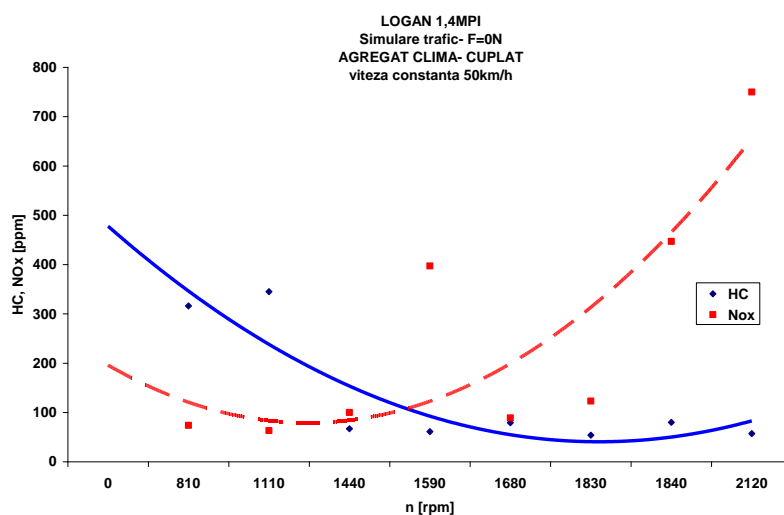


Fig.5.35. Variația HC, NO_x, funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N

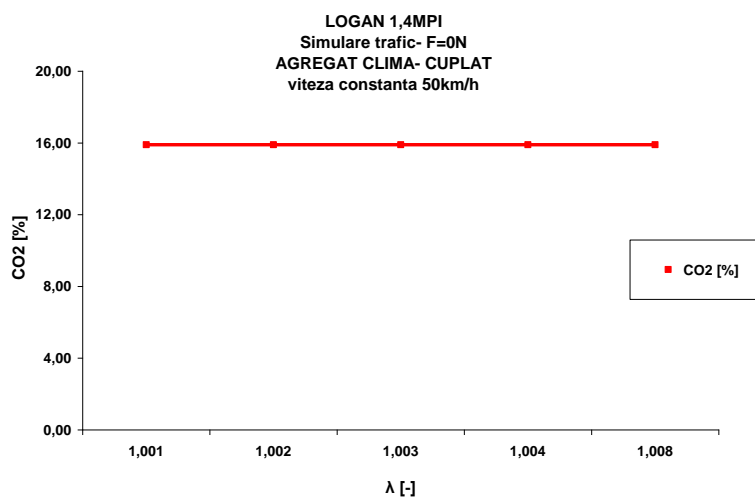


Fig.5.36. Variația CO₂, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N

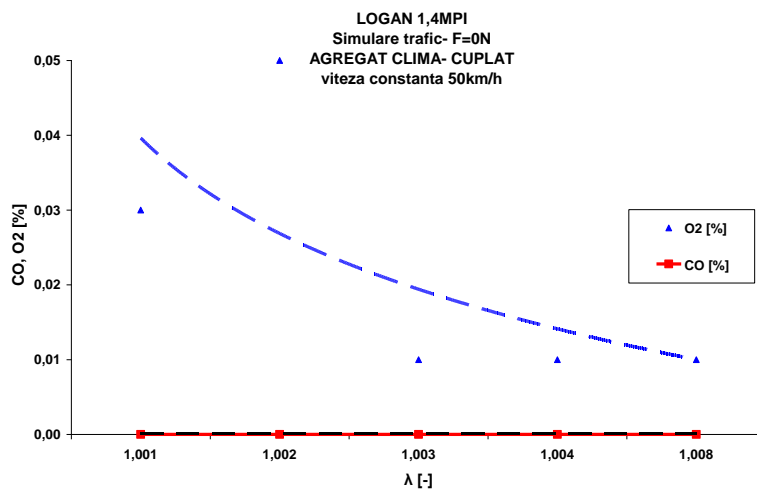


Fig.5.37. Variația CO, O₂, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N

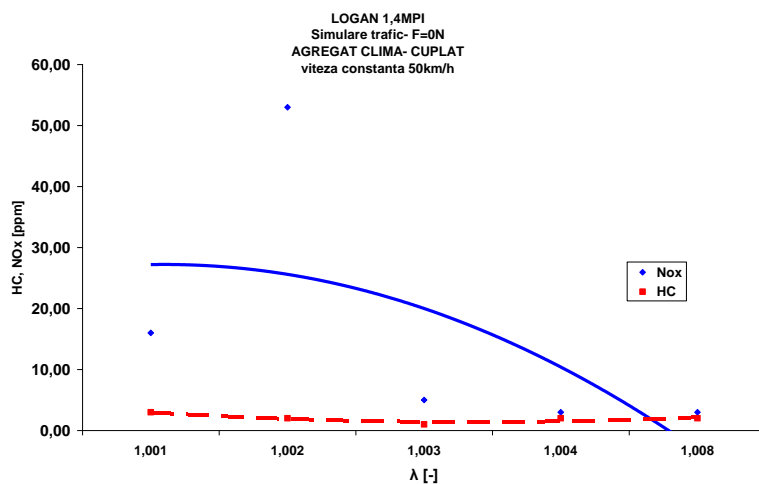


Fig.5.38. Variația HC, NO_x, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N

La turație relativ constantă se observă o variație liniară a valorilor CO₂ și o creștere a conținutului de O₂. Se observă că, la creșterea turației, are loc creșterea NO_x-ului și scăderea HC (Figura 5.33, Figura 5.34, Figura 5.35).

CAZUL 6 - încărcare F=0N;
 - normă poluare EURO-3;
 - marca LOGAN 1,4MPI
 - combustibil benzină;
 - agregat de climatizare decuplat.
 - regim de viteză variabil

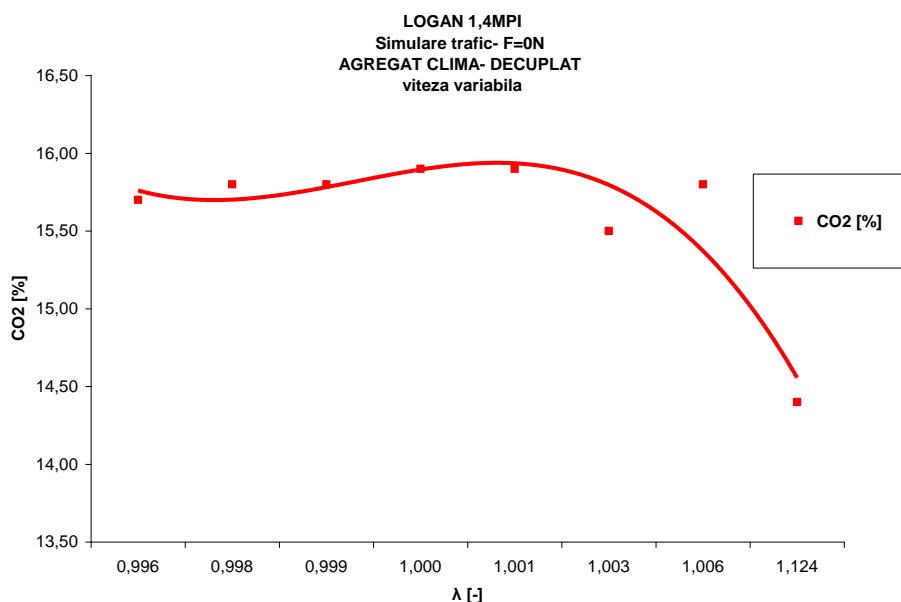


Fig.5.39. Variația CO₂, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N

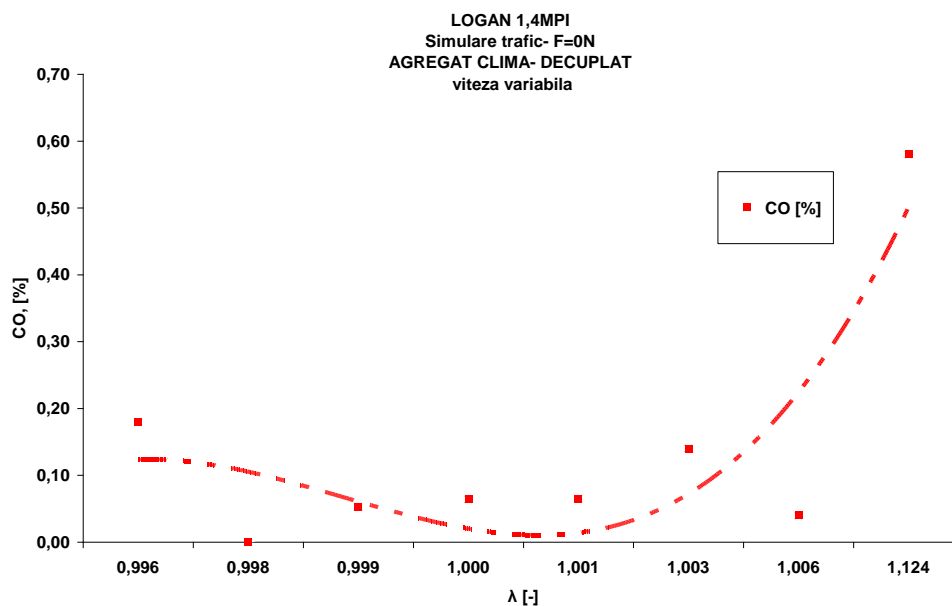


Fig.5. 40. Variația CO, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N

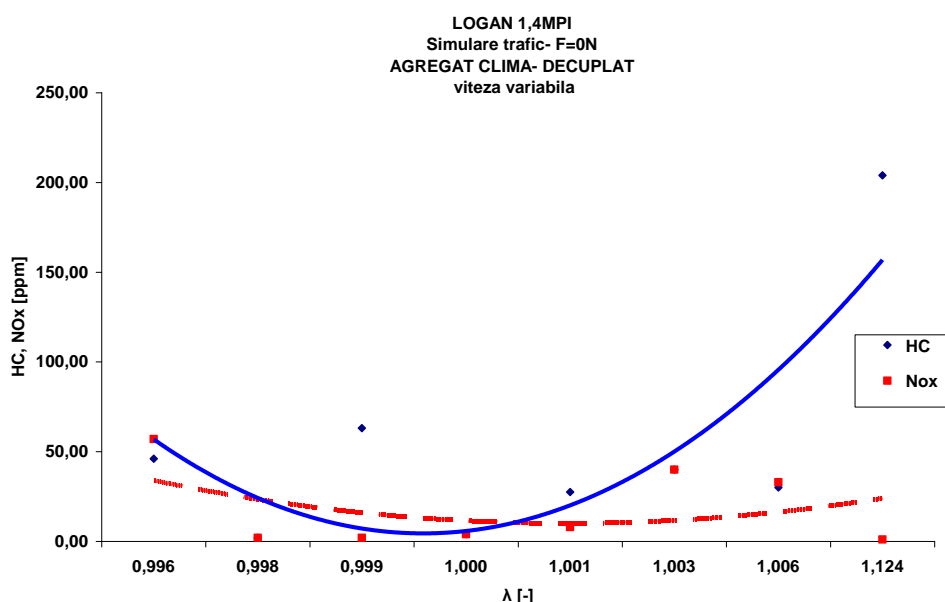


Fig.5.41. Variația HC, NO_x, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N

La pornire, se înregistrează valori mari pentru HC și NO_x, CO₂, prezintând o curbă ascendentă pînă în jurul valorii de 2500 rot/ min datorată amestecului bogat, după care se stabilizează în jurul valorii de 16% (Figura 5.39, Figura 5.41).

CAZUL 7	- încărcare	F=200N;
	- normă poluare	EURO-3;
	- marca	LOGAN 1,4MPI
	- combustibil	benzină;
	- agregat climă	decuplat
	- regim de viteza	constant

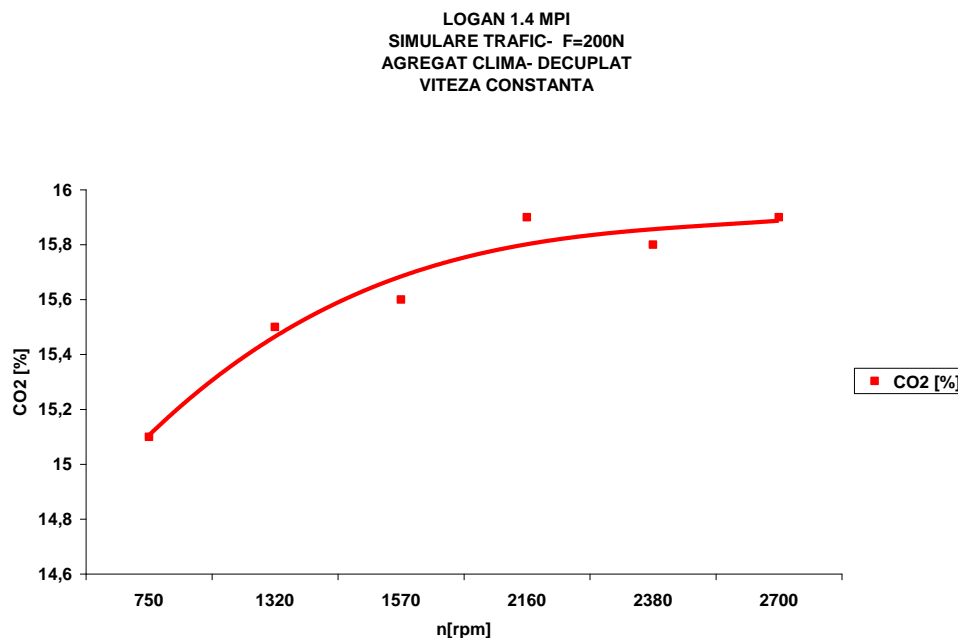


Fig.5.42. Variația CO₂ funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N

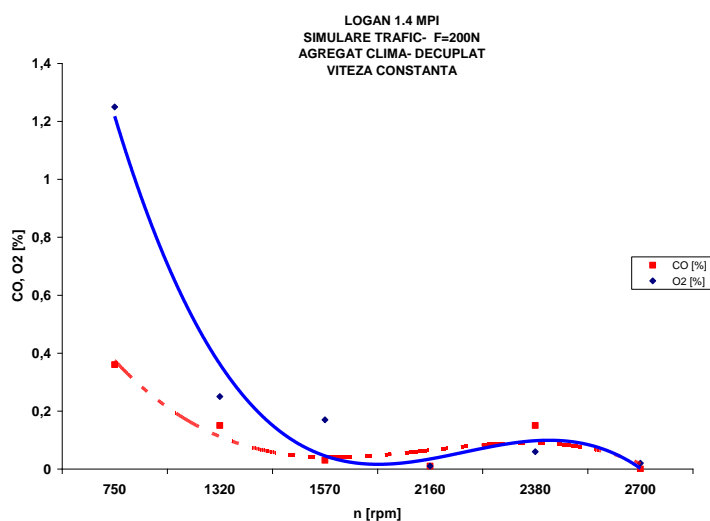


Fig.5.43. Variația CO, O₂, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N

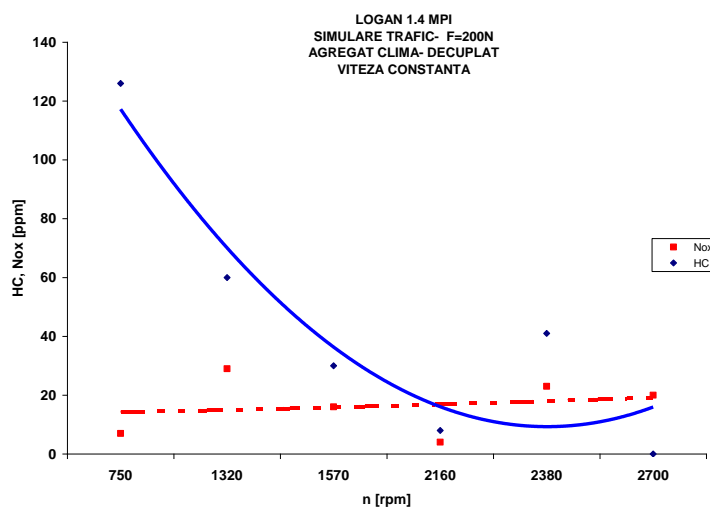


Fig.5.44. Variația HC, NO_x, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N

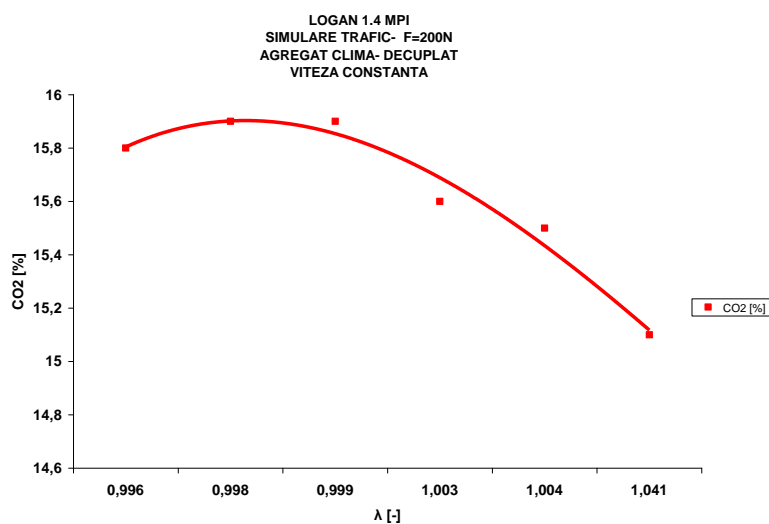


Fig.5.45. Variația CO₂, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N

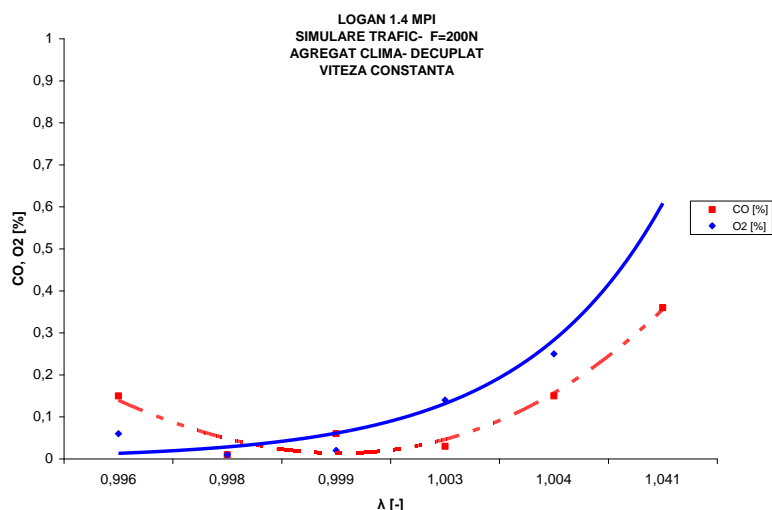


Fig.5.46. Variația CO, O₂, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N

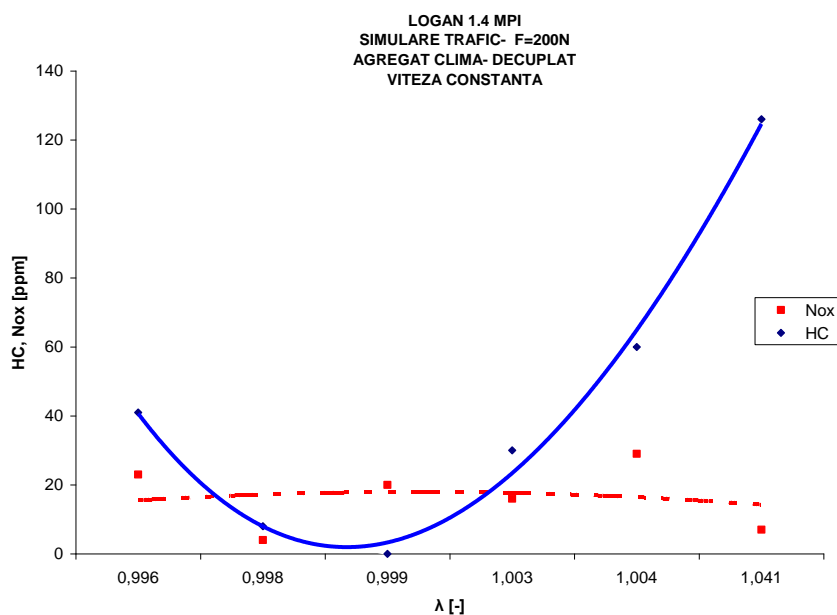


Fig.5.47. Variația HC, NO_x, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N

Datorită funcționării în sarcină, se înregistrează o creștere față de pornire cu 5% a emisiilor de CO₂, o scădere a O₂, CO și HC, iar NO_x crește până în jurul valorii de 1500rot/min după care scade (Figura 5.42, 5.43, 5.44).

În zona amestecurilor bogate, CO, CO₂ și NO_x înregistrează valori ridicate după care scad în zona amestecurilor sărace, în timp ce HC și CO cresc (Figura 5.45, Figura 5.46, Figura 5.47).

CAZUL 8	- încărcare	F=200N;
	- normă poluare	EURO-3;
	- marca	LOGAN 1,4MPI
	- combustibil	benzină;
	- agregat de climatizare	decuplat
	- regim de viteză	variabil

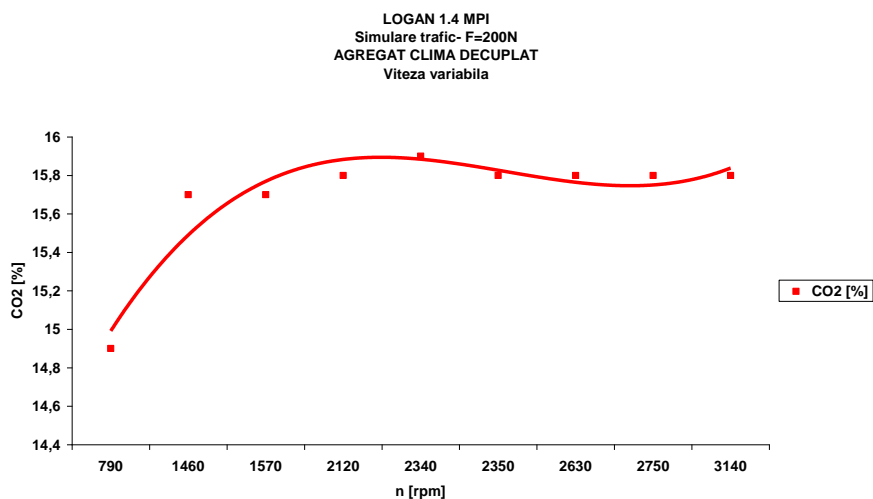


Fig.5.48. Variația CO₂, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N

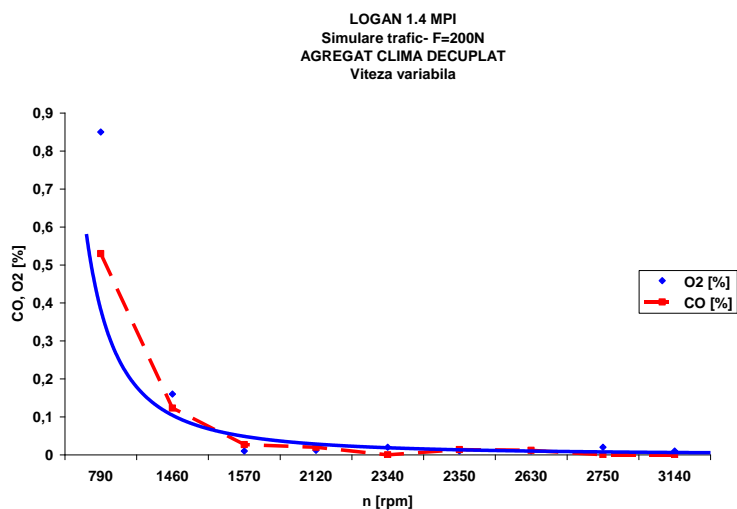


Fig.5.49. Variația CO, O₂, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N

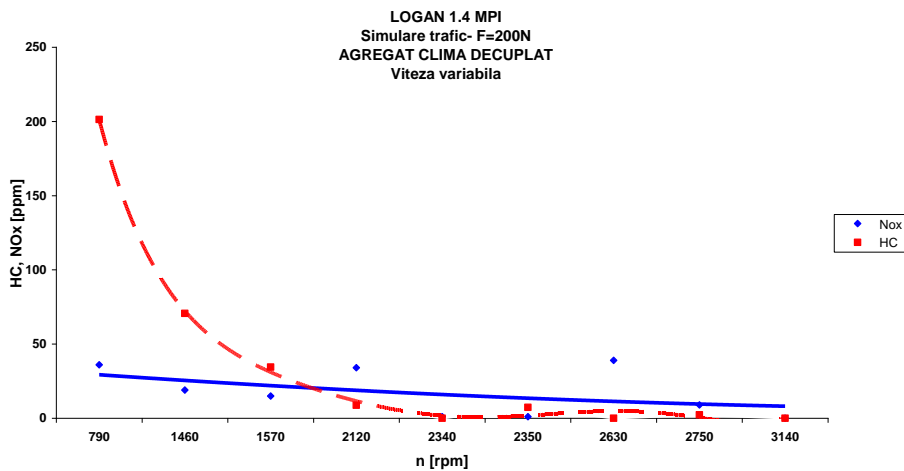


Fig.5.50. Variația HC, NO_x, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N

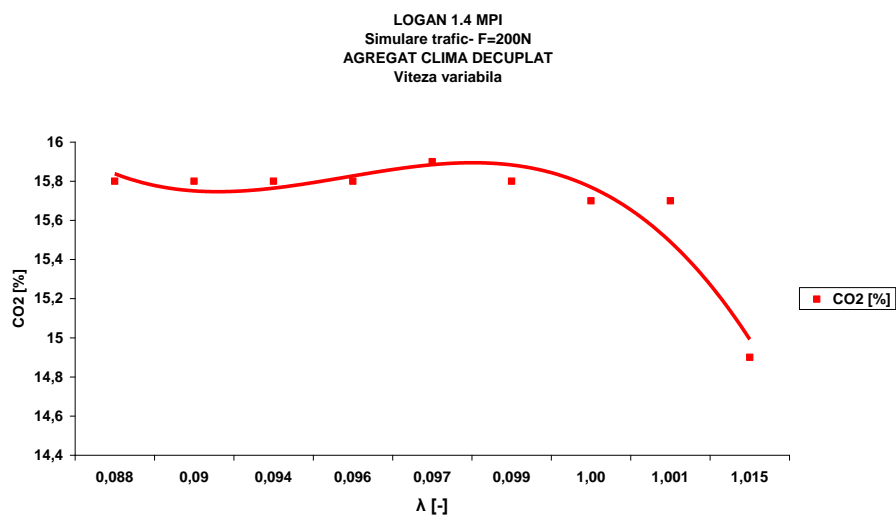


Fig.5.51. Variația CO₂, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N

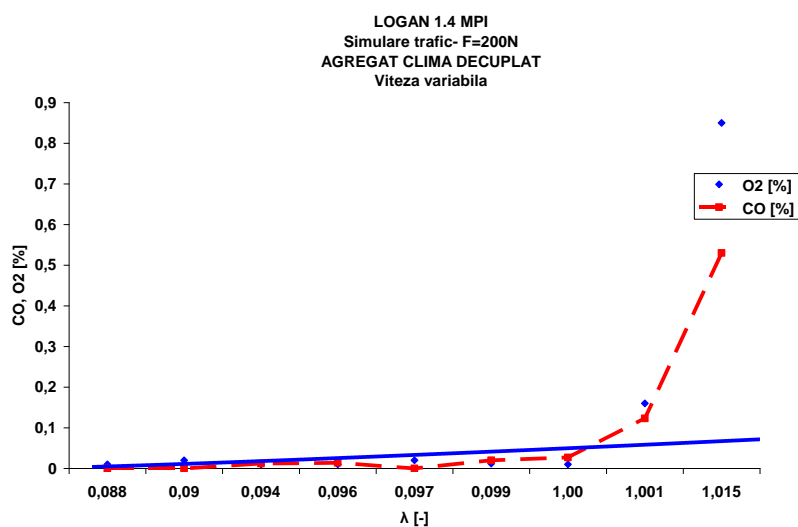


Fig.5.52. Variația CO, O₂, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N

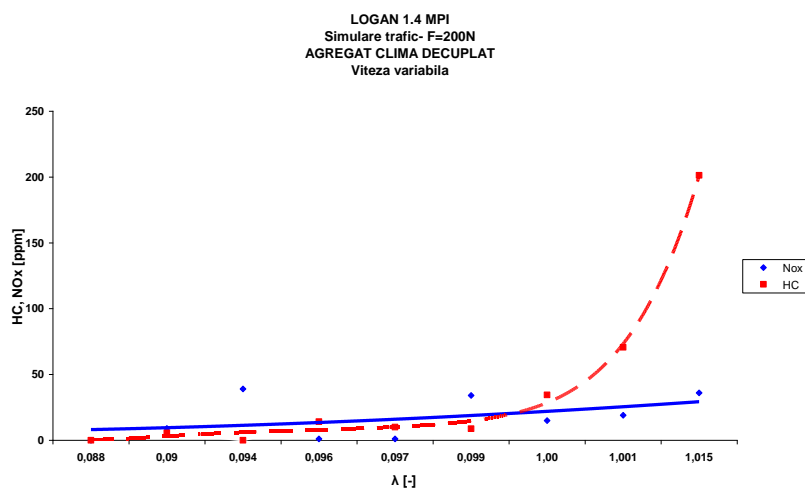


Fig.5.53 Variația HC, NO_x, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N

În cazul încărcării standului cu $F=200N$ respectiv cu $F=0N$, se constată că cele două situații sunt asemănătoare ca și tendință de variație în ceea ce privește emisiile de CO_2 , CO , O_2 , HC și NO_x .

Încărcarea standului cu $F=200N$ nu influențează semnificativ emisiile poluante (Figura 5.48, Figura 5.49, Figura 5.50).

Din legea de variație a hidrocarburilor se poate observa că din punct de vedere al emisiilor de HC , regimul de funcționare în treapta I a motorului este cel mai poluant, pe când la regim stabil de funcționare se remarcă o scădere semnificativă comparativ cu treapta I de funcționare, curba prezentând o inflexiune relativ mică. Variația emisiilor de NO_x are o tendință ușor crescătoare de la regimul de pornire la cel de mers în sarcină. Situația este nefavorabilă, în special în cazul circulației urbane, în zona intersecțiilor cu mare aglomerare de vehicule, datorită utilizării preponderent a treptei I viteză.

Se constată că în cazul amestecurilor sărace cantitatea de CO_2 eșapată este mai mică datorită consumului mai mic de combustibil, iar cantitatea de CO are valori scăzute datorită sarcinii mici și datorită arderii relativ complete (Figura 5.51, Figura 5.52).

În zona amestecurilor sărace se constată o scădere a NO_x și o creștere a HC (Figura 5.53).

5.2.2. Rezultate experimentale pentru motoarele cu aprindere prin comprimare

CAZUL 1	- încărcare	$F=0N$;
	- normă poluare	EURO 4;
	- marca	SKODA
	- combustibil	motorină;
	- agregat de climatizare	cuplat
	- regim viteza	variabila

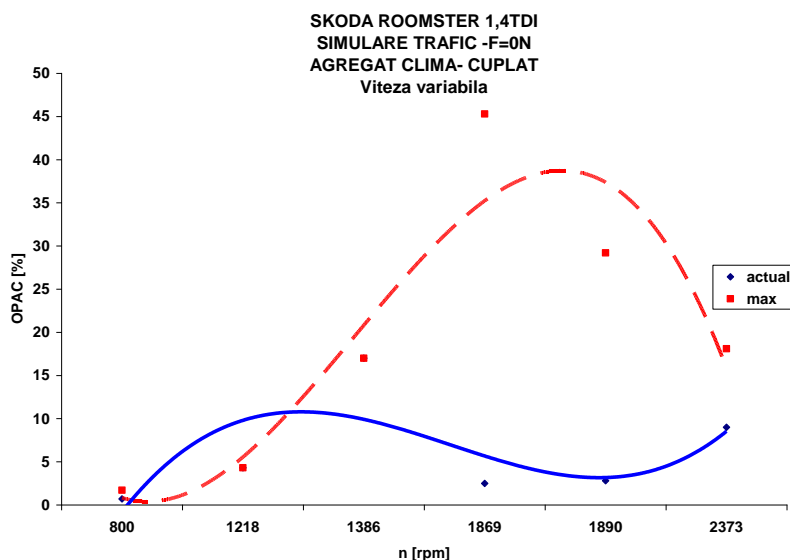


Fig.5.54 Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare $F=0N$

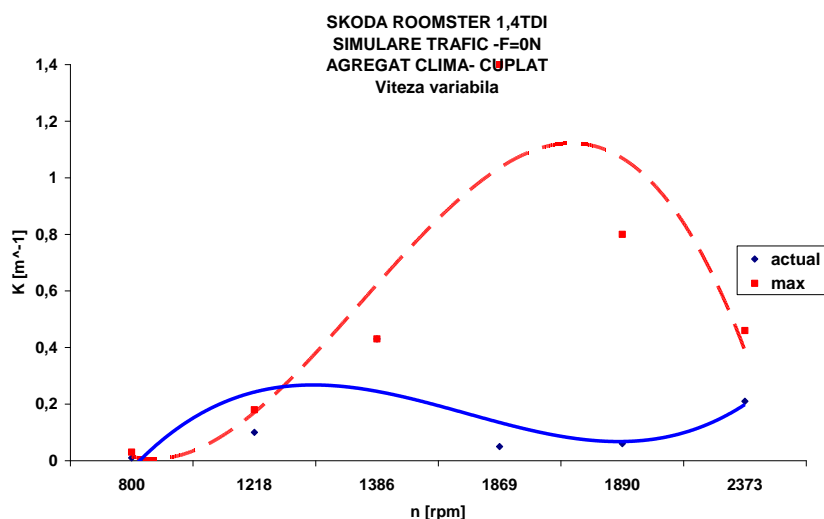


Fig.5.55 Variația k , în funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare $F=0N$

CAZUL 2

- încărcare $F=0N$;
- normă poluare EURO 4;
- marca SKODA
- combustibil motorină;
- agregat de climatizare decuplat
- regim viteza variabila

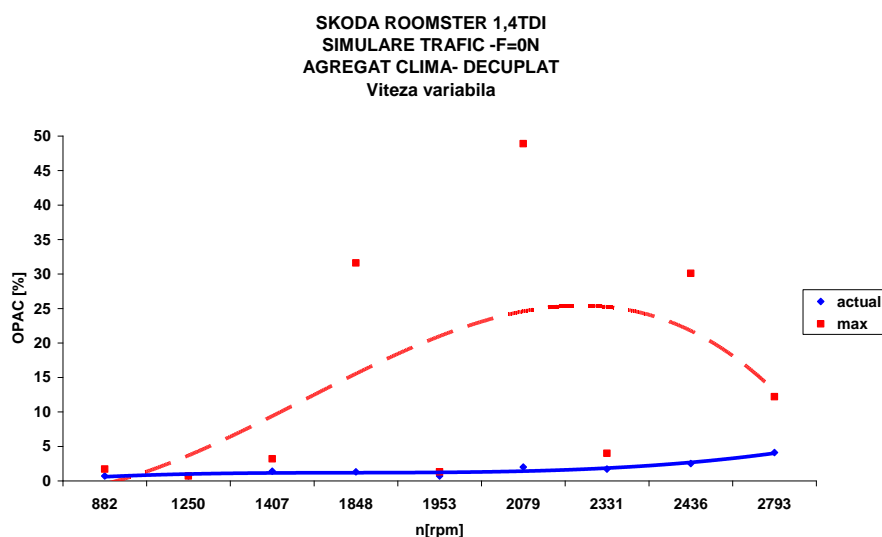


Fig.5.56 Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare $F=0N$

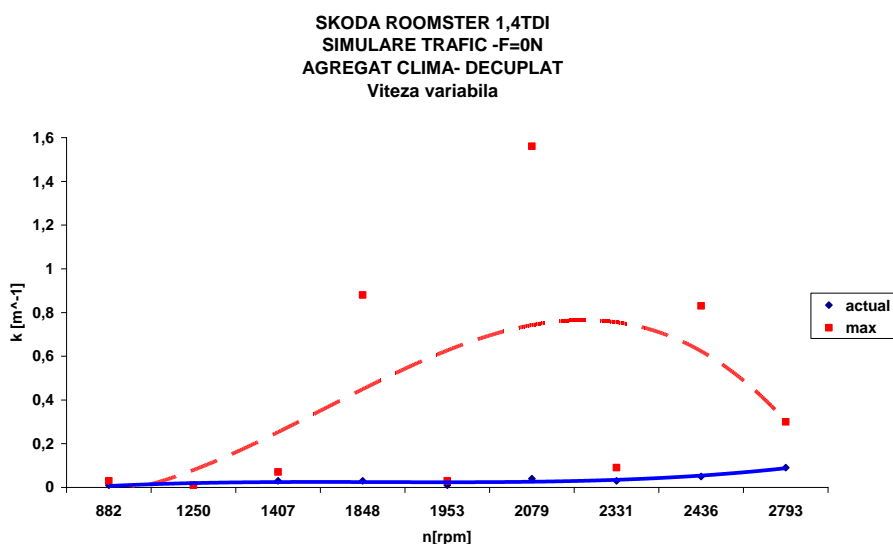


Fig.5.57 Variația k, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=0N

Pentru cazurile 1 și 2 se constată o alură asemănătoare a variației curbelor, de opacitate „OPAC” și „k”, observându-se o scădere a acestora în condițiile cuplării agregatului de climă (Figura 5.54, Figura 5.55, Figura 5.56, Figura 5,57).

CAZUL 3

- încărcare F=200N;
- normă poluare EURO 4;
- marca SKODA
- combustibil motorină;
- agregat de climatizare decuplat

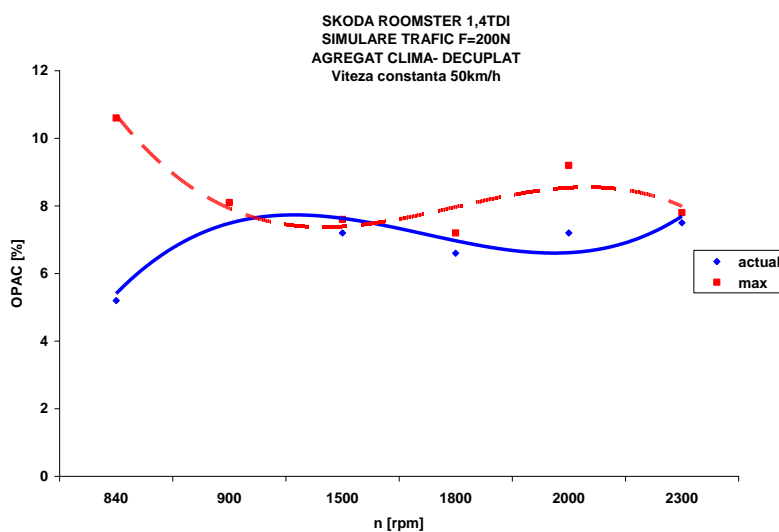


Fig.5.58 Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=200N, v=ct

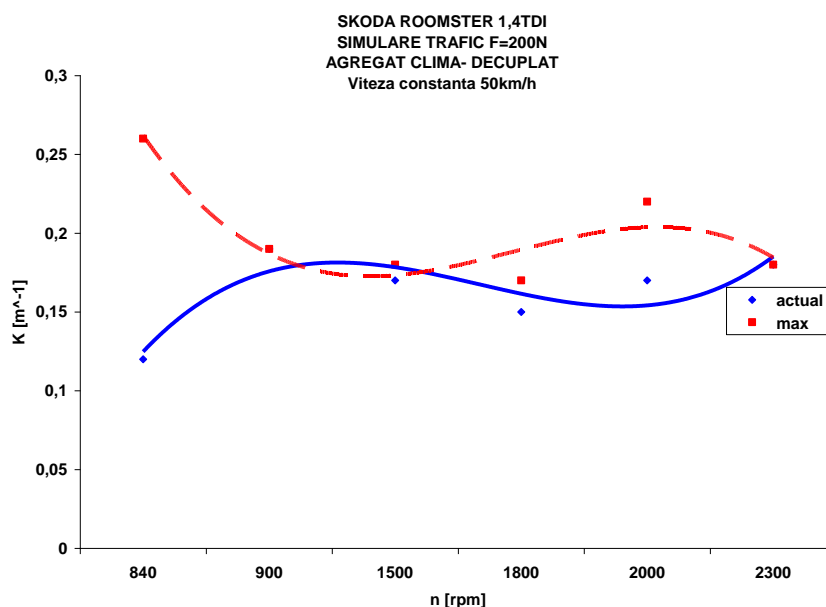


Fig.5.59 Variația k, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=200N, v=ct

CAZUL 4

- încărcare	F=200N;
- normă poluare	EURO 4;
- marca	SKODA
- combustibil	motorină;
- agregat climă	decuplat
- regim viteza	variabila

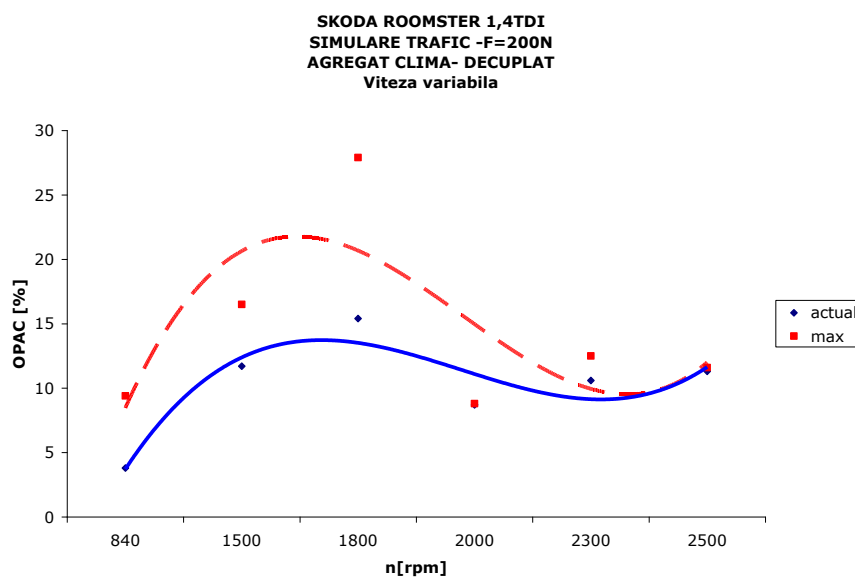


Fig. 5.60 Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=200N, v≠ct

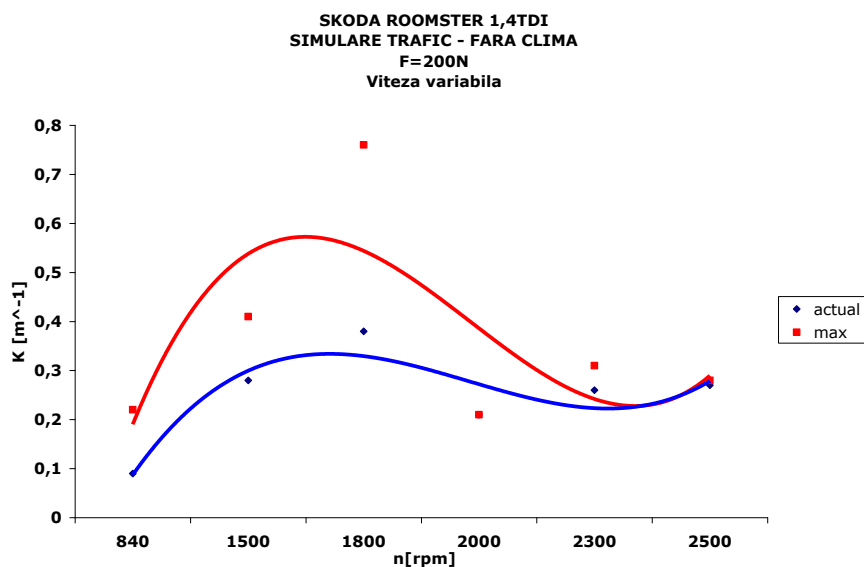


Fig. 5.61 Variația k, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru SKODA ROOMSTER 1,4TDI, încărcare F=200N, v≠ct

În cazul rulării cu viteză variabilă, opacitatea are valori mai mici decât în cazul rulării cu viteză constantă, la același regim de turație (Figura 5.57, Figura 5.58).

CAZUL 5

- încărcare	F=0N;
- normă poluare	EURO 2;
- marca	OPEL COMBO 1,7DTI
- combustibil	motorină;
- agregat de climatizare	cuplat
- regim viteză	variabil

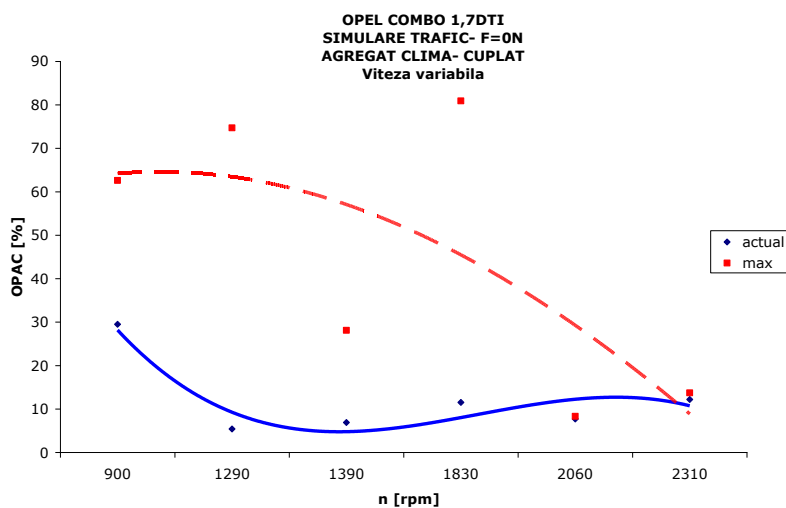


Fig. 5.62 Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare F=0N, v≠ct

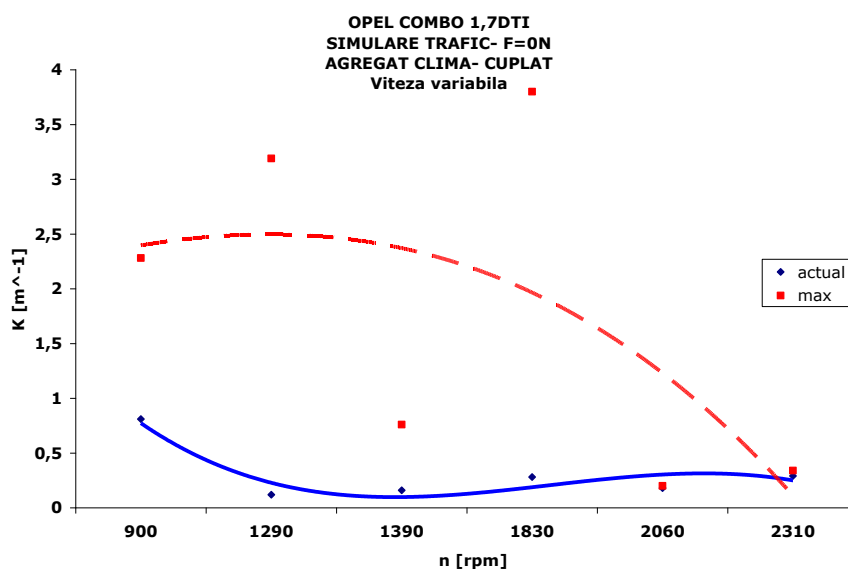
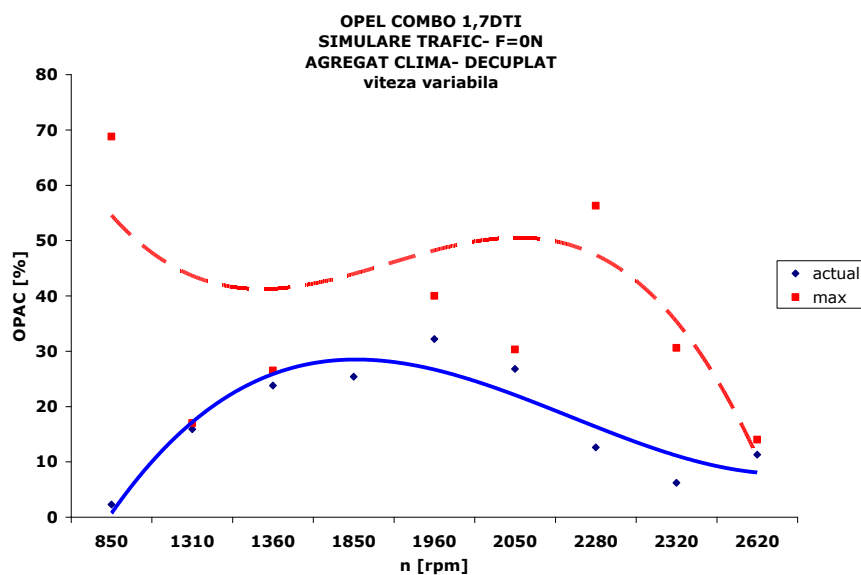


Fig. 5.63 Variația k , funcție de n (agregat de climatizare cuplat), pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$

În cazul 5, funcționarea cu viteză variabilă pe standul neîncărcat are variații diferite, valorile maxime fiind înregistrate în regim de pornire și de accelerare (Figura 5.62, Figura 5.63).

CAZUL 6

- încărcare F=0N;
- normă poluare EURO 2;
- marca OPEL COMBO 1,7DTI
- combustibil motorină;
- agregat de climatizare decuplat
- regim viteza variabil



5.64 Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$

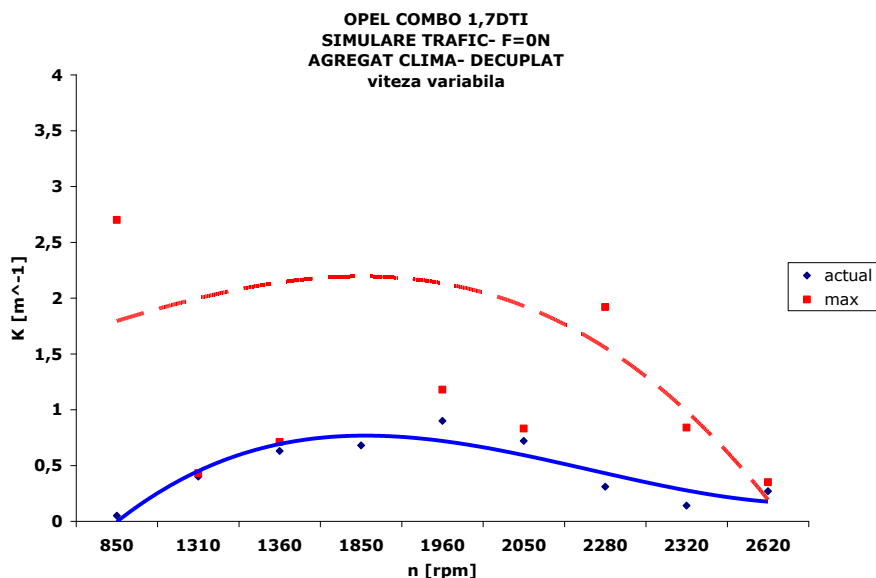


Fig. 5.65 Variația k, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare F=0N, v≠ct

În Figura 5.64 este prezentată legea de variație a opacității, înregistrându-se valori de 30% într-o plajă de valori ale turației cuprinsă între 850-2500rot/min, iar coeficientul absorbției k înregistrează valori sub 1%.

CAZUL 7

- încărcare	F=200N;
- normă poluare	EURO 2;
- marca	OPEL COMBO 1,7DTI
- combustibil	motorină;
- agregat de climatizare	cuplat
- regim viteză	constant

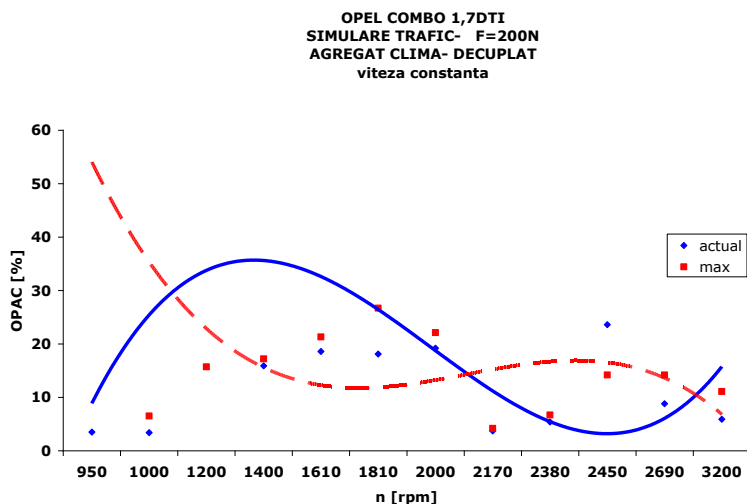


Fig.5.66 Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare F=200N, v=ct

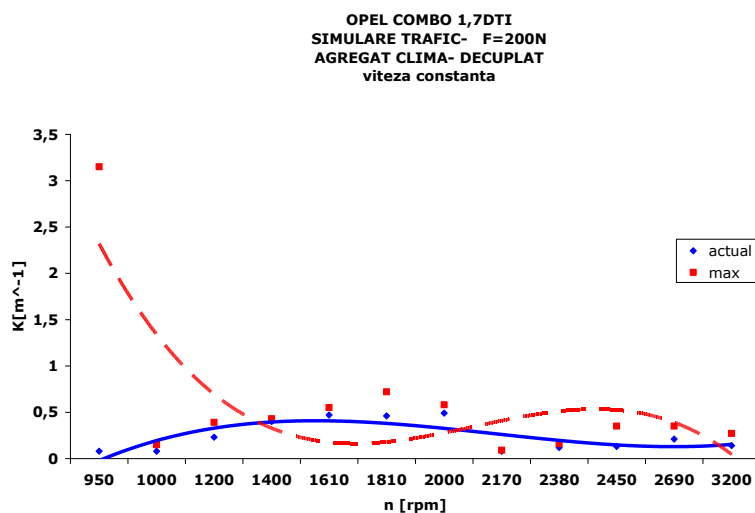


Fig.5.67. Variația k, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare F=200N, v=ct

Se observă o creștere a opacității cu creșterea turației până în jurul valorii de 1500rot/min, după care se observă o scădere până în jurul valorii de 2500rot/min (Figura 5.66.).

CAZUL 8	- încărcare	F=200N;
	- normă poluare	EURO 2;
	- marca	OPEL COMBO 1,7DTI
	- combustibil	motorină;
	- agregat de climatizare	decuplat
	- regim viteză	variabil

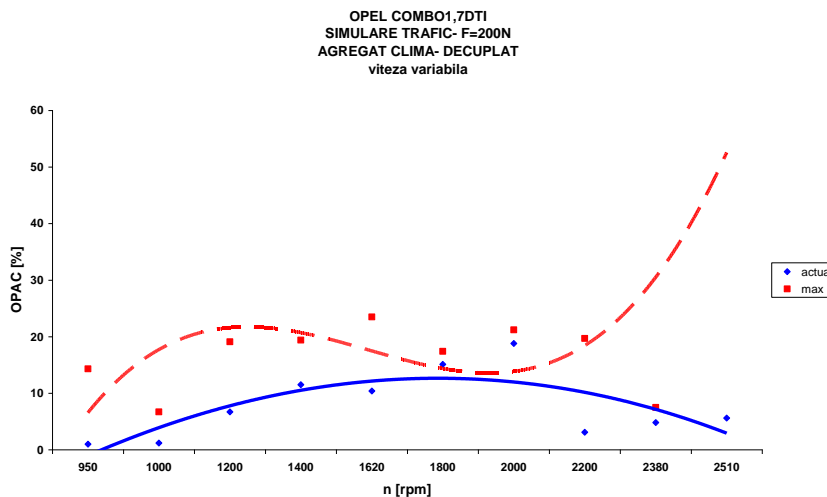


Fig. 5.68 Variația opacității, funcție n (agregat de climatizare decuplat), pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare F=200N, v≠ct

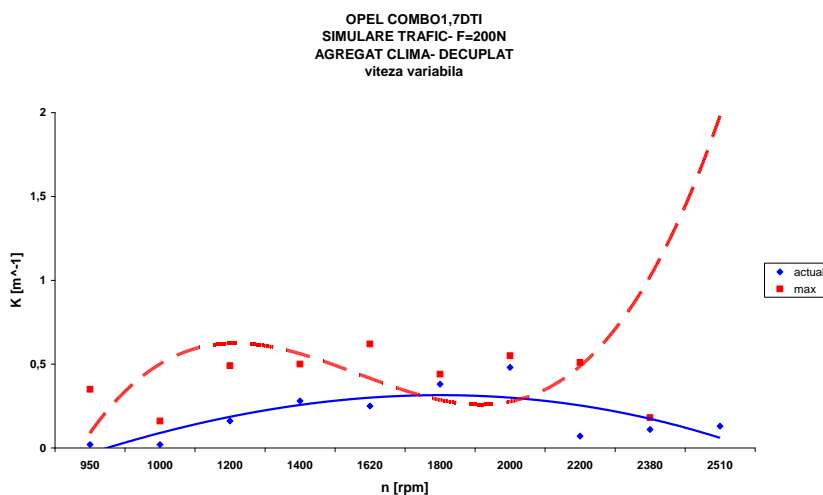


Fig. 5.69 Variația k , funcție de n (agregat de climatizare decuplat), pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare $F=200N$, $v \neq ct$

În condițiile standului descărcat și rulării cu viteză constantă, opacitatea se situează sub nivelul maxim, cu o creștere a opacității la accelerare (Figura 5.68, Figura 5.69)

5.2.3. Compararea rezultatelor experimentale între autovehiculele cu diferite tipuri de motorizari

CAZUL 1 Motoare MAS (BMW-DACIA LOGAN)

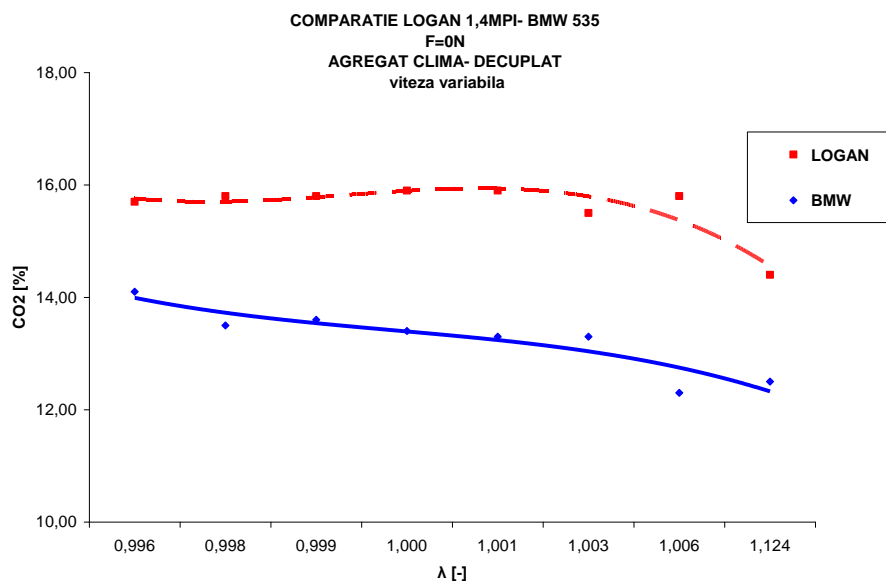


Fig. 5.70 Variația CO_2 , funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), comparativ pentru BMW 535iE28 și DACIA LOGAN1,4MPI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$

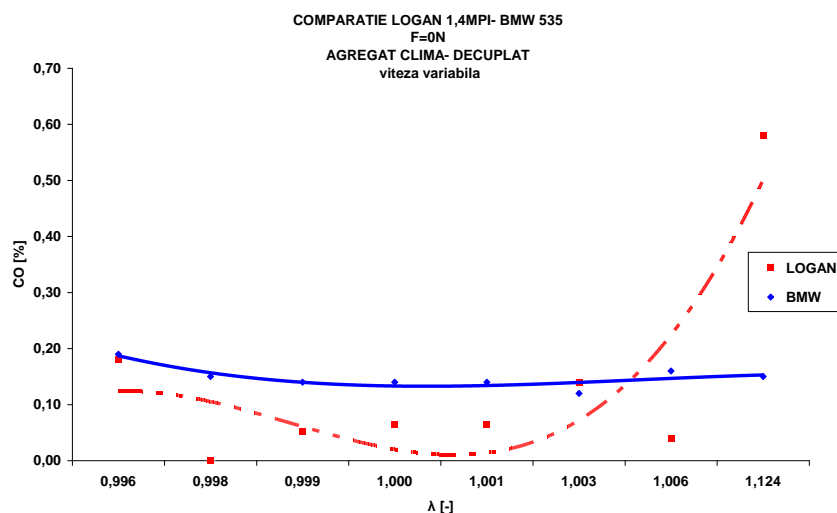


Fig. 5.71 Variația CO, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), comparativ pentru BMW 535iE28 și DACIA LOGAN1,4MPI, încărcare F=0N, $v \neq ct$

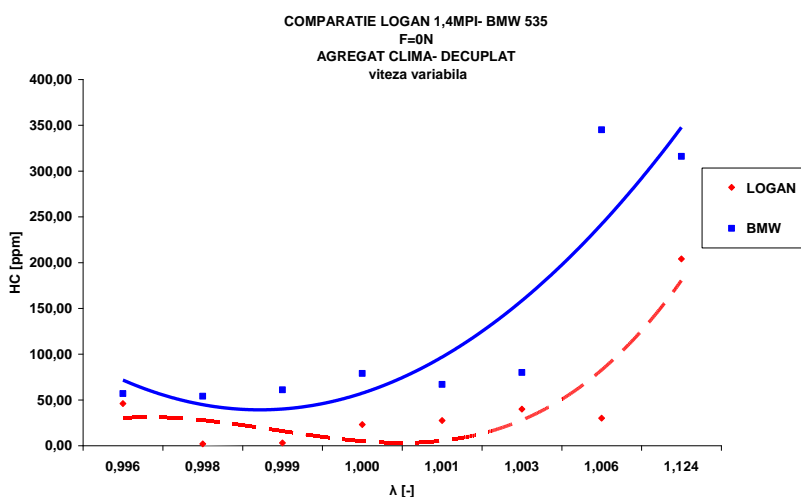


Fig. 5.72 Variația HC, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), comparativ pentru BMW 535iE28 și DACIA LOGAN1,4MPI, încărcare F=0N, $v \neq ct$

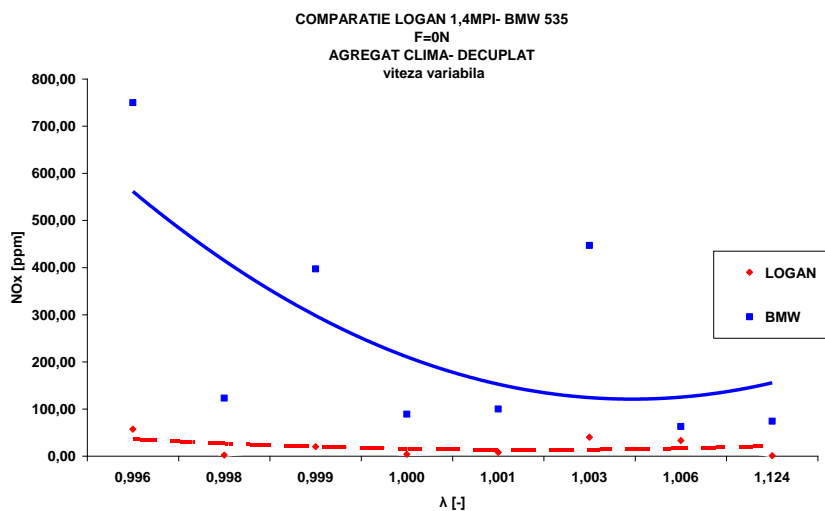


Fig. 5.73 Variația NO_x, funcție de λ (agregat de climatizare decuplat), comparativ pentru BMW 535iE28 și DACIA LOGAN1,4MPI, încărcare F=0N, $v \neq ct$

CAZUL 2 Motoare MAC (SKODA ROOMSTER-OPEL COMBO)

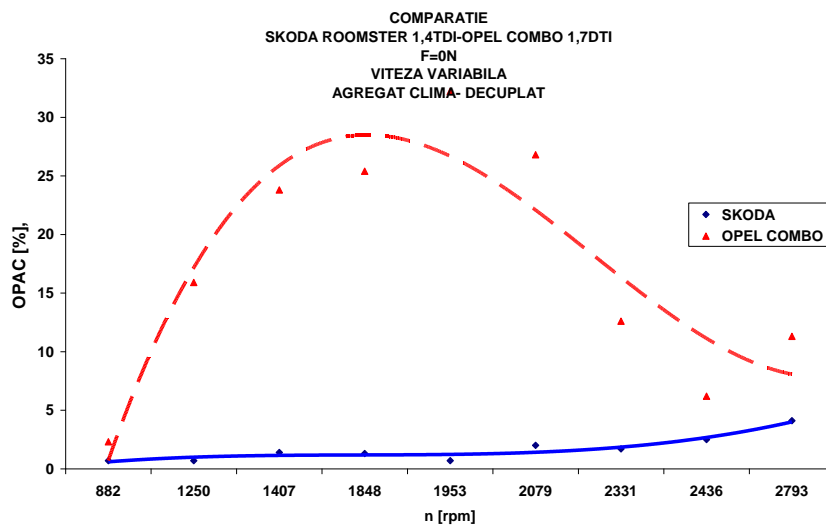


Fig. 5.74 Variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), comparativ pentru SKODA ROOMSTER 1,4 TDI și OPEL COMBO 1,7 DTI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$

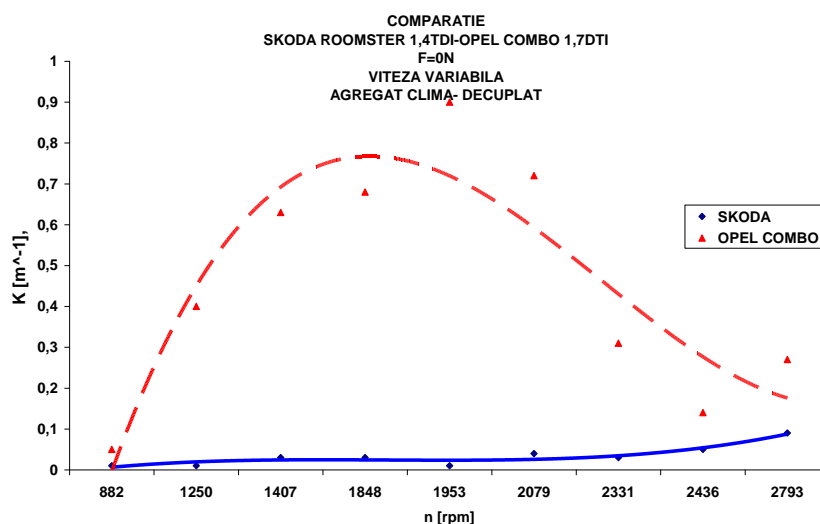


Fig. 5.75 Variația k, funcție de n (agregat de climatizare decuplat), comparativ pentru SKODA ROOMSTER 1,4 TDI și OPEL COMBO 1,7 DTI, încărcare $F=0N$, $v \neq ct$

6. EVALUAREA PRIN CALCUL A NOXELOR EȘAPATE DE AUTOVEHICULELE ECHIPATE CU M.A.I

6.1 Determinarea prin calcul a noxelor eșapate de autovehiculele echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie

Poluarea atmosferei cu gaze și particule determină modificări importante de concentrație nu numai local, dar care se pot manifesta chiar la nivel planetar. În atmosferă se deversează mari cantități de gaze, lichide și solide care, dacă ajung la concentrații mari, modifică condițiile de viață.

Dioxidul de carbon este un produs natural al arderii tuturor combustibililor ce au în structura lor carbon, înregistrându-se propuneri de limitare a acestuia. Perturbațiile climatice tot mai severe datorită efectului de seră au făcut ca la Conferința Internațională de Protecție a Mediului de la Kyoto – Japonia, ce a avut loc la sfârșitul anului 1997, să se stabilească reducerea cantității de CO₂ ajunsă în atmosferă cu 5,4% față de anul 1990 până în 2005.

În lipsa posibilităților de măsurare directă a compoziției gazelor emise de către motoarele cu ardere internă, se propun metodologii pentru evaluarea aproximativă a acestora, care pot fi utile mai ales în studii de dispersie a noxelor în atmosferă, respectiv a imisiilor datorate motoarelor cu ardere internă.

Conținutul de dioxid de carbon se determină cu relația:

$$\text{CO}_2 := \frac{100}{0,329L \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot \lambda + 1} \quad (6.1)$$

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

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

$$L_{\min} := \left(\frac{1}{0,21}\right) \cdot \left[\left(\frac{8}{3}\right) \cdot c + 8 \cdot h - o + s\right] \quad (6.2)$$

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

$$\text{O}_2 := \left[\frac{0,21 \cdot (\lambda - 1) \cdot L_{\min} + o}{L_r + 1}\right] \cdot 100 \quad (6.3)$$

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

$$L_r := \lambda \cdot L_{\min} \quad (6.4)$$

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:

$$\text{CO}_2 := \frac{100}{0,416L_{\min} \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) - 3 \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot \left(1 + \frac{c}{h}\right)} \quad (6.5)$$

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

$$\text{CH}_4 := 0,211 + 0,0174 \cdot \text{CC} \quad (6.6)$$

Monoxidul de carbon se determină cu relația:

$$\text{CO} := \frac{2897 - 12,01 \cdot L_{\min} \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot (\text{CO}_2 + 0,21) \cdot \lambda}{12,313L \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot \lambda} \quad (6.7)$$

Cu precizie medie se evaluează azotul:

$$\text{N}_2 := 0,329 \cdot L_{\min} \cdot \text{CO}_2 \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) \cdot \lambda \quad (6.8)$$

Hidrogenul poate fi calculat cu precizie bună:

$$\text{H}_2 := 0,0853 + 0,778 \cdot \text{CO} + 0,0869 \cdot \text{CO}^2 - 0,0076 \cdot \text{CO}^3 + 0,0003 \cdot \text{CO}^4 \quad (6.9)$$

Hidrocarbura C_6H_{14} din gazele de evacuare, cu precizie bună:

$$\text{C}_6\text{H}_{14} = 100 - \text{CO}_2 - \text{CO} - \text{O}_2 - \text{H}_2 - \text{N}_2 \quad (6.10)$$

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

$$\text{NO} := 5,75 \cdot M_K \cdot \frac{\left[\text{CO}_2 + 2 \cdot \text{O}_2 - \text{H}_2 + \left[\left(6 \cdot \frac{h}{c}\right) + 1 \right] \cdot (\text{CO}_2 + \text{CO}) \right]}{2,38 \cdot M_L \cdot \left(1 + \frac{h}{c}\right) - 5,75 \cdot M_K} \quad (6.11)$$

și hidrocarburile totale prezente în gazele de evacuare:

$$|\text{HC}| = 0,396 \cdot \left[(2 \cdot |\text{CO}_2| + |\text{CO}| + |\text{H}_2\text{O}| + 2 \cdot |\text{O}_2|) + 12 \cdot \lambda \cdot L_{\min} \cdot M_K \cdot (|\text{CO}_2| + |\text{CO}|) \right] \quad (6.12)$$

unde:

M_L este masa molară a aerului, în kg/kmol

M_K este masa molară a combustibilului, în kg/kmol

$$H_2O := \left(\frac{\rho_{H_2} H_2}{2 \cdot \rho_{H_2O}} \right) + \left(\frac{\rho_{O_2} O_2}{16 \cdot \rho_{H_2O}} \right) \quad (6.13)$$

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

$$\rho := \rho_0 \cdot \left(\frac{p}{p_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) \quad (6.14)$$

Este de menționat că, adeseori în literatura de specialitate, oxizii de azot din gazele de evacuare se notează cu NO_x .

Producătorul prevede ca valoarea λ să fie corectă (pentru vehicule din producția actuală) pe baza încercărilor și cercetărilor vehiculelor aflate în producție, (conform StVZO se folosește relația lui BRANSTETER).

Relația lui BRANSTETER:

$$\lambda = A_1 \cdot A_2 \quad (6.15)$$

$$A_1 = \frac{21}{21 + 50 \cdot \mu \cdot x \cdot \frac{[CO]/[CO_2]}{K + [CO]/[CO_2]}} \quad (6.16)$$

$$A_2 = \frac{[CO_2] + \frac{[CO]}{2} + [O_2] + \frac{[NO]}{2} + \left(\frac{H_{cv}}{4} \cdot \frac{K}{K + [CO]/[CO_2]} - \frac{O_{cv}}{2} \right) \cdot ([CO_2] + [CO]) - \frac{W_{cv}}{2} \cdot (...)}{\left(1 + \frac{H_{cv}}{4} - \frac{O_{cv}}{2} \right) \cdot ([CO_2] + [CO] + K_1 \cdot [HC])} \quad (6.17)$$

unde:

x - umiditatea aerului, în kg vapori de apă/kg aer, care este o fracție cu o valoare mică
 $A_1=1$ impus (ales)

W_{cv} - raportul apă/carbon, $W_{cv} = 0$

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

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

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

K_1 - factor de transformare indicat de producător

$NO/2$ - oxid de azot, $NO/2 = 0 \text{ ppm}/2 = 0$

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 este necesar ca valorile (de măsură) utilizate în calculul lui λ (CO_2 , CO , HC și O_2) și constantele să poată fi verificate la nevoie pentru valoarea λ situată în limita marjei de toleranță față de valoarea impusă prin normele tehnice.

6.2. Comparații ale rezultatelor experimentale pentru autovehiculele încercate în condițiile cu și fără climatizarea habitaculului

Cazul 1. - încărcare $F=0\text{N}$;
 - normă poluare EURO 3;
 - marca LOGAN 1,4 MPI
 - combustibil benzină;

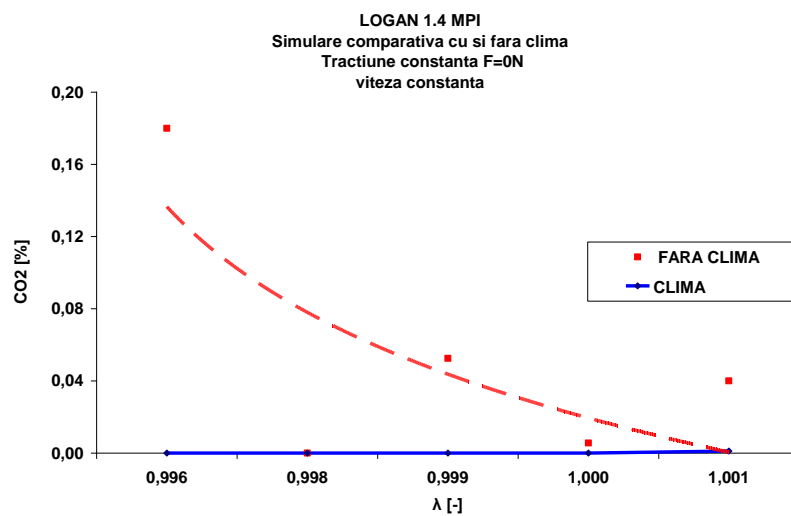


Fig.6.1 Comparație privind variația CO_2 , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=0\text{N}$, $v=ct$

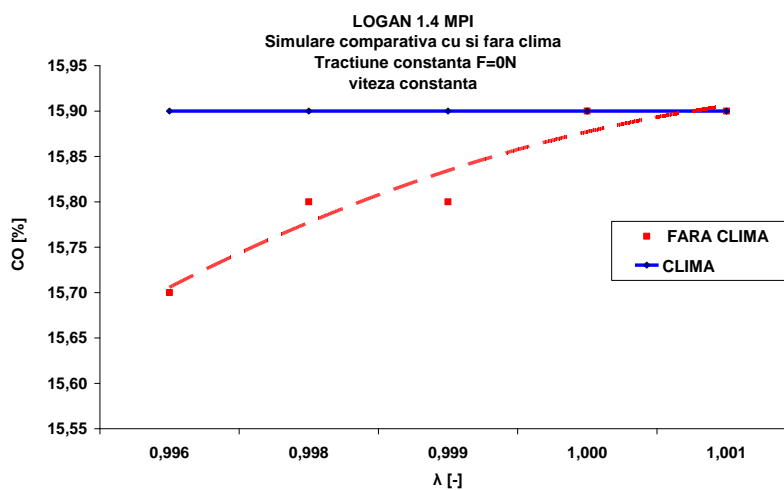


Fig.6.2 Comparație privind variația CO , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=0\text{N}$, $v=ct$

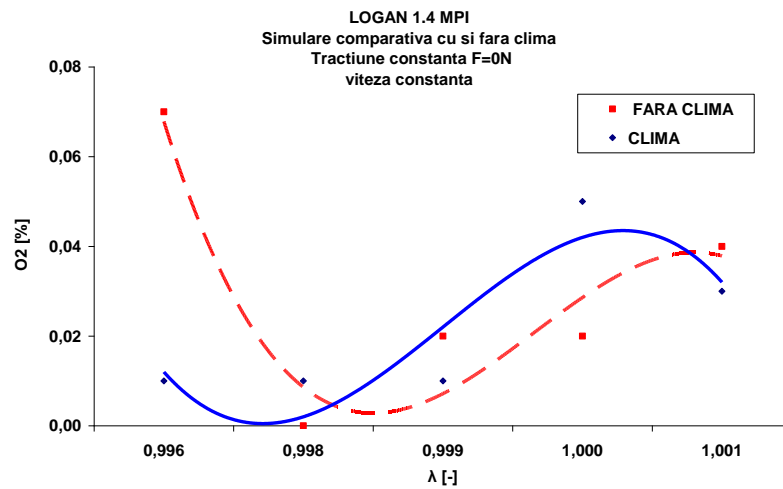


Fig.6.3 Comparație privind variația O₂, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N, v=ct

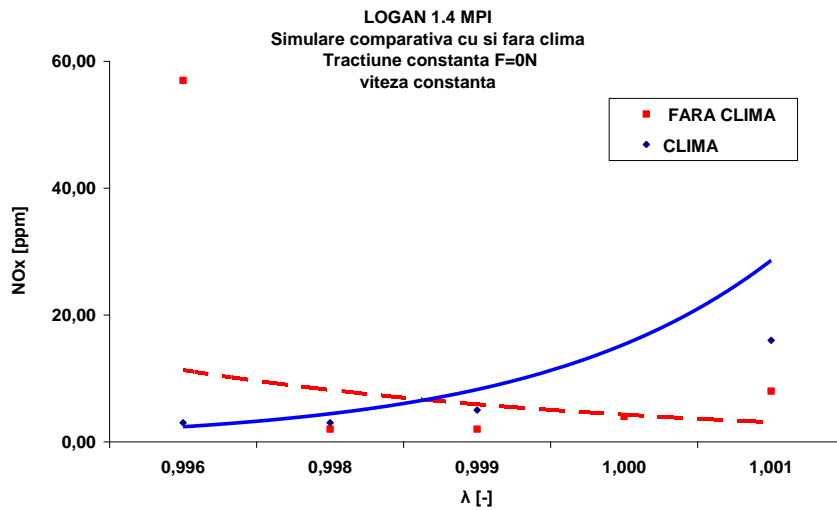


Fig.6.4 Comparație privind variația NO_x, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N, v=ct

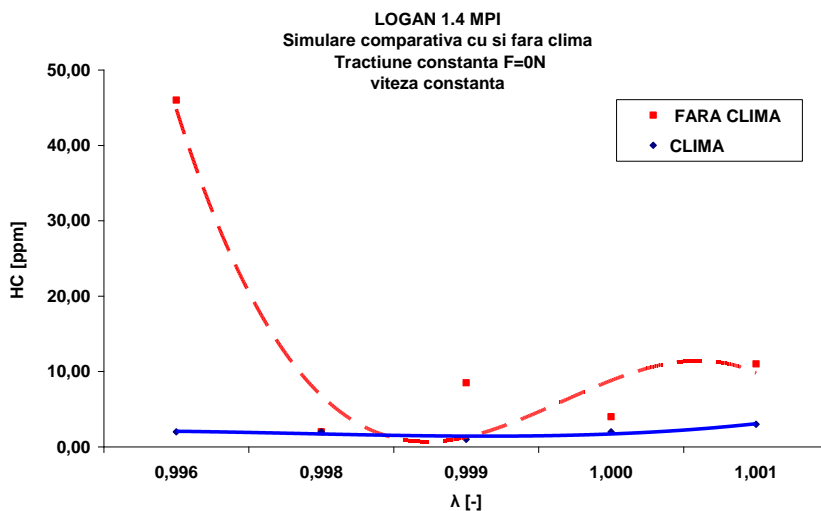


Fig.6.5 Comparație privind variația HC, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=0N, v=ct

În condițiile simulării rulării la tracțiune constantă $F=0N$, pentru autovehiculul echipat cu MAS EURO 3, s-a realizat un studiu comparativ al variației noxelor funcție de climatizarea sau nu a habitaculului. În aceste condiții s-au înregistrat valori mai ridicate ale concentrației de CO_2 și HC (Figura 6.1 și Figura 6.5), la funcționarea cu agregat de climă decuplat, lucru explicat de regimul termic ridicat al motorului.

Variația concentrației de O_2 (Figura 6.3) are o alură descrescătoare de la pornire spre zona amestecurilor bogate și crescătoare în zona amestecurilor sărace, înregistrând valori scăzute în regim economic de funcționare indiferent dacă habitacul este climatizat sau nu. CO (Figura 6.2) prezintă o tendință ascendentă cu creșterea excesului de aer la funcționare în condițiile neclimatizării habitaculului, iar în condițiile climatizării acestuia are o evoluție aproape constantă pe măsura sărăcirii amestecului.

Emisiile de NO_x (Figura 6.4) prezintă valori mai mici în situația climatizării habitaculului decât fără climă la amestecuri bogate, iar pe măsura sărăcirii amestecului situația se inversează. Această situație se explică prin regimul termic ridicat al motorului.

Cazul 2. - încărcare $F=200N$;
 - normă poluare EURO 3;
 - marca LOGAN 1,4 MPI
 - combustibil benzină;

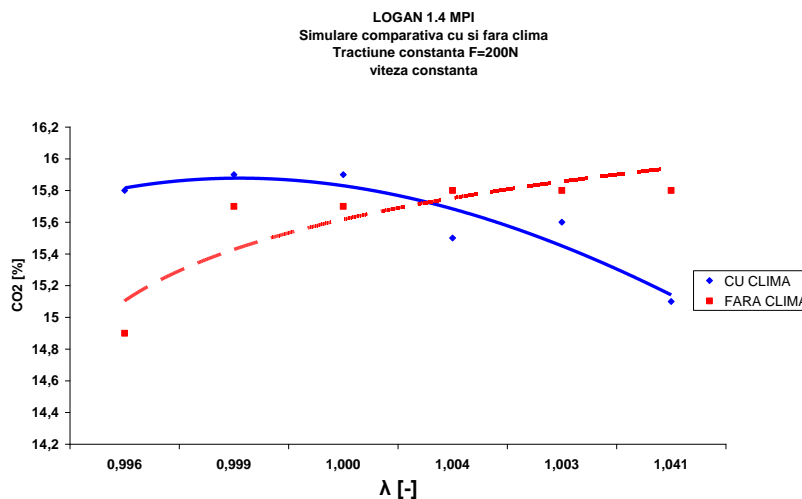


Fig.6.6 Comparație privind variația CO_2 , funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=200N$, $v=ct$

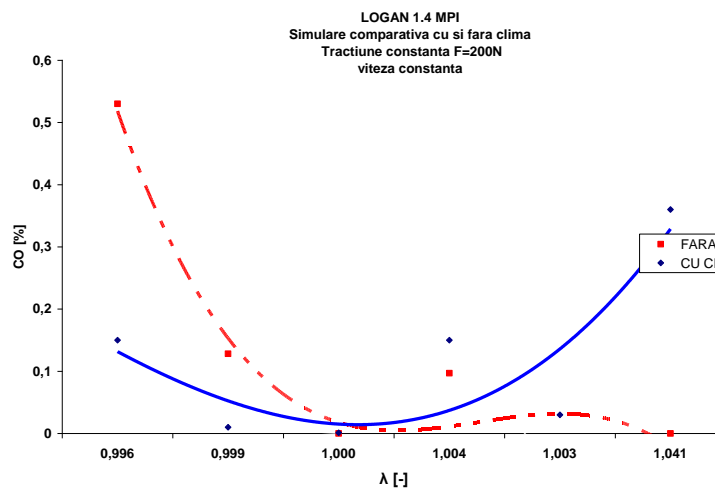


Fig.6.7 Comparație privind variația CO, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare $F=200N$, $v=ct$

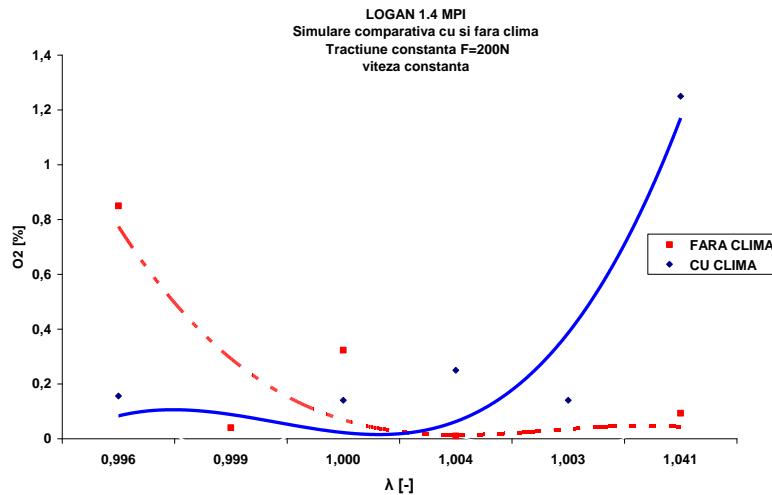


Fig.6.8 Comparație privind variația O₂, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N, v=ct

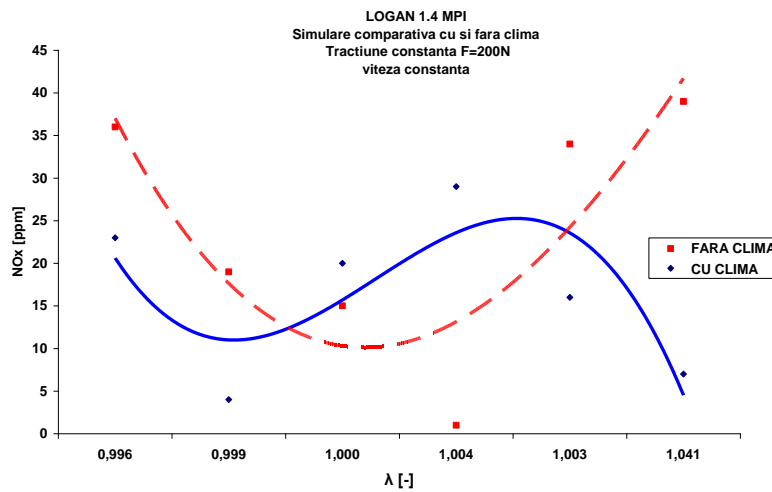


Fig.6.9 Comparație privind variația NO_x, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N, v=ct

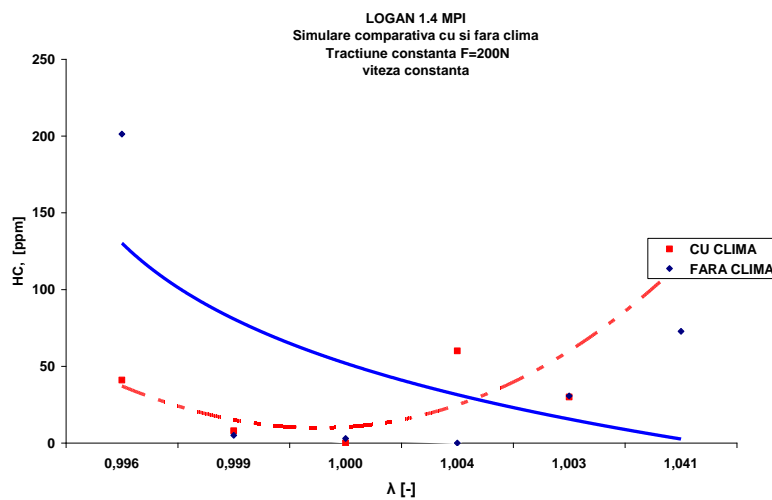


Fig.6.10 Comparație privind variația HC, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru DACIA LOGAN 1,4MPI, încărcare F=200N, v=ct

Simularea rulării autovehiculului LOGAN 1,4 MPI pe standul încărcat cu 200N s-a realizat în scopul comparării emisiilor poluante în condițiile habitaculului climatizat sau nu. Variația concentrației de CO₂ prezintă o alură crescătoare în situația în care habitacul nu este climatizat, fiind ridicată, pe când în situația climatizării habitaculului are o variație descendentă, ambele situații înregistrând valori ridicate ale concentrației de CO₂ (figura 6.6). La funcționarea motorului fără climatizarea habitaculului, valori ridicate ale emisiei de CO (Figura 6.7) se înregistrează în zona amestecurilor bogate, iar la atingerea regimului economic de funcționare, concentrațiile acestuia se stabilizează la valori foarte scăzute. Variația CO în condițiile climatizării habitaculului înregistrează valori scăzute la funcționare economică și chiar în zona amestecurilor bogate, iar pe măsura scăderii acestuia valorile măsurate prezintă o variație ascendentă. Valori ridicate la funcționarea cu agregatul de climă decuplat se înregistrează la amestecuri sărace, urmând ca la îmbogățirea acestora să se stabilizeze în zona valorilor minime. Se constată că emisia de NO_x este ridicată la amestecuri sărace și bogate cu agregat cuplat, iar la sarcină plină, NO_x (Figura 6.9) înregistrează cele mai mici valori.

În situația culpării agregatului de climatizare variația curbei de NO_x prezintă inflexiuni și se remarcă creșterea de la $1,00 < \lambda < 1,003$ după care scade. La funcționarea cu habitacul climatizat, valori ridicate se înregistrează în condițiile în care λ are tendințe de sărăcire, iar la funcționarea cu habitacul neclimatizat din zona amestecurilor bogate spre zona amestecurilor sărace se constată o continuă scădere a emisiilor de HC (Figura 6.10).

Regimul termic ridicat al motorului este responsabil de variația emisiilor poluante mai ridicate prezente în situația neclimatizării habitaculului.

În concluzie, se poate spune că la regim termic ridicat al motorului, situația climatizării habitaculului este preferată din punct de vedere al emisiilor poluante chiar dacă puterea motorului este afectată.

Pierderea de putere nu influențează semnificativ performanțele motorului care, la funcționarea în regim tranzitoriu, nu ajunge la sarcină maximă.

Cazul 3.	<ul style="list-style-type: none"> - încărcare - normă poluare - marca - combustibil 	<ul style="list-style-type: none"> F=0N; EURO 2; OPEL COMBO 1,7DTI motorină;
----------	--	--

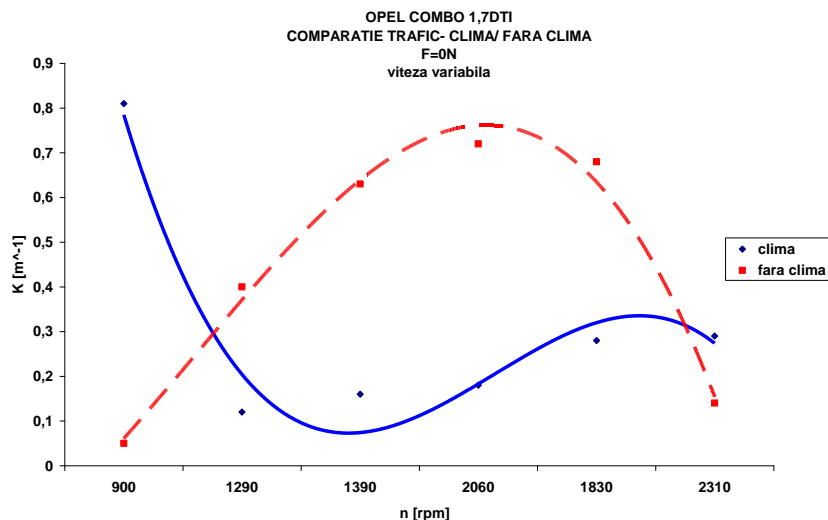


Fig.6.11 Comparație privind variația coeficientului k, funcție de n (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare F=0N, v≠ct

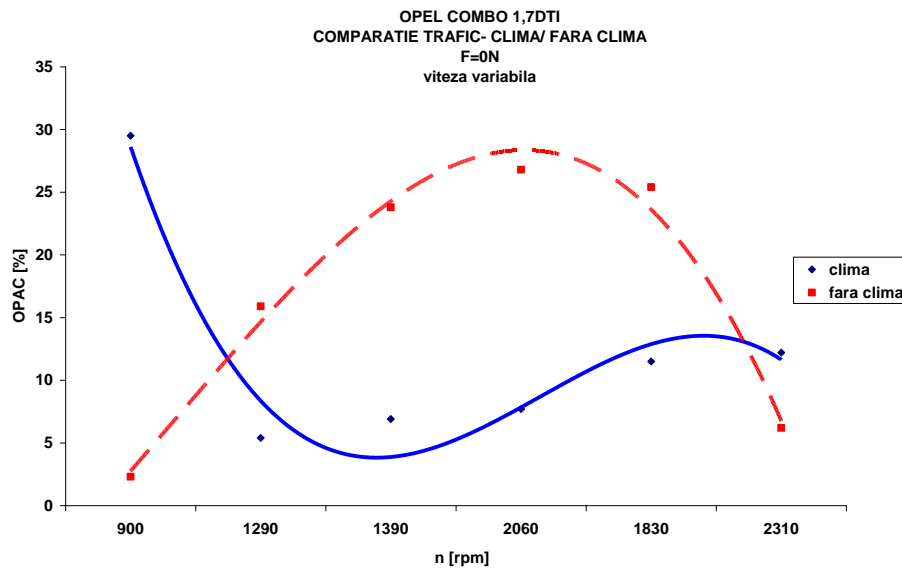


Fig.6.12 Comparație privind variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare F=0N, $v \neq ct$

În cazul autovehiculelor echipate cu motoare cu aprindere prin comprimare, la simularea rulării pe standul descărcat F=0N, variația opacității crește cu creșterea turației până în jurul valorii de 2000 rot/min după care scade în cazul funcționării cu habitacul neclimatizat. În cazul funcționării autovehiculului cu habitacul climatizat, se observă o scădere de la valori de 30% la turații scăzute până la valori de 5% la turații de 1300 rot/min, după care se constată o creștere a acesteia. Opacitatea scade odată cu stabilizarea regimului de funcționare.

Coeficientul de absorbție k are aceeași variație ca și opacitatea pentru cele două situații: habitacul climatizat sau neclimatizat.

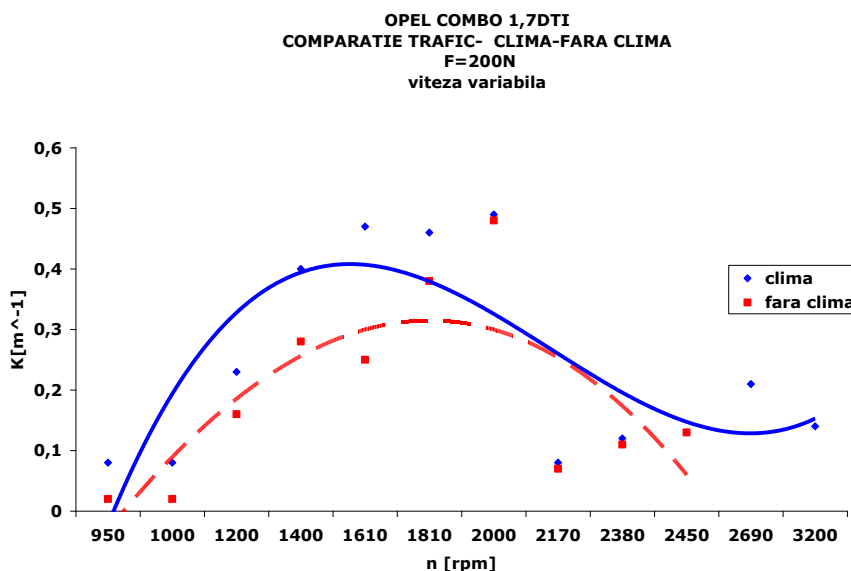


Fig.6.13 Comparație privind variația coeficientului k, funcție de n (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare F=200N, $v \neq ct$

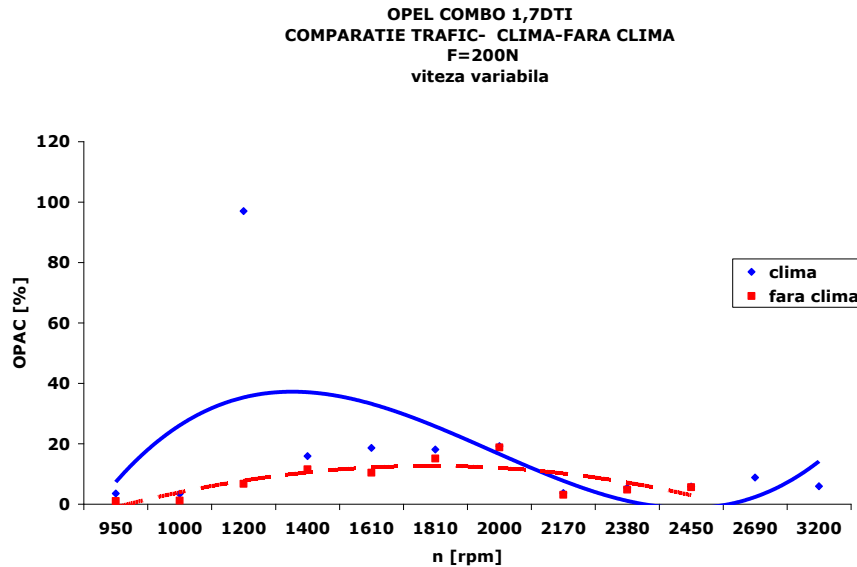


Fig.6.14 Comparație privind variația opacității, funcție de n (agregat de climatizare cuplat/decuplat) pentru OPEL COMBO 1,7DTI, încărcare F=200N, $v \neq ct$

Variația concentrației opacității are aceeași alură ca și în situația standului descărcat în condițiile funcționării cu habitacul neclimatizat, diferența constând doar în reducerea cu 10% a valorilor înregistrate, pe când în situația habitaculului climatizat se observă o creștere a opacității până în jurul turației de 1500 rot/min, când se atinge maximul valorii opacității, după care scade la valori minime, înregistrând creșteri la funcționarea motorului în sarcină.

Coefficientul de absorbție k, indiferent de cuplarea sau decuplarea agregatului de climatizare, are o variație ascendentă cu valori mai ridicate pentru situația agregatului cuplat, până în jurul valorii de 1500 rot/min, după care se constată o scădere.

6.3. Comparații între mărimile calculate și mărimile obținute în urma cercetărilor experimentale

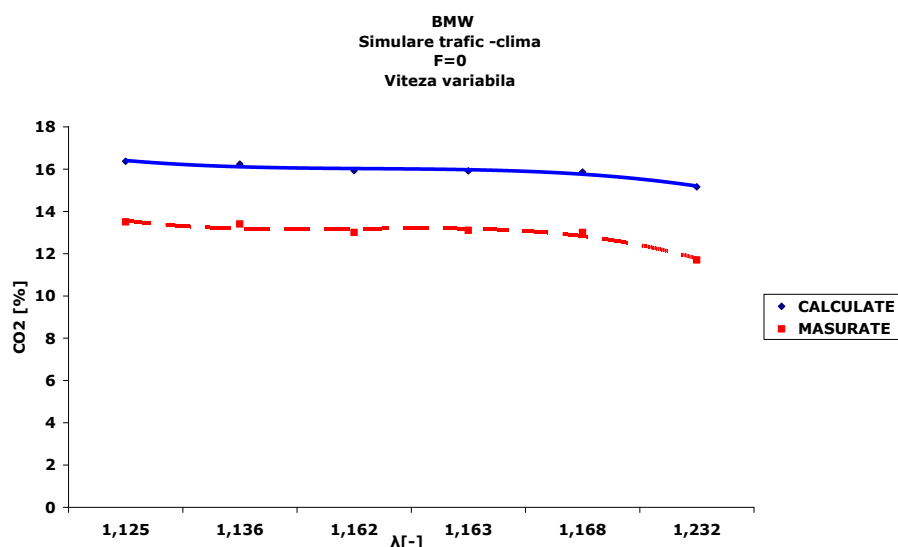


Fig.6.15 Comparație între CO₂ măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N, $v \neq ct$

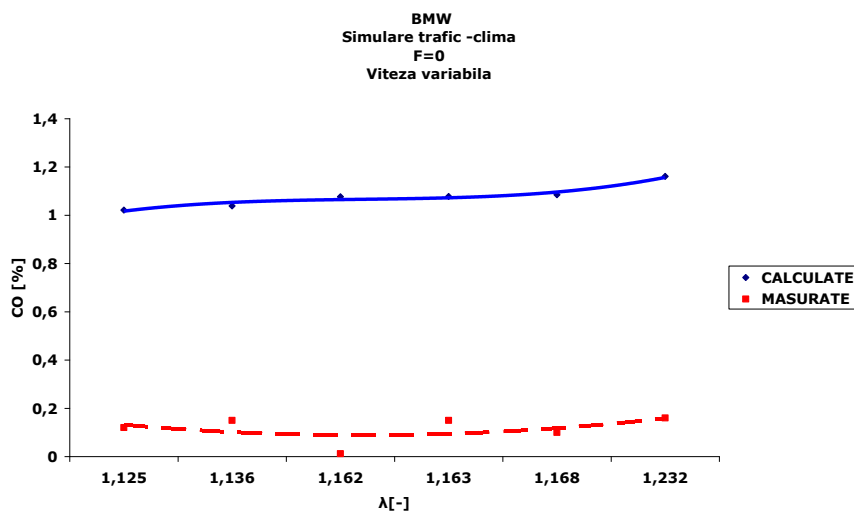


Fig.6.16 Comparație între CO măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N, $v \neq ct$

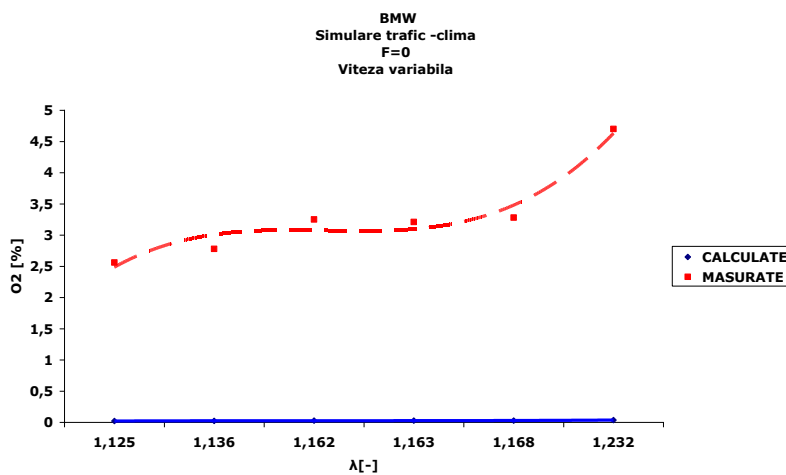


Fig.6.17 Comparație între O₂ măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N, $v \neq ct$

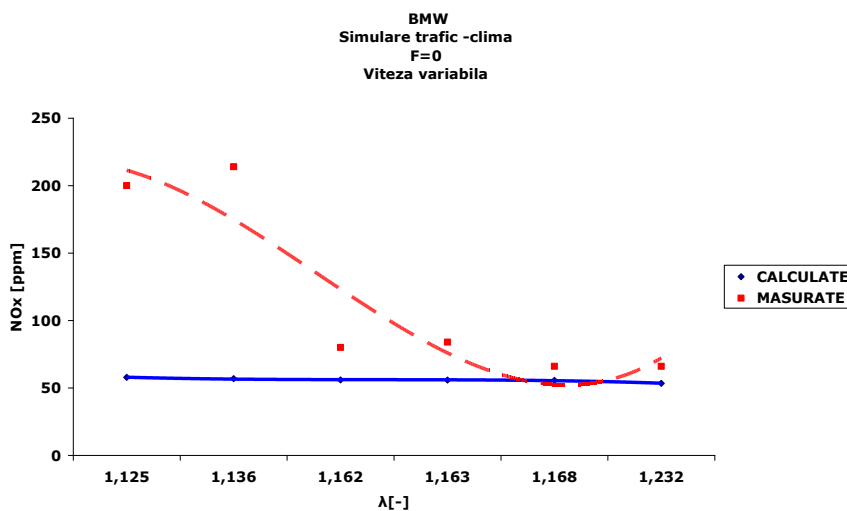


Fig.6.18 Comparație între NO_x măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N, $v \neq ct$

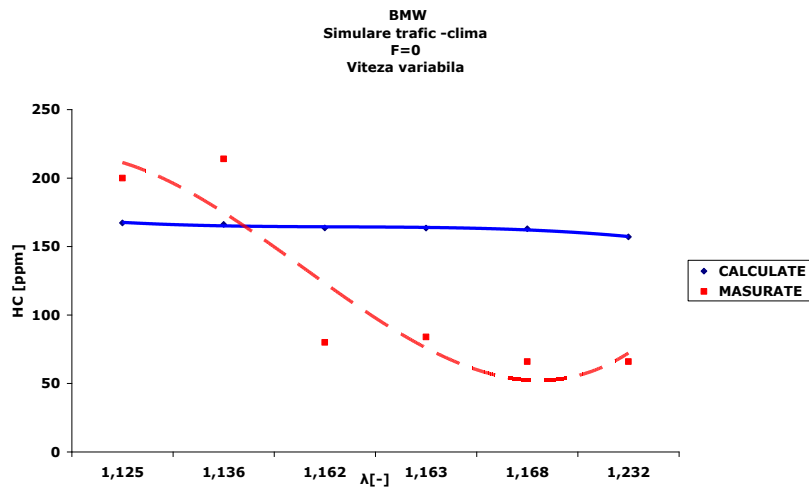


Fig.6.19 Comparație între HC măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare F=0N, $v \neq ct$

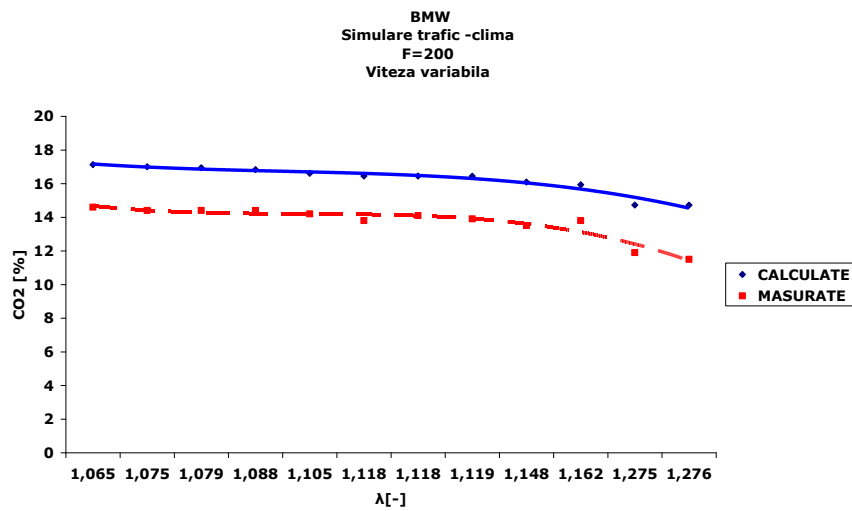


Fig.6.20 Comparație între CO₂ măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N, $v \neq ct$

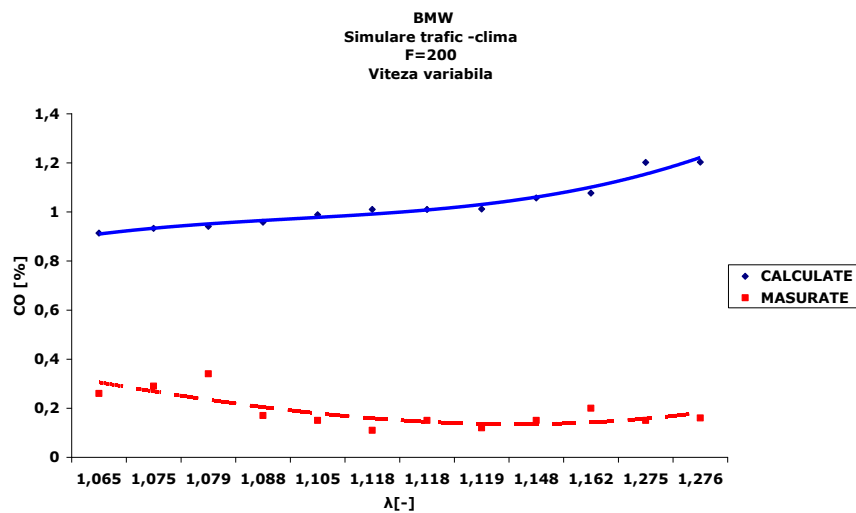


Fig.6.21 Comparație între CO măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N, $v \neq ct$

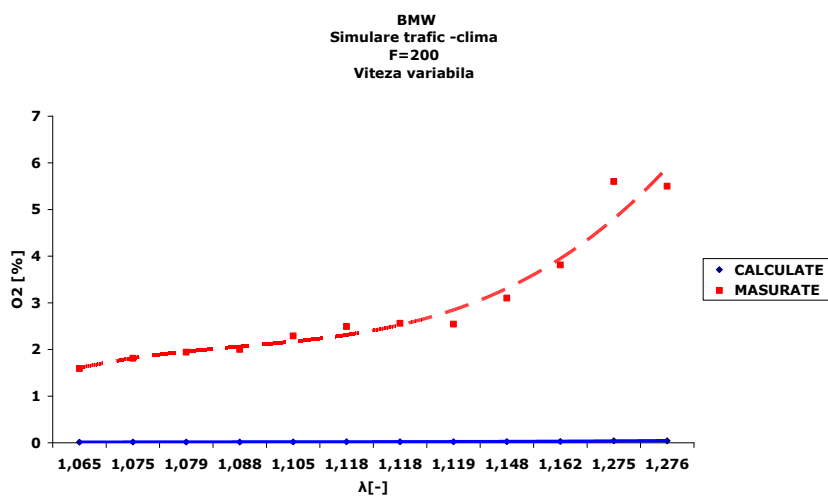


Fig.6.22 Comparație între O₂ măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N, $v \neq ct$

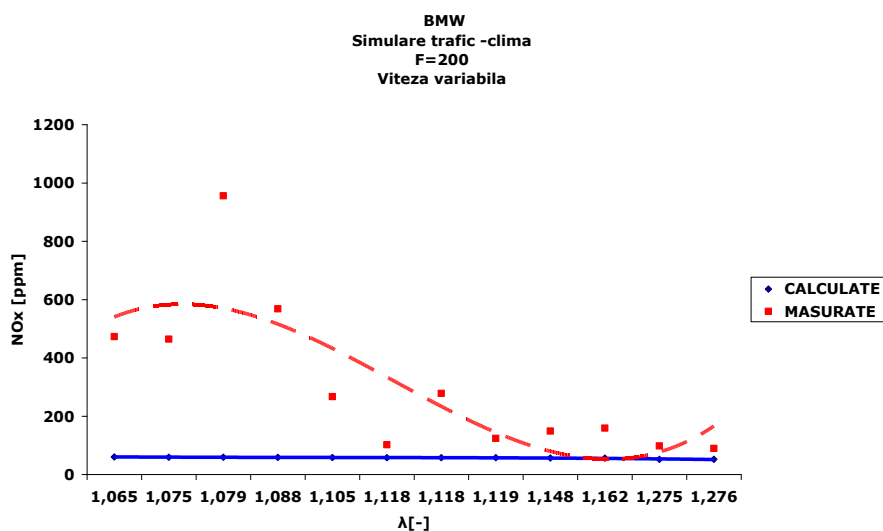


Fig.6.23 Comparație între NO_x măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N, $v \neq ct$

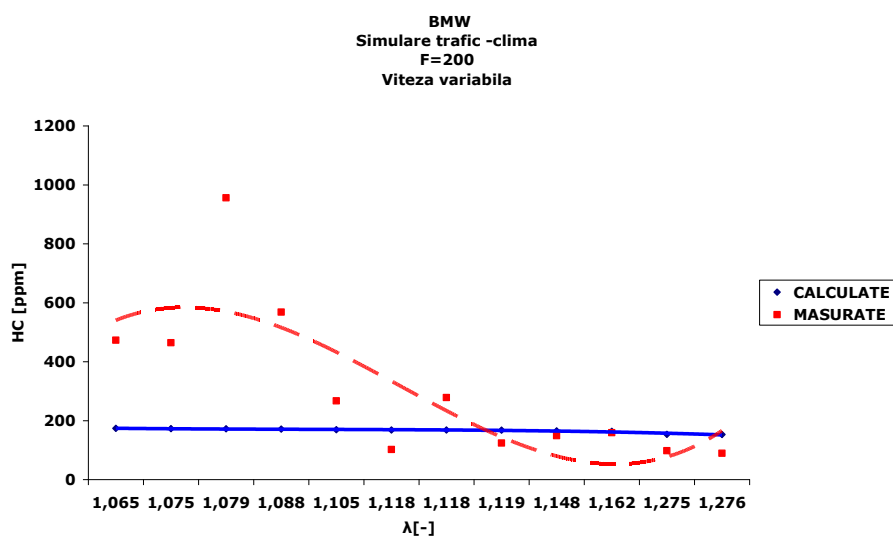


Fig.6.24 Comparație între HC măsurat/calculat, funcție de λ (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28, încărcare F=200N, $v \neq ct$

În acest subcapitol s-a realizat o analiză comparativă între mărimile calculate și cele obținute experimental, ale noxelor eşapate de autovehiculul BMW 535i echipat cu motor cu aprindere prin scântei în condițiile climatizării habitaculului și rulării cu viteză variabilă. S-au analizat două situații diferite privind încărcarea standului, și anume: situația standului descărcat și situația standului încărcat cu 200N (simulare de sarcină la rulare).

Se constată că variația curbelor prezintă aceeași alură în cele două situații analizate, diferența constând în valoarea concentrațiilor, și anume valorile sunt cu 50% mai mari în cazul standului încărcat cu 200N. Emisiile determinate analitic se situează peste cele măsurate.

Se poate afirma că, în lipsa aparatelor de evaluare a emisiilor eşapate de autovehiculele echipate cu MAS, relațiile analitice sunt acoperitoare.

6.4. Realizarea studiului comparativ al rezultatelor experimentale obținute în condiții de cale cu cele simulate

Evaluarea posibilității de a simula pe stand rularea autovehiculelor în trafic s-a realizat în două situații diferite, prin parcurgerea următorilor pași:

Situația I

- stabilirea unui traseu care să cuprindă cel puțin o intersecție semaforizată și una ne semaforizată, treceri pentru pietoni semaforizate și ne semaforizate;
- parcurgerea traseului;
- simularea parcurgerii traseului pe standul cu role;
- crearea în laborator a condițiilor climatice similare cu cele din trafic.

Au fost făcute evaluări asupra unui autovehicul echipat cu MAS (alimentat atât cu benzină, cât și cu GPL) –BMW 535i.

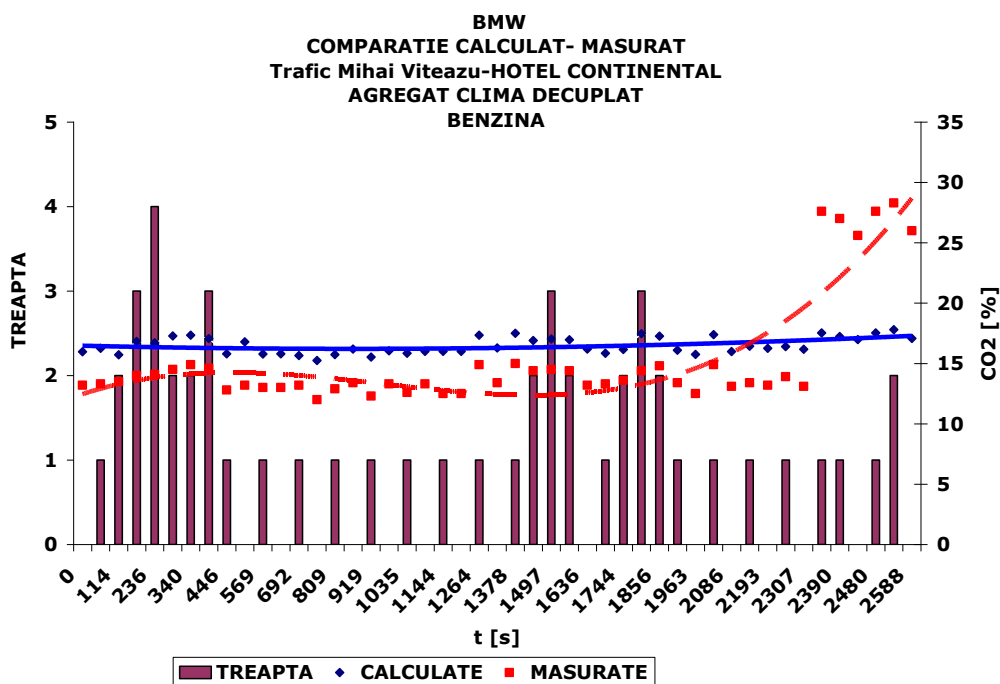


Fig.6.25 Comparație între CO₂ măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină

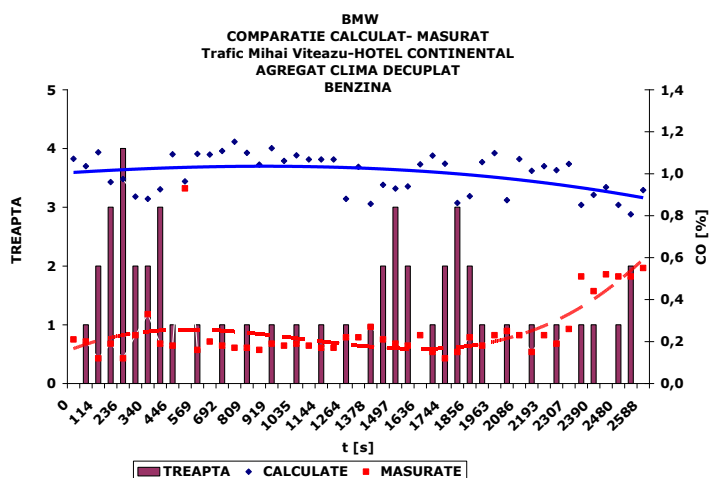


Fig.6.26. Comparație între CO măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină

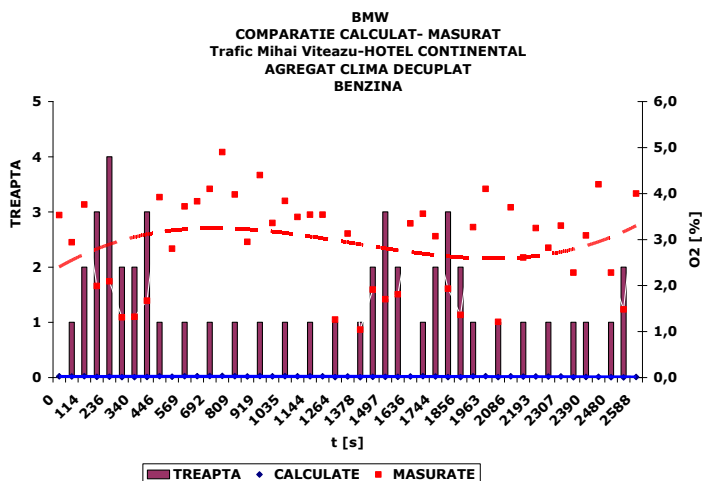


Fig.6.27. Comparație între O₂ măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină

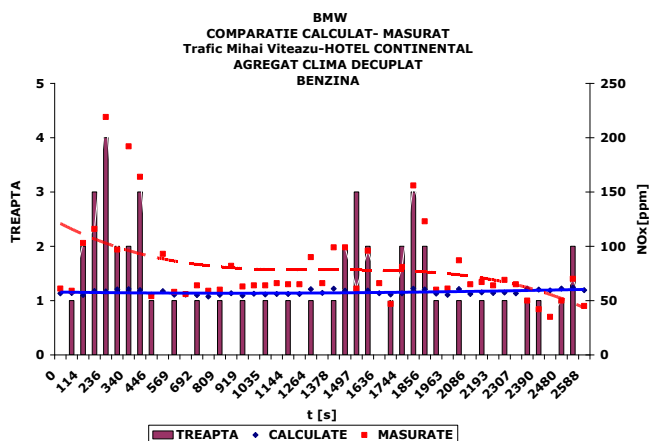


Fig.6.28. Comparație între NO_x măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină

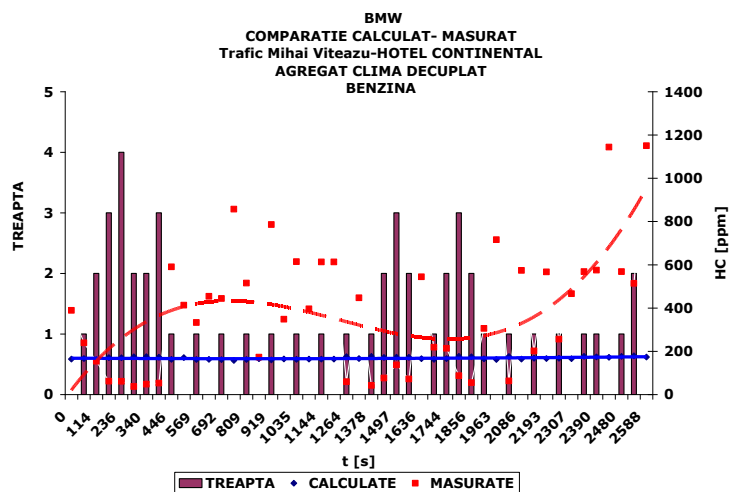


Fig.6.29. Comparație între HC măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină

În condițiile în care autovehiculul este alimentat cu benzină, se observă că emisia de CO₂ înregistrează concentrații în jurul valorii de 15% în primele 35 minute de funcționare, timp în care s-a rulat trecând prin toate regimurile de funcționare de la mers în gol la regim de sarcină, trecând prin toate treptele de viteză, de la treapta I la treapta IV. Simulând traseul real prestabilit odată cu creșterea regimului termic al motorului, se constată o evoluție crescătoare până la atingerea concentrației de 30%. Mărimile calculate sunt relativ apropiate de cele măsurate pentru primele 35 minute de funcționare după care cele măsurate depășesc valorile calculate care se mențin aproape constante. Legea de variație a CO se situează sub valoarea de 6% prezentând ușoare inflexiuni odată cu timpul, valorile măsurate pentru CO situându-se mult sub cele calculate. Oxigenul din gazele de ardere are o variație mică pe măsura creșterii timpului de funcționare și se situează în plaja de valori cuprinse între 3% și ≈ 4%.

Valori ridicate ale concentrației de NO_x se înregistrează la accelerare (în jurul valorii de 200 ppm) și în trepte superioare de viteză, observându-se o scădere a acestora în treptele inferioare de viteză. Valorile măsurate se situează puțin peste cele calculate observându-se diferențe mari doar la accelerare. Concentrațiile de HC se comportă invers decât cele de NO_x, adică la trepte superioare de viteză valorile sunt scăzute, înregistrând valori mari până la 1000ppm în regim de mers în gol și la trepte inferioare de funcționare.

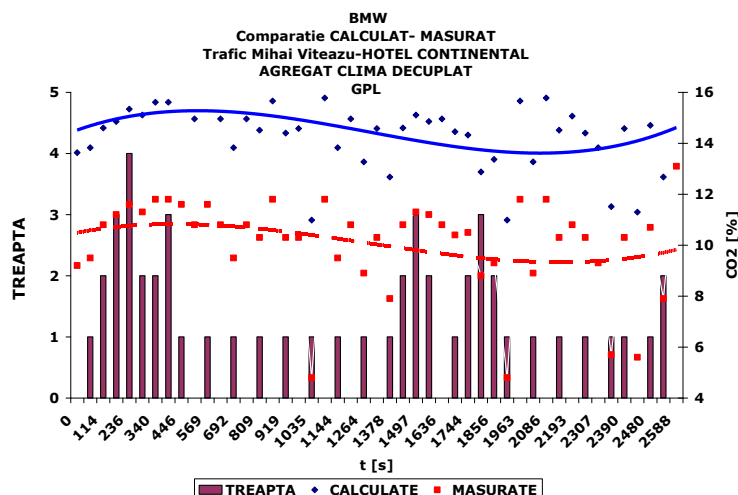


Fig.6.30. Comparație între CO₂ măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu GPL

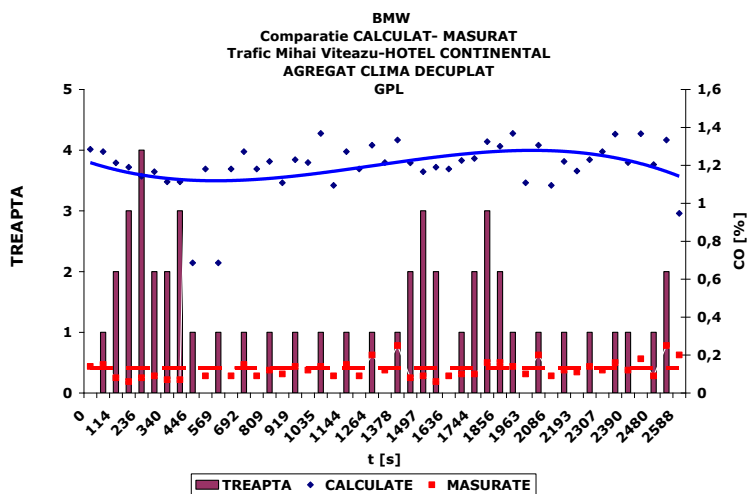


Fig.6.31 Comparație între CO măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu GPL

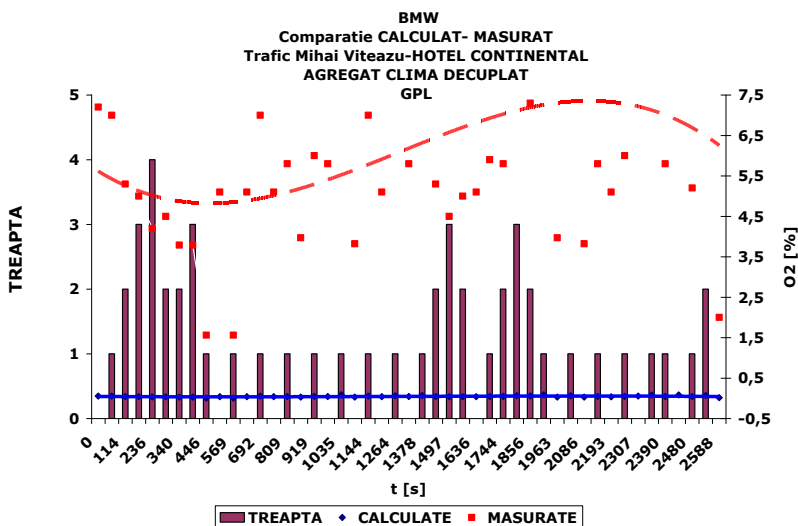


Fig.6.32 Comparație între O₂ măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu GPL

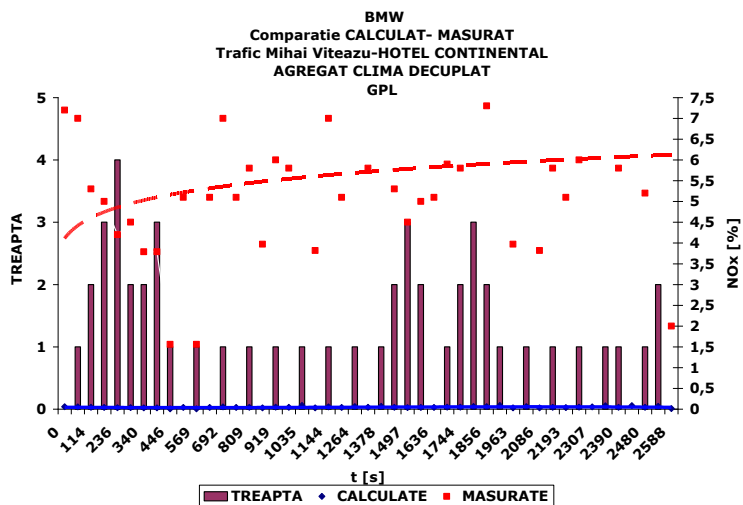


Fig.6.33 Comparație între NO_x măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu GPL

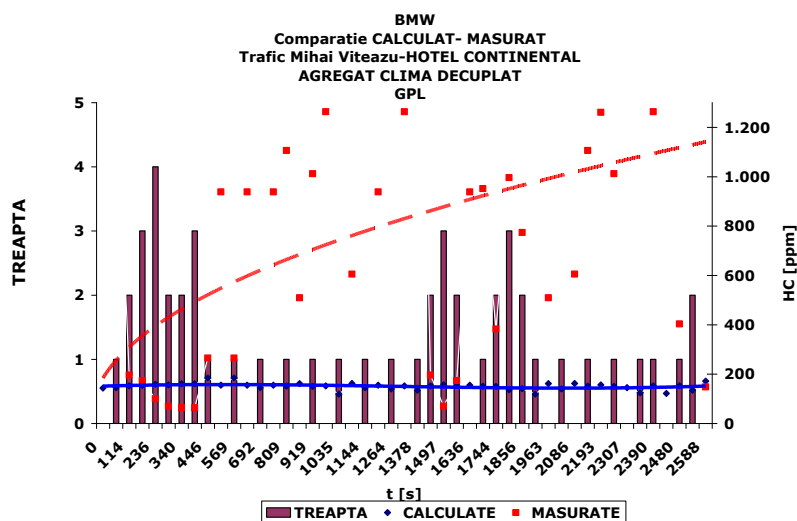


Fig.6.34 Comparație între HC măsurat/calculat, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu GPL

În cazul funcționării autovehiculului cu GPL se observă o scădere semnificativă a concentrației emisiei de CO_2 , de la 15% la 10% față de funcționarea cu benzină în toate regimurile de funcționare. Mai mult, la creșterea regimului termic al motorului, scăderea concentrației de CO_2 în gazele eşapate este și mai relevantă, de la 30% la 10%. Valorile măsurate se situează sub cele calculate, curbele de variație prezentând aceeași alură.

Emisiile de CO, la funcționarea cu GPL, au o evoluție aproape liniară, situându-se sub valoarea de 0,2%, fiind sensibil mai reduse decât la funcționarea cu benzină. În această situație diferențele dintre experiment și calcul de această dată sunt foarte mari, valorile calculate depășind cu mult valorile măsurate.

În ceea ce privește concentrația emisiei de O_2 , în cazul funcționării cu GPL, aceasta este mult mai mare decât la benzină, iar valorile măsurate sunt mult peste cele calculate.

Concentrația emisiei de NO_x înregistrează valori medii de 15ppm, prezentând o evoluție ușor descrescătoare de-a lungul parcurgerii traseului, iar valorile calculate sunt mult peste cele măsurate

Pe măsura parcurgerii traseului prestabilit, concentrația emisiilor de HC prezintă o evoluție crescătoare de la 150ppm la peste 1100ppm. Se observă că valorile maxime se înregistrează în porțiunea de traseu cu porniri și opriri repetate, iar la funcționarea în trepte superioare de viteză aceste valori sunt mult mai reduse. Valorile măsurate se situează peste cele calculate, înregistrându-se apropieri între valorile măsurate și cele calculate la trecerea peste treapta I de funcționare.

La funcționarea cu GPL concentrațiile de HC sunt comparabile cu cele înregistrate la funcționarea cu benzină.

În concluzie, se poate afirma că GPL este o alternativă pentru autovehiculele care sunt nevoite să se încadreze în normele de poluare devenite din ce în ce mai stricte, iar pentru cele NONEURO (autoturismul încercat) reprezintă o necesitate. Arderea GPL-ului produce cu până la 15-20% mai puțin CO_2 față de motoarele care folosesc benzină. Motoarele moderne pe benzină se pretează excelent pentru conversia pe gaz.

Având în vedere numărul mare de autovehicule NONEURO înscrise, încă, în circulație chiar dacă există și o serie de dezavantaje ale utilizării GPL (pierdere de putere, uzura grupului piston-segmenți la 50000-60000 km rulați), soluția funcționării acestora în traficul urban cu GPL este avantajoasă din punct de vedere a emisiilor poluante.

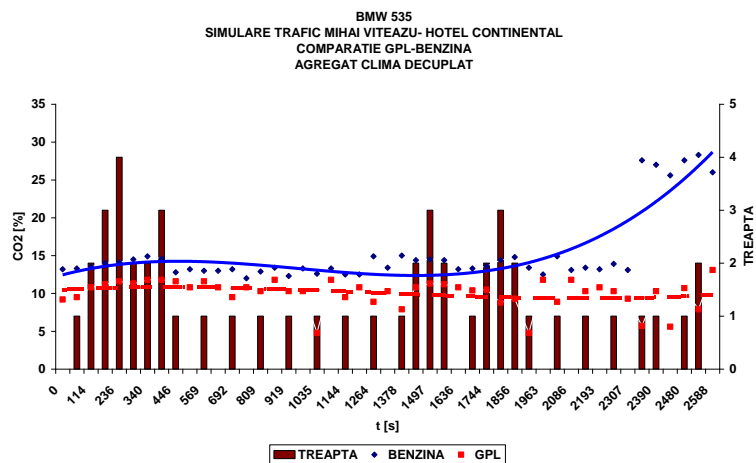


Fig.6.35 Comparație privind variația CO₂, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină/GPL

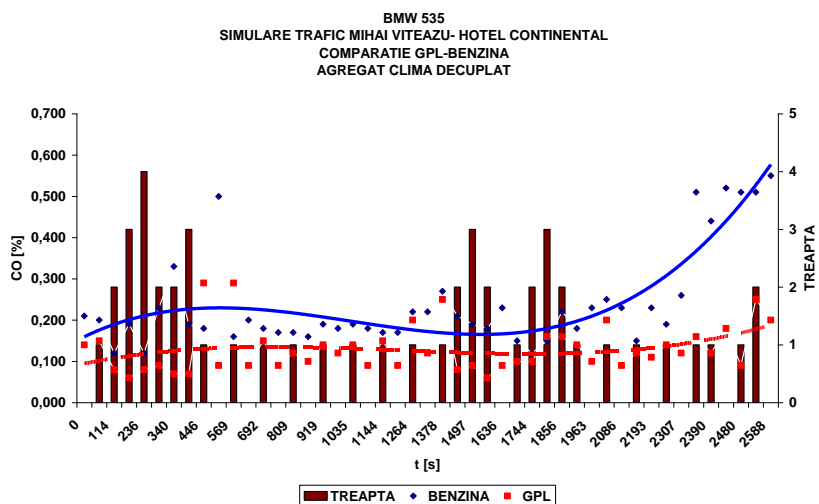


Fig.6.36 Comparație privind variația CO, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină/GPL

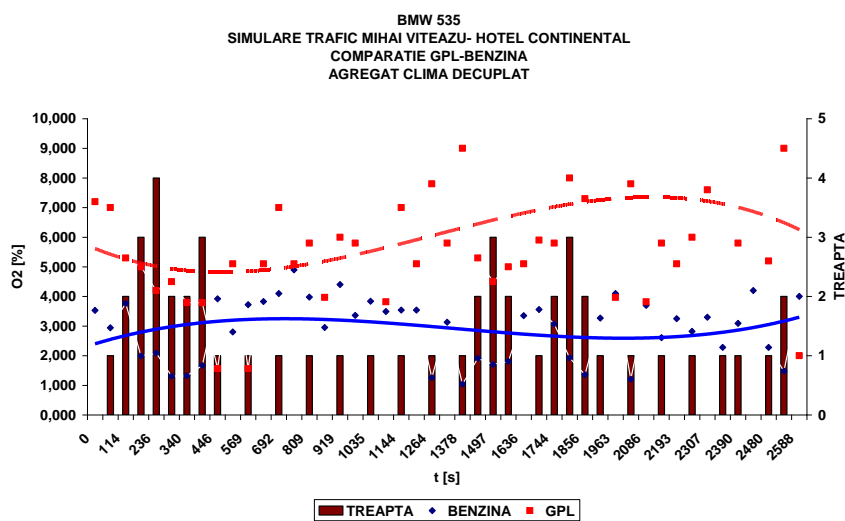


Fig.6.37 Comparație privind variația O₂, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină/GPL

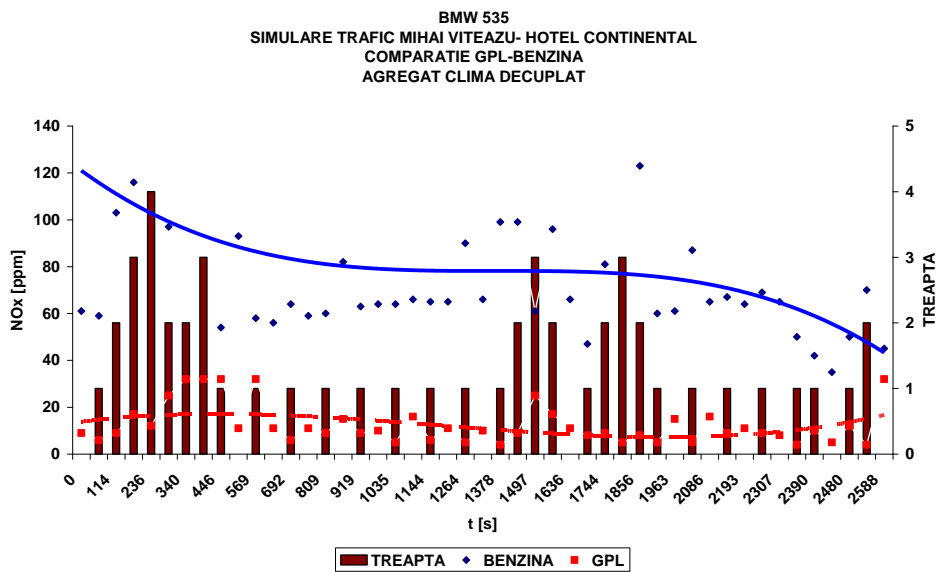


Fig.6.38 Comparație privind variația NO_x, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină/GPL

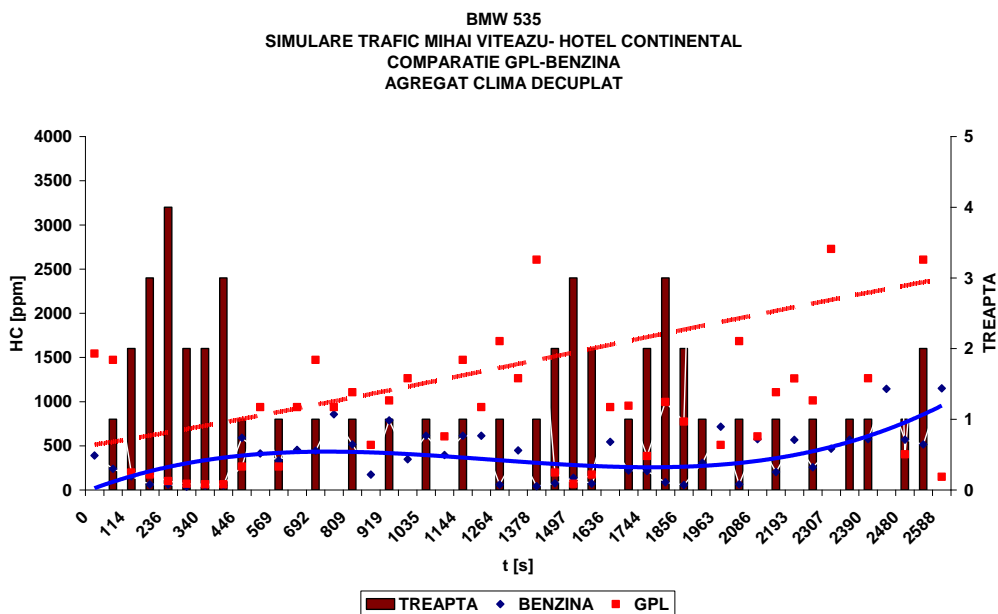


Fig.6.39 Comparație privind variația HC, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru BMW 535iE28 alimentat cu benzină/GPL

Situația II

- stabilirea unui traseu care să cuprindă cel puțin o intersecție semaforizată și una nesemaforizată, treceri pentru pietoni semaforizate și nesemaforizate;
- parcurgerea traseului cu aparatura necesară evaluării și monitorizării noxelor la bordul autovehiculului;
- simularea parcurgerii traseului pe standul cu role;
- crearea în laborator a condițiilor climatice similare cu cele din trafic.

Au fost făcute evaluările asupra unui autovehicul echipat cu MAC (alimentat cu motorină), în condițiile climatizării sau nu ale habitaculului-Wolkswagen Caddy.

CAZ I-Trafic Mihai Viteazu-Hotel Continental fără climatizarea habitaculului

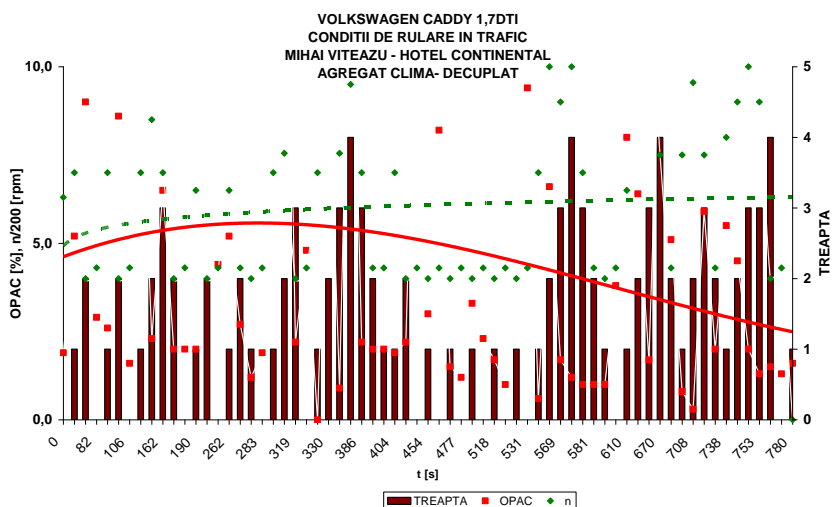


Fig.6.40 Variația opacității la rulare în trafic, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

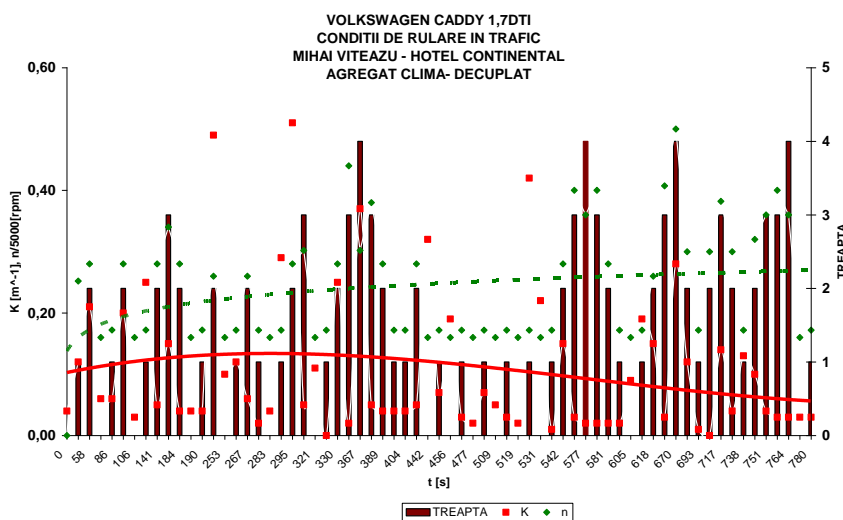


Fig.6.41. Variația coeficientului k la rulare în trafic, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

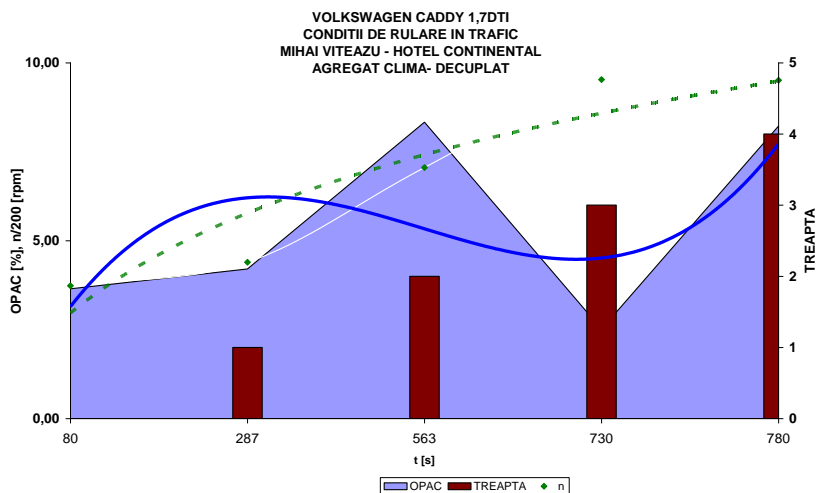


Fig.6.42. Variația opacității medii la rulare în trafic, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

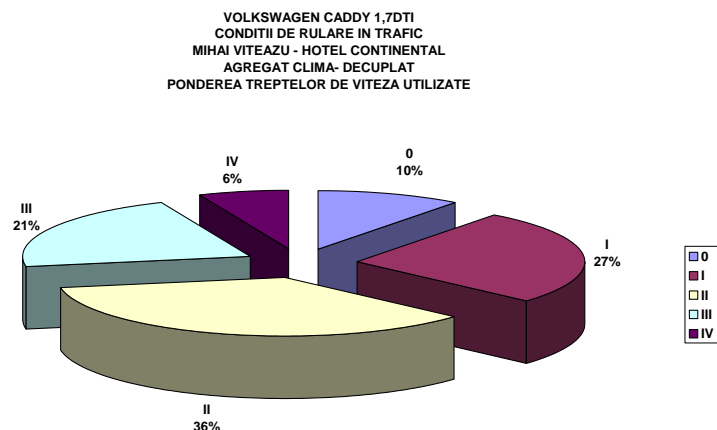


Fig.6.43. Ponderea treptelor de viteză utilizate la rulare în trafic (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

CAZ II Trafic Mihai Viteazu-Hotel Continental cu climatizarea habitaculului

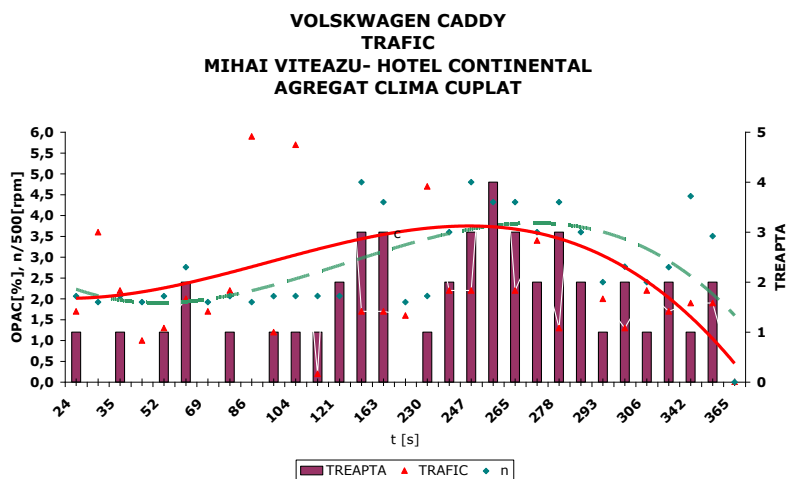


Fig.6.44 Variația opacității la rulare în trafic, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

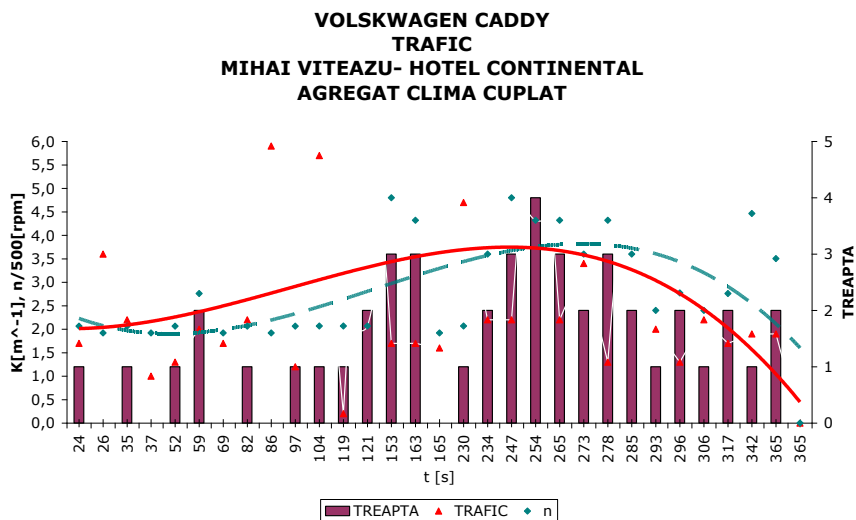


Fig.6.45. Variația coeficientului k la rulare în trafic, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

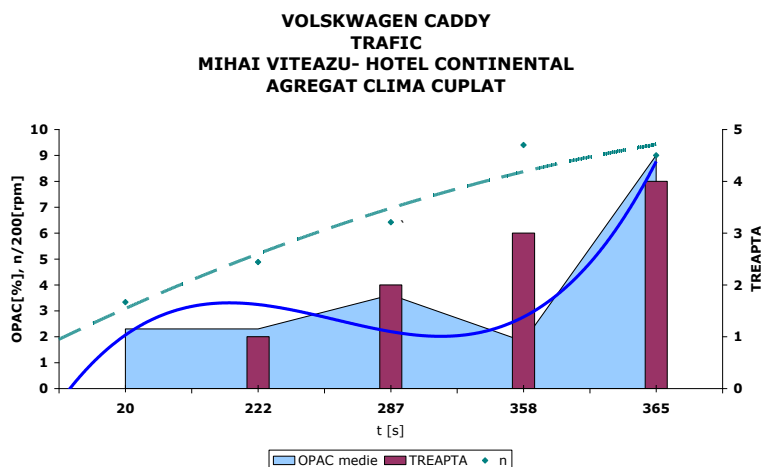


Fig.6.46. Variația opacității medii la rulare în trafic, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

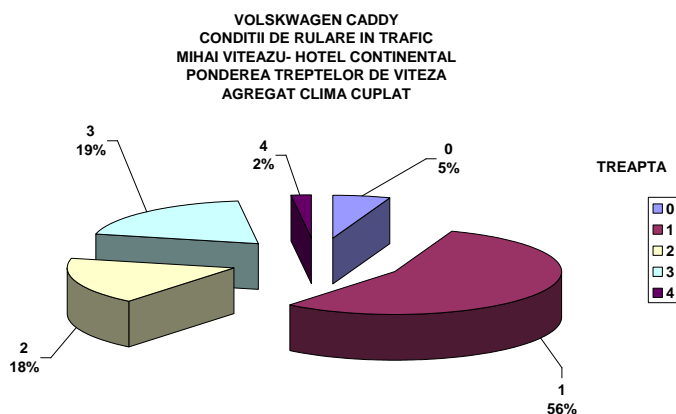


Fig.6.47. Ponderea treptelor de viteză la rulare în trafic (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

Caz III Simulare trafic pe stand Traseu Mihai Viteazu-Hotel Continental fără climatizarea habitaculului

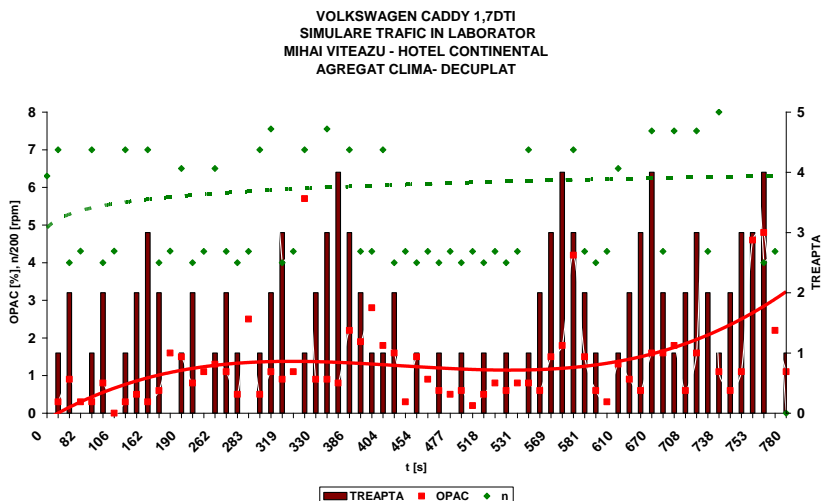


Fig.6.48 Variația opacității la simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

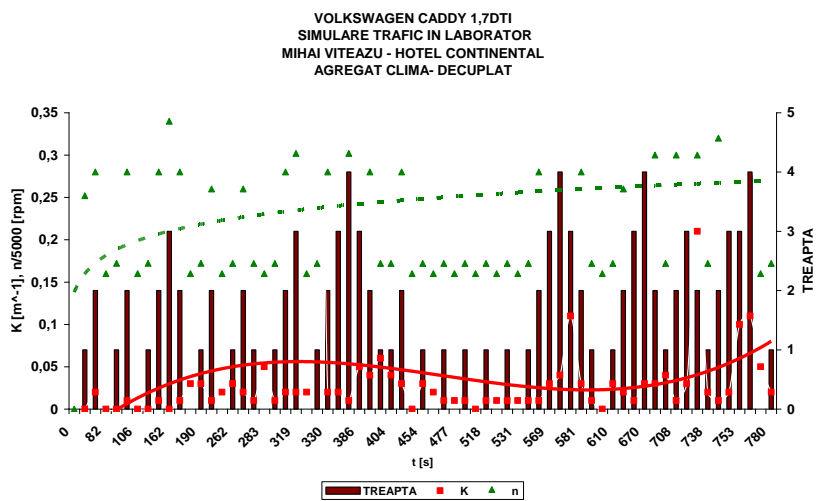


Fig.6.49 Variația coeficientului k la simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

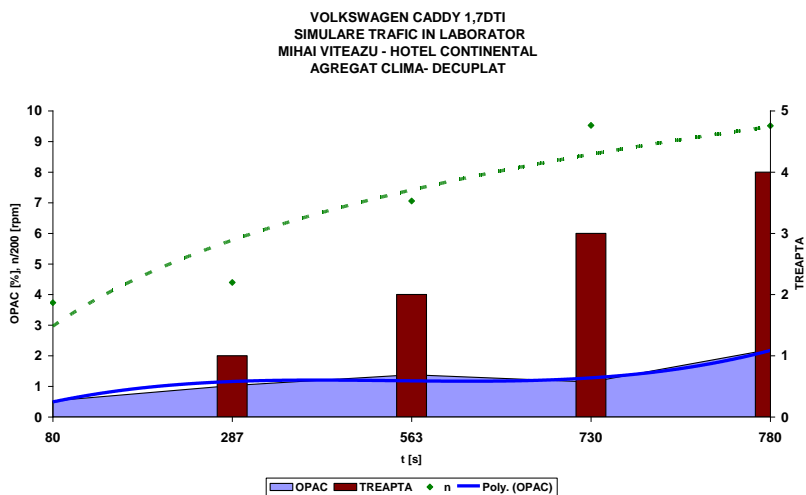


Fig.6.50 Variația opacității medii la simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare decuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

Caz IV Simulare pe stand Traseu Mihai Viteazu-Hotel Continental cu climatizarea habitacului

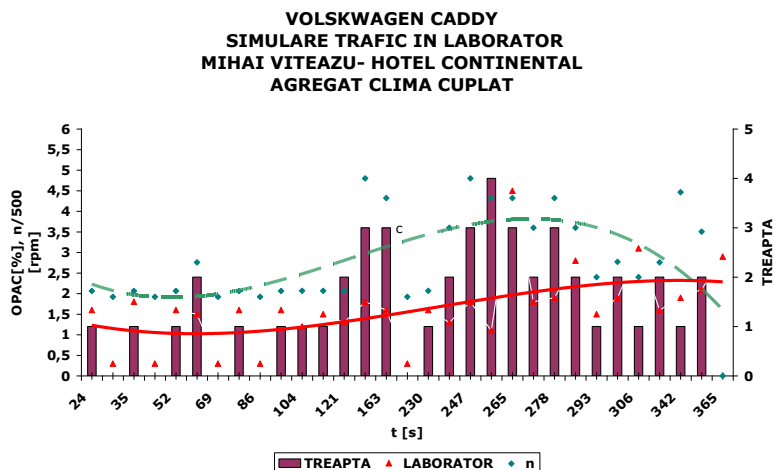


Fig.6.51 Variația opacității la simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

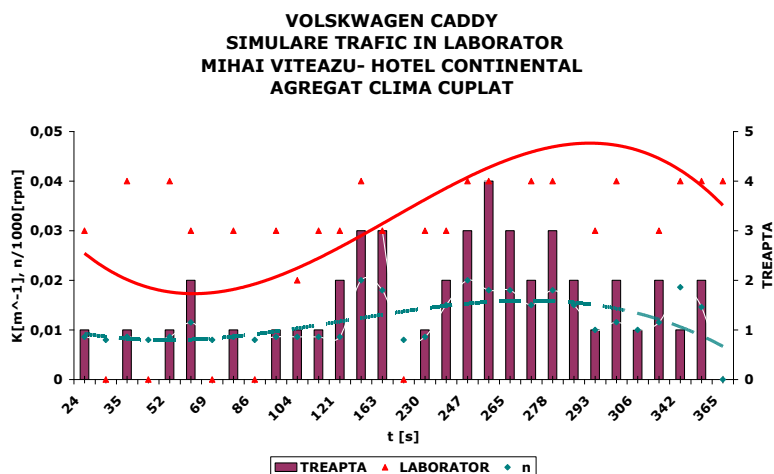


Fig.6.52 Variația coeficientului k la simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

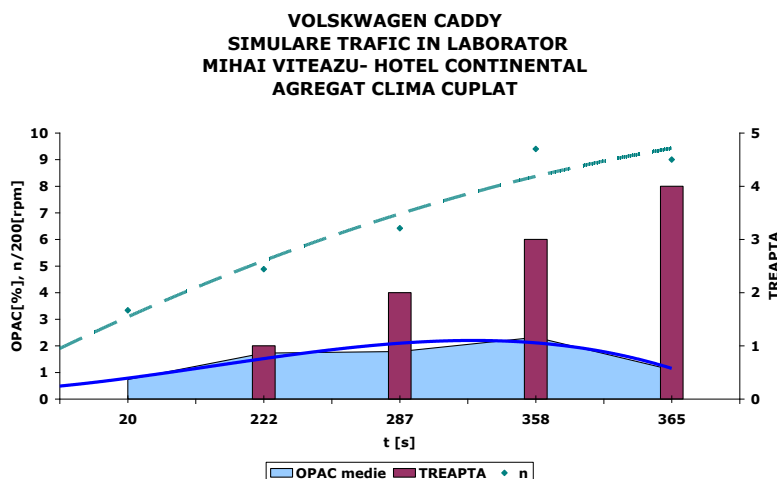


Fig.6.53 Variația opacității medii la simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

Caz V Comparație Trafic-Simulare pe stand-Traseu Mihai Viteazu-Hotel Continental cu climatizarea habitacului

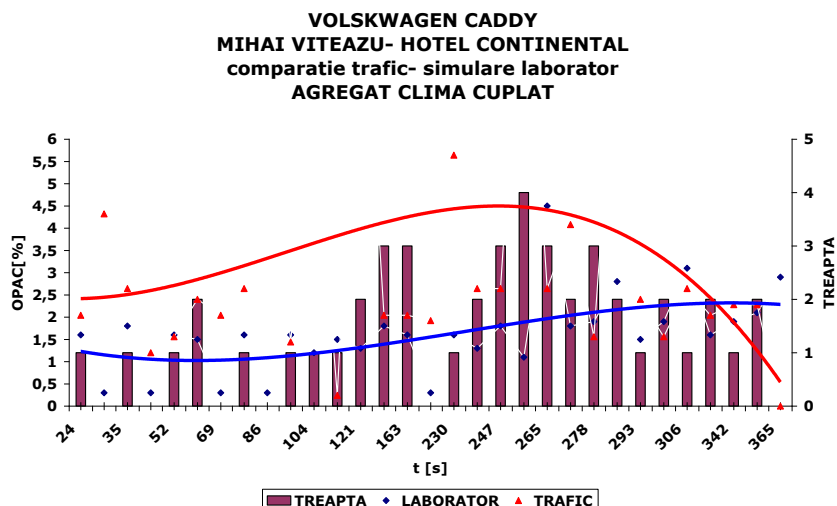


Fig.6.54 Comparația opacității între rulare în trafic și simulare experimentală a traficului, funcție de (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

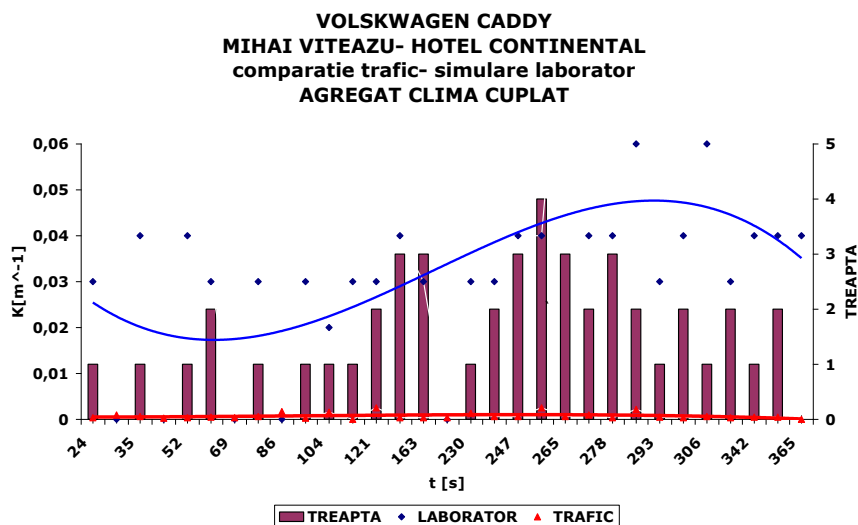


Fig.6.55 Comparația coeficientului k între rulare în trafic și simulare experimentală a traficului, funcție de timp (agregat de climatizare cuplat) pentru VOLKSWAGEN CADDY 1,7DTI

Încercările experimentale au fost realizate urmărind traseul Bv. Mihai Viteazu-Hotel Continental în perioade de aglomerare diferite ale traficului urban:

- ora 14: oră de trafic aglomerat;
- ora 21: oră de trafic fluid.

Au fost înregistrați următorii parametri: opacitate, coeficient de liniaritate k , timpul, turația, treapta de viteză, urmărind două situații diferite, și anume agregat de climă cuplat sau decuplat.

Prima situație corespunde unei ore de trafic aglomerat (ora 14), când traseul a fost parcurs în 698 secunde și a fost necesară de cuplarea agregatului de climatizare.

Aceleași condiții s-au simulat în laborator, pe standul cu role, pe același autovehicul, iar minimizarea erorilor datorate factorului uman s-a realizat prin conducerea autovehiculului de același conducător auto.

În Figura 6.42 este prezentată ponderea utilizării treptelor de viteză.

Variația opacității în timp este prezentată în Figura 6.39 pentru trafic, iar în Figura 6.46 pentru simularea pe stand. Se înregistrează valori ridicate în regim de accelerare și o medie a acestora de 4,25% în trafic (Figura 6.46) și 1,7 pe stand (Figura 6.53).

Cea de-a doua situație corespunde unei ore de trafic fluid (ora 21), când același traseu a fost parcurs în 365 secunde și nu a fost necesară cuplarea agregatului de climă. Ponderea utilizării treptelor de viteză este prezentată în Figura 6.43.

Variația opacității în timp este prezentată în Figura 6.40 pentru trafic, iar în Figura 6.48 pentru simularea pe stand. Se înregistrează valori ridicate în regim de accelerare și o medie a acestora de 2% în trafic (Figura 6.42) și 1,5 pe stand (Figura 6.50).

Cazul V analizat scoate în evidență faptul că, în cazul pornirii de pe loc până la stabilizarea regimului termic al motorului, curba opacității se situează, pentru situația din trafic, deasupra curbei trasate în laborator. După atingerea regimului termic al motorului, curba opacității din trafic se apropie de cea din laborator, iar după aproximativ 10 minute valorile măsurate în trafic se situează sub cele măsurate în laborator.

Se poate concluziona că metoda de evaluare în laborator a emisiilor eşapate este acoperitoare oferind posibilitatea efectuării reglajelor care se impun pentru o funcționare nepoluantă și economă în același timp.

7. CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

7.1. Concluzii finale

Odată cu importanța sporită acordată calității vieții și a depășirii îngrijorătoare a nivelului de poluare, transporturile au ajuns în centrul dezbaterilor legate de protecția mediului.

Motoarele cu ardere internă, utilizate în transporturi, generează o poluare a aerului pe unitatea de energie mai mare decât orice alt consumator de energie.

Problemele poluării sunt din ce în ce mai acute și dacă ne gândim numai la faptul că jumătate din dioxidul de carbon care a ajuns în atmosferă datorită activității umane se găsește încă aici, rata de creștere fiind în continuare consistentă. Prezența dioxidului de carbon în părțile troposferice este determinantă pentru efectul de seră vinovat de schimbări climatice severe, temperatura medie anuală, având tendință de creștere, fiind astfel de aproximativ 1,5 °C la o sută de ani. Acest efect, dacă nu va fi cotracarat prin acțiuni corespunzătoare, va determina dezechilibre majore în mediul ambiant, cu implicații periculoase pentru Terra.

Motorul cu ardere internă datorită numeroasei populații de autovehicule pe care le echipează, a principiului său constructiv și a regimurilor de mare variabilitate funcțională pe care le cunoaște, este o sursă consistentă de poluare. Se impune tratarea de la simplu la complex a problemicii implicării acestei mașini în deranjarea echilibrului ecologic. Preocuparea principală a autoarei este poluarea în transporturile rutiere pentru care unitatea de tracțiune este în majoritate covârșitoare reprezentată de motorul cu ardere internă.

Lucrarea tratează în prima ei secțiune problematica ecologiei, definind-o și trecând în revistă succint sectoarele de activitate umană vinovate de poluarea mediului.

Sunt definite tipurile de poluare și se dau informații pertinente despre poluarea atmosferei care constituie de fapt, obiectul fundamental de studiu al autoarei, studiu care constă în analiza noxelor produse de către autovehiculele echipate cu MAI. Se insistă cu această ocazie asupra mecanismelor care conduc la distrugerea păturii de ozon din atmosfera înaltă.

Datele prezentate conferă informații recente în primul rând evolutiv, în legătură cu emisiile care afectează calitatea aerului de a căror genză este principal vinovat transportul rutier tratând astfel problematica poluării produse de acesta, 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.

Lucrarea prezintă metodele de calcul în scopul stabilirii corelației trafic rutier-poluare. Organizarea traficului presupune cunoașterea dinamicii traficului de vehicule, punctele critice ale rețelei și perioadele critice în timp ale traficului. Toate aceste date sunt obținute din analizele efectuate asupra traficului și definirii legilor care guvernează acest fenomen. Sunt enunțate elemente de teoria traficului care cuprinde prezentarea de modele matematice de stabilire a curenților și fluxului traficului cu ajutorul cărora se poate modela fluxul de vehicule. Modelarea procesului de formare a ambuteiajelor în trafic are ca scop principal estimarea performanțelor traficului pe un anumit sector de drum în condiții diverse. Sunt prezentate elemente de modelare și optimizarea emisiilor poluante într-o intersecție cu exemplificarea oportunității semaforizării intersecției P-ța Leonardo Da Vinci din Timișoara.

Demonstrativ, programul de calcul CALINE 3 (program de simulare a dispersiilor de foarte scurtă durată, în special pentru poluanții generați de trafic) s-a aplicat pentru intersecția din P-ța Leonardo Da Vinci.

Mijloacele de reducere a emisiilor poluante fac obiectul capitolului 3. Sunt trecute în revistă reglementările EURO 1- EURO 6 privind limitele emisiilor poluante pentru vehicule ușoare, mijloacele active și pasive de reducere a emisiilor poluante, atât pentru MAS cât și pentru MAC.

Sunt evidențiate cele mai eficiente soluții de reducere a emisiilor poluante: catalizatori pentru MAS și tehnologia SCR pentru MAC.

Cercetările experimentale se bazează pe măsurarea concentrațiilor în gazele de evacuare pentru emisiile de CO₂, CO, HC, NO_x și O₂ la motoarele MAS, a opacității și coeficientului de absorbție k pentru MAC. Aceste măsurători au pus în evidență necesitatea studierii gradului de poluare pentru întreg ansamblu motor-sistem de tratare a gazelor de evacuare, datorită variației semnificative a eficienței convertorului catalitic în funcție de condițiile de exploatare.

În urma măsurătorilor pe standul cu role din dotarea Laboratorului de Autovehicule Rutiere, din cadrul Universității “Politehnica” din Timișoara, au fost măsurate valori ale emisiilor poluante, diferite atât de la MAC la MAS, cât și de la un regim de funcționare la altul.

S-a constatat faptul că la deplasarea cu o viteză constantă, atât autovehiculele echipate cu MAS, cât și cele echipate cu MAC, elimină, comparativ, substanțe poluante la cele mai mici valori, însă despre deplasarea cu viteză constantă, se poate discuta în cazul traseelor lungi, fluente, fără restricții semnificative. Traficul urban nu poate asigura o deplasare cu viteză constantă decât prin crearea traseelor de undă verde, lucru care nu este ușor de realizat și nu se pretează oricărei configurații urbane. Deci, pentru traficul urban, rămâne de exploatat autovehiculul în cele mai poluante regimuri de funcționare. Regimul de pornire și demarare precum și cel de mers în gol sunt întâlnite în cazul ambuteiajelor și staționării la semafor. Motoarele cu aprindere prin scânteie, în acest regim, vor produce oxid de carbon și hidrocarburi nearchive în cantități mai mari, motoarele cu aprindere prin comprimare emanând de asemenea, aceleași emisii poluante. La accelerare, la pornirea de pe loc la semafoare, la intersecții, ambele tipuri de motoare, ard mult mai bine combustibilul din amestecul mai sărac ($\lambda > 1,05-1,2$), dar emană o cantitate semnificativă de oxizi de azot, datorită creșterii turației și a temperaturii în camera de ardere, lucru ce conduce la creșterea randamentului termic. La decelerare, turația motoarelor și temperaturile de ardere scad având loc o îmbogățire a amestecului ($\lambda < 0,8-0,9$), lucru care conduce la o ardere incompletă a combustibilului, la micșorarea puterii și creșterea consumului specific de carburant, astfel că substanțele poluante emise în acest regim sunt hidrocarburi nearchive în cantități foarte mari și monoxidul de carbon în cantități apreciabile.

Evaluarea posibilității de a simula pe stand rularea autovehiculelor în trafic s-a realizat prin parcurgerea următorilor pași:

- stabilirea unui traseu care să cuprindă cel puțin o intersecție semaforizată și una nesemaforizată, treceri de pietoni semaforizate și nesemaforizate;
- parcurgerea traseului cu aparatura necesară evaluării și monitorizării noxelor la bordul autovehiculelor, pentru diferite fluctuații ale traficului urban;
- simularea parcurgerii traseului pe standul cu role;
- crearea condițiilor climatice în laborator similare cu cele din trafic.

Ca urmare a acestui experiment se poate remarca faptul că pentru autovehiculele echipate cu MAC, opacitatea și coeficientul k (coeficient de absorbție), au înregistrat în cazul rulării în trafic valori comparabile cu cele ale simulării pe stand.

Se poate concluziona că pentru o apreciere reală a noxelor eşapate autovehiculele echipate cu MAI, simulările pe standul cu role se încadrează în marja de eroare a încercărilor.

În medie mersul în gol este folosit circa 20-30%, regimul de accelerare este folosit 20-25%, decelerarea este utilizată circa 17-20%, iar regimul de viteză constantă 30-40%, însă acestea depind în mare măsură de caracteristicile tehnice ale autovehiculelor, de natura traficului, calitatea drumului, combustibil, anotimp, starea fizică și psihică a conducătorului auto, etc.

Datorită restricțiilor și obstacolelor existente în mediile urbane caracterizate prin lipsa unei rețele stradale corespunzătoare, se poate afirma fără a se greși faptul că autovehiculele sunt exploatate doar în aceste regimuri tranzitorii, lucru care conduce la creșterea alarmantă a cantităților de emisii poluante în atmosferă, datorită înrăutățirii procesului de formare a

amestecului și de ardere, însă cu efect negativ și asupra stării tehnice a motoarelor, care se deteriorează mult mai repede, conducând la mărirea cheltuielilor de întreținere și exploatare.

În exploatarea autovehiculelor, motoarele acestora trec prin toate regimurile de funcționare, însă nu aceeași perioadă de timp și nu cu aceleași efecte asupra mediului ambiant.

Starea termică a autovehiculelor contribuie în mare măsură la gradul de poluare, fapt constatat doar la verificările tehnice periodice. Datorită faptului că în traficul urban autovehiculele, sunt preponderent, din categoria autoturismelor, intervalul relativ mare (de 2 ani), între ITP-uri, constituie un impediment din punct de vedere al verificării emisiilor poluante.

O propunere adecvată, ca și soluție a limitării emisiilor, o constituie monitorizarea on board a noxelor, care permite sesizarea dereglărilor apărute pe parcurs, între ITP-uri

Alături de oxidul de carbon, emisiile poluante ale motoarelor diesel cuprind hidrocarburile nearse și oxizii de azot, prezente și la motoarele cu benzină, emisii semnificative de particule. Inițial, motoarele diesel au fost considerate mai puțin poluante, datorită faptului că emisiile de CO erau mai reduse decât în cazul motoarelor alimentate cu benzină. În prezent, acestea sunt tot mai des în atenția ecologiștilor, datorită emisiilor de particule - generatoare a diferite forme de cancer – vizibile în special în regimul de accelerare sau la sarcină mare, când apare fumul negru.

Principala cauză a emisiilor de monoxid de carbon și hidrocarburi nearse o constituie arderea incompletă a combustibilului.

În concluzie, soluțiile raționale care conduc la poluare redusă și consum minim de combustibil, precum și la o durată mare de funcționare a motorului sunt: testarea și reglarea periodică a motorului, evitarea funcționării îndelungate la ralanti și la regim de putere maximă, evitarea accelerarilor inutile și exagerate, respectarea vitezei economice. Un sistem eficient și flexibil de transport este esențial pentru economia și calitatea vieții. În prezent, un management deficitar al sistemului de transport amenință semnificativ mediul înconjurător și sănătatea umană.

Obiectivul principal al politicii din domeniul transportului îl constituie restructurarea sistemului de transport și asigurarea funcționării acestuia în vederea realizării unui sistem de transport omogen, conectat din punct de vedere al structurii, la rețelele de transport naționale și europene.

Ca urmare a creșterii numărului de autovehicule precum și a calității precare a multora dintre acestea, transportul reprezintă o sursă majoră de poluare a mediului, cu un impact major în special asupra calității aerului. Orientarea spre moduri de transport mai durabile necesită mijloace de transport mai eficiente din punct de vedere energetic și mai puțin dăunător pentru mediu și sănătate publică.

Pentru diminuarea impactului asupra mediului urban se are în vedere:

- reducerea emisiilor de poluanți prin acceptarea în trafic a autovehiculelor conforme cu normelor de poluare, a celor hibride sau electrice și a carburanților ecologici pe termen scurt;
- utilizarea autovehiculelor cu sisteme foarte evoluate de depoluare (sistemul start and go, etc.);
- modernizarea parcului pentru transportul public urban, subvenționarea acestuia;
- educarea populației în scopul sensibilizării cu privire la interacțiunea individ-autovehicul- mediu;
- realizarea șoselelor de centură;
- consolidarea (întreținere și reparații) a arterelor de tranzit existente, pentru descongestionarea și fluidizarea traficului pe arterele intens circulate în zonele rezidențiale.

De asemenea, măsurile de protecție antifonică cu perdele verzi de protecție a căilor rutiere și feroviare intravilane ar fi de natură să contribuie atât la reducerea disconfortului produs de zgomotul urban, cât și la ameliorarea calității aerului.

7.2. Contribuții personale

- ❖ Lucrarea aduce la zi informații pertinente relativ detaliate a problematicii ecologice în general și a poluării mediului în mod special, în legătură cu efectele pe care acestea le au asupra menținerii echilibrului ecologic;

- ❖ Studiul bibliografic este amplu și cuprinde documentație numeroasă și recentă cu multe lucrări publicate de autoare în perioada de elaborare a tezei;

- ❖ Este ridicată pentru prima dată dependența complexă între parametrii de trafic și cei de poluare pentru un traseu prestabilit;

- ❖ Efectuarea unei analize la zi privind stadiul actual al cercetărilor în domeniul combaterii poluării mediului în transporturi și perspectivele controlului noxelor la mijloacele de transport echipate cu motoare cu ardere internă, analiză care are importanță și prin faptul că inventariază o problematică extrem de extinsă cu un grad ridicat de originalitate;

- ❖ Tratarea sintetică a măsurilor de reducere a noxelor produse de motoarele cu ardere internă, atât pentru motoarele cu aprindere prin scânteie cât și pentru motoarele cu aprindere prin comprimare, folosindu-se o logică corespunzătoare;

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

- ❖ Cercetări experimentale privind noxele eşapate ale motoarelor cu ardere internă și studii asupra emisiilor autovehiculelor încercate în regimuri de funcționare specifice traficului urban, date reprezentate grafic, studiile numerice conducând la reprezentarea comparativă a emisiilor;

- ❖ Prezentarea unui volum consistent de date, inclusiv interpretarea lor, în ceea ce privește poluarea produsă de motoarele cu ardere internă și autovehiculele pe care le echipează;

- ❖ Selecționarea datelor experimentale privind emisiile, interpretarea datelor de calcul obținute precum și interpretarea critică;

- ❖ S-a realizat o metodă proprie originală de simulare experimentală a condițiilor de rulare în trafic utilizând standul cu role corelat cu analizorul de gaze pentru măsurare de noxe. Simularea experimentală s-a realizat în cazul a 5 autovehicule (trei MAC cu EURO 2, EURO 3, EURO 4 și două MAS cu NONEURO și EURO 4). Alegerea tipului de autoturism s-a realizat în concordanță cu variația tipurilor de autovehicule ce rulează în traficul urban;

- ❖ Realizarea standului experimental a presupus adaptarea aparaturii de măsurare și simulare a condițiilor de rulare, în concordanță cu traficul urban real;

- ❖ S-au simulat experimental diferite situații de exploatare în trafic:
 - simularea rezistenței la înaintare prin activarea sistemului de frânare a standului cu role, menținând o tracțiune constantă cu $F=0N$ și $F=200N$;
 - simularea rezistenței la înaintare prin reglarea standului dinamometric cu role astfel încât viteza de mers rămâne constantă ($v=50km/h$), indiferent de valoarea forței de tracțiune;

- simularea rezistenței la înaintare prin reglarea standului dinamometric cu role astfel încât viteza de mers este variabilă;

- măsurătorile experimentale s-au efectuat în condițiile cuplării și decuplării agregatului de climatizare al autovehiculelor testate.

- ❖ S-au achiziționat informații privind poluarea mediului în două perioade diferite de aglomerare a traficului;
- ❖ S-a realizat o achiziție de informații, în trafic, privind poluarea cu ajutorul aparaturii AVL;
- ❖ S-a realizat un program propriu în MathCad și Excel care permite efectuarea de studii comparative între rezultatele experimentale și cele de calcul. Graficele din valori măsurate se suprapun peste cele cu valori simulate cu nivel de abatere de sub 3%;
- ❖ Prin simularea experimentală s-a putut realiza o “situație” foarte apropiată de “situația” reală de trafic, astfel prin coroborarea cu indicatorii de trafic (intersecții, străzi aglomerate) putându-se realiza predicții referitoare la emisiile eşapate de autovehicule în traficul urban;
- ❖ Cercetările experimentale au confirmat validarea metodei de măsurare pe standul cu role, a emisiilor eşapate de autovehiculele echipate cu motoare cu ardere internă;
- ❖ Pe baze statistice sunt calculate noxele pentru motoare cu ardere internă prin scânteie de tracțiune rutieră;
- ❖ Stabilirea de măsuri oportune pentru reducerea poluării, prezentate riguros și logic de către autoare;
- ❖ Cercetările efectuate pot fi folosite ca direcții ulterioare de lucru prin folosirea informațiilor rezultate în urma simulării experimentale privind exploatarea autovehiculelor în traficul urban.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Apostolescu N., Bătașă I., Motoare cu ardere internă vol. I, Editura Tehnică, București 1967.
- [2] Apostolescu N., Bătașă I., Motoare cu ardere internă vol. II, Editura Tehnică, București 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., Poluarea produsă de motoarele cu ardere internă, Curs postuniversitar Editura Tehnică, București, 1992.
- [7] Apostolescu N., Chiriac R., Procesul arderii în motorul cu ardere internă. Economia de combustibil. Reducerea emisiilor poluante, Editura Tehnică, București 1998.
- [8] Anistis F., ș.a., Influența combustibililor asupra emisiilor poluante ale motoarelor diesel ale autoturismelor, MTY 52 nr. 5/1991.
- [9] Aramă C., Apostolescu N., Grunwald B., Poluarea aerului de către motoarele cu ardere internă, Editura Tehnică, București 1975.
- [10] Aramă C., Motoare cu ardere internă, Editura Tehnică, București 1966.
- [11] Benson R.S., The thermodynamics and Gas Dynamics of Internal Combustion Engines, Vol. 1, Clarendon Press, Oxford, 1982.
- [12] Bergmann H., Scherer F., Ostewalt H., Die Thermodynamik Des Neue Nutzfahrzeugmotors OM 904 La von Mercedes Benz MTZ 57, nr.4 1996.
- [17] Boaru L. S. Studii și cercetări privind controlul noxelor pentru motoarele cu ardere internă în condițiile interacțiunii cu automobilul, Teză de doctoratm Universitatea Politehnică Timișoara, 2006.
- [18] Bobescu G., Cofaru C., Tehnici speciale de reducere a consumului de combustibil și limitare a noxelor la autovehicule, Universitatea Transilvania, Brașov, 1989.
- [19] Bobescu G., Cofaru C., Chiru C., Radu A., Motoare pentru automobile și tractoare vol. I, vol. II Chișinău 1996.
- [20] Boretti G., Diesel Engine Combustion Chamber Design with Three Dimensional Flow Computations, International Conference Combustion in Engines 1992.
- [21] Chang Hanbao, Zhang Y., Chen., Gray Forecast of Diesel Engines Performance based on Wear, Applied Thermal Engineering, 2003.
- [22] Chen Boxian, Qin Zupan, Analysis of Piston-Cylinder Dynamic Oil Film Behavior, Proceedings, 6-th International Congress on Tribology, Vol. 4, Eurotrib Budapest, 1993.
- [23] Coehen S., Inginerie du Trafic Routier- Elements de theorie du trafic et applications, Preses de l'ecole nationale des ponts et chaussées, Paris, 1990 9.3
- [24] Cooper B., Diesel Catalytic after Treatment Systems for the USA, Engine Tehnology International, 1998.
- [25] Crișan V., Trafic rutier, Editura. Facla, Timișoara, 1983.
- [26] Diem W., Injecting some Competition, Automotive Engineer, July/August, 2001.
- [27] Durluț, C. N. Ionescu, Îndrumar pentru expertize tehnice auto, O.I..D.A.T.M.C.G.F.F., București, 1986.

- [28] Fardon D., ș.a., On Board Diagnosis Looking to 2000, Testing Technology International, February 1999.
- [29] Filippi, F. Vehicule industriale și mediul înconjurător, ATA, 1990.
- [30] Florea D., C. Cofaru, A. Șoica, Managementul traficului rutier, Ed. Universității Transilvania, Brașov, 2000.
- [31] Follain L., The New PSA 2.2-Litre HDI Diesel Engine, AutoTechnology, vol.1, June 2000.
- [32] Gaiginschi R., Zătreanu Gh., Motoare cu ardere internă. Construcție și calcul, Editura Gh. Ascachi Iași, 1995.
- [33] Griffiths J. D., Mathematics in transport planning and control, Univ. of Wales, College of Cardiff, Ed. Clarendon Press, Oxford, 1992.
- [34] Gruden D., Auto und Umwelt, Porsche A.G., Stand 1/ 1998.
- [35] Grunwald B., Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovehicule rutiere, Editura tehnică, București 1980.
- [36] Haseganu C, Vladu C., Reglementari legale pe plan european asupra emisiilor de noxe din gazele de esapament ale autovehiculelor., Revista inginerilor automobilisti, nr. 4-5/1992.
- [37] Henderson P. T., Wells D., Haddox, M., Diesel Engines Emissions: A Timing Control Approach - SAE Technical Paper Series 871630.
- [38] Hiroyasu H., Measurements of spray characteristics and fuel vapor concentration in a diesel spraz, University of Hiroshima, Japan 1994.
- [39] Hirsiger F., Tichtinsky H., Modelation numerique de l'etablissement d'yone de combustion avec recirculation ONERA 1979.
- [40] Holotescu S., Cercetări privind simularea numerică a funcționării motoarelor cu ardere internă, Teză doctorat, Timișoara 1999.
- [41] Iliescu M., Trafic și autostrăzi, Litografia Univesității Tehnice, Cluj Napoca, 1992.
- [42] Ionel I., Dispersia noxelor. Teorie și aplicații, Ed. Politehnica, Timișoara, 2000.
- [43] Jakobs G., Influence of oil ring type and design on fuel and oil consumption, Internal Combustion Engine Research in Universities - C375/023, ImechE 1991.
- [44] Kamimoto T., Bae M., High Combustion Temperature for the Reduction of Particulate in Diesel Engines SAE Technical Paper Series 880423.
- [45] Kirilin V., Termodynamique technique - Edition MIR Moscou, 1991.
- [46] Klein H., Rulfs H., Einfuss der Kraftstoff-Voreinspritzung auf das Betriesverhalten von mittelschnellaufenden Dieselmotoren – MTZ 53 (1992), nr, 9.
- [47] Kobayashi M., Method of removing NO_x in exhaust,gases from a Diesel engine. Patent S.U.A. nr. 5021227/1991.
- [48] Kruger H., Verbrennungsmotoren, Lito-Ruhr, Univ. Bochum, 1993.
- [49] Kuhlmann P., Verbrennungsmotoren, Hamburg, 1993.
- [50] Killimanm I., Care este combustibilul viitorului?, HSD & D nr. 11 /1991.
- [51] Langrock T., Petersen R., Schallaböck K. O. Bedeutung der klimawirksamen Emissionen des PKW-Verkehrs und Bewertung von Minderungs-strategien
- [52] Leny H. P., Cozzarini Ch., Emissions and Air Qualitz, Society of Automotive Engineers, Inc. Warrendale, Pa, 1999.
- [53] Mateevici V., Pavelescu T., Bogdan D., Grosu G., Timaru Gh., Ion M., Capeti R., Autocamioane ROMAN pentru transportul de mărfuri, Editura Tehnică București, 1982.
- [54] Malcoci S., D. Popa, Optimizarea transportului urban, Ed. Tehnică, București, 1976.
- [55] Manea A.T., Cercetări privind realizarea și implementarea unui modul de aprindere electronică pentru îmbunătățirea managementului motorului cu aprindere prin scânteie, Teză de doctorat, Brașov 1997.
- [56] Mitrahe A., Văduva Gh., Injecția de combustibil la motorul de automobil, SID 68, 1989.

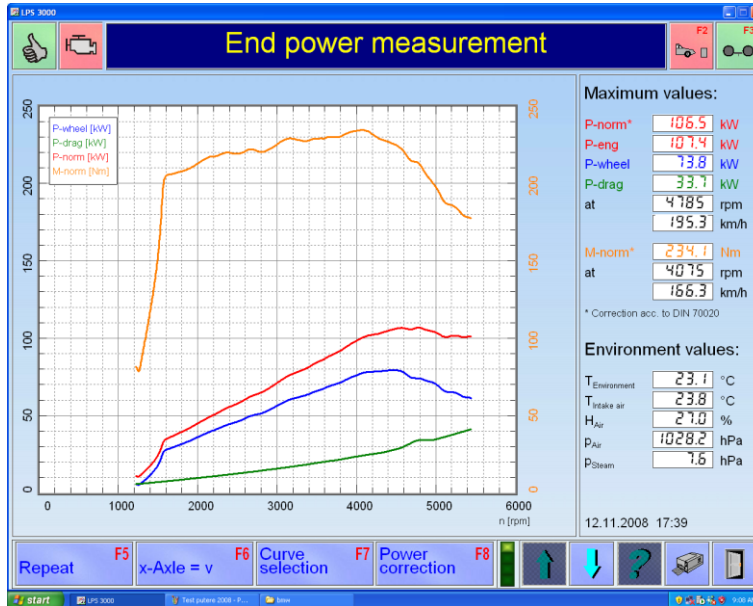
- [57] Monaghan M., Putting friction in its place, Internal Combustion Engine Research in Universities – C375/KN1, ImechE, 1991.
- [58] Molenhauer K., Handbuch für Diesel- motoren- Sprienger, Verlag, 1997.
- [59] Neacșu E., Nagi M., Tabele, diagrame și formule termotehnice, Timișoara, 1997.
- [60] Negoiteșcu A., **Tokar A.**, Nagi M., Ostoia D., The Diesel Power Station as a Socio-Political and Technical Challenge ISSN 1224-6077, Tom 53 (67), Fasc. S2, Buletinul Științific al Universității Politehnica din Timișoara, Seria Mecanică, 2008.
- [61] Negoiteșcu A., **Tokar A.**, Ostoia D., Hamat C., Studies Regarding Two Applications of Cogeneration and Trigeneration Systems, ISSN 1224-6077, Tom 53 (67), Fasc. 2, Buletinul Științific al Universității Politehnica din Timișoara, 2008.
- [62] Negoiteșcu A., Ostoia D., **Tokar A.**, Hamat C., Study on the Treatment of Exhaust Gases at Diesel Engines with the Purpose of Reducing the Emission of Nitrogen Oxides, Revista de Chimie, nr.4, aprilie 2009, vol.60, Chem.Abs RCBUAU 60(4) (329-434), ISSN 0034-7752, București, 2009 **Cotată ISI**.
- [63] Negrea V. D., Automobilul un prieten ce poate deveni dușman, ESFA '98, București, 1998.
- [64] Negrea V. D., Procese în motoare cu ardere internă. Economicitate. Combaterea poluării, vol. II, Editura Politehnica, Timișoara, 2003.
- [65] Negrea V. D., Bazele cercetării experimentale a mașinilor termice, Lito I.P.T. Timișoara vol. I 1978, vol. II 1979.
- [66] Negrea V.D., Sandu V., Combaterea poluării mediului în transporturile rutiere, Editura Tehnica, București, 2000.
- [67] Negrea V.D., Negrea I., **Tokar A.**, Perspektiven in Kraftfahrzeug-Technik Buletinul Universitatea Tehnică Gh Asachi Iași, Tomul LIV (LVIII), Fasc. 2, 2008.
- [68] Negrea V.D., **Tokar A.**, Gragomir G., Negrea I., Rafan I. L., Filip A., Valuation of Noxious at a Single Cylindere Gasoline Motor Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering, CD-ROM Edition, Volume VII (XVII), ISSN 1583-0691, CNCSIS "Clasa B+", 2008.
- [69] Nițu B, Sisteme de injecție în construcția de automobile în doi timpi, Protocol Master SA INMT București 1993.
- [70] Osipenko V. D., Egoricheva P., Maximov B. ., Otvod I Obesplzbanie Gayov Dugovyh Staleplavil'nykh Pechei, Editura Metallurgia, Moscova 1985.
- [71] Oser P., W. Brandstetter, Principiile de bază ale reducerii poluării la m.a.s. aplicand catalizatori, MTZ 45, 1985.
- [72] Ostoia D., **Tokar A.**, Negoiteșcu A., Hamat C., Theoretical Asepects Regarding the Local Heat and Mass Transfer in the Combustion Chamber Engine ISSN 1224-6077, Tom 53(67), Fasc. 2, Buletinul Științific al Universității Politehnica din Timișoara, Seria Mecanică, 2008.
- [73] Ostoia D., Negoiteșcu A., **Tokar A.**, The Wearing Out Compesation of Diesel Engines Combustion Chambers by Modern Systems Implementatio, Annals of DAAAM for 2008 & Proceedings of the 19-th International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on next Generation of Intelligent Systems and Solutions" Trnava Slovakia 22-25th october 2008, **Cotată ISI**.
- [74] Ostoia D., Negrea V. D., **Tokar A.**, Negoiteșcu A., Research Regarding the Work Conditions and the Behaviour in the Time of the Diesel Engine Pistons Rings, International Congress Motor Vehicles & Motors, Kragujevac, october 2008.
- [75] Pereș Gheorghe., M. Untaru, Teoria traficului rutier și siguranța circulației, Ed. Universității, Brașov, 1982.
- [76] Pesic R., Motoare cu ardere internă de automobil cu consum redus de combustibil. International Journal MVM, Kragujevac, 1994.

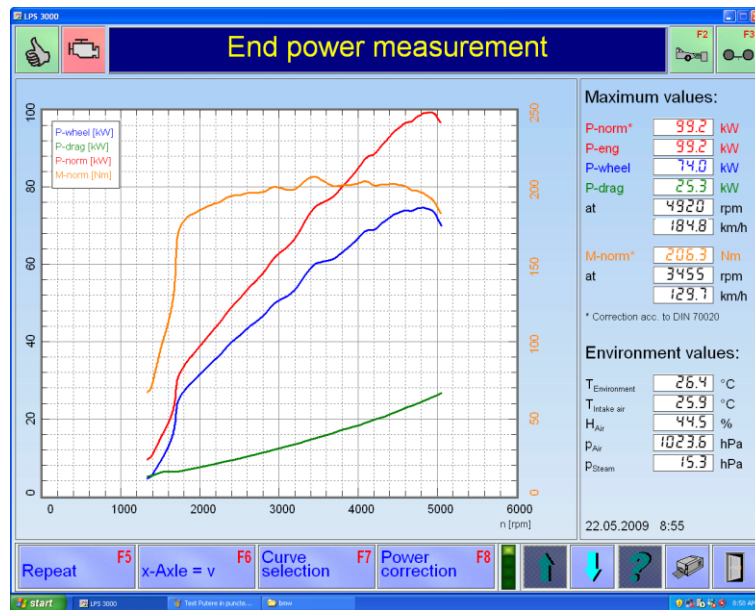
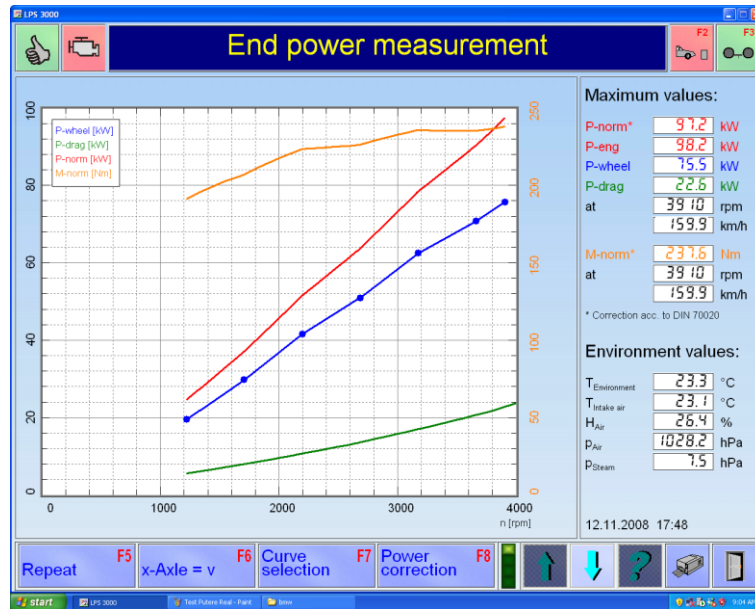
- [77] Popa G. D., ș.a., Reducerea fumului din emisiile de evacuare ale autovehiculelor echipate cu motoare diesel, Revista transporturilor și telecomunicațiilor nr. 1/1978.
- [78] Pocovi R., Villafior G., Estudio de la operation de campans de aspiration de polvos en sistemas de ventilation localizada. Elementos de disefio, Revista Information Tecnologica, vol. 9, nr. 2 Chile 1998.
- [79] Popescu A., ș.a., Reduced Exhaust Emissions Using Thermal Energy Storage, ESFA, 1998.
- [80] Raica T., Construcția și calculul motoarelor cu ardere internă, vol. I-IV, Timișoara, 1978.
- [81] Rakosi E., Roșca R., Manolache Gh., Combustibili neconvenționali oxigenați pentru motoare cu ardere internă, Editura Gh. Asachi Iași, 2002.
- [82] Rizii A. W., Inouye M., Time split finite-volume method for three dimensional blunt+bodz flow-AIAA Journal vol. 11, 1973.
- [83] Roșca R., Studiul posibilităților de utilizare a unor combustibili netradiționali proveniți din prelucrarea deseurilor agricole pentru alimentarea motorului cu aprindere prin comprimare, Teza de Doctorat, Universitatea Tehnică “Gheorghe. Asachi”, Iași, 1997.
- [84] Savu C-tin., Poluarea mediului și prezența substanțelor toxice în alimente. Controlul calității alimentelor, Editura Semne București, 1999.
- [85] Schulte H., Königs M., Reuter U., Scheid E., The Influence of Pilot Injection on Combustion in DI Diesel Engines.
- [86] Shimada T., Shoji T., Takeda Y., The Effect of Fuel Injection Pressure on Diesel Engine Performance – SAE Technical Paper Series 891919.
- [87] Shuyo M., Nobuyuki K., Ventilation and cooling Annual AIVC Conference, Oslo Norwaz september 1998.
- [88] Schmidt K. G., Siaubbkämpfung in der Giesserei Industrie, VDI Verlag, Dusseldorf 1977.
- [89] Smith E., Clarke D., Sherrington The measurement of piston assembly friction in a engine, Internal Combustion Engine Research in Universities – C433/031, ImechE, 1991.
- [90] Stratulat M., Andreescu C., Diagnosticarea automobilului, Societatea Știință și Tehnică SA București, 1998.
- [91] Stempel, H. G., ș.a., Investigarea în motor și arzător a influenței compoziției combustibilului asupra emisiilor poluante din gazele arse, MTZ 55, nr. 3,/1994.
- [92] Thring R., Piston skirt friction in internal combustion engines, Internal Combustion Engine Research in Universities – C433/002, ImechE, 1991.
- [93] Ting L., Shih T., Piston Ring Friction Loss Behavior for Motores and Fired Reciproticating Engines, Proceedings 6-th International Congress on Tribology vol. IV - Eurotrib, Budapest 1993.
- [94] **Tokar A.**, Bujor V., Sporea I., Refractoriness of Alloys from the Polynar System Al-Mg-Si-Mn-Ti etc., used on Piston Casting for Heat Engines Univerity of Craiova Faculty of Mechanics, International Congress Automotive, Safety and Enviroment, Second Edition, Tome II SMAT 2008.
- [95] **Tokar A.**, Nogoiteșcu A. S., Ostoia D., Surveys and Research on the Efficiency of Coach Transportation Means, ISSN 1224-6077, Tom 52 (66), Fasc. 7, Buletinul Științific al Universității Politehnica din Timișoara, Seria Mecanică, 2007.
- [96] **Tokar A.**, Sporea I., Negoiteșcu A., Tokar D., Băiețan V., Kinetics of Decomposition on a Solid Solution of α Alloy by Adding Other Alloying Elements in Oeder to be used for Casting Engine Heat Pistons, ISSN 1584-918X Scientific and Technical Bulletin Aurel Vlaicu University of Arad Faculty of Engineering Series Mechanical Engineering vol.4 nr. 2, 2008.
- [97] Tudora O., Studii și cercetări privind termogazodinamica motoarelor diesel prin metode numerice, Teză de doctorat 2004.
- [98] Tuzu Ct., Motoare Diesel, Editura Tehnică București 1966.

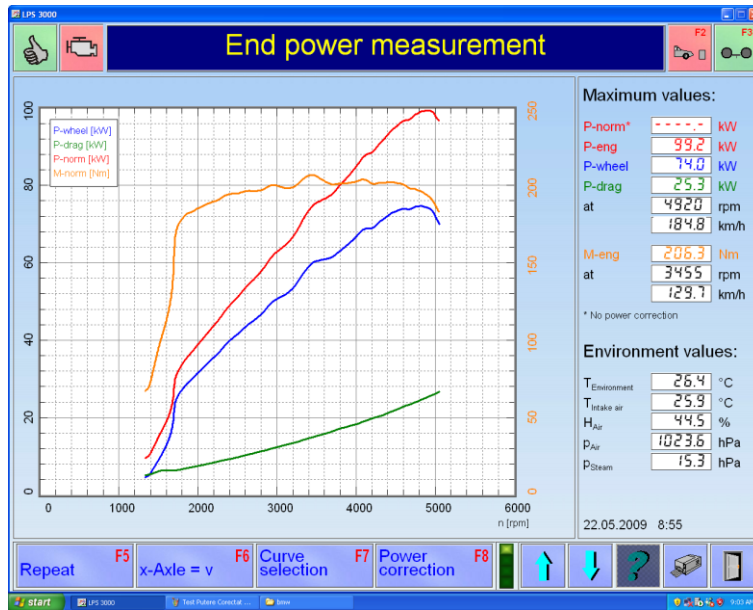
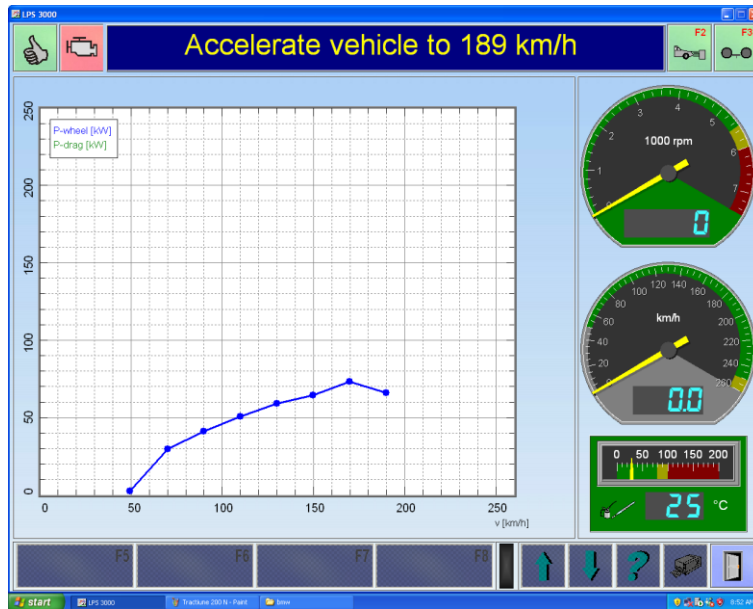
- [99] Uchida N., Shimokawa K., Kudo Y., Shimoda M., Combustion Optimiyation by Means of Common Rail Injection Rail Injection System for Heavy – Duty Diesel Engines – SAE Technical Paper Series 982679.
- [100] Urlaub A., Verbrennungsmotoren, Band 2, Verfahrenstheorie, Springer Verlag 1990.
- [101] Vasilescu C., Combaterea poluării produse de motoarele cu ardere internă, Editura Academiei 1975.
- [102] Vasilescu A. C., Combaterea produşilor poluanţi emişi de motoarele autovehiculelor, Editura Academiei României, Bucureşti 1959.
- [103] Vasilescu C., Combaterea poluării produse de motoarele cu ardere internă, Ed. Academiei, 1975.
- [104] Vasiliu Ch., N. Nistor, Gh. Anton, Aplicaţii ale teoriei sistemelor de aşteptare în problemele de trafic, Buletinul Institutului Politehnic, Bucureşti, nr. 2, 1976.
- [105] Vasiliu Ch., N. Nistor, Teoria traficului rutier şi siguranţa circulaţiei, Ed. Universităţii, Bucureşti, 1977.
- [106] Voicu V., Tehnica desprăfuirii aerului, Editura Tehnică Bucureşti, 1988.
- [107] Veinovic S., Negrea V.D., Pesic R., Davinic D., Perspective privind carburanţi şi lubrifianţi pentru autovehicule cu 3l la 100km, Congresul Internaţional ZUNG'95, Vrnjaka Banja.
- [108] Voicu V., Combaterea noxelor în industrie Editura Tehnică Bucureşti 2002 29.7
- [109] Vuchich V. R., Urban Public Transportation System and Technology, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, U.S.A., 1981.
- [110] Whitehouse N. D., Baluswamy N., Calculation of gaseus products during combustion in diesel engine using a four yone model SAE Paper No. 770410 (1977).
- [111] Williams A., Combustion of Liquid Fuel Sprays ISBN 0-408-04113-7-1990.
- [112] Williams F. A., Combustion Theorz-Addition-Weslez Publishig Company 1965
- [113] Worthing A. G., Geffner J., Prelucrarea datelor experimentale, Editura Tehnică Bucureşti, 1959.
- [114] Woschni G., Elektronische Berechnung von Verbrennungsmotor-Kreisproyessen-MTZ, 1965.
- [115] Yeh, C., Kosaka H., Kamimoto, Measurements of drop siyes in unsteady dense spray – Tokyo Institute of Tehnology, Japan 1996.
- [116] Zătreanu Gh., Contribuţii la stadiul funcţionării segmentilor motoarelor cu ardere internă în regim tranzitoriu, Teză de doctorat, Bucureşti 1975.
- [117] ***, Automotive HandBook, Bosch 3-rd Edition, Stuttgart 1996.
- [118] ***, Colecţia de reviste Automotive Engiener.
- [119] ***, Colecţia de reviste MTZ.
- [120] ***, Diesel RK.
- [121] ***, Manual de utilizare OPAX 2000.
- [122] ***, Sisteme moderne de injecţie de foarte înaltă presiune, Bosch 2000.
- [123] ***, www.mefin.ro.
- [124] ***, www.sae.org.
- [125] ***, Zum Entwicklundsstand der Kolbenringe und Dichtungen fur Verbrennungsmotoren – MTZ 1978.
- [126] ***, Colecţia de reviste ATZ.
- [127] ***, European Environment Agency. Europe `s environment, Dobris Conference, Cehia, 1991.
- [128] ***, Normativ privind stabilirea valorilor limita, a valorilor de prag si a criteriilor si metodelor de evaluare a dioxidului de sulf, dioxidului de azot si oxizilor de azot, pulberilor in suspensie (PM₁₀ si PM_{2,5}), plumbului, monoxidului de carbon si ozonului in mediul inconjurator, Ordinul nr. 592/2002, M.O. nr.765/21.10.2002.

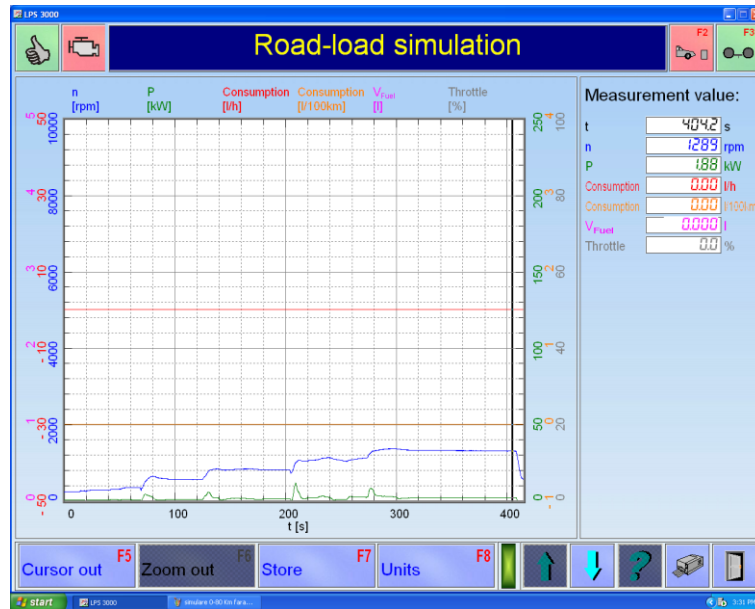
- [129] ***, SR 10144/4-1995, Amenajarea intersecțiilor de străzi. Clasificare și prescripții de proiectare, IRS, 1995.
- [130] ***, STAS 10795/1-1976, Tehnica traficului rutier. Metode de investigare a circulației, clasificare, IRS, 1976.
- [131] ***, STAS 10795/2-1980, Tehnica traficului rutier. Aparatură pentru înregistrarea traficului. Clasificare, IRS, 1980.
- [131] ***, STAS 1984/4-1995, Siguranța circulației. Semafoare pentru dirijarea circulației. Amplasare și funcționare, IRS, 1995.
- [132] ***, STAS 1984/5-1982, Semnalizare rutieră. Indicatoare luminoase pentru circulație. Condiții tehnice de circulație, IRS, 1982.
- [133] ***, STAS 4032/2-1992, Tehnica traficului rutier, Terminologie, IRS, 1992.
- [134] ***, <http://www.ecoeuropa.go.ro/>, Raport ECO ROMANIA, 23.03.2008.
- [135] ***, http://www.greenagenda.org/mm/nr_1/pag45.htm, Transportul, o problemă care poate fi rezolvată dacă ne implicăm, 22.03.2008.
- [136] ***, AVL DiCom4000, User Manual version 1.01, AVL LIST GMBH, Gray, Austria, 1998.
- [137] ***, Chassis Dynamometer LPS3000, Standard Operating Instructions and User Manual, MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH&Co.KG, 87490 Haldenwang, Germany, 2003.
- [138] ***, DS100E, User Manual version 5.0, Delphi Corporation Troy, Michigan 48098, 2005.
- [139] ***, STAS 6161/3-82.
- [140] ***, STAS 10009-88.

BMW-S535









simulare trafic BMW -gaz pornire

04/06/09 17:20	<i>Pornire</i>	λ	1.588	RPM	750
		CO	0.64	min ⁻¹	
		CO ₂	6.7	IGN	-.-
		O ₂	10.8	°CA	
		HC	3168	DA	-.-
		ppmHEX		% Toil	-.-
				°C	
				NOx	43
				ppm vol	
				PETROL	

simulare trafic BMW -gaz traseu II

04/06/09 17:21	<i>traseu II</i>	λ	1.687	RPM	830
		CO	0.14	min ⁻¹	
		CO ₂	6.8	IGN	-.-
		O ₂	10.4	°CA	
		HC	2459	DA	-.-
		ppmHEX		% Toil	-.-
				°C	
				NOx	11
				ppm vol	
				PETROL	

04/06/09 17:22	<i>traseu I</i>	λ	1.705	RPM	840
		CO	0.16	min ⁻¹	
		CO ₂	6.9	IGN	-.-
		O ₂	10.6	°CA	
		HC	2351	DA	-.-
		ppmHEX		% Toil	-.-
				°C	
				NOx	8
				ppm vol	
				PETROL	

04/06/09 17:23	<i>traseu I</i>	λ	1.692	RPM	940
		CO	0.15	min ⁻¹	
		CO ₂	6.6	IGN	-.-
		O ₂	10.5	°CA	
		HC	2606	DA	-.-
		ppmHEX		% Toil	-.-
				°C	
				NOx	8
				ppm vol	
				PETROL	

SKODA

Skoda -pomire

26/05/09 18:59

	ACT. VALUE	MAX. VALUE
RPM min ⁻¹	5990	6120
OPAC x	1.2	71.5
KVALUE m ²	0.02	2.91
CA °CA	— . —	T °C 26

26/05/09 11:00

	ACT. VALUE	MAX. VALUE
RPM min ⁻¹	0	6040
OPAC x	7.0	7.0
KVALUE m ²	0.16	0.16
CA °CA	— . —	T °C 26



26/05/09 13:57

FILTER ABSORPTION

= 0.5 %

20/05/89 15:48

LINEARITY OK

LINEARITY: 0.7 %

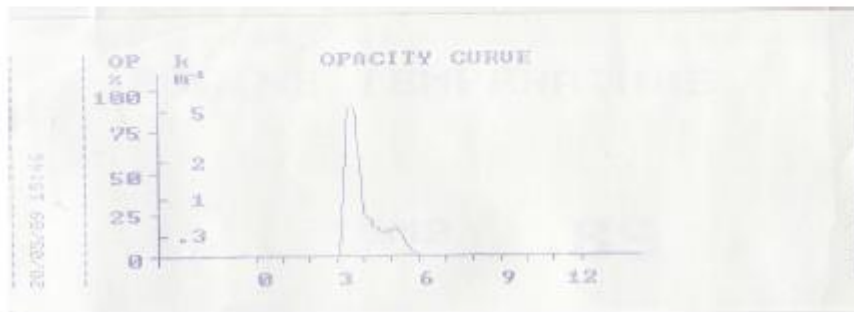
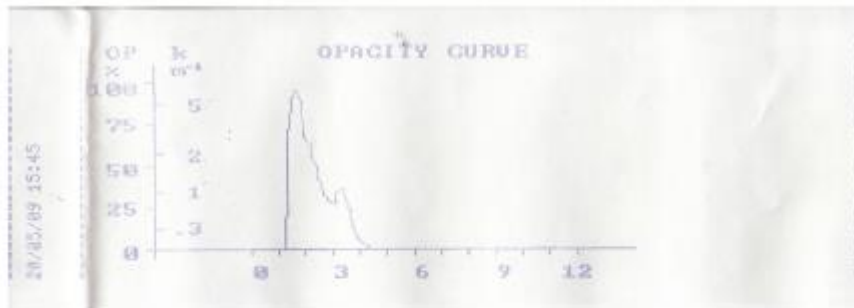
MEASURED AT K-VAL 1.84 m²

2189

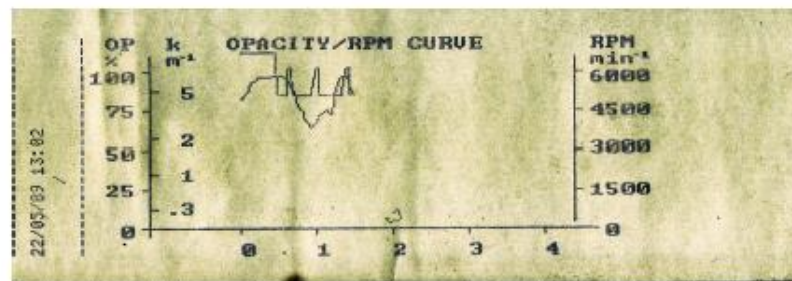
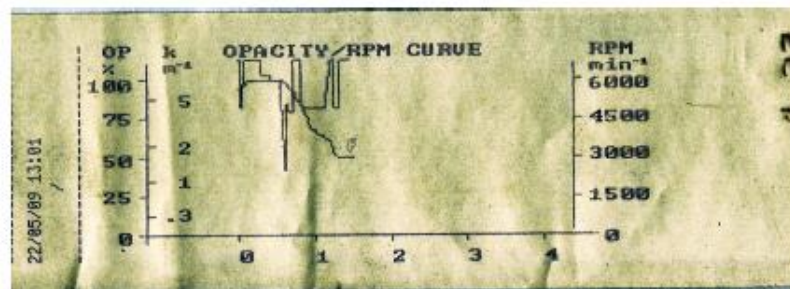
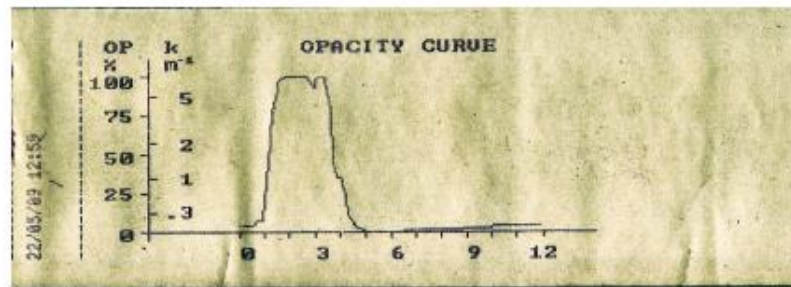
20/05/89 15:43

ENGINE TEMPERATURE

TEMP 89 °C



OPEL COMBO



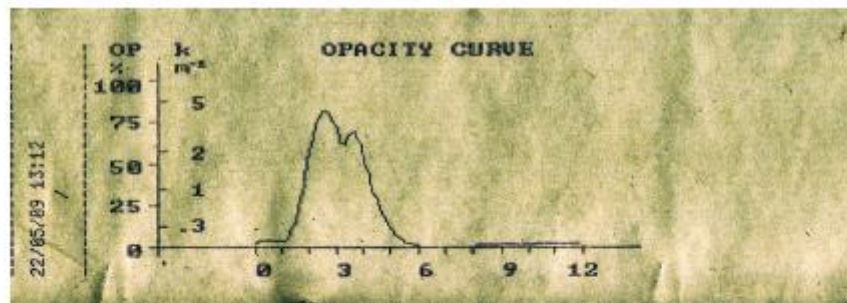
22/05/89 13:09

LINEARITY OK

LINEARITY: 0.3 %
MEASURED AT K-VAL 1.77 m^{-1}

22/05/09 13:05
93
FILTER ABSORPTION
= 0.8 %

22/05/09 13:12
OPAC. **81.8**
x
K VALUE **3.96**
m⁻¹
TEMPERATURE **59**
°C



22/05/09 13:14
OPAC. **82.4**
x
K VALUE **4.04**
m⁻¹
TEMPERATURE **60**
°C

DACIA LOGAN

27/05/09 17:39

λ	1	014	RPM	0
CO	2	73	min ⁻¹	
xvol			IGN	
CO ₂	13	7	oCA	
xvol			DA	
O ₂	2	50	%	
xvol			Toil	
HC		470	oC	
ppmHEX			NOx	130
			ppm vol	PETROL

28/05/09 19:29

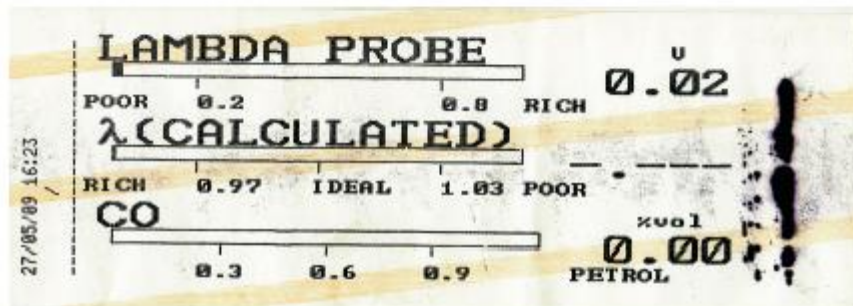
λ	1	187	RPM	1100
CO	1	25	min ⁻¹	
xvol			IGN	
CO ₂	14	0	oCA	
xvol			DA	
O ₂	5	0	%	
xvol			Toil	
HC		102	oC	
ppmHEX			NOx	49
			ppm vol	PETROL

28/05/09 19:34

λ	0	879	RPM	5750
CO	4	55	min ⁻¹	
xvol			IGN	
CO ₂	13	0	oCA	
xvol			DA	
O ₂	0	01	%	
xvol			Toil	
HC		68	oC	
ppmHEX			NOx	29
			ppm vol	PETROL

28/05/09 09:11

λ	1	039	RPM	800
CO	2	57	min ⁻¹	
xvol			IGN	
CO ₂	13	6	oCA	
xvol			DA	
O ₂	2	94	%	
xvol			Toil	
HC		445	oC	
ppmHEX			NOx	21
			ppm vol	PETROL



MEAS. VAL.	CAL. VALUE	27/05/09
CO ₂ 0.11 xvol	14.00	17:52
CO 0.01 xvol	3.50	TIMER 316
HC 13 ppm vol	2000 P	COUNTER 3264
NO _x 4 ppm vol	0	PEP 499
THE GASCYLINDER SHOULD BE CLOSED!		CALIB. GAS VALUES O.K.?

27/05/09 17:53