

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIȘOARA
FACULTATEA DE MECANICĂ**

ING.GELU CĂDARIU

TEZĂ DE DOCTORAT

**STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND REDUCEREA POLUĂRII
PRODUSĂ DE MAȘINILE ȘI ECHIPAMENTELE TERMICE**

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC

PROF. DR. ING. VIRGILIU DAN NEGREA

MEMBRU CORESPONDENT AL ACADEMIEI DE

ȘTIINȚE TEHNICE DIN ROMÂNIA

369 642.436
E

2004

MULȚUMIRI

Ajuns la capătul acestei lucrări doresc să mulțumesc tuturor celor care m-au îndrumat și ajutat la realizarea ei.

DOMNULUI PROFESOR DOCTOR INGINER VIRGILIU DAN NEGREA, Universitatea Politehnica Timișoara, Membru Corespondent al Academiei de Științe Tehnice din România, coordonatorul meu științific, îi mulțumesc pentru îndrumarea permanentă, teoretică și practică de un deosebit profesionalism, pentru sfaturile valoroase care m-au călăuzit pe întreaga perioadă de pregătire și elaborare a tezei.

Mulțumesc tuturor colegilor mei din cadrul Gărzii Naționale de Mediu – Comisariatul Județean Timiș, precum și întregului colectiv al Agenției Regionale de Protecție a Mediului Timișoara și pentru sprijinul oferit în realizarea acestei lucrări.

Țin să aduc mulțumiri cu acest prilej dascălilor mei în știința ingineriei mecanice și tuturor celor care au contribuit la formarea mea ca inginer.

Pe această cale mulțumesc călduros corpului profesoral din UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” TIMIȘOARA, CATEDRA DE TERMOTEHNICĂ, MAȘINI TERMICE ȘI AUTOVEHICULE RUTIERE.

În final, mulțumirile mele se îndreaptă spre cei care au fost alături de mine pe întreg parcursul acestui drum – familia mea.

AUTORUL

CUPRINS

CAPITOLUL 1 Introducere.

| | |
|---|----|
| 1.1. Ecologia și problemele ei..... | 3 |
| 1.2. Tipuri de poluare..... | 8 |
| 1.3. Energofagia ecosistemelor..... | 16 |
| 1.4. Rezervele energetice, risipa de energie și menținerea echilibrului ecologic..... | 17 |

CAPITOLUL 2 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.

| | |
|---|----|
| 2.1. Evaluarea poluării produse de transporturile rutiere..... | 23 |
| 2.2. Natura și efectele emisiilor produse de motoarele cu ardere internă..... | 26 |
| 2.3. Poluarea aerului și praguri nocive..... | 34 |
| 2.4. Noțiuni de calitate a aerului și toxicologie clinică..... | 34 |
| 2.5. Inventarul emisiilor..... | 48 |

CAPITOLUL 3 Reducerea noxelor produse de motoarele cu ardere internă.

| | |
|---|----|
| 3.1. Măsuri pentru reducerea noxelor emise de motorul cu aprindere prin scânteie..... | 52 |
| 3.2. Catalizatori destinați motoarelor cu aprindere prin scânteie..... | 58 |
| 3.3. Filtre de particule..... | 72 |
| 3.4. Măsuri pentru reducerea noxelor emise de motorul cu aprindere prin comprimare..... | 79 |
| 3.5. Concluzii..... | 82 |

CAPITOLUL 4 Elemente privind instalații experimentale și tehnici de evaluare comparativă a noxelor precum și a zgomotului produs de către autovehiculele rutiere

| | |
|---|----|
| 4.1 Elemente privind determinarea experimentală a poluanților, mijloace de măsură pentru investigarea imisiilor | 85 |
| 4.2. Discrepanțe ale unităților de măsură pentru evaluarea noxelor. Relații particularizate pentru evaluarea cantitativă a noxelor..... | 94 |

| | |
|--|-----|
| 4.3. Poluarea sonoră produsă de motoarele cu ardere internă și autovehiculele care le echipează..... | 98 |
| 4.4. Măsurarea nivelului de zgomot. Date, măsurători și grafice pentru diverse străzi și intersecții din Timișoara..... | 104 |
| 4.5. Implicațiile căilor de rulare și a organizării circulației rutiere asupra poluării mediului produsă de către autovehiculele cu motoare cu ardere internă..... | 123 |
| CAPITOLUL 5 Interpretarea statistică a efectelor emisiilor asupra poluării locale luând în considerare și modul de ansamblu de distribuție a emisiilor pentru surse mobile. | |
| 5.1. Metode de analiză ale dispersiei noxelor în mediul ambiant..... | 126 |
| 5.2. Gradienti de presiune și temperatură ai atmosferei..... | 127 |
| 5.3. Noțiuni de teoria stratului limită aplicate atmosferei terestre..... | 132 |
| 5.4. Sistemul de ecuații..... | 137 |
| 5.5. Modele statistice de difuzie utilizate în modelarea dispersiei noxelor în mediul ambiant..... | 140 |
| 5.6. Modele statistice de difuziune..... | 142 |
| 5.7. Aprecierea valabilității modelelor de difuzie în estimarea concentrației noxelor..... | 149 |
| 5.8. Aplicarea modelelor statistice de difuzie la studiul dispersiei noxelor..... | 151 |
| 5.9. Determinarea experimentală a imisiilor pentru diverse amplasamente din municipiul Timișoara..... | 154 |
| 5.10. Evaluarea prin calcul a imisiilor pentru diverse amplasamente din municipiul Timișoara..... | 180 |
| 5.11. Interpretarea critică a datelor experimentale în juxtapunere cu datele de calcul... | 194 |
| CAPITOLUL 6 Concluzii. Contribuții personale | |
| 6.1. Concluzii generale..... | 209 |
| 6.2. Contribuții personale..... | 214 |
| BIBLIOGRAFIE | 216 |
| REZUMAT – limba engleză | 225 |

1.1. Ecologia și problemele ei

Poluarea mediului a devenit o problemă social-economică contemporană încât s-a impus adoptarea unor măsuri legislative pentru limitarea acțiunilor ei nocive.

Ridicarea standardului de viață nu mai poate fi înțeleasă doar ca o diversificare a mijloacelor tehnico-materiale ci mai ales ca o integrare a omului în mediul ambiant, în condiții de confort și conservare a stării de sănătate. Mediul înconjurător nu mai poate prelua la nesfârșit funcția de coș de gunoi al omenirii.

Există două noțiuni în strânsă legătură una cu cealaltă, ecologia și poluarea.

Ecologia este știința care studiază interacțiunile dintre ființele vii și dintre acestea și mediul în care trăiesc. Denumirea a fost dată de biologul german Ernest Haeckel, la 1866 prin lucrarea "Morfologia generală a organismului", denumirea avându-și originea din limba greacă (oikos-casă ; logos - știință).

Deși desprinsă din biologia generală, ecologia a devenit o știință tot mai mult independentă, ea bazându-se, ca știință a gospodării planetei, pe observații proprii, pe experimente și cercetări efectuate prin mijloace statistice și pe modele matematice. Ecologia nu poate fi ruptă nici de științele medicale și nici de cele social-umaniste, [1] protecția mediului fiind în simbioză intimă cu acestea.

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

Orice substanță rezultată din procese chimice, fizice și biologice care, răspândită în mediul ambiant, dăunează organismelor vii, bunurilor materiale, operelor de artă și peisajului, se numește substanță poluantă.

Poluantul este deci o substanță solidă, lichidă, gazoasă sau sub formă de energie (radiație electromagnetică, ionizantă, termică, fonică sau vibrații) care, introdusă în mediu, modifică echilibrul constituenților acestuia și a organismelor vii și aduce daune bunurilor materiale.

Poluarea nu poate fi considerată ca o caracteristică a societății moderne [2]. Omul a dezvoltat activități cu caracter poluant încă de la descoperirea focului, modul de practicare a agriculturii în antichitate a determinat poluarea treptată a solului, întinse teritorii din Fenicia, Babilon și Egipt fiind transformate treptat în deșerturi.

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

La sol poluarea este caracterizată de acumularea continuă a deșeurilor industriale sau domestice, creșterea nivelului zgomotului în zonele industriale și urbane, prin degradarea peisajului natural. Printre multiplele surse de poluare se numără și mijloacele de transport rutier, aerian și naval echipate cu motoare cu ardere internă (m.a.i.).

Fără a face o incursiune foarte exactă în istorie, omul a desfășurat activități poluante încă de la descoperirea focului și la practicarea agriculturii intensive. Diluția activităților poluante însă, a făcut ca acestea să nu fie manifeste nici regional, în primele etape, și nici la scară mondială.

Secolul XIX, cu apariția mașinismului, a evidențiat încet, încet apariția poluării, întâi pe plan local apoi în regiuni tot mai extinse, astfel încât azi, îngrijorarea datorită poluării e manifestă pe plan planetar.

O schemă intuitivă a interacțiunilor proprii poluării este redată în figura 1.1.

Figura 1.1 reprodusă după [3] face referiri la eutropicalizare ceea ce reprezintă generic poluarea datorită activităților umane. Notiunea în sine a fost preluată după numele învățatului Eutropius - sec.IV d.Ch. care a scris aproximativ în anul 367 "Breviarum ab Urbe conduita" în 10 volume.

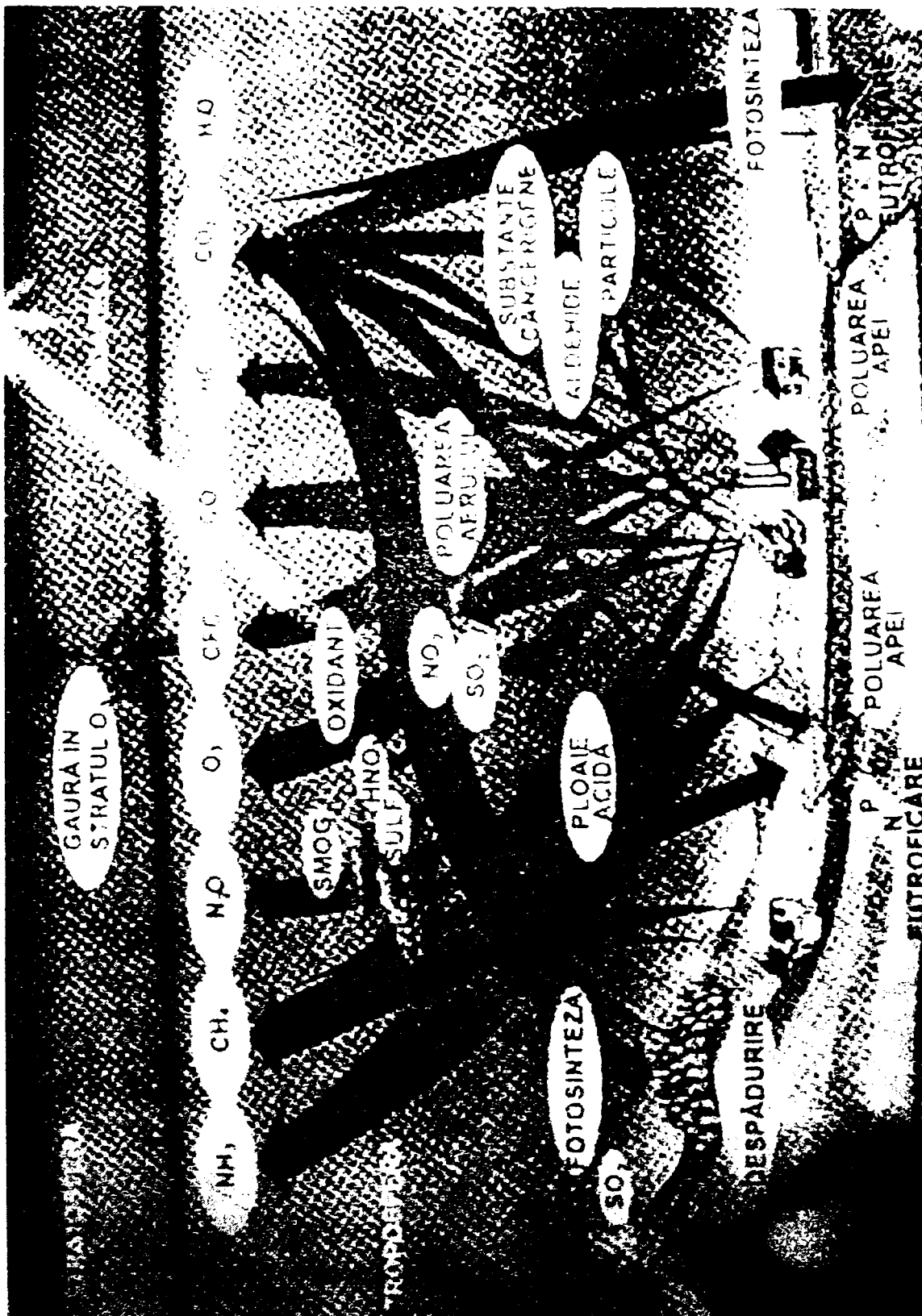


Fig.1.1.Eutropicalizare, poluarea datorată activităților umane.

Sectoarele de activitate umană vinovate în principal de poluare sunt [1] :

- industria extractivă,
- industria chimică și energetică,
- agricultura,
- anumite industrii prelucrătoare,
- transporturile în cadrul cărora o influență consistentă o au motoarele cu ardere internă,
- marile aglomerări urbane.

Exploatarea miniere exercită numeroase influențe negative asupra mediului prin tasări, scurgeri, scoaterea din circuit a numeroase suprafețe forestiere (la cele de suprafață), sau prin modificarea regimului hidrologic (în subteran).

În industria energetică, centralele termo-electrice afectează intens mediul nu numai prin scoaterea unor terenuri din circuitul normal dar și prin poluare chimică, termică, radioactivă.

Substanțele gazoase emanate sunt CO_2 , CO , SO_2 , SO_3 , NH_3 , NO , NO_2 , vapori H_2O , hidrocarburi, cloruri, fluoruri, sulfati.

Substanțele solide sunt cenușa și zgura, care conțin SO_2 , SO_3 , CaO , MgO , sulfati, Fe_2O_3 .

Industriile chimice sunt printre cele mai poluante în raport cu natura produselor finite.

Tehnologiile actuale ale industriilor siderurgică și metalurgică (cocsificări, aglomerări, topiri, decarburări), dau naștere de asemenea la mari cantități de substanțe poluante. Un combinat siderurgic cu o producție de 5 milioane tone oțel pe an, elimină zilnic : 40.000 kg CO , 275 kg SO_2 , 2500 kg pulberi nocive.

Industriile, indiferent de profil, sunt surse mari de poluare dacă nu se asigură închiderea ciclului de fabricație pentru a nu exista emanații de substanțe în atmosferă, în apele de suprafață sau în sol. De exemplu fabricile de îngrășăminte chimice, elimină 1000-1500 kg/h de compuși cu fluor și 600 kg/h SO_2 , care e mult mai toxic decât noxele eșapate de motoarele cu ardere internă. O fabrică de ciment de dimensiuni medii, elimină 10% din producție la coș, sub formă de pulbere.

Sursele poluării permanente sunt diversificate, însă locul principal îl ocupă gazele rezultate în urma arderii combustibililor, fie în instalații staționare, fie în motoarele de ardere internă.

Gazele evacuate pe coșurile de fum ale instalațiilor de ardere conțin importante cantități de oxizi de sulf, oxizi de azot, monoxid și dioxid de carbon, praf de cenușă etc.

Chiar și prin canalul de fum al coșurilor imobilelor de locuit sunt emise importante substanțe poluante.

Noxele evacuate în aer odată cu gazele eșapate de motoarele cu ardere internă sunt: monoxid și dioxid de carbon, oxizi de azot, aldehide, acid clorhidric și bromhidric, acid sulfuric și azotic, combinații ale plumbului, hidrocarburi, etc.

De remarcat că cele amintite mai sus se pot considera *substanțe nocive primare*. Însă prezența acestora în atmosferă duce la interacțiuni sub acțiunea factorilor atmosferici (umiditate, căldură, gaze solare) rezultând *substanțe nocive secundare*: smogul fotochimic și smogul umed.

Toate mijloacele de transport rutier, aerian, naval, echipate cu motoare cu ardere internă sunt poluante.

În tabelul 1.1 este redată structura grafică a noxelor înregistrate la arderea unui kg de combustibil.

Din tabel se constată că arderea defavorabilă a benzinei în m.a.i. determină o creștere mare a CO eșapat, iar pentru motorină, mai periculos e conținutul de SO₂ din gazele arse.

Tabelul 1.1

| Natura Poluanților | gr/1 kg comb. | |
|-----------------------|---------------|----------|
| | Benzină | Motorină |
| CO | 465 | 21 |
| NO | 23 | 27 |
| HC | 4 | 12 |
| SO ₂ | 0,8 | 4,8 |
| Particule | 0,1 | 0,8 |

În aer, într-o oră de zbor un avion supersonic elimină cca 1 tonă de monoxid de carbon care se extinde într-o pătură subțire, sub stratul de ozon. Avioanele supersonice poluează și solul, prin stropire cu carburanți nearși, cantitatea totală fiind evaluată la 6 milioane tone pe an.

Din punct de vedere ecologic deosebim:

- noxe care dăunează direct organismului uman, ca de exemplu oxizii de azot NO_x , oxizi de sulf (SO_x), monoxidul de carbon (CO), precum și unele metale grele;

-noxe care acționează direct asupra vegetației ca de exemplu dioxidul de sulf (SO_2) și combinațiile dintre Cl și H_2 ;

- noxe care stau la baza formării de acizi, ca de exemplu SO_2 , SO_3 , NO și NO_2 ce determină formarea ploilor acide și deci afectarea pădurilor, clădirilor, monumentelor, etc;

- noxe persistente în soluri, care, în cadrul lanțului biologic plantă-animal-om, se acumulează, cum este cazul metalelor grele;

- noxe care devin factori de influență ai climei, ca de exemplu CO_2 și N_2O precum și factori importanți în declanșarea efectului de seră al Pământului sau care contribuie la distrugerea stratului natural de ozon.

1.2. Tipuri de poluare

Într-o structură generală a tipurilor de poluare distingem :

- a) - poluarea atmosferei,
- b) - poluarea apei,
- c) - poluarea mediului cu poluanți fără prag,
- d) - poluarea cu radiații ionizante,
- e) - poluarea solului.

a) Poluarea atmosferei

În atmosferă se deversează mari cantități de gaze, lichide și particule solide care, dacă ajung la concentrații prea mari, modifică condițiile de viață. Consumarea oxigenului nu este o problemă deoarece s-a stabilit că dacă se ard toți combustibilii fosili și toată

biomasa combustibilă, concentrația de O_2 nu scade cu mai mult de 3%, ceea ce nu constituie deloc un pericol.

Dificultăți ridică marea cantitate de substanțe poluante ce ajung în atmosferă prin activitățile omului și care se ridică în total la 10^{12} tone anual, efectele cele mai neplăcute avându-le : dioxidul de carbon CO_2 în cantitate de 20×10^9 tone/an, față de 700×10^9 tone/an, cât rezultă din procesele naturale.

Oxidul de carbon (CO) este unul dintre noxele cu mare răspândire, nocivitatea acestuia datorându-se în special, afinității ridicate a hemoglobinei pentru CO (de 210 ori mai mare comparativ cu O_2), formând carboxihemoglobina.

Efectul principal este intoxicația care produce dureri de cap, oboseală, amețeli, tulburări de vedere, irascibilitate, vomă, leșin, comă și chiar moarte.

Dioxidul de carbon (CO_2) nu este o substanță toxică, dar este considerat totuși o emisie nocivă numai în concentrații foarte mari (peste 5000 ppm). El este eliminat parțial în atmosferă de către vegetație. Dioxidul de carbon este un produs normal al arderii tuturor combustibililor ce au în structura lor carbon. CO_2 influențează clima prin efectul de seră creat asupra Pământului, contribuția care-i revine fiind apreciată la 50%. Până în prezent nu există soluții tehnico-economice de combatere a emisiilor de CO_2 . Singura soluție fezabilă este accentuarea creșterii eficienței la producerea, transformarea și utilizarea energiei termice, optimizarea instalațiilor de ardere (inclusiv a motoarelor cu ardere internă) pentru reducerea consumului de combustibili. O altă soluție constă în folosirea energiei nucleare și a altor surse de energie neconvențională. De remarcat că pe plan mondial se tinde la limitarea emisieii de CO_2 la nivelul celei din 1990.

Oxizii de azot (NO_x), sunt 6 combinații ale azotului cu oxigenului: protoxidul de azot (N_2O), oxidul de azot (NO), dioxidul de azot (NO_2), trioxidul de azot (N_2O_3), tetraoxidul de azot (N_2O_4) și pentaoxidul de azot (N_2O_5). Emisiile motorului cu ardere internă conțin oxid de azot și bioxid de azot.

Din cantitatea totală de NO_x dezvoltată prin ardere, aproximativ 95% este sub formă de monoxid de azot (NO) și doar restul sub formă de dioxid de azot (NO_2). Eliminat în atmosferă, NO , în prezența oxigenului din aer și sub acțiunea radiațiilor ultraviolete se transformă, destul de repede în (NO_2), care este foarte toxic. În anumite condiții NO_2 împreună cu apa (H_2O) formează acidul azotic (HNO_3).

determină și ea efect de seră și poate duce la topirea ghețurilor și la modificări mari de climă cu toate implicațiile dezastruoase care urmează. În ultimii 2 ani, deși suntem zonă temperată, România are primăveri și toamne foarte scurte și extrem de capricioase.

Poluarea atmosferei poate afecta și pătura de ozon, care asigură protecția biosferei față de nocivitatea radiației ultraviolete.

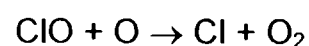
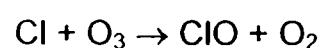
Ozonul (O_3) din stratosferă, prezent în concentrații de 0,5-10 ppm se formează prin asocierea O_2 cu un atom liber de O și se disociază iar prin acțiunea radiației ultraviolete, într-un ciclu în permanent echilibru. Acest echilibru este deranjat în prezența oxizilor de azot și mai ales a clorurilor care produc alte combinații cu oxigenul.

O sursă de poluare a stratosferei este freonul sau clor-fluor-metanul (CFC în fig.1.1) care se folosește ca gaz de presiune în bombele deodorante și insecticide, ca agent termic în refrigeratoare și pentru curățirea contactelor în microelectronică.

Freonul, produs din 1972 în cantitate de 800.000 tone/an, a distrus în proporție de 5% stratul de ozon până în 1990.

Rupturi în pătura de ozon au fost constatate inițial în 1983 de o expediție britanică în Australia. Ruptura a apărut în martie și a dispărut în noiembrie, fiind pusă inițial pe seama unor vânturi foarte puternice în stratosferă. Din păcate nu a fost așa, anii 1990 și 1991 evidențiind goluri în stratul de ozon atât deasupra Americii de Nord cât și deasupra Europei.

Freonul nu este distrus în troposferă, dar în stratosferă este descompus de razele ultraviolete (U.V) apărând atomi liberi de Cl, care atacă O_3 , pentru a da naștere la ClO și O_2 . ClO se combină cu un atom de O, pentru a forma O_2 și un atom de Cl.



Lanțul de reacții se repetă, fiecare atom de Cl distrugând 100.000 de molecule de O_3 . Dacă ozonul nu mai barează trecerea razelor ultraviolete, se înmulțește numărul de cazuri de cancer de piele, de cataractă, estimându-se că pentru SUA, o reducere cu 1% a consistenței păturii de O_3 , are ca efect o majorare cu 10.000 a cazurilor de cancer de

piele apărute anual. Ceea ce e și mai grav, se produc dezechilibre și în sistemul imunologic, cu efecte nefaste asupra rezistenței organismului.

În atmosferă conform fig.1.1 mai ajung și noxe : hidrocarburi (HC, inclusiv metan CH₄) și amoniac NH₃.

Hidrocarburile (HC), ca substanțe primare, prezintă miros urât (formaldehida, acroleinele) și acțiune cancerigenă (hidrocarburile aromate cu masă moleculară ridicată), de exemplu benzpirenul.

Hidrocarburile sunt nocive îndeosebi ca substanțe secundare deoarece sunt o componentă principală în reacțiile de formare a smogului fotochimic. Acesta este iritant pentru căile respiratorii și pentru ochi, reduce vizibilitatea. Mecanismul de formare a smogului este declanșat și dezvoltat de NO și HC în prezența luminii.

Dacă smogul fotochimic se formează într-o atmosferă uscată, la o temperatură mai mare de 20⁰C, în prezența razelor solare, avem și fenomene de smog umed, care se formează într-o atmosferă umedă, la temperaturi mici, sub 4⁰C, având ca substanțe participante: particule solide de funingine, oxizii sulfului și oxidul de carbon. Are o acțiune sufocantă (ex. Londra 1952).

Particulele care ajung în mediul ce ne înconjoară pot fi :

- aerosoli naturali, de origine continentală :
- praf terestru răscolit de furtuni,
- produșii unor reacții fotochimice dintre unele substanțe cu ozonul sau cu hidrocarburi,
- reacțiile dintre SO₂, NH₃, H₂S cu O₃ sau cu O₂, influențate de umiditate,
- din erupții vulcanice;
- aerosoli oceanici, proveniți din picăturile evaporate în atmosferă care conțin substanțe dizolvate;
- aerosoli de origine umană :
- fum,
- particule solide de combustie.

Pulberile care se pot datora cenușii zburătoare, eliminată prin coșul de fum al instalațiilor de ardere, praful de cenușă fin antrenat de vânt din haldele de depozitare a

cenușii, praful de cărbune provenit din haldele de cărbune, din transportul și prepararea acestuia.

Particulele eliminate de motoarele cu ardere internă sunt alcătuite din carbon, hidrogen sau chiar plumb și compușii acestuia. Particulele de funingine reduc vizibilitatea, au o acțiune cancerigenă prin componentele de HC grele. Plumbul este o substanță toxică, mai ales particulele sub formă de aerosoli (particule mici, sub $1\mu\text{m}$).

Aerosolii toxici sunt constituiți din hidrocarburile policiclice aromatice, rezultate ca produse ale arderii incomplete și imperfecte a combustibililor. Acestea se concentrează sub formă de picături fine și plutesc în aer. Asemenea aerosoli sunt foarte periculoși datorită acțiunii cancerigene a hidrocarburilor.

Poluările termice se datoresc schimburilor de căldură la izvorul rece necesar mașinilor termice, precum și evacuărilor datorită izolațiilor deficitare.

La o distribuție uniformă a "poluării termice" pe întreaga suprafață a Terrei se ajunge la $0,2\text{ W/m}^2$, ceea ce nu este o catastrofă din punct de vedere a schimbării globale a climei. Se înregistrează totuși modificări de microclimat. Dacă avem însă în vedere că față de 1970, când s-a înregistrat $5,5 \times 10^6$ MW, energie disipată în mediu, în anul 2000 crescând la 30×10^6 MW, această formă de poluare va deveni consistentă, cel puțin în aglomerările industriale.

Cei $5,5 \times 10^6$ MW sunt similari unei cote de 1% din constanta solară și reprezintă 10% din energia termică absorbită de scoarța terestră, ceea ce nu mai e o cantitate de neglijat.

b) Poluarea apelor

Apa este vitală pentru toate organismele vii. Este potabilă pentru oameni și animale, de neînlocuit pentru agricultură, folosită ca materie primă, ca fluid energetic în industria termoenergetică, agent termic, ca mediu de plutire și este un mediu propice pentru flora și fauna acvatică. Apa reprezintă aproximativ $2/3$ din suprafața globului.

Categoriile de ape sunt :

- Apele continentale care resimt pe tot cursul râurilor efectele poluării, ele înglobând scurgeri agricole, industriale, în care se dizolvă mari cantități de substanțe organice sau anorganice.

- Apele oceanice ridică probleme tot atât de importante, dar cu o amploare mai mare decât la apele continentale. Efectele negative sunt legate fie de activități economice, transport naval și exploatarea de petrol de pe platforme (poluări pelagice), fie activități terestre, printre care, demn de amintit sunt : aporturile de ape fluviale poluate și deversările directe ale industriilor implantate pe litoral (poluări telurice).

c) Poluarea mediului cu poluanți fără prag

Poluanții fără prag sunt cei considerați în perioada actuală că reprezintă un grad ridicat de pericolozitate. Din această categorie fac parte : pesticidele, hidrocarburile policiclice aromatice, radiațiile ionizante precum și metalele grele (Pb, Hg, Cadmiu).

Ațiunea lor chimică este de lungă durată și se poate exercita și asupra descendenților celor intoxicați cu asemenea substanțe.

d) Radiatiile ionizante

Radiațiile ionizante au ca sursă de proveniență mediul natural sau diverse experimente. Ele pot fi :

1. Radiații naturale

- radiațiile cosmice, provin din afara sistemului solar fiind particule încărcate electric structural alcătuite din 85% protoni, 13% particule α și 2% nuclei atomici,

- radiațiile solare, detectate la altitudini de 10-30 km ce sunt de intensități legate de activitatea solară, formate preponderent din protoni,

- radiațiile cosmice secundare, detectate în atmosferă ele rezultând din interacțiunea radiațiilor primare cu atmosfera terestră,

- radiația cosmică de tip Van Allen, rezultată din interacțiunea neutronilor cu atmosfera superioară, fiind formate din electroni și protoni colectați în cele două centuri de câmp magnetic terestru,

- radiațiile terestre, generate de substanțele radioactive naturale, răspândite în sol.

2. Radiații artificiale, provenite din experiențe cu caracter nuclear, din extracția și prelucrarea minereurilor radioactive, exploatarea reactorilor nucleari, netratarea combustibililor nucleari uzați, divizarea izotopilor radioactivi, spectroscopie, etc.

O unitate de măsură frecvent utilizată pentru evaluarea radiațiilor este radul [rad].

$$1 \text{ [rad]} = 1 \text{ [cG]} \text{ și } 1 \text{ [cG]} = 10^{-2} \text{ [G]}$$

Grayul corespunde unei energii de ionizare de 1 [J/kg].

Câteva doze de radiații sunt expuse în cele ce urmează :

1×10^{-3} [rad] - iradierea anuală datorită activităților nucleare,

5×10^{-3} [rad] - iradierea de către ecranul TV sau ceasurile cu cadran fosforescent,

50×10^{-3} [rad] - iradierea datorită unui examen radiologic complet,

100×10^{-3} [rad] - iradierea medie normală anuală,

500×10^{-3} [rad] - pragul oficial superior de iradiere admisă în condiții de securitate pentru public,

2-3 [rad] - iradierea naturală în regiunile granitice,

5-100 [rad] - iradierea maximă de scurtă durată admisă pentru lucrătorii din mediul nuclear.

În legatură cu efectele biologice produse de iradiere asupra omului acestea sunt :

50-100 [rad] - diminuarea globulelor albe din sânge,

100-200 [rad] - diminuarea globulelor albe și roșii din sânge,

200-400 [rad] - diaree, mortalitate în 5% din cazuri,

400-600 [rad] - mortalitate în 50% din cazuri,

peste 600 [rad] - mortalitate sigură în maximum două săptămâni.

În ceea ce privește dozele de iradiere la care este supus omul este de reținut că un locuitor al Parisului este expus în permanență la 1×10^{-3} [rad] (din care $0,3 \times 10^{-3}$ din cosmos, $0,4 \times 10^{-3}$ din sol, $0,2 \times 10^{-3}$ din aer și $0,1 \times 10^{-3}$ datorită fumatului și alimentelor). Dacă urca 7 etaje într-o clădire se mai supune la 1×10^{-3} [rad] iar dacă urca pe Mont Blanc, la înca 240×10^{-3} [rad].

Riscurile ce decurg din contaminările radioactive duc la următoarele suferințe : leucemie, cancer pulmonar și tiroidian, tumori osoase, pierderea acuității vizuale, leziuni în uter, mutații genetice, etc.

e) Poluarea solului

Poluatoarele ale solului sunt exploatarea minieră la zi și subterană, activitățile siderurgice, industria cimentului și alte industrii ce determină haldarea rezidurilor.

Defrișările de păduri influențează direct clima și stabilitatea solului. Nu întotdeauna terenurile de cultură obținute prin defrișări sunt fertile, cunoscute fiind experiențele nefaste din zona Amazoniei, unde stratul activ de humus de sub arborii seculari este foarte subțire, el degradându-se în numai câțiva ani.

Agricultura intensivă care utilizează intens pesticide, ierbicide și chiar îngrășămintele artificiale precum și monoculturile sau practicarea unor asolamente neinspirate pot conduce rapid la poluarea și degradarea, de multe ori ireversibilă a solului.

1.3. Energofagia ecosistemelor

Energofagia ecosistemelor prezintă o importanță deosebită printre problemele de ansamblu pe care le ridică poluarea. Domeniul mașinilor și instalațiilor termice fiind poluant datorită funcționalității acestora, vom acorda atenția cuvenită energofagiei activităților pe Terra.

Se numește ecosistem ansamblul comunităților de ființe vii și al condițiilor energetice, fizice, chimice și biologice ale mediului înconjurător [1].

Ecosistemul antropizat se deosebește de un ecosistem natural printr-un consum energetic mult sporit și prin utilizarea maximă a altor surse de energie decât cea solară, mai ales a celor provenite din combustibilii fosili, prin nerespectarea ciclurilor naturale, într-un cuvânt, prin crearea unor sisteme și circuite artificiale, a căror rezultantă totală constituie un puternic impact asupra mediului exterior.

Dacă în alimentație consumul de energie a crescut de numai 5 ori datorită limitelor biologice ale ființei umane, în transporturi și servicii mai ales, creșterea e impresionantă, consumul energetic datorită intervenției omului pentru asigurarea accesibilității sale la energie, fiind nemijlocit legat de poluare.

După unele aprecieri ale specialiștilor, un consum de putere peste $0,5 \text{ W/m}^2$, devine obiectibil pentru poluare, ceea ce desigur, dezavantajează țările avansate, așa cum rezultă din tabelul 1.3.

Datele ilustrează gradul de industrializare și distribuția unor anumite tipuri de industrii (energofage sau mai puțin energofage), nivelul evoluat sau mai puțin evoluat al tehnologiilor și ține cont de densitatea populației și de nivelul poluării, deoarece o putere instalată consistentă, înseamnă consumuri mari de combustibil ceea ce, inevitabil va conduce și la majorarea noxelor.

Tabelul 1.3

| Țara | Densitate, putere consumată [W/m^2] |
|------------------------|--|
| Anglia, Belgia | 1,52 |
| Olanda | 1,27 |
| Germania | 0,96 |
| Japonia | 0,55 |
| S.U.A. | 0,26 |
| Venezuela | 0,03 |
| India și Noua Zeelandă | 0,02 |
| Etiopia | 0,0003 |

1.4. Rezervele energetice, risipa de energie și menținerea echilibrului ecologic

Rezervele de combustibili fosili sunt structurate conform datelor din tabelul 1.4.

Tabelul 1.4

| Resurse | Milioane tone comb.convențional | % |
|---------------------------------|---------------------------------|------|
| Cărbune | 9890 | 79,3 |
| Țiței | 1044 | 8,4 |
| Gaze naturale | 313 | 2,7 |
| Șisturi și nisipuri bituminoase | 1195 | 9,6 |
| Total | 12442 | 100 |

642 436
369 E

Se constată că preponderenți sunt cărbunii, astfel încât dacă ei s-ar utiliza intensiv, actualele rezerve totale (12.000 milioane t.c.c.) cu actuala rată de creștere a consumului, ar ajunge pentru încă 1500 ani.

O contribuție mare o au și șisturile și nisipurile bituminoase.

Șisturile sunt produse ale oxidării încete de masă vegetală fixate pe gresii, iar nisipurile bituminoase fixate pe argile. Puterea lor calorică este mică (2500-6000 kJ/kg), kerogena, care e substanța combustibilă, reprezentând sub 10% din masa șistului ceea ce face ca volumul de combustibil vehiculat și volumul noxelor să fie foarte mare.

Dacă din punct de vedere al rezervelor problema ar fi rezolvată cu cărbunii, nu este lipsit de interes faptul că dintre toți combustibilii, cărbunele este cel mai poluant, lucrându-se asiduu după anul 1985, pentru diversificarea constructiv funcțională a instalațiilor energetice pe cărbune și pentru reducerea noxelor, atât la geneză, cât și prin tratarea compușilor de ardere.

Dacă se are în vedere șansa punerii în funcțiune a centralelor nucleare cu reactori, reproducători, precum și utilizarea unor noi tehnologii de extracție, mai ales pentru țiței și gaze, care să nu impună limită de costuri, combustibilii convenționali în t.c.c., s-ar ridica, ca și rezerve, de la 12 miliarde t.c.c. la sute de miliarde tone, astfel încât cel puțin din punct de vedere al rezervelor, riscul epuizării nu există, existând însă riscul "destrămării" echilibrului ecologic.

Dublarea randamentelor mașinilor termice s-ar manifesta indirect printr-o dublare a rezervelor, omenirea punându-și o mare speranță în hidrogen, inepuizabil, dând prin ardere vapori de apă, dar producând și oxizi de azot, mai fiind probleme și cu costul producerii și cu manevrarea acestui combustibil, dată fiind marea sa tendință spre explozie.

Petrolul și gazele naturale constituie, în etapa actuală, încă principala sursă energetică. Pe plan mondial combustibilii pe bază de petrol și hidrocarburi gazoase acoperă în prezent, peste 55% din consumul total de energie, în tabelul 1.5. fiind dată situația evolutivă în timp după [4] a necesarului de energie pe plan mondial în gigatone echivalent petrol (Gtep) și în %.

Tabelul 1.5

| Combustibil | 1973 | | 1990 | | 2000 | | 2020 | |
|---|------|----|------|----|------|---------|------|---------|
| | Gtep | % | Gtep | % | Gtep | % | Gtep | % |
| Petrol | 6 | 46 | 8 | 38 | 9 | 34...35 | 11,5 | 29...32 |
| Gaze naturale | | 18 | | 20 | | 21...22 | | 19...20 |
| Cărbune, energie, hidro +nucleară | | 36 | | 42 | | 10,5 | | 43...44 |

Conform ultimelor aprecieri, rezervele identificate de petrol sunt estimate la 1053 miliarde barili (tabelul 1.6), din care 40...45% localizate pe platformele marine.

Tabelul 1.6

| Țara | Producție cumulată până la 01.01.90 Miliarde barili | Rezerve identificate până în 1990 Miliarde barili |
|-------------------|---|---|
| America de Nord | 187,0 | 103,5 |
| America de Sud | 59,3 | 72,4 |
| Europa de Vest | 17,2 | 35,9 |
| Europa de Est | 6,9 | 1,9 |
| România | 4,7 | 1,2 |
| C.S.I. | 104,6 | 83,3 |
| Africa | 48,7 | 71,1 |
| Orientul Mijlociu | 166,4 | 624,2 |
| Arabia Saudită | 57,6 | 260,1 |
| Asia+Oceania | 39,3 | 60,3 |
| TOTAL | 629,3 | 1052,7 |

Se apreciază că, la nivelul actual de exploatare, rezervele de petrol pot acoperi necesarul mondial pentru o perioadă de 44 de ani.

Alte estimări pornesc de la faptul că, în anul 1990, cererea de petrol brut a fost aceeași ca și în anul 1982, apreciindu-se că, în continuare, consumul pe plan mondial se

va menține la nivelul anilor '80 . Această tendință, însoțită de punerea în valoare a unor noi zăcăminte de petrol și gaze naturale precum și de creșterea indicelui de recuperare, a deplasat momentul epuizării resurselor petroliere către anii 2100...2150.

Rezervele de combustibili fosili ale României devin tot mai limitate, fapt reflectat și de evoluția producției de petrol, gaze naturale și cărbune - (tabelul 1.7).

Specialiștii din cadrul Departamentului de Previziune și Orientare Economică apreciază că, la nivelul actual de exploatare, rezervele certe de petrol ale țării noastre (estimate la 4,7 miliarde barili) se vor epuiza în circa 23 ani. Zăcămintele de petrol de pe platforma continentală a Mării Negre nu oferă mari speranțe; după unii specialiști, producția acestora nu va putea depăși un milion de tone pe an.

Tabelul 1.7

| Anul | Petrol, mii tone | Gaze naturale, mil. Metri cubi | Cărbune, mii tone |
|------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1989 | 9173,2 | 32924,7 | 61343,3 |
| 1990 | 7928,9 | 28335,6 | 38183,2 |
| 1991 | 6791,5 | 24806,7 | 32414,4 |
| 1992 | 6613,6 | 22135,9 | 38316,5 |

Ca urmare a scăderii producției interne de energie și a reducerii importurilor, resursele de energie primară puse la dispoziția economiei românești au fost cu 36,2% mai mici în anul 1991 comparativ cu aceeași perioadă a anului 1989. Se estimează că declinul resurselor de energie se va manifesta și în următorii ani.

Deocamdată avem încă totuși un grad relativ ridicat de independență energetică, și anume 75%, importurile reprezentând 34% și exporturile 9% [5].

Având în vedere cele de mai sus Asociația pentru politici energetice din România (APER) înființată recent cu sprijinul Consiliului Europei are în preocupări promovarea măsurilor de sporire a eficienței energetice în țara noastră.

În țara noastră consumul de energie pe cap de locuitor este peste media pe plan mondial și 2/3 din media Țărilor Comunitare, fiind aproximativ egal cu cel din Europa Centrală și de Est.

Din importuri 44% îl reprezintă țițeiul și 41% gazele naturale. Combustibilii și carburanții consumați sunt 44%, energia electrică 30% iar cea termică 26%.

Din totalul de energie, 64% este consumat de industrie (din care cel mai mult consumă : chimia și fibrele sintetice 21%, metalurgia 21% iar pentru producerea de energie electrică, caldură tehnologică și construcții de masini se utilizează 26%). Consumurile energetice ale populație sunt de 19,3%.

În raport cu situația din România, țările din Europa de Vest consumă în industrie 1/3 până la 1/2 din total de energie folosită, ceea ce spune foarte mult despre necesitatea re tehnologizării, a creșterii productivității și a aplicării unor programe de încurajare a eficientizării energetice.

Pentru reducerea risipei de energie în industrie, investițiile ar fi de 1,09 miliarde \$ pe termen scurt și 2,062 miliarde \$ pe termen lung, ceea ce echivalează cu economisirea a 1,4 milioane TEP și respectiv 3,4 milioane TEP.

În cazul consumurilor populației investițiile ar fi de 1,18 miliarde \$ pe termen scurt și 3,21 miliarde \$ pe termen lung, ceea ce va conduce la economii de 2,0 până la 3,5 milioane TEP.

Implicit, reducerea consumurilor energetice pe unitatea PIB va însemna și diminuarea poluării.

Dacă legăm de problema surselor de energie și mijloacele de transport echipate în principal cu motoare cu ardere internă, ultimele trei decenii au însemnat reducerea noxelor pe de o parte și a consumurilor de combustibil, pe de altă parte.

Continua scădere a rezervelor de combustibili petrolieri precum și creșterea necesarului de astfel de combustibili, creșterea costului acestora, caracterul neregenerabil și repartizarea neuniformă a resurselor de petrol pe glob, au impulsionat cercetările în vederea obținerii și utilizării unor noi surse de combustibili, care să permită substituirea, cel puțin parțială a combustibililor clasici.

Preocupările existente pe plan mondial au avut în vedere următoarele căi :

- obținerea de combustibili pe bază de hidrocarburi rezultate din prelucrarea șisturilor bituminoase și nisipurilor asfaltice;
- utilizarea gazelor naturale și a celor petroliere drept combustibili;
- obținerea benzinelor sintetice prin chimizarea gazelor naturale, a cărbunilor și a biomaselor;
- fabricarea de benzine și motorine din compuși organici oxigenați;

- utilizarea hidrogenului drept combustibil pentru motoarele cu ardere internă;
- utilizarea compușilor organici oxigenați (alcooli, eteri organici, uleiuri vegetale) drept combustibili auto.

Ținând cont de posibilitățile de producție, stocare și distribuție precum și de necesitatea corelării cu cerințele motorului, se apreciază că, dintre toți combustibilii neconvenționali, compușii organici oxigenați au cele mai largi perspective de utilizare. Astfel, potrivit calculelor specialiștilor, compușii organici oxigenați vor putea asigura, în viitorul apropiat, cel puțin 5% din cantitatea de combustibil necesară țărilor din Comunitatea Europeană. În vederea stimulării producției de biocarburanți, organul legislativ al Comunității Europene a propus reducerea cu 90% a impozitelor indirecte percepute de la producătorii de biocarburanți.

Serviciile mari aduse de automobil în primul rând, măsurile tot mai sofisticate de control al noxelor, investițiile materiale de până acum și gradul mare de angajare al forței de muncă, ne fac să afirmăm că cel puțin în următoarele 1-3 decenii, motorul se va conserva în structura cunoscută. În anul 1972 O.N.U., constatând gravitatea problemelor legate de menținerea echilibrului ecologic, a înființat "Consiliul de Administrare al Programului Națiunilor Unite pentru Mediul Inconjurător" (UNEP), de care depinde și "Sistemul Mondial de Supraveghere Continuă a Mediului Inconjurător" și care întocmește rapoarte anuale selective, pe domenii, relative la starea ecosistemului Pământ. Problemele de protecția mediului trebuiesc rezolvate de către întreaga omenire prin tehnologii noi, nepoluante de transformare și valorificare a energiei, deoarece omul nu produce nici materie nici energie. Omul transformă și utilizează energia, aceste procese trebuind a se realiza cu randamente maxime și noxe induse minime.

Capitolul 2 STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL COMBATERII POLUĂRII MEDIULUI ÎN TRANSPORTURI

2.1. Evaluarea poluării produse de transporturile rutiere

Autovehiculele echipate cu motoare cu ardere internă sunt responsabile de poluarea mediului înconjurător, transporturile rutiere afectând practic toate ecosistemele. Principalele efecte sunt prezentate în tabelul 2.1 [3].

Tabelul 2.1

| Elementul natural | Efectele |
|-------------------|--|
| Aer | <ul style="list-style-type: none"> – Emisii de NO_x, CO, CO₂, compuși organici volatili (VOC), PT, care produc înrăutățirea stării de sănătate – Emisiile de NO_x și VOC produc O₃ troposferic și peroxiacetil nitrat (PAN) – Folosirea și evaporarea combustibililor cu aditivi duce la creșterea emisiei de plumb – Poluare sonoră |
| Apă | <ul style="list-style-type: none"> – Contaminarea cu săruri, aditivi și solvenți a apelor de suprafață și de adâncime – Acidificarea prin SO₂ și NO_x – Modificarea sistemelor hidrologice prin rețeaua de drumuri |
| Sol | <ul style="list-style-type: none"> – Construirea drumurilor produce fragmentarea și erodarea solului – Riscul de contaminare accidentală cu substanțe periculoase – Probleme de depozitare a vehiculelor vechi și a componentelor acestora |
| Cadru natural | <ul style="list-style-type: none"> – Extragerea materialelor de construcții și a minereurilor duce la degradarea peisajului |

Studiile retrospective au evidențiat existența la nivelul populației a unui procent important de maladii determinate de poluarea mediului ambiant. Această realitate impune stabilirea rolului transporturilor cu motoare cu ardere internă la declanșarea afecțiunilor patologice și a contribuției acestuia în raport cu alte surse poluante.

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

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

Tabelul 2.2 prezintă sursele principale de emisii în care transportul rutier apare ca sursă distinctă, chiar distribuită funcție de tipul motorului (m.a.s. – motoare cu aprindere prin scânteie care funcționează cu benzină, m.a.c. – motoare cu aprindere prin comprimare, care funcționează cu motorină) [3].

Tabelul 2.2

| Sursa | SO2 | NO2 | CO | PM | VOC | PB | Metale grele |
|----------------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------------|
| Centrale termice | • | * | * | | | | */• |
| Combustie casnică | | | | | | | |
| - cărbune | • | * | • | • | | | |
| - petrol | • | * | | | •/* | | */• |
| - lemn | | | | • | •/* | | |
| Transporturi rutiere | | | | | | | |
| - m.a.s. | | • | # | | • | | |
| - m.a.c. | * | • | | • | • | # | |
| Industrie | * | * | * | * | * | * | •/# |

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

• între 25 –50 %, analog

peste 50%, analog

Din studiile efectuate în Germania, privind măsurătorile asupra poluării aerului efectuate și raportate atât la surse (tabelul 2.3), cât și la parcul de autovehicule (tabelul 2.4) [4], prin analiza datelor se pot face o serie de aprecieri.

Tabelul 2.3.

| Gradul de poluare, în% | | | | |
|------------------------|-----------|--------------------|------------------|--------------|
| Poluant | Industrie | Centrale electrice | Utilizări civile | Transporturi |
| CO | 15,2 | 0,5 | 10,6 | 73,7 |
| NO _x | 9,8 | 24,6 | 4,8 | 60,8 |
| SO _x | 23,7 | 60,8 | 10,7 | 4,8 |
| HC * | 44,3 | 0,6 | 3,5 | 51,6 |
| CO ₂ | 21,0 | 33 | 24 | 21 |
| PT ** | 63,6 | 15,3 | 8,1 | 13 |

* – incluzând solvenții

** – incluzând praful

Tabelul 2.4

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

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 (tabelul 2.4), se observă că emisia de CO și HC se datorează, în special, motoarelor cu benzină (m.a.s.).

Emisia de SO_x și particule este produsă, aproape în întregime, de motoarele diesel (m.a.c.), în timp ce emisia de ansamblu pentru NO_x se împarte relativ egal între m.a.s. și m.a.c.

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

Efectele cele mai periculoase ale poluării produse de m.a.i. se manifestă la nivelul atmosferei prin emisiile de gaze nocive, motiv pentru care în cele ce urmează voi 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 [5].

Hidrocarburile

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

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

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

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

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

Ca substanțe poluante secundare care rezultă prin interacțiunea dintre substanțele primare sau dintre acestea și aer în anumite condiții de umiditate, temperatură și radiația solară [3], HC sunt un factor important în formarea smogului fotochimic.

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

Cercetările biologice ale nocivității hidrocarburilor, în special și a altor substanțe poluante, în general, se desfășoară în două categorii de studii biologice: „in vitro” și „in vivo”.

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

Compușii organici volatili (VOC).

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

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

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

Majoritatea măsurărilor de VOC se fac funcție de conținutul lor de carbon, fără analiza componentelor individuale.

Nu se pot face generalizări ale efectelor asupra sănătății produse de aceste substanțe; unele sunt toxice și chiar suspectate de a fi cancerigene.

Multe dintre VOC contribuie la formarea secundară a poluanților și la reducerea stratului de ozon stratosferic.

Aldehidele

Aldehidele 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 (conform cu tabelul 2.5).

Tabelul 2.5

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

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

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.

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 el 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 hemoglobina este de 220 de ori mai mare decât pentru O₂, rezultând carboxihemoglobina, ceea ce produce, chiar și pentru doze mici, afecțiuni ale sistemului nervos, respirator și cardiovascular. Reacția este reversibilă și expunerea intoxicațiilor timp de câteva ore la aer curat duce la eliminarea gazului din corp. Regula lui Henderson și Haggard arată că există o corelație strânsă între concentrația gazului și timpul de expunere. Produsul dintre părți CO / 10 000 și timpul de expunere, în ore, dă o cifră orientativă cu privire la toxicitatea gazului.

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

Intoxicația cu CO determină 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 procedeul de măsurare a acestora, fiind în cazul m.a.c. „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 2,5 μm, iar particule mici cele sub 2,5 μm diametru. Emisia de particule a m.a.c. este mult mai mare decât a m.a.s., chiar utilizând benzine etilate. Raportul acestor emisii variază între 6 și 22 (4 – 7 g/l pentru autovehicule grele, față de 0,65 g / l pentru motoarele cu benzină), iar dacă raportarea se face în g / km, valoarea emisiei de particule m.a.c./ m.a.s. este 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 țiteiul din care este extrasă motorina și de măsura în care aceasta este tratată pentru reducerea sulfului. Când combustibilul este ars, majoritatea sulfului se transformă în bioxid de sulf, iar o cantitate mică (2 %) este oxidată până la trioxid de sulf, care se combină cu apă și cu alți compuși ai gazelor de evacuare, formând acidul sulfuric și sulfații, care contribuie la emisia totală de particule.

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

Deoarece limitele emisiei de particule sunt din ce în ce mai mici, producătorii de motoare pot utiliza aplicarea unor sisteme de post-tratare a gazelor arse, în scopul

respectării reglementărilor. O tehnică eficientă de reducere a particulelor și a VOC este folosirea catalizatorilor de oxidare. Când aceștia sunt utilizați, ei favorizează oxidarea bioxidului de sulf în trioxid de sulf, care este emis sub formă de particule. Dacă conținutul de sulf este, de exemplu, în jur de 0,3 %, atunci emisia totală de particule poate crește de 3 ori când se folosesc catalizatori, deși se obține o reducere importantă a fracțiunii alcătuite din hidrocarburi.

Ca substanțe secundare, oxizii de sulf sunt importanți pentru formarea smogului umed. Smogul umed se formează în atmosfera cu vapori de apă, oxizi de sulf și oxid de carbon la 4 °C, el fiind sufocant și reduce 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 %, căci absoarbe energia radiată de suprafața terestră.

Cu toate că nu este o noxă, dioxidul de carbon, CO₂ este considerat, 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 emisiune de dioxid de carbon de 12 %, ceea ce nu poate fi considerat actualmente ca o calamitate, dar poate deveni, date fiind tendințele tot mai accentuate de motorizare.

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

2.3. Poluarea 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.

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, pragurile stabilite pentru alte mamifere neputând fi reproductibile la om.

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

Pragul nociv al hidrocarburilor este mult mai mic (5 p.p.m. aldehydă, timp de 8 ore, 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 5 p.p.m. pentru 8 ore, concentrații de 10–20 ori mai mici putând conduce la smogul fotochimic. Fumul de țigară conține 250 p.p.m. NO_x.

Pentru SO_x limita este 0,5 – 1,5 p.p.m, 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%.

2.4. Noțiuni de calitate a aerului și tixicologie clinică

Normele de puritate a aerului se stabilesc pe baza unor criterii ale Organizației Mondiale a Sănătății. Indicii de puritate a aerului sunt valori de concentrație și durată de

expunere, corespunzând unor efecte specifice pe care diferite grade de poluare atmosferică pot să le aibă asupra omului și mediului.

Indicii de puritate au patru nivele :

1. Concentrația și durata de expunere sunt egale sau inferioare valorilor la care nu pot fi observate nici un efect direct sau indirect, nici o modificare a reflexelor sau reacții de protecție.

2. Concentrația și durata de expunere sunt mai mari sau egale cu valorile la care se va observa probabil o iritare a organelor de simț, efecte nocive asupra vegetației, reducerea vizibilității sau alte efecte defavorabile asupra mediului.

3. Concentrația și durata de expunere sunt mai mari sau egale cu valorile corespunzătoare la care vor avea loc probabil fie o atingere a funcțiilor fiziologic normale, fie alterări care riscă să producă boli cronice sau moarte prematură.

4. Concentrația și durata de expunere sunt mai mari decât valorile la care va avea loc probabil o boală acută, cronică sau moartea prematură la grupele vulnerabile de populație [6].

Categoriile de concentrații definite în toxicologie, raportate la expunerea inhalatorie sunt [7]:

CMA – concentrația maxim admisă – reflectă gradul maxim de contaminare atmosferică cu un anumit toxic, peste care nu se admite efectuarea de activități fizice în mediul respectiv; acest parametru semnifică nivelul până la care expunerea umană nu are repercusiuni medicale.

CmA – concentrația medie admisibilă obținută prin medierea temporală a eșantioanelor toxice emanate în diferite momente ale zilei; acest parametru reflectă gradul expunerii la toxic raportat la timpul de lucru (produsul – timp).

Respectarea CMA și CmA este obligatorie, căci depășirea CMA produce intoxicații acute importante, iar depășirea CmA reflectă o creștere prelungită a expunerii la toxic, cu efecte majore în special la toxicele cu caracter cumulativ.

Pornindu-se de la aceste date prin care nu se apreciază nivelurile la care trebuie stabilite concentrațiile maxime admisibile, în diferite țări valorile diferă, uneori foarte mult.

În România, ultima reglementare apărută este Legea nr. 655/2001 pentru aprobarea O.U.G. nr. 243/2000 privind protejarea atmosferei.

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 (PM_{10} 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 normative cuprinde prevederi referitoare la valorile limită, pragurile de alertă și evaluarea noxelor din atmosferă, stabilind astfel pragurile de calitate a aerului, pe care le redăm în continuare, 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 (temperatură de 293°K și presiunea de 101,3 kPa).

| | Perioada de mediere | Valoarea limită | Marja de toleranță | Data până la care trebuie atinsă valoarea limită |
|---|---------------------|---|--|--|
| 1. Valoarea limită orară pentru protecția sănătății umane | 1 h | $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 preentului 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 depășim de peste 3 ori într-un an calendaristic | Nu | 1 ianuarie 2007 |
| 3. Valoarea limită pentru | An calendaristic | $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, | Nu | 1 ianuarie 2007 |

| | | | | |
|----------------------------|-------------------------|--|--|--|
| protecția ecosistemelor | și iarna 01.10-31.03 | | | |
|----------------------------|-------------------------|--|--|--|

A.2. Dioxid de azot și oxizi de azot

Valorile limită sunt exprimate în $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Volumul trebuie exprimat în condiții standard (temperatură de 293^0 K și presiunea de 101,3 kPa).

| | Perioada de mediere | Valoarea limită | Marja de toleranță | Data până la care trebuie atinsă valoarea limită |
|--|---------------------|--|---|--|
| 1. Valoarea limită orară pentru protecția sănătății umane | 1 h | $200 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ NO}_2$, a nu se depăși de peste 18 de ori într-un an calendaristic | $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (50%) la data intrării în vigoare a prezentului normative, 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 |
| 2. Valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane | An calendaristic | $40 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ NO}_2$ | $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (50%) la data intrării în vigoare a prezentului normative, 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 | $30 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ NO}_x$, | Nu | 1 ianuarie 2007 |

A.3. Pulberi în suspensie (PM_{10})

| | Perioada de mediere | Valoarea limită | Marja de toleranță | Data până la care trebuie atinsă valoarea limită |
|--------|---------------------|-----------------|--------------------|--|
| Faza 1 | | | | |

| | | | | |
|--|------------------|--|--|-----------------|
| 1. Valoarea limită zilnică pentru protecția sănătății umane | 24 h | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} , a nu se depăși de peste 35 de ori într-un an calendaristic | 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50%) la data intrării în vigoare a prezentului normative, 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 | 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50%) la data intrării în vigoare a prezentului normative, 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 | 24 h | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} , a nu se depăși de peste 7 de 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 | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50%) la 1 ianuarie 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

| | Perioada de mediere | Valoarea limită | Marja de toleranță | Data până la care trebuie atinsă valoarea limită |
|--|---------------------|--------------------------------|--|---|
| 1. Valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane | An calendaristic | 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, | 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (100%) la data intrării în vigoare a prezentului normative, 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 sau | 1 ianuarie 2007 sau 1 ian .2010 în imediata vecinătate a surselor specifice industriale situate pe amplasamente |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | 1 ian.2010 în imediata vecinătate a surselor punctuale specifice | contaminate de decenii de activitate industrială |
|--|--|--|--|--|

A.5. Benzen

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

| | Perioada de mediere | Valoarea limită | Marja de toleranță | Data până la care trebuie atinsă valoarea 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Volumul trebuie exprimat în condiții standard (temperatură de 293°K și presiunea de 101,3 kPa).

| | Perioada de mediere | Valoarea limită | Marja de toleranță | Data până la care trebuie atinsă valoarea 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 ian 2004, redusă la 1 ian.2005 și apoi din 12 în 12 luni cu $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pentru a ajunge la 0% la 1 ian 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, respective: 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

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 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

| | 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 de zile dintr-un an calendaristic mediat pe 3 ani |
| 2. Valoarea țintă pentru protecția vegetației | AOT40, calculată din valorile orare de la 1 mai până la 31 iulie | $18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ – valoarea medie pe 5 ani |

B.2. Obiectivele pe termen lung

| | 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 100 km^2 sau pentru o întreagă zonă sau aglomerare, depinde care este mai mică.

C.3. Ozonul

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

Depășirea acestui prag trebuie să fie măsurată sau prognozată timp de 3 ore consecutive.

Pragul de informare pentru ozon

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

Pragurile superior și inferior de evaluare

E.1. Dioxid de sulf

| | Protecția sănătății | Protecția ecosistemelor |
|-----------------------------|--|---|
| Pragul superior de evaluare | 60% din valoarea limită pe 24 h (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 24 h (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 azot

| | Valoarea limită orară pentru protecția sănătății NO_2 | Valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane NO_2 | Valoarea limită anuală pentru protecția vegetației NO_x |
|-----------------------------|--|---|--|
| Pragul superior de evaluare | 70% din valoarea limită (140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a nu se depăși de peste 18 ori într-un an calendaristic) | 80% din valoarea limită (32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 80% din valoarea limită (24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) |

| | | | |
|-----------------------------|--|--|--|
| Pragul inferior de evaluare | 50% din valoarea limită (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a nu se depăși de peste 18 ori într-un an calendaristic) | 65% din valoarea limită (26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 65% din valoarea limită (19,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-----------------------------|--|--|--|

E.3. Pulberi în suspensie (PM_{10})

Pragurile superior și inferior de evaluare pentru PM_{10} se bazează pe valorile limită indicative pentru 1 ianuarie 2010.

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

E.4. Plumb

| | Media anuală |
|-----------------------------|--|
| Pragul superior de evaluare | 70% din valoarea limită (0,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| Pragul inferior de evaluare | 50% din valoarea limită (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) |

E.5. Benzen

| | Media anuală |
|-----------------------------|---|
| Pragul superior de evaluare | 70% din valoarea limită (3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| Pragul inferior de evaluare | 40% din valoarea limită (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) |

E.6. Monoxid de carbon

| | Media anuală |
|-----------------------------|---|
| Pragul superior de evaluare | 70% din valoarea limită (7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| Pragul inferior de evaluare | 50% din valoarea limită (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) |

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

| Parametru | Metodă de referință pentru analiză | |
|------------------------------------|------------------------------------|---|
| | Până în 2004 inclusiv | 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 valorile concentrațiilor maxime admisibile sunt cele cuprinse în STAS 12574 – 87 „ Aer din zonele protejate – condiții de calitate “; acest standard [8] se referă la aerul atmosferic și stabilește concentrațiile maxime admise ale unor substanțe poluante în aerul zonelor protejate. În tabelul 2.6 sunt extrase concentrațiile maxime admisibile pentru câteva din substanțele existente în gazele de evacuare, necuprinse în normativele amintite mai sus.

Tabelul 2.6

| Substanța poluantă | Concentrația maximă admisibilă [mg / m ³] | | | | Metode de analiză |
|--------------------|---|-----------------------|--------|--------|-------------------|
| | Medie de Scurtă durată | medie de lungă durată | | | |
| | 30 min | Zilnică | lunară | Anuală | |
| | | | | | |

| | | | | | |
|---|-------|--------|---|-------|---------------|
| 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 | | | *) |
| Oxidanti (O ₃)** | 0,1 | 0,03 | - | - | STAS 11010-78 |
| Plumb** | - | 0,0007 | - | - | STAS 10810-76 |
| Sulfați în suspensie, inclusiv aerosoli de acid sulfuric (SO ²⁻ 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 marcași 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.

Dacă ne referim la normele de calitate a aerului conform STAS 1257 / 87, în legătură cu substanțele poluante specifice centralelor termoelectrice [9], acestea sunt redată în tabelul 2.6 și 2.7.

Tabelul 2.7

| Substanțe poluante | Concentrație maximă admisă | |
|-------------------------|---|--|
| | medie de scurtă durată [mg / (m ³ . 30 min.)] | medie de lungă durată [g / (m ³ . Lună)] |
| SO ₂ | 0,750 | 0,001 |
| NO ₂ | 0,300 | 0,02 |
| Pulberi în suspensie | 0,500 | 0,1 (0,049 p.p.m.) |

În cazul în care în aer există mai mulți poluanți, fiecare având propriile CMA, concentrația maximă admisă pentru substanțele cu acțiune sinergică prezente simultan

în aer se calculează cu formula : $\frac{C_1}{CMA_1} + \frac{C_2}{CMA_2} + K + \frac{C_i}{CMA_i} \leq 1$,

în care: C_i – concentrația substanței i ;

CMA_i – concentrația maximă admisă pentru substanța i în aer.

Normarea substanțelor cancerigene este mai dificilă [10] căci, pentru substanțele cancerigene nu există încă un consens în ceea ce privește oportunitatea, necesitatea și metodologia normării. După opinia toxicologilor sunt necesare norme, adică baza juridică a acțiunilor de reducere sau eliminare a substanțelor cancerigene.

După opinia oncologilor, pentru substanțele cancerigene nu poate fi vorba de norme, respectiv de CMA, datorită complexității carcinogenezei. Refuzul de a admite existența unei doze prag este justificat prin faptul că ceea ce particularizează substanțele cancerigene este caracterul cumulativ al efectelor lor asupra organismului. Din acest punct de vedere substanțele toxice (necancerigene), a căror acțiune este reversibilă, s-ar deosebi în mod radical de substanțele cancerigene.

Dacă la substanțele necancerigene se pot fixa doze sub care nu ar exista practic nocivitate pentru organism, pentru cele cancerigene nu se pot stabili doze nenocive certe.

Substanțele cumulative sunt de două feluri: unele se acumulează în organism (acumulare materială de substanță) sau acumulare funcțională (de efecte) până când ating cuantumul necesar declanșării manifestărilor morbide, iar altele au capacitatea de a atinge concentrații crescute (din ce în ce mai mari) în lanțul alimentar. Din prima categorie fac parte hidrocarburile aromatice policiclice (HAP).

Formula cuantumului necesar declanșării manifestărilor morbide (k) funcție de doza de toxic (D) și de timpul de expunere (t) este :

$$D \cdot t^n = k, \quad (n > 1).$$

Efectele aditive și ireversibile ale acestor substanțe fac să nu existe nici o garanție de protecție a organismului, chiar când concentrațiile lor medii sunt mult sub valoarea prag admisă.

Experiențele efectuate cu benzoapirenul au confirmat modelul matematic al relației doză – efect :

$$Y = \left[\ln \left(\frac{X_n}{X} + 1 \right) \right] \cdot 10$$

- în care :
- Y – este procentul de animale cu tumori;
 - X_n – doza de substanță cancerigenă (mg);
 - X – doza maximă inactivă (mg).

Cu ajutorul acestui model se poate stabili riscul de apariție a unei tumori la o doză dată (de exemplu, pentru 0,02 mg de benzoapiren riscul este de 0,023 – 3 %).

În stabilirea CMA, pentru substanțe cancerigene și pentru toxicele obișnuite apar unele similitudini: la ambele există dependența efectului toxic de doză și, respectiv, de durata de expunere (sau frecvența și ritmul de administrare).

Specialiștii germani de la Institutul de Toxicologie din Hanovra s-au preocupat de încadrarea gazelor de evacuare emise de motoarele diesel în categoriile de substanțe stabilite de IARC. Concluziile acestora au arătat că gazele arse sunt substanțe, „probabil cancerigene“.

Testele toxicologice efectuate pe șobolani au dovedit că gazele arse produc cancerul drept efect al depunerii particulelor ca pulbere fină în plămân (efect epigenetic) și nu prin efectul chimic al HAP existente în particulele de funingine.

În figura 2.1 este ilustrată incidența tumorilor canceroase datorită expunerii la gazele de evacuare diesel, conform determinărilor făcute de diferiți specialiști [11].

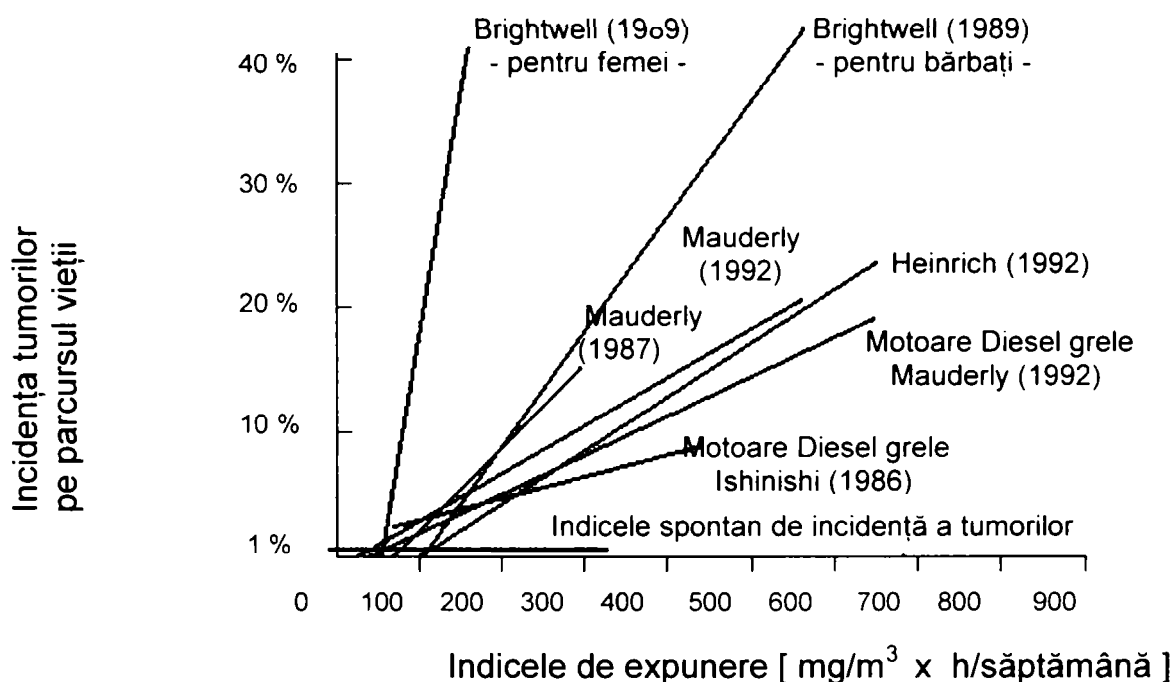


Fig. 2.1. Corelația dintre doză și efect indicată de studiile consacrate asupra inhalării gazelor de evacuare ale m.a.c.

Deși dreptele de dependență nu au aceeași pantă datorită condițiilor diferite în care s-au desfășurat testele de laborator, ele arată pericolozitatea inhalării gazelor arse prin faptul că este mult depășită incidența spontană a tumorilor.

În prezent, sunt stabilite valori limită admise în legislația antipoluare pentru CO, HC, NO_x și PT (particule), pe baza studiilor de toxicitate; stabilirea unui prag de nocivitate este foarte dificilă datorită metodelor incerte de apreciere a riscului de îmbolnăvire, așa cum s-a mai menționat.

2.5. 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 a unei zone industriale. În unele inventare, autovehiculele pot fi tratate ca surse liniare, având forma drumurilor.

Tabelul.2.8

| Poluantul | Concentrația ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Durata | Efecte |
|---|--|--------|--------------------------------|
| Smog de vară O_3 | 150 – 200 | 1 oră | Simptome respiratorii |
| $\text{SO}_2 + \text{PM}^*$ | 125 + 125 | 1 zi | Nereguli respiratorii la copii |
| NO_2 | 150 | 1 zi | – |
| Pb | 0,5 – 1 | 1 an | Afecțiuni ale sângelui |
| Smog de iarnă $\text{SO}_2 + \text{PM}$ | 50 + 50 | 1 an | Simptome respiratorii |

* PM – Particule măsurate ca fum negru

Agenția europeană de protecție a mediului a elaborat un studiu [3] 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 2.8.

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 2.9:

Tabelul 2.9.

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

* Date nesigure

– 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 tabelul 2.9. Tabelul cuprinde rezultatele comparative ale indicilor de calitate a aerului, indici măsurati în marile orașe europene .

Valorile din tabel variază între 1 și 5; pentru {1} intervalele dintre cea mai mică valoare și cea mai mare s-au ales pe baza deviației standard a populației și a mediei densității populației; pentru impactul climatic caracterizat de {4},{5} și {6}, partiția s-a făcut pe baza deviației standard a dispersiei medii (viteza vântului) și a condițiilor de dispersie pentru smogul de iarnă și cel de vară. Notând cu a media și cu s dispersia, alocarea cifrelor s-a făcut astfel :

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

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

- 0,5 pentru media $< 0,5$ din valoarea prescrisă de AQG (tabelul 2.8);
- 1 pentru media cuprinsă în intervalul $(0,5 \dots 1)$ AQG;
- 2 pentru media cuprinsă în $(1 \dots 2)$ AQG;
- 3 pentru media cuprinsă în intervalul $(2 \dots 3)$ AQG;
- 4 pentru media cuprinsă în intervalul $(3 \dots 4)$ AQG;
- 5 pentru media cuprinsă în intervalul $(4 \dots 5)$ AQG.

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

- 1 pentru 0....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 Bucureștiului au un potențial mare de formare a smogului, iar gradul de expunere al populației este foarte mare.

Capitolul 3 REDUCEREA NOXELOR PRODUSE DE MOTOARELE CU ARDERE INTERNĂ

3.1. Măsurile pentru reducerea noxelor emise de motorul cu aprindere prin scânteie

Există două domenii mari în care trebuie să se acționeze pentru eliminarea emisiilor poluante: domeniul concepției și domeniul exploatarei. În continuare, vom prezenta câteva soluții din domeniul concepției.

3.1.1. Controlul calității amestecului

Întrucât substanțele nocive din gazele de evacuare sunt produse de ardere, dozajul are o influență fundamentală, care trebuie corelată cu economia de combustibil și puterea motorului. Concentrația de HC scade cu λ până la $\lambda = 1.2 - 1.25$ deoarece se reduce proporția de hidrocarburi din stratul limită și crește cantitatea de oxigen disponibilă pentru post-ardere în procesul de evacuare. Sărăcirea în continuare a amestecului produce o creștere a hidrocarburilor deoarece scade temperatura gazelor de evacuare și frânează post-arderea. Concentrația maximă de NO_x se atinge pentru $\lambda = 1.15$ ca urmare a acțiunilor contradictorii ale oxigenului și temperaturii. Concentrația de CO crește odată cu îmbogățirea amestecului. Influența lui λ asupra noxelor, puterii și consumului de combustibil reprezintă cea mai dramatică împrejurare în care se găsește astăzi motorul cu aprindere prin scânteie: orice avantaj obținut într-o privință prin modificarea lui λ are dezavantaje în alte privințe. În ultimii ani s-a admis un oarecare sacrificiu de putere (de 4-6%, prin reglajul $\lambda > \lambda_p$), iar prin perfecționarea carburatorului s-a restrâns plaja de abateri. A rezultat astfel o ameliorare a consumului de combustibil și o reducere a CO și HC. Dezideratul actual este de a asigura funcționarea stabilă cu amestecuri sărace ($\lambda = 1.25$) pentru a reduce HC și NO_x , deziderat îndeplinit prin punerea la punct a arderii stratificate.

Calitatea amestecului este implicată nu numai la regimurile de vârf. Marea varietate a regimului de funcționare a motorului de autovehicul, reprezentată de patru clase caracteristice, cu ponderi diferite ale duratei de funcționare, pretinde o mare varietate de dozaje, cu implicații distincte pentru emisiunile native. Dependența emisiilor poluante de natura regimurilor de funcționare este redată în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1

| Regimul funcțional | Ponderea regimurilor (%) | | Emisii poluante | | |
|--------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|----------|
| | Motoare de litraj mare | Motoare de litraj mic | CO (%) | NO _x (ppm) | HC (ppm) |
| Mers în gol | 15 | 30 | 3 – 8 | 35 | 4800 |
| Accelerare | 32 | 21 | 3 | 1350 | 1000 |
| Decelare | 32 | 19 | 6 | 20 | 16000 |
| Croazieră | 21 | 30 | 3,5 | 1200 | 300 |

Regimul de mers în gol, care generează mari cantități de CO din cauza amestecului bogat pe care-l pretinde pentru a asigura stabilitatea aprinderii și arderii s-a bucurat de o deosebită atenție. Pentru a asigura funcționarea stabilă s-a asociat mărirea turației de mers în gol (care asigură un regim termic mai ridicat, o viteză mai mare de curgere a amestecului și permite reducerea gradului de îmbogățire a acestuia) cu reducerea avansului până la anulare (scânteia se produce la presiunea de comprimare maximă, ceea ce ușurează apariția flăcării și mărește stabilitatea la aprindere), încălzirea internă a amestecului și completarea carburatorului cu depozitive care împiedică dereglarea subiectivă a reglajului. S-a dat ulterior atenție coeficientului de doză în regim de croazieră, printr-o ușoară sărăcire a amestecului la sarcini mici. Pentru regimul de decelare s-a adoptat dispozitivul de închidere treptată a obturatorului (dash-pot) care nu compromite performanțele dinamice ale autovehiculului.

3.1.2. Modificarea avansului la declanșarea scînteii

Prin mărirea lui β (avans aprindere) ($\beta > \beta_{\text{optim}}$) rezultă o creștere a gradului de comprimare a gazelor de ardere din zona bujiei (se generează cantități suplimentare de NO_x prin efect de temperatură) și o reducere a temperaturii (crește concentrația de HC prin frânarea procesului de post-ardere a HC evacuate). S-a acționat și invers ($\beta < \beta_{\text{optim}}$) și cu creșterea inevitabilă a consumului de combustibil s-a redus concentrația de HC și NO_x .

Reducerea avansului de relanti este o metodă eficientă pentru reducerea conținutului de HC (la reducerea avansului β până la anulare, conținutul de HC la mers în gol scade până la 60-70%). Au fost realizate dispozitive pneumatice adecvate care funcționează sub acțiunea depresiunilor mari din conducta de admisie, sau soluția CAP (cleaner Air Package) care realizează modificarea avansului la relanti numai pe cale centrifugală sau simultan pe cale centrifugală și pneumatică. Îmbinând procedeele cunoscute pentru mersul în gol (mărirea turației cu 15-20%, reducerea gradului de îmbogățire) cu micșorarea avansului, s-a obținut o reducere de la 600 ppm la 200 ppm pentru HC și de la 3% la 1,5% pentru CO.

3.1.3. Modificarea camerei de ardere și a raportului de comprimare

În acest domeniu au găsit aplicabilitate mai multe idei:

- dacă la același volum al camerei de ardere se micșorează aria camerei de ardere, volumul stratului limită se micșorează, deci vom avea scăderea concentrației de HC, dar și această idee implică alte dezavantaje;

- reducerea raportului de comprimare micșorează concentrația de NO_x prin efect de temperatură asupra gazelor de ardere și face posibilă utilizarea benzinelor neetilate, deci se elimină și emisiile de plumb (vezi SUA);

- stratificarea amestecului duce la ameliorări sensibile ale emisiilor poluante. Exemplu, camera de ardere divizată Honda CVCC a permis încă din 1973 să se coboare

nivelul noxelor sub normele severe din SUA. Gazele de ardere din zona bujiei generează mai puțin NO_x (amestec bogat în zona bujiei), conținutul de HC și CO se reduce deoarece se folosesc amestecuri sărace, iar turbulența intensă micșorează grosimea stratului limită de pe pereți. Se poate concluziona că toate procedeele de staționare a amestecului se dovedesc eficiente sub raportul reducerii NO_x .

Ideea fundamentală a procedurii stratificării este aceea de a declanșa și de a dezvolta întâi arderea în amestecuri bogate. Procedul are și un avantaj suplimentar, acela de a asigura stabilitatea aprinderii, deoarece scânteia se declanșează în amestecuri bogate. Amestecurile sărace ard mai târziu, în destindere și generează NO_x într-o proporție mică din cauza nivelului mai redus de temperatură maximă la care ajung gazele arse. Pe de altă parte, prelungirea arderii mărește temperatura gazelor evacuate din care cauză se intensifică post-arderea HC cu avantaje evidente asupra concentrației de HC.

3.1.4. Perfecționarea sistemului de alimentare cu combustibil

Carburatorul a fost îmbunătățit în privința încălzirii amestecului, măririi vitezei de curgere la sarcini și turații reduse, distribuției mai uniforme a amestecului, sporirii preciziei de fabricație pentru reducerea plajei de abateri. Perfecționarea carburatorului clasic pentru combaterea emisiilor poluante urmărește controlul formării amestecului și dozajul în câteva regimuri caracteristice, și anume: regimul de mers în gol, regimul de încălzire, regimul sarcinilor mici, regimul de decelerare. Perfecționări suplimentare s-au făcut și pentru controlul emisiilor de HC prin evaporare. Injecția de benzină cu comandă electronică asigură o reducere sensibilă a CO prin reglarea mai precisă a dozajului și pulverizarea mai bună a combustibilului. Prin dotarea cu senzor - sondă Lamda- sensibil la concentrația de O_2 din conducta de evacuare, se transmite ca semnal la blocul electronic de comandă care modifică doza de combustibil în limitele programate.

3.1.5. Recircularea gazelor de evacuare

Acest procedeu urmărește să introducă în cilindru o fracțiune din gazele de evacuare, eventual răcite în prealabil. Se diluează astfel amestecul cu gaze care nu conțin O_2 , și sunt inerente chimic, ceea ce micșorează viteza reacțiilor de formare a NO_x . Procedeu este relativ simplu, eficient pentru NO_x când crește fracțiunea de gaze recirculate, dar cu penalizări asupra consumului de combustibil și puterii, din cauza prelungirii duratei de ardere (scade viteza de ardere).

3.1.6. Eliminarea gazelor din carter

Această metodă presupune recircularea gazelor din carter în cilindru. Soluția nu este nouă, dar a devenit aplicabilă pe scară largă relativ recent când s-a elaborat un sistem de control al debitului de aer, sistem de ventilație cu supapă (PCV – Positive Crankcase Ventilation). Soluția este totuși controversată din cauza substanțelor cancerigene din gazele evacuate. HC grele din carter provenite din combustibil și mai ales din uleiul din motor, sunt admise din cilindru, unde în timpul arderii aceste substanțe pot contribui la formarea benzopirenelui care se va regăsi în gazele de ardere evacuate în atmosferă.

3.1.7. Sisteme pentru tratarea gazelor evacuate

Un grad mai avansat de reducere a emisiilor poluante se obține astăzi prin tratarea gazelor evacuate. Principiul metodei este dezvoltarea reacției de oxidare în conducta de evacuare pentru ardere HC și CO. Nu s-au realizat încă progrese în inițierea unei reacții de descompunere a oxidului de azot, dar s-a obținut, indirect, o reducere importantă a conținutului de NO_x . Sistemele care permit „purificarea” gazelor evacuate de noxe, pe baza unor reacții chimice suplimentare se numesc reactori.

Experimentările au arătat că nivelul emisiei de HC este proporțional cu viteza de

reacție. O mărire considerabilă a vitezei de reacție se obține pe cale catalitică sau termică. Pornind de la această particularitate, reactorii se diferențiază în două mari clase: reactori catalitici și termici.

Ambele clase de reactori sunt, la rândul lor, de două feluri: reactori cu amestec sărac și reactori cu amestec bogat. Prima clasă de reactori prelucrează gazele arse rezultate din amestecurile sărace livrate de carburatori. Avantajul principal al soluției îl constituie simplitatea constructivă deoarece nu mai este necesară pompa de aer. Pentru evitarea concentrației mari de NO_x care se formează în amestecurile sărace, este necesară o amplificare a gradului de sărăcire a amestecului peste valorile obișnuite, pentru a reduce temperatura maximă a gazelor arse inițial în cilindru, ceea ce a dus la nedezvoltarea acestui gen de reactor.

Reactorii cu amestec bogat pretind aer suplimentar pentru oxidarea HC. Aceștia produc indirect o reducere a conținutului de NO_x datorită lipsei de oxigen din gazele arse inițial. Încercările de laborator au arătat că este posibilă reducerea concentrației de noxe până la următoarele valori: HC – sub 50 ppm; CO – sub 0,3%; NO – sub 500 ppm.

A. Reactori catalitici

Se confecționează în diferite forme, paralelipipedică sau cilindrică și se aseamănă cu un amortizor de zgomot. Catalizatorul cel mai eficient pentru HC și CO este platina sau oxizii de platină.

Reactorii catalitici ridică însă, și unele probleme. În primul rând au durată limitată de viață (funcționare). Ei se dezactivează în timpul funcționării, efectul îmbătrânirii fiind accentuat sub acțiunea plumbului din benzină. Trecerea la benzină fără plumb a eliminat parțial acest neajuns. În plus, prețul de cost al catalizatorului este destul de ridicat.

B. Reactori termici

Problema fundamentală a reactorilor termici este de a menține un nivel ridicat de

temperatură al gazelor arse, aceasta fiind calea principală de intensificare a reacției chimice. Aceasta implică măsuri de limitare a pierderii de căldură prin manta (straturi izolante din ceramică), mărirea duratei de trecere a gazelor și chiar introducerea de aer suplimentar în cazul amestecurilor bogate.

Pentru intensificarea reacției de post-ardere este necesară îmbogățirea amestecului, ceea ce duce la o reducere importantă a eficienței economice, consumul de combustibil crescând cu 15-20%.

Un avantaj al reactorilor termici ar fi faptul că aceștia nu-și pierd proprietatea de reducere a emisiilor în timp.

Un dezavantaj important îl constituie costul ridicat al unei asemenea instalații.

Având în vedere importanța deosebită a catalizatorilor și filtrelor în procesul de scădere a poluării produse de către motoarele cu ardere internă, în următoarele două capitole am tratat pe larg aceste subiecte.

3.2. Catalizatori destinați M.A.S.

3.2.1. Clasificare și istoric

Pentru reducerea emisiilor poluante la motoarele cu aprindere prin scânteie un rol determinant îl prezintă reactorii catalitici.

Sistemele catalitice se pot clasifica după diferite criterii conform tabelului 3.2.

Din punct de vedere al *numărului de paturi* catalitice folosite, la începuturile dezvoltării catalizatorilor s-au folosit catalizatori de oxidare cu un singur pat sau cu două paturi, în combinație cu catalizatorul de reducere. Catalizatorul de reducere nu se mai folosește din cauza consumului de combustibil mare la un coeficient de exces de aer supraunitar și a refacerii amoniacului conform reacției 10. Reactorii cu un singur pat lucrează cu aer secundar și asigură oxidarea hidrocarburilor și a monoxidului de carbon în H₂O și CO₂. La injecția de benzină, dacă se lucrează cu $\lambda > 1$, nu este absolut necesar aerul secundar, dar la carburator, acesta e indispensabil.

Tabelul 3.2.

| 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 metallic |
| Materialul de acoperire | Catalizator cu metale nobile Catalizator cu alte materiale, nenobile |
| Conținutul de plumb al combustibilului | Catalizator sensibil la plumb Catalizator insensibil la plumb |
| Scopul utilizării | Catalizator principal Catalizator de pornire |

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

Reducerea catalitică a NO_x conduce și la formare de amoniac NH₃ care, datorită aerului secundar, fără de care nu se pot oxida catalitic hidrocarburile și monoxidul de carbon determină producerea parțială din nou de NO_x, reactorul fiind mai puțin performant decât cel cu trei căi.

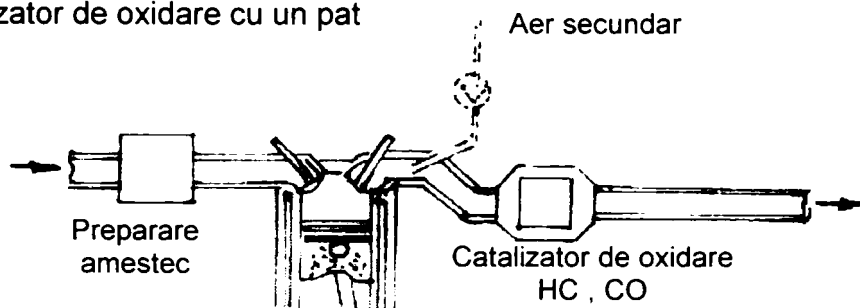
După criteriile funcției chimice și al numărului de paturi, în figura 3.1 este ilustrată evoluția sistemelor catalitice.

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

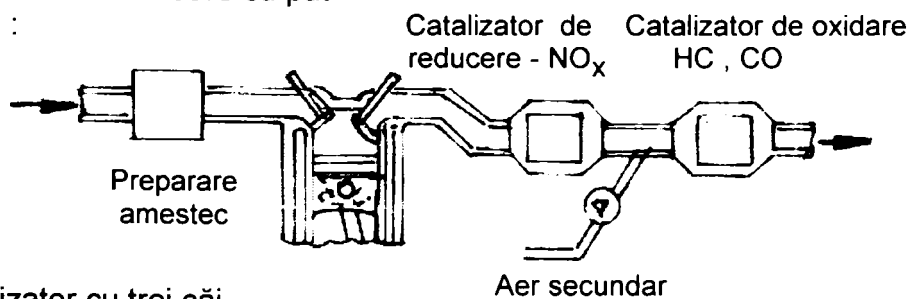
Din punct de vedere al materialului suportului, ca alternativă la catalizatorul ceramic s-a dezvoltat catalizatorul cu suport metallic din aliaje de Al – Cr – Fe, cu strat

intermediar din pământuri rare (itriu, ceriu); acesta se folosește datorită compactității sale în funcția de catalizator de pornire pentru îmbunătățirea amorsării unui catalizator principal și pentru ușurarea sarcinii sondei λ . Suportii ceramici reacționează cu plumbul din combustibil provocând modificări eutectice (silicat de plumb) care duc la scăderea temperaturii de topire; acest dezavantaj nu-l au suportii metalici care sunt toleranți în ceea ce privește acțiunea plumbului. Pentru motoare de performanță catalizatorul cu suport metalic prezintă avantaje mai ales în regim de pornire; este realizat din cilindrii concentrici și fâșii ondulate introduse între aceștia, grosimile tablelor fiind de 0,04...0,07 mm, conform reprezentării din figura 3.2 [4]. Datorită bunei conductivități a metalelor, reactorul intră foarte repede în regim normal de funcționare. Este puțin sensibil la solicitări mecanice, realizează pierderi de presiune mai reduse decât reactorii cu suport ceramic, dar are un preț de cost mai ridicat.

Catalizator de oxidare cu un pat



Catalizator de oxidare cu pat dublu :



Catalizator cu trei căi

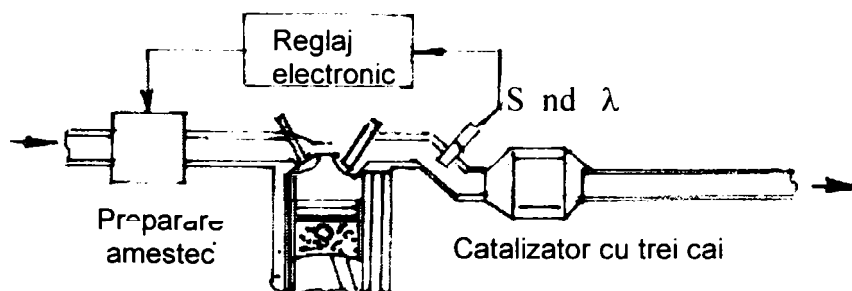


Fig.3.1. Scheme de catalizatori

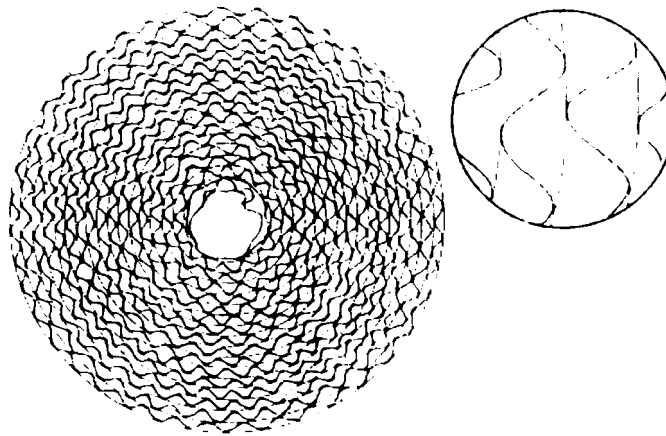


Fig.3.2. Reactor catalitic cu suport metallic

Pentru catalizatorii monolitici, în tabelul 3.3 sunt prezentate evolutiv, domeniile ferestrelor λ și a aerului secundar (în procente față de aerul de admisie) specifice diferitelor variante.

Tabelul 3.3

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

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

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

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

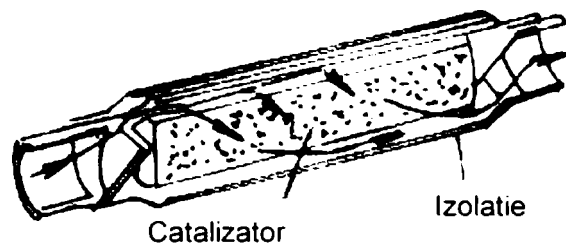
3.2.2. Catalizatorul cu triplă acțiune

Descriere

În prezent se folosește aproape în exclusivitate în Europa catalizatorul trivalent sau cu triplă acțiune (sau cu trei căi, din traducerea termenului din limba engleză three way catalyst) cu suport ceramic, catalizator integrat în sistemul descris anterior ca aparținând generației a treia .

Catalizatorii s-au dezvoltat în două sisteme, reprezentate în figura 3.3, catalizator cu granule și catalizator monolitic.

Catalizator cu granule



Catalizator monolitic

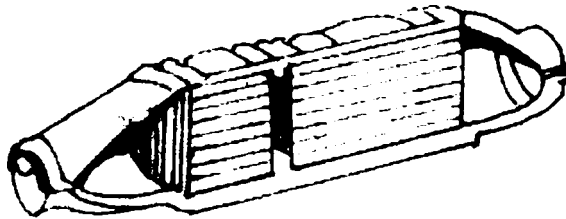


Fig.3.3. Reactori catalitici cu granule și cu structuri monolite

În prima fază s-au folosit catalizatorii cu granule, dar construcția nu s-a răspândit, cea mai întâlnită fiind construcția monolitică din materiale ceramice (fig. 3.4).

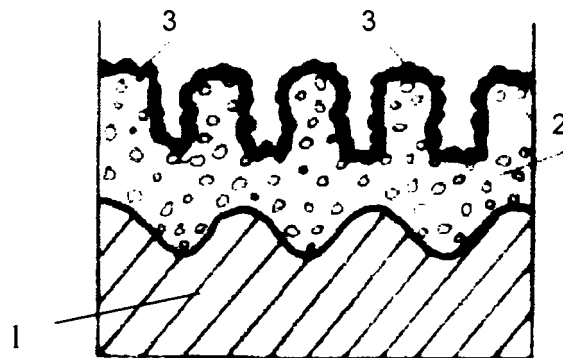


Fig.3.4. Structura catalizatorului

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

Suportul formează în ansamblu cu carcasa corpul propriu-zis al convertorului. Suportul ceramic este o construcție de tip fagure cu secțiunea rotundă sau ovală cu canale pătrate dispuse perpendicular pe direcția de curgere (200..600 celule pe inch²). Materialul ceramic, denumit cordierit, este refractar. Materialul are conductibilitate termică

mică, rezistență mecanică, rezistență gazo-dinamică redusă și secțiune transversală mare. Suportul cu 400 cel/inch² reprezintă cel mai bun compromis al acestor proprietăți.

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

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

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

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

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

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

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

Sonda lambda funcționând în condițiile utilizării benzinei cu Pb, respectiv la reactor parțial murdar, dă informații eronate despre calitatea amestecului, ceea ce face ca motorul să funcționeze cu amestec bogat, cu penalizări atât la consum, cât și la noxe. Dacă sonda lambda este scoasă din funcțiune, eficacitatea de reducere a noxelor, scade la 30%. În figura 3.5 este ilustrat efectul reactorului catalitic asupra principalelor noxe în

raport cu coeficientul excesului de aer λ [2]. Se constată că intervalul convenabil pentru reducerile simultane ale celor trei compuși este foarte îngust, fereastra lambda care desemnează intervalul coeficientului de exces de aer pentru care se produce reacția în buclă închisă a sondei, este între 0,99 și 1. Sonda lambda instalată în sistemul de evacuare măsoară conținutul de oxigen al gazelor arse. În cazul amestecurilor sărace tensiunea în senzor este de 100mV, iar la amestecuri bogate tensiunea crește la 800mV. Pentru amestecul stoechiometric tensiunea senzorului scade brusc de la o valoare la cealaltă. Se observă că în domeniul amestecurilor sărace catalizatorul nu mai are efecte benefice în ceea ce privește diminuarea oxizilor de azot și datorită disponibilităților excesive de oxigen.

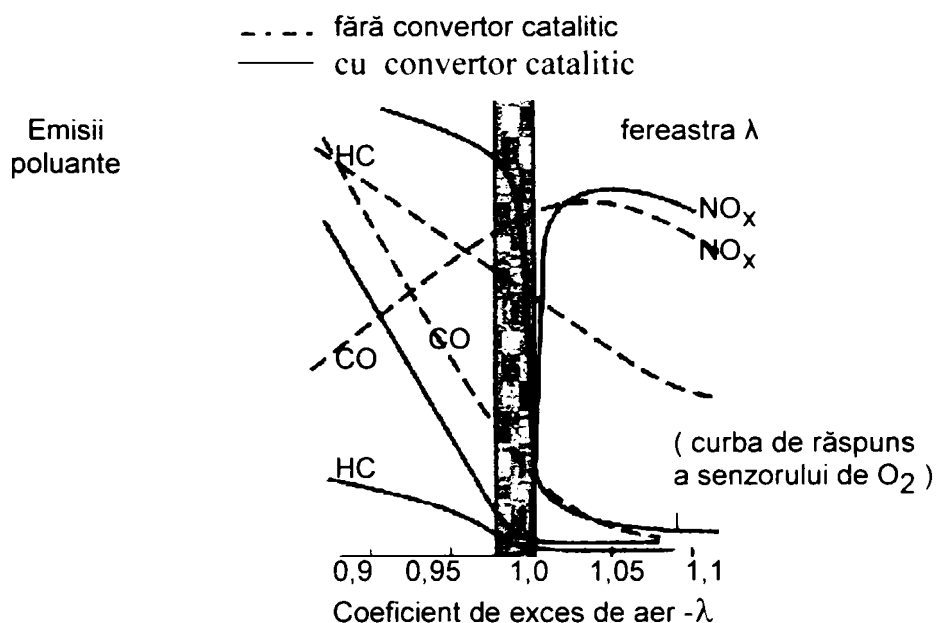


Fig. 3.5. Efectul reactorului catalitic asupra noxelor

Încercarea catalizatorilor cu triplă acțiune

Emisiile poluante se măsoară efectuând diverse teste în conformitate cu diferitele regulamente specifice țărilor respective. Rezultatele depind de eficiența sistemului catalitic, dar și de parametrii constructivi și funcționali ai motorului, transmisiei și vehiculului.

Eficiența reducerii emisiilor poluante este prezentată în figura următoare 3.6.

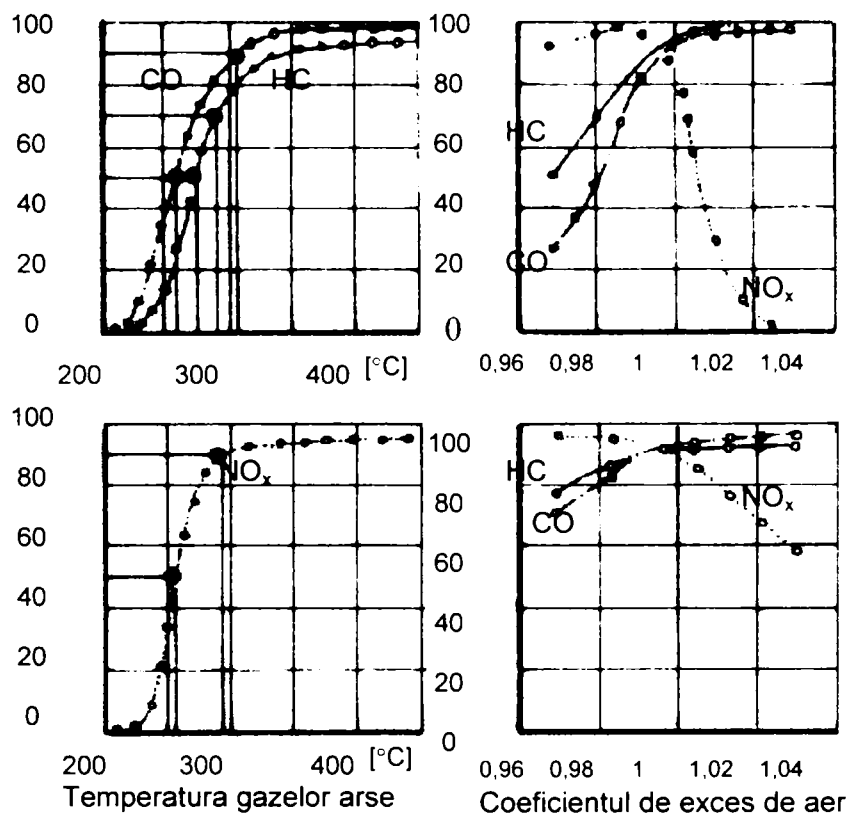


Fig.3.6. Eficiența reducerii emisiilor poluante

Pentru determinarea eficienței proprii a catalizatorului și pentru verificarea reproductibilității încercărilor, la concernul Volkswagen au fost elaborate proceduri unitare de încercare a catalizatorilor [3].

Se studiază comportamentul catalizatorilor în trei condiții : la pornire (1), în regim static (2) și în regim dinamic (3).

1. La pornire se determină gradul de conversie funcție de temperatura gazelor de evacuare la intrarea în catalizator. Se definește temperatura de amorsare ca fiind acea temperatură la care se produce o conversie de 50%. În afară de aceasta se mai pune în evidență gradul de conversie de 70% și de 90%. Conversia HC/CO se determină la coeficienți de exces de aer de peste 1, iar conversia NO_x la coeficienți subunitari, fiecare la viteze spațiale constante.
2. Se studiază conversia HC, CO, NO_x în funcție de coeficientul de exces de aer la temperatură și viteză spațială constante. Pentru o conversie minimă a tuturor

componentelor și anume de 70% pentru CO și NO_x și de 60% pentru HC, se poate determina un anumit domeniu al lui λ , așa numita fereastră λ .

3. Se constată gradul de conversie al HC, CO și NO_x pentru o valoare medie a lui λ cu variații ciclice referitoare la amplitudine și frecvență.

Un sistem catalitic performant implică amorsarea rapidă a catalizatorului după pornirea la rece (1), cu grade de conversie mari la temperaturile de lucru (2) și la variațiile lui λ (3). Catalizatorii sunt încercați după procedeul de mai sus în stare nouă și în stare îmbătrânită. Îmbătrânirea se face pe bancuri de probă și pe vehicul după un program definit.

Îmbătrânirea termică e determinată de efectul de sinterizare și de creștere a cristalelor. La temperaturi mari se reduc suprafața stratului intermediar și suprafața cristalelor metalelor nobile. Cristalele metalelor nobile se aglomerează formând particule mai mari în timp ce suprafața activă scade. Tabelul 3.4 ilustrează temperaturile de lucru ale catalizatorului în diferite regimuri de funcționare a motorului [3].

Tabelul 3.4

| 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 | Îmbătrânire termică redusă, intoxicare mai pronunțată |
| 600 – 800 | Îmbătrânire termică medie, intoxicare redusă |
| 800 – 900 | Îmbătrânire termică pronunțată, intoxicare redusă |
| 900 – 1000 | Temperatura limită de funcționare a catalizatorului |
| 1000 – 1300 | Domeniul de supraîncălzire |
| 1300 – 1400 | Domeniul de înmuiere a suportului |
| 1400 – 1500 | Domeniul de topire a suportului |

Intoxicarea catalizatorului trivalent se produce prin mijloace chimice și mecanice. Cele chimice se produc din cauza reacțiilor cu aditivii din combustibil și din uleiuri cu stratul intermediar (alumina γ) și cu promotorii aflați în acest strat. Intoxicarea mecanică se produce prin acoperirea centrelor active cu aditivi. Combustibilul conține aditivi cum ar fi plumbul, fosforul și sulfurul, iar uleiurile conțin calciu, magneziu, zinc, bariu, fosfor și cenușă. Pentru ca imaginea să fie completă, trebuie remarcat că plumbul se regăsește și în uleiul uzat ceea ce se explică prin existența unor particule mici de plumb rezultate în urma uzurii unor piese, de exemplu a cuzineților. Repartiția particulelor de plumb, fosfor și zinc pe lungimea catalizatorului arată că mai mult de jumătate din cantitatea de elemente de intoxicare se depun în prima cincime a lungimii catalizatorului. Cele două fenomene de îmbătrânire termică și de intoxicare duc la îngustarea ferestrei λ odată cu creșterea parcursului efectuat de autovehicul, îngustare care poate atinge un sfert din domeniul inițial al ferestrei λ .

În privința îmbătrânirii termice și intoxicării, sonda lambda se comportă asemănător cu catalizatorul. Influența îmbătrânirii sondei asupra conversiei catalitice a fost pusă în evidență în tabelul 3.5.

Tabelul 3.5

| Starea sondei | Eficiența reducerii (%) | | | Coeficientul de Exces de aer |
|---------------------------|-------------------------|------|-----------------|------------------------------|
| | HC | CO | NO _x | λ |
| Sondă nouă | 93,0 | 95,8 | 99,7 | 0,999 |
| Sondă după 30 000 mile | 92,9 | 95,5 | 88,4 | 1,006 |

3.2.3. Prognoze în dezvoltarea catalizatorilor europeni

Pornind de la experiența dobândită cu sistemele catalitice dezvoltate în S.U.A și Japonia, catalizatorul destinat autovehiculelor europene trebuie să fie conceput pentru condițiile de exploatare specifice, care plasează temperatura de lucru a catalizatorului

european într-un domeniu superior (800 – 900°C) față de temperatura catalizatorului american sau japonez (600 – 800°C), ceea ce implică o îmbătrânire termică mai rapidă a celui dintâi.

Principalele direcții de dezvoltare a sistemelor catalitice au ca obiect catalizatorul trivalent, sonda lambda și organizarea optimă a amestecului în camera de ardere.

Catalizatorul european trebuie perfecționat în următoarele domenii:

- mărirea stabilității termice;
- mărirea rezistenței față de intoxicarea cu plumb și fosfor;
- îmbunătățirea capacității de amorsare;
- îmbunătățirea comportamentului la șoc termic;
- mărirea temperaturii de topire.

Sonda lambda trebuie perfecționată în sensul contracarării efectului de sărăcire a amestecului produs prin îmbătrânire. Fiindcă funcțiile acestei sonde sunt determinate de reacții catalitice, sunt valabile primele trei domenii de perfecționare de la catalizator.

În ceea ce privește perfecționarea formării amestecului aceasta se poate rezuma prin două tendințe:

- micșorarea amplitudinii oscilației coeficientului de exces de aer care conduce la mărirea conversiei dinamice a catalizatorului;
- mărirea frecvenței de modulare corespunzător numărului de oscilații amestec bogat – amestec sărac pe unitatea de timp; se micșorează timpul de funcționare în domeniul amestecurilor extreme ceea ce îmbunătățește conversia dinamică.

În figurile 3.7 și 3.8 sunt prezentate schematic două sisteme de control catalitic al emisiilor care încorporează feed-back pentru modificarea dozajului. Prima schemă reprezintă un sistem mecanic de injecție de benzină cu feed-back și catalizator cu triplă acțiune. Cea de a doua schemă reprezintă un m.a.s. cu carburator și feed-back, cu un catalizator cu triplă acțiune și cu un catalizator cu ioni oxidici.

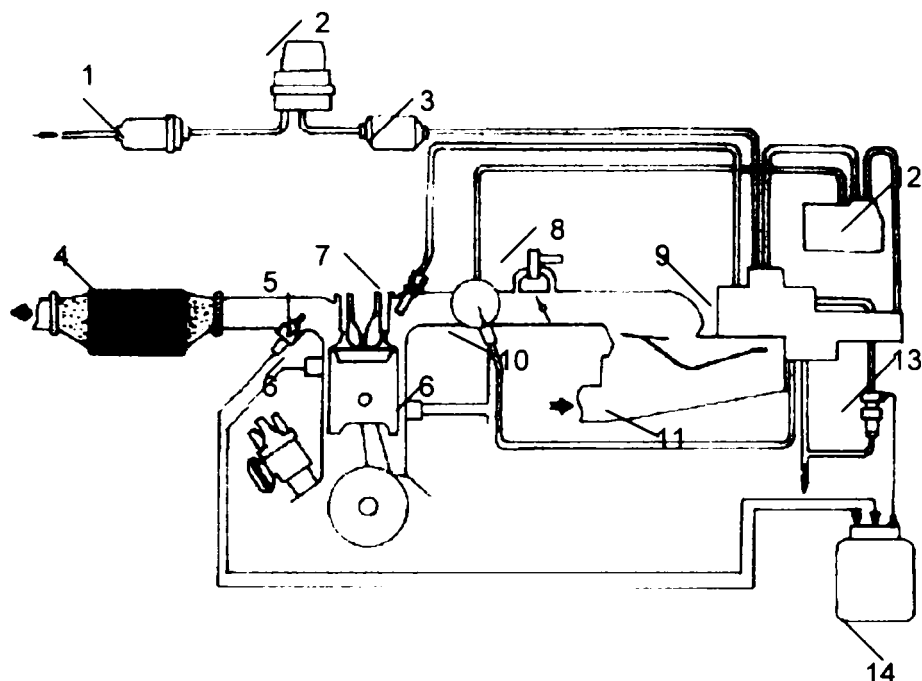


Fig.3.7. Injecție de benzină cu sistemul catalitic atașat:

1 – pompă de benzină; 2 – acumulator de presiune; 3 – filtru; 4 – catalizator; 5 – sondă lambda; 6 – senzor de temperatură; 7 – injector de benzină; 8 – clapetă de aer suplimentar; 9 – amestecător-doзатор; 10 – sistem de pornire la rece; 11 – sistem de admisie; 12 – sistem de reglare termică; 13 – ventil; 14 – sistem de comandă electronic.

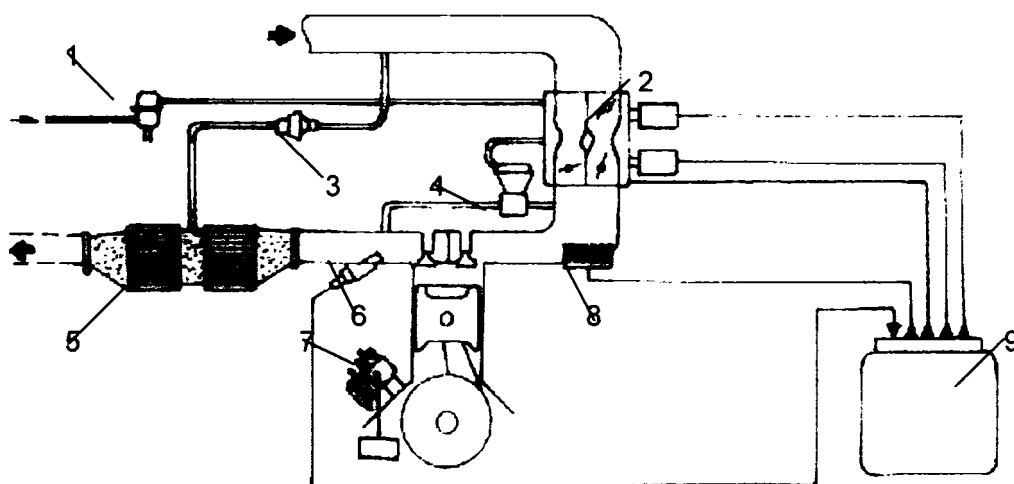


Fig.3.8. Carburatorul și sistemul catalitic atașat:

1 – pompă de benzină; 2 – carburator; 3 – supapă pentru aer suplimentar; 4 – sistem de recirculare a gazelor arse; 5 – catalizator; 6 – sondă lambda; 7 – distribuitor de aprindere; 8 – sistem de încălzire a aerului de admisie; 9 – sistem electronic de comandă.

3.2.4. Reducerea emisiilor la pornire

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

Un catalizator nu e 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 încălzirea a catalizatorului s-au căutat cele mai convenabile metode. Una ar fi poziționarea catalizatorului cât mai aproape de motor ceea ce poate produce încălzirea nedorită a compartimentului motorului cu impedimente asupra pieselor electronice, tuburilor de cauciuc, izolațiilor electrice și a polimerilor. O soluție convenabilă este încălzirea electrică la pornire a catalizatorului cu energie de la bateria de acumulatori. Catalizatorul cu încălzire electrică este cald înainte de antrenarea motorului, fiind necesare 1 – 2 kW pentru 20 – 40 secunde. Totuși această energie, preluată de la alternator sau baterie, înseamnă practic o energie dublă a combustibilului ars în motor; în plus sistemul introduce gradienti termici foarte mari și supune bateria și alternatorul la cicluri de descărcare repetate dure.

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

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

O altă metodă este folosirea unei izolării compacte cu variație a conductanței termice [5]. Între călătorii conductivitatea e mică ducând la reținerea căldurii, iar la faza de încălzire conductivitatea crește pentru eliberarea rapidă a căldurii. Un astfel de sistem propune firma NREL cu utilizarea a trei inovații : izolație compactă vacuumatică, material

cu schimbarea stării de agregare ca agent de stocare termică și izolație cu conductivitate variabilă pentru a preveni supraîncălzirea. Sistemul e scump și dificil de întreținut.

3.3. Filtre de particule

3.3.1. Particulele emise de motoare

Particulele sunt definite implicit prin metoda de măsurare, [1] ca totalitatea materiei colectate pe un filtru de teflon la trecerea gazelor arse emise de motorul cu aprindere prin comprimare, gaze care au fost diluate cu aer filtrat pentru menținerea temperaturii acestora sub 52 °C.

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

Extinderea definiției particulelor pentru m.a.s. este deocamdată formală, nefiind încă impusă de prevederi legislative concrete datorită faptului că emisia de particule m.a.s. este de 40 - 100 de ori mai mică decât aceea a m.a.c., pentru motoare similare. Din punct de vedere al compoziției chimice, particulele m.a.s. conțin, pe lângă carbon, Pb, P, aditivi organici din ulei și benzină.

Revenind la cazul particulelor emise de m.a.c, se apreciază din punct de vedere cantitativ că din cele 0,3 % din gazele arse care sunt dăunătoare sănătății, 0,005 % sunt particule.

3.3.2. Originea particulelor

Corelația dintre particule și emisiile de funingine și HC indică faptul că particulele provin din procese similare cu cele ale genezei funinginei și HC [2]. La această concluzie a condus observația că emisia de particule ia valori care urmăresc valorile fumului negru și ale HC, de aceea s-a presupus că emisia masică de particule este egală cu suma emisiei de funingine (fum negru) și emisia masică de HC care sunt lichide la temperatura de prelevare a particulelor (52°C).

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

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

Hidrocarburile, HC provin din trei surse principale:

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

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

3.3.3. Compoziția particulelor

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

În figura 3.9 sunt prezentate compoziția tipică și proveniența particulelor din gazele de evacuare:

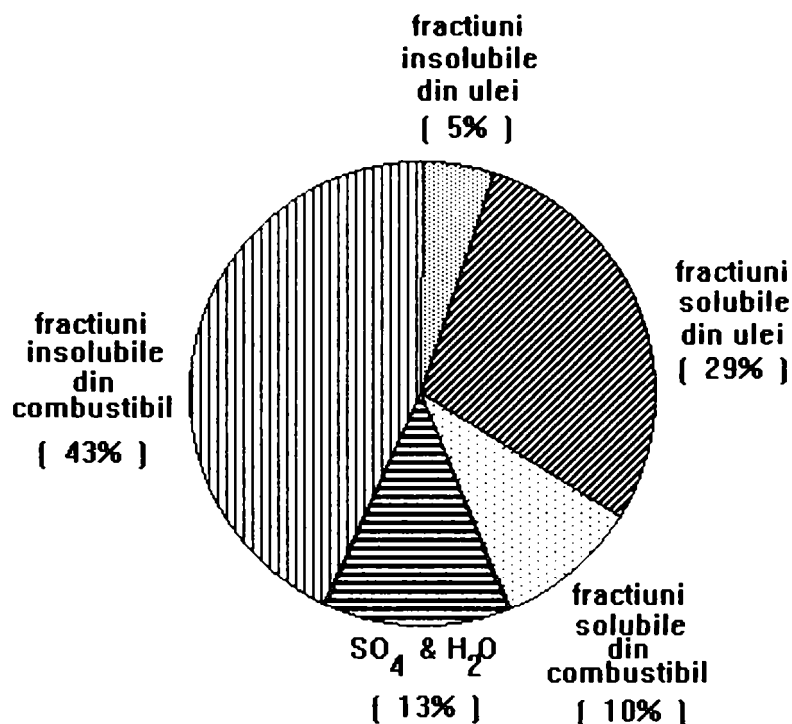


Fig. 3.9. Compoziția particulelor

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

Compoziția particulelor depinde de tipul constructiv al motorului, înregistrându-se variații semnificative atât ale procentelor componentelor specifice (DI, IDI) între ele (tabelul 3.6), cât și față de compoziția din fig.3.9.

Tabelul 3.6

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

Analiza spectrografică a particulelor (tabelul 3.7) evidențiază ca element dominant carbonul; există Fe, Si, S în cantități mai mari, iar alte elemente sunt numai în cantități foarte mici, practic numai urme.

Tabelul 3.7

| ELEMENTUL | Pondere (*) | ELEMENTUL | Pondere (*) |
|-----------|--------------------|-------------------------------------|---------------|
| Li | 10 | K | 50 |
| B | 3 | Ca | 3000 |
| C | Component dominant | Ti | 3 |
| F | 3 | Cr | 300 |
| Na | 500 | Mn | 300 |
| Mg | 150 | Fe | 10 % |
| Al | 1500 | Co | 5 |
| Si | 1500 | Ni | 150 |
| P | 2 % | Cu | 1000 |
| S | 1 % | Zn | 1500 |
| Cl | 50 | * Valorile sunt în ppm sau procente | |

3.3.4. Dimensiunile particulelor

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

- diametrul mediu (masic) 0,1 - 0,3 μm , cele mai mici pot fi de 10 nm [3] ;
- mai mult de 50 % din particule au diametrul sub 0,5 μm [4] ;
- 80 – 90 % din particule au un diametru mai mic de 1 μm [5] ;
- 90 % din particule (raportate masic) au diametrul mai mic de 1 μm , iar 70 % sub 0,3 μm [6] ;
- între 0,03 – 0,6 μm conform distribuției tipice dimensionale [7] ;

- dimensiunile particulelor emise de m.a.s. sunt mai mici decât cele emise de m.a.c.: 0,01- 0,05 μm în cazul m.a.s. cu catalizator și 0,01 - 0,1 μm în cazul m.a.s. fără catalizator.

Particulele emise de motoarele Diesel sunt foarte mici și nu au intrat până de curând în atenția legislatorilor, decât prin prisma măsurării fumului și a compoziției chimice a gazului de eșapament. Ori, experții în medicină estimează că ele provoacă sau întrețin boli cum ar fi astmul, bronșita cronică sau emfizemul pulmonar; de asemenea, după clasificarea internațională a substanțelor chimice, ele sunt încadrate în grupa substanțelor care au probabilitate mare de a produce cancerul.

Efectele asupra sănătății produse de particule depind de dimensiunile acestora, de modul în care acestea pătrund în organism cât și de capacitatea organismului de a le elimina sau neutraliza. Particulele emise de motoarele Diesel sunt suficient de mici pentru a se depune în tractul respirator. Particulele mai mari de 0,3 μm sunt eliminate din tractul respirator, în timp ce restul (70 % masic) pot pătrunde în plămâni.

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

Particulele se constituie sub formă de aglomerate aproximativ sferice care pot avea HC adsorbite pe suprafață, de obicei lichide. Pentru studiul dimensional al particulelor s-a folosit microscopia electronică cu ajutorul căreia s-a analizat imaginea particulelor emise de motorul D2156MTN8, în regimul de funcționare caracterizat de 100 % sarcină și turația 1800 rot/ min. Depunerea particulelor s-a făcut pe pastile de aluminiu lustruite chimic, acestea fiind menținute în curentul de gaze arse un timp foarte scurt pentru a se evita depunerile în straturi ale particulelor. Fotografiiile confirmă aspectul de "conopidă" al particulelor, evidențiat în literatura de specialitate. În plus, s-au putut aprecia dimensiunile medii ale aglomeratelor, de circa 20 μm , și ale particulelor celor mai mici, de circa 1 μm .

3.3.5. Motivarea dezvoltării filtrelor de particule

Metodele de reducere a particulelor se împart în metode active, care urmăresc combaterea formării acestora prin optimizarea combustiei și metode pasive, care au ca scop reținerea și oxidarea particulelor după ce acestea s-au format în camera de ardere. În categoria metodelor pasive (post-tratarea gazelor arse) sunt cuprinse filtrele de particule și catalizatorii de oxidare Diesel. Alegerea celei mai potrivite metode de post-tratament depinde de analiza compoziției particulelor din gazele arse, constatându-se că filtrele de particule sunt foarte eficiente în neutralizarea fracțiunii insolubile, iar filtrele cu catalizatori de oxidare în neutralizarea fracțiunii solubile.

Problema fundamentală a particulelor din gazele arse este că sunt prea diluate pentru a putea arde, de aceea cea mai răspândită metodă este concentrarea lor într-un filtru. Funcționarea filtrului implică două faze de lucru : perioada de filtrare și acumulare a particulelor și perioada de regenerare prin care particulele colectate sunt fie oxidate, fie înlăturate astfel încât filtrul să poată lucra din nou.

3.3.6. Tipuri constructive

Filtrele de particule sunt dispozitive proiectate încă de la sfârșitul anilor '70, în scopul reținerii și oxidării particulelor conținute în gazele de evacuare ale motoarelor Diesel.

Clasificarea filtrelor de particule s-a făcut după mai multe criterii, fără pretenția de a fi exhaustivă :

- după procedeul de colectare a particulelor :

- *prin reținere mecanică* - structuri celulare sau fibroase având suprafețe mari de depunere și canalizații înguste pentru trecerea gazelor arse,
- *prin reținere electrostatică* - prin producerea efectului Corona particulele electrizate se aglomerează și pot fi colectate,

- după natura materialului filtrant :

- *filtre metalice,*
- *filtre ceramice,*

- după tipul regenerării :

- *regenerare termică* - cu aport de energie, în scopul creșterii temperaturii gazelor arse până la valori de 550 - 600 °C pentru oxidarea particulelor :

- electrică - cu rezistor de încălzire,

- cu microunde,

- cu arzător de combustibil suplimentar,

- cu obturarea admisiei,

- cu obturarea evacuării,

- *regenerare chimică* - cu reacții catalitice care produc oxidarea particulelor la temperaturi mai scăzute ale gazelor de evacuare :

- cu depuneri sau injectare de catalizatori în filtru,

- cu aditivarea combustibilului,

- *regenerare combinată* (termică și chimică),

- *regenerare mecanică* - prin suflare cu aer comprimat,

- după periodicitatea regenerării :

- *regenerare periodică*,

- *regenerare continuă*,

- după locul de producere a regenerării :

- *regenerare externă* - oxidarea particulelor din filtru are loc după colmatarea acestuia prin folosirea unui arzător extern,

- *regenerare internă* - oxidarea particulelor are loc în filtru, prin acțiunea sistemului propriu de regenerare.

Filtrele de particule urmăresc reținerea particulelor, urmată de curățarea periodică prin diferite procedee. Funcție de procedeul de reținere a particulelor s-au dezvoltat mai multe tipuri de filtre și procedee de regenerare, dintre care s-au dovedit eficiente în funcționarea pe autovehicule filtrele de particule cu reținere mecanică și filtrele electostatice.

3.4. Măsurile pentru reducerea noxelor emise de motorul cu aprindere prin comprimare

În domeniul motoarelor cu aprindere prin comprimare, normele antipoluante existente au stimulat cu precădere dezvoltarea a două mijloace de control a emisiilor poluante: unele vizează fumul și mirosul neplăcut al gazelor de evacuare, iar celelalte oxizii de azot.

Emisiile de fum negru au reprezentat întotdeauna un factor limitativ al puterii maxime, controlul acestora fiind o componentă a oricărei activități de perfecționare a motorului Diesel. Procedeele generale de limitare a emisiilor de fum negru realizează în esență controlul formării amestecului combustibil – aer prin corelarea optimă a caracteristicilor injecției cu forma camerei de ardere și mișcarea gazelor. Menționăm că menținerea în exploatare a nivelului fumului în limitele normale e condiționată apoi de întreținerea și starea tehnică normală a motorului.

Emisiile de NO pot fi controlate pe de altă parte prin intermediul nivelului temperaturilor și al concentrației de oxigen. Procedeele generale de control al emisiilor de NO, care trebuie examinate cu prioritate datorită simplității și eficienței sale, constă în reducerea avansului la injecție. De fapt emisiile minime de NO și HC pot fi coborâte dacă se aplică un reglaj variabil al avansului la injecție optimizat în funcție de sarcina motorului.

3.4.1. Tehnici de reducere a poluanților la motoarele Diesel

În condițiile conștientizării pericolului care amenință omenirea prin distrugerea mediului înconjurător, au fost luate o serie de măsuri de natură constructivă de către conducătorii de autovehicule și de natură legislativă de organisme naționale și internaționale abilitate, în scopul limitării emisiilor poluante specifice motoarelor.

Firmele producătoare de motoare și autovehicule au pus la punct strategii pe termen lung pentru cercetarea metodelor de reducere a poluanților, strategii care au dat rezultate spectaculoase în timp.

Cerectările au necesitat eforturi financiare deosebite generate și de constatarea că reducerea poluanților duce în cele mai multe cazuri la creșterea consumului de combustibil, pe de o parte, iar pe de altă parte, metodele de scădere a unui poluant duc la creșterea altora.

Principalele tehnici de reducere a emisiilor la motoarele Diesel sunt cuprinse în tabelul 3.8, împreună cu aprecierea efectului asupra poluanților, consumului de combustibili, zgomotului, durabilității și costului suplimentar exprimat în procente din costul motorului de bază datorat metodei respective.

Metode active (1-14)

Tabelul 3.8

| Nr crt | Tehnica Efect asupra | NO _x | HC | CO | PT | Consum combustibil | Zgomot | Durabilitate | Supra-cost |
|--------|---------------------------------|-----------------|----|----|----|--------------------|--------|--------------|------------|
| 1 | Supraalimentare | - | + | + | + | + | + | - | +3% |
| 2 | Răcire intermediară | ++ | - | + | + | ++ | 0 | + | +7% |
| 3 | Întârzierea injectiei | ++ | + | - | - | -- | ++ | 0 | / |
| 4 | Camera de ardere tip re-entrant | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | - | +1% |
| 5 | Raport de compresie mărit | 0 | + | 0 | - | 0 | 0 | 0 | / |
| 6 | Izolație termică | -- | ++ | + | + | 0 | 0 | -- | / |
| 7 | Report de vârtej variabil | 0 | 0 | 0 | + | + | 0 | - | +7% |
| 8 | Consum de ulei redus | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | - | / |
| 9 | Recircularea | ++ | + | 0 | + | + | 0 | - | +5% |

| | | | | | | | | | |
|----|---------------------------------------|----|---|---|----|----|---|---|------|
| | gazelor arse | | | | | | | | |
| 10 | Variatori de avans mecanic | + | 0 | 0 | + | + | 0 | 0 | +3% |
| 11 | Variatori de avans electronic | ++ | + | 0 | + | ++ | 0 | 0 | +8% |
| 12 | Sistem de injecție de presiune înaltă | 0 | 0 | 0 | ++ | + | - | 0 | +4% |
| 13 | Sistem de injecție electronică | ++ | + | 0 | ++ | ++ | 0 | 0 | +15% |
| 14 | Turbosuflantă cu geometrie variabilă | 0 | 0 | + | + | + | 0 | - | +8% |

Metode Pasive (15,16)

| Nr crt | Tehnica Efect asupra | NO _x | HC | CO | PT | Consum combustibil | Zgomot | Durabilitate | Supra-cost |
|--------|-------------------------|-----------------|----|----|----|--------------------|--------|--------------|------------|
| 15 | Catalizator de oxidare | 0 | ++ | ++ | 0 | 0 | 0 | - | +50% |
| 16 | Filtru de particule | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | - | +100% |

În stadiul de aplicare se află și alte tehnici din care demne de menționat sunt: construcția chiulasei cu patru supape pe cilindru, construcția unor pompe de ulei mai fiabile ca și unor separatoare de ulei din gazele de carter, instalații de recirculare a gazelor arse ca și unele sisteme de turbosupraalimentare performante.

În ceea ce privește procesul injectării combustibilului în camera de ardere, se apelează la un variator de avans cu comandă mecanică și electronică, iar efectele reducerii particulelor se obține prin mărirea presiunii de injecție, mărirea numărului de

orificii ale pulverizatorului și micșorarea diametrului.

Metodele pasive de reducere a poluanților sunt cele mai eficiente, dar și cele mai costisitoare. Aceste sisteme necesită tehnologii complicate și pretențioase, fapt care a făcut ca acestea să nu fie accesibile decât țărilor industrializate foarte dezvoltate; în consecință, și costul acestor sisteme este, într-o oarecare măsură, prohibitiv.

Pentru reducerea CO și HC se realizează filtre cu catalizatori de oxidare, rezultatele confirmă potențialul de scădere a CO și HC (70%).

Se au în vedere, de asemenea, modificări ale tehnologiei de realizare a combustibililor pentru reducerea conținutului de sulf, măsură care ar duce la scăderea cu 15-20% a emisiei de particule.

3.5. Concluzii

1. Filtrele de particule dezvoltate până în prezent și-au dovedit eficiența, asigurând reducerea în proporție de 80 - 90 % a particulelor.

2. Prin prisma criteriilor de apreciere a filtrelor, cât și a criteriilor impuse de piață, supremația unui anumit tip de filtru nu a fost dovedită, coexistând în exploatare categoriile de bază prezentate în lucrare. Cele mai răspândite tipuri de filtre sunt cele cu monoliți ceramici și regenerare termică, precum și cele cu fibre ceramice și regenerare prin aditivarea combustibilului. Durabilitatea filtrelor ceramice este încă foarte mică în condițiile normale de exploatare, datorită dificultăților legate de încărcarea termică și mecanică mare, ceea ce justifică în continuare căutarea de noi soluții constructive.

3. Situația la sfârșitul primului deceniu de dezvoltare intensă și căutări de soluții constructive poate fi rezumată astfel :

 pentru suport : există multe tipuri fiabile, având o eficiență între 50 și 95% ; costul lor e încă mare și nici unul din aceste tipuri n-a fost produs în cantități mari;

 pentru regenerare multe din soluțiile implementate n-au dat satisfacție, conducând fie la defectări, fie la costuri inacceptabile;

 catalizatorii în combustibil : speranța că regenerarea va fi total pasivă prin utilizarea de aditivi nu s-a concretizat încă, dar o combinație de tehnologii ce cuprinde

regenerarea termică împreună cu o aditivare adecvată a condus la o bună fiabilitate, la prețuri rezonabile.

4. Noile strategii de supraveghere și control fac mai realist conceptul de regenerare total pasivă, dovedind că filtrul și supravegherea sa trebuie integrate în dezvoltarea motorului.

5. În România, lucrările de adaptare a filtrelor de particule sunt abia la început și sunt necesare cercetări susținute pentru a realiza o bună acordare între motor și filtru; aceste cercetări urmează să stabilească concentrațiile optime de aditiv, căile de micșorare a contrapresiunii și metodele de creștere a fiabilității filtrelor.

Considerată doar în lumina poluării, perspectiva dezvoltării și mai ales a utilizării motorului cu ardere internă este sigură.

Se poate afirma cu certitudine încă de pe acum că realizarea unor emisii complet acceptabile este posibilă, cunoscându-se căile și mijloacele adecvate. Chiar faptul că toate aceste vor mări costul motorului poate deveni acceptabil.

Evoluția limitărilor impuse de Regulamentul CEE – ONU NR. 49 este indicată în tabelul 3.9.

Tabelul 3.9

| Emisii g/kwh | 1982 | Amendamentul 01 | | Amendamentul 02 | | | | EURO 3 ** 1999 |
|-----------------|------|-----------------|----------|-----------------|----------|---------|-----|-------------------|
| | | 1990 | EURO 1 | | EURO 2 | | | |
| | | | 1.07.92 | 1.10.3 | 1.10.95 | 1.10.96 | | |
| | | | prototip | serie | prototip | serie | | |
| CO | 14 | 11.2 | 4.5 | 4.9 | 4 | 4 | 2 | |
| HC | 3.5 | 2.4 | 1.1 | 1.23 | 1.1 | 1.1 | 0.6 | |
| NO _x | 18 | 14.4 | 8 | 9 | 7 | 7 | 5 | |
| Particule | - | - | 0.36 * | 0.4 * | 0.15 | 0.15 | 0.1 | |

* - pentru motoarele de putere mai mică sau egală cu 85 kw, valoarea particulelor va fi multiplicată cu 1,7

** - propunere în discuție

Data fiind răspândirea actuală a motorului cu ardere internă în mai toate domeniile activității omului și investițiile importante în domeniul fabricației sale la scară mondială, deținerea soluției optimale pare a fi folosirea în continuare a acestui tip de motor, eventual alimentat și cu alți combustibili, hidrogenul de exemplu.

Capitolul 4 ELEMENTE PRIVIND INSTALAȚII EXPERIMENTALE ȘI TEHNICI DE EVALUARE COMPARATIVĂ A NOXELOR PRECUM ȘI A ZGOMOTULUI PRODUS DE CĂTRE AUTOVEHICULELE RUTIERE

4.1. Elemente privind determinarea experimentală a poluanților mijloace de măsură pentru investigarea imisiilor

4.4.1. Inventarierea metodelor de măsurare a noxelor

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

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

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

norme, componente a căror concentrație este de multe ori mai redusă iar, pe de altă parte, selectivitatea aparatelor existente este insuficientă.

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

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

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

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

Tabelul 4.1

| COMPONENTELE | METODE DE PRELEVARE A PROBELOR * | METODELE DE ANALIZĂ ** |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Masa totală a particulelor | Filtararea | Gravimetria |
| Totalitatea cianurilor | Absorbția | Fotometria |
| Amoniacul | Absorbția | Fotometria |
| Dioxidul de sulf | Absorbția | Titrea |
| Sulfații | Filtararea | Fotometria |
| Hidrogenul sulfurat | Absorbția | Fotometria |
| Totalitatea aldehydelor | Absorbția | Absorbția |
| Aldehyde separate și cetone | Absorbția | HPLC |
| Totalitatea fenoliilor | Absorbția | Fotometria |

| COMPONENTELE | METODE DE PRELEVARE A PROBELOR * | METODELE DE ANALIZĂ ** |
|--|------------------------------------|--|
| Hidrocarburi separate | Sac colector | GC/FID |
| Hidrocarburi aromatice | Filtararea, filtrarea cu absorbție | DSC/HPCC, GC/FID, GC/MC |
| Combinatii organice care se leagă de particule | Filtararea | Extracție, termogravimetrie |
| Compoziția elementară a particulelor | Filtararea | Analiza elementară, amortizarea atomică și spectroscopia Röntgeno-fluorescentă |

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

** DSC - cromatografia straturilor subțiri;

HPLC - cromatografie lichidă de înaltă sensibilitate;

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

GC/MC – cromatografie cu spectrometrie de masă.

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

În esență, metodele pentru măsurarea noxelor apelează la :

a.) În cazul hidrocarburilor :

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

b.) În cazul oxidului de carbon :

- absorbția în infraroșu,
- oxidarea catalitică,
- spectroscopia în infraroșu;

c.) În cazul oxizilor de azot :

- spectroscopia în infraroșu,
- spectroscopia în ultraviolet,
- spectroscopia de masă,
- metode de chemiluminiscentă,
- metode calorimetrice;

d.) În cazul fumului și al particulelor (compuse în principal din funingine și hidrocarburi absorbite sau condensate la motoarele Diesel) :

- gravimetria și termogravimetria (aplicate și pentru stabilirea fracțiunilor organice ce compun particulele),

- fotometria (bazată pe măsurarea valorii absolute a absorbției luminii servind la determinarea concentrației unui component dintr-un amestec).

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

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

- fummetrul Bosch, cu scală de la 0 la 10, la care se evaluează gradul de înnegrire a hârtiei de filtru de tip Whatman 4, de 8 cm^2 , prin care este trecută o probă de gaz de 330 cm^3 . Gradul de înnegrire al filtrului este măsurat de o celulă fotoelectrică ce primește lumina reflectată de suprafața filtrului (reflectrometru).

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

- alte instrumente de firmă, necomercializate.

Instituții consacrate în domeniul investigării de motoare Diesel și de aparatură destinată acestui scop cum sunt MIRA (Societatea Britanică pentru Cercetări în Industria de automobile) și AVL (Institutul Austriac de Cercetări a motoarelor) au obținut rezultate foarte bune în stabilirea legăturii între cifrele de fum și concentrația de funingine măsurată în gazele de evacuare nediluate, mai exact în stabilirea corelațiilor fum - funingine la estimarea emisiei masice de particule (pentru detalii vezi [2]). De menționat că în cazul metodei MIRA se apreciază cu unitați Hartridge (HSU) legate de coeficientul de absorbție cu lumini K_M în $[m^{-1}]$ prin relația :

$$HSU[\%]=1-e^{-0,43 K_M}$$

Informații mai extinse despre aparatura de măsurare a noxelor se pot găsi în [2].

4.1.2. Mijloace de măsură pentru investigarea imisiilor

În România se aplică legea 655 / 2001, care aprobă Ordonanța de Urgență a Guvernului nr.243 / 2000 privind protecția atmosferei și care stabilește cadrul juridic privind prevenirea, limitarea deteriorării și ameliorarea calității atmosferei. Sunt stabilite responsabilitățile tuturor autorităților în acest domeniu, atât centrale cât și locale.

Implicațiile sunt multiple iar controlul surselor de poluare se face diferențiat: la surse fixe, la surse mobile și la surse difuze.

Evaluarea calității aerului înconjurător este obligatorie pentru toate aglomerările și zonele de pe teritoriul României, Ordinul nr. 592 / octombrie 2002 stabilind poluanții de referință pentru evaluarea calității aerului înconjurător în conformitate cu directivele

Uniunii Europene. Aceștia sunt: dioxidul de sulf, dioxidul de azot și oxizii de azot, pulberile în suspensie (PM10 și PM2,5), plumbul, benzenul, monoxidul de carbon și ozonul.

Agenția Regională de Protecție a Mediului dispune de aparatură corespunzătoare pentru determinarea dioxidului de azot și oxizilor de azot, precum și a ozonului. Este în curs de instalare aparatura pentru determinarea monoxidului de carbon. De remarcat că funcționarea unei astfel de stații presupune și existența unei ministații meteo corespunzătoare. Pentru moment, datele măsurate pe str. Mihai Viteazul sunt corelate cu datele meteo de la stația meteorologică a I.N.M.H. de la Pădurea Verde.

Schema unei astfel de stații este prezentată în figura 4.1.

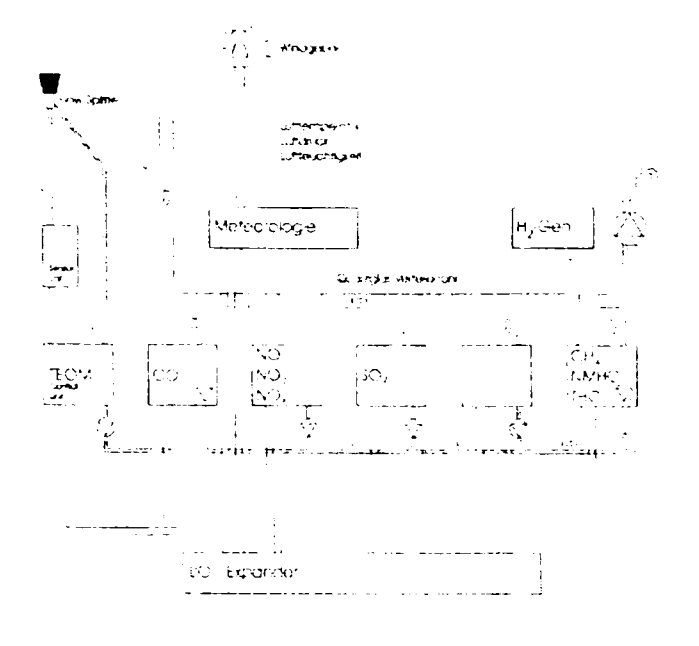
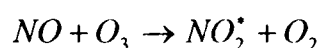


Fig.nr.4.1.

Măsurătorile pentru dioxidul de azot și oxizii de azot se fac într-o instalație de tipul AC 31M-LCD, livrat de Groupe Environnement S.A., POISSY – FRANCE, analiza făcându-se pe baza chemiluminiscentei.

Principiul măsurătorii presupune următoarele proceduri:

1. Chemiluminiscenta corespunzător oxidării NO cu O_3



- - revenirea la starea fundamentală electric a moleculei de NO_2^* excitată prin eliberarea unei radiații luminoase în spectrul 600 – 1200 nm
 - $NO_2^* \rightarrow NO_2 + hv$
- - camera de reacție este separată de detector printr-un filtru optic care electează spectrul de frecvență de 610nm, eliminând interferențele produse de hidrocarburi,
- - radiația măsurată este fotomultiplicată într-un tub Peltier - cu efect termoelectric, iar semnalul electric rezultat este amplificat și digitalizat într-un microprocesor.

2. Pentru a măsura prin chemiluminiscentă și NO₂, acesta se transformă prima dată în NO, folosindu-se molibden; NO₂ se reduce prin următoarea reacție:



Analizorul AC31M are două canale distincte, unul pentru NO și altul pentru Nox; el lucrează continuu, dar ciclic pe cele două canale, o pompă trimițând aerul de analizat când pe un canal când pe celălalt. Radiația emisă în camera de Nox este proporțională cu $NO + NO_2$ (acesta redus la NO), de aceea i se spune NOx.

Ozonul necesar producerii chemiluminiscentei este produs de către un generator local.

Aparatul mai dispune și de un oscilator format dintr-un disc cu trei sectoare care face ca fotomultiplicatorul să fie folosit atât pentru camera NO, camera NOx, dar și camera „neagră” de referință.

Rezultatele se pot da în ppm sau mg/m.

Limita minimă detectabilă: 0,35ppb (2σ)(doi sigma).

Diagrama principală de funcționare este prezentată în figura 4.2

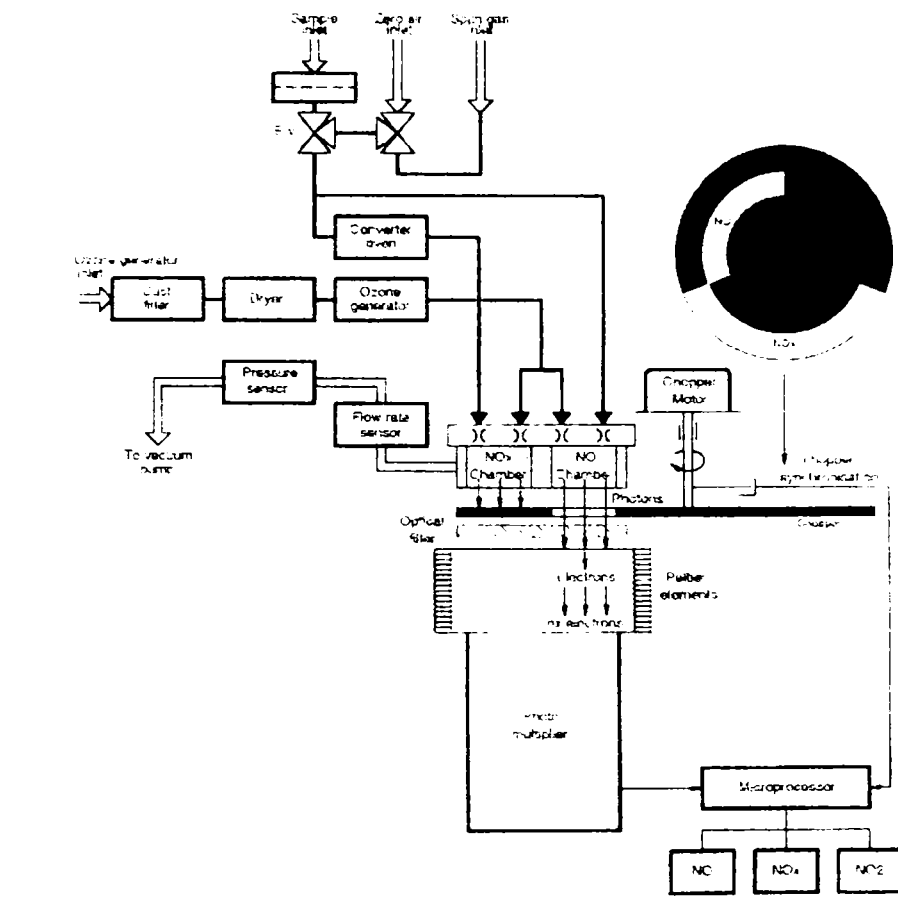


Fig.nr.4.2.

Analizorul de ozon (O_3) din mediul ambiant este de tipul APOA-360, utilizând ca metodă de măsură absorbția nedispersivă a radiației ultra-violete; analizorul este destinat funcționării continue folosindu-se gaz de calibrare corespunzător. Sistemul se echilibrează automat în circa patru ore. Calibrarea se face atât la pornirea aparatului și începerea unei determinări, cât și la intervale regulate. Unitățile de măsură sunt: ppm și mg/m^3 . Timpul de mediere poate fi 3 minute, 30 de minute sau 3 ore, putându-se stoca 1000 / 1000 și 100 numere, respectiv pentru cele trei medieri amintite.

Principiul de măsură, metoda de analiză se bazează pe caracteristica ozonului de a absorbi anumite lungimi de undă din radiația ultravioletă. La acest aparat, gazul măsurat după ce trece printr-un element filtrant este divizat în două părți. Una din ele este trecută printr-un reactor care produce ozonul. Acest curent de gaz reprezintă „gazul de referință” sau „zero analitic”. Al doilea debit de gaz este transmis în sistemul de măsură ca „proba de gaz” pentru analiză.

Celula de măsură este iluminată de către o lampă cu vapori de mercur de presiune joasă, care generează radiații ultraviolete cu o lungime de undă de 253,7nm. Sistemul de detecție este un fotodetector. Prin celulă se trece succesiv „gazul zero” și „gazul probă”.Sistemul de detecție va memora diferența de intensitate a radiației înregistrate de detector în cele două cazuri. Această valoare este proporțională cu concentrațiile de ozon. Instrumentul necesită calibrare după un standard pentru a determina coeficientul de răspuns și în final pentru a da o măsură cantitativă a concentrației de ozon.

Domeniul de măsură: standard 0 - 0,1 / 0,2 / 0,5 / 1,0 ppm.

Limita minimă de detecție: 0,5 ppb (2 sigma) (2σ).

Configurația sistemului se prezintă în figura 4.3.

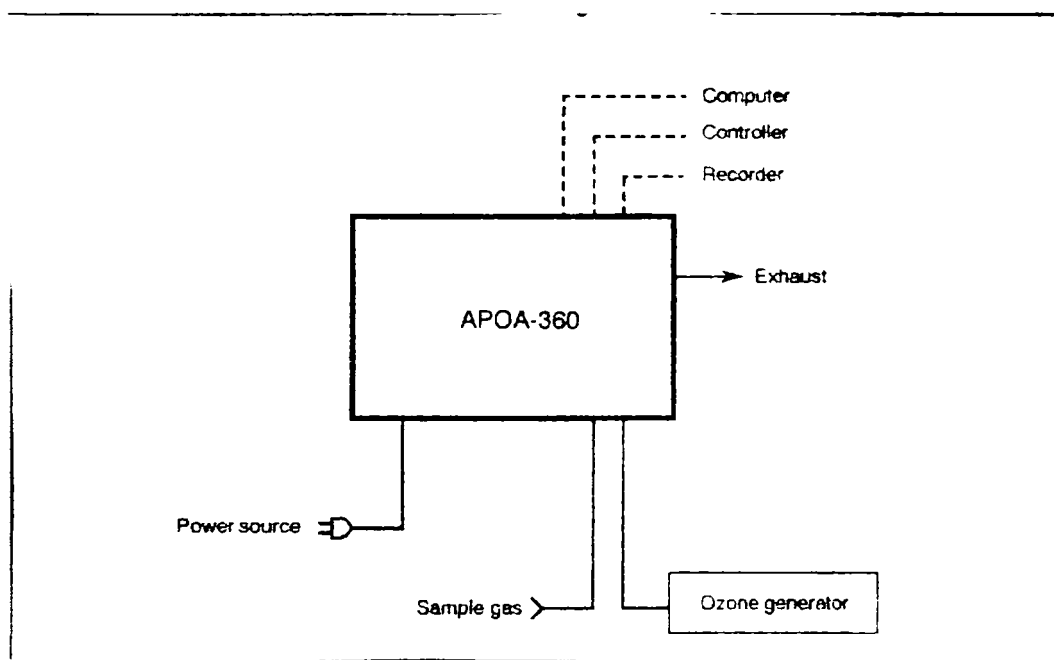


Fig.nr.4.3

4.2. Discrepanțe ale unităților de măsură pentru evaluarea noxelor. Relații particularizate pentru evaluarea cantitativă a noxelor

Factori de emisie pentru m.a.i. – exprimați în diferite unități de măsură

Compararea noxelor și a limitelor acceptate este încă dificilă deoarece nu există consens nici măcar în domeniul unităților de măsură, în practică folosindu-se:

- unități relative - pentru raportarea noxelor la concentrații:

○ ppm $1\text{ppm} = \frac{1\text{cm}^3}{1\text{m}^3} = \frac{1\text{cm}^3}{1.000.000\text{cm}^3}$

○ % $1\% = \frac{1}{100} = \frac{10.000}{1.000.000} = 10.000\text{ppm}$

- unități absolute – pentru redarea noxelor:

- g/milă, g/km,
- g/test,
- g/kWh,
- g/CPh.

Datele valorice pentru noxe în câteva dintre unități și calculul în legătură cu nivelul noxelor se redau în cele ce urmează.

Factorii de emisie rezultați din exploatarea motoarelor cu ardere internă:

După literatura de specialitate în cazul motoarelor cu aprindere prin comprimare (m.a.c.) sau diesel, compoziția gazelor evacuate este următoarea:

- azot N_2 66%,
- oxigen O_2 10%,
- dioxid de carbon CO_2 12%,
- vapori de apă 0,7%,
- noxe total 0,4% din care:
 - monoxid de carbon CO 0,045%,
 - dioxid de azot NO_2 0,15%,
 - hidrocarburi HC 0,03%,
 - particule PT 0,15%,

- dioxid de sulf SO_2 0,025%.

În cazul motoarelor cu aprindere prin scânteie (m.a.s.) structura gazelor trimise în atmosferă este:

- azot N_2 71%,
- oxigen O_2 9,2%,
- dioxid de carbon CO_2 18,1%,
- vapori de apă 0,7%,
- noxe total 1% din care:
 - monoxid de carbon CO 0,85%,
 - dioxid de azot NO_2 0,085%,
 - hidrocarburi HC 0,06%,
 - particule PT 0,005%,

Pentru exemplificare se utilizează două motostivuitoare echipate cu motoare D-110, unul funcționând circa 6 ore pe schimb, iar la doilea 4 ore pe schimb.

Consumul specific de motorină este de aproximativ 230g/ CPh, se apreciază că acestea funcționează în medie la 40CP.

În cazul cel mai defavorabil, dacă motostivuitoarele funcționează simultan în timpul de mai sus în toate cele trei schimburi, vom avea pentru o zi (24h) o cantitate de noxe eșapate:

- pentru CO : $(30\text{h} \times 0,23\text{kg/CPh} \times 80\text{CP}) \times 0,045/100 = 552$ (kg motorină/trei schimburi $\times 0,045/100 \cong 0,25$ kg/zi;
- pentru NO_2 : $552 \times 0,15/100 \cong 0,83$ kg/zi;
- pentru HC : $552 \times 0,03/100 \cong 0,16$ kg/zi;
- pentru PT : $552 \times 0,15/100 \cong 0,83$ kg/zi;
- pentru SO_2 : $552 \times 0,025/100 \cong 0,14$ kg/zi.

Se apreciază că 1/3 din timp motostivuitoarele funcționează în hale și 2/3 din timp în exterior.

Pentru transport exterior este închiriat un autocamion cu o putere nominală de circa 140 CP și motor diesel, care nu se alimentează pe teritoriul obiectivului și se

apreciază că funcționează în perimetrul acestuia cu motorul pornit circa o oră pe zi eșapând următoarele noxe:

- pentru CO: $(1h \times 0,23\text{kg/CPh} \times 50\text{CP}) \times 0,045/100 = 115$ (kg motorină/trei schimburi $\times 0,045/100 \cong 0,05$ kg/zi;
- pentru NO₂: $115 \times 0,15/100 \cong 0,17$ kg/zi;
- pentru HC: $115 \times 0,03/100 \cong 0,03$ kg/zi;
- pentru PT: $115 \times 0,15/100 \cong 0,17$ kg/zi;
- pentru SO₂: $115 \times 0,025/100 \cong 0,03$ kg/zi.

Se dispune de o Dacia 1310, o Dacia Nova și o Dacia Papuc, care se alimentează în exteriorul obiectivului având m.a.s., funcționând cu benzină.

Se apreciază că și acestea se găsesc o oră pe zi pe teritoriul firmei cu motoarele pornite, acceptându-se o putere medie sumată de 40 CP și un consum specific efectiv de 220g/CPh.

De remarcat că diferențele între noxe sunt mici pentru autovehiculele echipate cu m.a.s. și m.a.c. de puteri reduse.

Noxele rezultate au valorile:

- pentru CO: $(1h \times 0,220\text{kg/CPh} \times 40\text{CP}) \times 0,85/100 = 8,8$ (kg motorină/trei schimburi $\times 0,85/100 \cong 0,07$ kg/zi;
- pentru NO₂: $8,8 \times 0,085/100 \cong 0,007$ kg/zi;
- pentru PT: $8,8 \times 0,005/100 \cong 0,0004$ kg/zi;

În total noxele rezultate din exploatarea vehiculelor în incinta obiectivului pentru 24 h sunt:

Monoxid de carbon:

$$m_{CO} = 0,25 + 0,05 + 0,07 = 0,37 \text{ kg/zi}$$

Dioxid de azot:

$$m_{NO_2} = 0,83 + 0,17 = 1,007 \text{ kg/zi}$$

Hidrocarburi:

$$m_{HC} = 0,16 + 0,03 = 0,19 \text{ kg/zi}$$

Particule:

$$m_{PT} = 0,83 + 0,17 + 0,0004 = 1,0004 \text{ kg/zi}$$

Dioxid de sulf SO_2 :

$$m_{SO_2} = 0,14 + 0,03 = 0,17 \text{ kg/zi}$$

Pentru a putea compara valorile obținute cu cele limitative din norme este necesar a se face transformări ce vizează unitățile de măsură.

Pentru CO:

Masa moleculară a CO este $M_{m_{CO}} = 28,02 \text{ kg/kmol}$

Volumul molar în condiții normale (0° C și 1013 mba) este: $22,41383 \text{ în } m^3/\text{kmol}$.

Pentru a găsi cantitatea totală de CO în ppm, operată spre exemplificare numai pentru oxidul de carbon se apelează la raportarea cantității totale de CO eșapat în unități masice la cantitatea totală de combustibil consumată pe zi:

$$\overline{m_{CO_{ppm}}} = \frac{m_{CO}}{m_{comb}} = \frac{0,37 \text{ kgCO/zi}}{(555 + 115 = 8,8) \text{ kgcomb/zi}} \times 100 = \frac{0,37}{648,8} \times 100 = 0,057\% \times 10000 = 570 \text{ ppm}$$

Concentrația masică a CO în mg/m^3_N va rezulta:

$$M_{CO} = \overline{m_{CO_{ppm}}} \times \frac{28,02 \text{ kg/kmol}}{22,41383} = 570 \times \frac{28,02}{22,41383} \cong 712,6 \text{ mg/m}^3_N$$

Aceasta este o valoare maximală care nu are în vedere posibilitatea scăzută de funcționare simultană a tuturor motoarelor și numărul relativ redus de ore în care funcționează motoarele în cele 24 de ore ale unei zile, încadrându-se totuși în valorile recomandate de literatura tehnică de specialitate.

Dacă ne raportăm la cantitatea în g/kWh de CO eșapat vom avea:

$$m_{g_{CO}} = \frac{m_{CO_{kg/zi}} \times 1000}{\frac{P_{total} CP}{1,36} \times 24h} = \frac{0,37 \times 1000}{\frac{(80 + 50 + 40)}{1,36} \times 24} = 0,123 \text{ g/kWh}, \text{ ceea ce este mult mai puțin}$$

decât valorile admise, care conform literaturii variază de la circa 30 g/kWh la m.a.c. până la circa 200 g/kWh la m.a.s. De menționat că în acest caz s-a ținut cont și de durata funcționării.

Pentru NO_2 eșapat, evaluat în g/kWh avem:

$$m_{g_{NO_2}} = \frac{m_{NO_2,kg/zi} \times 1000}{\frac{P_{total} CP}{1,36} \times 24h} = \frac{1,007 \times 1000}{\frac{170}{1,36} \times 24} \cong 0,33 \text{ g/kWh}$$

Normele din literatura de specialitate dau valori pentru motoarele diessel de circa 7 g/kWh și pentru m.a.s. 14 g/kWh, ceea ce înseamnă că ne găsim mult sub limitele statuate.

Pentru particulele trimise în atmosferă de către vehicule pe teritoriul obiectivului:

$$m_{g_{PT}} = \frac{m_{PTkg/h} \times 1000}{\frac{P_{total} CP}{1,36} \times 24h} = \frac{1,004 \times 1000}{\frac{170}{1,36} \times 24} \cong 0,33g / kWh$$

Și această valoare este redusă, trebuind a se avea în vedere și faptul că vehiculele funcționează cea mai mare parte din timp în zonele deschise.

Pentru SO₂ va rezulta:

$$m_{g_{SO_2}} = \frac{m_{SO_2kg/h} \times 1000}{\frac{P_{total} CP}{1,36} \times 24h} = \frac{0,17 \times 1000}{\frac{170}{1,36} \times 24} \cong 0,056g / kWh \text{ valoare care este mai mică în raport cu}$$

valorile obișnuite ale acestei noxe.

Pentru HC, cantitatea vehiculată timp de o oră din gazele de eșapament este:

$$m_{g_{HC}} = \frac{m_{HC} \times 1000}{24h} = \frac{0,19 \times 1000}{24} = 7,92g / h$$

Ținând cont de metodologiile AP-42 și CORINAIR asimilăm, relativ la norme, hidrocarburile eșapate de către m.a.i. cu limitele orare stabilite pentru compuși volatili vehiculați în mediu deschis care sunt: $m_{HC_{lim}} = 26400g / h$, ceea ce înseamnă că ne găsim mult sub aceste limite.

În concluzie, noxele eșapate de către vehiculele pentru exemplu dat sunt mult sub limitele admise.

4.3. Poluarea sonoră produsă de motoarele cu ardere internă și autovehiculele ce le echipează

4.3.1. Zgomote, surse de zgomot și metode de atenuare a acestora

O sursă fonică poate produce un sunet pur, un sunet complex sau un zgomot.

Sunetul pur se datorește unei vibrații armonice fiind caracterizat printr-o singură frecvență. Sunetul complex este format din mai multe sunete pure a căror frecvență poate să constituie sau nu o serie armonică, el fiind alcătuit dintr-un sunet fundamental și o serie de componente cu frecvențe înalte.

Zgomotul este produs de vibrații acustice cu un spectru continuu, cel puțin într-o anumită bandă de frecvență, el neavând componente bine definite. Cunoașterea spectrului zgomotului produs de o sursă sonoră are mare importanță pentru stabilirea mijloacelor eficiente de izolare fonică.

Compararea sunetelor din punct de vedere subiectiv se face pe baza a trei caracteristici : înălțimea, tăria și timbrul sunetului.

Înălțimea este însușirea senzației auditive după care sunetele pot fi ordonate de la joase la înalte. Pentru frecvențele între 1000-5000 Hz, domeniul în care urechea are sensibilitate maximă se admite că înălțimea sunetului este direct proporțională cu frecvența.

Tăria este însușirea senzației auditive după care sunetele sunt ordonate pe o scară de la slab la puternic. Sunetul apare cu atât mai puternic cu cât intensitatea acustică este mai mare, fără a exista proporționalitate între intensitate și tăria sunetului. Ca unitate de măsură se folosește tonul ce reprezintă tăria unui sunet având o frecvență de 1000 Hz și un nivel de tărie de 40 foni.

Timbrul unui sunet este calitatea acestuia prin care se deosebește de un sunet de aceeași înălțime produs de un alt izvor sonor.

Zgomotul produs de mașinile termice are la bază mai multe surse printre care : mecanice (ciocnire, frecare), gazodinamice (curgera arului, aburului sau a gazelor prin conducte de transport, țevărie de distribuție, supape etc.) și în cazul m.a.i. în special și termice (aprinderea, arderea).

4.3.2. Informații privind norme limitative pentru poluarea prin zgomot

Ca urmare a efectelor dăunătoare asupra sănătății și asupra randamentului muncii în

condițiile expunerii îndelungate în medii cu nivel de zgomot ridicat, au apărut restricții naționale și internaționale privind nivelele sonore maxime admise [2]. Dintre sursele de zgomot, la viteze de deplasare relativ mici, ponderea cea mai mare o are zgomotul motorului așa cum s-a mai menționat. Cu toate acestea, în prezent nu sunt impuse în Europa limite privind zgomotul motorului. În schimb, s-au stabilit metodologii de măsurare a zgomotului motoarelor, utile pentru reducerea zgomotului autovehiculelor.

Aceste metodologii se referă la condițiile de asigurare a spațiului acustic în care se fac măsurările și a punctelor de măsurare în raport cu suprafața motorului.

Referitor la asigurarea protecției oamenilor față de efectul nociv al zgomotului autovehiculelor, s-au elaborat normative legislative de către organisme internaționale. Cu caracter regional sunt reglementările (directivele) Comunității Europene. Indiferent de elaborator, normativele devin, cu trecerea timpului, tot mai drastice. Cu cea mai mare recunoaștere în domeniu este Regulamentul CEE-ONU nr.51, care se referă la măsurarea zgomotului autovehiculelor cu cel puțin patru roți [5].

Tabelul 4.2 precizează valorile limită ale nivelului zgomotului și evoluția în timp a acestuia conform Regulamentului CEE-ONU nr.51 pentru diferite categorii de autovehicule. Mărimea fizică măsurată este nivelul de presiune sonoră, exprimat în decibeli.

Tabelul 4.2

| Tipul autovehiculului | CEE 66 | CEE 70 | CEE 74 | CEE 77 | CEE 88 | CEE96 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| <i>Autoturisme</i> | 84 | 82 | 82 | 80 | 77 | 77 |
| <i>Autocamioane</i> | | | | | | |
| Masa totală <2t | 85 | 84 | 84 | 81 | 79 | 79 |
| Masa totală 2t-3,5t | 89 | 89 | 89 | 86 | 81 | 77 |
| Masa totală >3,5t | 89 | 89 | 89 | 86 | 83 | 78 |
| Putere <75kW | 92 | 91 | 91 | 88 | 84 | 80 |
| <i>Autobuze</i> | | | | | | |
| Masa totală <2t | 85 | 84 | 84 | 81 | 79 | 77 |
| Masa totală 2t-3,5t | 89 | 89 | 89 | 82 | 80 | 78 |
| Masa totală >3,5t | 92 | 91 | 91 | 85 | 83 | 78 |

Se observă reducerea drastică a nivelurilor de zgomot admise o dată cǔ trecerea timpului.

4.3.3. Efectele poluării prin zgomot asupra organismului uman

Așezările poluate, în special orașele și populația acestora, sunt afectate în ultimul timp, tot mai agresiv de zgomote.

Zgomotul este definit ca fiind alcătuit dintr-un număr de componente neplăcute, de diferite naturi și intensități, care prin intermediul sistemului auditiv crează lipsa de confort, oboseală, agitație și în unele cazuri dureri, acționând asupra sistemului nervos al oamenilor.

Efectele măsurabile psihologice și patologice ale zgomotelor asupra oamenilor includ tulburări care pot apare în comunicările verbale, în eficiența unor activități, a somnului și a altor forme de odihnă și recreere, influențând starea de sănătate și funcționarea sistemului auditiv.

Transporturile sunt responsabile în cea mai mare măsură de creșterea nivelului de zgomote în orașe și în zonele imediat adiacente acestora; în numeroase țări ele constituie sursa cea mai nocivă de zgomote, datorită creșterii intensității, extinderii pe timp de noapte și în teritoriu.

Undele mecanice, reprezentate prin trepidații, sunete, infrasunete și vibrații ultrasonore poluează mediul urban creând efecte psihologice epuizante. Zgomotul urban, chiar la intensitate egală cu cel dat de fenomenele naturale este mult mai vătămător pentru sănătate.

Zgomotul se caracterizează prin intensitate, durata și frecvența sunetelor componente. Intensitatea se exprimă prin comparație cu un prag de referință S_0 . Semnalul sonor este tradus de obicei în aparatele de măsură a intensității în impuls electric și se face raportul impulsurilor electrice pentru zgomote S și semnalul de referință S_0 . Logaritmul raportului măsoară intensitatea sonoră în beli. Din motive practice se ia ca unitate de măsură a intensității zgomotului decibelul $d(B)$ și, ca atare logaritmul raportului de mai sus se va înmulți cu 10 pentru a căpăta intensitatea zgomotului în decibeli.

În mod practic se consideră că limita de suportabilitate a zgomotului pentru om este de 65 decibeli. În ceea ce privește durata, efectul nociv al sunetului este direct proporțional cu ea. Frecvența sunetelor componente ale zgomotului are și ea o anumită importanță în definirea efectului vătămător, deoarece nu toate frecvențele sunt auzite de om cu aceeași intensitate sonoră, la același impuls al traductorului electric. Din această cauză, la măsurători se ia întotdeauna ca referință S_0 , semnalul sonor la 1000Hz. Totuși radiația mecanică neauzibilă (ultrasunete, infrasunete) poate să producă efecte vătămătoare, dacă intensitatea ei este mare.

Creșterea nivelurilor de zgomote, mai ales în marile aglomerații urbane, a dus la apariția noțiunii de „poluare sonoră”. Chiar dacă în țara noastră această poluare sonoră nu a atins proporții îngrijorătoare se impune totuși, ca o necesitate de prim ordin, protejarea împotriva acțiunii zgomotului prin asigurarea celor mai bune condiții de confort [17].

Pentru o mai bună apreciere a influenței diferitelor zgomote, în general, se utilizează împărțirea acestora în următoarele categorii:

1. Zgomote până la 30 dB(A), care nu afectează sănătatea și funcția auditivă, odihna și activitatea putându-se desfășura în bune condiții.

2. Zgomote între 30-65 dB(A), în care se cuprind cele care constituie pragul sonor obișnuit, în care se desfășoară activitatea și sunt supărătoare pentru odihnă și dormit.

3. Zgomote între 30-65 dB(A), în care se cuprind majoritatea zgomotelor produse de traficul rutier, mijloacele de transport și de cea mai mare parte a industriilor. Influențează nefavorabil activitatea umană, productivitatea muncii, generează accidente de circulație și dăunează stării de sănătate în caz de acțiune îndelungată.

4. Zgomote cu intensitate sonoră peste 90 dB(A), care se întâlnesc în unele sectoare de producție, industria constructoare de mașini, industria textilă, aeroport etc., influențează nefavorabil sănătatea, favorizând apariția surdității de percepție în caz de expunere îndelungată.

Menționăm de asemenea importanța unor factori de mediu care pot intensifica efectele acțiunii nocive ale zgomotului, cum sunt: vibrațiile mecanice sau prezența unor substanțe toxice, ca de exemplu oxidul de carbon. Unele cercetări au arătat că locuitorii

centrelor populate urban care sunt supuși la o poluare sonoră intensă au o audiție mai puțin bună, decât cei din localitățile rurale, cu surse de zgomot mai puțin intense.

În afară de acțiunea sa asupra urechii interne, ilustrată de surditatea de percepție, care este considerată ireversibilă, zgomotul exercită o influență negativă asupra organismului în întregime.

Tulburările cardiovasculare, caracterizate prin fenomene de vasoconstricție, cu o creștere a rezistenței în circulația periferică, mai ales la persoanele hipertensive, reflectă în mare măsură influența zgomotului asupra sistemului nervos vegetativ. Aceste modificări pot surveni chiar în cazul unui zgomot „neutru” de mică intensitate, pe care persoana expusă la zgomot nu-l consideră incomod.

Un zgomot de 40 dB, deci de intensitate redusă, poate să producă o vasoconstricție a arterelor și capilarelor circulației periferice, efect care se manifestă cât timp durează acțiunea asupra organismului, chiar dacă este considerat dezagregabil.

Orice zgomot neașteptat produce un ansamblu de reflexe, ducând la o creștere a tonusului simpatic și emoțional și apoi la scăderea atenției, la modificări hormonale pentru un răspuns cât mai adecvat la această situație neobișnuită.

Zgomotul poate influența majoritatea funcțiilor organice prin intermediul sistemului nervos simpatic. Astfel, se citează creșterea excitabilității neuro-musculare și a schimbărilor respiratorii, diminuarea motricității gastro-intestinale, intensificarea activității glandelor endocrine, suprarenală, tiroidă, etc.

Nu trebuie să neglijăm nici efectele de ordin psihologic ale zgomotului. Datorită disconfortului sonor apar nemulțumiri, stări de iritabilitate, care după unele cercetări în spitalele cu confort sonor deficitar crește durata perioadei de convalescență la bolnavi. Tot datorită zgomotului pot apărea suprasolicitări ale atenției, mai ales datorită efectului de mascare a vocii, respectiv a deferitelor comenzi și semnale verbale și sonore care duc la eforturi de atenție deosebită.

Acest fapt duce la apariția oboselii și scăderea capacității de muncă, prin reducerea posibilităților de concentrare a atenției, a coordonării unor mișcări profesionale, a aptitudinii de apreciere a unor situații.

4.4. Măsurarea nivelului de zgomot. Date, măsurători și grafice pentru diverse străzi și intersecții din Timișoara

Aparatul destinat măsurării nivelului de zgomot – fonometrul – trebuie să fie un aparat capabil să măsoare rădăcini medii pătratice (RMS) a oscilațiilor de presiune transmise prin aer.

Elementul sensibil primar îl constituie microfonul, care, de regulă, este de tip capacitiv. Partea sensibilă a microfonului – membrana, alcătuită dintr-o folie metalică de (0,0025...0,05) mm grosime, este tensionată în mod corespunzător, la montaj, cu ajutorul unui dispozitiv de prindere. Sub influența undelor de presiune membrana se deformează modificându-și astfel distanța față de armătura fixă a condensatorului microfonului. Armătura fixă este prevăzută cu orificii pentru disiparea energiei cinetice a aerului, în vederea amortizării mișcării membranei la frecvențe de excitație vecine cu frecvența minimă de rezonanță a acesteia. Un orificiu capilar face legătura cu exteriorul în vederea egalizării presiunii interioare cu cea existentă în mediul ambiant, care poate varia lent în limite foarte largi și care ar distruge membrana dacă nu ar exista acest orificiu. Prezența comunicației cu exteriorul reduce răspunsul microfonului în domeniul frecvențelor foarte joase. Această reducere nu este importantă deoarece urechea omenească este sensibilă numai la frecvențe mai mari ca 20Hz.

Condensatorul microfonului este conectat împreună cu o rezistență într-un circuit simplu, alimentat la 200V. Pentru ca răspunsul dinamic al microfonului să nu sufere atenuări supărătoare în regiunea frecvențelor înalte ale spectrului audibil, semnalul de ieșire din circuitul de polarizare este aplicat pe un repetor catodic, plasat în însăși corpul microfonului. Datorită impedanței de ieșire foarte mici a repetorului catodic, conectarea microfonului în instalația de măsurare, cu cabluri de lungime mare, nu ridică nici un fel de problemă.

Prezența microfonului în punctul de măsurare produce o distorsiune a câmpului sonor existent în acest punct, înainte de introducerea sa. Distorsiunea se datorează reflexiilor complexe pe care le comportă undele de presiune în contact cu corpul microfonului. Dacă lungimea de undă este mare (frecvențe joase), în raport cu dimensiunile microfonului, efectul acestor reflexii este neglijabil, indiferent de unghiul de

incidență al undei. La frecvențe ridicate, când lungimea de undă devine mai mică decât dimensiunile microfonului, acesta acționează ca un perete infinit iar undele incidente, perpendiculare pe suprafața membranei ($\theta = 0^0$), își dublează amplitudinea față de valoarea existentă în câmpul sonor neperturbat. De asemenea, undele care sosesc paralel cu suprafața membranei ($\theta = 90^0$), exercită o presiune medie nulă asupra acesteia. Efectul produs de frecvență și unghiul de incidență al oscilațiilor de presiune este exprimat de caracteristicile direcționale ale microfonului.

Din punct de vedere al rezultatelor măsurării, interesează cunoașterea nivelului de zgomot în câmpul sonor neperturbat de prezența microfonului. Ca urmare, pe baza caracteristicilor direcționale ale acestuia se tratează așa-mumita curbă de răspuns dinamic în câmp liber a microfonului.

Caracteristica în câmp liber se determină prin efectuarea măsurătorilor în interiorul unei camere special construite – camera anechoică – astfel încât, sunetele emise să nu comporte nici un fel de reflexie la contactul cu pereții. Pentru a obține acest efect, pereții camerei se execută din materiale speciale și cu o formă adecvată, astfel încât să producă, în final, o absorbție totală a energiei undelor de presiune incidente.

O importanță deosebită, în cadrul caracteristicilor microfonului, o are curba corespunzătoare incidenței aleatorii. Aceasta reprezintă răspunsul dinamic al microfonului într-un câmp sonor difuz, în care undele de presiune sosesc din toate direcțiile cu o probabilitate egală, posedă intensități egale și defazaje aleatorii. Un asemenea câmp difuz poate fi aproximat prin construcția unei camere de reverberație, ai cărei pereți se realizează cu un grad mare de iregularitate cu ajutorul unor corpuri cu forme foarte variate, confecționate din materiale tari, care să reflecte, în proporție ridicată, undele de presiune incidente. În general, răspunsul dinamic al unui microfon, în zona frecvențelor înalte, este cu atât mai bun cu cât dimensiunile sale fizice sunt mai mici. Pe de altă parte, sensibilitatea microfonului scade odată cu scăderea dimensiunilor sale.

Semnalul de ieșire din microfon are valori reduse, astfel încât este necesar ca, în vederea prelucrării sale ulterioare, acesta să fie amplificat. Deoarece banda de frecvențe a microfonului este limitată, atât în zona frecvențelor joase, cât și în cea a frecvențelor

înalte, se utilizează, în acest scop, un amplificator de curent alternativ cu o lăţime de bandă acordată cu cea a microfonului utilizat.

Întrucât urechea omenească are o sensibilitate selectivă, în raport cu frecvenţa oscilaţiei de presiune, iar fonometrul trebuie să măsoare nivelul de zgomot şi nu valoarea absolută a nivelului de presiune sonoră, semnalul amplificat trebuie filtrat în conformitate cu caracteristicile de percepţie ale urechii. Grupul de filtrare este prevăzut cu 4 circuite distincte, ale căror caracteristici, normalizate pe plan mondial, sunt notate cu respectiv A, B, C şi D. În consecinţă, valorile N.P.S. măsurate trebuie însoţite şi de specificarea alurii curbei de filtrare folosite, dB(A), dB(B), dB(C) sau dB(D). Utilizarea caracteristicii A este indicată pentru nivelele de zgomot mai mici de 55dB, a caracteristicii B pentru nivelele de zgomot cuprinse între 55dB şi 85dB, iar caracteristicii C, pentru nivelele de zgomot mai mari de 85dB. Măsurarea pe caracteristicile A şi B exprimă nivelul de zgomot, în timp ce măsurarea pe caracteristica C, datorită alurii plate pe care aceasta o posedă pe domeniul (20...16000) Hz, exprimă nivelul efectiv de presiune sonoră. Utilizarea caracteristicii D este limitată la efectuarea măsurărilor privind nivelul de zgomot produs de motoarele de aviaţie.

Semnalul filtrat (u_f) este amplificat cu un amplificator de curent alternativ şi devine astfel disponibil pentru vizualizare, înregistrare sau analiză a structurii spectrale. Înregistrările şi analizele spectrale se efectuează numai în cazul măsurărilor obţinute pe caracteristica C.

Pentru determinarea valorii rădăcinii pătratice (R.M.S.) se poate folosi un voltmetru R.M.S. Întrucât un asemenea aparat este foarte scump şi nu justifică utilizarea în cadrul unui fonometru obişnuit, semnalul măsurat este redresat şi filtrat, în vederea obţinerii valorii sale medii, iar scara voltmetrului folosit este gradată direct în unităţi R.M.S., exprimate în dB. Acest procedeu este corect pentru o variaţie armonică şi prezintă o eroare neglijabilă pentru o variaţie arbitrară a amplitudinii semnalului măsurat.

Filtrarea finală se poate realiza în mod selectiv pe 3 grupe de circuite având constante de timp diferite. Filtrul F (fast) produce, datorită valorii mici a constantei sale de timp, oscilaţii ale acului indicator al aparatului de măsurare, corespunzătoare fluctuaţiilor de înaltă frecvenţă ale zgomotului măsurat. Dacă aceste oscilaţii sunt mai mari decât ± 4 dB, se recurge la utilizarea filtrului S (slow). Se obţine astfel o citire comodă datorită

stabilității ridicate a poziției acului indicator al aparatului de măsurare (constantă de timp mare). Acest mod de măsurare maschează însă variațiile de înaltă frecvență ale zgomotului măsurat.

Filtrul I (impus) are o configurație mai complexă, pentru a corela valoarea medie pe care o realizează cu durata pe care se manifestă zgomotele de înaltă frecvență, în concordanță cu modul în care acestea sunt percepute de urechea omului. Pentru ca un sunet impulsiv să fie perceput de urechea omului, cu aceeași intensitate, atunci când durata sa este mai mică decât durata de mediere a urechii, nivelul său de presiune trebuie să se dubleze atunci când durata sa se înjumătățește. În consecință, ori de câte ori se efectuează măsurări globale de nivel de zgomot este indicată folosirea modului de filtrare I.

Data fiind marea răspândire a mașinilor termice și utilizarea lor, cu precădere ca mijloace de propulsie pentru o mare varietate de vehicule, se impune ca nivelul de zgomot produs de acestea să fie limitat la anumite valori maxime admisibile, în România STAS 10009/88.

Modul în care se determină nivelul de zgomot depinde de tipul mașinii și de standardul valabil în fiecare țară în parte, în România STAS 6926/15–82. Măsurările se realizează într-un poligon în care, pe o rază de 50 m nu trebuie să se găsească nici un obiect care să reflecte undele de presiune sonoră, iar pe o rază de cel puțin 20 m pavajul trebuie să fie construit din beton sau asfalt. Nivelul de zgomot de fond, în poligon, trebuie să fie cu cel puțin 10dB mai mic decât zgomotul produs de vehicul, iar cele două microfoane de măsurare trebuie plasate la 1,2 m deasupra solului. Vehiculul parcurge un anumit traseu, iar când ajunge cu partea sa din față în dreptul unui reper, pedala de accelerație este acționată, până la capăt de cursă și menținută în aceeași poziție până ce partea din spate a vehiculului depășește alt reper. Înainte de accelerare motorul este cuplat la transmisie în treapta a 2-a a cutiei de viteze (sau a 3-a dacă există mai mult de 4 trepte de reducere) și vehiculul se deplasează cu o viteză de 50 km/h sau $\frac{3}{4}$ din viteza maximă (la care din cele două situații viteza este mai mare). Se fac astfel cel puțin două măsurări, pe fiecare parte laterală a vehiculului, când acesta trece prin dreptul microfoanelor de măsurare.

Acest exemplu ilustrează modul în care se stabilesc convențiile de evaluare a nivelului de zgomot, pornind de la condițiile cele mai zgomotoase de funcționare a mașinii.

Pentru cercetarea științifică în care se vizează realizarea unor mașini noi, sau perfecționarea unor tipuri existente, o importanță deosebită o prezintă obținerea unei funcționări cât mai silențioase.

În acest scop mașina investigată este plasată în interiorul unei camere anechoice, în care se efectuează măsurări, în mai multe puncte situate pe o sferă imaginată având raza egală cu de două ori până la trei ori valoarea dimensiunii maxime a mașinii. Înregistrările astfel obținute sunt supuse unor operații de analiză a structurii spectrale, în vederea identificării frecvențelor sonore predominante. Se studiază apoi, caracteristicile de radiație sonoră a diverselor elemente ale mașinii, pentru a se identifica sursele majore de zgomot.

Operația de identificare a surselor de zgomot este foarte complexă și laborioasă, reclamând pe lângă înregistrările sonore și înregistrări directe ale vibrațiilor diverselor elemente ale mașinii, cu ajutorul accelerometrelor.

Analiza spectrogramelor mișcărilor vibratorii și ale înregistrărilor sonore permit efectuarea unor corelări, pe baza cărora se poate stabili contribuția fiecărui element, la zgomotul total produs de mașină. O atenție deosebită trebuie acordată posibilității producerii unor rezonanțe structurale, care conduc la amplificarea unor zgomote, inițial ne semnificative.

Principalele surse de zgomot total produs de un motor cu ardere internă cu piston sunt: evacuarea gazelor, zgomote mecanice, zgomotul radiat de carcasa motorului și zgomotul produs la admisia încărcăturii proaspete.

Odată identificate sursele de zgomot, se pune problema ponderii cu care trebuie să se acționeze asupra fiecăreia, în parte. Caracteristica de sensibilitate spectrală a urechii indică necesitatea de a se acționa, cu precădere, asupra surselor care radiază cu preponderență în domeniul frecvențelor medii și înalte (200...8000) Hz. Identificarea cu atenție, a rezonanțelor structurale este foarte importantă, întrucât, este cu mult mai simplu să se amortizeze o vibrație decât să se micșoreze o forță excitatoare.

Aparatura uzuală, destinată măsurătorilor, are în constituție filtre octavice sau de 1/3 (terță) de octavă prin care semnalul este filtrat în mod succesiv, și nivelul mediu de amplitudine citit pe aparatul de măsurare al fonometrului. Urmărirea, simultan cu efectuarea măsurării, a structurii spectrale a zgomotului studiat este posibilă prin utilizarea unui analizor în timp real.

În situațiile în care se efectuează măsurări de nivel de zgomot, pe durate mari de timp, cum ar fi în cazul studiilor privind poluarea sonoră datorată traficului rutier, o importanță deosebită o prezintă analiza statistică a datelor măsurate. Analizorul de distribuție statistică este de fapt o versiune simplificată a aparatului destinate determinării funcției de distribuție a amplitudinii. Analizorul este constituit dintr-un set de circuite de numărare, care totalizează numărul de citiri efectuat în fiecare bandă de amplitudine, într-un interval de timp preselectat. Nivelul semnalului este eșantionat la intervale egale de timp, determinate de un generator de impulsuri comandat cu ajutorul unui oscilator local. Rezultatele înregistrate în contoarele fiecărui circuit de numărare pot fi prelucrate sub forma histogramei nivelelor de presiune sonoră.

Valorile limită pentru poluarea sonoră sunt redată în tabelul 4.3.

Tabelul 4.3

| Destinația terenului | Nivel admisibil de presiune sonoră echivalentă A, L_{ech} , dB | | | | | | | |
|------------------------------|--|------------------|--|------------------|--|------------------|---|------------------|
| | În zonele închise circulației rutiere dintre clădirile de locuit și de instituții, grădini publice de odihnă | | Pe drumurile locuite, drumuri fără trafic de transit | | Pe drumurile principale, zona căilor ferate secundare, zona aeroporturilor | | Pe drumurile principale, zona căilor ferate principale și zona aeroporturilor | |
| | Ziua 06-22 | Noaptea 22-06 | Ziua 06-22 | Noaptea 22-06 | Ziua 06-22 | Noaptea 22-06 | Ziua 06-22 | Noaptea 22-06 |
| Zonă de protecție deosebită | 45 | 35 | 50 | 40 | 55 | 45 | 60** | 50** |
| Zonă cu populație rară | 50 | 40 | 55 | 45 | 60 | 50 | 65** | 55** |
| Zonă populată | 55 | 45 | 60 | 50 | 65 | 55 | 65** | 55** |
| Zonă industrială și populată | 60 | 50 | 65 | 55 | 65** | 55** | 65** | 55** |

* numai la aeroporturi utilizate de avioane cu elice

** autoritățile sanitare, luând în considerare și cele stabilite se către autoritățile de protecția mediu, pot aproba numai 5, în caz excepțional 10 depășiri ale limitelor stabilite

Pentru aprecierea nivelului de expunere a populației la poluarea fonică, la Agenția de Protecția Mediului din Timișoara s-au făcut măsurători cu un "înregistrator statistic al nivelului de zgomot" tip RC 324 specializat în analiza automată a zgomotului de trafic. Este un aparat de măsurare și afișare analoagă după DIN 45633 și IEC 179 și înregistrare a valorilor conform DIN 45611. Pentru comparare și măsurări ale valorilor momentane ale nivelului de zgomot s-a folosit și un aparat portabil, sonometru tip 22058, Bruel și Kjaer care îndeplinesc și ele condițiile impuse de norma internațională IEC 179.

Denumirea unei străzi, categoria tehnică, nivelele de zgomot echivalent și de vârf măsurate precum și alte valori informative pentru o perioadă de 24 ore sunt date în tabelul 4.4 și 4.5.

Februarie 1995

Str. 1 Mai (P-ța 700), Stradă de categoria tehnică III, cf.STAS 10144/1-80

Tabelul 4.4

| Nr | ora | Valori standardizate | | Valori informative*** | | |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|
| | | Nivel de zgomot echivalent dB (A) | Nivel de zgomot de vârf dB(A) | Minim de fond dB(A) | Mediu dB(A) | Maxim dB(A) |
| | | Lech (8)* | L5(5)** | L95(2) | L50(4) | L0.1(7) |
| 1 | 11.00 | 80.1 | 83.5 | 68.5 | 74.5 | 95.5 |
| 2 | 12.00 | 80.3 | 83.5 | 68.5 | 74.5 | 95.5 |
| 3 | 13.00 | 79.5 | 83.5 | 68.5 | 74.5 | 95.5 |
| 4 | 14.00 | 79.0 | 83.5 | 68.5 | 74.5 | 92.5 |
| 5 | 15.00 | 78.3 | 80.5 | 68.5 | 74.5 | 92.5 |
| 6 | 16.00 | 79.0 | 83.5 | 68.5 | 74.5 | 89.5 |
| 7 | 17.00 | 78.5 | 83.5 | 68.5 | 74.5 | 92.5 |
| 8 | 18.00 | 78.4 | 83.5 | 65.5 | 74.5 | 92.5 |
| Lech cum (9) = 79.2 dB | | | | | | |

- * - valoarea admisibilă pentru nivelul de zgomot echivalent = 65 dB (A)
- ** - valoarea admisibilă pentru nivelul de zgomot de vârf = 75 dB (A)
- ***- L_K nivel de zgomot indexat, conform STAS 1957/3 – 88.

Caracteristica arterelor de circulație din localitate a fost analizată în funcție de prevederile din STAS 10144/1-80, la măsurarea zgomotului exterior produs în mișcare de vehicule rutiere cu motor s-a ținut cont de STAS 6926/15-82.

Limitele admisibile ale nivelului de zgomot au fost comparate cu prevederile din STAS 10009/88, iar intervalul de timp luat în considerare s-a considerat ținând cont de STAS 6156-86.

S-au făcut măsurători pe timp de 24 ore, cât și pe timp de 8-9 ore, intervalul considerat reprezentativ fiind între orele 6-18.

Februarie 1995

Str. C.Brediceanu (P-ța 700), Stradă de categoria tehnică II, cf.STAS 10144/1-80

Tabelul 4.5

| Nr | ora | Valori standardizate | | Valori informative*** | | |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|
| | | Nivel de zgomot echivalent dB (A) | Nivel de zgomot de vârf dB(A) | Minim de fond dB(A) | Mediu dB(A) | Maxim dB(A) |
| | | Lech (8)* | L5(5)** | L95(2) | L50(4) | L0.1(7) |
| 1 | 11.00 | 78.4 | 83.5 | 65.5 | 71.5 | 92.5 |
| 2 | 12.00 | 78.6 | 83.5 | 65.5 | 71.5 | 92.5 |
| 3 | 13.00 | 79.7 | 83.5 | 65.5 | 71.5 | 95.5 |
| 4 | 14.00 | 79.4 | 83.5 | 65.5 | 71.5 | 95.5 |
| 5 | 15.00 | 80.0 | 80.5 | 65.5 | 71.5 | 98.5 |
| 6 | 16.00 | 78.2 | 83.5 | 65.5 | 71.5 | 95.5 |
| 7 | 17.00 | 78.5 | 83.5 | 65.5 | 71.5 | 95.5 |
| 8 | 18.00 | 77.9 | 83.5 | 65.5 | 71.5 | 92.5 |
| Lech cum (9) = 78.9 dB | | | | | | |

- * - valoarea admisibilă pentru nivelul de zgomot echivalent = 70 dB (A)
- ** - valoarea admisibilă pentru nivelul de zgomot de vârf = 80 dB (A)

Pentru evaluarea poluării fonice s-au efectuat măsurători ale nivelului echivalent și al nivelului de vârf la nivelul principalelor artere de circulație. Scopul măsurătorilor nivelului de zgomot provenit din traficul rutier este de a stabili punctele și locurile unde se constată depășiri, în vederea unor viitoare propuneri de reparație la căile de rulare, la vagoane, devieri de trafic și limitări de viteză.

În Timișoara se constată, ca de altfel în toată țara, un nivel ridicat de poluare fonică în așezările urbane, în special la intersecții, pe arterele principale și pe străzile înguste. Valorile depășesc cu 5 – 15 dB(A) nivelul admis, după cum se observă din tabelul 4.6.

Tabelul 4.6

| Nr crt | Locul măsurătorii Timișoara | Cat.teh nică a străzii | Nivel măsurat | | Nivel admis | | Auto/ oră |
|--------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| | | | Lech.cum DB(A) | Niv vârf DB(A) | Lech.cum DB(A) | Niv vârf DB(A) | |
| 1. | Str. 1 Mai | III | 79.2 | 83.5 | 65.0 | 75.0 | 1418 |
| 2. | Str. C. Brediceanu | II | 78.9 | 83.5 | 70.0 | 80.0 | 372 |
| 3. | Bul. Take Ionescu | I | 85.9 | 86.5 | 75-85 | 85-95 | 2050 |
| 4. | Piața Mărăști | II | 76.1 | 79.5 | 70.0 | 80.0 | 2424 |
| 5. | Int.Calea Aradului - Calea Lipovei | II | 85.5 | 76.5 | 70.0 | 80.0 | 2109 |
| 6. | Int.Str.Circumvalațiunii - Gh.Lazăr | II | 77.3 | 85.5 | 70.0 | 80.0 | 2109 |

În cadrul măsurătorilor, s-a determinat și compoziția traficului rutier. Spre exemplificare, în cazul Bul. Tache Ionescu, s-au identificat în intervalul de măsură (ora 8-16) un număr total de 16400 vehicule, cu o medie orară de 2050 autovehicule, din care 0,5% autobuze, 0,7% troleibuze, 4,1% microbuze, 93,2% autoturisme, 1,1% camioane, 0,1% tractoare și 0,3% motocicletele (figura 4.4).

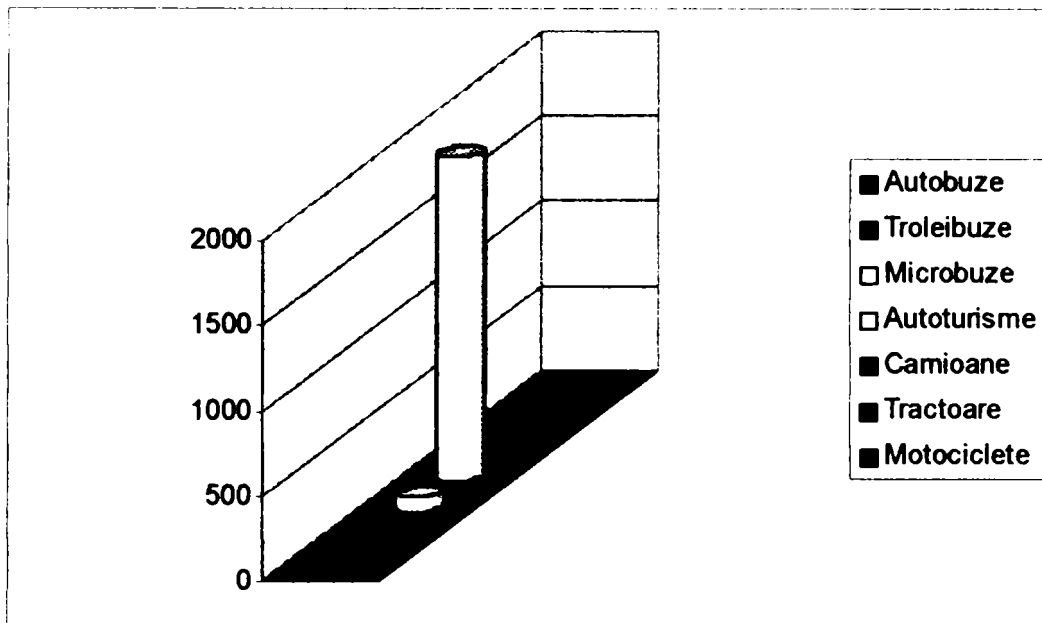


Fig.nr.4.4.

La nivelul străzii C. Brediceanu, s-au identificat în un număr total de 2976 vehicule, cu o medie orară de 372 autovehicule, din care 11,9% microbuze, 71,5% autoturisme, 2,1% camioane, 12,3%, tramvaie, 0,6% tractoare și 1,6% motociclete (figura 4.5).

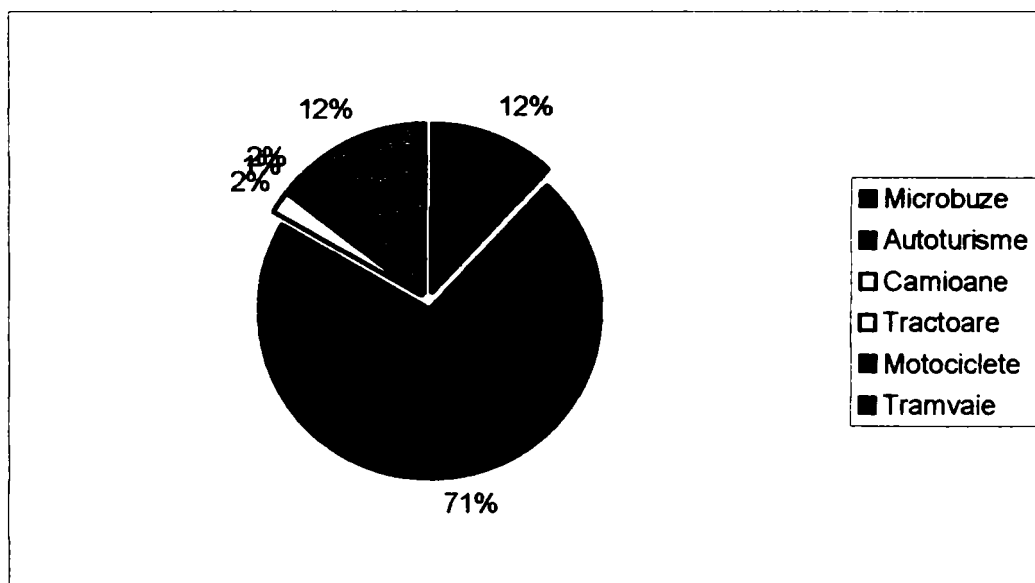


Fig.nr.4.5.

În cazul str. 1 Mai s-au identificat în intervalul de măsură (ora 8-16) un număr total de 11344 vehicule, cu o medie orară de 1418 autovehicule, din care 1,7% autobuze, 3,8% troleibuze, 3,7% microbuze, 89,0% autoturisme, 1,1% camioane, 0,3% tractoare și 0,4% motocicletate (figura 4.6).

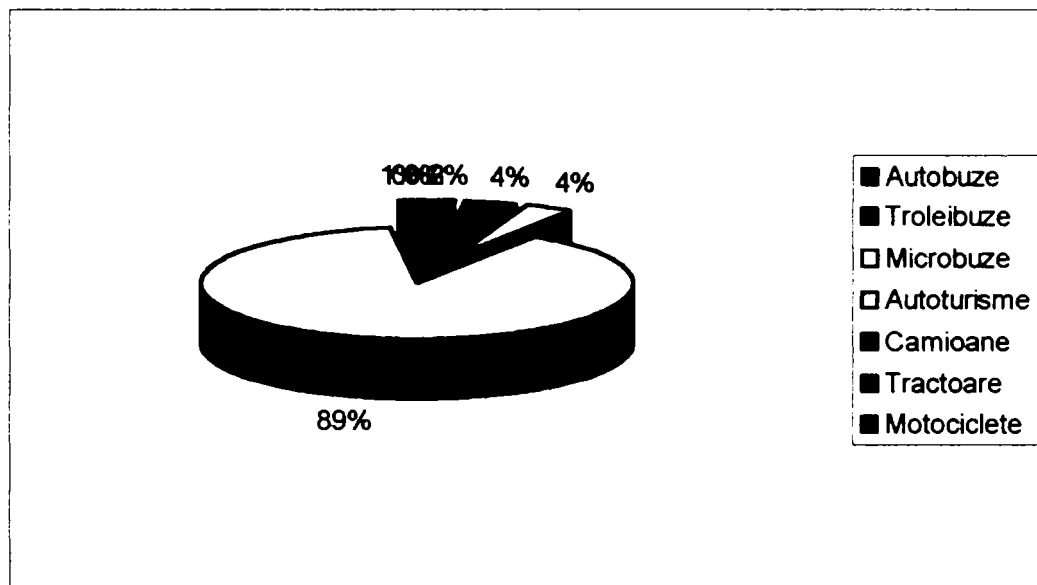


Fig.nr.4.6.

Din cele 100 măsurători ale nivelului de zgomot, realizate în cursul anului 2003 la APM Timișoara, 53 au fost efectuate pe arterele rutiere și în intersecțiile din municipiul Timișoara în vederea monitorizării zonelor afectate de zgomotul produs de traficul rutier, conform tabelului 4.7

Tabelul 4.7

| Nr. crt. | Zona | $L_{ech\ cum}$ [dBA] | $L_{ech\ MA}$ [dBA] |
|----------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | Piata Eforie | 53.6 | 65.0 |
| 2 | Liviu Rebreanu | 68.6 | 70.0 |
| 3 | Drubeta 24 (tramvai) | 85.9 | 65.0 |
| 4 | Calea Lipovei | 71.2 | 70.0 |

| | | | |
|----|-------------------------------|------|------|
| 5 | Calea Buziasului 32 | 68.6 | 70.0 |
| 6 | Cristalului 1 | 55.3 | 65.0 |
| 7 | Iscovescu – Roma | 59.0 | 65.0 |
| 8 | Calea Aradului – UTT | 72.0 | 70.0 |
| 9 | Caruso | 65.0 | 65.0 |
| 10 | Piata Marasti | 71.0 | 70.0 |
| 11 | Closca - Alexandrescu | 69.2 | 70.0 |
| 12 | Panselelor - Mures | 54.3 | 65.0 |
| 13 | Victor Hugo 33 | 61.3 | 65.0 |
| 14 | Lidia 100 | 65.0 | 70.0 |
| 15 | Brancoveanu 52 | 69.0 | 70.0 |
| 16 | Piata Balcescu | 68.7 | 70.0 |
| 17 | Sudului | 65.0 | 70.0 |
| 18 | Calea Aradului 18 | 72.0 | 70.0 |
| 19 | Calea Sagului 37 | 70.1 | 70.0 |
| 20 | Mures 33 | 68.0 | 65.0 |
| 21 | Dambovita | 65.0 | 70.0 |
| 22 | Dragalina | 71.0 | 70.0 |
| 23 | Stan Vidrighin | 69.5 | 70.0 |
| 24 | Take Ionescu | 70.2 | 70.0 |
| 25 | Mihai Viteazul 32 | 69.5 | 70.0 |
| 26 | Mihai Viteazul 32 | 70.0 | 70.0 |
| 27 | Calea Sagului 37 | 71.3 | 70.0 |
| 28 | Calea Sagului 37 | 72.0 | 70.0 |
| 29 | Calea Aradului 18 | 73.4 | 70.0 |
| 30 | Calea Aradului 18 | 72.8 | 70.0 |
| 31 | Take Ionescu | 68.8 | 70.0 |
| 32 | Take Ionescu | 69.0 | 70.0 |
| 33 | Mures 33 | 67.2 | 65.0 |
| 34 | Piata Unirii | 58.6 | 65.0 |
| 35 | Piata Marasti | 70.5 | 70.0 |
| 36 | Piata Dr Russel 5 | 72.4 | 70.0 |
| 37 | Calea Aradului 18 | 71.9 | 70.0 |
| 38 | Tudor Vladimirescu – Mangalia | 65.6 | 65.0 |
| 39 | Calea Sagului 37 | 69.7 | 70.0 |
| 40 | Victor Babes - Cluj | 77.0 | 70.0 |

| | | | |
|----|--------------------------------------|------|------|
| 41 | Iepurelui – Piata Varful cu Dor | 71.1 | 70.0 |
| 42 | Simion Barnutiu 4 | 63.0 | 70.0 |
| 43 | Mures 33 | 69.6 | 65.0 |
| 44 | Iancu Vacarescu 8 | 59.5 | 65.0 |
| 45 | Lidia 100 | 64.2 | 70.0 |
| 46 | Parcul Rozelor | 49.7 | 50.0 |
| 47 | Brancoveanu 52A | 69.2 | 70.0 |
| 48 | Piata Aurel Vlaicu – str. Anton Pann | 63.7 | 70.0 |
| 49 | Lidia – Parc Padurice | 48.6 | 50.0 |
| 50 | Liviu Rebreanu | 70.5 | 70.0 |
| 51 | Splaiul Galati 6 | 67.8 | 65.0 |
| 52 | Calea Aradului | 71.6 | 70.0 |
| 53 | Piata Dr. Russel | 68.6 | 70.0 |

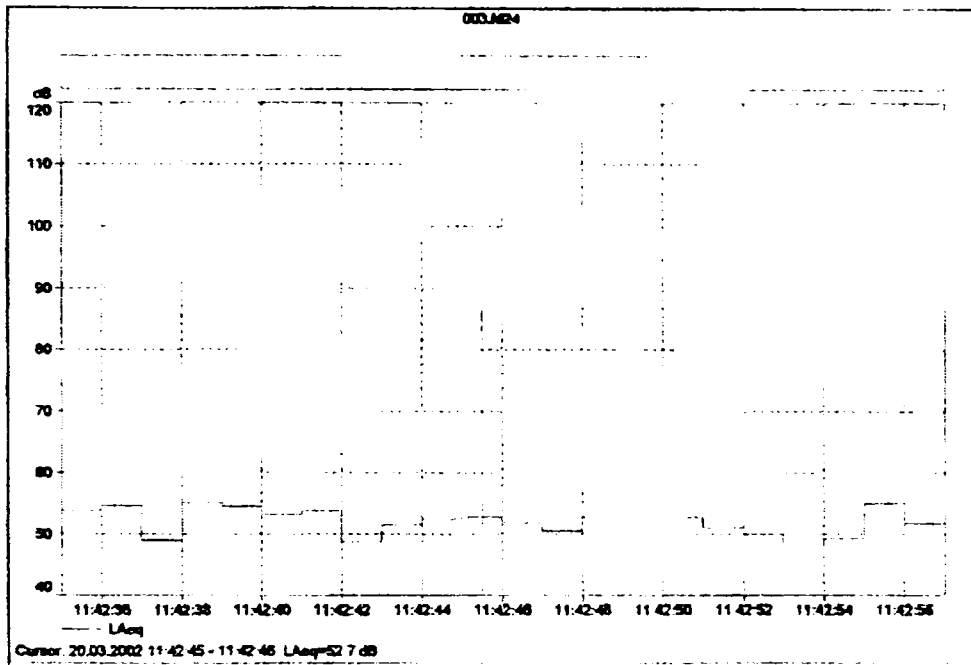
S-a măsurat nivelul de zgomot echivalent, în conformitate cu STAS 6161/3-82.

Depășirea limitei maxime admise pentru zone locuite s-a înregistrat în 96.2% din numărul total de puncte de măsură, cauza fiind densitatea mare a traficului rutier, pe căi de rulare dimensionate necorespunzător și cu suprastructura deteriorată. La acestea se adaugă prezența în trafic a autovehiculelor grele, aflate într-o stare tehnică necorespunzătoare, dirijarea insuficientă a circulației și viteza mare de rulare a autovehiculelor. Transportul în comun (în special tramvaiele) contribuie semnificativ la zgomotul generat de trafic.

La efectuarea acestor măsurători s-a folosit un sonometru de tip Bruel&Kjaer MEDIATOR 2238.

Redăm în continuare spre exemplificare diagramele înregistrate sonometric la nivelul unor străzi din Timișoara.

Zona Ion Ionescu de la Brad – strada de categorie tehnica inferioara cu trafic rutier redus



Cimitir Lipovei – imisii acustice pe timp de zi de pe Calea Lipovei (cel mai scazut nivel de zgomot echivalent inregistrat in Timisoara)

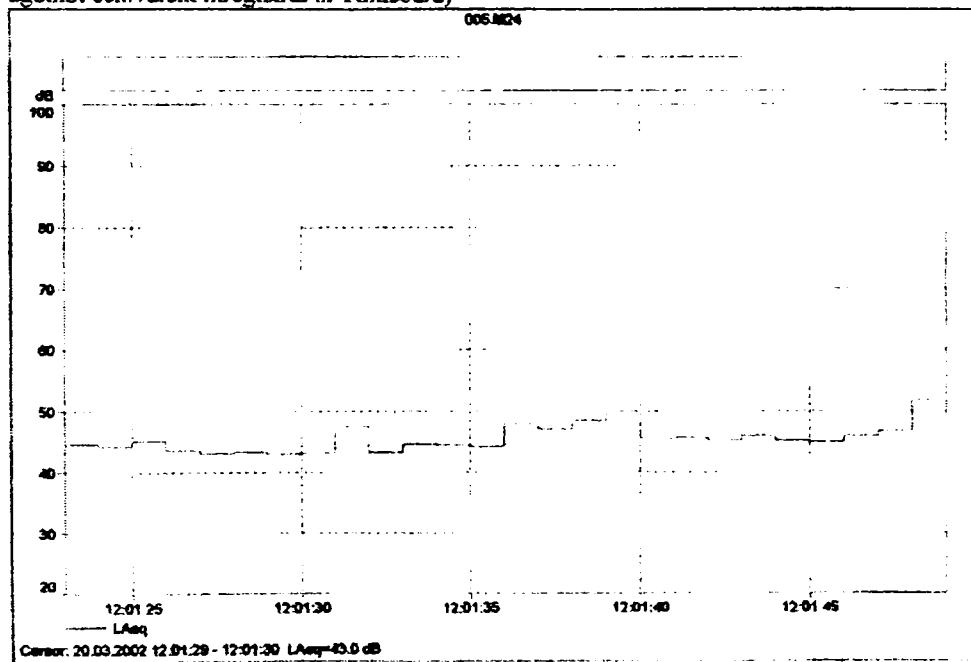
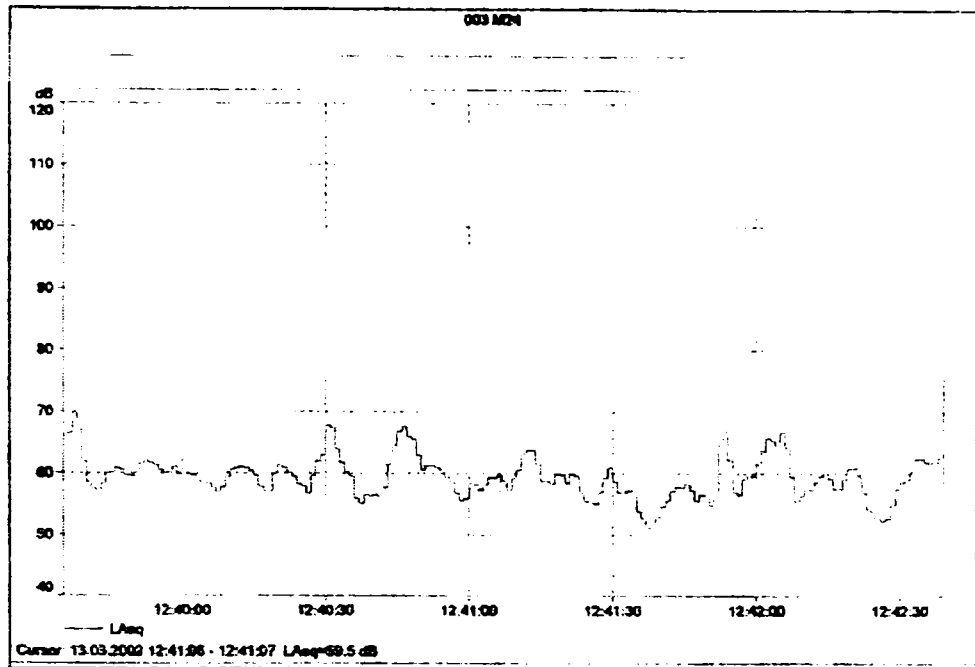


Fig.nr.4.7

Parcul Coposu – imisii acustice de pe bul. Parvan



Mal Bega – imisii acustice de pe bul. Parvan

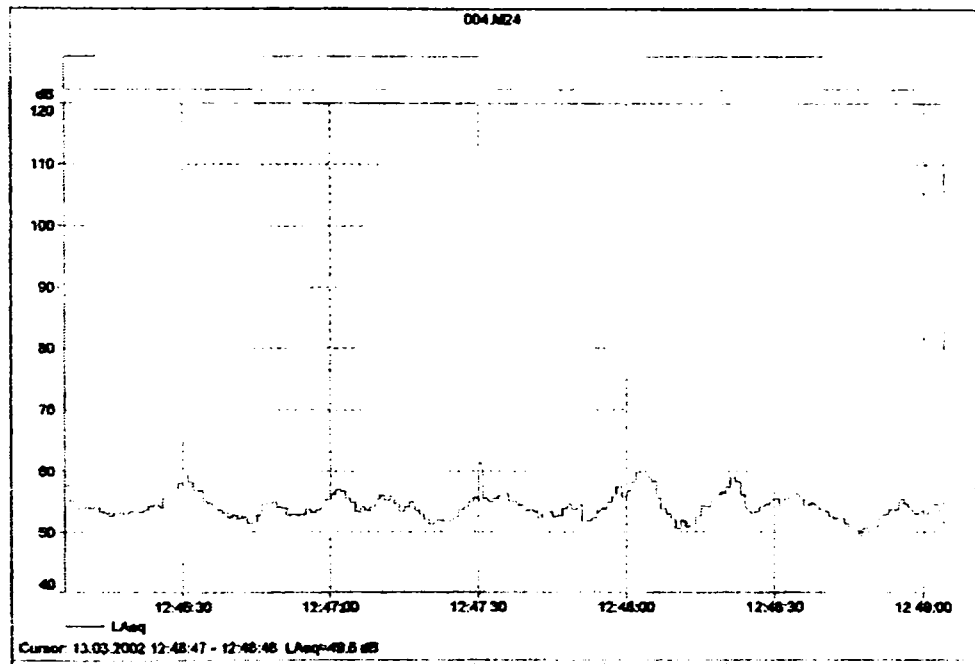
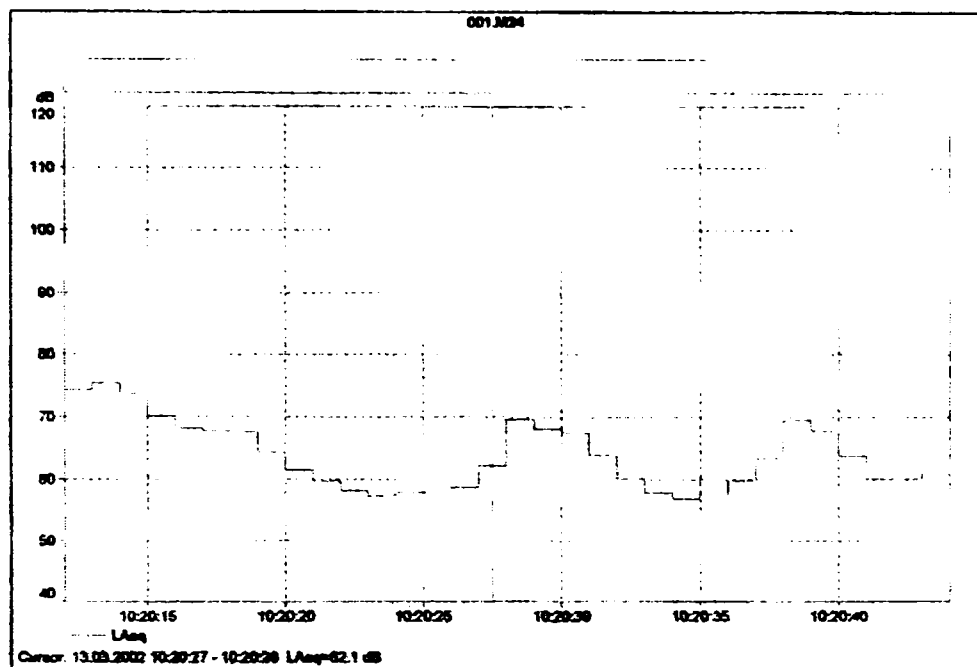


Fig.nr.4.8.

Bul. Gen Dragalina – trafic rutier pe timp de zi



Bul. Parvan – trafic rutier pe timp de zi

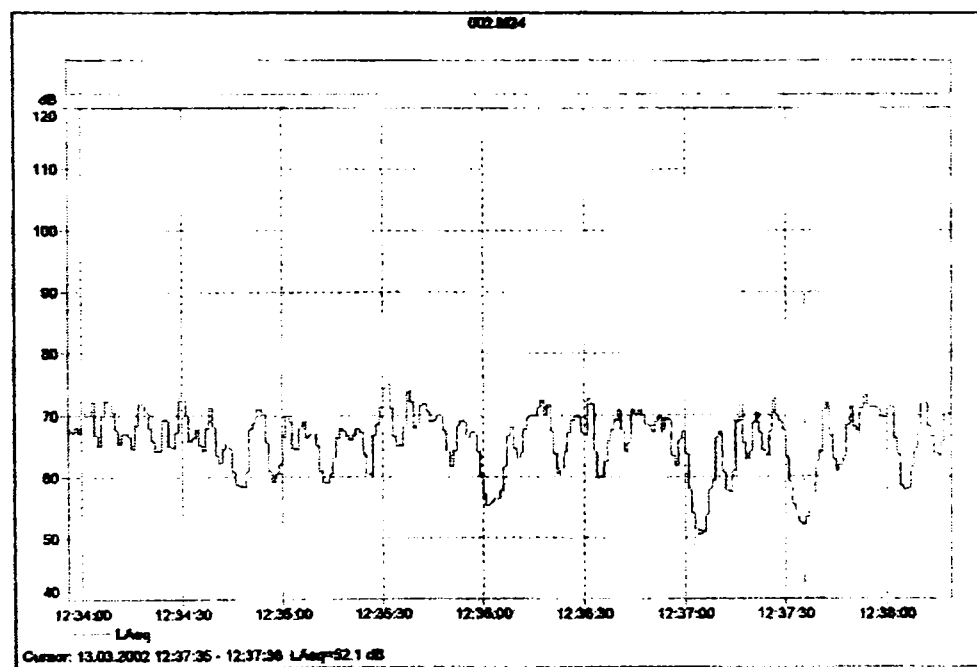
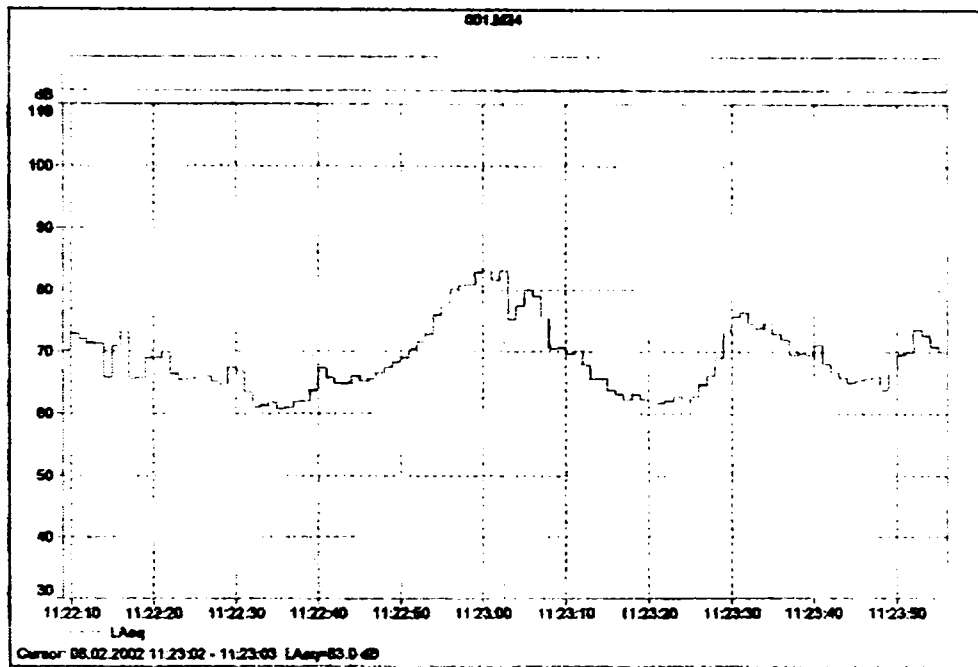


Fig.nr.4.9.

Str. Ialomita - zgomot pe timp de zi de la trafic rutier greu



Bul. Dambovita - zgomot nocturn produs de trecerea tramvaielor

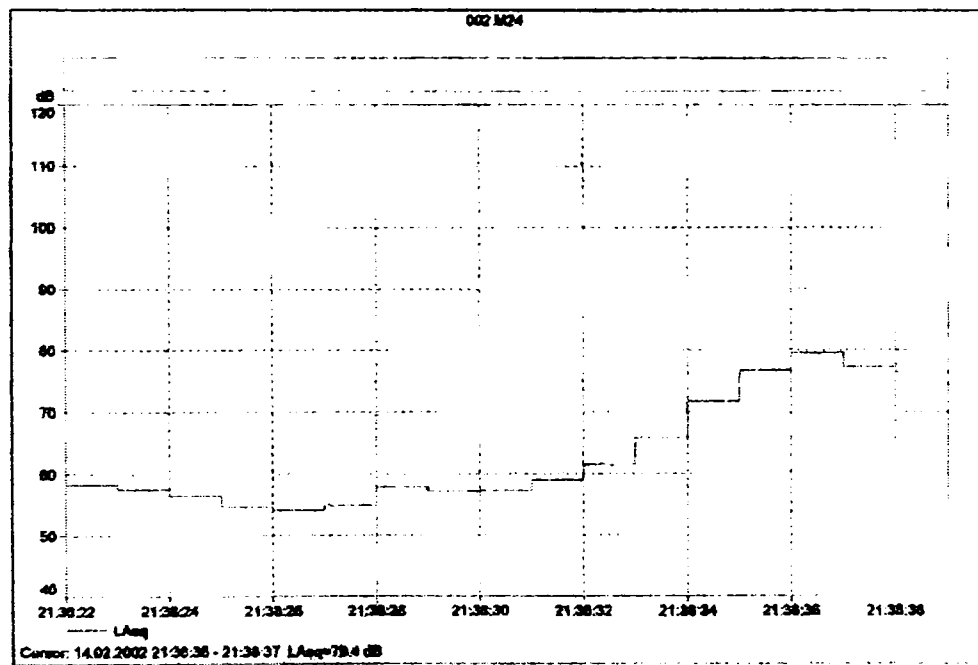
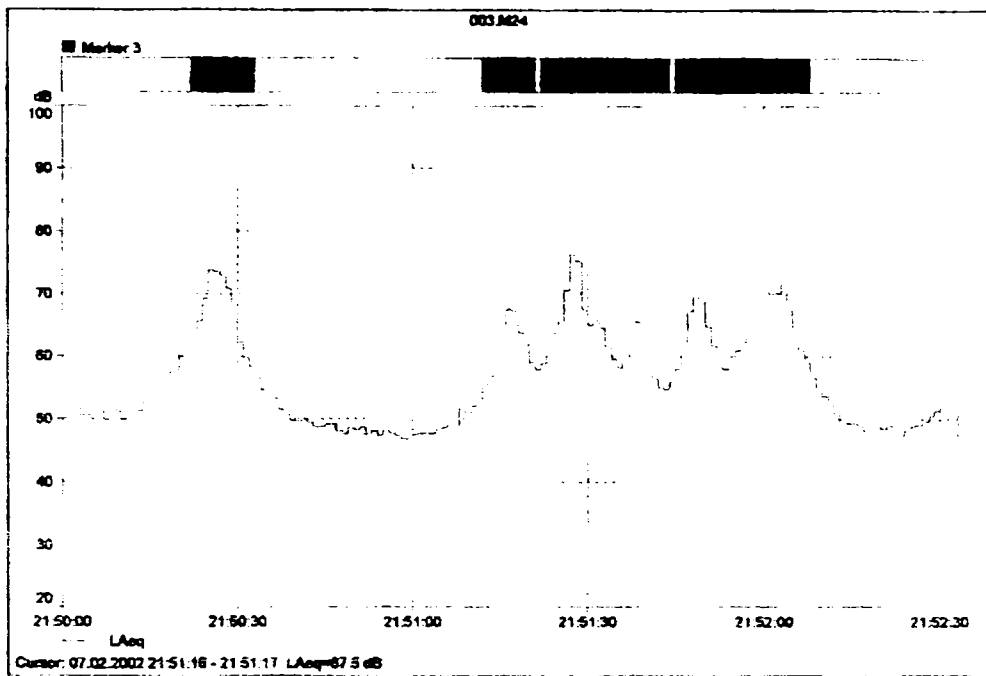


Fig nr 4.10.



Barbu Iscovescu - profil acustic pe timp de noapte (22.00-06.00)

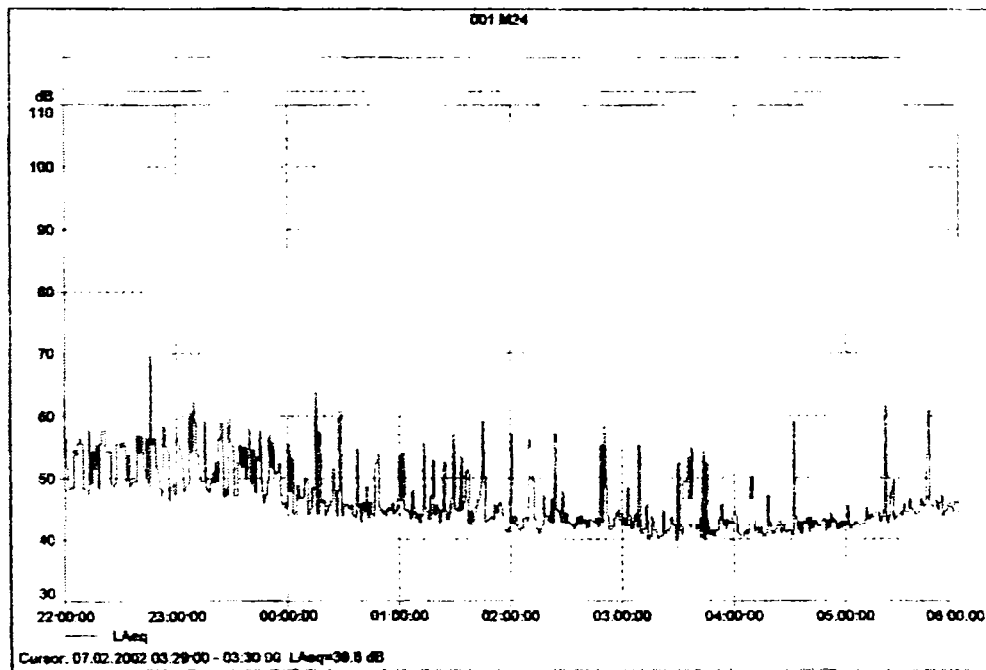
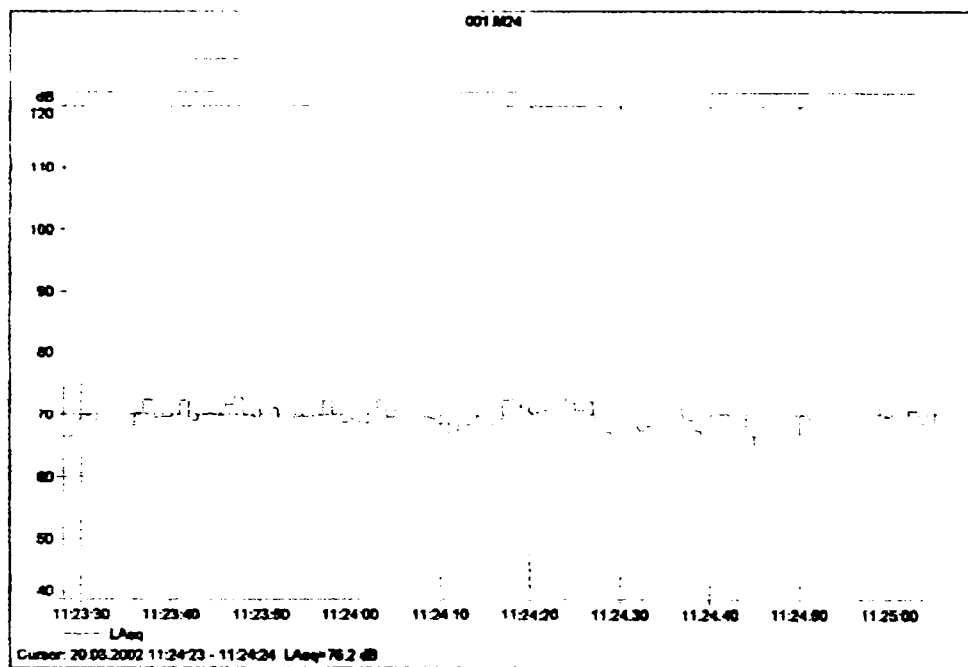


Fig.nr.4.11.

Piata Marasti – trafic rutier intens in vecinatatea zonei locuite



Piata Marasti – analiza de frecventa a zgomotului provenit de la traficul rutier

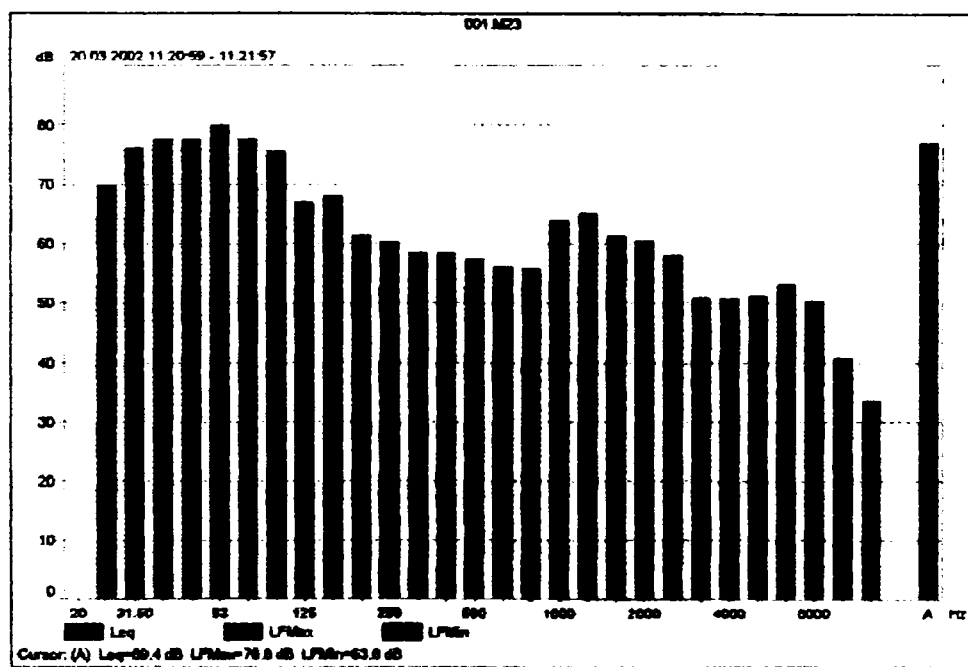


Fig.nr.4.12.

Poluarea sonoră a fost obiectul a 35,9% din numărul total de sesizări înregistrate în cursul anului 2003 la A.P.M. Timișoara, sesizările referitoare la traficul rutier reprezentând 2,7%.

4.5. Implicațiile căilor de rulare și a organizării circulației rutiere asupra poluării mediului produsă de către autovehiculele cu motoare cu ardere internă

4.5.1. Considerații generale asupra raționalizării drumurilor

La proiectarea, executarea și întreținerea drumurilor trebuie să se aibă în vedere în primul rând principiul satisfacerii maxime a necesităților de transport viitoare, atât din punct de vedere cantitativ, în ceea ce privește volumul și componența traficului, cât și calitativ, în ceea ce privește condițiile de siguranță și confort, precum și circulația cu viteze ridicate. Pentru satisfacerea cerințelor de transport viitoare, cheltuielile respective trebuie să aibă un cost minim, așa încât lucrările proiectate și executate să fie eficiente.

Din acest principiu general rezultă problemele de bază și metodele principale prin care se poate organiza circulația corespunzător cu cerințele viitoare. Problemele interesează atât unitățile de proiectare și de execuție, cele de întreținere și administrare a drumurilor, cât și organele de circulație ale poliției, respectiv pe cei ce exploatează autovehiculele.

Aceste probleme se referă la:

- organizarea, sistematizarea și clasificarea rețelei de drumuri în vederea asigurării cerințelor și condițiilor optime de transport, precum și a creării unei rețele unitare cu caracteristici tehnice corespunzătoare, pentru o fluentă și siguranță maximă;
- stabilirea corectă la proiectarea drumurilor a necesităților de transport, a condițiilor de transport și a caracteristicilor circulației viitoare, prognozate;
- asigurarea sau îmbunătățirea la proiectare și execuție a caracteristicilor tehnice pentru drumuri (elemente geometrice, capacitatea etc.) la construcția, modernizarea și întreținerea lor;
- asigurarea la proiectare și execuție a unei circulații constante și cu viteze ridicate pe sectoare cât mai lungi, prin amenajarea intersecțiilor sau ramificațiilor și prin

specializarea fluxurilor de circulație o dată cu construcția, modernizarea și întreținerea drumurilor;

- asigurarea condițiilor de transport și de siguranță a circulației la proiectare și execuție prin măsuri de securitate, dirijare și semnalizare, precum și prin măsuri de asigurare a spațiilor necesare pentru parcare, staționarea și confortul beneficiarilor drumurilor o dată cu construcția, modernizarea sau întreținerea drumurilor.

4.5.2. Interdependența între organizarea circulației și poluarea în mediul urban

Poluarea atmosferei prin emisiunile autovehiculelor este legată de densitatea acestora în circulație, de modul în care se efectuează circulația, de căile de rulare, de cantitățile de noxe emise de fiecare automobil etc., cantitățile cele mai grele fiind întocmite de traficul urban aglomerat.

Orice sistem de comandă a traficului trebuie să tindă spre realizarea unei triplete de condiții prioritare de forme : securitatea maximă + durata minimă de poluare a automobilului în trafic + poluarea minimă. Din punct de vedere practic introducerea criteriului poluării duce la necesitatea reexaminării planului de circulație în corelație cu realizarea de condiții prioritare definite mai sus.

Folosirea criteriului nou al poluării s-a extins și pentru comanda coordonată a traficului urban care se aplică unei zone mai mari a rețelei de trafic (cât mai multor noduri apropiate ale acesteia). Scopul principal al comenzii coordonate este de a permite autovehiculelor parcurgerea unor rețele de circulație declarate prioritare, fără opriri, evitând formarea șirurilor de autovehicule în așteptare la nodurile rețelei, evitând eventualitatea blocării întregii rețele.

Un sistem reușit de comandă coordonată a traficului asigură circulația fluentă a autovehiculelor în lungul arterelor prioritare, reduce durata parcurgerii acestora și micșorează durata în care fiecare autovehicul în parte introduce poluanți într-o zonă dată a rețelei.

Din punct de vedere practic s-au luat în considerare următoarele metode de comandă automată :

1. Unda verde cu decalaj fix (coordonare simultană) în care toate semafoarele din zona centrală deservesc aceeași caracteristică a traficului (de pildă lumina verde) în același timp; semafoarele pot fi coordonate pentru una sau două artere de circulație afișate (de pildă 40 și 60 km/h), în funcție de gradul de aglomerare a circulației, de condițiile atmosferei și de starea drumului în 24 ore, decalajul dintre luminile a două semafoare consecutive fiind egal cu durata parcurgerii distanței dintre acestea cu viteza afișată.
2. Undeva verde cu viteză variabilă în care decalajele nu sunt fixe ca în cazul precedent ci sunt calculate în funcție de viteza medie realizată și măsurată în ciclul precedent între 2 noduri consecutive.
3. Metoda cu progresie limitată (coordonare prin alternanță) care este o variantă a primei metode ca coordonare simultană și în care se precizează decalajul astfel încât autovehiculele care părăsesc nodul anunță să treacă prin nodul oval în timpul celei de-a doua părți a duratei luminii verzi a semaforului nodului oval, ceea ce face ca autovehiculele să efectueze un parcurs într-o jumătate de ciclu.

Comanda diferitelor situații posibile de trafic pretinde cunoașterea prealabilă a diagramei debit-concentrație.

Debitul este numărul autovehiculelor care trec prin artere considerată în unitatea de timp, iar concentrația este numărul de autovehicule ce se găsesc pe unitatea de lungime a arterei canalului (banda) parcurs, etc.

Toate acestea atrag atenția că menținerea unei atmosfere „curate” în zonele urbane aglomerate nu este rațional să fie rezolvate doar prin mijloacele controlului traficului, de altfel destul de limitate și afectate de împrejurări aleatorii. Rezultă prin urmare necesitatea concentrării eforturilor principale asupra acelor mijloace care micșorează sau elimină emisiunea de substanțe poluante în atmosferă, apelând asupra genezei și prelucrării în primul rând.

Capitolul 5 INTERPRETAREA STATISTICĂ A EFECTELOR EMISIILOR ASUPRA POLUĂRII LOCALE LUÂND ÎN CONSIDERARE ȘI MODUL DE ANSAMBLU DE DISTRIBUȚIE A EMISIILOR PENTRU SURSE MOBILE

5.1. Metode de analiză ale dispersiei noxelor în mediul ambiant

Dispersia efectivă a noxelor gazoase sau sub formă de particule fine evacuate în atmosferă în apropierea solului depinde de procesele de amestec natural pe diferite nivele. În principal, turbulența aerului este consecința directă a mișcărilor convective generale în stratul limită. Acesta este stratul care conține aproximativ 10% din masa de aer atmosferic, în care proprietățile de curgere sunt determinate în parte de frecarea aerodinamică a suprafeței inferioare, dar și de stratificarea densității aerului datorită diferențelor de temperatură care apar deasupra solului, în primul rând în cursul ciclului zilnic al încălzirii și răcirii solului prin radiație, dar și datorită circulației aerului din regiunile mai calde sau mai reci ale planetei.

Stratul limită este adesea denumit și stratul de amestec sau stratul Eckman, datorită modificării sistematice a direcției de mișcare cu distanța de la limita stratului, analogă cu modificarea curenților oceanici produsă de vânt, fenomen studiat de Eckman.

Complexitatea și variația mișcărilor turbulente în atmosferă au o influență directă asupra naturii neuniforme a distribuției materialelor purtate de vânt. În această privință sunt foarte importante dimensiunile relative ale mișcării și volumul de aer peste care a fost împrăștiat materialul, în fiecare moment. De asemenea, este importantă distincția între efectele de dispersie asupra materialului evacuat în atmosferă sub forma unui curent continuu staționar și efectele în cazul unei evacuări virtual instantanee a materialului.

Creșterea volumului deasupra căruia este împrăștiată o anumită cantitate de material în suspensie a fost privită în mod convențional ca un proces de schimb analog

difuziei moleculare, dar la o scară mult mai mare, cu suprafețe de aer în locul moleculelor.

În realitate, creșterea volumului apare dintr-un proces de distorsiune, întindere și convoluție, cu ajutorul căruia o “picătură” sau “nor compact” de material care continuă să ocupe de fapt același volum de fluid (neglijând aici procesele moleculare) este distribuită neuniform într-un volum mai mare, aparținând spațiului de “aer curat” . Cu siguranță acest volum nu poate să conducă la micșorarea densității în sens strict, adică local, acolo unde există materialul. Totuși, datorită pe de o parte acțiunii de diluție a difuziei moleculare, probabilitatea de a găsi material peste tot va avea o distribuție spațială de concentrație progresiv scăzută și concentrația medie corespunzătoare unui volum mai mare ce conține “picătura” distorsionată.

Curentul continuu sau “pana” de efluent ce iese pe un coș individual poate fi privită ca o succesiune de secțiuni elementare care se comportă într-un fel ca nori individuali. Trebuie specificat că masa continuă de material într-un asemenea element de pană de lungime dată, paralelă cu vântul, va fi invers proporțională cu viteza vântului. Această diluție directă de către vânt apare în toate formulările teoretice pentru surse continue punctiforme, având ca efect proporționalitatea inversă dintre concentrație și viteza vântului într-un jet.

Dispersia transversală și verticală pentru o secțiune de pană, care reprezintă celelalte două dimensiuni ale volumului în care este distribuită o cantitate dată de material, cresc sub acțiunea proceselor de distorsiune pe scară mică și din această privință dispersia penei bidimensionale este similară cu cea tridimensională din cazul unui nor singular. O diferență importantă este aceea că secțiunile penei nu sunt identice, ci deplasate neregulat datorită fluctuațiilor mari de curent, rezultând o mărire progresivă a frontului transversal de împrăștiere a materialului și același proces se observă dacă pana este ridicată clar de la sol. Astfel, concentrația medie produsă de o sursă punctiformă pe direcția vântului se diminuează nu numai cu distanța de la sursă, ci și cu timpul de expunere.

5.2. Gradienți de presiune și temperatură ai atmosferei

Dispersia noxelor în atmosferă este legată de fenomenul complex de curgere în interiorul "mașinii termice" atmosferice. În interiorul atmosferei apar mișcări datorită gradientilor de presiune și a forței Coriolis. Acestea conduc la dispersie prin convecție forțată și liberă determinată de diferențele locale de temperatură.

În analiza dispersiei noxelor cea mai importantă este contribuția convecției libere la aceasta, când ciclul zilnic de încălzire și răcire produs de Soare afectează masiv stratul de aer din apropierea solului, în interiorul căruia sunt emise și dispersate majoritatea noxelor.

Variația de temperatură cu înălțimea deasupra suprafeței terestre este definită ca profilul temperaturii. În timpul unei zile calde însorite, temperatura scade cu înălțimea deasupra suprafeței, stabilind o inversiune.

Un interes special este acordat gradientului vertical de temperatură care apare în mișcarea verticală a aerului, adiabatică; acest gradient este definit ca descreșterea temperaturii aerului într-un proces adiabatic uscat. Neglijând termenii inerțiali și de frecare datorită mișcării verticale încetinite.

$$- \frac{\partial p}{\partial z} = g \cdot \rho = 0 \quad (1)$$

unde: $-\frac{\partial p}{\partial z}$ reprezintă variația presiunii cu înălțimea z;

– g accelerația gravitațională;

– ρ masa specifică.

Combinând variația adiabatică a presiunii unui gaz perfect din ecuația energiei cu ecuația de stare, rezultă expresia temperaturii ca o funcție de presiune:

$$T = C \cdot p^{\frac{k-1}{k}} \quad (2)$$

unde T – temperatura absolută;

k – exponentul adiabatic;

C – constantă .

Prin diferențierea ecuației (2) în raport cu înălțimea și combinând-o cu ecuația (1) și cu ecuația de stare a gazului ideal,

$$p = \rho \cdot R \cdot T \quad (3)$$

R fiind cinstanta gazului ideal, rezultă variația temperaturii cu înălțimea:

$$\frac{dT}{dz} = -\frac{g}{R} \cdot \left(\frac{k-1}{k} \right) \quad (4)$$

Pentru aer cu $k=1,4$, $R=287,2\text{J/kg}\cdot\text{K}$ și $g=9,81\text{m/s}^2$ rezultă:

$$\frac{dT}{dz} = 0,54 \text{ }^\circ\text{C}/100\text{m} \text{ (} 0,975 \text{ }^\circ\text{F}/100\text{m)}$$

Dacă temperatura atmosferei are un gradient vertical egal cu descreșterea adiabatică a temperaturii de $0,975 \text{ }^\circ\text{F}/100\text{m}$, atmosfera este denumită "neutră".

Dacă atmosfera are un gradient vertical mai mic decât $0,975 \text{ }^\circ\text{F}/100\text{m}$, este denumită "instabilă" și dacă este mai mare decât $0,975 \text{ }^\circ\text{F}/100\text{m}$, inclusiv gradienti pozitivi caracteristici inversiei, este "stabilă".

Așa cum se observă în figură deplasarea adiabatică a unei mase de aer în sus, într-o atmosferă instabilă va conduce la o temperatură a masei de aer superioară aerului înconjurător; această diferență de temperatură pozitivă produce o forță ascensională care produce mai departe deplasarea în sus a masei de aer. În mod similar, deplasarea în jos a unei mase de aer va produce asupra acesteia o forță de plutire, orientată în jos, astfel că masa de aer va continua să coboare. Făcând un raționament similar pentru o atmosferă stabilă va rezulta că forța de plutire dezvoltată datorită deplasării fie în sus fie în jos este o forță de restabilire a echilibrului. (figura 5.1)

Curgerea atmosferei pe suprafața Pământului este în general de natură turbulentă. Gradientii de temperatură pe verticală în atmosferă accentuează turbulența verticală dacă profilul temperaturii este instabil și diminuează turbulența dacă profilul temperaturii este stabil.

În concordanță cu aceasta, dispersia noxelor evacuate în atmosferă este afectată nu numai de curentul mediu de aer (vânt), ci și de descreșterea temperaturii aerului în interiorul aceluia curent.

În cazul în care temperatura crește cu altitudinea avem de a face cu așa numita inversiune termică. Aceasta corespunde unor condiții stabile în care orice cantitate de aer cald poluat aflat în apropierea solului va fi menținut aici, nefiind dispersat pe verticală. Există câteva cauze ale inversiunii termice, durata lor fiind de la câteva ore la câteva zile. Ele apar frecvent în marile metropole, având o contribuție majoră la poluarea în aceste zone.

După cum menționează Kraushaar și Ristinen în trecut au existat câteva incidente notabile datorate inversiunii termice în Valea Meuse (Belgia), în Donora, Pennsylvania (SUA), ca și în metropole ca New York și Londra unde cei decedați ca urmare a noxelor menținute la altitudine joasă s-au numărat de la sute la mii de oameni. Pe 5 decembrie 1952 s-a dezvoltat în Londra o inversiune termică care a acoperit orașul cu ceață fără nici o mișcare verticală a aerului până la aproximativ 45m deasupra solului. Bioxidul de sulf, particulele de cenușă, celelalte noxe emise s-au acumulat timp de 4 zile. După 12 ore de la declanșarea inversiunii oamenii au început să tușească și să se plângă de insuficiență respiratorie. În timpul următoarelor zile s-au produs aproape 4000 de decese peste numărul normal înregistrat în mod obișnuit. Majoritatea celor decedați, dar nu toți, au fost persoane de peste 55 de ani. Două episoade similare, dar nu atât de severe, s-au produs în 1956 și 1962. pe lângă diferitele probleme respiratorii pe care le generează smogul (SO_2 și particule în primul rând) apar și depuneri de funingine asupra oamenilor și clădirilor.

Problemele unor orașe cum ar fi Los Angeles și Denver (SUA) diferă de cele prezentate mai sus datorită radiației solare care interacționează cu noxele produse în cantități notabile de automobile, creând așa-numita ceață fotochimică; totuși, poluarea cea mai importantă în aceste orașe este determinată de inversiunile termice, după cum a rezultat din studiile efectuate.

Multe din cauzele inversiunilor termice sunt acum înțelese și apariția lor poate fi prognozată de meteorologi. O cauză o constituie coborârea unei regiuni de presiune ridicată a atmosferei.

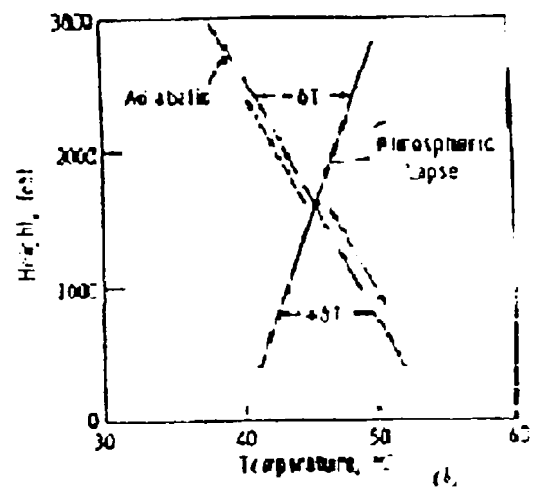
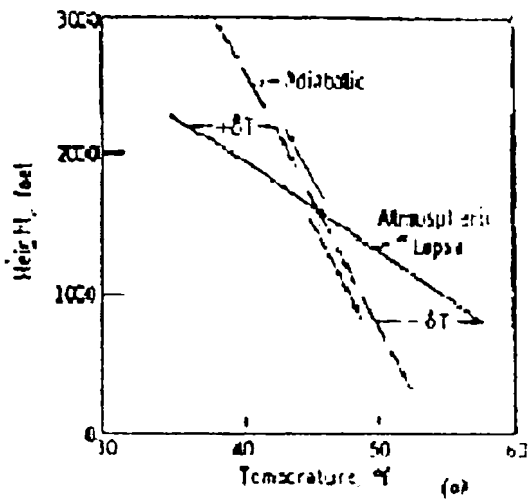


Fig.5.1. Descreșterea temperaturii aerului cu înălțimea într-o atmosferă:
 - a) instabilă , b) instabilă

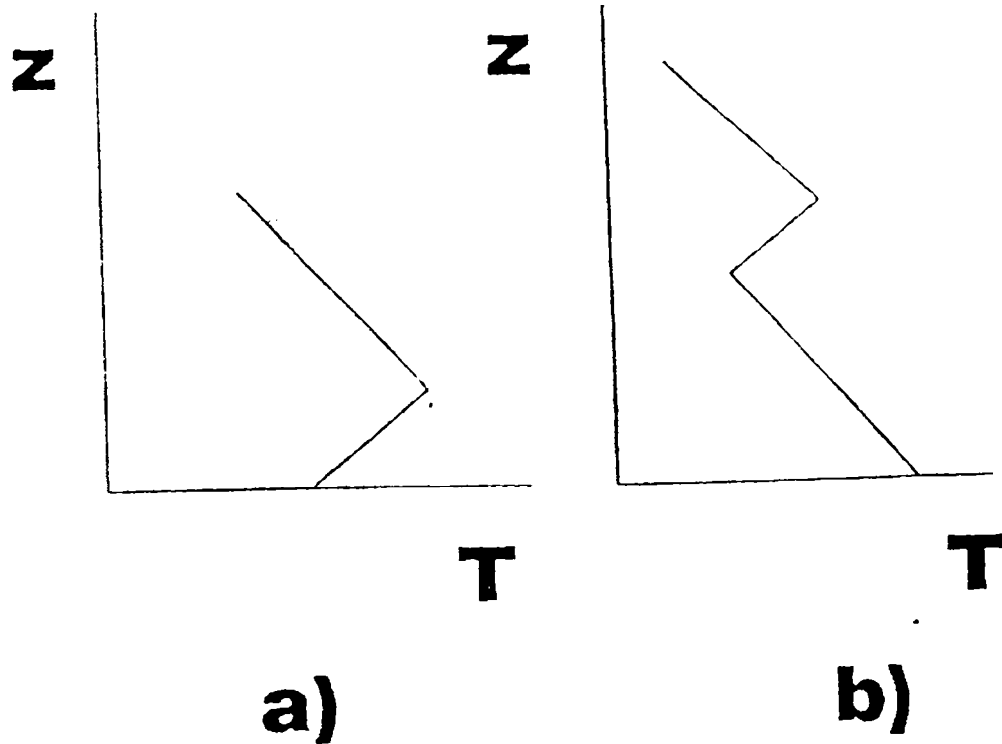


Fig.5.2. Tipuri de inversiune termică: a) inversiune radiativă,
 b) inversiune datorată coborârii stratului de aer de presiune ridicată

Când se produce acest fenomen, deoarece masa de aer din apropierea solului are o presiune mai mare, această regiune de presiune ridicată va fi comprimată și temperatura sa va crește.

Acest aer cald relativ dens va coborî spre sol până va întâlni aerul de densitate mai mare de la suprafață. Va rezulta un profil de temperaturi ca în figură aerul tinde să devină mai rece cu creșterea înălțimii deasupra solului, până la un punct în care masa de aer de înaltă presiune își stabilizează poziția și apoi gradientul de temperatură se inversează și aerul devine mai cald cu altitudinea. Se va produce o amestecare a aerului din apropierea suprafeței terestre, dar nici o parte a aerului poluat nu poate să penetreze prin calota de aer cald produsă de inversiunea termică.

Inversiunile termice radiative sunt mai frecvente, dar mai puțin periculoase decât cele determinate de masele de aer de presiune ridicată. Spre exemplu, într-o noapte senină suprafața Pământului va radia energie termică în spațiu răcindu-e atât aceasta, cât și aerul din apropierea sa. Energia radiată provine de la Soare, din ziua precedentă. După o noapte de răcire, aerul din apropierea suprafeței terestre va fi mai rece decât aerul din stratul imediat superior, rezultând o inversiune termică. În mod normal, pe măsură ce ziua înaintează Soarele va încălzi suprafața solului și atmosfera joasă, inversiunea termică dispărând la amiază. (figura 5.2).

5.3. Noțiuni de teoria stratului limită aplicate atmosferei terestre

5.3.1. Stratul limită planetar

Atunci când se studiază turbulența atmosferică și poluarea aerului, se definește stratul limită planetar (Planetary Boundary Layer – PBL). Formarea acestuia este o consecință a interacțiunii dintre atmosferă și suprafața pe care o înconjoară, reprezentând aproximativ 10% din atmosfera ce înconjoară Pământul. Suprafața terestră funcționează ca sursă sau consumator de energie și moment față de atmosferă.

Stratul limită planetar poate fi definit pe scurt ca acea porțiune a atmosferei unde se observă influența directă a suprafeței prin transfer turbulent. El joacă un rol primordial atât prin faptul că stratul în care energia este transferată de la suprafața terestră

atmosferei și viceversa, sub formă de vapori de apă, căldură și moment, cât și prin faptul că este de asemenea stratul în care au loc toate activitățile umane și biologice. De aceea, cunoașterea structurii stratului limită este esențială pentru a înțelege capacitatea atmosferei de a dispersa noxele. Variația suprafeței (rugozitatea, modificarea terenului) și a atmosferei conduc la o infinită varietate de condiții la limită. O altă variabilă o adaugă rotația Pământului.

Până în prezent este general acceptat faptul că în cazul unui PBL convectiv înălțimea acestuia este distanța până la prima inversiune, notată cu z_i . Această distanță variază în timp, ca răspuns la procesul de antrenare (care tinde să mărească înălțimea stratului pe măsură ce turbulența "erodează" stratul de inversiune la partea inferioară) și la viteza medie pe verticală.

În zonele urbane curgerea aerului este caracterizată de modificări în condițiile la limita inferioară a stratului. Înălțimea suprafeței, rugozitatea și proprietățile de radiație calorice și de umiditate nu numai că variază față de terenul rural, dar pot varia temporal și spațial și în interiorul orașului. De aceea stratul limită planetar urban poate fi neomogen și, chiar în zona omogenă poate fi diferit structural de cel rural.

Hildebard și Ackerman (1984) au studiat experimental, prin zboruri de cercetare, zona orașului american St. Louis pentru a demonstra diferențe în structura stratului limită planetar urban diurn. Ei au observat, de exemplu, că fluxul de căldură pe verticală era de 2 – 4 ori mai mare decât cel din zona rurală, baza stratului de inversiune era mai sus, difuzivitatea fiind cu 25-60% mai mare. Perturbațiile presiunii create de un PBL urban mai cald creează o circulație a aerului, valoarea maximă a vitezei pe verticală fiind 0,1 m/s. O asemenea circulație poate fi foarte importantă pentru dispersia noxelor.

5.3.2. Stratul limită convectiv

Stratul limită convectiv (Convective Boundary layer – CBL) este reprezentat de acea parte a atmosferei care este afectată direct de încălzirea suprafeței terestre de către Soare. Acest strat are o mare întindere ziua și la latitudini medii atinge la amiază $h=1-2$ km deasupra Pământului. Poate fi idealizat ca o structură multistrat, fiecare cu parametrii relevanți pentru turbulență (figura 5.3);

— stratul de suprafață în care direcția tangențială a vântului joacă un rol dominant, după unii autori incluzând și stratul de convecție liberă, în care tensiunea superficială, τ_0 , își diminuează importanța, dar înălțimea deasupra solului, z , continuă să fie lungimea scalară semnificativă; după unele date experimentale, limita superioară a convecției libere este $z \approx 0,1 h$;

— stratul de amestec, în care structura turbulenței este insensibilă atât la z , cât și la τ_0 . Poate fi definit și ca punctul de modificare a profilului fluxului de căldură;

— stratul – interfață de antrenare – aici structura turbulenței poate fi dominată de efecte de antrenare, caracteristici de inversiune și, în partea superioară, de o atmosferă stabilă; acest strat se extinde de la $0,8 z_i$ la $1,2 z_i$.

Stratul de suprafață a fost cel mai mult studiat, în principal datorită aplicării teoriei similitudinii a lui Monin și Obukhov, cunoscută în literatura de specialitate sub denumirea de “similitudinea M-O”. esența acestei teorii, bazată pe cercetări experimentale, este faptul că proprietățile de turbulență și câmpul mediu de viteze depind doar de înălțimea z și de trei parametri de curgere:

- parametrul ascensorial g/T_0 ;
- viteza de frecare $u_0 = [(\tau_{x0}^2 + \tau_{y0}^2)^{1/2} / \rho]^{1/2}$ (5)

- fluxul de temperatură al suprafeței: $w \theta$

Dacă sunt prezenți și vapori de apă, se utilizează fluxul de temperatură virtual al suprafeței. Definierea unei temperaturi virtuale este o modalitate simplă pentru a ține cont de influența vaporilor de apă asupra forței ascensionale; tratând amestecul ca un gaz perfect rezultă că :

$$w \theta_v = w \theta + 0,61 \cdot T \cdot w q \quad (6)$$

Acești trei parametri de curgere definesc:

$$\text{- o scară de lungime : } L = - \frac{u_*^3 T_0}{kg w \theta_0} \text{ (lungimea M-O)} \quad (7)$$

- o scară de viteză : u_*

$$\text{- o scară de temperatură : } \theta_* = - w \theta_0 / u_* \quad (8)$$

L este negativă în condițiile instabile, infinită în condiții neutre și pozitivă în condiții stabile, putând fi privită ca înălțimea la care componentele tangențială și ascensională ale energiei cinetice turbulente sunt

Similitudinea M-O este esențială pentru intuiția fizică și matematică. Presupunerea că o variabilă e dependentă de cei trei parametri menționați mai sus permite tratarea sa ca o funcție de z/L . Variabila independentă z/L se numește indice de stabilitate.

Fizic, aceasta înseamnă că stratul de suprafață are o scară de viteză u_* , care determină "nivelul fluctuațiilor vitezei"; $|\theta|$ face același lucru fluctuațiile de temperatură. Dacă un câmp scalar orizontal omogen, conservativ și pasiv difuzează prin suprafață (de

exemplu un constituent c), atunci nivelul difuzei este determinată de $c_* = \frac{C_0}{u_*}$, unde C_0 este densitatea fluxului lui c .

Similitudinea M-O a fost intens folosită în ultimii 20 de ani în studiul stratului de suprafață, este în concordanță cu observațiile privind profilurile vântului, ale temperaturii și ale umidității aerului, precum și cu variația majorităților mărimilor caracteristice turbulenței; rezultatele nu mai concordă cu realitatea în cazul componentelor orizontale ale vântului în condiții de atmosferă instabilă, cu implicații importante pentru dispersie.

5.3.3. Stratul limită stabil

În acest strat forțele ascensionale tind să suprimă turbulența, astfel că nivelele de fluctuație sunt mult mai scăzute și mai greu de măsurat. În plus, în atmosferă pot apare mișcări de undă și coexistența turbulenței cu undele complică interpretarea datelor.

De exemplu, în experimentul Minnesota s-au determinat profilurile temperaturii și vântului, precum și înălțimea stratului limită stabil (Stable Boundary Layer – SBL). (figura 5.4). Linia întreruptă indică limita superioară a SBL reprezentată în acest caz de înălțimea h la care fluxul de căldură a scăzut la 5% din valoarea sa de la suprafața solului. Profilul vântului indică prezența unui jet nocturn de nivel scăzut. (Caughney et al.

1979). Cu cât stratul de inversiune de la suprafață se adâncește cu atât scade înălțimea SBL.

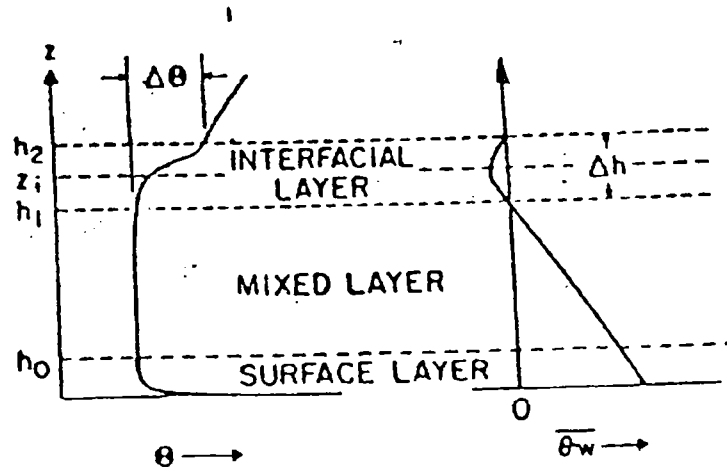


Fig.5.3. Profilul temperaturii (a) și profilul fluxului de căldură (b) în stratul limită convectiv

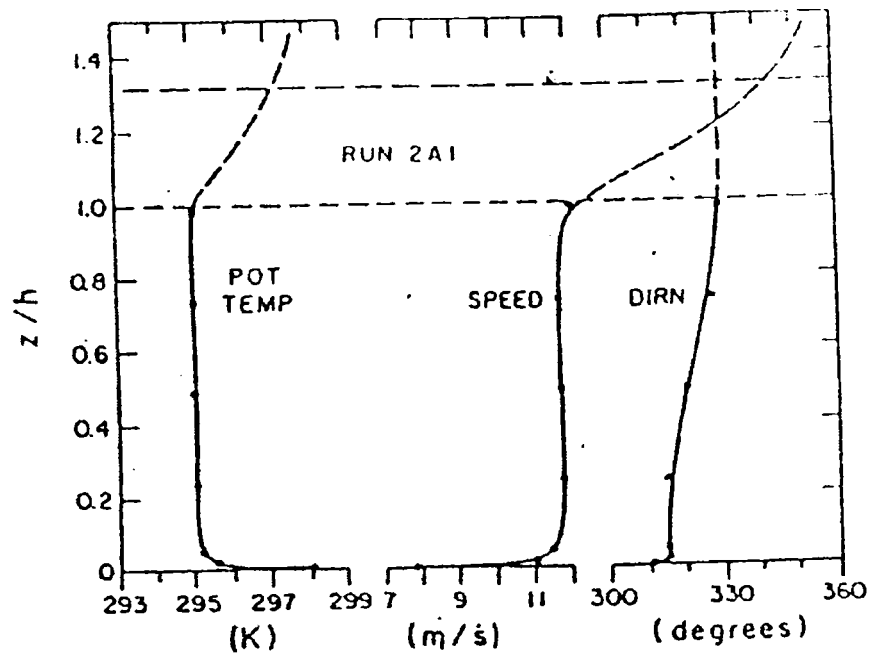


Fig.5.4. Profile medii ale vitezei și direcției vântului și potențialul temperaturii în funcție de adâncimea stratului limită stabil h

5.4. Sistemul de ecuații

Datorită complexității curgerii turbulente a aerului atmosferic, studiul acesteia a fost orientat spre descrierea caracteristicilor sale statistice. De aceea se presupune că mișcarea fluidului poate fi separată într-un curent mediu, puțin variabil, și o componentă turbulentă, rapid variabilă. Pentru determinarea debitului mediu, se face presupunerea că debitul total este staționar, adică se pot folosi valori medii raportate la timp, într-un anumit punct de fluid (așa - numitele medii Euler).

În practică se au în vedere valorile medii pentru o perioadă de timp cât mai mare și se determină dacă variația acestor medii se uniformizează sau nu în timp. O asemenea uniformizare va exista doar dacă există o întrerupere în variația totală a spectrului de valori al debitului. Această condiție este îndeplinită în stratul de suprafață, deasupra unui teren uniform. Deasupra unui teren neuniform sau în interiorul stratului limită această întrerupere de spectru poate să lipsească.

Sistemul de ecuații se referă la mișcarea unui fluid newtonian vâscos, compresibil, aflat într-un sistem de rotație.

(1) ecuația de continuitate

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0, \text{ respectiv } \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (9)$$

unde U_i și u_i sunt componentele vitezei instantanee $\tilde{u}_i = U_i + u_i$

(2) ecuația de stare – pentru aer umed:

$$P = R_i \cdot \rho \cdot T_v \left(1 + \frac{\overline{\rho' \cdot T'_v}}{\rho \cdot T_v} \right) \quad (10)$$

unde s-au făcut următoarele notații:

$\tilde{\rho} = \rho + \rho'$ — densitatea aerului în stratul limită;

~

$T_v = T_v + T'$ — temperatura virtuală instantanee;

~

$T = T + T'$ —temperatura instantanee în stratul limită, relația de legătură între cele două temperaturi fiind:

$$\tilde{T}_v = \tilde{T} \left\{ 1 + \left(\frac{m_d}{m_w} - 1 \right) \cdot q \right\} = T \cdot (1 + 0,61 \cdot q) \quad (11)$$

~

q este umiditatea specifică instantanee a aerului;

$m_d = 28,9$ kg/kmol – masa moleculară a aerului;

$m_w = 18$ kg/kmol – masa moleculară a vaporilor de apă;

$R_i = 287,2$ J/kg K – constanta aerului uscat;

~

$p = P + p$ – presiunea instantanee în stratul limită.

Ținând cont de aproximările din PBL se poate folosi ecuația de stare sub forma:

$$P = R_i \cdot \rho \cdot T_v.$$

(3) ecuațiile de mișcare:

$$(a) \quad \frac{\partial U_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} [U_i \cdot U_j + \overline{u_j u_i}] = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x_i} + \nu \cdot \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_i^2} + g_i - 2\epsilon_{ijk} \Omega_j U_k \quad (12)$$

$$(b) \quad \frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} [U_j u_i + u_j U_i + u_j u_i - \overline{u_j u_i}] = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\rho'}{\rho^2} \cdot \frac{\partial P}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} - 2 \epsilon_{ijk} \Omega_j \quad (13)$$

unde: ν – vâscozitatea cinematică;

g_i – accelerația gravitațională, $g_i = (0,0, -g)$;

U_i, U_j, U_k – valorile medii ale vitezei aerului în stratul limită, în direcțiile i, j, k ;

u_i, u_j, u_k - variațiile vitezei aerului în stratul limită, în direcțiile i, j, k ;

x_i, x_j, x_k , - componentele vectorului de deplasare;

ϵ_{ijk} – tensor de permutație, $\epsilon_{ijk} = 1$ dacă i, j, k sunt o permutație pară a lui $1, 2, 3$ și

$\epsilon_{ijk} = -1$ pentru o permutație impară. În celelalte cazuri $\epsilon_{ijk} = 0$;

Ω_j – vectorul rotației terestre.

(4) conservarea entalpiei – pentru componentele medii și pentru cele variabile:

$$(a) \quad \frac{\partial \vartheta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} [U_i \vartheta + u_i \theta] = K \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x_i^2} \quad (14)$$

$$(b) \quad \frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} [u_i \vartheta + U_i \theta + u_i \theta - \overline{u_i \theta}] = K \frac{\partial^2 \theta}{\partial x_i^2} \quad (15)$$

unde: $\overline{T} = \vartheta$

$\vartheta = T$

K – coeficient de difuzivitate termică

(5) conservarea masei

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} [U_i C + u_i c] = D \frac{\partial^2 C}{\partial x_i^2} + S$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} [u_i C + U_i c + u_i c - \overline{u_i c}] = D \frac{\partial^2 c}{\partial x_i^2} \quad (16)$$

În cazul regimului staționar și a omogenității orizontale:

$$\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} = 0$$

rezultând pentru ecuația de mișcare (a) următoarele forme:

$$\frac{\partial \overline{uw}}{\partial z} = f(V - V_g) + v \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$$

$$\frac{\partial \overline{vw}}{\partial z} = -f(U - U_g) + v \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} \quad (17)$$

$$\frac{\partial w^2}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial z} - g - 2(\Omega_1 V - \Omega_2 U)$$

$$f = 2 \Omega \sin \phi$$

unde: $\Omega = (\Omega_i^2)^{1/2}$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_g = -\frac{1}{f\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial y} \\ V_g = \frac{1}{f\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} \end{array} \right.$$

f – coeficientul lui Coriolis;

U_g, V_g – componentele vântului geostrofic (perpendiculare pe direcția gradientului de presiune).

$$\text{Se poate aproxima } \frac{\partial w^2}{\partial z} = -g - 2 \Omega_1 V.$$

5.5. Modele statistice de difuzie utilizate în modelarea dispersiei noxelor în mediul ambiant

Există o multitudine de metode teoretice de prognoză a difuziei, pentru comparare cu măsurile din teren și cu experimentele de difuzie de laborator. Aceste metode include modele care au la bază difuzivitatea spectrală, condițiile la limită de speța a doua, simulările de mișcare turbulentă și micile perturbații (Briggs & Binkowski, 1985). Aceste modele necesită în general fie măsuri detaliate de date meteorologice și de turbulență, fie valori prognozate ale majorității acestora și, de asemenea, un mare efort de calcul.

Nu este numai imposibil, ci și de nedorit să se specifice condițiile pentru întregul strat limită în cazul fiecărei situații de difuzie. Pe de altă parte, se dorește susținerea măsurărilor în fața unor liste imense de variabile de difuzie și meteorologice.

Ideal ar fi să se reducă aceste date la câteva corelații concise între variabilele caracteristice difuziei și variabile meteorologice – cheie. Aceste corelații pot fi imperfecte, dar sunt foarte utile pentru modelele de difuzie practice.

Cele mai folosite metode teoretice sunt similitudinea stratului de suprafață, dimensionarea convectivă și analiza statistică folosind fluctuațiile vântului.

Primul studiu de laborator privind difuzia în condiții convective de la o sursă înaltă a fost realizat de Willis și Deardorff în 1978. Ei au verificat astfel validitatea prognozei asupra coborârii axei penei, determinată numeric. Anterior, cei doi găsiseră că axa penei de noxe provenită de la o sursă aflată la nivelul solului coboară.

În 1976, Deardorff și Willis au estimat că, în ceea ce privește penele provenite de la surse punctiforme, cât și de la surse liniare, efectele difuziei pe direcția curentului sunt ne semnificative dacă $U/w^* > 1,2$. (U – componenta pe axa x a vântului geostrofic și W^* – scala de viteză convectivă, este dat de relația:

$$w^* = (hw_0\theta / \varnothing)^{1/3}$$

Difuzia atmosferică este rezultatul direct al turbulenței atmosferice. Există mai multe teorii asupra difuziei atmosferice. Dar toate depind de același set de parametri de turbulență ai PBL. Profilurile verticale în PBL ale următorilor parametri sunt folosite în dezvoltarea teoriilor de difuzie:

U, V, W – componentele vitezei vântului;

$\sigma_U, \sigma_V, \sigma_W$ – deviațiile standard ale vitezei;

$$\epsilon - \text{rata de disipare turbulentă, } \epsilon = \nu \sqrt{\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right)^2}$$

T_E^U, T_E^V, T_E^W – scara de timp pentru componentele u, v și w ale vitezei în sistemul eulerian;

În plus sunt folosiți și parametri externi: G, z_0 și h .

Fiecare variabilă și, respectiv, fiecare parametru sunt asociați cu un timp de observare precis. Toate variabilele și parametri definiți mai sus sunt eulerieni, adică sunt măsurați de pe o platformă care este staționară sau se deplasează în aer cu o viteză constantă. În contrast, difuzia este un proces langrangean în care atmosfera este percepută de o particulă neinerțială, mișcându-se împreună cu vântul. Se pune problema fundamentală a relațiilor dintre variabilele euleriene și cele langrangeene. Se obișnuiește să se considere că toate variabilele, cu excepția scărilor de timp, sunt aceleași în ambele sisteme.

Pasul final îl reprezintă corelarea între timpul de observare, timpul de deplasare și timpul de emisie a noxelor. Timpul de observare este durata de timp în care variabila este măsurată sau observată, timpul de deplasare este timpul trecut de când materialul poluant a părăsit sursa și timpul de evacuare este perioada de timp în care noxele au fost emise de sursă. Acești timpi definesc “ferestre” utilizate la filtrarea turbulenței în vederea producerii difuziei observate. Dacă timpul de deplasare este mult mai mare decât timpul de evacuare sau dacă timpul de observare este mult mai mic decât timpul de deplasare, atunci difuzia se produce sub forma norilor. Dacă timpul de deplasare și timpul de evacuare sunt mult mai mari decât timpul deplasare, atunci este predominantă difuzia sub forma penei continue.

5.6. Modele statistice de difuzie

5.6.1. Teoria statistică a lui Taylor

În 1921, Taylor a derivat următoarea ecuație pentru deviația standard σ_y a împrăștirii continue a materialului pe direcție perpendiculară pe cea a vântului (transversală), din o sursă punctiformă în atmosferă omogenă și staționară.

$$\sigma_y^2 = 2 \sigma_v^2 \int_0^t \int_0^t \rho_L(\tau) d\tau dt' \quad (18)$$

unde:

σ_v – deviația standard a fluctuațiilor vitezei turbulente în direcție laterală, se poate obține prin măsurători sau din teoria PBL;

t – timpul de deplasare a penei de la sursă la un anumit receptor.

Gifford (1955) și Pasquill (1959) au presupus că funcțiile $\rho_L(t)$ și $\rho_E(t)$ și energiile spectrale $E_L(n)$ și $E_E(n)$ sunt similare ca formă, dar au fost diferențiate cu un factor de scală, astfel că:

$$\begin{aligned} nE_L(n) &= \beta nE_E(\beta n) \\ \rho_L(\beta t) &= \rho_E(t) \end{aligned} \quad (19)$$

$$\beta = \frac{T_L}{T_E}$$

Unde T_L și T_E sunt scările de timp în sistemul langrangean și, respectiv, eulerian.

Conform unei teorii simplificate a lui Pasquill (1974) $\beta = \frac{a}{\frac{\sigma_y}{U}}$, unde

$a = 0,6$ (constant), rezultând $\beta \approx 2$ în PBL diurn, $\beta \approx 4$ în condiții neutre și $\beta \approx 10$ în condiții stabile.

Pasquill (1974) a arătat că ecuația (18) poate fi transformată:

$$[\sigma^2_Y]_{T_s,t} = [\sigma^2_v]_{T,0} t^2 \int_0^\infty E_L(n) \left(1 - \frac{\sin^2(\pi n T_s)}{(\pi n T_s)^2} \right) \left(\frac{\sin^2(\pi n t)}{(\pi n t)^2} \right) dn \quad (20)$$

T_s – timpul de observare ;

t – timpul de deplasare ;

τ – un timp suficient de lung pentru a include cea mai mare parte a spectrului energiei turbulente;

n – frecvența.

Termenii sinusoidali reprezintă filtrele care blochează efectiv fluctuațiile turbulente cu scări de timp mai mici decât timpul de deplasare t și mai mari decât timpul de observare T_s . Astfel, fereastra spectrală se situează între t și T_s . Inițial, asupra penei continue acționează mici vârtejuri, dar pe măsură ce aceasta se mărește, vârtejurile au o importanță din ce în ce mai mică. Ele doar determină oscilația unor porțiuni din adâncimea penei, fără nici o contribuție la difuzia totală.

Dorean et al. (1978) au aplicat ecuația (20) pentru pene continue în condiții euleriene. Ei au fost interesați în comportarea spectrului la frecvențe joase, deoarece aceea este regiunea spectrului care domină difuzia pentru pene continue. Ei au ales funcțiile:

$$nE_E(n) = \frac{6,25 \cdot 10^{-6}}{f} + \frac{f}{1 + 15,2 \cdot f^{5/3}}, \text{ în condiții stabile,} \quad (21)$$

$$nE_E(n) = \frac{3,6 \cdot 10^{-9}}{f} + \frac{f}{1 + 15,2 \cdot f^{5/3}}, \text{ în condiții instabile} \quad (22)$$

Scopul final al cercetării lor a fost determinarea funcției S:

$$S = \frac{\partial y}{x \partial \theta} = \frac{[\sigma_v]_{T_s / \beta, t / \beta}}{[\sigma_v]_{T_s / \beta, 0}} \quad (23)$$

unde σ_θ deviația standard a fluctuației direcției vântului $\sigma_\theta = \frac{\sigma_v}{U}$.

Timpii utilizați sunt valori tipice pentru experimentele obișnuite de studiu al PBL, stând la baza curbelor σ_y și σ_z utile Agenției pentru Protecția Mediului (EPA) a Statelor Unite ale Americii.

5.6.2. Modelul de difuzie Monte Carlo

O altă metodă statistică pentru calcularea difuziei constă în scrierea unei ecuații pentru fluctuațiile aleatoare ale vitezei unei particule în regim turbulent și apoi construirea traiectoriilor a mii de particule individuale (Hanna, 1978; Reid, 1979; Lamb, 1979). Se poate studia distribuția concentrației la un moment dat sau distanța la care coboară pana. Această metodă era imposibil de aplicat înainte de apariția computerelor de mare viteză de calcul.

Modelul separă câmpul de viteză într-o componentă medie și una turbulentă, cu o linie de demarcație între componente bazată pe timpul mediu, T_s , necesar observării sau prognozei câmpului mediu de viteză al vântului.

Ecuția vitezei totale a particulei în direcția I este:

$$V_i = \overline{V_i} + V'_i \quad (24)$$

De obicei viteza vântului se mediază pe o perioadă de 1 oră. Dacă se folosește o rețea de spații de monitorizare a vântului, atunci vitezele medii pot fi astfel modificate încât să fie compatibile cu măsurătorile.

Dacă se utilizează prognozele unui model dinamic (Pielke, 1974), atunci câmpul mediu al vântului poate fi presupus a fi deja compatibil cu măsurările. Difuzia în perioade de timp mai mari decât timpul mediu T_s este realizată, în orice proporție, prin variațiile în timp și spațiu ale vântului.

Difuzia în perioade de timp mai mici decât T_s este estimată presupunând că fluctuațiile turbulente au două componente, una de corelație și una aleatoare, conform relației:

$$V_i(t + \Delta t) = V_i(t) \rho_L^i(\Delta t) + \rho_i \quad (25)$$

unde: Δt – pasul de timp;

ρ_L^i – coeficientul de autocorelare lagrangean pentru componenta i și pasul de timp Δt .

Componenta aleatoare sau Monte Carlo, ρ_i este determinată aleator dintr-o distribuție gaussiană cu media zero și deviația standard σ_{ρ_i} dată de relația:

$$\sigma_{\rho_i} = \sigma_i \left\{ 1 - [\rho_L^i(\Delta t)]^2 \right\}^{1/2} \quad \text{unde :} \quad (26)$$

$$\sigma_i = (V_i'^2)^{1/2}$$

Într-o atmosferă omogenă, cu particule emise în regim turbulent cu viteze inițiale aleatoare, difuzia rezultantă $\sigma_y(t)$ este identică cu soluția analitică a modelului statistic Taylor.

Reid (1979) a aplicat modelul Monte Carlo la difuzia verticală provenind de la surse apropiate de suprafață, unde evident componenta tangențială a vântului are o valoare mare. El a determinat similitudinea curbelor rezultante σ_z pentru înălțimi de emisie variind între 0 și 10m.

La o anumită distanță, raportul σ_z/h este o dată sau de două ori mai mare pentru înălțimi medii ale PBL în condiții instabile.

McNider et al. (1981) și Ohmstede et al.(1980) au aplicat modelul Monte Carlo pentru situații în care câmpul mediu al vântului a fost neomogen și nestaționar. Circulațiile de aer munte – vale și briza marină sunt cazuri ideale de aplicație pentru acest model.

5.6.3. Modelul de difuzie orizontală Langevin

Acest model statistic a fost realizat de Gifford (1981) având la bază o formă a ecuației Langevin. Luând ca și coeficient de difuzivitate brut, K_y , o scară de timp

lagrangeană T_L^y , corespunzătoare pentru timpi de observare de mai multe zile și dând o măsură a energiei turbulente inițiale, σ_{v0}^2 , acest model poate să simuleze observațiile medii ale lui σ_y pentru timpi de deplasare de la 1s la 1 an. Baza modelului este o formă diferențială a ecuației (25).

$$\frac{DV'_y}{dt} + \beta V'_y(t) = \mu(t) \quad (27)$$

unde β este echivalent cu $1/T_L^y$ și $\mu(t)$ este o forță mică, aleatoare care apare din termeni de presiune. Soluția este:

$$\Sigma_y^2 = T - (1 - e^{-t}) - \left(\frac{c}{2}\right)(1 - e^{-t})^2 \quad (28)$$

unde:

$$\Sigma_y = \frac{\sigma_y}{(2K_y T_L^y)^{1/2}}; \quad T = \frac{t}{T_L} \quad \text{și} \quad c = \left(1 - \frac{\sigma_{v0}^2}{\sigma_v^2}\right)$$

Parametrul c este o fracție a turbulenței din întregul curent, σ_v^2 , adică nu este luată în calcul în cazul turbulenței instantanee la sursă. Când c tinde la zero ($\sigma_{v0}^2 \rightarrow \sigma_v^2$) ecuația (28) se reduce la soluția ecuației lui Taylor. Această soluție se poate utiliza pentru difuzia într-o atmosferă omogenă dintr-o sursă punctiformă continuă, pentru timpi de observare mari.

În contrast, pe măsură ce c se apropie de 1 ($\sigma_{v0}^2 \rightarrow 0$) soluția se poate utiliza pentru difuzie relativă sau noroasă.

$$\Sigma_y^2 = \frac{T^3}{3} \quad \text{la timpi mici} \quad (29)$$

Pentru o sursă punctiformă instantanee, vitezele inițiale pentru toate particulele sunt egale. Modelul Langevin are avantajul că poate simula atât surse continue, cât și difuzia relativă sau o combinație a acestora.

5.6.4. Modelul gaussian al penei de noxe

În ciuda importanței conceptelor, de exemplu, relația dintre turbulența lagrangeană euleriană, influența timpilor de deplasare, de evacuare și de observare și diferențele dintre difuzia sub formă de nori sau sub forma unei surse continue, cele mai practice aplicații ale modelelor de difuzie utilizează un model mai simplu – modelul penei gaussiene, în care determinarea concentrației noxei la înălțimea z deasupra solului se calculează cu relația:

$$C = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (30)$$

unde:

C – concentrația de noxă (kg / m^3);

Q – debitul unei surse punctiforme continue (kg / s);

H – înălțimea efectivă a penei deasupra solului (m);

y – distanța laterală de la centrul penei (m);

z – înălțimea deasupra solului (m).

Ultimul termen este o sursă imagine efectivă la o distanță H sub sol, care contează pentru reflecția la suprafața solului.

În procesul aplicării modelului gaussian al penei este necesar să se determine valorile parametrilor de difuzie σ_y și σ_z ca funcție de distanța x . Deși s-a dezvoltat o rețea de scheme ale claselor de stabilitate și ale curbelor σ , marea majoritate a meteorologilor se servesc de rețeaua lui Pasquill (1961) ale cărei observații asupra turbulenței atmosferice au fost folosite pentru estimarea lui σ_y și σ_z atunci când este posibil.

Următoarele ecuații de similitudine exprimă legătura dintre σ_y și σ_z și turbulență:

$$\sigma_y = \sigma_\theta x S_y \left(\frac{x}{UT^v_L} \right) \quad (31)$$

$$\sigma_z = \sigma_\theta x S_z \left(\frac{x}{UT^w_L} \right)$$

Irwin (1976) a obținut următoarele aproximații la metoda lui Pasquill:

$$S_y = (1 + 0,031x^{0,46})^{-1} \quad x < 10^4 \text{ m} \quad (32)$$

$$S_y = 33x^{-1/2} \quad x > 10^4 \text{ m}$$

5.6.5. Modelul de difuzie “ K “

Fluxul turbulent este adesea considerat a fi proporțional cu gradientul mediu:

$$-w\bar{c} = K_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} \quad (33)$$

Această ipoteză, împreună cu ecuația de continuitate, conduce la un model de gradient de transport, numit modelul de difuzie K :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U_i \frac{\partial C}{\partial x_i} = S + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(K_i \frac{\partial C}{\partial x_i} \right) \quad (34)$$

unde : S – termen caracteristic sursei;

K_i – (K_x, K_y, K_z) – difuzivitatea turbulentă (dinamică).

În principiu este posibil să se prognozeze variația spațială și temporală a concentrației C, impunând condiții inițiale și la limită corespunzătoare, în plus o cunoaștere a câmpurilor temporale și spațiale ale lui U_i și K_i . În această abordare există două probleme fundamentale :

1. Câmpurile spațiale și temporale ale variabilelor meteorologice nu sunt atât de bine cunoscute pe cât am dori ;

2. Când este rezolvată această ecuație utilizând un computer, folosirea diferențelor finite poate conduce la soluții eronate.

Ultima problemă poate fi eliminată folosind soluții analitice, dar aceste soluții sunt posibile numai pentru forme foarte simple ale variabilelor meteorologice.

O ipoteză fundamentală pentru ecuațiile (33) și (34) este că dimensiunea norului difuzat este mai mare decât dimensiunea caracteristică vârtejurilor. De aceea, această tehnică nu este potrivită pentru calculul difuziei unei pene la distanțe mici în direcția vântului, provenind de la o sursă înaltă. În schimb este potrivită pentru calculul difuziei

verticale de la surse aflate la nivelul solului, surse de suprafață mare și surse volumice și pentru orice tip de sursă la scară globală sau regională.

Dintre soluțiile analitice ale ecuației (34) pot fi menționate :

- Soluția lui Roberts (1923) :

$$U \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad (35)$$

pentru o sursă liniară Q_1 și U și K_z variază cu înălțimea ridicată la o putere :

$$u = u_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^m \quad \text{și} \quad K_z = K_{z1} \left(\frac{z}{z_1} \right)^n \quad (36)$$

În condiții neutre $m = 0,2$ și $n = 0,8$.

- Modelele rusești se bazează pe ipoteza :

$$K_z = \frac{K_{z1}z}{z_1} \quad (z < h)$$

$$K_z = \frac{K_{z1}h}{z_1} \quad (z > h) \quad (37)$$

unde se alege $h \approx 100\text{m}$ și $K_{z1} \approx 0,2 \text{ m}^2/\text{s}$.

Niewstadt (1980) a sugerat o soluție analitică a ecuației (35), cu condițiile la limită :

$$K_z \frac{\partial C}{\partial z} = 0 \quad \text{pentru } z = 0 \text{ și } z = h$$

Se presupune că sursa este o suprafață de emisie instantanee, iar $K_z = cu * z(1 - z/h)$.

5.7. Aprecierea valabilității modelelor de difuzie în estimarea concentrației noxelor

Verkantram (1979) a subliniat că un model prognozează o concentrație medie de ansamblu, care nu este de așteptat să fie aceeași cu o singură concentrație măsurată chiar dacă modelul ar fi perfect. Pentru compararea rezultatelor măsurărilor cu modelul trebuie calculată o medie de ansamblu a concentrațiilor măsurate. Pentru generarea unei

medii de ansamblu, ar trebui luate în calcul numai concentrațiile măsurate și care sunt caracterizate de condițiile meteorologice similare (viteză și direcție a vântului, stabilitate) și emisie de noxe similare. Trebuie calculată apoi variația statistică a concentrației măsurate pentru mai multe seturi de date pentru a determina variația naturală a datelor, care arată performanța modelelor.

Pentru analiza variației naturale este necesar un experiment de termen lung, astfel ca un număr cât mai mare de măsurări să fie inclus în fiecare set de date cu condiții meteo și ale sursei, identice. De exemplu, Hanna (1981) a ales măsurările orare pentru concentrația de CO și SO₂, în zona St.Louis (SUA), pentru întreg anul 1976, măsurate cu 25 de stații din zonă.

Pentru eliminarea defectelor emisiilor variabile, a fost folosit raportul C/Q, unde Q este emisia totală de CO sau SO₂, pentru o anumită oră în întreaga zonă. Pentru a asigura 10 până la 100 ore de măsurări pentru fiecare calcul a variației naturale, măsurările fiecărei stații au fost împărțite în următoarele clase :

18 clase de direcția vântului : 0° – 20° ; 20° – 40° ;; 320° – 340° ; 340° – 360°

10 clase de viteza vântului: 0–1m/s; 1–2m/s;; 8–9m/s; >9m/s.

7 clase de stabilitate: 1.....7.

Deoarece măsurările orare de concentrație au aproximativ o distribuție logaritmică, a fost analizată variabila $\ln(C/Q)$. Calculându-se deviațiile standard pentru această variabilă, acestea au fost:

$$\overline{\sigma\left(\ln \frac{C}{Q}\right)} = 0,67 \text{ pentru CO și } \overline{\sigma\left(\ln \frac{C}{Q}\right)} = 0,96 \text{ pentru SO}_2.$$

Rezultă un factor de variație de 1,9 pentru concentrația CO și de 2,6 pentru concentrația SO₂. Se poate trage concluzia că variația naturală a concentrației orare a SO₂ și CO în acest experiment a fost în medie un factor de 2. Această variație contribuie la o slabă corelare între concentrațiile orare măsurate și calculate (Ruff, 1980).

Metodele pot fi aplicate cu rezultate foarte bune pentru difuzia orizontală, deoarece turbulența PBL este, în mod obișnuit, mult mai omogenă pe orizontală, decât pe verticală. Pentru difuzia pe verticală abordarea statistică a dat rezultate bune în medie, dar pe măsură ce x depășește valoarea de 1km, rezultatele sunt din ce în ce mai divergente. Motivul principal îl constituie faptul că turbulența pe verticală variază puternic cu z , așa că pe măsură ce z crește, ea avansează în regiuni caracterizate statistic de o turbulență substanțial diferită față de cea existentă la $z = z_s$.

5.8. Aplicarea modelelor statistice de difuzie la studiul dispersiei noxelor

Cele mai mari probleme în practica poluării aerului apar în zonele urbane, unde curentul de aer este modificat semnificativ de rugozitatea suprafețelor clădirilor și de "insulele de căldură". Modificarea conduce la o intensificare a procesului de amestec în aer față de același curent de aer care trece peste un teren relativ neted, neacoperit cu clădiri. În particular, stabilizarea caracteristică a aerului de la suprafața solului în nopțile senine se realizează la scară mai redusă sau, uneori, lipsește. Există și alte detalii importante în curgerea aerului, nu numai efectul unui corp de clădire, ci și "canalele" care crează și circulația aerului pe verticală în zonele stradale. În final, în afara condițiilor speciale ale curgerii aerului, noxele sunt emise de mai multe tipuri de surse, începând cu coșurile centralelor termice și ale fabricilor, până la coșurile sistemelor de încălzire individuale. Răspândirea largă a surselor individuale are consecințe importante asupra distribuției generale a concentrației de noxe în aer. De asemenea, pune probleme speciale în procedura de calcul pentru estimarea distribuției concentrației unui grup de surse și funcție de anumite date meteorologice.

5.8.1. Structura parametrilor de control ai CBL

Dispersia din stratul limită planetar este controlată de structura turbulentă a acestui strat. În ultimii 15 ani s-a realizat un progres foarte important în înțelegerea structurii PBL și a difuziei în special pentru cazul stratului limită convectiv diurn.

Stratul limită convectiv este important în special în cazul coșurilor înalte, deoarece concentrația maximă la nivelul solului se obține în timpul convecției. Concentrații mari la nivelul solului, pentru surse înalte, apar ca un rezultat al unui amestec între stratul de suprafață și baza unei zone de inversiune în CBL. Acest amestec este datorat în principal fluxului de căldură datorat încălzirii solului de către Soare. Această încălzire dă naștere la mișcări convective pe scară largă, cu urcușuri și coborâșuri, responsabile pentru caracterul de "looping" al penelor în condiții instabile.

Normele curente de lucru în modelarea dispersiei adoptă ecuația gaussiană a penei și presupun că parametrii de dispersie, lateral (σ_y) și vertical (σ_z), sunt cei determinați de curbele Pasquill–Gifford. Curbele sunt date pentru șase clase de stabilitate atmosferică, de la foarte instabilă (A) la foarte stabilă (F). Stabilitatea este estimată din criteriile Turner, bazate pe vânturi de suprafață, nebulozitate, plafonul norilor etc. În primul rând, curbele PG sunt bazate pe determinări de urme de la o sursă aflată la nivelul solului și pe concentrații măsurate doar până la aproximativ 800 m de sursă.

În aplicații, metoda PGT este folosită numai pentru surse apropiate de sol, dar și pentru coșuri înalte inclusiv pentru cele care evacuează o cantitate mare de căldură și au o înălțime mare a penei, practică criticată de nenumărate ori.

Cunoașterea din ce în ce mai bună PBL a motivat dezvoltarea unor modele de dispersie mai bune, ghidată de două necesități :

1. Modelele trebuie să nu fie prea complexe pentru a putea fi utilizabile în practica curentă ;

2. Modelele trebuie să includă esența fizicii PBL și a dispersiei.

Ipoteze privind CBL:

- omogen pe orizontală (proprietățile sale statice variază doar cu z);
- cvasistaționar (structura sa nu este afectată de modificarea condițiilor la limită în timpul zilei – înălțime, flux de căldură al suprafeței terestre).

Aceste ipoteze pot să constituie o bună aproximare pentru situațiile practice și conduc la o descriere simplă a câmpului vitezelor după cum s-a menționat, turbulența CBL este generată în principal de fluxul de căldură și mai puțin de frecare și tensiune superficială, caracterizate de viteză de frecare u^* . Efectele fluxului de căldură se extind până la h (înălțimea CBL), în timp ce efectele tensiunii sunt restrânse în principal la –

$z < L$, L – lungimea Monin – Obukhov. Cum – L este cuprinsă în mod obișnuit între 1 și 100m – h/L este în general mare (>10), dovedind că CBL este dominat de convecție.

Stabilirea CBL poate fi caracterizată de $-h/L$ sau w_*/u_* .

$$\frac{w_*}{u_*} = \left(-\frac{h}{kL} \right)^{1/3} \quad (38)$$

$k = 0,4$ reprezintă constanta von Karman

$$L = -\frac{u_*^3 T_0}{kgw \theta_0}, \text{ reprezintă lungimea Monin–Obukhov ;}$$

$$u_* = [(\tau_{x0}^2 + \tau_{y0}^2)^{1/2} / \rho]^{1/2}, \text{ viteza de frecare}$$

$$w_* = \left(\frac{g}{T_0} \overline{w\theta_0 z_i} \right)^{1/3}, \text{ scara de viteză pentru stratul de amestec}$$

$\overline{w\theta_0}$ (mK / S) , fluxul de căldură al suprafeței.

În unele modele de difuzie u_* este înlocuit cu U , viteza medie a vântului. Totuși, este mai corectă folosirea lui u_* ca o măsură a frecării, deoarece ține cont de rugozitatea locală.

Una dintre mărimile de mare interes în modelele de difuzie este funcția desității de probabilitate a vitezei verticale $p_w(w)$. Acest interes se datorează în principal evoluției (negaussiene) pe verticală a penelor pasive, descoperite prima dată în laborator de Willis și Deardoff (1976) și prin simulare numerică de Lamb (1978).

Lamb a calculat p_w din câmpul de viteze Deardoff, determinat prin simulare dinamică (tridimensional, variabil în timp), obținând o soluție numerică pentru ecuația de mișcare. Domeniul de calcul a avut dimensiunile 5x5 km plan și înălțime 2 km.

Se observă că p_w nu sunt simetrice la $w=0$, și deci negaussiene, dar sunt înclinate pozitiv ($\overline{w^3} > 0$). Cea mai probabilă viteză este negativă și aproximativ egală

cu $w_d(z)$, viteza medie a curentului de aer descendent la înălțimea z . Cea mai mare parte a suprafeței de sub curba $p_w(60\%)$ este în partea negativă a axei w , indicând o probabilitate mai mare de apariție a curenților de aer descendenți.

Pentru $-h/L < 10$, structura CBL este mai puțin documentată, dar se pare că depinde tot de $-h/L$, efectele turbulenței generate de tensiunea superficială extinzându-se până la adâncimi mai mari, pe măsură ce $-h/L$ scade. De exemplu, profilul σ_w/u calculat numeric de Deardoff (1972), arată o scădere progresivă a mărimii sale în regiunile de nivel mediu al CBL, pe măsură ce $-h/L$ scade de la 4,5 la 0 (stabilitate neutră). O altă caracteristică a acestui regim de stabilitate mai scăzută este apariția unor vârtejuri orizontale care au axele aliniată aproape de direcția vântului. Spre exemplu, sursele de noxe cu debite medii până la mari, pot produce concentrații ridicate la nivelul solului în condiții de stabilitate neutră însoțită de vânt puternic persistent.

5.9. Determinarea experimentală a imisiilor pentru diverse amplasamente din municipiul Timișoara

Determinarea nivelului de poluare a aerului cu noxe (NO_2 , SO_2 , O_3 , pulberi în suspensie - probe medii de lungă durată, s-a efectuat începând din anul 1995, prin prelevarea de probe în 3 puncte fixe ale municipiului Timișoara, (1 în zona centrală și 2 în zone industriale). Pe parcursul perioadelor analizate, nu s-au înregistrat depășiri ale concentrațiilor maxime admise (CMA) – STAS 12574-87 - în cazul poluanților gazoși.

Redăm valorile măsurătorile de SO_2 , NO_2 și pulberi, efectuate pentru aprecierea calității aerului pe perioada 1995-2001, precum și graficele corespunzătoare.

| | SO ₂ | | NO ₂ | | PS | |
|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-------|--------|
| | media | maxima | media | Maxima | media | maxima |
| Ian.95 | 0,005 | 0,008 | 0,02 | 0,028 | 0,048 | 0,08 |
| Feb.95 | 0,007 | 0,01 | 0,026 | 0,046 | 0,084 | 0,148 |
| Mar.95 | 0,008 | 0,01 | 0,03 | 0,047 | 0,087 | 0,147 |
| Apr.95 | 0,008 | 0,013 | 0,023 | 0,038 | 0,072 | 0,119 |
| Mai.95 | 0,006 | 0,01 | 0,018 | 0,024 | 0,07 | 0,13 |

| | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Iun.95 | 0,009 | 0,01 | 0,018 | 0,03 | 0,084 | 0,101 |
| Iul.95 | 0,007 | 0,014 | 0,02 | 0,055 | 0,088 | 0,115 |
| Aug.95 | 0,018 | 0,061 | 0,036 | 0,077 | 0,081 | 0,109 |
| Sep.95 | 0,12 | 0,193 | 0,035 | 0,064 | 0,064 | 0,115 |
| Oct.95 | 0,079 | 0,196 | 0,054 | 0,099 | 0,086 | 0,132 |
| Nov.95 | 0,057 | 0,117 | 0,049 | 0,093 | 0,052 | 0,094 |
| Dec.95 | 0,073 | 0,117 | 0,03 | 0,075 | 0,036 | 0,068 |
| | | | | | | |
| Ian.96 | 0,089 | 0,157 | 0,04 | 0,077 | 0,041 | 0,076 |
| Feb.96 | 0,108 | 0,144 | 0,032 | 0,045 | 0,048 | 0,086 |
| Mar.96 | 0,105 | 0,147 | 0,037 | 0,096 | 0,066 | 0,101 |
| Apr.96 | 0,013 | 0,023 | 0,031 | 0,056 | 0,071 | 0,109 |
| Mai.96 | 0,056 | 0,109 | 0,028 | 0,044 | 0,07 | 0,105 |
| Iun.96 | 0,049 | 0,1 | 0,028 | 0,046 | 0,075 | 0,113 |
| Iul.96 | 0,047 | 0,084 | 0,031 | 0,039 | 0,078 | 0,094 |
| Aug.96 | 0,032 | 0,057 | 0,026 | 0,039 | 0,073 | 0,105 |
| Sep.96 | 0,057 | 0,11 | 0,034 | 0,068 | 0,041 | 0,085 |
| Oct.96 | 0,067 | 0,105 | 0,023 | 0,037 | 0,061 | 0,077 |
| Nov.96 | 0,01 | 0,029 | 0,01 | 0,027 | 0,061 | 0,134 |
| Dec.96 | 0,014 | 0,029 | 0,012 | 0,028 | 0,053 | 0,118 |
| | | | | | | |
| Ian.97 | 0,013 | 0,026 | 0,021 | 0,051 | 0,053 | 0,114 |
| Feb.97 | 0,016 | 0,045 | 0,026 | 0,053 | 0,085 | 0,139 |
| Mar.97 | 0,012 | 0,024 | 0,015 | 0,031 | 0,078 | 0,138 |
| Apr.97 | 0,011 | 0,019 | 0,015 | 0,026 | 0,072 | 0,107 |
| Mai.97 | 0,009 | 0,017 | 0,01 | 0,027 | 0,056 | 0,134 |
| Iun.97 | 0,008 | 0,016 | 0,017 | 0,039 | 0,074 | 0,146 |
| Iul.97 | 0,013 | 0,029 | 0,017 | 0,03 | 0,058 | 0,122 |
| Aug.97 | 0,009 | 0,013 | 0,015 | 0,023 | 0,042 | 0,149 |

| | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Sep.97 | 0,009 | 0,011 | 0,019 | 0,025 | 0,049 | 0,146 |
| Oct.97 | 0,009 | 0,02 | 0,017 | 0,025 | 0,05 | 0,092 |
| Nov.97 | 0,008 | 0,012 | 0,017 | 0,023 | 0,03 | 0,08 |
| Dec.97 | 0,009 | 0,012 | 0,017 | 0,025 | 0,045 | 0,125 |
| Jan.98 | 0,012 | 0,037 | 0,02 | 0,1 | 0,026 | 0,068 |
| Mar.98 | 0,011 | 0,085 | 0,019 | 0,098 | 0,057 | 0,097 |
| Apr.98 | 0,006 | 0,03 | 0,01 | 0,037 | 0,022 | 0,039 |
| Mai.98 | 0,004 | 0,027 | 0,008 | 0,031 | 0,023 | 0,053 |
| Jun.98 | 0,003 | 0,013 | 0,006 | 0,016 | 0,046 | 0,108 |
| Jul.98 | 0,007 | 0,033 | 0,01 | 0,029 | 0,044 | 0,079 |
| Aug.98 | 0,004 | 0,015 | 0,004 | 0,009 | 0,071 | 0,267 |
| Sep.98 | 0,003 | 0,008 | 0,007 | 0,04 | 0,061 | 0,153 |
| Oct.98 | 0,003 | 0,01 | 0,006 | 0,016 | 0,045 | 0,113 |
| Nov.98 | 0,003 | 0,009 | 0,005 | 0,012 | 0,034 | 0,076 |
| Dec.98 | 0,002 | 0,006 | 0,009 | 0,06 | 0,049 | 0,123 |
| Jan.99 | 0,004 | 0,036 | 0,007 | 0,017 | 0,045 | 0,12 |
| Feb.99 | 0,004 | 0,015 | 0,006 | 0,013 | 0,028 | 0,061 |
| Mar.99 | 0,003 | 0,008 | 0,007 | 0,014 | 0,035 | 0,064 |
| Apr.99 | 0,009 | 0,029 | 0,008 | 0,018 | 0,027 | 0,087 |
| Mai.99 | 0,01 | 0,034 | 0,005 | 0,011 | 0,026 | 0,147 |
| Jun.99 | 0,006 | 0,02 | 0,004 | 0,014 | 0,03 | 0,106 |
| Jul.99 | 0,006 | 0,022 | 0,01 | 0,018 | 0,034 | 0,074 |
| Aug.99 | 0,005 | 0,01 | 0,007 | 0,019 | 0,029 | 0,052 |
| Sep.99 | 0,004 | 0,009 | 0,009 | 0,03 | 0,027 | 0,067 |
| Oct.99 | 0,004 | 0,015 | 0,007 | 0,024 | 0,035 | 0,063 |
| Nov.99 | 0,005 | 0,012 | 0,008 | 0,017 | 0,032 | 0,084 |
| Dec.99 | 0,004 | 0,012 | 0,01 | 0,071 | 0,034 | 0,207 |

| | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ian.00 | 0,004 | 0,019 | 0,008 | 0,021 | 0,046 | 0,094 |
| Feb.00 | 0,005 | 0,015 | 0,008 | 0,014 | 0,085 | 0,197 |
| Mar.00 | 0,004 | 0,017 | 0,007 | 0,015 | 0,067 | 0,169 |
| Apr.00 | 0,005 | 0,019 | 0,007 | 0,018 | 0,063 | 0,114 |
| Mai.00 | 0,006 | 0,025 | 0,006 | 0,011 | 0,061 | 0,111 |
| Iun.00 | 0,006 | 0,016 | 0,012 | 0,03 | 0,049 | 0,112 |
| Iul.00 | 0,006 | 0,023 | 0,006 | 0,014 | 0,054 | 0,117 |
| Aug.00 | 0,005 | 0,023 | 0,007 | 0,016 | 0,076 | 0,148 |
| Sep.00 | 0,007 | 0,02 | 0,009 | 0,014 | 0,073 | 0,128 |
| Oct.00 | 0,004 | 0,023 | 0,008 | 0,019 | 0,077 | 0,238 |
| Nov.00 | 0,012 | 0,044 | 0,01 | 0,028 | 0,069 | 0,226 |
| Dec.00 | 0,008 | 0,032 | 0,011 | 0,02 | 0,06 | 0,131 |

| | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ian.01 | 0,006 | 0,012 | 0,011 | 0,023 | 0,073 | 0,196 |
| Feb.01 | 0,009 | 0,036 | 0,013 | 0,032 | 0,056 | 0,214 |
| Mar.01 | 0,012 | 0,033 | 0,012 | 0,024 | 0,036 | 0,072 |
| Apr.01 | 0,01 | 0,029 | 0,016 | 0,031 | 0,05 | 0,123 |
| Mai.01 | 0,009 | 0,029 | 0,012 | 0,023 | 0,05 | 0,119 |
| Iun.01 | 0,004 | 0,017 | 0,008 | 0,014 | 0,043 | 0,113 |
| Iul.01 | 0,004 | 0,007 | 0,008 | 0,015 | 0,044 | 0,093 |
| Aug.01 | 0,007 | 0,017 | 0,011 | 0,016 | 0,06 | 0,095 |
| Sep.01 | 0,006 | 0,012 | 0,016 | 0,033 | 0,05 | 0,114 |
| Oct.01 | 0,006 | 0,025 | 0,014 | 0,026 | 0,084 | 0,218 |
| Nov.01 | 0,004 | 0,008 | 0,01 | 0,018 | 0,059 | 0,17 |
| Dec.01 | 0,003 | 0,005 | 0,01 | 0,015 | 0,067 | 0,131 |

SO2 Timisoara - bul. Mihai Viteazul 32

CMA=0,25 mg/mc

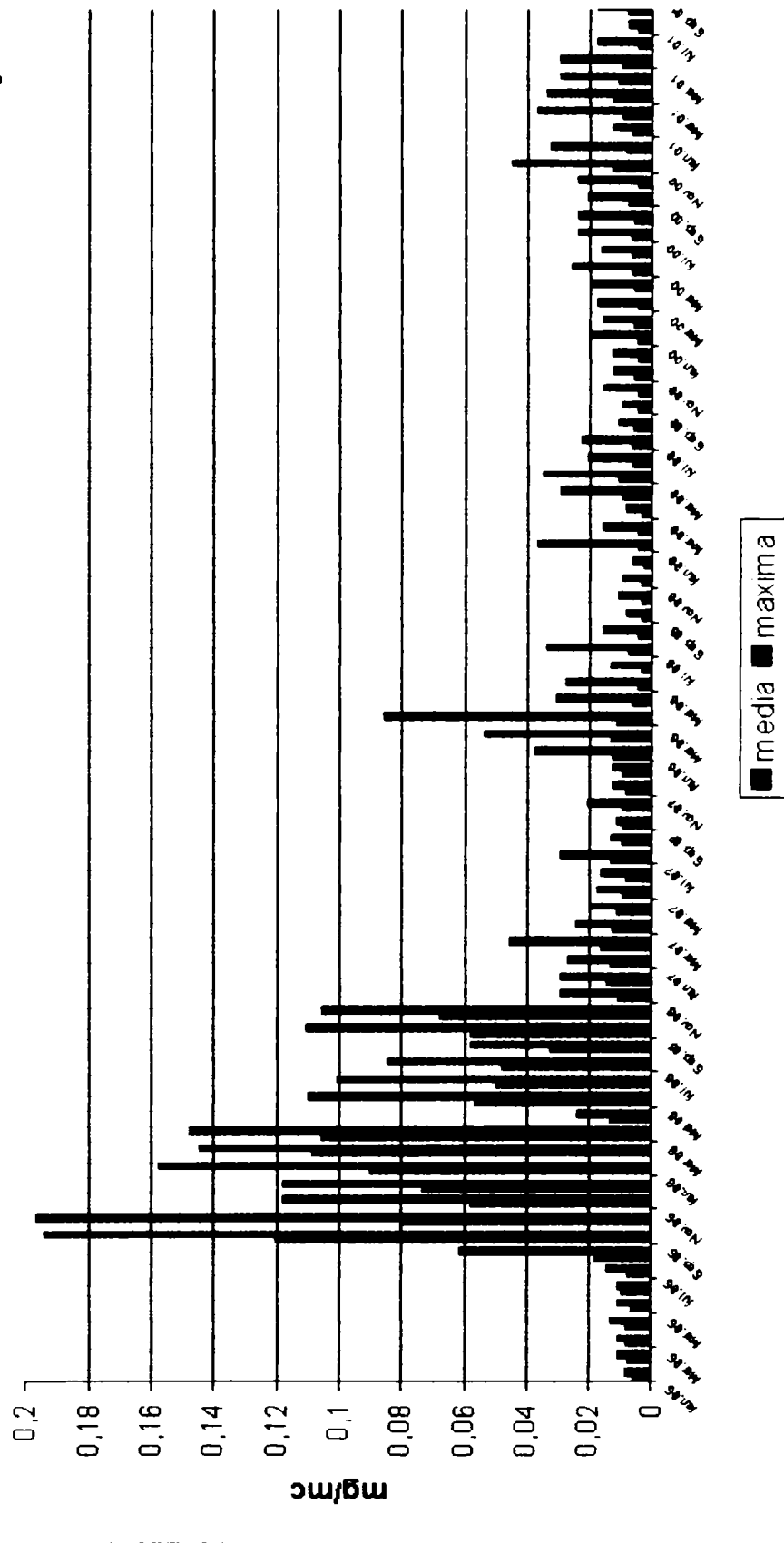


Fig. nr. 5.5.

NO2 Timisoara - bul. Mihai Viteazul 32

CMA=0,1 mg/mc

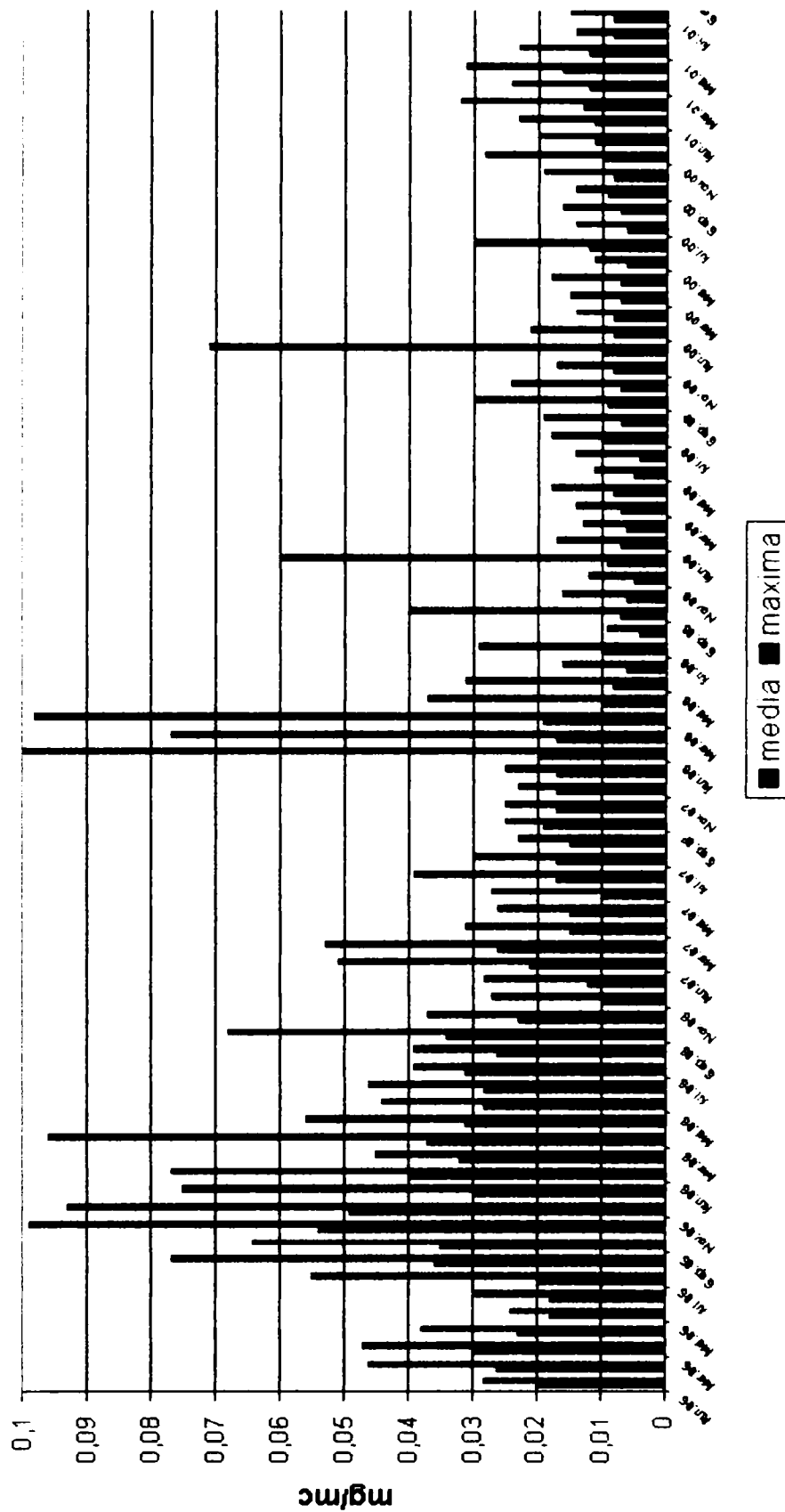


Fig.nr.5.6.

pulberi in suspensie Timisoara - bul. Mihai Viteazul 32

CMA=0,15 mg/mc

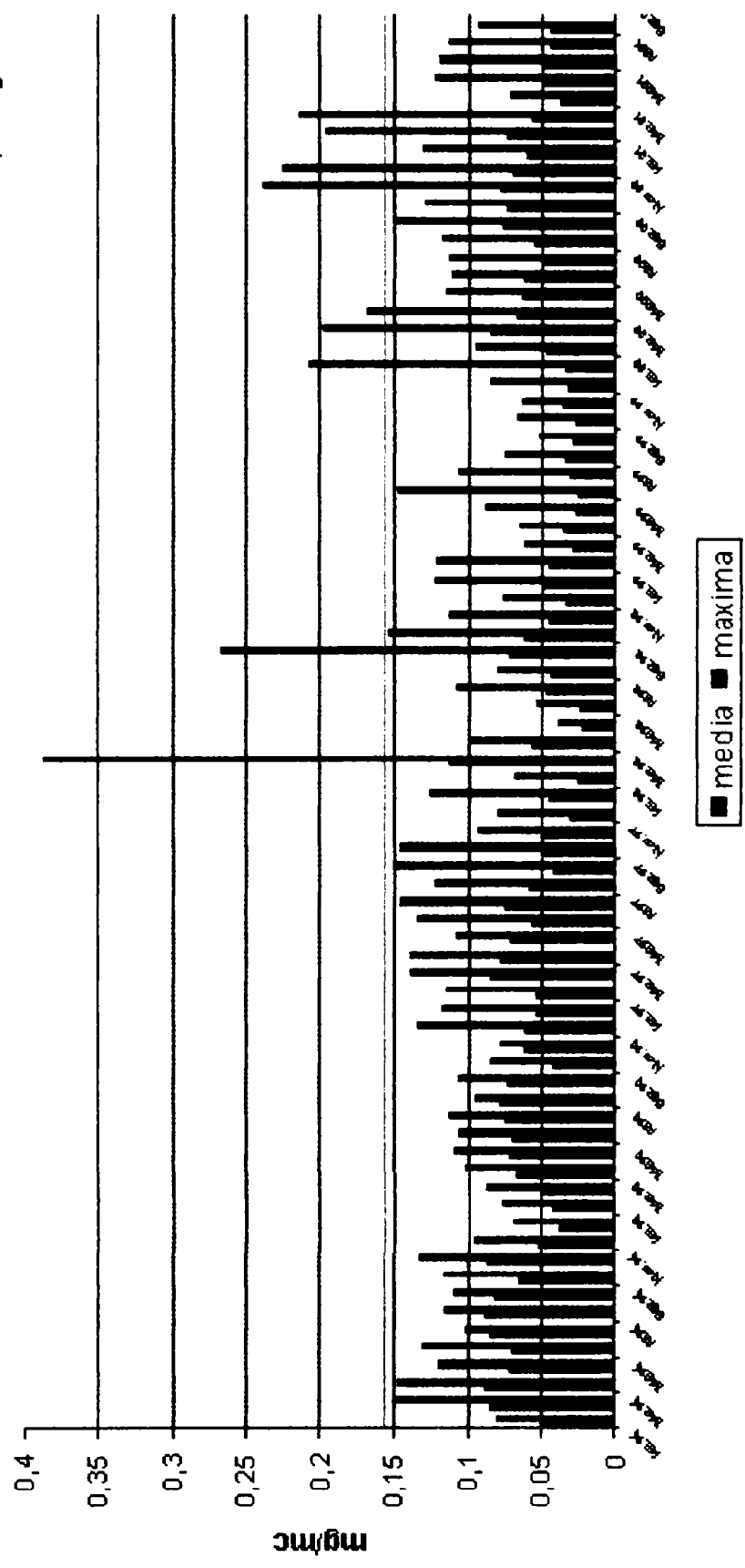


Fig.nr.5.7.

Valorile măsurătorile de SO₂, NO₂ și pulberi prezentate grafic pe perioada 2001-2002 sunt următoarele:

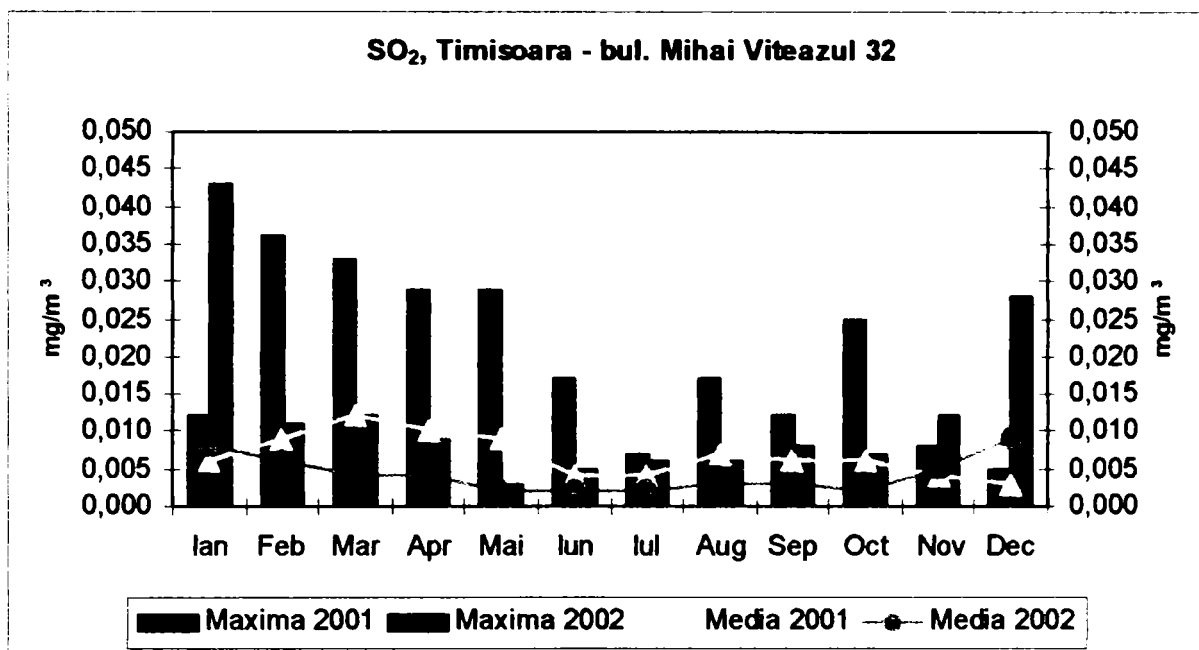


Fig.nr.5.8.

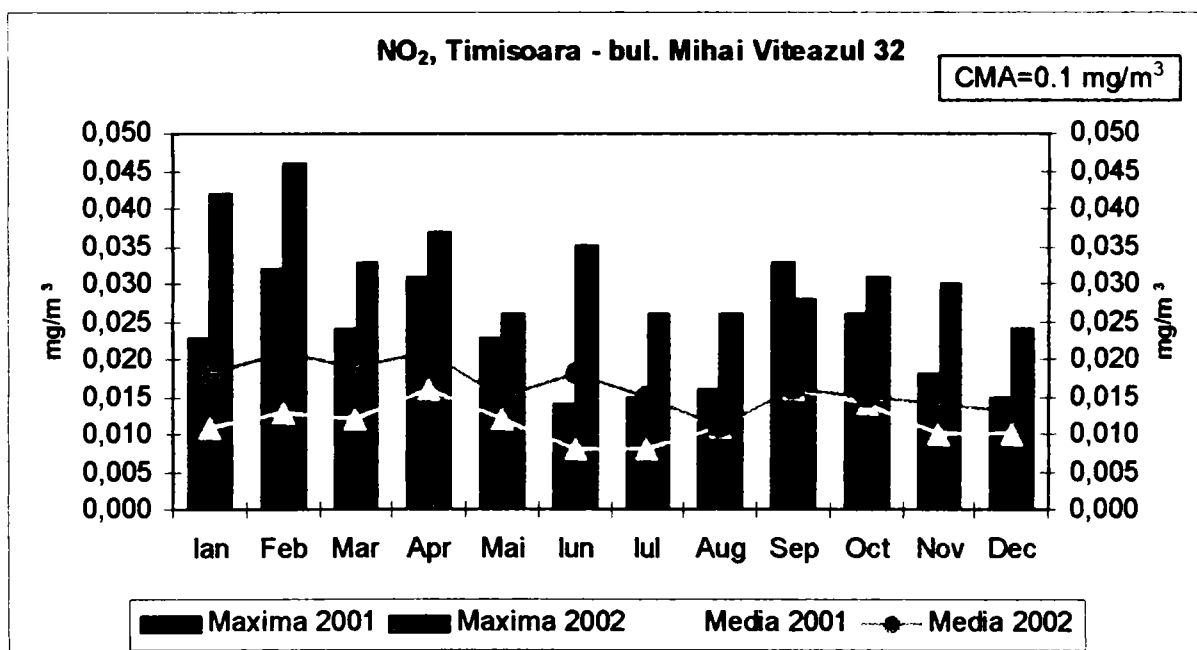


Fig.nr.5.9.

Pulberi in suspensie Timisoara, bul. Stan Vidrighin

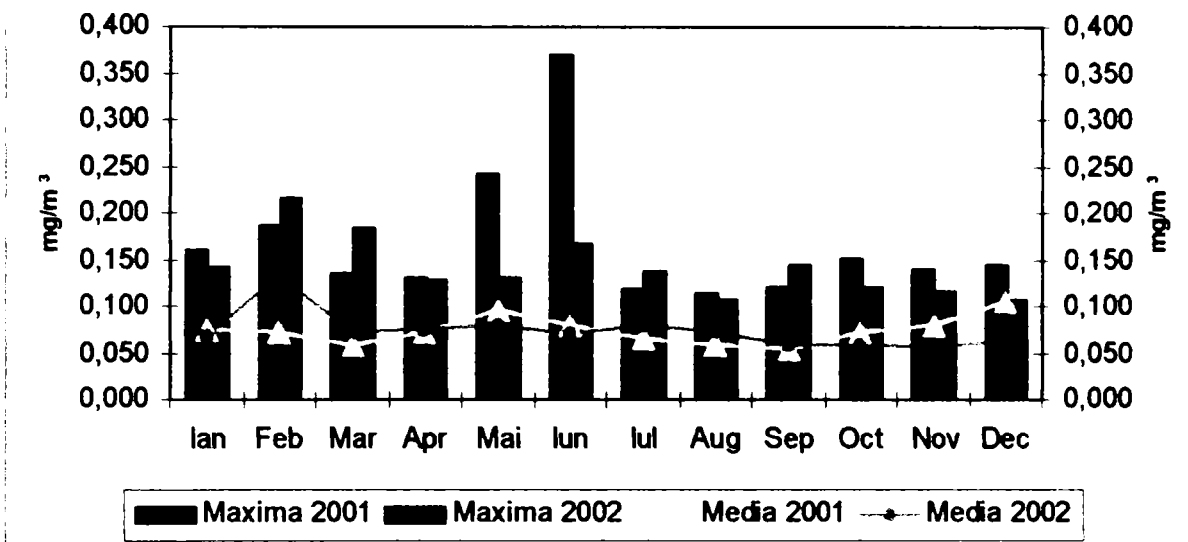


Fig.nr.5.10.

Pulberi in suspensie Timisoara, bul. Mihai Viteazul

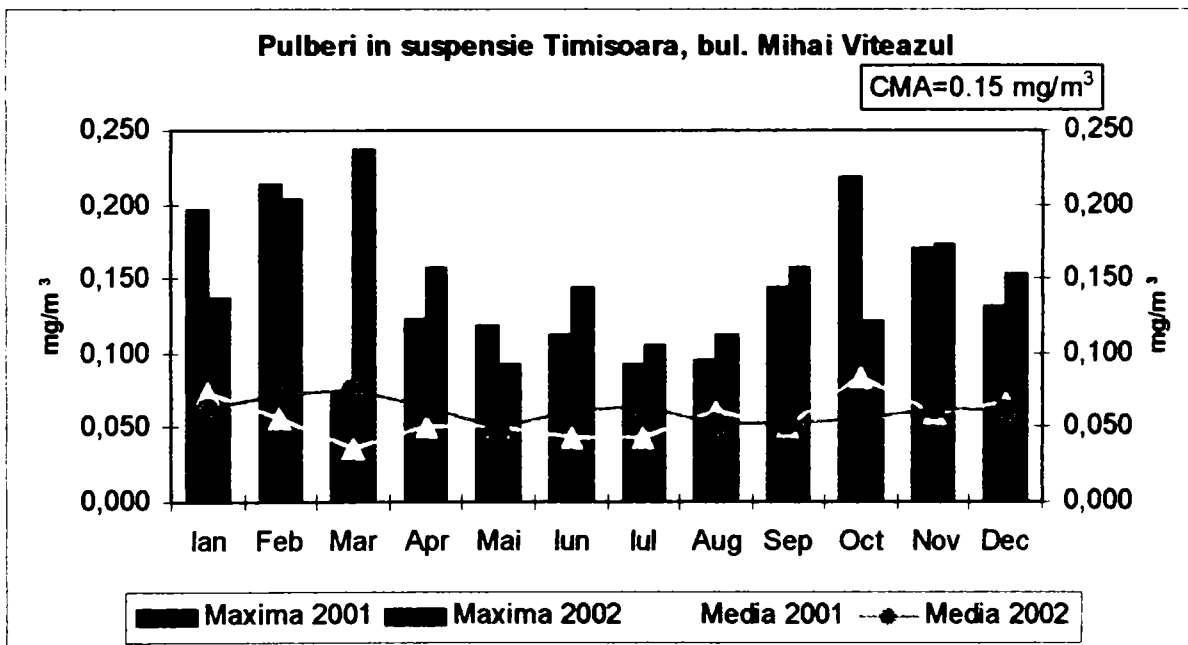


Fig.nr.5.11.

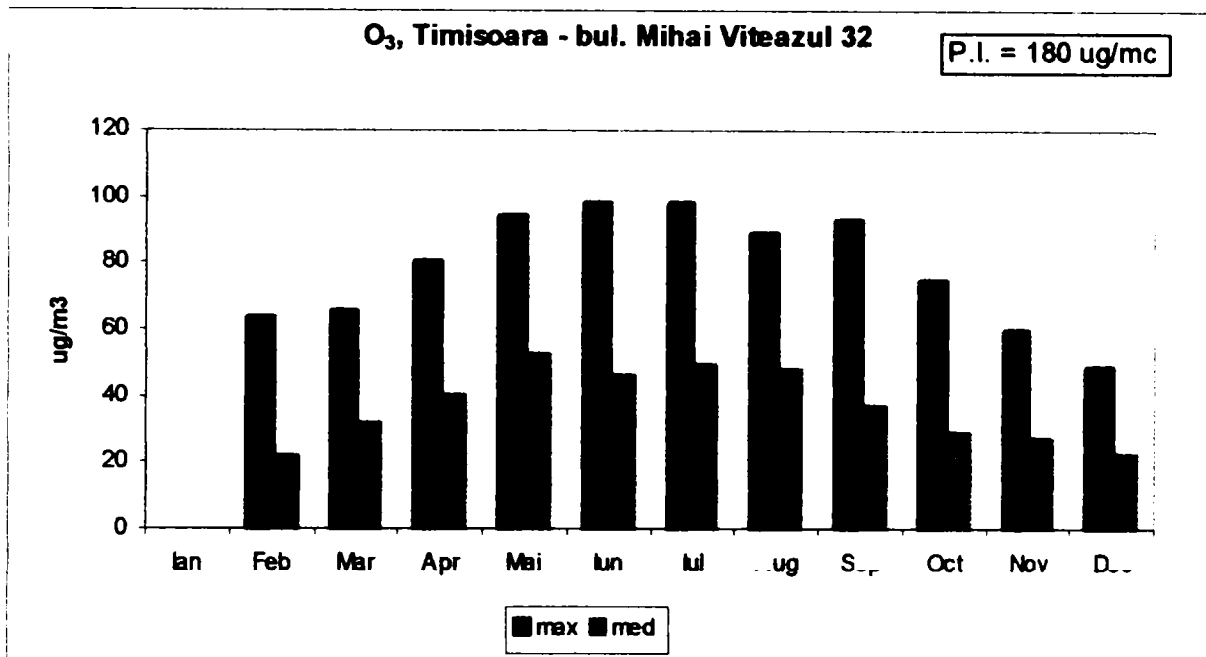


Fig.nr.5.12.

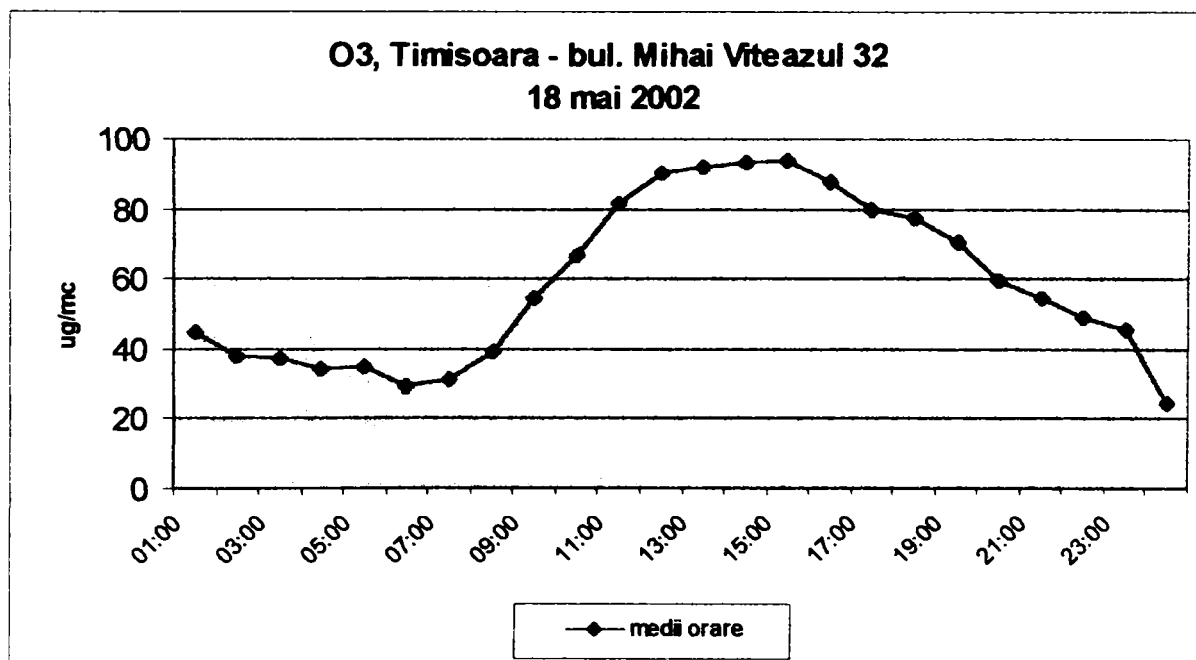


Fig.nr.5.13.

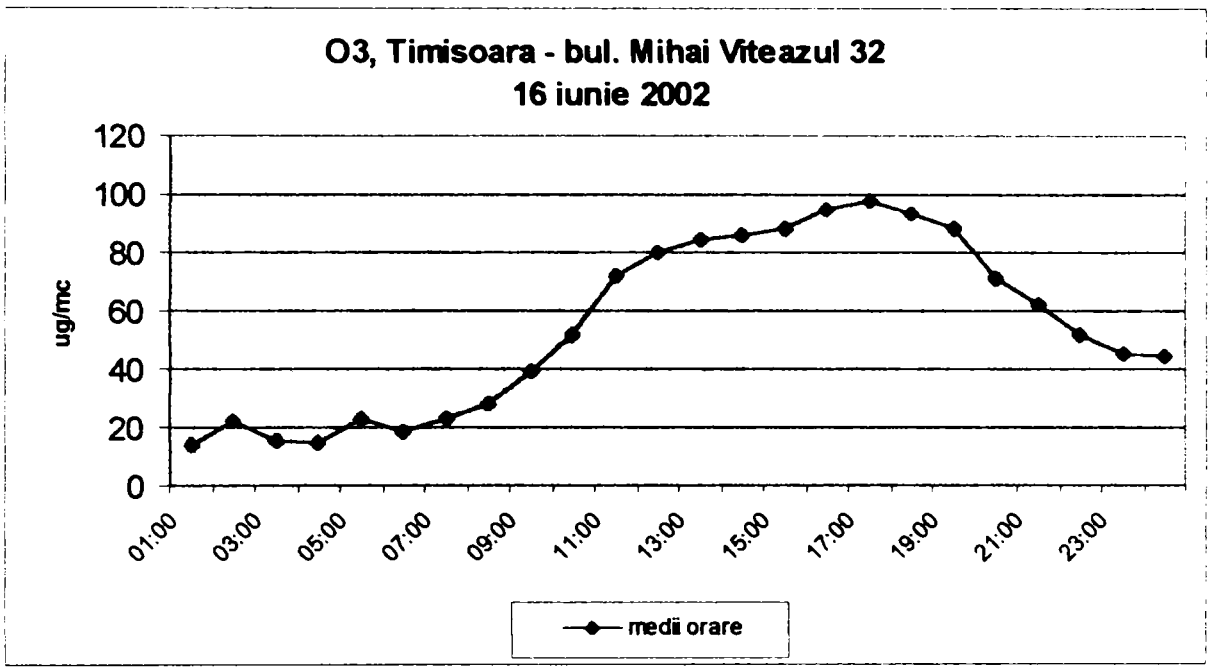


Fig.nr.5.14.

Prezentăm grafic comparativ noxele măsurate în 2002 și 2003:

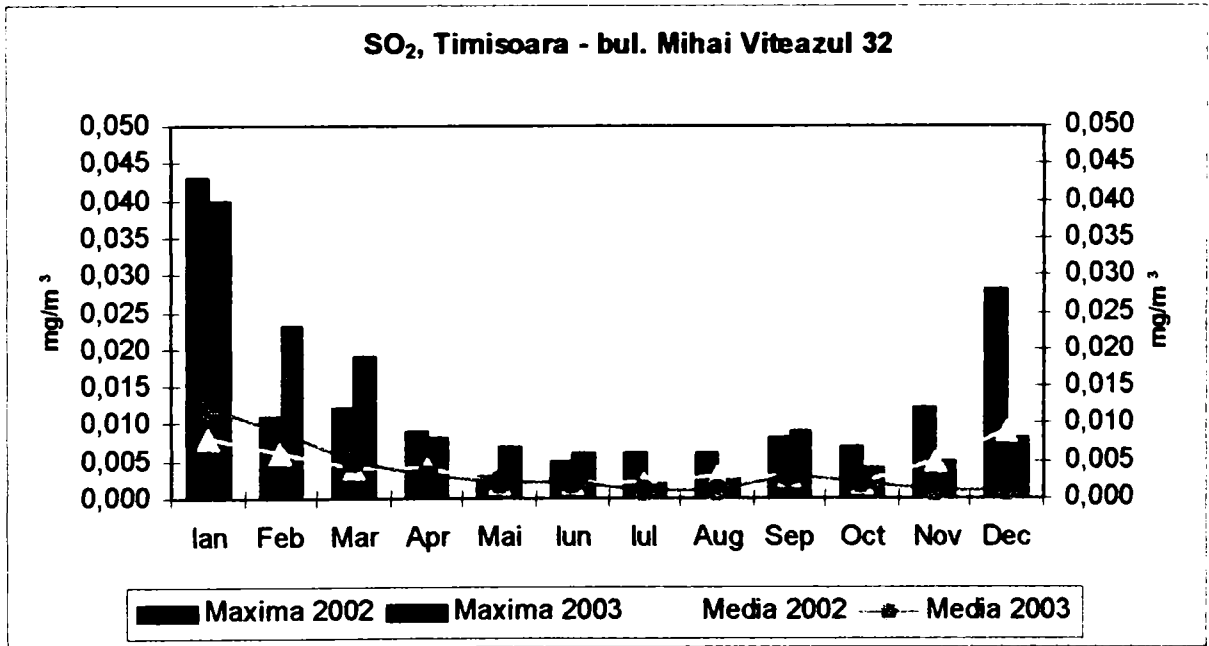


Fig.nr.5.15.

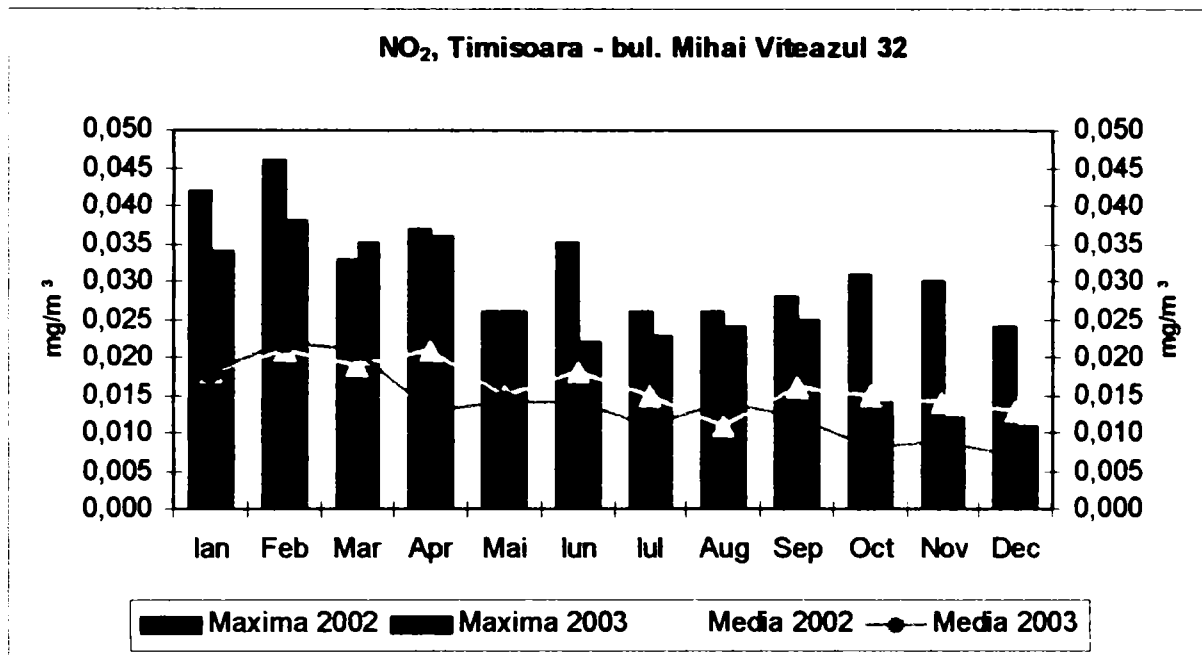


Fig.nr.5.16.

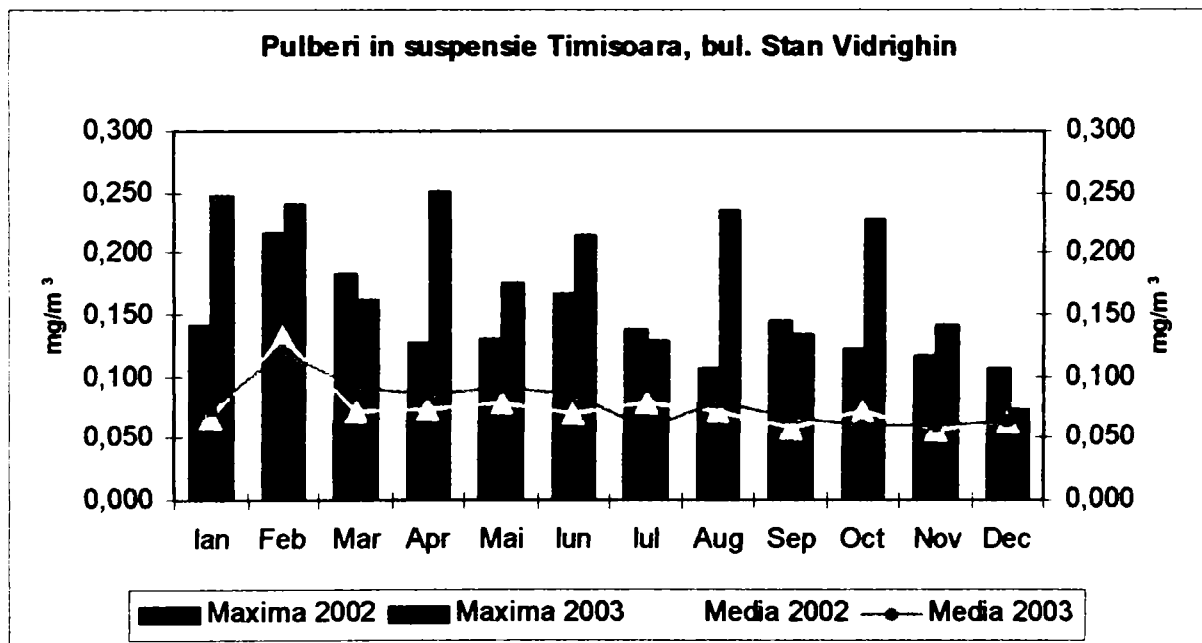


Fig.nr.5.17.

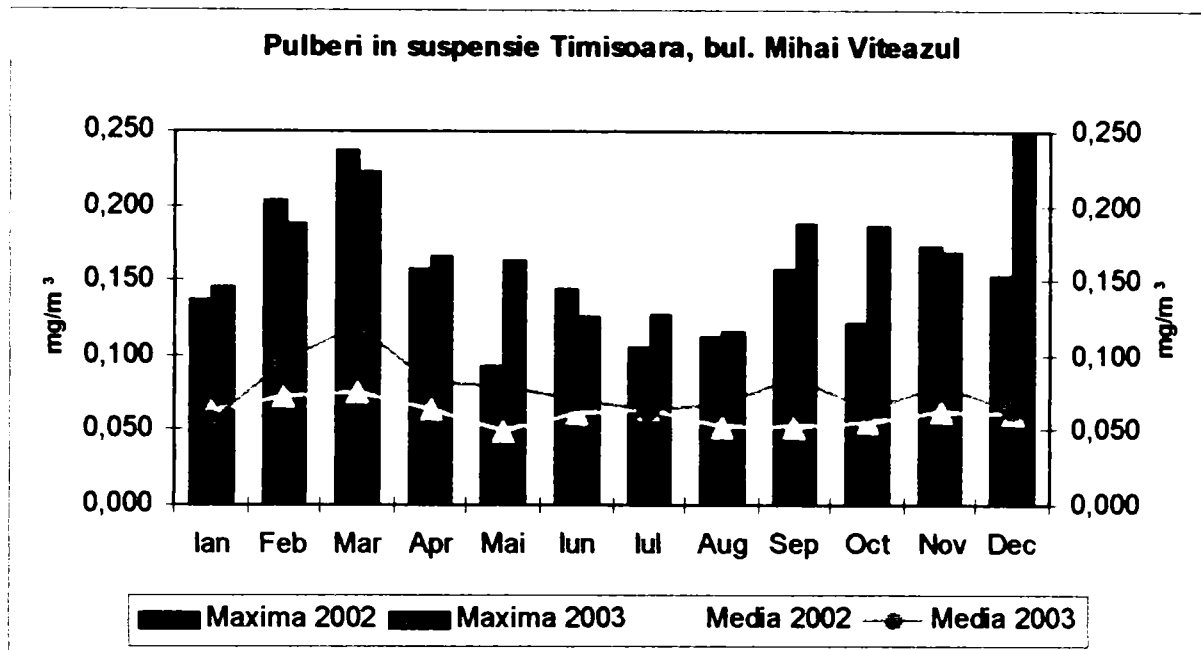


Fig nr 5.18.

Redăm în continuare valorile zilnice ale noxelor înregistrate pentru aprecierea calității aerului în lunile ianuarie, mai, iulie și octombrie ale anului 2003.

IANUARIE 2003

Date despre calitatea aerului - Timișoara

Luna: ianuarie

Anul: 2003

Zona centrală

Punctul de prelevare: Bul. M. Viteazul

| Ziua | Poluanți gazoși probe medii pe 24 ore mg/mc | | | Pulberi în suspensie mg/mc |
|------|---|-----------------|-----------------|----------------------------------|
| | SO ₂ | NO ₂ | NH ₃ | |
| 1 | 0,003 | 0,006 | | 0,019 |
| 2 | 0,003 | 0,013 | | 0,035 |
| 3 | 0,001 | 0,02 | | 0,061 |
| 4 | 0,003 | 0,018 | | 0,033 |
| 5 | 0,002 | 0,01 | | 0,011 |
| 6 | 0,004 | 0,014 | | 0,018 |
| 7 | 0,006 | 0,015 | | 0,02 |
| 8 | 0,01 | 0,017 | | 0,047 |
| 9 | 0,014 | 0,022 | | 0,057 |

| | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| 10 | 0,025 | 0,008 | | 0,063 |
| 11 | 0,022 | 0,017 | | 0,033 |
| 12 | 0,01 | 0,021 | | 0,081 |
| 13 | 0,016 | 0,024 | | 0,13 |
| 14 | 0,04 | 0,016 | | 0,055 |
| 15 | 0,016 | 0,029 | | 0,093 |
| 16 | 0,004 | 0,034 | | 0,075 |
| 17 | 0,026 | 0,026 | | 0,06 |
| 18 | 0,025 | 0,022 | | 0,066 |
| 19 | 0,005 | 0,022 | | 0,094 |
| 20 | 0,008 | 0,031 | | 0,146 |
| 21 | 0,031 | 0,023 | | 0,078 |
| 22 | 0,02 | 0,021 | | 0,019 |
| 23 | 0,014 | 0,012 | | 0,037 |
| 24 | 0,008 | 0,019 | | 0,045 |
| 25 | 0,01 | 0,017 | | 0,057 |
| 26 | 0,012 | 0,015 | | 0,073 |
| 27 | 0,003 | 0,017 | | 0,054 |
| 28 | 0,009 | 0,012 | | 0,047 |
| 29 | 0,004 | 0,019 | | 0,037 |
| 30 | 0,003 | 0,017 | | 0,038 |
| 31 | 0,008 | 0,016 | 0,000 | 0,010 |
| C.M.A. | 0,25 | 0,1 | 0,1 | 0,15 |
| Suma val. | 0,365 | 0,573 | 0 | 1,692 |
| Conc. Medie | 0,012 | 0,018 | 0,000 | 0,055 |
| Conc. Max. | 0,04 | 0,034 | 0 | 0,146 |
| Conc. Min | 0,001 | 0,006 | 0 | 0,01 |
| Nr. Val. | 31 | 31 | 1 | 31 |
| Nr. Depasiri | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Frecv. Dep. | 0 | 0 | 0 | 0,000 |

Date despre calitatea aerului – Timișoara

Luna: mai

Anul: 2003

Zona centrală

Punctul de prelevare: Bul. M. Viteazul

| Ziua | Poluanți gazoși probe medii pe 24 ore mg/mc | | | Pulberi în suspensie mg/mc |
|------|---|-----------------|-----------------|----------------------------------|
| | SO ₂ | NO ₂ | NH ₃ | |
| 1 | 0,001 | 0,0141 | | 0,0682 |
| 2 | 0,001 | 0,0167 | | 0,1302 |
| 3 | 0,001 | 0,0094 | | 0,0907 |
| 4 | 0,0022 | 0,015 | | 0,0614 |
| 5 | 0,003 | 0,0218 | | 0,1031 |
| 6 | 0,0068 | 0,0125 | | 0,0762 |
| 7 | 0,0012 | 0,0145 | | 0,0974 |
| 8 | - | 0,016 | | 0,0961 |
| 9 | - | 0,0188 | | 0,1279 |
| 10 | - | 0,0017 | | 0,1636 |
| 11 | - | 0,0053 | | 0,0481 |
| 12 | - | 0,0155 | | 0,0961 |
| 13 | - | 0,0219 | | 0,0959 |
| 14 | - | 0,0212 | | 0,0667 |
| 15 | - | 0,0157 | | 0,0583 |
| 16 | - | 0,0194 | | 0,0751 |
| 17 | - | 0,0124 | | 0,0402 |
| 18 | - | 0,0117 | | 0,0817 |
| 19 | - | 0,0211 | | 0,0809 |
| 20 | - | 0,0138 | | 0,0741 |
| 21 | 0,001 | 0,0086 | | 0,0678 |
| 22 | 0,001 | 0,0014 | | 0,0584 |
| 23 | 0,001 | 0,0265 | | 0,096 |
| 24 | 0,001 | 0,017 | | 0,0194 |
| 25 | 0,001 | 0,0097 | | 0,0565 |
| 26 | 0,002 | 0,0148 | | 0,075 |
| 27 | 0,0022 | 0,0159 | | 0,0777 |

| | | | | |
|--------------|--------|--------|-------|--------|
| 28 | 0,0052 | 0,0173 | | 0,1057 |
| 29 | 0,0035 | 0,0177 | | 0,0662 |
| 30 | 0,001 | 0,0074 | | 0,03 |
| 31 | 0,001 | 0,0065 | 0,000 | 0,071 |
| C.M.A. | 0,25 | 0,1 | 0,1 | 0,15 |
| Suma val. | 0,0361 | 0,4413 | 0 | 2,456 |
| Conc. Medie | 0,002 | 0,014 | 0,000 | 0,079 |
| Conc. Max. | 0,0068 | 0,0265 | 0 | 0,1636 |
| Conc. Min | 0,001 | 0,0014 | 0 | 0,0194 |
| Nr. Val. | 18 | 31 | 1 | 31 |
| Nr. Depasiri | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Frecv. Dep. | 0 | 0 | 0 | 3,226 |

IULIE 2003

Date despre calitatea aerului – Timișoara

Luna: iulie

Anul: 2003

Zona centrală

Punctul de prelevare: Bul. M. Viteazul

| Ziua | Poluanți gazoși probe medii pe 24 ore mg/mc | | Pulberi în suspensie mg/mc | PM 10 μg/mc |
|------|---|-----------------|----------------------------------|----------------|
| | SO ₂ | NO ₂ | | |
| | mg/mc | mg/mc | | |
| 1 | 0,001 | 0,012 | 0,09 | 51,72 |
| 2 | 0,001 | 0,016 | 0,089 | 54,13 |
| 3 | 0,001 | 0,002 | 0,093 | 49,12 |
| 4 | 0,001 | 0,016 | 0,044 | 15,3 |
| 5 | 0,001 | 0,011 | 0,061 | 27,14 |
| 6 | 0,001 | 0,008 | 0,036 | 21,49 |
| 7 | 0,001 | 0,012 | 0,093 | 24,86 |
| 8 | | 0,023 | 0,062 | 32,46 |
| 9 | 0,001 | 0,013 | 0,101 | 39,72 |
| 10 | 0,001 | 0,008 | 0,061 | 39,94 |
| 11 | 0,001 | 0,016 | 0,051 | 28,47 |
| 12 | 0,001 | 0,02 | 0,098 | 48,76 |

| | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|---------|
| 13 | 0,001 | 0,009 | 0,02 | 22,27 |
| 14 | 0,001 | 0,016 | 0,07 | 54,89 |
| 15 | 0,001 | 0,008 | 0,078 | 44,25 |
| 16 | 0,001 | 0,015 | 0,089 | 56,78 |
| 17 | 0,001 | 0,006 | 0,127 | 50,61 |
| 18 | 0,001 | 0,005 | 0,087 | |
| 19 | 0,001 | 0,003 | 0,064 | 30,57 |
| 20 | 0,001 | 0,011 | 0,06 | 28,97 |
| 21 | 0,001 | 0,016 | 0,07 | 57,28 |
| 22 | 0,001 | 0,011 | 0,068 | |
| 23 | 0,002 | 0,012 | 0,075 | 48,85 |
| 24 | 0,001 | 0,008 | 0,01 | 33,4 |
| 25 | 0,001 | 0,011 | 0,039 | 44,7 |
| 26 | 0,001 | 0,011 | 0,019 | |
| 27 | 0,001 | 0,011 | 0,038 | |
| 28 | 0,001 | 0,009 | 0,025 | 42,21 |
| 29 | 0,001 | 0,006 | 0,034 | 10,6 |
| 30 | 0,001 | 0,004 | 0,05 | 26,67 |
| 31 | 0,002 | 0,014 | 0,070 | 43,21 |
| C.M.A. | 0,25 | 0,1 | 0,15 | 75 |
| Suma val. | 0,032 | 0,343 | 1,972 | 1028,37 |
| Conc. Medie | 0,001 | 0,011 | 0,064 | 38,088 |
| Conc. Max. | 0,002 | 0,023 | 0,127 | 57,28 |
| Conc. Min | 0,001 | 0,002 | 0,01 | 10,6 |
| Nr. Val. | 30 | 31 | 31 | 27 |
| Nr. Depasiri | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Frecv. Dep. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

OCTOMBRIE 2003

Date despre calitatea aerului - Timișoara

Luna: octombrie

Anul: 2003

Zona centrală

Punctul de prelevare: Bul. M. Viteazul

| | | | |
|------|--|--|--|
| Ziua | | | |
|------|--|--|--|

| | Poluanți gazoși probe medii pe 24 ore mg/mc | | Pulberi în suspensie mg/mc | PM 10 μg/mc |
|----|---|-----------------|----------------------------------|--------------------|
| | SO ₂ | NO ₂ | | |
| | mg/mc | mg/mc | | |
| 1 | 0,003 | 0,012 | 0,122 | 65,26 |
| 2 | 0,004 | 0,01 | 0,077 | 75 |
| 3 | 0,001 | 0,003 | 0,082 | 78,38 |
| 4 | 0,001 | 0,008 | 0,053 | - |
| 5 | 0,001 | 0,006 | 0,02 | - |
| 6 | 0,001 | 0,01 | 0,03 | - |
| 7 | 0,003 | 0,008 | 0,063 | - |
| 8 | 0,002 | 0,001 | 0,042 | - |
| 9 | 0,004 | 0,01 | 0,021 | - |
| 10 | 0,003 | 0,013 | 0,021 | - |
| 11 | 0,001 | 0,007 | 0,179 | - |
| 12 | 0,003 | 0,005 | 0,053 | - |
| 13 | 0,001 | 0,014 | 0,187 | - |
| 14 | 0,003 | 0,014 | 0,067 | 50,2 |
| 15 | 0,001 | 0,011 | 0,066 | 50,88 |
| 16 | 0,001 | 0,0093 | 0,079 | 66,1 |
| 17 | 0,001 | 0,0038 | 0,057 | 21,57 |
| 18 | 0,001 | 0,0081 | 0,154 | - |
| 19 | 0,001 | 0,006 | 0,035 | 31,39 |
| 20 | 0,003 | 0,0048 | 0,024 | 34,51 |
| 21 | 0,001 | 0,008 | 0,044 | 24,79 |
| 22 | 0,003 | 0,006 | 0,033 | 38,68 |
| 23 | 0,001 | 0,012 | 0,116 | 61,26 |
| 24 | 0,002 | 0,009 | 0,034 | 53,13 |
| 25 | 0,001 | 0,01 | 0,036 | 62,87 |
| 26 | 0,001 | 0,01 | 0,036 | 33,53 |
| 27 | 0,001 | 0,008 | 0,085 | 72,45 |
| 28 | 0,001 | 0,009 | 0,037 | 75 |
| 29 | 0,001 | 0,009 | 0,063 | 5,099 |
| 30 | 0,001 | 0,004 | 0,044 | - |

| | | | | |
|--------------|-------|-------|------------|---------|
| 31 | 0,001 | 0,007 | 0,034 | - |
| C.M.A. | 0,25 | 0,1 | 0,15 | 75 |
| Suma val. | 0,053 | 0,256 | 1,994 | 900,099 |
| Conc. Medie | 0,002 | 0,008 | 0,064 | 50,006 |
| Conc. Max. | 0,004 | 0,014 | 0,187 | 78,38 |
| Conc. Min | 0,001 | 0,001 | 0,02 | 5,099 |
| Nr. Val. | 31 | 31 | 31 | 18 |
| Nr. Depasiri | 0 | 0 | 3 | 1 |
| Frecv. Dep. | 0 | 0 | 9,67741935 | 5,56 |

În continuare redăm valorile zilnice ale noxelor înregistrate pentru aprecierea calității aerului în primele trei luni ale anului 2004.

IANUARIE

Date despre calitatea aerului - Timișoara

Luna: ianuarie

Anul: 2004

Zona centrală

Punctul de prelevare: Bul. M. Viteazul

| Ziua | Poluanți gazoși probe medii pe 24 ore mg/mc | | Pulberi în suspensie mg/mc | PM 10 μg/mc |
|------|---|-----------------|----------------------------------|----------------|
| | SO ₂ | NO ₂ | | |
| | mg/mc | mg/mc | | |
| 1 | 0,001 | 0,003 | 0,053 | 68,77 |
| 2 | 0,002 | 0,005 | 0,019 | 39,14 |
| 3 | 0,001 | 0,004 | 0,011 | 26,25 |
| 4 | 0,001 | 0,003 | 0,024 | 41,45 |
| 5 | 0,001 | 0,007 | 0,047 | 51,14 |
| 6 | 0,001 | 0,007 | 0,031 | 87,09 |
| 7 | 0,003 | 0,009 | 0,063 | 109,62 |
| 8 | 0,001 | 0,011 | 0,156 | 121,97 |
| 9 | 0,004 | 0,008 | 0,062 | 88,1 |
| 10 | 0,004 | 0,008 | 0,062 | - |
| 11 | 0,004 | 0,009 | 0,011 | 44,24 |

| | | | | |
|--------------|-------|-------|------------|---------|
| 12 | 0,002 | 0,01 | 0,065 | 29,72 |
| 13 | 0,002 | 0,009 | 0,114 | 35,47 |
| 14 | 0,003 | 0,009 | 0,018 | 35,72 |
| 15 | 0,003 | 0,009 | 0,016 | 29,76 |
| 16 | 0,001 | 0,009 | 0,015 | 29,62 |
| 17 | 0,001 | 0,006 | 0,022 | 24,01 |
| 18 | 0,001 | 0,008 | 0,034 | 31,61 |
| 19 | 0,001 | 0,009 | 0,048 | 37,72 |
| 20 | 0,002 | 0,009 | 0,016 | 31,68 |
| 21 | 0,001 | 0,012 | 0,032 | 58,1 |
| 22 | 0,001 | 0,01 | 0,019 | 54,29 |
| 23 | 0,001 | 0,009 | 0,097 | 62,51 |
| 24 | 0,003 | 0,007 | 0,061 | 48,66 |
| 25 | 0,003 | 0,007 | 0,032 | - |
| 26 | 0,003 | 0,008 | 0,018 | 79,39 |
| 27 | 0,003 | 0,006 | 0,141 | 69,13 |
| 28 | 0,002 | 0,012 | 0,016 | 80,33 |
| 29 | 0,001 | 0,011 | 0,08 | 113,21 |
| 30 | 0,001 | 0,011 | 0,076 | 133,95 |
| 31 | 0,001 | 0,012 | 0,076 | 77,9 |
| C.M.A. | 0,25 | 0,1 | 0,15 | 75 |
| Suma val. | 0,059 | 0,257 | 1,535 | 1740,55 |
| Conc. Medie | 0,002 | 0,008 | 0,050 | 60,019 |
| Conc. Max. | 0,004 | 0,012 | 0,156 | 133,95 |
| Conc. Min | 0,001 | 0,003 | 0,011 | 24,01 |
| Nr. Val. | 31 | 31 | 31 | 29 |
| Nr. Depasiri | 0 | 0 | 1 | 8 |
| Frecv. Dep. | 0 | 0 | 3,22580645 | 27,59 |

FEBRUARIE

Date despre calitatea aerului - Timișoara

Luna : februarie

Anul: 2004

Zona centrală

Punctul de prelevare: Bul. M. Viteazul

| | | | |
|------|--|--|--|
| Ziua | | | |
|------|--|--|--|

| | Poluanți gazoși probe medii pe 24 ore mg/mc | | Pulberi în suspensie mg/mc | PM 10 μg/mc |
|----|---|-----------------|----------------------------------|----------------|
| | SO ₂ | NO ₂ | | |
| | mg/mc | mg/mc | | |
| 1 | 0,002 | 0,009 | | 67,58 |
| 2 | 0,001 | 0,007 | | 72,32 |
| 3 | 0,001 | 0,007 | | 43,22 |
| 4 | 0,001 | 0,01 | | 62,13 |
| 5 | 0,002 | 0,01 | | 63,09 |
| 6 | 0,002 | 0,009 | | 104,04 |
| 7 | 0,003 | 0,007 | | 43,72 |
| 8 | 0,003 | 0,006 | | 11,57 |
| 9 | 0,002 | 0,006 | | 30,45 |
| 10 | 0,002 | 0,007 | | 57,12 |
| 11 | 0,009 | 0,009 | | 49,81 |
| 12 | 0,001 | 0,007 | | 77,02 |
| 13 | 0,001 | 0,007 | | 89,2 |
| 14 | 0,001 | 0,009 | | 69,9 |
| 15 | 0,001 | 0,009 | | 32,18 |
| 16 | 0,001 | 0,014 | | 47,22 |
| 17 | 0,001 | 0,009 | | 71 |
| 18 | 0,001 | 0,01 | | 70,2 |
| 19 | 0,001 | 0,006 | | 82,3 |
| 20 | 0,001 | 0,012 | | 77 |
| 21 | 0,001 | 0,007 | | 57,3 |
| 22 | 0,001 | 0,007 | | 27,6 |
| 23 | 0,005 | 0,008 | | 47,7 |
| 24 | 0,001 | 0,007 | | 60 |
| 25 | 0,001 | 0,01 | | 57,1 |
| 26 | 0,002 | 0,01 | | 39,1 |
| 27 | 0,002 | 0,007 | | 39 |
| 28 | 0,002 | 0,004 | | 31,1 |
| 29 | 0,001 | 0,009 | | 50,5 |
| 30 | | | | |

| | | | | |
|--------------|-------|-------|---------|---------|
| 31 | | | | |
| C.M.A. | 0,25 | 0,1 | 0,15 | 75 |
| Suma val. | 0,053 | 0,239 | 0 | 1630,47 |
| Conc. Medie | 0,002 | 0,008 | #DIV/0! | 56,223 |
| Conc. Max. | 0,009 | 0,014 | 0 | 104,04 |
| Conc. Min | 0,001 | 0,004 | 0 | 11,57 |
| Nr. Val. | 29 | 29 | 0 | 29 |
| Nr. Depasiri | 0 | 0 | 0 | 5 |
| Frecv. Dep. | 0 | 0 | #DIV/0! | 17,24 |

MARTIE

Date despre calitatea aerului - Timișoara

Luna : martie

Anul: 2004

Zona centrală

Punctul de prelevare: Bul. M. Viteazul

| Ziua | Poluanți gazoși probe medii pe 24 ore mg/mc | | Pulberi în suspensie mg/mc | PM 10 μg/mc |
|------|---|-----------------|----------------------------------|----------------|
| | SO ₂ | NO ₂ | | |
| | mg/mc | mg/mc | | |
| 1 | 0,001 | 0,014 | | 85,2 |
| 2 | 0,002 | 0,01 | | 84,8 |
| 3 | 0,001 | 0,011 | | 60,5 |
| 4 | 0,001 | 0,008 | | 55,4 |
| 5 | 0,001 | 0,01 | | 59,4 |
| 6 | 0,001 | 0,01 | | 45,5 |
| 7 | 0,001 | 0,007 | | 65,54 |
| 8 | 0,001 | 0,009 | | 60,57 |
| 9 | 0,001 | 0,007 | | - |
| 10 | 0,001 | 0,009 | | 82,49 |
| 11 | 0,003 | 0,005 | | 78,08 |
| 12 | 0,002 | 0,009 | | 78,32 |
| 13 | 0,001 | 0,006 | | 66,07 |
| 14 | 0,002 | 0,008 | | 48,81 |
| 15 | 0,001 | 0,013 | | 115,88 |

| | | | | |
|--------------|-------|------------|-------|---------|
| 16 | 0,002 | 0,012 | | 140,89 |
| 17 | 0,002 | 0,016 | | 126,46 |
| 18 | 0,003 | 0,011 | | 79,02 |
| 19 | 0,001 | 0,008 | | 84,27 |
| 20 | 0,001 | 0,008 | | 58,08 |
| 21 | 0,001 | 0,009 | | 86,64 |
| 22 | 0,001 | 0,105 | | 47,1 |
| 23 | 0,001 | 0,012 | | 52,78 |
| 24 | 0,001 | 0,011 | | 32,14 |
| 25 | 0,001 | 0,01 | | 13,4 |
| 26 | 0,001 | 0,013 | | 21,25 |
| 27 | 0,001 | 0,01 | | 26,92 |
| 28 | 0,001 | 0,006 | | 42,39 |
| 29 | 0,001 | 0,014 | | 72,86 |
| 30 | 0,001 | 0,01 | | 66,96 |
| 31 | 0,011 | 0,012 | 0,000 | 21,42 |
| C.M.A. | 0,25 | 0,1 | 0,15 | 75 |
| Suma val. | 0,05 | 0,403 | 0 | 1959,14 |
| Conc. Medie | 0,002 | 0,013 | 0,000 | 65,305 |
| Conc. Max. | 0,011 | 0,105 | 0 | 140,89 |
| Conc. Min | 0,001 | 0,005 | 0 | 13,4 |
| Nr. Val. | 31 | 31 | 1 | 30 |
| Nr. Depasiri | 0 | 1 | 0 | 11 |
| Frecv. Dep. | 0 | 3,22580645 | 0 | 36,67 |

În tabelele următoare se prezintă măsurătorile de oxid de carbon la trei stații: două în municipiul Giurgiu, pentru două perioade – iarna și vara, câte o zi, la două stații diferite, și măsurători efectuate în perioada 01.04 – 03.04.2004 în București, pe bul. Matei Bravu; toate sunt mediate pe o oră.

Tabelul 8.1.

| Date | Time | Data period : 20.08.2003 00:00 - 20.08.2003 24:00 | |
|---|----------|---|------------------------------|
| | | SI. avg of CO, G1 [mg/m3] | SI. avg of CO, G2 [mg/m3] |
| 20.08.2003 | 00:00:00 | 0.06 | 0.13 |
| 20.08.2003 | 01:00:00 | 0.07 | 0.13 |
| 20.08.2003 | 02:00:00 | 0.08 | 0.14 |
| 20.08.2003 | 03:00:00 | 0.09 | 0.12 |
| 20.08.2003 | 04:00:00 | 0.10 | 0.09 |
| 20.08.2003 | 05:00:00 | 0.10 | 0.07 |
| 20.08.2003 | 06:00:00 | 0.10 | 0.06 |
| 20.08.2003 | 07:00:00 | 0.12 | 0.05 |
| 20.08.2003 | 08:00:00 | 0.12 | 0.05 |
| 20.08.2003 | 09:00:00 | 0.15 | 0.12 |
| 20.08.2003 | 10:00:00 | 0.15 | 0.17 |
| 20.08.2003 | 11:00:00 | 0.15 | 0.14 |
| 20.08.2003 | 12:00:00 | 0.16 | 0.16 |
| 20.08.2003 | 13:00:00 | 0.17 | 0.17 |
| 20.08.2003 | 14:00:00 | 0.17 | 0.18 |
| 20.08.2003 | 15:00:00 | 0.18 | 0.18 |
| 20.08.2003 | 16:00:00 | 0.17 | 0.16 |
| 20.08.2003 | 17:00:00 | 0.16 | 0.14 |
| 20.08.2003 | 18:00:00 | 0.14 | 0.11 |
| 20.08.2003 | 19:00:00 | 0.12 | 0.09 |
| 20.08.2003 | 20:00:00 | 0.11 | 0.08 |
| 20.08.2003 | 21:00:00 | 0.12 | 0.07 |
| 20.08.2003 | 22:00:00 | 0.11 | 0.06 |
| 20.08.2003 | 23:00:00 | 0.10 | 0.06 |
| | | 0.10 | 0.05 |
| Total period : 20.08.2003 00:00 - 20.08.2003 24:00 | | | |
| Integration time : 1.0 Hours, Observation limit : 1 | | | |
| Mean | | 0.12 | 0.11 |
| Max | | 0.18 | 0.18 |
| Min | | 0.06 | 0.05 |
| Percc:98 % | | 0.16 | 0.16 |

Tabelul 8.2.

| Date | Time | Data period : 22.01.2004 00:00 - 22.01.2004 24:00 | |
|---|----------|---|------------------------------|
| | | SI. avg of CO, G1 [mg/m3] | SI. avg of CO, G2 [mg/m3] |
| 22.01.2004 | 00:00:00 | 1.74 | 0.07 |
| 22.01.2004 | 01:00:00 | 1.74 | 0.06 |
| 22.01.2004 | 02:00:00 | 1.68 | 0.05 |
| 22.01.2004 | 03:00:00 | 1.49 | 0.03 |
| 22.01.2004 | 04:00:00 | 1.03 | 0.02 |
| 22.01.2004 | 05:00:00 | 0.65 | 0.02 |
| 22.01.2004 | 06:00:00 | 0.64 | 0.02 |
| 22.01.2004 | 07:00:00 | 0.59 | 0.01 |
| 22.01.2004 | 08:00:00 | 0.54 | 0.01 |
| 22.01.2004 | 09:00:00 | 0.45 | 0.01 |
| 22.01.2004 | 10:00:00 | 0.40 | 0.02 |
| 22.01.2004 | 11:00:00 | 0.36 | 0.03 |
| 22.01.2004 | 12:00:00 | 0.33 | 0.03 |
| 22.01.2004 | 13:00:00 | 0.34 | 0.04 |
| 22.01.2004 | 14:00:00 | 0.35 | 0.05 |
| 22.01.2004 | 15:00:00 | 0.35 | 0.07 |
| 22.01.2004 | 16:00:00 | 0.39 | 0.09 |
| 22.01.2004 | 17:00:00 | 0.68 | 0.12 |
| 22.01.2004 | 18:00:00 | 0.90 | 0.14 |
| 22.01.2004 | 19:00:00 | 1.06 | 0.14 |
| 22.01.2004 | 20:00:00 | 1.24 | 0.14 |
| 22.01.2004 | 21:00:00 | 1.47 | 0.13 |
| 22.01.2004 | 22:00:00 | 1.67 | 0.12 |
| 22.01.2004 | 23:00:00 | 1.98 | 0.12 |
| 22.01.2004 | | 2.25 | 0.10 |
| Total period : 22.01.2004 00:00 - 22.01.2004 24:00 | | | |
| Integration time : 1.0 Hours, Observation limit : 1 | | | |
| Mean | | 1.00 | 0.07 |
| Max | | 2.25 | 0.14 |
| Min | | 0.33 | 0.03 |
| Percc:98 % | | 2.25 | 0.14 |

01.04.2004 00:00 - 13.04.2004 09:00

| Date And Time | CO mg/m3 |
|------------------|-------------|
| 01.04.2004 00:00 | 2.5 |
| 01.04.2004 01:00 | 3.3 |
| 01.04.2004 02:00 | 4.4 |
| 01.04.2004 03:00 | 2.3 |
| 01.04.2004 04:00 | 1.7 |
| 01.04.2004 05:00 | 1.7 |
| 01.04.2004 06:00 | 2.5 |
| 01.04.2004 07:00 | 2.5 |
| 01.04.2004 08:00 | 3.7 |
| 01.04.2004 09:00 | 4.2 |
| 01.04.2004 10:00 | 3.1 |
| 01.04.2004 11:00 | 2.9 |
| 01.04.2004 12:00 | 2.2 |
| 01.04.2004 13:00 | 1.5 |
| 01.04.2004 14:00 | 1.6 |
| 01.04.2004 15:00 | 1.6 |
| 01.04.2004 16:00 | 1.4 |
| 01.04.2004 17:00 | 1.2 |
| 01.04.2004 18:00 | 1.5 |
| 01.04.2004 19:00 | 2.0 |
| 01.04.2004 20:00 | 2.3 |
| 01.04.2004 21:00 | 2.2 |
| 01.04.2004 22:00 | 1.6 |
| 01.04.2004 23:00 | 1.5 |
| 02.04.2004 00:00 | 1.4 |
| 02.04.2004 01:00 | 1.2 |
| 02.04.2004 02:00 | 0.5 |
| 02.04.2004 03:00 | 0.7 |
| 02.04.2004 04:00 | 0.9 |
| 02.04.2004 05:00 | 1.0 |
| 02.04.2004 06:00 | 1.0 |
| 02.04.2004 07:00 | 1.2 |
| 02.04.2004 08:00 | 1.4 |
| 02.04.2004 09:00 | 2.0 |
| 02.04.2004 10:00 | 2.5 |
| 02.04.2004 11:00 | 1.7 |

| | |
|------------------|-----|
| 02.04.2004 12:00 | 2.0 |
| 02.04.2004 13:00 | 2.1 |
| 02.04.2004 14:00 | 1.7 |
| 02.04.2004 15:00 | 1.5 |
| 02.04.2004 16:00 | 1.2 |
| 02.04.2004 17:00 | 1.4 |
| 02.04.2004 18:00 | 2.0 |
| 02.04.2004 19:00 | 1.7 |
| 02.04.2004 20:00 | 1.9 |
| 02.04.2004 21:00 | 2.0 |
| 02.04.2004 22:00 | 1.4 |
| 02.04.2004 23:00 | 0.9 |
| 03.04.2004 00:00 | 0.8 |
| 03.04.2004 01:00 | 0.5 |
| 03.04.2004 02:00 | 0.7 |
| 03.04.2004 03:00 | 0.6 |
| 03.04.2004 04:00 | 0.7 |
| 03.04.2004 05:00 | 0.7 |
| 03.04.2004 06:00 | 1.1 |
| 03.04.2004 07:00 | 1.2 |
| 03.04.2004 08:00 | 1.5 |
| 03.04.2004 09:00 | 1.8 |
| 03.04.2004 10:00 | 2.2 |
| 03.04.2004 11:00 | 1.8 |
| 03.04.2004 12:00 | 1.9 |
| 03.04.2004 13:00 | 1.9 |
| 03.04.2004 14:00 | 2.1 |
| 03.04.2004 15:00 | 0.9 |
| 03.04.2004 16:00 | 1.2 |
| 03.04.2004 17:00 | 0.9 |
| 03.04.2004 18:00 | 1.1 |
| 03.04.2004 19:00 | 0.9 |
| 03.04.2004 20:00 | 2.0 |
| 03.04.2004 21:00 | 2.7 |
| 03.04.2004 22:00 | 1.7 |
| 03.04.2004 23:00 | 1.0 |
| 04.04.2004 00:00 | 1.3 |
| 04.04.2004 01:00 | 0.8 |
| 04.04.2004 02:00 | 0.8 |
| 04.04.2004 03:00 | 1.4 |

Valorile măsurate efectiv pentru CO în mg/m^3 pentru locația Timișoara, Bd. Mihai Viteazul, sunt redată în tabelul 5.4.

Tabelul 5.4.

| ORA | CO mg/m^2 | ORA | CO Mg/m^2 | ORA | CO Mg/m^2 | ORA | CO Mg/m^2 | ORA | CO Mg/m^2 |
|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|
| 00:00 | 1.8 | 00:00 | 0.4 | 00:00 | 1.0 | 00:00 | 2.8 | 00:00 | 6.5 |
| 01:00 | 2.4 | 01:00 | 0.3 | 01:00 | 0.8 | 01:00 | 1.4 | 01:00 | 6.3 |
| 02:00 | 1.7 | 02:00 | 0.5 | 02:00 | 0.4 | 02:00 | 1.5 | 02:00 | 3.9 |
| 03:00 | 0.9 | 03:00 | 0.6 | 03:00 | 0.5 | 03:00 | 1.7 | 03:00 | 3.8 |
| 04:00 | 0.8 | 04:00 | 0.6 | 04:00 | 0.5 | 04:00 | 2.1 | 04:00 | 2.3 |
| 05:00 | 0.9 | 05:00 | 0.5 | 05:00 | 0.6 | 05:00 | 1.1 | 05:00 | 0.4 |
| 06:00 | 1.0 | 06:00 | 0.6 | 06:00 | 0.9 | 06:00 | 0.9 | 06:00 | 0.3 |
| 07:00 | 1.1 | 07:00 | 0.9 | 07:00 | 1.0 | 07:00 | 0.9 | 07:00 | 0.4 |
| 08:00 | 2.0 | 08:00 | 1.5 | 08:00 | 1.0 | 08:00 | 0.9 | 08:00 | 0.2 |
| 09:00 | 2.6 | 09:00 | 1.3 | 09:00 | 0.9 | 09:00 | 0.9 | 09:00 | 0.3 |
| 10:00 | 1.9 | 10:00 | 1.2 | 10:00 | 0.7 | 10:00 | 1.1 | 10:00 | 0.3 |
| 11:00 | 1.2 | 11:00 | 1.1 | 11:00 | 0.7 | 11:00 | 1.4 | 11:00 | 0.3 |
| 12:00 | 0.9 | 12:00 | 1.0 | 12:00 | 0.7 | 12:00 | 2.2 | 12:00 | 0.4 |
| 13:00 | 0.6 | 13:00 | 1.0 | 13:00 | 0.6 | 13:00 | 1.6 | 13:00 | 0.5 |
| 14:00 | 0.7 | 14:00 | 0.9 | 14:00 | 0.6 | 14:00 | 1.7 | 14:00 | 0.4 |
| 15:00 | 0.4 | 15:00 | 1.3 | 15:00 | 0.6 | 15:00 | 1.5 | 15:00 | 0.3 |
| 16:00 | 0.3 | 16:00 | 1.4 | 16:00 | 0.6 | 16:00 | 1.4 | 16:00 | 0.6 |
| 17:00 | 0.6 | 17:00 | 1.4 | 17:00 | 0.6 | 17:00 | 0.7 | 17:00 | 0.9 |
| 18:00 | 0.6 | 18:00 | 1.3 | 18:00 | 0.6 | 18:00 | 0.7 | 18:00 | 1.6 |
| 19:00 | 0.5 | 19:00 | 1.4 | 19:00 | 0.7 | 19:00 | 3.0 | 19:00 | 0.8 |
| 20:00 | 0.6 | 20:00 | 1.5 | 20:00 | 0.7 | 20:00 | 7.1 | 20:00 | 0.9 |
| 21:00 | 1.1 | 21:00 | 1.7 | 21:00 | 0.7 | 21:00 | 9.6 | 21:00 | 1.7 |
| 22:00 | 1.0 | 22:00 | 1.8 | 22:00 | 0.7 | 22:00 | 5.8 | 22:00 | 1.0 |
| 23:00 | 0.6 | 23:00 | 1.9 | 23:00 | 0.5 | 23:00 | 4.3 | 23:00 | 0.6 |

Analizând valorile măsurate constatăm că acestea sunt sub limitele admise de normativele în vigoare.

5.10. Evaluarea prin calcul a imisiilor pentru diverse amplasamente din municipiul Timișoara

Pentru evaluarea prin calcul a imisiilor am folosit programul CALINE 4, versiunea 1.31, noiembrie 2003, Caltrans1997.

Caline 4 (Caltraus, 1989) este un model de dispersie care prevede impactul monoxidului de carbon (CO), oxizilor de azot (NO_x) și ozonului (O₃) în apropierea căilor rutiere.

Scopul acestui program este de a veni în ajutorul lucrătorilor din domeniul protecției sănătății publice, implicat a mediului, în lupta acestora împotriva efectelor adverse produse de expunerea populației la concentrații excesive ale CO, NO_x și O₃ rezultate din traficul rutier.

Caltrans – Proiect de transport – Protocolul Nivelului de Monoxid de Carbon (CO – Protocol 1997) – recomandă utilizarea CALINE 4 când un proiect propus de transport necesită o analiză screening inițială.

CALINE 4 este o linie simplă – sursă a modelului Gaussian de dispersie a penei. Utilizatorul definește geometria drumului propus, parametrii meteorologici, volumul de trafic anticipat și pozițiile receptorului. El trebuie să definească factorii de emisie ai CO, NO_x și O₃ pentru fiecare segment de drum.

CL4 este un grafic windows – baza interfață de utilizare, concepută pentru introducerea ușoară a datelor și creșterea capacității de ajutor (on line) în funcționarea CALINE 4.

Programul CL4 conține ambele programe (interfața CL4, și modelul de dispersie CALINE 4), astfel încât utilizatorul trebuie să facă doar o singură instalare de program. Fișierele originale ale CALINE 4 sunt copiate în programul director CL4.

În acest program, datele locale privind parametrii determinați, se introduc în cinci fețe de introducere a datelor “data entry screens”.

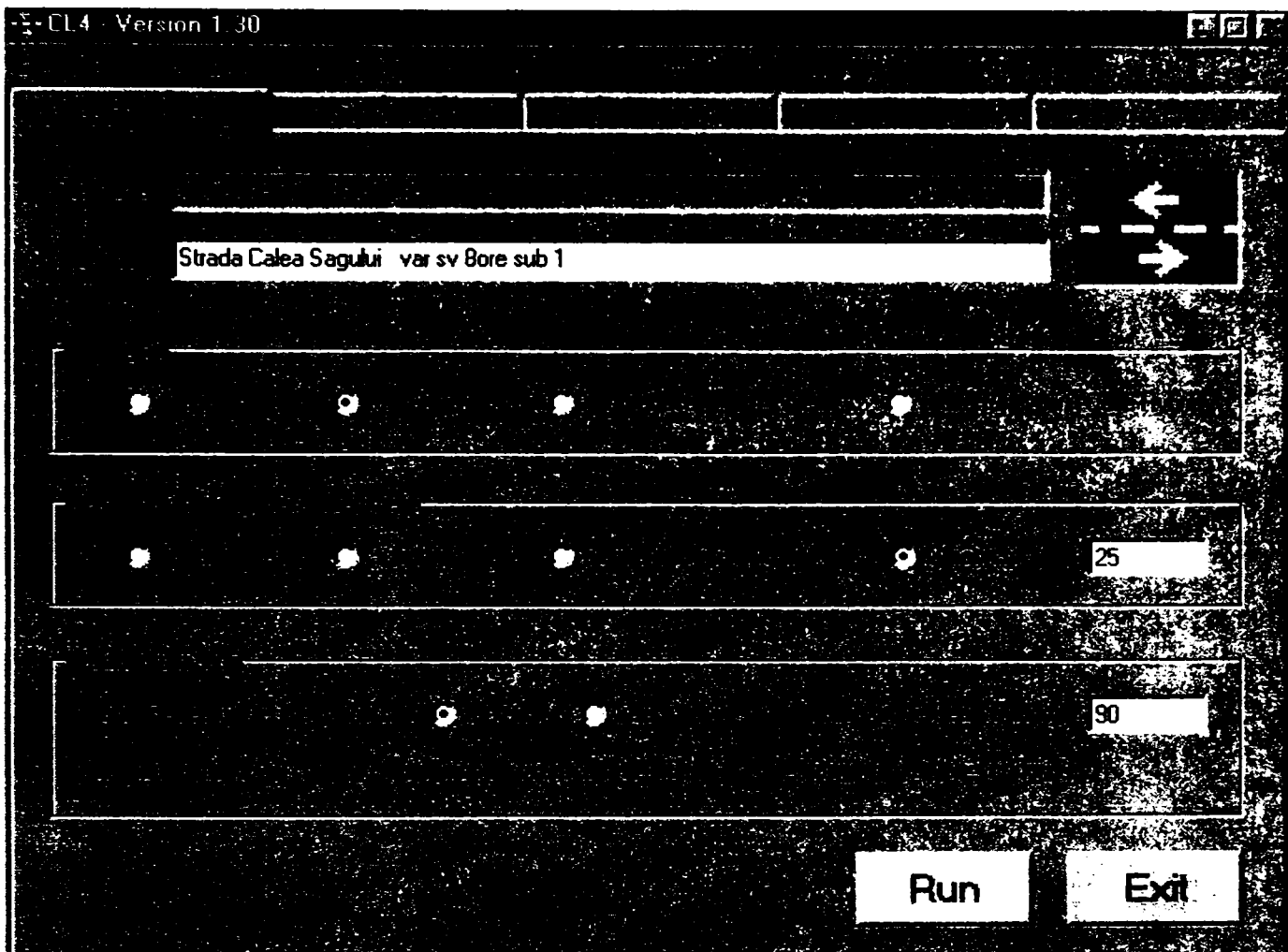


Fig.nr.5.19

I. Parametrii de lucru (fig.5.19):

- **intervalul de timp** în care se face determinarea; programul are două opțiuni:
 - interval de 1 oră
 - interval de 8 ore.
- **locul determinărilor**, existând patru opțiuni: mediu rural, suburban, urban și alte localizări.
- **unitatea de măsură pentru lungime**: - metru sau feet (necesară introducerii datelor referitoare la poziția drumului, receptorului și caracteristicilor vântului și altitudinii).
- **altitudinea** deasupra nivelului mării.
- **numărul de segmente** (porțiuni) de drum analizate.
 - **numărul de receptori** analizați.

CL4 - Version 1.30

File Edit View Help

Job Parameters | **Link Geometry** | Link Activity | Run Conditions | Receptor Positions

| | Link Name | Link Type | Endpoint 1 Coordinate X1 | Endpoint 1 Coordinate Y1 | Endpoint 2 Coordinate X2 | Endpoint 2 Coordinate Y2 | Link Height | Mixing Zone Width |
|----|-----------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|----------------------|
| 1 | Link A | At-Grade | 0 | 0 | 70 | 135 | 0 | 38 |
| 2 | Link B | At-Grade | | | | | | |
| 3 | Link C | At-Grade | | | | | | |
| 4 | Link D | At-Grade | | | | | | |
| 5 | Link E | At-Grade | | | | | | |
| 6 | Link F | At-Grade | | | | | | |
| 7 | Link G | At-Grade | | | | | | |
| 8 | Link H | At-Grade | | | | | | |
| 9 | Link I | At-Grade | | | | | | |
| 10 | Link J | At-Grade | | | | | | |
| 11 | Link K | At-Grade | | | | | | |
| 12 | Link L | At-Grade | | | | | | |
| 13 | Link M | At-Grade | | | | | | |
| 14 | Link N | At-Grade | | | | | | |

Units: Meters

Fig.nr 5.20.

II. Geometria segmentelor de drum (fig.5.20):

– **tipul drumului** pe care se face studiul, permite alegerea următoarelor variante:

- drum plat, la altitudine 0 deasupra nivelului mării;
- drum în depresiune;
- drum ce traversează un pod;
- parcare;
- drum din zonă de aglomerare populațională (oraș).

În același timp introducem date referitoare la:

- **poziția segmentelor de drum** apreciate în sistem Cartesian de coordonate;
- **altitudinea** drumului;
- **lățimea** drumului;

CL4 - Version 1.30

File Edit View Help

Job Parameters Link Geometry Link Activity Run Conditions Receptor Positions

| Hour | Hour 1 | Hour 2 | Hour 3 | Hour 4 | Hour 5 |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Wind Speed (m/s) | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Wind Direction (degrees) | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 |
| Wind Direction Std. Dev. (degrees) | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Atmospheric Stability Class | 6 | 6 | - | - | - |
| Mixing Height (m) | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Ambient Temperature (degrees C) | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Ambient Pollutant Concentration (ppm) | . | . | . | . | 1 |

Fig.nr.5.22.

IV. Condițiile atmosferice de circulație (fig.5.22):

Se referă la condițiile atmosferice locale:

- viteza vântului;
- direcția vântului;
- deviația standard a vântului;
- clasa de stabilitate atmosferică;
- nivelul preexistent al poluanților atmosferici;
- temperatura mediului (aerului).

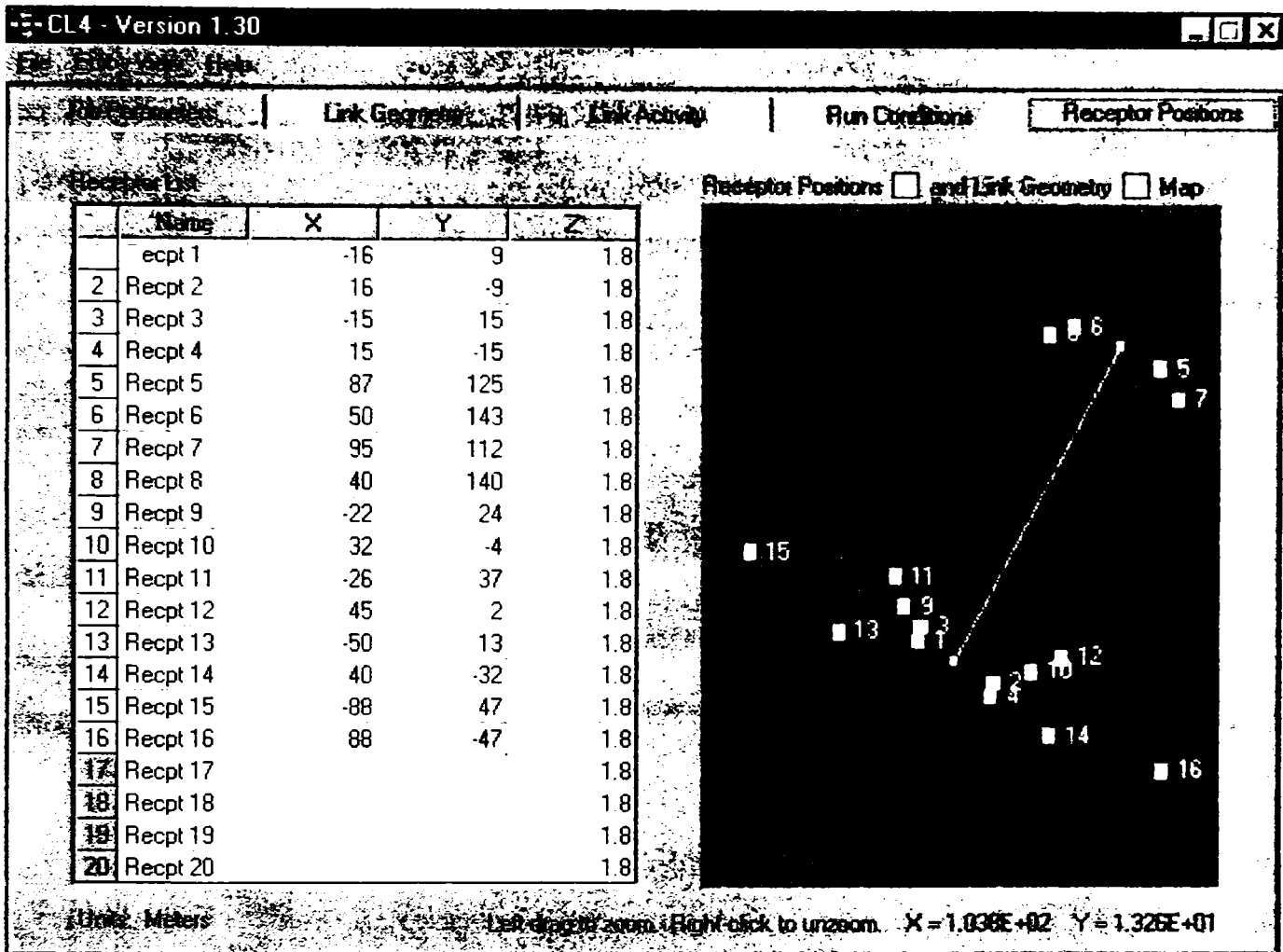


Fig.nr.5.23.

V. Poziția receptorilor (fig.5.23):

– date referitoare la **poziția receptorilor** (sistem Cartesian de coordonate).

Introducerea acestor date permite calcularea emisiei de poluanți CO, NO_x și O₃ într-un interval de timp la nivelul zonelor de drum alese.

Prin compararea acestor date cu valorile STAS putem face aprecieri ale gradului local de poluare.

La introducerea datelor în program s-a ținut cont de valori reale măsurate pentru o parte din parametrii, iar pentru alți parametrii s-au luat în considerare indicațiile din ghidul de utilizare pentru programul CALINE 4.

De exemplu pentru concentrația poluantului preexistent, în particular CO, s-au luat valori ținând cont de măsurătorile existente la noi în țară, executate în stațiile de supraveghere a calității aerului.

Programul CALINE 4 s-a folosit pentru evaluarea dispersiei poluanților, în particular CO, în diferite locații și condiții meteorologice în Timișoara.

S-au luat în considerare: particularitățile arterelor de circulație, intensitatea traficului, condițiile meteorologice, precum și caracteristicile poluanților emiși de autovehicule.

Un exemplu de calcul selectat este pentru Calea Șagului, în ipoteza unui vânt din S.V. cu o frecvență anuală de aproximativ 10%, un calm relativ 6 (F), într-o zi relativ caldă 20-27°C.

S-au presupus două variante pentru concentrația preexistentă de poluant CO, și anume 1 ppm și 1,5 ppm.

1.

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

JOB: Strada Calea Sagului var sv 8ore 1

RUN: (MULTI-RUN)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

VD= .0 CM/S Z0= 25. CM ALT= 90. (M)

VS= .0 CM/S

II. METEOROLOGICAL CONDITIONS

| | * U | BRG | CLASS | AMB | MIXH | SIGTH | TEMP |
|-----------|---------|-------|-------|-----|-------|-------|------|
| RUN | * (M/S) | (DEG) | (PPM) | (M) | (DEG) | (C) | |
| 1. Hour 1 | * .5 | 225. | 6 (F) | 1.0 | 1000. | 20.00 | 20.0 |
| 2. Hour 2 | * .5 | 225. | 6 (F) | 1.0 | 1000. | 20.00 | 21.0 |
| 3. Hour 3 | * .5 | 225. | 6 (F) | 1.0 | 1000. | 20.00 | 22.0 |
| 4. Hour 4 | * .5 | 225. | 6 (F) | 1.0 | 1000. | 20.00 | 23.0 |
| 5. Hour 5 | * .5 | 225. | 6 (F) | 1.0 | 1000. | 20.00 | 24.0 |
| 6. Hour 6 | * .5 | 225. | 6 (F) | 1.0 | 1000. | 20.00 | 25.0 |

7. Hour 7 * .5 225. 6 (F) 1.0 1000. 20.00 26.0
8. Hour 8 * .5 225. 7 (G) 1.0 1000. 20.00 27.0

III. LINK GEOMETRY

LINK * LINK COORDINATES (M) * H W
DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE (M) (M)
A. Link A * 0 0 70 135 * AG .0 38.0

IV. EMISSIONS AND VEHICLE VOLUMES

* LINK
RUN * A
1 VPH * 2500
EF * 35.
2 VPH * 2000
EF * 35.
3 VPH * 1900
EF * 35.
4 VPH * 1500
EF * 35.
5 VPH * 1000
EF * 35.
6 VPH * 1200
EF * 35.
7 VPH * 1800
EF * 35.
8 VPH * 2400
EF * 35.

V. RECEPTOR LOCATIONS AND MULTI-RUN AVERAGE CONCENTRATIONS

* COORDINATES (M) * AVG
RECEPTOR * X Y Z * (PPM)
1. Recpt 1 * -16 9 1.8 * 1.0
2. Recpt 2 * 16 -9 1.8 * 1.0
3. Recpt 3 * -15 15 1.8 * 1.0

| | | | | | |
|----------------|-----|-----|-----|---|-----|
| 4. Recpt 4 * | 15 | -15 | 1.8 | * | 1.0 |
| 5. Recpt 5 * | 87 | 125 | 1.8 | * | 4.6 |
| 6. Recpt 6 * | 50 | 143 | 1.8 | * | 1.3 |
| 7. Recpt 7 * | 95 | 112 | 1.8 | * | 3.0 |
| 8. Recpt 8 * | 40 | 140 | 1.8 | * | 1.0 |
| 9. Recpt 9 * | -22 | 24 | 1.8 | * | 1.0 |
| 10. Recpt 10 * | 32 | -4 | 1.8 | * | 1.0 |
| 11. Recpt 11 * | -26 | 37 | 1.8 | * | 1.0 |
| 12. Recpt 12 * | 45 | 2 | 1.8 | * | 1.0 |
| 13. Recpt 13 * | -50 | 13 | 1.8 | * | 1.0 |
| 14. Recpt 14 * | 40 | -32 | 1.8 | * | 1.0 |
| 15. Recpt 15 * | -88 | 47 | 1.8 | * | 1.0 |
| 16. Recpt 16 * | 88 | -47 | 1.8 | * | 1.0 |

2.

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

JOB: Strada Calea Sagului var sv 8ore 1.5

RUN: (MULTI-RUN)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

VD= .0 CM/S Z0= 25. CM ALT= 90. (M)

VS= .0 CM/S

II. METEOROLOGICAL CONDITIONS

| | * U | BRG | CLASS | AMB | MIXH | SIGTH | TEMP |
|-----------|--------|-------|-------|-----|-------|-------|------|
| RUN | *(M/S) | (DEG) | (PPM) | (M) | (DEG) | (C) | |
| 1. Hour 1 | * .5 | 225. | 6 (F) | 1.5 | 1000. | 20.00 | 20.0 |
| 2. Hour 2 | * .5 | 225. | 6 (F) | 1.5 | 1000. | 20.00 | 21.0 |
| 3. Hour 3 | * .5 | 225. | 6 (F) | 1.5 | 1000. | 20.00 | 22.0 |
| 4. Hour 4 | * .5 | 225. | 6 (F) | 1.5 | 1000. | 20.00 | 23.0 |
| 5. Hour 5 | * .5 | 225. | 6 (F) | 1.5 | 1000. | 20.00 | 24.0 |
| 6. Hour 6 | * .5 | 225. | 6 (F) | 1.5 | 1000. | 20.00 | 25.0 |

7. Hour 7 * .5 225. 6 (F) 1.5 1000. 20.00 26.0
8. Hour 8 * .5 225. 7 (G) 1.5 1000. 20.00 27.0

III. LINK GEOMETRY

LINK * LINK COORDINATES (M) * H W
DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE (M) (M)
A. Link A * 0 0 70 135 * AG .0 38.0

IV. EMISSIONS AND VEHICLE VOLUMES

* LINK
RUN * A
1 VPH * 2500
EF * 35.
2 VPH * 2000
EF * 35.
3 VPH * 1900
EF * 35.
4 VPH * 1500
EF * 35.
5 VPH * 1000
EF * 35.
6 VPH * 1200
EF * 35.
7 VPH * 1800
EF * 35.
8 VPH * 2400
EF * 35.

V. RECEPTOR LOCATIONS AND MULTI-RUN AVERAGE CONCENTRATIONS

* COORDINATES (M) * AVG
RECEPTOR * X Y Z * (PPM)
1. Recpt 1 * -16 9 1.8 * 1.5
2. Recpt 2 * 16 -9 1.8 * 1.5
3. Recpt 3 * -15 15 1.8 * 1.5

| | | | | | |
|----------------|-----|-----|-----|---|-----|
| 4. Recpt 4 * | 15 | -15 | 1.8 | * | 1.5 |
| 5. Recpt 5 * | 87 | 125 | 1.8 | * | 5.1 |
| 6. Recpt 6 * | 50 | 143 | 1.8 | * | 1.8 |
| 7. Recpt 7 * | 95 | 112 | 1.8 | * | 3.5 |
| 8. Recpt 8 * | 40 | 140 | 1.8 | * | 1.5 |
| 9. Recpt 9 * | -22 | 24 | 1.8 | * | 1.5 |
| 10. Recpt 10 * | 32 | -4 | 1.8 | * | 1.5 |
| 11. Recpt 11 * | -26 | 37 | 1.8 | * | 1.5 |
| 12. Recpt 12 * | 45 | 2 | 1.8 | * | 1.5 |
| 13. Recpt 13 * | -50 | 13 | 1.8 | * | 1.5 |
| 14. Recpt 14 * | 40 | -32 | 1.8 | * | 1.5 |
| 15. Recpt 15 * | -88 | 47 | 1.8 | * | 1.5 |
| 16. Recpt 16 * | 88 | -47 | 1.8 | * | 1.5 |

Se poate constata că doar în cazul a trei receptori imisia de CO a crescut pe partea dreaptă a străzii, spre blocurile de locuințe, dar și acestea sub limitele admise de normele în vigoare.

Exemplu de calcul pentru Bd. Mihai Viteazul, pe 8 ore, între 8 – 16, cu doar două direcții de vânt SV și SE, trafic între 500 și 2500 vehicule pe oră și creșterea temperaturii între 20°C și 25°C, similar condițiilor de la începutul lunii mai 2004. Ca ipoteză s-a considerat CO ca fiind 0ppm.

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

JOB: Bd. Mihai Viteazul ,SV,8ore, CO=0ppm

RUN: (MULTI-RUN)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

VD= .0 CM/S Z0= 25. CM ALT= 90. (M)

VS= .0 CM/S

II. METEOROLOGICAL CONDITIONS

| | * U | BRG | CLASS | AMB | MIXH | SIGTH | TEMP |
|-----------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|------|
| RUN | *(M/S) | (DEG) | (PPM) | (M) | (DEG) | (C) | |
| 1. Hour 1 | * .5 | 225.6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 20.0 | |
| 2. Hour 2 | * .5 | 225.6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 21.0 | |
| 3. Hour 3 | * .5 | 225.6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 22.0 | |
| 4. Hour 4 | * .5 | 225.6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 23.0 | |
| 5. Hour 5 | * .5 | 225.6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 24.0 | |
| 6. Hour 6 | * .5 | 225.6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 25.0 | |
| 7. Hour 7 | * .5 | 225.6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 26.0 | |
| 8. Hour 8 | * .5 | 225.7 (G) | .0 | 1000. | 20.00 | 27.0 | |

III. LINK GEOMETRY

| LINK | * LINK COORDINATES (M) | * H | W |
|-------------|------------------------|------------|---------|
| DESCRIPTION | * X1 Y1 X2 Y2 | * TYPE (M) | (M) |
| A. Link A | * 20 -250 -60 650 | * AG | .0 38.0 |

IV. EMISSIONS AND VEHICLE VOLUMES

| * LINK |
|--------------|
| RUN * A |
| 1 VPH * 2500 |
| EF * 35. |
| 2 VPH * 2000 |
| EF * 35. |
| 3 VPH * 1900 |
| EF * 35. |
| 4 VPH * 1500 |
| EF * 35. |
| 5 VPH * 1000 |
| EF * 35. |
| 6 VPH * 1200 |
| EF * 35. |
| 7 VPH * 1800 |
| EF * 35. |

8 VPH * 2400

EF * 35.

V. RECEPTOR LOCATIONS AND MULTI-RUN AVERAGE CONCENTRATIONS

* COORDINATES (M) * AVG

RECEPTOR * X Y Z * (PPM)

| | | | | |
|----------------|------|------|-----|-------|
| 1. Recpt 1 * | 0 | 0 | 1.8 | * 1.7 |
| 2. Recpt 2 * | -25 | 50 | 1.8 | * .0 |
| 3. Recpt 3 * | -20 | -50 | 1.8 | * .0 |
| 4. Recpt 4 * | -60 | 0 | 1.8 | * .0 |
| 5. Recpt 5 * | 20 | -250 | 1.8 | * .0 |
| 6. Recpt 6 * | 40 | 100 | 1.8 | * 1.6 |
| 7. Recpt 7 * | 95 | 112 | 1.8 | * 1.1 |
| 8. Recpt 8 * | 60 | 600 | 1.8 | * 1.0 |
| 9. Recpt 9 * | 60 | 300 | 1.8 | * 1.2 |
| 10. Recpt 10 * | -120 | 600 | 1.8 | * .0 |
| 11. Recpt 11 * | -90 | 300 | 1.8 | * .0 |
| 12. Recpt 12 * | -80 | 150 | 1.8 | * .0 |
| 13. Recpt 13 * | -60 | -100 | 1.8 | * .0 |
| 14. Recpt 14 * | 40 | -60 | 1.8 | * 1.9 |
| 15. Recpt 15 * | 80 | 0 | 1.8 | * 1.3 |
| 16. Recpt 16 * | 100 | -200 | 1.8 | * .2 |

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: Bd. Mihai Viteazul ,SE,8ore, CO=0ppm,no

RUN: (MULTI-RUN)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

VD= .0 CM/S Z0= 25. CM ALT= 90. (M)

VS= .0 CM/S

II. METEOROLOGICAL CONDITIONS

| RUN | * U (M/S) | BRG (DEG) | CLASS (F) | AMB (PPM) | MIXH (M) | SIGTH (DEG) | TEMP (C) |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|----------|
| 1. Hour 1 | * .5 | 135. | 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 20.0 |
| 2. Hour 2 | * .5 | 135. | 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 21.0 |
| 3. Hour 3 | * .5 | 135. | 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 22.0 |
| 4. Hour 4 | * .5 | 135. | 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 23.0 |
| 5. Hour 5 | * .5 | 135. | 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 24.0 |
| 6. Hour 6 | * .5 | 135. | 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 25.0 |
| 7. Hour 7 | * .5 | 135. | 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 26.0 |
| 8. Hour 8 | * .5 | 135. | 7 (G) | .0 | 1000. | 20.00 | 27.0 |

III. LINK GEOMETRY

| LINK | * X1 | Y1 | X2 | Y2 | * TYPE (M) | H (M) | W (M) |
|-----------|------|------|-----|-----|------------|-------|-------|
| A. Link A | * 20 | -250 | -60 | 650 | * AG | .0 | 38.0 |

IV. EMISSIONS AND VEHICLE VOLUMES

| * LINK |
|--------------|
| RUN * A |
| 1 VPH * 2500 |
| EF * 35. |
| 2 VPH * 2000 |
| EF * 35. |
| 3 VPH * 1900 |
| EF * 35. |
| 4 VPH * 1500 |
| EF * 35. |
| 5 VPH * 1000 |
| EF * 35. |
| 6 VPH * 1200 |
| EF * 35. |
| 7 VPH * 1800 |

EF * 35.

8 VPH * 2400

EF * 35.

V. RECEPTOR LOCATIONS AND MULTI-RUN AVERAGE CONCENTRATIONS

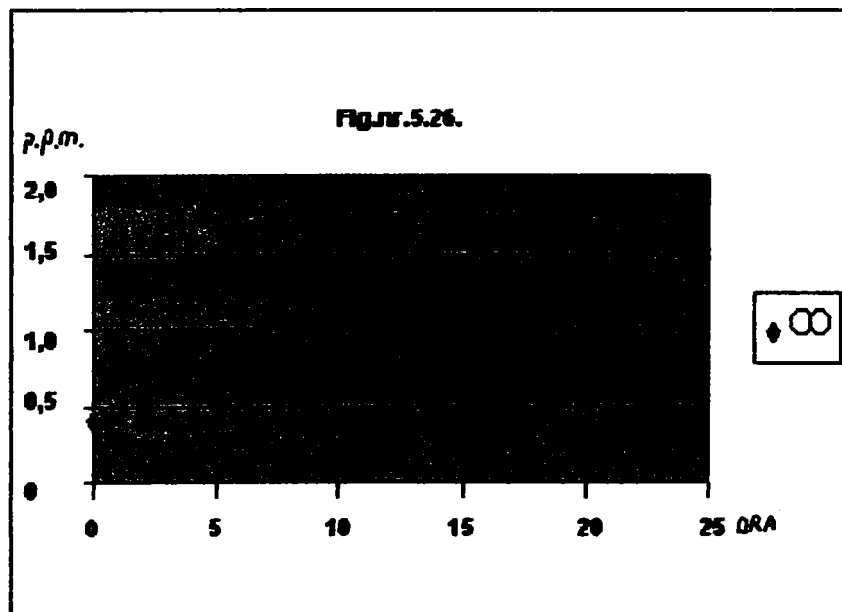
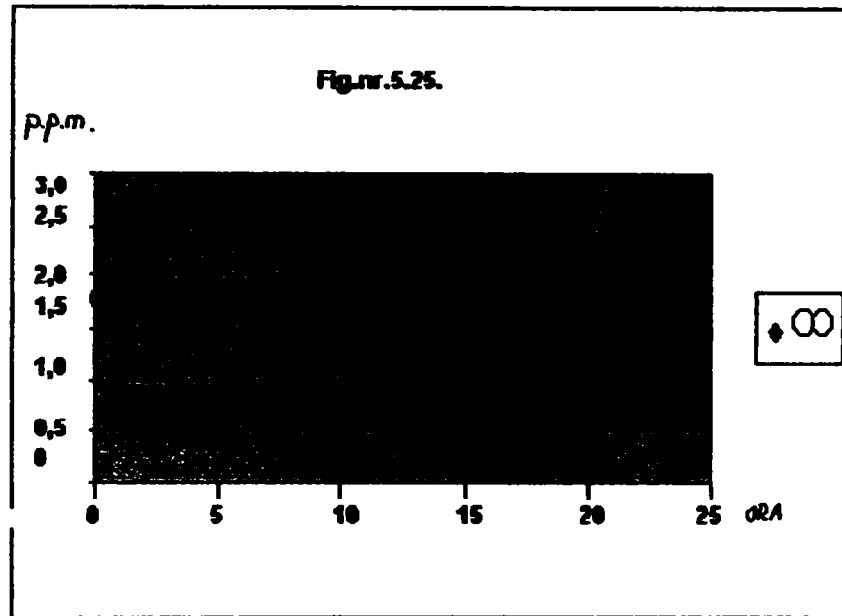
| | * COORDINATES (M) | | | * AVG |
|--------------|-------------------|------|-----|-------|
| RECEPTOR | X | Y | Z | (PPM) |
| 1. Recpt 1 | 0 | 0 | 1.8 | 1.5 |
| 2. Recpt 2 | -25 | 50 | 1.8 | 3.0 |
| 3. Recpt 3 | -20 | -50 | 1.8 | 2.8 |
| 4. Recpt 4 | -60 | 0 | 1.8 | 1.6 |
| 5. Recpt 5 | 20 | -250 | 1.8 | .0 |
| 6. Recpt 6 | 40 | 100 | 1.8 | .0 |
| 7. Recpt 7 | 95 | 112 | 1.8 | .0 |
| 8. Recpt 8 | 60 | 600 | 1.8 | .0 |
| 9. Recpt 9 | 60 | 300 | 1.8 | .0 |
| 10. Recpt 10 | -120 | 600 | 1.8 | 1.5 |
| 11. Recpt 11 | -90 | 300 | 1.8 | 1.6 |
| 12. Recpt 12 | -80 | 150 | 1.8 | 1.5 |
| 13. Recpt 13 | -60 | -100 | 1.8 | 1.4 |
| 14. Recpt 14 | 40 | -60 | 1.8 | .0 |
| 15. Recpt 15 | 80 | 0 | 1.8 | .0 |
| 16. Recpt 16 | 100 | -200 | 1.8 | .0 |

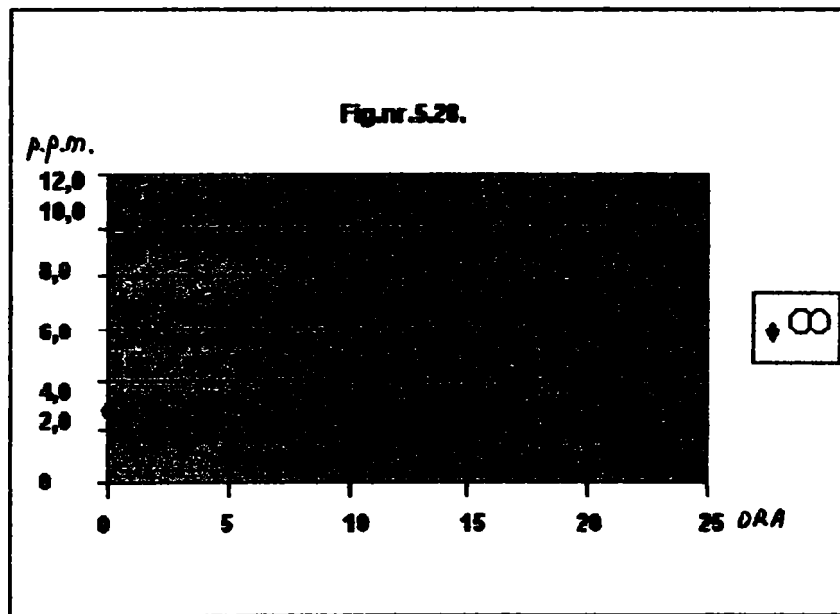
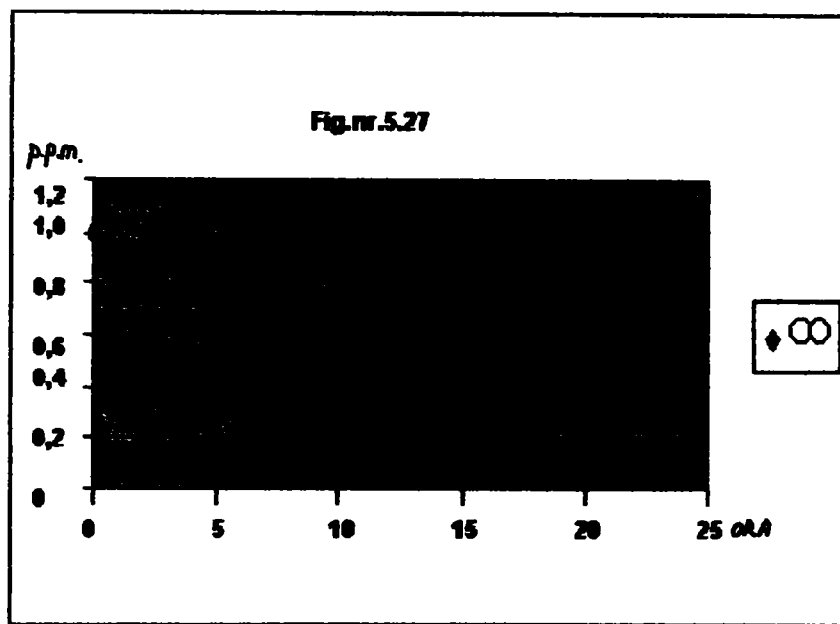
De remarcat că valorile calculate, la fel ca și cele măsurate sunt sub limitele admise de normativele în vigoare.

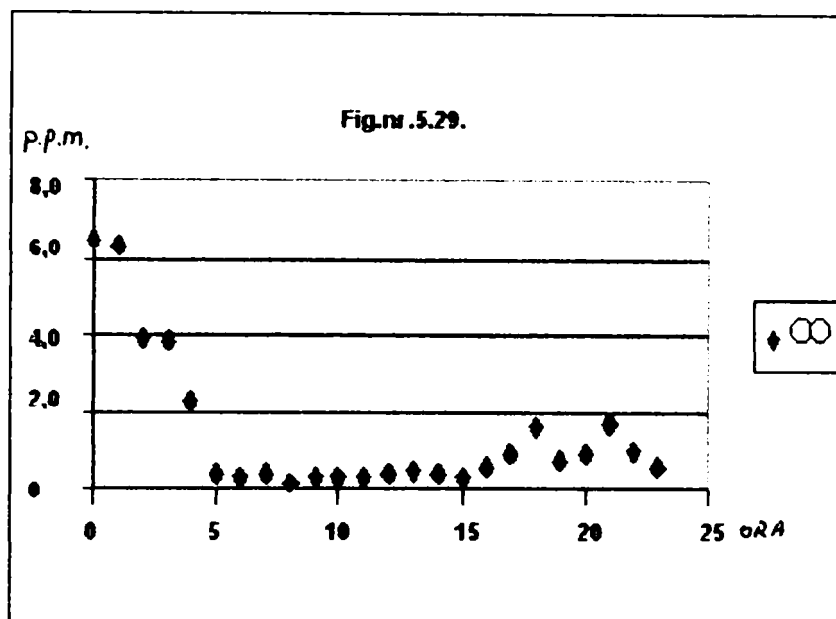
5.11. Interpretarea critică a datelor experimentale în juxtapunere cu datele de calcul

A fost selecționat și sistematizat un set de date privind imisiile de CO în condiții meteorologice și de trafic cunoscute, pentru 24 de ore (de 3 x 8 ore), pentru Timișoara, locația Bd. Mihai Viteazul.

Se prezintă măsurătorile efective de CO pe cinci zile, de la ora 0 la 24, trasându-se variația în timp în figurile 5.25 – 5.29.







Datele meteorologice au fost notate conform Centrului Meteo din Timișoara. În special variația temperaturii, pe timp de opt ore și direcția vântului.

S-a consemnat traficul aproximativ de autovehicule circulante pe Bd. Mihai Viteazul în aceleași intervale alese de opt ore.

Datele cunoscute plus datele alese conform recomandărilor din ghidul programului CALINE 4 au fost introduse în calculator, iar rezultatele au fost comparate cu cele măsurate efectiv. Nu s-a putut acoperi intervalul de 24 de ore, ci pe trei segmente de câte opt ore, dată fiind dificultatea acestui demers, în special numărării autovehiculelor aflate în trafic.

Pentru patru segmente a câte 8 ore s-au adunat datele pentru o rulare comparativă a programului CALINE 4, în aceleași condiții cu cele reale.

Valorile rezultate sunt redată în următoarele tabele (5.5 –5.8).

Tabelul 5.5.

| Ora | CO ppm |
|-----|-----------|
| 12 | 1,1 |
| 13 | 0,9 |
| 14 | 0,9 |
| 15 | 0,8 |
| 16 | 0,6 |
| 17 | 0,5 |
| 18 | 0,6 |
| 19 | 0,8 |
| 20 | 1,0 |

Tabelul 5.6.

| Ora | CO ppm |
|-----|-----------|
| 8 | 1,1 |
| 9 | 1,0 |
| 10 | 0,8 |
| 11 | 0,9 |
| 12 | 0,7 |
| 13 | 0,8 |
| 14 | 0,7 |
| 15 | 0,7 |
| 16 | 0,7 |

Tabelul 5.7.

| Ora | CO ppm |
|-----|-----------|
| 8 | 1,1 |
| 9 | 0,9 |
| 10 | 1,0 |
| 11 | 1,4 |
| 12 | 2,1 |
| 13 | 1,6 |
| 14 | 1,7 |
| 15 | 1,4 |
| 16 | |

Tabelul 5.8.

| Ora | CO ppm |
|-----|-----------|
| 8 | 0,4 |
| 9 | 0,3 |
| 10 | 0,3 |
| 11 | 0,4 |
| 12 | 0,5 |
| 13 | 0,4 |
| 14 | 0,6 |
| 15 | 0,5 |
| 16 | 0,7 |

La tabelul 5.7. se prezintă datele rezultate din rularea programului CALINE 4:

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

JOB: Bd. Mihai Viteazul ,SV,8ore, CO=0ppm

RUN: (MULTI-RUN)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

VD= .0 CM/S Z0= 25. CM ALT= 90. (M)

VS= .0 CM/S

II. METEOROLOGICAL CONDITIONS

* U BRG CLASS AMB MIXH SIGTH TEMP

RUN * (M/S) (DEG) (PPM) (M) (DEG) (C)

| | | | | | | | |
|-----------|---|----|------------|----|-------|-------|------|
| 1. Hour 1 | * | .5 | 225. 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 20.0 |
| 2. Hour 2 | * | .5 | 225. 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 21.0 |
| 3. Hour 3 | * | .5 | 225. 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 22.0 |
| 4. Hour 4 | * | .5 | 225. 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 23.0 |
| 5. Hour 5 | * | .5 | 225. 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 24.0 |

6. Hour 6 * .5 225. 6 (F) .0 1000. 20.00 25.0
 7. Hour 7 * .5 225. 6 (F) .0 1000. 20.00 26.0
 8. Hour 8 * .5 225. 7 (G) .0 1000. 20.00 27.0

III. LINK GEOMETRY

LINK * LINK COORDINATES (M) * H W
 DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE (M) (M)
 A. Link A * 20 -250 -60 650 * AG .0 38.0

IV. EMISSIONS AND VEHICLE VOLUMES

* LINK
 RUN * A
 1 VPH * 2500
 EF * 35.
 2 VPH * 2000
 EF * 35.
 3 VPH * 1900
 EF * 35.
 4 VPH * 1500
 EF * 35.
 5 VPH * 1000
 EF * 35.
 6 VPH * 1200
 EF * 35.
 7 VPH * 1800
 EF * 35.
 8 VPH * 2400
 EF * 35.

V. RECEPTOR LOCATIONS AND MULTI-RUN AVERAGE CONCENTRATIONS

* COORDINATES (M) * AVG
 RECEPTOR * X Y Z * (PPM)
 1. Recpt 1 * 0 0 1.8 * 1.7
 2. Recpt 2 * -25 50 1.8 * .0

3. Recpt 3 * -20 -50 1.8 * .0
 4. Recpt 4 * -60 0 1.8 * .0
 5. Recpt 5 * 20 -250 1.8 * .0
 6. Recpt 6 * 40 100 1.8 * 1.6
 7. Recpt 7 * 95 112 1.8 * 1.1
 8. Recpt 8 * 60 600 1.8 * 1.0
 9. Recpt 9 * 60 300 1.8 * 1.2
 10. Recpt 10 * -120 600 1.8 * .0
 11. Recpt 11 * -90 300 1.8 * .0
 12. Recpt 12 * -80 150 1.8 * .0
 13. Recpt 13 * -60 -100 1.8 * .0
 14. Recpt 14 * 40 -60 1.8 * 1.9
 15. Recpt 15 * 80 0 1.8 * 1.3
 16. Recpt 16 * 100 -200 1.8 * .2

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: Bd. Mihai Viteazul ,SE,8ore, CO=0ppm,no

RUN: (MULTI-RUN)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

VD= .0 CM/S Z0= 25. CM ALT= 90. (M)

VS= .0 CM/S

II. METEOROLOGICAL CONDITIONS

| | * U | BRG | CLASS | AMB | MIXH | SIGTH | TEMP |
|-----------|--------|-------|-------|-----|-------|-------|------|
| RUN | *(M/S) | (DEG) | (PPM) | (M) | (DEG) | (C) | |
| 1. Hour 1 | * .5 | 135. | 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 20.0 |
| 2. Hour 2 | * .5 | 135. | 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 21.0 |
| 3. Hour 3 | * .5 | 135. | 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 22.0 |
| 4. Hour 4 | * .5 | 135. | 6 (F) | .0 | 1000. | 20.00 | 23.0 |

5. Hour 5 * .5 135. 6 (F) .0 1000. 20.00 24.0
 6. Hour 6 * .5 135. 6 (F) .0 1000. 20.00 25.0
 7. Hour 7 * .5 135. 6 (F) .0 1000. 20.00 26.0
 8. Hour 8 * .5 135. 7 (G) .0 1000. 20.00 27.0

III. LINK GEOMETRY

LINK * LINK COORDINATES (M) * H W
 DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE (M) (M)
 A. Link A * 20 -250 -60 650 * AG .0 38.0

IV. EMISSIONS AND VEHICLE VOLUMES

* LINK
 RUN * A
 1 VPH * 2500
 EF * 35.
 2 VPH * 2000
 EF * 35.
 3 VPH * 1900
 EF * 35.
 4 VPH * 1500
 EF * 35.
 5 VPH * 1000
 EF * 35.
 6 VPH * 1200
 EF * 35.
 7 VPH * 1800
 EF * 35.
 8 VPH * 2400
 EF * 35.

V. RECEPTOR LOCATIONS AND MULTI-RUN AVERAGE CONCENTRATIONS

* COORDINATES (M) * AVG
 RECEPTOR * X Y Z * (PPM)
 1. Recpt 1 * 0 0 1.8 * 1.5

| | | | | | |
|----------------|------|------|-----|---|-----|
| 2. Recpt 2 * | -25 | 50 | 1.8 | * | 3.0 |
| 3. Recpt 3 * | -20 | -50 | 1.8 | * | 2.8 |
| 4. Recpt 4 * | -60 | 0 | 1.8 | * | 1.6 |
| 5. Recpt 5 * | 20 | -250 | 1.8 | * | .0 |
| 6. Recpt 6 * | 40 | 100 | 1.8 | * | .0 |
| 7. Recpt 7 * | 95 | 112 | 1.8 | * | .0 |
| 8. Recpt 8 * | 60 | 600 | 1.8 | * | .0 |
| 9. Recpt 9 * | 60 | 300 | 1.8 | * | .0 |
| 10. Recpt 10 * | -120 | 600 | 1.8 | * | 1.5 |
| 11. Recpt 11 * | -90 | 300 | 1.8 | * | 1.6 |
| 12. Recpt 12 * | -80 | 150 | 1.8 | * | 1.5 |
| 13. Recpt 13 * | -60 | -100 | 1.8 | * | 1.4 |
| 14. Recpt 14 * | 40 | -60 | 1.8 | * | .0 |
| 15. Recpt 15 * | 80 | 0 | 1.8 | * | .0 |
| 16. Recpt 16 * | 100 | -200 | 1.8 | * | .0 |

Programul CALINE 4 a fost adaptat condițiilor din Timișoara, luându-se ca referință măsurătorile efectuate de CO și s-au calculat imisiile de CO ținându-se cont de condițiile specifice pentru datele inițiale, de intrare: zona urbană, rugozitatea aproximativă a suprafețelor adiacente, direcția vântului, după roza vânturilor multianuală pentru Timișoara – reprezentată în figura 5.24, clasa de stabilitate atmosferică (s-a insistat pe cea mai defavorabilă), înălțimea atmosferică de amestec, deviația standard a direcției vântului, temperatura ambiantă, tipul drumului, numărul de vehicule pe oră, factorul de emisie estimat pentru CO.

**Frecvența și viteza medie a vântului pe direcțiile principale
1970 - 2003**

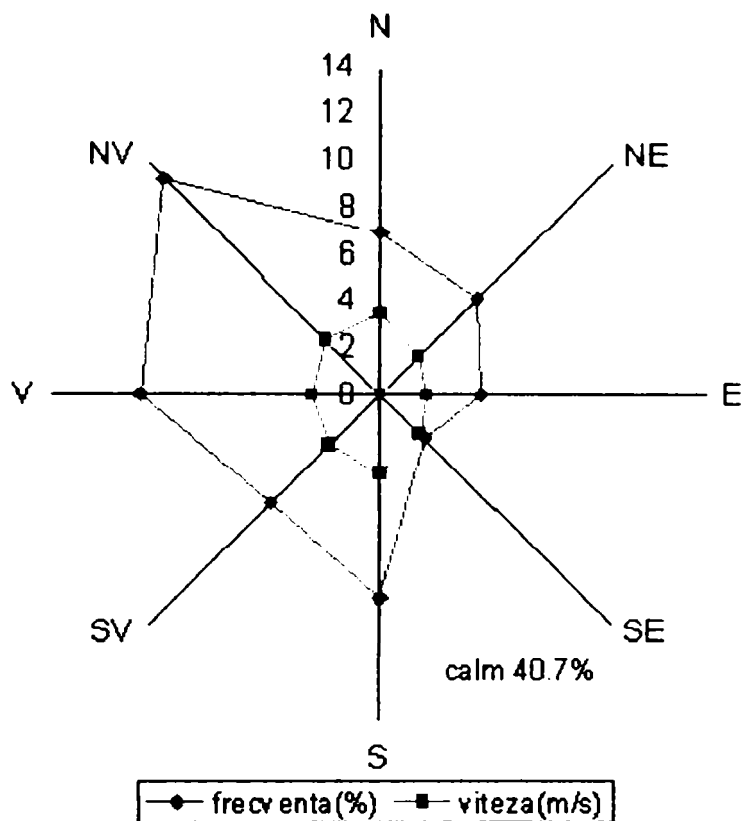


Fig.nr.5.24

Coordonatele șoselei au fost introduse în coordonatele carteziene ($0x - VE$, respectiv $0y - NS$).

Tot în coordonate carteziene s-au fixat receptori, locațiile în care dorim estimarea emisiilor de CO.

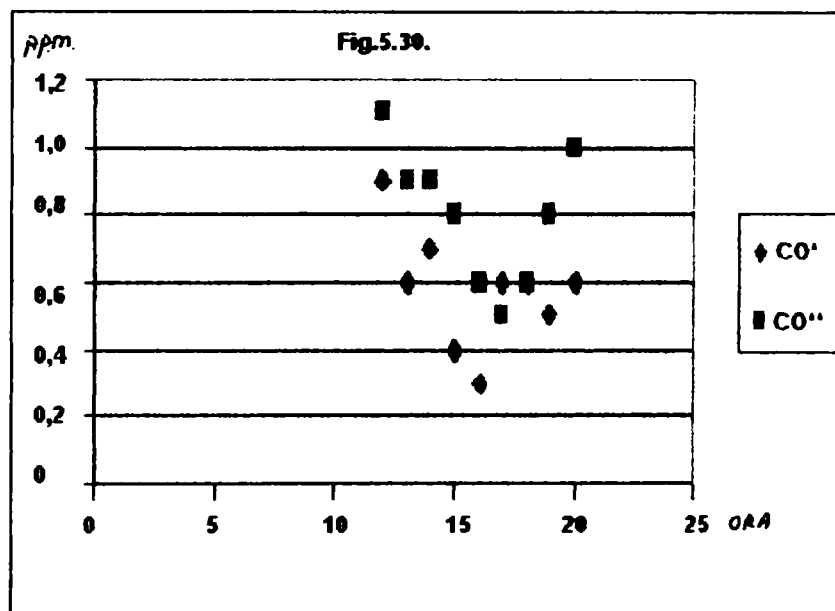
Câteva considerații privind condițiile de lucru:

- coeficientul de rugozitate în CL 4 este recomandat după cum urmează:
 - pentru zone rurale 10 cm,
 - pentru zone suburbane 100 cm,
 - centru urban, de afaceri, comercial 400 cm,
 - pentru alte situații sunt prezentate mai multe recomandări;
- clasele de stabilitate sunt notate cu 1 până la 7, corespunzătoare definițiilor standardizate de la clasa A la G. Clasa G, respectiv 7, reprezintă cea mai stabilă clasă;

- concentrația ambiantă estimată ca preexistentă de CO s-a ales ținând cont de măsurătorile efective existente în Timișoara (dar și în alte orașe asemănătoare ca și condiții – București, Giurgiu, amplasamente unde există în funcțiune stații de măsurare a concentrației de CO).

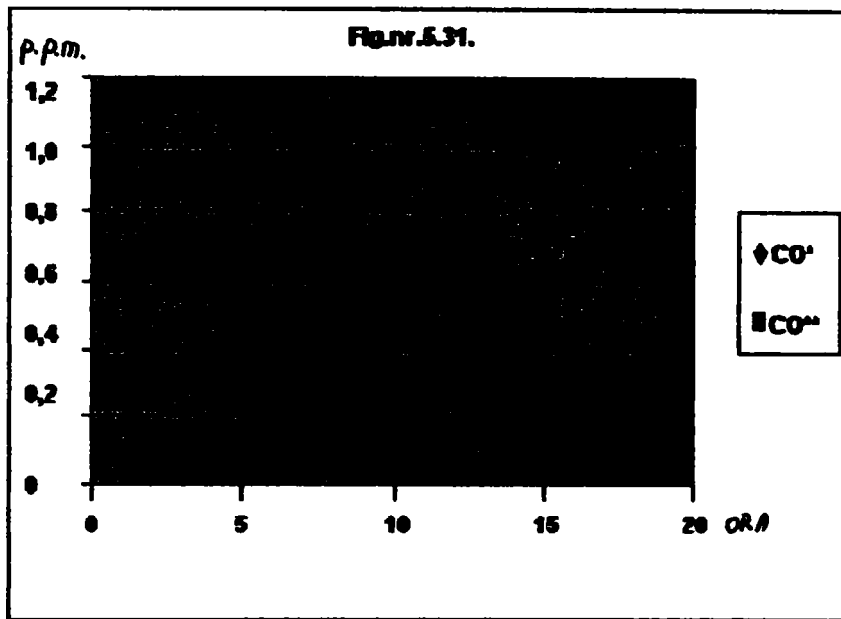
Putem observa că valorile CO calculat variază în funcție de intensitatea traficului rutier, nefiind influențată de temperatură la aceleași condiții meteorologice, în special viteza vântului.

Datele rezultate au fost expuse comparativ, tabelar și apoi s-au interpretat după reprezentare grafică, în juxtapunere datele de calcul cu cele experimentale obținute de autor, stabilindu-se abaterile maxime și minime între calcul și experimental, pentru mai multe situații.



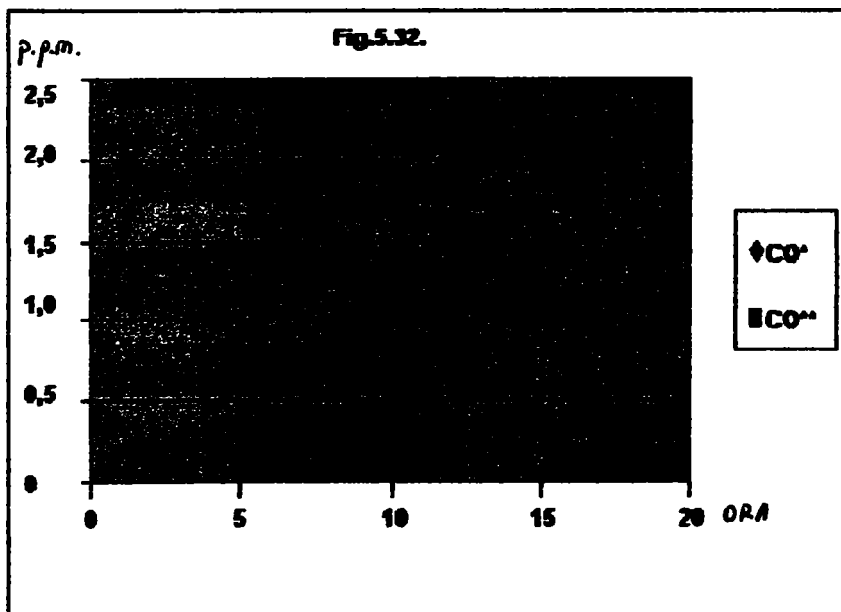
CO* - oxid de carbon determinat

CO** - oxid de carbon calculat



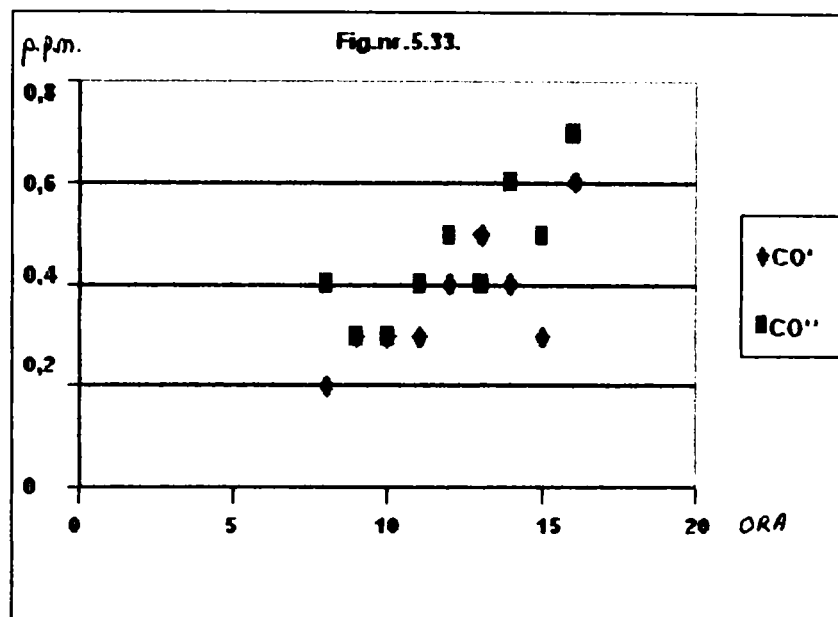
CO* - oxid de carbon determinat

CO** - oxid de carbon calculat



CO* - oxid de carbon determinat

CO** - oxid de carbon calculat



CO* - oxid de carbon determinat

CO** - oxid de carbon calculat

Măsurătorile efective și adaptarea programului de calcul al dispersiei noxelor, în particular CO, provenite de la autovehiculele rutiere s-au făcut având în vedere următoarele obiective:

- obținerea unui program de calcul care să poată fi folosit la calculul dispersiei noxelor în Timișoara;
- modelarea obținută, a dispersiei CO și pe viitor și a altor noxe, să reprezinte o aproximare cât mai apropiată de realitatea existentă verificată prin măsurători efective.

Astfel, având în vedere că montarea unor stații de supraveghere, în mai multe locuri este deosebit de costisitoare, programul de calcul poate înlocui, cu destulă precizie, măsurătorile directe, punând la dispoziție date pentru modelarea traficului în diferite condiții: creștere preconizată, modificări în trama stradală, simularea unor situații deosebite, chiar accidente cu implicații necunoscute.

Deasemenea programul va putea fi folosit la studiile de trafic incluzând poluarea, implicațiile posibile, se va putea anticipa amplasarea unor utilități în zone diverse și corelarea lucrărilor.

Se va putea folosi în modelarea de artere stradale punându-se condiția minimalizării poluării.

Va fi practic util în proiectarea planurilor de urbanism, în anticiparea dezvoltării municipiului Timișoara în încercarea de armonizare a dezvoltării urbane cu tendința creșterii motorizării.

Coform condițiilor geoclimatice specifice Timișoarei, caracterizată de ape freatice relativ ridicate (aproape de suprafață) și insolație medie, dispersia noxelor produse de traficul rutier este defavorabilă, ceea ce impune unele recomandări cu caracter general:

- un control periodic sever la stării tehnice și reglajele corecte a autovehiculelor în trafic; acest control tehnic făcut de organele abilitate, prin sondaj, inclusiv la autovehiculele aflate în trafic;
- fluidizarea traficului prin extinderea semaforizării și organizarea acestuia, într-o primă etapă, cu undă verde cu decalaj fix, cu efecte benefice asupra emisiei de noxe;
- segregarea traficului pietonal de cel vehicular în zonele dens construite;
- extinderea sistemului de organizare a circulației, cel puțin pe arterele principale aglomerate, în regim de sens unic;
- acordarea de prioritate sub toate aspectele traficului în comun în raport cu transportul cu autoturisme;
- realizarea unor artere de centură pentru devierea traficului greu și de tranzit;
- restricționarea severă a traficului pentru vehiculele mijlocii și grele în zonele dens populate ale municipiului;
- crearea de piste pentru bicicliști;
- completarea vegetației cu arbori rezistenți la poluare, de exemplu „nuconifere”, în zonele în care aceștia au fost înlăturați din diverse motive;
- evitarea, în perspectivă, a amenajării stațiilor de carburanți, depozitelor mari, chiar în zone de interes comercial ale municipiului;
- controlul, prin sondaj, de către organele abilitate a combustibililor și lubrefianților, în stațiile de distribuție și chiar pe autovehiculele participante la trafic;

- în perspectivă, în raport cu fondurile disponibile, se recomandă montarea de stații fixe pentru măsurarea imisiilor, program aflat în desfășurare în țara noastră, cu legătură la sistemele de semaforizare, care să prescrie, în raport cu situațiile existente, vitezele obligatorii de circulație, devierea acestora și chiar oprirea în condiții defavorabile sau critice.

Până la realizarea dezideratelor de mai sus este necesară asigurarea fluidizării circulației cu agenți de circulație, mai ales în orele de vârf și în zonele intens circulate.

6.1. Concluzii generale

Poluarea naturală a predominat pe pământ miliarde de ani, fiind un principal factor modelator al climei și reliefului. În această categorie pot intra erupțiile vulcanice, cutremurele, inundațiile și alunecările de teren, eroziunea solului. Poluării naturale îi este caracteristică reversibilitatea efectelor; păstrarea ciclurilor vitale biologice și biochimice permite refacerea naturii.

Poluarea artificială este rezultatul activității omului, în scopul cuceririi naturii. Studiul poluării este deci o parte a ecologiei care studiază perturbarea echilibrelor biologice, a ecosistemelor. Caracteristică poluării artificiale este interferența consecințelor activității omului cu acțiunea modelatoare a naturii. Astfel de exemplu sunt de mare pericolozitate ploile acide, extinderea deșerturilor, eutrofizarea apelor, efectul de seră (datorat în bună măsură arderii combustibililor), micșorarea stratului de ozon din stratosferă.

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

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

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

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

Cum 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 problematicii implicării acestei mașini în deranjarea echilibrului ecologic.

"Explozia" de motorizare înregistrată în România după decembrie 1989, reclamă măsuri în cercetarea, proiectarea, fabricarea și exploatarea motoarelor cu ardere internă, fiind necesară și efectuarea unor reglaje corecte, a căror motivație în intimitatea lor trebuie cunoscută.

Problemele poluării sunt din ce în ce mai acute și dacă ne gândim numai la faptul că jumătate din bioxidul de carbon care a ajuns în atmosferă datorită activității umane se găsește încă aici, rata de creștere fiind în continuare consistentă. Prezența bioxidului de carbon în păturile troposferice este determinantă pentru efectul de seră vinovat de schimbări climatice severe. De altfel este de netăgăduit că în ultimii ani în zona temperată, în care au existat patru anotimpuri, practic acum nu se mai poate vorbi decât de primăveri și de toamne foarte scurte. Nici iernile nu mai sunt așa de reci; Institutul Britanic de Meteorologie a stabilit că, începând după anul 1970, temperatura medie anuală are tendință de creștere, astfel ea fiind de aproximativ 1,5 grade Celsius la o sută de ani. Acest efect, dacă nu va fi contracarat prin acțiuni corespunzătoare, va determina dezechilibre majore în mediul ambiant, cu implicații periculoase pentru Terra.

Lucrarea tratează în prima ei secțiune problematica ecologiei, definind-o pe aceasta 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 este de fapt obiectul fundamental de studiu al autorului, acesta ocupându-se de noxele produse de către sursele calde, în primul rând surse de ardere, surse constituite de mașinile și echipamentele termice. Se insistă cu această ocazie asupra mecanismelor care conduc la distrugerea păturii de ozon din atmosfera înaltă.

Lapidar, dar inspirat este tratată problema poluării apelor, a poluării mediului cu poluanți fără prag, cu radiații ionizante, asupra cărora se insistă și cu prezentarea de limite de poluare, precum și a poluării solului.

Poluarea mediului, tratată în capitolul 1, a devenit o problemă social-economică contemporană încât s-a impus adoptarea unor măsuri legislative pentru limitarea acțiunilor ei nocive.

Ridicarea standardului de viață nu mai poate fi înțeleasă doar ca o diversificare a mijloacelor tehnico-materiale, ci mai ales ca o integrare a omului în mediul ambiant, în condiții de confort și conservare a stării de sănătate. Mediul înconjurător nu mai poate prelua la nesfârșit funcția de „coș de gunoi” al omenirii.

De fapt, ecologia este definită de biologul german Ernest Haeckel, încă din 1866, în lucrarea „Morfologia generală a organismului” ca fiind știința care studiază interacțiunile dintre ființele vii și dintre acestea și mediul în care trăiesc.

Civilizația modernă este caracterizată de două procese fundamentale, determinante pentru poluare și anume: industrializarea și urbanizarea, care se manifestă dezavantajos în condițiile în care nu s-au luat în prealabil măsuri corespunzătoare. În context se fac referiri la mijloacele de transport rutier, aerian, naval, echipate cu motoare cu ardere internă, surse de poluare substanțiale.

Având în vedere că mașinile termice sunt mari consumatoare de combustibili fosili epuizabili și care prin ardere dau naștere la substanțe poluante, atenția cuvenită este acordată problemei energofagiei ecosistemelor, creșterii consumului de energie care este nemijlocit legată de poluare. Sunt inventariate rezervele energetice, se insistă asupra risipei de energie și a necesității de menținere a echilibrului ecologic. Datele acestea sunt relativ noi și sunt obținute bineînțeles din literatura de specialitate.

Capitolul doi are ca obiect stadiul actual al cercetărilor în domeniul combaterii poluării mediului în transporturi. Se începe cu informații privind evaluarea poluării produse de transporturile rutiere trecându-se în revistă efectele poluării asupra aerului, asupra apei, asupra solului și a mediului natural în ansamblu. Se analizează natura și efectele emisiilor poluante ale motoarelor cu ardere internă; se prezintă hidrocarburile, compușii organici volatili (VOC), aldehydele, olefinele și compușii aromatici. Sunt

prezența deasemenea: oxizii de azot, monoxidul de carbon, particulele, ozonul și peroxiacetil-nitratul (PAN), compușii cu sulf și dioxidul de carbon.

Se fac referiri la poluarea aerului și pragurile nocive, insistându-se asupra noțiunilor de calitate a aerului și toxicologie clinică, la corelația dintre doză și efect indicată de studiile consacrate cu ocazia inhalării gazelor de evacuare ale motoarelor cu aprindere prin comprimare, precum și la o inventariere a emisiilor în diferite orașe din Europa.

Preocuparea principală a autorului este poluarea în transporturi rutiere pentru care unitatea de tracțiune este în majoritate covârșitoare reprezentată de motorul cu ardere internă. Este interesant și materialul prezentat în capitolul trei relativ la prelucrarea gazelor de eșapament, știut fiind faptul că motorul curat nu există încă, cel puțin pentru vehiculele fabricate în serie. Se prezintă tipurile de catalizatoare de la cel mai simplu până la catalizatorul cu trei căi, insistându-se asupra catalizatorului cu trei componente, asupra construcției sale și a efectului reactorului catalitic asupra noxelor.

Se fac considerații în legătură cu particulele emise de motoare, originea, compoziția și dimensiunile lor, se motivează dezvoltarea filtrelor de particule, diversitatea tipurilor constructive, insistându-se asupra echipamentelor cu reținere mecanică și a filtrelor electostatice.

În capitolul 4 se expun elemente privind instalațiile experimentale și tehnicile de evaluare comparativă a noxelor precum și a zgomotului produs de către autovehiculele rutiere. Se dau date privind modul de determinare experimentală a poluanților, informații despre discrepanțele existente între unitățile de măsură pentru evaluarea cantitativă a noxelor.

Într-o secțiune consistentă este prezentată poluarea sonoră în condiții generale și apoi cu date laborioase privind nivelul de zgomot din Timișoara, date obținute de-a lungul timpului, pentru diverse străzi, intersecții și alte locații. Implicațiile sunt deosebite având în vedere că în Timișoara sunt aproximativ 534 km de străzi de diferite categorii, transportul public cuprinzând inclusiv tramvaie, iar multe străzi nu sunt asfaltate. Informațiile privind normele limitative pentru poluarea sonoră și efectele poluării prin zgomot asupra organismului uman completează spectrul impactului nociv al motoarelor cu ardere internă asupra mediului.

Se tratează aspecte privind relația dintre căile de rulare și organizarea circulației rutiere, implicațiile asupra poluării mediului, poluarea produsă de către autovehiculele cu motoare cu ardere internă.

În capitolul 5 autorul se ocupă de interpretarea statistică a efectelor emisiilor asupra poluării locale, luând în considerare și modul de ansamblu al distribuției emisiilor pentru surse mobile.

Se prezintă metode de analiză ale dispersiei noxelor în mediul ambiant, cu referiri la gradientii de presiune și temperatură ai atmosferei. Se continuă cu noțiuni de teoria stratului limită aplicate atmosferei terestre, respectiv stratului limită planetar, stratului limită convectiv, stratului limită stabil, prezentându-se sistemul de ecuații folosit precum și diverse modele statistice de difuziune utilizate în modelarea dispersiei noxelor în mediul ambiant.

Sunt prezentate diverse modele statistice de difuziune: teoria statistică a lui Taylor, modelul de difuziune Monte Carlo, modelul de difuziune orizontală Langevin, modelul Gaussian al penei de noxe. Se fac aprecieri privind valabilitatea modelelor de difuziune în estimarea concentrației noxelor, aplicabilității acestor modele statistice de difuziune la studiul dispersiei noxelor.

Cercetările experimentale se bazează pe determinarea imisiilor pentru diverse amplasamente din municipiul Timișoara, dar și pe determinări din municipiul Giurgiu și București. Valorile măsurate luate în considerare sunt recente, aparatura de ultimă oră, la standardele Uniunii Europene. Datele experimentale, procente statistice prezentate pentru Timișoara includ perioada 1995 – 2001. Se insistă pe perioada 2002 – 2003, iar ultimile date experimentale sunt din 2004.

Autorul a folosit pentru evaluarea prin calcul a imisiilor programul CALINE 4, versiunea 1.31, noiembrie 2003, Caltrans 1997, care este un model de dispersie ce poate prevedea valorile monoxidului de carbon (CO), oxizilor de azot (NO_x) și ozonului în apropierea căilor de rulare.

CALINE 4 este un program de modelare pentru evaluarea impactului transportului rutier asupra calității aerului. El se bazează pe ecuații de dispersie Gaussiană și ia în considerare conceptul de zonă de amestec pentru a caracteriza dispersia poluanților la nivelul căilor rutiere. Este prevăzut cu o interfață Windows.

Valabilitatea adaptării programului de calcul la condițiile reale din Timișoara, se face prin juxtapunerea inspirată a rezultatelor obținute prin calcul cu cele determinate pe cale experimentală.

6.2. Contribuții personale

Dintre contribuțiile personale citez următoarele:

- trecerea în revistă, cu elemente 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;
- 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 problemă 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;
- prezentarea instalațiilor și tehnicilor experimentale de evaluare comparativă a emisiilor; contribuția originală în relațiile pentru evaluarea cantitativă a noxelor, care duce la reducerea discrepanțelor caracteristice unităților de măsură pentru stabilirea cantitativă a noxelor eşapate, neexistând o metodologie unitară în evaluarea noxelor;
- prezentarea unui volum consistent de date, inclusiv interpretarea lor, în ceea ce privește poluarea sonoră produsă de motoarele cu ardere internă și autovehiculele pe care le echipează, date măsurate în Timișoara;

- considerațiile relevante asupra implicațiilor căilor de rulare și a organizării circulației rutiere asupra poluării mediului produse de către motoarele cu ardere internă;
- expunerea metodelor de interpretare statistică a efectelor emisiilor asupra poluării locale luând în considerare și modul de ansamblu de distribuție a acestora pentru surse mobile;
- sistematizarea metodelor de analiză ale dispersiei noxelor în mediul ambiant și adaptarea programului de calcul la condițiile locale specifice, permițând pe viitor exploatarea practică a acestui program pentru evaluarea imisiilor produse de motoarele cu ardere internă;
- considerațiile aduse privind adaptabilitatea programului de evaluare a imisiilor, CALINE 4, în alte localități, unde datele geoclimatice sunt similare celor din Timișoara, exemplu Giugiu, București;
- selecționarea datelor experimentale privind imisiile, interpretarea datelor de calcul obținute, compararea abaterilor minime și maxime, precum și interpretarea critică;
- stabilirea de măsuri oportune pentru reducerea poluării, detaliate de către autor, expuse într-o logică și rigurozitate științifică;
- autorul a avut și o activitate științifică susținută, elaborând aproximativ 40 de lucrări în domeniul motoarelor cu ardere internă, schimbătoarelor de căldură, protecției mediului, în special axate pe poluarea atmosferei și poluarea sonoră și domenii conexe, 11 lucrări publicate și coautor la o carte din domeniul protecției mediului și traficului rutier.

BIBLIOGRAFIE :

Cap. 1

1. C.Budeanu, E.Călinescu : Elemente de ecologie umană - Editura Științifică și Enciclopedică, București 1982.
2. C.Aramă, N.Apostolescu, B.Grunwald : Poluarea aerului de către motoarele cu ardere internă - Editura Tehnică București 1975.
3. *** Horiba : The environmental commitment 1993.
4. R.Roșca : Studiul posibilităților de utilizare a unor combustibili netradiționali proveniți din prelucrarea deșeurilor agricole pentru alimentarea m.a.c. - Teză de doctorat - Universitatea Tehnică Gh.Asachi-Iași.

Cap. 2, cap. 3.3

1. Regulamentul CEE - ONU 49.02 Prescripții uniforme asupra omologării motoarelor cu aprindere prin compresie și a vehiculelor echipate cu motoare cu aprindere prin compresie în ceea ce privește emisiile de gaze poluante.
2. V.D.Negrea, V.Sandu : Combaterea poluării mediului în transporturile rutiere, Ed.Tehnică, București, 2000.
3. V.D.Negrea : Procese în motoare cu ardere internă. Economicitate. Combatere poluării, Vol.I, Ed. Politehnica, Timișoara, 2001.
4. G.Greeves, H.T.Wang : Origins of Diesel Particulate Mass Emission Paper 810260 –International Congress and Exposition Detroit – 1981.
5. J. Murphy ș.a. : Assessment of Diesel Particulate Control – Direct and Catalytic Oxidation - Paper 810112 – International Congress and Exposition Detroit, Michigan, 1981.
6. J.Howitt, M.Montierth : Cellular Ceramic Diesel Particulate Filter - International Congress and Exposition Detroit 1981 – Paper no. 810114.
 - * * Emisiile de particule ale motoarelor Diesel - RTD 162/1990.

7. G.Hunter ș.a. : The Effect of an Oxidation Catalyst on the Physical, Chemical and Biological Character of Diesel Particulate Emission – Paper 810263 – International Congress and Exposition Detroit, Michigan, 1981.
8. A.Mayer ș.a. : Gestrickte Strukturen aus Endlosfasern für die Abgasreinigung – MTZ 56 (1995).
9. W.Wade ș.a. : Diesel Particulate Trap Regeneration Techniques – Paper 8101116 - International Congress and Exposition Detroit 1981.
10. Gh.Bobescu : Tehnici speciale de scădere a consumului de combustibil și limitare a noxelor la autovehicule – Universitatea TRANSILVANIA – Brașov 1989.
11. Proposed European Emission Standards for Particulates Force the Pace of Filter Development - HSD&D 5/90, 11-12/90.
12. S.Gulati, P.Scott : Design and Performance for a Ceramic Monolithic Converter Systems for Motorcycles - Small Engine Technology Conference – Pisa 1993.
13. J.Howitt, M.Montierth : Cellular Ceramic Diesel Particulate Filter- International Congress and Exposition Detroit 1981 – Paper no. 810114.
14. S.Oh ș.a. : Modelarea matematică a filtrelor cu fibre pentru particule Diesel – Teorie și experiment–Lucrarea 810113- Congresul Internațional Detroit S.U.A. 1981.
15. MAK- und BAT– Werte : Liste 1993 der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitstoffe - Mittelung 29 der Deutschen Forschungsgemeinschaft .
16. S.Ban ș.a. : Development of Porous Metal for Diesel Particulate Filter - SAE Technical Paper 950739.
17. J. Murphy ș.a. : Assessment of Diesel Particulate Control – Direct and Catalytic Oxidation - Paper 810112–International Congress and Exposition Detroit, Michigan, 1981.
18. J.Howitt, M.Montierth : Cellular Ceramic Diesel Particulate Filter - International Congress and Exposition Detroit 1981 – Paper no. 810114.
19. K. Hayashi ș.a. : Dispozitiv de control al emisiilor pentru un motor Diesel U.S.Patent 4934142 – 19.06.1990.

20. G.Lepperhoff, ș.a. : Quasi-Continuous Particle Trap Regeneration by Cerium Additives - SAE Technical Paper 950369.
21. N.Apostolescu : Poluarea produsă de motoarele cu ardere internă - Curs postuniversitar -Universitatea Tehnică București – 1992.
22. D.Harvey, ș.a : Effects of a Ceramic Particle Trap and Copper Fuel Additive on Heavy -Duty Diesel Emissions - SAE Technical Paper 942068.
23. J.Lemaire, ș.a. Fuel Additive Supported Particulate Trap Regeneration Possibilities by Engine Management System Measures - SAE Technical Paper 942069.
24. F.Oey, ș.a : Diesel Vehicle Application of an Aerodynamically Regenerated Trap and EGR System – SAE Technical Paper 950370.
25. N.Khalil, ș.a. : Reducing Diesel Particulate and NOx Emissions via Filtration and Particle -Free Exhaust Gas Recirculation SAE Technical Paper 950736.
26. K.Pattas, ș.a. : Cordierite Filter Durability with Cerium Fuel Additive – SAE Technical Paper 920363.
27. W.Polach, K.H.Hagele Erste Ergebnisse mit dem Elektrostatischen Russabschelder an einem Pkw - Dieselmotor - SAE Technical Paper 845089.
28. H.Houben, ș.a. : The Optimized Deutz Service Diesel Particulate Filter System DPFS II SAE Technical Paper 942264.
29. B.Engler, ș.a. : Catalytically Activated Diesel Particulate Traps - New Development and Applications - SAE Technical Paper 860007.
30. A.Marinescu, V.Sandu Adaptarea filtrelor de particule pe autovehiculele românești -CONAT 1996 – Brașov.
31. Buletin de încercări 130M/93 : Cercetarea experimentală a filtrelor de particule 3M și optimizarea regenerării filtrelor prin utilizarea aditivului în combustibil pe standul de încercat motoare – INAR S.A. – Brașov.
32. R.Toader, E.Negruș : Sisteme de filtrare - regenerare pentru reducerea emisiilor de poluanți vizibili ai vehiculelor de transport românești - ESFA '95 – București.
33. Electrofiltru de separare într-o concepție revizuită și îmbunătățită –Studiu 7975/1990 ICSITA Pitești.

34. Încercarea primului motor diesel naval lent de 20.000 CP – K6SZ 90/160A la I.C.M.Reșița –Sesiunea de comunicări științifice a inginerilor și tehnicienilor din municipiul Reșița , 10.1978.
35. Cercetări privind asimilarea în țară a schimbătoarelor de căldură pentru răcirea aerului de supraalimentare al motoarelor diesels navale din fabricație I.C.M.Reșița, A patra sesiune de comunicări tehnico-științifice I.N.M.T.București, 24-25.11.1983, colectiv de autori.
36. Tubul termic – un nou mijloc neconvențional de transmitere a căldurii – A patra sesiune de comunicări tehnico-științifice I.N.M.T.București , 24-25.11.1983 ,colectiv de autori.
37. Instalații de răcire cu aer pentru motoarele diesel staționare de mare putere – A cincea sesiune jubiliară de comunicări științifice , I.N.M.T.București , iunie 1985 ,colectiv de autori.
38. Aspecte privind folosirea tuburilor termice la transportul căldurii în motoarele Stirling - A cincea sesiune jubiliară de comunicări științifice , I.N.M.T.București , iunie 1985 ,colectiv de autori.
39. Metodă de calcul pentru proiectarea unui schimbător de căldură tip lichid-lichid ,orizontal , cu țevi și manta – I.N.M.T.București ,februarie 1986.
40. Studiul și proiectarea unui răcitor de ulei-apă în variantă optimizată de consum minim de energie – I.P. “ Traian Vuia “ Timișoara , decembrie 1987.
41. Aspecte privind proiectarea și fabricarea răcitoarelor pentru aerul de supraalimentare al motoarelor diesel navale construite la I.C.M.Reșița – Simpozionul de termotehnică și mașini termice , Timișoara , 4-5.11.1988, colectiv de autori.
42. Al.Enache, F.Enache, G.Cădariu, F.Chatsinikolaou, Household Cadmium Poisoning, the 7-th International Symposium Interdisciplinary Regional Research, Hunedoara, 25-26.09.2003.

Cap. 3.2

1. C.Vasilescu : Combaterea poluării produse de motoarele cu ardere internă, Ed. Academiei , 1975.
2. ***Abgastechnik fur Ottomotoren, Technische Unterrichtung, Bosch.
3. V.D.Negrea, V.Sandu : Combaterea poluării mediului în transporturile rutiere, Ed.Tehnică, București, 2000.
4. P.Oser, W.Brandstetter : Principiile de bază ale reducerii poluării la m.a.s. aplicând catalizatori, MTZ 45 (1985) 5.
5. P.Kuhlmann : Verbrennungsmotoren , Hamburg 1993.
6. A.Popescu, ș.a. : Reduced Exhaust E missions Using Thermal Energy Storage, ESFA 1998.
7. G.Koltsakis, ș.a. : A Concept for Catalytical Converter On Board Monitoring Using the Catalyst Exoterm, 96A4027, Control and Diagnostics in Automotive Applications, 1996.
8. D.Fardon, ș.a. : On board diagnostics looking to 2000, Testing technology international, febr.1999.
9. F. Enache, Gelu Cădariu, Florentina Cădariu, Al. Enache, F. Chatzinikolaou Interacțiuni mediu, om, vehicul în interpretarea codului rutier, Ed. Mirton, 2004.

Cap 4

1. Gh.Bobescu : Tehnici speciale de scădere a consumului de combustibil și limitare a noxelor la autovehicule – Universitatea TRANSILVANIA – Brașov 1989.
2. V.Sandu, A.Marinescu : Aparatura modernă pentru măsurarea emisiilor motoarelor diesel, Conferința E.S.F.A.1995,18-19.05.1995, București.
3. Regulamentul CEE - ONU 49.02 : Prescripții uniforme asupra omologării motoarelor cu aprindere prin compresie și a vehiculelor echipate cu motoare cu aprindere prin compresie în ceea ce privește emisiile de gaze poluante.
4. G.Greeves, H.T.Wang Origins of Diesel Particulate Mass Emission Paper 810260, International Congress and Exposition Detroit – 1981.
5. ***Prescripții referitoare la omologarea autovehiculelor având cel puțin patru roți, în ceea ce privește zgomotul, Regulamentul nr. 51 CEE-ONU.

6. ***Directivă asupra nivelului admis de zgomot și prescripții asupra instalației de evacuare la autovehicule, Directiva 70/157/CEE actualizată.
7. ***Măsurarea zgomotului la mașini. Măsurarea zgomotului aerian prin procedeul suprafeței înfășurătoare. Motoare cu ardere internă. DIN 45635/11.
8. ***Zgomotul motoarelor cu ardere internă cu piston. Metoda de măsurare și evaluare a zgomotului. CSN 090862.
9. ***Motoare cu ardere internă cu piston. Măsurarea zgomotului. Metodă de măsurare a zgomotului aerian. TGL 31-767.
10. ***Metodă de măsurare a nivelurilor de zgomot la motoarele cu ardere internă cu piston. STAS 12880-90.
11. ***Dynamic Particulate and Lambda Analyser DPL 482. Prospect of produs, AVL, 1995.
12. ***Some Experiments on the Measurement of Exhaust Smoke Emission from Diesel Engine. MIRA Report no. 1961/5-1961.
13. A.Dodd, Z.Holubecki : The Measurement of Diesel Exhaust Smoke, MIRA Report 1965/10.
14. W.Eisenberg, ș.a. : Cooperative Evaluation of Methods for the Analysis of PAH in Extracts from Diesel Particulate Emissions, SAE Paper 840414.
15. J. Murphy, ș.a. : Assessment of Diesel Particulate Control – Direct and Catalytic Oxidation - Paper 810112 – International Congress and Exposition Detroit, Michigan, 1981.
16. ***Emisiile de particule ale motoarelor Diesel - RTD 162/1990.
17. L.Del Bo : Sinteze privind reducerea zgomotului în transporturi, Tuttotransporti nr.85, 1988.
18. Proposed European Emission Standards for Particulates Force the Pace of Filter Development - HSD&D 5/90, 11-12/90.
19. K. Hayashi, ș.a. : Dispozitiv de control al emisiilor pentru un motor Diesel U.S.Patent 4934142 – 19.06.1990.
20. N.Apostolescu : Poluarea produsă de motoarele cu ardere internă - Curs postuniversitar -Universitatea Tehnică București – 1992.

21. F.Oey, ș.a : Diesel Vehicle Application of an Aerodynamically Regenerated Trap and EGR System – SAE Technical Paper 950370.
22. Zgomotul traficului rutier. Aparate de măsură. Rezultate. Program TEMPUS – Universitatea Timișoara, mai 1993.
23. Studiul poluării sonore datorită traficului rutier în municipiul Timișoara, - Al XIX-lea Simpozion al Filialei Timișoara a Academiei Române – Subcomisia pentru combaterea poluării mediului , Timișoara ,06.06.1994 , colectiv de autori.
24. G.Cădăriu, Florentina Cădăriu Zgomotul traficului rutier - factor poluant, Al IV-lea Simpozion Internațional Cercetarea Multidisciplinară Regională, Timișoara, 16-18.11.2000.
25. P.Ernest, G.Cădăriu, Florentina Cădăriu, Poluarea sonoră datorată traficului rutier, Al III-lea Simpozion Internațional Tinerii și Cercetarea Multidisciplinară, Timișoara, 8-9.11.2001.

Cap. 5

1. Aramă C., Apostolescu N., Grunwald B. – Poluarea aerului de către motoarele cu ardere internă , Editura Tehnică, București, 1975.
2. V.D.Negrea : Procese în motoare cu ardere internă. Economicitate. Combatere poluării, Vol.II, Ed. Politehnica, Timișoara, 2003.
3. ***STAS 12574/87, Aer din zonele protejate.
4. ***STAS 10009/88, Acustica urbană.
5. ***Ordinul MAPPM nr. 462/1993, Privind condițiile tehnice pentru protecția atmosferei.
6. ***Factori de emisie – Poluarea atmosferică – AP 42/1968, Ministerul Mediului, 1992.
7. ***Exhaust Gas Controls and Explanation of Honda's Technical Response – Honda Motor Co., LTD . Suzuka factory, ICETT, Yokkaichi, Japan, Nov. 1994.
8. ***Metodologie de evaluare operativă a emisiilor de CO₂, SO₂, Nox și pulberi (cenușă zburătoare) din centralele termice și termoelectrice, ICEMENERG, București, 1994.
9. ***STAS 9081/88, Poluarea aerului.Terminologie.

10. ***STAS 10331/92, Puritatea aerului. Principii și reguli generale de supraveghere a calității aerului.
11. ***Legea 137/95, Legea Protecției Mediului.
12. Ionel I., Ungureanu C. - Termoenergetica și Mediul, Editura Tehnică, București , 1996.
13. F. Filippi – Truk and environmental pollution – ATA, Nov. 1990.
14. Bidault M. – Reduction of Comercial vehicles engine emission – EAEC 91040.
15. F.M.Nieuwstadt, H. Van Dop (editori) – Atmospheric Turbulence and Air Pollution Modelling – D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Olanda, 1982.
16. F. Pasquill, F.B.Smith – Atmospheric Diffusion (ediția a 3-a) – Ellis Horwood Ltd., Chichester, Marea Britanie, 1983.
17. R.B. Wilson – Review of the Development and Application of CRSTER and MPTER Models – Atmospheric Enviroment , vol.27B, nr.1, p.41-57, 1993.
18. M. Puttre – Environmental modelling helps clear the air – ASME, Journal of Mechanical Engineering, Ian. 1994. p. 44-51.
19. D.B. Turner et al. – Evaluation of the TUPOS Air Quality Dispersion Model Using data from the EPRI Kincaid Field Study – Atmospheric Environment, vol.25A, nr.10, p.2187-2202, 1991.
20. K.E. Gronnskei et al. - Evaluation of a model for Hourly Spatial Concentration Distributions - Atmospheric Environment, vol.27B, nr.1, p.120-150, 1993
21. K.Y.YOO - An Atmospheric Deposition Model for Particles and Gases, Ph.D. report, University of London, Marea Britanie, 1993.
22. Briggs. G.A. – Analitical parametrizations of diffusion: the convective boundary layer – J.Climate Applied meteor., Vol.24, p.1167-1186. 1985.
23. Weil J.C., Brower R.P., – An updated Gaussian plume model for tall stacks – J. Air Pollut. Control Assoc., p. 818-827, 1984.
24. Berkowicz R., Olesen H.R., Torp U. – The Danish Gaussian air pollution model (OML): description, test and sensitivity analysis in view of regulatory applications – Air Pollution Modelling and Its Application V, Ed. Plenum, New York, p.453-481 1986.

25. Almbauer R.A. – Application of the Graz mesoscale model GRAMM for the estimation of the pollution concentration in the vicinity of the Power Plant in an Alpine Valley – ASME Cogen Turbo Power Conference, Viena, 95-CTP-87, 1995.
26. Strum P.J. - Air quality study for the city of Graz, Austria – Urban Air Pollution, vol.I, Computational Mechanics Publications, 1991.
27. Memarzadeh F. – A functional explanation of a Point Source Gaussian Plume Dispersion Model - ASME Cogen Turbo Power, Viena, 95-CTP-87, 1995.
28. Stoian Florina Daniela – Modele de difuzie a noxelor în mediul ambient – Referat nr.2 – Timisoara, septembrie 1995.
29. Stoian Florina Daniela – Modele de difuzie a noxelor în mediul ambient – Referat nr.3 – Timisoara.
30. Gelu Cădăriu, Mariana Lörinczi, Aspecte privind concentrațiile imisiilor de SO₂ și NO₂ în Timișoara – A patra Conferință Națională de Termotehnică , Timișoara ,03-04.06.1994.

Summary:

The ecology, defined by German biologist Ernst Haeckel, since 1866, in the paper "General morphology of the organism", is the science which studies the interactions between human beings and between these and the environment where they live.

Standard increase of life cannot be understood as a diversity of technical-material means; this is an integration of man in his surrounding environment, in comfort and conservation conditions of health situation.

Environmental pollution, treated in chapter one of this paper, became a contemporary economic-social problem, so it was imposed legislative measures for the limitation of noxious actions.

Surrounding environment cannot undertake endlessly the function of humanity wastebasket.

The two essential processes decisive for pollution characterize the modern civilization, such as: industrialization and urbanization, which are unfavorable in unsuitable conditions. In this context, are made references regarding means of transport (road, air, naval) equipped with engines with internal combustion, substantial sources of pollution. It is emphasized the growth of energy consumption.

The objective of chapter two is the present stage of researches concerning environment pollution fighting in transport. It starts, with information regarding pollution evaluation made by road transport. It enumerates pollution effects on air, water, soil and natural environment on the whole.

It analyzes the nature and the effects of the pollutant emissions of engines with internal combustion; there are presented the hydrocarbons, the volatile organic compounds, aldehydes, olefins and aromatic compounds, also presented nitrogen oxide, carbon monoxide, particles, ozone, sulphur oxide and carbon dioxide.

There are made references to the air pollution and noxious levels, insisting to the notions of air quality and clinical toxicology, to the correlation between dose and effects indicated by the study made with the occasion of evacuation gases of engines inhalation.

The author's principal preoccupation is the pollution due to the ruttier transportations, produced especial by the engines with internal combustion. Is interesting also, the material present in the chapter three, regarding the auto exhaust process, because it's well know that the "clean engine" does not exist, at least for the fabricated vehicules. Are presented the type of catalyses from the simply to the catalyses with three way, insisting to the catalyses with three components, to its construction and the effect of catalytic reactor to noxions.

Are made referees to the engine particles emission. It motivates the development of the filter of particles, the variety of constructive types, insisting on the equipments with mechanic stops and electrostatic filters.

In chapter four are exposed elements regarding experimental installation and the techniques of comparative evaluation of noxions as well the noise produced from the vehicles. Are given dates about the way of experimental determination of pollution, information about the existing difference between the measure units for evaluation of noxions, specific relations for quantitative evaluation of noxions.

A consistency section is represented by the sound pollution in general conditions and then with detailed dates of sound level from Timisoara, dates obtained in time, for different streets, intersections and other locations. The implications are significant considering that in Timisoara are approximately 950 km of streets of different categories, the public transport includes tram, and many streets are not asphalted. It is treated aspects considering the relation between the roadways and the organization of the traffic, the implication on the environmental pollution, pollution produced by the vehicles engine with internal combustion.

In chapter five, the author occupies with statistic interpretation of the emissions effects to the local pollution, considering and the general way of emissions distribution for the mobile sources.

It presents analysis methods of noxions dispersion in surrounding medium, with referring to the atmospheric pressure and temperature gradients. It continue with the notions of limited layer theory, apply to the terrestrials atmosphere and also to the planetary limited layer, convective limited layer, stable limited layer, presenting the equation system used

and varied statistics models of diffusion utilize in modeling noxious dispersion in environment.

There are presented diverse statistics models of diffusion such as: static theory of Taylor, the model of diffusion Monte Carlo, the model of horizontal diffusion Langevin, Gaussian model of noxious plume spreading. Are made appreciations regarding the model of diffusion validity for estimation of noxious concentration, the applicability of these statistics models of diffusion in study of noxious dispersion.

The experimental researches are based on the imissions determination for diverse locations in Timisoara city, and also on the determinations made in Giurgiu city and Bucuresti city. The measured values being considering are recently. The apparatus are modern, according to the European Union standards. The experimental dates, statistics percents presented for Timisoara include the period 1995 – 2001, and insist to the period 2002 – 2003, the last experimental dates being to 2004.

The author has used for compute evaluation of the imissions the program CALINE 4, 1.31 version, November 2003, Caltrans 1997, witch is an model of dispersion predictions the value of carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO_x) and ozone in neighborhood of roadways.

CALINE 4 is a modeling program to assess air quality impacts near transportation facilities. It is based on the Gaussian diffusion equation and employs a mixing zone concept to characterize pollutant dispersion over the roadway. Caline4 comes with a Windows user interface.

The validity of adaptation of the compute program to the real conditions to Timisoara, are made by juxtaposition of the compute results and experimental dates.

Chapter six presents the synthetic conclusions of this paper and relives the personal contributions of the author.

Because of the specific geoclimatics conditions of Timișoara, noxious dispersion is unfavorable, this impose some general recomandations:

- a sever periodic control of the thecnic state of vehicles;
- the fluidization of the traffic by extending the traffic lightening and its organization, in a first stage, with green wave, having a benefic effect to the noxious emission;

- segregation of the pedestrian traffic from the vehicle one, in the dens construct zones;
- the extension of the organisation circulatory system, at less from the principles roadways, with a one way of circulation;
- giving the priority to the communal traffic comparable with the cars traffic;
- severe restriction of traffic for middle and heavy vehicles in populated aria of the city;
- creation of the special roads for bicycle;
- protection and vegetation completion with resistant trees to pollution;
- avoidance, in the future, the petrol stations and great storehouse construction in the commercial arias of the city;
- recommendation of the fix stations assembling for imissions measurement.