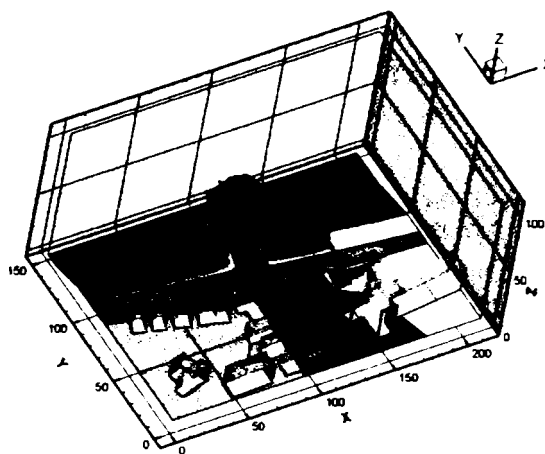




UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE MECANICĂ

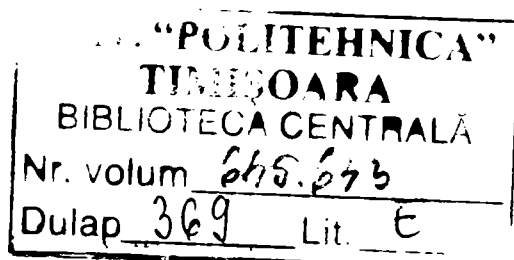
## Contribuții la determinarea calității aerului prin metode de sensibilitate ridicată, cu aplicații pentru municipiul Timișoara



### Teză de doctorat

Conducător științific:

Prof. dr. ing. IOANA IONEL



Doctorand:

Ing. DANIEL BISORCA

Timișoara  
2005

# Cuprins

<b>1</b>	<b>INTRODUCERE ÎN TEMATICA LUCRĂRII</b>	<b>1</b>
1.1	DEZVOLTAREA DURABILĂ ȘI CALITATEA AERULUI	1
1.2	SURSE DE POLUARE A AERULUI AMBIANT	5
1.2.1	Poluarea datorată traficului	10
1.2.2	Poluarea datorată surselor staționare	12
1.2.3	Poluarea datorată surselor naturale	13
1.3	PRINCIPALELE NOXE PREZENTE ÎN ATMOSFERĂ ȘI EFECTELE LOR ASUPRA SĂNĂTĂȚII OMULUI	15
1.3.1	Aerosoli	15
1.3.2	Gaze poluante	16
1.4	POLITICI DE MEDIU ȘI LEGISLAȚII PRIVIND PROTECȚIA MEDIULUI	22
1.4.1	Politici de mediu	22
1.4.2	Legislații cu caracter general	23
1.4.3	Legislația națională	26
1.4.3.1	Definiții ale termenilor specifici	26
1.4.3.2	Valori limită prevăzute în Ordinul 592	28
1.4.3.3	Metode de referință pentru măsurarea concentrațiilor	29
1.4.3.4	Amplasarea stațiilor de măsurare în puncte fixe	30
1.5	SCOPUL TEMEI DE CERCETARE	33
<b>2</b>	<b>STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII ÎN DOMENIUL DETERMINĂRII CALITĂȚII AERULUI</b>	<b>37</b>
2.1	MODELE FIZICE DE SIMULARE A DISPERSIEI NOXELOR	37
2.1.1	Generalități privind simularea stratului limită atmosferic în tunel aerodinamic	37
2.1.2	Metoda modelării, în tunel aerodinamic cu strat limită, pentru fenomenele de inginerie a vântului	41
2.1.3	Simularea stratului limită atmosferic dinamic în tunel aerodinamic cu strat limită	47
2.1.4	Modelarea poluării atmosferice în tunel aerodinamic cu strat limită meteorologic	49
2.2	MODELE MATEMATICE DE SIMULARE A DISPERSIEI NOXELOR	52
2.2.1	Noțiuni explicative	52
2.2.2	Modele statistice de difuzie utilizate în modelare	55
2.2.2.1	Teoria statistică a lui Taylor	55
2.2.2.2	Modelul Gaussian	55
2.2.2.3	Modelul de difuzie orizontală Langevin	58
2.2.2.4	Modelul de difuzie K	59
2.2.2.5	Modelul cutie (box)	60
2.2.3	Aplicații software ale modelelor statistice	61
2.2.3.1	Modelarea dispersiei poluanților evacuați din surse mobile de emisie	61
2.2.3.2	Modelarea dispersiei poluanților evacuați din surse staționare de emisie	64
2.2.3.3	Modelarea dispersiei poluanților evacuați din surse de emisie complexe	67
2.3	MĂSURĂTORI CU APARATE SPECIALIZATE DE MONITORIZARE	69
2.3.1	Principii și instrumente clasice pentru monitorizarea calității aerului	69
2.3.1.1	Proprietăți fizico-chimice ale principalelor componente ale aerului	69
2.3.1.2	Clasificarea metodelor pentru supraveghere și control	71
2.3.1.3	Metoda fotometriei nedispersive	73
2.3.2	Principii și echipamente optice pentru monitorizarea calității aerului	77
2.3.2.1	Principiul DOAS	78
2.3.2.2	Principiul FTIR	79
2.3.2.3	Principiul NDIR	80
2.3.3	Principiul DIAL LIDAR	81
<b>3</b>	<b>CONTRIBUȚII PERSONALE LA TEMATICA DE CERCETARE</b>	<b>83</b>
3.1	IDENTIFICAREA NECESITĂȚII DE ABORDARE A CERCETĂRII	83
3.2	SELECȚIONAREA STRATEGIEI, ECHIPAMENTELOR ȘI SOFTURILOR FOLOSITE ÎN CERCETARE	85
3.2.1	Strategia cercetării	85
3.2.2	Instrumentul optic	85
3.2.2.1	Principiul de operare	88
3.2.2.2	Principalele caracteristici tehnice	90
3.2.2.3	Instalarea și calibrarea instrumentului	90
3.2.2.4	Prelucrarea datelor măsurate	92
3.2.3	Analizorul clasic	94
3.2.4	Sistemul de achiziție a datelor	96

3.2.5	Stația meteorologică fixă .....	99
3.2.6	Stația mobilă de monitorizare a calității aerului.....	106
3.2.7	Softuri CFD pentru monitorizarea calității aerului.....	107
3.2.7.1	Programul ISC4View .....	107
3.2.7.2	Programul CALRoads View.....	109
3.2.7.3	Programul Fluent .....	111
3.2.7.4	Programul Adrea_Hf .....	113
3.3	DETERMINAREA FACTORILOR DE EMISIE.....	115
3.3.1	Determinarea factorilor în baza măsurărilor la sursă .....	115
3.3.2	Determinarea factorilor pe bază de relații matematice empirice .....	116
3.3.3	Determinarea factorilor prin metoda CORINAIR.....	116
3.4	STUDII DE CAZ PRIVIND MONITORIZAREA COMPARATIVĂ A CALITĂȚII AERULUI ÎN ZONA MUNICIPIULUI TIMIȘOARA.....	124
3.4.1	Generalități privind campaniile de monitorizare.....	124
3.4.2	Analiza critică a strategiei de amplasare a instrumentelor de monitorizare, prin metoda numerică ...	125
3.4.3	Analiza numerică a impactului principalelor surse poluatoare din Timișoara .....	133
3.4.3.1	Inventarul surselor staționare.....	134
3.4.3.2	Inventarul surselor mobile .....	136
3.4.3.3	Moderarea și simularea numerică .....	137
3.4.4	Episodul mai 2002 din intersecția Bv. M. Viteazu – Bv. V. Pârvan .....	139
3.4.5	Episodul mai 2004 din zona deponiei Parța – Șag .....	148
3.4.6	Episodul iunie 2003 din strada de tip canion Lucian Blaga .....	154
3.4.7	Episodul mai 2004 din intersecția Calea Șagului – Bv. Ana Ipătescu .....	167
3.4.8	Alte campanii din municipiul Timișoara.....	170
3.4.9	Analiza de corelație.....	172
3.4.9.1	Prelucrarea semnalului măsurat cu instrumentul optic Hawk în Calea Șagului.....	172
<b>4</b>	<b>CONCLUZII ȘI PERSPECTIVE.....</b>	<b>177</b>

## Lista Tabelelor

Tabelul 1.1 Compoziția medie a aerului curat și uscat [23].	2
Tabelul 1.2 Principalele surse de poluare ale aerului atmosferic	5
Tabelul 1.3 Distribuția pe zone a situației din 1995 și de prognoză referitoare la parcul de vehicule ușoare.	11
Tabelul 1.4 Durata de viață a poluanților în atmosferă [25].	22
Tabelul 1.5 Cele mai importante convenții privind controlul poluării atmosferei.	24
Tabelul 1.6 Standardele pentru calitatea aerului ambient în diferite state.	25
Tabelul 1.7 Statistica valorilor înregistrate.	25
Tabelul 1.8 Extrase din ordinul 592 din 25.06.2002, raportate la condiții standard.	28
Tabelul 1.9 Numărul necesar de puncte de monitorizare funcție de numărul de locuitori	31
Tabelul 1.10 Încrederea în metodele de evaluare	32
Tabelul 2.1 Valorile exponentului $\alpha$ și ale grosimii stratului limită atmosferic $\delta$ după davenport și velozzi.	48
Tabelul 2.2 Valorile exponentului $\alpha$ pentru diferite amplasamente cu rugozitate naturală.	48
Tabelul 2.3 Clasificarea tipurilor de modelare funcție de surse, dimensiunilor spațiului și intervalul de timp [26].	53
Tabelul 2.4 Proprietățile fizice ale principalelor gaze prezente în atmosferă.	70
Tabelul 2.5 Poluanții atmosferei și principalele metode de determinare.	71
Tabelul 3.1 Compoziția gazelor de calibrare.	96
Tabelul 3.2 Caracteristici tehnice ale modulului CS500.	100
Tabelul 3.3 Caracteristici tehnice generale ale modulului 95103	101
Tabelul 3.4 Caracteristici tehnice senzorului pentru radiația solară tip SP1110.	102
Tabelul 3.5 Caracteristici tehnice ale senzorului de precipitații ARG100.	103
Tabelul 3.6 Caracteristici tehnice ale senzorului de presiune PTB101B.	103
Tabelul 3.7 Caracteristici tehnice ale plăcii de achiziție de tipul CR10X.	104
Tabelul 3.8 Tabel recapitulativ privind normele și datele de aplicare diferențiate pe clase de vehicule	119
Tabelul 3.9 Determinarea factorului de emisie pentru CO, funcție de viteza de deplasare și clasa respectiv capacitatea autoturismelor care funcționează cu benzină.	120
Tabelul 3.10 Determinarea factorului de emisie de CO funcție de viteza de deplasare pentru toate ... clasele de autovehicule.	121
Tabelul 3.11 Factorul de emisie pentru autovehiculele dotate cu motoarele în doi timpi funcționând pe benzină <2,5 t.	120
Tabelul 3.12 Reducerea procentuală a emisiilor vehiculelor grele, echipate cu motoare diesel, pentru diferite regimuri de funcționare (urban, rural, autostradă.	121
Tabelul 3.13 Reducerea procentuală a emisiilor față de normativul euro I, adoptat prin directivele 91/441/EEC (euro I) și 93/59/EEC (euro I).	122
Tabelul 3.14 Programul campaniilor de monitorizare efectuate în municipiul Timișoara.	124
Tabelul 3.15 Centralele termice ale SC Calor Timișoara	135
Tabelul 3.16 Centralele termice ale CET	135
Tabelul 3.17 Principalele surse industriale.	135
Tabelul 3.18 Valori medii pe 30 minute.	138
Tabelul 3.19 Valori medii pe 24 ore.	138
Tabelul 3.20 Valoarea procentuală a contribuției depunerilor la poluarea mediului.	149
Tabelul 3.21 Valorile coeficientului de corelație între parametri analizații.	174



## Lista figurilor.

Figura 1.1 : Contribuția principalelor sectoare poluatoare din România la emisia anuală de CO <sub>2</sub> .....	6
Figura 1.2 : Contribuția principalelor sectoare poluatoare din Germania la emisia anuală de CO <sub>2</sub> .....	6
Figura 1.3 : Contribuția principalelor sectoare poluatoare din România la emisia anuală de SO <sub>2</sub> .....	7
Figura 1.4 : Contribuția principalelor sectoare poluatoare din Germania la emisia anuală de SO <sub>2</sub> .....	7
Figura 1.5 : Contribuția principalelor sectoare poluatoare din România la emisia anuală de NO <sub>x</sub> .....	8
Figura 1.6 : Contribuția principalelor sectoare poluatoare din Germania la emisia anuală de NO <sub>x</sub> .....	8
Figura 1.7 : Contribuția principalelor sectoare poluatoare din România la emisia anuală de CO.....	9
Figura 1.8 : Contribuția principalelor sectoare poluatoare din Germania la emisia anuală de CO.....	9
Figura 1.9 : Legăturile chimice ale 3, 4-benzpirenului.....	21
Figura 1.10 : Acțiunea asupra organismului uman a 3, 4-benzpirenului.....	21
Figura 1.11 : Conexiunile internaționale privind legislația în domeniul poluării aerului.....	23
Figura 1.12 : Imagine cu sistemul LIDAR existent în România.....	35
Figura 2.1 : Profilele vitezei medii adimensionale a vântului și grosimile stratului limită atmosferic pentru diferite rugozități ale terenului [44].....	49
Figura 2.2 : Schema sistemului de producere și injecție a simili-poluantului și a sistemului de analiză a concentrației acestuia, în vena unui tunel aerodinamic cu strat limită, de tip meteorologic.....	50
Figura 2.3 : Conexiunea dintre măsurători – simulare numerică – prognozare – aplicare.....	54
Figura 2.4 : Exemplu privind principiul de modelare gravitațională a fenomenului de depunere uscată a particulelor emise pe un coș de fum.....	54
Figura 2.5 : Schița modelului gaussian de dispersie.....	56
Figura 2.6 : Distribuția concentrațiilor într-o zonă de deal în intervalul 5 – 9 dimineața.....	58
Figura 2.7 : Traiectoriile și concentrațiile calculate la ora 5 am respective 9 am.....	59
Figura 2.8 : Schema modelului cutie.....	60
Figura 2.9 : Conexiunile și diferențele diferitelor teorii și modele de dispersie.....	61
Figura 2.10 : Domeniile de radiație și spectrele de absorbție în IR ale principalelor gaze prezente în atmosferă.....	75
Figura 2.11 : Principiul metodei fotometriei nedispersive și variația gradului de absorbție conform legii Lambert-Beer.....	76
Figura 2.12 : Principiul măsurătorii pentru instrumentele cu un singur fascicul.....	77
Figura 2.13 : Principiul măsurătorii pentru instrumentele cu fascicul dublu.....	77
Figura 2.14 : Instrumentul optic SafEye 256 (IR DOAS), produs de firma SPECTRONIX.....	78
Figura 2.15 : Instrumentul optic Polytron ToxLine (FTIR) produs de firma Dräger Safety AG &Co.....	79
Figura 2.16 : Schema noului sistemul optic de formare al spectrului produs de firma Dräger Safety AG &Co.....	79
Figura 2.17 : Principiul de funcționare DIAL LIDAR:.....	82
Figura 2.18 : Exemplu de organizare a măsurătorilor efectuate cu sistemul DIAL LIDAR.....	81
Figura 3.1 : Aparatul Hawk Siemens.....	80
Figura 3.2 : Schema de principiu a amplasării aparatului Hawk Siemens.....	80
Figura 3.3 : Schema bloc a aparatului Hawk Siemens.....	86
Figura 3.4 : Elementele componente ale aparatului Hawk Siemens.....	88
Figura 3.5 : Secțiune printr-un element din reflectorul aparatul Hawk Siemens.....	89
Figura 3.6 : Comparație dintre două sisteme de măsură folosite: a) Principiul instrumentului clasic - HORIBA, b) Principiul instrumentului optic modern - HAWK.....	89
Figura 3.7 : Panoul de control și conexiuni al instrumentului.....	91
Figura 3.8 : Etalonarea instrumentului conform graficului de la producător.....	93
Figura 3.9 : Absorbția în infraroșu:.....	94
Figura 3.10 : Principiul de funcționare al analizorului APMA 350E:.....	95
Figura 3.11 : Panoul frontal al analizorului HORIBA, model APMA 350E.....	96
Figura 3.12 : Schema bloc a sistemului de achiziție de date:.....	97
Figura 3.13 : Interfața aplicației „UrmărireOnLine”.....	98
Figura 3.14 : Amplasarea în Timișoara și vedere cu stația meteo.....	99
Figura 3.15 : Conectarea senzorului și amplasarea senzorului în protecția solară:.....	101
Figura 3.16 : Amplasarea modulul tip 05103 pe stativ și detaliu cu structura internă a acestuia.....	102
Figura 3.17 : Senzorul pentru radiația solară tip SP1110 și vedere a vasului de colectare al senzorului de precipitații ARG100.....	102
Figura 3.18 : Vedere cu locația de instalare, și detaliu cu senzorul a senzorului PTB101B.....	103
Figura 3.19 : Placa de achiziție CR10X și interfața spre calculator.....	104

Figura 3.21 : Conexiunea Stația Meteo CR10 – Calculator. ....	105
Figura 3.22 : Conexiunea Calculator (Stația meteo de la Pădurea Verde) – Server (stația SUN) din Facultatea de Mecanică.....	105
Figura 3.23 : Schema bloc a stației de monitorizare a calității aerului folosită pe timpul campaniilor din Timișoara.....	106
Figura 3.24 : Grafic cu factorii de emisie specifici pentru toate clasele de vehicule pentru 10 km respectiv 35 km/h.....	123
Figura 3.25 : Vedere de sus a zonei de interes. ....	125
Figura 3.26 : Modelarea numerică a domeniului de interes cu distingerea zonelor caracteristice: .....	127
Figura 3.27 : Rețeaua creată pentru discretizarea domeniului de interes .....	128
Figura 3.28 : Distribuția spațială a CO în condițiile în care vântul suflă din SV cu o viteză de 3 m/s.....	128
Figura 3.29 : Distribuția de CO într-un plan situat la 1,5 metri de sol, vânt din SV cu o viteză de 3 m/s.....	129
Figura 3.30 : Distribuția de CO într-un plan situat la 1,5 metri de sol, vânt din SV cu o viteză de 0.5 m/s..	129
Figura 3.31 : Distribuția de CO într-un plan situat la 1,5 metri de sol, vânt din Sud cu o viteză de 3 m/s....	130
Figura 3.32 : Distribuția de CO într-un plan situat la 1,5 metri de sol, vânt din Nord cu o viteză de 3 m/s..	130
Figura 3.33 : Distribuția de CO într-un plan situat la 1,5 metri de sol, vânt din Vest cu o viteză de 3 m/s....	131
Figura 3.34 : Distribuția de CO într-un plan situat la 1,5 metri de sol, vânt din NE cu o viteză de 3 m/s.....	131
Figura 3.35 : Variația concentrației de CO de-a lungul distanței optice și în punctul de prelevare al aparatului Horiba funcție de parametri caracteristici ai vântului.....	132
Figura 3.36 : Compoziția traficului rutier Str. Circumvalațiunii –Bv. Republicii total 16691 auto/ 8 ore ....	136
Figura 3.37 : Compoziția traficului rutier B-dul V Pârvan total 15460 autoveh/ 8 ore .....	137
Figura 3.38 : Contributia principalelor sectoare poluatoare din Timișoara a la emisia anuală CO. ....	137
Figura 3.39 : Dispersia CO media 24 ore.....	138
Figura 3.40 : Detaliu al zonei monitorizate și localizarea intersecției pe harta municipiului Timișoara. ....	140
Figura 3.41 : Compoziția traficului rutier 15200 autovehicule în 24 ore. ....	141
Figura 3.42 : Variația parametrilor meteo pe perioada campaniei de măsurători.....	142
Figura 3.43 : Screen shoot reprezentând roza vântului în perioada campaniei: 17. 07.2002 – 26.07.2002....	142
Figura 3.44 : Distribuția procentuală a vântului pe clase de viteză în perioada de interes .....	142
Figura 3.45 : Modelarea intersecției MViteazul cu senzurile de intrare – ieșire și cu poziția receptorilor...	143
Figura 3.46 : Dispersia de CO în intersecția M Viteazul într-un plan situat la 1,5 m față de suprafața carosabilului. ....	144
Figura 3.47 : Vedere de sus a locației unde s-a efectuat monitorizarea calității aerului.....	145
Figura 3.48 : Detaliu al locației unde s-a efectuat monitorizarea calității aerului și distanța dintre emițătorul și reflectorul aparatului optic.....	146
Figura 3.49 : Variația concentrației CO înregistrată la un interval de 6 secunde comparativ cu ambele aparate, în $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ . ....	146
Figura 3.50 : Variația medie la 8 ore, calculată conform legislației, în $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ . ....	147
Figura 3.51 : Histograma concentrațiilor măsurată cu cele două instrumente, pe parcursul campaniei Bv. Mihai Viteazu. ....	147
Figura 3.52 : Amplasamentul deponeului Șag - Parța la limita municipiului Timișoara.....	149
Figura 3.53 : a) Stația meteorologică amplasată la marginea deponeului. b) Roza vânturilor medie pe intervalul 7-14 mai 2004. ....	150
Figura 3.54 : Variația parametrilor meteorologici pentru episodul analizat. ....	151
Figura 3.55 : Dispersia de $\text{CH}_4$ cu mediere la o oră. ....	151
Figura 3.56 : a) Drumul optic. b) Amplasarea oglinzii reflectoare.....	152
Figura 3.57 : Grafic cu valorile medii la 15 min, comparative ale concentrațiilor de CO măsurate cu aparatul clasic și cu aparatul optic, în $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ . ....	152
Figura 3.58 : Focurile în câmp deschis, cauzatoare de vârfuri de poluare.....	153
Figura 3.59 : Concentrația de CO în perioada 11 - 13.05.2004 (valori maxime zilnice a mediilor pe 8 ore), în $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ . ....	153
Figura 3.60 : Poziția străzii canion în zona investigată. ....	155
Figura 3.61 : Vedere cu zona investigată (centrul municipiului Timișoara). ....	157
Figura 3.62 : Modelarea geometriei zonei investigate folosind Gambit (preprocesorul grafic pentru Fluent CFD).....	157
Figura 3.63 : Modelarea geometriei zonei investigate folosind Delta_B (preprocesorul grafic pentru Adrea_HF CFD).....	157
Figura 3.64 : Rețeaua tetraedrică folosită pentru discretizarea geometriei (Fluent CFD). ....	158
Figura 3.65 : Rețeaua ortogonală folosită pentru discretizarea geometriei (Adrea Hf). ....	158
Figura 3.66 : Parametrii meteorologici din perioada campaniei - iunie 2003.....	158
Figura 3.67 : Roza vânturilor medie pe intervalul 10-20 iunie 2003.....	159
Figura 3.68 : Vectori direcție și viteză vântului rezultați în urma calculului numeric .....	159
Figura 3.69 : Vedere a distribuției concentrației de monoxid de carbon (rezultat Fluent) .....	160

Figura 3.70 : Vizualizarea recirculării de tip vortex realizată cu probă de fum , poza realizată cu un timp de expunere de 4 s..[128] .....	161
Figura 3.71 : Profilul dispersiei CO în plan vertical și direcția vectorilor viteze (FLUENT). .....	161
Figura 3.72 : Profilul dispersiei CO, sensul și direcția vectorilor viteza ADREA. ....	161
Figura 3.73 : Vedere de ansamblu a distribuției concentrației de monoxid de carbon (rezultat AdreaHF)....	162
Figura 3.74 : Vedere focalizată a distribuției concentrației de monoxid de carbon (rezultat Fluent).....	162
Figura 3.75 : Vedere focalizată a distribuției concentrației de monoxid de carbon (rezultat Adrea_HF) .....	162
Figura 3.76 : Dispersia pentru zona considerată la diferite nivele deasupra solului (Fluent).....	163
Figura 3.77 : Dispersia CO la 5m deasupra nivelul solului cu vântul din direcția SE. Dispersia CO la 10m deasupra nivelul solului cu vântul din direcția SE.....	163
Figura 3.78 : Dispersia CO la 15m deasupra nivelul solului cu vântul din direcția SE Dispersia CO la 20m deasupra nivelul solului cu vântul din direcția SE.....	163
Figura 3.79 : Variația profilului concentrațiilor de CO la 4 m deasupra nivelului străzii rezultată în urma calculului numeric folosind FLUENT 6.1.....	164
Figura 3.80 : Vedere cu strada L Blaga și cu amplasarea instrumentelor.....	164
Figura 3.81 : Imagini cu platformele de susținere ale instrumentelor .....	165
Figura 3.82 : Variația concentrației pe perioada monitorizată.....	165
Figura 3.83 : Distribuția concentrațiilor de CO în 24 ore.....	166
Figura 3.84 : Vedere a locației unde s-a desfășurat campania de monitorizare cu evidențierea defazajului între axa optică și axa geografică NS.....	167
Figura 3.85 : Roza vânturilor medie pe intervalul 20-29 mai 2004.....	168
Figura 3.86 : Episodul Calea Șagului & amplasarea contorului de trafic.....	168
Figura 3.87 : Distanța optică în timpul campaniei din Calea Șagului .....	168
Figura 3.88 : Grafic cu valorile înregistrate la un interval de 6 secunde cu aparatul optic, în $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ .....	169
Figura 3.89 : Grafic cu valorile medii la 15 minute ale tuturor parametrilor înregistrați. ....	169
Figura 3.90 : Poza din timpul campaniei din Parcul Central (perioada 15 – 19 mai 2003).....	170
Figura 3.91 : Poza din timpul campaniei din Parcul Botanic (perioada 19 – 21 mai 2003). ....	170
Figura 3.92 : Poza din timpul campaniei din Sensul Giratoriu Mărăști (perioada 25 Nov – 05 Dec 2003). ..	171
Figura 3.93 : Poza din timpul campaniei din Sensul Giratoriu Michelangelo (perioada 14 – 24 Apr, 2003).171	171
Figura 3.94 : Poza din timpul campaniei din Centrul Civic P-ța Victoriei (perioada 18 – 29 Feb. 2003).....	171
Figura 3.95 : Variația în timp a concentrației CO înregistrată cu instrumentul Hawk .....	172
Figura 3.96 : Spectrul de amplitudini. ....	172
Figura 3.97 : Waterfall – reprezentarea timp-frecvență a spectrelor. ....	173
Figura 3.98 : Corelația cu diferiți parametri a indicațiilor instrumentului optic.....	174
Figura 3.99 : Grafic cu variațiile coeficienților de corelație.....	175
Figura 3.100 : Amplasarea axei optice în raport cu sensurile de circulație și cu direcția vântului.....	176
Figura 4.1: Studiu comparativ pe tot parcursul campaniilor rezultate obținute cu instrumentul optic Hawk.181	181
Figura 4.2: Studiu comparativ pe tot parcursul campaniilor rezultate obținute cu instrumentul classic Horiba.(în ultima locație aparatul nu a fost disponibil).....	182

# 1 Introducere în tematica lucrării

## 1.1 Dezvoltarea durabilă și calitatea aerului

Poluarea aerului reprezintă orice contaminare naturală sau artificială a atmosferei care dăunează mediului ambiant. Prin poluarea antropică a mediului înconjurător se înțelege ansamblul modificărilor defavorabile pe care le suferă calitățile naturale ale mediului sub influența activităților omului [91].

Fenomenul se întâlnește în special în partea inferioară a troposferei terestre, în zona marilor orașe, în zonele industriale și chiar în zone adiacente întinse, deci acolo unde există surse de poluare. O mare influență o au pe lângă poziția geografică a surselor și factorii meteorologici, ceea ce determină ca, de cele mai multe ori, trecerea de la aerul pur la aerul poluat să se producă lent. Pericolul intervine atunci când substanțele poluante ajung la concentrațiile nocive pentru organismul uman, respectiv faună sau floră.

Societatea omenească nu se poate dezvolta fără o politică ecologică corectă, fără gospodărirea rațională, științifică a resurselor naturale. Dacă omul dorește să supraviețuiască pe Tera, trebuie să înțeleagă că are nevoie nu numai de hrană îndestulătoare, de confort și de produse generate de industrie, ci și de un mediu sănătos, de un aer respirabil, cu imisii poluante reduse, de apă potabilă, de soluri stabile, de siguranță împotriva factorilor naturali agresivi, precum și de o lume vegetală și animală diversă, de care este legată evoluția lui. Ca urmare, numai o strategie ecologică corectă determină o dezvoltare economică prosperă, fără dereglări ale mediului care sunt greu sau imposibil de corectat [20].

*Aerul curat*, conform definiției din standardul român SR 9081-95, este aerul lipsit de substanțe ce manifestă acțiune agresivă asupra omului și/sau mediului.

Compoziția medie a aerului curat și uscat este indicată în Tabelul 1.1 [Valley MC; 1965], în plus, aerul mai conține în cantități sub 1 ppm componente precum oxizi de azot, ozon, bioxid de sulf, oxizi de carbon, compuși organici volatili, amoniac, xenon, etc.

Omul inspiră zilnic o cantitate de circa 12 m<sup>3</sup> sau 15,5 kg de aer, comparativ cu necesarul de alimente solide și lichide, care este de 1,5 kg. Omul nu poate trăi mai mult de 5 minute fără aer, a cărui calitate din păcate nu și-o poate alege. Impurificarea (poluarea) aerului are consecințe directe asupra sănătății omului.

Tabelul 1.1: Compoziția medie a aerului curat și uscat [23].

Gaze componente	Compoziție volumică	Compoziție masică
	[%]	[%]
Azot	73,01	75,5
Oxigen	20,95	23,1
Argon	0,93	1,3
Bioxid de carbon	0,032	$46 \cdot 10^{-3}$
Neon	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$
Heliu	$5,2 \cdot 10^{-4}$	$7,2 \cdot 10^{-4}$
Metan	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$
Kripton	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-4}$
Protoxid de azot	$5 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$

În cele ce urmează se vor defini câteva noțiuni specifice domeniului abordat de lucrare [13].

Noțiunea *de aer curat* este o noțiune relativă, deoarece un aer lipsit total de impurități se găsește greu, chiar și în cele mai izolate locuri de pe glob deasupra mărilor și oceanelor compoziția aerului se menține relativ constantă. Prezența altor substanțe numite impurități, poluanți sau noxe, în concentrație sub 1 %, face ca aerul să fie poluat. Existența în compoziția aerului, a altor substanțe decât a celor care-l compun (cu excepția CO<sub>2</sub>), în cantitate în aparență neînsemnată în comparație cu cele din aerul curat, are o mare importanță pentru sănătate.

*Poluantul* este acea substanță (solidă, lichidă sau gazoasă), prezentă în aer, cu potențial de acțiune nocivă asupra sănătății, de generare de disconfort și/sau de alterare a mediului înconjurător.

Poluanții emiși direct de surse se numesc *poluanți primari*, iar cei rezultați în urma reacțiilor dintre poluanții primari între ei sau dintre poluanții primari și aer sau lumină se numesc *poluanți secundari*.

*Noxa* este agentul fizic, chimic sau biologic cu acțiune dăunătoare asupra organismelor vii, în mediul luat în considerație. Termenul de noxă este mai cuprinzător, adică alături de substanțe sunt incluse și radiațiile, zgomotul, microorganismele, etc.

*Nocivitatea* este proprietatea unui poluant de a induce efecte dăunătoare asupra organismelor vii.

*Poluarea de fond a atmosferei* este poluarea existentă în zonele în care nu se manifestă direct influența surselor de poluare.

*Aerul poluat* este aerul care conține poluanți în concentrații la care aceștia acționează nociv asupra organismelor vii și dăunător mediului înconjurător.



*Concentrația maximă admisibilă (c.m.a.)* reprezintă concentrația cea mai mare a unui poluant, permisă de reglementările în vigoare, pentru anumite zone și intervale de timp, și care nu are efecte negative asupra viețuitoarelor și bunurilor materiale.

*Concentrația medie pe termen lung* este media concentrațiilor unui poluant într-un interval lung de timp (de exemplu: 24 ore, 30 zile, 1 an).

*Concentrația medie pe termen scurt* este concentrația medie a unui poluant în aer, într-un interval de timp scut (de obicei 30 de minute), determinată pe baza reglementărilor specifice.

*Concentrația la nivelul solului* (imisie) este concentrația unui poluant măsurată în aerul exterior, la o înălțime specificată de până la 2 m.

*Concentrația la emisie* este concentrația unui poluant la punctul de evacuare a penei de efluent în aerul exterior.

*Pragul de acțiune* este concentrația minimă a unui poluant în aer, la care apar primele efecte decelabile asupra omului și mediului înconjurător.

*Nivelul de poluare (gradul de poluare)* reprezintă concentrația poluanților din aer într-un punct sau dintr-o zonă, stabilită pe baza unor măsurători sistematice și în raport cu anumite criterii.

*Toxicitatea* unei substanțe conform relației (1.1) depinde de concentrație ( $c$ ) și de timpul de expunere ( $t$ ), deci de doză ( $W$ ),

$$W = c \cdot t \quad (1.1)$$

După Haber [44] *doza letală* este cantitatea de substanță care omoară într-un minut și se aplică numai substanțelor care produc intoxicații ireversibile (clorul -  $Cl_2$ , fosgenul -  $COCl_2$ , etc).

*Normarea* concentrațiilor maxime admisibile se efectuează prin experimentarea pe voluntari umani și pe animale, în laborator. În primul caz, se experimentează în doze extrem de mici, cu administrarea amestecului aer și poluant, timp de câteva secunde, iar, în al doilea caz, experimentul poate dura chiar și 2 până la 6 luni.

*Testele fiziologice* se evidențiază prin: modificări ale compoziției sângelui, analiza stării aparatului respirator, a sistemului nervos și a organelor de simț (îndeosebi pragul de sensibilitate optică, funcția de adaptare a ochiului la întuneric etc.), evaluarea funcției neuro-motoare musculară, a duratei de stabilire și menținere a reflexelor condiționate, analiza reflexelor electrocorticale, determinări enzimatică pe țesuturi, etc.

Deosebit de edificatoare s-au dovedit *testele imunobiologice*, care stabilesc influența dozelor mici de toxine asupra rezistenței organismelor animale la infecții cu bacterii și virusuri.

Concentrația pe termen scurt (30 minute) comparativ cu cea pe termen lung (de exemplu, media zilnică - 24 ore) se află în raport valoric de 3:1, cu excepția substanțelor care se acumulează în organism, unde norma de concentrație maximă momentană nu are semnificație, sau a celor cu puternic efect olfactiv unde, din contră, numai concentrația maximă momentană are semnificație.

În sens larg, poluarea aerului reprezintă *un fenomen distructiv* acționând atât asupra viețuitoarelor cât și a bunurilor materiale. Poate fi produs de către poluanții sub formă de pulberi, gaze, vapori, precum și de substanțe radioactive, bacterii și alte microorganisme.

Poluarea cu substanțe radioactive se numește *contaminare radioactivă*. Ea prezintă particularități prin originea, împrejurările de producere, metodele de studiu, efectele asupra organismului și măsurile de protecție.

Termenul de *contaminare* se folosește din ce în ce mai mult cu sens general și pentru poluarea cu pulberi, gaze și vapori.

Pentru poluarea cu polen, spori, fermenți. este mai potrivit termenul de *infestare*, iar în cazul microorganismelor de tipul virusurilor, microbilor etc., consacrată este denumirea de *infectare*.

Pentru caracterizarea modificării proprietăților fizico-chimice ale aerului din spațiile închise (săli de spectacol, de întruniri etc), ca urmare a prezenței omului, termenul cel mai potrivit este cel de *viciere* sau *confinare*.

*Ținta* (receptorul) este organismul, populația sau obiectivul care trebuie să fie protejat împotriva unui risc.

*Riscul* este frecvența așteptată a efectelor nedorite provenite dintr-o expunere dată, la un poluant.

*Zona poluată* (arie poluată) este teritoriul în care se evidențiază concentrații de poluanți peste c.m.a.

*Zona protejată* este teritoriul cuprinzând zone de locuit, parcuri, rezervații naturale, zone de interes balneoclimateric, de odihnă și recreație, dotări social culturale, precum și unități economice ale căror procese tehnologice necesită ca poluanții din aer să fie sub pragul de acțiune.

*Sursa de poluare* este locul, procesul sau activitatea, care generează

*Protecția aerului* este acțiunea de prevenire și/sau de reducere a poluării (contaminării) aerului prin măsuri tehnice și legislative.









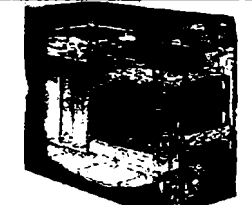


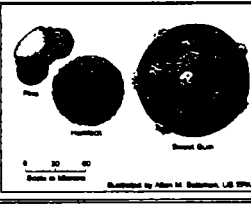


*Normele de protecție a aerului* reprezintă ansamblul prevederilor legale și al reglementărilor privind prevenirea și combaterea poluării (contaminării) aerului.

Unul din termenii mult utilizați în poluarea aerului este „*smog*” un cuvânt englezesc ce provine de la *smoke* - fum și *fog* - ceață. Un termen analog, utilizat este și *smaze*. [44]

### 1.2 Surse de poluare a aerului ambiant

În Tabelul 1.2 se prezintă schematic principalele surse poluatoare ale aerului atmosferic clasificarea realizându-se din punct de vedere al factorilor care le generează.

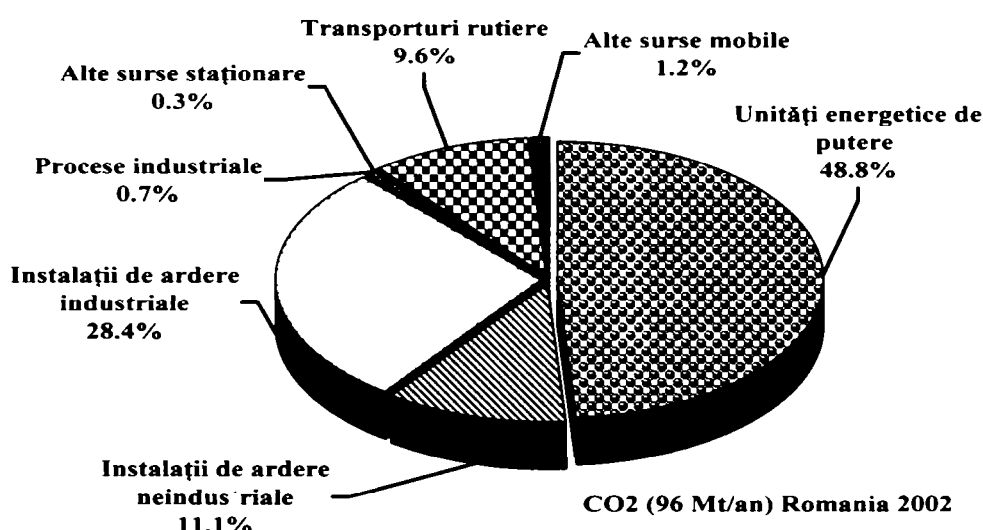
**Tabelul 1.2: Principalele surse de poluare ale aerului atmosferic**

Artificiale (antropice)		Naturale	
Sursa	Aspecte	Sursa	Aspecte
PROCESE INDUSTRIALE		VULCANI	
TRANSPORTURILE		FURTUNI DE PRAF	
INSTALAȚII DE ARDERE INDUSTRIALE		INCENDII NATURALE	
INSTALAȚII DE ARDERE CASNICE		AGRICULTURA	
UNITĂȚI ENERGETICE DE PUTERE		POLEN, SPORI, ETC	
INCINERATOARE DE DEȘURI			
PROCESE DE ARDERE NEINDUSTRIALE			

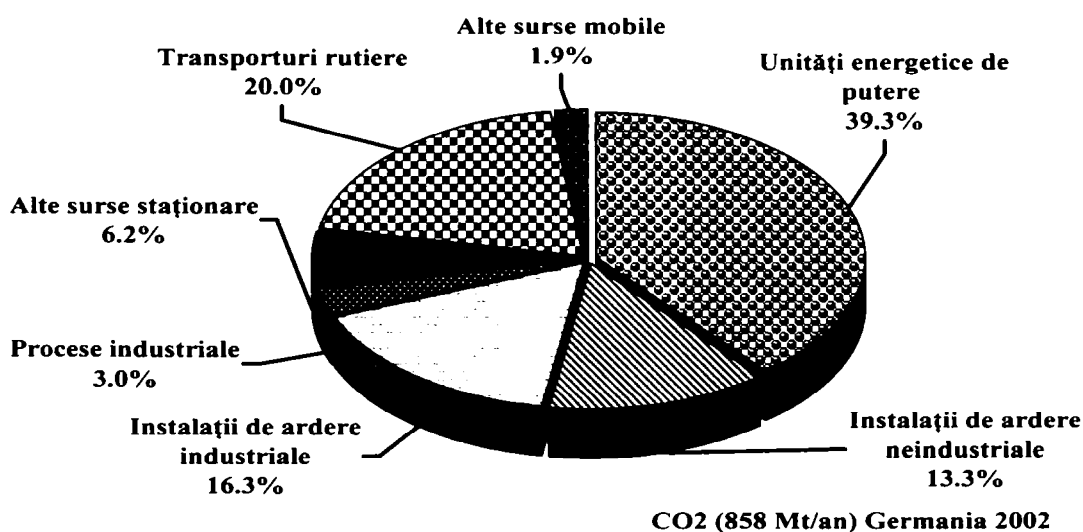
Se face mențiunea că dacă sursele naturale de poluare au existat dintodeuna, natura are mecanismele ei prin care poate remedia efectele lor. Principala problemă a impus sursele de natură antropică care au un impact din ce în ce mai mare și mai periculos.

Chiar și în RFG [110], deși s-au luat măsuri drastice și se continuă să se aplice tehnologii de vârf privind depoluarea gazelor emise de surse poluatoare, cantitățile de noxe emise în atmosferă calculate la nivelul unui an (2002), pe specii primare majore, sunt impresionante. De aceea, în graficele redate în continuare se prezintă comparativ situația din România și Germania, două țări europene, dar totuși diferite din punct de vedere al dezvoltării economice și al preocupării și reușitelor în problemele de mediu [49].

Graficele din Figura 1.1 și Figura 1.2 prezintă detaliat impactul principalelor tipuri de surse poluatoare la totalul emisiilor de CO<sub>2</sub> la nivelul anului 2002.



**Figura 1.1: Contribuția principalelor sectoare poluatoare din România la emisia anuală de CO<sub>2</sub>.**



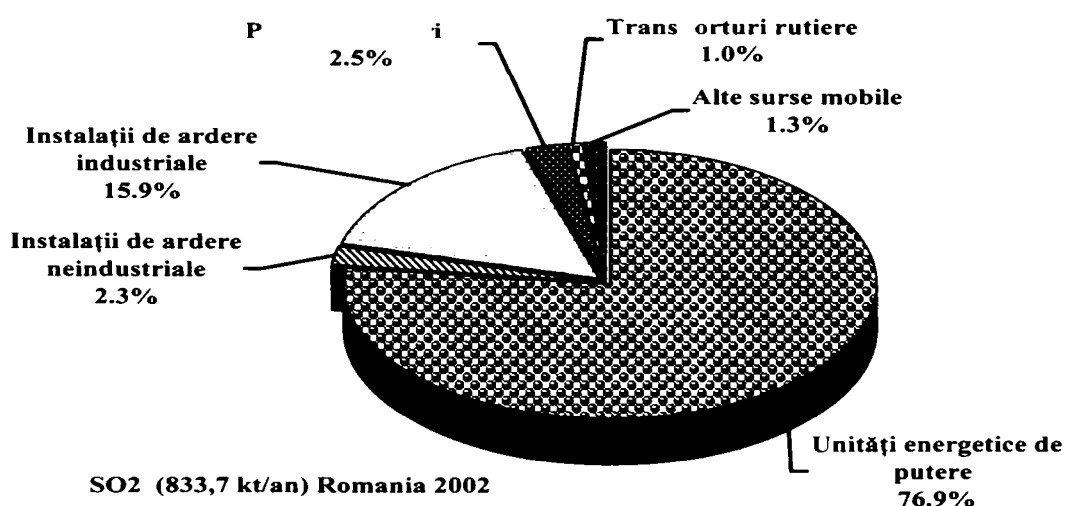
**Figura 1.2: Contribuția principalelor sectoare poluatoare din Germania la emisia anuală de CO<sub>2</sub>.**

Anual cantitatea de CO<sub>2</sub> emisă în atmosferă în Germania, este de aproximativ zece ori mai mare decât în România. Ponderea procentuală a principalilor poluatori este de

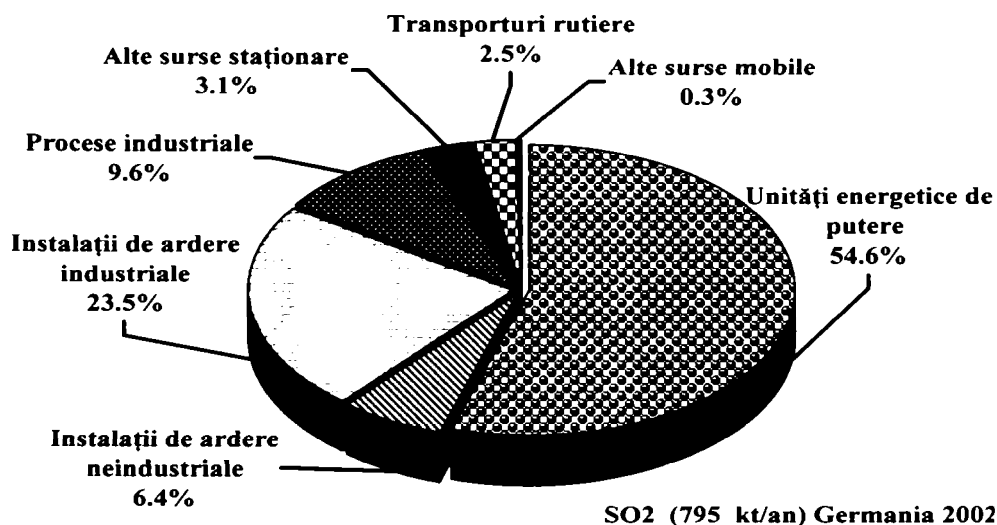
același ordin de mărime, deosebirea provenind în special de la unitățile energetice, care, în România, au o participare mai mare cu 10 procente, prin comparație. În Germania transporturile rutiere au o contribuție cu zece procente mai mare decât în România, cu observația că valorile absolute sunt mult mai decalate deoarece se referă la un volum total diferit.

Se face precizarea CO<sub>2</sub> este inevitabil un produs al arderii combustibililor fosili, iar limitarea emisiilor de CO<sub>2</sub> se poate face doar prin schimbarea combustibililor folosiți, găsirea unor surse alternative de energie și prin creșterea randamentului instalațiilor de ardere. CO<sub>2</sub> este un gaz cu efect de seră, iar legislațiile internaționale care privesc dezvoltarea durabilă impun limitări la nivel de țară în ceea ce privește cantitatea emisă în atmosferă.

Graficele prezentate în Figura 1.3 și Figura 1.4 prezintă detaliat impactul principalelor tipuri de surse poluatoare la totalul emisiilor de SO<sub>2</sub> la nivelul anului 2002, în România și Germania.



**Figura 1.3: Contribuția principalelor sectoare poluatoare din România la emisia anuală de SO<sub>2</sub>.**

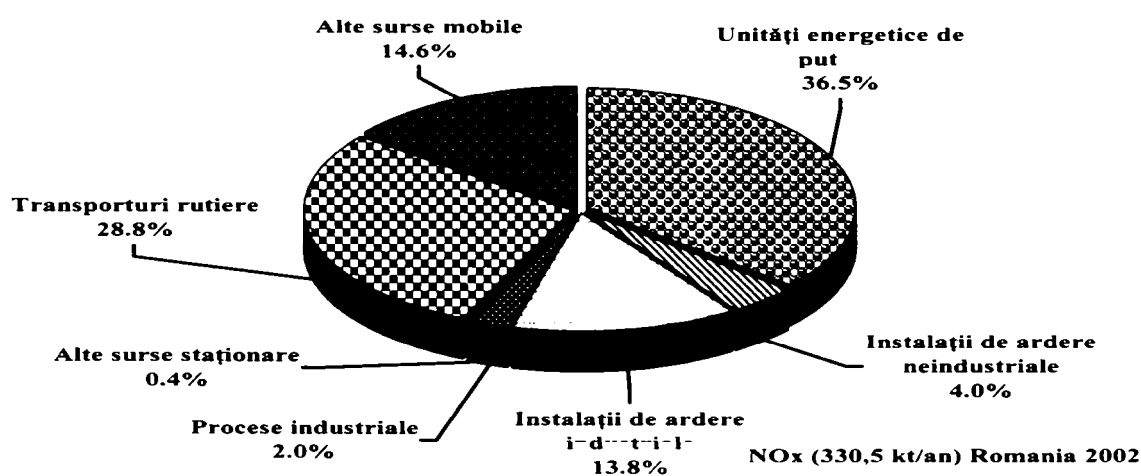


**Figura 1.4: Contribuția principalelor sectoare poluatoare din Germania la emisia anuală de SO<sub>2</sub>.**

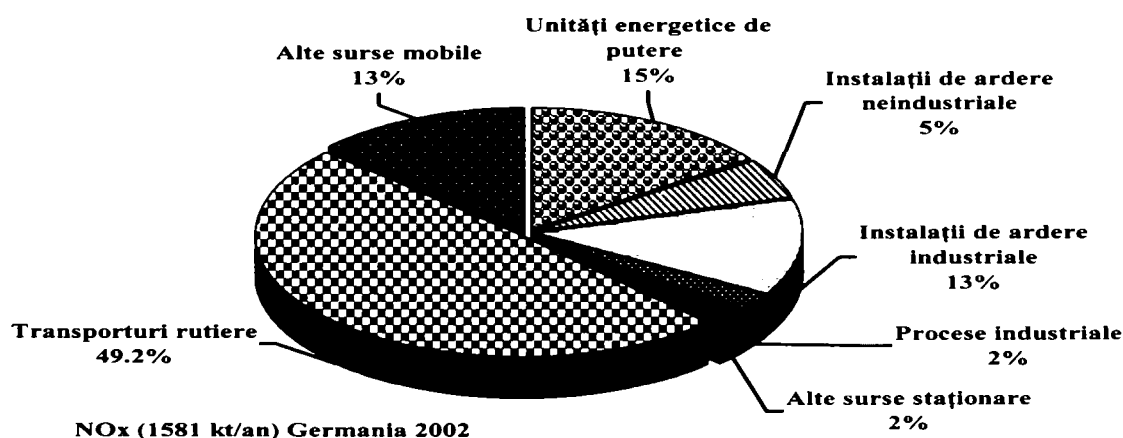
Este evident că anual cantitatea de SO<sub>2</sub> emisă în atmosferă în România este de zece ori mai mare decât în Germania, cu toate că Germania arde de aproximativ zece ori mai mult combustibil decât România. Impactul unităților energetice din România este major și explicația simplă constă în faptul că în România nu există nici o instalație de desulfurare a gazelor de ardere.

Se face precizarea că SO<sub>2</sub> este inevitabil un produs al arderii combustibililor fosili care conțin sulf, care se regăsește în gazele de ardere sub forma de oxizi de sulf. Limitarea emisiilor de SO<sub>2</sub> se poate face fie prin utilizarea de combustibili cu un conținut de sulf cât mai redus, fie prin aplicarea unor tehnologii de desulfurare intracombustie sau prin folosirea unor instalații de desulfurare a gazelor arse. Toate variantele necesită investiții serioase pe care România este obligată să le facă odată cu aderarea la Uniunea Europeană.

Graficele prezentate în Figura 1.5 și Figura 1.6 detaliază contribuția principalelor tipuri de surse poluatoare la totalul emisiilor de NO<sub>x</sub> la sfârșitul anului 2002 în România și Germania.



**Figura 1.5: Contribuția principalelor sectoare poluatoare din România la emisia anuală de NO<sub>x</sub>.**



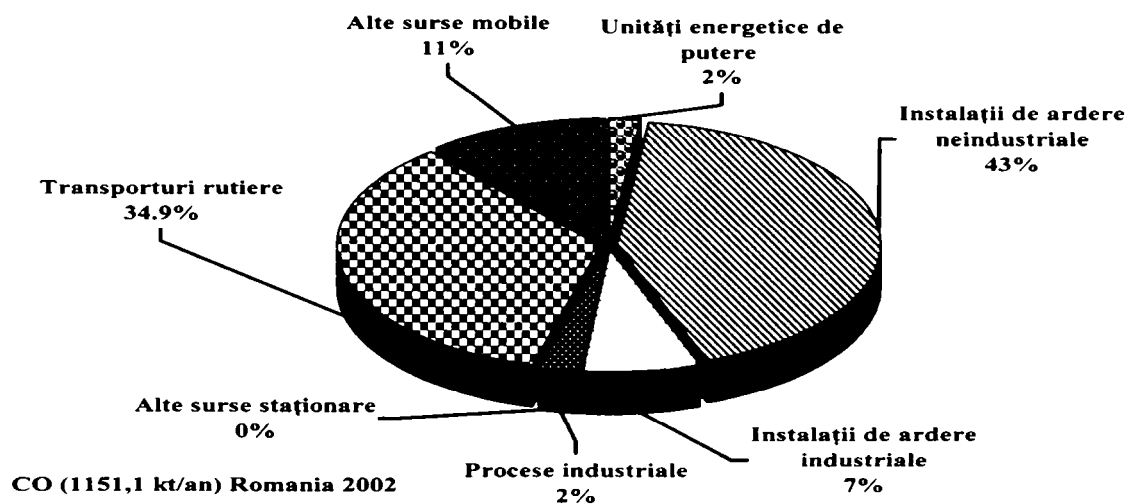
**Figura 1.6: Contribuția principalelor sectoare poluatoare din Germania la emisia anuală de NO<sub>x</sub>.**

Se observă clar că în ceea ce privește cantitatea de NO<sub>x</sub> emisă în atmosferă, în România valoarea este de cinci ori mai redusă decât Germania, în condițiile în care în

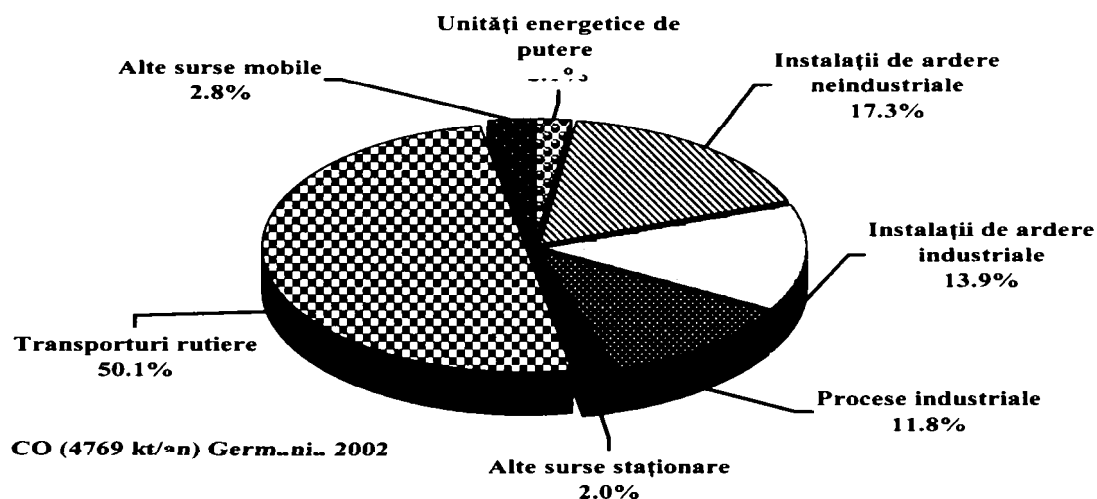
Germania se arde de aproximativ zece ori mai mult combustibil decât România. Impactul negativ al unităților energetice din România este evident răspunsul constând în faptul că în România nu se există nici o instalație de denoxare a gazelor de ardere.

Sectorul transporturilor are, în cazul Germaniei, un impact mult mai mare decât al celorlalte surse, explicația venind din faptul ca încă în cazul autoturismelor denoxarea gazelor eșapate se poate realiza cu un randament mai mic decât în cazul instalațiilor de ardere industriale, unde regimul de combustie este mult mai stabil. Limitarea emisiilor de NO<sub>x</sub> se poate face fie prin controlarea atentă a procesului de combustie pentru inhibarea fenomenului de generare a acestui poluant, fie prin folosirea unor instalații de denoxare a gazelor arse, instalații care necesită investiții serioase.

Graficele prezentate în Figura 1.7 și Figura 1.8 informează asupra cantităților, implicit a ponderii principalelor tipuri de surse poluatoare la totalul emisiilor de monoxid de carbon în anul 2002, separat pentru România și Germania.



**Figura 1.7: Contribuția principalelor sectoare poluatoare din România la emisia anuală de CO.**



**Figura 1.8: Contribuția principalelor sectoare poluatoare din Germania la emisia anuală de CO.**

Cantitatea de CO emisă în atmosferă în România este doar de patru ori mai redusă decât în Germania, dar, din nou, nu trebuie uitat faptul că Germania arde de aproximativ zece ori mai mult combustibil decât România.

Impactul instalațiilor de ardere neindustriale din România este evident și este cauzat de faptul că încă mai există în funcțiune instalații la care nu se efectuează o reglare și o verificare corespunzătoare a procesului de ardere și din apar arderi imperfecte și incomplete. Pe lângă poluare, o funcționare defectuoasă introduce și importante pierderi economice.

Se observă că sectorul transporturilor deține pe departe majoritatea de peste 50 % în cazul Germaniei, explicația venind din faptul că în cazul autoturismelor regimul de funcționare este variabil și chiar mașinile dotate cu sisteme de epurare avansate încă au probleme în cazul regimurilor tranzitorii.

Ca și concluzie, din analiza efectuată, reprezentativă pentru cele două țări cu nivele de dezvoltare diferite, se desprinde nu numai imaginea nivelului tehnologic aplicat sau al standardului de viață înregistrat, dar și faptul că, măsuri eficiente de control al poluării și prin aplicarea de tehnologii moderne ca, pentru același consumuri de combustibili emisia de poluanți să fie diferită. Concret, deși România consumă mult mai puțini combustibili, poluarea generată este superioară, procentual.

### **1.2.1 Poluarea datorată traficului**

O dată cu importanța sporită acordată calității vieții s-au constatat depășiri îngrijorătoare ale nivelului de poluare în ultimele două decenii. Cauzele trebuie regăsite în evoluția sistemelor de transport cu motoare cu ardere internă, care au ajuns astfel în centrul dezbaterilor legate de protecția mediului. Conform [43], se indică activitatea de transport ca fiind responsabilă de circa 33 - 35 % din totalul emisiilor de CO<sub>2</sub> și, de asemenea, că ar reprezenta al cincilea factor major ce contribuie la crearea efectului global de încălzire a planetei, deținând în acest sens un procent de aproximativ 7 % din totalul surselor poluatoare generatoare de acest efect.

În particular transportul rutier reprezintă elementul principal al deteriorării factorilor de mediu. În centrul marilor aglomerări urbane, traficul rutier este răspunzător pentru circa 90-95 % din concentrațiile de monoxid de carbon și plumb regăsite în aer, pentru 60-70 % din cele ale oxizilor de azot și hidrocarburilor, precum și pentru un procent important de particule aflate în suspensie [50].

În numeroase orașe, concentrația noxelor gazoase și a suspensiilor depășesc cu mult limitele maxime admise de OMS (Organizația Mondială a Sănătății). Totuși, în timp ce



problemele de poluare datorate transportului rutier devin critice, cererea de vehicule sau folosirea acestora continuă să crească. Tendința este greu de estimat, în parte datorită costurilor directe reduse ale transporturilor rutiere, iar pe de altă parte deoarece mobilitatea și motorizarea reprezintă factori majori ai dezvoltării economico-sociale a societății moderne contemporane. Standardul de viață greșit interpretat și faptul că infrastructura a evoluat fără control judicios, doar pe considerente economice, nedurabile, au transformat automobilul într-un factor indispensabil, care poate fi interpretat ca și un rău necesar.

**Tabelul 1.3: Distribuția pe zone în anul 1995 și de prognoză referitoare la parcul de vehicule ușoare [91]].**

	EO	AMN	TOP	FURSS	ECE	OMAN	AFR	AS	CAPC	ATAP	AML	Total
<i>Vehicule ușoare la 1000 persoane</i>												
<b>1995</b>	437	746	541	104	174	24	21	6	8	57	99	
<b>2020</b>	530	765	590	205	450	38	21	32	35	160	180	
<b>Diferență</b>	93	19	49	101	276	14	0	26	27	103	81	
<i>Parc de vehicule ușoare [milioane de vehicule]</i>												
<b>1995</b>	194	217	79	31	22	7	12	8	10	26	46	652
<b>2020</b>	259	265	93	73	59	22	23	56	60	101	122	1 134
<b>Diferență</b>	66	48	14	42	37	14	11	49	50	75	76	481
<i>Parte a regiunii la parcul mondial de vehicule ușoare [%]</i>												
<b>1995</b>	29,7	33,3	12,1	4,8	3,4	1,1	1,8	1,2	1,5	4,0	7,1	100,0
<b>2020</b>	22,9	23,4	8,2	6,4	5,2	1,9	2,0	5,0	5,3	8,9	10,8	100,0
<b>Diferența</b>	-6,8	-9,9	-3,9	1,7	1,9	0,8	0,2	3,8	3,8	4,9	3,6	

Unde:

EO – Europa Occidentală, AMN – America de Nord, TOP Țările OECD din Pacific, FURSS – Statele fostei URSS, ECE – Europa Centrală și de Est, OMAN Orientul Mijlociu și Africa de Nord, AFR – Africa, AS – Asia de Sud, CAPC – China și țările Asiei cu planificare centralizată, ATAP – Alte țări ale Asiei - Pacific, AML – America Latină.

Motoarele cu aprindere internă, folosite în transporturi, generează o poluare a aerului pe unitatea de energie mai mare decât orice alt consumator energetic. Concluzem că ponderea majoră o ocupă transporturile rutiere, care sunt răspunzătoare de numeroase efecte dăunătoare ale eco-bio-sistemelor, atât la nivel local, cât și global. Dimensiunea poluării se accentuează o dată cu creșterea gradului de urbanizare și creșterea numărului de autovehicule pe cap de locuitor.

Este bine cunoscut faptul că emisiile de gaze datorate transporturilor motorizate produc efecte negative directe asupra sănătății organismelor vii și indirecte prin distrugerea stratului de ozon atmosferic. Diminuarea acestui strat protector poate conduce, de asemenea, la apariția unor maladii atât la oameni, animale, vegetație cât și la recolte, efectele negative resimțindu-se nu numai în zona emisiilor, ci și în zone mai îndepărtate.

Emisiile provenite de la motoarele cu ardere internă ce dotează autovehiculele sunt influențate și de starea tehnică a motorului, vechimea sa, combustibilii și regimul de funcționare. Nocivitatea emisiilor este extrem de periculoasă și datorită faptului că



eșaparea gazelor se face la nivelul în care se produce respirația ființelor vii, deci la cote apropiate solului.

### 1.2.2 Poluarea datorată surselor staționare

Dezvoltarea industrială rămâne principalul mijloc de a ridica nivelul de viață al umanității, dar ea se bazează pe creșterea consumurilor de energie. Deși economia energiei ar trebui realizată mai puțin prin restrângerea necesităților și mai mult prin ameliorarea eficacității utilizării acesteia, constrângerile economice și gospodărirea nejudicioasă - contrară principiilor durabilității - determină întârzierea aplicării acestui principiu.

Arderea industrială este etapa de bază în conversia energiei chimice a combustibililor în căldură, lucru mecanic și electricitate, adică forme superioare, utilizabile pentru satisfacerea necesităților omenești. Din analizele efectuate de organizațiile internaționale rezultă că se prevăd creșteri ale valorii absolute totale a acesteia, deși acțiunea de economisire a energiei se va intensifica.

La nivelul anului 1970 circa 99 % din energia consumată a provenit din arderea combustibililor fosili. Chiar prin dezvoltarea centralelor termonucleare, la nivelul anului 2000 mai mult de 75 % din necesarul de energie se bazează din combustibilii fosili, prin arderea acestora. Pentru următorii ani nu se întrevăd schimbări majore de pondere [54].

Unele din problemele cunoașterii riguroase a procesului arderii au rămas nerezolvate. În general arderea este pe cât de dorită și exploatată, pe atât de complicată, iar accesul la cunoașterea intimă a proceselor de ardere este dificil, în plan teoretic și experimental, fiind necesare cercetări aprofundate legate în special de chimie, aerodinamică și termodinamică.

Eficacitatea utilizării termice a fenomenului arderii trebuie condiționată de micșorarea la valori admisibile a emisiilor poluante din gazele de ardere eșapate. În cazul adoptării unor soluții simpliste s-a generat o creștere exagerată a consumurilor de combustibili fosili. Numai prin adoptarea unor rezolvări în general costisitoare s-a ajuns la compromisul care conduce la economisire de energie și la reducerea poluării în limite admisibile.

Într-o *unitate termică de generare a energiei* se obține degajare energetică maximă când se realizează arderea completă și perfectă, ce conduce, în general, la formarea exclusivă a gazelor  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  și  $\text{SO}_2$ , cu minimum de exces de aer pentru ardere (ideal stoichiometric). În practică, arderea industrială se îndepărtează de acest ideal, atât datorită structurii complexe a combustibililor folosiți, cum ar fi mai ales cărbunii și păcuriile inferioare, cât și datorită imperfecțiunii instalațiilor de ardere, a disfuncțiilor de exploatare și chiar a necunoașterii sau neglijenței. Se formează ca rezultat substanțe nășe sub formă

de particule solide, care, în majoritatea cazurilor, sunt însoțite de narse gazoase, ce reprezintă gaze incomplet oxidate. Narsele evacuate în atmosferă o dată cu gazele de ardere dintr-o unitate termică, conduc la pierderi de energie termică latentă, care determină scăderea randamentului termic al generatorului de căldură, dar, în același timp, au acțiune poluantă.

Din punct de vedere al poluării, o mare importanță o au preponderent centralele termoelectrice și termice, instalațiile de încălzit pentru locuințe, ce consumă în special combustibili fosili, degajă mai ales oxizi de sulf  $SO_x$ , oxizi de azot  $NO_x$ , funingine și cocs zburător. Se amintesc și incineratoarele de deșeuri, din care, deși se ard combustibili neconvenționali, se evacuează emisii ce se caracterizează prin prezența suplimentară a unor poluanți specifici cum ar fi dioxinele, compușii organici policiclici aromatici, etc.

Cele mai poluatoare *întreprinderi industriale* provin din următoarele sectoare [48]:

- industria siderurgică;
- industria metalurgică a metalelor neferoase;
- industria chimică anorganică și organică;
- industria ușoară în care se include industria textilă, pielăriei, lemnului;
- industria materialelor de construcție.

Alături de sursele amintite, considerate per ansamblu fie energetice fie pur industriale, deloc de neglijat sunt și instalațiile individuale de încălzire locală, care nu se alimentează centralizat (sistem de termoficare) și care ard, în special în condiții de iarnă combustibili fosili, cu precădere. Dacă în cazul sistemelor poluatoare din domeniul industrial sau energetic, care sunt fie de stat fie private, legislativ se poate interveni și controla, nu același lucru sau la fel de ușor se pot reglementa limitările efectelor provenite din instalațiile individuale. Deși ca și putere termică sunt mici, aparent nu se justifică controlul lor, dar trebuie să se țină seama de numărul lor mare, de faptul că adeseori nu dispun de sisteme de eliminare a efluenților poluatori prin sisteme adecvate cum ar fi coșuri de fum dotate cu sisteme de purificare riguros calculate și amplasate. În aceeași ordine de idei se amintește faptul că înălțimea de emisie este redusă și face foarte greu posibilă dispersarea noxelor în ambient, mai ales în condiții de calm atmosferic.

### 1.2.3 Poluarea datorată surselor naturale

Pe lângă sursele antropice, există, desigur, multe surse naturale generatoare de praf, cenușa și/sau gaze poluante în atmosferă:

- Eruptiile vulcanice,
- Furtunile de praf,

- Incendiile naturale,
- Descompunerea rezidurilor organice,
- Particulele vegetale, etc.

Acestea au existat de când lumea, și efectul lor a fost contracarat, de-a lungul anilor, prin sistemul de autoechilibrare a ecosistemului natural.[102]

**Erupțiile vulcanice** generează produși gazoși, lichizi și solizi care, schimbă local nu numai micro și mezorelieful zonei în care se manifestă, dar exercită influențe negative și asupra purității atmosferice. Cenușile vulcanice, împreună cu vaporii de apă, praful vulcanic și alte numeroase gaze, sunt emise în atmosferă, unde formează nori groși, care pot pluti până la mari distanțe față de locul de emisie. Timpul de remanentă în atmosferă a acestor suspensii poate ajunge chiar la 1-2 ani. Unii cercetători apreciază că, cea mai mare parte a suspensiilor din atmosfera terestră, provine din activitatea vulcanică. Aceste pulberi se presupune ca au și influențe asupra bilanțului termic al atmosferei împiedicând dispersia energiei radiate de pământ către univers și contribuind, în acest fel, la accentuarea fenomenului de „efect de seră”, produs de creșterea concentrației de CO<sub>2</sub> în atmosferă, datorat în special surselor antropice.

**Furtunile de praf** se produc în general pe terenurile afânate din regiunile de stepă, în perioadele lipsite de precipitații. Dispare partea aeriană a vegetației și zonele rămân expuse acțiunii de eroziune a vântului. Vânturile continue și de durată ridică de pe sol o parte din particulele ce formează scheletul mineral și le transformă în suspensii subaerene, care sunt reținute în atmosferă perioade lungi de timp. Depunerea acestor suspensii, ca urmare a proceselor de sedimentare sau a efectului de spălare exercitat de ploi, se poate produce la mari distanțe față de locul de unde au fost ridicate.

**Incendiile naturale** sunt provocate de căderea naturală a climatului sub pragul critic de umiditate sau datorită descărcărilor electrice din timpul furtunilor. Fenomenul este deosebit de răspândit, mai ales în zona tropicală, deși, în general, gradul de umiditate al pădurilor din această zonă nu este de natură să favorizeze izbucnirea incendiului. În anii deosebit de secetoși, chiar și în zonele temperate, se produc dese incendii ale pădurilor. Recent, pe fondul unei succesiuni de ani secetoși, au izbucnit incendii devastatoare chiar și în pădurile Europei, aparent mai puțin amenințate fiind situate în zone climatice mai temperate sau continentale. Se amintesc devastările din Sudul Franței, din zone întinse împădurite din Spania, din Sudul Greciei.

**Descompunerea rezidurilor organice** determină o poluare a atmosferei cu NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, etc. Aceste gaze rezultă din descompunerea anaerobă sau aerobă, enzimatică sau bacteriană, a rezidurilor ca: frunze, deșeuri organice industriale sau

alimentare, dejecții umane și animale, etc. Descompunerea anaerobă se numește putrefacție. În urma acestui fenomen sunt puse în libertate substanțe toxice, urât mirositoare și inflamabile ca mercaptan,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ , etc.

**Particule vegetale**, precum polenurile, sporii, ciupercile, mucegaiurile, algele și fermenții, sunt produse de arbori și ierburi deși, paradoxal, vegetația constituie unul din mijloacele de combatere a poluării aerului.

### *1.3 Principalele noxe prezente în atmosferă și efectele lor asupra sănătății omului*

În literatura de specialitate [47],[102],[115], clasificarea cea mai uzuală a poluanților se face funcție de starea lor de agregare (și nu de natura chimică), având un pregnant caracter operațional atât pentru estimarea concentrațiilor, cât și a efectelor produse .

Această clasificare stabilește două categorii de poluanți:

- aerosolii (suspensiile din aer) cuprind poluanții dispersați în aer sub formă de substanțe în stare de agregare lichidă sau solidă;
- gazele și vaporii poluanți, aflați în amestec în aer sub formă de dispersie moleculară (gazoasă).

Este însă unanim acceptată ideea că, funcție de vârsta subiectului supus acțiunii poluării, efectele sunt distincte. Clasa de vârstă mică respectiv înaintată sunt cele mai afectate de risc.

#### **1.3.1 Aerosoli**

Aerosolii sunt particule lichide sau solide dispersate în aer și care includ praf, cristale de săruri, polen, bacterii, viruși, vapori de apă și alte particule microscopice. Priviți în ansamblu, aerosolii sunt considerați ca și poluatori ai aerului dar majoritatea lor au o origine naturală. Aerosoli sunt definiți convențional ca fiind totalitatea particulelor care se află în aer și care au diametrul cuprins între 0,0001 și 10 micrometri ( $10^{-6}m$ ).

**Aerosolii**, ținând seama de varietate, de proprietățile lor fizico-chimice și de efectele biologice, pot fi clasificați în:

- aerosolii cu dimensiuni mai mari de 10  $\mu m$  și care nu difuzează în aer imobil;
- aerosolii cu dimensiuni între 10 - 0,1  $\mu m$  care difuzează puțin în aer imobil;
- aerosolii cu dimensiuni între 0,1 - 0,001  $\mu m$  care în aer imobil nu sedimentează;

Această ultimă categorie de particule difuzează foarte puternic în atmosferă și se deplasează permanent, fiind animate de mișcări browniene.

În funcție de compoziția chimică a suspensiilor, se disting mai multe tipuri de efecte nocive asupra organismului, după cum urmează:

- acțiunea toxică,
- acțiunea alergică,
- acțiunea foto-iritantă,
- acțiunea cancerigenă,
- acțiunea iritantă.

*Acțiunea toxică* specifică este realizată prin pulberi, care pătrunse în organism provoacă o intoxicație cu mecanism fizico-patologic, tablou clinic și aspect anatomo-patologic caracteristice, indiferent de calea de pătrundere în organism (ex: Pb sau compușii plumbului etc).

*Acțiunea alergică* provocată de alergenii din atmosferă este extrem de răspândită în rândul populației. Agenții sensibilizatori sub formă de aerosoli pot fi găsiți în orice mediu de viață și de muncă.

*Acțiunea foto-iritantă* este produsă de pulberile fotosensibilizate.

*Acțiunea cancerigenă* se datorează inhalării unor pulberi anorganice (azbest) sau organice (hidrocarburi policiclice aromatice).

*Acțiunea iritantă* este mai slabă ca și intensitate și depinde de natura și concentrația suspensiilor. Pulberile pătrunse pe traiectul respirator provoacă efecte iritante. Acestea sunt determinate de mărimea pulberilor, de forma lor (cele neregulate, mici și ascuțite având efect iritant mult mai puternic) și de gradul lor de solubilitate. Reținerea suspensiilor în căile respiratorii determină reacții din partea organismului, în primul rând prin creșterea cantității de mucus și a secrețiilor, cu producerea unor fenomene inflamatorii acute. Ca urmare, apar o serie de simptome ca tuse, expectorație și mai ales infecții datorate creșterii sensibilității față de agresiunile biologice. Cu timpul, datorită iritației cronice, apar fenomene inverse de atrofiere a căilor respiratorii, de reducere a capacității de mișcare a cililor vibraționali, de scădere a cantității de mucus, cu creșterea lumenului căilor respiratorii și favorizarea pătrunderii în pulmoni a pulberilor.

### 1.3.2 Gaze poluante

*Gazele poluante* pătrund în organism predominant pe cale respiratorie. În funcție de efectul lor nociv asupra stării de sănătate, se disting următoarele categorii de gaze poluante:

- iritante, cu efect predominant asupra aparatului respirator ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , etc);
- asfixiante (CO eliminat aproape de sol și trecut prin zona de respirație a omului înainte de a difuza);
- gaze toxice specifice (halogenurile de plumb);

- cancerigene (hidrocarburi policiclice aromatice).

**Acțiunea specifică iritantă** este cea mai frecvent întâlnită, deoarece cei mai mulți poluanți prezenți în atmosferă se încadrează în acest tip de acțiune. Organizația Mondială a Sănătății (OMS) consideră că principalii factori iritanți sunt oxizii sulfurului, oxizii azotului și substanțele oxidante (pe lângă pulberi).

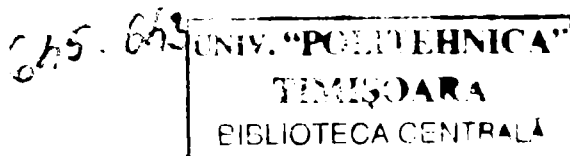
**Oxizii sulfurului** au asupra organismului o acțiune iritantă cu precădere asupra căilor respiratorii superioare. În mod obișnuit, oxizii sulfurului produc o serie de manifestări *caracteristice* de iritații ale căilor respiratorii determinând salivație puternică, expectorație, tuse, spasme ale căilor respiratorii, cu dificultate în respirație. Aceste manifestări sunt urmate după un timp - mai mult sau mai puțin îndelungat - în funcție de gravitatea iritației, de infecții prin grefarea germenilor din aer sau uneori prin exacerbarea germenilor banali, care se găsesc în căile respiratorii, pe mucoasele iritate. Astfel apar rinite, faringite, laringite, traheite, bronșite. Toate acestea se pot croniciza și se poate ajunge la apariția bronșitei cronice, maladie caracteristică acțiunii oxizilor de sulf și îndeosebi a SO<sub>2</sub>.

În ultimii ani, unii cercetători acordă prezenței sulfurilor în sângele circulant un rol important în ceea ce privește scăderea numărului de globule albe și mai ales a celor roșii, reducerea activității unor enzime cu rol important în metabolizarea zaharurilor și diminuarea proceselor de oxidare din creier și mușchi.

**Oxizii de azot** acționează asupra căilor respiratorii, dar datorită faptului că au un grad de solubilitate mai redus, pătrund mai profund decât oxizii sulfurului. Apar astfel manifestări precum salivație puternică, creșterea secrețiilor bronhice, spasme ale acestora, însoțite de fenomene de asfixie, creșterea agresivității germenilor microbieni etc. Sub influența concentrațiilor de oxizi de azot, diverși cercetători au constatat agravarea unor afecțiuni respiratorii cronice ca bronșite, astm și emfizem pulmonar.

La concentrații foarte mici ale NO<sub>x</sub> din aer, mai ales în cazul unei expuneri îndelungate, pot să apară intoxicații consecutive. În afara acțiunii lor iritative, oxizii de azot produc efectul de hipoxie (lipsa oxigenului la nivelul țesuturilor), cu influență și asupra capacității de rezistență la infecții. În concluzie, substanțele oxidante determină asupra organismului uman fenomene iritative locale minore sau majore, favorizând puterea de invazie a unor germeni prezenți în căile respiratorii (ex: streptococi, pneumococi).

Numărul poluanților **cu acțiune asfixiantă** este mult mai redus decât al celor iritanți, dar în ceea ce privește influența lor asupra sănătății se poate spune că efectul lor este de o mare gravitate. Unul din acești poluanți foarte răspândit și mai ales în zonele dens poluate este monoxidul de carbon.



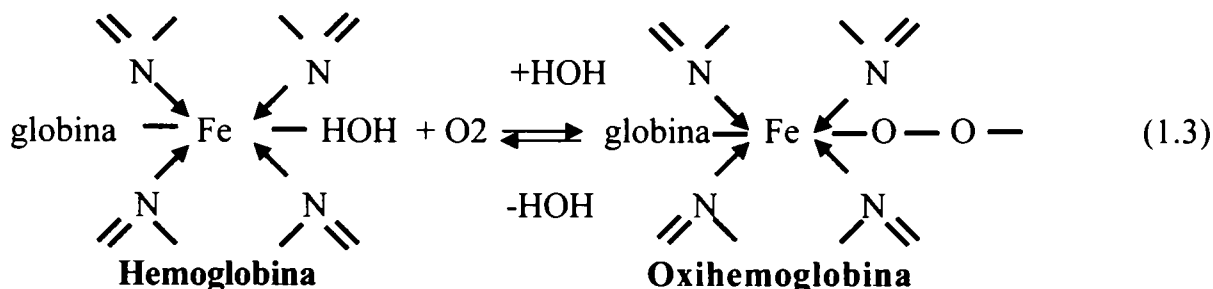


**Monoxidul de carbon** (CO) este un gaz incolor, inodor și insipid, fapt pentru care acționează asupra organismului fără a putea fi depistat cu ajutorul organelor noastre de simț. Monoxidul de carbon este mai ușor decât aerul ( $\rho_{CO} = 1,25 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{aer} = 1,293 \text{ kg/m}^3$ ), ceea ce facilitează portarea speciei cu ușurință, de către curenții de aer.

Este destul de stabil din punct de vedere chimic, de aceea timpul de conservare în atmosferă, disputat de altfel, este de 0,1 - 5 ani. Oxidarea sa la  $CO_2$  poate avea loc deasupra altitudinii de 100 km, probabil pe baza următoarei reacții descrise în relația (1.2).



Acțiunea toxicologică a CO se bazează pe blocarea hemoglobinei din sânge sub formă de carboxi-hemoglobină. Hemoglobina (Hb) este pigmentul sanguin compus dintr-o proteină - globină și un colorant - hemul (combinație complexă a fierului bivalent). Hemoglobina se găsește în sânge în proporție de 14 % , dar în contact cu oxigenul din aer, la nivelul plămânilor, se transformă în oxihemoglobină  $HbO_2$ , care se disociază ușor, cedând oxigenul țesuturilor și trecând din nou în hemoglobină. Simplificat, transformarea care are loc este arătată în relația (1.3):



Hemoglobina (Hb) formează cu CO un compus ( $HbCO$ ) mai stabil decât cel format cu  $O_2$  ( $HbO_2$ ), ca dovadă că, constanta de echilibru a reacției prezentată în relația (1.4) este de 300 ori mai mare decât a reacției din relația (1.3) :



$HbCO$  blochează funcția globulelor roșii de a transporta  $O_2$  la organe, provocând astfel asfixia. Când omul sau o altă vertebrală cu sânge cald respiră o atmosferă ce conține CO are loc următoarea reacție descrisă în relația (1.5) :



Cantitatea de hemoglobină blocată, depinde de concentrația CO din aerul inspirat, dar și de frecvența respirației și de timpul de acțiune. Toate aceste elemente pot fi cuprinse în formula descrisă în relația (1.6) :



$$\text{HbCO} = f \cdot c \cdot t \quad [\%] \quad (1.6)$$

în care: f - este frecvența respirației;  
c - concentrația de CO în aer;  
t - timpul de acțiune a aerului poluat.

În mod normal, în sângele tuturor persoanelor se găsește o oarecare concentrație de HbCO. Aceasta nu depășește însă la persoanele sănătoase și nefumătoare 1 % din totalul hemoglobinei (la fumători această concentrație poate ajunge la 5-7 %). Când 2/3 din hemoglobina este transformată în carboxihemoglobină omul moare.

Primele simptome determinate de CO încep de la o concentrație de H<sub>b</sub>CO peste 10 % din totalul hemoglobinei. Ele constau în:

- simptome nervoase (dureri de cap, amețeli, oboseală, somnolență);
- simptome digestive (greață, vomă, lipsă de poftă de mâncare);
- simptome cardio-vasculare (palpitații, aritmii, dureri în zona cordului, etc.).

CO are efecte asupra sistemului nervos central, fără a produce leziuni propriu-zise. Aceste modificări au fost evidențiate prin modificări ale electroencefalogramelor, ca semne obiective și prin tulburări ale memoriei, modificări ale vederii sau alte semne subiective.

O influență importantă constă în acțiunea pe care CO o are - în concentrații mici dar prelungite - asupra cordului. Acest fapt se datorează afinității CO pentru mioglobină cu producerea unor tulburări în irigarea cu sânge a mușchiului cardiac, favorizând infarctul.

CO exercită și unele efecte speciale precum inhibarea acțiunii unor enzime și îndeosebi a acelor enzime care intervin în metabolismul lipidelor din sânge, ceea ce ar favoriza depunerea acestora pe vasele de sânge și producerea arterosclerozei, una dintre afecțiunile cele mai răspândite în lume.

O altă acțiune deosebit de gravă pe care monoxidul de carbon din aer o poate prezenta este cea teratogenă asupra fătului. Monoxidul din sânge străbate placenta trecând astfel de la mamă la făt, și producându-i o serie de leziuni caracteristice, în special malformații congenitale. Și în acest caz apar leziuni cardiace grave. Ele au fost descrise la mame care au venit în contact cu concentrații sporite de CO din aer. Ca efecte au fost semnalate nașterile (premature) ale unor copii subdezvoltați, atât ca greutate, cât și ca lungime. Aceste constatări se observă asupra femeilor gravide și în cazul unor cantități mai reduse de monoxid de carbon în aer, sub efectul acțiunii prelungite.

În condiții naturale, CO se găsește în aer în cantități extrem de reduse, evaluate la 0,05 - 0,2 p.p.m. Principala sursă de CO o reprezintă combustia incompletă a tuturor combustibililor. S-a estimat că în oceanul atmosferic se injectează cca.  $250 \cdot 10^6$  t/an, ceea ce corespunde la o creștere anuală a concentrației cu 0,04 p.p.m.

În zonele urbane, în funcție de concentrarea de industrii și de traficul de autovehicule, conținutul de CO oscilează între 1 - 140 p.p.m. (1970), comparativ cu concentrațiile mici din unele zone nepoluate (0,06 p.p.m. în emisfera sudică și 0,2 p.p.m. în emisfera nordică). Concentrații mari sunt atinse în marile intersecții urbane, în timpul blocajelor de circulație, și anume de 100 p.p.m. S-a estimat că în tunele, într-o circulație de vârf, se pot atinge până la 295 p.p.m.

Monoxidul de carbon se poate forma ocazional și în condiții *in door*, la anumite locuri de muncă unde se petrec următoarele activități:

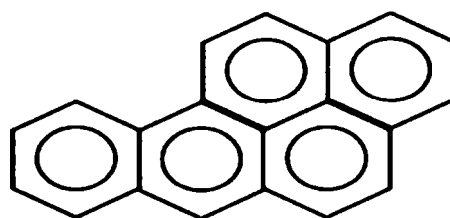
- sudura metalelor prin procedeul oxiacetilenic,
- explozia amestecului de gaze din minele insuficient ventilate, amestec numit „gazul grizu”,
- descompunerea la cald a multor substanțe organice, ca atare, sau în prezența acidului  $H_2SO_4$ , sau dacă sunt încălzite într-un spațiu limitat,
- arderea incompletă a oricărei varietăți de combustibil, în sobe cu funcționare defectuoasă (lipsă aer și tiraj),
- în timpul incendiilor în spații închise, de exemplu, intoxicația cu CO a 33 de persoane cu ocazia incendiului Operei din Paris, 1877.

**Hidrocarburile aromatice monociclice și policiclice** provin în principal din combustia incompletă a carburanților lichizi și evaporarea lor din rezervoare. În urma combustiei tuturor combustibililor se obțin, alături de gaze de ardere, și hidrocarburi nesaturate (ce se polimerizează), ca și hidrocarburi policiclice aromatice (H.P.A.), verificate ca fiind cancerigene; acestea se concentrează pe gudroane și funingine.

**Benzenul și omologii săi** (toluen, xilen, trimetil benzen etc.) produc intoxicații numite benzenism. Intoxicațiile se pot constata la locurile de muncă unde sunt întrebuințați ca dizolvanți ai cauciucului, în industria adezivilor, vopselelor, anvelopelor, a obiectelor de încălțăminte și îmbrăcăminte impermeabilă, ca degresanți, în sinteza coloranților, etc. Acțiunea toxicologică se manifestă asupra măduvei osoase, cu perturbări în formula sanguină: cel mai toxic este benzenul ( $C_6H_6$ ).

Toluenul ( $C_6H_5-CH_3$ ) este mai puțin toxic decât benzenul deoarece este rapid metabolizat la acid benzoic, reacționează cu glicina din organism și este excretat sub formă de acid hipuric.

**Hidrocarburile policiclice aromatice (H.P.A.)** sunt cele mai toxice hidrocarburi. Cel mai toxic dintre ele este 3, 4-benzpirenului și alături de el dimetilbenzantracena, dibenzantracena, benzopirena, etc. [24].

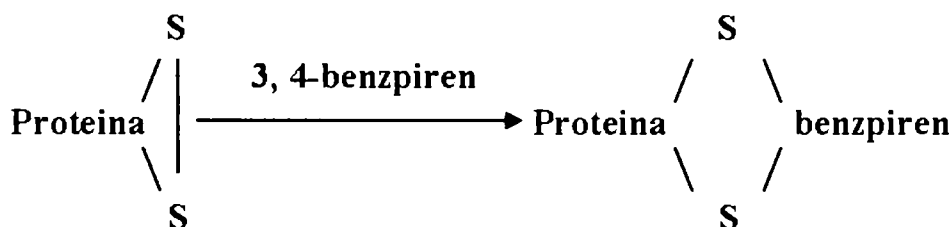


**3, 4-benzpiren**

**Figura 1.9: Legăturile chimice ale 3, 4-benzpirenului.**

În atmosfera urbană concentrația de H.P.A. este de cea. 0,006 p.p.m.; un lucrător de la cuptoarele vechi de cocserie poate fi expus la cantități chiar de 60 p.p.m., iar prin consumarea a 4 țigări pe oră se introduce în organism o cantitate de 0,1 μg.

Încă din 1915 a fost anunțată în literatură acțiunea cancerigenă a acestor hidrocarburi. Inițial cancerul epitelial a fost descoperit la coșari, întrucât hidrocarburile erau concentrate în funingine, pentru ca ulterior să fie sesizat și la lucrătorii care manipulau gudroanele și reziduurile de la distilarea huilei și a țiteiului. Cel mai cancerigen compus, verificat de toxicologi, este 3, 4-benzpirenul. Hidrocarburile aromatice polinucleare sunt frecvent adsorbite de praful atmosferic. Pot difuza prin piele în organism, se combină cu proteinele, desfăcându-le funcția disulfură, și legându-se de ea prin legături mai tari decât cele inițiale din proteină. S-a stabilit statistic că cel puțin 150 000 de oameni mor anual de cancer pulmonar sau epitelial, produs de H.P.A.



**Figura 1.10: Acțiunea asupra organismului uman a 3, 4-benzpirenului.**

Pe lângă efectul nociv al diverșilor poluanți, din Tabelul 1.4 se remarcă faptul că ei prezintă durate de viață deosebite, prin care își pot prelungi efectul nefast. De multe ori, particulele solide sau aerosolii complecși se constituie drept gazde care poartă poluații gazoși, și astfel aceștia apar la distanțe majore de sursele emitente.

Poluanții emiși în urma activității omului (SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, HC, etc.) sunt cei mai periculoși, deoarece sunt puternic reactivi și chiar dacă au o durată de viață relativ scăzută, prin oxidarea lor apar produși secundari cum ar fi acidul sulfuric, ozonul antropogenic, acidul nitric și nitrații, compuși solubili, etc., mult mai periculoși.

Alături de acești poluanți specifiți rezultați din procese de ardere și nu numai, trebuie amintiți și alții precum vaporii de mercur, dioxinele, etc. Dat fiind faptul că ele nu sunt atât de răspândite, pentru ele s-au emis condiții de limitare a emisiilor.

**Tabelul 1.4: Durata de viață a poluanților în atmosferă [25].**

Noxa	Durata medie de viață	Concentrația obișnuită [ppm]	
		Aerul curat	Aerul poluat
CO	2 – 6 luni	0,1	40-70
CO <sub>2</sub>	2 – 6 ani	340	400
H <sub>2</sub> S	0,5 - 2 zile	0,0002	
SO <sub>2</sub>	1 – 10 zile	0,0002	0,2
NH <sub>3</sub>	2 – 14 zile	0,01	0,1
N <sub>2</sub> O	>10 ani	0,25	
NO	3 – 6 zile	<0,002	1 – 2
NO <sub>2</sub>	5 – 10 ani	<0,004	0,2
O <sub>3</sub>	zile - luni	0,02	0,5
CH <sub>4</sub>	4 - 10 ani	1 – 1,7	3

Pe lângă aceste efecte dirijate în special asupra ființelor vii, sumar prezentate anterior, trebuie remarcate efectele globale și ireversibile asupra ecosistemului, implicit asupra climei, faunei, florei, bunurilor materiale și de artă, etc. Nu s-a insistat asupra fenomenelor nocive nici în cazul poluanților majori, nici în cazul celor mai puțin răspândiți, deoarece nu acesta este obiectul principal al lucrării. S-a considerat însă necesară o trecere în revistă, deoarece tematica tezei este legată de determinarea calității aerului, cu precădere a CO. Calitatea aerului, în urma monitorizării, se exprimă prin indicatori legați nu numai de specia CO ci și de celelalte specii. Legislația se referă în detaliu la metodologiile specifice [13].

## *1.4 Politici de mediu și legislații privind protecția mediului*

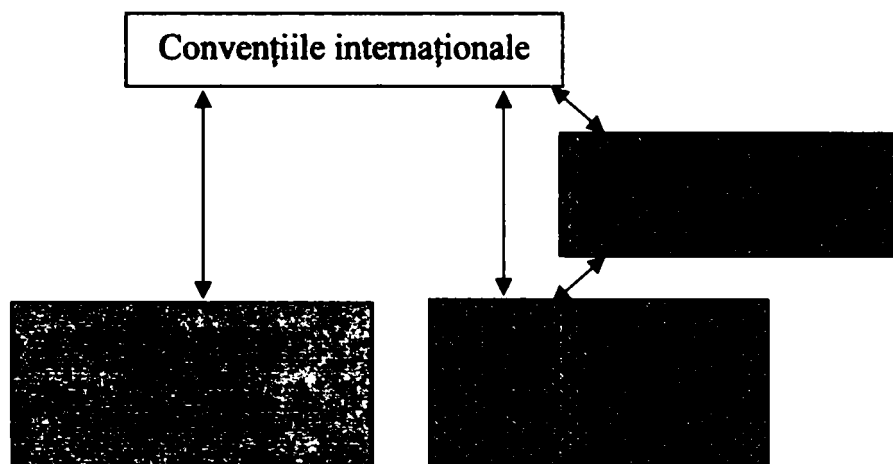
### **1.4.1 Politici de mediu**

Problema protecției mediului este o preocupare majoră a oricărei țări. La elaborarea oricărei strategii de protecție a mediului se iau în considerare resursele naturale existente, nivelul de dezvoltare economică și socială și în special calitatea factorilor de mediu, promovându-se politica dezvoltării durabile în vederea asigurării unui mediu sănătos pentru generațiile viitoare, respectând cele trei dimensiuni ale sale: economică, ecologică și socială.

În țările dezvoltate s-a creat cadrul instituțional și legislativ eficient pentru conservarea și protecția mediului prin acquis-ul comunitar, aplicarea ISO 14 000, și activitatea unor organizații specializate la nivel național și regional pentru protecția mediului.

În țările cu economie în tranziție problemele de mediu cunosc un grad foarte diferențiat de tratare, în funcție de organizarea instituțională în vigoare și de capacitatea managerială a guvernelor, ș.a.

Tendențele de rezolvare a problemelor de mediu conform schemei din Figura 1.11 se regăsesc și în convențiile și acordurile internaționale, în politicile de mediu ale organismelor internaționale, în planurile-cadru ale Uniunii Europene în domeniul mediului, în planurile naționale de acțiuni în domeniul mediului, precum și în legislațiile și reglementările specifice ale țărilor sau ale unor grupuri de țări (U.E.) [16].



**Figura 1.11: Conexiunile internaționale privind legislația în domeniul poluării aerului.**

Orice activitate social-economică trebuie desfășurată și realizată, în condițiile unei societăți civilizate și ale unei economii moderne, numai cu respectarea regulilor referitoare la protecția mediului stabilite de lege. În ultimele decenii se apelează din ce în ce mai hotărât și la mijloacele juridice pentru reglementarea relațiilor interumane privind mediul în care trăim, pentru stabilirea răspunderilor juridice ale celor ce poluează diferite componente ale mediului.

Crearea și aplicarea în practică a unor mijloace tehnice adecvate, respectiv tehnologii corespunzătoare prin care să se protejeze mediul, presupune stabilirea prin lege a unor obligații precise pentru orice agent economic și pentru toți cetățenii și, în același timp, urmărirea consecventă a aplicării legislației respective, care revine organelor de specialitate ale puterii administrative.

Legislația în domeniul mediului stabilește cadrul de desfășurare a activității de management al mediului, cu asigurarea unui echilibru între activitățile de protecție a mediului și activitățile economico-sociale.

#### **1.4.2 Legislații cu caracter general**

Poluarea atmosferică nu este limitată de granițele teritoriale ale fiecărei țări, efectele poluării regăsindu-se la scară globală, ca de exemplu distrugerea stratului de ozon care se manifestă în zone practic nepopulate (la poli). Poluarea mediului a devenit o problemă social-economică contemporană care, în special în țările cu grad de industrializare avansat,

a luat proporții de așa manieră, încât s-a impus adoptarea unor măsuri legislative pentru limitarea acțiunilor ei nocive. În epoca contemporană se cunosc numeroase declarații și acțiuni cu caracter politic (Tabelul 1.5) ale unor conducători de state sau ale unor mișcări ecologice.

Prin care se arată influența nefastă a activității umane asupra mediului înconjurător și se subliniază necesitatea impunerii anumitor reguli unanim recunoscute și respectate pentru protecția acestuia. Statele semnatare prin aceste protocoale se obligă să aplice la nivel local prevederile acestora.

Pe linia reuniunilor la nivel înalt, care își propun dezbateră și găsierea de noi soluții pentru rezolvarea problemelor globale ale protecției mediului, se înscrie și Conferința Națiunilor Unite privind Mediul și Dezvoltarea, care a avut loc la Rio De Janeiro, în 1992, când a fost formulată *Declarația de la Rio* și care are ca principiu de bază dezvoltarea durabilă.

**Tabelul 1.5: Cele mai importante convenții privind controlul poluării atmosferei.**

Nr.	Convenția	Locația	Data
1	Convenția privind poluarea la scară transfrontieră	Geneva	13 Noiembrie 1979
2	Protocolul privind finanțarea pe termen lung a programelor de cooperare pentru monitorizarea și evaluarea poluării la scara întregii Europe. (EMEP)	Geneva	28 septembrie 1984
3	Convenția privind protecția stratului de ozon	Viena	22 martie 1985
4	Protocolul privind reducerea emisiilor de oxizi de sulf și a poluării lor transfrontiere cu cel puțin 30%.	Helsinki	8 iulie 1985
5	Protocolul privind substanțele care distrug stratul de ozon	Montreal	16 septembrie 1987
6	Protocolul privind reducerea emisiilor de oxizi de azot și a poluării lor transfrontiere.	Sofia	31 octombrie 1988
7	Protocolul privind controlul emisiilor compușilor organici volatili (COV) și poluarea transfrontieră	Geneva	19 noiembrie 1991
8	Convenția privind schimbările climatice	Rio de Janeiro	9 mai 1992
9	Protocolul de la Kyoto pentru reducerea emisiilor gazelor cu efect de seră	Kyoto	16 februarie 2005

Principiile de Rio includ următoarele idei de bază:

- oamenii au dreptul să trăiască și să muncească într-un mediu sănătos, în armonie cu natura;
- dezvoltarea actuală nu trebuie să submineze necesitățile de dezvoltare și mediul generațiilor prezente și viitoare;
- națiunile au dreptul suveran să-și exploateze propriile resurse, fără a produce pagube în afara granițelor proprii;
- națiunile trebuie să reducă și să elimine modelele nedurabile de producție și consum;

- poluatorul trebuie să suporte costul poluării (depoluării);
- procesul de dezvoltare a unei națiuni nu poate fi rupt de protecția mediului, acesta fiind parte integrantă a sa.

În Constituția Uniunii Europene se prevede dreptul la un mediu curat, alături de drepturi majore precum dreptul la viață, la muncă.

Calitatea factorilor de mediu se referă la valorile cantitative și calitative a unor indicatori specifici legați de apă, aer, sol, faună, floră, etc. adică factori care formează ecosistemul natural. Sub acțiunea activității omului, se înregistrează modificări continue, care dezechilibrează și depășesc capacitatea de autoreglare și autopurificare din ciclurile naturale. Tabelul 1.6 prezintă o sinteză a situației legislative pe plan mondial privitor la concentrația admisibilă de CO.

**Tabelul 1.6 : Standardele pentru calitatea aerului ambient în diferite state.**

Țara	Noxa CO	
	mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	Timpul de mediere
SUA	40	1 h
	10	8 h
Los Angeles	23	1 h
	10	8 h
Mexico	13	8 h
India <sup>a</sup> (zone protejate)	2	1 h
	1	8 h
India <sup>b</sup> (zonă industrială)	10	1 h
	5	8 h
India <sup>c</sup> (zonă rezidențială)	4	1 h
	2	8 h
Columbia	40	1 h
	12	8 h
Brazilia	40	1 h
	10	8 h
Canada	34	1 h
România	10	8 h
Europa	10	8 h
China <sup>a</sup>	3.5	4

<sup>a</sup> zone protejate; <sup>b</sup> zonă industrială; <sup>c</sup> zonă rezidențială

Tabelul 1.7 prezintă o sinteză a datelor statistice ale concentrațiilor CO înregistrate în diferite metropole de pe diferite continente.

**Tabelul 1.7: Statistica valorilor înregistrate.**

City	Los Angeles	Mexico City	Toronto	Beijing	Santiago	Sao Paulo	Bogota
Nr de locuitori (2000) (milioane)	12	19	7	11	5.3	18	6.5
Suprafața în mii de km <sup>2</sup>	28	5	17	17	2.3	8	1.7
Consumul de benzină (milioane litri pe zi)	76 (1999)	18 (1999) 19 (2003)	41 (2002)		8.9 (2001)	18 (2003)	
Consumul de motorină (milioane litri pe zi)	10 (1999)	4.4 (1999) 4.1 (2003)	12 (2002)		5.9 (2001)	24.4 (2003)	
Nr de vehicule (milioane)	9.3 (1999)	3 (1999) 3.3 (2000)	9.1 (2003)	2	1 (mașini particulare)	6	1
CO (ppm)	11.7 <sup>1</sup>	46 <sup>2</sup>	6.5 <sup>3</sup>	2.2 <sup>4</sup>	23.1 <sup>5</sup>	8 <sup>6</sup>	20 <sup>7</sup>

1 - (val max la oră în 2001), 2 - (val max la 1 oră în 2001), 3 - (val max la 1 oră în 2001), 4 - (media anuală în 2002), 5 - (val max la 1 oră în 2002), 6 - (val max la 8 ore în 2002), 7 - (val max la 1 oră în 2002).



### 1.4.3 Legislația națională

În România, după apariția Legii protecției mediului în anul 1995, actele normative specifice domeniului au fost, sunt și vor fi orientate cu precădere în direcția armonizării cu legislația europeană cuprinsă în acquis-ul comunitar, contribuindu-se astfel la punerea în aplicare a Programului Național de Aderare a României la Uniunea Europeană.

Datorită impactului global al activităților de protecție a mediului în țara noastră se acționează pentru consolidarea cadrului legislativ, fiind adoptate acte normative privind facilitatea obținerii acordului sau autorizației de mediu, gestionarea deșeurilor, a substanțelor toxice, protecția solului, apelor și aerului, conservarea diversității biologice, crearea Fondului de mediu. În același timp, s-a intensificat activitatea de control privind respectarea și aplicarea legislației de mediu, în sensul celor prezentate mai sus.

Legislația în vigoare privind imisiile în atmosferă este Ordinul nr. 592 din 25 iunie 2002[13]. Obiectivul prezentului normativ este de a preveni, a elimina, a limita deteriorarea, precum și de a îmbunătăți calitatea aerului, în vederea evitării efectelor negative asupra sănătății omului și mediului în general, asigurând astfel alinierea la normele internaționale și la reglementările Uniunii Europene.

În cele ce urmează se vor prezenta extrase din acest normativ, interpretate și prelucrate, rezumându-se doar aspectele esențiale pentru conținutul tezei.

#### 1.4.3.1 Definiții ale termenilor specifici

Definițiile indicate sunt extrase din Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 243 din 2000 privind protecția atmosferei, aprobată cu modificări și completări prin Legea nr. 655 din 2001 (Articolul 2).

În sensul acestui normativ termenii de mai jos – indicați în ordine alfabetică – au următoarele semnificații:

a) *captură de date* - raportul dintre perioada în care instrumentul de monitorizare produce date valabile și perioada pentru care se calculează parametrul statistic sau valoarea agreată;

b) *compuși organici volatili nemetanici (COV NM)* - toți compușii organici, alții decât metanul, proveniți din surse antropice și biotice, ce pot produce oxidanți fotochimici prin reacție cu oxizii de azot, în prezența luminii solare;

c) *estimare obiectivă* - estimare pe baza unor metode bine definite, cu un nivel de incertitudine cunoscut;

d) *măsurători în puncte fixe* - măsurătorile efectuate în conformitate cu prevederile cuprinse în cap. III secțiunea 1;

- e) *măsurători indicative* - măsurătorile efectuate cu ajutorul unor metode alternative ce completează informațiile obținute din măsurătorile în puncte fixe;
- f) *modelarea calității aerului* - utilizarea de reprezentări matematice ale proceselor fizice și chimice din atmosferă în vederea estimării cantitative a dispersiei și impactului poluanților atmosferici;
- g) *obiective de calitate a datelor* - criteriile pentru stabilirea acurateții măsurătorilor și metodelor de evaluare, elaborate în scopul obținerii unei evaluări corecte a calității aerului;
- h) *obiectiv pe termen lung* - o concentrație de ozon în atmosferă până la care, potrivit cunoașterii științifice actuale, efectele adverse directe asupra sănătății umane și/sau mediului în general sunt improbabile și care trebuie atinsă, pe cât posibil, pe termen lung, cu scopul de a asigura protecția efectivă a sănătății umane și a mediului;
- i) *oxizi de azot* - suma concentrațiilor de monoxid de azot și de dioxid de azot, măsurate în părți pe miliard (ppb), exprimată ca dioxid de azot în micrograme pe metru cub;
- j) *PM10* - pulberi în suspensie cu diametrul aerodinamic de 10  $\mu\text{m}$ , care trec printr-un orificiu cu selectare după dimensiune, cu un randament de separare de 50 %;
- k) *PM2,5* - pulberi în suspensie cu diametrul aerodinamic de 2,5  $\mu\text{m}$ , care trec printr-un orificiu de selectare după dimensiune, cu un randament de separare de 50 %;
- l) *prag de informare* - nivel dincolo de care există un risc pentru sănătatea umană în urma expunerii de scurtă durată a unor segmente sensibile ale populației și la atingerea căruia este necesară comunicarea de informații actualizate;
- m) *prag inferior de evaluare* - nivelul prevăzut în anexa nr. 1 secțiunea E, până la care evaluarea se poate baza exclusiv pe modelare și alte metode de estimare;
- n) *prag superior de evaluare* - în procesul de evaluare, nivelul prevăzut în anexa nr. 1 secțiunea E, până la care se pot folosi combinat măsurători și modele și dincolo de care sunt obligatorii măsurătorile în puncte fixe;
- p) *rezoluție spațială* - distribuția geografică și densitatea informațiilor și/sau a datelor;
- q) *substanțe precursorale ale ozonului* - substanțele care contribuie, în prezența luminii solare, la formarea ozonului troposferic;
- r) *tehnici de modelare* - diferite abordări matematice de reprezentare a proceselor fizice și chimice din atmosferă și procedeele de aplicare a acestor formulări, împreună cu datele de intrare necesare, în efectuarea modelării calității aerului;

t) *valoare-țintă* - nivelul concentrației de ozon în aerul înconjurător, fixat cu scopul evitării pe termen lung a efectelor dăunătoare asupra sănătății umane și/sau mediului în general, ce trebuie atins, pe cât posibil, într-o anumită perioadă.

### 1.4.3.2 Valori limită prevăzute în Ordinul 592

În acest ordin sunt prevăzute valorile limită și criteriile de evaluare a oxizilor de azot, a dioxidului de sulf, a monoxidul de carbon, a pulberilor în suspensie, a plumbului, a benzenului, a ozonului în imisie, precum și metodele recomandate de determinare. Astfel (Tabelul 1.8) se prezintă un extras cu valorile limită și perioadele de raportare pentru principalele specii de poluanți, cu referire la condiții standard (20 grade C și presiune atmosferică normală).

Normativul mai conține prevederi cu privire la:

- valorile limită pentru dioxid de sulf, dioxid de azot și oxizi de azot, pulberi în suspensie (PM<sub>10</sub> și PM<sub>2,5</sub>), plumb, benzen și monoxid de carbon în aerul înconjurător și valorile-țintă și obiectivele pe termen lung pentru ozon în aerul înconjurător;

**Tabelul 1.8: Extrase din Ordinul 592 din 25.06.2002, raportate la condiții standard.**

SO <sub>2</sub>	Perioada de mediere	Valoarea limită
1. Valoarea limită orară pentru protecția sănătății umane	1 h	350 μg/m <sup>3</sup> ; a nu se depăși de peste 24 de ori într-un an calendaristic
2. Valoarea limită zilnică pentru protecția sănătății umane	24 h	125 μg/m <sup>3</sup> ; a nu se depăși de peste 3 ori într-un an calendaristic
3. Valoarea limită pentru protecția ecosistemelor	An calendaristic și iarna (1 octombrie – 31 martie)	20 μg/m <sup>3</sup>
<b>NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub></b>		
1. Valoarea limită orară pentru protecția sănătății umane	1 h	200 μg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> ; a nu se depăși de peste 18 ori într-un an calendaristic
2. Valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane	An calendaristic	40 μg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>
<b>PM<sub>10</sub></b>		
1. Valoarea limită zilnică pentru protecția sănătății umane	24 h	50 μg/m <sup>3</sup> PM10; a nu se depăși de peste 35 de ori într-un an calendaristic
2. Valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane	An calendaristic	40 μg/m <sup>3</sup> PM10
<b>CO</b>		
Valoarea limită pentru protecția sănătății umane	Valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore*	10 mg/m <sup>3</sup>
* - Valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore se alege prin examinarea mediilor curente pe 8 ore, calculate din date orare și actualizate din oră în oră. Fiecare medie pe 8 ore astfel calculată se înscrie pentru ziua în care intervalul s-a încheiat, respectiv prima perioadă de calcul pentru o zi începe la ora 17,00 din ziua anterioară și se termină la ora 1,00 din ziua respectivă; ultima perioadă de calcul pentru o zi este perioada de la ora 16,00 la ora 24,00 din ziua respectivă.		

- pragurile de alertă pentru dioxid de sulf, dioxid de azot și ozon în aerul înconjurător și pragul de informare pentru ozon în aerul înconjurător;

- informațiile ce se impun a fi comunicate publicului și raportarea datelor rezultate din măsurători.

#### 1.4.3.3 Metode de referință pentru măsurarea concentrațiilor

Metodele de referință privind măsurarea concentrațiilor poluanților majori în atmosferă sunt menționate în Ordinul 592 din 25 iunie 2002, anexa 5 [23]:

- Pentru dioxidul de sulf ( $\text{SO}_2$ ) metoda de referință este metoda fluorescenței în ultraviolet, prevăzută în ISO/FDIS 10498 (proiect de standard), „Aer înconjurător – determinarea dioxidului de sulf”.
- Pentru oxizii de azot ( $\text{NO}_x$ ) metoda de referință pentru analiză este metoda prin chemiluminiscentă, prevăzută în ISO 7996/1985, „Aer înconjurător - determinarea concentrației masice de oxizi de azot”.
- Monoxid de carbon (CO) se determină prin metoda de referință spectrometrică, în infraroșu nedispersiv (NDIR), prevăzută în ISO 4224.
- Pulberi în suspensie ( $\text{PM}_{10}$ ) – metoda de referință pentru prelevarea și măsurarea  $\text{PM}_{10}$  este cea descrisă în EN 12341 „Calitatea aerului - procedura de testare pe teren pentru a demonstra echivalența de referință a metodelor de prelevare a fracțiunii  $\text{PM}_{10}$  din pulberile în suspensie”. Principiul de măsurare se bazează pe colectarea pe filtre a fracțiunii  $\text{PM}_{10}$  a pulberilor în suspensie și determinarea masei acestora cu ajutorul metodei gravimetrice.
- Plumb (Pb) – Metoda de referință pentru prelevarea plumbului este aceeași cu metoda de prelevare pentru  $\text{PM}_{10}$ . Metoda de referință pentru analiza plumbului este cea prevăzută în ISO 9855/1993 „Aer înconjurător - determinarea conținutului de plumb din aerosolii colectați pe filtre”. Metoda - spectroscopie cu absorbție atomică.
- Ozon - Metodele de referință pentru analiza ozonului și cele de calibrare a instrumentelor pentru ozon sunt: metoda fotometrică în UV (ISO 13964) și fotometru de referință în UV (ISO 13964, VDI 2468, B1.6).
- Benzen - Metoda de referință pentru măsurarea benzenului este metoda de prelevare prin aspirare printr-un cartuș absorbant, urmată de determinarea gaz-cromatografică, standardizată în prezent de către Comitetul European pentru Standardizare (CEN).

În lipsa posibilității de aplicare a unei metode standardizate recomandate de CEN (Comitetul European pentru Standardizare), Statele Membre și Candidate pot folosi metodele din standardul național bazate pe aceeași metodă de măsurare sau chiar și altele,

demonstrând că dau rezultate echivalente și/sau comparabile cu cele obținute prin metoda standard.

În acest sens, prezenta cercetare se referă la aplicarea complementară a metodei optice de măsurare a concentrației față de cea clasică (standardizată), cu aplicație la specia CO. Nota emisă în standard este de fapt o cale lăsată deschisă spre standardizarea și a altor metode. Se cunoaște că, în prezent, sunt foarte avansate tratativele de aplicare și recunoaștere a veridicității măsurătorilor optice, mai ales că ele se aplică pentru monitorizarea proceselor industriale de câțiva ani buni în Europa, și în S.U.A..

La nivel european există un comitet numit, care se ocupă de selectare a strategiilor de măsurare și evaluare a concentrațiilor în zonă urbană, care vizează selectarea complementară, pentru situații speciale, a unor tehnici adecvate, superioare celor deja standardizate, și care oferă informații în plus.

#### **1.4.3.4 Amplasarea stațiilor de măsurare în puncte fixe**

Criteriile de clasificare și amplasare a poziției sondei respectiv a punctelor de prelevare pentru măsurarea concentrațiilor sunt descrise de ANEXA Nr. 2 din Ordinul 592.

Pentru amplasarea la microscară se ține cont de următoarele criterii:

a) fluxul de aer în jurul orificiului de admisie al sondei nu trebuie să fie limitat sau obstrucționat de elemente, care să afecteze circulația aerului în apropierea sondei. În mod normal, amplasarea se face la câțiva metri distanță de clădiri, balcoane, copaci sau alte obstacole și la cel puțin 0,5 m distanță de cea mai apropiată clădire, în cazul stațiilor de prelevare orientate în vederea evaluării calității aerului la fațada clădirii;

b) în general, orificiul de admisie al instrumentului de prelevare se impune să se afle între 1,5 m (înălțimea de respirație) și 4 m distanță față de sol. În alte cazuri, pot fi necesare poziționări la înălțime mai mare (de până la 8 m). Aceste situații speciale sunt indicate și dacă stația este reprezentativă pentru o arie mai mare;

c) orificiul de admisie al sondei nu trebuie să se amplaseze în apropierea surselor, pentru a se evita captarea directă a emisiilor neamestecate cu aerul înconjurător;

d) orificiul de ieșire al sondei trebuie să se amplaseze astfel încât să se evite recircularea aerului înapoi, prin orificiul de admisie;

e) pentru amplasarea stațiilor orientate pe trafic se recomandă:

e1. pentru toți poluanții, punctele de prelevare trebuie să fie la cel puțin 25 m distanță de marginea intersecțiilor mari și la cel puțin 4 m de axul celei mai apropiate benzi de circulație;

e2. pentru dioxidul de azot și monoxidul de carbon orificiile de admisie trebuie să se găsească la cel mult 5 m distanță de bordură;

e3. pentru pulberi în suspensie ( $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$ ), plumb și benzen orificiile de admisie trebuie să se poziționeze astfel încât să fie reprezentative pentru calitatea aerului la fațada clădirii.

Pe tot parcursul măsurătorilor, trebuie să se țină cont și de alți factori, ca de exemplu:

- a) sursele de interferență;
- b) securitatea instrumentelor;
- c) accesul la instrumente și sistem de achiziție de date;
- d) accesibilitatea la energia electrică și la legăturile telefonice;
- e) vizibilitatea amplasamentului în raport cu împrejurimi-mile;
- f) siguranța publicului și a operatorilor;
- g) avantajele co-amplasării stațiilor de prelevare pentru mai mulți poluanți;
- h) planurile de urbanism.

recomandându-se un compromis fezabil, pentru a se atinge scopul principal: măsurarea corectă, în limitele legale, și achiziția de date, cu control și supraveghere permanentă.

În Anexa Nr. 3 a Ordinul 592 Tabelul 1.9 se prezintă criteriile de determinare a numărului minim de puncte de prelevare pentru stațiile de măsurare în puncte fixe, astfel:

- a) Surse difuze

**Tabelul 1.9: Numărul necesar de puncte de monitorizare funcție de numărul de locuitori**

Populația zonei sau aglomerării (mii locuitori)	În cazul în care concentrațiile depășesc pragul superior de evaluare*	În cazul în care concentrațiile maxime se situează între pragul superior și cel inferior de evaluare	Pentru $SO_2$ și $NO_2$ , în aglomerări în care concentrațiile maxime sunt sub pragul inferior de evaluare
0-249	1	1	Nu este cazul
250-499	2	1	1
500-749	2	1	1
750-999	3	1	1
1.000-1.499	4	2	1
1.500-1.999	5	2	1
2.000-2.749	6	3	2
2.750-3.749	7	3	2
3.750-4.749	8	4	2
4.750-5.999	9	4	2
≥ 6.000	10	5	3

\* Pentru dioxid de azot, pulberi în suspensie ( $PM_{10}$  și  $PM_{25}$ ), benzen și monoxid de carbon se includ cel puțin o stație de fond urban și una de trafic, dacă astfel nu crește numărul stațiilor



A. Pentru dioxid de sulf, dioxid de azot și oxizi de azot, plumb, pulberi în suspensie ( $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$ ), benzen și monoxid de carbon se precizează:

A.1. Numărul minim de stații de prelevare pentru măsurători în puncte fixe pentru verificarea conformării cu valorile limită pentru protecția sănătății umane și cu pragurile de alertă în zonele și aglomerările, în care măsurătorile în puncte fixe sunt singura sursă de informații;

b) Surse punctuale

Pentru evaluarea concentrațiilor în apropierea surselor punctuale, numărul punctelor de prelevare pentru măsurători în puncte fixe se calculează pe baza densității emisiilor, a tipurilor de distribuție probabilă a poluării atmosferice și a expunerii potențiale a populației.

Anexa Nr. 4 din Ordinul 592 (Tabelul 1.10) se referă la obiectivele de calitate a datelor, metode de determinare a depășirilor și alte statistici, după cum se redă în cele ce urmează, cu referire la:

Incertitudinea metodelor de măsurare, pe un interval de încredere de 95 %, se evaluează conform principiilor conținute în *Ghidul de exprimare a incertitudinii măsurătorilor* (ISO 1993), sau în metodologia ISO 5725-1 *Acuratețea (realitate și precizie) metodelor de măsurare și a rezultatelor* (1994) sau echivalent.

**Tabelul 1.10: Încrederea în metodele de evaluare**

	Benzen	Monoxid de carbon
<b>Măsurători în puncte fixe</b>		
Incertitudine	25 %	15 %
Captură minimă de date	90 %	90 %
<b>Măsurători indicative</b>		
Incertitudine	30 %	25 %
Captură minimă de date	90 %	90 %
Timp minim acoperit	14 % (o măsurare aleatorie pe săptămână, distribuită uniform în cursul unui an, sau 8 săpt. distrib. uniform în cursul unui an)	14 % (o măsurare aleatorie pe săptămână, distribuită uniform în cursul unui an, sau 8 săpt. distribuite uniform în cursul unui an)
<b>Modelare</b>		
<b>Incertitudine pentru:</b>		
Medii pe 8 ore	-	50 %
Medii anuale	50 %	-
<b>Estimare obiectivă</b>		
Incertitudine	100 %	75 %

Procentele din tabel sunt date ca repere în raport cu valorile concentrațiilor individuale calculate ca medii pe intervalul de timp asociat valorii limită, pentru un interval

de încredere de 95 %. Incertitudinea măsurătorilor continue în puncte fixe se interpretează ca aplicabilă în domeniul de concentrații utilizat pentru valoarea de prag corespunzătoare.

Incetitudinea pentru modelare și estimare obiectivă se definește ca deviația maximă a nivelurilor de concentrații măsurate și calculate pe perioada asociată valorii de prag corespunzătoare, fără a ține seama de momentul când au loc aceste evenimente.

Cerințele privind captura minimă de date și timpul minim acoperit nu includ pierderile de date datorate calibrărilor periodice sau lucrărilor normale de întreținere a instrumentelor.

### *1.5 Scopul temei de cercetare*

Lucrarea a urmărit să determine calitatea aerului în diferite condiții de poluare, să contureze o strategie viabilă și aplicabilă, în condiții de cercetare universitară, și să aplice tehnică standard de măsurare și prelucrare, completată de noi metode, dintre care metoda optică de determinare a concentrațiilor de-al lungul unui drum optic, precum și modelarea cu diferite coduri a strategiei de lucru și prelucrarea corelativă a rezultatelor.

Scopul general al lucrării se referă la identificarea condițiilor optime de monitorizare cu metode optice de măsurare a calității aerului, care sunt necesare, în sensul oferirii de informații complementare și de confirmare a valorilor măsurate prin metodele standardizate. Nu în ultimul rând, lucrarea a urmărit identificare și unei serii de avantaje, pe lângă dezavantaje, și redactarea un ghid de utilizare optimă a acestor metode.

Tematica prezentei lucrări a fost restrânsă doar la specia poluantă monoxid de carbon, considerată ca fiind reprezentativ în zonă urbană, deși cercetarea complexă, din care face parte studiul, s-a referit și la alte specii. Aplicațiile s-au întocmit pentru zona urbană a municipiului Timișoara, vizând:

- zone cu trafic intens,
- zone verzi,
- stradă de tip canion, și
- deponeul necologic de deșeuri municipale.

Scopul temei de cercetare se cuantifică pe următoarele nivele de studiu și cercetare:

A) Determinarea calității aerului prin aplicarea simultană a unei metode standardizate și a unei metode optice de monitorizare continuă a calității aerului în zone urbane, cu diferite grade de poluare;

B) Dezvoltarea unor concluzii legate de:

- Interpretarea și corelarea rezultatelor obținute prin metoda optică referitor la rezultatele măsurate prin metode standardizate,

- Compararea măsurătorilor on line cu valori simulate numeric, pentru aceleași condiții de topografie, meteorologice și de sursele privind nivelul de input al fondului de poluare;
- Aplicarea metodologiei CORINAIR [48] pentru cazuri concrete, specifice condițiilor din zone urbane diferite din România, prin determinarea coeficientului mediu de emisie,
- Aplicarea datelor și indicațiilor metodologice europene la rulări concrete, specifice zonei Timișoarei, ca de exemplu pentru stradă de tip canion, intersecții puternic poluate de vehicule dotate cu motoare cu ardere internă, zone cu diferite surse staționare și mobile de poluare, etc.
- D) Concluzionarea unor condiții de best practice (utilizare optimă) a instrumentului optic cu care s-au făcut cercetările, și în general al instrumentelor optice, ca și modalități complementare și viabile de investigare, cu succes, a concentrațiilor poluanților majori din aer, în zone deschise [15], [45].

Pentru atingerea acestor scopuri s-a procedat la concepția metodologiei de lucru și implicit la proiectarea stației de monitorizare, urmând etape legate de:

- Alegerea instrumentelor, calibrarea și întreținerea lor,
- Realizarea unui sistem de supraveghere și înregistrare a datelor meteorologice,
- Culegerea unor informații și stocarea ca și baze de date privind fondul de mediu și inventarierea surselor poluatoare potențiale,
- Optimizarea locației și a metodei de prelevare a probelor, cu respectarea normelor, atât prin modelare numerică, cât și prin contorizarea unor factori perturbatori,
- Proiectarea și realizarea unui sistem de achiziție de date,
- Definitivarea unui sistem de prelucrare a datelor conform normativelor,
- Interpretarea rezultatelor, în conformitate cu legislația.

Legislația românească [13] recomandă a măsura calitatea aerului de către stații independente, ca de exemplu universitare în scopul formării unei rețele naționale. Mai ales dacă au o dotare completă, așa cum este cea aplicată în prezenta cercetare.

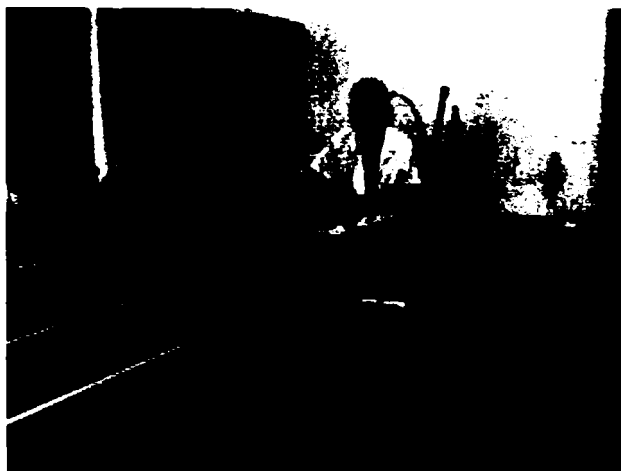
Stația, principiul și metodele de lucru, modul de prelevare, memorare, prelucrare, până la finalitatea obținerii rezultatelor constituie paragrafe independente, din partea aplicativă a tezei.

Nu în ultimul rând, scopul lucrării se conturează și prin analiza de corelație, cu programe standard sau specifice, prin care s-au identificat coeficienții de regresie, și care a va fi redată pentru două episoade distincte [73],[74].

Tot ca și scop, secundar dar totuși extrem de important de scos în evidență, este și dezvoltarea unor capacități de cercetare într-un domeniu deficitar, cultivarea unor caracteristici manageriale a unor situații de gestionare a calității aerului, precum și informarea, prin diferite mijloace specifice mediului universitar de cercetare, a publicului și autorităților privind necesitatea, modalitatea și costurile necesare pentru a obține rezultate și a le interpreta, respectiv de a modifica starea de fapt.

Contribuția adusă este de actualitate și răspunde scopului general al societății românești de a cultiva și susține noțiunea de protecție a mediului în general, în particular, echilibrul în zone urbane în privința calității aerului, al modului în care poate fi alterată și a cauzelor ce o determină.

Ca și o dovadă că tema este actuală se face referire la siteul [www.lidar.romania.htm](http://www.lidar.romania.htm), unde se face o trecere în revistă a proiectelor de viitor care sunt în vizorul Departamentului de evaluare a mediului înconjurător folosind tehnica optoelectronică.



**Figura 1.12: Imagine cu sistemul LIDAR existent în România.**

- Scopurile acestui grup de cercetare sunt focalizate asupra a două obiective majore
- De a concepe și dezvolta echipamente optoelectronice și metode de investigare dedicate determinării calității mediului înconjurător (aer, apă, sol).
- De a forma și a up-data baza de date privind fondul de poluare atât în zone industriale caracterizate prin grad ridicat de poluare cât și în zone urbane afectate de trafic intens.

Pentru a îndeplini aceste scopuri se are în vedere:

- campanii de măsurători folosind tehnologie LIDAR pentru determinarea concentrațiilor de particule din atmosferă în diferite regiuni ale României,
- Modernizarea tehnologiei LIDAR în scopul oferirii unei mai bune sensibilități și manipulări în câmpul operațional,

- elaborarea de modele teoretice care să clarifice propagarea radiației electromagnetice prin medii neomogene și turbulente în scopul eliminării eventualelor erori de măsură.
- modelări numerice

Rezultatele care se au în vedere a fi obținute sunt:

- Informarea autorităților locale și a diferiților agenți industriali despre avantajele care decurg din folosirea sistemelor optoelectronice pentru monitorizarea parametrilor de mediu
- Stabilirea de relații de cooperare cu parteneri din industrie
- Realizarea pe viitor a noi colaborării între echipe de cercetare din țări în curs de dezvoltare care efectuează cercetării în acest domeniu și împărtșirea competențelor și a rezultatelor.
- Facilitarea participării României în noi proiecte de cercetare Europene având în vedere inevitabila integrare în UE.

## 2 Stadiul actual al cunoașterii în domeniul determinării calității aerului

### 2.1 Modele fizice de simulare a dispersiei noxelor

#### 2.1.1 Generalități privind simularea stratului limită atmosferic în tunel aerodinamic

*Stratul limită atmosferic* (SLA) este definit ca fiind o parte din stratul atmosferic, aflată în vecinătatea uscatului sau apei, în care se simte puternic influența dinamică și termică a acestora asupra mișcării aerului. Deasupra stratului limită atmosferic se află zona exterioară stratului limită atmosferic, numită și atmosfera liberă, în care câmpurile mărimilor meteorologice sunt determinate de mișcarea aerului la scară mare. Stratul limită atmosferic este o formațiune micro-meteorologică în care curgerea aerului este aproape totdeauna turbulentă. Deasupra stratului limită atmosferic, turbulența la scară redusă nu se manifestă decât intermitent [46].

Grosimea  $\delta$  a stratului limită atmosferic depinde de valoarea vitezei medii a vântului din atmosfera liberă, de stratificarea verticală a temperaturii, de dimensiunile, forma și repartiția rugozității terenului. După unii cercetători, grosimea stratului limită atmosferic poate fi considerată ca egală cu altitudinea la care fluxurile turbulente verticale medii devin neglijabile. Aceste fluxuri descresc, mai mult sau mai puțin monoton, începând de la suprafața solului.

Stratul limită atmosferic se caracterizează, în principal, printr-o creștere a vitezei medii a vântului de la valoarea zero la suprafața terenului sau apei, la valoarea vitezei aerului existentă în atmosfera liberă și printr-o schimbare a direcției vântului o dată cu creșterea altitudinii, determinată de forța deviatoare Coriolis datorată rotației Pământului.

Partea inferioară a stratului limită atmosferic, care vine în contact direct cu suprafața uscatului sau a mării, se numește *strat limită de suprafață* (SLS). Acesta se identifică prin valori relativ mari ale variațiilor verticale ale mărimilor fizice ce caracterizează acest strat. Suprafața Pământului exercită asupra aerului în mișcare o forță orizontală de frecare, al cărei efect este întârzierea curgerii. Acest efect este propagat prin mecanism turbulent în întregul strat limită atmosferic. Grosimea stratului limită atmosferic, care poate fi stabilită doar în mod convențional, variază, în cazul curenților cu stratificare neutră, de la câteva sute de metri la câțiva kilometri, depinzând de rugozitatea solului, intensitatea vântului și unghiul de latitudine.



În zona stratului limită atmosferic se localizează eforturile tangențiale, având ca efect variația vitezei. Astfel, în interiorul stratului limită atmosferic, viteza vântului crește cu înălțimea, iar viteza la limita superioară a stratului limită atmosferic – numită viteza vântului de gradient – este egală cu viteza vântului în zona atmosferei libere, din exteriorul stratului limită atmosferic, deci fie cu viteza vântului geostrofic  $G$ , fie cu viteza vântului geociclostrofic  $G_s$ . În zona exterioară stratului limită atmosferic, viteza vântului se consideră aproximativ constantă ca mărime și având direcția în lungul izobarelor, în cazul vântului geostrofic și tangentă la izobare în cazul vântului geociclostrofic.

Stratul limită atmosferic se împarte în două zone. Prima, în apropierea solului, denumită strat de suprafață, are cu o grosime de ordinul a zeci de metri. A doua, care se situează deasupra primei, se numește strat de tranziție și se întinde până la limita superioară a stratului limită atmosferic. În stratul de suprafață se manifestă puternic eforturile de frecare și fluxul vertical de căldură. În stratul de tranziție se manifestă în plus, în afara eforturilor de frecare, fluxul de căldură și forțele Coriolis, a căror influență în stratul de suprafață este neglijabilă. Parametrii ce caracterizează stratul limită atmosferic sunt variația verticală de viteză, gradientul vertical de temperatură precum și caracteristicile turbulenței atmosferice.

În ceea ce privește profilul vitezei vântului în stratul limită atmosferic, s-au avut în vedere atât condițiile neutre, caracterizate printr-o stratificare termică adiabatică, cât și condițiile neadiabatice cu urmărirea efectului stratificării termice, diferite de cea adiabatică, asupra profilului de viteză medie din stratul limită atmosferic.

Procesele turbulente implicate în repartiția pe verticală a vitezei locale medii temporale a vântului din interiorul stratului limită atmosferic, reflectă natura stratului limită și curgerea însăși, energia cinetică turbulentă fiind suplimentată prin energia cinetică a mișcării medii a curentului. Această mișcare turbulentă poartă numele de *turbulență dinamică* sau *turbulență izotropică*. Se semnifică faptul că pulsațiile vitezei instantanee sunt de același ordin de mărime pentru toate componentele vitezei locale instantanee, din curentul de aer turbulent aferent stratului limită. În cazul în care stratificarea termică din stratul limită atmosferic nu este indiferentă (neutră) ci instabilă sau stabilă, intervin forțele ascensionale (convective), care influențează componentele vitezelor locale verticale. Acestea conduc la apariția așa numitei *turbulențe termice* care, suprapusă peste turbulența dinamică, conduce la apariția unei turbulențe specifice curgerilor din stratul limită cu stratificare termică instabilă sau stabilă numită *turbulență anizotropică*. La rândul ei, ea influențează profilul vitezei vântului din zona stratului limită atmosferic.

Ținând cont de rolul pe care îl au forțele convective (ascensionale) evidențiat de așa numitul semn al fluxului de căldură la suprafața Pământului, se disting trei tipuri de strat limită atmosferic:

- neutru,
- instabil și
- stabil.

În cazul *stratului limită atmosferic neutru*, temperatura la suprafața Pământului este egală cu temperatura aerului aflat imediat deasupra, iar fluxul de căldură la suprafață este egal cu zero. În acest caz, mișcarea turbulentă a aerului este de natură pur dinamică. În apropierea suprafeței Pământului, pe o distanță pe verticală de câțiva zeci de metri, viteza vântului nu-și modifică practic direcția deoarece forțele de presiune forța deviatoare Coriolis sunt neglijabile în raport cu forțele de frecare. Această parte a stratului limită atmosferic se numește *strat limită de suprafață* (SLS). Modulul vectorului viteză a vântului crește cu altitudinea, după o lege ce poate fi aproximată foarte bine cu o lege logaritmică. Deasupra stratului de suprafață, forțele Coriolis devin importante și vectorul viteză a vântului își modifică direcția pe măsură ce altitudinea crește. Rotirea totală a vectorului viteză pe întreaga grosime a stratului limită atmosferic este de circa 20°. Valoarea vitezei vântului continuă să crească deasupra stratului de suprafață și, la limita superioară a stratului limită atmosferic, viteza vântului atinge ca modul și ca direcție, viteza vântului geostrofic – pentru cazul izobarelor considerate rectilinii – din atmosfera liberă. Aceasta poartă numele de zonă exterioară stratului limită atmosferic.

*Stratul limită atmosferic instabil* ia naștere atunci când temperatura suprafeței Pământului este mai mare decât temperatura aerului situat imediat deasupra, iar fluxul de căldură, la suprafață, este orientat, pe verticală, în sus. Aerul din stratul limită participă la o mișcare turbulentă intensă, rezultată din suprapunerea turbulenței de origine termică peste turbulența dinamică. Aerul din strat este puternic amestecat, iar mărimile care-l caracterizează (viteză, temperatură, densitate, etc.) tind să se uniformizeze pe verticală, excepție făcând o zonă din apropierea solului, unde turbulența este inhibată.

În *stratul limită atmosferic instabil* se disting pe verticală trei zone:

- *stratul de suprafață*, având grosimea de câțiva zeci de metri, caracterizat de un gradient adiabatic uscat și de o frânare puternică a vitezei vântului prin manifestarea puternică a eforturilor de frecare;
- *stratul de amestec*, situat deasupra stratului de suprafață, în care viteza vântului și temperatura potențială sunt practic constante. Acest strat se întinde

de obicei până în apropierea unei inversiuni posibile de temperatură care se formează, de obicei, la partea superioară a stratului limită atmosferic;

- *stratul de antrenare*, situat deasupra stratului de amestec, caracterizat prin mișcare turbulentă redusă și o stratificare de temperatură foarte stabilă. Valorile medii ale parametrilor fizici tind rapid către valorile din atmosfera liberă (din zona exterioară stratului limită atmosferic).

*Stratul limită atmosferic stabil* se formează atunci când temperatura la suprafața Pământului este mai mică decât temperatura aerului situat imediat deasupra, iar fluxul de căldură, la suprafață, este orientat pe verticală în jos. Forțele convective, care iau naștere, tind să stingă turbulența de origine dinamică, dacă ea există. Amestecarea aerului este neînsemnată. În zona stratului de suprafață există un gradient vertical al temperaturii potențiale medii mai mic decât *gradientul adiabatic uscat* și înregistrează o inversiune de temperatură deasupra stratului de suprafață. În acest caz, vântul este slab în apropierea suprafeței, dar are un maxim pronunțat în zona vârfului inversiunii temperaturii. De aceea, poluanții gazoși emiși din diferite surse, situate la suprafața Pământului, se acumulează în zona de emisie fără a se propaga spre regiuni mai îndepărtate. Limitarea transportului turbulent de către stratificarea de temperatură stabilă decuplează între ele diferitele straturi ale mișcării și determină apariția unor zone de curgere laminară sau de tranziție spre curgerea turbulentă.

*Ecuatiile stratului limită atmosferic*, [46] se referă la un model pentru care s-au făcut următoarele ipoteze :

- curentul din zona stratului limită atmosferic este considerat ca având o stratificare neutră, ipoteză valabilă în cazul vântului suficient de puternic. Valabilitatea ipotezei se explică prin faptul că, în cazul vântului puternic, turbulența mecanică este mult mai puternică în raport cu convecția termică, astfel încât amestecul turbulent tinde să producă stratificarea neutră;
- aerul este considerat ca fluid incompresibil datorită faptului că viteza vântului este mult mai mică decât viteza sunetului, chiar decât viteza limită de la care trebuie ținut cont de compresibilitate este de ordinul a circa 100 m/s.

Mișcarea aerului atmosferic este descrisă de ecuațiile fundamentale ale mecanicii mediilor continue și anume de ecuațiile de mișcare ce derivă din legea a doua a lui Newton și ecuația de continuitate, care este o consecință a principiului conservării masei. Aceste ecuații au fost completate cu relații fenomenologice, în scopul închiderii sistemului de ecuații.

În literatura de specialitate [117] se arată cum, pornind de la ecuațiile mișcării medii turbulente (ecuațiile Reynolds) și de la ecuația de continuitate mediată în raport cu timpul

și eliminând termenii care pot fi neglijați în urma unei analize a ordinului de mărime al termenilor care intervin în ecuații, pe baza unor considerente de ordin fizic, s-au scris ecuațiile care descriu mișcarea medie în stratul limită atmosferic[36]. Modelarea în tunel aerodinamic specializat a fenomenelor complexe de ingineria vântului necesită, în primul rând, simularea vântului natural din zona stratului limită atmosferic, strat ce interacționează cu activitățile de la suprafața Pământului (uscatului sau apei): Această suprafață este caracterizată prin rugozitatea specifică. Interesează *simularea stratului limită atmosferic*, atât din punct de vedere al repartiției pe verticală a vitezei locale medii temporale (profilului de viteză medie), cât și din punct de vedere al *caracteristicilor de turbulență* ale vântului natural din zona stratului limită (structura turbulentă). Acest tip de simulare dinamică este suficientă pentru marea majoritate a modelărilor în tunel aerodinamic ale fenomenelor de inginerie a vântului.

Pentru modelarea fenomenelor de poluare atmosferică, cu urmărirea dispersiei poluanților gazoși în atmosferă, se impune ca necesară atât simularea stratului limită dinamic, constând în modelarea profilului de viteză medie și a structurii turbulente, cât și simularea stratului limită termic, corespunzător stratificării termice, care trebuie luată în considerare în studiile experimentale.

Datorită celor arătate mai sus, s-a considerat ca utilă prezentarea separată a simulării în tunel aerodinamic a stratului limită atmosferic dinamic și a simulării stratului limită dinamic și termic, situații corespunzătoare modelării mării majorității a fenomenelor de ingineria vântului, printre care se numără și acțiunea vântului pe structuri cu răspuns static și dinamic și, respectiv, modelării dispersiei poluanților în atmosferă.

### **2.1.2 Metoda modelării, în tunel aerodinamic cu strat limită, pentru fenomenele de inginerie a vântului**

*Modelarea fenomenelor de inginerie a vântului* reprezintă o metodă de rezolvare a unor probleme concrete, având la bază studiul experimental al unui fenomen din natură (prototip), prin intermediul unui fenomen similar realizat pe model amplasat în vena experimentală a unui tunel aerodinamic cu strat limită. Studiul pe model trebuie folosit în scopul soluționării unor probleme ce nu pot fi rezolvate prin metode matematice, analitice sau numerice, curențe sau atunci când rezolvarea teoretică aproximativă necesită și o verificare experimentală a rezultatelor obținute.

Procesul de modelare în tunel aerodinamic cuprinde o etapă teoretică și una tehnologico-experimentală. Etapa teoretică constă din stabilirea condițiilor de similitudine specifice fenomenelor de ingineria vântului studiate și a modului în care acestea pot fi

realizate, din proiectarea modelului precum și din stabilirea modului de prelucrare a datelor obținute în urma experimentărilor. Etapa tehnologico-experimentală constă din construirea și exploatarea modelelor, precum și din realizarea măsurătorilor utilizând diversele echipamente de măsură specifice aerodinamicii experimentale.

Teoria modelării are la bază *analiza dimensională*, *teoria similitudinii* precum și *metode specifice* modelării în strat limită simulat a diferitelor fenomene de ingineria vântului.

O importanță deosebită în proiectarea și realizarea modelelor o are stabilirea criteriilor de similitudine și deci a condițiilor de similitudine specifice fenomenului studiat, precum și verificarea compatibilității acestora. Una dintre teoremele similitudinii prezintă condițiile necesare și suficiente în care se realizează similitudinea. Respectând aceste condițiile pentru fenomenul din natură – prototip – și pentru fenomenul corespunzător de pe model, se poate studia fenomenul din natură, ce se desfășoară în vântul natural din stratul limită atmosferic. Pe modelul său, amplasat în stratul limită simulat în vena tunelului aerodinamic utilizat pentru experimentări, fenomenul este astfel redat în condiții similare.

Condițiile de similitudine, pentru două fenomene de ingineria vântului asemenea, se exprimă ca *relații între scările mărimilor fizice omoloage* care descriu fenomenele. Alegând un număr de scări arbitrare, se pot obține celelalte scări ale mărimilor care, respectate între prototip și model, asigură similitudinea. Numărul de scări ce pot fi alese arbitrar reprezintă gradele de libertate în proiectarea modelelor și poartă numele de scări fundamentale. În multe cazuri, se poate întâmpla să nu existe posibilitatea de a fi realizate practic scările derivate, adică scările mărimilor ce au rezultat ca fiind impuse, prin alegerea scărilor fundamentale. Spre exemplu, la modul general, realizarea similitudinii aerodinamice complete presupune realizarea similitudinii geometrice și respectarea condițiilor de similitudine din relațiile (2.1):

$$Re_M = Re_N, Fr_M = Fr_N, Eu_M = Eu_N, Sh_M = Sh_N \quad (2.1)$$

unde  $Re$ ,  $Fr$ ,  $Eu$ ,  $Sh$  sunt criteriile Reynolds, Froude, Euler și respectiv Strouhal, iar indicii  $M$  și  $N$  corespund fenomenelor aerodinamice de pe model și respectiv din natură.

Aceste condiții de similitudine, specifice fenomenelor aerodinamice de ingineria vântului, pot fi exprimate ca relații între scări ale mărimilor, ce intervin în descrierea fenomenelor, după cum se prezintă în relațiile: (2.2), (2.3), (2.4), (2.5).

$$\frac{S_U S_l}{S_v} = 1 \quad (2.2)$$

$$\frac{S_U^2}{S_g S_l} = 1 \quad (2.3)$$

$$\frac{S_p}{S_\rho S_U^2} = 1 \quad (2.4)$$

$$\frac{S_l}{S_U S_t} = 1 \quad (2.5)$$

unde:  $S_U$ ,  $S_v$ ,  $S_l$ ,  $S_g$ ,  $S_\rho$ ,  $S_p$ ,  $S_t$  reprezintă scările pentru: viteză, vâscozitate, lungime, accelerația gravitațională, densitate, presiune și timp.

Rezultă astfel patru relații scrise între șapte scări. Dintre aceste scări, trei sunt arbitrare (fundamentale), deci numărul gradelor de libertate este 3.

Numărul gradelor de libertate este redus la 1, dacă se aleg ca scări fundamentale  $S_l$ ,  $S_g$  și  $S_p$  și dacă se consideră că scara accelerațiilor gravitaționale  $S_g = 1$  – adică situația când accelerația gravitațională este aceeași pentru model și prototip – și scara densităților fluidelor  $S_\rho = 1$  – adică când fluidul de lucru pe model, respectiv aerul vehiculat în tunelul aerodinamic, este același cu fluidul din natură care reprezintă aerul din stratul limită atmosferic [37]. În consecință, singura scară ce poate fi aleasă este scara lungimilor  $S_l$ . Această scară a lungimilor poate fi selectată între anumite limite, fiind limitată de dimensiunile modelului. Astfel, în cazul modelării în tunel aerodinamic a fenomenelor de ingineria vântului, scara lungimilor este astfel aleasă încât modelul să nu obtureze mai mult de 5 – 10 % din secțiunea transversală a venei experimentale, pentru evitarea fenomenelor de *bouchon* (blocarea venei prin modelele solide și prin siaj) și a fenomenului de influență a pereților tunelului asupra curgerii în jurul modelului. De asemenea, scara lungimii modelului, pentru încercările în tunel aerodinamic cu strat limită simulat, trebuie astfel aleasă încât să respecte scara lungimilor rezultată din simularea profilului vertical de viteză medie din stratul limită.

Din relațiile (2.6), (2.7), (2.8), (2.9) rezultă expresiile scărilor pentru viteză, presiune, timp și vâscozitate funcție de scara lungimilor:

$$S_U = S_l^{1/2} \quad (2.6)$$

$$S_p = S_l \quad (2.7)$$



$$S_l = S_1^{1/2} \quad (2.8)$$

$$S_v = S_1^3 \quad (2.9)$$

De obicei, nu este posibilă respectarea acestor relații între scări, datorită condiției impuse de scara vâscozității.

În cazul modelării fenomenelor de ingineria vântului în tunel aerodinamic cu strat limită simulat, fluidul de lucru pe model este aerul din vena experimentală a tunelului aerodinamic, având vâscozitatea aproximativ egală cu cea a aerului din stratul limită atmosferic natural ( $v_M = v_N$ ). În această situație, scara vâscozității este  $S_v = v_M / v_N = 1$ , ceea ce conduce la o scară a lungimilor  $S_l = 1$ , corespunzătoare încercărilor la scară naturală. Rezultă deci o incompatibilitate care a rezultat din condiția ca atât criteriul Reynolds cât și criteriul Froude să fie identice la cele două fenomene ( $Re = \text{idem}$ ,  $Fr = \text{idem}$ ). Se desprinde concluzia că nu este practic posibilă respectarea simultană a ambelor condiții de similitudine. În acest caz, în cadrul procesului de modelare, trebuie să se renunțe la unul dintre criterii, păstrându-se criteriul determinant în descrierea fenomenului studiat, dar încercând, pe cât posibil, aprecierea ordinului de mărime al erorilor introduse prin această simplificare.

O altă sursă de erori, în cadrul procesului de modelare a fenomenelor de ingineria vântului, poate apărea atunci când, prin realizarea unui model similar geometric cu prototipul, se introduc mărimi care influențează fenomenul desfășurat pe model, fără ca acestea să aibă o influență în desfășurarea fenomenului din natură. Această situație este cunoscută sub denumirea de *efect de scară*. Pentru evaluarea erorilor ce pot apărea datorită efectului de scară, se recomandă realizarea de măsurători pe mai multe modele construite la scări geometrice diferite.

În scopul evitării dificultăților de tipul celor prezentate mai sus, în cadrul procesului de modelare a fenomenelor de ingineria vântului și implicit de simulare a stratului limită atmosferic, se folosesc și metode specifice:

- metoda folosirii distorsiunilor geometrice;
- metoda folosirii distorsiunilor aerodinamice;
- metoda folosirii domeniilor de automodelare.

Distorsiunea geometrică constă în renunțarea la o similitudine geometrică totală prin utilizarea unor scări diferite după cele trei direcții. Astfel, se poate spune că un model distorsionat geometric reprezintă reducerea prototipului mai mult pe o direcție, decât pe cealaltă.

Distorsiunea aerodinamică presupune renunțarea la unul sau mai multe criterii de similitudine și deci condiții impuse pentru realizarea similitudinii, în domeniul în care acestea sunt importante în desfășurarea fenomenului studiat, adică nu se situează în domenii de autosimilitudine în raport cu acele criterii.

Mărimea distorsiunii este exprimată de raportul dintre criteriul specific distorsiunii calculat pentru fenomenul de pe model și criteriul corespunzător calculat pentru fenomenul din natură. Astfel, spre exemplu, distorsiunea Reynolds, care influențează și simularea stratului limită atmosferic, are expresia din relația (2.10).

$$d_{Re} = \frac{Re_M}{Re_N} \quad (2.10)$$

Folosirea distorsiunilor aerodinamice apare, de obicei, în cazul în care fenomenul din natură, ce urmează a fi reprodus pe model, nu se află în domeniu în care nu mai depinde de numărul Reynolds (se află în afara domeniului de automodelare sau autosimilitudine în raport cu numărul Reynolds) și nu poate fi reprodus pe model ca atare.

Literatura arată că un exemplu clasic îl constituie modelarea în tunel aerodinamic, cu strat limită atmosferic dinamic simulat, a acțiunii vântului asupra construcțiilor și elementelor de construcție cu răspuns static (fără răspuns dinamic) sau cu răspuns dinamic, caracterizate prin forme neprofilate cu curbura continuă (de tipul corpului cilindric). În acest caz, punctul de desprindere a stratului limită de pe suprafața corpului respectiv se deplasează pe suprafața acestuia, funcție de mărimea numărului Reynolds, deci fenomenul rămâne tot timpul dependent de acesta. Astfel, pentru modelarea acțiunii unui vânt din zona stratului limită atmosferic, caracterizat printr-o viteză la o înălțime de referință standard,  $U_N = 10$  m/s, asupra unei construcții cu forme rotunjite, prin încercări în tunel aerodinamic pe model realizat la o scară a lungimilor  $S_l = 1 / 20$ , este necesară, pentru respectarea condiției de similitudine  $Re_M - Re_N$ : Cu alte cuvinte se impune stabilirea în stratul limită atmosferic dinamic simulat din vena tunelului aerodinamic a unei viteze, la o înălțime omoloagă celei din natură,  $U_M = 200$  m/s. Această viteză, pe model, omoloagă vitezei de referință din stratul limită atmosferic din natură, rezultă pornind de la similitudinea Reynolds exprimată de relația (2.11):

$$Re_M = Re_N \quad \text{sau} \quad \frac{U_M l_M}{\nu_M} = \frac{U_N l_N}{\nu_N} \quad (2.11)$$

de unde rezultă relația dintre scări redată în: (2.12).

$$\frac{S_U S_l}{S_v} = 1 \quad \text{sau} \quad S_U = S_l^{-1} S_v \quad (2.12)$$

Dar, așa cum s-a arătat, dacă se consideră aceeași vâscozitate, se va obține:

$$S_v = \frac{U_M}{U_N} = 1 \quad (2.13)$$

Astfel rezultă scara vitezei:

$$S_U = S_l^{-1} = \frac{1}{S_l} = 20 \quad \text{sau} \quad \frac{U_M}{U_N} = 20 \quad (2.14)$$

Din acesta se obține în final viteza aerului pe model:

$$U_M = 20 \cdot U_N = 200 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (2.15)$$

Această valoare a vitezei nu poate fi practic obținută în tunelele aerodinamice cu strat limită, de tip subsonic cu viteză mică, specifice rezolvării problemelor de ingineria vântului. Chiar dacă s-ar putea realiza, fenomenul de pe model nu ar face parte din aceeași clasă de fenomene cu cel din natură, datorită influenței importante a compresibilității aerului la viteze de peste 100 m/s.

Din acest motiv, într-un tunel aerodinamic cu strat limită la care viteza medie măsurată la o înălțime de referință din stratul limită simulat în vena experimentală este, spre exemplu, de până la  $U_m = 40 \text{ m/s}$ , se poate realiza similitudinea Reynolds pentru viteze omoloage în natură de până la  $U_N = U_M / 20 = 40 / 20 = 2 \text{ m/s}$ .

Pentru viteze ale vântului natural mai mari de 2 m/s se introduc distorsiuni Reynolds mai mari sau mai mici, după cum diferența dintre viteza vântului și viteza limită de 2 m/s este mai mare sau mai mică. Astfel, în cazul modelării acțiunii unui vânt caracterizat printr-o viteză de referință din stratul limită atmosferic de 10 m/s, într-un tunel aerodinamic cu viteza omoloagă a aerului din stratul limită simulat în vena experimentală de maximum 40 m/s, pe un model realizat la o scară a lungimii de 1/20, distorsiunea Reynolds are valoarea rezultată din relația ((2.16):

$$d_{Re} = \frac{Re_M}{Re_N} = \frac{S_U \cdot S_l}{S_v} = \frac{\frac{U_M \cdot l_M}{U_N \cdot l_N}}{\frac{U_M}{U_N}} = \frac{40 \cdot 1}{10 \cdot 20} = 0,2 \quad (2.16)$$

Distorsiunile aerodinamice introduc abateri în desfășurarea fenomenului de ingineria vântului de pe model, abateri care trebuie luate în considerare atunci când se extrapolează datele pentru a fi interpretat fenomenul la scară naturală.

### 2.1.3 Simularea stratului limită atmosferic dinamic în tunel aerodinamic cu strat limită

Conform teoriilor din prezent [93], [113] peste o altitudine  $\delta$ , măsurată de la suprafața solului, viteza locală medie temporală - numită în mod simplificat viteza medie - poate fi considerată ca fiind practic constantă și egală cu viteza vântului geostrofic  $G$ . Zona cuprinsă între suprafața solului și altitudinea  $\delta$  poartă numele de strat limită atmosferic și se caracterizează prin creșterea vitezei medii cu altitudinea (așa cum s-a arătat și în Figura xxx). Altitudinea  $\delta$ , care reprezintă grosimea stratului limită atmosferic, și profilul vitezei medii în funcție de altitudine  $U(z_g)$  depind de configurația terenului caracterizat, prin rugozitatea sa. Au fost propuse diferite legi empirice și semiempirice de către diverși autori pentru exprimarea distribuției pe verticală a vitezei medii  $U(z_g)$  în funcție de rugozitatea regiunii studiate [88], [111], [112], dar, dintre toate, cele mai utilizate sunt legea logaritmică generală și legea puterii, cunoscută în literatură ca și profilul Davenport.

Dacă legea logaritmică generală descrie cu o precizie foarte bună profilul vitezei medii corespunzător zonei inferioare a stratului limită atmosferic adică a stratului de suprafață cu grosimea cuprinsă în intervalul  $0,1 \delta \dots 0,3 \delta$ , profilul Davenport descrie distribuția verticală naturală de viteză medie cu o precizie mai mică, dar pe întreaga grosime  $\delta$  a stratului limită atmosferic. Utilizarea uneia sau alteia dintre cele două legi în simulare pentru descrierea matematică a profilului de viteză medie în tunel aerodinamic este funcție de grosimea stratului atmosferic ce trebuie simulat. Cu toate acestea, datorită simplității ei și datorită grosimii mai mari de strat limită atmosferic pe care o acoperă, profilul Davenport este mai des utilizat, în special la simularea stratului limită în cazul modelării acțiunii vântului pe modele rigide sau cu răspuns dinamic. Forma teoretică a profilului Davenport este redată de relația (2.17):

$$\frac{U(z_g)}{G} = \left( \frac{z_g}{\delta} \right)^\alpha \quad (2.17)$$

unde:  $G$  este viteza vântului geostrofic, în m/s,

$\alpha$  – exp. adimensional, determinat experimental dependent de rugozitatea suprafeței,

$\delta$  – grosimea stratului limită atmosferic, în m,

Valorile exponentului  $\alpha$  și ale grosimii stratului limită atmosferic  $\delta$  se aleg din Tabelul 2.1 și Tabelul 2.2. În Tabelul 2.1 sunt cuprinse și grosimile  $\delta$  ale stratului limită atmosferic, după Davenport și Velozzi.

**Tabelul 2.1 : Valorile exponentului  $\alpha$  și ale grosimii stratului limită atmosferic  $\delta$  după Davenport și Velozzi [87].**

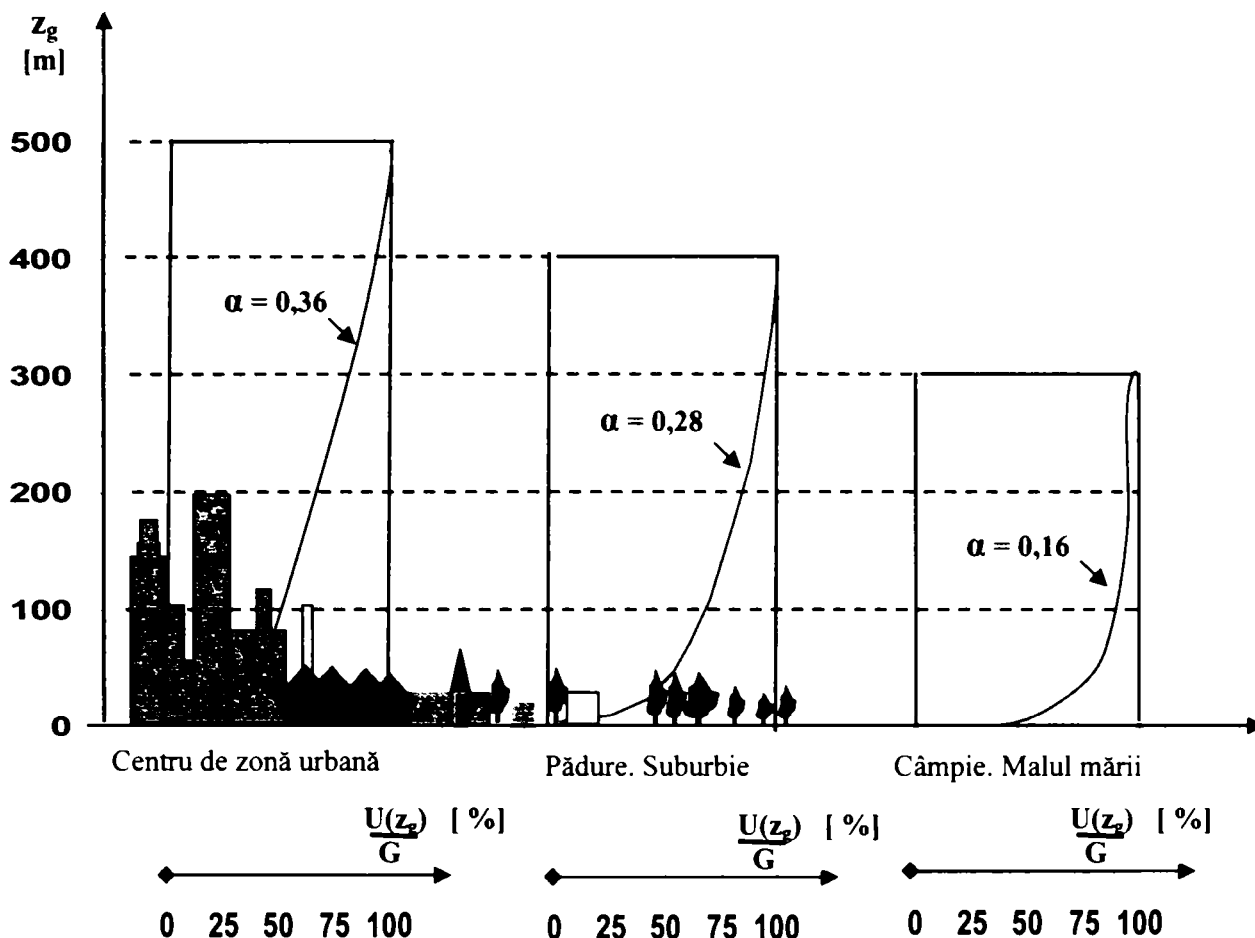
	Davenport				Vellozzi			
	Suprafața mării	Teren deschis, câmp	Teren suburban, pădure	Centre de orașe mari	Suprafața mării	Teren deschis, câmp	Teren suburban, pădure	Centre de orașe mari
$\alpha[-]$	0,12	0,16	0,28	0,36	1/8	1/7	%%%	1/3
$\delta[m]$	220	275	400	520	220	275	400	460

**Tabelul 2.2 : Valorile exponentului  $\alpha$  pentru diferite amplasamente cu rugozitate naturală.**

Natura rugozității pentru diverse amplasamente	Valori ale exponentului $\alpha [-]$
Relief plat, luciuri de apă, ierburi scurte	0,08-0,12
Relief puțin accidentat având neuniformități cu valoare mică, culturi agricole	0,13-0,16
Relief accidentat: păduri, dealuri abrupte	0,20-0,23
Relief foarte accidentat: păduri, dealuri cu denivelări mari, munți	0,25-0,40

În Figura 2.1 se prezintă profilele verticale de viteză medie adimensională procentuală relația (2.18), ale vântului pentru diferite rugozități naturale și artificiale ale terenului. Se observă că, în zonă urbană grosimea stratului limită atmosferic este cea mai mare (500 m), comparativ cu celelalte situații. De asemenea, atingerea uneia și aceleași valori, în funcție de rugozitate, se atinge la înălțimi mult mai mici în zone cu rugozitate mai redusă. Au fost imaginate și utilizate diferite procedee pentru simularea profilelor de viteză medie a vântului. Acestea sunt concepute funcție de tipul de tunel aerodinamic utilizat pentru simularea stratului limită atmosferic. Astfel, în tunelele aerodinamice clasice, cu vână experimentală relativ scurtă, cu lungime de 3 m până la 4 m, simularea profilului vertical al vântului se realizează, în mod artificial, utilizând sisteme constând din dispozitive pasive (vergele, plase, grilaje, etc.) sau din dispozitive active.

$$\frac{U(z_g)}{G} \cdot 100 \quad [\%] \tag{2.18}$$



**Figura 2.1: Profilele vitezei medii adimensionale a vântului și grosimile stratului limită atmosferic pentru diferite rugozități ale terenului [44].**

Tunelele aerodinamice cu strat limită sunt tunele aerodinamice specializate în simularea naturală a stratului limită atmosferic, la care lungimea zonei experimentale este foarte mare, de ordinul a 17 m ... 25 m. Pe pardoseala acestuia sunt amplasate obstacole a căror dimensiuni și densitate de amplasare pot fi modificate obținând o rugozitate artificială de tunel, la nivelul la care să poată fi simulate profilul de viteză medie și structura turbulentă impuse de procesul de modelare.

#### 2.1.4 Modelarea poluării atmosferice în tunel aerodinamic cu strat limită meteorologic

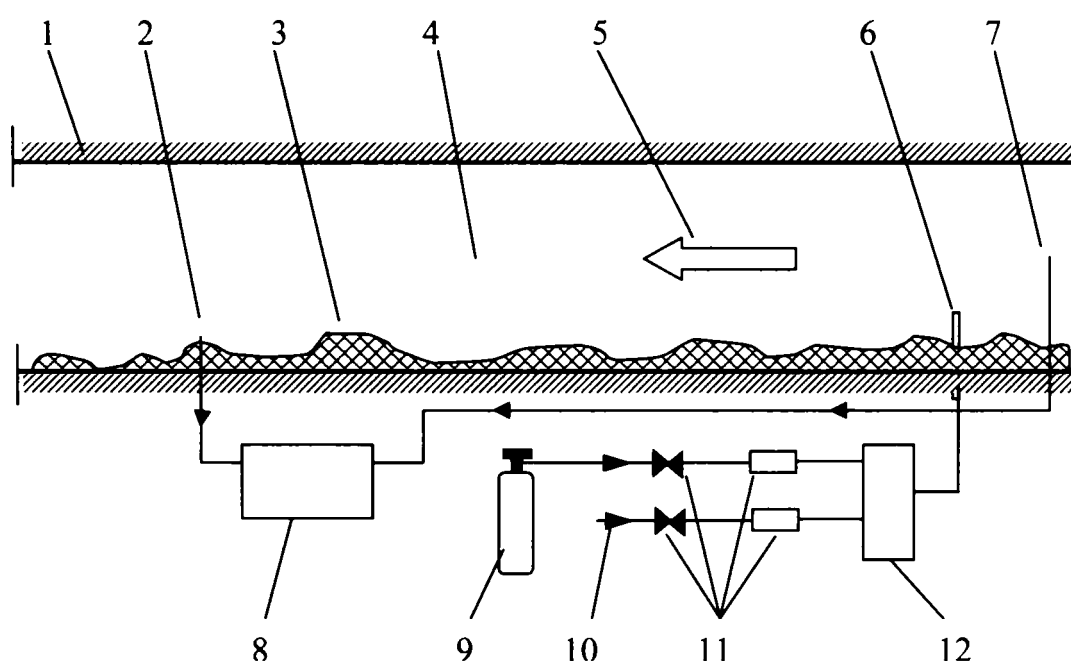
Un caz mai complex decât cel anterior este cazul tunelului aerodinamic cu strat limită meteorologic, în care, pe lângă efectul rugozității, se ia în considerare și influența temperaturii asupra dispersării, aceasta fiind simulată folosind ca și efluent un gaz cu densitatea mai mică decât a aerului.

Pentru exemplificare, în cele ce urmează, se prezintă modul în care se poate modela, în tunel aerodinamic cu strat limită de tip meteorologic, dispersia unui efluent emis dintr-o sursă în curentul de aer ce aparține stratului limită atmosferic (vezi Figura 2.2). Pentru aceasta, se poate utiliza ca poluant gazos similar – denumit simili-poluant – un amestec de



aer și heliu, care să reprezinte efluentul evacuat din sursa de pe model și care să modeleze, conform legilor similitudinii, efluentul gazos evacuat de sursa la scară naturală.

Aerul comprimat este produs de către un compresor prevăzut cu filtre speciale și este înmagazinat sub presiune în butelii echipate cu reductoare de presiune reglabile (mano-detentoare). Cele două gaze, aerul comprimat și heliul, livrate de buteliile de stocaj, sunt introduse într-o cameră de amestec, rezultând în acest fel un amestec de gaze, care să corespundă condițiilor de similitudine privind efluentul. Acest amestec de gaze (simili-efluentul) este descărcat, în mod continuu, la un debit controlat, corespunzător unei viteze de introducere rezultată din condițiile de similitudine, prin sursa de pe model în curentul de aer, ce simulează stratul limită atmosferic dinamic și termic din vâna experimentală a tunelului aerodinamic[46].



**Figura 2.2: Schema sistemului de producere și injecție a simili-poluantului și a sistemului de analiză a concentrației acestuia, în vena unui tunel aerodinamic cu strat limită, de tip meteorologic.**

1 – pereții tunelului aerodinamic, 2 – sondă aval, 3 – rugozitatea artificială,  
4 – vena experimentală a tunelului, 5 – direcția vântului, 6 – sursa amestec gaz martor, 7 – sondă amonte,  
8 – analizor gaze, 9 – butelie heliu, 10 – intrate aer, 11 – debitmetre, 12 – cameră de amestec.

Având cerințele de similitudine îndeplinite, atunci când se studiază experimental dispersia efluenților gazoși evacuați din coșurile industriale, trebuie realizate și cerințele de modelare corespunzătoare penei de efluent, adică:

- realizarea coșului industrial pe model la scara lungimii SI,
- realizarea similitudinii privind forțele arhimedice sau de plutire (se amintește că în limba engleză se numesc cu un termen sintetic buoyant forces sau simplu buoyancy) corespunzătoare penei de efluent;
- realizarea similitudinii impulsului la ieșirea penei de efluent din coș.

Similitudinea dispersiei ulterioare a penei de efluent gazos datorită turbulenței atmosferice depinde în cea mai mare măsură de gradul de modelare a structurii turbulente aferente stratului limită atmosferic simulat în tunelul aerodinamic. Condițiile de similitudine corespunzătoare cerințelor descrise sunt prezentate de relațiile (2.19) și (2.20).

$$\left( \frac{(\rho_s - \rho)gl}{\rho U^2} \right)_M = \left( \frac{(\rho_s - \rho)gl}{\rho U^2} \right)_N \quad (2.19)$$

$$\left( \frac{\rho_s W_s^2}{\rho U^2} \right)_M = \left( \frac{\rho_s W_s^2}{\rho U^2} \right)_N \quad (2.20)$$

unde  $\rho$  este densitatea aerului, în  $\text{m}^3/\text{kg}$ ,

$\rho_s$  - densitatea gazului la ieșirea din sursă, în  $\text{m}^3/\text{kg}$ ,

$l$  - lungimea caracteristică, în m,

$U$  - viteza aerului, în m/s,

$W_s$  - viteza medie a gazului la ieșirea din sursă, în m/s.

Pornind de la condițiile de similitudine și ținând cont că  $S_g = 1$ , rezultă expresiile scărilor pentru viteza medie a aerului  $S_U$  și pentru viteza efluentului la sursă  $S_{W_s}$ :

$$S_U = \frac{U_M}{U_N} = \sqrt{S_l} \sqrt{\frac{\left( \frac{\Delta\rho}{\rho} \right)_M}{\left( \frac{\Delta\rho}{\rho} \right)_N}} \quad (2.21)$$

$$S_{W_s} = \frac{(W_s)_M}{(W_s)_N} = S_U \sqrt{\frac{\left( \frac{\rho}{\rho_s} \right)_M}{\left( \frac{\rho}{\rho_s} \right)_N}} \quad (2.22)$$

unde:

$$\Delta\rho = \rho_s - \rho \quad (2.23)$$

Scara concentrațiilor efluentului  $S_c$  se exprimă funcție de scara concentrațiilor la sursă  $S_{C_s}$  astfel:

$$S_c = \frac{C_M}{C_N} = S_{C_s} \frac{S_w}{S_U} = \frac{(C_s)_M}{(C_s)_N} \cdot \frac{S_w}{S_U} \quad (2.24)$$

Concentrația simili-efluentului dispersat în stratul limită simulat în tunel, în aval de sursa de pe model se determină prin măsurarea concentrației de heliu din amestecul gazos

în punctul de măsură. Prezintă interes în special valoarea concentrației de poluant la nivelul solului. Prin urmare, heliul este utilizat atât în vederea obținerii unui simili-efluent care să simuleze fenomenul ascensional (buoyancy) al penei de efluent gazos, cât și în calitate de gaz trasor, pentru a permite determinarea concentrațiilor efluentului dispersat în stratul limită simulat. Măsurarea concentrației de heliu din stratul limită din aval de sursa de pe model se realizează cu ajutorul unui analizor de gaz specializat. Astfel, probe de aer, amestecat cu heliu în anumite concentrații, sunt prelevate din vena experimentală a tunelului aerodinamic (din interiorul stratului limită atmosferic simulat), prin intermediul unor prize amplasate în tunel și a unor conducte de transport a probelor către analizor. Analizorul indică concentrația de heliu din amestecul gazos corespunzător punctului de prelevare, relativ la concentrația heliului din aerul ambiant, adică din zona stratului limită atmosferic simulat, din amonte de sursa de efluent. Pentru realizarea unei astfel de măsurători diferențiale, literatura de specialitate indică că se mai prevede o priză de aer amplasată în vena experimentală a tunelului, în amonte de sursa model Figura 2.2. Valorile concentrațiilor de simili-efluent gazos măsurate în diferite puncte din stratul limită atmosferic simulat în vena experimentală a tunelului aerodinamic se transpun ulterior, utilizând relațiile între scările de similitudine corespunzătoare condițiilor de similitudine specifice, la scară naturală. Rezultă în acest mod concentrațiile de efluent din punctele omoloage din stratul limită atmosferic corespunzător vântului natural.

## *2.2 Modele matematice de simulare a dispersiei noxelor*

### **2.2.1 Noțiuni explicative**

Scopul principal al modelării numerice a dispersiei noxelor este de a descrie pentru fiecare caz prezentat în Tabelul 2.3 relațiile dintre emisia de efluent poluant, transmiterea și dispersia lui în aerul ambiant, ca funcție de spațiu și timp într-o relație matematică precisă. Calculul prin simulare poate fi folosit ca și criteriu de planificare pentru localizarea viitoarelor complexe industriale care necesită aprobări oficiale, sau de exemplu pentru determinarea înălțimii optime a coșului, care să asigure o bună dispersare a noxelor.

Există o multitudine de metode teoretice de prognoză a difuziei, având scop de cercetare pentru validarea metodei, prin comparare cu măsurătorile din teren și cu experimentele de difuzie din laborator sau pentru identificarea unor strategii, pe care să se facă apoi comparativ calcule economice. Aceste metode includ modele care au la bază difuzivitatea spectrală, condițiile la limită de speța a doua, simulările de mișcare turbulentă și micile perturbații. Modelele necesită, în general, fie o bază de valori existente detaliate

de date meteorologice și de turbulență, fie valori prognozate ale majorității acestora și, de asemenea, un mare efort de calcul[25].

**Tabelul 2.3 : Clasificarea tipurilor de modelare funcție de surse, dimensiunilor spațiului și intervalul de timp[26].**

Scopul modelării	Dimensiunile spațiului		Intervalul de timp
	Orizontal	Verticală	
Regional sau național (macroscală)	De la 50 km la 2000 km	De la sol la 10 – 15km	½ zi la o săptămână
Urban sau regional (mezoscală)	De la 1 km la 100 km	De la sol la 1k m	De la o oră la o zi
Sursă punctiformă (centrală termică) (mezoscală)	De la 500 m la câțiva km	De la sol la 1k m	De la ½ oră la câteva ore
Sursă liniară (emisiile de la autovehicule) (microscală)	De la 100 m la câțiva km	De la sol la 100 m	De la ½ oră la câteva ore
Strada canion (autovehicule în mediu urban) (microscală)	De la 1 m la 100 m	De la sol la 100 m	De la câteva minute la o oră

Este extrem de greu să se specifice condițiile pentru întregul strat limită, în cazul fiecărei situații de difuzie. Pe de altă parte, costurile de simulare sunt mai reduse, deși sunt necesare eforturi deosebite. Finalitatea modelării se regăsește în informații orientative de corectare, de prognoză și de stare de fapt. Pentru eliminarea suspiciunilor sau efectiv cunoașterea corectă, în timp real, se impun și susținerea de măsurători efective. Cu toate dificultățile ce le implică – costuri și volum de muncă – renunțând la numărul extrem de mare de variabile de difuzie și meteorologice. Ideal ar fi să se reducă aceste date la câteva corelații concise între variabilele caracteristice difuziei și variabilele meteorologice cheie. Aceste corelații pot fi imperfecte, dar sunt foarte utile pentru modelele de difuzie practice și informative.

Figura 2.3 prezintă schematic posibilitățile de utilizare a instrumentului matematic de simulare interconectat cu statistica datelor meteorologice, măsurători reprezentative respectiv posibilitățile autorităților competente de a interveni în păstrarea calității aerului în limitele prevăzute de legislația în domeniu.

Unul dintre principalele mecanisme naturale de disipație a poluanților atmosferici solizi este constituit din depunerea uscată la suprafața solului, ca efect al căderii gravitaționale (sedimentarii) și fenomenului de adsorbție, prin impact inerțial, de către sol, vegetație sau clădiri. Pentru modelarea la microscară în cazul particulelor (pulberilor în suspensie), se consideră în general fenomenul de depunere uscată ținând cont de efectele gravitaționale și caracteristicile diferite de transport atmosferic ale acestora comparativ cu

poluanții gazoși. Figura 2.4 evidențiază modul în care, din pana de efluent emisă pe un coș de fum, prin gravitație, o parte din poluanții solizi ajung pe sol, formând aici depuneri.

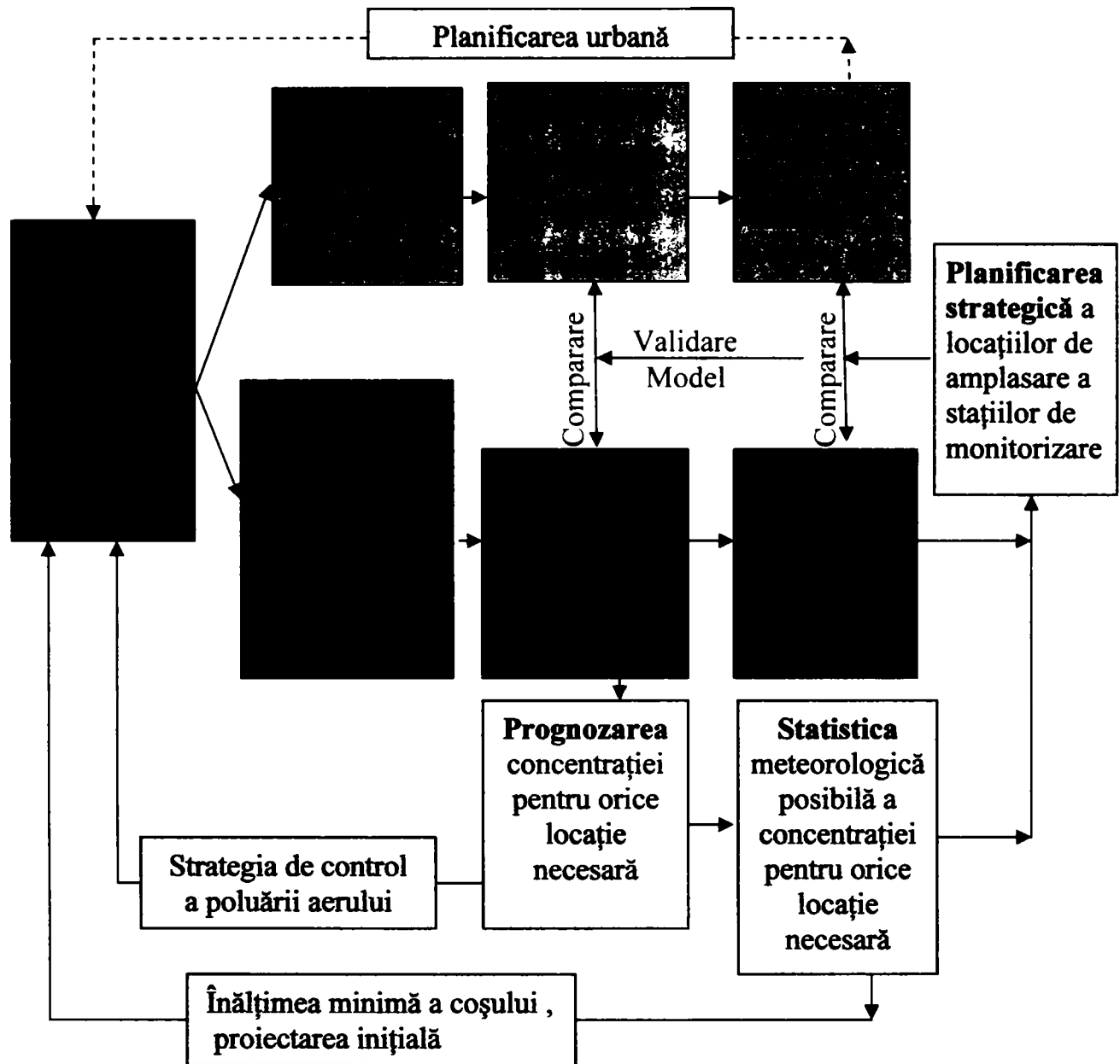


Figura 2.3: Conexiunea dintre măsurători – simulare numerică – prognozare – aplicare.

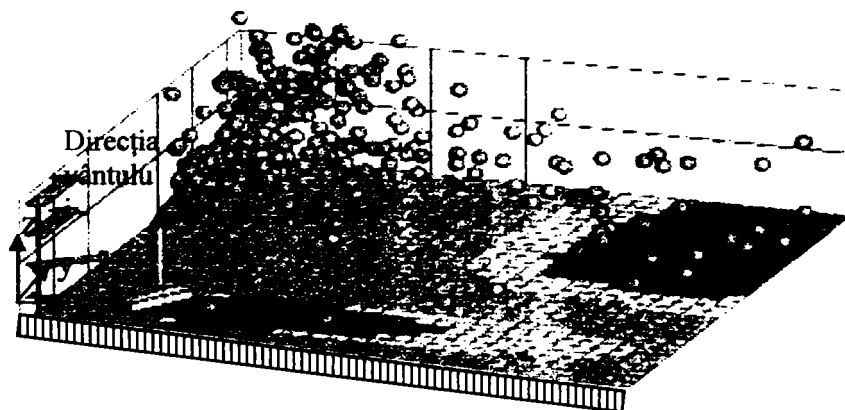


Figura 2.4: Exemplu privind principiul de modelare gravitațională a fenomenului de depunere uscată a particulelor emise pe un coș de fum.

Fenomenul se petrece în direcția vântului, depinde de mărimea și greutatea particulelor și, nu în ultimul rând, de valoarea vitezei de deplasare a particulelor în atmosferă.

## 2.2.2 Modele statistice de difuzie utilizate în modelare

### 2.2.2.1 Teoria statistică a lui Taylor

Modelele de curgere se folosesc de fapt pentru două situații distincte anume pentru diagnosticarea unei situații din trecut și pentru simulării de prognoză funcție de obiectivul propus.

Modelele de diagnosticare se folosesc pentru simularea unei situații actuale având la bază prelucrarea statistică a înregistrărilor meteorologice provenite din măsurători. Acest tip de simulare este în general folosit la investigarea unei zone pe timp îndelungat cuprinzând astfel o mare varietate de scenarii meteorologice și de intensități ale surselor poluatoare.

Modelele de prognoză sunt cele care realizează o prognoza a dispersiei prin determinarea dezvoltării curgerilor de aer într-un spațiu de la 2,5 km până la 2500km și considerând un interval de timp de la câteva ore la câteva zile[22].

Pentru a crea o relație credibilă între emisii și calitatea aerului sunt necesare luarea în considerare a mai multor fenomene.

Pentru calcularea concentrațiilor pe termen lung ca și regulă generală se folosesc modele numerice care au fundament în modelările fizice pe modele. Acestea sunt bazate pe determinarea concentrațiilor în funcție de variabilele meteorologice. Pentru estimarea concentrațiilor pe termen scurt, modelarea folosește modele statistice și empirice. Aceste relații pot fi determinate în funcție de factorii meteo și de parametrii termodinamici și fizici ai poluantului folosind relații statistice verificate printr-un număr limitat de experimente.

Relațiile folosite pentru a investiga influențele topografiei și a clădirilor din vecinătatea surselor de emisie sunt determinate în urma experimentelor din tunele de aer experimentale.

Curgerea aerului și modelul de dispersie sunt bazate în totalitate pe factori meteorologici calculul considerând teoremele conservării masei, energiei și impulsului. Teoria statistică a lui Taylor are ca și concept descrierea matematică a efectului de turbulență [51].

Cu acest concept interacțiunea fizică a turbulenței vitezei vântului funcție de înălțimea curgerii poate fi determinată.

### 2.2.2.2 Modelul Gaussian

Pentru calcularea dispersiei substanțelor nesesimentare emise de o sursă punctiformă și care nu reacționează chimic sau își schimbă starea de agregare în timpul transportului

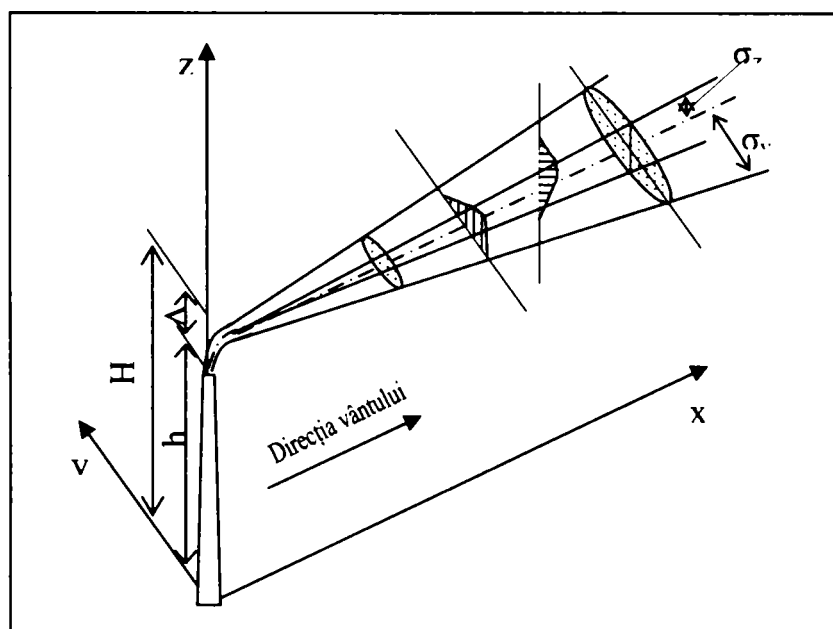


prin atmosferă. Calculele rezultate se pot folosi la determinarea înălțimii minime a coșurilor de fum și la prognoze privind calitatea aerului [87].

Acest model de dispersie se bazează pe soluția analitică a unei foarte simplificate forme a ecuației de advecție-difuzie.

Simplificările modelului se referă la condițiile inițiale ca: emisia sursei constantă, câmpul de viteze constant al vântului în timp și spațiu fără schimbări de direcție, parametri de difuzie temporali și spațiali invariabili, teren plat, suprafață de dispersie liberă și reflecție totală la impactul cu solul.

În Figura 2.5 se prezintă intuitiv modelul gaussian de dispersie, pentru care se acceptă o distribuție gaussiană a valorii vectorului viteză, atât pe direcția vântului, cât și pe direcție perpendiculară pe acesta. Desfășurarea spațiului are notații consacrate, de care depinde și scrierea ecuațiilor.



**Figura 2.5: Schița modelului gaussian de dispersie.**

$$c(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u_h} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \cdot \left( \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right) \quad (2.25)$$

unde:  $x, y, z$  sunt coordonatele carteziene ale punctului raportate la sistemul de referință care are originea în baza coșului

$c(x, z, y)$  – concentrația masică a noxei în punctul de coordonate  $(x, y, z)$ ;

$Q$  – debitul de emisie al sursei punctiforme continue

$H = (h + \Delta h)$  - înălțimea efectivă a penei deasupra solului

$h$  – înălțimea coșului de fum

$\Delta h$  – supraînălțarea efluentului la ieșirea din coșul de fum

$\sigma_y, \sigma_z$  parametrii de dispersie orizontal respectiv vertical

$u_h$  – viteza vântului ca funcție de altitudine

În procesul aplicării modelului gaussian al penei este necesar să se determine valorile parametrilor de difuzie  $\sigma_y$  și  $\sigma_z$  ca funcție de distanța  $x$ . Deși s-a dezvoltat o rețea de scheme ale claselor de stabilitate și ale curbelor  $\sigma$ , marea majoritate a meteorologilor se servesc de cele ale lui Pasquill, ale cărui observații asupra turbulenței atmosferice au fost folosite pentru estimarea lui  $\sigma_y$  și  $\sigma_z$ .

Următoarele ecuații de similitudine exprimă legătura dintre  $\sigma_y$  și  $\sigma_z$  și turbulență:

$$\begin{aligned} \sigma_y &= \sigma_\theta x S_y \left( \frac{x}{UT_L^v} \right) \\ \sigma_z &= \sigma_\theta x S_z \left( \frac{x}{UT_L^w} \right) \end{aligned} \quad (2.26)$$

Irwin a obținut următoarele aproximații la metoda lui Pasquill:

$$\begin{aligned} S_y &= (1 + 0,031 \cdot x^{0,46})^{-1} \quad x < 10^4 \text{ m, și} \\ S_y &= 33x^{-1/2} \quad x > 10^4 \text{ m.} \end{aligned} \quad (2.27)$$

Draxler a prezentat grafic observațiile asupra  $S_z = \frac{\sigma_z}{\sigma_w t}$ , ca funcție de timpul după emisie și a sugerat formula:

$$S_y = S_z = \left[ 1 + 0,40 \left( \frac{x}{UT_L^y} \right)^{1/2} \right]^{-1} \quad (2.28)$$

Această formulă este valabilă pentru surse la nivelul solului, în orice condiții de stabilitate pentru  $S_y$  și pentru condiții stabile și neutre pentru  $S_x$ .

Pentru fiecare clasă de stabilitate a atmosferei se indică câte o curbă: de la A (atmosfera cea mai instabilă) la F (atmosfera cea mai stabilă). Aceste clase sunt bazate pe nebulozitatea atmosferei, gradul de acoperire cu nori, viteza vântului la suprafață și insolarea atmosferei. Inițial curbele  $\sigma$  au fost prezentate grafic așa cum au dovedit Pasquill – Gifford.

Evoluția calculatoarelor a făcut însă posibil ca ecuația gaussiană a penei de noxe să poată fi programată cu ușurință și este preferabil să existe formule analitice (de formă Briggs .) pentru aceste curbe, pentru a calcula deviațiile  $\sigma_y$  și  $\sigma_z$  în cazul surselor aflate în zone rurale:

$$\sigma_y = 465,11628(x) \cdot \text{tg}(\text{TH}) \text{ [m]}$$

unde:

$$TH = 0,017453293 [c-d \cdot \ln(x)]$$

$$\sigma_z = a \cdot x^b \quad [m]$$

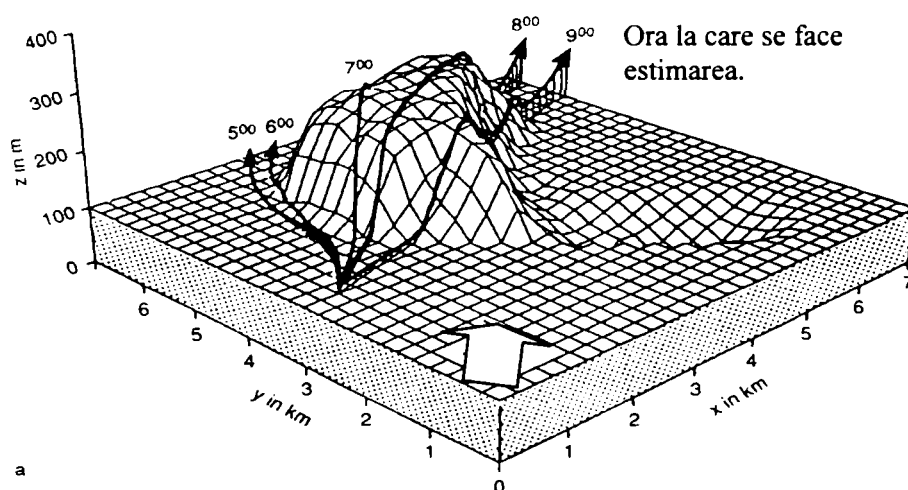
a, c și d sunt coeficienți care sunt funcție de distanța x (km) și de clasa de stabilitate a atmosferei.

În cazul zonelor urbane se utilizează varianta McElroy – Pooler a formulelor pentru calculul deviațiilor  $\sigma_y$  și  $\sigma_z$ .

### 2.2.2.3 Modelul de difuzie orizontală Langevin

Modelul Lagrange are la bază teoria statistică a difuziei care consideră că poluatorul aerului este transportat de-a lungul direcției medii a vântului odată cu curenții de aer. Astfel difuzia poate fi statistic determinată cu așa - numitele modele Lagrange din grupa căruia fac parte modelul de simulare Monte Carlo, [87] modelul de simulare al dispersiei particulelor și modelul de estimare a traiectoriei, etc.,.Cu aceste modele, traiectoriile unei mase de aer care conține poluant sub formă de particule sunt calculate funcție de câmpul de curgere pentru o lungă perioadă de timp poziția lor spațială și temporară fiind astfel determinată.

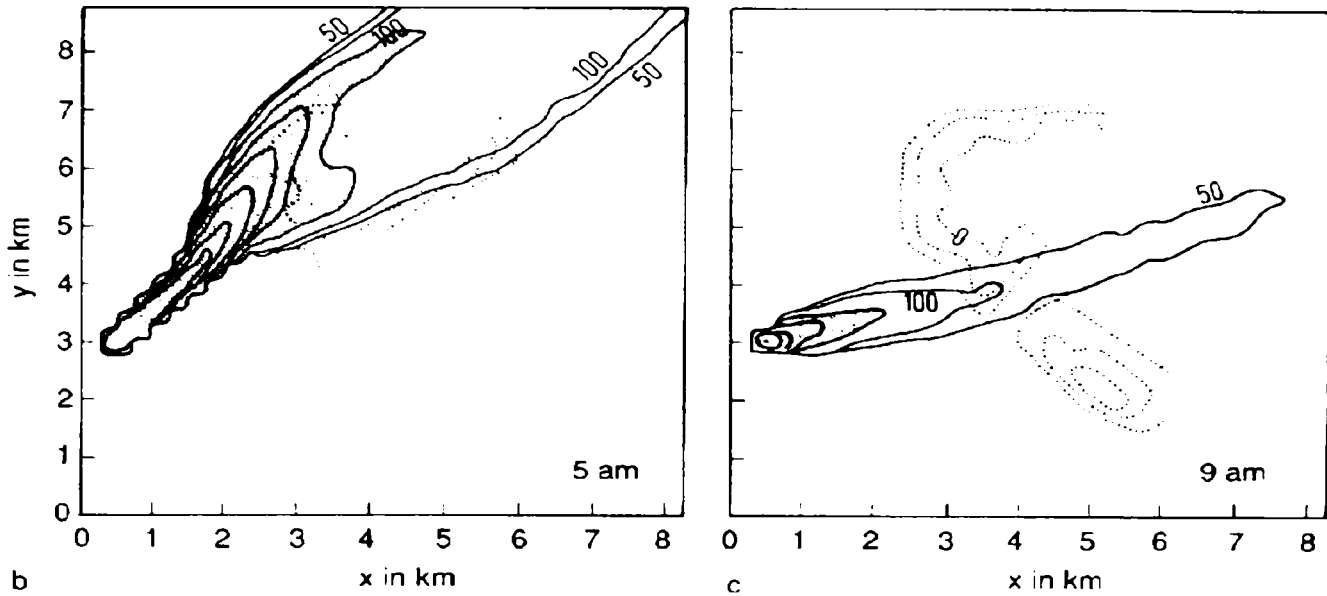
Figura 2.7 arată un exemplu de suprafețe de izoconcentrație la nivelul solului determinate cu modelul FITNAH [25].



**Figura 2.6: Distribuția concentrațiilor într-o zonă de deal în intervalul 5 – 9 dimineața.**

Pentru a arata influența perioadei de tranziție de la noapte la zi se prezintă aspectul dispersiei la nivelul solului între ora 5 și ora 9 dimineața. Se poate observa ușor influența stratificării termice a atmosferei în traiectoria dispersiei. Astfel înainte de ora 6 dimineața (Figura 2.7) aerul poluat circulă împrejurul dealului datorită stabilității stratificării termice a atmosferei cauzând astfel o concentrație ridicată la baza acestuia. După răsăritul soarelui efectul topografiei asupra traiectoriei dispersiei este foarte vizibil prin faptul ca

amestecarea curenților de aer este foarte intensă determinând astfel o importantă scădere a concentrației în apropierea solului.



**Figura 2.7: Trajectoriile și concentrațiile calculate la ora 5 am respective 9 am.**

#### 2.2.2.4 Modelul de difuzie K

Atunci când se aplică modelul Lagrange unui volum de aer schimbările care intervin în traiectoria lui sunt funcție de presiunea atmosferică la care volumul de aer este expus. Atunci se aplică modelul de difuziune K spațiului geometric în care are loc transportul și dispersia poluantului rămâne neschimbat [88].

Modelul K se bazează de fapt pe difuzia turbulentă care poate fi asemănată prin analogie cu difuzia Browniană a moleculelor. Când se aplică un model de tip K, transportul poluantului funcție de turbulență este tratat ca fiind proporțional cu gradientul concentrației de poluant între intrarea și ieșirea volumului de rețea de control. Factorul de proporție este în acest caz coeficientul de amestec turbulent K de unde intervine și denumirea modelului de dispersie.

Astfel funcție de mișcarea turbulentă indusă masei de aer în diferite direcții, verticale sau orizontale acestei mase de aer i se atribuie diferiți coeficienți de difuziune [58].

Ecuția centrală a modelului K este redată în relația 2.29.

$$\frac{\partial c(\bar{x}, t)}{\partial t} = -\bar{u}(\bar{x}, t) \cdot \nabla c(\bar{x}, t) + \nabla(K(\bar{x}, t) \cdot \nabla c(\bar{x}, t)) + Q(\bar{x}, t) + S(\bar{x}, t) \quad 2.29$$

$\bar{x}$  reprezintă locația vectorului  $x$

$t$  reprezintă timpul exprimat în secunde

$c(\bar{x}, t)$  concentrația poluantului în locația  $x$  și la momentul  $t$

$\bar{u}(\bar{x}, t)$  componenta vântului în locația  $x$  și la momentul  $t$

$\nabla$  operatorul Nabla

$K(\bar{x}, t)$  Tensorul difuziei conține pe diagonală coeficienții difuziei în toate cele trei direcții ale sistemului de axe

$Q(\bar{x}, t)$  debitul de noxe dependent de timp și de locația sursei

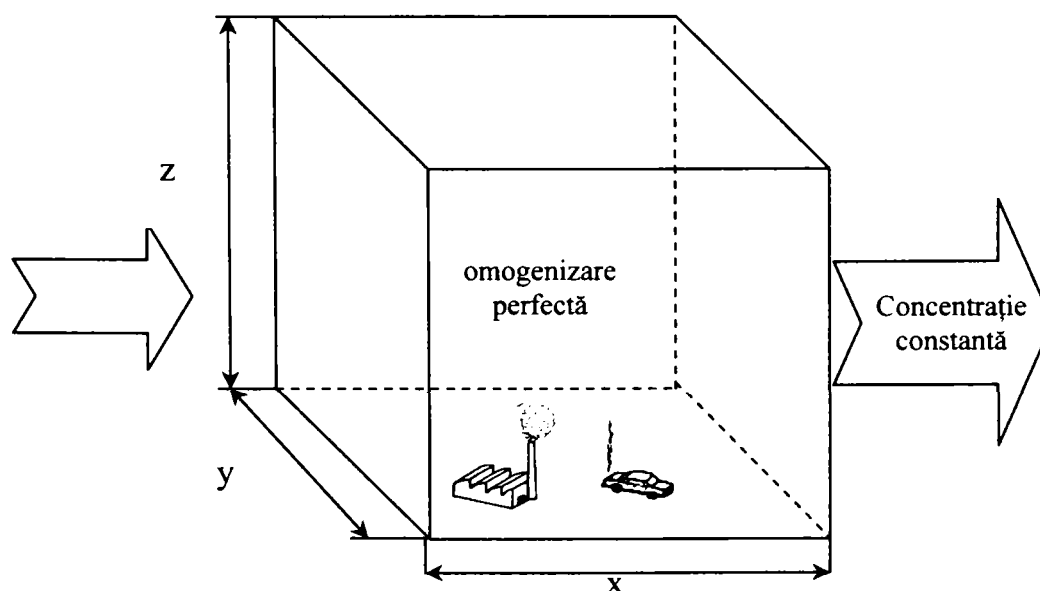
$S(\bar{x}, t)$  debitul de noxe dependent de timp și de concentrația de fond

### 2.2.2.5 Modelul cutie (box)

Conceptul cel mai simplist de calculare a compoziției unui volum de aer este modelul cutie. Limitele domeniului care se investighează sunt suprafața solului în partea inferioară și un strat de inversiune termică la partea superioară. Expansiunea domeniului pe orizontală delimitează limitele laterale ale domeniului de analizat [25].

Ca și regulă se consideră ipoteza în care aerul din interior este perfect amestecat cu efluențele poluante. Mișcarea turbulentă și circulația curenților de aer nu se ia în considerare. Schimbări în distribuția concentrației pot apărea doar datorită fenomenelor de depunere sau a reacțiilor chimice ale noxelor din interior.

Modelul cutie (Figura 2.8) ia în considerare transportul poluanților în plan orizontal și evacuarea aerului poluat cu o rată constantă a debitului prin fețele laterale ale volumului investigat. Modelul este foarte folosit pentru simularea transformărilor legate de chimia atmosferei din punct de vedere al dispersiei noxelor concentrația este practic calculată într-un singur punct domeniul fiind considerat de compoziție omogenă. Acest model nu poate fi folosit în nici un caz pentru investigarea domeniilor care conțin surse neomogene sau pentru simularea dispersiei în atmosfera liberă.



**Figura 2.8: Schema modelului cutie**

Figura 2.9 prezintă sub formă schematică recapitulativ teoriile pe care se bazează principalele modele numerice.

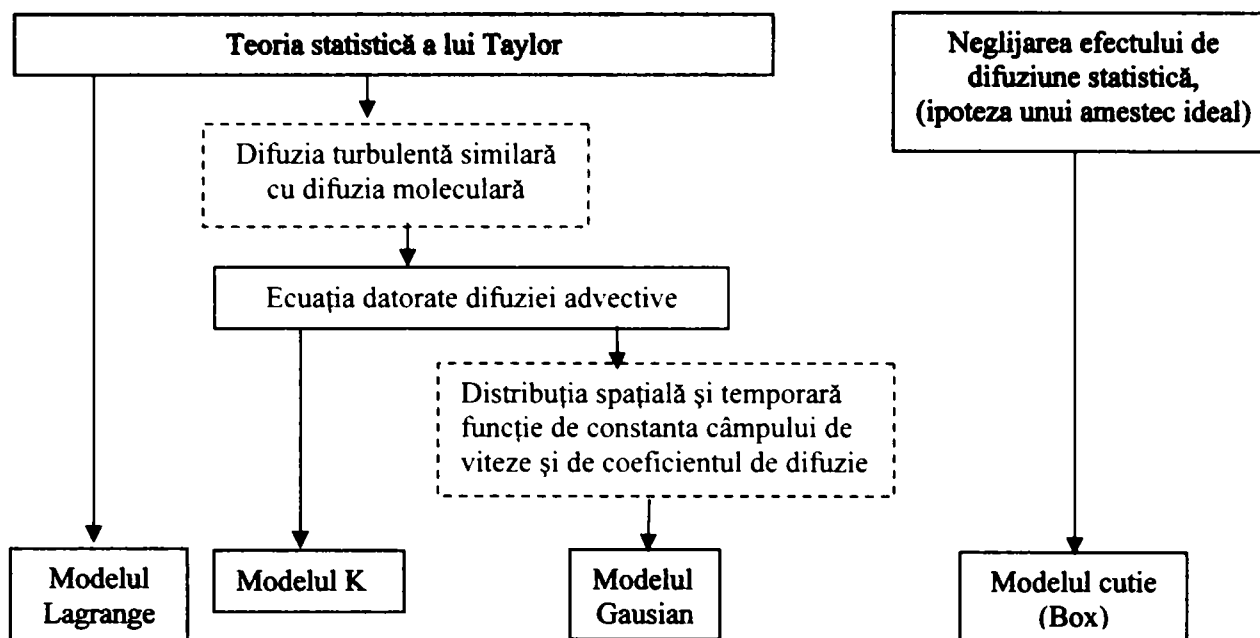


Figura 2.9: Conexiunile și diferențele diferitelor teorii și modele de dispersie.

## 2.2.3 Aplicații software ale modelelor statistice

### 2.2.3.1 Modelarea dispersiei poluanților evacuați din surse mobile de emisie

#### 2.2.3.1.1 Posibilități tehnice de modelare

Modelarea dispersiei în atmosfera liberă a emisiilor poluante generate de sursele mobile terestre (autovehicule) decurge ținând cont de [60]:

- Caracteristici specifice de emisie și anume:
  - Factorul de emisie compozit, exprimat în g/km pe fiecare vehicul poluator;
  - Densitatea liniară de emisie, exprimată în mg/m pe unitatea de timp.
- Parametri de trafic indicați prin:
  - Debitul de trafic, exprimat în vehicule/oră sau vehicule/zi;
  - Compoziția traficului, exprimată de ponderea procentuală adică ponderea participării la trafic a diverselor categorii de autovehicule, exprimată în %;
  - Viteza medie de rulare, în km/oră;
  - Tipul și ciclul semafoarelor în cazul intersecțiilor cu trafic controlat opto-electronic, precum și date suplimentare specifice privind capacitatea de trafic (de saturație) per bandă de circulație, timpii de degajare a intersecției, specificul plutoanelor de vehicule ce atacă intersecția, în sincronism cu fazele semafoarelor;
  - Profilul mediu diurn al parametrilor de trafic adică variația medie oră de oră pe parcursul unei întregi zile a parametrilor de trafic precizați anterior;
  - Configurația geometrică a infrastructurii rutiere și topografia zonei supuse modelării;



- Caracteristicile topo ale drumului, ca de exemplu drum în palier, în rampă, în pantă, în rambleu, în debleu, de tip pod sau parcare, respectiv tronsoane rutiere în aliniament, curbe, serpentine rurale și montane;
- Tipul de intersecție cum ar fi cele multiple perpendiculare, oblice, în T, în Y, sensuri giratorii, respectiv intersecții denivelate, insule de dirijare și separare a circulației, configurații geometrice complexe;
- Relieful adiacent infrastructurii rutiere, după cum sunt de tip câmp deschis și neted din punct de vedere topografic, de tip canion, chei, faleze, etc.
- Parametri meteorologici descriși de:
  - Datele meteorologice de rutină, constând din viteza și direcția vântului mediu de transport, temperatura medie, radiația solară globală, gradul de nebulozitate;
  - Datele meteorologice preprocesate, ca de exemplu clasa de stabilitate atmosferică, înălțimea de amestec, respectiv alți parametri fizici ai stratului limită planetar, obținuți prin apelarea la un preprocesor meteorologic;
  - Estimarea vârfurilor de concentrație, numite și episoade severe de poluare, în condițiile meteorologice cele mai defavorabile dispersiei cum ar fi situații în care vitezele vântului sunt foarte reduse adică în condiții de calm atmosferic, de inversiune termică la sol, de temperaturi scăzute;
  - Detectarea celor mai nefavorabile direcții de vânt pentru fiecare combinație sursa - receptor.
- Parametru de calitate a aerului de fond determinat de:
  - Concentrația atmosferică de fond pentru fiecare dintre poluanții studiați, măsurată și/sau simulată numeric prin utilizarea unor modele de dispersie la mezoscală.
- Rezoluția temporală de estimare a imisiilor indicată de:
  - Concentrația medie la 30 de minute, orară, la 8 ore, la 24 de ore, lunară, anuală, etc.

**Modelarea fenomenelor de disipare fizică a poluanților prin depunere uscată și cădere gravitațională se realizează în funcție de:**

- Viteza de depunere, exprimată în mm de depunere în unitatea de timp;
- Viteza de sedimentare datorată exclusiv căderii gravitaționale, exprimată în mm de depunere în unitatea de timp.

**Modelarea dispersiei atmosferice a penelor de emisii poluante reactive din punct de vedere chimic se bazează pe:**

- Metodele disipației exponențiale;
- Interactivitatea cu difuzia în cadrul unui model tip "K" (gradient-transport).

### 2.2.3.1.2 Modelarea turbulenței mecanice și termice induse de traficul rutier

În acest caz, se aplică:

- Modelele semi-empirice parametrizate, bazate pe o analiză extensivă a unor seturi ample de date experimentale;
- Teoria complexă a unei advecție de trafic.

Față de cele prezentate, se menționează și alte posibile situații de modelare. Un prim exemplu este modelarea turbulenței cauzate de circulația rutieră, în cazul condițiilor de calm atmosferic și de viteze reduse de vânt. Turbulența mecanică produsă de trafic este dependentă în principal de viteza medie de rulare, dimensiunile autovehiculelor primate ca elemente de rugozitate mobile, precum și de viteza vântului și unghiul dintre direcția vântului și axa arterei rutiere, ținând cont, în acest din urmă caz, de suprapunerea turbulenței mecanice induse de trafic peste turbulența atmosferică locală. Suplimentar, o importanță particulară o prezintă și modelarea supraînălțării termice a penei de emisii poluante, gazele de evacuare acuzând o mișcare ascendentă indusă de fluxul termic propriu care le susține și le ridică similar unei forțe arhimedice. Aceasta componentă termică convectivă este dependentă în principal de căldura emisă prin gazele de evacuare, fiind cuantificată în funcție de densitatea traficului, consumul specific de combustibili, conținutul energetic mediu al carburanților auto, precum și de randamentele termice ale motoarelor autovehiculelor [63].

### 2.2.3.1.3 Softuri comerciale recomandate în literatura de specialitate

Fără a avea pretenția de a enumera toate oferturile de pe piață, se indică o listă a acestora cu denumirea originală, versiunea respectiv firma producătoare, la care s-a avut acces pentru documentare, menționând și faptul că, dintre aceste exemple, unele - și anume cele evidențiate - au fost aplicate comparativ sau individual în prezenta cercetare a autorului, așa cum se va prezenta la capitolele viitoare.

**CALINE4** – California Line Source Dispersion Model, versiunea 4, 2002.

**CALTRANS** – California Department of Transportation, S.U.A., 1989. Analizează

**CAL3QHC** – A Modeling Methodology for Predicting Pollutant Concentrations Near Roadway Intersections, versiunea 2.0, Office of Air Quality Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1995. Aplicația este folosită în deosebi în domeniul

**DMRB** – Design Manual for Roads & Bridges, versiunea Excel 95, Spreadsheet Format, Stanger Science & Environment Ltd., Marea Britanie, 2000.

**GRAM** – Greenwich Review of Air Quality Model, versiunea 6, School of Earth and Environmental Sciences, University of Greenwich, Marea Britanie, 1998.

**HIWAY-2** – A Highway Air Pollution Model, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1980.

ROADWAY – A Numerical Model for Predicting Air Pollutants near Highways, versiunea 2.0, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1987.

SLSM – Simple Line-Source Model for Vehicle Exhaust Dispersion near a Road, Research Staff, Ford Motor Company, S.U.A., 1980.

### 2.2.3.2 Modelarea dispersiei poluanților evacuați din surse staționare de emisie

#### 2.2.3.2.1 Posibilități tehnice de modelare

Modelarea dispersiei atmosferice a emisiilor poluante pentru sursele de emisie staționare [4].

Decurge în funcție de:

- Tipul surselor de emisie, deosebindu-se:
  - Surse punctiforme;
  - Surse liniare;
  - Surse de suprafață;
  - Surse volumice.
- Tipul emisiilor, adică:
  - Emisii de gaze mai puțin dense decât aerul atmosferic;
  - Emisii de gaze mai dense decât aerul atmosferic;
  - Emisii de aerosoli lichizi cauzate de procese de evaporare;
  - Emisii sub forma de particule (pulberi) solide;
  - Emisii sub forma de flăcări;
  - Emisii sub forma de jet.
- Tipul panajelor de emisie, și anume:
  - Panaje susținute termic – emisii “fierbinți”, cu flux termic ascensional;
  - Panaje nesusținute termic – emisii “reci”, cu sau fără flux gazodinamic.
- Durata emisiilor, care se clasifică în:
  - Emisii continue constante;
  - Emisii continue variabile;
  - Emisii de durată limitată (scurgeri accidentale);
  - Emisii instantanee (de tipul exploziilor).
- Caracteristicile de emisie, concretizate prin:
  - Debite (“puteri”) de emisie pentru emisii continue;
  - Debitul și durata emisiilor pentru emisii accidentale;
  - Masa emisiilor pentru emisii instantanee;
  - Proprietăți fizico-chimice ale efluenților cum ar fi temperatura, masa moleculară, densitate, căldura specifică, compoziție chimică, etc.;

- Localizarea, dimensiunile și caracteristicile funcțional-constructive ale surselor de emisie:
- Înălțimea fizică (constructivă) a gurii de evacuare a efluenților;
- Diametrul interior în zona de evacuare a efluenților;
- Viteza de evacuare a efluenților.
- Caracteristicile topografice ale zonei supuse modelării:
- Zone adiacente surselor de emisie - deschise și relativ plate din punct de vedere topografic;
- Teren accidentat – topografie complexă;

### **Modelarea efectelor fenomenelor de curgere descendentă și recirculare turbulentă a efluenților**

Modelarea se efectuează:

- la nivelul gurilor de evacuare (“stack tip downwash”) – metoda Briggs;
- în umbra aerodinamică indusă de prezența clădirilor (sau altor obstacole) în proximitatea aval a surselor de emisie (“building downwash”) – metodele Huber & Snyder și Schulman & Scire.

Se ține cont de:

- Parametrii meteorologici, de care se ține cont, sunt:
  - Date meteorologice de rutină: viteza și direcția vântului mediu de transport, temperatura medie, radiația solară globală, gradul de nebulozitate și tipul (plafonul) formațiunilor noroase;
  - Date meteorologice preprocesate:
  - De tip secvențial orar: clasa de stabilitate atmosferică, înălțimea de amestec, respectiv alți parametri fizici ai stratului limită planetar obținuți prin apelarea la un preprocesor meteorologic;
  - De tip climatologic: roze anuale de vânt și de stabilitate atmosferică, valori medii anuale ale vitezei vântului și înălțimii de amestec pentru fiecare clasă de stabilitate, valori medii ale temperaturii aerului.
  - Estimarea vârfurilor de concentrație (episoade severe de poluare) în condițiile meteorologice cele mai defavorabile dispersiei: scanare automată a maximelor de concentrație pentru diverse combinații viteze de vânt – stabilitate atmosferică și localizarea în diferite sisteme de coordonate a punctelor respective de maxim („puncte fierbinți”), detectarea celor mai nefavorabile direcții de vânt pentru fiecare combinație sursa - receptor.
- Parametrii de calitate a aerului de fond țin cont de:

- Concentrația atmosferică de fond pentru fiecare dintre poluanții studiați (măsurată și/sau simulată numeric prin utilizarea unor modele de dispersie la mezoscală), precum și pentru ozonul troposferic (în vederea parametrizării cineticii unor reacții atmosferice pentru modelarea transformărilor chimice între NO-NO<sub>2</sub>-O<sub>3</sub>).
- Rezoluția spațială de estimare a imisiilor se referă la:
  - Scări locale: 1 m - 50 km;
  - Scări regionale și continentale: 50 – 3000 km;
  - Identificarea de coridoare toxice.
- Rezoluția temporală de estimare a imisiilor depinde de:
  - Concentrații atmosferice maxime instantanee;
  - Concentrații atmosferice medii pe 15 minute, semi-orare, orare, pe 8 ore, zilnice (24 de ore), anuale.

### **Modelarea fenomenelor de disipație fizică a poluanților prin depunere uscată, cădere gravitațională și depunere umedă**

Se execută funcție de:

- Viteza de depunere uscată, exprimată de obicei în cm/s;
- Viteza de sedimentare (cădere gravitațională) exprimată de obicei în cm/s;
- Tipul și intensitatea precipitațiilor exprimate de obicei în mm<sup>3</sup>/h.

Dintre principalele mecanisme naturale de disipație a poluanților atmosferici trebuie avute în vedere atât depunerea uscată la suprafața solului, ca efect al căderii gravitaționale (sedimentării) și al fenomenului de adsorbție (prin impact inerțial) de către sol, vegetație, sau clădiri, cât și depunerea umedă cauzată de curățare (“spălare”) a atmosferei prin diverse categorii de precipitații. Pentru modelarea la mezoscală, se au în vedere fenomenele de depunere uscată și umedă, îndeosebi în cazul particulelor adică a pulberilor în suspensie, ținând cont de efectele gravitaționale și caracteristicile diferite de transport atmosferic ale acestora, comparativ cu poluanții gazoși.

#### **2.2.3.2.2 *Softuri comerciale recomandate în literatura de specialitate***

Dintre softurile recomandate se amintesc doar câteva, în varianta titlului original

AFTOX – Air Force Toxic Chemical Dispersion Model, versiunea 4.1, Hanscom Air Force Base, United States Air Force (USAF), S.U.A., 1993.

CALPUFF – California Puff Model, versiunea 5.0, Sigma Research Division, Earth Tech Inc., S.U.A., 1999.

CDM – Climatological Dispersion Model, versiunea 2.0, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1986.

DEGADIS – Dense Gas Dispersion Model, versiunea 2.1, Office of Air Quality Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1989.

IPTPLU (Interactive Point Plume) – A Single Source Gaussian Dispersion Algorithm, versiunea 4 (interactivă), Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1981.

ISC (ST și LT) – Industrial Source Complex, Short Term – ISCST și Long Term – ISCLT, versiunea 3, Office of Air Quality Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1995.

OBODM – Open Burn/Open Detonation Dispersion Model, versiunea 1.3.0016, Meteorology & Modeling Division, West Desert Test Center, United States Army Dugway Proving Ground, Utah, S.U.A., 2000.

PAL – A Gaussian-Plume Algorithm for Point, Area, and Line Sources, versiunea 2.1, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1989.

RAM (Real-Time Air-Quality Model) – Gaussian-Plume Multiple Source Air Quality Algorithm, versiunea 2, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1987.

SCIPUFF – Second-order Closure Integrated Puff Model, versiunea 1.221PD31.P5, ARAP Group, Titan Research & Technology Division, Titan Corporation, S.U.A., 1994.

SCREEN – Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources, versiunea 3, Office of Air Quality Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1996.

SLAB – An Atmospheric Dispersion Model for Denser-than-Air Releases, Physics Department, Atmospheric and Geophysical Sciences Division, Lawrence Livermore National Laboratory, University of California, S.U.A., 1990.

TSCREEN – A Model for Screening Toxic Air Pollutant Concentrations, versiunea 95260, Office of Air Quality Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1995.

### 2.2.3.3 Modelarea dispersiei poluanților evacuați din surse de emisie complexe

#### 2.2.3.3.1 Posibilitățile tehnice de modelare

##### Modelarea dispersiei atmosferice a emisiilor poluante în mediu urban

Modelarea se referă la condiții de mezoscală, luând în considerare contribuțiile specifice surselor de suprafață (difuze) din toate categoriile (trafic rutier, vehicule nerutiere, industrie, instalații de ardere, etc.) și ținând cont de:

- Caracteristicile de emisie, redate prin:
  - Densități superficiale de emisie, exprimate în  $g/(s \cdot m^2)$ ;
  - Profilul mediu diurn (variația medie oră de oră pe parcursul unei întregi zile) al caracteristicilor de emisie.
  - Configurația geometrică, înălțimea efectivă, dimensiunile și localizarea surselor de suprafață (ochiurilor de grilă) prin intermediul cărora este discretizată zona urbană supusă modelării.
- Parametrii meteorologici indicați prin:
  - Date meteorologice de rutină: viteza și direcția vântului mediu de transport, temperatura medie, radiația solară globală, gradul de nebulozitate;



- Datele meteorologice preprocesate depind, la rândul lor, de:
  - De tip secvențial orar: clasa de stabilitate atmosferică, înălțimea de amestec, respectiv alți parametri fizici ai stratului limită planetar obținuți prin apelarea la un preprocesor meteorologic;
  - De tip climatologic: roze anuale de vânt și de stabilitate atmosferică, valori medii anuale ale vitezei vântului și înălțimii de amestec pentru fiecare clasă de stabilitate, valori medii ale temperaturii aerului.
  - Estimarea vârfurilor de concentrație (episoade severe de poluare) în condițiile meteorologice cele mai defavorabile dispersiei: viteze foarte reduse de vânt – calm atmosferic, inversiune termică la sol, temperaturi scăzute, detectarea celor mai nefavorabile direcții de vânt pentru fiecare combinație sursa - receptor.
- Parametrii de calitate a aerului de fond exprimați prin:
  - Concentrația atmosferică de fond regional, pentru fiecare dintre poluanții studiați (măsurată și/sau simulată numeric prin utilizarea unor modele de dispersie la mezoscală regională), precum și pentru ozonul troposferic (în vederea parametrizării cineticii unor reacții atmosferice pentru modelarea transformărilor chimice între NO-NO<sub>2</sub>-O<sub>3</sub>).
- Rezoluția temporală de estimare a imisiilor cuantificată prin:
  - Concentrații atmosferice medii semi-orare, orare, pe 8 ore, zilnice (24 de ore), anuale, etc.

### **Modelarea fenomenelor de disipație fizică a poluanților prin depunere uscată, cădere gravitațională și depunere umedă**

Acest tip de modelare necesită date specifice, ca de exemplu:

- Viteza de depunere uscat, exprimată de obicei în cm/s;
- Viteza de sedimentare (cădere gravitațională), exprimată de obicei în cm/s;
- Tipul și intensitatea precipitațiilor, exprimate în mm<sup>3</sup>/h.

Și în această situație, ca și la paragraful anterior, se scoate în evidență că dintre principalele mecanisme naturale de disipație a poluanților atmosferici trebuie considerate atât depunerea uscată la suprafața solului, ca efect al căderii gravitaționale (sedimentarii) și al fenomenului de adsorbție (prin impact inerțial) de către sol, vegetație, sau clădiri, cât și depunerea umedă cauzată de curățarea (“spălarea”) atmosferei prin diverse categorii de precipitații. Pentru modelarea la mezoscală urbană, se au în vedere fenomenele de depunere uscată și umedă îndeosebi în cazul particulelor (pulberilor în suspensie), ținând cont de efectele gravitaționale și caracteristicile diferite de transport atmosferic ale acestora comparativ cu poluanții gazoși.

### **2.2.3.3.2 Modelarea fluxurilor de depunere uscată la nivelul solului pentru particule**

Special pentru pulberile în suspensie se face mențiunea că în cadrul modelării se folosesc exprimări uzuale în  $\text{kg}/(\text{km}^2/\text{h})$ .

### **2.2.3.3.3 Modelarea fenomenelor de disipație prin reacțiile troposferice de bază**

Modelarea de acest tip se referă cu precădere la oxizii de azot ( $\text{NO}$  și  $\text{NO}_2$ ), oxigen (molecular  $\text{O}_2$  și atomic  $\text{O}$ ) și ozon ( $\text{O}_3$ ), luând în considerare:

- Viteza reacției chimice de formare a  $\text{NO}_2$  prin oxidare, parametrizată ca funcție de temperatura aerului;
- Viteza reacției chimice de disociere prin descompunere fotolitică a  $\text{NO}_2$  cuantificată ca funcție de radiația solară globală;
- Concentrația atmosferică de fond, în amonte surselor de emisie, pentru ozonul troposferic.

### **2.2.3.3.4 Softuri comerciale recomandate în literatura de specialitate**

Dintre softurile aparținând acestei categorii, se enumără cele mai utile, indicând și scurte caracteristici legate de aplicabilitatea lor, după cum urmează:

CALPUFF – California Puff Model, versiunea 5.0, Sigma Research Division, Earth Tech Inc., S.U.A., 1999.

CDM – Climatological Dispersion Model, versiunea 2.0, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1986.

GRAM – Greenwich Review of Air Quality Model, versiunea 6, School of Earth and Environmental Sciences, University of Greenwich, Marea Britanie, 1998.

ISC (ST și LT) – Industrial Source Complex, Short Term – ISCST și Long Term – ISCLT, versiunea 3, Office of Air Quality Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1995.

PAL – A Gaussian-Plume Algorithm for Point, Area, and Line Sources, versiunea 2.1, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A.,

RAM (Real-Time Air-Quality Model) – Gaussian-Plume Multiple Source Air Quality Algorithm, versiunea 2, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, S.U.A., 1987.

## **2.3 Măsurători cu aparate specializate de monitorizare**

### **2.3.1 Principii și instrumente clasice pentru monitorizarea calității aerului**

#### **2.3.1.1 Proprietăți fizico-chimice ale principalelor componente ale aerului**

Determinarea concentrațiilor compușilor atmosferei în diferite locuri și anumite intervale de timp reprezintă una din cele mai importante funcțiuni al sistemului de monitorizare a calității vieții. Pentru măsurarea concentrațiilor elementelor constitutive ale aerului atmosferic și a concentrațiilor de substanțe poluante se impune cunoașterea

proprietăților fizice și chimice ale acestora. Selectarea metodelor, implicit a dispozitivelor și aparatelor necesare monitorizării, se bazează preponderent pe aceste proprietăți. Principial se deosebesc metode de *adsorbție*, bazate pe proprietăți fizice, respectiv metode de *absorbție*, bazate pe proprietăți chimice [100].

În Tabelul 2.4 sunt prezentate, sumar, proprietățile fizice ale principalelor gaze existente în atmosferă. *Densitatea*, *conductibilitatea termică* și *viscozitatea* sunt raportate relativ la aer, iar *susceptibilitatea magnetică* este raportată relativ la oxigen. Gazele paramagnetice sunt precedate de semnul “+”, iar cele diamagnetice de semnul “-”.

În baza densității, cel mai ușor detectabil în aer este hidrogenul, care este mult mai ușor și prezintă o conductibilitate termică mult mai mare decât aerul. Tot pe bază de densitate ar putea fi detectate gaze ca bioxidul de sulf, bioxidul de azot și bioxidul de carbon. Totuși, densimetrele pentru astfel de faze gazoase sunt relativ greu de realizat și au o precizie scăzută, nepermițând măsurări în domeniul de interes al concentrațiilor de impurități de 1-10 ppm.

Susceptibilitatea magnetică mare a oxigenului față de celelalte gaze este o altă proprietate, care poate fi folosită curent de exemplu pentru determinarea concentrației de oxigen în aer. Singurul element care ar putea introduce erori într-o astfel de măsurare ar fi monoxidul de azot, dar concentrația acestuia în mediu este mult mai mică decât cea a oxigenului (cu patru-cinci ordine de mărime).

Proprietățile chimice ale gazelor prezente în atmosferă, precum puternicul *caracter oxidant* al ozonului sau al oxigenului și *caracterul reducător* al bioxidilor de sulf și de azot, pot fi folosite în dispozitive și instrumente pentru determinarea concentrațiilor de compuși ai atmosferei.

Pentru detectarea substanțelor gazoase aflate în concentrații foarte mici, de ordinul ppm, se folosesc combinat proprietățile fizice și cele chimice specifice fiecărei substanțe.

**Tabelul 2.4 : Proprietățile fizice ale principalelor gaze prezente în atmosferă. [100]**

Nr. crt	Natura gazului	Simbol	Densitate [-]	Viscozitate [-]	Conductibilitate termică [-]	Susceptibilitate magnetică [-]
			Raportată la aer			Raportată la oxigen
1.	Aer	---	100	100	100	+ 21,6
2.	Oxigen	O <sub>2</sub>	110,5	108	105	+ 100
3.	Azot	N <sub>2</sub>	96,7	95	100	- 0,42
4.	Monoxid de carbon	CO	96,7	95	101	- 0,21
5.	Bioxid de carbon	CO <sub>2</sub>	152,9	80	69	- 0,61
6.	Vapori de apa 0 °C	H <sub>2</sub> O	62,3	52	130	-
7.	Hidrogen	H <sub>2</sub>	6,95	48	738	- 0,12
8.	Bioxid de sulf	SO <sub>2</sub>	225	70	39	- 0,05
9.	Monoxid de azot	NO	103	-	93	+ 43,8
10.	Bioxid de azot	NO <sub>2</sub>	158	-	65	+ 6,2

În Tabelul 2.5 sunt prezentați principalii poluanți ai atmosferei și câteva metode de determinare a concentrațiilor dintr-un mediu gazos (adaptat după Allovi 1993).

**Tabelul 2.5 : Poluanții atmosferei și principalele metode de determinare.**

Poluantul	Metoda de determinare
SO <sub>2</sub>	Absorbția în H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (apă oxigenată) și titrarea soluției Absorbția în tetracloro-mercurat, urmată de spectrofotometrie Fotometria în flacără Fluorescența în fază gazoasă Depolarizarea electrochimică
NO <sub>x</sub>	Chemiluminiscentă în reacție cu ozonul Depolarizarea electrochimică
Hydrocarburi totale	Ionizarea în flacără Combustia catalitică
Hydrocarburi specifice	Cromatografia în fază gazoasă
CO	Combustia catalitică: - cu detectare prin ionizare în flacără - cu senzor de gaze combustibile - cu senzor semiconductor Absorbția în infraroșu
Ozonul	Chemiluminiscentă Absorbția în ultraviolet
Particule și aerosoli	Eșantionarea de volum, filtrare și analizarea prin spectroscopie cu absorbție atomică Absorbția radiației beta Reducerea transparenței lamelei de sticlă

### 2.3.1.2 Clasificarea metodelor pentru supraveghere și control

Măsurarea concentrațiilor diferiților compuși gazoși ai atmosferei se poate face prin diferite metode. În funcție de modul de prelevare și analizare a mostrelor, metodele de analiză se împart în:

- metode manuale;
- metode semiautomate;
- metode automate.

În funcție de principiile folosite în măsurare, metodele se împart în:

- metode chimice;
- metode fizice;
- metode fizico-chimice;
- metode biologice.

În funcție de forma de prezentare a rezultatelor analizei, se deosebesc:

- metode cu citire directă a datelor;
- metode cu afișare și memorare.

În funcție de durata și frecvența determinărilor, analizele pot fi:

- continue;
- periodice;

- intermitente.

În funcție de locul de analizare a mostrelor, metodele se împart în:

- metode cu prelevare și transport a mostrelor de gaz și analiza ulterioară a datelor;
- metode de analiză în timp real cu afișare imediată a datelor și posibilități de alarmare.

Din punctul de vedere al stațiilor de analiză acestea pot fi:

- fixe sau mobile;
- care execută măsurători pentru un anumit parametru sau pentru un set complet de parametri;
- care sunt legate într-o rețea de analiză a atmosferei sau sunt individuale.

*Metodele manuale* de determinare a calității aerului sunt de cele mai multe ori bazate pe *principii chimice* și se realizează prin extragerea de eșantioane de gaz din mediu, transportarea lor la laboratoare specializate și analizarea lor pe baza reacțiilor chimice produse. Altă metodă chimică manuală constă în barbotarea mostrelor de aer prin soluții specializate un timp bine determinat și analiza ulterioară a produselor de reacție, pentru măsurarea concentrațiilor de componente gazoase în mostra respectivă. Între aceste metode manuale, bazate pe principii chimice sau fizico-chimice, de cea mai mare importanță este eșantionarea – adică selectarea unei mostre reprezentative din probă - care depinde de *poziția sondei de prelevare în mediu, tipul sondei, debitul de gaze, alegerea filtrelor și tubulaturii de eșantionare*. Se pot introduce erori mari în măsurare, mai ales în cazul concentrațiilor mici de impurități. De asemenea, transportul și analiza ulterioară, în timp și spațiu, a mostrelor pot introduce erori prin stratificare, depunere pe pereții vaselor, reacții chimice necontrolate între substanțele analizate, variații mari de temperatură și presiune, caz în care se vorbește de *artefacte*. Din aceste motive, analizoarele pe principii chimice sunt din ce în ce mai puțin utilizate.[23]

În prezent, cea mai mare parte a analizoarelor folosite în determinarea concentrațiilor de gaze atmosferice sunt bazate pe *metode automate*, realizate pe principii fizice. ***Analizoarele aplicând un principiu fizic*** sunt de obicei analizoare specializate, selective pe o anumită componentă și, în același timp, furnizează în timp real concentrația respectivei componente în mediul analizat.

Analizoarele pe principii fizice sunt realizate în baza unor proprietăți ale substanțelor gazoase, cum ar fi:

- absorbția radiațiilor electromagnetice (în infraroșu IR, vizibil VIS sau ultraviolet UV);
- spectroscopia optică;

- reflexia, refracția, dispersia undelor electromagnetice;
- fluorescența;
- chemiluminiscență;
- conductibilitatea termică;
- susceptibilitatea magnetică;
- densitatea și viscozitatea;
- puterea calorică a gazelor combustibile și altele.

Analizoarele pe principii fizice sunt foarte precise, pot asigura o analiză continuă a atmosferei poluate, în timp real, cu posibilități de memorare și alarmare, dar sunt foarte scumpe. De asemenea, de obicei, ocupă un volum mare, necesită aparate complementare complexe, mediu de lucru controlat și nu e de neglijat energia consumată.

O altă metodă de analiză a compoziției aerului atmosferic se realizează pe principii *fizico-chimice*. Dintre acestea cele mai importante sunt:

- cromatografia în fază gazoasă;
- spectroscopia atomică de masă;
- spectroscopia prin absorbție atomică;
- metodele electrochimice de analiză, realizate pe baza celulelor electrochimice sau pe baza dispozitivelor cu proprietăți speciale de suprafață.

Dacă primele trei sunt metode extrem de precise dar foarte scumpe, care necesită o aparatură sofisticată și sunt aplicabile în special în laboratoare, metodele electrochimice de analiză sunt cele mai des aplicate din această gamă la determinarea calității aerului atmosferic, fiind convenabile din punct de vedere al raportului preț – calitate a investigației. Datorită robusteții lor, a posibilităților ușoare de automatizare și a răspunsului în timp real a sistemelor de semnalizare dotate cu senzori electrochimici, aplicabilitatea instrumentelor cu senzori electrochimici este largă. Se menționează și un alt avantaj, acela de a asigura măsurarea și afișarea rezultatelor rapid și în locul dorit. Posibilitatea de miniaturizare a senzorilor electrochimici permite fabricarea de rețele de microsenzori care, integrați în sisteme electronice funcționale, dotate cu inteligență artificială, oferă posibilitatea unei aprecieri atât cantitative cât și calitative a fenomenului de poluare a aerului. S-a reușit chiar să se conceapă așa numitul *nas electronic*, adică un sistem electronic funcțional, care poate simula sistemul olfactiv al unei ființe umane.

### 2.3.1.3 Metoda fotometriei nedispersive

Deși în literatura de specialitate și în practica experimentală există numeroase exemple de metode, în acest paragraf se va insista exclusiv asupra metodei fotometriei



nedispersive, deoarece reprezintă principiul de detecție al ambelor instrumente de bază folosite în prezenta cercetarea.[41]

Metodele de radiație folosite pentru determinarea concentrațiilor de impurități atmosferice fac parte din clasa metodelor fizice de determinare a concentrațiilor compuşilor atmosferici și sunt cele mai precise și fidele metode de măsurare ale acestora. Se bazează pe proprietățile de *transmisie, reflexie, refracție, dispersie, absorbție și conversie* ale radiațiilor de natură electromagnetică sau nucleară, de diferite lungimi de undă, la interacțiunea acestora cu diferiții compuși ai atmosferei. Toate aceste metode sunt foarte *exacte*, detectând chiar nivele mici de poluare (de ordinul 1-100 ppm) și în același timp *specifice*, permițând identificarea precisă a poluantului, în condițiile unor factori perturbatori. Umiditatea, temperatura, presiunea variabilă și turbulența aerului, ca și prezența unor alți poluanți nu viciază semnificativ rezultatul.

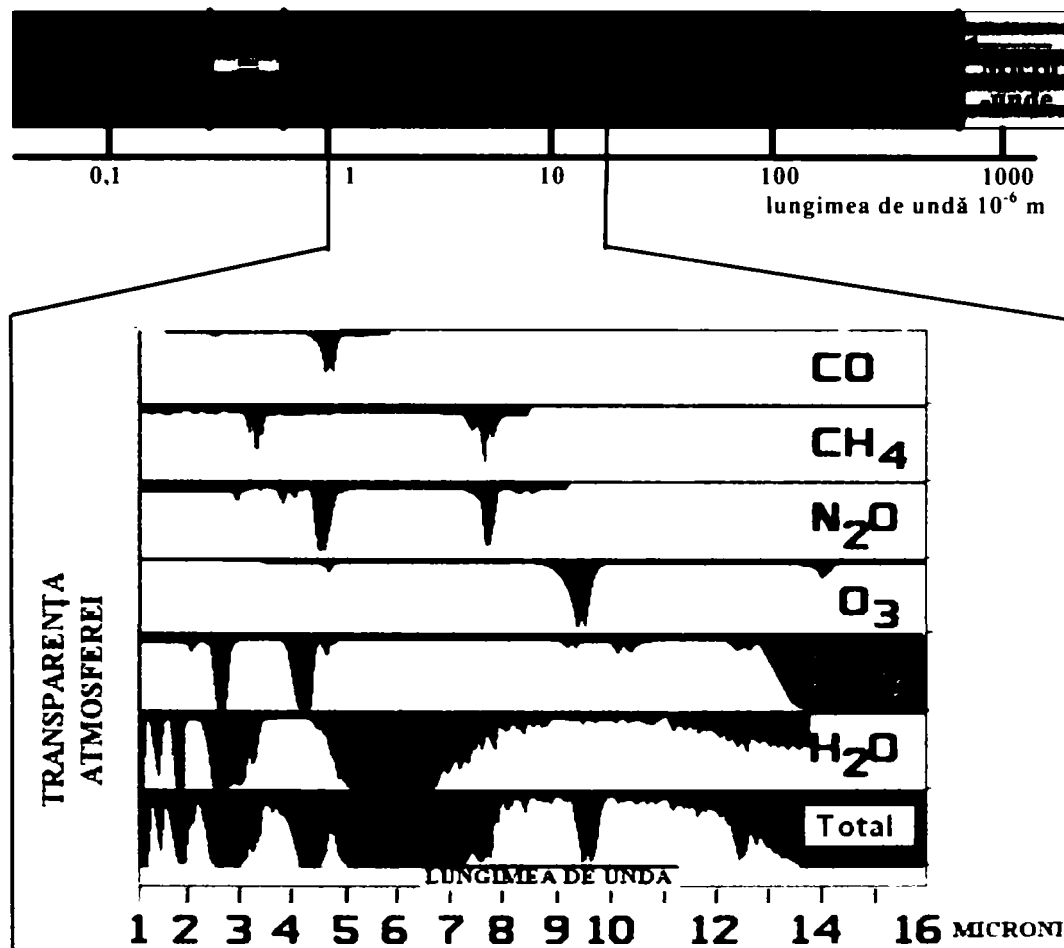
La trecerea radiației electromagnetice de bandă largă printr-un mediu gazos are loc un fenomen de absorbție a undelor electromagnetice de o anumită lungime de undă în acest mediu. Spectrul lungimilor de undă absorbite depinde de compoziția gazului analizat. Domeniul lungimilor de undă al radiațiilor absorbite diferă de la un gaz la altul și este o caracteristică definitorie a fiecărui gaz în parte. Absorbția radiației infraroșii are corespondență în frecvențele de rotație și de vibrație ale moleculei.

Spectrele de absorbție în domeniul infraroșu (IR) ale monoxidului de carbon, bioxidului de carbon și metanului și a altor gaze sunt prezentate în Figura 2.10. Se observă că sunt distincte și specifice, ceea ce face posibilă identificarea fiecărei specii.

Identificarea cu precizie a concentrației componentelor poluante gazoase ale atmosferei se realizează în consecință prin folosirea unor *proprietăți specifice* fiecărei componente în parte. Astfel, de exemplu, pentru măsurarea concentrației de monoxid de carbon sau de bioxid de carbon se folosește proprietatea acestora de *absorbție* a radiațiilor electromagnetice din domeniul *infraroșu*. Fiecare componentă are spectrul său de absorbție, ceea ce face ușoară identificarea prin folosirea unor surse de radiații cu frecvențe corespunzătoare. Măsurarea concentrațiilor de bioxid de sulf se bazează pe proprietatea acestuia de *fluorescență* la iradierea cu raze ultraviolete. Pentru măsurarea concentrațiilor de oxizi de azot se folosește proprietatea de *chemiluminiscentă* a bioxidului de azot, obținut din reacția monoxidului de azot cu ozonul.

Gazele a căror moleculă este formată din atomi diferiți (molecule heteronucleare) au proprietatea de absorbție a undelor electromagnetice aflate în domeniul infraroșu al spectrului. Acesta este cazul monoxidului de carbon CO, bioxidului de carbon CO<sub>2</sub>, metanului CH<sub>4</sub>, acetilenei C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, al altor hidrocarburi și al majorității gazelor combustibile.

Gazele care au molecula formată din atomi de același tip, au spectrul de absorbție a radiației electromagnetice în domeniul frecvențelor mai ridicate (lungimi de undă mai mici) din domeniul vizibil (VIS) și mai ales ultraviolet (UV). În acest caz, absorbția corespunde lungimilor de undă ale fotonilor caracteristici trecerii moleculei din starea de bază într-o stare excitată din punctul de vedere al nivelelor energetice ale electronilor. Acest fenomen poate fi folosit de exemplu la identificarea și măsurarea unor gaze precum ozonul  $O_3$ , care au un larg spectru de absorbție în ultraviolet (UV).



**Figura 2.10: Domeniile de radiație și spectrele de absorbție în IR ale principalelor gaze prezente în atmosferă [25].**

Măsurarea concentrației unei specii dintr-o probă, prin determinarea gradului de transmisie a unei radiații electromagnetice de o anumită lungime de undă pe o distanță dată, în mediul respectiv, este numită *metoda fotometriei nedispersive*. Analizoarele de gaze realizate pe baza acestei metode sunt destinate identificării unei specii tipice de gaz.

Metoda fotometriei nedispersive este aplicată în două variante, deosebindu-se:

- a) metoda măsurării intensității relative de absorbție,
- b) metoda măsurării absorbției în două benzi de lungimi de undă.

Metoda fotometriei nedispersive, în ambele variante, se bazează pe legea de absorbție a radiației electromagnetice în gaze, adică *legea LAMBERT – BEER*. Se calculează intensitatea radiației  $I_2$  la ieșirea dintr-o probă de gaz de lungime optică  $d$ , la

intrarea căreia intensitatea este  $I_1$  (Figura 2.11). Forma matematică a legii este dată de relația (2.30).

$$I_2 = I_1 \cdot e^{-E_\lambda \cdot c \cdot d} \quad (2.30)$$

unde:  $E_\lambda$  este coeficientul de atenuare a radiației de lungime de undă  $\lambda$ ,

- $c$  – concentrația de gaz,
- $d$  – lungimea cuvei de măsurare.

Prin definiție, gradul de absorbție este dat de relația (2.31) :

$$Ab = \frac{I_1 - I_2}{I_1} \quad (2.31)$$

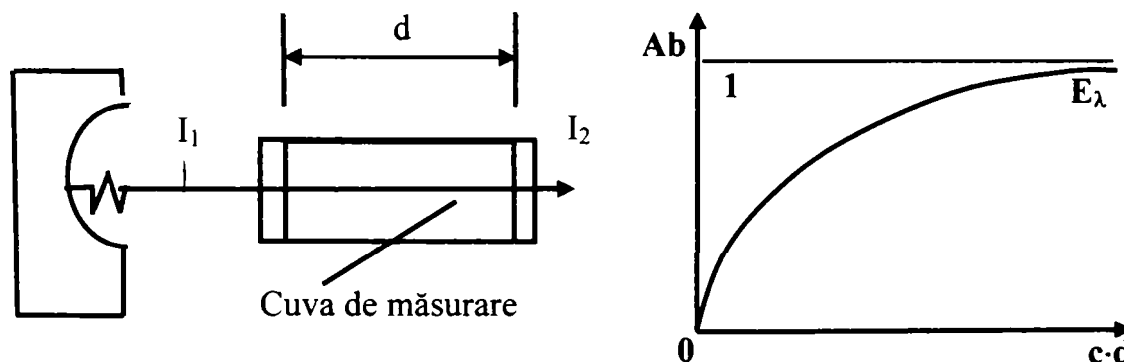
unde:  $I_1$  - este intensitatea radiației la intrarea în proba de analizat [cd],

$I_2$  - este intensitatea radiației la ieșirea din proba de analizat [cd],

Prin urmare, expresia sa, în funcție de produsul  $c \cdot d$ , devine:

$$Ab = 1 - e^{-E_\lambda \cdot c \cdot d} \quad (2.32)$$

unde semnificația mărimilor este cea anterior definită.

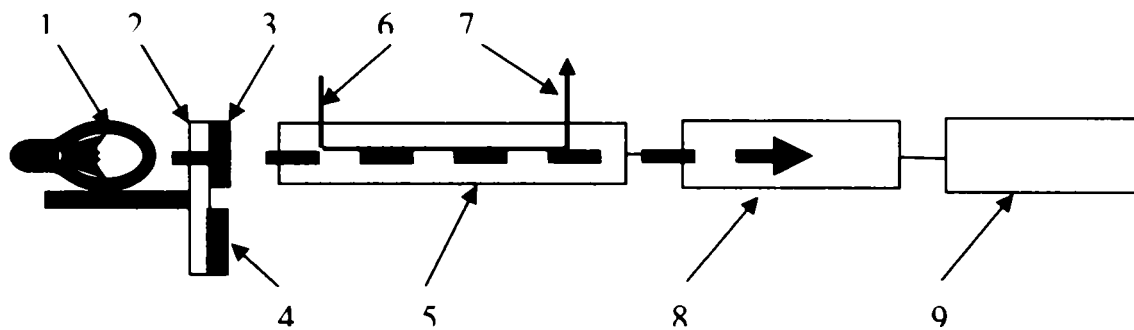


**Figura 2.11: Principiul metodei fotometriei nedispersive și variația gradului de absorbție conform legii Lambert-Beer.**

În Figura 2.11 este prezentată variația gradului de absorbție  $Ab$ , definit de relația (2.32, funcție de produsul  $c \cdot d$ . Se observă că, pentru un gaz specific, o anumită lungime de undă a radiației  $\lambda$  și o lungime dată  $d$  a cuvei de măsurare, gradul de absorbție  $Ab$  depinde doar de concentrația  $c$  a gazului din cuvă, deci este o măsură a acesteia. Pe această observație se bazează metoda măsurării intensității relative de absorbție.

Determinarea coeficientului de absorbție se realizează prin compararea intensităților de ieșire a două fascicule de raze cu lungimi de undă diferite  $X_0$ ,  $X_r$  care străbat aceeași distanță  $d$  și parcurg aceleași mediu (vezi Figura 2.12). Mediul este neabsorbant pentru radiația cu lungimea de undă  $X_0$  și este absorbant pentru radiația cu

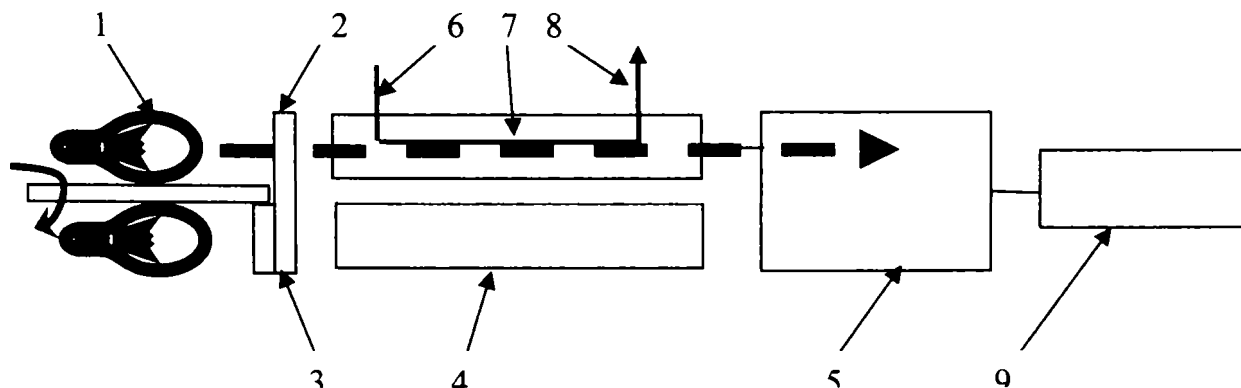
lungimea de undă  $X_r$ . Diferența dintre cele două intensități este proporțională cu concentrația  $c$  a gazului ce trebuie determinat în mediul respectiv.



**Figura 2.12: Principiul măsurătorii pentru instrumentele cu un singur fascicul.**

1 – lampă generatoare de radiație IR, 2 – disc distribuitor, 3 – filtru pentru radiația neabsorbită de mediul de măsură, 4 – filtru pentru radiația absorbită de mediul de măsură, 5 – celulă cu proba de analizat, 6 – intrare probă aer, 7 – ieșire probă aer, 8 – detector, 9 – unitate de procesare a semnalului.

Determinarea coeficientului de absorbție se realizează și prin compararea intensităților de ieșire a două fascicule de raze de aceeași intensitate incidentă  $I_i$  și aceeași lungime de undă  $X$ , care străbat aceeași distanță  $d$ , dar parcurg medii diferite. Unul dintre medii este neabsorbant pentru respectiva lungime de undă (de regulă azot,  $N_2$ ), iar celălalt mediu este proba de analizat. Principiul măsurării este ilustrat în Figura 2.13.



**Figura 2.13: Principiul măsurătorii pentru instrumentele cu fascicul dublu.**

1 – lampa generatoare de radiație IR, 2 – disc distribuitor, 3 – filtru obturator pentru radiație, 4 – celula cu mediul etalon, 5 – detector, 6 – intrare proba aer, 7 – celula cu proba de analizat, 8 – ieșire proba aer, 9 – unitate procesare semnal

### 2.3.2 Principii și echipamente optice pentru monitorizarea calității aerului

O alternativă la tehnicile clasice de măsurare a poluării aerului o constituie tehnicile optice de măsurare. Ele se bazează pe proprietățile gazelor de a absorbi radiația electromagnetică într-un anumit interval de lungime de undă, specific pentru fiecare specie chimică în parte [15], [16], [86].

Metodele optice sunt utile și eficiente pentru analiza compoziției atmosferei și au o largă arie de aplicabilitate. Sunt recomandate pentru monitorizarea poluării aerului pe spații întinse (constituind așa numita distanță optică), în vecinătatea marilor companii

industriale și pentru monitorizări în mediul urban. Se folosesc cu succes și pentru avertizarea depășirii unor nivele limită. În SUA sunt metode standardizate, în Europa sunt doar pe cale de a fi introduse în standarde, deși, pentru calitățile ce le prezintă, sunt folosite pe scară largă, în special pentru monitorizări industriale și alarmări ale unor situații speciale. Instrumentele optice sunt selective și sensibile, și indiscutabil se vor impune și pe piața europeană. Semnalul transmis, de natură electrică, se pretează la introducerea instrumentelor optice în buclele sistemelor de automatizare.

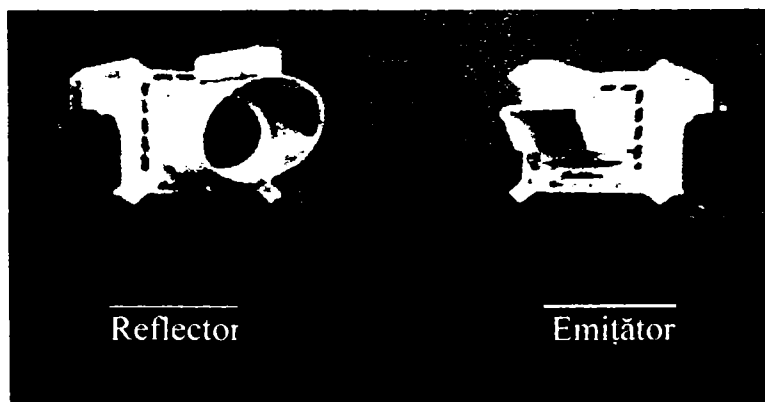
### 2.3.2.1 Principiul DOAS

DOAS este acronimul pentru **Differential Optical Absorption Spectroscopy**.

Instrumentele *DOAS* au la bază principiul legii absorbției Beer-Lambert. Această lege Beer-Lambert oferă relația între radiația absorbită și numărul de molecule de gaz aflate pe distanța optică *Emițător – Detector*. Radiația folosită de aceste instrumente acoperă atât domeniul Ultraviolet (UV), cât și cel de radiație în Infraroșu (IR).[site-ul *SPECTRONIX*]

Un exemplu de un astfel de instrument este cel fabricat de Firma Spectronix. Denumirea comercială este SafEye. Această gamă de aparate poate detecta gaze aromatice (hidrocarburi) și toxice la concentrații mici, pe o distanță optică de până la 100 m. Instrumentele folosesc o sursă de lumină tip BLITZ, care este mai eficientă pentru a înlătura efectele reflecției radiației solare, ale iluminatului sau ale radiației termice, etc. Un singur FLASH are o putere a radiației de 10 kW, la o frecvență de la 1 la 1000 kHz, pe durată mai mică de o milisecundă. Tipurile de noxe detectate, funcție de diferitele modele, sunt:

- Hidrocarburi (C1 –C8) detectate cu SafEye 256 lucrând în IR DOAS,
- Benzen, toluen, amoniac detectate cu SafEye 424 lucrând în UV DOAS,
- Hidrogen sulfurat detectate cu SafEye 414 lucrând în IR DOAS.



**Figura 2.14: Instrumentul optic SafEye 256 (IR DOAS), produs de firma SPECTRONIX.**

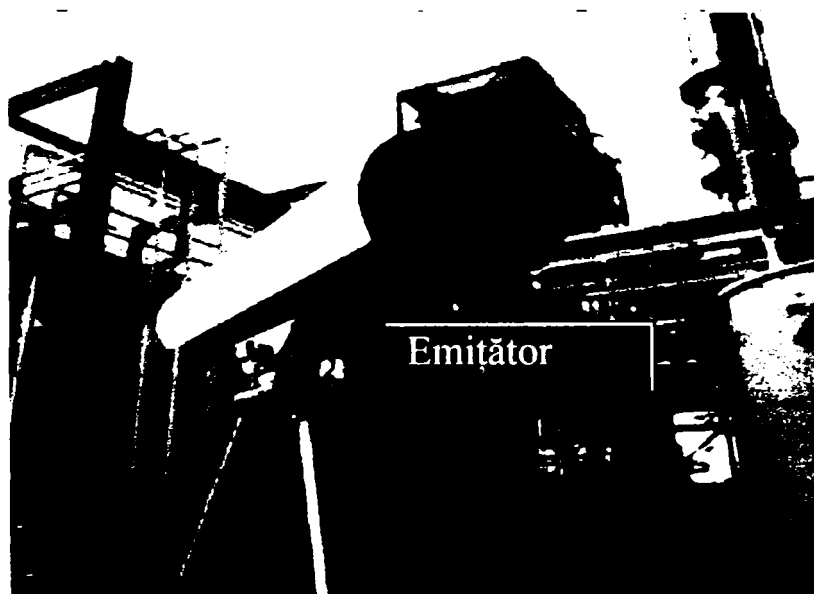
### 2.3.2.2 Principiul FTIR

FTIR este prescurtarea de la **F**ourier **T**ransform **I**nfra**R**ed. Principiul se aplică și în domeniul ultraviolet, caz în care se numește FTUV, adică **F**ourier **T**ransform **U**ltra**V**iolet.

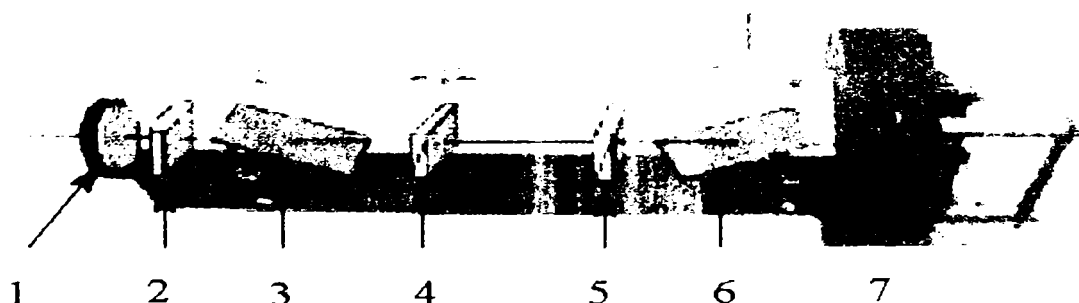
Aparate ce lucrează după acest principiu folosesc o sursă de lumină în infraroșu (IR) sau ultraviolet (UV) și transformă semnalul optic receptat într-un spectru folosind *Transformata Fourier*. Prin analiza spectrală se pot analiza și identifica simultan diverse gaze toxice. Instrumente au de obicei, în memorie, o bibliotecă de benzi de absorbție de care se folosesc pentru detectarea unei specii sau familii de gaz.

Se exemplifică principiul în baza unui produs al firmei Dräger Safety AG &Co, care produce un aparat bazat pe principiul FTIR, comercializându-l sub numele *Polytron ToxLine* (Figura 2.15). poate detecta gaze aromatice și toxice la concentrații mici, pe o distanță optică de până la 200 m și anume: benzen, toluen, xylen, amoniac, hidrogen sulfurat, bioxid de sulf, bioxid de azot, monoxid de azot, ozon.

Firma Dräger Safety AG &Co a introdus și un nou sistem de formare a spectrului (spațial) cu oglinzi, fără componente fizice în mișcare (Figura 2.16).



**Figura 2.15: Instrumentul optic Polytron ToxLine (FTIR) produs de firma Dräger Safety AG &Co.**



**Figura 2.16: Schema noului sistemul optic de formare al spectrului produs de firma Dräger Safety AG &Co.**

1 – filtru pentru sortarea radiației, 2 – lentilă cilindrică, 3 – focalizator, 4 – prisme optice, 5 – prisme optice, 6 – focalizator, 7 – matrice pentru detecție.



### 2.3.2.3 Principiul NDIR

NDIR este prescurtarea de la **N**on **D**ispersive **I**nfra**R**ed radiation.

Acest principiu stă la baza instrumentului optic utilizat în prezenta cercetare. A fost calibrat pentru detectarea selectivă și măsurarea concentrației de monoxid de carbon. Instrumentul HAWK SIEMENS este produs de firma Siemens și detectează prezența unui anumit gaz în funcție de filtrul optic utilizat pe o distanță optică de până la 350 m [8].

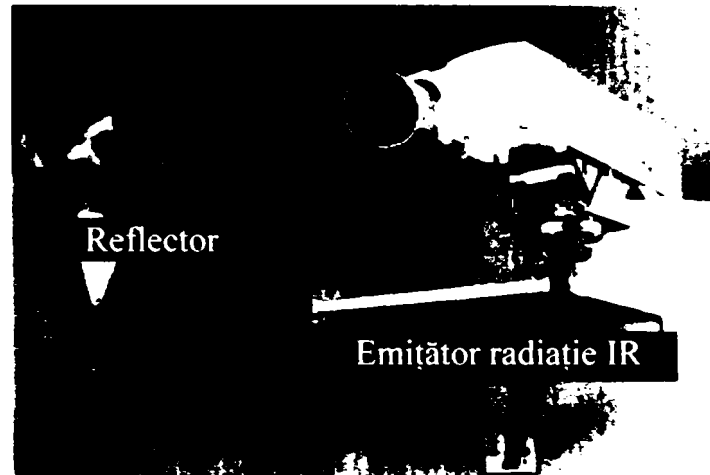


Figura 3.1: Aparatul Hawk Siemens.

Posibilitățile de amplasare ale instrumentului sunt diverse. În Figura 3.2 sunt arătate principalele surse de poluare care pot fi monitorizate cu instrumentul optic.

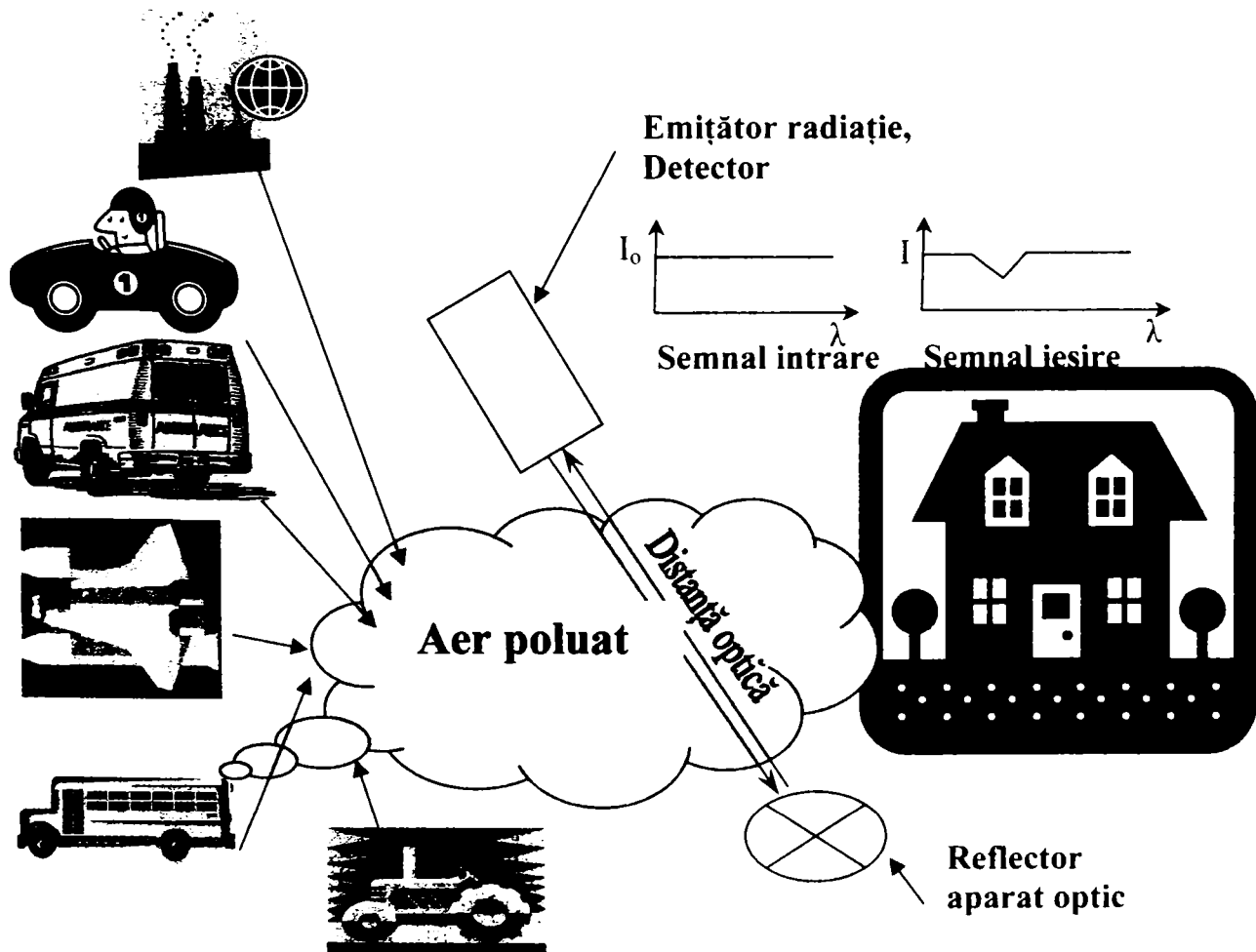


Figura 3.2: Schema de principiu a amplasării aparatului Hawk Siemens.

Aparatul a fost testat în condiții comparative față de un instrument clasic de monitorizare continuă a CO funcționând după metoda spectrometrică în infraroșu nedispersiv (NDIR), menționată de legislația națională ca metodă standardizată, în diferite condiții de poluare urbană. Prezenta lucrare este bazată pe aceste cercetări experimentale comparative. [15].

### 2.3.3 Principiul DIAL LIDAR

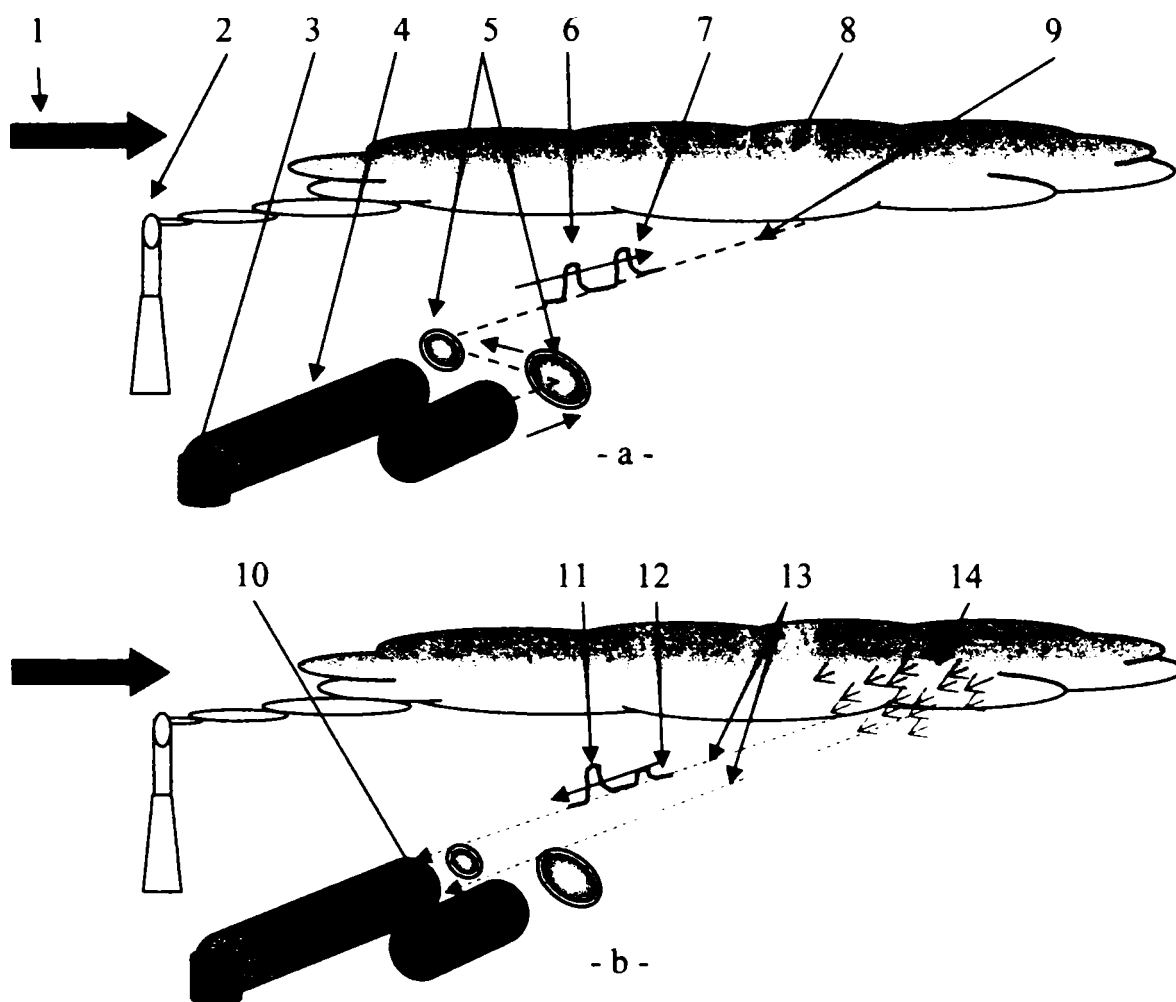
DIAL- LIDAR reprezintă acronimul pentru **D**ifferential **A**bsorption **L**ight - **L**ight **D**etection and **R**anging. Această tehnică se bazează pe o rază LASER care este trimisă în atmosferă, având două lungimi de undă diferite. În primul caz, radiația este absorbită de moleculele de gaz, iar în celălalt caz ea nu interacționează cu moleculele de gaz. Diferența dintre undele reflectate ale celor două semnale este interpretată de aparat ca o mărime a concentrației respectivului gaz în atmosferă.

Raza LASER trimisă în atmosferă este reflectată de particulele de praf sau aerosoli și este captată de un detector foarte sensibil. În funcție de perioada pulsațiilor se stabilește distanța care este scanată și deci se poate măsura o distribuție spațială a concentrațiilor.

Firma *Spectrasyne Ltd* utilizează un aparat funcționând pe principiul DIAL – LIDAR, care este capabil să detecteze și să cunatifice dintr-un volum mare de analiză următoarele specii: benzen, toluen, xilen, bioxid de azot, monoxid de azot, metan, butan etc. În Figura 2.17 prezintă un exemplu de poziționare al instrumentelor de măsură specific tehnicii DIAL – LIDAR iar Figura 2.18 se indică schematic principiul DIAL –LIDAR.



Figura 2.17: Exemplu de organizare a măsurătorilor efectuate cu sistemul DIAL LIDAR.



**Figura 2.18: Principiul de funcționare DIAL LIDAR:**

**a) emiterea radiației în spațiu, b) recepționarea și detectarea radiației reflectate:**

1 - direcție vânt, 2 - sursă de emisie, 3 - detector, 4 - ansamblu telescop, 5 - oglinzi de deviere, 6 - radiație incidentă perfect reflectată de norul poluant, 7 - radiație incidentă care va fi absorbită parțial de norul de noxe, 8 - nor de poluant, 9 - direcție de trimitere a razei laser în spațiu, 10 - sursă laser, 11 - radiație perfect reflectată, 12 - radiație absorbită parțial de mediu poluant, 13 - direcție de reîntoarcere a razei laser din spațiu, 14 - radiație reflectată.

## 3 Contribuții personale la tematica de cercetare

### 3.1 *Identificarea necesității de abordare a cercetării*

Capitolul de mediu trebuie finalizat nu numai formal, dar și faptic, pentru ca România să poată avea șansa de a intra pregătită în Comunitatea Europeană. Gestionarea surselor de poluare și monitorizarea lor pentru limitarea emisiilor în conformitate cu legislația națională, inspirată din cea comunitară, constituie un pas important și care dă speranțe pentru menținerea în parametri normali ai indicilor de calitate ai aerului, cu deosebire a celor din zone urbane, atât de afectați de diversitatea și multitudinea surselor poluante.

Contribuțiile originale răspund scopului propus al temei și sunt formate din aspecte teoretice, legate de valorificarea documentării și utilizării tehnicii de modelare numerică ca instrument de analiză și prognoză a calității aerului în zona urbană a municipiului Timișoara, cât și din aspecte pur experimentale, finalizate prin prelucrarea datelor măsurate de-a lungul unor campanii on line, de durată, laborioase și complexe, reprezentative și bine documentate.

Cu toate că au mai fost întreprinse în România activități de monitorizare a poluării atmosferei de către unități de cercetare-dezvoltare sau unități de control din rețeaua națională de supraveghere a calității mediului, acestea nu s-au referit la monitorizări în timp real și continuu, deoarece aparatura de prelevare a probelor și tehnicile folosite pentru măsurătorile în timp real nu a permis acest deziderat. vechile monitorizări au avut la bază măsurători punctuale și sporadice, neputând oferi informații clare și de ansamblu asupra situației.

Practic, din analiza succintă a scopurilor avute în vedere prin crearea SNEGICA, se confirmă necesitatea și inevitabilitatea de acțiune pe plan național în domeniul protecției mediului, în particular a aerului. Faptul că teza aduce în acest sens o contribuție la nivel de exemplu și urmărește în parte scopurile menționate în hotărârea guvernamentală este un motiv care îi conferă un caracter de necesitate și originalitate.

Dreptul la un mediu curat este garantat prin constituția europeană și națională și societatea civică trebuie să dispună de specialiști capabili să ducă la îndeplinire aceste deziderate. Metodologiile de analiză trebuiesc dezvoltate și iminent adaptate situației economice și de cunoaștere științifică.

Metoda optică aplicată este analizată obiectiv în cadrul unor campanii majore la nivelul municipiului Timișoara, răspunzând tematicii propuse. Analiza pertinentă, comparativă și critică a rezultatelor permite identificarea avantajelor metodei optice de a gestiona parametri calitativi ai aerului, în zonă urbană, dar nu numai.

Necesitatea tezei este legată și de conturarea unei strategii demonstrative de cum trebuie organizată o campanie, care să corespundă cerințelor legislative și care să ofere rezultate de calitate. În acest sens, s-a urmărit punctual:

- Valorificarea cunoștințelor și dotării cu instrumentele specifice de detectare a principalelor noxe specifice zonei urbane, conform legislației române și europene,
- Identificarea și realizarea unor modalități practice de gestionare a parametrilor specifici meteorologici, absolut necesari interpretării rezultatelor legate de concentrațiile de poluanți măsurate,
- Realizarea de programe pentru achiziția de date, memorarea lor, prelucrarea statistică și grafică,
- Identificarea unor softuri specializate privind prelucrarea datelor respectiv generarea unor curbe de dispersie, în diferite condiții reale sau ipotetice, de strategie sau de caz limită,
- Conturarea unor concluzii critice și favorabile și a unor sugestii privind aplicabilitatea metodei, în baza unei analize corelative profesionale,
- Ancorarea cercetărilor la stadiul actual al cunoașterii, prin colaborări internaționale și publicarea rezultatelor. Acestea au urmărit nu numai formarea unei experiențe naționale, dar și demonstrarea grijii față de calitatea aerului în zone urbane, prin acțiuni concrete.
- Dezvoltarea de know how și cooptarea prin diseminare a unor rezultate și experiențe internaționale.

Tematica tezei acoperă o breșă existentă în domeniul științelor ingineresti de cercetare aplicativă asupra calității aerului. Experimentările dar și aplicațiile de simulare numerică sunt încă deficitare, deși legislativ, în România ar trebui ca astfel de cercetări complexe să fie mult mai avansate și cu aplicații numeroase.

Lucrarea, fiind un model efektiv de cum se poate întreprinde o analiză completă, grefată pe o metodologie legislativ conturată în domeniul protecției și calității aerului, este necesară nu numai grupului țintă de specialiști în domeniu, dar poate furniza tuturor celor interesați concluzii interesante.

## 3.2 *Seleționarea strategiei, echipamentelor și softurilor folosite în cercetare*

### 3.2.1 **Strategia cercetării**

Cercetarea a fost organizată în scopul identificării avantajelor și dezavantajelor metodei optice de monitorizare a calității aerului. Metodele optice de înaltă sensibilitate sunt în vizorul specialiștilor din CE pentru a fi standardizate cât de curând. De aceea, identificarea unor condiții optime (bets practice) de utilizare a instrumentelor reprezintă scopul general al strategiei. Contribuția a constat în principal din cercetări comparative privind rezultatele măsurătorilor de calitate a aerului, efectuate în diferite aglomerări urbane, și analiza critică a rezultatelor [12], [15], [16], [24].

Principala strategie a constat din măsurători directe, bine conturate tehnic și on line, de durată, fiabile și continue, asupra calității aerului, în diferite situații și la diferite nivele de poluare [57], [58], [65], [66], [67].

Simularea numerică a fost utilizată ca și strategie de lucru fie pentru identificarea poziționării zonelor celor mai poluate, fie pentru determinarea unor factori de emisie, fie pentru compararea rezultatelor cu cele obținute din măsurătorile on line, pe episoade asemenea.

Ca ultimă strategie s-a aplicat metoda de analiză comparată sau corelativă a rezultatelor obținute fie prin măsurători directe cu două tehnici de investigare, dintre care una este cea optică, fie din simulări numerice.

### 3.2.2 **Instrumentul optic**

Instrumentul care a fost utilizat este din gama instrumentelor optice (model HAWK), produs de firma SIEMENS. Funcțional, ca de altfel majoritatea instrumentelor de aceeași categorie, așa cum s-a evidențiat la paragraful anterior, detectează prezența unei noxe sau a unei familii de noxe în atmosferă, cuantificând media concentrației noxei respective de-a lungul distanței dintre emițător și reflector, adică de-a lungul așa numitei distanțe optice (vezi Figura 3.2). Condiția de funcționare este iminent legată de neîntreruperea drumului optic prin interpunerea unor paravane sau ecranarea cu obstacole, chiar dacă este de scurtă durată. Distanța optică (lungimea probei de analizat) poate fi aleasă între 10 și 350 m și este definită ca dublul distanței, în linie dreaptă, dintre un generator de radiații infraroșii și un reflector pasiv. Aparatul se calibrează în funcție de natura speciei poluante și nivelul detectabil al concentrației.



Sistemul poate fi instalat în situ (*in door* sau *out door*), atât pentru o monitorizare continuă de lungă durată, cât și de durată limitată, fiind protejat împotriva intemperiilor atmosferice sau altor influențe perturbatoare. Aparatul conține conexiuni electrice pentru supraveghere locală sau de la distanță, precum și un sistem de înregistrare a datelor și un sistem de alarmare, în caz de funcționare necorespunzătoare. Elemente componente și schema bloc sunt prezentate în cele ce urmează, în detaliu.

Instrumentul Hawk se compune din două piese (monitor și reflector), care trebuie să se vadă între ele și se poate instala, pentru monitorizări permanente, pe pereți fideși, folosind un suport adecvat. În alte situații, instalarea se poate face și pe două trepiede portabile, care oferă o mai mare libertate de poziționare, respectiv de investigare. Echipamentul funcționează la o tensiune de 24 V curent continuu, provenită de la o sursă de tensiune continuă sau de la un acumulator extern.

Monitorul este perfect aliniat pe orizontală, axial, cu reflectorul care poate conține una sau mai multe unități. Alinierea inițială între monitorul Hawk și reflector se poate face cu ajutorul unei lunete. Poziționarea în vederea funcționării și reglajul fin se realizează prin intermediul unei unități de aliniere electronică, care oferă un control vizual și sonor al procesului de reglare.

Cablurile de interconectare transmit semnalul între monitor și unitatea de comandă, monitor și unitatea de stocare a datelor, monitor și elementele de diagnosticare a semnalului. De asemenea, folosesc la alimentarea aparatului cu energie electrică.

Schema bloc a monitorului Hawk interconectat cu toate perifericele este prezentată în Figura 3.3. În cele ce urmează se descriu toate componentele principale.

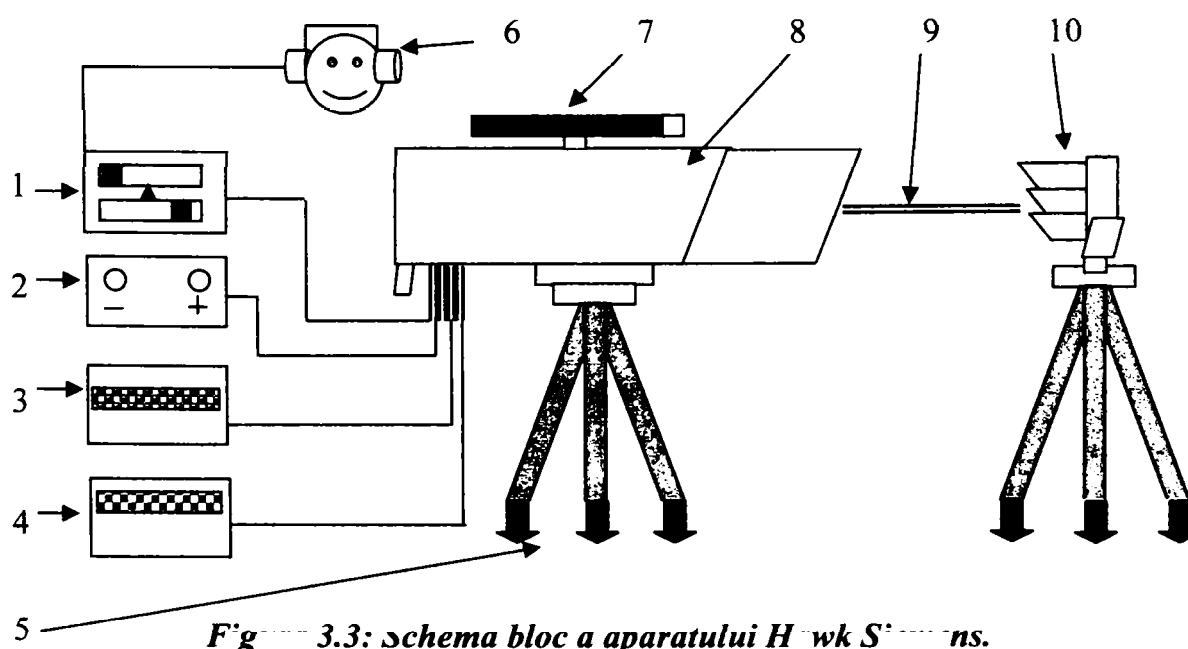


Fig. 3.3: Schema bloc a aparatului Hawk Sins.

1 – indicatorul de calibrare, 2 – sursă de alimentare-tensiune, 3 – conectare la unitatea de stocare a datelor (placa de achiziție), 4 – placa de diagnosticare și alarmare, 5 – tripod susținere, 6 – cască audio pentru calibrare, 7 – lunetă telescopică, 8 – monitorul Hawk, 9 – distanță optică, 10 – reflector,

Partea din instrument denumită *monitorul Hawk* este o incintă închisă, protejată de radiațiile solare excesive printr-un acoperiș izolator termic. Umiditatea în interiorul monitorului este controlată prin două exsicatoare care trebuie periodic alimentate cu silicagel activ. Lampa, amplasată în monitor, emite o radiație IR cu o lungime de undă nepericuloasă pentru om. Unda transmisă și cea recepționată trec printr-un sistem optic demontabil, plasat în fața monitorului și care este protejat de o grilă și o apărătoare împotriva loviturilor mecanice și a intemperiilor atmosferice.

În interiorul monitorului (vezi și Figura 3.4) există o sursă de radiație, un detector de radiație IR și un procesor de semnal. Sursa de lumină în miniatură acoperă gama de lungimi de undă din domeniul de operare și de asemenea emite radiație și în spectrul vizibil pentru facilitarea alinierii în primă etapă prin observare optică. Radiația provenită de la sursă este de tip pulsator, cu o frecvență de 250 Hz și formează o undă foarte bine direcționată, folosind în acest sens un sistem foarte precis de oglinzi.

*Reflectorul* este o unitate optică pasivă. Rolul său constă în a întoarce unda incidentă și de a dubla astfel drumul optic în spațiul analizat, sporind acuratețea măsurării. Fiecare unitate de reflectare este o componentă nealimentată electric, fără componente în mișcare, protejată de condițiile atmosferice și a interferențelor cu câmpuri apropiate de lumină printr-o folie care se poate înlocui și care este protejată de o grilă și de o carcasă. Reflectoarele individuale se pot monta pe o placă până la un număr de 7 unități pentru a forma o matrice de reflectoare.

*Sursa de tensiune* asigură independență de funcționare, stabilitatea tensiunii de alimentare și este integrată într-o carcasă izolată. Această unitate este protejată prin siguranțe interne, atât pe intrare cât și pe ieșire.

*Indicatorul de calibrare* este un mic aparat, care poate fi ținut în mână sau suspendat de monitor în timpul procedurii de setare a aparatului. Unitatea este prevăzută cu o mufă pentru căști și un cablu pentru interconectarea cu monitorul Hawk. Unitatea este alimentată de la monitor și este prevăzută cu două matrici liniare de led-uri pentru vizualizarea indicației și a semnalului de ieșire pentru căști. Două întrerupătoare sunt de asemenea încorporate pentru ajustarea sensibilității. Căștile sunt conectate cu unitatea de aliniere și calibrare pentru a reda semnalul în timpul procesului de aliniere între monitor și reflector.

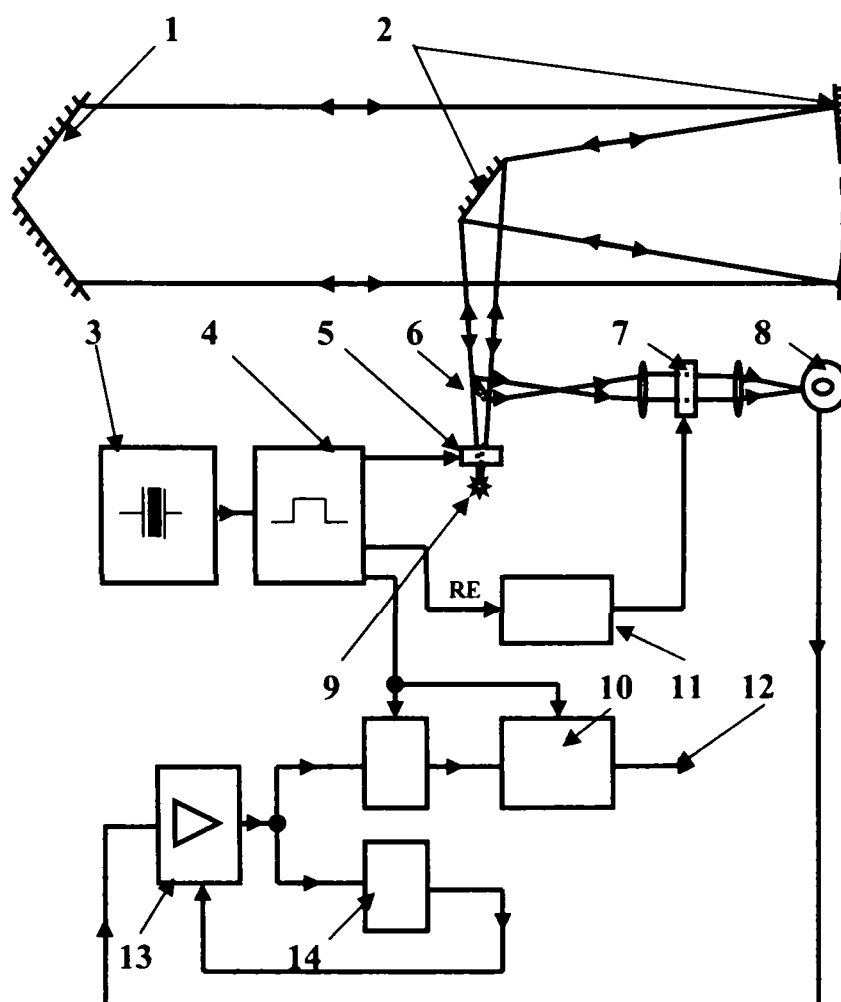
*Luneta telescopică* este disponibilă atât pentru montări permanente, cât și pentru aplicații temporare. Este un element ajutător în timpul procesului de aliniere și este atașată pe monitor, în partea superioară. Ea poate fi folosită și pentru verificarea stabilității poziționării aparatului.

*Trepiedul* este disponibil atât pentru susținerea monitorului Hawk cât și a unității cu reflectoare atunci când acestea sunt folosite în locații temporare.

*Cablurile de interconectare* transmit semnalul între monitor și unitatea de comandă, monitor și unitatea de stocare a datelor, monitor și elementele de diagnosticare a semnalului, și folosesc la alimentarea aparatului cu energie electrică.

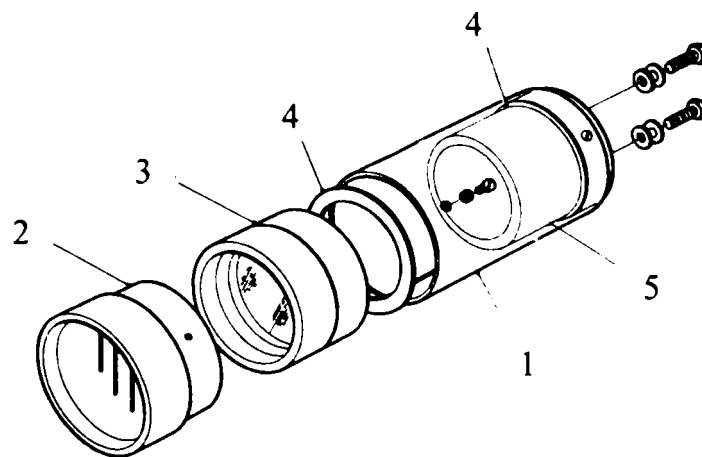
### 3.2.2.1 Principiul de operare

Sistemul Hawk folosește efectul de absorbție de către moleculele de gaz poluant (în cazul de față CO) a radiațiilor din domeniul de unde specific și, proporțional cu acest fenomen, detectează și cuantifică prezența numitei specii în mediul analizat. Distincția între diferitele noxe se face prin faptul că fiecare din ele au alte benzi de absorbție, cu lungimi de undă diferite. Fenomenul nu se petrece în spectrul vizibil, ci în domeniul infraroșu (IR). Radiația IR pulsatorie pătrunde în unitatea de reflecție prezentată în Figura 3.5 și este reflectată de un sistem de oglinzi interne, care asigură întoarcerea undei exact pe axa de intrare.



**Figura 3.4: Elementele componente ale aparatului Hawk Siemens.**

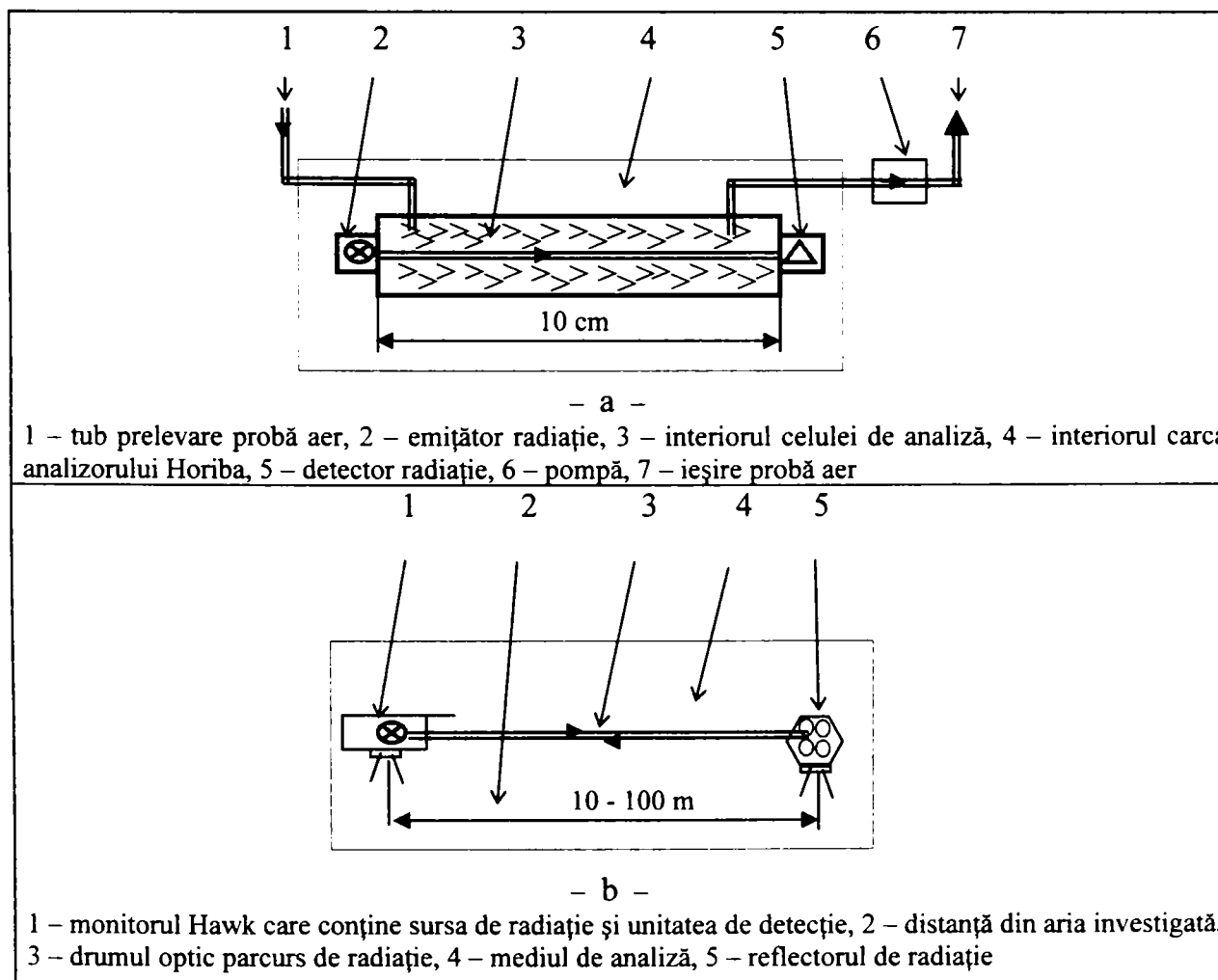
1 – reflector, 2 – oglindă, 3 – element de cuarț, 4 – generator de tact, 5 – disc cu fante, 6 – separator de fascicule, 7 – filtru pentru radiația I.R. , 8 – detector de radiație IR. 9 – sursă de radiație, 10 – procesor de semnal, 11 – demodulator, 12 – semnal de ieșire, 13 – semnal detectat, 14 – bloc de control automat al semnalului



**Figura 3.5: Secțiune printr-un element din reflectorul aparatului Hawk Siemens.**

1 – suport reflector, 2 – capac protecție, 3 – sticlă de protecție, 4 – inel de etanșare, 5 – element reflector

Absorbția are loc atunci când radiația infraroșie trece prin atmosfera ce conține noxa respectivă. Ea este proporțională nu numai cu concentrația de gaz, dar și cu distanța străbătută de radiație.



**Figura 3.6: Comparație dintre două sisteme de măsură folosite:**

- a) Principiul instrumentului clasic - HORIBA,**
- b) Principiul instrumentului optic modern - HAWK**

Fenomenul depinde deci de doi parametri și anume concentrația speciei și lungimea drumului optic, adică dublul distanței dintre reflector și monitor. Concentrația se va indica

în mod normal în ppm·m. Dacă concentrația noxei nu este constantă de-a lungul drumului, mărimea măsurată reprezintă o valoare medie. Cu cât drumul optic este mai lung, cu atât sensibilitatea instrumentului este mai ridicată, la valori ale concentrațiilor înregistrate mai reduse.

Diferența esențială față de aparatele clasice care se bazează pe același principiu de detecție în IR este prezentată în Figura 3.6. Se observă că între cele două sisteme diferența esențială constă în faptul că aparatele clasice măsoară punctiform, iar cele optice, pe o distanță, de-a lungul căreia mediază valorile. Avantajul noilor generații de aparate optice constă în faptul că, prin poziționarea corectă a instrumentelor, aria investigată este mult mai extinsă (pe toata distanța optică emițător - detector), pe orizontală sau verticală, deci rezultatele vor fi mai reprezentative pentru compoziția zonei de mediu investigate.

### 3.2.2.2 Principalele caracteristici tehnice

Principalele caracteristici tehnice ale instrumentului optic HAWK, așa cum a fost utilizat în cadrul cercetării, sunt următoarele:

- specia pentru care este calibrat: monoxid de carbon CO
- domeniul de lucru: 0 -2000 ppm·m
- limita de detecție inferioară: 30 ppm·m
- distanța minimă (distanță optică): 10 m
- distanța maximă (distanță optică): 100 m
- temperatură de funcționare: de la -30 până la +45 °C;
- umiditate: 0 – 95 % umiditate relativă, fără condensare

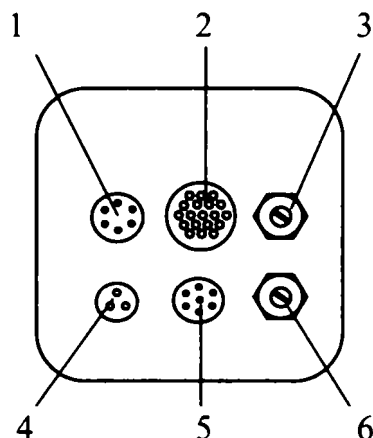
### 3.2.2.3 Instalarea și calibrarea instrumentului

Indiferent de durata măsurătorilor, la instalarea aparatului, este necesară o aliniere foarte stabilă între monitor și reflector. În acest sens s-a evitat amplasarea instrumentului pe soluri instabile sau pe platforme care sunt predispuse la deplasări și vibrații, în timp. Pentru instalarea pe sol, poziționarea s-a realizat pe un dispozitiv de susținere (schelă) stabil, amplasat în aria zonei monitorizate.

Pentru *alinierea mecanică* între emițător și reflector s-au parcurs următoarele etape:

- Deblocarea protecțiilor de pe panoul de control și conexiuni (Figura 3.7).
- Conectarea cablului de alimentare cu tensiune la acumulatorul care furnizează energia necesară, evitând în acest mod fluctuațiile de tensiune din rețeaua de alimentare.

- Conectarea unității de aliniere și calibrare și a căștilor audio la panoul de conexiuni.
- Alimentarea monitorului prin închiderea întrerupătorului acumulatorului și permiterea echipamentului să intre în stare de funcționare în cel puțin 60 secunde, pentru stabilizare.



**Figura 3.7: Panoul de control și conexiuni al instrumentului**

1 – mufă cablu ieșire semnal, 2 - mufă cablu diagnosticare, 3 – calibrarea de zero(RV2), 4 – alimentare cu tensiune, 5 – conector unitate aliniere și calibrare, 6 – reglarea factorului de amplificare

- Rotirea potențiometrului  $RV_1$  complet în sens trigonometric.
- Setarea ambele comutatoare ale unității de aliniere și calibrare pe scara HIGH (scară grosieră).
- Deblocarea șuruburilor de fixare ale monitorului și reflectorului și alinierea optică a celor două componente. În momentul în care în cască a fost recepționat un semnal sonor cu o frecvență de 250 Hz s-au strâns șuruburile de fixare.

În continuare, îmbunătățirea alinierii optice s-a perfecționat cu ajutorul dispozitivelor de reglaj fin, urmărindu-se pe indicatorul cu leduri al unității de aliniere. În momentul în care s-a obținut o îmbunătățire a alinierii optice, ledul aprins se va deplasa spre partea stângă, pentru situația în care se privește aparatul dinspre indicatorul de calibrare.

În momentul în care ledul din partea stângă s-a aprins sau atunci când nu mai era nici un led aprins, s-a setat comutatorul scării RANGE pe LOW (adică scară fină), continuând reglajul, până în momentul în care ledul din stânga s-a aprins sau s-au stins toate ledurile. Rotirea potențiometrului Monitor GAIN în sens orar, până în momentul în care al doilea sau al treilea led din partea stânga s-a aprins, a fost urmată de blocarea potențiometrul în poziția respectivă. Astfel s-a definitivat alinierea mecanică.

Calibrarea pentru punctul de zero s-a realizat în locația unde s-a efectuat monitorizarea calității aerului, în condiții în care nivelul de poluare s-a considerat a fi cel mai scăzut.(de obicei noaptea). În situația în care nivelul de poluare nu a putut fi considerat



ca scăzând aproape de zero, calibrarea de zero s-a realizat în altă locație, dar respectându-se distanța optică.

În conformitate cu instrucțiunile de utilizare ale firmei producătoare [ ], s-au parcurs următoarele etape de amănunt, dar absolut necesare, pentru a pregăti instrumentul și a putea începe campania de monitorizare continuă, de durată:

- Setarea comutatoarelor indicatorului de alinierea și anume a comutatorul GAIN (de amplificare) pe scara HIGH (scară grosieră) și comutatorul RANGE (scală) pe LOW (scară fină);
- Rotirea completă a potențiometrul GAIN notat în figură (RV1) în sens orar; *Observație:* Dacă indicatorul cu led-uri GAIN a prezentat un led aprins în partea dreaptă a centrului indicatorului marcat printr-o săgeată, s-a activat, prin rotire, potențiometrului GAIN în sens trigonometric, până în momentul în care ledul din direcția săgeții centrale s-a aprins.
- Observarea momentului în care apare stingerea indicatorului sau aprindere a ledului din stânga săgeții centrale, ca indicativ că se poate continua reglarea;
- Setarea comutatorului RANGE (scală) pe scara HIGH (scară grosieră), simultan cu observarea indicatorului notat cu ZERO pe unitatea de aliniere și calibrare;
- Rotirea potențiometrului RV2 până în momentul aprinderii led-ului din dreptul săgeții centrale de pe cadranul de citire;
- Reglarea comutatorului RANGE (scală) pe LOW (scară fină) și repetarea pașilor,
- Asigurarea celor două potențiometre împotriva rotirii lor accidentale și deconectarea indicatorului de aliniere și calibrare.

#### 3.2.2.4 Prelucrarea datelor măsurate

La panoul de conexiuni s-a conectat un cablu denumit Signal Output, cablu la care teoretic se vor măsura 0,4 V pentru o concentrație egală cu zero, respectiv 2,0 V pentru o concentrație maximă. Ieșirea de pe acest cablu s-a conectat la placa de achiziție iar coloanei în fișierul de date i s-a dat denumirea generică de Hawk 2,0 V. [107].

Tabelul de calibrare întocmit de firma producătoare Siemens indică următoarea relație de transformare a concentrației exprimate în ppm·m funcție de valoarea tensiunii generate în milivolți.

$$c = 1,1986 \cdot U - 476,41 \quad 3.1$$

unde: c este concentrația în ppm·m,

U - valoarea înregistrată de placa de achiziție în V, transformată în mV.

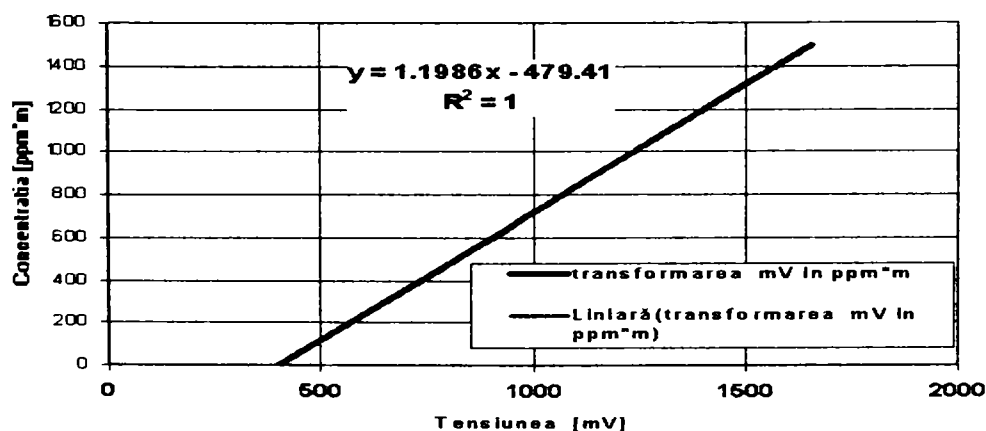
*Concentrația exprimată în ppm·m este media concentrației înregistrată de Hawk pe toată distanța dintre emițător și reflector. Se menționează că pentru lungimea drumului optic trebuie luat în calcul dublul distanței dintre emitent și reflector, pentru că fasciculul de lumină parcurge distanța în ambele sensuri. Valorile obținute și prelucrate în urma măsurătorilor au fost apoi comparate cu valorile limită pentru poluanți aeropurtați în imisii, prevăzute în normele în vigoare.*

În cazul funcționării normale a aparatului, pe cablul denumit Diagnostic Signal (semnal de diagnosticare), s-a măsurat o tensiune cuprinsă între 0,9 și 4,5 V. Toate valorile în afara acestei game au fost ignorate, deoarece valorile mai mici provin din erori de măsurare, iar valorile mai mari reprezintă o blocare optică a semnalului sau o dezaliniere a aparatului. Semnalele de pe cablul de diagnostic au fost înregistrate în fișierul de date, pe canalul notat Hawk 4,7 (Anexa Fișier achiziție date).

Pentru prelucrarea rezultatelor s-a inițializat o sortare a datelor, reținându-se ca și corecte valorile de pe canalul Hawk 2,0, localizate pe aceeași linie din tabelul de valori diagnosticate ca semnale corecte, adică cuprinse între 0,9 și 4,5 V, pe canalul Hawk 4,7.

În mod normal, atunci când se face alinierea și calibrarea instrumentului optic, deci când se instalează aparatul și se alege drumul optic, în condiții de întuneric și aer curat, tensiunea la ieșire trebuie să aibă teoretic valoarea de 0,4 V. Aceste condiții se pot atinge de regulă, în condiții urbane, doar noaptea, în intervalul de la ora 1 până la 2, când practic se reduce foarte mult intensitatea traficului și nu există activități industriale majore.

Semnalul furnizat de instrument este de formă tensiune, exprimată în mV. Relația de transformare spre unitate standardizată de calitate aerului (ppm·m) se realizează conform unei dependențe indicate de producător (Figura 3.8, curba roșie). Din această etalonare inițială, s-a generalizat ecuația matematică a transformării, care permite extinderea domeniului de măsură și spre alte valori decât cele folosite la procedeul de etalonare inițială a instrumentului optic, la calibrarea din fabricație.



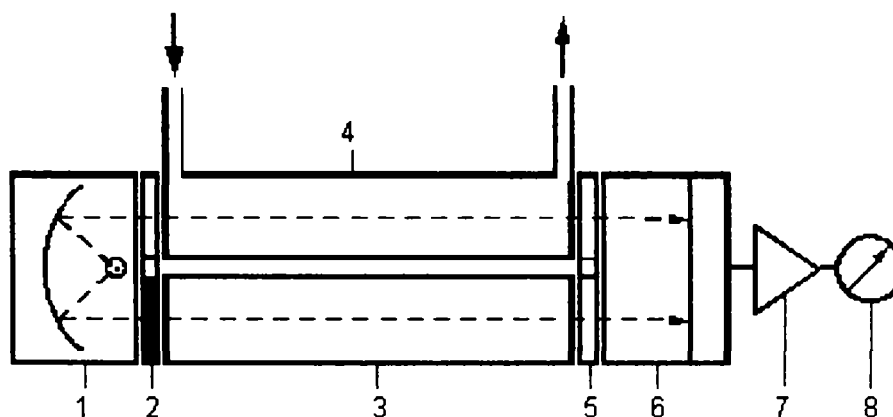
**Figura 3.8: Etalonarea instrumentului conform graficului de la producător.**

### 3.2.3 Analizorul clasic

Analizorul Horiba APMA 350E [1] este utilizat la determinarea imisiei de monoxid de carbon (CO) în aerul înconjurător, principiul de determinare a concentrației de CO fiind detecția prin analiză nedispersivă în infraroșu (NDIR). Metoda este prevăzută în ISO 4224 și este conformă cu cerințele Ordinului nr. 592 din 25 iunie 2002, Anexa 5, precum și cu legislația internațională. Fiind folosit ca și aparat de comparație, a fost denumit adeseori în cercetare ca instrument clasic.

Analizorul APMA-350E determină concentrația de oxid de carbon CO din aer pe principiul NDIR – non-dispersiv infrared – analiză nedispersivă cu absorbție în infraroșu.

Figura 3.9 prezintă schematic fenomenul de absorbție în infraroșu.



**Figura 3.9: Absorbția în infraroșu:**

1- sursă lumină infraroșu; 2 – modulator; 3 - celulă cu gaz de referință; 4 - celulă de trecere a probei de analizat; 5 - filtru optic; 6 - receptor opto-pneumatic; 7- amplificator; 8 - afișaj, ieșire semnal electric

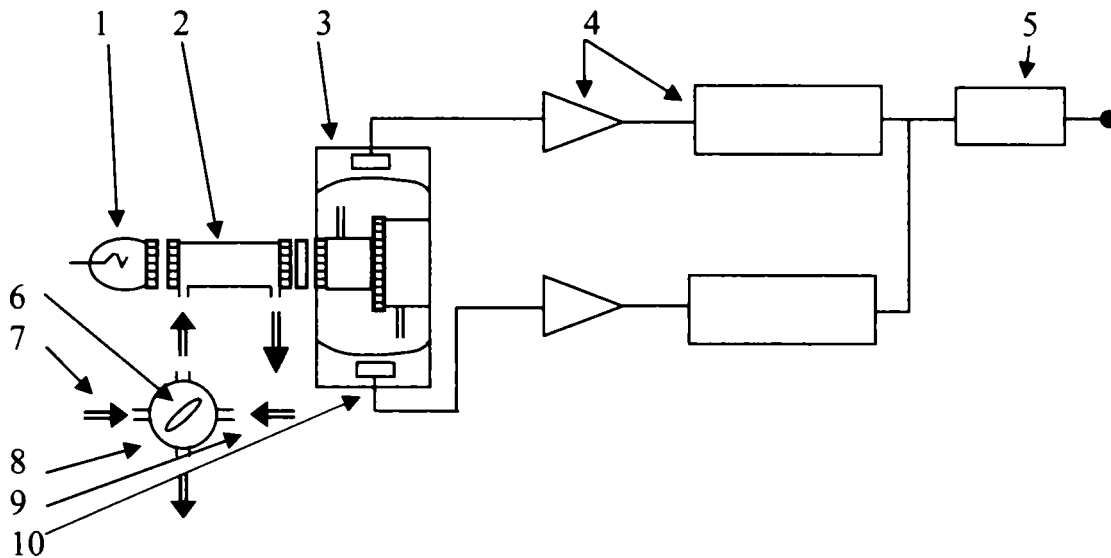
Oxidul de carbon CO absoarbe radiația în infraroșu la lungimi de undă de aproximativ 4,7 microni, astfel încât concentrația de monoxid de carbon prezent în probă poate fi determinată prin cantitatea de lumină în infraroșu absorbită la traversarea probei prin celula de trecere.

Analizorul APMA 350E prezintă o particularitate importantă. O supapă rotativă direcționează alternativ gazul de analiză și gazul de referință spre o singură celulă de analiză, fiind astfel eliminat modulatorul. Acest amănunt reiese din Figura 3.10, poziția 6.

Analizorul APMA-350E cu modelare în curent încrucișat este construit după modelul convențional al analizoarelor NDIR. Are în plus, câteva elemente importante încorporate. Schema de principiu a analizorului APMA-350 este prezentată în Figura 3.10.

În cazul analizoarelor NDIR convenționale, sensibilitatea depinde în special de lungimea celulei de reacție. Caracteristicile detectorului pot fi modificate într-o mică măsură, singurul factor care poate fi modificat este modularea frecvenței lungimii de undă. Pentru analizorul cu modelare în curent încrucișat sensibilitatea este mărită, deoarece

cantitatea de energie IR absorbită și transformată în semnal de ieșire este teoretic dublă pentru orice concentrație la orice frecvență de modulare. În plus raportul semnal-zgomot este semnificativ mai bun, deoarece modulatorul mecanic care, în cazul aparatelor NDIR convenționale are tendința de a introduce o cantitate considerabilă de zgomot, lipsește aici.



**Figura 3.10: Principiul de funcționare al analizorului APMA 350E:**

1 - sursă de radiație IR, 2 - celulă de analiză, 3 - detector compensare, 4 - preamplificator, 5 - bloc ieșire semnal electric, 6 - supapă rotativă, 7 - intrare gaz etalon, 8 distribuitor gaz, 9 - intrare proba de analizat, 10 - detector principal.

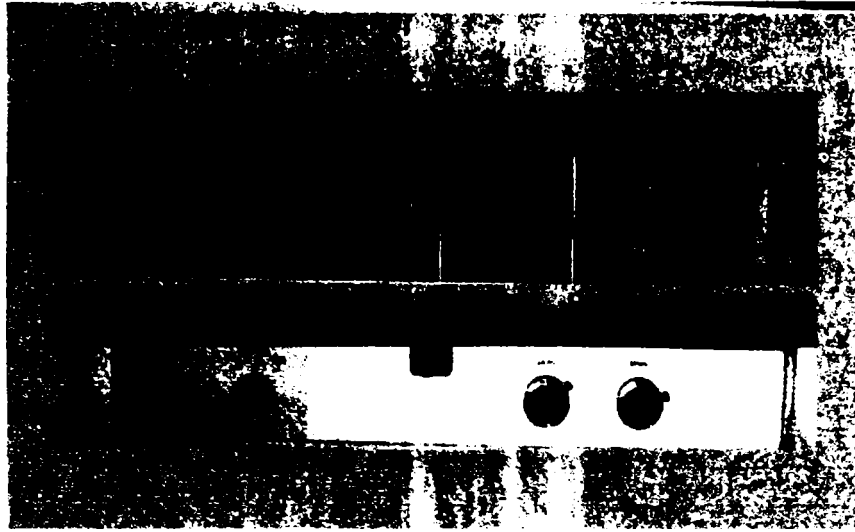
Pentru a minimiza interferențele de orice fel s-a introdus un sistem dublu de detectare format dintr-un detector principal și un detector de compensare. Detectorul de compensare este plasat în spatele detectorului principal. Detectoarele sunt încărcate în așa fel încât cel de compensare identifică gazul ce interferează, semnalul rezultat fiind scăzut apoi din semnalul generat de către detectorul principal.

Principalele caracteristici tehnice ale analizorului APMA 350E sunt:

- domeniul de lucru: max. 100 ppm,
- temperatura optimă de funcționare: 20 – 30 °C,
- concentrația minimă detectabilă: 0,2 ppm,
- umiditatea aerului: 0 – 95 % umiditate relativă, fără condensare,
- debit aspirat: 250 ml/min ± 25 ml/min,
- linearitatea: ± 1 % la capătul scalei.

Ieșirea semnalelor se asigură prin:

- indicatorul numeric digital de pe panoul frontal, fiind disponibile patru domenii de măsură: 0 -10 ppm; 0 - 20 ppm; 0 - 50 ppm și 0 -100 ppm (vezi Figura 3.11);
- mufele de ieșire prin panoul DAS-recorder, deosebindu-se ieșire standard 0 ÷ 10 V și ieșiri opționale de 0 ÷ 1 V, 0 ÷ 10 mV și 0 ÷ 100 mV.



**Figura 3.11: Panoul frontal al analizorului HORIBA, model APMA 350E.**

Calibrarea regulată a instrumentului s-a realizat cu gaze etalon de puritate garantată, așa cum sunt prezentate în Tabelul 3.1. S-a folosit aer sintetic respectiv și amestec de CO cu azot, cu certificat de garanție Linde Gas Romania.

**Tabelul 3.1 : Compoziția gazelor de calibrare.**

Instrument	Poluant	Gaz de calibrare			
		Punctul de nul	Punctul de calibrare	Puritate	Temperatura
HORIBA APMA-350E	CO	Aer sintetic fără HC	CO concentrație 30 ppm	$\pm 2\%$	15 grd C

### 3.2.4 Sistemul de achiziție a datelor

Sistemul de achiziție a datelor referitoare la concentrația noxelor, a parametrilor meteorologici și de monitorizare a traficului are 2 componente principale [18]:

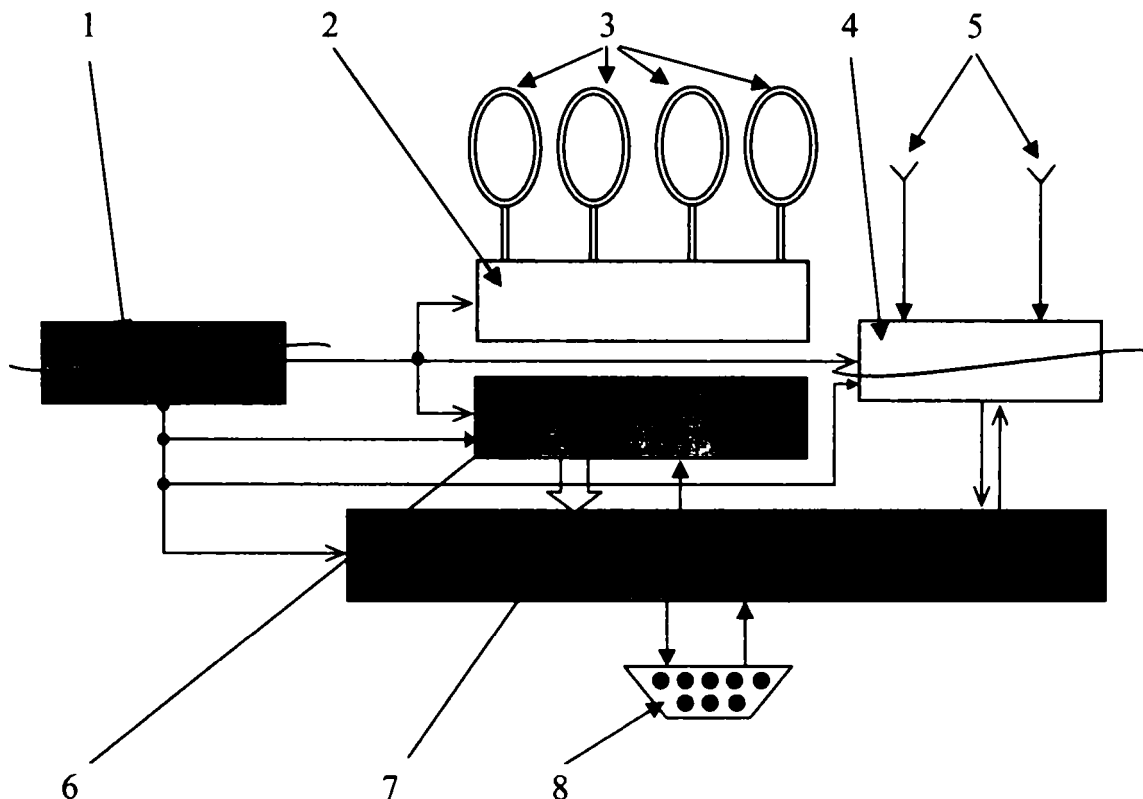
- echipamentul propriu-zis (hardware);
- programul de achiziționare și urmărire pentru un calculator personal (software).

**Componenta hardware** este format din următoarele module:

- unitatea centrală de prelucrare caracterizată de:
- microcontroler din familia 8051 (AT89C52),
- 2 porturi paralele de intrare de 8 biți,
- 2 porturi paralele de ieșire de 8 biți,
- interfața pentru tastatura matriceală de maxim  $8 \times 8$  taste,
- port de comunicație serială RS232,
- manager de alimentare,
- memorie RAM de 128 ko (4 pagini de câte 32 ko),
- ceas de timp real,
- interfață de afișaj alfanumeric cu cristale lichide,
- modul de urmărire a traficului rutier cu 4 bucle inductive (VEK M4C-E),

- modul de conversie analog-numeric de 8 biți (pot fi achiziționate până la 12 intrări analogice – curent sau tensiune);
- bloc de adaptare a semnalelor și contorizare,
- sursă de alimentare.

În Figura 3.12 se prezintă schema bloc a echipamentului de achiziție de date.



**Figura 3.12 : Schema bloc a sistemului de achiziție de date:**

1 – sursă de alimentare, 2 - bucle inductive, 3 – detector trafic VEKW4C-E, 4 – convertor analog-numeric, 5 – intrări analogice, 6 – bloc adaptare semnale, izolare galvanică și contorizare, 7 – unitate centrală de prelucrare, 8 – conexiune RS232.

Modulul de monitorizare a traficului și cel de achiziție a semnalelor analogice sunt izolate galvanic de unitatea centrală. Intrările analogice sunt personalizate pentru achiziția semnalelor furnizate de analizoarele de gaze, respectiv de traductoarele meteo. Cuplarea analizoarelor și a traductoarelor se face prin intermediul unor riglete.

Buclele inductive sunt realizate din conductor de cupru de  $3 \times 1 \text{ mm}^2$ . A fost aleasă această soluție datorită prețului mic și a posibilității mutării buclelor, având și avantajul că nu trebuie frezat carosabilul. Monitorizarea continuă presupune o pozare stabilă a cordoanelor inductive.

**Componenta software** constă din echipamentul controlat de aplicația „UrmărireOnLine”, dezvoltată de S.C. IPA. SA sucursala Craiova. A fost comandat pentru a urmări parametrii de mediu și trafic în timp real. Cele 11 canale analogice din cele 12 - unul fiind de rezervă - asigură achiziționarea semnalelor caracteristice concentrațiilor de

SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO de la instrumentul Hawk, CO de la instrumentul Horiba, respectiv parametrii meteorologici, indicați prin direcția și viteza vântului, temperatură, umiditate, completate de alte patru canale digitale destinate celor 4 contoare de trafic (Counter). În Figura 3.13 se prezintă interfața acestei aplicații „UrmărireOnLine”, sub sistem de operare Windows.

La pornire, aplicația citește fișierul de configurație ComSetup.cfg, unde sunt trecute proprietățile de comunicație ale portului serial pentru trafic de date între echipamentul de achiziție și calculatorul personal, pe care rulează aplicația. Trebuie specificate în fișierul BaudRate viteza de transfer pe portul serial - 19200 și numărul portului serial, pe care se face transferul de date. Rata de eșantionare este variabilă, în sensul că utilizatorul poate specifica acest parametru și alege un increment de o secundă.

Datele sunt formate respectând regulile înregistrate în fișierul din anexa [] Formats1.txt, pentru fiecare canal analogic în parte.

Aplicația utilizează datele scrise în fișierul de configurație redat în anexa [] Channels.txt, unde pe fiecare linie este scris codomeniul convertorului analog-numeric utilizat pe acel canal.

Corespunzător cu rata de eșantionare se înregistrează datele furnizate de către echipamentul de achiziție într-un fișier în care se succed informații (numere). S-a denumit simbolic „F+An+Luna+Zi+Ora+Minut+Secunda.txt”. El folosește pentru stocarea datelor și prelucrării lor ulterioare în EXCEL sau în alt program specializat de statistică. Pe fiecare linie din fișier sunt înregistrate valorile semnificând anul, luna, ziua, ora, minutul, secunda, urmate de seria celor 11 canale analogice și de toate cele 4 canale digitale, în ordinea specificată. În partea dreaptă sunt trecute canalele digitale unde se poate urmări, în timp real, traficul auto pe maxim 3 digiți (Counters).

Detalii ale fișierelor menționate se găsesc la Anexa XX.

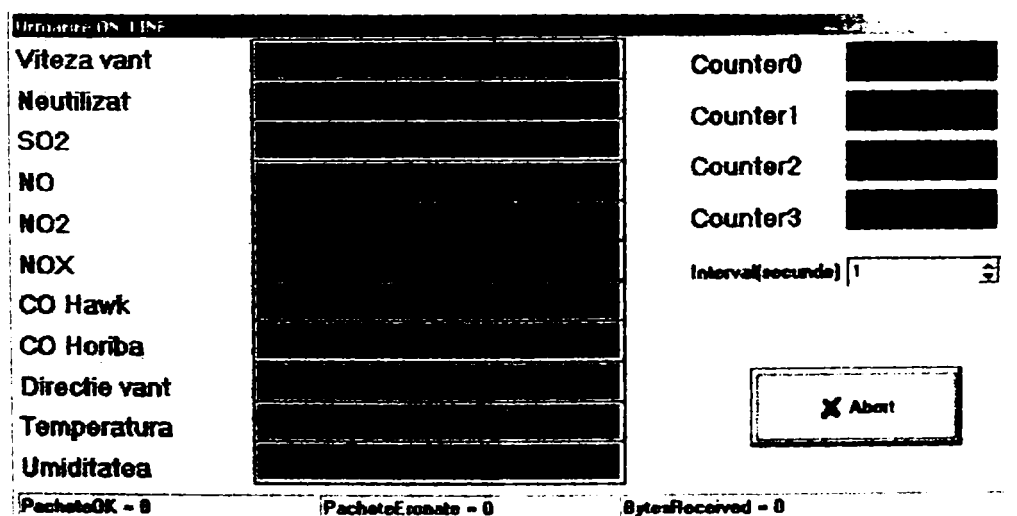


Figura 3.13 : Interfața aplicației „UrmărireOnLine”.



### 3.2.5 Stația meteorologică fixă

În prima parte a cercetărilor s-au folosit date meteorologice furnizate de o stație fixă.

Stația (Figura 3.14) este instalată la marginea municipiului Timișoara, la Facultatea de Hidrotehnică de la Pădurea Verde și oferă informațiile meteorologice de referință pentru cercetarea din cadrul proiectului. Ea transmite datele măsurate spre un calculator de proces, care a fost programat să lucreze cu un soft special.

Informațiile înregistrate de această stație au fost folosite ca și date de intrare pentru softurile de simulare numerică. Diferența dintre datele înregistrate de această stație și datele înregistrate de o stația meteorologică locală - amplasată *in situ*, în zona monitorizată - constă în faptul că, stația meteorologică de la Pădurea Verde oferă informațiile meteorologice stabilizate, fără influența unor factori perturbatori. Astfel de perturbări ar putea proveni de exemplu de la obstacole fizice, generând turbulențe locale, influențe termice datorate surselor de căldură urbane, etc. Se semnalează însă că înregistrarea locală a datelor prezintă avantajul unor valori reale, ca de exemplu temperatura aerului, de obicei mai ridicată în zonă urbană, prin așa numitul efect de insulă termică.

Stația fabricată în Marea Britanie este de tip CR-10 [80] și poate achiziționa date despre:

- temperatura aerului cu senzorul 50Y,
- umiditate relativă cu senzorul 50Y,
- viteza vântului cu senzorul 05103 – 5,
- direcția vântului cu senzorul 05103 – 5,
- presiunea atmosferică cu senzorul PTB101B,
- precipitații cu senzorul ARG100,
- intensitatea luminoasă cu senzorul SP1110.

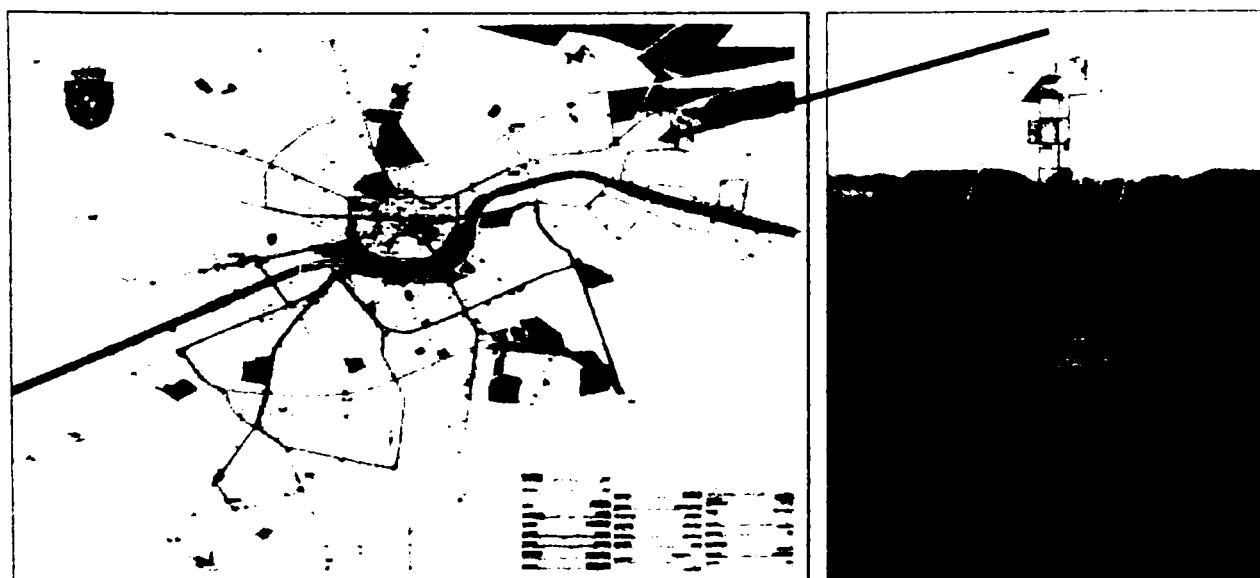


Figura 3.14: Amplasarea în Timișoara și vedere cu stația meteo.

Pentru măsurarea temperaturii și a umidității relative este utilizat modulul CS500 (Figura 3.15), care constă din doi senzori. Acesta conține o rezistență din platină PTR ca senzor pentru măsurarea temperaturii și un condensator INTERCAP, produs de firma Vaisala, folosit ca și senzor pentru umiditatea relativă. Temperatura este măsurată în grade Celsius, pe principiu rezistiv.

Modulul CS500, ale cărui caracteristici sunt prezentate în (Tabelul 3.2) trebuie să fie protejat de razele solare, atunci când este folosit în spațiu liber. Din acest motiv, este introdus într-o carcasă tip 413016 care asigură protecție solară, care, se montează, la rândul ei, pe stâlpul stației meteorologice.

**Tabelul 3.2 : Caracteristici tehnice ale modulului CS500**

Caracteristici tehnice generale	Pentru senzorul de temperatură	Pentru senzorul de umiditate relativă.
Tip senzor	1000 $\Omega$ PRT, DIN 43760B	INTERCAP
Domeniul de măsurare	de la -40 °C până la +60 °C	de la 0 până la 100 %, fără condens
Tensiunea de ieșire	(0 - 1) VCC	(0 - 1) VCC
Acuratețea semnalului	-	nespecificată pentru (0 - 10) % umiditate relativă, $\pm 3$ % RH pentru (10 - 90) % umiditate relativă, $\pm 6$ % RH pentru (90 - 100) % umiditate relativă,
Timul de reacție	1 sec	La 20 °C, 90 % umiditate: 15 secunde, cu filtru membrană
Stabilitatea pe termen lung	-	< 1 % RH /an (RH reprezintă eroarea relativă)
Lungimea senzorului	68 mm	
Curentul consumat	< 2 mA	
Tensiunea de alimentare	7 $\pm$ 28 V curent continuu	

Umiditatea relativă este măsurată direct în %. Prin umiditate relativă se înțelege raportul dintre cantitatea de vapori de apă  $m_v$  din aer și cantitatea maximă de vapori  $m_s$  pe care o poate conține aerul, la temperatura  $t$  [81]. Ținând cont și de ecuația termică de stare a gazului ideal se poate scrie:

$$\varphi = \frac{m_v}{m_s} = \frac{p_v}{p_s} \quad 3.2$$

sau

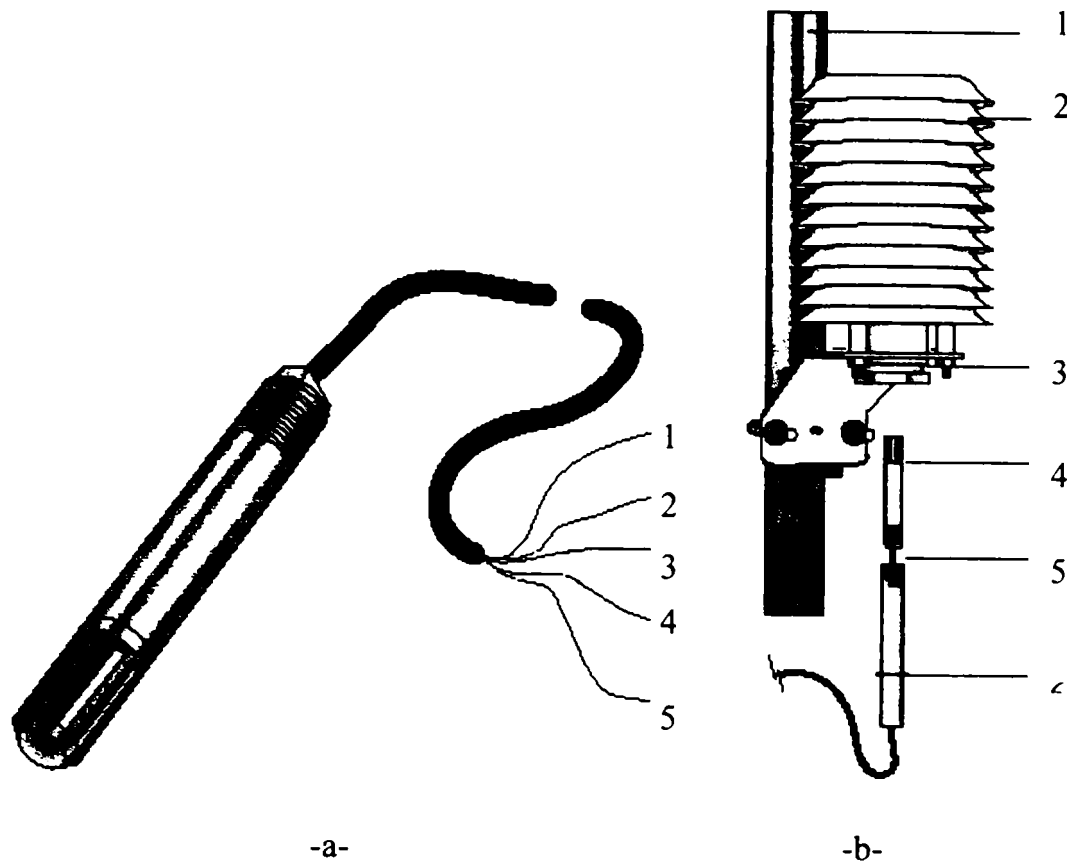
$$\varphi = \frac{p_v}{p_s} \cdot 100 \quad 3.3$$

unde:  $m_v$  este cantitatea de vapori de apă

$m_s$  - masa maximă de vapori la saturație

$\varphi$  - umiditatea relativă exprimat în procente [%]

Rezultă că pentru  $p_v$  constant, umiditatea relativă a aerului depinde numai de presiunea de saturație a vaporilor de apă  $p_s$ .



**Figura 3.15: Conectarea senzorului și amplasarea senzorului în protecția solară:**

- a - 1- Temperatură, 2- Umiditatea relativă, 3 - Semnal de referință, 4- Alimentare (+), 5-Alimentare (-).  
 b- 1- Stativ 2 - Protecția solară, 3 - Garnitură pentru etanșare, 4 - Modul CS500, 5 - Conexiune internă CS500 – Adaptor, 6 - Adaptor 41381.

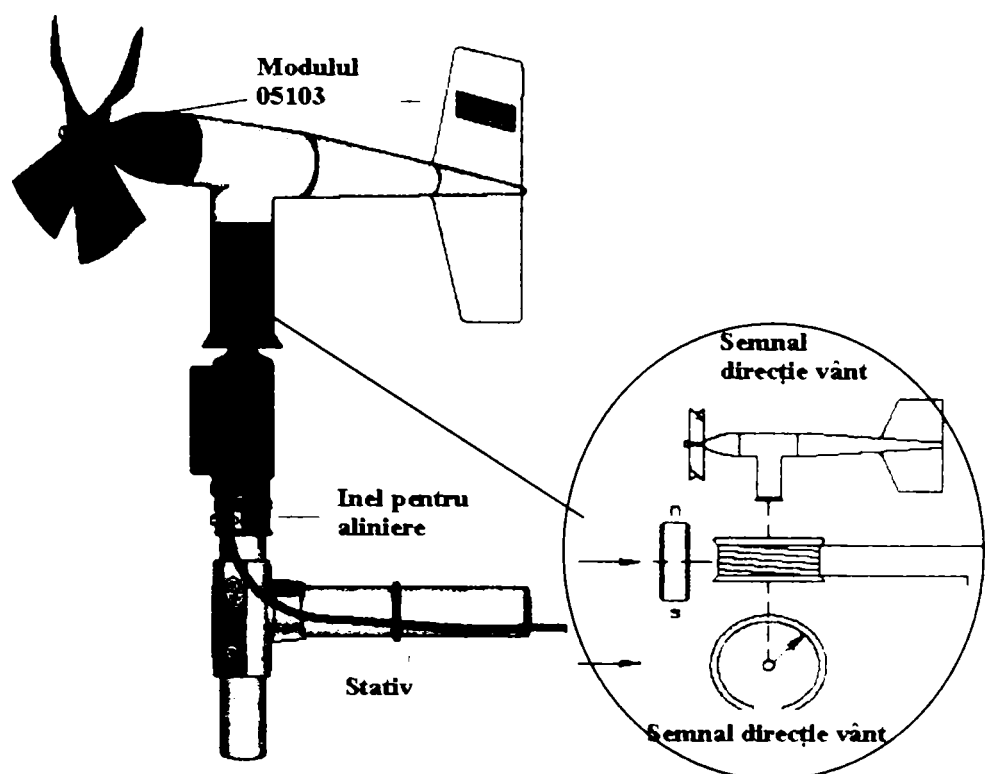
Modulul pentru monitorizarea direcției și vitezei vântului este de tip 05103 (Figura 3.16). Este fabricat de firma RM YOUNG, fiind cablat astfel încât să fie compatibil cu placa de achiziție produsă de firma Campbell Scientific, utilizată în aplicație. Este construit din plastic termorezistent stabilizat împotriva radiațiilor UV, oțel inoxidabil și aluminiu. Plasticul din care este realizat este un material rezistent și la coroziunea factorilor de mediu. Tabelul 3.3 indică caracteristicile generale ale modulului.

**Tabelul 3.3 : Caracteristici tehnice generale ale modulului 95103 [X].**

Caracteristici tehnice generale ale modulului 95103	Pentru senzorul de viteza vântului	Pentru senzorul de direcția vântului
Domeniul de măsurare	de la -50 °C până la +50 °C	de la -50 °C până la +50 °C
Domeniul de sensibilitate	0 – 134 mph (0 – 60 m/s)	0 – 360° mecanic 355° electric (5° neacoperite)
Tensiunea de ieșire	(0 - 1) VCC	(0 - 1) VCC
Precizie	± 0,6 mph	± 3°
Viteza de detecție	2,2 mph (1 m/s)	
Greutate	1,5 kg	
Dimensiuni	37 cmH x 55 cmL	
Tensiunea de alimentare	suplimentară de la placa de achiziție.	

Senzorul pentru determinarea vitezei vântului este compus dintr-o elice cu patru palete, cu o curbură elicoidală. Rotirea arborelui de care este atașată elicea produce un curent sinusoidal, care are frecvența direct proporțională cu viteza vântului. Semnalul de curent este indus de un generator cu șase poli magnetici. Toți senzorii pentru măsurarea

direcției vântului folosesc un potențiomtru rezistiv. Semnalul de ieșire este de tip tensiune analogică, proporțională cu unghiul de rotație.



**Figura 3.16: Amplasarea modulul tip 05103 pe stativ și detaliu cu structura internă a acestuia.**

Senzorul pentru determinarea intensității radiației solare de tip SP1110 (Figura 3.17) fabricat de firma Skye Instruments este compatibil cu placa de achiziție produsă de firma Campbell Scientific. Senzorul este compact, prezintă o înaltă stabilitate termică și funcționează cu o fotocelulă din siliciu. Calibrarea se realizează cu ajutorul unui pirometru de radiație (Figura 3.17), la lumina zilei. Tabelul 3.4 conține câteva caracteristici ale acestui senzor.



**Figura 3.17: Senzorul pentru radiația solară tip SP1110 și vedere a vasului de colectare al senzorului de precipitații ARG100.**

**Tabelul 3.4 : Caracteristici tehnice senzorului pentru radiația solară tip SP1110.**

Caracteristici tehnice senzorului pentru radiația solară tip SP1110		
Domeniul de sensibilitate	radiație solară	între 350 nm și 1100 nm
Tensiune de ieșire		1mV la o radiație cu puterea 100 W·m <sup>-2</sup>
Factorul de corecție cosinus		nu există erori pentru 0 - 70°, <10 % (85 - 90)°

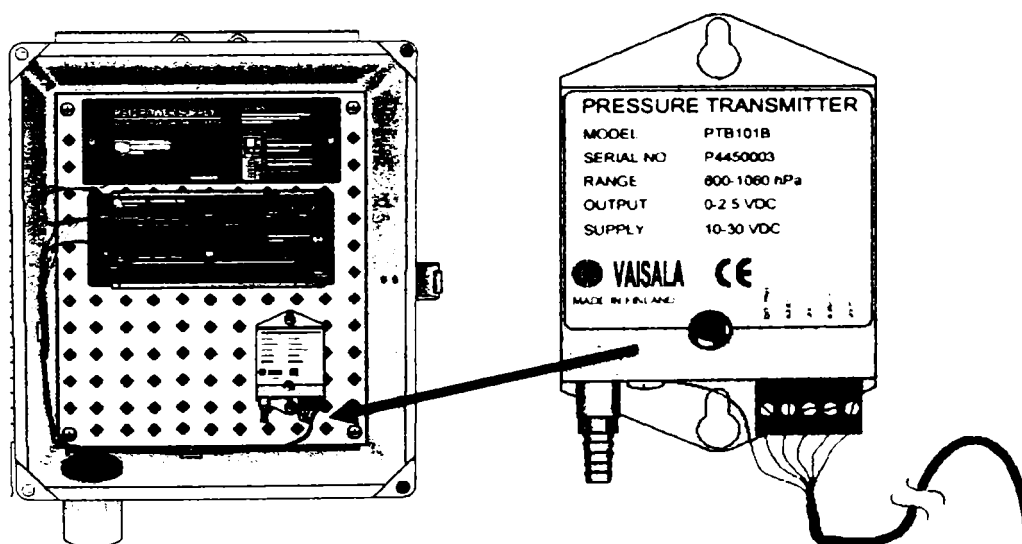
Domeniul de măsurare	de la -35 °C până la +75 °C
Precizie	± 5%
Cablu standard	lungime 3m

În cădere, picăturile de ploaie interacționează cu vântul și astfel colectarea lor este redusă. Pentru a minimaliza acest efect, vasul de colectare a picăturilor de ploaie al instrumentului ARG100 (Figura 3.17) a fost special conceput aerodinamic de Institutul de Hidrologie Wallingford din Marea Britanie, fiind construit din plastic rezistent la radiații UV. Tabelul 3.5.

**Tabelul 3.5 : Caracteristici tehnice ale senzorului de precipitații ARG100.**

Caracteristici tehnice ale senzorului de precipitații ARG100	
Diametrul vasului colector	254 mm.
Înălțimea vasului colector	340 mm.
Sursa de alimentare	Nu necesită.
Curent maxim la ieșire	300 mA.
Masa totală	1000 g.

Instrumentul pentru măsurarea presiunii este un barometru analogic de tip PTB101B, (Figura 3.18), care are în componență un senzor capacitiv din silicon, produs de firma Vaisala Barocap. Acest senzor a fost proiectat pentru măsurători stabile și precise ale presiunii barometrice. Modulul oferă la ieșire un semnal liniar de tensiune continuă cuprinsă între 0 și 2.5 V, corespunzător unei presiuni cuprinse între 600 și 1060 mbar.



**Figura 3.18: Vedere cu locația de instalare, și detaliu cu senzorul a senzorului PTB101B**

**Tabelul 3.6 : Caracteristici tehnice ale senzorului de presiune PTB101B [X].**

Caracteristici tehnice ale senzorului de presiune PTB101B	
Domeniul de măsurare	de la 600 mbar la 1060 mbar
Suprapresiunea limită	2000 mbar
Temperatura de funcționare	de la -40 °C până la +60 °C
Tensiunea de alimentare	de la 10 la 30 Vcc
Consumul de curent	< 4 mA
Tensiunea de ieșire	0 la 2.5 Vcc
Dimensiuni	9,7 cm x 5,9 cm x 2,1 cm
Greutate	110 g

Senzorul de presiune se montează în aceeași incintă cu placa de achiziție așa cum este indicat și în Figura 3.18. Deoarece toate stațiile meteorologice raportează presiunea atmosferică la nivelul mării, și în cazul de față se face o corecție de presiune în funcție de nivelul mării. În ecuația (3.4) se arată cum se calculează corecția de presiune  $\Delta p$ , care se adună la indicația senzorului de presiune:

$$\Delta p = 1013,25 \left\{ 1 - \left( 1 - \frac{h}{44307,69231} \right)^{5,25328} \right\} \quad (3.4)$$

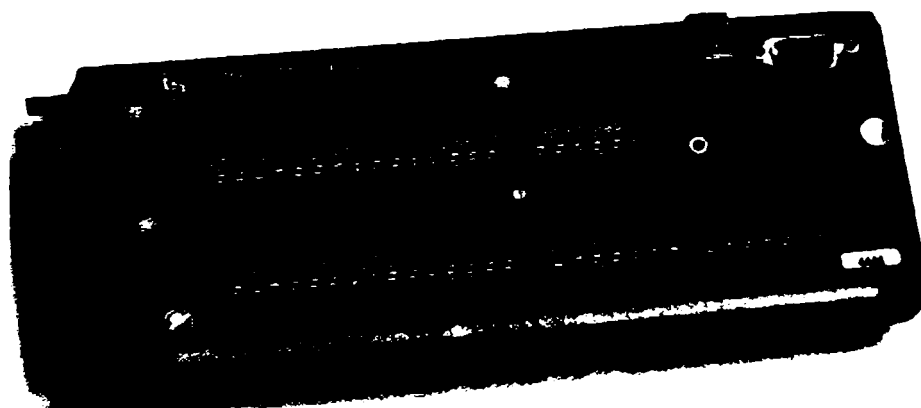
unde  $\Delta p$  - corecția de presiune

$h$  - este altitudinea față de nivelul mării, în m.

Sistemul de achiziție – transport – stocare a datelor meteorologice înregistrate de Stația de la Pădurea Verde se realizează prin placa de achiziție de tipul CR10X (Figura 3.19) și este fabricată de firma CAMPBELL SCIENTIFIC INC. Este compusă dintr-un modul de control și dintr-o placă de conexiuni. Poate stoca cu memoria internă peste 62000 citiri, iar cu surplusul de memorie peste 1000000 de valori.

**Tabelul 3.7 : Caracteristici tehnice ale plăcii de achiziție de tipul CR10X.**

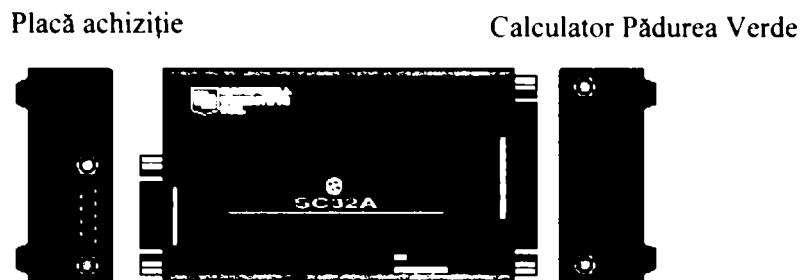
Caracteristici tehnice ale plăcii de achiziție de tipul CR10X	
Nr. de canale analogice diferențiale	6
Tensiunea maximă de intrare	$\pm 2500$ mV
Rezoluția tensiunii analogice	$0,33 \mu\text{V}$
Impedanța de intrare	$20 \text{ G}\Omega$
Frecvența de citire	64 Hz
Tensiunea de alimentare	9,6 la 16 VCC
Temperatura de funcționare	standard de la $-25^\circ\text{C}$ până la $+50^\circ\text{C}$
Temperatura de funcționare	extinsă de la $-55^\circ\text{C}$ până la $+85^\circ\text{C}$
Dimensiuni	$22,9 \text{ cm} \times 8,9 \text{ cm} \times 7,4 \text{ cm}$
Greutate	680 g



**Figura 3.19: Placa de achiziție CR10X și interfața spre calculator .**

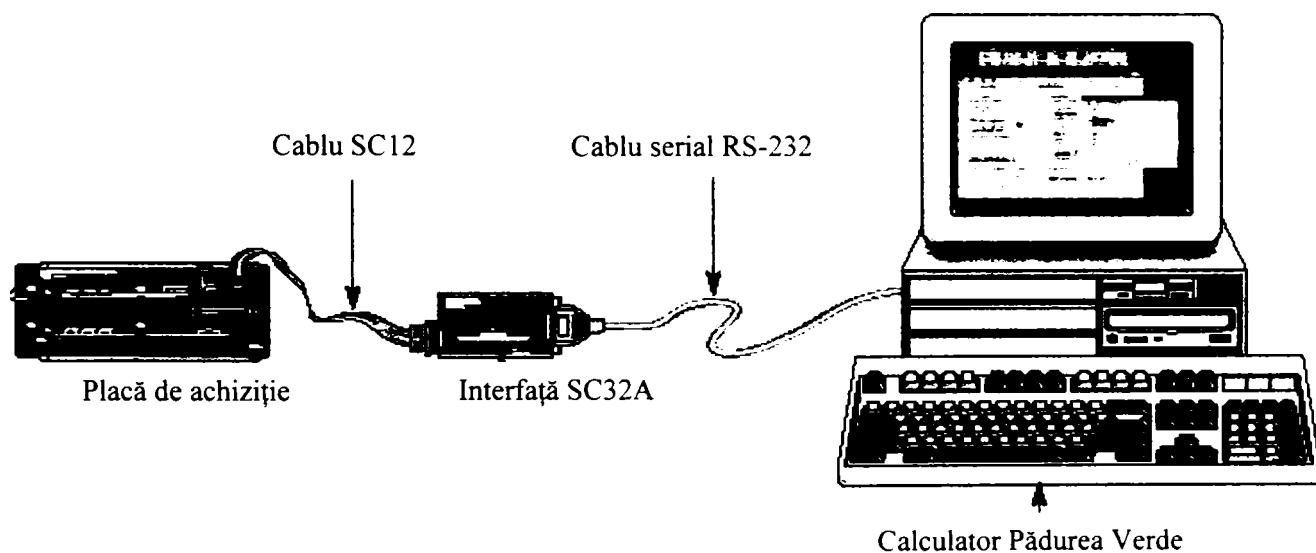
Interfața SC32A (Figura 3.20) este necesară pentru comunicarea directă între placa de achiziție a stației CR10 și portul serial de la calculatorul care gestionează datele măsurate de stația fixă meteorologică de la Pădurea Verde. SC32A izolează sistemul electric al calculatorului de placa de achiziție și este o protecție la întreruperile de

alimentare, la fluctuațiile de tensiune, la supratensiunile datorate descărcărilor electrice naturale și perturbațiilor din rețea.

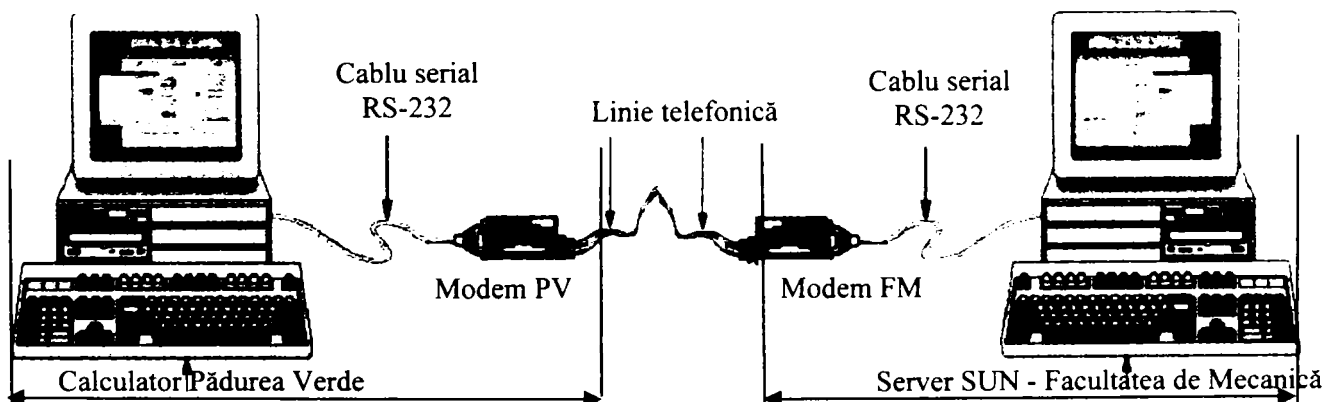


**Figura 3.20: Conexiunea Placă achiziție – SC32A – Calculator.**

Placa de achiziție este conectată la interfața SC32A printr-un cablu tip SC12, iar la portul serial al calculatorului printr-un cablu serial standard RS-232 (vezi Figura 3.21). La rândul său, stația meteorologică CR-10 se conectează la un PC gazdă, prin intermediul unui cablu serial RS-232, pe portul COM1. Pe COM 2 este conectat modemul USR Curier, care, prin linie telefonică închiriată, comunică cu serverul central amplasat într-o sală din Facultatea de Mecanică (Figura 3.22). Acesta este o stație SUN, pe care se gestionează în bază de date ORACLE toate informațiile recepționate [56], [85], [95].



**Figura 3.21: Conexiunea Stația Meteo CR10 – Calculator.**



**Figura 3.22: Conexiunea Calculator (Stația meteo de la Pădurea Verde) – Server (stația SUN) din Facultatea de Mecanică.**

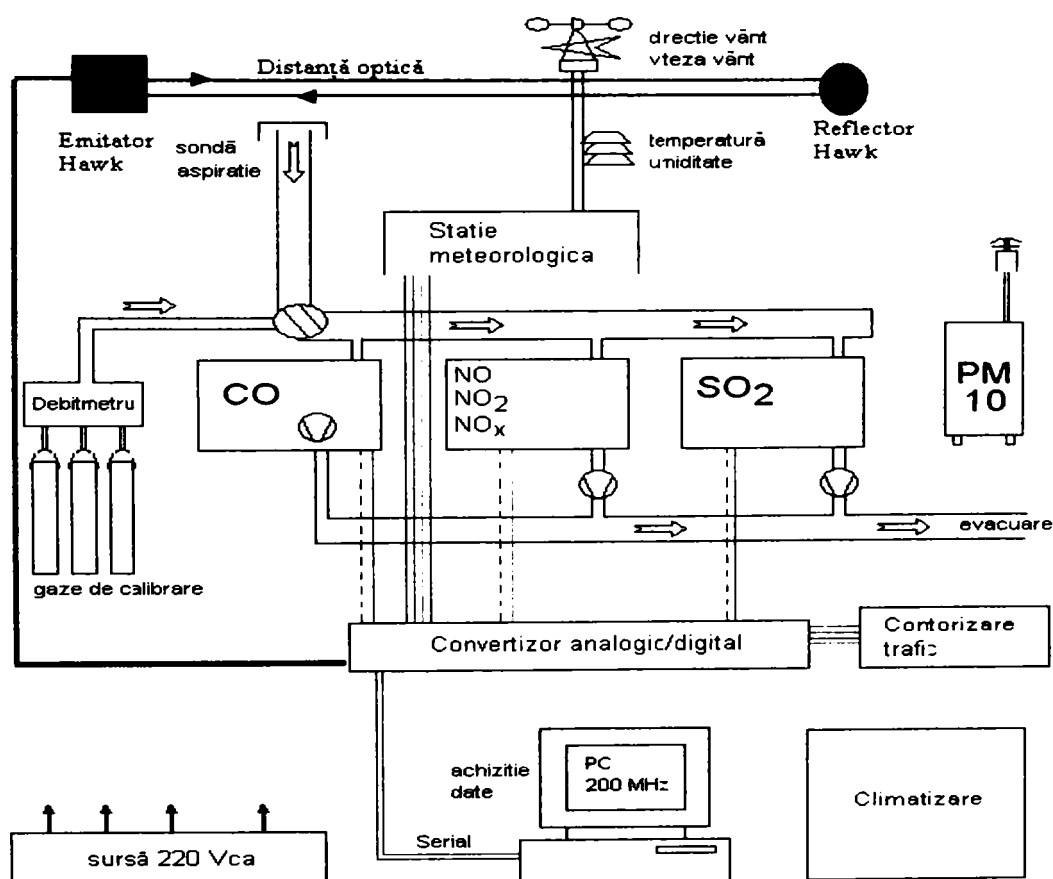


### 3.2.6 Stația mobilă de monitorizare a calității aerului

Campaniile efectuate au vizat calitatea aerului în zonă urbană, deci s-au identificat prin măsurători mai multe specii majore, conform legislației naționale. Din acestea, prezenta lucrare face referire și analizează exclusiv rezultatele care se referă la specia CO. Aparatura folosită a fost complexă și se va numi în continuare laborator, dat fiind numărul important de instrumente și conexiuni ce este cuprins.

Astfel s-au utilizat următoarele instrumente standardizate [13] sau în curs de standardizare:

- Analizorul Monitor Labs ML 8840 pentru NO,
- Analizorul Monitor Labs - ML 8850S pentru SO<sub>2</sub>,
- Analizorul LSV3 pentru determinarea PM10,
- Analizorul Horiba APMA 350E pentru CO,
- Analizorul optic Hawk Siemens pentru CO,
- Suplimentar există:
- Sistem de achiziție date în timp real, completat de la 12 la 16 canale analogice,
- Senzori meteo pentru temperatură, direcția și viteza vântului, umiditatea relativă atmosferică, radiația solară și presiunea atmosferică,
- Contor de trafic cu 4 bucle inductive VEK M4C-E .



**Figura 3.23 : Schema bloc a stației de monitorizare a calității aerului folosită pe timpul campaniilor din Timișoara.**

Schema bloc a stației este prezentată în Figura 3.23. Se remarcă includerea sistemului de calibrare, care a fost utilizat pentru instrumentele clasice de monitorizare, la intervale regulate. Alimentarea cu energie electrică s-a realizat de la rețeaua stradală municipală, printr-un cordon special de putere.

Stâlpul cu senzorii meteorologici s-a înălțat telescopic la 10 m deasupra nivelului solului. Achiziția de date se realizează simultan de la toate aparatele de măsură și valorile se stochează în memoria calculatorului.

Sistemul de climatizare folosește la menținerea unui climat optim pentru funcționarea instrumentelor de măsură.

Gaze calibrare sunt racordate la instrumentele clasice care periodic intră într-o fază de calibrare la punctul de zero atunci când ele aspiră aer sintetic, gaze de tip LINDE de puritate controlată și garantată..

### **3.2.7 Softuri CFD pentru monitorizarea calității aerului**

#### **3.2.7.1 Programul ISC4View**

Programul ISC4 este un program foarte răspândit de evaluare a dispersiilor, deci de calcul al valorilor concentrațiilor diverselor specii ca și imisii.[4] Este atestat internațional, dovadă că una dintre cele mai renumite agenții de protecție a mediului - EPA (Environmental Protection Agency) din SUA - îl folosește pentru protocoalele sale de analiză a dispersiilor, a depunerilor solide sau umede, chiar și în condiții de teren complex.

ISC4 este o versiune îmbunătățită și cea mai recentă a variantei ISC (Industrial Sources Complex), care a cunoscut până în prezent mai multe dezvoltări. Modelele au fost evolutive, în sensul îmbunătățirii interfeței cu utilizatorul (experimentat sau nu) și a ușurinței de întocmire a fișierelor de intrare referitoare la localizarea spațială, informația cantitativă și calitativă despre surse și la datele meteorologice.

Cerințele legate de unitatea de calcul nu sunt deosebite. Pentru aplicații demonstrative sau cu un număr rezonabil de surse, condițiile oferite de calculatoarele IBM-PC cu compilator FORTRAN și min. 640 kRAM sunt suficiente.

Fiind un program de calcul, ISC4 se bazează pe diferite ipoteze simplificatoare limitative, care se referă la următoarele aspecte:

- sursa emitentă își păstrează puterea de emisie considerată infinită, adică nu are loc reacții chimice, iar emisia este o funcție ce admite, pe durata analizată, o soluție stabilă;
- gradientul de vânt și cel de temperatură în stratul unde are loc amestecul penei cu atmosfera liberă sunt respectiv constanți;

- distribuțiile în secțiune verticală și transversală la direcția vânt sunt de tip gaussian, marginile penei fiind atinse în momentul în care distribuția coboară sub 10 % din valoarea de pe axa principală de înaintare (direcția vântului);
- clasele de stabilitate se referă la condiții stabile, instabile și neutre, precum și la combinații la limită ale acestora.

Cele mai bune rezultate se obțin pentru analize legate de terenuri plane, pe distanțe de max. până la 100 km, după unii autori chiar și 200 km. Existența unor piedici topografice naturale sau arhitecturale, prezența unor zone cu apă întinse în vecinătate sau alte situații deosebite afectează veridicitatea și performanțele rezultatelor.

Programul oferă răspunsuri la analizele de impact din cele mai diverse, pentru orice emitent (staționar, mobil), la orice înălțime (de recepție), indiferent de proveniența sau numărul surselor (industrie, instalații de ardere, instalații de ventilare, intersecții, parcări, garaje și tuneluri, etc.), de mărimea respectiv de amplasarea lor (urbană sau rurală), etc.

Se poate determina poluarea locală sau la distanță, după caz și poluarea transfrontieră, în directă dependență cu densitatea de probabilitate în intervalul de timp ales.

Se poate analiza dispersia substanțelor mai ușoare sau mai grele decât aerul (ca de ex. gaze tipice de ardere, particule de zgură din halde, substanțe solide cancerigene, etc.), se pot simula situații critice de incendii, accidente prin fisurarea conductelor de combustibil însoțită de aprinderea și arderea volatilelor, etc. Prin opțiunile oferite se pot calcula medii ale concentrațiilor la 30 minute, zilnice, anuale, sau pe un interval definit de timp. Cu cât datele de intrare sunt mai reprezentative și mai aproape de adevăr, cu atât concluziile sunt mai veridice. ISCView4 posedă și opțiunea de prelucrare grafică a rezultatelor.

Datele de intrare referitoare la intensitatea surselor se recomandă să se bazeze pe măsurări on line, în condiții de durată reprezentativă, și dacă nu e posibil, pe rezultate obținute din prelucrare statistică, în baza așa numiților factori de emisie, extrapolați de exemplu din metodologia CORINAIR. Prezenta cercetare exemplifică ambele variante de utilizare ale programului ISC4.

Se acceptă o distribuție gaussiană a densității de probabilitate a concentrațiilor  $C$ , atât pe direcție verticală ( $z$ ), cât și pe direcție perpendiculară pe direcția vântului ( $y$ ). Se remarcă supraînălțarea penei datorată vitezei și parametrilor termodinamici ai jetului de fum la ieșire, relativ la mediul ambiant. Receptorii sunt organizați într-o rețea simetrică, ce se definește fie în coordonate carteziene ( $X, Y, Z$ ), fie în coordonate polare ( $r, \theta$ ). Desfășurarea spațiului are notații consacrate, de care depinde și scrierea ecuațiilor. În

sistemul de coordonate cartezian, axa  $x$  se consideră pozitivă înspre est (E) de la originea specificată de utilizator și coincide cu direcția vântului pe când axa  $y$  pozitivă este dirijată spre nord (N). Coordonata radială se măsoară din originea aleasă arbitrar de utilizator, iar coordonata unghiulară în sens orar, pornind din nord (N). Schema intuitivă a fenomenului de dispersie gaussian.

Înălțimea maximă de amestec se calculează conform relației Pasquill - Glynn și teoriei elaborate de Briggs, funcție de clasa de stabilitate și în ipoteza că aerul înconjurător este în mișcare relativă față de jetul de fum și cel care difuzează înspre pană, diluând-o. Se folosește efectul obținut în urma tendinței de reflectare a solului.

În concluzie, programul este util la modelarea dispersiei atmosferice a emisiilor poluante pentru sursele de emisie staționare și mobile. Pentru modelarea dispersiei atmosferice a emisiilor poluante la mezoscală urbană se iau în considerare contribuțiile specifice surselor de suprafață (difuze) din toate categoriile (trafic rutier, vehicule nerutiere, industrie, sisteme de încălzire, etc.)[31]. Softul este deci extrem de potrivit ca metodă de lucru în prezenta cercetare.

### 3.2.7.2 Programul CALRoads View

*CALRoads View* este un soft conceput de EPA pentru modelarea dispersiei poluanților proveniți de la surse mobile, în speță motoarele autovehiculelor care tranzitează o intersecție.[6] Sunt incluse un model CALINE-3 de dispersie tip sursă liniară și un algoritm pentru estimarea traficului în intersecțiile semaforizate. Pachetul de soft necesită ca date de intrare geometria intersecției, locația receptorilor, informațiile meteorologice de la fața locului și factori de emisie al vehiculelor. Se pot modela simultan peste 120 de artere de circulație conectate și 60 de poziții ale receptorilor. CALRoads View Programm este interfața grafică pentru modelul de dispersie CAL3QHC. Această interfață a fost dezvoltată pentru Microsoft Windows și rulează sub Windows de la 95 la XP. Este practic un instrument grafic complet pentru ușurarea prelucrării rezultatelor sub forma dorită.

Dintre avantajele programului CALRoads View se amintesc:

- posibilitatea de a alege în orice moment unul dintre cele trei modele de dispersie, printr-o simplă bifare a modelului respectiv;
- capacitatea de a importa hărți ale zonei investigate, cu formate diverse;
- inserarea automată a rezultatelor modelării pe harta locației.

Utilizarea softului CALRoads View este susținută de un calculator IBM sau compatibile IBM, având procesor Pentium sau altă clasă superioară, cu cel puțin 50 MB

memorie disponibilă pe Hard/dis, cel puțin 64 MB memorie RAM, un sistem de operare Windows 95 – XP, o unitate CDROM pentru instalare.

Modelarea se efectuează parcurgând etape interactive. Astfel se poate selecta din lista de opțiuni tipul poluantului a cărui dispersie se va modela, cu mențiunea că poluanții disponibili pentru modelarea CAL3QHC sunt monoxidul de carbon și particulele PM10. Timpul de mediere poate fi specificat de utilizator și poate fi cuprins între 30 și 60 minute, majoritatea modelărilor efectuându-se pentru medierea la 1 oră.

Prin rugozitatea urbană se caracterizează turbulența locală a aerului și ea influențează dispersia poluanților. Pentru o intersecție localizată în mediul urban, mai precis în centrul unui oraș, această mărime se va seta la 400 cm.

Modelul de definire a factorilor meteorologici permite specificarea unuia sau mai multor factori meteo, de care să se țină cont atunci când se efectuează rularea programului. Acești factori includ viteza vântului, clasa de stabilitate, înălțimea de amestec, concentrația datorată celorlalte surse, direcția vântului.

Pentru modelarea dispersiei atmosferice a emisiilor poluante generate de sursele mobile terestre (autovehicule), *CALRoads View* ține cont de:

- Caracteristicile de emisie conturate de:
  - Factori de emisie compoziți, exprimați în g/km/vehicul;
  - Densități liniare de emisie, exprimate ca mg/m/s.
- Parametrii de trafic, definiți prin:
  - Debitul de trafic, exprimat în vehicule/oră sau vehicule/zi;
  - Compoziția traficului, raportat prin ponderea procentuală de participare la trafic a diverselor categorii de autovehicule;
  - Viteza medie de rulare, exprimată în km/oră;
  - Tipul și ciclul semafoarelor în cazul intersecțiilor cu trafic controlat opto-electronic, precum și date suplimentare specifice privind capacitatea de trafic de saturație pe banda de circulație, timpii de degajare a intersecției, respectiv categorisirea tipului plutoanelor de vehicule ce sosesc la intersecție în sincronism cu fazele semafoarelor;
  - Profilul mediu diurn al parametrilor de trafic concretizat prin variația medie, oră de oră, pe parcursul unei întregi zile a parametrilor de trafic precizați mai sus;
  - Configurația geometrică a infrastructurii rutiere și topografia zonei supuse modelării.
- Parametrii meteorologici, indicați prin:

- Date meteorologice de rutină: viteza și direcția vântului mediu de transport, temperatura medie, radiația solară globală, gradul de nebulozitate;
- Date meteorologice preprocesate: clasa de stabilitate atmosferică, înălțimea de amestec, respectiv alți parametri fizici ai stratului limită planetar, obținute prin apelarea la un preprocesor meteorologic;
- Estimarea vârfurilor de concentrație, denumite episoade severe de poluare, în condițiile meteorologice cele mai defavorabile dispersiei cum ar fi viteze foarte reduse de vânt, chiar calm atmosferic, inversiune termică la sol, temperaturi scăzute, detectarea celor mai nefavorabile direcții de vânt pentru fiecare combinație sursă - receptor.
- Parametrii de calitate a aerului de fond generați de:
  - Concentrația atmosferică de fond pentru fiecare dintre poluanții studiați, măsurată și/sau simulată numeric prin utilizarea unor modele de dispersie la mezoscală,
- Rezoluția temporală de estimare a imisiilor indicată prin:
  - Concentrații atmosferice medii semi-orare, orare, pe 8 ore, zilnice (24 de ore), anuale,
  - Și acest soft, deținut cu licență universitară, a fost aplicat pentru specia CO, în cadrul lucrării la paragraful [33], [39], [40].

### 3.2.7.3 Programul Fluent

Fluent 6.2 este un instrument CFD (Computational Fluid Dynamics) destinat curgerilor complexe, plecând de la curgerile necompresibile, la cele semicompresibile și până la curgerile supersonice și hipersonice[2].

Aducând diverse posibilități de opțiuni pentru solve și o metodă de creștere a convergenței multigrilă, Fluent oferă soluții eficiente și de mare acuratețe pentru o gama largă de regimuri de curgere. Abundența de modele fizice din Fluent 6.2 permite simularea cu acuratețe a curgerilor laminare, de tranziție și turbulente, diferite moduri de transfer de căldura, reacții chimice, curgeri multifazice și alte fenomene.

Posibilități generale de modelare se referă la diferite situații:

- 2D plan, 2D axial simetric, 2D axial cu turbion (simetric rotativ) și curgerile 3D,
- curgerile staționare sau tranzitorii,
- toate regimurile de viteză,
- curgeri laminare de tranziție și turbulente,
- curgerile Newtoniene și non-newtoniene,

- transferul de căldură, incluzând convecția liberă, forțată și mixtă, radiația și trecerea de căldură,
- amestecări și reacții de specii chimice, incluzând modele de ardere omogenă și eterogenă și modelele de depunere/reacție la suprafața,
- modelarea suprafeței libere la curgerile multifazice gaz-lichid, gaz - solid, lichid-solid,
- calcularea traiectoriei lagrangiene pentru faze disperse (particule, picături, bule) incluzând cuplarea cu faza continuă,
- modelele de schimbare de faza topire-solidificare.

Rețelele se pot alege de diferite tipuri:

- cvadrilatere, triunghiulare, hexaedrice, tetraedrice, prismatice și mixte,
- cu interferențe de rețele, incluzând și interfețe fluid – solid,
- cu import din GAMBIT, GeoMesh, Tgrid, pre BFC, ICEM/CFD, Ideas, Patran, Nastran, Ansys, Pro - Engineering, STL, Plot3D, etc.

Fluent, în variantele recente, oferă trei opțiuni de alegere a solverului. Cele trei solvere, pe care se bazează Fluent 6.2, sunt:

- metoda elementului finit pentru rețele fără structuri întregi,
- ecuații valide pentru toate regimurile de viteză,
- discretizarea timpului în funcție de schema implicită.

Modelarea turbulențelor se realizează cu:

- modelul Spalart-Allmaras,
- modelul de turbulență k- $\epsilon$ , cu opțiuni de tăiere a corecțiilor și a stărilor tranzitorii de curgere.

Transferul de căldură poate fi considerat prin:

- convecție forțată laminară - turbulentă,
- convecție naturală, mixtă folosind opțional aproximația Boussinesq,
- trecere de căldură conjugată (fluid - solid), cu solide având conductivitate izotropică sau anizotropică, incluzând suprafața elementelor și convecția solidelor aflate în mișcare.

Condițiile la limită (de domeniu) se referă la curgeri cu intrări - ieșiri multiple, cu specificarea:

- Vitezei fluxului masic de intrare,
- Presiunii statice și dinamice, normale sau cu specificarea unghiului de curgere,
- Procentelor masice pentru componentele curentului,
- Energiei cinetice a turbulenței și ratei de disipare.



Proprietățile materialelor se consideră constante sau variabile, incluzând dependența de temperatură și compoziție.

Posibilitatea de a efectua calcul paralel se bazează pe memoriile diferitelor sisteme de operare Windows NT, SGI, HP, SUN.

Posibilitățile de interfață, de grafice, postprocesare și raportare oferă instrumente excelente pentru întocmirea de:

- Geometria de histograme și valori ale soluțiilor,
- Efecte de rotire a interactivă a planelor prin domeniul soluțiilor,
- Instrumente pentru crearea animațiilor grafice,
- Manipulări de imagini, printr-o simplă mișcare a mouse-lui,

Posibilitatea importului - exportului de date este legată de:

- Exportarea soluțiilor spre diferite soft-uri ca: AVS, CGNS, Data Explorer, ENSight, FAST, FIELDVIEW și TECPLOT,
- Exportarea datelor în format ASCII,
- Export paralel pentru EnSight și FIELDVIEW,
- Export de date FEA spre ANSYS, Abaqus, NASTRAN, PATRAN, și I-DEAS,
- Import de date în format CGNS,

Se oferă on line ajutor și documentație, și anume:

- Ghid de utilizare, incluzând teorii și aplicații,
- Ghid tutorial, cu exemple specifice de modele,
- Manual cu definirea funcțiilor utilizate,
- Manual ajutător,
- Centru de servicii pentru utilizatori FLUENT.

Versiunile de FLUENT 6 sunt compatibile cu sistemele UNIX, Windos/NT și cu platforme LINUX, necesitând platforme performante de calcul, datorită traficului mare de date ce trebuie prelucrate [35][36].

#### 3.2.7.4 Programul Adrea\_Hf

Programul Adrea\_Hf dezvoltat de institutul Demokritos din Grecia, este bazat pe conceptul volumului finit în sistemul de coordonate carteziene și este destinat studiului fenomenelor de curgere a curenților de aer și implicit de dispersie în zone cu geometrie complexă definită [7].

Domeniului de analiză se tratează ținând cont de condițiile la limită a iregularităților. O creștere a complexității terenului nu duce și la o creștere a complexității problemei. Dinamica fluidului este descrisă ca la un amestec continuu, prin ecuațiile de moment și

energie, unde, conservarea masică a componentei fluidului greu este rezolvată printr-o ecuație separată. Fenomenul de turbulență în apropierea suprafețelor se bazează pe conceptul vârtejului vâscos - difuziv.

PACHETUL ADREA\_HF este scris în limbajul Fortran 90. Softul este conceput în așa fel încât să ușureze procesul de decizie al utilizatorului, oferind în același timp și specialiștilor un grad de flexibilitate largă pentru luarea deciziilor. Volumul datelor de intrare și timpul rulării programului este de același ordin de mărime cu gradul de complexitate al aplicațiilor în parte.

În fișierul **ADREA.dat** sunt definite principalele caracteristici ale cazului studiat, indicându-se:

- date privind informațiile generale,
- date privind locația și date privind geometria,
- date specifice pentru curgerea fluidului,
- parametri predefiniți pentru condițiile la limită,
- opțiuni privind datele de ieșire și datele inițiale pentru curgerea fluidului.

Descrierea geometriei reale de către un instrument software este o necesitate. Preprocesorul grafic al pachetului de soft este *Delta\_B Code Version 2.0* cu care se simulează geometria clădirilor tridimensionale.

Delta\_B este un program de calcul pentru generarea unei grile structurate pe baza geometriei tridimensionale a clădirilor. Grila obținută se folosește pentru calculul ecuațiilor parțiale diferențiale, de mișcare a fluidelor vâscoase respectiv a ecuației de conservare a energiei. Pe baza datelor geometrice ale clădirilor programul Delta\_B calculează toate mărimile necesare programului de calcul al ecuațiilor de mișcare (porozitatea volumelor de control sau permeabilitatea suprafețelor).

Calculul dispersiei tridimensionale [124] necesită o descriere exactă a rugozității suprafeței. Pentru cazurile simple datele pot fi introduse pas cu pas de către utilizator. Când structurile complexe ca de exemplu clădirile sunt prezente în domeniul analizat, complexitatea în definirea rugozității suprafețelor necesită existența unui soft specializat. În cazul softului ADREA\_HF - pentru care celulele domeniului computațional conțin părți din structuri - procesorul geometriei de intrare DELTA trebuie să calculeze informații geometrice cum sunt volumul celulelor, porozitatea lor și permeabilitatea suprafețelor celulelor. Fișierul de ieșire al softului DELTA\_B CODE este conceput să includă geometria tridimensională a clădirilor într-o structură tridimensională tip *grid*.

Programul aduce ca noutate specializarea sa în rezolvarea curgerilor curenților de aer în spații cu geomrtrie complexă și astfel permite o mai bună rezolvare a unor cazuri specifice, ca de exemplu modelarea dispersie în strazi de tip canion..

### *3.3 Determinarea factorilor de emisie*

Se numește factor de emisie, mărimea specifică cuantificată în unități de masă sau volum pe unitatea de timp și - sau suprafață, prin care se caracterizează intensitatea de emisie a diferitelor surse poluatoare, privind specii bine determinate.

Pentru determinarea emisiilor în aer sunt utilizate, în principal, trei metode:

- măsurarea directă, on line, reprezentative, urmată de calcule specifice;
- evaluarea emisiilor prin relații matematice empirice;
- determinarea emisiilor pe baza unor factori caracteristici de emisie.

Fiecare dintre aceste metode prezintă în același timp atât avantaje cât și dezavantaje, precum și limite de aplicare, respectiv erori de reprezentativitate.

#### **3.3.1 Determinarea factorilor în baza măsurărilor la sursă**

Principiul se bazează pe un număr mare de măsurători, adecvat conduse, pentru a determina concentrația noxelor din efluentul poluator. Analiza directă identifică complet intensitatea sursei și permite completarea fișierului de intrare în orice program de simulare, oricât de complex ar fi.

Metoda este aplicată îndeosebi la supravegherea surselor industriale, cu emiterea de gaze dintr-un coș de fum, având ca referință dispozițiile legale în vigoare. Dispozitivul de măsurare, instalat pe coșul de fum, furnizează informații precise despre variațiile de temperatură și despre emisiile de substanțe, în condițiile de funcționare reprezentativă a sursei industriale. În mod special sunt măsurate continuu pulberile, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>. În anumite industrii se măsoară, de asemenea, și alte substanțe precum HCl, COV, HF.

Ca și avantaj al metodei se amintește faptul că măsurătorile permit calculul debitului de poluant, în combinație cu cunoașterea volumului debitului de gaze emise.

Măsurarea emisiilor direct la sursă este o activitate costisitoare. Pe lângă faptul că necesită profesionalism din partea operatorilor, se impune și o cunoaștere a procesului care determină apariția noxelor. Investițiile și asigurarea funcționalității aparatelor (calibrare), anduranța și continuitatea de durată a procesului sunt aspecte greu de realizat. Adeseori emitenții nu își pot permite acoperirea costurilor, încercând să evite măsurătorile directe, care ar fi cele mai reprezentative, și apelând la evaluări mai puțin corecte. Această metodă este recomandată cu precădere pentru măsurarea emisiilor marilor unități poluatoare.[61]

### 3.3.2 Determinarea factorilor pe bază de relații matematice empirice

Metoda constă în stabilirea unei relații între cantitatea de poluant deversată în atmosferă pe de o parte și a caracteristicilor combustibilului și a parametrilor specifici procedurii analizat, pe de altă parte. Corelarea se finalizează prin determinarea unui factor specific de emisie, pentru regimul funcțional definit. Parametrii determinați folosesc pentru a monitoriza procedeul și nu impun costuri suplimentare. Ca și dezavantaje se amintește că metoda necesită o serie de date de inițiere a procedurii, care de fapt sunt la fel de greu de determinat. De exemplu, se evidențiază necesitatea cunoașterii exacte a concentrației de sulf (masică) din combustibil, a regimului de lucru, a debitelor furnizate, etc. În condiții industriale, aceste date sunt cunoscute cu aproximație, suficientă pentru evaluarea procesului în ansamblul său, dar total insuficientă pentru a contura cu acuratețe factorii de emisie. [121].

### 3.3.3 Determinarea factorilor prin metoda CORINAIR

În ultimele două decenii, pe plan internațional a existat un foarte mare interes privind conceperea unei metodologii, care să fie folosită la inventarierea cantitativă a principalelor noxe emise în atmosferă.

Dintre aceste protocoale premergătoare se amintesc cele mai importante, în ordinea apariției lor pe piața științifică:

- OECD Control of Major Air Pollutants (MAP) Project,
- DGXI Inventory,
- CORINE Programme and subsequent work by the European Environment Agency Task Force,
- Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long Range Transmission of Air Pollutants în Europe (EMEP)
- IPCC/OECD Greenhouse Gas Emissions Programme.

CORINAIR [48] este un proiect care a fost demarat în 1985 și a avut ca și scop inițial organizarea și realizarea inventarului emisiilor de noxe din 12 state comunitare.

Corinair 85 a fost completat în 1990 și astfel s-a elaborat CORINAIR 90, care este disponibil ca și informație de public domain, gratuită și conține metodologia de evaluare a emisiilor valabilă pentru:

- 12 țări membre a Comunități Europene în 1990: Belgia, Danemarca, Franța, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburg, Olanda, Portugalia, Spania și Marea Britanie;

- 5 țări neafiliate CE: Austria, Finlanda, Norvegia, Suedia Elveția;
- 3 țări baltice: Estonia, Letonia și Lituania;
- 9 țări Central și Est Europene: Albania, Bulgaria, Croația, Cehia, Ungaria, Polonia, România, Slovacia și Slovenia;
- Rusia.

La ora actuală, CORINAIR cuprinde:

- Clasificarea și un nomenclator al principalelor surse poluatoare, clasificate în sectoare, sub-sectoare și activități,
- Un manual pentru determinarea factorilor de emisie,
- Un pachet de programe soft, care, cu ajutorul unor date de intrare și a unor calcule, oferă o estimate a ratelor emisiilor la nivel regional și național.

CORINAIR 90 conține o structurare mult mai dezvoltată a surselor clasificate pe sectoare, ce poartă denumirea de SNAP 90. Cuprinde peste 260 de activități structurate în trei clase de sub-sectoare și 11 sectoare principale.

S-a extins lista poluanților acoperiți de inventar la opt, și anume: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC (non-methane volatile organic compounds), NH<sub>3</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O.

Inventarierea CORINAIR la nivelul anului 1990 cuprinde unsprezece principale sectoare poluatoare:

- Centrale pentru producerea de energie electrică și termică pentru populație,
- Centrale pentru producerea de energie electrică și termică pentru industrie,
- Combustia industrială,
- Procesele de producție,
- Extragerea și transportul combustibililor fosili,
- Folosirea solvenților,
- Transporturile rutiere,
- Celelalte surse de transport și mașini,
- Incinerarea și depozitarea deșeurilor,
- Agricultură,
- Factorii naturali.

Metoda este aplicată pe scară largă datorită costului ei scăzut, a simplității sale și a absenței, în unele cazuri, a altor metode aplicabile.

Valoarea acestor coeficienți, așa cum este indicată în metodologia CORINAIR, este bazată pe evoluția firească înregistrată de tehnica de fabricație și de strictețea evolutivă a legislației privind emisiile maxim admise, pe categorii de motoare. Cea mai cunoscută

legislație la nivel european este normativul EURO, care, în decursul anilor a înregistrat diferite variante.

În Tabelul 3.8 se indică un scurt istoric al limitelor impuse. O dată cu evoluția tehnicii de măsurare și a tehnologiilor de depoluare, a fost firesc ca normele să fie din ce în ce mai drastice. Dacă în perioada de dinaintea intrării primului normativ EURO în vigoare, limita pentru CO era modică, începând cu 1992, valorile limită au fost din ce în ce mai severe. Clasele reprezintă de fapt stadiul de cunoaștere, iar pașii legislativi sunt numiți generic ECE respectiv EURO. Între 1970 și până în 1985, toate statele membre în UN ECE R15 (United Nations Economic Committee for Europe Regulation 15) impun restricții referitoare la emisiile de poluanți pentru vehiculele mai ușoare de 3,5 tone.

Conform directivei Europene se prevăd datele de aplicare a acestor restricții prezentate în continuare.

- pre ECE vehicule construite până în 1971,
- ECE 15 00 & 01 între 1972 – 1977,
- ECE 15 02 între 1978 – 1980,
- ECE 15 03 între 1981 – 1985,
- ECE 15 04 între 1985 – 1992,
- îmbunătățiri tehnologice între 1988 – 1990,
- buclă deschisă între 1989 – 1990,
- Euro I - 91/441/EEC funcție de țări între 1992 și 1996,
- Euro II - 94/12/EC funcție de țări între 1996 și 2000,
- Euro III - 98/69/EC aplicabil din 2000,
- Euro IV - 98/69/EC aplicabil din 2005.

Etapa **îmbunătățirii tehnologice** ia în considerare standardul German și cel olandez, care prevede limitele de emisii ce pot fi atinse doar prin dezvoltarea tehnologiei de fabricație a motoarelor, fără utilizarea unui catalizator. Data de aplicare în Olanda a fost 1.01.1988.

Etapa **buclă deschisă** consideră standardul German și cel olandez. Prevede limitele de emisii care pot fi atinse utilizând catalizator cu trei căi, dar fără controlul prin reacție a procesului de ardere. Data de aplicare pentru Danemarca este 01.01.1989, respectiv pentru Germania 01.07.1985.

Etapa **Euro I**, reglementată prin directiva 91/441/EEC, introduce standardul emisiilor pentru toate vehiculele introduse pe piață în perioada 1992 – 1996. Acest standard a fost primul în domeniul legislației emisiilor, care necesită folosirea carburantului fără plumb.



**Tabelul 3.8 : Tabel recapitulativ privind normele și datele de aplicare diferențiate pe clase de vehicule [X].**

Tipul veh.	Clasa	Legislația	Tipul veh.	Clasa	Legislația		
Autoturism de persoane	Benzină < 1,4 l	PREECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Îmbunătățiri tehnologice (Improved Conventional) Bucă deschisă (Open Loop) Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Aplicabil din 2000 Euro IV - 98/69/EC Aplicabil din 2005	Vehicule ușoare	Diesel <3.5 t	Convențional Euro I - 93/59/EEC Euro II - 96/69/EC Euro III - 98/69/EC Aplic. din 2000 Euro IV - 98/69/EC Aplic. din 2005		
				Benzină <7.5 t	Convențional Euro I-91/542/EEC Treapta I Euro II - 91/542/EEC Treapta II Euro III-1999/96/EC Treapta I Euro IV - 1999/96/EC Treapta II Euro V - 1999/96/EC Treapta III		
			Benzină 1,4 – 2,0 l	PREECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Îmbunătățiri tehnologice (Improved Conventional) Bucă deschisă (Open Loop) Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Aplic. din 2000 Euro IV - 98/69/EC Aplic. din 2005	Vehicule grele	Diesel 7.5 – 16 t	Convențional Euro I-91/542/EEC Treapta I Euro II - 91/542/EEC Treapta II Euro III-1999/96/EC Treapta I Euro IV - 1999/96/EC Treapta II Euro V - 1999/96/EC Treapta III
						Diesel 16-32 t	Convențional Euro I-91/542/EEC Treapta I Euro II - 91/542/EEC Treapta II Euro III-1999/96/EC Treapta I Euro IV - 1999/96/EC Treapta II Euro V - 1999/96/EC Treapta III
	Benzină >2,0 l	PREECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Euro I-91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Aplicabil din 2000 Euro IV - 98/69/EC Aplicabil din 2005	Diesel >32t	Convențional Euro I-91/542/EEC Treapta I Euro II - 91/542/EEC Treapta II Euro III-1999/96/EC Treapta I Euro IV - 1999/96/EC Treapta II Euro V - 1999/96/EC Treapta III			
			Diesel <2,0 l	Convențional Euro I-91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Aplicabil din 2000 Euro IV - 98/69/EC Aplicabil din 2005		Autobuze	Autobuze urbane
	Autocare	Convențional Euro I-91/542/EEC Treapta I Euro II - 91/542/EEC Treapta II Euro III - 1999/96/EC Treapta I Euro IV - 1999/96/EC Treapta II Euro V - 1999/96/EC Treapta III					
	Vehicule ușoare	Benzină <3,5t	Convențional Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Aplic. din 2000 Euro IV - 98/69/EC Aplic. din 2005	Motorete	<50cm <sup>3</sup>	Convențional 97/24/EC Treapta I 97/24/EC Treapta II	
					Motociclete	2 timpi >50cm <sup>3</sup>	Convențional 97/24/EC
				4 timpi 50 - 250cm <sup>3</sup>		Convențional 97/24/EC	
4 timpi 250 - 750cm	Convențional 97/24/EC						
4 timpi >750cm <sup>3</sup>	Convențional 97/24/EC						



Corespunzător, și factorii de emisie atribuiți vehiculelor dotate cu motoare cu ardere internă, funcție de viteză, respectiv de tipul combustibilului, au înregistrat modificări în timp, așa cum se indică în Tabelul 3.9. Următorul tabel (Tabelul 3.11) prezintă formula de calcul a factorilor de emisie funcție de tipul vehiculului, carburantul utilizat și capacitatea cilindrică (CC). Referirea se face exclusiv la specia CO.

Toate datele ce se prezintă tabelar, au fost valorificate, pentru situații concrete, în aplicațiile numerice. Pentru a oferi însă graduat informația, se procedează, pentru început, la simpla enumerare a diferitelor tipuri de factori de emisie, în evoluția lor istorică, și reprezentând diferite surse și situații concrete.

**Tabelul 3.9 : Determinarea factorului de emisie pentru CO, funcție de viteza de deplasare și clasa respectiv capacitatea autoturismelor care funcționează cu benzină.**

Clasa vehiculului	Capacitatea cilindrică	Viteza de deplasare [km/h]	Factorul de emisie pentru CO [g/km]	R <sup>2</sup>
PRE ECE	Toate capacitățile	10-100 100-130	$281V^{-0.630}$ , $0,112V+4,32$	0,924 -
ECE 15-00/01	Toate capacitățile	10-50 50-130	$313V^{-0.760}$ $27,22 - 0,406V + 0,0032V^2$	0,898 0,158
ECE 15-02	Toate capacitățile	10-60 60-130	$300V^{-0.797}$ $26,260 - 0,440V + 0,0026V^2$	0,747 0,102
ECE 15-03	Toate capacitățile	10-20 20-130	$161,36-45,62\ln(V)$ $37,92 - 0,680V + 0,00377V^2$	0,790 0,247
ECE 15-04	Toate capacitățile	10-60 60-130	$260,788 V^{-0.910}$ $14,653 - 0,220V + 0,001163V^2$	0,825 0,613
Îmbunătățiri tehnologice la motor	CC<1,4l	10-130	$14,577 - 0,294V + 0,002478V$	0,781
	1,4 l<CC< 2,0 l	10-130	$8,273-0,151V + 0,000957V^2$	0,767
Buclă deschisă	CC<1,4 l	10-130	$17,882-0,377V + 0,002825V^2$	0,656
	1,4 l<CC< 2,0 l	10-130	$9,446 - 0,230V + 0,002029V^2$	0,719
Euro I	CC<1,4l	5-130	$9,846 - 0,2867V + 0,0022V^2$	0,133
	1,4 l<CC< 2,0 l	5-130	$9,617 - 0,245V + 0,0017285V^2$	0,145
	CC>20l	5-130	$12,826- 0,2955V + 0,00177V^2$	0,159

unde: V este viteza de deplasare a autovehiculului, în km/h,

R2 – coeficientul de corelație, ce compară valorile estimate și măsurate.

Valoarea lui R<sup>2</sup> este cuprinsă în intervalul de la 0 la 1. Dacă este 1, există o corelație perfectă în eșantion adică nu există nici o diferență între valorile estimate și cele măsurate. La cealaltă extremă, dacă coeficientul de determinare este 0, ecuația regresiei nu ajută la estimarea unei valori credibile. Pentru informații despre modul de calcul al R<sup>2</sup>, se recomandă [94].

**Tabelul 3.10 : Factorul de emisie pentru autovehiculele dotate cu motoarele în doi timpi funcționând pe benzină <2,5 t.**

Zona unde este efectuată deplasarea	CO [g/km]
Urbană	20,7
Rurală	7,50
De Autostradă	8,70

**Tabelul 3.11 : Determinarea factorului de emisie de CO funcție de viteza de deplasare pentru toate clasele de autovehicule.**

Poluantul	Tipul vehiculului	Sistem de epurare a noxelor eşapate	Viteza de deplasare [km/h]	Factorul de emisie [g/km]	R <sup>2</sup>
Monoxid de carbon	LPG <2.5 t	Convențional	10-130	$12.523-0.418 V+0.0039 V^2$	0.893
		EURO I	10-130	$0.00110V^2-0.1165V+ 0.5278$	-
	Diesel ușor <2.5 t	Convențional	10-130	$5.41301V^{-0.574}$	0.745
		EURO I	10-130	$1.4497 - 0.03385V+21E-05V^2$	0,550
	Benzinar ușor <3.5 t	Convențional	10-110	$0.01104V^2-1.5132V+ 57.789$	0.732
		EURO I	10-120	$0.0037V^2-0.5215V + 19.127$	0.394
	Diesel mediu <3.5 t	Convențional	10-110	$20E-05V^2 - 0.0256V + 1.8281$	0.136
		EURO I	10-110	$22.3E-05V^2-0.026V+1.076$	0.301
	Diesel greu >3.5 t	Toate clasele	0 - 100	$37,280V^{-0.6935}$	0,880
	Autobuze și autocare diesel	Autobuze urbane	0-50	$59.003 V^{-0.7447}$	0.895
Autocare		0-120	$63.791 V^{-0.8393}$	0.978	
Motociclete cu CC 50cm <sup>3</sup>	-	0-120	15.0	Urban	

În Tabelul 3.10, Tabelul 3.12 și respectiv Tabelul 3.13 se prezintă factorul de emisie pentru autovehiculele dotate cu motoarele în doi timpi funcționând pe benzină <2,5 t, reducerea procentuală a emisiilor față de normativul Euro I, adoptat prin directivele 91/441/EEC (Euro I) și 93/59/EEC (Euro I), respectiv reducerea procentuală a emisiilor vehiculelor grele echipate cu motoare Diesel, față de cele convenționale, fără catalizator.

**Tabelul 3.12 : Reducerea procentuală a emisiilor vehiculelor grele, echipate cu motoare Diesel, față de cele convenționale, fără catalizator, pentru diferite regimuri de funcționare (urban, rural, autostradă.**

Sistem de epurare a noxelor eşapate	Clasa de Tonaj	Procentul de reducere al CO raportat la vehicule convenționale fără catalizator [%]		
		Urban	Rural	Autostradă
Euro I	Tonaj<7,5t	50,0	40,0	45,0
	7,5<Tonaj<16t	50,0	40,0	45,0
	16<Tonaj<32t	45,0	40,0	35,0
	Tonaj>32t	45,0	40,0	35,0
Euro II	Tonaj<7,5t	60,0	45,0	50,0
	7,5<Tonaj<16t	60,0	45,0	50,0
	16<Tonaj<32t	55,0	5,0	35,0
	Tonaj>32t	55,0	5,0	35,0
Euro III	Tonaj<7,5t	72,0	61,5	65,0
	7,5<Tonaj<16t	72,0	54,5	65,0
	16<Tonaj<32t	68,5	65,0	54,5
	Tonaj>32t	68,5	65,0	54,5
Euro IV	Tonaj<7,5t	79,6	71,9	74,5
	7,5<Tonaj<16t	79,6	71,9	74,5
	16<Tonaj<32t	77,0	74,5	66,8
	Tonaj>32t	77,0	74,5	66,8
Euro V	Tonaj<7,5t	79,6	71,9	74,5
	7,5<Tonaj<16t	79,6	71,9	74,5
	16<Tonaj<32t	77,0	74,5	66,8
	Tonaj>32t	77,0	74,5	66,8
Euro I	Autobuze urbane	50,0	40,0	45,0
	Autocare	45,0	40,0	35,0
Euro II	Autobuze urbane	60,0	45,0	50,0
	Autocare	55,0	50,0	35,0
Euro III	Autobuze urbane	72,0	61,5	65,0
	Autocare	68,5	65,0	54,5

Aceste limite trebuie respectate de toți fabricanții de autovehicule și pe plan european se stimulează prin sistemul de taxe aplicat înnoirea parcului de vehicule. Această măsură este foarte benefică pentru reducerea gradului de poluare datorat traficului din mariile orașe.

**Tabelul 3.13 : Reducerea procentuală a emisiilor față de normativul Euro I, adoptat prin directivele 91/441/EEC (Euro I) și 93/59/EEC (Euro I).**

Combustibil utilizat	Tonaj	Capacitatea cilindrică	Sistemul de epurare pentru noile autoturisme de persoane	Reducerea emisiei de CO comparativ cu EURO I [%]
Benzină sau GPL	-	CC<1,4l	Euro II - 94/12/EC	32
			Euro III - 98/69/EC etapa 2000	44
			Euro IV - 98/69/EC Aplicabil din 2005	66
Benzină sau GPL	-	1,4 l<CC< 2,0l	Euro II - 94/12/EC	32
			Euro III - 98/69/EC Aplicabil din 2000	44
			Euro IV - 98/69/EC Aplicabil din 2005	66
Benzină sau GPL	-	CC > 2,0 l	Euro II - 94/12/EC	32
			Euro III - 98/69/EC Aplicabil din 2000	44
			Euro IV - 98/69/EC Aplicabil din 2005	65
Motorină	-	CC<2,5 l	Euro II - 94/12/EC	0
			Euro III - 98/69/EC Aplicabil din 2000	0
			Euro IV - 98/69/EC Aplicabil din 2005	0
Benzină	-	Motociclete <50 cm <sup>3</sup>	97/24/EC Aplicabil din I	50
			97/24/EC Aplicabil din II	90
Benzină	<3,5 t	-	Euro II - 96/69/EC	39
			Euro III - 98/69/EC Aplicabil din 2000	48
			Euro IV - 98/69/EC Aplicabil din 2005	72
Motorină	<3,5 t	-	Euro II - 96/69/EC	0
			Euro III - 98/69/EC Aplicabil din 2000	18
			Euro IV - 98/69/EC Aplicabil din 2005	35

Figura 3.24 prezintă sub formă grafică factorii de emisie specifici pentru toate clasele de vehicule, calculați conform metodologiei Corinair pentru două viteze reprezentative pentru traficul din zona intersecțiilor semaforizate. Se observă faptul că emisiile la o viteză mică de deplasare de 10 km /oră sunt în majoritatea cazurilor aproape de două ori mai ridicate decât la o viteză de deplasare de 35 km/oră. Din acest grafic se poate observa importanța fluidizării traficului astfel încât viteza de deplasare să fie ridicată iar timpii de așteptare la semafor sau pentru acordarea de prioritate cât mai reduși. Astfel emisiile provenite de la motoare cu ardere internă pot fi reduse prin organizarea traficului în sensul fluidizării lui.

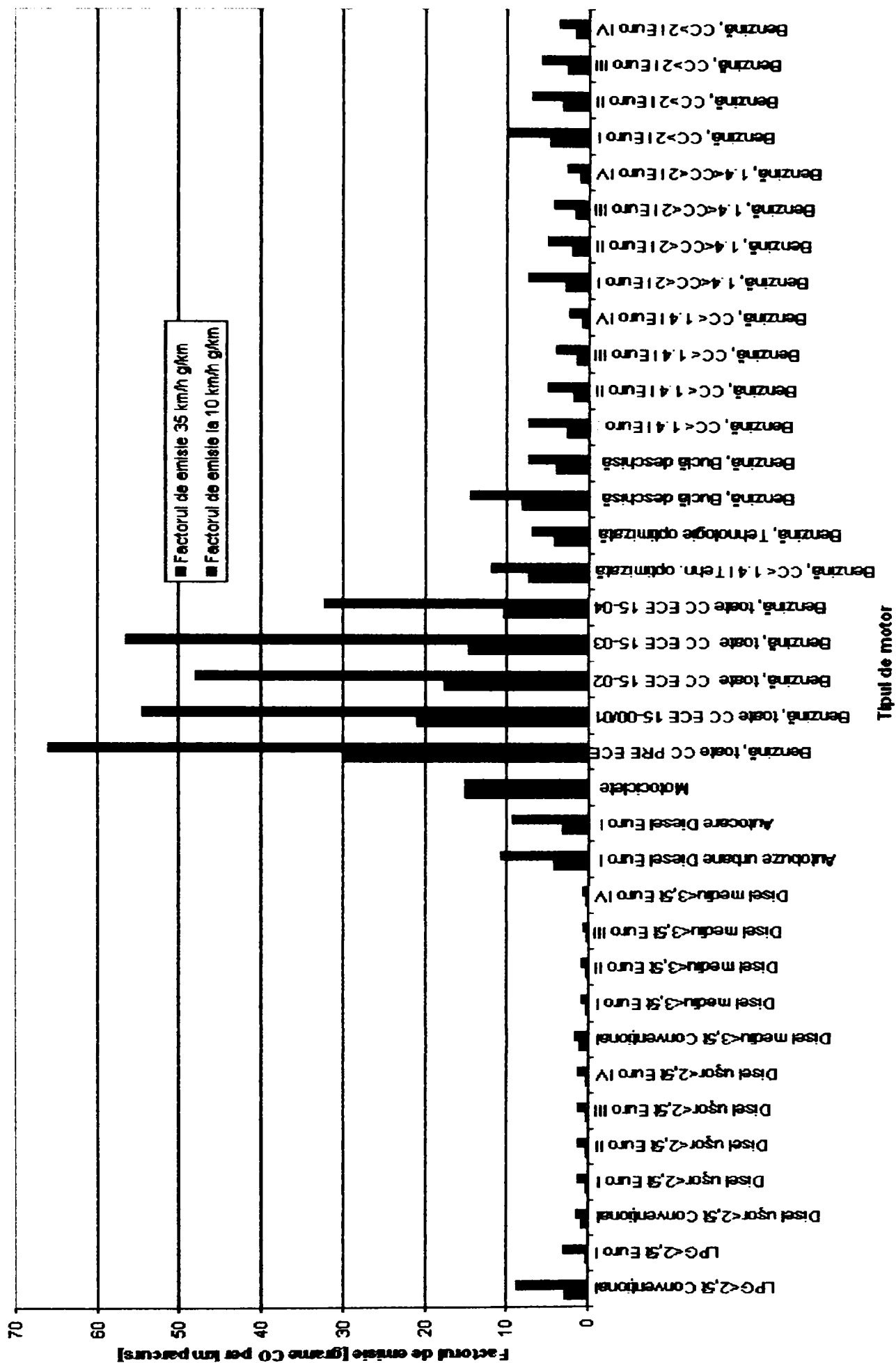


Figura 3.24: Grafic cu factorii de emisie specifici pentru toate clasele de vehicule pentru 10 km respectiv 35 km/h.

### 3.4 Studii de caz privind monitorizarea comparativă a calității aerului în zona municipiului Timișoara

#### 3.4.1 Generalități privind campaniile de monitorizare

Tabelul 3.14 redă o imagine globală a campaniilor, a modului de lucru și a scopurilor urmărite. Se precizează că s-au efectuat mult mai multe măsurători on line decât cele ce s-au valorificat în prezenta lucrare, dar s-au reținut ca reprezentative doar cele evidențiate. Marea parte a valorilor experimentale au fost publicate la diferite reuniuni științifice [40], [57], [72], [74], [73] și la workshopuri de specialitate[15] , Rezultă că instrumentul optic a fost utilizat cu diferite drumuri optice, pentru a-i testa reacția și sensibilitatea, cunoscându-se că mărirea drumului determină o îmbunătățire a calității măsurătorii.

**Tabelul 3.14 : Programul campaniilor de monitorizare efectuate în municipiul Timișoara**

Nr. crt	Locația	Anotimpul	Perioada	Sursa monitorizată	Observatie
1	Intersecția Mihai Viteazu	vara	17.07.2002 - 26.07.2002	Trafic	Intresecție semaforizată
2	P-ta Mărăști	iarna	25.11.2002 - 05.12.2002	Trafic	Sens Giratoriu
3	Catedrala	iarna	18.02.2003- 29.02.2003	Trafic	Zonă civică
4	Michelangelo	primăvara	14.04.2003- 24.04.2003	Trafic	Sens Giratoriu
5	Parcul Rozelor	primăvara	12.05.2003- 15.05.2003	Fond	Zone de agrement
6	Parcul Central	primăvara	15.05.2003- 19.05.2003	Fond	Zone de agrement
7	Parcul Botanic	primăvara	19.05.2003- 21.05.2003	Fond	Zone de agrement
8	Lucian Blaga	vara	10.06.2003- 19.06.2003	Trafic	Stradă canion
9	Pasaj Republicii	vara	24.06.2003- 03.07.2003	Trafic	Intresecție semaforizată
11	Deponeul Parța	primăvara	07.05.2004- 14.05.2004	Deponeu neecologic	Deponeu neecologic
12	Calea Șagului	vara	21.05.2004 - 25.05.2004	Trafic	Intresecție nesemaforizată

Se remarcă că de-a lungul campaniilor experimentale s-a acoperit o durată de măsurători continue impresionată, pentru a fi reprezentativă fiecărui episod în parte. De asemenea, gama de zone monitorizate a parcurs situații simple cum ar fi zone centrale la

limita zonei civice a orașului, zone de intersecții majore cu sau fără sens giratoriu, cu sau fără semaforizare, deschise sau închise, până la situații speciale ca străzi de tip canion, zone de deponeu necologic sau parcuri și rezervații naturale.

Studiul a fost focalizat asupra monitorizării unei singure specii, și anume asupra monoxidului de carbon, deoarece această noxă este prezentă atât în gazele de evacuare ale vehiculelor dotate cu motoare cu ardere internă, cât și în cele ale instalațiilor fixe de ardere, ca produs al arderii imperfecte. Existența în dotarea Laboratorului de combustibili și investigații ecologice din Universitatea Politehnica Timișoara a două aparate performante pentru înregistrarea imisiilor de monoxid de carbon, funcționând pe principii de analiză diferire, a fost un alt argument în acest sens. Se face mențiunea că studiul se poate aplica pentru orice specie poluantă, dar instrumentele și factorii de emisie folosiți în modelare trebuie adaptați scopului urmărit.

#### **3.4.2 Analiza critică a strategiei de amplasare a instrumentelor de monitorizare, folosind metoda numerică**

În cele ce urmează se descrie în primul rând care sunt avantajele și dezavantajele comparative ale celor două principii de măsurare: determinarea CO prin metoda NIDR cu instrumentul HORIBA cu extragere punctiformă a probei de analiză și determinarea aceleiași specii, în aceleași condiții, cu instrumentul optic, de tip HAWK, care își consideră proba prin scanarea concentrației drumului optic.

Se exemplifică pe un caz concret, dar considerat extrem din punct de vedere al densității traficului, și anume campania din intersecția Bv. Mihai Viteazu cu Bv. Pârvan, intersecție semaforizată (la vremea respectivă în 4 timpi, având câte 3 benzi pe sens de circulație (Figura 3.25). Datele meteorologice au fost impuse conform unei strategii (direcție variabilă), iar geometria clădirilor și ale vecinătăților intersecției sunt reale.



*Figura 3.25: Vedere de sus a zonei de interes.*

Ca instrument de lucru s-a folosit modelarea numerică în FLUENT și rezultatele au fost asamblate apoi într-un grafic recapitulativ intuitiv.

Zona a fost modelată, și s-au definit diferite rugozități pentru toate componentele de peisaj (parc, clădiri, parcare, intersecție, luciuri de apă, etc.). În zona de așteptare la semafor din intersecție s-au aplicat ca și parametri de intrare factori de emisii pentru specia CO, conform CORINAIR.

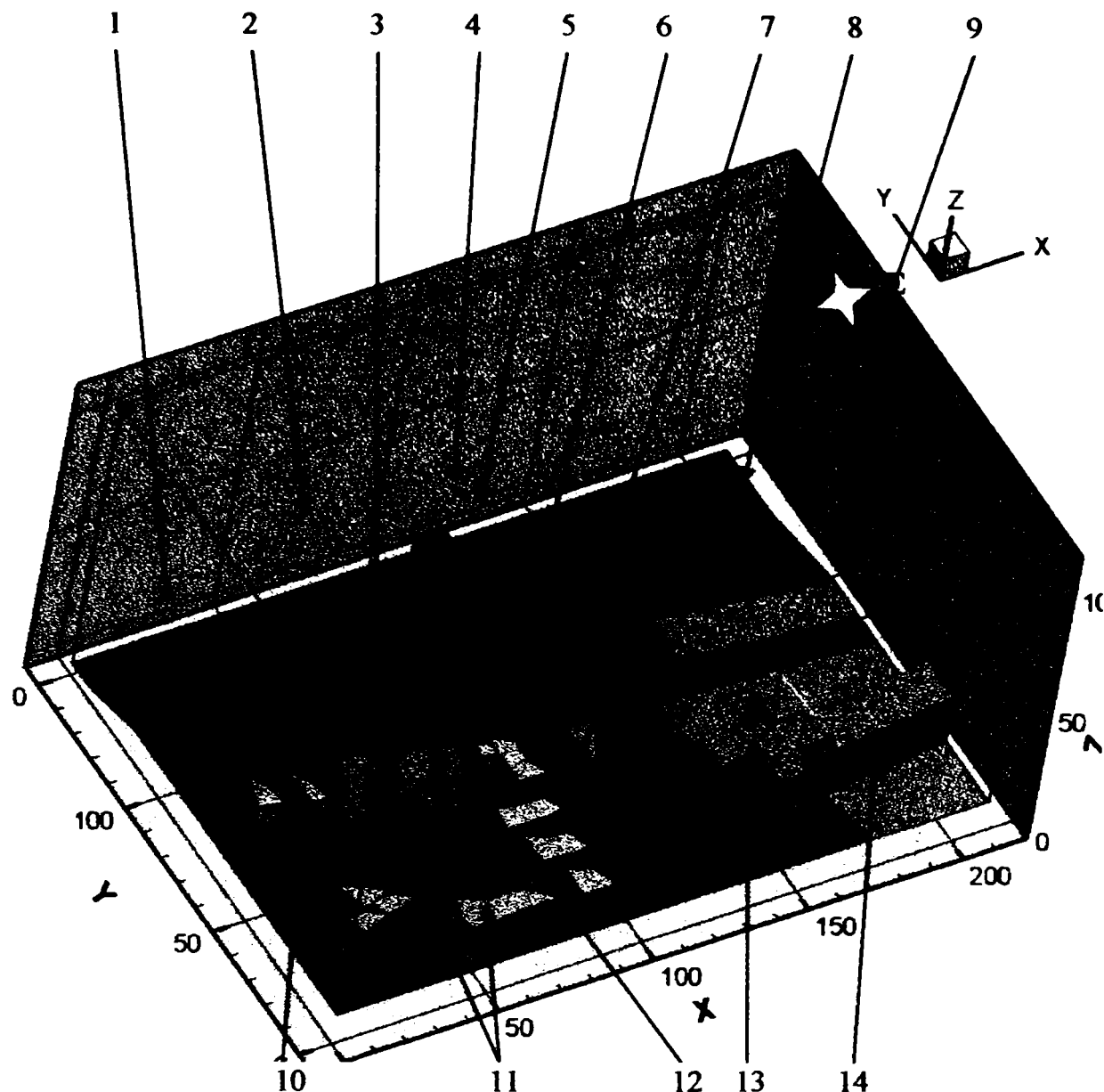
Pe sensul de staționare s-a considerat o viteză de rulare de 2 km/h, ca valoare medie pentru situațiile limită între trafic intens și staționare, pe sensul de degajare a intersecției, s-au marcat factori de emisie specifici unei viteze medii de rulare de 25 km/h. Flota a fost selectată conform studiului întreprins de Primăria municipiului Timișoara [129] (Figura 3.26).

Condițiile climatice au fost considerate variabile, modificând, pe rând direcția și apoi modulul vitezei.

Discretizarea domeniului în elemente finite este redată în Figura 3.27. Se observă o împărțire mai fină a zonei, în apropierea solului și a principalelor elemente de interes (clădiri, parcuri, șosea, etc.), astfel încât rezultatele să ofere o rezoluție bună, excluzând pe cât posibil eventualele interpolări insuficiente, în cazul unei rețele mai rare.

În Figura 3.28 se prezintă în spațiu 3D distribuția suprafeței de izoconcentrație, prin transparență, suprapuse peste domeniul analizat. Vântul s-a setat pentru o viteză de 3 m/s, din SV. Această valoare a fost considerată ca fiind viteza înregistrată la 1,5 m deasupra solului, profilul de viteză fiind conform profilului Davenport.



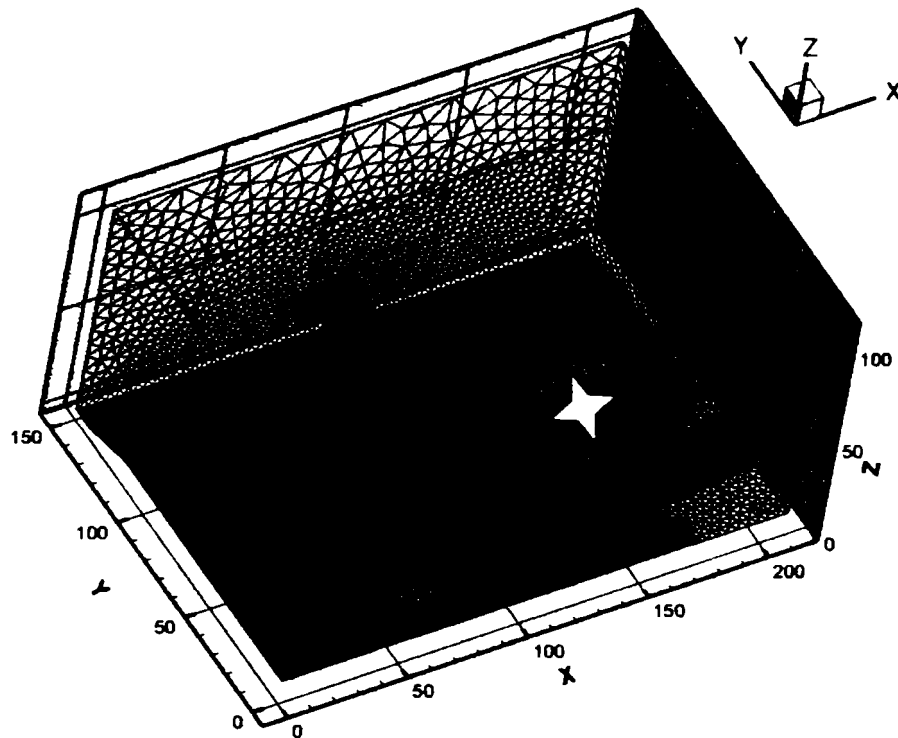


**Figura 3.26: Modelarea numerică a domeniului de interes cu distingerea zonelor caracteristice:**

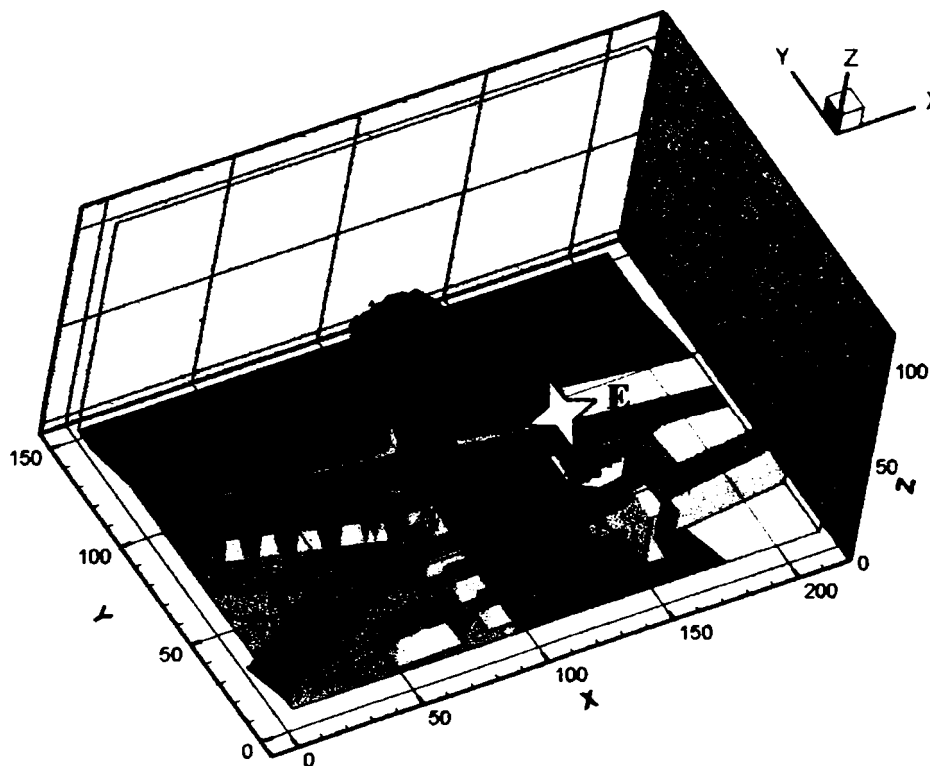
1 – parc vegetație pitică, 2 – canalul Bega, 3 – parc vegetație înaltă, 4 – pod peste canalul Bega, 5 – suprafață de intrare pt. poluant de concentrație determinată pentru o viteză a vehiculelor de 25km/oră, 6 – suprafață de intrare pt. poluant de concentrație determinată pentru o viteză a vehiculelor de 2 km/oră, 7 – parc vegetație înaltă, 8 – parc vegetație pitică, 9 – parcare autovehicule, 10 – curte interioară, 11 – clădiri cu geometrie reală, 12 - coș de fum, 13 – vegetație înaltă, 14 – parcare.

Păstrând aceeași scară de lungime în reprezentarea domeniului de 150 x 210 x 100 m, în Figura 3.29 s-a modelat episodul pentru care vântul suflă cu 3 m/s din direcția SV. Pentru a studia influența valorii vitezei, s-a simulat situația prezentată de Figura 3.30, constatându-se că efectul scăderii vitezei se soldează cu reținerea norului poluant în intersecție, constatându-se performanțe slabe de dispersie. Apoi, se simulează o altă situație, care diferă de prima doar prin direcția vântului, dinspre S (Figura 3.31). Figura 3.33 prezintă scenariul pentru o direcție dinspre V și, în final (Figura 3.34), s-a ales varianta vântului dinspre NE. Se remarcă poziția și forma diferită ale norului de poluant, cu

mențiunea că valorile de distribuție a concentrațiilor sunt, de asemenea distincte, pentru o aceeași scară de concentrații. Coordonatele unde se înregistrează valorile maxime sunt în totalitatea cazurilor amplasate în zona centrală a intersecției, dar se observă în general evadarea penei de efluent poluant cu CO pe direcția vântului, funcție de spațiul liber. Toate reprezentările s-au întocmit pentru un nivel de 1,5 m deasupra solului, această fiind de fapt înălțimea la care trebuie amplasate, conform standardului, sursele de prelevare a probei, fie punctiforme, fie distribuite (drum optic).



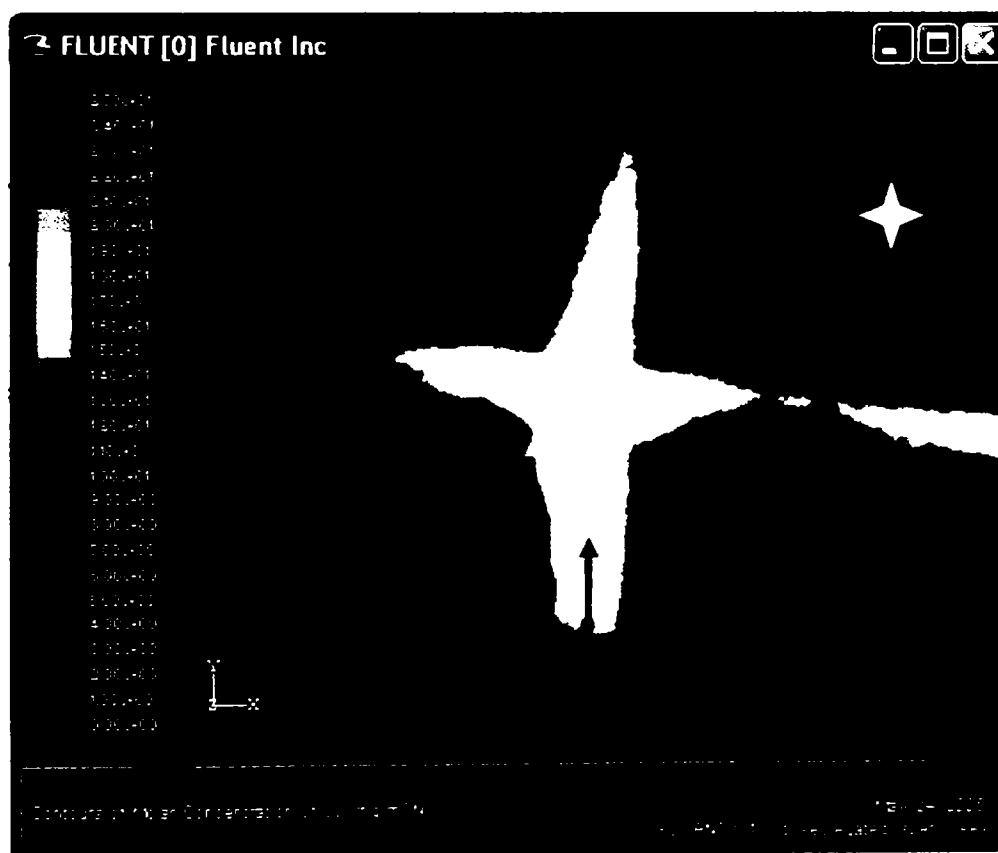
**Figura 3.27:** Rețeaua creată pentru discretizarea domeniului de interes



**Figura 3.28:** Distribuția spațială a concentrației CO în condițiile în care vântul suflă din SV cu o viteză de 3 m/s.

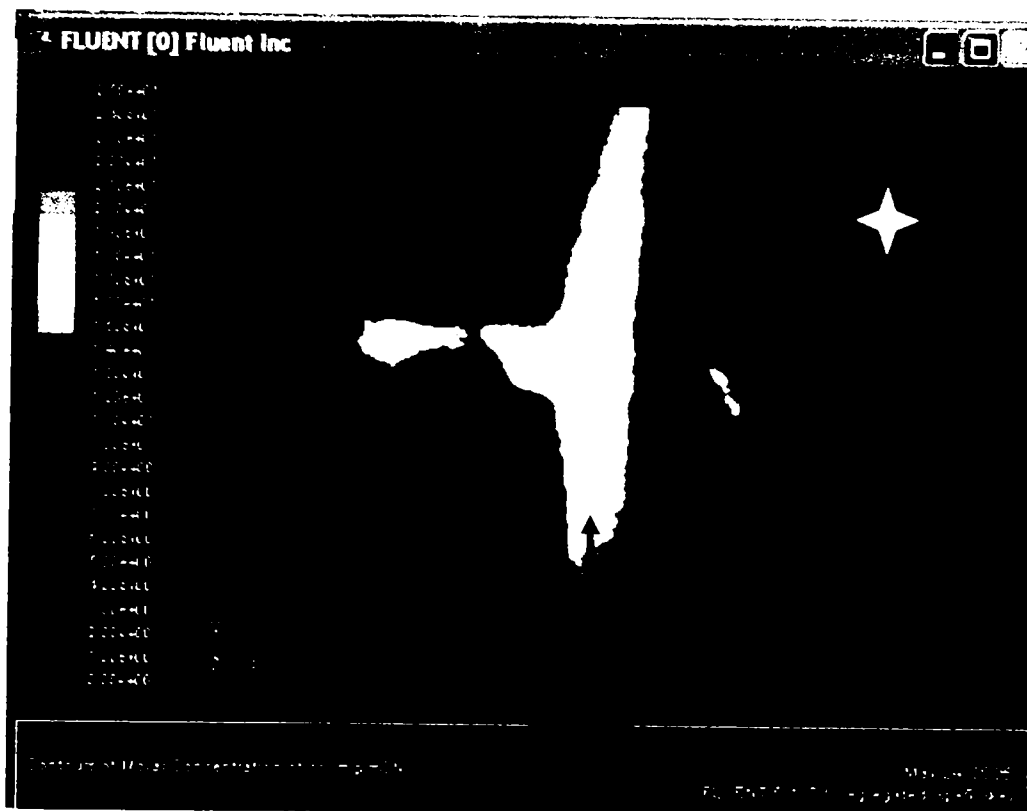


**Figura 3.29:** Distribuția concentrației de CO într-un plan situat la 1,5 metri de sol, vântul suflă din SV cu o viteză de 3 m/s.

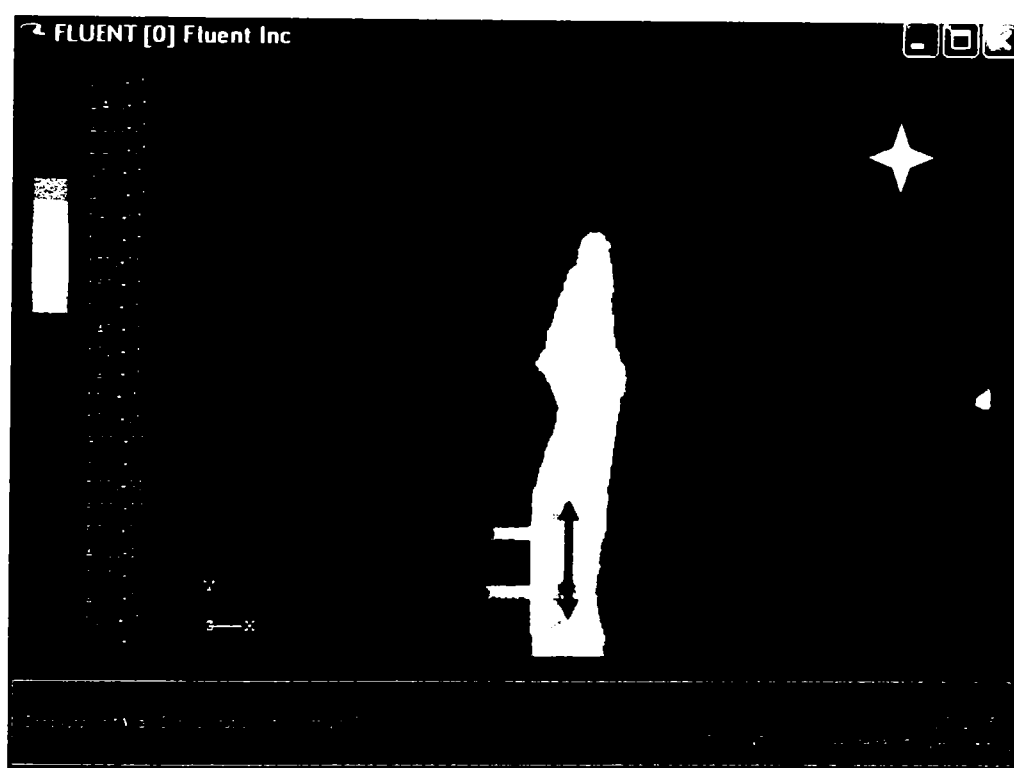


**Figura 3.30:** Distribuția concentrației de CO într-un plan situat la 1,5 metri de sol, vântul suflă din SV cu o viteză de 0.5 m/s.

S-a marcat cu o săgeată poziția celor două componente ale instrumentului optic (sursă și oglindă), și, corelat, punctul de prelevare pentru instrumentul HORIBA.



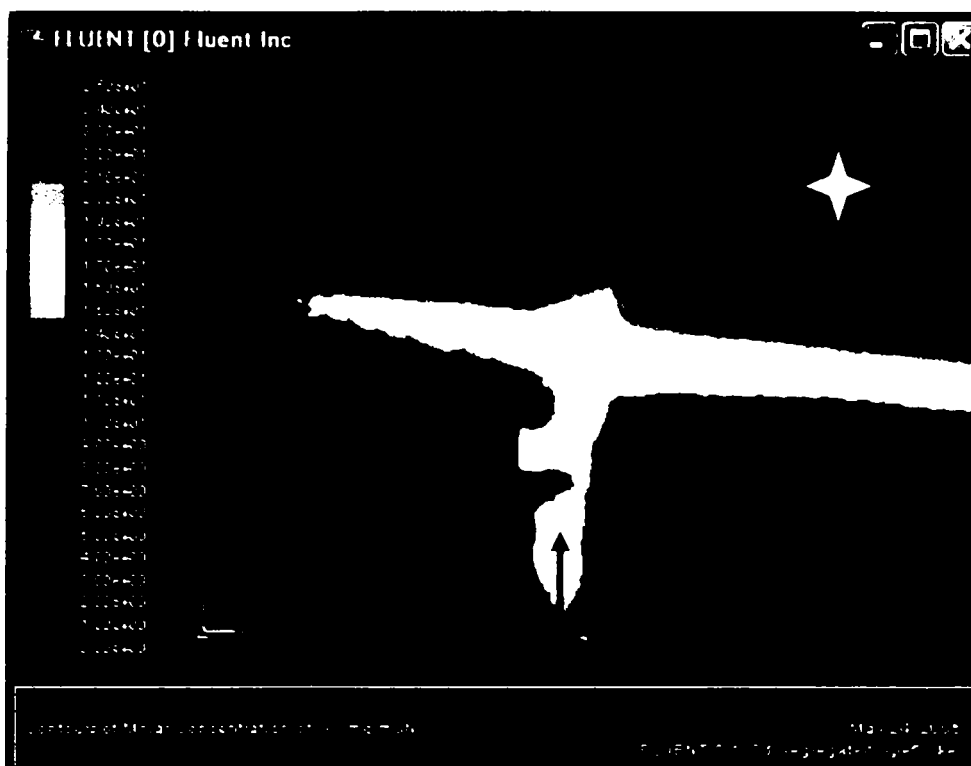
**Figura 3.31:** Distribuția concentrației de CO într-un plan situat la 1,5 metri de sol, vântul suflă din Sud cu o viteză de 3 m/s.



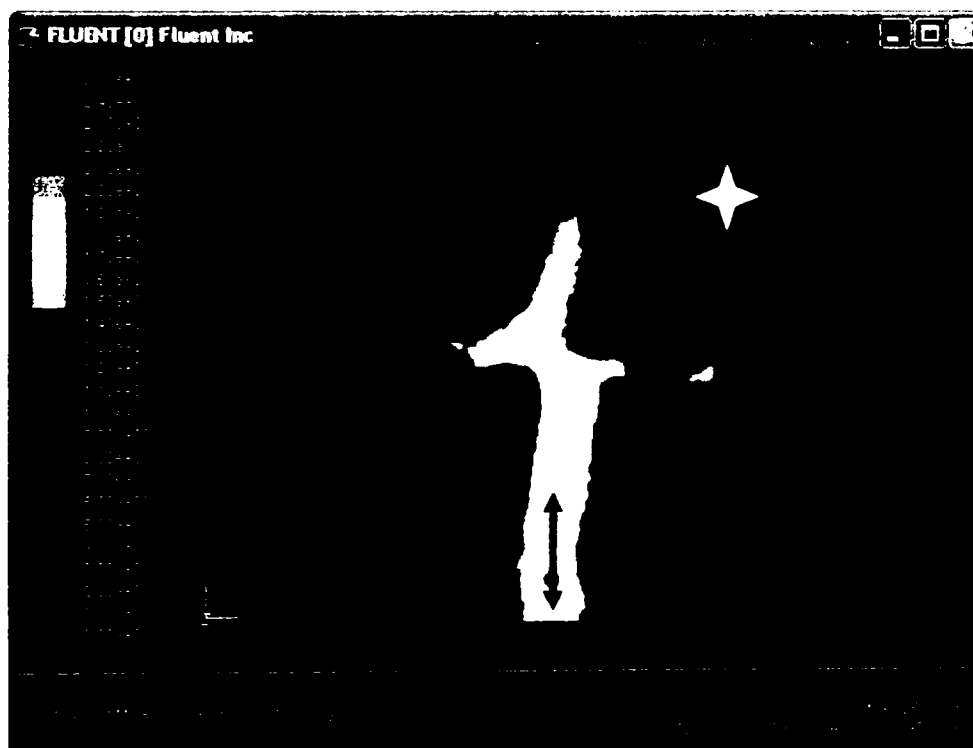
**Figura 3.32:** Distribuția concentrației de CO într-un plan situat la 1,5 metri de sol, vântul suflă din Nord cu o viteză de 3 m/s.

Din analiza comparativă a figurilor, cu referire la valorile înșiruuite pe drumul optic respectiv în punctul de prelevare unic al sursei punctiforme se constată că, deși fizic instrumentele se bazează pe același principiu (NDIR), valorile concrete pe care le înregistrează vor fi diferite, datorită diferențierilor reale între distribuțiile de concentrații în punctele de pe axa drumului optic. Doar într-un singur punct de pe axa optică, în care se

găsește sursa punctiformă a instrumentului clasic, valorile vor coincide. Citind semnificația culorilor se observă concentrațiile diferite înregistrate de instrumente.



**Figura 3.33:** Distribuția concentrației de CO într-un plan situat la 1,5 metri de sol, vântul suflă din Vest cu o viteză de 3 m/s.



**Figura 3.34:** Distribuția concentrației de CO într-un plan situat la 1,5 metri de sol, vântul suflă din NE cu o viteză de 3 m/s.

Astfel, cea mai bună corelare a valorilor indicate de cele două instrumente se instalează pentru episodul când vântul bate dinspre NV și N caz în care noxele emise în centrul intersecției sunt purtate de vânt și sunt pe direcția optică a instrumentului Hawk respectiv spre orificiul de prelevare al aparatului Horiba.

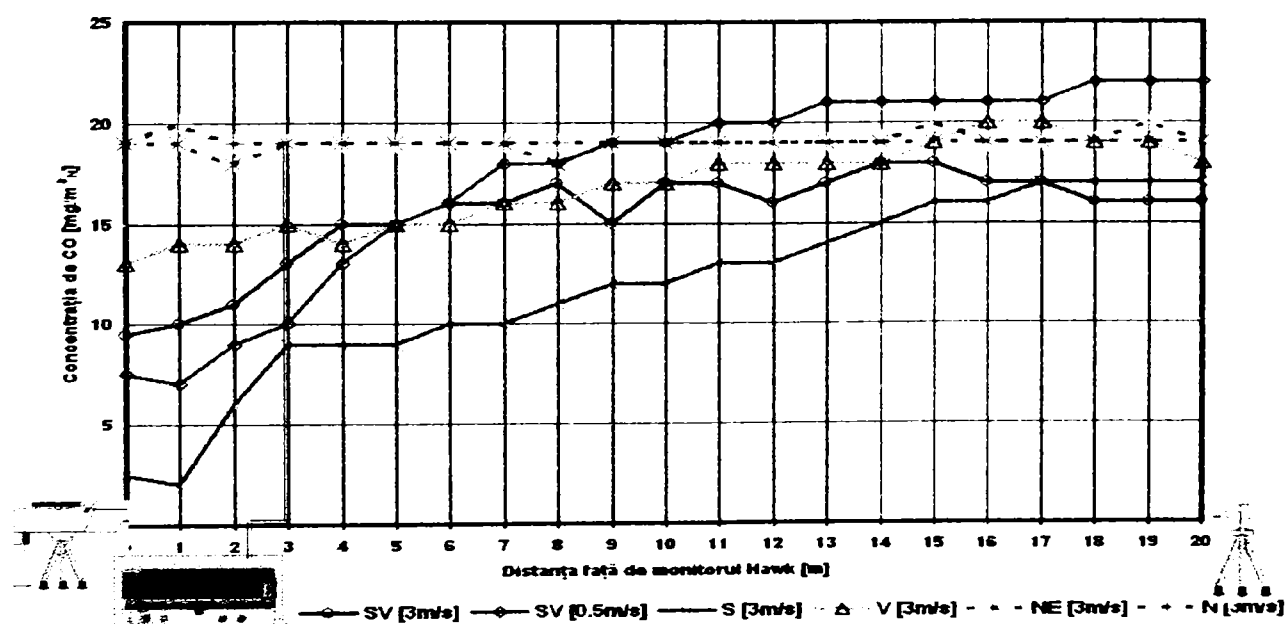
Situația în care cele două instrumente indică valorile cele mai diferite este cea pentru care vântul este considerat a adia din direcția S.

În Figura 3.35 se evidențiază faptul că, în condiții foarte probabile, în situ, semnalul ce activează instrumentele, provenit din dispersarea unui nor poluant, comparativ, nu este în toate situațiile constant și nici nu are aceeași valoare. Poziționarea instrumentelor este foarte importantă în iar în figurile următoare s-a schematizat și poziția relativă a celor două instrumente.

Un rol activ îl joacă și poziția instrumentului cu sursă prelevare punctiformă relativ la drumul optic. Un instrument poate arăta de la simplu la dublu, dacă nu este studiată atent amplasarea și chiar dacă condițiile legislative sunt respectate.

Se face mențiunea că exemplul a fost astfel conceput încât să evidențieze aceste diferențe și necorelații posibile. Totuși, se va arăta la sfârșitul tezei printr-o analiză de corelație, că există și șiruri paralele de înregistrări corelate, sau anticorelate, dar există și sunt reprezentative.

Studiul demonstrează și necesitatea ca măsurătorile cu instrumente să fie făcute de profesioniști, după studii atente, și nu la întâmplare. Trebuie făcute analize pregătitoare asupra probabilității evoluției datelor meteorologice, direcției preponderente a vântului, amplasarea relativă a instrumentelor față de obstacolele și turbulențele introduse de advecția naturală. Aceste rezultate și cerințe trebuie cu atât mai mult respectate cu cât spațiul de analiză este mai închis. În cazul străzilor canion, amplasarea instrumentelor este foarte delicată și o eroare de amplasare atrage după sine înregistrarea unor valori trunchiate.



**Figura 3.35: Variația concentrației de CO de-a lungul distanței optice și în punctul de prelevare al aparatului Horiba funcție de parametri caracteristici ai vântului**

Geometria clădirilor și în general rugozitatea mediului sunt de mare importanță, de asemenea, în formarea curgerilor naturale ale aerului care de fapt angrenează și poluantul și realizează astfel dispersarea lui. Clădirile acționează ca un scut împotriva spălării zonei cu aer curat și doar coridoarele libere mai pot prelua dispersarea gazelor.

Instrumentul optic indică, prin natura concepției constructive, valori sensibil mai mari decât instrumentul clasic. Este evident din analiza graficului că există însă o corelație a tendinței și nivelului de variație.

### **3.4.3 Analiza numerică a impactului principalelor surse poluatoare din Timișoara**

Prima etapă necesară pentru o astfel de analiză o reprezintă alcătuirea unui inventar al surselor poluatoare și alcătuirea unei baze de date la nivelul municipiului Timișoara. În același timp majoritatea softurilor de simulare numerică au nevoie și de o bază de date meteorologice reprezentative pentru o aria investigată. Atunci când se realizează o modelare de amploare la scara urbană este nevoie de un set de date meteorologice achiziționate de o stație aflată la periferia orașului astfel încât datele înregistrate să nu fie influențate de rugozitatea urbană și de influențele termice ale orașului. În cazul prezentului studiu s-au folosit date meteorologice înregistrate de stația meteorologică fixe de la Pădurea Verde descrisă la paragraful [3.2.5].

Primul pas făcut în concretizarea temei de cercetare a fost identificarea principalelor surse poluatoare ale municipiului Timișoara. Cu datele obținute atât din documentarea la Agenția de Mediu Timișoara cât și din derularea de măsuratori efective de emisii pe bază de contract la unele firme din Timișoara s-a realizat un inventar al surselor din municipiul Timișoara. Pentru sursele staționale la care nu au existat date în baza Agenției de Mediu [61] sau nu au fost executate investigații prin măsurători s-au determinat factori de emisii specifici conform metodologiei CORINAIR. Această metodologie adaptată pentru compoziția traficului din Timișoara a fost folosită și pentru determinarea factorilor de emisii specifici principalelor intersecții din oraș. La baza acestei determinări a stat un studiu efectuat de direcția de urbanism a Primăriei Timișoara privind structura traficului în principalele intersecții. [129]

Sub această denumire generică de “inventar al emisiilor” se înțelege un ansamblu de operații de mare importanță, de mare anvergură și totodată de mare dificultate prin care se încearcă constituirea unei baze de date reprezentative a principalelor surse poluatoare.

Pot fi realizate inventare la scara unei întreprinderi industriale, la scara unui oraș sau la scară națională. Informațiile astfel obținute se folosesc în modelarea dispersiei



poluanților, dar și în scopul verificării eficacității echipamentelor de reținere și neutralizare “la sursa” a substanțelor poluante.

Clasificarea care urmează este necesară inventarierii prin faptul că fișierul de date de inventar este structurat după categoriile de mai jos.

O prima categorie o constituie sursele staționare de combustie. Se au în vedere instalațiile în care se ard combustibili, fie pentru încălzire, fie în legătură cu unele procese industriale. Un loc important în această categorie îl ocupă centralele termoelectrice (CET). Coșurile CET, sunt de obicei cele mai înalte, atingând deseori înălțimi de 250 — 300 m. Ele emit în principal: bioxid de sulf datorită sulfurii prezent în combustibili; oxizi de azot (NO<sub>x</sub>), (oxizi care apar prin combinarea azotului cu oxigenul din aer la temperaturile ridicate ale proceselor de ardere); funingine și cenușă.

Fișierul se organizează după categoriile de surse enumerate mai sus. De exemplu, pentru acele surse din categoriile “surse de combustie” și “procesele industriale” care pot fi considerate surse punctiforme se stochează următoarele informații (fiecarui tip de informație fiindu-i rezervate 80 de locații): 1) Localizarea instalației. 2) Date generale; 3) Parametrii coșului; 4) Echipamente de reținere (control); 5) Orarul de funcționare a sursei și informații despre emisii; 6) Date referitoare la autorizația de funcționare; 7) Informații privitoare la combustibili, procese tehnologice.

#### **3.4.3.1 Inventarul surselor staționare**

Regia CALOR [17] acoperă trei sferturi din necesarul de energie termică a orașului, furnizând populației, în proporție de 85 %, necesarul de energie termică sub formă de apă caldă de încălzire și menajeră, restul de 15 % fiind distribuit agenților industriali locali. Cantitatea anuală de energie termică generată (de 1 500 000 Gcal) se livrează prin intermediul a 16 centrale termice proprii functionând pe combustibil gazos și prin intermediul a 116 puncte termice, alimentate cu agent primar de la SC Termoelectrica Timișoara, care este și proprietarul de drept a rețelei de transport a agentului primar în proporție de 85 %. Rețelele termice secundare ce însumează 4 fire și însumează 325 km aparțin SC CALOR. Tabelul 3.15 prezintă datele legate de sursele de poluare. Se observă că sunt cuprinse date legate de nivelul emisiilor, caracteristicile lor termodinamice și înălțimea respectiv locuș de emiterie (relativ la centrul orașului plasat la Catedrala metropolitană [31]).

Tabelul 3.15 : Centralele termice ale SC CALOR Timișoara

	Centrala Termica	X(m)	Y(m)	H(m)	Dim COS(mm)	Wg(m/s)	Tcos(°C)	Lamda	Conc CO g/s
1	Giurgiu	-127	-1267	12	890x620	1.127	128	1.11	0.016202
2	Văcărescu	-1094	-1185	16	800x500	11.045	118	3	0.0694
3	Siret	557	-912	16	750	11.42	112	3	0.063003
4	Diana	1049	-863	18	500	3.91	112	3	0.024621
5	Diana2A	1050	-864	18	500	10.031	112	3	0.024621
6	Corbului	-127	-1264	14	900x700	2.23	118	3	0.014037
7	Dragalina	-1273	-554	16	1000x1600	1.48	118	3	0.02866
8	Buziaș	2705	-2437	25	1000	10.1	132	3	0.09914
9	Vulturii	-1538	-2060	16	800	7.98	118	3	0.050155
10	Plevna	-423	-606	16	700x500	8.8	102	3	0.03113
11	Păltiniș	195	-1129	12	1700x1000	4.817	112	3	0.1064
12	Porumbescu	-163	-1406	12	800x500	0.75	112	1.1	0.0109
13	IMT	2748	2622	24	800	7.21	112	3	0.04535
14	Rusu Șirianu	-719	-1889	14	800x500	6.165	111	3	0.02966
15	Dunărea	-2226	137	22	800	9.71	99.7	3	0.06104
16	LIC 1	-997	-1060	14	1700x1500	2.21	112	3	0.055576

Generarea de energie termoelectrică este concomitent însoțită și de producerea de noxe gazoase și solide, care se emit pe coșurile de fum. Calitatea aerului din zonă și din vecinătățile rezidențiale este afectată. În continuare se prezintă inventarul principalelor centrale termice și ale uzinei electrice din Timișoara (CET Centru și CET Sud).

Tabelul 3.16 prezintă datele legate de sursele de poluare. Se observă că sunt cuprinse date legate de nivelul emisiilor, caracteristicile lor termodinamice și înălțimea respectiv locul de emiter (relativ la centrul orașului plasat la Catedrala metropolitană).

Tabelul 3.16 Centralele termice ale CET

	X	Y	H	D	w <sub>g</sub>	t <sub>g</sub>	λ	Debite noxe [g/s]
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[°C]	[-]	CO
CETSUD1	3759	2275	160	5,1	4,8	129	1,76	3.9311
CETSUD2	3700	2200	160	5,1	2,3	120,5	1,68	4.5964
CETCEN1	1644	494.9	44	1.5	3,88	146,9		20.917

Tabelul 3.17 prezintă inventarul principalelor firme din punct de vedere al surselor de poluare deținute pe raza municipiului Timișoara. Se observă că sunt cuprinse date legate de nivelul emisiilor, caracteristicile lor termodinamice și înălțimea respectiv locul de emiter (relativ la centrul orașului plasat la Catedrala metropolitană).

Tabelul 3.17 : Principalele surse industriale

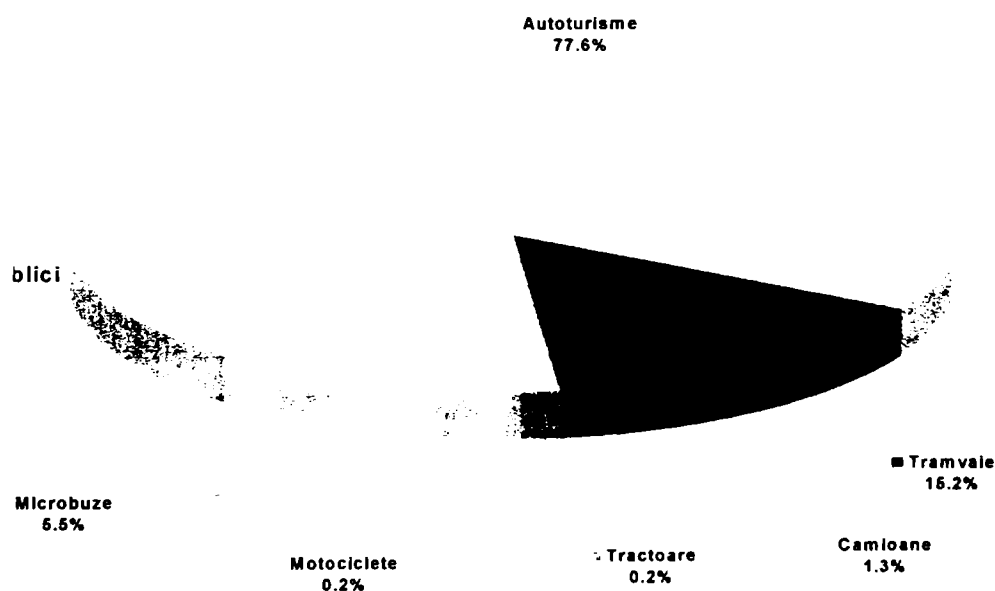
Source ID	X Coord. (m)	Y Coord. (m)	Base Elevation (m)	Release Height (m)	Emission Rate (g/s)	Gas Exit Temperature (K)	Gas Exit Velocity (m/s)	Inside Diameter (m)
MALDINC	1073	-1800	80.00	18.00	0.005445	463.00	1.80	0.35 Cos
COMTIM	-4661	-3188	80.00	15.00	0.08307	408.00	2.50	0.40 Cos
AEM	2600	-1927	80.00	14.00	0.005836	440.00	13.55	0.45 Cos
AEM2	2600	-1920	80.00	14.00	0.042609	450.00	8.66	0.45 Cos
CTMV	226	-666	80.00	25.00	0.0364	493.00	5.19	0.30 Cos
COCACOL1	-1010	-2830	80.00	12.00	0.032	436.00	3.15	0.50 Cos
COCACOL2	-1010	-2838	80.00	12.00	0.035	436.00	3.15	0.50 Cos
CONTINEN	2760	-2978	80.00	12.00	0.0091	157.00	10.00	0.90 Cos
ELECTROT	2909	2012	80.00	4.00	0.0113	435.00	14.35	0.37 Cos
PREFATIM	-3238	-470	80.00	24.00	0.0301	440.00	8.47	0.90 Cos
ELECTROM	-1125	-126	80.00	25.00	0.041	440.00	6.52	0.79 Cos
FRIGOREX	2800	4395	80.00	11.00	0.061	495.00	5.91	0.50 Cos
PROCTER1	-2694	-1558	80.00	17.00	0.0101	420.00	2.50	0.40 Cos
PROCTER2	-2694	-1550	80.00	25.00	0.031	410.00	2.50	0.40 Cos
PROCTER3	264	1547	80.00	30.00	0.229	425.00	3.50	1.20 Cos
RATT1	1415	1084	80.00	17.00	0.14	420.00	4.50	0.50 Cos
RATT2	1415	1060	80.00	16.00	0.0302	425.00	3.20	0.50 Cos
RATT3	1415	1077	80.00	11.00	0.0551	423.00	3.41	0.50 Cos
RATT4	1415	1045	80.00	4.50	0.0534	418.00	4.10	0.50 Cos
AZUR	2382	-1189	80.00	24.00	0.026	415.00	5.18	0.80 Cos
AZUR2	2382	-1181	80.00	24.00	0.025	420.00	11.60	0.80 Cos
AZUR3	2392	-1189	80.00	24.00	0.0597	440.00	9.40	0.35 Cos

### 3.4.3.2 Inventarul surselor mobile

A doua categorie cuprinde sursele mobile, în primul rând vehicule rutiere, apoi aviație, transporturile feroviare, transporturile maritime și fluviale. Transportului auto i se datoresc importante emisii de oxid de carbon (CO), oxizi de azot și hidrocarburi. Se apreciază că circa 80 % din CO din atmosferă marilor orașe este imputabil emisiilor vehiculelor rutiere. În Japonia de exemplu, 97 % din CO prezent în atmosfera aglomerarilor urbane provine de la transportul auto, în timp ce la Paris proporția este apreciată de la 60 până la 70 %.

Din analiza de trafic realizată la nivelul municipiului Timișoara [129] rezultă că pe rețeaua semnificativă a orașului se fac zilnic (în intervalul orar 6.00 – 22.00) un număr de 300.165 deplasări din care cca.80% reprezintă traficul vehiculelor de călători iar 20% cele de marfă. Din totalul deplasărilor traficul interior are ponderea cea mai mare cu 77% , cel de penetrație reprezintă 19 % iar tranzitul 4%. Lungimea medie a unei deplasări este de 4,15 km cu o viteză medie de 34,28 km/h. Pentru aceste deplasări se consumă zilnic cca. 140 tone de carburant.

Inventarierea surselor poluatoare (autovehiculelor) s-a făcut în principalele intersecții din oraș. Din grafice rezultă numărul total de autovehicule ce au străbătut intersecția precum și compoziția traficului. Figura 3.38 se prezintă detaliat impactul principalelor tipuri de surse poluatoare la totalul emisiilor de monoxid de carbon la sfârșitul anului 2003 în Timișoara.



**Figura 3.36: Compoziția traficului rutier Str. Circumvalațiunii –Bv. Republicii total 16691 autoveh/ 8 ore**

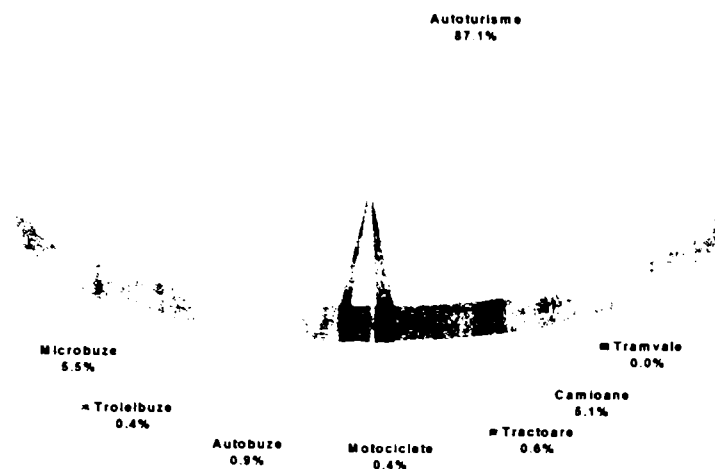


Figura 3.37: Compoziția traficului rutier B-dul V Pârvan total 15460 autoveh/ 8 ore

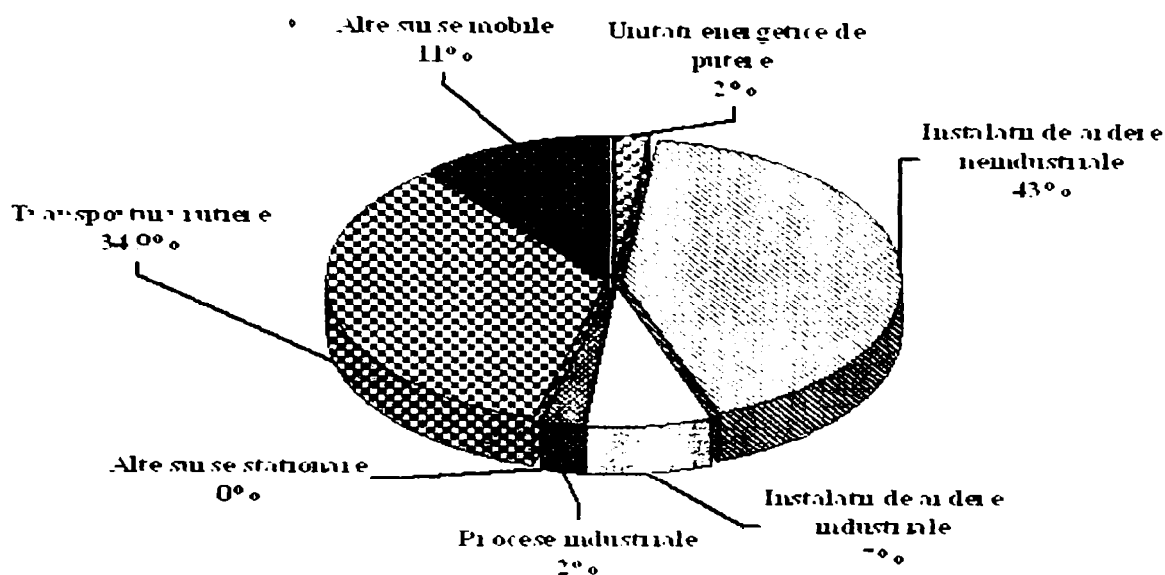


Figura 3.38: Contribuția principalelor sectoare poluatoare din Timișoara a la emisia anuală CO.

### 3.4.3.3 Moderarea și simularea numerică

Programul ISC4 este cel mai răspândit program de evaluare a dispersiilor, deci de determinare a imisiilor. Programul este atestat internațional, dovada că una dintre cele mai renumite agenții de protecție a mediului (EPA din SUA) îl folosește pentru protocoalele sale de analiză a dispersiilor, a depunerilor solide sau umede, chiar și în condiții de teren complex (de ex. când receptorul este la cota superioară emitentului și invers).

ISC4 este o versiune îmbunătățită și cea mai recentă a variantei ISC3 (Industrial Sources Complex), care a cunoscut până în prezent mai multe versiuni. Modelele au fost evolutive, în sensul îmbunătățirii interferenței cu utilizatorul (experimentat sau nu) și ușurinței de întocmire a fișierelor de intrare referitoare la localizarea spațială, cantitativă și calitativă a surselor și a datelor meteorologice.

Rularea programului și suprapunerea curbelor de izoconcentrații peste harta locației pentru care s-a realizat studiul este o ultimă etapă necesară pentru studiul respectiv.

Rezultatul unui asemenea studiu este prezentat în Figura 3.39, Tabelul 3.18 și Tabelul 3.19.[37], [39].

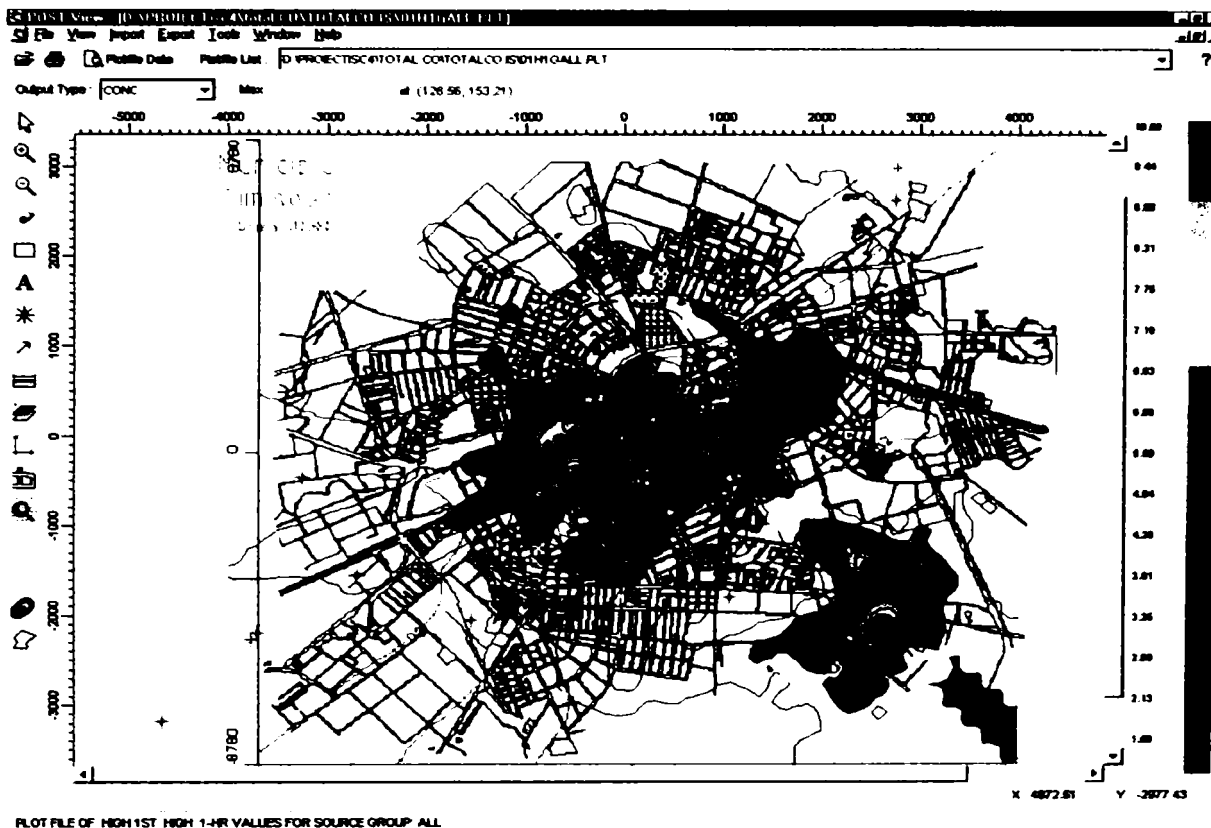


Figura 3.39: Dispersia CO media 24 ore.

Tabelul 3.18 :Valori medii pe 30 minute.

Polutant	cu trafic			Fără trafic		
	Max. val. [mg/m3]	X [m]	Y [m]	Max. val. [mg/m3]	X [m]	Y [m]
CO	14,5	128	153	3,5	1503	547

Tabelul 3.19 :Valori medii pe 24 ore.

Polutant	cu trafic			Fără trafic		
	Max. val. [mg/m3]	X [m]	Y [m]	Max. val. [mg/m3]	X [m]	Y [m]
CO	8,3	153	128	1,5	1575	277

Folosind softul ISC4 se pot determina impactul diferitelor surse de poluare în funcție de diferite scenarii de funcționare, funcție de anotimp, funcție de date metrorologice concrete funcție de tipul surselor, etc. Softul poate reprezenta un instrument rapid de prognoză de care se poate ține cont atunci când se emite o autorizația de mediu pentru viitoarele firme care vor deține eventuale surse de poluare și autorizarea lor doar dacă împreună cu celelalte surse din zone nu determină depășiri ale limitelor de noxe admisibile în imisii. Funcție de rezultatele obținute din această analiză s-au ținut cont atunci când s-au ales viitoarele poziții de amplasare ale aparatelor de măsurare a calității aerului.

#### 3.4.4 Episodul mai 2002 din intersecția Bv. M. Viteazu – Bv. V. Pârvan

În perioada 17 - 26 iulie 2002 s-a desfășurat prima campanie de monitorizare continuă, de-a lungul unei perioade reprezentative. Locația a fost aleasă în apropierea universității, dar și ca urmare a simulărilor numerice (vezi paragraful xx), din care a reieșit că, în zonă, sunt probabile valori ridicate ale concentrațiilor poluanților majori, datorită intensității mari a traficului. În consecință, acest episod a urmărit monitorizarea unei surse superficiale de poluare, majoră la nivelul municipiului. Practic au fost dezvoltate un studiu teoretic și cercetări experimentale în ceea ce privește simularea numerică și impactul on line al traficului rutier asupra calității aerului din zonele învecinate, luându-se în considerare structura flotei, care a tranzitat intersecția dintre B-dul Mihai Viteazu și B-dul Vasile Pârvan.

Prima etapă a constituit-o culegerea de informații privind datele topologice, factorii meteorologici, structura traficului și determinarea coeficienților medii de emisie conform CORINAIR [48] pentru autovehiculele ce au tranzitat intersecția, în perioada investigată.

Următoarea etapă s-a referit la rularea pachetului software CALRoads pentru sursa poluatoare, aplicând diferite scenarii meteo și diferite valori ale factorilor rezultanți de emisie distribuiți în timp pe 24 de ore, pentru a determina poziția optimă în zonă, pentru amplasarea aparatelor de monitorizare a calității aerului. Astfel s-au aplicat prevederile legislative și s-au luat măsuri acoperitoare legate de orientarea drumului optic pe o axă, cât mai probabil perpendiculară pe direcția vântului. După interpretarea rezultatelor simulărilor s-a trecut la alegerea locului reprezentativ pentru amplasarea aparatelor de măsură. Stabilirea poziției finale s-a optimizat și prin luarea în considerare a accesibilității și a posibilității de alimentare cu energie electrică, a securizării aparaturii, etc. Pe toată perioada măsurătorilor, s-au efectuat regulat etape de calibrare și aliniere optică specifică pentru a obține o monitorizare eficientă. Înregistrarea și prelucrarea datelor achiziționate, analizarea lor și studiul comparativ s-au desfășurat în parte la locul prelevării probelor, dar și ulterior, după analiza corelativă și eliminarea zgomotelor, pe calculator. În acest sens s-au utilizat programele speciale de achiziție și gestionare a bazei de date, prezentate la XX.

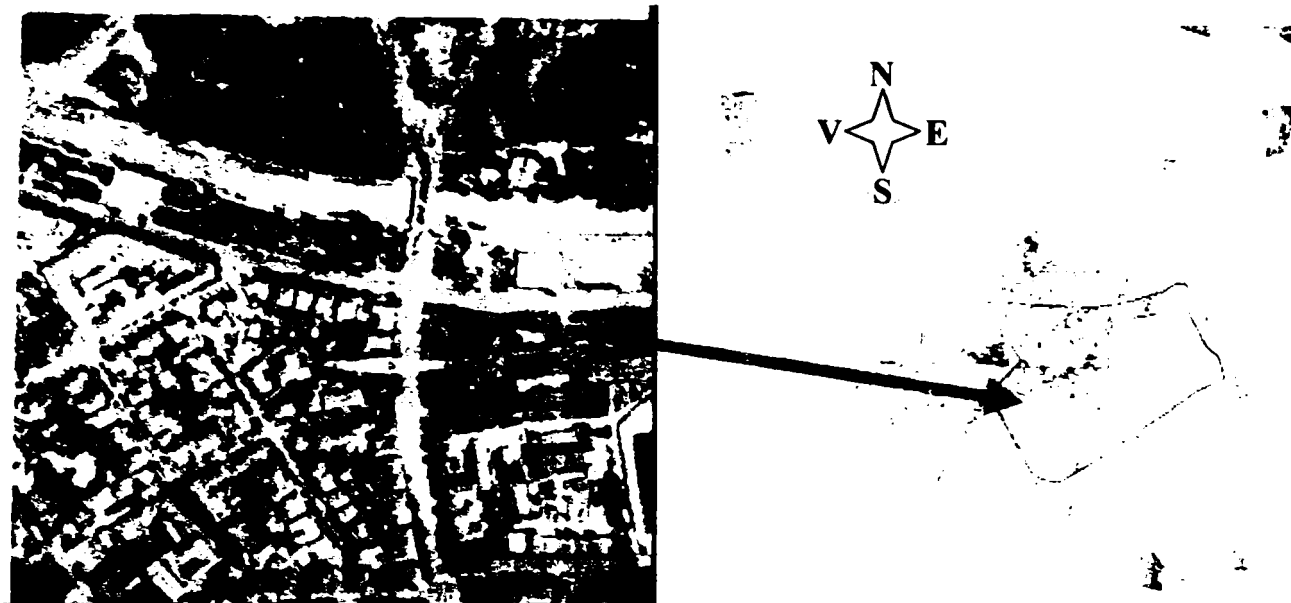
Informațiile topologice, datele meteorologice și cu referire la densitatea și structura traficului au fost sistematic culese și s-au valorificat ca și parametri de intrare pentru procesul de simulare numerică.

Zona monitorizată s-a aflat în imediata vecinătate a centrului municipiului Timișoara și reprezintă un nod important pentru traficul zilnic, atât al autoturismelor și al mijloacelor



de transport în comun, cât și al vehiculelor grele. Locația a fost special aleasă deoarece este extrem de circulată, fiind intersecția prin care traficul greu ocolește centrul municipiului Timișoara, în lipsa centurii de ocolire.

Locația pe harta municipiului Timișoara este prezentată în Figura 3.40. Intersecția se află în apropierea unor parcuri și terase unde populația ar trebui să respire un aer curat. Se remarcă și imediata vecinătate a clădirilor și zonelor verzi ale Universității Politehnice Timișoara, unde zilnic își desfășoară activitatea câteva mii de persoane.

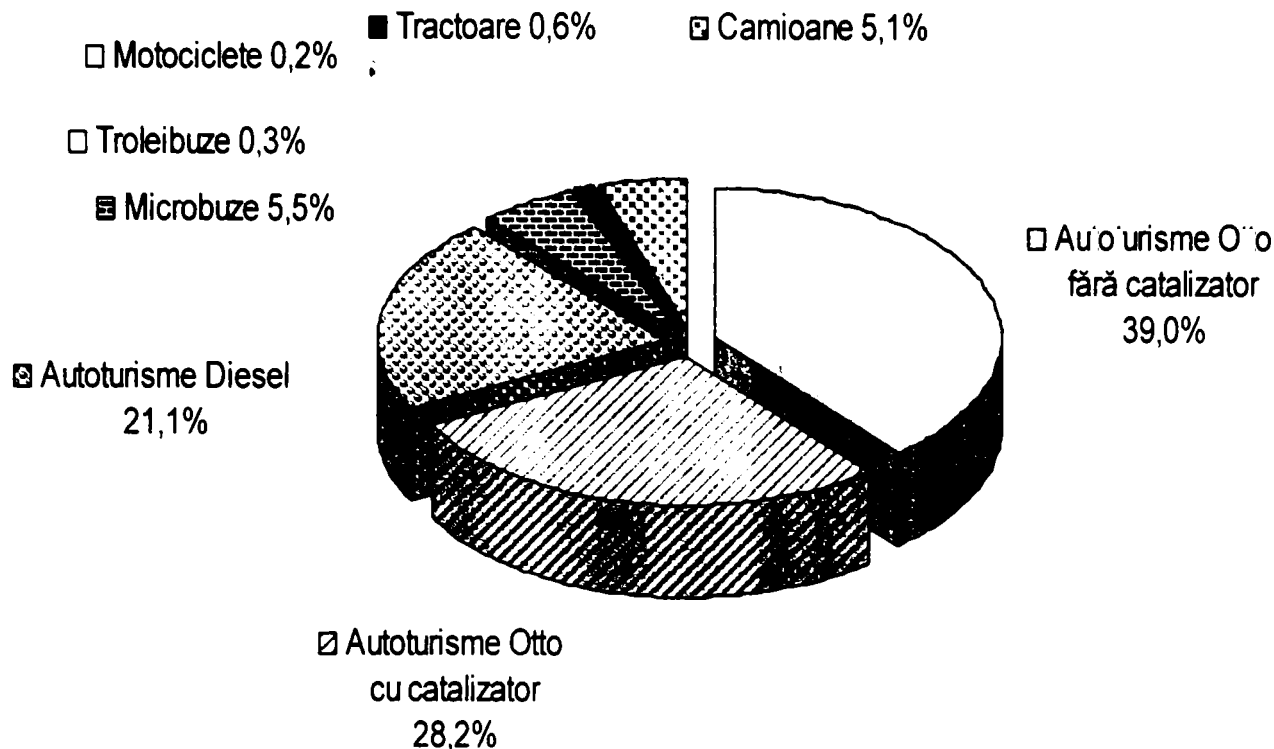


**Figura 3.40 : Detaliu al zonei monitorizate și localizarea intersecției pe harta municipiului Timișoara.**

Pentru a analiza pertinent traficul, s-a lucrat în echipă lărgită cu studenți de specialitate de la Facultatea de Mecanică, care, pe lângă contorizarea numărului de vehicule ce au tranzitat intersecția, au realizat și clasificarea lor în funcție de tipul motorului și a sistemului de epurare a gazelor de eșapament, pentru a putea apoi atribui factorul corespunzător de emisie. Datele au fost sistematizate și clasificate în formulare speciale.

Rezultatul analizei privind structura traficului, întreprinse de-a lungul unei zile lucrătoare din perioada analizată, este prezentat în Figura 3.41. Se observă preponderența mașinilor dotate cu motor Otto funcționând pe benzină. Explicația simplă este legată de faptul că pe plan național parcul era majoritar format din mașini de tip Dacia respectiv mașini mai vechi, importate, nedotate cu un sistem performant de epurare a gazelor. Se remarcă faptul că pe piață totuși s-au impus și mașini mai moderne, cum ar fi cele dotate cu motor Otto dotat cu catalizator. Lipsa centurii face ca și tractoare sau mașini de tonaj să fie identificate în intersecție, chiar dacă numai cu un procent minor.





**Figura 3.41: Compoziția traficului rutier 15200 autovehicule în 24 ore.**

Determinarea factorilor de emisie s-a făcut conform metodologiei CORINAIR pentru specia monoxid de carbon. Categoriile de vehicule supuse inventarierii pentru activitatea de transport rutier (Road transport) sunt: autoturisme personale, vehicule ușoare sub 3,5 t, vehicule grele peste 3,5 t, motorete și motociclete cu  $CC < 50 \text{ cm}^3$ , motociclete cu  $CC > 50 \text{ cm}^3$  (CC este capacitatea cilindrică).

Pentru simularea numerică a dispersiei monoxidului de carbon și pentru prelucrarea ulterioară a datelor înregistrate în timpul campaniei de monitorizare au fost folosite date meteorologice înregistrate de stația fixă a universității, din zona Pădurea Verde. Variația factorilor meteo și roza vântului în perioada campaniei sunt prezentate în Figura 3.42 și în Figura 3.43. Temperatura a variat între 12 și 33 grade C, observându-se alternanța variației diurne-nocturne. Umiditatea relativă a înregistrat variații între 33 % și 98 %, în special datorată episoadelor de ploaie de scurtă durată. Presiunea a variat și ea, dar în limite rezonabile 748 - 754 mm col Hg, deci s-a situat la valori de presiune sub valoarea normală. Se observă din compararea cu legenda indicată că intensitatea vântului este redusă (predomină valorile medii sub 1,8 m/s) și direcția preferențială este dinspre SV.

Pentru transmiterea datelor medii la 15 min, în timp real, s-a folosit linia telefonică închiriată, procedeul fiind descris la paragraful 3.2.5.

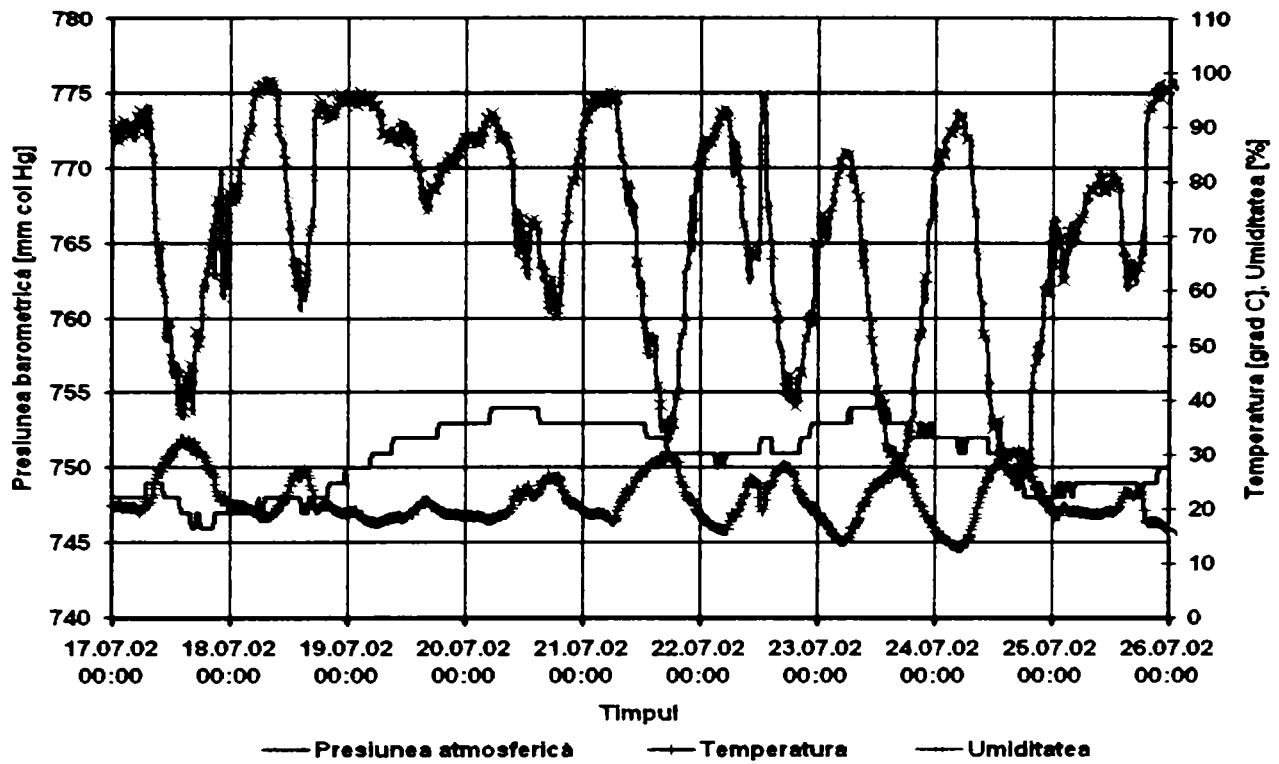


Figura 3.42 : Variația parametrilor meteo pe perioada campaniei de măsurători.

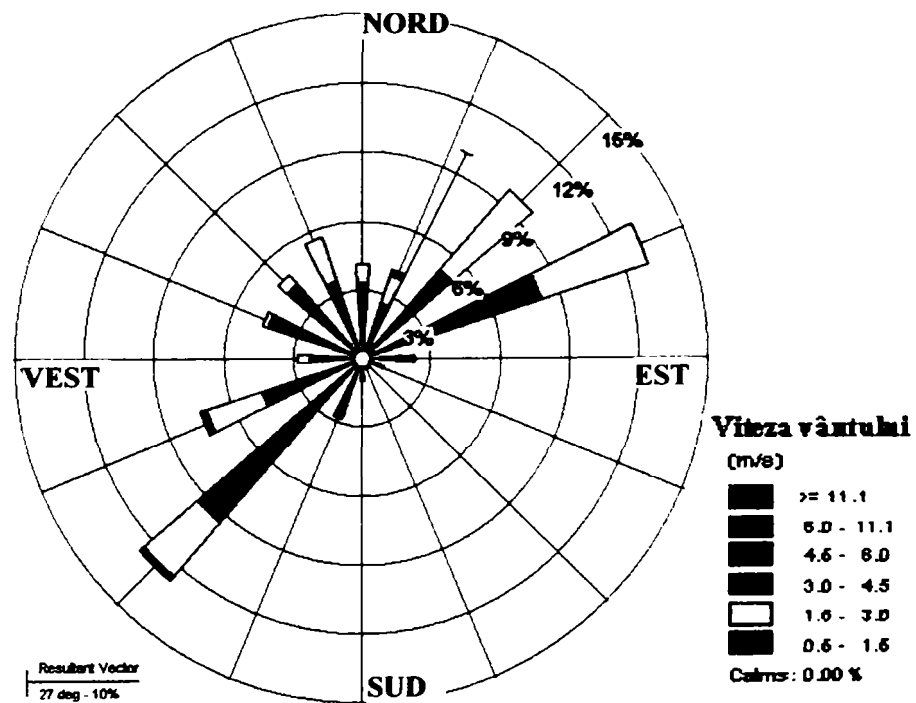


Figura 3.43 : Screen shoot reprezentând roza vântului în perioada campaniei: 17. 07.2002 – 26.07.2002.

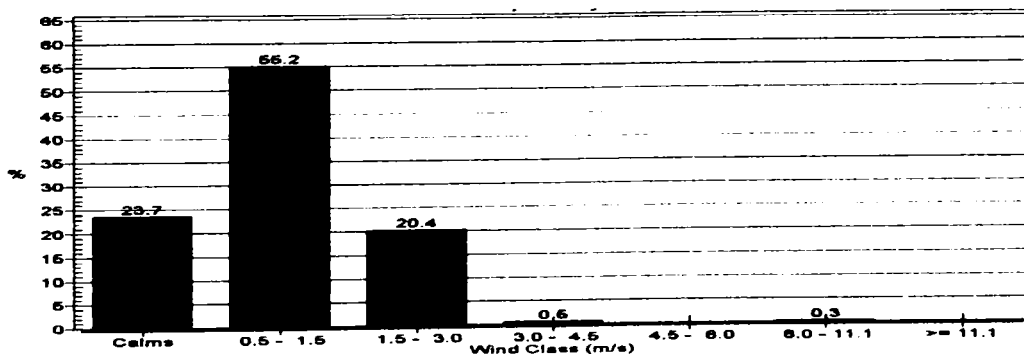
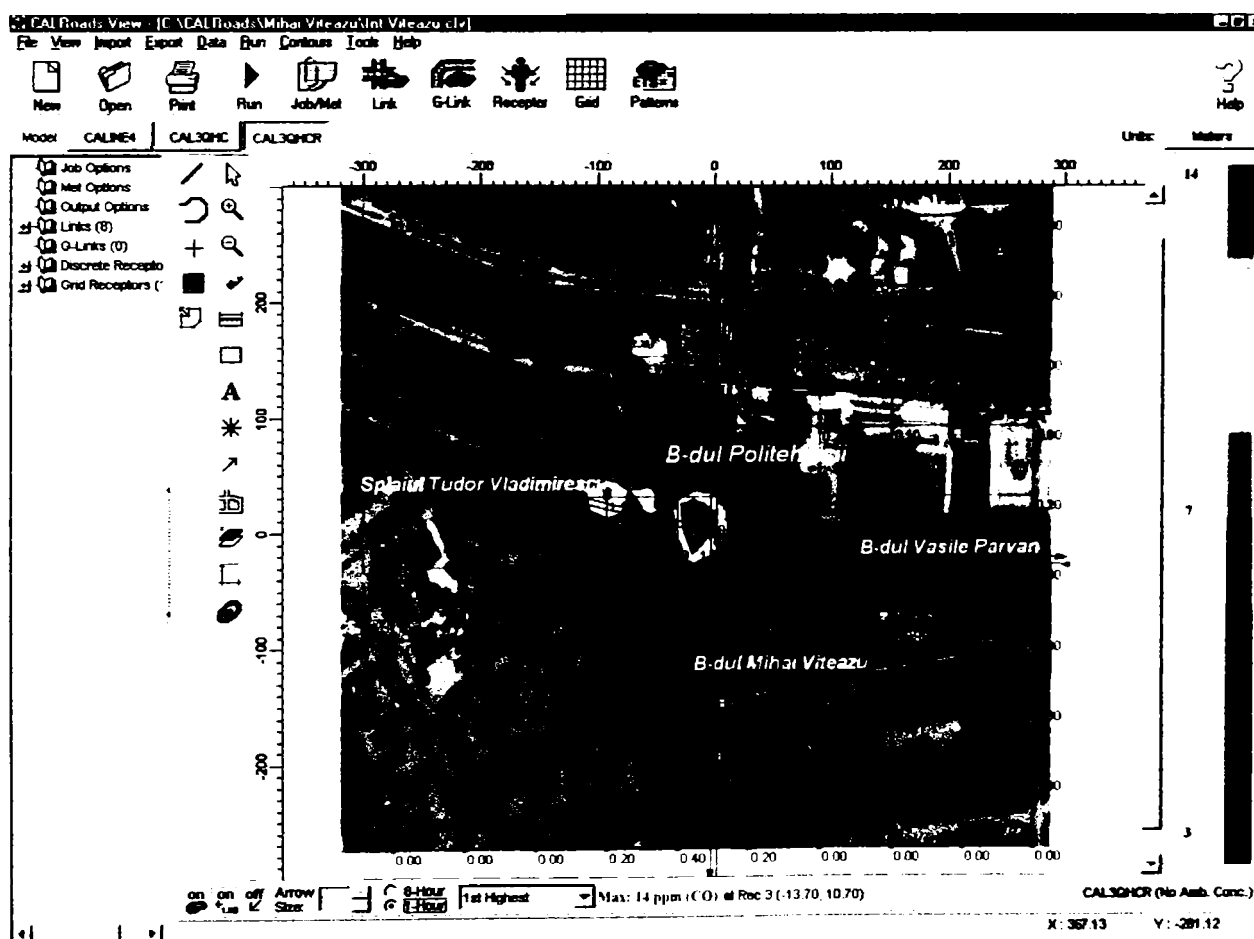


Figura 3.44: Distribuția procentuală a vântului pe clase de viteză în perioada de interes

proceda la introducerea unei alte valori pentru fondul de poluare, care trebuie determinată, în condițiile unui trafic minim sau inexistent.

Simularea numerică a dispersiei monoxidului de carbon a fost realizată pe baza unui eșantion de date meteo reprezentativ din intervalul iunie – iulie 2002. Curbele și suprafețele de izoconcentrație suprapuse peste o vedere de sus a locației respective sunt prezentate în Figura 3.46. Se observă că, deși direcția vântului este preponderent din SV, prezența rugozității urbane (clădiri, vegetație înaltă, coridor de apă) determină dispersia norului de efluent poluant pe direcție preponderent orientată pe sensul cel mai circulat. Centrul de poluare se situează în intersecție și este vizualizat prin culorile calde, care explică astfel faptul că staționarea masivă a vehiculelor cu motor pe mai multe benzi la semafor, sunt cauzele majore de poluare.

Rulând opțiunea de identificare a scenariilor celor mai dezavantajoase privind dispersarea noxelor din zona intersecției s-au determinat condițiile în care se pot produce situații critice.[36].



**Figura 3.46: Dispersia de CO în intersecția Mihai Viteazul într-un plan situat la 1,5 m față de suprafața carosabilului.**

În urma analizei rezultatelor obținute prin simulare numerică cu programul CalRoads, pentru diferite scenarii identificate prin date reale, se trag următoarele concluzii:

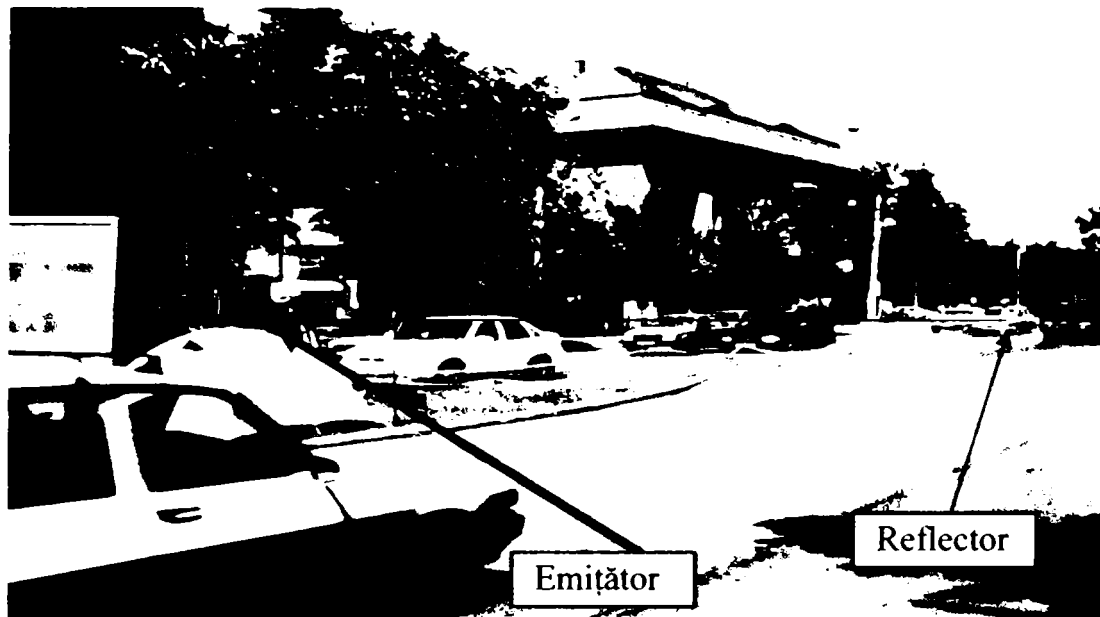
- Valorile maxime ale concentrației de monoxid de carbon s-au înregistrat în centrul intersecției, în momentele de calm atmosferic, deci în momentele în care viteza vântului este neglijabilă. Dispersia noxelor se realizează în acest caz majoritar datorită turbulențelor create de deplasarea autovehiculelor, pe coridorul generat de aceasta.
- Simularea numerică aplicată în cazul de față, a oferit, pe lângă alte avantaje, și posibilitatea optimizării amplasării corecte a instrumentelor de măsură. Astfel, s-a putut contura locul de amplasare a aparatelor pentru monitorizarea poluării.

Ținând cont de posibilitățile restrictive concrete din teren - suficient spațiu, neopturarea distanței optice, asigurarea securității, alimentarea cu energie electrică la 220V, uniformitatea concentrației, etc. - s-a optat ca la derularea monitorizării on line poziționarea instrumentelor să fie cea indicată de Figura 3.47, și anume pe spațiul verde care delimitează cele două sensuri de circulație.

Locația aparatelor pentru monitorizarea calității aerului s-a realizat după cum se poate vedea din Figura 3.48. Instrumentul clasic (Horiba APMA 350E) și instrumentul optic (Hawk Siemens) de monitorizare a CO au fost amplasate în conformitate cu rezultatele oferite de simularea numerică, dar și cu respectarea indicațiilor legislative. Datorită principiilor diferite de funcționare, fiecare dintre ele captează informații diferite, primul măsoară nivelul de poluare punctual și afișează valorile în ppm, al doilea scanează calitatea aerului pe o direcție, de-a lungul drumului optic, și determină concentrația, în ppm-m.



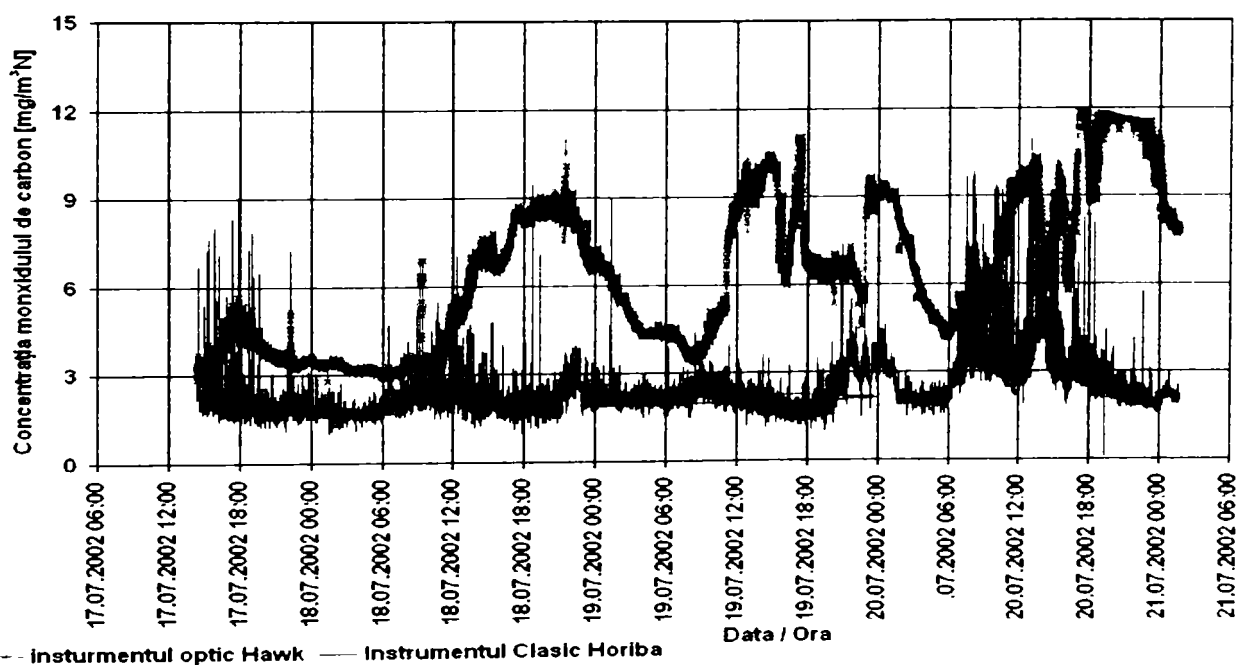
*Figura 3.47: Vedere de sus a locației unde s-a efectuat monitorizarea calității aerului.*



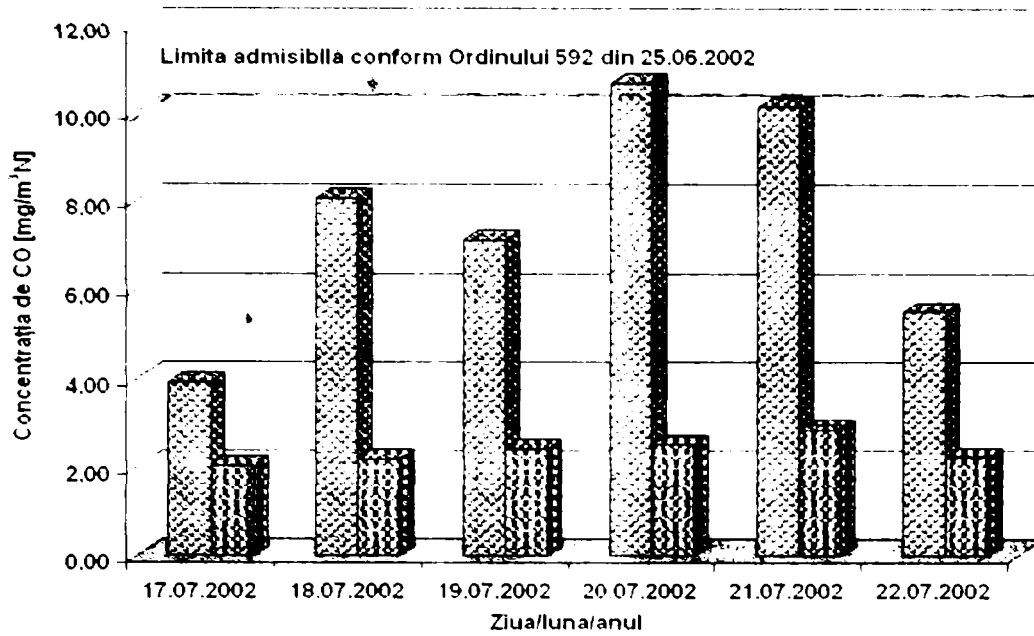
**Figura 3.48 : Detaliu al locației unde s-a efectuat monitorizarea calității aerului și distanța dintre emițătorul și reflectorul aparatului optic.**

Aparatele sensibile la intemperii atmosferice și sistemul de achiziție de date au fost amplasate în această campanie, în lipsa unei incinte speciale, într-un cort prevăzut cu sistem de climatizare (răcire respectiv încălzire, funcție de anotimp) pentru păstrarea unei temperaturi constante (circa 15 grade C), necesară pentru funcționarea corespunzătoare a aparatelor.

Rezultatele variației concentrației monoxidului de carbon, așa cum au rezultat din campania de măsurători privind episodul mai 2002, derulat în intersecția Bv M. Viteazu – Bv. V. Pârvan, sunt prezentate Figura 3.49. Se observă că instrumentul optic este mai sensibil, fapt ușor de explicat, dacă se analizează sistemul de funcționare, principal scanându-se o zonă și nu un punct.



**Figura 3.49 : Variația concentrației CO înregistrată la un interval de 6 secunde comparativ cu ambele aparate, în  $\text{mg}/\text{m}^3$ .**

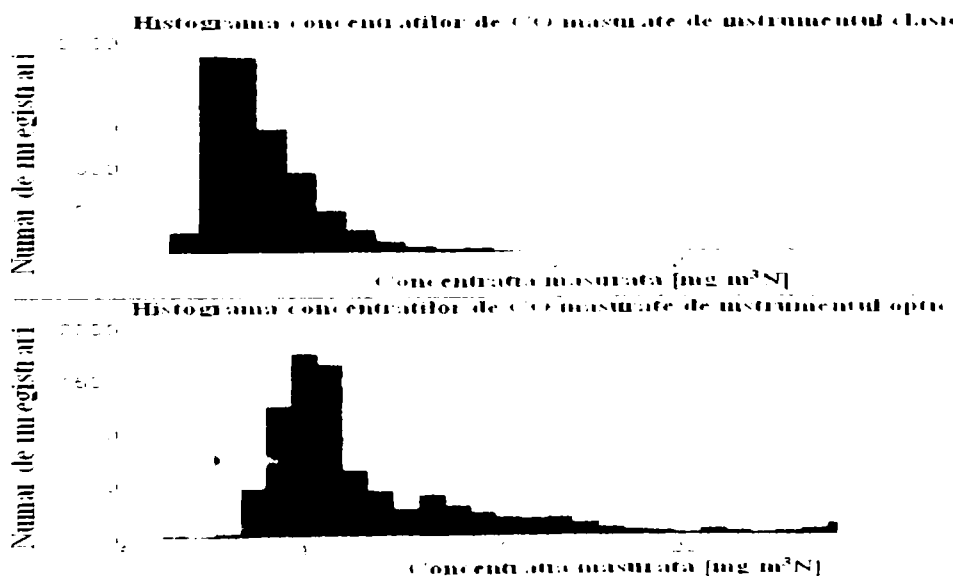


	17.07.2002	18.07.2002	19.07.2002	20.07.2002	21.07.2002	22.07.2002
□ Instrumentul optic Hawk	3.91	8.08	7.14	10.69	10.12	5.52
■ Instrumentul clasic Horiba	2.05	2.18	2.43	2.52	2.86	2.23

**Figura 3.50: Variația medie la 8 ore, calculată conform legislației, în  $mg/m^3_N$ .**

Aceeași concluzie se menține și dacă se analizează rezultatele din Figura 3.50. Având în vedere numărul extrem de mare de date și sensibilitatea redusă a ochiului, pentru înțelegerea mai corectă, s-a ales un eșantion reprezentativ de durată mai scurtă, dar care a permis o interpretare bună. Dat fiind principiul diferit al măsurării, probabilitatea ca instrumentul optic să înregistreze valori mai mari este perfect justificată. Analiza s-a realizat cu date brute, nefiltrate. În cazul eliminării artefactelor generate în special de semnale false datorate vibrațiilor sau opturării involuntare sau dezalinerii instrumentului optic, rezultatele sunt și mai convingătoare.

Drumul optic a fost modificat pe timpul campaniei în intervalul (15 – 32) m.



**Figura 3.51: Histograma concentrațiilor măsurată cu cele două instrumente, pe parcursul campaniei Bv. Mihai Viteazu.**

S-a constatat ca ambele instrumente nu indică același nivel de polare (Figura 3.51). Ca și cauză se amintește, pe lângă principiul lor diferit, și poziționarea diferită față de sursele de poluare și diferența de timp la care sesizează informația.

### 3.4.5 Episodul mai 2004 din zona deponeului Parța – Șag

În anii '70, pe o suprafață de 16,7 hectare, la Parța, localitate situată la marginea Timișoarei, a fost înființat un deponeu, proiectat inițial ca un depozit de deșuri industriale și apoi devenind deponeu general, deci și pentru deșeurile menajere și stradale ale municipiului Timișoara. În anul 2004, acest depozit neecologic de gunoi avea capacitatea de depozitare depășită. Nici până în prezent nu s-a soluționat o altă variantă, deși întregul ansamblu este total neecologic și reprezintă o sursă majoră de poluare, în special a apelor freatică. De trei ani s-a dat în funcțiune un incinerator de deșuri speciale, astfel că aceste nu mai ajung în deponeul principal, dar aceasta soluție este insuficientă pentru reducerea impactului general. Se continuă alimentarea sa, fără a face vreo investiție. În medie, de la populația orașului și din zonele limitrofe se colectează pe zi o cantitate de deșuri de 0,7 kg/locuitor, ceea ce reprezintă o cantitate totală depusă anual de aproximativ 147 tone/an. Transportul se realizează cu un număr de aproximativ 60 de mașini zilnic. [19], [42], [51], [106].

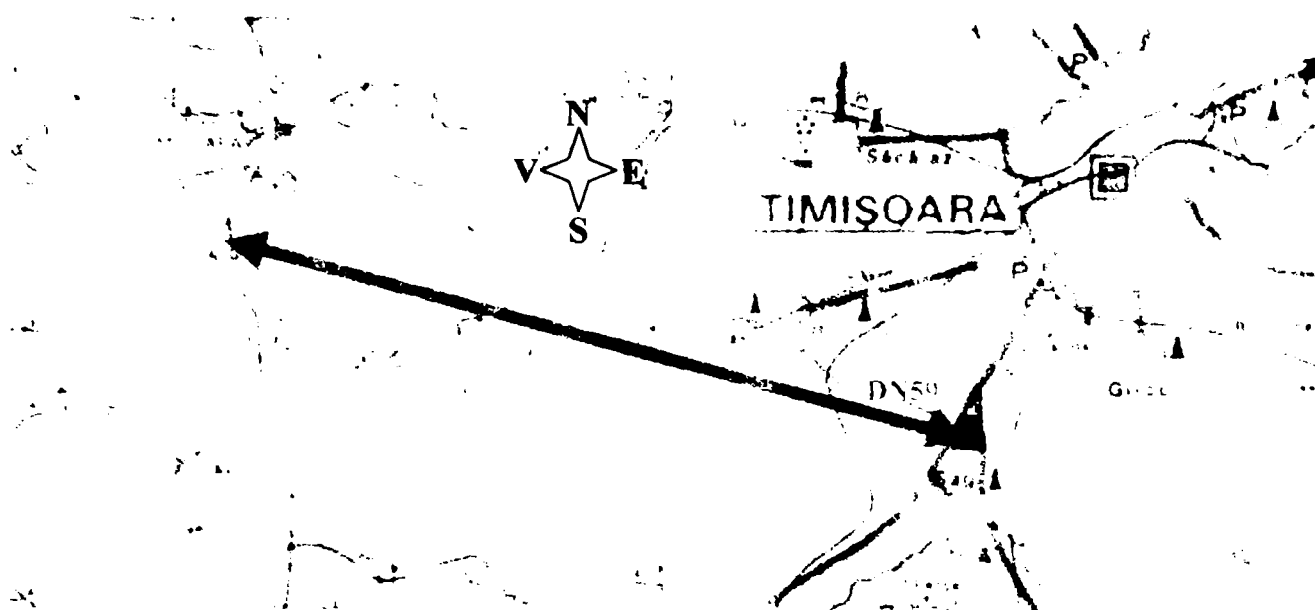
Studiul întreprins între 7 și 12 mai 2004 se referă în principal la calitatea aerului (emisii și imisii) și a fost întocmit cu scopul de a evalua riscul ecologic datorat deponeului neecologic și a activității desfășurate pe amplasamentul depozitului municipal de deșuri. Analiza informațiilor referitoare la sursele generatoare de noxe și calitatea factorilor de mediu precum și definirea arealului potențial supus pericolelor a fost unul din scopurile majore ale acestui studiu.

Principala problemă evidentă, în ceea ce privește poluarea aerului, sunt noxele rezultate în urma fermentației anaerobe și care au un miros neplăcut și în anumite condiții meteo definite în principal de (viteza și direcția vântului) sunt transportate spre zone locuite, spre șoseaua europeană și spre sediile firmelor din apropiere.

Pentru stabilirea efectelor adverse generate asupra calității aerului s-a luat în considerare un scenariu care implică o funcționare normală a obiectivului, fără incendii în rampă.

Identificarea topografică a amplasamentului Șag - Parța este prezentată în Figura 3.52. Deponeul Parța - Șag este situat la 7 km SV de Timișoara la intersecția dintre DN59 și E70, iar accesul mașinilor în deponeu se face de pe DN59.





**Figura 3.52: Amplasamentul deponeului Şag - Parța la limita municipiului Timișoara.**

Inventarul surselor poluatoare și determinarea factorului de emisie al haldei s-a realizat analizându-se situația la fața locului. S-au remarcat următoarele surse de poluare:

- deponeul de gunoi ca și sursă de tip suprafață,
- utilajele și mașinile care desfășoară activitate în perimetrul respectiv pentru tasarea deșeurilor, descărcarea deșeurilor și drenarea canalelor de scurgere,
- sursele de foc datorate autoaprinderii haldei sau aprinse voluntar pentru încălzire, de către cei care își duc traiul din valorificarea eventualelor materiale, în condiții mizere, și care de obicei se și adăpostesc în zonă.

Conform unui studiu efectuat la nivelul a 28 de țări a rezultat că un deponeu necologic, în metodologia de evaluare CORINAIR 90, (identificat la categoria SNAP09 1004), este o puternică sursă de emisii de metan și bioxid de carbon, pe lângă COV (componente organice volatile), amoniac și alte componente. Astfel, în Tabelul 3.20, se prezintă ponderea componentelor gazului de deponeu la emisia totală de noxe în atmosferă. Așa numitul gaz de deponeu este pe cât de dăunător (poluant), pe atât de valoros ca resursă energetică deoarece, este compus și din gaze combustibile. Prezența metanului și a monoxidului de carbon în compoziția gazului de deponeu îi conferă proprietăți de combustibil. Dacă este captat și folosit corespunzător reprezintă o sursă alternativă de energie, putând înlocui cu succes combustibilii fosili.

**Tabelul 3.20 : Valoarea procentuală a contribuției deponeurilor la poluarea mediului.**

Sursă	Codul SNAP	Contribuția sursei la emisia totală [%]							
		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COVNM*	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>
Deponeu necologic	091004	0	0,2	0,2	17,5	0,4	0,4	-	1,3

\*COVNM – compuși organici volatili nemetanici.

Factorul de emisie  $F$  pentru metan se determină conform specificațiilor din normativul metodologic CORINAIR, [48], după cum urmează:

$$F = \frac{m_{CH_4} \cdot 1000}{S \cdot 3600 \cdot 24} \quad [g/m^2 \cdot s]$$

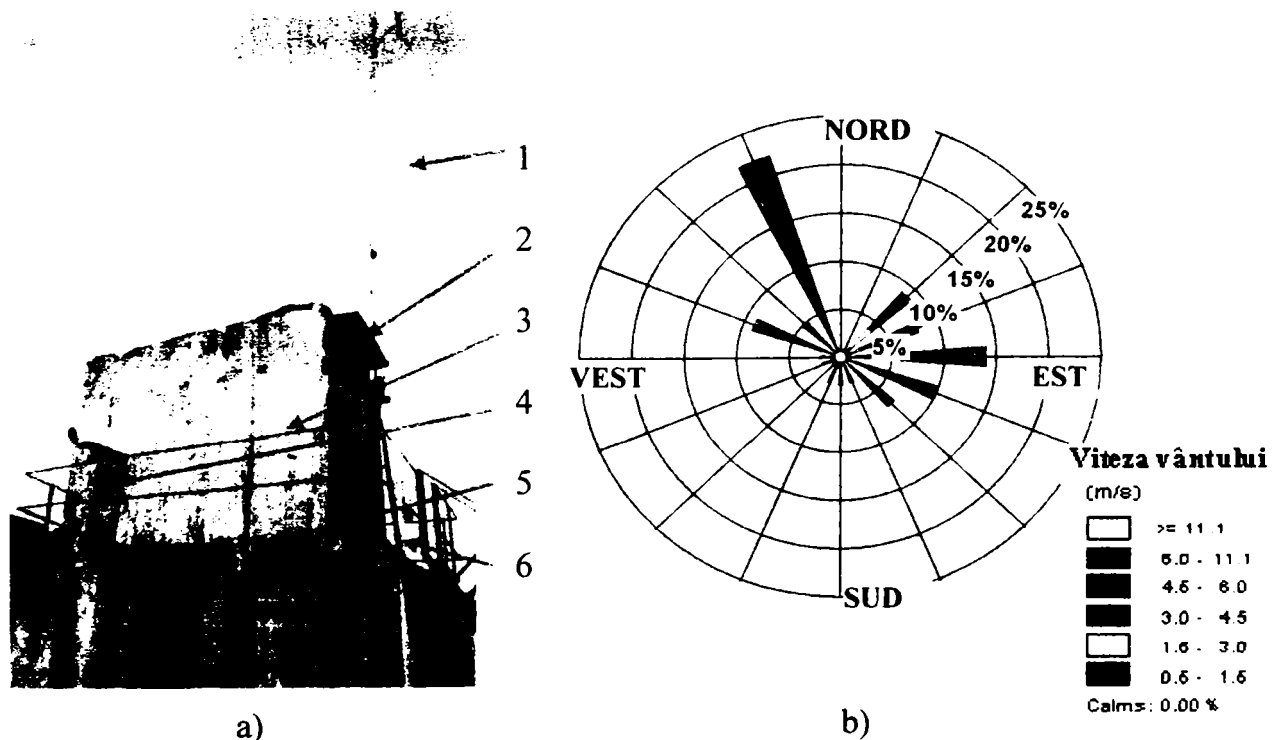
unde:  $m_{CH_4}$  este cantitatea de metan emisă zilnic, în kg,

$S$  – suprafața de emisie a deponeului, în  $m^2$ .

Corespunzător populației arondate la deponu, se evaluează prin metoda CORINAIR, o emisie zilnică de metan de ordinul 7350 kg/zi. În conformitate cu aceeași metodologie, s-a considerat că volumul specific de metan rezultat dintr-un kg de deșeu este de  $1,39 m^3$ .

Informațiile privind factorii meteo locali au fost achiziționate cu stația meteorologică portabilă prezentată în Figura 3.53 a. În aceeași figură se remarcă și poziționarea instrumentului optic, și anume a monitorului propriu-zis. Ansamblul de aparate și de gestionare a datelor a fost fixat într-o încăpere, la limita deponuului, în singura zonă de acces și unde s-au putut asigura condițiile tehnice de funcționare. În imediata apropiere se găsește și cântarul, pe drumul de acces al vehiculelor de transport al gunoiului, spre haldă.

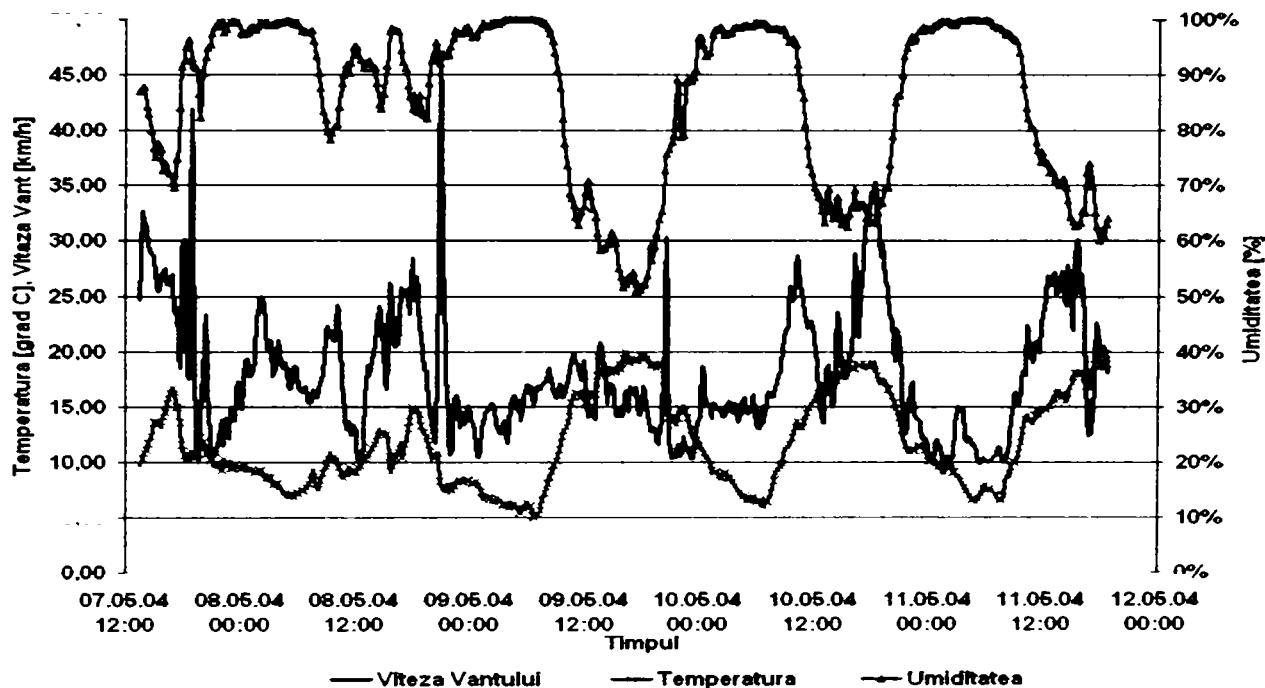
Roza vântului construită cu datele furnizate de stație pe perioada monitorizării este prezentată în Figura 3.53b. Direcția preponderentă este dinspre N–NV, ceea ce constituie un avantaj natural al episodului investigat, deoarece se protejează zona urbană.



**Figura 3.53: a) Stația meteorologică amplasată la marginea deponuului. b) Roza vânturilor medie pe intervalul 7-14 mai 2004.**

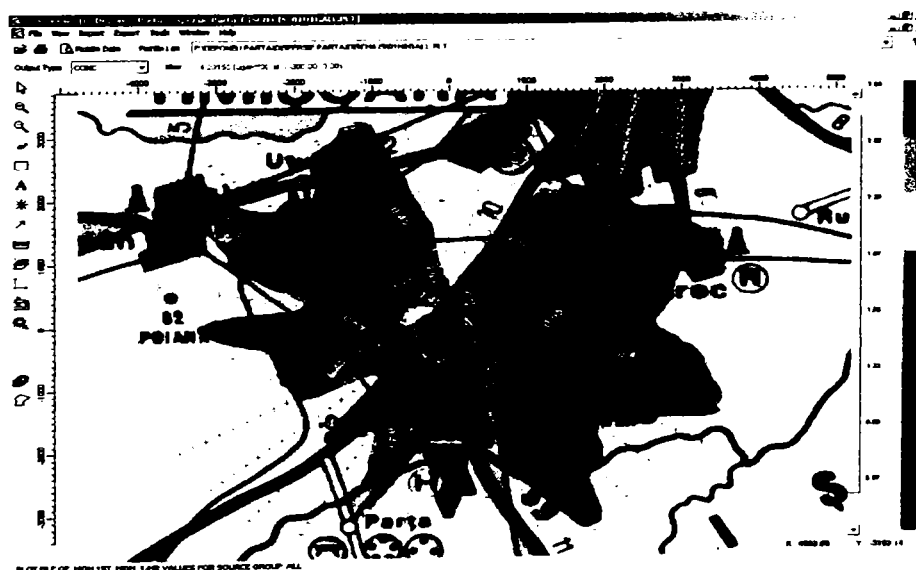
1 – senzor vânt, 2 – orificiu prelevare probă gaze, 3 – încăperea cu aparate, 4 – monitorul Hawk, 5 – monitor PM1, 6 – senzor temperatură.

În Figura 3.54 se indică seria de semnale meteorologice specifice înregistrate de stația meteorologică mobilă. Temperatura a variat între 5 și 20 grade C, observându-se alternanța variației diurne-nocturne. Umiditatea relativă a înregistrat variații între 50 % și 98 %, în special datorată episoadelor de ploaie de lungă durată. Vântul a bănut puternic în rafale cu valori de până la 35-40 km/oră.



**Figura 3.54: Variația parametrilor meteorologici pentru episodul analizat.**

Figura 3.55 prezintă distribuția dispersiei de  $CH_4$  în aer. Valorile maxime sunt realizate în puncte din iminenta vecinătate a haldei. Concentrația metanului scade simțitor cu îndepărtarea de sursă. S-a ales această specie pentru a reprezenta dispersia dat fiind faptul că odată cu metanul sunt transportați și compuși urât mirositori și astfel se poate evidenția limitele până la care depozitul are un impact ce deranjează dpdv. al calității aerului. Impactul metanului ca și gaz cu efect de seră este de 21 ori mai accentuat față  $CO_2$ .



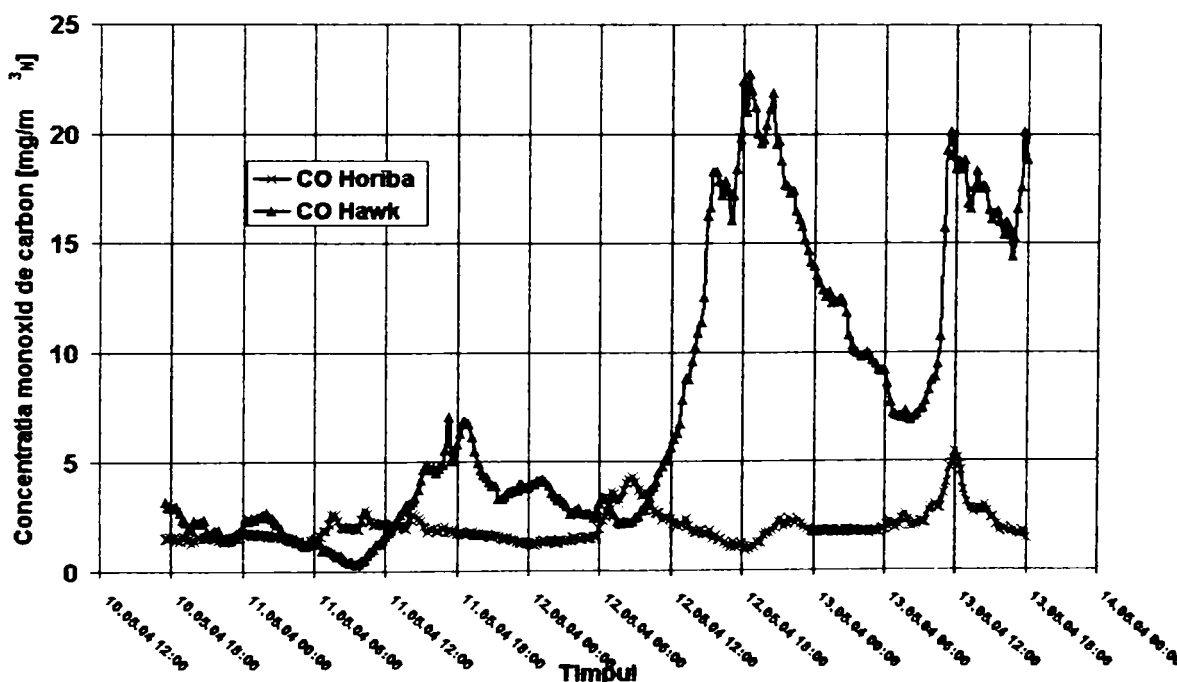
**Figura 3.55: Dispersia de  $CH_4$  cu mediere la o oră.**

Așa cum s-a mai amintit, aparatele au fost amplasate în interiorul unei camere. Dispunerea punctelor de prelevare respectiv a zonei scanate a fost limitată de spațiul restrâns. Drumul optic ales a fost de 35 m, înălțimea de monitorizare fiind situată la 3,5 m.



**Figura 3.56: a) Drumul optic. b) Amplasarea oglinzii reflectoare.**

Figura 3.57 indică variația mediei la 15 minute a concentrației CO înregistrată în intervalul investigat. Se menționează în legătură cu Figura 3.58 că s-a surprins situația în care au fost declanșate focuri deschise de mică intensitate în halda de gunoi.



**Figura 3.57: Grafic cu valorile medii la 15 min, comparative ale concentrațiilor de CO măsurate cu aparatul clasic și cu aparatul optic, în mg/m<sup>3</sup> N.**

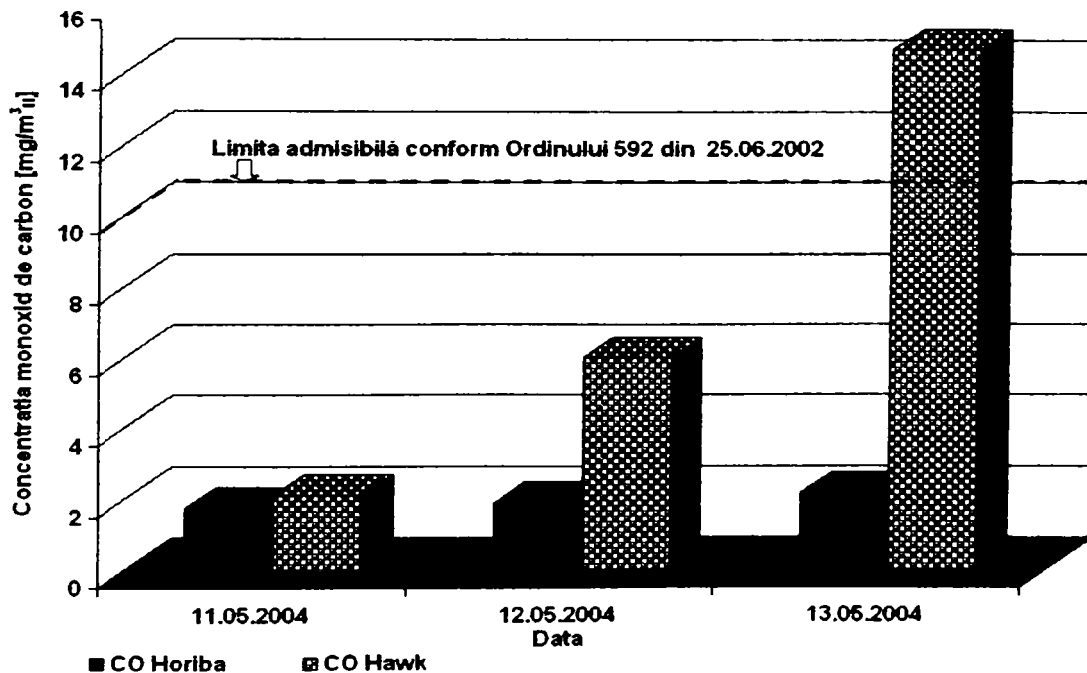
Se observă clar că aparatul optic, care mediază valorile de-a lungul drumului optic, este deosebit de sensibil la orice fluctuație intervenită în compoziția aerului din zona rampei. Aparatul clasic HORIBA, conform principiului său, nu poate semnaliza această stare de amănunt, deoarece amplasamentul punctiform a sursei din care își prelevează proba este

mai ferit față de pana de poluant generată prin ardere, de la focuri sau de la emisiile poluante ale vehiculelor care deservesc halda. Utilajele dotate cu motoare termice folosite la transportul deșeurilor pe deponu, respectiv cele folosite la lucrările zilnice de întreținere a deponului, se constituie ca surse de poluare doar pe perioada de zi.



**Figura 3.58: Focurile în câmp deschis, cauzatoare de vârful de poluare.**

Figura 3.59 prezintă medierea conform standardului în vigoare la 24 de ore pentru specia CO. Se observă că valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore este cea mai ridicată în ultima zi monitorizată. Cauza este legată, pe de o parte de fenomenele poluante care au avut loc atunci, dar și din modul de calcul al mediei la opt ore. Se remarcă și depășirea valorii limită pentru protecția sănătății umane.



**Figura 3.59: Concentrația de CO în perioada 11 - 13.05.2004 (valori maxime zilnice a mediilor pe 8 ore), în  $\text{mg}/\text{m}^3_N$ .**

Instrumentul optic a detectat activitatea surselor poluante mult mai repede și mai corect ca și intensitate. Motivul este legat, așa cum s-a mai amintit, și de amplasarea sursei

punctuale de prelevare a aparatului clasic. Practic a fost unica soluție posibilă, datorită problemei alimentării cu energie electrică și a lipsei unui podium de amplasare a aparatelor.

În legătură cu această campanie se fac următoarele precizări generale:

Dacă se analizează emisiile fără ca să intervină focuri accidentale sau să fie introduse disfuncții de către emisiile poluante ale mașinilor cu motor cu ardere internă ce deservește deponeul, nu s-au putut constata depășiri ale nivelelor admise. Această concluzie a fost regăsită nu numai pentru specia investigată în special, ci și pentru  $\text{NO}_x$  și  $\text{SO}_2$ . Practic calitatea aerului, în strictetea legislației, nu este periclitată. Aspectul vizual deplorabil și mirosurile sunt însă cele care cauzează un vizibil disconfort, nemaiașintind de apele freatiche poluate de la scurgerile necontrolate din halda necologizată. De aceea, decizia autorităților de închidere în cel mai scurt timp a depozitului de deșuri Timișoara, conform unui plan de închidere trebuie să țină seama de situația concretă a depozitului la ora actuală, posibilitățile tehnice și financiare ale beneficiarului și, nu în ultimul rând, de legislația existentă. Riscul este major, arealul supus pericolelor este însă restrâns la câteva sute de metri în jurul depozitului. În varianta producerii unor incendii, riscul devine și mai mare datorită produșilor de ardere incompletă a deșeurilor, în mare parte cancerigeni. De asemenea, arealul supus riscului se extinde mult (4 – 5 km), incluzând zonele populate din localitățile învecinate Șag, Parța, Timișoara Sud. Depășirea capacității de stocare și supraînălțarea haldei de gunoi peste limitele acceptabile impun autorităților locale închiderea deponeului și începerea de lucrări pentru reabilitarea acestei zone. Alte probleme majore ale impactului deponeului necologic asupra mediului reprezintă sunt poluarea apelor freatiche, pericolul apariției de incendii datorită autoaprinderilor, pericolul apariției unor focare de infecție în zonele învecinate, aspectul total neonorant, pe care îl oferă deponeul celor ce circula pe drumul european, ce trece prin vecinătatea deponeului.

Nevalorificarea gazului de deponeu, adică a emisiei libere de metan, prin captarea lui și comercializarea spre un agent economic care să îl poată folosi în scop energetic este de asemenea un aspect negativ, care a fost evidențiat de studiul efectuat.

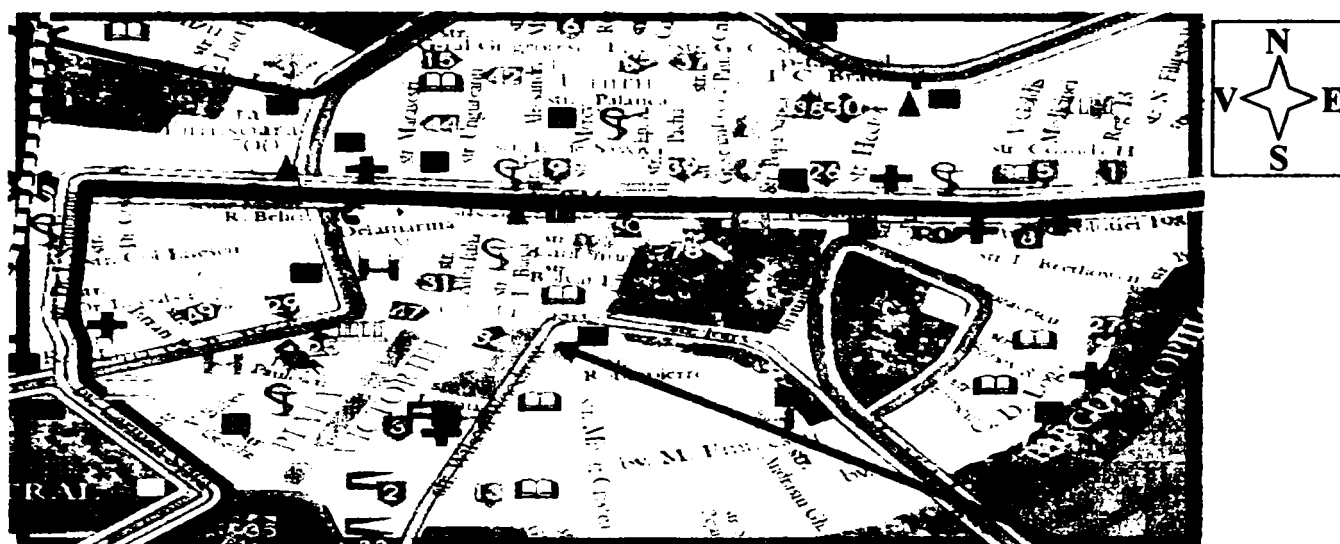
#### **3.4.6 Episodul iunie 2003 din strada de tip canion Lucian Blaga**

Transportul rutier reprezintă principala sursă de poluare a aerului în zonele urbane. Așa cum se știe nivelul de poluare este mai ridicat în zonele mai puțin ventilate, mai ales dacă acolo au loc emisii de noxe. Un astfel de caz se regăsește în așa-zisele străzi de tip canion, adică acele străzi pentru care lățimea este de același ordin de mărime cu înălțimea clădirilor care o mărginesc. Acest tip de străzi canion este foarte des întâlnit în arhitectura



vechilor orașe îndeosebi în zonele lor centrale. Poluarea aerului în vecinătatea acestor străzi depinde de emisiile de noxe care au loc chiar în interiorul acestui canion stradal și de microclimatul datorat geometriei străzii și a condițiilor meteorologice.

Strada Lucian Blaga este de tip canion, fiind situată în centrul orașului Timișoara (Figura 3.60) și face parte din complexul istoric al orașului. Strada are o geometrie alcătuită din numeroase clădiri istorice cu arhitectură și dimensiuni relativ identice pe un segment de peste 150 m lungime, fiind zilnic străbătută de un mare flux de pietoni și autoturisme (în sens unic). Raportul dintre înălțime și lățime este aproape unitar (1,35) iar înălțimea clădirilor este cuprinsă între 17 și 21 m.



*Figura 3.60: Poziția străzii canion în zona investigată.*

canion

Cercetarea a fost direcționată atât spre simulări numerice privind evaluarea dispersiei noxelor în canionul stradal, cât și spre o campanie reprezentativă de măsurători. Au fost înregistrate valorile concentrațiilor de CO, la intervale de 6 secunde, timp de 10 zile, aparatul optic fiind situat la o înălțime de 4 m deasupra nivelului străzii. Datele meteorologice au fost mediate la 15 minute și au fost înregistrate pe toată perioada campaniei.

Scopul cercetării a fost de a compara rezultatele predicției obținute din rulările a două softuri din clasa CFD cu cele din monitorizarea on-line. Softurile aplicate au fost FLUENT [] și ADREA []. Dacă se demonstrează existența unei corelații între evaluările cu softurile CFD și măsurători, se poate generaliza rezultatul spre evaluarea numerică a calității aerului prin aplicarea softului și nu prin măsurători. Singura investiție necesară ar fi o stație meteo locală și un contor de trafic active. Metodologia poate fi folosită cu succes pentru planificarea traficului și a celorlalte activități în astfel de zone predispuse la nivele mai înalte de poluare, față de alte zone urbane.[27], [28], [29], [34], [35], [36].



Gradul de dispersie al noxelor influențează direct calitatea aerului și nivelul imisiilor. Este un proces foarte complex, care poate fi descris matematic, chiar și parțial, prin modele statistice generale sau prin modele matematice, care rezolvă complicate sisteme de ecuații diferențiale de schimb de masă, transfer de căldură, ecuații de impuls și reacții chimice, etc.

Softurile folosite pentru realizarea simulărilor numerice în cazul acestui episod au la bază ipoteze simplificatoare. Astfel, se folosesc geometrii cu proprietăți fizice reale și un model de simulare, care să rezolve dependența temporară a procesului de dispersie într-un domeniu tridimensional complex. Sistemul este în echilibru termodinamic. Codurile sunt bazate pe conceptul volumului finit, în coordonate de sistem cartezian. Tratarea domeniului complex se face în funcție de rugozitățile suprafețelor. O accentuare a complexității domeniului studiat nu induce și o complicare în tratarea problemei.

Dispersia noxelor în mediu urban este în principal influențată de:

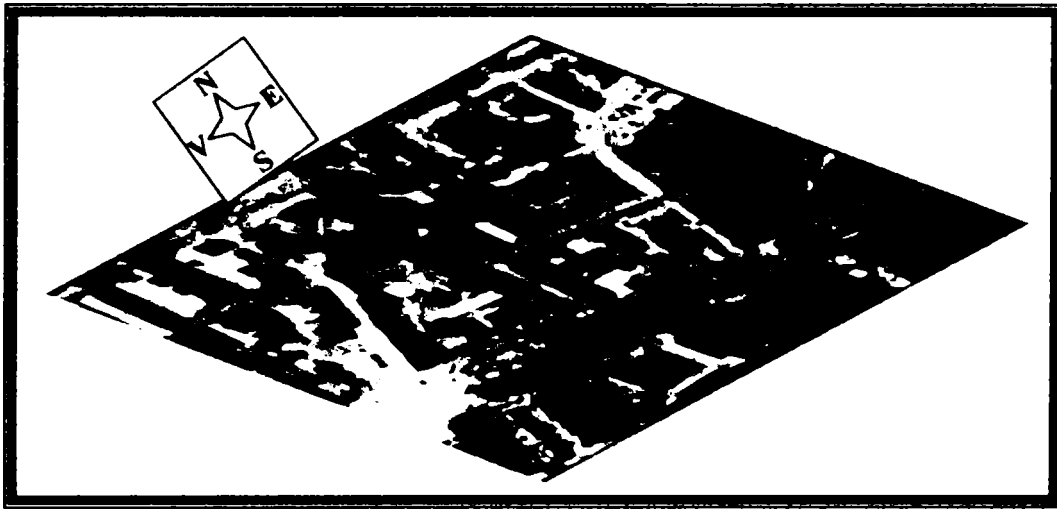
- Arhitectura zonei unde se va calcula dispersia, adică geometria clădirilor și valoarea “rugozității” urbane,
- Datele meteorologice pe perioade reprezentative,
- Factorul de emisie al surselor de poluare.

Analiza rezultatelor simulării impune o investigare de specialitate înainte de a se trage concluziile finale.

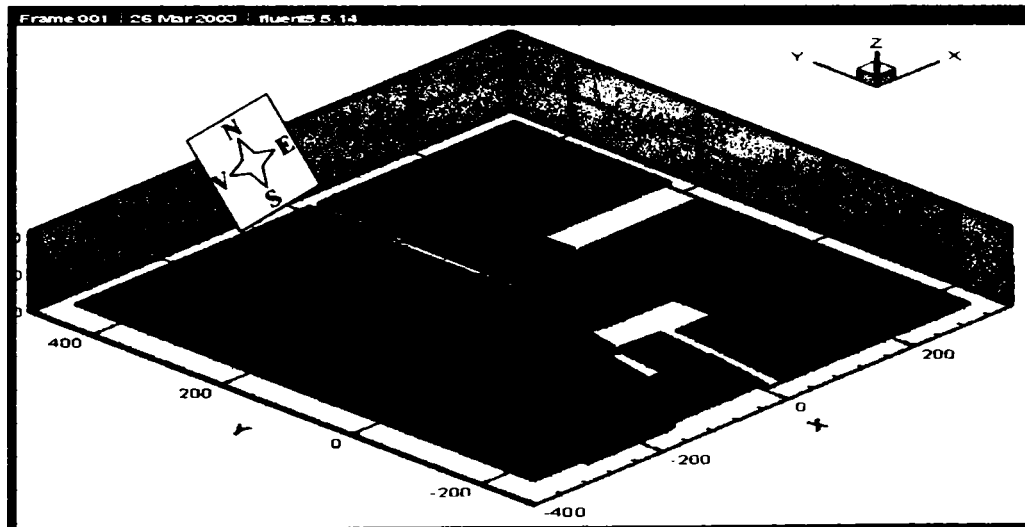
Pentru a obține distribuția spațială a concentrațiilor și a vizualiza eventualele vortexuri care se formează în interiorul străzii canion, s-a modelat geometria locației respective, anume strada și vecinătățile. Figura 3.61 prezintă concret geometria canionului L. Blaga, a străzilor cu care se intersectează, a clădirilor din vecinătate, cu detalii privind înălțimea și tipul de acoperiș, precum și arii întinse din zonele limitrofe ca de ex. parcuri, parcări, clădiri, etc. Geometria a fost realizată în baza topografiei ridicate în zonă.

Modelarea geometriei zonei investigate s-a realizat cu preprocesorul grafic GAMBIT, în cazul codului FLUENT și DELTA-B, în cazul ADREA. Rezultatele sunt prezentate grafic în Figura 3.62 și Figura 3.63. Trebuie remarcat sistemul cartezian de coordonate orientat astfel: axa x după direcția est-vest, axa z după direcția sud-nord, respectiv axa y pe direcție perpendiculară. Centrul grilei a fost poziționat pentru analiza cu codul FLUENT în colțul sud-vestic al canionului, iar pentru analiza cu ADREA în colțul sud-vestic al domeniului. Funcție de rugozitățile definite pentru fiecare tip de zonă caracteristică a domeniului se remarcă: cu culoarea maro geometriile din imediata vecinătate a canionului, cu verde parcurile și zonele verzi limitrofe canionului și cu portocaliu pentru clădirile care deși nu sunt în imediata vecinătate a canionului,

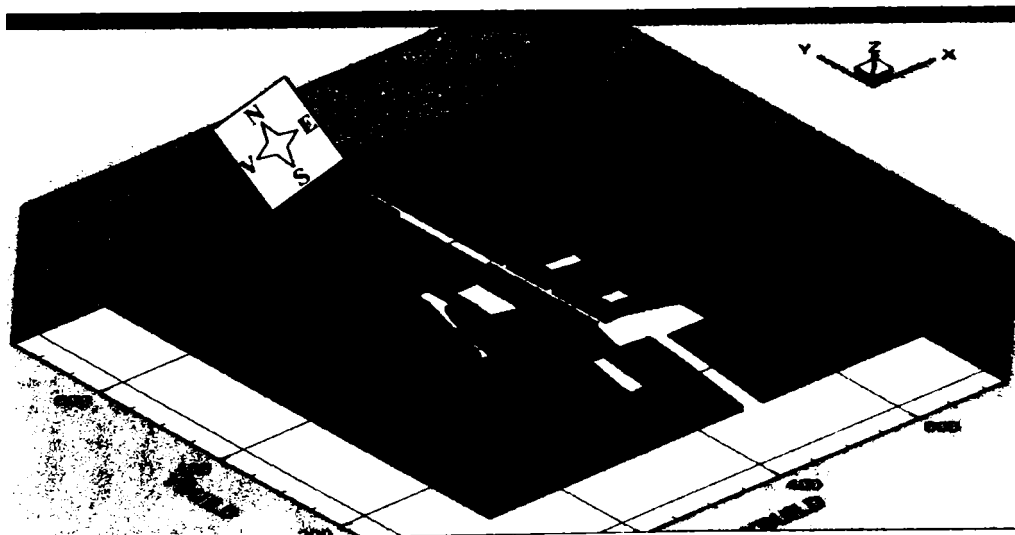
influențează profilul de viteze și turbulența în zonă. Griul este rezervat pentru evidențierea zonelor de intrare (input) a poluanților, ca de ex. parcărilor, strada efectivă și intersecția din apropiere. Acest cod de culori a fost în continuare respectat în toate reprezentările și vizualizările grafice întocmite.



**Figura 3.61: Vedere cu zona investigată (centrul municipiului Timișoara).**

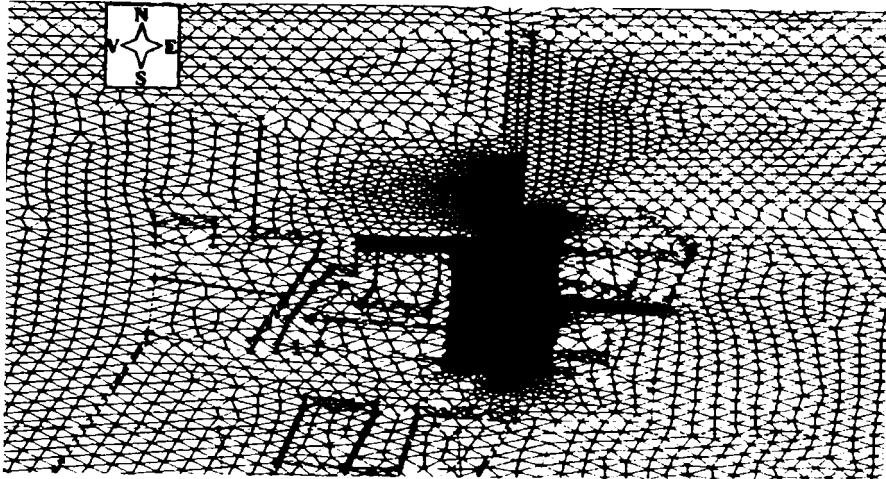


**Figura 3.62: Modelarea geometriei zonei investigate folosind Gambit (preprocesorul grafic pentru Fluent CFD).**



**Figura 3.63: Modelarea geometriei zonei investigate folosind Delta\_B (preprocesorul grafic pentru Adrea\_HF CFD).**

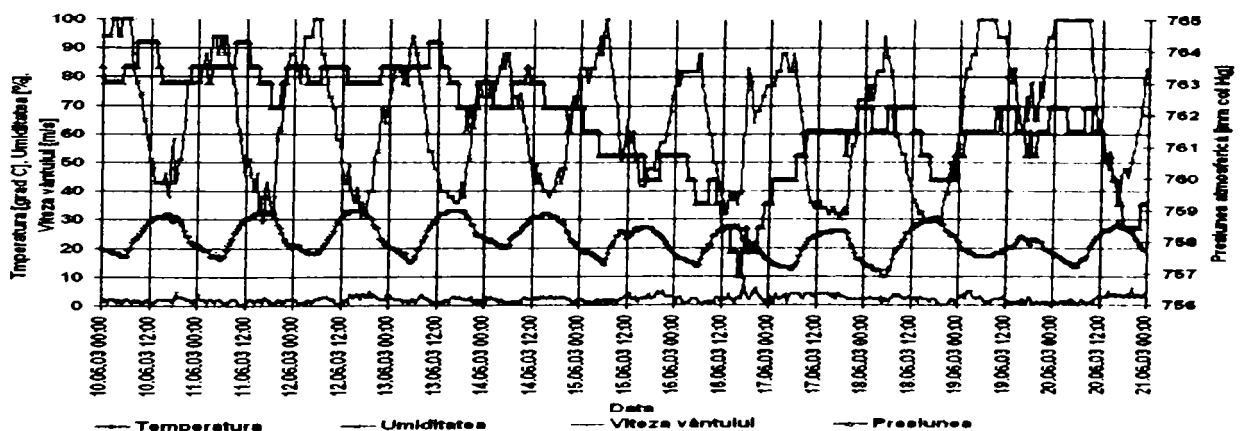
În Figura 3.64 și Figura 3.65 se pot observa discretizările domeniului realizate de cele două softuri CFD Fluent respectiv Adrea\_Hf. În fiecare caz, rețelele sunt de tip hibrid cu peste 1 milion de celule fiecare. Regiunea care a fost luată în calcul are dimensiunile 800 x 800 x 300, în m. Pentru zonele de interes maxim a fost luată în considerare o rețea cu dimensiunile celulei de 0,5 m. Cu toate că discretizarea domeniului este diferită, se observă o asemănare în ceea ce privește densitatea mai mare a rețelelor în aria centrală investigată, deci în interiorul și vecinătatea canionului stradal.



**Figura 3.64: Rețeaua tetraedrică folosită pentru discretizarea geometriei (Fluent CFD).**

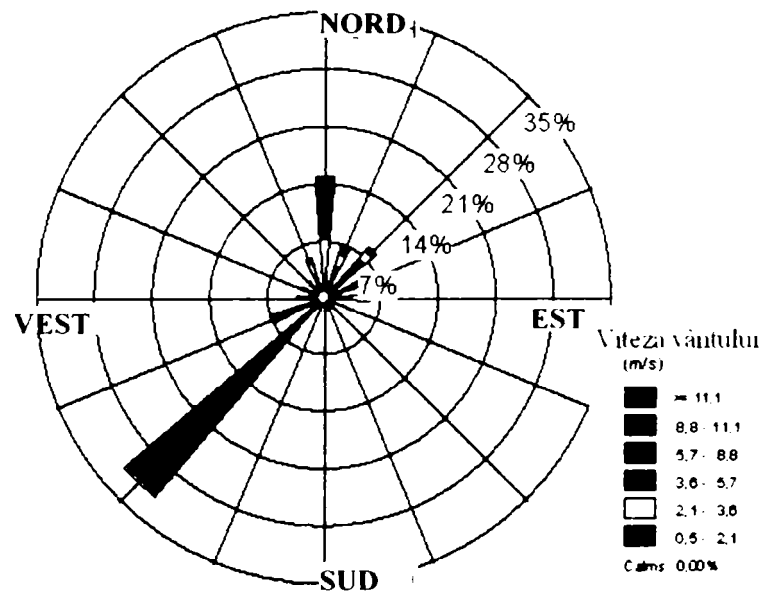


**Figura 3.65: Rețeaua ortogonală folosită pentru discretizarea geometriei (Adrea Hf).**



**Figura 3.66: Parametrii meteorologici din perioada campaniei - iunie 2003.**

În Figura 3.66 se indică seria de semnale meteorologice specifice înregistrate de stația meteorologică mobilă. Temperatura a variat între 10 și 34 grade C, observându-se alternața variației diurne-nocturne. Umiditatea relativă a înregistrat variații foarte mari datorită formării de ceață și averselor de scurtă durată, între 30 % și 98 %. Vântul a băut normal în rafale cu valori medii de circa 4-5 m/s, doar sporadic, în ziua de 16-17 iunie s-a înregistrat o intensificare. Așa cum se observă și din Figura 3.67, direcția vântului în această zonă este din SV spre NE. Această constatare a validat analiza statistică prealabilă privind direcția preponderentă și a fost valorificată pentru poziționarea instrumentelor, în special a celui optic. Locația efectivă a fost studiată și în baza unei analize prin simulare numerică a vortexurilor formate în canion, asupra căreia se va reveni.



**Figura 3.67: Roza vânturilor medie pe intervalul 10-20 iunie 2003.**

Circulația curenților de aer prezentată în Figura 3.68 a fost obținută cu softul CFD Fluent, versiunea 6.1.

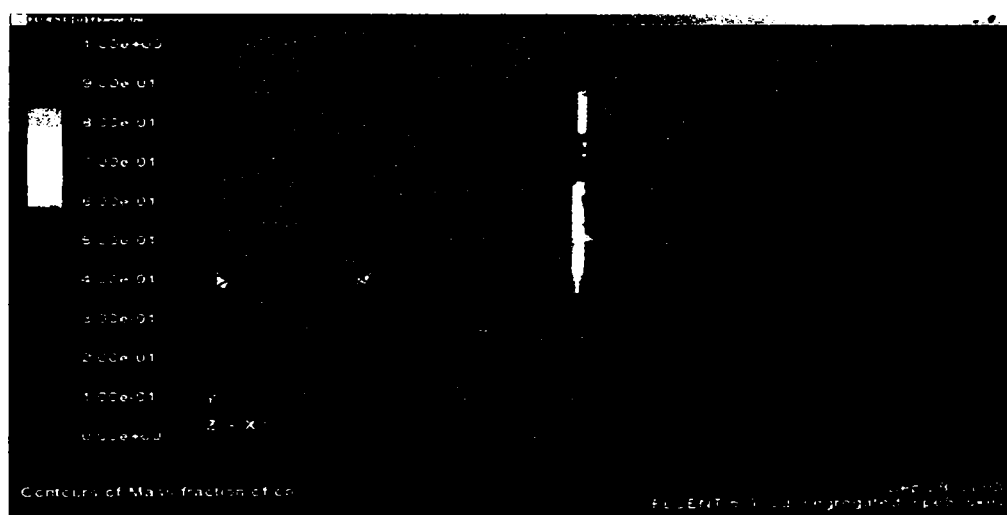


**Figura 3.68: Vectori direcție și viteza vântului rezultați în urma calculului numeric**

Pentru datele de intrare a fost luat în considerare un regim meteorologic stabilizat, în care parametrii vântului au fost setați cu direcții predefinite, iar pentru viteză s-a introdus, la intrarea domeniului, un profil identic cu cel obținut din modelele fizice menționate în literatura de specialitate.

Vizualizarea prin simulare numerică cu FLUENT a dispersiei monoxidului de carbon este prezentată în, Figura 3.69. În figură este arătată distribuția concentrației într-un plan situat la 0,5 metri față de suprafața solului. Au fost introduse doar surse de poluare reprezentând vehiculele care au tranzitat canionul stradal, prin factorii lor de emisie specifici. Vehiculele au fost modelate ca și o surse de secțiune dreptunghiulară, cu o lățime de 1,2 m, care emit într-un plan situat la o distanță de 0,3 m de suprafața carosabilă. Se observă că în interiorul canionului modulul vectorilor paraleli cu suprafața carosabilului are valori foarte mici, deci practic nu există ventilare de-a lungul canionului. Explicația constă în lipsa spațiului deschis prin care se poate propaga vântul în plan orizontal.

Intensitatea traficului a fost, de asemenea, luată în considerare prin multiplicarea proporțională a factorilor de emisie.



**Figura 3.69: Vedere a distribuției concentrației de monoxid de carbon (rezultat Fluent)**

În Figura 3.69 legenda prezintă distribuția culorilor funcție de concentrația speciei CO. Astfel roșu reprezintă concentrația maximă a factorului de emisie. Dacă se cunoaște această valoare, prin simpla înmulțire cu factorul corespondent culorii poziției în care se dorește determinarea concentrației, se obține valoarea imisiei în respectivul punct. Culoarea albastră reprezintă o valoarea a concentrației egală cu zero. Modelarea nu ține cont de nivelul de fond, și, de aceea, pentru o estimare corectă se va aduna această concentrație la toate concentrațiile determinate numeric.

Figura 3.70 prezintă o analiză experimentală din literatura de specialitate a circulației curenților de aer în interiorul unui canion stradal. Figura 3.71 și Figura 3.72 prezintă rezultatele numerice obținute cu softul Fluent respectiv Adrea-Hf



Figura 3.70: Vizualizarea recirculării de tip vortex realizată cu probă de fum , poza realizată cu un timp de expunere de 4 s..[128]

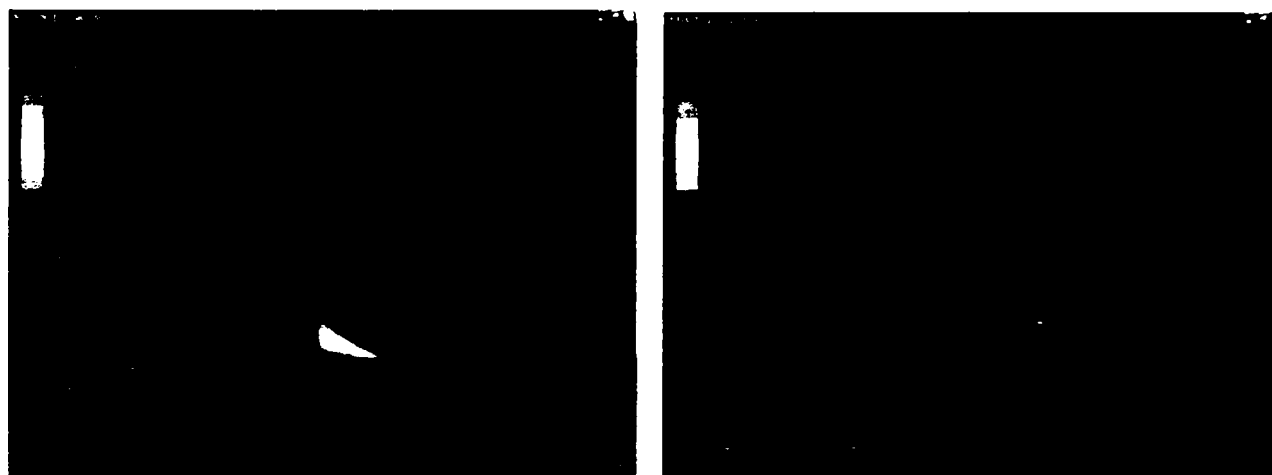


Figura 3.71: Profilul dispersiei CO în plan vertical și direcția vectorilor vitez (FLUENT).

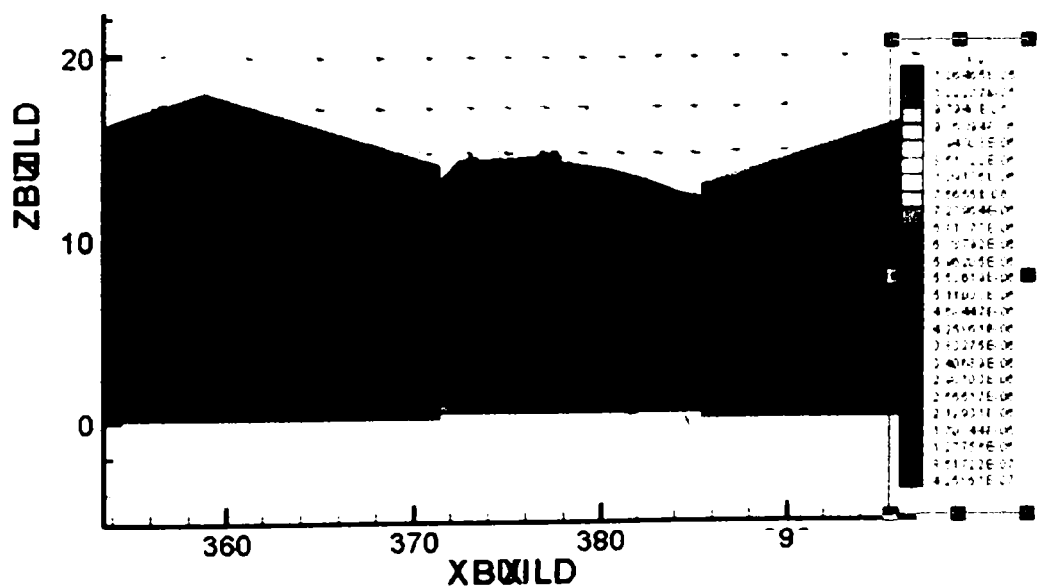


Figura 3.72: Profilul dispersiei CO, sensul și direcția vectorilor viteza ADREA.

Vizualizarea prin simulare numerică cu Adrea\_HF a dispersiei monoxidului de carbon este prezentată în Figura 3.73. Este arătată distribuția concentrației într-un plan

situat la 0,5 metri față de suprafața solului. S-au păstrat aceleași date inițiale folosite și în cazul modelării cu codul FLUENT, în ceea ce privește intensitatea surselor poluare.

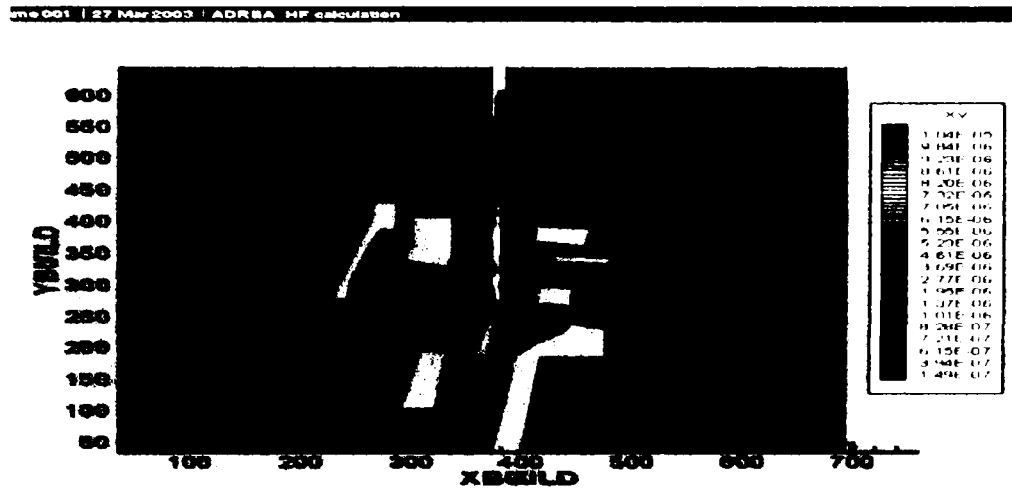


Figura 3.73: Vedere de ansamblu a distribuției concentrației de monoxid de carbon (rezultat AdreaHF)

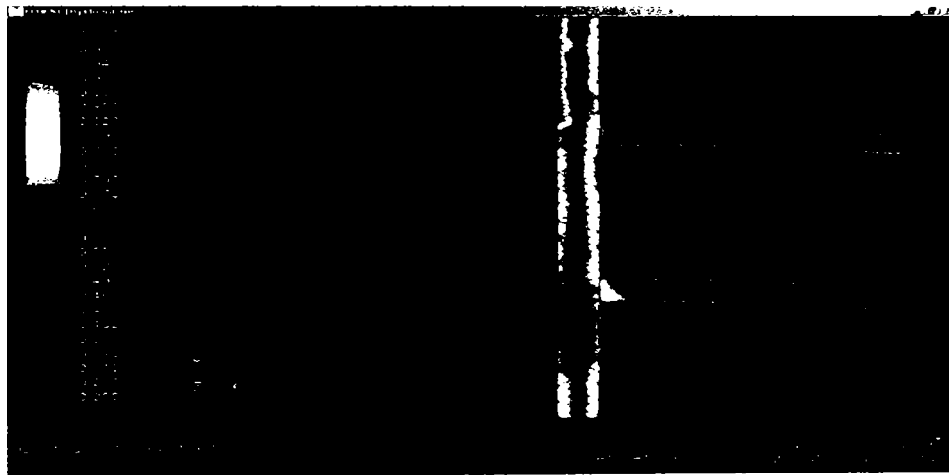


Figura 3.74: Vedere focalizată a distribuției concentrației de monoxid de carbon (rezultat Fluent)

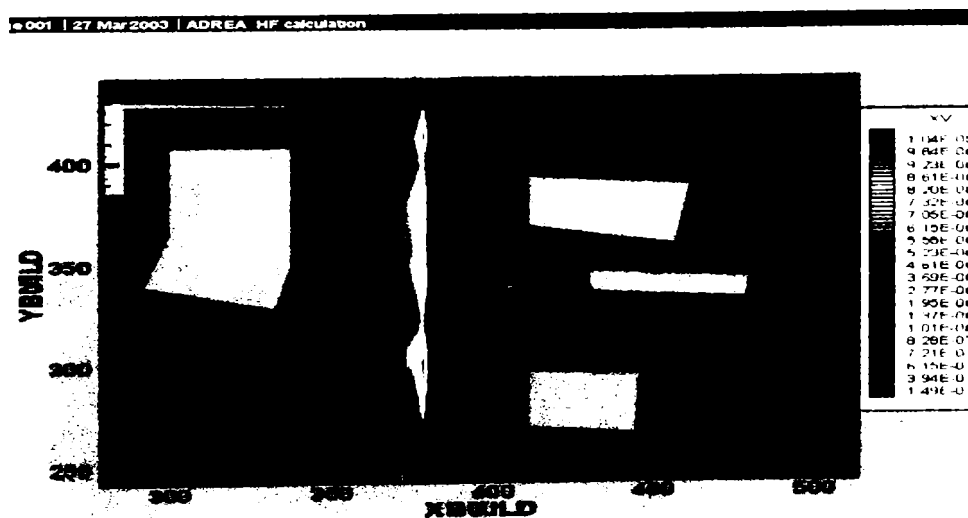


Figura 3.75: Vedere focalizată a distribuției concentrației de monoxid de carbon (rezultat Adrea\_HF)



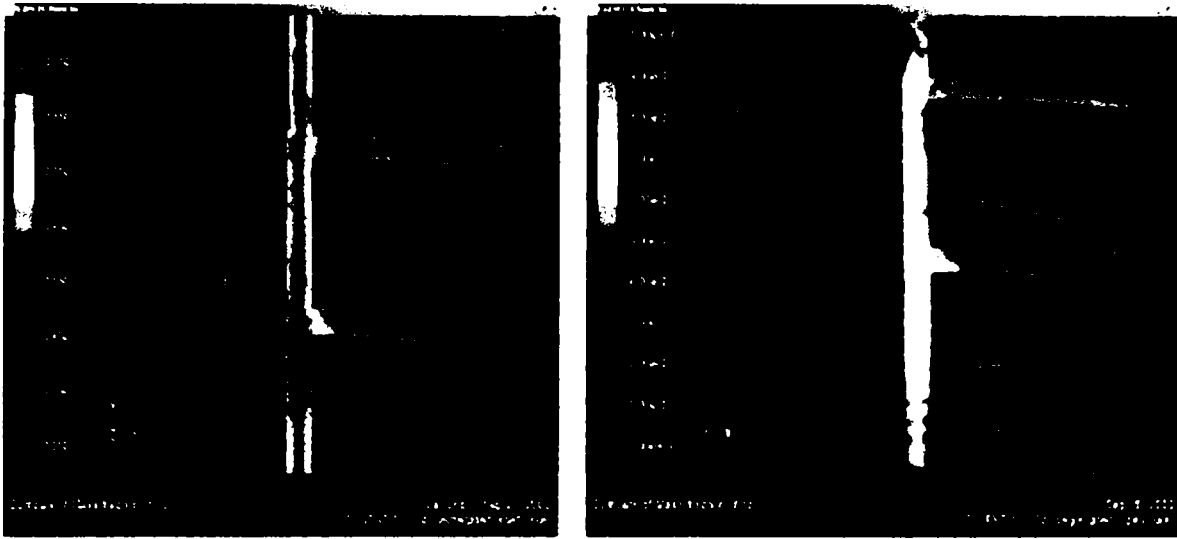


Figura 3.76: Dispersia pentru zona considerată la diferite nivele deasupra solului (Fluent)

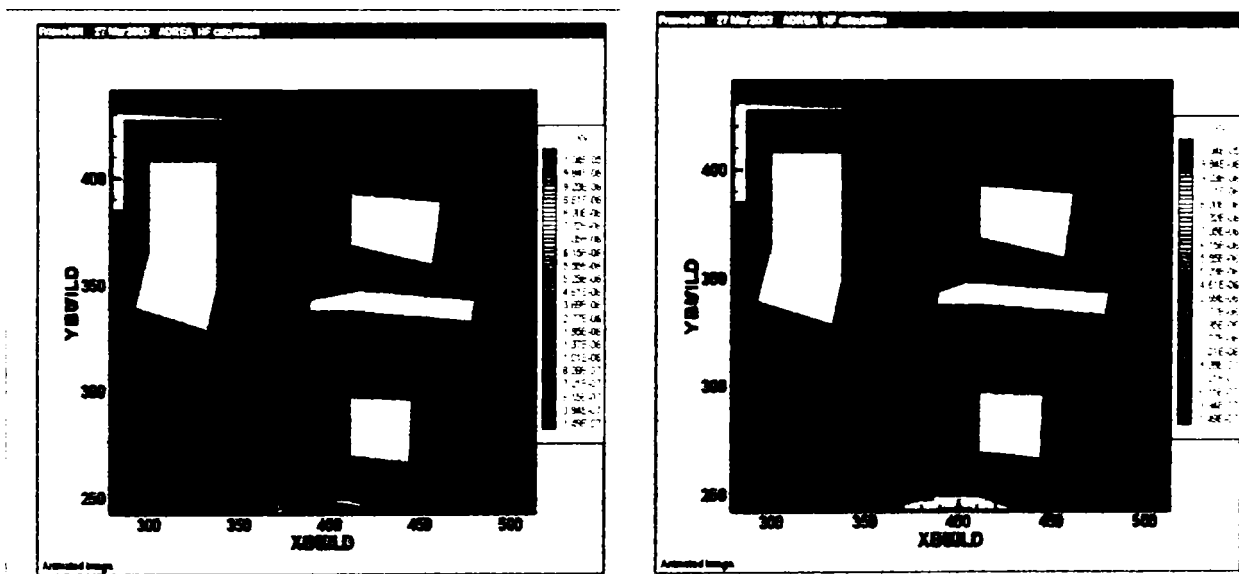


Figura 3.77: Dispersia CO la 5m deasupra nivelul solului cu vântul din direcția SE.  
Dispersia CO la 10m deasupra nivelul solului cu vântul din direcția SE.

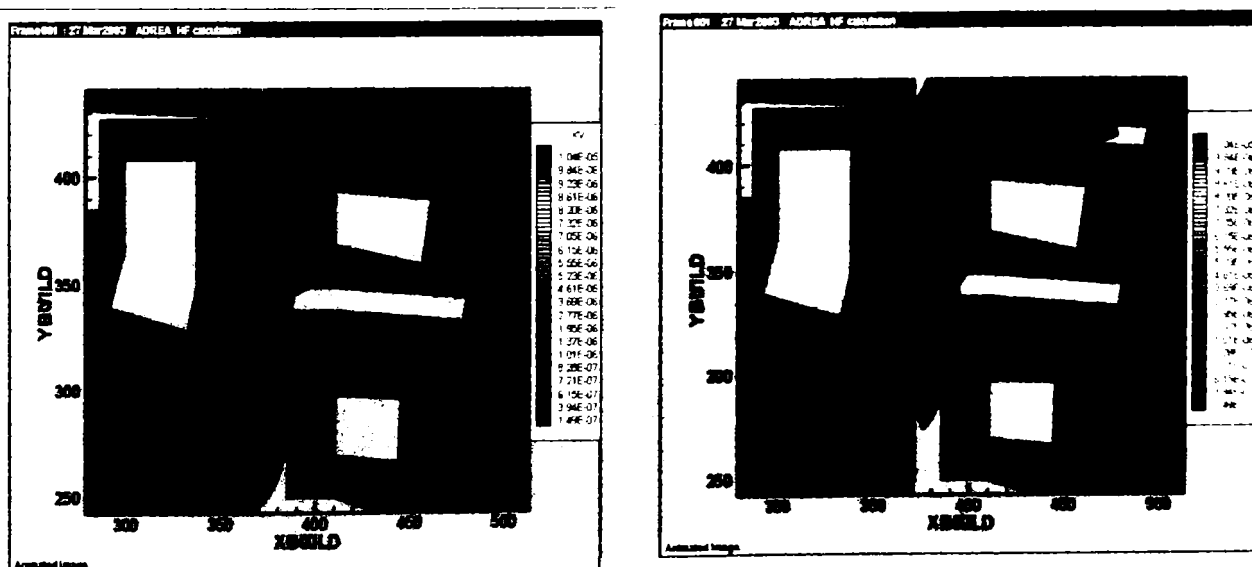
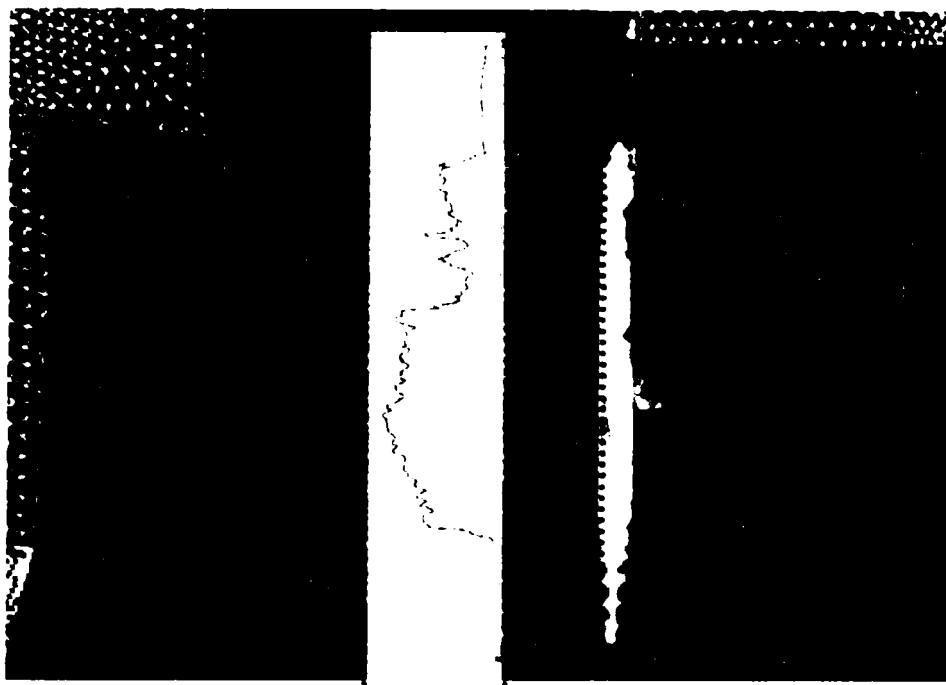


Figura 3.78: Dispersia CO la 15m deasupra nivelul solului cu vântul din direcția SE  
Dispersia CO la 20m deasupra nivelul solului cu vântul din direcția SE.



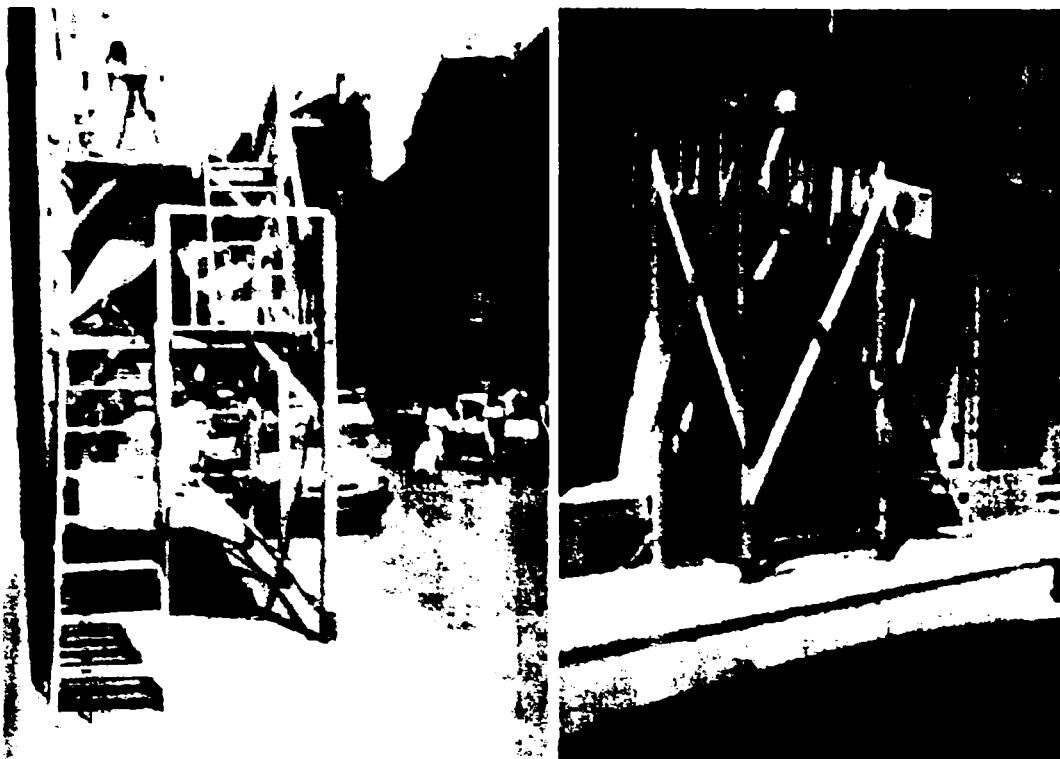
**Figura 3.79: Variația profilului concentrațiilor de CO la 4 m deasupra nivelului străzii rezultată în urma calculului numeric folosind FLUENT 6.1.**

Măsurătorile experimentale,

În Iunie 2003, s-a desfășurat o concentrată campanie de măsurători având ca și locație strada Lucian Blaga din Timișoara. Au fost înregistrate valorile concentrațiilor de CO, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, NO și SO<sub>2</sub> la intervale de 6 secunde timp de 10 zile, aparatele fiind situate la o înălțime de 4 m deasupra nivelului străzii. Datele meteorologice au fost mediate la 15 minute și au fost înregistrate pe toată perioada campaniei. O vedere asupra zonei respective este prezentată în perioada campaniei de măsurători este redată în Figura 3.80.



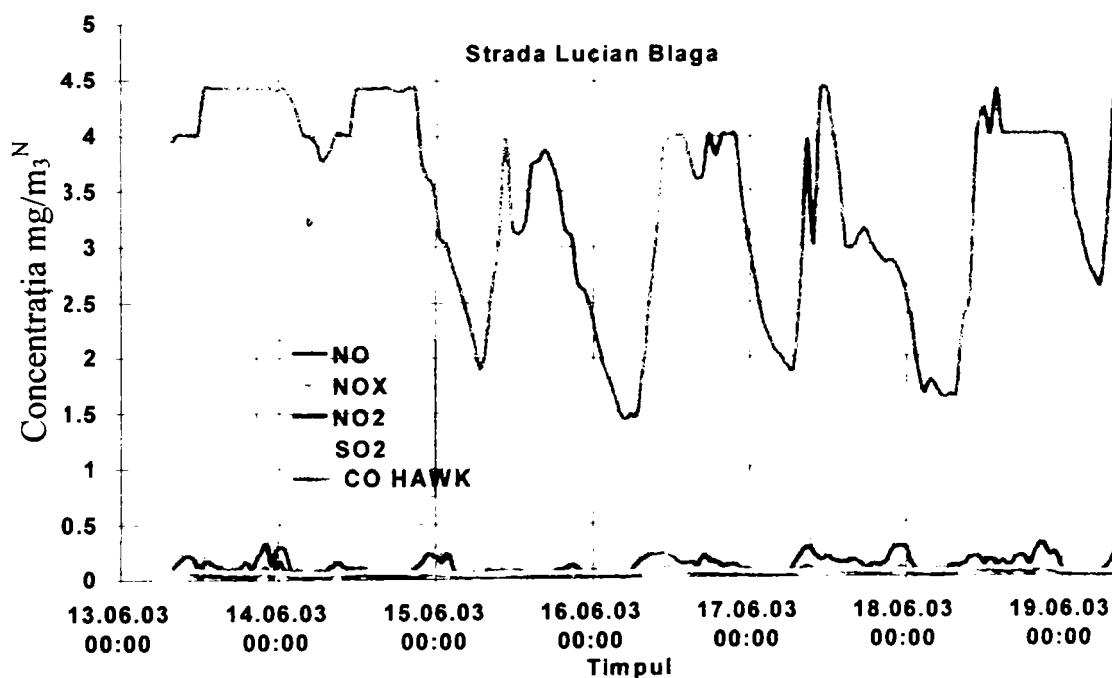
**Figura 3.80: Vedere cu strada L Blaga și cu amplasarea instrumentelor.**



**Figura 3.81: Imagini cu platformele de susținere ale instrumentelor**

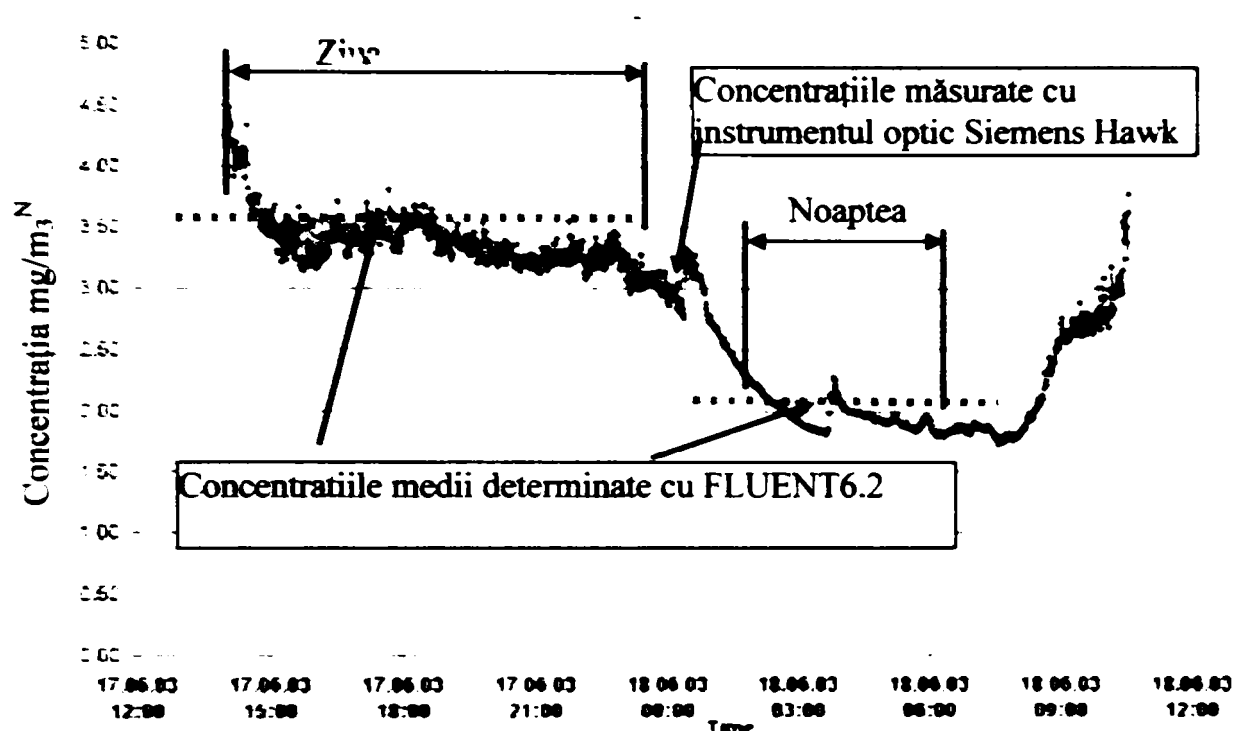
Măsurătorile în interiorul canionului stradal au fost făcute conform rezultatelor simulării numerice anterioare la o înălțime de 4 metri de pe două platforme instalate deasupra trotuarului pietonal. Măsurătorile au fost făcute utilizând atât tehnica modernă (un aparat optic care oferă valoarea medie a concentrației pe toată distanța dintre emitor și reflector) cât și folosind tehnica clasică cu probă punctiformă.

Rezultate sunt prezentate în Figura 3.82 din care se observă aceeași tendință la toate instrumentele privind variația diurnă respectiv nocturnă.



**Figura 3.82: Variația concentrației pe perioada monitorizată**

Figura 3.83 prezintă variația mediei la interval 1 minut a concentrației de CO măsurată la 4 m înălțime și valoarea rezultată în urma calculului numeric cu FLUENT 6.2.



**Figura 3.83: Distribuția concentrațiilor de CO în 24 ore.**

Se pot scoate în evidență următoarele concluzii: Experimentul oferă o viziune asupra posibilităților de utilizare a softurilor de tip CFD în scopul monitorizării și estimării calității aerului în mediul urban. Din analiza simulărilor numerice se pot trage următoarele concluzii:

- Circulația curenților de aer este puternic influențată de geometria clădirilor
- Departe de acoperișul clădirilor curentul de aer este stabilizat și urmează legile presupuse inițial;
- Centrul de recirculare al curenților de aer este în apropierea acoperișului iar intensitatea curenților de aer este mai mare în apropierea zidurilor clădirilor;
- În timpul mișcării de recirculare a aerului concentrația emisă la nivelul străzii de autovehicule este antrenată pe verticală pe partea cu peretele vestic al străzii;
- Orice schimbare în parametri datelor meteorologice induce influențe în modul de dispersare a noxelor.
- Structura traficului poate fi analizată și organizată în scopul reducerii poluării locale.
- Au fost luate în calcul date meteorologice reprezentative pentru municipiul Timișoara.
- Se observă o bună corelare între rezultatele măsurate și rezultatele prognozate prin simulare numerică

- Rezultatele obținute cu cele două softuri sunt foarte bine corelate atât între ele cât și cu rezultatele experimentale.

În urma rezultatelor acestei lucrări autoritățile locale pot lua următoarele măsuri:

Gândirea unor soluții alternative pentru fluidizarea sau devierea traficului folosind softurile de simulare numerică pentru analizarea diferitelor scenarii de organizare a circulației.

Datele meteorologice influențează în mod direct dispersia noxelor motiv pentru care se impune necesitatea unei baze de date meteo care să fie folosită în modelarea numerică pentru predicția și avertizarea situațiilor meteo în care se pot înregistra concentrații locale periculoase pentru om și mediul înconjurător.

### 3.4.7 Episodul mai 2004 din intersecția Calea Șagului – Bv. Ana Ipătescu

Calea Șagului este o arteră intens circulată și folosită și de mașini de gabarit greu deoarece se găsește la marginea municipiului, pe axa de tranzit a vehiculelor către granița cu Yugoslavia și zone industriale învecinate (Reșița). S-au determinat pe patru sensuri de circulație numărul de vehicule și s-a analizat ulterior în paragraful următor este redată corelarea acestei intensități a traficului cu calitatea aerului.[73], [74].

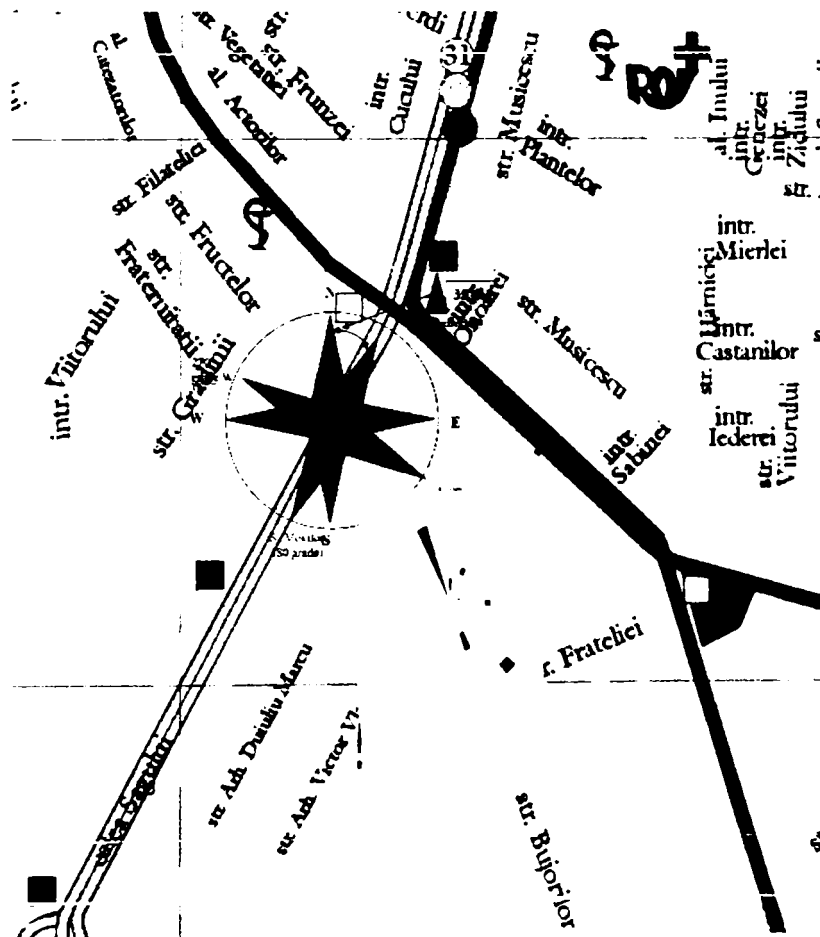


Figura 3.84: Vedere a locației unde s-a desfășurat campania de monitorizare cu evidențierea defazajului între axa optică și axa geografică NS

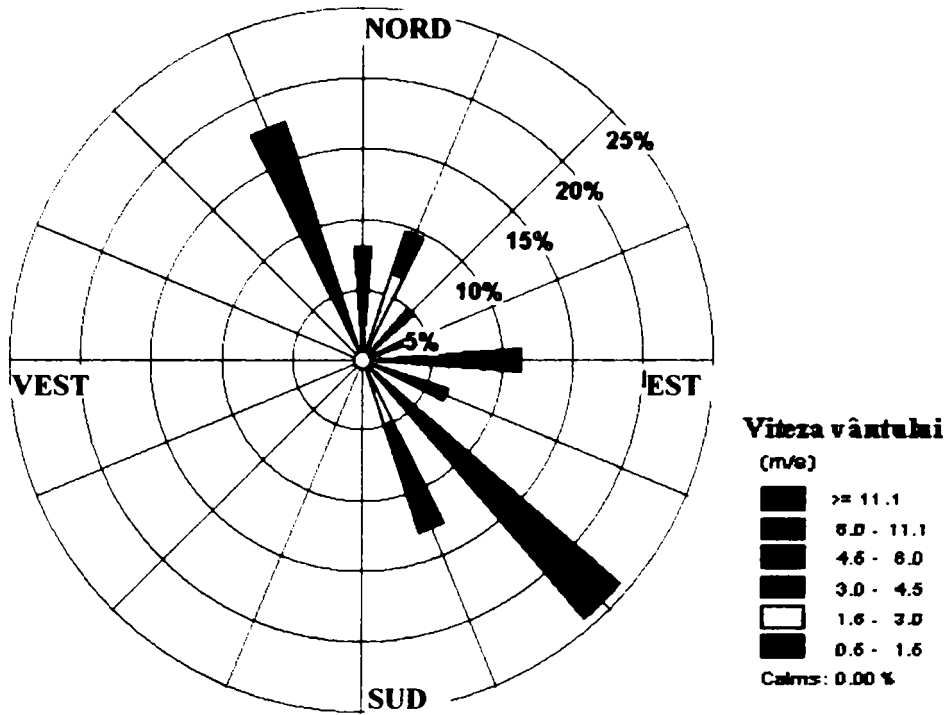


Figura 3.85: Roza vânturilor medie pe intervalul 20-29 mai 2004

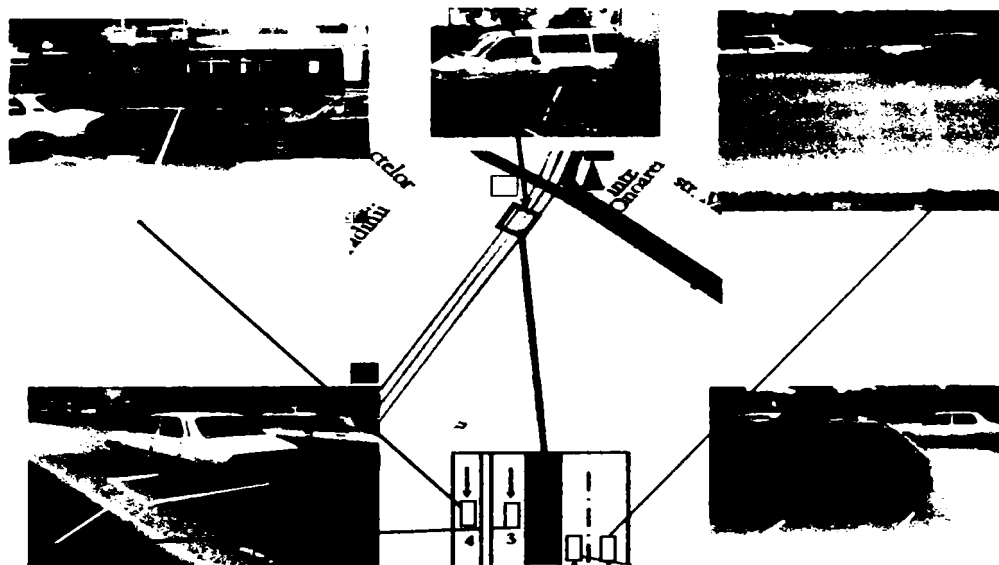


Figura 3.86: Episodul Calea Șagului & amplasarea contorului de trafic.

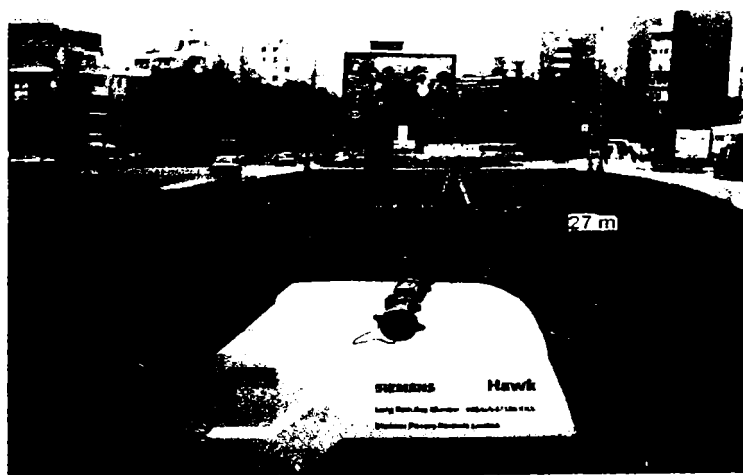


Figura 3.87: Distanța optică în timpul campaniei din Calea Șagului

Figura 3.88 prezintă variația concentrației de CO măsurată cu ajutorul instrumentului optic Hawk. Se pot distinge cu ușurință intervalele diurne și nocturne și se poate face observația ca activitățile limitrofe (traficul auto) din timpul zilei sunt cele care determină creșteri alarmante ale concentrației în zona respectivă.

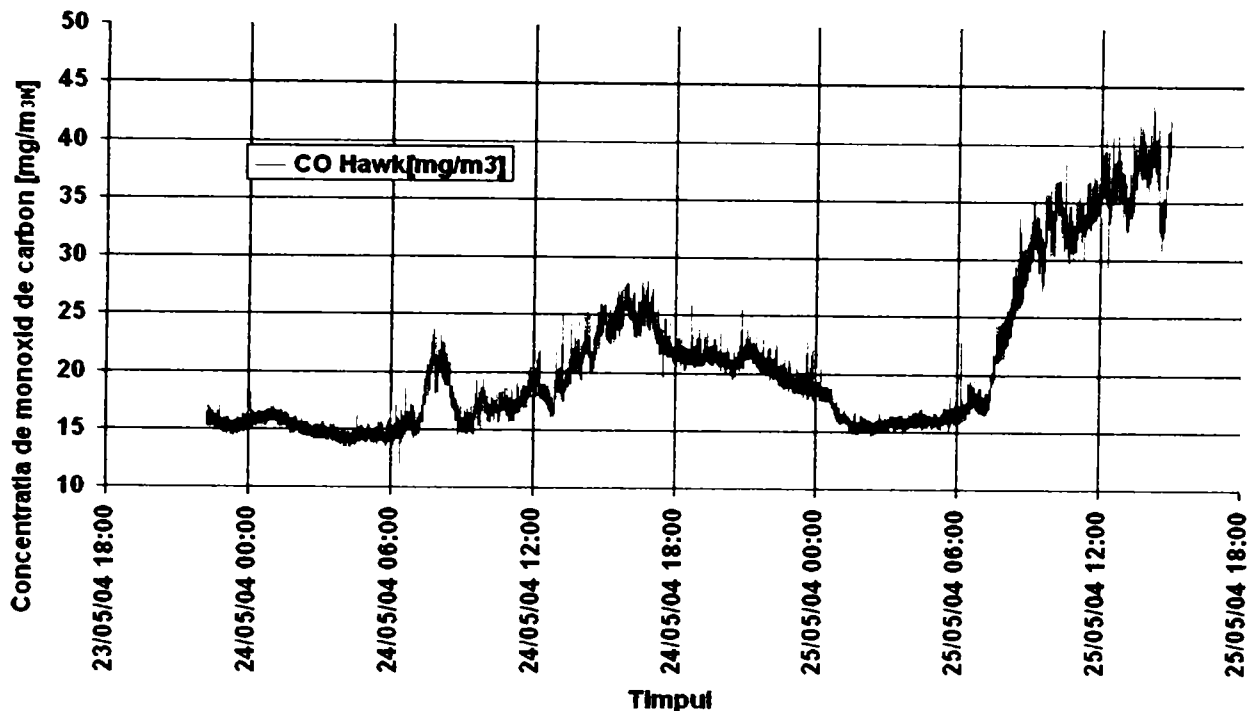


Figura 3.88: Grafic cu valorile înregistrate la un interval de 6 secunde cu aparatul optic, în  $\text{mg}/\text{m}^3$

Figura 3.89 prezintă variația tuturor parametrilor înregistrați pe parcursul campaniei de măsurători.

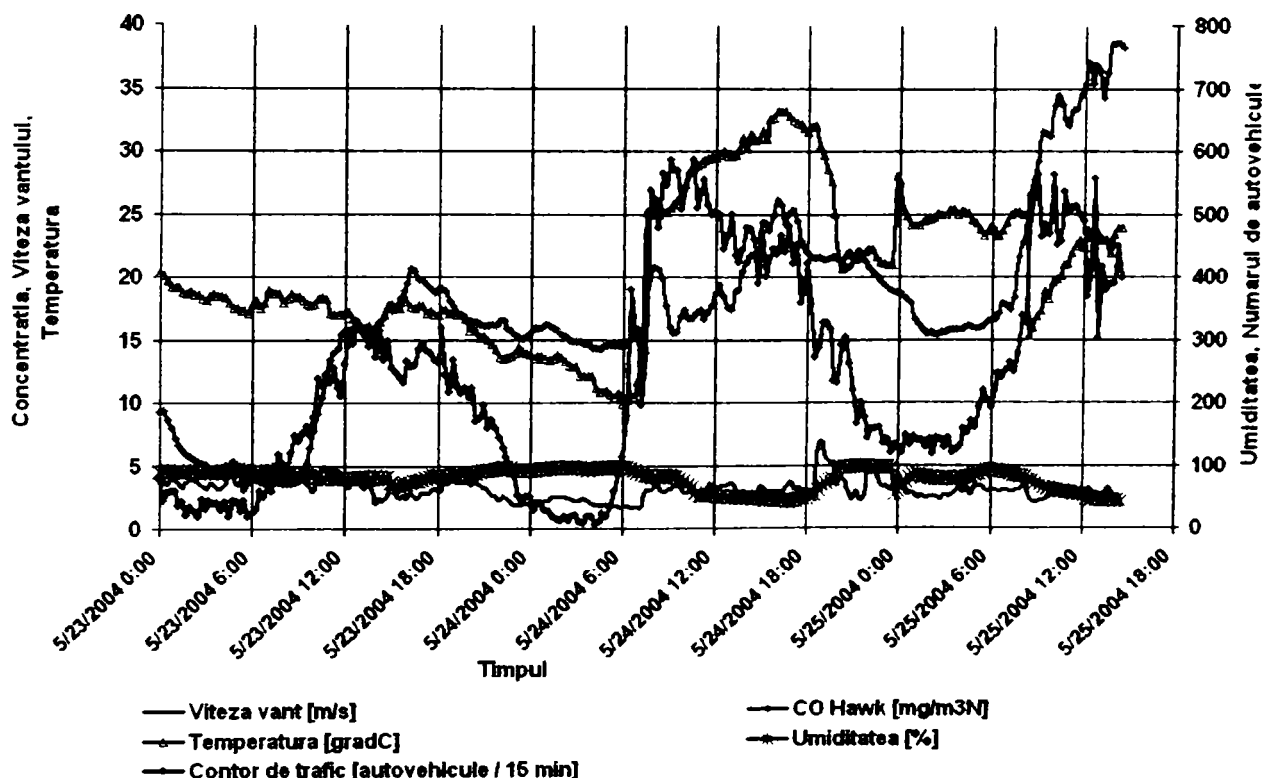


Figura 3.89: Grafic cu valorile medii la 15 minute ale tuturor parametrilor înregistrați.



Din punct de vedere al concentrațiilor de monoxid de carbon înregistrate se poate spune că în această locație s-au înregistrat cele mai ridicate valori la nivelul municipiului Timișoara. Nivelul traficului greu este foarte ridicat și singura soluție ar fi construirea unei șosele de ocolire a destinată camioanelor care tranzitează municipiul.

### 3.4.8 Alte campanii din municipiul Timișoara

Asa cum am prezentat în Tabelul 3.14 numărul de campanii a fost mai mare, dar în lucrare au fost prezentate pe larg cele mai reprezentative pentru îndeplinirea scopului inițial. Figurile următoare prezintă doar fotografiile surprinse în timpul celorlalte campanii.

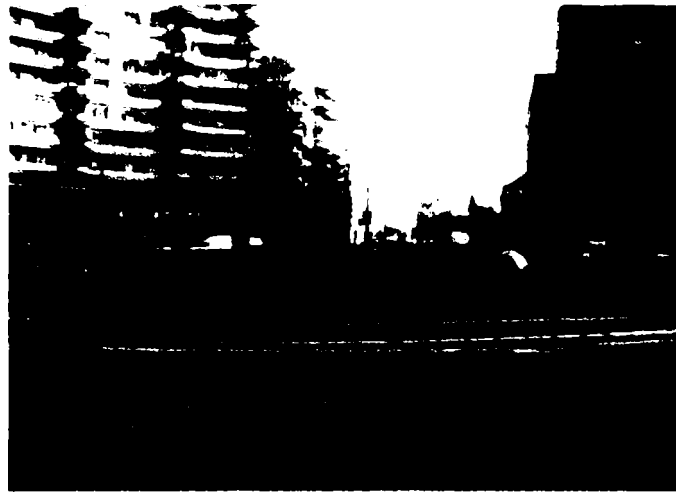
Rezultatele măsurătorilor din punct de vedere al calității aerului sunt prezentate conform standardului în paragraful de concluzii finale. Aceste campanii erau necesare pentru analizarea comportării aparatelor în diverse condiții de fond de poluare, de uniformitate a concentrației, de stabilitate în timp și fiabilitate în funcționare. Rezultatele privind avantajele și dezavantajele fiecărui instrument testat fiind prezentate în paragraful de concluzii.



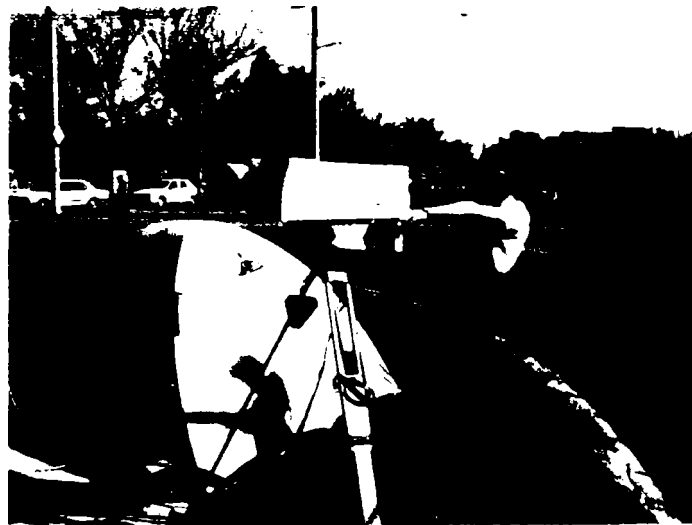
*Figura 3.90: Poza din timpul campaniei din Parcul Central (perioada 15 – 19 mai 2003).*



*Figura 3.91: Poza din timpul campaniei din Parcul Botanic (perioada 19 – 21 mai 2003).*



*Figura 3.92: Poza din timpul campaniei din Sensul Giratoriu Mărăști (perioada 25 Noembrie – 05 Decembrie 2003).*



*Figura 3.93: Poza din timpul campaniei din Sensul Giratoriu Michelangelo (perioada 14 – 24 Aprilie 2003).*



*Figura 3.94: Poza din timpul campaniei din Centrul Civic P-ța Victoriei (perioada 18 – 29 Februarie 2003)*

### 3.4.9 Analiza de corelație

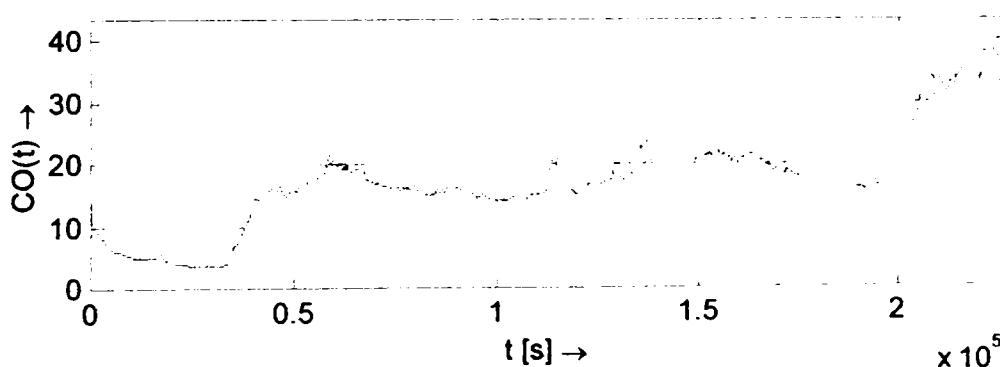
#### 3.4.9.1 Prelucrarea semnalului măsurat cu instrumentul optic Hawk în Calea Sagului

Noutatea în cadrul acestei prelucrări este utilizarea analizei spectrale pe intervale scurte ca mijloc de corelare a parametrilor concentrației de CO cu parametrii meteorologici.

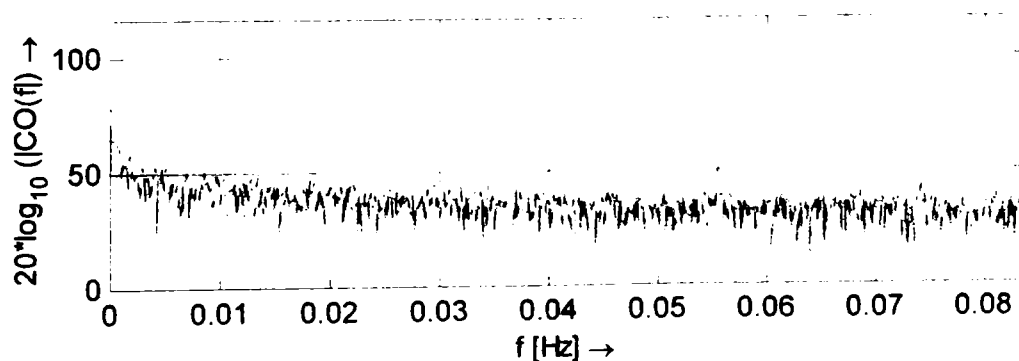
**Intervalul de timp** în care s-a făcut măsurarea este 23.05.2004, ora 00:00:00 - 25.05.2004, ora 14:44:54. Astfel secvența măsurată conține 37650 de eșantioane (samples) măsurate la intervale (sampling period) de 6 sec. Frecvența de eșantionare (sampling frequency) este  $f_s = \frac{1}{6\text{sec}} = 0.166\text{Hz}$ .

**Semnalul măsurat**,  $\text{CO}(t)$  se exprimă în  $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$  și ia valori conform reprezentării din Figura 3.95. Durata semnalului este de aproximativ 63 de ore.

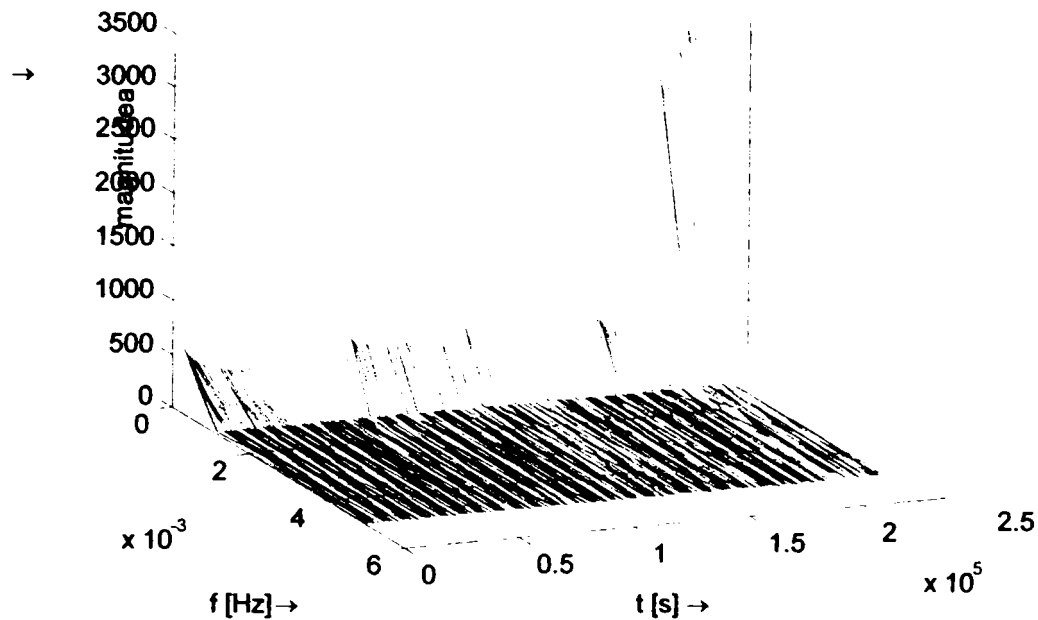
Ca o primă caracterizare a semnalului, se observă că față de valoarea medie a acestuia, fluctuațiile au amplitudini relativ mici. Acest lucru este evident și din spectrul de amplitudini calculat pe întreaga durată a semnalului și reprezentat în Figura 3.96. Pe verticală s-a reprezentat logaritmul modulului acestui spectru (spectrul în dB), tocmai pentru a putea evidenția și componentele spectrale de la frecvențe diferite de zero. În mărimi naturale, datorită valorii mari a componentei continue, la celelalte frecvențe spectrul ar fi apărut ca nul.



**Figura 3.95: Variația în timp a concentrației CO înregistrată cu instrumentul Hawk**



**Figura 3.96: Spectrul de amplitudini.**



**Figura 3.97: Waterfall – reprezentarea timp-frecvență a spectrelor.**

În Figura 3.97 se arată o reprezentare timp-frecvență (waterfall representation) a spectrelor calculate pe intervale scurte. Practic, semnalul inițial, având o durată de aproximativ 63 de ore, a fost împărțit în 251 intervale de câte 150 de eşantioane (durata unui astfel de segment este de 15 minute) și pentru fiecare dintre aceste intervale s-a calculat câte un spectru. Astfel Figura 3.97 conține 251 de profiluri spectrale. Se observă că primele aproximativ trei linii spectrale au valori substanțial mai mari decât celelalte. De aceea profilele spectrale s-au reprezentat numai pe prima porțiune (pană la aproximativ  $5 \cdot 10^{-3}$  Hz, adică s-au reprezentat primele 10 linii din 150). Distanța dintre două linii spectrale consecutive este  $\Delta f = \frac{F_s}{150} = 11 \cdot 10^{-3}$  Hz

Se poate observa că evoluția în timp (dupa axa  $t \rightarrow$ ) a amplitudinii liniilor spectrale de la frecvența  $f = 0$  corespunde (relație de proporționalitate aproximativă) evoluției valorii medii a semnalului CO măsurat. Reprezentarea timp-frecvență are avantajul că arată cât de puternic sunt afectate semnalele de zgomotul de măsurare (în cazul de față zgomotul de măsurare este mic) și pe de altă parte arată evoluția în timp a valorii medii a semnalului măsurat precum și a spectrului acestuia.

Cele 251 de valori ale amplitudinilor spectrului de la frecvența zero, vor putea fi corelate cu parametrii meteorologici pentru a vedea care dintre aceștia are mai mare efect asupra concentrației de noxe.

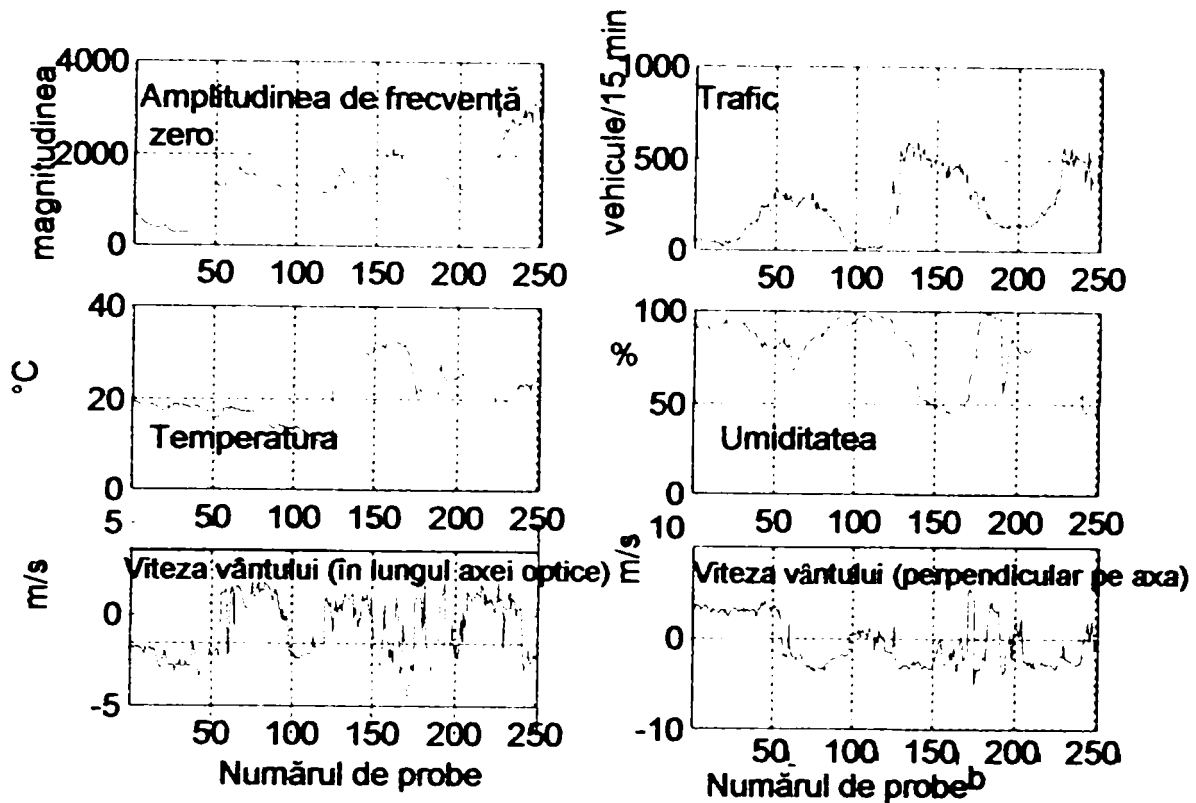


Figura 3.98: Corelația cu diferiți parametri a indicațiilor instrumentului optic.

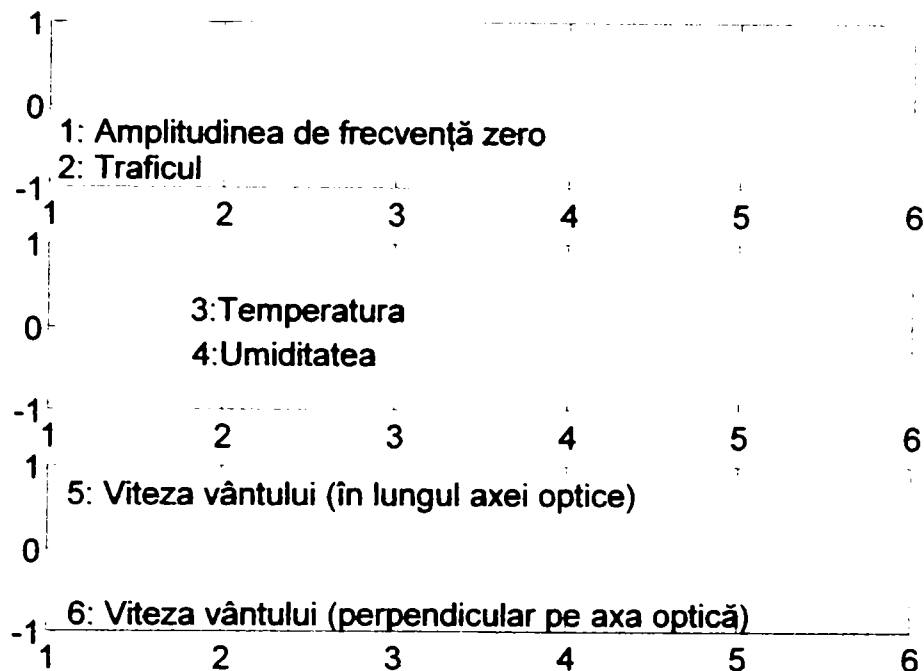
În Figura 3.98 se prezintă cele șase semnale care urmează a fi corelate. Nivelul de poluare este reprezentat prin amplitudinile spectrale de la frecvență zero. Parametrul de trafic este reprezentat prin numărul de vehicule care traversează intersecția în 15 minute. De exemplu 550 vehicule/15 minute înseamnă  $550/(4 \times 15) = 9$  vehicule pe minut și bandă, în orele de vârf ale traficului.

Temperatura este reprezentată în grade Celsius iar umiditatea în procente. Ultimii doi parametri sunt viteza vântului de-a lungul axei optice a aparatului Hawk respectiv viteza vântului perpendiculară pe axa optică a aparatului. Aceste proiecții s-au obținut ținând seama de unghiul (35 grade) făcut de axa optică a aparatului cu direcția Sud-Nord luată ca referință de aparatul care măsoară viteza vântului. Ambii parametri sunt măsurati în metri/secundă.

Pentru a evidenția dependența dintre nivelul de poluare și diferiții parametri meteorologici se utilizează coeficientul de corelație.[94] Valorile calculate ale coeficienților de corelație se prezintă în Tabelul 3.21.

Tabelul 3.21 : Valorile coeficientului de corelație între parametri analizați.

	Amplitudinea de frecvență zero	Traficul auto	Temperatura	Umiditatea	Viteza vântului (în lungul axei optice)	Viteza vântului (perpendicular pe axa optică)
Amplitudinea de frecvență zero	1	0.6752	0.3531	-0.6442	0.2831	-0.4849
Traficul auto	0.6752	1	0.6202	-0.7321	0.3366	-0.4787
Temperatura	0.3531	0.6202	1	-0.7085	0.0736	-0.2776
Umiditatea	-0.6442	-0.7321	-0.7085	1	-0.0203	0.2931
Viteza vântului (în lungul axei optice)	0.2831	0.3366	0.0736	-0.0203	1	-0.8271
Viteza vântului (perpendicular pe axa optică)	-0.4849	-0.4787	-0.2776	0.2931	-0.8271	1



**Figura 3.99: Grafic cu variațiile coeficienților de corelație.**

Ca o prima constatare se poate observa că temperatura și umiditatea sunt parametri puternic negativ corelați. Acest lucru este firesc: creșterea temperaturii determină scăderea umidității și invers. În cazul de față și componentele vitezei vântului sunt puternic negativ corelate.

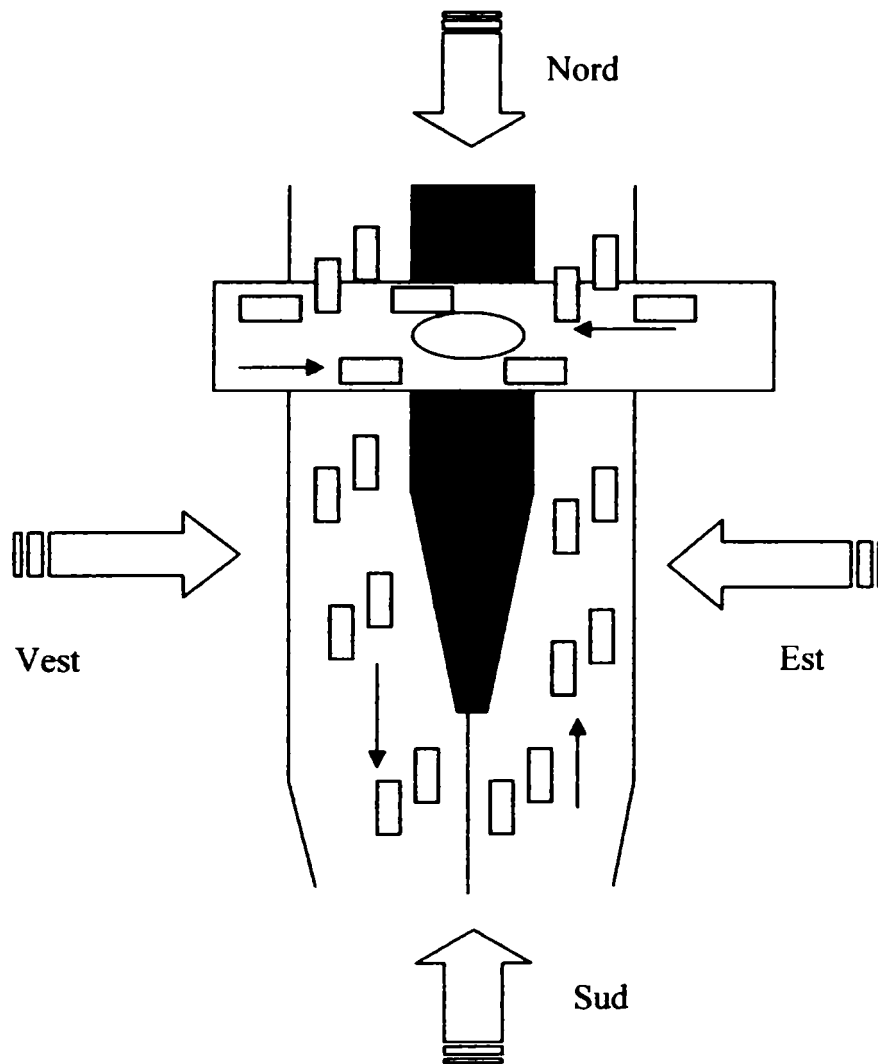
Cel mai important fapt care se poate constata este corelarea puternică și pozitivă (0.6752) a nivelului de poluare cu traficul din intersecție. Acești doi parametri mai sunt pozitiv corelați și cu temperatura și negativ corelați cu umiditatea. În orice caz corelarea pozitivă a parametrului de trafic cu temperatura și corelarea negativă cu umiditatea pare firească: traficul crește ziua când și temperatura crește, și scade noaptea când crește umiditatea.

Nivelul de poluare mai apare ca pozitiv corelat cu componenta longitudinală a vitezei vântului și negativ corelat cu componenta transversală a acestuia. Aceste dependențe trebuie înțelese în legătură cu amplasarea particulară a instrumentelor de măsură în intersecție. Fapt este că acea componentă a vitezei vântului orientată de-a lungul axei, tinde să aducă agent poluant în traseul optic al aparatului, pe când componenta vântului perpendiculară pe axa optică a aparatului tinde să rarefiere agentul poluant.

Explicația găsită de autor în raport cu poziționarea aparatelor în timpul campaniei este redată în Figura 3.100.

În momentul când vântul suflă cu o direcție paralelă cu axa optică fie din sud fie din nord curenții de aer aduc o cantitate mai mare de noxe pe direcția axei optice față de

variantele în care vîntul suflă din vest sau est și cand practic pe direcția axei optice sunt aduse doar noxele eșapate pe un singur sens de circulație.



**Figura 3.100: Amplasarea axei optice în raport cu sensurile de circulație și cu direcția vântului**

Concluzionând se poate spune că analiza spectrală pe durate scurte (Short Term Spectral Analysis) se dovedește un instrument util în analiza datelor de poluare, ca o etapa pregătitoare în vederea corelării acestora cu parametrii meteorologici.

În această nouă etapă a analizei datelor, coeficientul de corelație se dovedește o unealtă matematică adecvată. Rezultatul cel mai important este că nivelul de poluare este pozitiv și puternic corelat cu nivelul traficului.



## 4 Concluzii și perspective

Lucrarea prezintă un studiu original privind detectarea și monitorizarea zonelor intens poluate din mediul urban în general și o aplicație pentru municipiul Timișoara, ca și caz particular. În general se dezbate ideea legată de monitorizarea calității aerului, dar analiza predominantă se referă la specia CO. Valabilitatea principiilor și a rezultatelor se poate generaliza, cu mici modificări, și pentru alte tipuri de noxe prezente în atmosferă.

Originalitatea este conturată prin metodele experimentale complexe folosite, prin analizele prin simulare numerică a situațiilor, prin studiul corelativ al rezultatelor comparative și prin bogata exemplificare cu date și reprezentări grafice intuitive.

Tehnica modelării, aplicată ca instrument de lucru, analiză și decizie este dezvoltată în baza a mai multor coduri numerice performante. Aptitudinile au evoluat în timp, pe parcursul dezvoltării cercetării și al documentării, în special în cadrul consorțiului european al programului ROSE [15], sau al specializărilor, respectiv participării la reuniuni științifice naționale și internaționale.

Valoarea autentică a lucrării este legată de dezvoltarea unei metodologii de monitorizare a calității aerului în zone urbane în general și în particular pentru municipiul Timișoara, fără a avea în spate un model clar de urmat în afară de indicațiile legislative și documentarea din literatura de specialitate internațională [9], [12], [16], [21], [24], [86], [87], [88], [99].

Cercetarea se evidențiază prin volumul mare de date și abordarea interdisciplinară pentru rezolvarea problemelor.

Noutatea izvorăște în primul rând din necesitatea cercetărilor naționale în acest domeniu deficitar. Nevoia socială de informație, impunerea respectării legislației românești și europene, satisfacerea dreptului la un mediu curat sunt tot atâtea argumente care scot în evidență necesitatea dezvoltării pe tematica protecției mediului, implicit a calității aerului.

O prima etapă în concretizarea temei de cercetare a fost identificarea principalelor surse poluatoare ale municipiului Timișoara. Cu datele obținute atât din documentarea la Agenția de Mediu Timișoara cât și din derularea de măsuratori efective de emisii pe bază de contract la unele firme din Timișoara s-a realizat un inventar al surselor din municipiul Timișoara. Acest inventar pe lângă debitele de noxe emise în atmosferă de fiecare sursă mai conține și informații privind dimensiunile coșului de fum, parametrii termodinamici ai

noxelor precum și coordonatele geografice relative ale surselor față un reper ales inițial și anume catedrala Mitropolitană situată chiar în centrul orasului.[38], [39], [40].

Pentru sursele staționale la care nu au existat date în baza Agenției de Mediu sau nu au fost executate investigații prin măsurători s-au determinat factori de emisie specifici conform metodologiei CORINAIR. Această metodologie adaptată pentru compoziția traficului din Timișoara a fost folosită și pentru determinarea factorilor de emisie specifici principalelor intersecții din oraș. La baza acestei determinări a stat un studiu efectuat de direcția de urbanism a Primăriei Timișoara privind structura traficului în principalele intersecții.[129].

Lucrarea prezintă o soluție privind monitorizarea, achiziționarea, transmiterea, și prelucrarea datelor meteorologice achiziționate de stația meteorologică de la Pădurea Verde în scopul folosirii lor în simularea dispersiilor noxelor.

Datele meteorologice influențează în mod direct dispersia noxelor motiv pentru care sa impus necesitatea unei baze de date meteo folosită în modelarea numerică pentru predicția și avertizarea situațiilor meteo în care se pot înregistra concentrații locale periculoase pentru om și mediul înconjurător [87], [89].

Observarea automată prin funcții logice a unei funcționări necorespunzătoare a sistemului: senzori meteo - achiziție date - stocare locală - transmitere – gestiune permite intervenția rapidă pentru remedierea problemelor care au apărut.

Principalele avantaje oferite sistemul conceput de gestiune a datelor meteo în domeniul monitorizării poluării aerului sunt următoarele:

- poate efectua măsurători on-line acolo unde nu există influența urbană accentuată;
- permite monitorizare continuă și cu răspuns în timp real;
- permite transmisia datelor la distanță, deoarece este interfațat cu calculatorul;
- se pretează integrării într-o rețea informațională;
- poate furniza date necesare unei prognoze privind difuzia și transportul poluanților în atmosferă.

Au fost folosite softuri specializate cu reputație pozitivă pe plan internațional fiind vorba de ISC4View, CalRoads, WRplot folosite de Agenția de Mediu a SUA pentru diagnosticare și prognoză. Alt soft recunoscut pentru simulările de dispersie a noxelor de acuratețe, conform standardelor din domeniu este Adrea\_Hf, soft dezvoltat de Agenția pentru Cercetări Nucleare a Greciei, soft recunoscut pe plan internațional dovadă fiind și numărul mare de lucrări din literatura de specialitate [111], [112], [113], [124].

Au fost realizate simulări numerice a dispersiei noxelor pentru diferite scări și pentru diferite tipuri de surse de poluare (trafic, surse staționare punctiforme, surse staționare de tip suprafață):

- la scara municipiului Timișoara luând în considerare principalele sursele poluatoare atât fixe (coșuri de fum) cât și mobile (trafic) și precizarea ponderii lor procentuale la poluarea aerului din municipiul Timișoara.

- la scara unei intersecții considerând ca și sursă poluatoare traficul.

- la nivelul unei străzi de tip canion

- la nivelul unui deponeu neecologic considerat o sursă de poluare de tip suprafață

Ca și concluzii care s-au desprins din simulările numerice la scara municipiului Timișoara se observă că gradul de dispersie, în cazul unor viteze scăzute ale vântului este foarte scăzut și astfel concentrația noxelor este maximă în apropierea zonelor în care acestea sunt emise în atmosferă.

Astfel, din lucrare rezultă că zonele cele mai intens poluate sunt cele din jurul marilor intersecții. Acest fapt se datorează traficului auto foarte intens și lent cât și datorită faptului că poluanții se emit la nivelul solului deci dispersarea lor este îngreunată.

Se observă că traficul are o pondere de 85% din totalul CO emis în atmosferă.

Se observă că zona Centrală și de Sud a orașului înregistrează concentrațiile cele mai ridicate atât datorită faptului că aici se regăsește traficul cel mai intens cât și faptului că aici se află amplasate centralele termice ale SC Calor, în timp ce partea nordică a orașului folosește pentru termoficare agentul termic furnizat de CET Timișoara.

Din analiza la microscală (nivelul unei intersecții) se observă că, gradul de dispersie în cazul unor viteze scăzute ale vântului este foarte scăzut și concentrația este maximă în centrul intersecției acolo unde și generarea emisiilor este cea mai frecventă.

În cazul străzilor de tip canion datorită topografiei locale specifice suprafețele de izoconcentrație mai ridicată prezintă o dezvoltare funcție de direcția vântului. Astfel apar zone puternic ventilate dar datorită faptului că, curenții de aer trec anterior prin zone cu un flux ridicat de poluant ei concentrează cu noxe masa de aer și o dirijează spre zonele cu o bună ventilație.

În lucrare pentru un exemplu concret de stradă tip canion se prezintă o evaluare a dispersiei noxelor prin simulare numerică folosind codurile CFD Fluent și Adrea\_Hf și se compară rezultate cu valorile concentrațiilor înregistrate On-line pe perioada campaniei de măsurători.

Corelația în timp între valorile obținute prin simulare numerică și valorile obținute prin măsurători a fost bună, indicele de corelație pentru CO fiind de 0.86.

Această lucrare demonstrează ca se pot utiliza codurile de simulare numerică pentru predicția dispersiei noxelor cu rezultate acceptate de legislația în vigoare dacă se respectă și se dispune de toți parametrii de intrare conformi cu realitatea și cu statisticile reprezentative. Experiența în interpretarea rezultatelor este și ea de mare ajutor pentru o investigare bazată pe tehnica simulării numerice.

Tot ca noutate, chiar la nivel național, se consideră utilizarea unui nou principiu de măsură, de mare acuratețe reprezentat de generația instrumentelor optice. Un instrument din această gamă a fost testat pe parcursul cercetării pentru a se afla dacă poate fi o alternativă la metoda spectrometrică nedispersivă în infraroșu (NDIR) clasică, standardizată, în Statele Membre și în cele candidate. Scopul studiului a plecat de la paragraful din legislația de mediu care precizează că dacă prin demonstrare tehnicile aplicate dau rezultate echivalente instrumentelor standardizate ele pot fi folosite în procesul de monitorizare a calității aerului.

Lucrarea prezintă 12 campanii de măsurători ai parametrilor de calitate ai aerului, parametrilor meteorologici, și privind contorizarea traficului, reprezentative pentru municipiul Timișoara. Astfel principalele tipuri de campanii se pot clasifica în:

- zone urbane cu poluare indusă prin trafic în special,
- intersecții semaforizate
- intersecții nesemaforizate
- strada de tip canion
- sensuri giratorii
- parcuri, rezervații botanice,
- zonă pietonală de centru civic,
- deponeu necologic de deșeuri menajere,

Alături de dotarea de mare performanță a laboratoarelor din cadrul catedrei TMTAR al Facultății de Mecanică din Timișoara pentru realizarea scopului lucrării s-au realizat și achiziționat cu contribuția doctorandului susținut financiar de cele două granturi CNCSIS [130], [131], la care a fost coordonator următoarele echipamente și sisteme:

- contor de trafic
- stație meteorologică mobilă
- sistem achiziție date
- echipament hardware pentru laboratorul de simulării numerice

Echipamentele dezvoltate sunt și pot fi utilizate atât în procesul didactic cât și în activități de cercetare fiind absolut necesare pentru procesul de simulare numerică atunci când se lucrează cu baze de date foarte mari și care trebuie gestionate în siguranță. Baza

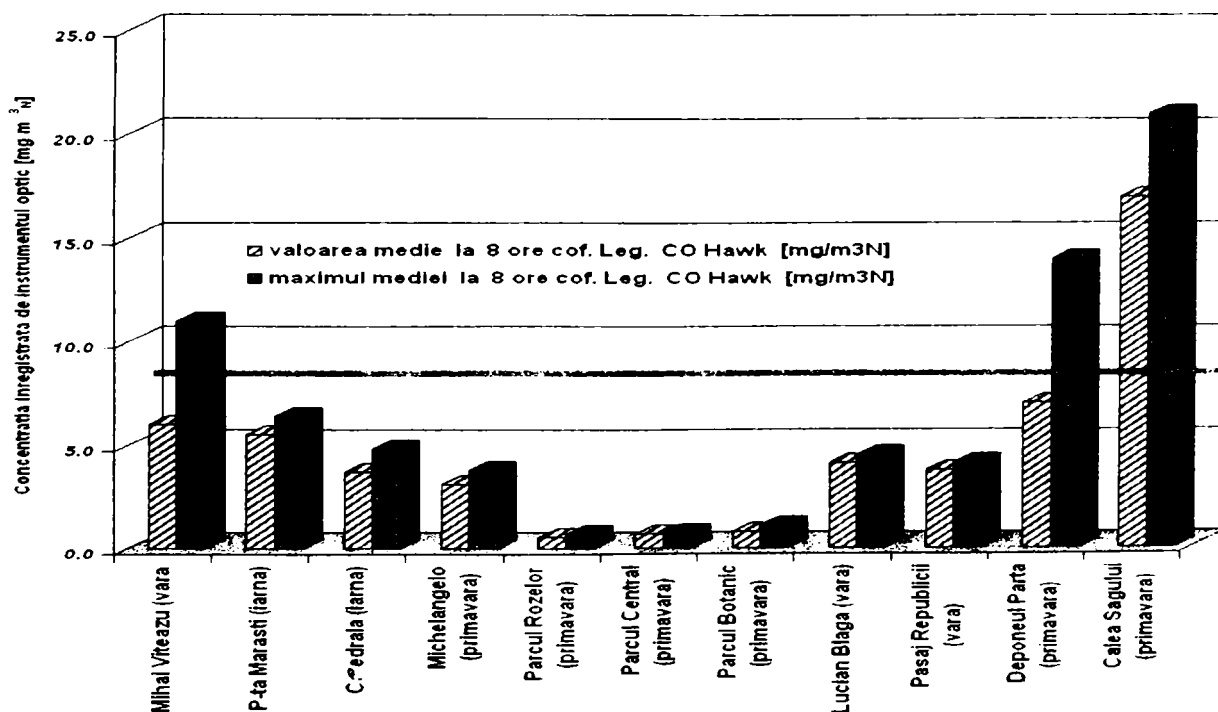
de date pote fi pusă la dispoziția doctoranzilor, a factorilor decizionali (Agenția de Mediu, Primaria municipiului, etc.).

Pentru gestionarea prelucrarea și vizualizarea datelor înregistrate s-au folosit un bogat pachet de programe software astfel:

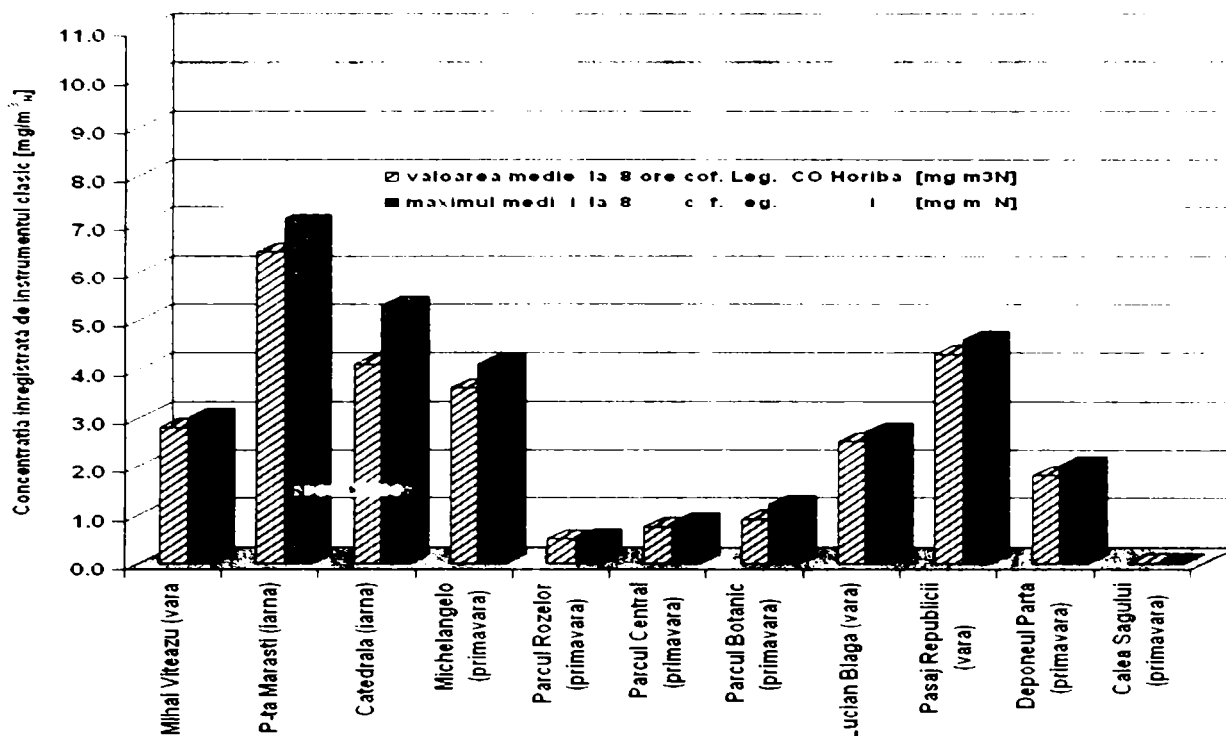
- pentru sistemele de achiziție de date s-au folosit LabView, Oracle, și aplicația UrmărireOnLine,
- pentru prelucrarea datelor și analiza lor s-a folosit Excel, Wrpolt, Matcad și Matlab,
- pentru partea grafică s-a folosit Tecplot 10,[4] instrumentul grafic deținut de pachetul Fluent, Excel.

În urma experienței acumulate în urma campaniilor efectuate se concluzionează că în funcție de sursa de poluare considerată majoră strategia măsurătorilor diferă în ceea ce privește poziționarea instrumentelor, frecvența de achiziție a datelor, intervalul de timp reprezentativ. Astfel este nevoie de un studiu anterior destul de complex dar necesar dacă se dorește obținerea unor măsuratori care să ofere rezultate reprezentative într-un interval de timp scurt și cu eforturi financiare, materiale și resurse umane reduse.

Referitor la aspectele desprinse pe parcursul campaniilor din Timișoara legate de calitatea aerului în ceea ce privește concentrația de CO se pot face precizări în funcție de graficele prezentate în Figura 4.1 și Figura 4.2. Analizând rezultatele măsurătorilor conform legislației [13] se poate spune ca cele două instrumente oferă rezultate de același ordin de mărime dar cu precizarea ca valorile sunt totuși diferite în funcție de tipul sursei și de amplasarea celor două instrumente.



**Figura 4.1: Studiu comparativ pe tot parcursul campaniilor rezultate obținute cu instrumentul optic Hawk.**



**Figura 4.2: Studiu comparativ pe tot parcursul campaniilor rezultate obținute cu instrumentul classic Horiba. (în ultima locație aparatul nu a fost disponibil)**

Aparatul Horiba nu a înregistrat valori peste limita prevăzută de legislație marcată prin linia roșie de pe grafic.

Valorile înregistrate de aparatul optic în ultimele două locații sunt mari înregistrându-se depășiri față de limita prevăzută de legislație.

Din diferențele mici între valorile medii și cele maxime se observă o bună stabilitate în timp a valorilor înregistrate de cele două echipamente.

Din utilizarea instrumentului de analiză corelativă a semnalelor înregistrate se poate face mențiunea că parametru intitulat coeficientul de corelație este o unealtă adecvată pentru compararea seriilor de valori măsurate. Seriile de valori măsurate cu Hawk sunt mai puternic corelate între ele, prin faptul că aparatul face o mediere spațială pe când Horiba măsoară local. Compararea nivelului de corelare a măsurătorilor trebuia precedată de o filtrare matematică prin care se elimină nu numai fluctuațiile relativ rapide ale noxelor ci și zgomotul de măsurare.

Analiza spectrală pe termen scurt este utilă atât pentru caracterizarea semnalelor (nivelul fluctuațiilor în raport cu valorile medii), cât și pentru pregătirea datelor privind poluarea pentru a fi corelate cu parametri meteorologici.

Coeficientul de corelație se dovedește din nou un instrument matematic (tool) adecvat, pe baza lui rezultând interpretări pertinente și interesante privind influența parametrilor de mediu asupra nivelului de poluare.

Concluziile care s-au desprins din studierea comportării instrumentului optic sunt:



Metodele optice fac parte din clasa metodelor fizice de determinare a concentrațiilor compușilor atmosferici sunt metode foarte *exacte, valide și* la nivele mici de poluare și în același timp *specifice*, permițând identificarea precisă a poluantului în funcție de filtrul optic folosit.

Se evidențiază că metodele optice se pot aplica cu succes și în condițiile unor factori meteo perturbatori importanți. Umiditate excesivă, temperatură, presiunea atmosferică, turbulența aerului și prezența unor alți poluanți nu perturbă semnificativ procesul de măsurare.

Aparatele optice pot fi folosite cu succes pentru monitorizării în diverse locații ca:

- Zone urbane cu poluare indusă prin trafic în special,
- Zone industriale,
- Parcuri,
- Zone cu magistrale ce transportă gaze/substanțe toxice,
- Aeroporturi,
- Autostrăzi.

Principalele avantaje oferite de tehnicile optice în domeniul monitorizării poluării aerului sunt următoarele.

- pot efectua măsurători de la distanță față de sursa de poluare;
- nu necesită gaze etalon;
- permit monitorizare continuă și cu răspuns în timp real;
- permit transmisia datelor la distanță deoarece sunt interfațate cu calculatorul;
- au sensibilitate mare de măsură;
- pot investiga o zona întinsă;
- permit sondarea atmosferei pe verticală;
- se pretează integrării într-o rețea informațională;

Măsurarea concentrațiilor poluanților atmosferici prin metode de radiație necesită fonduri mari, întrucât instalațiile de măsurare sunt scumpe, de volum destul de mare, necesită condiții deosebite de lucru, o întreținere destul de dificilă și personal calificat pentru exploatare.

Există și riscuri privind viabilitatea și șansele de succes ale acestei game de instrumente. Astfel se semnalează următoarele aspecte cărora trebuie să li se acorde atenție maximă, dacă se dorește performanță în cercetare:

Radiația electromagnetică devine instabilă datorită intervenției unor factori perturbatori neprevăzuți (șocuri, vibrații, umiditate excesivă etc.) și perturbă lanțul de măsurători;



Dezalinierea mecanică între sursa radiație electromagnetică și reflectorul de radiație determină întreruperea lanțului de măsurături și necesită intervenția de personal calificat pentru aliniere și calibrare.

În urma rezultatelor acestei lucrări autoritățile locale pot lua următoarele măsuri:

Gândirea unor soluții alternative pentru fluidizarea sau devierea traficului folosind softurile de simulare numerică pentru analizarea diferitelor scenarii de organizare a circulației. Se impune monitorizarea mai atentă a intersecțiilor în ceea ce privește structura flotei și intensitatea traficului și găsirea soluțiilor pentru decongestionarea traficului.

Studierea inițială a impactului asupra mediului a unei noi surse ce urmează a fi amplasate, și autorizarea ei doar dacă amplasarea ei nu determină împreună cu celelalte surse depășiri ale normelor privind calitatea aerului.

Se impune o monitorizare atentă, continuă și pe termen lung a parametrilor meteo deoarece astfel se pot evidenția eventualele schimbări climatologice datorate poluării atmosferei.

Stabilirea cu ajutorul Agenției pentru mediu a unui inventar al surselor poluatoare actualizat la zi.

Ținând cont de cele scrise mai sus se observă că tema abordată de prezenta lucrare și anume: *“Contribuții la ameliorarea calității aerului prin metode de sensibilitate ridicată, cu aplicații pentru municipiul Timișoara”*, este de real interes. Această lucrare poate sta la baza inițierii unui complex de activități și acțiuni bine corelate și coordonate ale comunității locale pentru îmbunătățirea propriilor condiții de mediu, de sănătate și de viață și să impună ca și necesare:

- dezvoltarea unei viziuni corecte a comunității
- evaluarea problemelor de mediu
- stabilirea priorităților
- identificarea celor mai adecvate strategii de rezolvare a celor mai acute probleme.

Perspective:

Utilizarea rezultatelor obținute într-o etapă superioară prin realizarea unui cadastru de mediu pentru Municipiul Timișoara.

Permanentizarea monitorizării calitatii aerului în Timișoara și extinderea cercetărilor experimentale și în cartierete periferice ale orașului.

# Bibliografie

- [1]. \*\*\* - HORIBA. Ambient CO monitor APMA-350E. instruction manual. Kyoto, Japan, 1987
- [2]. \*\*\* (2002): Guidelines of the FLUENT 6.1 code.
- [3]. \*\*\* (2002): <http://www.mi.uni-hamburg.de/data/street02/overview.html>
- [4]. \*\*\* (2003): TECPLOT licensed code. Guidelines.
- [5]. \*\*\* Manualul ISC4 AERMOD view 2003
- [6]. \*\*\* Manual CalRoads view 2003
- [7]. \*\*\* Manual Adrea\_Hf 2003
- [8]. \*\*\* Siemens Plessey Controls Ltd.: 1992. Hawk. Operation and Maintenance Manual, March 1992.
- [9]. \*\*\* CEN/TC 264/WG18. Open Path Optical Methods for the measurement of ambient air quality. 2000.
- [10]. \*\*\* HOTĂRÎREA nr. 162 din 20 februarie 2002 privind depozitarea deșeurilor care ca obiect stabilirea cadrului legal pentru desfășurarea activității de depozitare a deșeurilor, atât pentru realizarea, exploatarea, monitorizarea, închiderea și urmărirea postînchiderii depozitelor noi, cât și pentru închiderea și urmărirea postînchiderii depozitelor existente, în condiții de protecție a mediului și sănătății populației.
- [11]. \*\*\* I.N.C.D. ECOIND. Studiu de risc pentru rampa de deșeurii a Municipiului Timișoara. 2002.
- [12]. \*\*\* International Conference on Environmental Pollution Lisbon, European centre For Pollution Research, April 1991
- [13]. \*\*\* ORDIN nr. 592 din 25 iunie 2002 pentru aprobarea Normativului privind stabilirea valorilor limită, a valorilor de prag și a criteriilor și metodelor de evaluare a dioxidului de sulf, dioxidului de azot și oxizilor de azot, pulberilor în suspensie (PM10 și PM2,5), plumbului, benzenului, monoxidului de carbon și ozonului în aerul înconjurător.
- [14]. \*\*\* Ordinul 462/1993 privind condițiile tehnice pentru protecția atmosferei și norme metodologice privind determinarea emisiilor de poluanți atmosferici produși de surse staționare
- [15]. \*\*\* ROSE Proiect european de cercetare (Remote Optical Sensing Evaluation). G6RD/CT/2000/00434. [www.sira.co.uk/rose](http://www.sira.co.uk/rose). 1.08 2001-31.07.2004. coordonator general SIRA Limited din Marea Britanie.
- [16]. \*\*\* WHO, Guidelines for Air Quality, Geneva, 2000.
- [17]. \*\*\*. Material documentar SC CALOR SA. CD de prezentare, 2001.
- [18]. \*\*\* Manual de utilizare. Sistem de achiziție și monitorizare a traficului, a noxelor și a unor parametri meteo, S.C. IPA S.A. CIFATT Craiova
- [19]. Apostol, T., Gestiunea deșeurilor. Programul TEMPUS - EPURE (AC-JEP-13076-98) intitulat Rețea de Formare Continuă Energie-Mediu, Editura AGIR, București, 2000. ISBN 973-8130-20-4.
- [20]. Apostol, T., Strategia și legislația României de protecție a mediului, Ed. AGIR București, 2000
- [21]. Axel Zenger. Atmosphärische Ausbreitungsmodellierung, Springer Verlag, 1998
- [22]. Bank Matthias, Basiswissen Umwelttechnik, Ed Vogel, 1993.
- [23]. Barbara, J., Finlayson-Pitts, James, N. Pitts, Jr. Atmospheric Chemistry. Fundamentals and Experimental Techniques, Ed., Jhon Wiley&Sons, Inc. 1986.

- [24]. Barrefors, G., Erratum to "Monitoring of benzene, toluene, and p-xylene in urban air with differential optical absorption spectroscopy technique". *Sci. Tot. Environ.* 196. pp. 99-104. 1997.
- [25]. Baumbach, G., *Air quality Control*, Springer Verlag, Berlin, Düsseldorf, 2000.
- [26]. Baumbach, G., *Luftreinhaltung*, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1992.
- [27]. **Bisorca, D.**, Ioana Ionel, D. Lelea, *Dispersion modelling of pollutants in a canyon street*, JUMV02, Belgrade, ISBN 86-80941-26-3, 2002, pp. paper YU 03061
- [28]. **Bisorca, D.**, Ioana Ionel, Lesley Hanna, Kim Cooke, *Dispersion modelling in a canyon street with applic to the Ro city of Timișoara*, 12 colloque Transport et pollution de l'air, Avignon, 2003, ISBN 2-85782-588-9, ISSN 0769-0266, Vol II, pp. 2, pp. 27-32.
- [29]. **Bisorca, D.**, Ionel Ioana *CFD Simulation of the pollutant dispersion in a Street Canyon*, . Numerical Methods in fluid mecanics and Fluent applications, 22 – 23 may, 2003, Timișoara, Romania, ISBN 973-638-022-x, pp. 265-270
- [30]. **Bisorca, D.**, Ionel ioana, Goanta A., Sturm P., Rodler J., *Experiments concerning the air quality in the region of the city of Graz*, *Bul. stiintific Univ Polit Timisoara*, Tom 46(60), Fasc 2, 2001 ISSN 12246077, pp 21-29
- [31]. **Bisorca, D.**, Ionel Ioana, Megyes I., Rodila D., *Studiul prin modelare numerica a impactului SC CALOR Timisoara indus asupra calitatii aerului in municipiu*, Instalatii pentru constructii si confort ambiental, Conf cu participare internationala, 18/19 aprilie 2002, Timisoara Edit Politehnica, ISBN 973/8247/93/4 pp. 137-146
- [32]. **Bisorca, D.**, Ionel Ioana, Popescu, Fr., Ungureanu, C., Ionel S., *Air quality investigation by means of remote sensing, with application to CO thermodynamic measurements in the city of Timișoara*, 13-th int conf on thermal eng and thermogrammetry (THERMO) 18-20 June, 2003, Buda-pest, pp. 274-279, <http://www.dsy.hu/thermo>.
- [33]. **Bisorca, D.**, Ionel, I. (2002): Numerical application for dispersion modelling of CO in a canyon street in the Romanian city of Timișoara. South-Eastern Europe Fluent Users Group Meeting, Thessaloniki, CD.
- [34]. **Bisorca, D.**, Ionel, Ioana, *Comparative results concerning air quality measurement with ROMT instruments and CFD simulation in a street canyon*, 2003, . Southeastern Europe Fluent Users Group Meeting 2003, Oct., Istambul, CD pp. 39-48.
- [35]. **Bisorca, D.**, Ionel, Ioana, *Pollutant dispersion in a street canyon*, Proceedings of the workshop Nummericl methods in fluid mech and FLUENT application, Timișoara, mai, 2003, Ed Orizont, Timișoara, ISBN 973638022-X, pp. 265-270.
- [36]. **Bisorca, D.**, *Numerical Analyses of Carbon Monoxide Dispersion Under Different Dimensional Scales and Comparison with the Experimental Measurement in Timisoara City*, Sustainability for Humanity and Environment in the Extended Connection Field Since – Economy – Policy, Timișoara 2004.
- [37]. **Bisorca, D.**, Referat nr.1 din programa de doctorat "Studiul calității aerului prin metode numerice aplicație pentru municipiul Timișoara", Univ. Politehnica Timișoara, 2002.
- [38]. **Bisorca, D.**, Referat nr.2 din programa de doctorat, "Mijloace de investigare prin metode moderne a calitatii aerului", Univ. Politehnica Timișoara, 2002.
- [39]. **Bisorca, D.**, *Studiul privind determinarea zonelor intens poluate din mediu urban*, A XII-a conferința națională de termotehnică cu participare internațională, Constanța, 14-16 noiembrie 2002
- [40]. Bisorca, D. Fr. Popescu, Ionel Ioana, C. Ungureanu, *Urban pollution is caused by industry or traffic? Case study in the Romanian cuty of Timisoara*, 5th internat world energy system conference, Oradea, 2004, ISSN 1198-0729, CD, Paper 5.25
- [41]. Caluianu, S., Cociorva S., *Măsurarea și controlul poluării atmosferei*, Romania, Editura MATRIX ROM, București, 1999.

- [42]. Căpătină, Camelia, Racoceanu, C., Deșeuri, Editura MATRIX ROM, Bucuresti, 2003, ISBN 973-685-670-4.
- [43]. Cogalniceanu Al., Cogalniceanu D. – Energie, Economie, Ecologie – Ed. Tehnica, Bucuresti, 1998
- [44]. Collin, P., H., Dicționar de ecologie și mediu înconjurător englez- român, Ed Universal DALSI 2001
- [45]. Cooke, K., Crookell, A., Hanna, L., Remote Optical Measurement Techniques: The Need for Remote Optical Sensing Evaluation (ROSE). Guest contribution, EUROTRAC, February, 2002.
- [46]. Degeratu Mircea, Stratul limită atmosferic, Editura orizonturi Universitate, Timișoara, 2002
- [47]. Duca, G., Scurlatov, I., Misiti, A., Chimie ecologică, Matrix Rom București, ISBN 973-685-016-1, 1999.
- [48]. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 3rd edition September 2003 UPDATE
- [49]. Energie pentru lumea de mâine – Să acționăm acum! Editura Academiei Române, ISBN 973-27-0897-2, Editura AGIR ISBN 973-8130-85-9.
- [50]. EUROTRAC-2, SATURN-Studying Atmospheric Pollution în Urban Areas, Annual report 1999, München, Germany
- [51]. Ferencz, A., Resurse energetice create prin utilizarea gazelor combustibile generate în deponerile de gunoi, Al XIII-lea Simpozion National cu participare internațională TERMOTEHNICĂ 2003, 30/31.05.2003 vol.I, Editura Eftimie Murgu, Reșița, ISSN1453-7394, pag 327 / 328.
- [52]. Gattinger, M., Halbritter, J., Emissionen und Umwelt, Siemens
- [53]. Gh Rusu, **D Bisorca**, Ionel Ioana, *Numerical modelling of the pollutant dispersion, key method for analysing the traffic organisation in the railway node*, Buletinul științific al UPT, seria Energetica, Tom 49(63), 2004, Fascicola 1-2, ISSN 1224-6077, pp. 97-102
- [54]. Ghia, V., Gaba, A., - Poluarea aerului prin arderea combustibililor fosili., Depoluarea primară, Ed. AGIR, București..
- [55]. Goanta, A., Ionel Ioana, A. Magda, D. Bisorca, Theoretical and experimental researches regarding the PM10 dispersion near a power plant ash storage, Buletinul științific UPT, seria Mecanica, Tom 46(60), Fasc 2, ISSN 1224-6077, 2002, pp. 14.
- [56]. Honour, Edward, Oracle 8 Secrete, Ed.Teora, 1998
- [57]. Ioana Ionel, Bisorca, D., Popescu, F., Results of the rose Project Concerning CO Concentration in Timisoara, Sustainability for Humanity and Environment in the Extended Connection Field Since – Economy – Policy, Timișoara 2004.
- [58]. Ioana Ionel, C. Ungureanu, **Bisorca, D.**, Francisc Popescu *Analiza nivelului de emisii poluante prin schimbarea combustibilului la cuptoare de tratament termic* rev Tehnica Instalatiilor, Anul III, 3/2003, pag 76-82
- [59]. Ioana Ionel, D. Bisorca, Fr. Popescu, Method for air quality prognosis in a high traffic cross road, Energy Conference, Varna, 2004, Tom I, pp. 172, Pp 172-177
- [60]. Ioana Ionel, D. Bisorca, Fr. Popescu, Metoda pentru stabilirea factorului de emisie a unei surse de suprafață, Omul și mediul, 2004, Ed Politehnica, Timisoara, ISBN ISBN 973 625 176 4, pp. 255.
- [61]. Ioana Ionel, Fr. Popescu, D. Bisorca, Ana Cornelia Garboni, D. Marin, G. Cadariu, Air quality inventory for the city of Timisoara. First steps and perspectives, VKM-Thd Mitteilungen, Volume II, ISBN 3-901351-59-0, pp. 301
- [62]. Ioana Ionel, Fr. Popescu, D.P. Oprisa-Stanescu, D. Bisorca, Cl. Gruescu, Energoecologia combustibililor fosili. Teme experimentale, 130 pag., Ed Politehnica, 2004, Timisoara, ISBN 973 625 186 1

- [63]. Ioana Ionel, Francisc Popescu **Bisorca, D.**, *Studiul impactului asupra aerului determinat de modernizarea unei benzinării*, Analele Univ din Oradea, Fasc. Energetica, Nr 8, VolIII, Ed Univ Oradea, 2002, ISSN 1224-1261, pp.325-331
- [64]. Ioana Ionel, Ungureanu Corneliu, **Bisorca D.** Popescu Fr., *Poluarea aerului prin functionarea cuptoarelor de tratament termic*, Buletin Tehnic Univ Oradea, Fascicula de Energetica nr 9, 2003, I.S.S.N. 1224-1261, pag. 5-10
- [65]. Ioana Ionel, Ungureanu. C., **Bisorca, D.**, Popescu, Fr. *Schimbarea combustibilului la cuptoarele de tratament termic conduce la reducerea poluării aerului ambient*., Conferința de inginerie energetică, CIE 2003, ORADEA 29-31 mai 2003.
- [66]. Ioana, Ungureanu C., Popescu Fr., **Bisorca, D.**, Avramescu D., Crăciun A. *Intre legislație si realitate. Aspecte privind arderea deșeurilor lemnoase* Ionel *Instalații pentru construcții si confort ambiental*, Conf. cu participare internaționala, 18/19 aprilie 2002, Edit Politehnica, ISBN 973/8247/93/4, pp. 235-241
- [67]. Ioana, Ungureanu. C., Lelia Dobjanschi, Popescu Fr., **Bisorca, D.**, Gruescu Cl., Gruescu V., *Principalele probleme ecologice ale CTE pe lignit cu referire la centrala RAAAN, Sucursala ROMAG TERMO*, Ionel, Conf nat cu particip internat Constructii si confort ambiental, ed. 13/a, 22-23 aprilie, 2004, Timisoara, ISBN 973-625-140-3, pp 105-110
- [68]. Ionel Ioana, Bisorca, D., Ionel, S., Method for determination of an Emission Factor for a Surface Source, 14 Symposium Transport and air pollution, Graz, June 1 – 3, 2005 Volume II, VKM THD TU Graz, ISBN 3-902465-16-6, pp 37-45.
- [69]. Ionel Ioana, **Bisorca, D.**, Lelea D., *Air dispersion modelling of the pollutant gas releases in a street canyon of the Timisoara city*, Buletinul stiintific UPT, Tom 47 (61), Seria EE, 2002, ISSN 1224-6077, pp. 47-56
- [70]. Ionel Ioana, **Bisorca, D.**, Popescu, Fr., Ungureanu, C., *Studiul dispersiei gazelor de ardere emise pe coșul de fum al instalațiilor pe combustibil lichid* Analele Univ din Oradea, Fasc. Energetica, Nr 8, VolIII, Ed Univ Oradea, 2002, ISSN 1224-1261, pp. 332-341
- [71]. Ionel Ioana, Dispersarea noxelor, Ed. Politehnica, Timișoara, 2000.
- [72]. Ionel Ioana, F. Popescu, **Bisorca, D.**, Ana Cornelia Garboni, D. Marin, G. Cadariu, *Air quality inventory for the city of Timisoara, first steps and perspective*, VKM-Thd Mitteilungen, Heft 81, 19/21 June, Graz, 11, International Symposium Transport and Air pollution, Volume II, ISBN 3-901351-59-0, pp. 301-308
- [73]. Ionel Ioana, Ionel, S., Bisorca, D., A correlative comparison of measured traffic induced carbon monoxide concentrations, Transport and air pollution, 13-th international Symposium, Boulder, 13-15 Sept, 2004, pp 315 – 327.
- [74]. Ionel Ioana, Ionel, S., Bisorca, D., Popescu, F., Correlation Analysis of Pollutant Concentrations in High and Low Traffic Urban Areas, 14 Symposium Transport and air pollution, Graz, June 1 – 3, 2005 Volume II, VKM THD TU Graz, ISBN 3-902465-16-6, pp.45-53.
- [75]. Ionel Ioana, Popescu, Fr., Ungureanu, C., Metode moderne de investigare a emisiilor de poluanți, Analele Univ din Oradea, Fasc de Energetica Vol II, 2001, ISSN 1224-1261, pp 326-335.
- [76]. Ionel Ioana, Ungureanu C, **Bisorca, D.**, Francisc Popescu, *Protecția mediului, obiect de cercetare si dezvoltare al laboratorului de analize de combustibili și investigații ecologice* Buletinul AGIR – Protecția Mediului – anul VII, nr. 1, ianuarie-martie 2002, pp. 35 – 42, ISSN 1224-7928
- [77]. Ionel Ioana, Ungureanu. C., **Bisorca, D.**, Popescu, Fr., *SCHIMBAREA COMBUSTIBILULUI, soluție economică dar nu neapărat și ecologică*, CONFERINȚA DE INGINERIE ENERGETICĂ, CIE 2003, ORADEA 29-31 MAI 2003, Fascicula de Energetica nr 9, 2003, I.S.S.N. 1224-1261, pag. 1-5



- [78]. Ionel Ioana, Ungureanu, C., **Bisorca, D.**, Popescu, Fr., Gruescu, Cl. *Lipsa unei reglării permanente poate determina emisii sporite și reducerea economicității*, 2003. , Zilele academice timișeene. Ed a VIII-a Simpozionul Omul și mediul, 22 mai 2003. CD ISSN 973 585 999-8, pp. 68-74.
- [79]. Ionel Ioana, Ungureanu, C., Dobjanschi, Lelia, Popescu, Fr., **Bisorca, D.**, Gruescu, Cl., Gruescu, V., *Main ecological problems of the cogeneration power plant ROMAG TERMO.*, Energy Conference, Varna, June 2004, Tom I, Pp 178-181
- [80]. Ionel, Ioana, Bisorca, D., Lelea, D., Air dispersion modelling of the pollutant gas releases in a street canyon of the Timișoara city. Buletinul științific UPT, seria EF, pp 48-54.
- [81]. Ionel, Ioana, Popescu, Fr., Bisorca, D., Garboni, Ana Cornelia, Marin, Doina, Cadariu, G., Air quality inventory for the city of Timisoara. first steps and perspectives. VKM-Thd Mitteilungen, Heft 81, 19/21 June, Graz, 11. International Symposium Transport and Air pollution, Volume II, ISBN 3-901351-59-0, pp. 301-308.
- [82]. Ionel, Ioana, Ungureanu, C., *Termoenergetica și mediul*, Editura Tehnică, Bucuresti, 1996 ISBN 973-31-0746-8, pag.35/36.
- [83]. Ionel, Ioana, Ungureanu, C., *Termoenergetica și mediul*, Ed. Tehnică, București, 1995.
- [84]. Ionel, Ungureanu, C., Popescu, Fr., **Bisorca, D.**, Aspecte privind incinerarea deșeurilor lemnoase”. A XII-a conferința națională de termotehnica cu participare internațională, Constanța, 14-16 noiembrie 2002
- [85]. Ipate Florentin, Monica Popescu Dezvoltarea aplicațiilor de baze de date în Oracle 8 și Forms 6. Editura BIC ALL, București, 2000
- [86]. Jens Bosenberg, Basington, D. Instrument Development for Atmospheric Reasearch and monitoring, Ed. Springer
- [87]. Karl B. Schnelle. Atmospheric Dispersion Modeling Compliance Guide. Jr. McGraw – Hill, 1999.
- [88]. Larsen S., Exchange and transport of air pollutante over complex terrain and the Sea. Ed. Springer, 2000.
- [89]. Legea meteorologiei, Legea nr. 139 din data 24-Iul-2000, Publ. în M.O. nr. 360 din data 2-Aug-2000
- [90]. Lungu Ion, Sisteme de gestiune a bazelor de date, Aplicații Oracle, Ed. ALL EDUCATIONAL, 1998
- [91]. Maria Popescu, M. Popescu, - Ecologie aplicată, Ed. Matrix ROM, București, 2000. ISBN 973 -685 -183 -4
- [92]. Maxim, D., Ionel, Ioana, Ungureanu, C., Popescu, Fr., Metodă de determinare a concentrației și mărimii particulelor solide fine din gazele de ardere. Conf. națională de termotehnică cu participare internațională, Ed EVRIKA, ISBN973-8052-72-6. Galați, 17-19 mai 2001 pp. 181-197.
- [93]. McComb, W.D Turbulenta fluidelor, Editura Tehnica, Bucuresti, 1997.
- [94]. Mica enciclopedie matematică, Viorca Postelnicu, Silvia Coatu, Editura tehnică Bucuresti
- [95]. Michael Wessler, Oracle DBA on Unix and Linux, Ed. Sams USA
- [96]. Mihai Jădăneanț Termotehnică Tehnică, Editura orizonturi universitare Timișoara.
- [97]. Miloia, M., - Monografia Uzinei electrice Timișoara, 1994.
- [98]. Nicoara, I., Corina Gruescu, Ațițoaiei, V., Aparate Optica, Ed Orizonturi Universitare, Timișoara, 2000.
- [99]. Oke, T.R. (1988): Street Design and Urban Canopy Layer Climate, Energy and Build., Vol. 11, p 103-113
- [100]. Pablov, K.F., Romankov, P.G., Noskov, A., Procese și aparate în ingineria chimica, Editura Tehnica, Bucuresti, 1981

- [101]. Papoulis, A., Probability, Random Variables and Stochastic Processes, third Edition, McGraw Hill, Inc. New York, 1991.
- [102]. Pârvu Constantin, Ecologie generală, Ed Tehnică, ISBN 973-31-1200-3
- [103]. Patankar S. (1980): Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Hemisphere, New York.
- [104]. Paul-Dan Opreșă Stănescu, Oprea Cristina, Simularea numerică a proceselor de ardere cu Fluent, Editura Politehnica Timișoara, 2001, ISBN 973-8147-46-2
- [105]. Pavageau M. S Rafailidis, M Schatzmann "A Comprehensive Experimental Databank for the Verification of Urban Car Emission Dispersion Models," Intl J Environment and Pollution Nos. 3-6 (1997)
- [106]. Păunescu, I., Atudoresei, A. Gestiunea deșeurilor urbane, Editura MATRIX ROM, București, 2002, ISBN 973-685-443-4.
- [107]. Popescu, F., D. Bisorca, D. Oprisa, C. Gruescu, Coordonator Ioana Ionel, Masurarea calitatii aerului și dispersarea noxelor, Teme experimentale, 2004, 112 pagini, ed. Politehnica Timisoara, ISBN 973-625-187-X.
- [108]. Popescu, Fr., D.P. Oprisa-Stanescu, D. Bisorca, Cl. Gruescu, Coordonator Ioana Ionel, Energoecologia combustibililor fosili, Teme experimentale, 130 pag., Ed Politehnica, 2004, Timisoara, ISBN 973 625 186 1
- [109]. Popescu, Fr., Traffic impact on the air quality in the city of Timișoara, Energy Forum 2003 – Challenges of the energy sector in transition – Varna, Bulgaria, 12 – 15 june, 2003, pp 428 – 431, Vol I.
- [110]. Quelle: Umweltbundesamt <http://www.umweltbundesamt.de/index.htm>
- [111]. Rafailidis S, Schatzmann, M. (1996): Physical Modelling of Car Exhaust Dispersion in Urban Street Canyons—The Effect of Slanted Roofs, Air Pollution Modelling and its Application XI, (eds) SE Gryning and F Schiermeier, Plenum Press, p 653-4.
- [112]. Rafailidis S. (1997): Influence of Building Arial Density and Roof Shape on the Wind Characteristics above a Town, Boundary-Layer Meteorol. 85, p 255-71.
- [113]. Rafailidis S., (1999): Near-Field Geometry Effects on Urban Street Canyon Measurements for Model Validation, International Journal of Environment and Pollution, 8 p.
- [114]. Resiga, R., Mecanica fluidelor Numerică, Ed Orizonturi Universitare Timișoara, 2003.
- [115]. Sandu Venetia, Virgiliu Dan Negrea, - Combaterea poluarii mediului în transporturile rutiere, Ed. Tehnica, Bucuresti, 2000
- [116]. Speranța Ianculescu, Steluța Nisipeanu, Managementul Mediului în conformitate cu ISO 14000, Editura Matrix, București 2002.
- [117]. Stull B. Roland, An introduction to Boundary layer Meteorology, Kulwer Academic Publishers 2001.
- [118]. Sturm, P., Abgasemissionen des Straßenverkehrs und ihre Ausbreitung in der Atmosphäre, VDI Verlag, Reihe 15: Umwelttechnik, 1994
- [119]. Surse internet, Cataloage firme: Spectrasyne Ltd., Polytron Toxline, SPECTRONIX.
- [120]. Tiberiu Apostol, Strategia și legislatia României de protecție a mediului, România, Editura AGIR, 2000
- [121]. Țuțuianu, O., Metodologia de are operativă a emisiilor de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, pulberi și CO<sub>2</sub> din centralele termice și termoelectrice, ICEMENERG, București, 1994.
- [122]. Ungureanu C, Ionel Ioana, Francisc Popescu, **Bisorca, D.**, *Cercetări privind îmbunătățirea arderii păcuriilor indigene în focurile cazanelor* " Analele Univ. „Eftimie Murgu”. Reșița Anul VIII, nr.1, ISSN 1453-7394, 2002, pp 193-198
- [123]. Ungureanu, C., I. Ionel, L. Dobjanschi, Popescu, Fr., **Bisorca, D.**, C. Gruescu, *Centralele termice pe cărbune – surse importante de poluare a mediului ambient* " Zilele



- Academice Timișene, Simpozion „Omul și Mediul” 22 mai 2003, CD, ISBN 973-585-999-8, pp. 62 -67.
- [124]. Venetsanos A.G., Bartzis J.G., Andronopoulos S. ADREA-HF v3.0. A Three-Dimensional Finite Volume Code for Vapour Cloud Dispersion în Complex Terrain (The Cartesian Version) THE MODEL DESCRIPTION NCSR „Demokritos” Institute of Nuclear Technology and Radiation Protection Environmental Research Laboratory 153 10 Aghia Paraskevi, Attikis Athens, GREECE, November 2001
- [125]. Virgiliu Dan Negrea. Motoare cu ardere internă. Procese. Economicitate. Poluare Vol.1, Ed. Sedona. 1997
- [126]. Wehry, A., Orlescu, M., Reciclarea și depozitarea ecologică a deșeurilor. Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2000, ISBN 973-8109-11-6.
- [127]. Ionel, S., Ioana Ionel, Bisorca, D., Correlation analysis for the traffic induced pollution, 10 th EAEC European Automotive Congress, Belgrad 30 mai 2005 – Paper EAEC05YU-EE03, ISBN 86-8941-30-1.
- [128]. Stylianos Rafailidis. Air Pollution Transport and Diffusion over Coastal Urban Areas. NATO/CCMS Technical Report No. 214 (ed) HD Kambezidis, 1997, pp 19-35.
- [129]. Primăria Municipiului Timișoara, Direcția de urbanism, Studiul privind structura traficului în principalele intersecții din municipiu. 2000.
- [130]. Bisorca Daniel, director grant tip AT CNCSIS 202/2003, “*Modelarea dispersiei noxelor în străzile de tip "canion"*”, Iunie 2003 – Noiembrie 2004.
- [131]. Bisorca Daniel, director grant tip Td CNCSIS 66/2003, Cercetări comparative a metodelor experimentale și de simulare privind dispersia noxelor”, Iunie 2003 – Noiembrie 2004.

# Mulțumiri

- Cu adâncă considerație doresc să mulțumesc pentru sprijinul acordat pe parcursul derularii acestui proiect următorilor:
- Conducerii LABORATORULUI DE COMBUSTIBILI SI INVESTITAȚII ECOLOGICE AL FACULTĂȚII DE MECANICĂ TIMIȘOARA pentru baza materială, informațională și experimentală pusă la dispoziție cu generozitate de doamna prof. dr.ing. Ioana IONEL.
- MINISTERULUI EDUCAȚIEI NAȚIONALE – CONSILIULUI NAȚIONAL AL CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE DIN ÎNVAȚĂMÂNTUL SUPERIOR pentru suportul financiar fără de care desfășurarea acestui proiect ar fi fost imposibilă.
- Membrilor în consorțiul proiectului ROSE pentru suportul științific acordat.
- PRIMĂRIEI MUNICIPIULUI TIMIȘOARA pentru sprijinul acordat prin asigurarea pazei și a alimentării cu energie electrică a instrumentelor în timpul campaniilor de măsurători.
- Tuturor COLABORATORILOR DIRECTI pentru încheierea în foarte bune condiții a tuturor contractelor de colaborare.

## Cofinanțare și sprijin din partea:

- Grant: Tip TD, Cod CNCSIS 66. Cercetari comparative a metodelor experimentale și de cercetare privind dispersia noxelor, director grant **Bisorca Daniel**
- GRANT: TIP AT, COD CNCSIS 202, Modelarea dispersiei noxelor în strazile de tip "canion" director grant, **Bisorca Daniel**
- Proiectul European de cercetare ROSE (Remote Optical Sensing Evaluation), 1.08 2001-31.07.2004, coordonator gen. SIRA Lim. Anglia.
- Air quality improvements by means of traffic interventions (Îmbunătățirea calitatii aerului prin controlul traficului), Subprogramul COBIL, Parteneri Univ Politehnica Timișoara./Romania și National Research Centre for Scientific Research DEMOKRITOS, ENERVAC Flutec/Grecia. Aprobata la Ses a III/a a Comisiei Mixte pt cooperare stiintifica și tehnologica între Romania și Grecia 3/6 iulie 2000, Anexa III, pozitia 6.
- Grant CNFIS 37275/5 cu Min Ed Nationale cod 57/R3 "Cercetari prin simulare numerica a poluarii mediului datorita surselor stationare și traficului.
- Grant CNCSIS tip E, cod 256/2002, "Laborator pentru simulari numerice legate de geneza și dispersia noxelor emise de surse stationare și mobile de poluare".
- Grant tip AT CNCSIS 375/2002, 6/2003, "Studiul Experimental privind influența traficului asupra calității aerului într-o zonă urbană", Director grant Popescu Francisc.
- Grant tip Td CNCSIS 218/2002 6/2003, „Studiul teoretic și experimental privind influența sistemelor individuale de încălzire asupra calității aerului din zone urbane”, Director grant Popescu Francisc.
- Grant CNCSIS tip A: Monitorizarea calitatii aerului prin gestionarea surselor de poluare, 2002 -2004 Director, prof. dr. ing. habil Ioana IONEL