

MODELAREA DISPERSIEI ATMOSFERICE A POLUANȚILOR

Prep. ing. Mihaela Cosmina TIȚA

Universitatea din Craiova

REZUMAT. Lucrarea prezintă varietatea modelelor de dispersie atmosferică folosite la nivel global, precum și utilitatea acestora în special în zonele dificile, fără impedimentul analizelor continue. Pentru modelul Gauss s-au modificat câteva date de intrare esențiale în calcule și s-a analizat influența acestora. Rezultatele au fost obținute cu ajutorul unui soft în care s-au introdus ecuațiile Gauss precum și clasele de stabilitate, parametrii urbani și rurali Turner și Gibbs.

Cuvinte cheie: poluant, dispersie atmosferică, model Gauss.

ABSTRACT. The paper presents a variety of atmospheric dispersion models used at global level, and their utility especially in difficult places, without impediment of continuous analysis. The results were obtained using a software that used Gauss equations and stability classes, urban and rural settings Turner and Gibbs.

Keywords: pollutant, atmospheric dispersion, Gauss model.

1. INTRODUCERE

Dintre toți factorii de mediu asupra cărora ființa umană a avut o influență negativă, aerul este cel care reacționează cel mai repede la substanțele nocive. Orice modificare a calității aerului este simțită de organism, putând duce la schimbarea stării de sănătate a populației. Fără aer nu este posibilă viața pe Terra, de aceea este necesară monitorizarea calității acestuia în scopul acționării cât mai rapid și corect.

Conform legislației în vigoare poluantul atmosferic este orice substanța prezentă în aerul înconjurător și care poate avea efecte dăunătoare asupra sănătății umane și/sau a mediului ca întreg. [5]

Substanțele poluante sunt eliberate în atmosferă în special în zonele urbane și în regiunile puternic industrializate. Odată eliberați în aer, poluanții, datorită fenomenului de dispersie, pot fi transportați în zone diferite ale globului. Combinația nefavorabilă dintre condițiile meteorologice, topologia regiunii și natura în sine a poluanților poate să ducă la concentrații alarmante. Pagubele provocate de poluarea atmosferică în Europa sunt destul de mari și de aceea s-a acceptat ideea necesității reducerii emisiilor în atmosferă.

Principalele surse de poluare: industria, agricultura și traficul rutier ar trebui monitorizate continuu pentru a se găsi cele mai bune tehnici posibile pentru minimizarea și reducerea cantității de substanțe

poluante eliberate în atmosferă. În acest sens s-a ajuns la concluzia că este imposibilă o monitorizare continuă pe suprafețe întinse cu ajutorul analizoarelor, propunându-se utilizarea unor modele matematice pornind de la valorile măsurate ale poluanților. Modelele sunt necesare pentru a stabili la o scară mai mare nivelul expunerii, acest lucru nefiind obținut exclusiv din măsurători.

2. MODELE DE DISPERSIE ATMOSFERICĂ

Dispersia atmosferică caracterizează evoluția, în timp și spațiu, a unui ansamblu de particule (aerosoli, gaze, pulberi) emise în atmosferă. Fenomenul de dispersie atmosferică este influențat de condițiile atmosferice, parametrii solului și valorile emisiilor. Modelul de dispersie atmosferică (MDA) reprezintă simularea matematică a modului de împrăștiere a poluanților în atmosferă. MDA sunt folosite pentru estimarea concentrației poluanților atmosferici emiși în urma activității industriale sau a traficului auto în direcția vântului.

Modelele de dispersie atmosferică necesită mai multe date de intrare:

– condițiile meteorologice cum ar fi viteza vântului și direcția, turbulența atmosferică (caracterizată prin clasele de stabilitate), temperatura aerului ambiental;

– parametrii emisiilor cum ar fi înălțimea și locația sursei, diametrul coșului de fum, viteza și temperatura de ieșire și rata debitului masic;

– datele geografice ale locației unde este amplasată sursa și receptorul, dacă este posibil se ține seama chiar și de modul de utilizare al terenului;

– locația, înălțimea și lățimea oricărei surse obstrucționale (de exemplu clădiri sau alte structuri).

Principalele modele de evaluare a dispersiei atmosferice sunt: modelul ascensiunii norului de fum, modelul Gauss, modelul semi-empiric, modelul Euler, modelul Lagrange, modelul chimic, modelul receptorilor, modele stochastice. [3, 7].

Modelul ascensiunii norului de fum calculează înlocuirea pe verticală și comportamentul generic al norului de fum în faza inițială de dispersie. În general, poluanții eliberați în aerul ambiental posedă o temperatură mai mare decât aerul înconjurător, fiind emiși prin coșurile de fum în mod vertical. Atât verticalitatea cât și tendința de a se deplasa în atmosferă contribuie la creșterea mediei pe înălțime a norului de fum de la coș.

Modelul Gauss este cel mai vechi model (1936) și poate cel mai întâlnit model de dispersie atmosferică. Se bazează pe ipoteza conform căreia concentrației fumului pe orice direcție a vântului are o distribuție gaussiană independentă atât pe orizontală cât și pe verticală. Modelele gaussiene pot fi folosite și pentru evaluarea dispersiei continue pentru dinamica norului de aer poluant de la nivelul pământului. Același model poate fi folosit și pentru evaluarea dispersiei non-continue a dărei de fum. Algoritmul primar folosit în modelul gaussian este ecuația generalizată de dispersie pentru surse continue de fum.

Modelul semi-empiric conține mai multe modele care sunt dezvoltate în principal din aplicațiile practice, aceste modele fiind caracterizate printr-o simplificare drastică a parametrilor de intrare și analiza empirică a acestora.

Modelul Euler rezolvă numeric ecuațiile de difuziune atmosferică (abordarea Euler). Acestea sunt integrate în marea majoritate a modelele de previzionare meteorologică. Se poate afirma că modelul Euler urmărește norul de fum cum se îndepărtează de zona analizată.

Modelul Lagrange este modelul matematic de dispersie care urmărește poluarea pe o suprafață mai mare cu gaz poluant (în special particule) astfel încât parcelele poluante urmărite prin această model se succed odată cu trecerea norului de fum. Modelul Lagrange urmărește norul de fum, spațiul analizat deplasându-se împreună cu poluantul.

Modelul chimic include modelul de calcul al transformărilor chimice. Complexitatea acestor modele

includ o paletă largă și pleacă de la o reacție simplă (transformarea dioxidului de sulf în sulfați) până la reacții fotochimice complexe.

Modelul receptorilor pornește de la monitorizarea concentrațiilor la receptor și caută să repartizeze concentrațiile observate la un punct la mai multe tipuri de surse. Acest lucru se realizează prin cunoașterea compoziția chimică a materiale sursei și receptorilor. Modelul receptorilor este bazat pe ecuațiile de masă și statisticile intrinseci și nu includ relația clar determinată dintre emisii și concentrații.

Modele stochastice sunt bazate pe tehnici statistice sau semi-empirice pentru analiza trendurilor, a periodicității și interrelaționarea între calitatea aerului și măsurătorile atmosferice până la prognoza evoluției episoadelor de poluare atmosferică. Aceste modele sunt foarte utile în prognoza în timp real sau pentru perioade relativ scurte, unde informațiile disponibile din măsurători sunt relevante (pentru scopuri de prognoză imediată) mai multe decât analiza statistică.[3]

Orice tip de MDA pot fi folosite doar atunci când se cunoaște valoarea emisiei de poluant. Această valoare este cunoscută pentru intervale limitate când este realizată o monitorizare continuă cu ajutorul analizoarelor dedicate, în rest folosindu-se inventarul de emisii. Inventarul de emisii CORINAIR își are originile în Consiliul Decizional din 1985 referitor la întocmirea inventarului de emisii atmosferice la nivelul Uniunii Europene. Poluanții incluși în acest inventar: SO₂, NO_x, NMVOC, CO, CH₄, CO₂, N₂O, NH₃, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn și poluanți organici persistenți.

Inventarul de emisii CORINAIR este folosit cu succes de către Agențiile de Protecția Mediului existente în România.

3. MODELUL GAUSS

3.1. Surse de poluant continue și punctiforme

În România cel mai întâlnit pentru analiza dispersiei poluanților atmosferici este modelul Gauss.

Dispersia emisiilor de la o sursă continuă punctiformă poate fi vizualizată ca un nor de fum sub formă de con după cum este reprezentată în figura 1 [1].

Așa cum apare în figura 1, odată cu evoluția firului de fum și schimbarea poziției acestuia, fumul poate fi vizualizat ca o serie incrementală sub formă de discuri prin care se realizează difuzia și aceste discuri își măresc dimensiunile pe verticală și pe lateral în direcția în care bate vântul. [1]

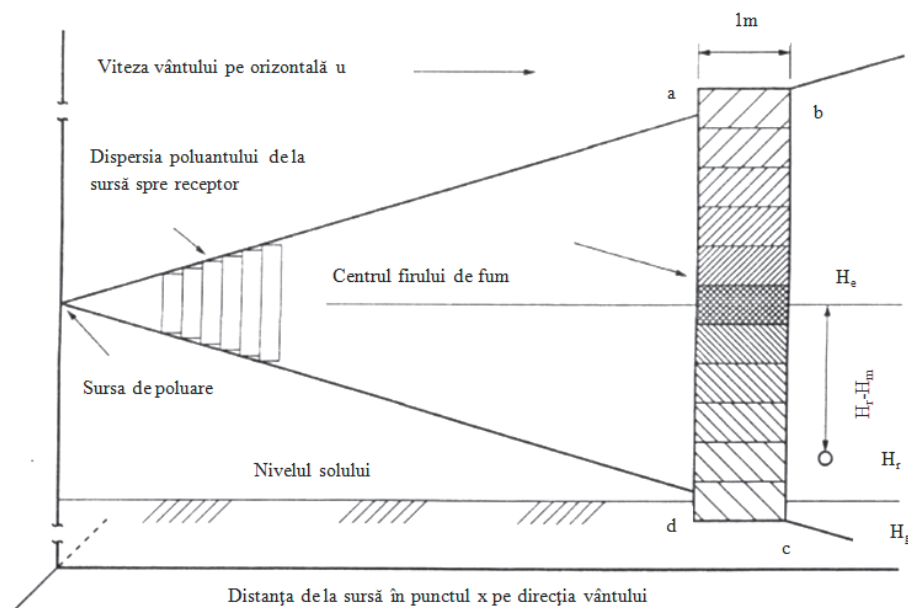


Fig. 1. Sursă punctiformă continuă de poluare.

Dacă se pornește de la premisa că oricare din formele disc incrementate din figura de mai sus (punctele a-b-c-d) are un metru lățime pe direcția vântului pe axa x trebuie să fie luat în considerare următoarele situații: sursa de emisie are un flux (Q) constant de masă (g/s), viteza vântului (u) pe orizontală (m/s) este constantă implicit și valoarea medie a vântului este o valoare fixă, difuzia emisiei în sens invers direcției vântului este neglijabilă pentru transportul poluantului prin intermediul vântului (adică dispersia se realizează doar pe verticală și pe direcția în care bate vântul).

Ecuția de dispersie Gauss generală pentru o sursă punctiformă continuă de poluant sub forma unui nor de fum rezultat de la un coș de evacuare a poluanților în atmosferă este calculată cu relația:[1]

$$C = \frac{Q}{u\sigma_z(2\pi)^{1/2}} e^{-y^2/2\sigma_y^2} \cdot \left[e^{-(H_r-H_e)^2/2\sigma_z^2} + e^{-(H_r+H_e)^2/2\sigma_z^2} \right] \quad (1)$$

unde: C este concentrația emisiei [g/m³] la orice receptor situat la x metri în jos, y metri în lateral și H_r metri deasupra solului; Q – rata de emisie a sursei [g/s]; u – viteza vântului pe orizontală [m/s]; H_e – înălțimea norului de fum din centru coșului până la nivelul solului [m]; H_r – înălțimea receptorului [m]; σ_z – deviația standard pe verticală a distribuției emisiei [m]; σ_y – deviația standard pe orizontală a distribuției emisiei [m].

Ecuțiile gaussiene de dispersie atmosferică au fost continuate de Briggs care plecând de la aceleași premise a împărțit norul de poluant în patru categorii importante -nor de fum rece în condiții atmosferice calme, nor de fum rece în condiții atmosferice sub influența vântului, nor de fum cald și flotabil în condiții atmosferice calme și nor de fum cald și flotabil în condiții atmosferice. [6]

În urma numeroaselor MDA enunțate, Pasquill enunțat mai multe clase de stabilitate pentru fi folosite în calcule. În tabelul 1 sunt prezentate clase de stabilitate precum și influența pe care o are radiația solară și perioada din zi când se consideră modelul de dispersie atmosferică.[2].

Tabelul 1

Clasele de stabilitate

Viteza vântului la sol		Zi			Noapte	
km/h	m/s	Radiția solară			Înnorare redusă <4/8 acoperire	<3/8 acoperire
		puter-nică	me-die	sla-bă		
<7,2	<2	A	A-B	B		
7,2-10,8	2-3	A-B	B	C	E	F
10,8-18	3-5	B	B-C	C	D	E
18-21,6	5-6	C	C-D	D	D	D
>21,6	>6	C	D	D	D	D

Tabelul poate fi aplicat doar atunci când se ține seama de următoarele observații: viteza vântului este măsurată la 10 m de sol, noaptea în accepțiunea clasificării, începe cu o oră înaintea asfințitului și ia

sfârșit o oră după răsărit, radiație solară puternică este momentul când Soarele este peste 60° față de orizont, cerul e senin, iar radiație solară slabă înseamnă că Soarele este la 15° - 35° , iar cerul e senin [2].

Clasa A de stabilitate corespunde nivelului cel mai redus de stabilitate atmosferică, iar clasa F corespunde nivelului cel mai ridicat de stabilitate. Deci un nor de gaze va fii mai compact și se va deplasa pe distanțe mai mari în condițiile stabilității atmosferice de clasă F, față de condițiile caracterizate de clasa A. Ținând seama de clasele de stabilitate ale lui Pasquill, coeficienții utilizați în ecuația gaussiană au fost analizați și s-au stabilit valori distincte pentru anumite distanțe reprezentative. Așa este prezentat, în tabelul 2, s-a realizat o comparație din literatura de specialitate pentru valorile enunțate de Pasquill, Turner și Gifford [1].

3.2. Simularea dispersiei atmosferice cu model Gauss

Cu ajutorul ecuațiilor și coeficienților de dispersie atmosferică se obțin mai multe reprezentări ale concentrației în funcție de suprafață și contur.

În cazul unei surse de poluare punctuale, cum este un coș de evacuare, datele de intrare necesare sunt: concentrația de poluant eliberată pe coș $Q = 200\text{g/s}$, înălțimea teoretică a coșului $H = 100\text{ m}$, viteza

vântului în coș $U_s = 6\text{ m/s}$, distanța de la sol $z = 2\text{ m}$, distanța de la coș $x_{max} = 1000\text{ m}$, distanța pe axa $y = 200\text{ m}$, clasa de stabilitate și tipul terenului [4].

Dacă se ia în considerare *clasa de stabilitate A* există mai multe modele de dispersie atmosferică în funcție de tipul terenului unde este localizată sursa punctuală de poluare. Astfel pentru cazul în care vorbim de o suprafață situată în zona urbană, graficul obținut pentru evoluția concentrație în funcție de axa x și y este prezentat în figura 2 [4].

Așa cum rezultă din figura 3, doar un singur parametru din MDA este modificat, mai exact tipul terenului unde se realizează dispersia, iar posibilitatea de împrăștiere a poluantului se modifică odată cu distanța. În figura 3 tipul terenului care a fost luat în calcul este zonă rurală obținându-se alte curbe de nivel.[4].

Modelul matematic este limit la distanța de 1000 m pe axa x și 200 m pe axa y , observându-se o dispersie a poluării concentrația se situează între $0 - 400\text{ }\mu\text{g/m}^3$.

Schimbarea clasei de stabilitate și analizarea cazului pentru cel mai ridicat nivel de stabilitate, clasa F conduce la schimbarea definită a evoluției dispersiei atmosferice (figura 4 pentru zonă urbană și figura 5 pentru zona rurală).

Tabelul 2

Comparație între valorile deviației standard pe verticală și orizontală

Clasa Pasquill de stabilitate	Distanța (km)	σ_z (m)			Distanța (km)	σ_y (m)		
		Pasquill	Turner	Gifford		Pasquill	Turner	Gifford
A	0,1	14	14	15	0,1	27	27	23
A	1	430	450	540	10	1550	1550	1600
A	1,7	1380	1380	2900	100	11000	11000	11000
B	0,1	11	11	11	0,1	19	19	17
B	5	630	630	2050	10	1250	1250	1200
B	10	1350	1350	-	100	8150	8150	8500
C	0,1	7,4	7,4	7,6	0,1	12,5	12,5	13
C	5	265	265	250	10	840	840	880
C	30	1350	1350	950	100	6100	6100	6400
D	0,1	4,6	4,6	4,9	0,1	8,1	8,1	8
D	10	136	136	140	10	530	530	570
D	100	460	460	450	100	4050	4050	4200
E	0,1	3,5	3,5	3,5	0,1	6	6	6
E	10	78	78	89	10	410	410	420
E	100	183	183	185	100	3050	3050	2850
F	0,1	2,3	2,3	2,3	0,1	4,1	4,1	4
F	10	46	46	48	10	275	275	280
F	100	94	94	92	100	2000	2000	2050

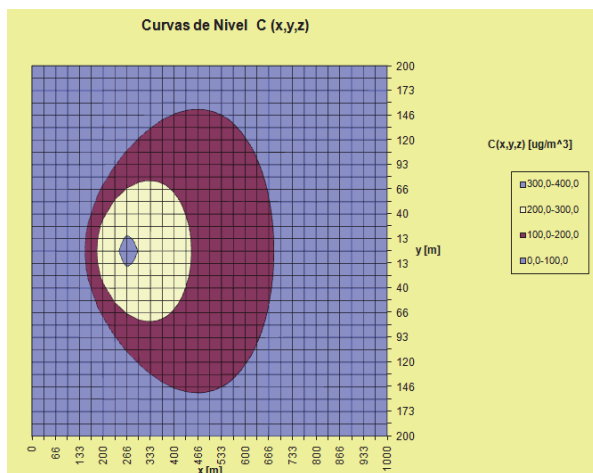


Fig. 2. Evoluția concentrației în zona urbană în funcție de distanța față de sursa de poluare (clasa A).

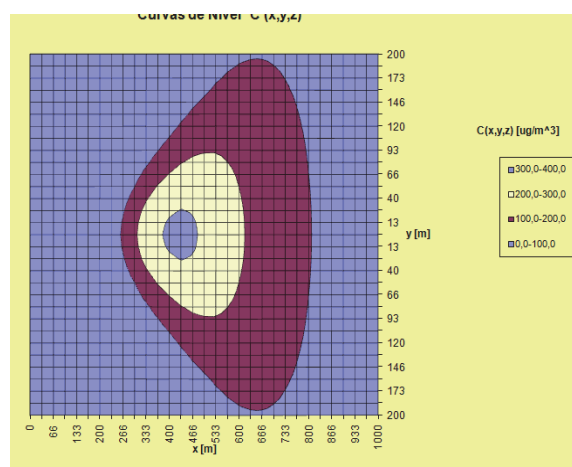


Fig. 3. Evoluția concentrației în zona rurală în funcție de distanța față de sursa de poluare (clasa A).

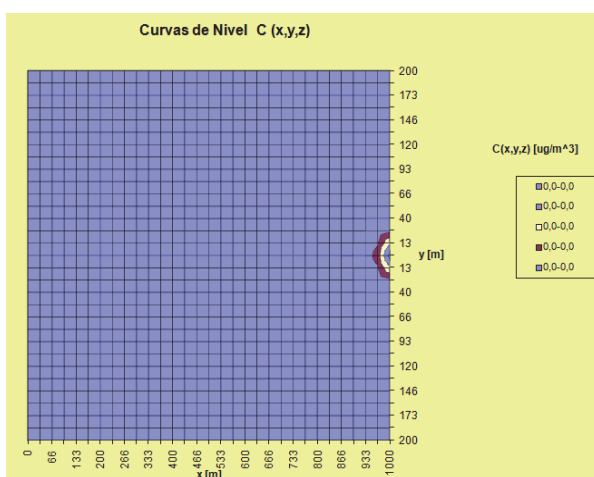


Fig. 4. Evoluția concentrației în zona urbană în funcție de distanța față de sursa de poluare (clasa F).

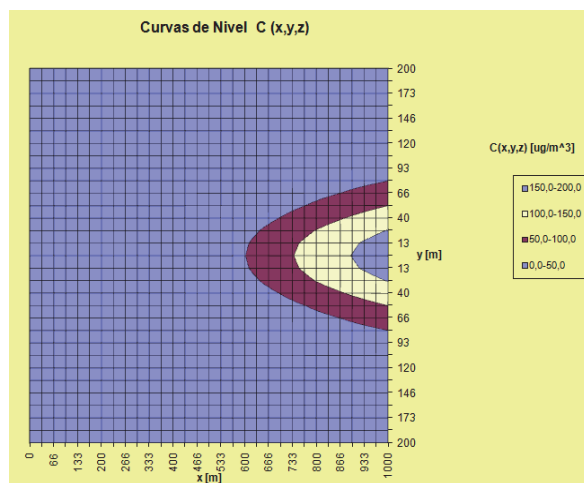


Fig. 5. Evoluția concentrației în zona rurală în funcție de distanța față de sursa de poluare (clasa F).

4. CONCLUZII

Conform modelelor de dispersie atmosferică datele de intrare trebuie să respecte cât mai exact condițiile meteorologice, locația geografică și parametrii emisiilor la sursa de poluare. Modelele de dispersie atmosferică folosite pentru analiza poluanților sunt influențate decisiv de emisia de fum nociv eliberată în atmosferă.

În urma necesarului de monitorizare a dispersiei poluanților au apărut, conform Agenției Europene de Protecția Mediului 142 de modele de dispersie elaborate și acceptate la nivelul Europei, toate având un țel comun, de a reduce poluarea la nivel global.

ACKNOWLEDGEMENT

Această lucrare este rezultatul cercetărilor realizate în cadrul proiectului Creșterea atractivității, calității și eficienței studiilor universitare de doctorat prin acordarea de burse doctorale, POSDRU/6/1.5/S/14, Beneficiar - Universitatea din Craiova, cofinanțat din Fondul Social European – Investește în Oameni, prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013

BIBLIOGRAFIE

- [1] Beychok M., *Fundamentals of stack gas dispersion*, 2005, ISBN 0-9644588-0-2

MODELAREA DISPERSIEI ATMOSFERICE A POLUANȚILOR

- [2] Ivanov S., *Modelare și simulare - sisteme electromecanice, procese de mediu*, Editura Universitaria, Craiova, 2007, ISBN 978-973-742-626-0
- [3] Moussiopoulos N., Berge E., Böhler T., Grönskei K., Mylona Sofia, Tombrou Maria, *Ambient air quality pollutant dispersion and transport models*, European Environment Agency, January 1996
- [4] *** Modelo Gaussiano de Dispersión de Contaminantes en la Atmósfera, Jorge Méndez Muñoz Valparaiso, Martie 2004
- [5] *** Legea privind calitatea aerului inconjurator 2011
- [6] *** http://www.eoearth.org/article/Air_pollution_dispersion_modeling?topic=49506
- [7] *** <http://pandora.meng.auth.gr/mds/strquery.php?wholedb>

Despre autor

Prep. ing. **Mihaela Cosmina TIȚA**
Universitatea din Craiova

Absolventă a Universității din Craiova, Facultatea de Electromecanică - 2007; absolventă de studii masterale „Ingineria și managementul calității și mediului”. Domenii de interes: poluarea aerului, dezvoltare durabilă, calitatea mediului. În prezent este doctorand în domeniul ingineriei electrice și cadru didactic la Facultatea de Inginerie Electrică. Email: mihaela.tita2008@gmail.com