

MODELAREA DISPERSIEI POLUANȚILOR ÎN ATMOSFERĂ. STUDIU DE CAZ: ZONA CĂLIMANI

Valeria DIȚOIU, Ioan IOSEP

Cuvinte cheie: poluare aer, dispersie noxe, factori meteorologici
Key words: air pollution, noxa dispersion, meteorological factors

Modelling the Dispersion of Polluting Substances in the Atmosphere. Case study: the Căliman Area. This paper presents – based on the local meteorological factors – a study of the sulphur dioxide dispersion in the area of the Mining Exploitation of Călimani.

In the research studies that I have carried out I have evaluated the pollution level of atmosphere at various distances from the pollution source, on directions of wind blowing.

Evaluarea gradului de poluare a atmosferei se poate realiza atât prin măsurători directe (cu analizoare automate sau prin analize fizico-chimice), cât și prin aplicarea unor modele matematice de calculare a dispersiei noxelor în atmosferă și concentrației acestora pe toate direcțiile vântului sau în anumiți receptori, cunoscând toți factorii care pot influența stagnarea sau dispersia noxelor în atmosferă: caracteristicile meteorologice (frecvența vântului, viteza vântului, temperatura aerului, umiditatea relativă, intensitatea radiației solare incidente), caracteristicile sursei, parametrii reliefului (altitudine, expoziție geografică) etc.

Multe probleme de poluare a aerului cer simularea dispersiei poluanților de la o sursă dată pentru a estima concentrația poluanților într-un punct, sau într-o anumită zonă. Modelele matematice descriu mecanismele de poluare, permițând analiza riscului pentru emisiile de poluanți. Acestea determină câmpurile de concentrații ale poluanților în zonele analizate, făcând posibilă estimarea impactului lor asupra mediului.

Utilizarea procedurilor bazate pe modelarea matematică a câmpurilor de concentrații s-a dovedit cea mai eficientă întrucât facilitează completarea datelor obținute prin măsurători, care nu pot avea niciodată o acoperire suficientă ca variație spațială, temporală și număr de poluanți.

Rezultatele obținute în urma modelării împreună cu măsurătorile de calitate a aerului completează componenta *imisii* a sistemului de monitoring al calității aerului.

Modelele de dispersie pot furniza date corespunzătoare și medieri atât pe intervale scurte, cât și pe intervale lungi de timp, ținând cont de standardele de calitate a aerului sau de alte limite necesare menținerii echilibrelor ecologice ale ecosistemelor prezente în arealul respectiv.

Dacă în atmosferă are loc o emisie de poluanți la o anumită înălțime de la sol, va rezulta un *nor de poluant* sub formă aproape sferică, în interiorul căruia concentrația descrește dinspre centru către periferie .

Norul de poluant va fi deplasat de vânt, iar masa substanțelor ce alcătuiesc norul vor difuza către exterior. Cu cât se va îndepărta la distanță mai mare de locul emisiei, norul va fi tot mai voluminos și mai puțin dens, iar concentrația noxei va descrește de la centrul norului spre periferie. Dacă sursa va emite continuu substanțe poluante, se va forma o *pană de poluant* pe direcția vântului. Dacă direcția vântului determină direcția de deplasare a penei de poluant, viteza vântului și stabilitatea termică determină valorile concentrațiilor poluanților la nivelul solului și distribuția acestora față de sursă.

În cazul unei atmosfere staționare și omogene, poluantul se împrăștie prin difuzie moleculară, distribuția concentrației cu distanța de la centrul norului la periferie fiind normală (*clopot Gauss*).

Datele meteorologice cuprind distribuții orare sau de frecvență pentru: viteza vântului, direcția vântului, clasa de stabilitate, înălțimea de amestec, temperatura aerului, umiditatea aerului, intensitatea radiației solare.

Pentru determinarea claselor de stabilitate se utilizează **metoda Pasquill**, care ține seama de următorii parametri meteorologici: viteza vântului, intensitatea radiației solare și nebulozitate. Pasquill a definit șase clase de stabilitate, după cum urmează: A – foarte instabilă; B – instabilă; C – ușor instabilă; D – neutră; E – stabilă; F – foarte stabilă.

În cadrul schemei prezentate de Pasquill se face o diferențiere între noapte și zi, iar în cursul zilei – între o radiație puternică, moderată și slabă. El a definit *radiația puternică* ca fiind radiația din mijlocul zilei în mijlocul verii pentru cer senin, iar *radiația slabă* ca fiind radiația la amiază, în mijlocul iernii, la Londra, pentru cer senin.

Tabelul nr.1. Stabilitatea atmosferei funcție de viteza vântului și radiația solară (după Pasquill)

Viteza vântului (m/s)	Ziua			Noaptea	
	Radiația solară incidentă			Nebulozitatea	
	Intensă (>600 w/m ²)	Moderată (600-300 w/m ²)	Slabă (<300 w/m ²)	4/8 – 7/8	3/8
< 2	A	A – B	B	F	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Turner a clasificat radiația solară incidentă astfel: *radiație puternică* (>600 w/m²), *radiație moderată* (600-300 w/m²), *radiație slabă* (< 300 w/m²). Pe timpul nopții se ia în calcul gradul de acoperire a cerului (nebulozitatea).

Modelele de dispersie necesită patru tipuri de informații de bază: date meteorologice, parametrii sursei, informații despre receptor și caracteristicile reliefului.

Parametrii sursei cuprind următoarele informații: tipul sursei (punctuală, liniară, de suprafață); tipul poluantului (gaze sau pulberi); caracteristicile emisiilor de poluanți.

Parametrii referitori la emisii sunt: debitul, exprimat de regulă în grame pe secundă; temperatura gazelor evacuate (grade Kelvin, în cele mai multe modele de dispersie), viteza de evacuare a gazelor, exprimată în metri pe secundă.

Parametrii fizici ai surselor sunt: parametrii referitori la coș (înălțime, diametru interior) și dimensiunile clădirii.

Fiecare emisie este corelată atât cu distanța față de sursă, cât și cu transformările pe care le suportă în timp, datorate depunerilor și transformărilor fotochimice.

Datele topografice sunt altitudinea și expoziția. Acestea trebuie introduse când modelarea se face pentru un teren accidentat, deluros sau montan.

În practică pot fi utilizate numeroase modele de calculare a dispersiei noxelor emise în atmosferă. Modelele diferă, în general, prin detalii privind modul în care se aplică, dar sunt aproape identice prin modul de operare și prin rezultate.

Cel mai comun model de triere (screening), utilizat în SUA, care poate identifica cazul cel mai grav din punct de vedere al condițiilor meteorologice ce conduc la obținerea celor mai mari concentrații de poluant, este modelul SCREEN 3.

Acest model poate opera numai pe termen scurt, cu o singură sursă, și nu poate utiliza rețele de receptori.

Folosirea mai multor modele complexe, cum ar fi modelul ISC – Surse Industriale Complexe, permite evaluarea concentrațiilor emise de diferite surse (punctuale, de suprafață, de volum), pe termen scurt (perioade orare, 8 ore, 24 ore, lunare), sau pe termen lung (anotimp, sezon, an). Modelele pe termen lung utilizează distribuțiile de frecvență ale unor date

meteorologice derivate din datele meteo orare înregistrate pe termen lung.

Modelul MESOPUFF II este un model gaussian destinat calculului dispersiei spațiale în timp a unui agent poluant, în care se ține cont de variația spațială și temporală din mecanismele de advecție, difuzie, transformare fotochimică (transformarea dioxidului de sulf în sulfat și conversia oxidului de azot în aerosol nitrat).

Toate modelele consideră aceeași formă analitică pentru ecuația concentrației, iar modelarea parametrilor de intrare depinde de geometria sursei.

Modelarea ține cont de caracteristicile surselor de suprafață (debit emisie, înălțime sursă, suprafață sursă), de datele meteorologice locale (temperatura mediului, umiditatea relativă, viteza medie a vântului, frecvența vântului pe 8 direcții, clasele de stabilitate după modelul Pasquill pentru fiecare anotimp în funcție de viteza vântului, intensitatea radiației incidente solare pentru zi și nebulozitate pentru noapte), altitudine și poziția geografică.

Programul original *COMPLEX* dezvoltat în mediul de programare Microsoft® *Visual FoxPRO* permite:

- realizarea unei rețele de monitorizare teoretică a calității atmosferei prin calcularea concentrațiilor maxime pe 8 direcții de vânt, la diferite distanțe;
- calculul concentrațiilor noxelor atmosferice pe termen scurt (oră/zi) și termen lung (anotimp/sezon/an), utilizând frecvențele medii orare, zilnice, anotimpuale pe 8 direcții de vânt, coeficienții profilului de vânt pe clase de stabilitate și coeficienții de stabilitate Pasquill;
- calcularea concentrațiilor totale de noxe provenite de la diferite tipuri de surse (punctiforme și de suprafață) ;
- repartitia în teritoriu a concentrațiilor de dioxid de sulf format prin reacții fotochimice ținând seama parametrilor meteorologici orari ;
- export de date în *Microsoft® EXCEL*, pentru prezentarea grafică a valorilor estimate ;
- calculul coordonatelor GIS (Sistem Informatic Geografic) X_i , Y_i , pentru punctele rețelei teoretice de monitorizare pe cele 8 direcții de vânt și atașarea concentrațiilor C_i corespunzătoare pentru formarea tripletelor (X_i , Y_i , C_i), necesare reprezentării de izoconcentrații, cunoscându-se coordonatele sursei ($X_{GIS}=2805,79$ km și $Y_{GIS}=5249,96$ km).
- export de date în *Golden Software® SURFER*, pentru reprezentarea izoconcentrațiilor de dioxid de sulf.

În cele ce urmează sunt prezentate rezultatele unui studiu privind dispersia noxelor atmosferice provenite de la cariera și haldele de steril din Munții Călimani, urmare a activității de exploatare și preparare a sulfului, aplicând programul *COMPLEX* pentru dispersia dioxidului de sulf, format prin oxidarea sulfului.

Parametrii meteorologici orari din tabelul 2 au fost înregistrați cu o stație meteorologică automată, montată pe autolaboratorul mobil al Agenției de Protecția Mediului Suceava, iar parametrii meteorologici anotimpuali și anuali utilizați au fost cei înregistrați la stațiile meteorologice Reșița, Poiana Stampei și Vatra Dornei.

Rezultatele calculelor concentrațiilor dioxidului de sulf (medii zilnice și anuale) efectuate cu programul *COMPLEX* sunt prezentate în figurile 1 și 2.

În figura 1 sunt redate izoconcentrațiile pentru dioxidul de sulf la sol, obținute prin modelare matematică pe termen scurt (medii zilnice pe o perioadă de o săptămână, pe timp de vară), la distanțe de până la 20 km față de sursă, pe 8 direcții de vânt.

În figura 2 sunt redate izoconcentrațiile dioxidului de sulf în principalii receptori (Gura Haitii, Vatra Dornei, Dornișoara, Valea Ilvei).

Tabel 2. Parametrii meteorologici înregistrați în cursul unei zile de vară cu o stație meteorologică automată în zona Călimani

Ora	Temperatură aer	Umiditate relativă	Intensitate radiație solară	Direcție vânt	Viteză vânt
	Grade Celsius	%	w/ m2	grade	m/s
00:00	11,6	96,40		67,32	2,286
01:00	11,3	97,39		181,70	2,532
02:00	11,2	97,09		80,57	2,463
03:00	10,9	96,96		11,00	2,567
04:00	10,5	95,73		13,41	2,773
05:00	10,1	95,57		11,00	2,551
06:00	9,8	93,05	17,990	12,00	2,602
07:00	10,1	91,96	77,420	14,31	2,864
08:00	11,2	86,96	199,500	17,38	2,415
09:00	13,4	79,49	315,500	106,10	2,835
10:00	19,1	56,90	275,100	69,04	3,993
11:00	22,4	46,83	514,800	60,68	3,283
12:00	23,0	42,96	873,900	55,09	3,053
13:00	23,2	42,51	688,500	36,82	3,853
14:00	23,7	38,92	847,200	38,93	3,510
15:00	24,0	37,39	753,500	41,74	4,509
16:00	21,3	45,25	805,500	41,86	4,755
17:00	18,3	59,49	92,680	87,61	5,483
18:00	18,0	61,58	81,580	97,47	6,837
19:00	18,5	59,70	46,000	94,13	7,141
20:00	17,1	67,98	3,223	140,71	5,763
21:00	13,9	86,36		159,50	6,537
22:00	13,3	92,52		147,10	6,095
23:00	12,7	95,06		138,11	5,290

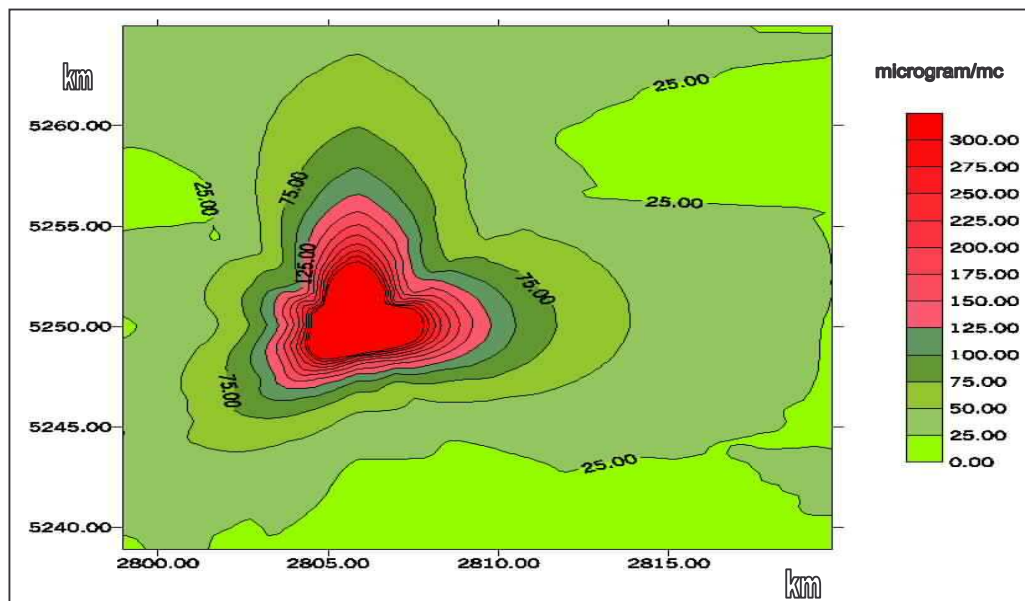


Fig.1. Dispersia dioxidului de sulf –Izoconcentrații zilnice față de sursă ($\mu\text{g}/\text{mc}$) – în coordonate GIS

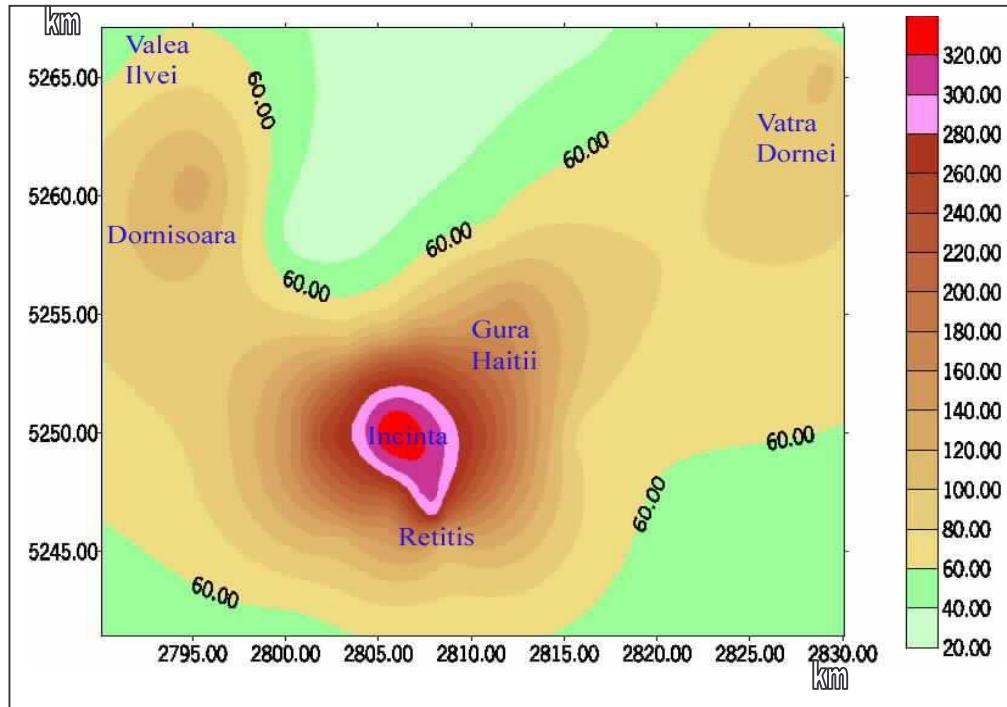


Fig. 2. Concentrația anuală de dioxid de sulf ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) în principalii receptori – în coordonate GIS

Din datele obținute se pot trage câteva concluzii cu privire la nivelul de poluare a atmosferei în zona Exploatării Miniere Călimani:

- factorii favorizanți care au amplificat efectele acțiunii antropogene în această zonă sunt de natură *orografică* (versanți lungi, pante accentuate), de natură *climatică* (temperaturi scăzute, prezența ceții și a calmului atmosferic în depresiunile învecinate), de natură *edafică* (soluri cu activitate biologică redusă, de obicei cu parametri fizico-chimici nefavorabili, profunzime scăzută, conținut ridicat de schelet);

- datorită suprafețelor întinse afectate prin exploatarea minereului de sulf la suprafață și depozitărilor de steril cu conținut mare de sulf (care în urma unor reacții fotochimice este oxidat la dioxid de sulf, iar în contact cu nucleele de ceață se transformă în aerosoli de acid sulfuric), se constată încă prezența ploilor acide, la distanțe destul de mari de sursa de poluare.

BIBLIOGRAFIE

- Dițoiu, Valeria** (2002), *Contribuții privind stabilirea impactului produs de activitățile miniere asupra ecosistemelor din zona Călimani*, teză de doctorat, Iași.
- Pasquill, F., Smith, F. B.** (1983), *Atmospheric Diffusion*, Third Edition, Ellis Horwood Ltd, Chichester, England.
- Tumanov, S.** (1989), *Calitatea aerului*, Edit. Tehnică, București.
- Turner, D.B.** (1970), *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates*, U.S. Dept. of H.E.W., Public Health Service Golden Software, Inc., Colorado.