VYUŽITIE MODELOV ROZPTYLU PRE URČENIE IMISNEJ SITUÁCIE
DIFFUSION MODELS UTILIZATION FOR IMISSION SITUATION ASSESSMENT

Miškolciová Iveta– Kalúz Karol
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Abstract
Mathematical pollute diffusion into atmosphere models utilization is connected with their accurateness and their notice capability, which is a function of their input parameters. Worldwide standards are fixed to the algorithms of parcial inputs with certain unification of typic sequences and empirical coefficients. Otherwise these guarantee results comparability in condition of describe phenomenon's standardization; but simultaneously in "black box" models utilization, they do not respect the running processes individuality and their verification could be no-address to surface. Therefore it is necessary to know the detail structure and model algorithm, conditions of its utilization, boundaries accurateness and possible results diffusion as a function of accurateness inputs. This condition fulfils models recommended by EPA, in a condition of adequat inputs and for specific events are using "case by case" models with beforehand-defined conditions.

Key words: air pollution, mathematical models

Úvod

Znečisťovanie ovzdušia je problém spojený s priemyselnou revolúciou a všestranným rozvojom spoločnosti až dodnes. Aj keď najmarkantnejšie prejavy degradácie ovzdušia postupne zanikajú, ich dôsledky pretrvávajú. Dokonca sa hovorí o relatívnom zhoršovaní situácie v súvislosti s identifikáciou skrytých následkov, diagnostikou nových polutantov, ale aj sprísňovaním noriem klasifikácie znečistenia ovzdušia.

Trendom ostatných desaťročí je medzinárodná spolupráca a dohody o postupnom znižovaní emisie škodlivín do ovzdušia. Slovenská republika v tomto smere dôsledne plní prijaté záväzky a dodržuje programy znižovania produkcie základných znečisťujúcich látok. Okrem pozitívnych opatrení na najväčších zdrojoch znečistenia záchytom rozhodujúceho množstva emisií nie zanedbateľnú úlohu zohráva aj recesia priemyselnej výroby u nás, ktorej očakávaný rozvoj je stavaný na bezodpadových technológiách a minimalizácii jej negatívnych dôsledkov; o. i. aj v produkcii emisií.

S minimalizáciou produkcie emisií súvisí aj problematika diagnostiky a monitorizácie imisií a imisného zaťaženia najmä husto obývaných hospodársko-priemyselných aglomerácií.

Automatizované monitorovacie systémy spájané do regionálnych a medzinárodných (globálnych) sietí s akcentom sledovania humánnych aspektov však nedostatočne pokrývajú aj túto sféru, nehovoriac o voľnej poľnohospodárskej a lesnej krajine. Používané kvantitatívne metódy, pre registráciu krátkodobých extrémov, sú pomerne náročné na technické vybavenie a viazané na energetické zázemie. Sumačné metódy sú nepresné a samozrejme nedetekujú extrémne situácie, ktoré deformujú systém limitných koncentrácií a kritických záťaží ekosystémov. Práve v tomto priestore, s absenciou kontinuálnych alebo v prípadoch akýchkoľvek meraní, je pole pôsobnosti matematických modelov rozptylu látok znečisťujúcich ovzdušie.

Materiál a metódy

Základné znečisťujúce látky

Kvalita ovzdušia je ovplyvňovaná znečisťujúcimi látkami, ktoré sú definované ako akékoľvek látky vnášané ľudskou činnosťou priamo alebo nepriamo do ovzdušia a ktoré majú alebo môžu mať škodlivé účinky na zdravie ľudí alebo životné prostredie (zák. č. 478/2002 Z. z.). Z množstva znečisťujúcich látok je pre účely hodnotenia a riadenia kvality ovzdušia vypracovaný zoznam (príloha č. 1 cit. zákona), v ktorom sú uvedené : oxid siričitý (SO_2), oxid dusičitý (NO_2) ako oxidy dusíka (NO_x), tuhé častice PM 10 a PM 2,5 (Particulate Matter), olovo (Pb), benzén (C_6H_6), polyaromatické uhľovodíky (PAU), kadmium (Cd), arzén (As), nikel (Ni) a ortuť (Hg). Pre vybrané znečisťujúce látky z toho aspektu sú určené limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí, resp. ochranu ekosystémov a vegetácie (vyhl. č. 706/2002 Z. z., príloha 1). Zvláštne postavenie má v tomto smere ozón (O_3) – znečisťujúca látka posledných rokov, pre ktorú sa určujú cieľové hodnoty a dlhodobé ciele pre efektívnu ochranu zdravia ľudí a životného prostredia.

Tento výber látok znečisťujúcich ovzdušie rešpektuje systematicky budovaný automatický monitorovací systém (AMS) prevádzkovaný SHMÚ Bratislava (Szabó, Babušík, 1997). Podľa čiastkového projektu monitorovania ovzdušia v SR (SHMÚ, 1992) malo byť vybudovaných 67 automatických staníc; v súčasnosti je však v prevádzke len 25 (Správa o kvalite ovzdušia, SHMÚ, MŽP, 2001); z toho 23 monitorovalo základné škodliviny (SO_2, NO_x, NO_2, CO a prach) a na ďalších dvoch : Bratislava – Koliba a Košice – Podhradová sa sledovala len úroveň znečistenia prízemným ozónom. Tieto stanice sú umiestnené väčšinou v zaťažovaných oblastiach (podľa zrušenej vyhl. MŽP SR č. 112/1993 Z. z. o oblastiach vyžadujúcich osobitnú ochranu ovzdušia, predtým podľa usmernenia vlády SR č. 150/1974 Z. vládou sledované oblasti). S ohľadom na špecifiká týchto oblastí sú sledované doplnkové znečisťujúce látky (C_xH_y, H_2S a i.).

Významným prvkom monitorizačnej sústavy sú stanice zaradené do siete EMEP (Environment Monitoring and Evalution Programme) – Ženeva 1979, 1984 (1979 Dohovor Európskej

hospodárskej komisie OSN o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia, prechádzajúcou hranice štátov a Kooperatívny program pre monitorovanie a hodnotenie diaľkového prenosu znečisťovania v Európe). Po určitých zmenách zásad pre výber monitorovacích staníc sa ich výber ustálil na 5-tich staniciach : Chopok, Topoľníky, Liesek, Stará Lesná a Starina. Merací program obsahuje odbery a analýzy plynných komponentov, atmosférického aerosolu, denných a mesačných zrážok (Správa SHMÚ, 2002).

Spektrum sledovaných znečisťujúcich látok pokrýva európsky a svetový trend, kde sú v popredí záujmu O_3, PM, CO, NO_x, SO_2 a olovo v aerosole (U.S. EPA, 2004).

Metódy stanovenia znečisťujúcich látok v ovzduší

Všeobecne možno metódy stanovenia koncentrácie škodlivín v ovzduší rozdeliť na priame a nepriame metódy. Vždy je potrebné prihliadať k vhodnosti metódy pre daný účel z hľadiska presnosti, rozsahu meraní a validity použitej metódy.

Priame metódy stanovenia

Medzi tieto patria :

- kolorimetrická metóda I.
- kolorimetrická metóda II.
- merania SO_2 coulographom
- polaroidná metóda
- sorpčnokumulatívna metóda merania zlúčenín SO_2 v atmosfére
- a metódy používané v AMS (automatizovanom monitorovacom systéme).

Nepriame metódy stanovenia koncentrácie znečistenín v ovzduší

Nepriame metódy stanovenia koncentrácie znečistenín v ovzduší, využívajúce matematické modely šírenia prenosu a transformácie škodlivín v ovzduší, plnia celý rad funkcií. Okrem suplovania priamych meraní stanovovaním aktuálnej imisnej situácie v oblastiach bez meraní, je to predpovedná funkcia očakávaných stavov (priemerných, maximálnych), dopad zavedenia nových zdrojov v uvedenom rozsahu i simulácia stavov „ex post“ pri dokumentovaní v minulosti prebiehajúcich imisných situácií. Najdôležitejším prvkom takéhoto postupu je výber adekvátneho modelu pre daný účel a znečisťujúcu látku a čo najvyšší stupeň reprezentatívnosti vstupov. S uvedeným súvisí aj voľba podporných programov a algoritmov.

Modely, popisujúce transport a disperziu znečisťujúcich látok v atmosfére, možno kategorizovať podľa rôznych kritérií (Moussiopoulos a kol., 1996) :

- podľa priestorového meradla (globálne, kontinentálne, regionálne, lokálne),
- podľa časového meradla (epizodické modely, modely pre výpočet krátkodobých alebo dlhodobých charakteristík znečistenia ovzdušia, stacionárne alebo nestacionárne modely a pod.),
- podľa spôsobu numerického riešenia transportných rovníc (eulerovské, lagrangeovské modely),
- podľa spôsobu implementácie rôznych procesov (chémia, rádioaktivita, suchá a mokrá depozícia),
- podľa zložitosti modelu (jednoduché modely až vysokosofistikované modely).

Podľa uvedených zásad konkrétne modely možno rozdeliť na odporúčané (všeobecne uplatniteľné pre dané podmienky) a doplnkové modely (špecifické – „case-by-case“).

K preferovaným modelom patria :

- **BLP Model** (Buoyant Line and Point Source Dispersion Model) – Schulman, Scire (1980)
- **CALINE 3** (California Line Source Model) – Benson (1979)
- **CALPUFF** – California Puff Model (Scire et al. 2000)
- **GTDMPLUS** – Complex Terrain Dispersion Model Plus Algorithmus for Unstable Situation (Perry et al. 1989)
- **EDMS** – Emissions and Dispersion Modeling System (FAA, 1997)
- **ISC 3** – Industrial Source Complex Model (EPA, 1995)
- **OCD** – Offskore and Coastal Dispersion Model (Di Cristofaro, Hanna, 1989).

Z uvádzaných modelov, zahrnutých v MDS (Modelový dokumentačný systém) EEA (Európska environmentálna agentúra), SHMÚ Bratislava využíva modely ISC a CALINE pod označením MODIM (MODelovanie IMisií) – ISC (Szabó, 1997) a CEMOD (CEloplošný MODel) – CALINE (Szabó, 2003). Zatiaľ čo MODIM je distribuovaný pre užívateľskú verejnosť CEMOD prevádzkuje SHMÚ s využitím mezometeorologického modelu ALADIN a NEIS (Národný emisný inventarizačný systém SR).

Doplnkových modelov je nepreberné množstvo a ich počet možno rátať na stovky.

Výsledky a diskusia

Okrem bežného (obligatórneho) využitia modelov pre stanovenie koncentrácií látok znečisťujúcich ovzdušie v miestach bez meraní a predikciu, resp. rekonštrukciu stavu ovzdušia, stále častejšie sa objavujú pokusy, hlavne v súčinnosti s monitoringom, popisujúce stav ďalších zložiek životného

prostredia. Ide hlavne o kontamináciu a poškodzovanie terestrických a vodných ekosystémov samozrejme s modifikáciou a konkrétnymi aplikáciami modelov. Podstatnú úlohu pritom zohráva suchá a mokrá depozícia znečistenín z ovzdušia a ich transformácia v závislosti na meteorologických podmienkach.

Najčastejšie sú prípady poškodzovania lesných ekosystémov ako dlhovekých a to skôr v súvislosti s identifikáciou zdroja (samotné poškodenie kvantifikuje monitoring podľa stupňa defoliácie) ako s identifikáciou epizodických havarijných situácií. Časté sú aj prípady stanovenia podielu zdroja na markantnom alebo latentnom účinku imisií na receptor.

Prípadom epizodickej udalosti sa zaoberá napr. Radojevič a Hasan (1999) pre lesné hospodárstvo s výskytom extrémnych koncentrácií bežných polutantov (nad 600 $\mu g.m^{-3}$) v období február – apríl 1998 v Brunei. Opačným príkladom je hodnotenie znečistenia ovzdušia vo vzťahu k lesom východnej a strednej Európy (Ellsworth a kol. 1973).

Časté sú aj hodnotenia účinkov znečisteného ovzdušia na viaceré ekosystémy. Tak napr. Sanderman (1998) hodnotí účinky na lesnú biomasu a poľnohospodársku produkciu (úrodu zrna) a Syri a kol. (2002) účinky na lesy a kvalitu vôd vo Fínsku.

Menej častými sú hodnotenia lokálneho charakteru, ako je povodie rieky Dambovita v Rumunsku (Adler a kol. 1999), alebo modelovanie zmeny kvality vôd vo fínskych jazerách(Syri, 2002).

Rôznorodé sú aplikácie modelov v poľnohospodárstve. Súvisí to s variabilitou zdrojov (Yong-Cheng Chen a kol. 1998). Bežné sú modelové prípady sledovania účinkov so živočíšnej výroby (Scott a kol. 2003) v kombinácii s únikmi znečistenín z krmovín alebo kompostov (Kulca a kol. 2002), mikrobiálneho znečistenia a jeho dosahu (Jin, Englande, Liu, 2003) alebo ochranných látok (Cryer, Wsesenbeeck, 2001).

Samostatnú kapitolu tvorí využitie modelov znečisťovania ovzdušia v kontaminácii pôd. Toto špecifikum je dané postavením pôdy v systéme pôda – voda – ovzdušie (Kalúz, 1987, 2000;Holobradý, 1988; Hronec, 1996, 1999; Tóth, 1997; Kulich, 1998 a i.). Podstata postavenia spočíva v tom, že zatiaľ čo voda a vzduch majú možnosť pohybu, prúdenia i miešania, a tým znižovania koncentrácie kontaminantov, pôda takúto možnosť nemá. Nie nepodstatné je aj zistenie, že voda (hlavne atmosferická u nás s prevahou) a ovzdušie sa „vyčisťujú“ na úkor pôdy (Kalúz, 2003a, b).

Matematické modelovanie znečistenia ovzdušia je vhodné aj na identifikáciu antropogénnych záťaží (Kalúz, Miškolciová, Novotná, 2003) a to hlavne v súčinnosti s monitoringom hygienického stavu pôd (Linkeš, 1994; Vilček, 1997; Bielek, 1999). Aj v tejto súvislosti je potrebné zdôrazniť nutnosť aplikácie vhodného modelu, resp. jeho modifikácie.

Súhrn

Využitie matematických modelov rozptylu znečistenín v ovzduší úzko súvisí ich presnosťou a vypovedacou schopnosťou, ktorá je funkciou ich vstupných parametrov. Svetové štandardy sú viazané na algoritmy parciálnych vstupov s určitou unifikáciou typických epizód a empirických koeficientov. Tieto síce zaručujú porovnateľnosť výsledkov za podmienky štandardizácie popisovaných javov; zároveň však, pri použití modelov ako „čiernej skrinky“, nezohľadňujú individualitu prebiehajúcich procesov a ich verifikácia môže byť neadresná až plošná. Preto je potrebné detailne poznať štruktúru a algoritmus modelu, podmienky jeho použitia, hranice presnosti a možný rozptyl výsledkov ako funkciu presnosti vstupov. Túto podmienku spĺňajú modely odporúčané EPA, za predpokladu adekvátnych vstupov a pre špecifické prípady sú použiteľné modely „case by case“ s vopred definovanými podmienkami.

Kľúčové slová : znečistenia ovzdušia, matematické modely

Literatúra

ADLER, M. J., STANCALINE, G., RADUCU, C. 1999 : Integrating tracer with remote sensing techniques for determining dispersion coefficients of the Damborita, Romania, Proeedings of a Internat. Symposium IOGG 99, Birmingham, VK, 1999, p. 75 – 81.

ELESWORTH, D. S:, OLEKSIN, J., 1996 : Evaluating the risk air pollution to forest in central and estern Europe,Proceeding of the NATO, Saulberg, Germany 1996, p. 121 – 131.

JING, G:, ENGLANDE, A. J., LIU, A., 2003 : A preliminary study on coastal water quality monitoring and modeling, Journal of Environmental Science and Health, part A : Toxic Hazardous Substances and Environmental Engineerign, No. 3., 2003, p. 493 – 509.

KALÚZ, K., 2003a) : Hodnotenie koeficientov obmedzení na imisne ohrozenom pôdnom fonde, Bioklimatologické pracovné dni 2003, Funkcia energetickej a vodnej bilancie v bioklimatologických systémoch, SPU Nitra, CD, ISBN 80-8069-244-0.

KALÚZ, K., 2003b) : Poškodzovanie poľnohospodárskych plodín v aktuálnych imisných podmienkach, Zb. Udržateľné poľnohospodárstvo a rozvoj vidieka, SPU Nitra, 2003, s. 367 – 368, ISBN 80-8069-246-7.

KALÚZ, K., MIŠKOLCIOVÁ, I., NOVOTNÁ, B., 2003 : Immited antropogenetic bordens identification in the land, Phytophedon (Bratislava), Vol. 2, 2003, p. 36 – 38.

KULCU, R., YALDIZ, O., OZDEN, K., 2002 : The effect of vertical air flow channel type of aeration mechanism on CO_2 and heat dispersion in composting reactors, Proceesing 8-th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, Ege University, Faculty of Agriculture, Bornova-Izmir, Turkey, 2002, p. 274 – 278.

SYRI, S:, KARVOSENOJA, N., LEHTILA, A., LAURILA, T:, LINDFORS, V:, TUOVINEN, J. P. , 2002 : Modeling the impacts of the Finnish Climate Strategy on air pollution Athmosperic – Environemnt, No. 19, 2002, p. 3059 – 3069.

SZABÓ, G., 1997 : Metodika výpočtu znečistenia ovzdušia zo stacionárnych zdrojov, Zb. prác SHMÚ Bratislava, zv. 40, 1997, 155 s.

SZABÓ, G., BABUŠÍK, I., 1997 : Návrh kritérií budovania siete automatického imisného monitoringu, Zb. prác SHMÚ zv. 40, Kvalitatívne a kvantitatívne hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia, SHMÚ Bratislava, 1997, s. 106 – 155 ISBN 80-900558-9-3.

Kontaktná adresa :
Ing. Iveta Miškolciová, Trenčianska univerzita A. Dubčeka v Trenčíne, Študentská 2, 911 50 Trenčín, e-mail : miskolciova@tnuni.sk

doc. Ing. Karol Kalúz, CSc., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-amil : Karol.Kaluz@uniag.sk

Práca vznikla ako súčasť grantového projektu VEGA, reg. č. 1/1323/04 : „Vplyv znečistenia ovzdušia na poľnohospodárske plodiny v aktuálnych imisných podmienkach“

.