

Meteorologické aspekty šírenia a rozptylu exhalátov v atmosfére

JURAJ RAK

Zemská atmosféra je prostredie, v ktorom sa šíria a rozptyľujú exhaláty zo všetkých zdrojov. Intenzita difúzneho procesu a ňou podmienená úroveň koncentrácií atmosférických prímiesí v prízemnom ovzduší v okolí zdrojov závisí od momentálnych meteorologických podmienok v spodných vrstvách atmosféry. Atmosférické procesy môžu šírenie a rozptyl znečistenia podporovať, alebo naopak, môžu byť pre šírenie a rozptyl mimoriadne nepriaznivé. Pri adekvátnych typoch počasia, spojených so silným prúdením, rozvinutou turbulenciou a atmosférickými zrážkami, sú exhaláty veľmi rýchlo rozptyľované vo veľkých objemoch vzduchu a prízemné ovzdušie postihujú len v nevelkých koncentráciách. Na druhej strane pri dlhodobej stagnácii vzduchu, pri nepriaznivom vertikálnom teplotnom vrstvení atmosféry, keď sú rozptyľovacie faktory ovzdušia značne utlmené, nastáva hromadenie škodlivín v okolí zdrojov. Ak takáto situácia, najmä v orograficky zložitom teréne, trvá viac dní za sebou, môže viesť, a vo svete sa už zaznačili také prípady, až ku katastrofálnym dôsledkom. Z týchto príčin štúdium meteorologických faktorov pri riešení problémov znečistenia ovzdušia má mimoriadne dôležitú úlohu.

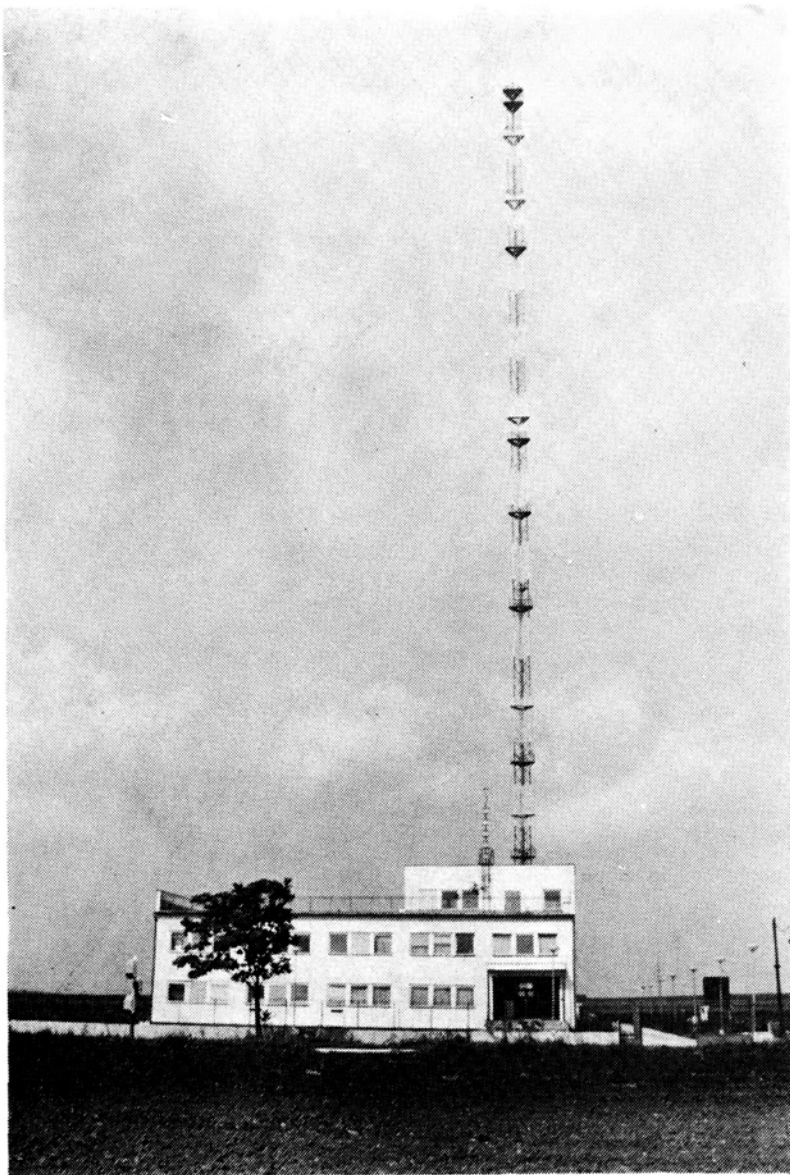
Najnepriaznivejšia situácia v znečistení ovzdušia je spravidla v priemyselných aglomeráciách a v mestách. Koncentrácie škodlivých látok v prízemnej vrstve sú obyčajne o jeden až dva rády vyššie ako v okolitej voľnej krajine. Do ovzdušia väčších miest unikajú ročne desaťtisíce ton plyných aj tuhých exhalátov veľmi pestrého chemického zloženia. Sú to predovšetkým oxidy uhlíka, oxidy síry, sadze a popolček z energetických zariadení pre miestny priemysel a komunálnu sféru a z veľkého množstva drobných vykurovacích systémov. Veľký vplyv môže mať miestny priemysel, najmä chemický, metalurgický a výroba stavebných hmôt. V posledných rokoch sa stáva rozhodujúcim znečisťovateľom ovzdušia miest automobilová doprava. V uliciach miest sa pravidelne prekračujú hygienicky prípustné koncentrácie oxidu uhľového, oxidov dusíka a zlúčenín olova. Až v stonásobne vyššej miere v porovnaní s vidiekom mestskú populáciu ohrozujú kancerogénne uhľovodíky. Kombinovaný vplyv viacerých plyných aj tuhých škodlivín spravidla zvyšuje ich nepriaznivý účinok na živú a neživú prírodu, vrátane zdravia človeka.

Nad územím priemyselných aglomerácií a miest je priebeh počasia lokálne ovplyvňovaný. Klíma miest sa líši od klímy okolitej voľnej krajiny. V priemyselných aglomeráciách a mestách sa prejavuje lokálny vplyv na radiačné, teplotné aj cirkulačné pomery. Zmena albeda a zvýšenie drsnosti povrchu, miestna emisija tepla, ruch v uliciach miest a vysoké koncentrácie atmosférických

prímiesí vplyvajú na energetickú bilanciu povrchu a spodnej atmosféry a lokálne deformujú pole teploty a vetra. Pri slabom všeobecnom prúdení je v mestách tendencia vytvárať lokálnu cirkuláciu termického pôvodu, podmienenú „ostrovom“ tepla. Nad mestom pozorovať typickú zákalovú vrstvu s vysokou koncentraciou aerosólových častíc, ktorá zoslabuje príjem slnečnej energie. Mestá a priemyselné aglomerácie vplyvajú na dohľadnosť, podporujú tvorenie vyvýšených inverzií a lokálnych zrážok. Okolité orografia, najmä blízke súvislé hrebene, tvoria prirodzenú prekážku pre rozptyl škodlivín, zoslabujú všeobecné prúdenie a zvyšujú častotu výskytu stabilného teplotného zvrstvenia.

V súčasnosti sa už k riešeniu nepriaznivého stavu znečistenia ovzdušia nepristupuje iba z lokálneho hľadiska. Skúmajú sa nielen lokálne prejavy počasia ovplyvňované okolitou orografiou a ich vplyv na šírenie a rozptyl exhalátov z miestnych industriálnych a mestských zdrojov. Neustály rozvoj ekonomickej aktivity človeka totiž spôsobil, že znečistenie ovzdušia už prerástlo lokálne hranice, postihuje celé územné celky a v niektorých aspektoch má už globálny dosah. Je narušená prirodzená rovnováha v zložení zemskej atmosféry, čo môže ovplyvniť energetickú bilanciu systému Zem—atmosféra s možnými vážnymi dôsledkami. A práve lokálne zmeny klímy, ktoré sú dôsledkom industrializácie a urbanizácie, môžu slúžiť ako model na posúdenie budúcich zmien klímy v širokých územných reláciách.

Obr. 1. Pracovisko SHMÚ pre meteorologické zabezpečovanie jadrovej energetiky (200 m vysoký stožiar) — Jasl. Bohunice.



Meteorologické podmienky na šírenie a rozptyl exhalátov

Analyzovanie komplexne meteorologických podmienok na šírenie a rozptyl škodlivín v atmosfére je zložité a žiadalo by si viac priestoru. Obmedzíme sa len na objasnenie niektorých základných meteorologických charakteristík a veličín, ktoré majú osobitný význam pri štúdiu a hodnotení režimu znečistenia ovzdušia.

Prúdenie — vietor. Smer vetra ako meteorologický parameter má veľký význam pre šírenie a rozptyl exhalátov. Ak je smer vetra reprezentatívny pre výšku (komín), v ktorej exhaláty unikajú do atmosféry, jeho priemerná hodnota je vlastne smer, v ktorom sa exhaláty zo zdroja šíria. Smer vetra v mete-

orológii (medzinárodný dohovor) sa určuje podľa toho, odkiaľ vietor veje. Severozápadný vietor bude preto spôsobovať prenos exhalátov juhovýchodným smerom od zdroja znečistenia a pod.

Účinok **rýchlosti vetra** na šírenie exhalátov je dvojnásobný. Rýchlosť vetra určuje čas, potrebný na prenos exhalátov od zdroja znečistenia k určitému miestu. Ak je napr. meracia stanica vzdialená od zdroja polutantov 1000 m v smere prúdenia a rýchlosť vetra je $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, je čas potrebný na prenos exhalátu od zdroja k meracej stanici 200 sekúnd. Iný účinok rýchlosti vetra je zoslabovanie koncentrácie exhalátov v smere vetra. Ak nepretržitý zdroj emituje množstvo exhalátov, napr. $10 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$, a rýchlosť



Obr. 2. Pracovisko SHMÚ — Laboratórium čistoty ovzdušia — vyhodnocovanie atmosférických zrážok metódou izotachoforézy.

vetra je $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, bude v smere pohybu vzduchu na vzdialenosť jedného metra 10 g exhalátov. Predpokladajme, že podmienky emisie škodlivín sú tie isté, ale rýchlosť vetra je $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V takom prípade sa vzduch pohybuje $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ okolo zdroja znečistenia a na každý meter dĺžky v smere vetra pripadajú 2 g exhalátov. To značí, že koncentrácia exhalátov z určitého zdroja je nepriamo úmerná rýchlosti okolitého prúdenia.

V predchádzajúcom sme hovorili len o priemernej (strednej) hodnote rýchlosti a smeru vetra. Existujú samozrejme značné odchýlky od tejto priemernej hodnoty. Sú tu zložky rýchlosti vo všetkých smeroch tak s vertikálnym, ako aj s horizontálnym komponentom. Tieto **zmeny rýchlosti a smeru vetra** majú veľký rozsah v priestore aj v čase a majú dôležitú úlohu pri šírení a rozptyle polutantov. Pohyby takého druhu považujeme za **atmosférickú turbulenciu**. Difúzia vyvolaná zvráteným pohybom vzduchu má v atmosférických podmienkach veľmi rozdielne hodnoty, ale ak má difúzia aj najmenšie hodnoty, je jej veľkosť aj tak trikrát väčšia, ako keby ju vyvolala molekulárna činnosť.

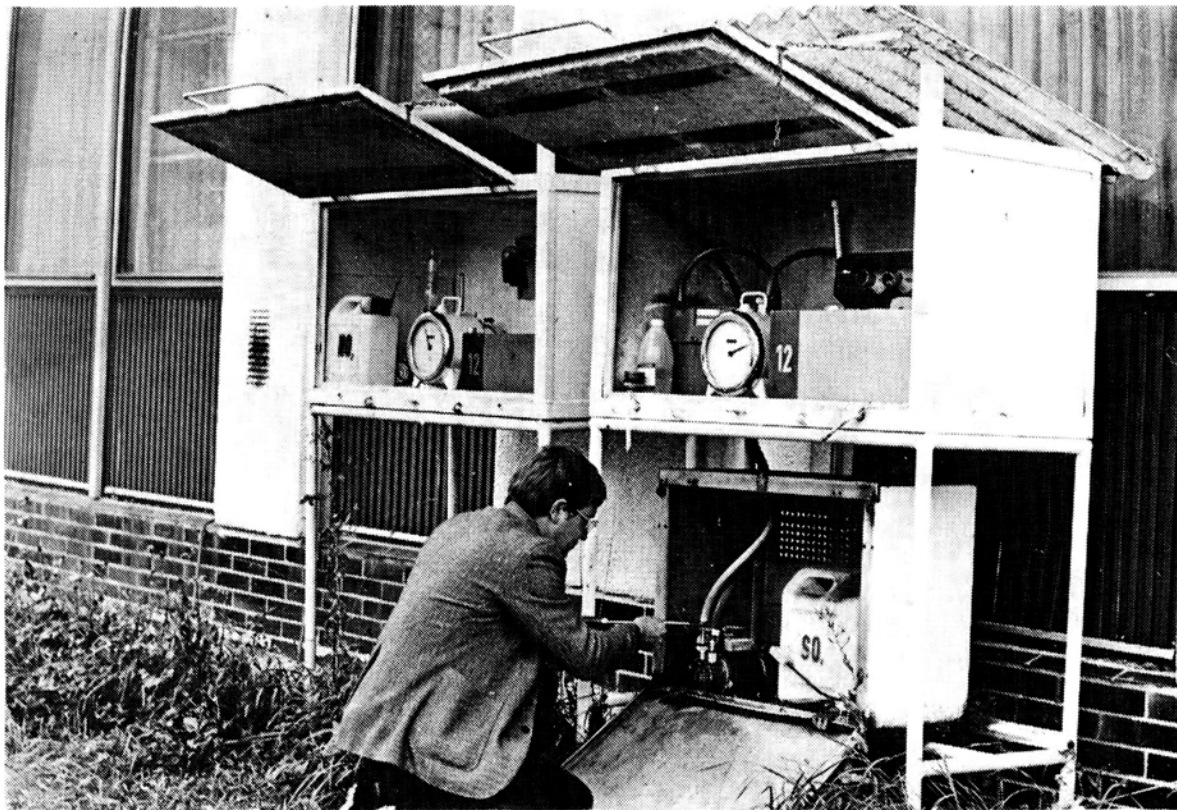
Významnú úlohu pre určovanie schopnosti atmosféry rozptyľovať škodliviny najmä vo väčších mestách má pole **teploty vzduchu**. Jeho charakteristickou črtou je prehriatie stredy mesta oproti jeho okoliu, tzv. „ostrov tepla“. Najvyššie rozdiely teploty vzduchu sa spravidla vyskytujú v letných mesiacoch v noci okolo $2 \text{ }^\circ\text{C}$, v zimných mesiacoch okolo $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Cez deň sa počas

celého roka tento úkaz nevyskytuje, ba naopak prejavuje sa slabší pokles teploty vzduchu v strede mesta oproti jeho okoliu.

Ostrov tepla podporuje lokálnu termickú cirkuláciu, ktorá prenáša škodliviny v prízemnej vrstve ovzdušia v smere od okrajových štvrtí do centra mesta. Takýto konkrétny prípad sa študoval v Bratislave a analýza výsledkov meraní znečistenia ovzdušia túto hypotézu existencie lokálnej termickej cirkulácie potvrdila.

Teplotné pole danej oblasti možno študovať podľa prízemných meteorologických pozorovaní v rôznych nadmorských výškach, alebo pomocou mobilného meteorologického aerostatu. Na niektorých lokalitách (pri jadrových elektrárnach) sú postavené meteorologické stožiare, resp. sú tam inštalované akustické radary (sodáry), kde možno priamo merať stabilitu prízemnej vrstvy atmosféry. Na základe mnohých meraní sa v rôznych lokalitách zistilo, že vertikálny profil teploty nad mestom alebo priemyselnou aglomeráciou sa môže značne líšiť od teplotného profilu nad okolitou voľnou krajinou. Zvýšená mechanická turbulencia nad danou lokalitou pri stabilnom prúdení podporuje vznik vyvýšených inverzií. Exhaláty sa potom hromadia medzi povrchom a spodnou hranicou inverzie.

Medzi meteorologické faktory, ktoré majú tesný vzťah k znečisteniu ovzdušia, patrí vonkajšia teplota vzduchu. Sama teplota vzduchu nemá priamy vplyv na schopnosť atmosféry rozptyľovať škodliviny. Od vonkajšej teploty vzduchu však závisí emisia



Obr. 3. Stanica čistoty ovzdušia SHMÚ — Bratislava Koliba.

škodlivín z veľkého množstva vykurovacích systémov energetiky, komunálnej sféry, ale aj výroby tepla pre rôzne technologické procesy v priemyselnom odvetví (chémia, petrochémia, oceľarsky priemysel a pod.).

Mechanickú turbulenciu spôsobuje drsnosť zemského povrchu, nad ktorým vzduch preteká. Preto aj stromy, kríky, budovy a terénne prekážky túto mechanickú turbulenciu vyvolávajú. Výška prekážok a ich rozmiestnenie má vplyv na veľkosť turbulencie. Vo všeobecnosti, čím je väčšia drsnosť zemského povrchu, tým má mechanická turbulencia väčšie hodnoty, aj jej hodnota sa zvyšuje úmerne so zvyšovaním rýchlosti vetra.

Termickú turbulenciu vyvoláva stabilita atmosféry. Ak sa zemský povrch zahrieva slnečným žiarením, spodné vrstvy atmosféry sa stávajú nestabilnými a termická turbulencia sa zväčšuje, najmä pri slabom vetre. Za jasných nocí so slabým prúdením zem vyžaruje teplo. V dôsledku toho sa zemský povrch ochladzuje, a tým sa ochladzuje aj vzduch, ktorý bezprostredne hraničí so zemským povrchom. Za takýchto okolností je turbulencia minimálna, stabilita atmosféry maximálna.

Dôležitým činiteľom v samočistiacom mechanizme atmosféry sú atmosférické zrážky. Proces vymývania hraničnej vrstvy atmosféry zrážkami je však zložitý a prebieha relatívne pomaly. Najrýchlejšie sú vymývané veľké aerosólové častice. Atmosférických zrážok s nadmorskou výškou pribúda. Napr. pre oblasť Podunaj-

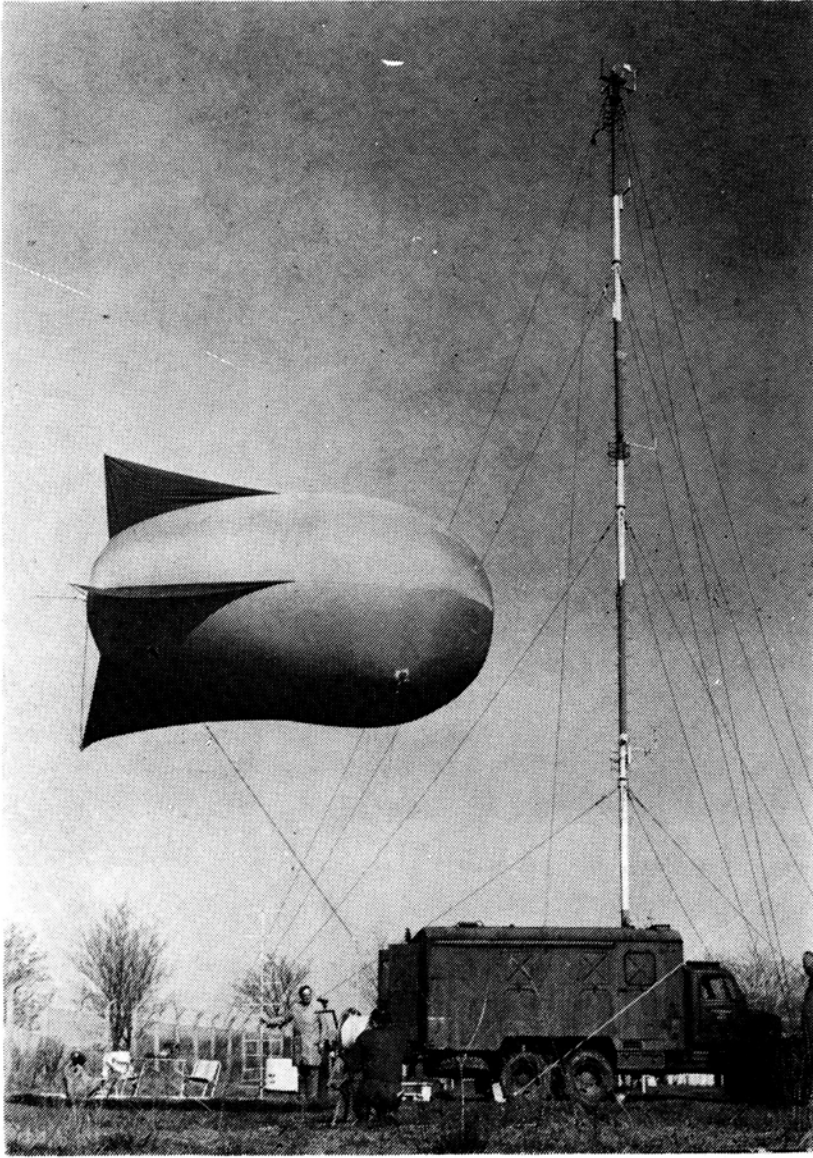
skej roviny je typický častý výskyt suchých období, ktoré trvajú viac ako 30 dní, čo má za následok aj zvýšenie sekundárnej prašnosti pri poľnohospodárskych prácach, ale aj pri neudržovaných sypkých skládkach a v neudržovaných mestách (častice pôdneho pôvodu a sekundárna prašnosť).

Atmosférická difúzia a jej vplyv na šírenie a rozptyl exhalátov

S rýchlym rozvojom rôznych odvetví národného hospodárstva, najmä priemyslu získava význam ochrana krajiny a prírodného prostredia pred rastúcim znečistením ovzdušia. Najefektívnejším obranným prostriedkom je úplné zachytávanie, alebo aspoň obmedzenie exhalátov, ktoré unikajú zo zdroja znečistenia ovzdušia. To možno dosiahnuť dvoma spôsobmi:

- zmenami technológie vo výrobe a
- inštaláciou účinných filtračných zariadení pri zdrojoch znečistenia.

V poslednom období sa venuje týmto možnostiam zvýšená pozornosť, najmä odlučovače sa inštalujú pri veľkých zdrojoch tuhých exhalátov (popolček). Pri niektorých druhoch výroby (ferozliatiny) a pri niektorých druhoch exhalátov, predovšetkým



Obr. 4. Mobilný aerostat — meranie meteorologických charakteristík v prízemnej vrstve ovzdušia.

plynných, je odlučovanie ekonomicky veľmi nákladné, takže by sa výroba stala nerentabilnou. V mnohých prípadoch sa ešte nedoriešila ani technika filtrovania plynných škodlivín. Overujú sa však odsirovacie systémy v podmienkach ČSSR.

Náuka o atmosférickej difúzii, vychádzajúca z fyzikálneho prístupu, je pomerne nová. Významnejšie sa začala rozvíjať až v 20. rokoch nášho storočia a väčší počet odborníkov sa jej venuje až po druhej svetovej vojne. Základom sú poznatky hydrodynamiky o turbulentnom prúdení v hraničnej vrstve atmosféry. Atmosférickej difúzii sa venovala v ČSSR malá pozornosť, preto treba spomenúť aspoň niektoré základné poznatky a predstavy o turbulentnom prúdení. Je to potrebné aj preto, že bez zna-

losti poznatkov a predpokladov, ktoré viedli k odvodeniu aplikovateľných modelov pre rozptyl, mohli by sa tieto modely používať v praxi nevhodným spôsobom. Nebudeme sa zaoberať celou teóriou rozptylu, ale obmedzíme sa iba na základné fyzikálne poznatky, ktorých znalosť je potrebná pri správnej aplikácii.

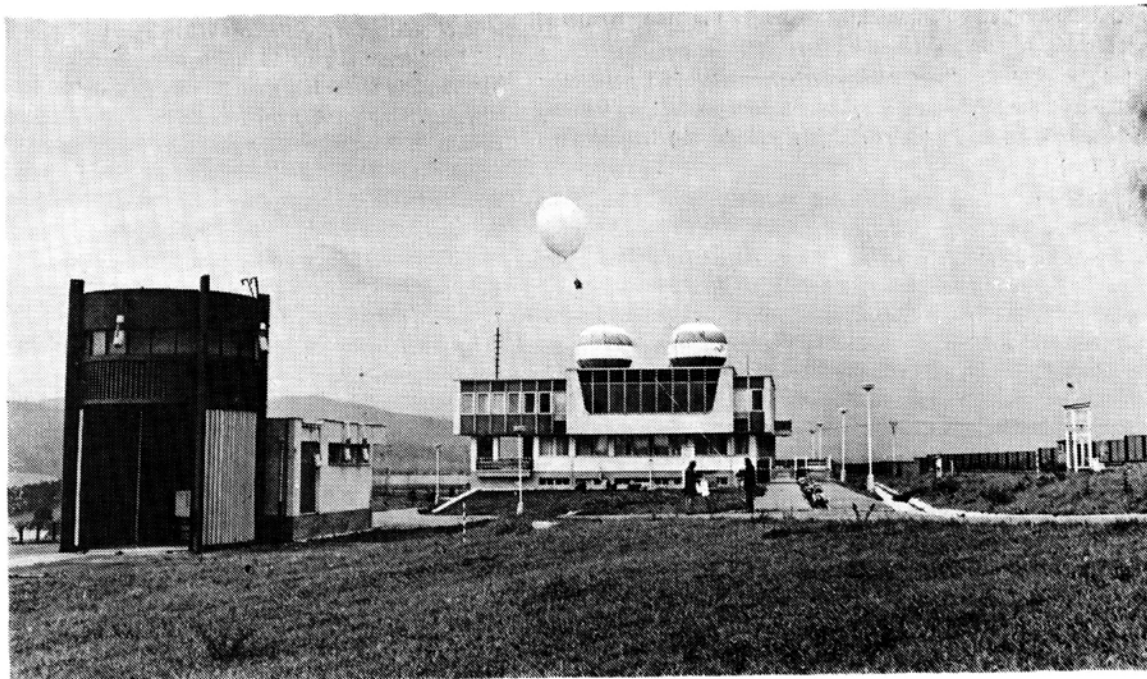
Pri týchto našich úvahách sa obmedzíme na rozptyl plynných exhalátov z takých zdrojov znečistenia, ako sú továrenské komíny. Tieto úvahy potom možno rozšíriť aj na iné zdroje exhalátov, čo je už iba otázka okrajových podmienok matematických formulácií.

Určili sme, že komín je bodový vyvýšený kontinuálny zdroj, ktorého výdatnosť je časovo ustálená (zidealizovaný prípad).

Obr. 5. Pracovisko SHMÚ — rádiolokačná a družicová meteorológia — Malý Javorník.



Obr. 6. Pracovisko SHMÚ — Stredisko aerológie a horskej meteorológie, Poprad — Gánovce.



Ďalej si ešte určíme pojem pasívnych exhalátov, ktoré sa budú šíriť len pod vplyvom prúdenia a difúzie. Pritom nevzniknú straty alebo zmeny exhalátov vplyvom chemických reakcií. Takto po zväžení meteorologických činiteľov sa dostávame k zákonom atmosférickej difúzie.

Vlastnosti turbulentného prúdenia v atmosfére

Príčinou turbulentného prúdenia je vnútorné trenie tekutín. Ak postupujú v danom bode častice tekutiny neustále v tom istom konštantnom smere, nazývame toto prúdenie laminárne. Keď prekročíme v daných podmienkach istú tzv. kritickú rýchlosť, vzniká zložité chaotické prúdenie tzv. turbulentné. Turbulentné prúdenie zatiaľ nemožno riešiť metódami exaktnej hydrodynamiky. Ono samo a jeho vplyv napr. na deje v atmosfére je nesmierne, takže sa musíme usilovať o vyjadrenie zákonitosti turbulencie aspoň pomocou približných metód. Prúdenie v atmosfére a hlavne v blízkosti zemského povrchu je prakticky neustále turbulentné. Turbulencia spôsobuje, že v atmosfére je oveľa väčšia výmena a šírenie hynosti, tepla, vodnej pary aj exhalátov, ako by umožňovala difúzia molekulárneho charakteru. Túto práve preto spravidla v porovnaní s turbulentnou difúziou zanedbávame.

Keď definujeme v záujme správneho rozlišovania dva základné pojmy — turbulenciu a turbulentnú difúziu, vidíme, že turbulencia je vlastnosť prúdenia. Pri jej štúdiu si všimame len hydrodynamické charakteristiky s cieľom určiť rozloženie rýchlosti, tlaku a hustoty prúdiacej tekutiny. To značí, že náuka o turbulencii zapadá do vedného odboru hydrodynamika. Pri turbulentnej difúzii nás zaujíma šírenie určitej látky v tekutine. Toto šírenie aj sám rozptyl sú však vyvolávané turbulentným charakterom prúdenia. Štúdiom turbulencie sa zaoberá hydrodynamika a meteorológia len aplikuje získané výsledky na prúdenie v atmosfére. Aplikácia však nie je ľahká, a preto vzniká osobitná náuka o atmosférickej turbulentnosti, ktorá zaujíma hydrodynamiku aj meteorológiu.

Jedným z dôležitých problémov turbulencie je výskum počiatku vzniku turbulencie. Ukazuje sa, že laminárne prúdenie sa mení na turbulentné, ak rastie (za rovnakých podmienok) Reynoldsovo číslo (Re).

Niekedy sa uvádza jeho kritická hodnota $Re = 2000$. Tento poznatok sa však týka prúdenia tekutiny, kde sú zanedbateľné zmeny hustoty, čo nie je prípad v atmosfére. Ak dopadá napr. na zemský povrch silné slnečné žiarenie, zvýši sa podstatne jeho teplota a ohrieva sa aj bezprostredne priliehajúci vzduch k zemskému povrchu. Nastáva vertikálna výmena a vietor je veľmi turbulentný. V noci, pri vyžarovaní sa spodné vrstvy ochladzujú, teplotné zvrstvenie sa stáva stabilným a brzdí vírové pohyby. Ako vidieť, atmosférická turbulencia v blízkosti zemského povrchu vykazuje výrazné denné zmeny. Vplyvy teplotného zvrstvenia na charakter prúdenia v spodnej atmosfére nemožno zanedbávať. To, pravda, značí komplikáciu matematických teórií. V súvislosti s dynamikou nestlačiteľných tekutín vznikajú ťažkosti aj pri modelových pokusoch, pretože ťažko možno v aerodynamických tuneloch modelovať teplotné zvrstvenie. Preto sa musíme spoliehať najmä na pozorovanie vo voľnej prírode, kde však nemožno riadiť podmienky experimentov. Ak je teplotné zvrstvenie

veľmi odlišné od indiferentného, nebude základným parametrom Reynoldsovo, ale Richardsovo číslo, ktoré je dané vzťahom

$$Ri = \frac{g}{\Theta} \cdot \frac{\frac{\partial \Theta}{\partial z}}{\frac{\partial u}{\partial z}}$$

kde g je gravitačné zrýchlenie, Θ potenciálna teplota (ide o teplotu, ktorú nadobúda vzduchová hmota, ak je adiabaticky privedená na normálny tlak 1000 mb).

$$\Theta = T \frac{(1000)^{0,288}}{p}$$

T a p sú absolútne teploty a tlak danej vzduchovej hmoty, u je priemerná rýchlosť a z je výška.

Ďalkový prenos škodlivín

Ďalkový prenos škodlivín cez hranice štátov začal byť európskym problémom na prelome 60. a 70. rokov ako dôsledok rastu emisií oxidu siričitého, oxidov dusíka, uhlíkov a ťažkých kovov, najmä z veľkých energetických zdrojov. Priemerný čas zotrvania týchto látok v atmosfére je až niekoľko dní. To značí, že môžu byť prenesené v ovzduší do vzdialenosti až niekoľko tisíc kilometrov od zdrojov. Ďalkový prenos vyvolal rast požadového znečistenia ovzdušia (čistej vidieckej krajiny), ďalej rast kyslosti zrážkových vôd (priemerné pH zrážok v strednej Európe bolo r. 1980 4,0—4,5) aj koncentrácií troposférického ozónu (1—2 % ročný nárast v strednej Európe). Tieto skutočnosti spolu s rastom toku dusíka a síry do prostredia, narušením rovnováhy živín a ďalšími faktormi prispievajú k rastu ekologického stresu. Najviac sú postihované citlivé ihličnaté porasty vo vyšších nadmorských výškach.

V období od r. 1950 do 1980 narástli európske emisie SO_2 z 20 miliónov ton na 56 miliónov ton ročne. Prognózy podľa extrapolácie smerovali k hodnotám až 80 miliónov ton na konci storočia. Nepriaznivá prognóza urýchlila ratifikáciu Konvencie EHK o ďalčkovom znečisťovaní ovzdušia v Európe. Jej doposiaľ najvýznamnejším dôsledkom bolo prijatie protokolu o 30-percentnom znížení emisií oxidu siričitého do r. 1993. Závazky vyplývajúce z konvencie zmenili vývoj európskych emisií SO_2 , ktoré r. 1985 dosiahli 43 miliónov ton. V ČSSR sa v tomto období zastavil nárast emisií SO_2 na úrovni 3,1 mil. ton, čo predstavuje 6. až 7. miesto v Európe.

Európska emisná oxidov dusíka sa v súčasnosti uvádza 18 miliónov ton (ako NO_2). ČSSR s 1,1 mil. tonami je na 6. mieste. Podľa predbežných bilancíí emisií uhlíkov a ťažkých kovov sa nachádza ČSSR na začiatku druhej desiatky európskych štátov.

Na kyslosti zrážkových vôd sa v súčasnosti zúčastňujú oxid siričitý asi dvoma tretinami a oxidy dusíka jednu tretinu. Podľa výsledkov meraní 3. etapy projektu EMEP sa v období 1980 až 1985 pozoroval mierny pokles kyslosti zrážok, ktorý sa dáva do súvisu s poklesom emisií oxidu siričitého. Kyslosť zrážok v ČSSR klesá od severozápadu na juhovýchod. Najvyššia je v severozápadných Čechách a najnižšia v rovinách južného a východného Slovenska.

Hoci situácia v znečisťovaní ovzdušia SSR je vo väčšine ukazovateľov priaznivejšia ako v ČSR, nemožno ju zľahčovať. SSR s ročnou emisiou 600 tisíc ton SO_2 by v rebríčku európskych štátov stála na 13. mieste a v prepočte na 1 km^2 plochy by patrila medzi prvých 5 štátov. Depozícia síry na území ČSSR je podľa výpočtov medzinárodných meteorologických centier projektu EMEP v súlade s výpočtami SHMÚ 5 až 6 gramov na m^2 , čo je po NDR druhá najvyššia hodnota v Európe. Podiel spôsobený zahraničnými zdrojmi je v priemere okolo $2,5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, čo je najväčšia hodnota v Európe, že ČSSR v dôsledku svojej stredo európskej polohy je najviac postihovaná diaľkovým prenosom. Podľa rovnakých výpočtov je priemerná depozícia síry na území SSR vyše $4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ za rok (po NDR a ČSR tretie miesto v Európe). Podiel diaľkového prenosu je okolo $2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (Holandsko — 2,1, Rakúsko — 2,0, Belgicko a NSR — 1,8, NDR — 1,6, PLR — $1,5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ za rok). Na druhej strane treba pripomenúť, že približne dve tretiny emisií SO_2 z ČSSR (55 až 60 % zo SSR) sú prenášané cez hranice, najmä do okolitých štátov.

Územné koncentrácie oxidu siričitého v ČSR sú v priemere medzi $15\text{--}25 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, na území SSR medzi $10\text{--}20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Diaľkový prenos sa na týchto hodnotách zúčastňuje 30—50 %, vo vyšších nadmorských výškach aj viac. V intravilánoch miest a v priemyslových oblastiach priemerné koncentrácie SO_2 sú často vyššie ako $50 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Na týchto hodnotách sa zúčastňuje diaľkový prenos malou mierou.

Zložitejšia situácia je v prípade oxidov dusíka, ozónu, uhľovodíkov a ťažkých kovov, kde súčasný výskum ešte nedokáže zhodnotiť veľkosti prenosu. Týmto otázkam sa venuje 4. a predovšetkým pripravovaná 5. etapa projektu EMEP. Intenzívne sa v rámci EHK začalo pracovať na určení ekologických kritérií, tzv. kritických záťaží pre rôzne druhy znečistenia.

Uvedené skutočnosti aj nepriaznivý trend ekologických škôd podčiarkuje nevyhnutnosť znižovania emisií v Európe. Pozitívny trend nastal v prípade SO_2 , kde sa začali realizovať mnohé opatrenia aj v ČSSR. Zastavenie rastu emisií oxidov dusíka väčšina európskych štátov predpokladá v prvej polovici 90. rokov. Vyžiada si to rozsiahle inovácie v energetike, znižovanie spotreby fosílnych palív, katalytické konvertory na autá a ďalšie opatrenia. Zastavenie rastu emisií uhľovodíkov, a tým aj zníženie tvorby troposférického ozónu v Európe sa najskôr môže dosiahnuť až v druhej polovici 90. rokov. Treba preto ešte počítať s rastom ekologických škôd, najmä v lesoch vo vyšších nadmorských výškach. Presnejší obraz poskytnie Kooperatívny program EHK na monitorovanie lesov, ktorého Východoeurópske koordináčne centrum je v ČSSR. K zmierneniu škôd môžu prispieť rôzne ochranné opatrenia (zmeny v spôsobe hospodárenia s lesmi, vápnenie atď.).

Meteorologické zabezpečovanie jadrových energetických zariadení JEZ

Dlhodobým cieľom prác, vykonávaných v oblasti meteorologického zabezpečovania JEZ na Slovenskom hydrometeorologickom ústave (SHMÚ) bolo a zostáva vytvorenie súboru metódik a pracovných postupov, ktoré by umožňovali vyhodnotiť stanovisko k aktuálnym problémom, ktoré kladie rozvoj jadrovej energetiky a súvisia so šírením odpadových látok JEZ v atmosfére.

V roku 1986 bola, ako je všeobecne známe, havária jadrovej energetického bloku RBMK-1000 v JE Černobyľ. Bezprostredným dôsledkom bola kontaminácia atmosféry a povrchu veľkej časti Európy rádioaktívnymi emisiami z havarovaného bloku. Táto skutočnosť následne vyvolala potrebu rozsiahlych opatrení na rôznych úrovniach. Nenastali síce zásadné zmeny v chápaní jadrovej bezpečnosti, ale v niektorých oblastiach vznikol posun priorít. Takou oblasťou je aj problematika meteorologického zabezpečovania JEZ. Aktuálna potreba hodnotenia šírenia oblakov rádioaktívnych exhalátov v atmosfére počas havárie zvýšila všeobecne dôraz na matematické modelovanie epizodických situácií.

Uznesenia vlády ČSSR č. 101/86 a č. 92/87 vytvorili základné predpoklady na sformovanie Monitorovacieho systému v ČSSR na monitorovanie radiačných havárií. Bezprostredné skúsenosti s operatívnou aplikáciou matematických modelov a meteorologických údajov sa získali bezprostredne po havárii JE Černobyľ. Zintenzívnila sa medzinárodná spolupráca v rámci RVHP, ale aj mimo rámca RVHP pri formovaní spoločných prístupov k hodnoteniu radiačných havárií.

V poslednom období sa pri hodnotení ovplyvnenia životného prostredia v okolí JEZ posilnila tendencia komplexného prístupu. Hodnotí sa nielen radiačná záťaž, ale aj tepelné a chemické znečistenia atmosféry a hydrosféry. Študujú sa ďalej aj potenciálne synergické efekty s jednotlivými zložkami. Konkrétnym prejavom tohto faktu je aj posledný návrh normatívno-technického dokumentu (NTD) krajín RVHP pre kontrolu životného prostredia v okolí JE.

V rámci tejto problematiky sa riešili predovšetkým tieto problémy:

- vplyv synergických efektov na šírenie rádioaktívnych exhalátov v atmosfére,
- klimatické efekty tepelných a vodných emisií z JEZ,
- vplyv terénu a zástavby na šírenie škodlivín z JEZ v atmosfére,
- systém na meteorologické zabezpečenie JE Mochovce.

* * *

V rámci úloh vedecko-technického rozvoja v oblasti ochrany a tvorby životného prostredia v podmienkach ČSSR, ale aj medzinárodnej spolupráce predovšetkým v RVHP sa v blízkej budúcnosti bude meteorológia orientovať predovšetkým na:

- rozpracovanie, rozvoj a realizáciu monitorovacích systémov znečistenia ovzdušia,
- antropogénne vplyvy na ovzdušie a klímu v regionálnom meradle,
- hodnotenie emisno-imisných vzťahov,
- zdokonaľovanie meteorologického zabezpečovania JEZ v ČSSR aj v rámci RVHP,
- vývoj a realizácia Kybernetického informačného systému o prírodnom prostredí.

Literatúra:

- Rak, J., 1987: Informačné systémy a možnosti ich využitia pre krátkodobú reguláciu kvality ovzdušia. Zbor. Ref. zo VI. konferencie ochrany ovzdušia — Súčasný stav a trendy znižovania emisií SO_2 , Dom techniky Bratislava.
- Rak, J., 1978: Problémy a perspektívy riešenia čistoty ovzdušia z pohľadu meteorológie. Práce a štúdie HMÚ Bratislava, 18.
- Rak, J. a kol., 1988: Záverečná správa za úlohu štátneho plánu RVT A-12-531-804 Výskum rozptylu a prenosu exhalátov z hľadiska ich účinku na životné prostredie, SHMÚ-Bratislava.