

CÍLE A METODY STUDIA MIKROKLIMATU MĚST**FRANTIŠEK REIN**Ústav fyziky atmosféry ČSAV, Praha-Spořilov, Boční IIa
ČSSR

Резюме

**ЦЕЛИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА
ГОРОДОВ**

Франтишек Рейн

Пробуется составить задачи исследования влияния города на атмосферные процессы в приземном слое. Выделяются темы влияния целого города (изменения характеристик скорости, острова тепла итд.) с одной, и микрометеорологические задачи (обтекание зданий, деформация теплового баланса итд.), с другой стороны.

Summary

**THE OBJECTS AND THE METHODS OF THE STUDY OF MICROCLIMATE
OF THE CITIES**

An attempt is shown how to determine various influences of a city on atmospheric processes. A statement is brought that it is necessary to treat the urban areal as a whole (influence on the mean flow in the surface layer, heat island effects etc.). It is also necessary on the other hand to study the deformations of the atmospheric surface layer caused by individual buildings and their groups, by the street canyons etc. from the point of view of the heat balance and aerodynamics.

1. Úvod

Dřívější urbanistická teorie a zvláště praxe přihlížela při koncipování městských celků i jejich částí převážně jen k technickým podmínkám výstavby a k estetickému působení města a jeho částí. Ostatní přírodní poměry zůstávaly často stranou při rozhodování, a to jednak proto, že v povědomí projektantů a urbanistů nebyly dostatečně známy zásady respektování přírodního prostředí, jednak proto, že pro dané území nebyly často ani známy potřebné veličiny. To se ze všech součástí přírodního prostředí nejvíce týkalo klimatu.

V minulosti máme sice doklady o tom, že stavitelé např. našich středověkých měst v oblastech bohatých na zimní srážky stavěli na náměstích rozsáhlá podloubí, umožňující místní komunikace i při sněhových kalamitách a navíc chránící pěší provoz v horských letních dnech, ale to jsou do značné míry výjimky.

Teprve v současnosti se dostává řeč architektů i do poloh přírodních podmínek výstavby a s tím i poměrů klimatu. I když lze rovněž nalézt odstrašující případy ryze technologického zakládání sídlišť, přece jen zatím aspoň do urbanistické teorie vniká postupně vědomí naléhavosti respektovat přírodní a zvláště klimatické poměry dané lokality.

Pro meteorologa pak v tomto výrazně interdisciplinárním dialogu vyvstává nutnost porozumět architektovi nejen v jeho esteticko-technologických omezeních, ale i samozřejmost vědět o klimatu měst tolik, aby uspokojil nároky svého partnera.

A tím se dostáváme k otázce, co je důležité znát z mikroklimatických podmínek města. Zhruba lze říci, že na jedné straně klima ovlivňuje technický provoz a život města, na druhé straně pak i město samo vyvolává svým nakupením hmot, průmyslovou a dopravní činností i jinak změny mikroklimatu. Pomineme-li zcela prozatím otázky vnitřního mikroklimatu budov a zakrytých prostorů, půjde především o optimalizaci vnějšího mezo- a mikroklimatu městského areálu tak, aby bylo dosaženo rozumného kompromisu mezi klimatickými vlivy na město i naopak. Pokusíme se jednotlivé složky těchto vlivů prodiskutovat.

Máme-li na mysli město jako aerodynamicky drsný povrch s anomáliemi tepelné bilance a s emisí nejrůznějších přídavných látek do atmosféry, pak půjde zřejmě o následující okruhy činnosti:

1.1 Optimální ventilační poměry

Je známo, že město jako celek svou drsností povrchu snižuje střední rychlosti větru. Tato okolnost je nepříznivá pro celkový transfer škodlivin a znečišťujících látek. Naproti tomu vznikající turbulentní proudění, resp. přídavná turbulence generovaná drsným městským povrchem sice lépe rozptyluje škodliviny, může však také obtěžovat (přenášením nerozptýlených oblaků škodlivin k zemi, turbulentními nárazy větru, zvyšováním sekundární prašnosti atd.). Problém přídavné turbulence lze pak do jisté míry redukovat na otázky optimální dislokace překážek a jejich mechanické i tepelné působení. Patří sem i otázky hlukového klimatu, šíření hluku, překážek pro ně i stabilních poměrů v přízemní vrstvě, jež šíření hluku ovlivňují.

1.2 Zmenšování projevů tepelného ostrova města

Jak známo, projevuje se tepelný ostrov města kladně i záporně. Na jedné straně snižuje nebezpečí náledí, námraz, husté mlhy atd., na druhé straně však místní cirkulace ve zvýšené vrstvě promíchávání způsobuje jak setrvávání, tak i větší optickou tloušťku znečištění nad městem, zvyšování počtu kondenzačních jader apod. Otázku zmenšení projevů tepelného ostrova lze do jisté míry převést na otázku uvolňování antropogenního tepla do atmosféry (tzv. tepelné znečištění), přehřátí přízemní vrstvy a optimálního poměru mezi pevnými plochami s nepříznivou tepelnou bilancí a plochami zeleně, jejichž tepelná bilance se blíží otevřené krajině.

1.3 Optimalizace rozptylu škodlivin z různých typů zdrojů

Ve městě máme obvykle tři vzájemně výrazně odlišné typy zdrojů znečištění. Jsou to velké bodové vyvýšené kontinuální zdroje (velké elektrárny, teplárny a továrny zpravidla s vysokými komíny), dále pak obtížně kontrolovatelné malé zdroje (lokální a bloková topeniště, malé průmyslové provozy) a konečně přízemní liniové

zdroje z provozu spalovacích motorů na komunikacích, ulice, železnice, z typu zdrojů má pak své vlastní podmínky disperse škodlivin. Již P. A. KRATZER (1936) stanovil pro rozptyl městských škodlivin tři oddělená pásma, a to do cca 10 m pro nejnižší dopravní zdroje, druhé ve výškách 10—30 m pro malé stabilní zdroje a konečně nad 50 m pro bodové velké zdroje. V komplikovaných poměrech městské zástavby nelze pak např. z měření rozptylových podmínek v jednom z těchto pater usuzovat na rozptyl v patrech ostatních.

Další komplikaci studia klimatu měst působí okolnost, že se podle potřeby musíme zabývat jak městem jako celkem (případně i s jeho aglomerací) co do vlivu na vzdálenější okolí, tak i částmi města pro posouzení jejich působení a mikroklimatických podmínek v detailech.

2. Město jako celek

Uvažujeme-li městský areál z hlediska okolní krajiny, pak se jeví jako plošný zdroj tepla, přídatné turbulence v přízemní a mezní vrstvě a jako plošný zdroj znečištění.

S charakteristikami plošného tepelného zdroje souvisí i srážkové charakteristiky a jejich rozložení nejen v městské oblasti samé, ale i v oblastech příměstských. Tepelný zdroj města velmi ovlivňuje i režim znečištění v jeho okolí.

Již ve třicátých letech se zabýval P. A. KRATZER (1936) ve svém klasičtém díle o klimatu města (1) projevy tepelného ostrova, tj. zvýšením průměrných teplot pro některá německá města. Pozoruhodný je i přístup T. R. OKEA (1972), který hodnotí intenzitu tepelného ostrova při zemi z maximálních rozdílů nočního poklesu teploty ve městě a mimo ně při radiálním typu počasí. Činí tak pro řadu měst na americkém a evropském kontinentě a dochází k názoru, že zmíněný teplotní rozdíl je přímo úměrný velikosti města. Tu vyjadřuje počtem obyvatel, i když správnější, avšak málo dostupnou veličinou by mělo být teplo městem uvolňované. Podle našich prvních odhadů (3) platí tato závislost i u nás. Po dokončení našeho registru emisí, jenž bude vycházet z množství spotřebovaného paliva bude zajímavé tento vztah upřesnit.

Tepelný ostrov města se však projevuje i v celé mezní vrstvě a souvisí úzce i s turbulentní vrstvou promíchávání nad městskou krajinou. Pro St. Louis v USA se tímto jevem zabývali T. C. SPANGLER a R. A. DIRKS (1972). Podle nich je turbulentní inverze nad městem zhruba o 200 až 400 m výše v denních hodinách než nad volnou krajinou. Příčinou je přitom kombinace termodynamických a dynamických vlivů. Výsledky jsou pak důležité pro prognosu úrovně znečištění, jakož i pro posouzení vývoje konvektivních srážek. Podobné výsledky pro oblast New Yorku dostali R. D. BORNSTEIN a j. (1972). U nás se studie prozatím omezily na úvahy o projevech tepelného ostrova v poli přízemních teplot, a to pro nedostatek vhodných měření. První pokusy se dějí v Bratislavě, kde je ve zkouškách měření charakteristik mezní vrstvy pomocí lidarů.

Se vznikem a vývojem tepelného ostrova souvisí deformace proudění nad městem. Zajímavé výsledky dostali např. M. A. FOSBERG a druzí (1972), kteří vypočítávali pole větru nad městem za pomoci znalosti teplotního pole, a to pro situaci s výrazným nočním ochlazením. Kromě vlastních poznatků plyne z této práce i nepřímé poučení, že totiž lze snáze získat data o poli teploty (zpravidla kombinací stálého a ambulantního měření) než o poli větru, jež vyžaduje důkladnějšího technického vybavení.

Modely proudění nad městem a okolím, jsou pak nejčastěji konstruovány z hle-

diska transferu znečištění. Začátek byl v poměrně jednoduchém pojetí města jako soustavy liniových zdrojů znečištění ležících napříč větrem; z této představy vycházeli např. J. KOOGLER a R. SMITH 1967 při posuzování transferu škodlivin v Nashville a mnozí další. Nevýhodou těchto modelů je nutné omezení věrohodnosti zavedením dosti tvrdých vstupních předpokladů. Je to např. nutné zhlazení pole emise, nutné zavedení jednotné výšky emise atd. S. HAMEED 1974 ukazuje právě na příkladu výzkumů v Nashville, jak zjednodušení zavedená do modelů přispívají k jejich malé věrohodnosti a jak jsou naproti tomu důležité znalosti meteorologických veličin, např. předpověď vektoru větru spolu s předpovědí intenzity turbulence atd.

Jak modely celého města, tak i jeho částí ovšem předpokládají faktické znalosti meteorologických i jiných podmínek nad městem, tj. dostatek potřebných měření. A v této věci máme v našich městech značný nedostatek. Např. Praha má jednu met. stanici uvnitř města, dvě až tři na jeho okrajích. Brno je na tom s jedinou stanicí na letišti ještě hůře. Bratislava má sice tři stanice umístěné poměrně racionálně (okraj, střed a vyvýšená část města), avšak ani tam není dostatek informací o meteorologických poměrech v nových částech ležících daleko od dosavadního centra. Lze tak probírat prakticky všechna větší města a všude je stav neuspokojivý. Budeme-li se u nás mět zabývat podobnými pracemi jako jsou úvahy o znečištění a rozptylu ve městě, nutně musíme zlepšit úroveň svých měření co do kvality i kvantity.

3. Části města

Výzkum mikrometeorologie městských částí nebo jednotlivých staveb se v současnosti nese zhruba těmito směry:

- tepelná bilance malých souborů městských hmot a její prostorové a časové změny,
- generování přídavné turbulence za překážkami (domy či jejich skupiny),
- turbulentní výměna a rozptyl škodlivin v různých jejich výškových patrech, zvláště pak rozptyl výfukových plynů v uličních kaňonech.

Zajímavou práci v tomto oboru vykonali např. J. R. MAHONEY a B. A. EGAN (1972) o proudění na pravoúhlých křižovatkách ulic a s ním spojeným rozptylem škodlivin z automobilů čekajících na světelný signál. Teoreticky pojednává o znečištění z komunikace např. A. H. MARCUS (1972). V této práci se řeší jak otázka „zapuštěné“ komunikace, tak i dopravního tělesa na terénu bez bočních překážek. CH. D. CRAIG a W. P. LOWRY (1972) pojednávají pak o uličních kaňonech z hlediska tepelné bilance, zvláště albeda.

Literatura v tomto oboru, pojednávajícím o částech města, je v posledních letech velmi bohatá. V SSSR vycházejí např. jak samostatné sborníky, tak jednotlivé stati v Trudech příslušných ústavů na téma „klima města.“

4. Co je nutno u nás studovat nejdříve?

V našem státě jsme se klimatem města dosud příliš nezabývali. Máme sice klasické práce o makroklimatu měst na velmi dobré úrovni (např. Gregorova monografie o klimatu Prahy jako ukázka z poslední doby za všechny předchozí), mikrometeorologií města z hlediska moderních potřeb (znečištění, ventilace, tepelná bilance), se však nikdo nezabýval. Nicméně technická problematika našich velkých měst se s otázkami životního prostředí střetá již natolik, že bude nutno co nejdříve (a už stejně opožděně) klima města studovat a ze studia vyvozovat prakticky použitelné závěry.

- Domnívám se, že se tak musí dít především v těchto oborech:
- Výzkum deformace proudění v přízemní a mezní vrstvě města.
 - Výzkum rozptylu škodlivin z velkých a středních zdrojů v podmínkách městské turbulentní mezní vrstvy.
 - Výzkum rozptylu z dopravy aspoň na frekventovaných křižovatkách.
 - Výzkum tepelného ostrova měst a s ním spojené deformace mezní vrstvy a důsledky těchto jevů, např. rozložení srážek ve městech a okolí.
 - Mapování úrovně znečištění ve městech, a to nejen obecně, ale za specifických meteorologických podmínek (vektoru větru a stability přízemní vrstvy).
- Meteorolog, zabývající se otázkami městského klimatu, by měl být pro urbanistu, hygienika města a dopravního odobrníka ekvivalentně poučeným partnerem ve svém oboru a nejen tím, kdo může udělat inventuru svých neznalostí konkrétní situace a na druhé straně pracovních metod, které by vedly k nápravě, kdyby byly prostředky na jejich realizaci.

LITERATURA

1. KRATZER P. A. (1936): *Das Stadtklima Vieweg, Braunschweig 1936.*
2. OKE T. R. (1972): City size and the urban heat island. *Conf. Urb. Env. 144—146, Philadelphia 1972.*
3. REIN F. (1972): Zvláštnosti mikroklim. měst. Sborník 6. celost. bioklim. konference, Liblice 1972.
4. SPRANGLER T. C., DIRKS R. A. (1972): Meso-scale variations of the urban mixing layer depth. *Conf. Urb. Env. 37—42, Philadelphia 1972.*
5. BORNSTEIN R. D. (1972): Two dimensional non—steady numerical simulations of nighttime flow over a rough warm city. *Conf. Urb. Env. 89—94, Philadelphia 1972.*
6. FOSBERG M. A. (1972): Wind computations from the temperature field in an urban area. *Conf. Urb. Env. 5—7, Philadelphia 1972.*
7. KOEGLER J., SMITH R. (1967): Computing urban air pollution. *JAPCA 1967, I.*
8. HAMEED S. (1974): Modelling urban air pollution. *Atm. Env. 8, 555—562, 1974.*
9. MARCUS A. H. (1972): Fluctuations in air pollution from highways. *Conf. Urb. Env. 45—48, Philadelphia 1972.*
10. EGAN B. A., MAHONEY J. R. (1972): Modelling tools for urban air pollution predicting studies. *Conf. Urb. Env. 49—56, Philadelphia 1972.*
11. CRAIG CH. D., LOWRY W. P. (1972): Reflections of the urban albedo. *Conf. Urb. Env. 159—164, Philadelphia 1972.*

