

# Kvalita ovzdušia Bratislavy

JURAJ RAK

Ochrane a zabezpečeniu čistoty ovzdušia v Bratislave venujú príslušné orgány v ostatnom období značnú pozornosť. Prijalo sa aj veľa opatrení. Bratislava má, pravda, svoje určité zvláštnosti oproti iným územiám, predovšetkým v tom, že takmer všetky zdroje znečistenia ovzdušia sa nachádzajú v tesnej blízkosti obytných štvrtí.

## Meteorologická a geografická charakteristika oblasti Bratislavy — podmienky rozptylu škodlivín

Klíma Bratislavy má niektoré zvláštnosti, ktoré ovplyvňujú podmienky na riešenie znečistenia ovzdušia. Blízkosť Malých Karpát spôsobuje, že pole viacerých meteorologických veličín, predovšetkým vetra, nie je homogénne. Severozápadné vetry v dôsledku orografického zrýchlenia na záveternej strane Malých Karpát sa vyznačujú zväčšenou rýchlosťou a nárazovitosťou. Ich priemerná rýchlosť v Ivanke je 5,2 m/s, čo značí, že pri týchto vetroch sú v Bratislave priaznivé podmienky na rozptyl exhalátov.

Nepriaznivá situácia vzniká na náveternej strane Malých Karpát pri juhovýchodnom prúdení. Pri stabilnom zvrstvení ovzdušia, ktoré sa vyskytuje najmä pri anticyklonálnych situáciách, v zimnom období a v noci, prúdenie narážajúce na prekážku sa ju usiluje obtečť bokom. Preto sa juhovýchodné prúdenie na náveternej strane Malých Karpát stáča doľava so súčasným poklesom rýchlosti. Stáčanie vetra nastáva len v spodných vrstvách atmosféry a spôsobuje, že exhaláty z okrajových priemyslových štvrtí sú unášané do mesta. Znížená rýchlosť prúdenia a zvýšená stabilita ovzdušia exhaláty slabo rozptyľuje a v strede mesta pri týchto podmienkach vzniká vysoké znečistenie ovzdušia.

Na obr. 1 sú v relatívnych hodnotách znázornené početnosti smerov vetra na štyroch bratislavských meteorologických stani-

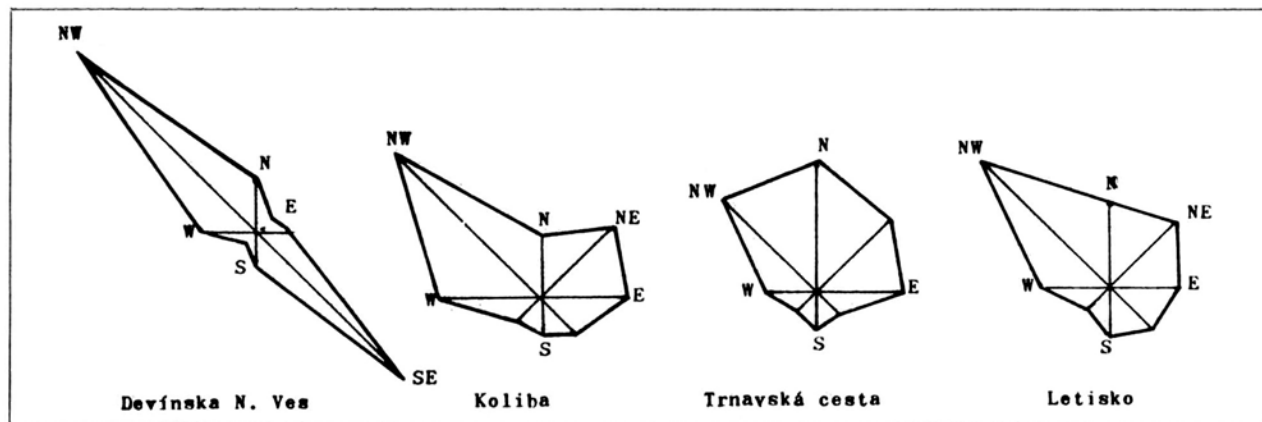
ciach. V tab. 2 sa navyše uvádzajú aj početnosti bezvetria. Najčastejšie sa bezvetrie vyskytuje vo večerných hodinách a najmenej často krátko popoludní. V centre mesta je výskyt bezvetria 3-krát častejší ako na Kolibe alebo v Devínskej Novej Vsi.

Významnú úlohu na určovanie schopnosti atmosféry rozptyľovať exhaláty vo väčších mestách má pole teploty. Najvyššie hodnoty rozdielu teploty stred mesta-okolie sa vyskytujú v letných mesiacoch v noci — V Bratislave 2,0 °C, v zimných mesiacoch 1,2 °C.

Ostrov tepla podporuje lokálnu termálnu cirkuláciu, ktorá prenáša exhaláty v prízemnej vrstve v smere od okrajových štvrtí do centra mesta. Analýza výsledkov meraní znečistenia ovzdušia podporuje hypotézu existencie lokálnej termickej cirkulácie v Bratislave.

Vertikálny profil teploty nad mestom sa môže značne líšiť od teplotného profilu nad okolitou voľnou krajinou. Zvýšená mechanická turbulencia nad mestom pri stabilnom prúdení podporuje tvorenie vyvýšených inverzií. Exhaláty sa potom hromadia medzi povrchom a spodnou hranicou inverzie. Vzhľadom na absenciu meraní však vplyv týchto činiteľov nemožno posúdiť. Vplyvom vertikálnej stability si vysvetľujeme značný rozptyl hodnôt koncentrácií škodlivín pri ináč podobných meteorologických aj emisných podmienkach (Rak, 1978).

Atmosférické zrážky sú dôležitým činiteľom v samočistiacom mechanizme atmosféry. Proces vymývania hraničnej vrstvy atmosférickými zrážkami je však zložitý, a prebieha relatívne pomaly. Najrýchlejšie sú vymývané veľké aerosólové častice. Rozdelenie zrážok v Bratislave je v priebehu roka dosť rovnomerné. Maximum v ročnom chode pripadá na júl. Pre oblasť Podunajskej roviny je typický častý výskyt suchých období, ktoré trvajú viac ako 30 dní. Ak prihladneme na veternú polohu mesta, je pri



Obr. 1. Ružice priemernej početnosti smerov vetra v Bratislave.

týchto situáciách značne znečistené ovzdušie časticami pôdneho pôvodu a sekundárnou prašnosťou (tab. 1).

### Zdroje znečisťovania ovzdušia v oblasti Bratislavy

Pre svoju priaznivú polohu a dostatok technickej vody sa Bratislava stala jedným z najväčších a najvýznamnejších centier chemického priemyslu na Slovensku. Na území mesta sa nachádza okolo 120 organizácií, ktoré sa evidujú ako znečisťovatelia ovzdušia.

V roku 1987 sa do ovzdušia mesta emitovalo približne 86 400 ton škodlivín. Prehľad hlavných znečisťovateľov ovzdušia za rok 1977 a 1987 a emisie škodlivín v t/r dáva tab. 3 a prehľad škodlivín za rok 1986 v tonách pre jednotlivé obvody Bratislavy tab. 4 (Rak, 1988).

Najväčší podiel na znečisťovaní ovzdušia v súčasnosti má petrochemický kombinát Slovnaft, po ňom nasledujú Západoslovenské energetické závody. Chemické závody J. Dimitrova (CHZJD) sú na treťom mieste, pravda, exhalujú toxické, nepríjemne zapáchajúce látky, najmä sírovodík, sírouhľik, chlór a pod. Na CHZJD je aj najviac sťažností zo strany obyvateľov Bratislavy. Komunálna sféra, bytové podniky, ostatné malé závody a malí spotrebiteľia palív sú významným znečisťovateľom najmä tuhých škodlivín, predovšetkým sadzí a popolčeka (Rak, 1988).

V Bratislave v posledných rokoch prudko rastie počet motorových vozidiel a v nadväznosti na to vzrastá aj množstvo exhalátov z automobilovej dopravy.

Význačným zdrojom znečistenia ovzdušia je prach. Pôdne častice a sekundárna prašnosť sa mimoriadne uplatňujú v podmienkach Bratislavy vzhľadom na jej mimoriadne veternú polohu. Vietor neustále rozviruje čistočky pôdy, sadze, priemyslový prach,

prach z nedostatočne udržiavaných ulíc a priestorov, stavenísk, skladov závodov a pod. A preto aj z tohto pohľadu je zníženie sekundárnej prašnosti jednou z hlavných úloh, pokiaľ ide o čistotu ovzdušia v Bratislave.

Nevýhodou Bratislavy je blízkosť medzinárodného letiska pri hlavných priemyslových zdrojoch škodlivín v meste. Stavebné výšky komínov v CHZJD, IC II a Slovnafte sú z toho dôvodu obmedzené do výšky 80 m.

### Vývoj znečistenia ovzdušia v oblasti Bratislavy

Oxid siričitý sa všeobecne pokladá za hlavný indikátor znečistenia ovzdušia miest. V Bratislave vytvára takmer spojité pole koncentrácie nad celou oblasťou. Stredné obdobie života  $SO_2$  v atmosfére sa pohybuje v závislosti od koncentrácie a vonkajších podmienok od niekoľkých desiatok minút až po niekoľko dní. Výsledky meraní koncentrácií  $SO_2$  ukázali, že v priemere v Bratislave r. 1970—1973 a 1978—1983 mierne klesali, čo možno dať do súvisu s realizáciou teplofikačného plánu, t. j. nahradzovaním domových a blokových kotolní centrálnym rozvodom tepla, čiastočne asanáciou a zlepšovaním skladby palív u drobných spotrebiteľov. V roku 1974 a 1977 sa už prejavil celkový nárast  $SO_2$  z priemyselných zdrojov. Mierny vzostup bol aj r. 1985 až 1987 (obr. 4).

Ročný chod koncentrácií  $SO_2$  je pravidelný a zhruba opačný ako chod teploty. Podľa očakávania najmenšiu amplitúdu ročného chodu mali stanice, ktoré sú v bezprostrednom dosahu škodlivín z veľkých zdrojov, pričom vplyv okolitých drobných zdrojov je malý. Vo všetkých mesiacoch najvyššie hodnoty sa zistili na stanici Centrálne trhovisko.

Tab. 1. Vybrané klimatické charakteristiky meteorologických staníc Bratislava, letisko (L), Bratislava, Koliba (K) a Bratislava, Trnavská (T) za obdobie 1931 – 1960

Prvok		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Rok
t	L	-1,9	0,0	4,4	10,2	15,0	18,4	20,4	19,5	15,8	9,9	4,8	0,8	9,8
	K	-2,6	-0,6	4,0	9,7	14,5	17,7	19,8	19,1	15,7	10,0	4,1	0,1	9,3
	T	-1,4	0,6	5,1	10,8	15,7	19,0	20,9	20,1	16,5	10,5	5,2	1,1	10,3
Ū	L	82	79	74	67	69	68	67	69	70	78	83	85	74
	K	84	80	73	65	66	67	65	66	69	76	85	88	74
	T	80	76	69	63	65	64	62	65	67	75	71	83	71
R̄	L	43	42	41	39	63	56	73	57	35	52	60	50	611
	K	45	45	46	43	69	66	79	67	40	63	60	53	676
	T	46	45	42	42	67	60	72	60	37	58	60	53	642

t – priemerná mesačná a ročná teplota vzduchu v °C, Ū – priemerná mesačná a ročná relatívna vlhkosť vzduchu v %, R – priemerný mesačný a ročný úhrn atmosférických zrážok v mm.

Tab. 2. Priemerná početnosť smerov vetra v roku v Bratislave (v %)

Stanica	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Koliba	9	14	12	7	5	4	14	28	7
Trnavská cesta	18	14	12	4	5	4	7	18	18
Letisko	12	13	9	8	7	4	9	25	13
Devínska Nová Ves	8	3	4	29	4	2	8	36	7

Vysvetlivky: N = sever, E = východ, S = juh, W = západ, C = bezvetrie.

Poznámka: Početnosti smerov vetra sú spracované za 20-ročné rady pozorovaní, ktoré úplne dostatočne reprezentujú aj súčasné veterné pomery. Koliba 1951–1970, Trnavská cesta 1941–1960, Letisko 1951–1970, Devínska Nová Ves 1927–1943, 1943–1953.

Tab. 3. Prehľad hlavných znečisťovateľov ovzdušia v Bratislave v roku 1977 a 1987

Organizácia	Emisia v tonách za rok								Podiel v % na celkovej emisii	
	SO <sub>2</sub>		Prach		Ostat.		Celkom		1977	1987
	1977	1987	1977	1987	1977	1987	1977	1987		
Slovnaft, n. p.	35 000	21 888	—	825	24 000	3 194	59 000	25 907	47	30,0
Západoslovenské energet. závody	10 400	9 010	1 100	599	3 200	2 774	14 700	12 385	12	14,3
CHZJD	400	827	—	89	4 300	1 968	4 700	2 883	4	3,3
Matador, n. p.	1 300	1 326	400	82	500	29	2 200	1 437	2	1,7
Kablo, n. p. (Gumon)	—	0	—	54	800	1 290	800	1 333	0,5	1,5
Bytové podniky	1 200	0	1 600	30	400	411	3 200	441	2,5	0,5
Automobilové emisie	100	0	800	0	25 100	31 355	26 000	31 355	21	6,3
Ostatné zdroje znečistenia	6 600	4 905	3 900	2 569	3 300	3 195	13 800	10 669	11	12,4
<b>Celkom</b>	<b>55 000</b>	<b>37 956</b>	<b>7 800</b>	<b>4 248</b>	<b>61 600</b>	<b>44 216</b>	<b>124 400</b>	<b>86 410</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Tab. 4. Prehľad škodlivín za rok 1986 v t/r za jednotlivé obvody hl. m. SR Bratislava

Obvod	Tuhé	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	Org. zluč.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	CS <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	F	Cl	Anorg. zluč.	HCl
Bratislava I	945,1	1018,5	588,3	1075,4	341,8	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Bratislava II	1696,9	32302,9	5100,2	814,2	429,0	1129,2	—	—	—	—	—	—	7,8	—
Bratislava III	1035,1	6152,6	1688,6	338,9	109,9	11,8	5,0	274,3	1630,2	0,8	—	1,9	—	—
Bratislava IV	397,5	3367,1	860,0	213,0	61,2	6,6	—	—	—	—	—	—	—	—
Bratislava V	129,1	1668,2	650,2	40,9	16,6	4,7	—	—	—	—	—	—	0,6	—
Bratislava celkom	5148,8	44509,1	8887,3	2482,4	958,5	1154,3	5,0	274,3	1630,2	0,8	—	1,9	8,4	—

Denný chod koncentrácií SO<sub>2</sub> závisí od mnohých činiteľov. V prípade, že znečistenie spôsobujú predovšetkým drobné vykurovacie systémy, je denný chod vo vykurovacom období pravidelný s ranným a večerným maximom, súvisiacim so špičkami vo vykurovaní. Okrem vykurovacieho obdobia sú koncentrácie zanedbateľné. V prípade, že lokalitu zasahuje vlečka z veľkého zdroja, denný chod vo voľnej krajine v zázvetří zdroja má jedno maximum v skorých dopoludňajších hodinách (1979).

Vzťah medzi koncentráciou oxidu siričitého a meteorologickými činiteľmi je v Bratislave veľmi zložitý. Súvisí to medzi iným so skutočnosťou, že pole meteorologických veličín je v oblasti mesta nehomogénne.

Analýza výsledkov meraní koncentrácií oxidu siričitého ukazuje, že vysokú úroveň znečistenia ovzdušia v Bratislave možno s veľkou pravdepodobnosťou očakávať pri vetroch v sektore od severovýchodu po juhovýchod, ak súčasne priemerná denná teplota vzduchu na letisku v Ivanke je menšia alebo rovná -1,0 °C. Výskyt vysokého priemerného znečistenia ovzdušia SO<sub>2</sub> v meste pri iných meteorologických podmienkach je málo pravdepodobný (1979).

#### Znečistenie ovzdušia aerosólovými časticami

Pre ovzdušie Bratislavy sú typické vysoké koncentrácie aerosólových častíc. Po prechode väčšiny bratislavských energetických zariadení na mazut a postupnou realizáciou teplofikačného plánu mesta nastalo výrazné zníženie tuhých škodlivín z lokálnych priemyselných aj drobných zdrojov. V Bratislave sa pre jej veternú polohu mimoriadne uplatňujú pôdne aj sekundárne častice, ktoré spolu s automobilovou dopravou sa rozhodujúcou mierou zúčastňujú na znečistení prízemnej vrstvy ovzdušia (obr. 4). Koncentrácie aerosólových častíc v ovzduší Bratislavy sú značne vyššie v po-

rovnani s oxidom siričitým, pritom majú rovnakú hodnotu NPK (tab. 7, obr. 4).

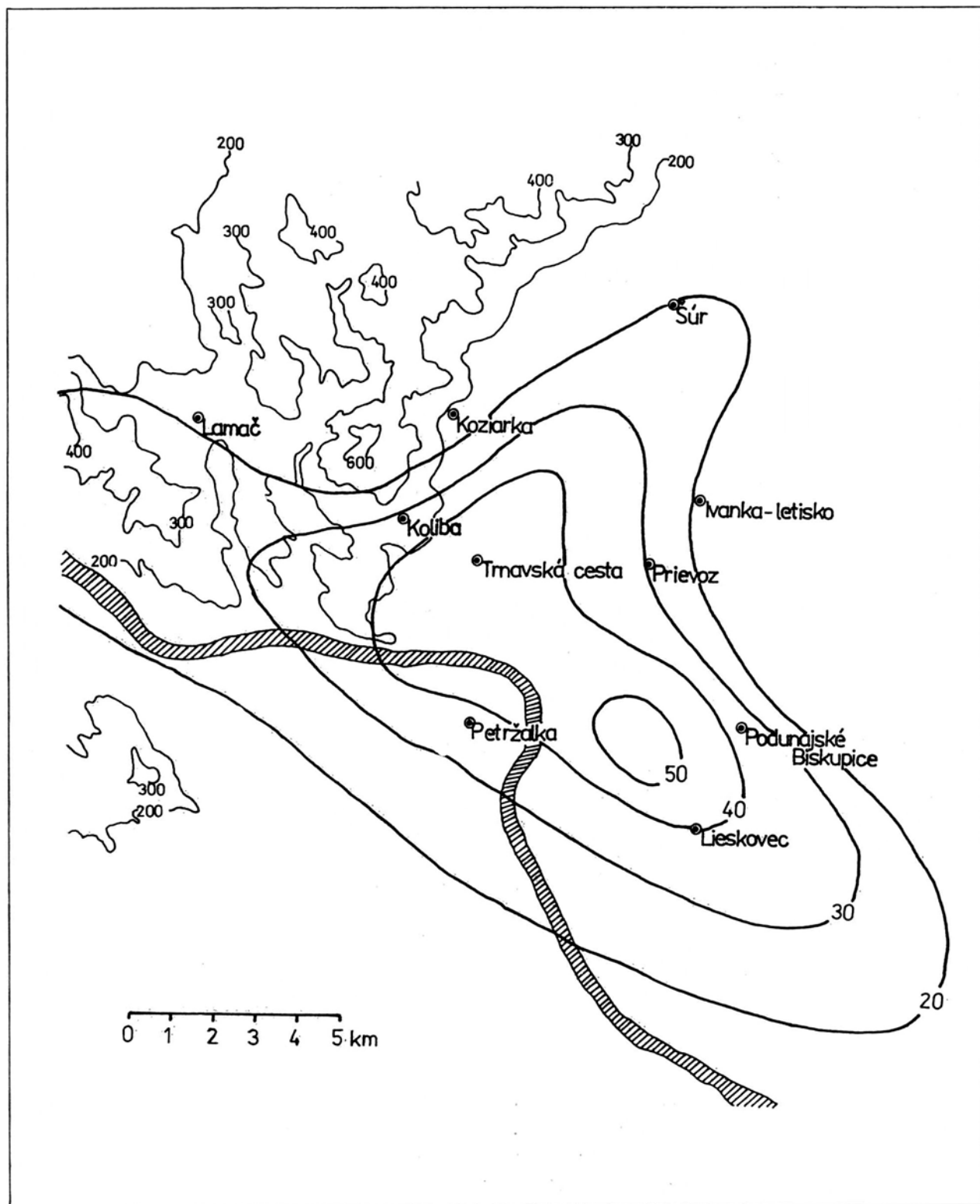
Podobne ako pri prašnom spade aj merania koncentrácií častíc naznačujú na určitý pokles priemerných hodnôt. Na všetkých staniách v niektorých rokoch sa vyskytuje pomerne časté prekračovanie NPK, a to na rozdiel od SO<sub>2</sub> aj v letných mesiacoch. V extrémnych prípadoch priemerné denné koncentrácie prekračovali hodnotu 0,50 mg/m<sup>3</sup>. Ročný chod koncentrácií je dosť nepravidelný, v priemere o niečo vyššie hodnoty sú v zimných mesiacoch.

Závislosť koncentrácií atmosférického aerosólu od smeru vetra bola na všetkých staniách veľmi podobná ako v prípade oxidu siričitého. Dôležitý je poznatok, že pri silnom nárazovitom vetre sa vyskytujú na staniách na náveternej strane mesta koncentrácie vyššie ako povolujú hygienické predpisy (0,15 mg/m<sup>3</sup>). Vysvetliť to možno zvieraním pôdnych a sekundárnych častíc, najmä z okolia stanice.

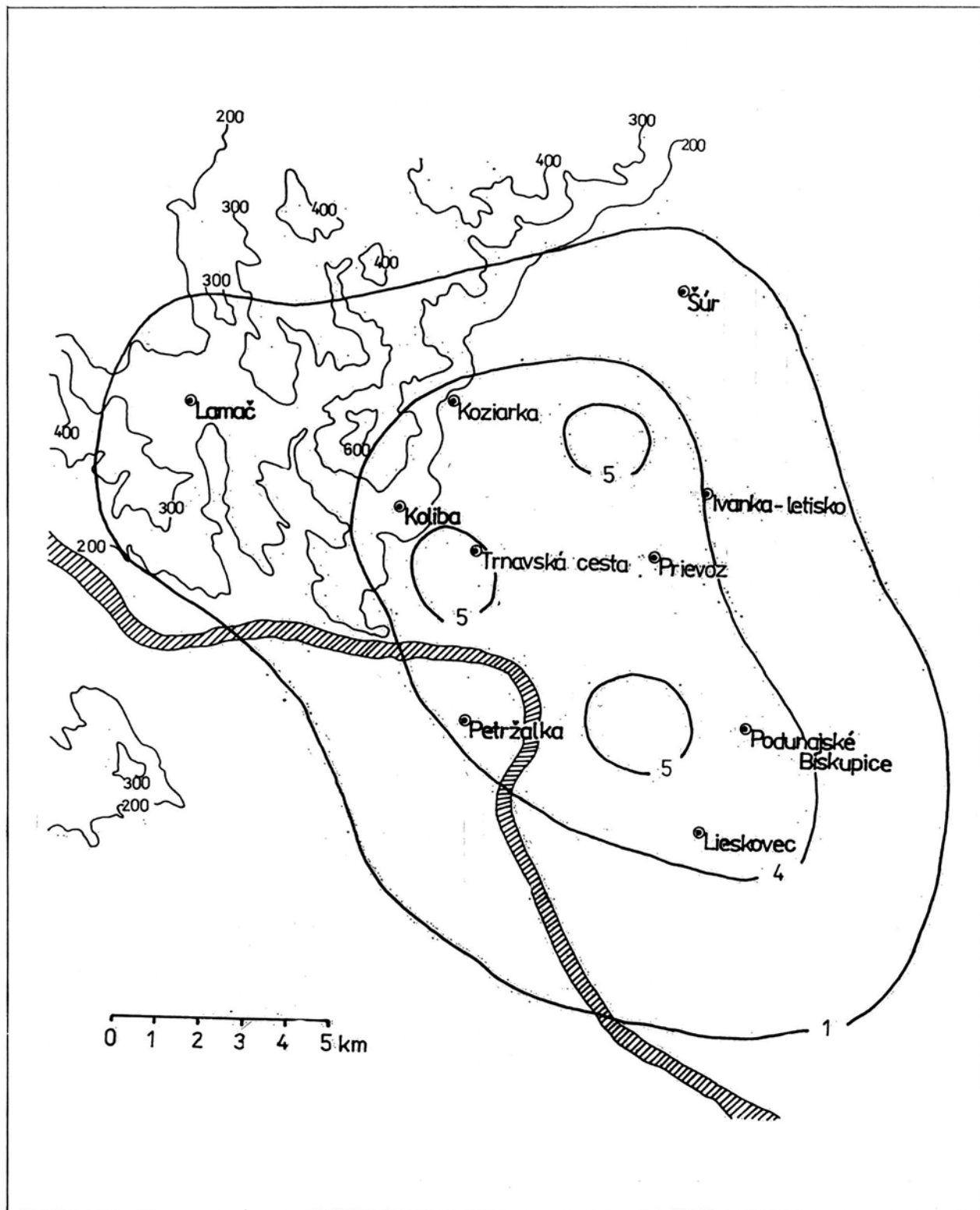
Základné chemické zloženie aerosólu (kremičitá zložka, sírany, organické látky, anorganický zvyšok) z Koliby zodpovedalo zloženiu bežného kontinentálneho aerosólu a v priebehu roka sa veľmi nezmenilo. Mestský aerosól obsahuje veľké množstvo silne toxických látok. Doterajšie merania ukazujú na zvýšenú úroveň ťažkých kovov, najmä olova a kancerogénnych látok vo vzorkách z bratislavského ovzdušia (1979).

#### Organoleptické exhaláty CHZJD

CHZJD okrem SO<sub>2</sub> exhalujú 1630 t sírouhlika, 274 t sírovodíka za rok a v menších množstvách celú skupinu silne toxických látok. Hygienické predpisy pre vonkajšie ovzdušie pripúšťajú pre CS<sub>2</sub> krátkodobú koncentráciu 30 µg/m<sup>3</sup> a pre H<sub>2</sub>S dokonca len 8 µg/m<sup>3</sup>. Prepočítaný ekvivalentný zdroj SO<sub>2</sub> by bol väčší ako celá súčasná emisia SO<sub>2</sub> v Bratislave.



Obr. 2. Rozloženie priemerných ročných koncentrácií oxidu siričitého zo všetkých zdrojov v Bratislave za r. 1987 (v  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Obr. 3. Prekrošenie NPK pre SO<sub>2</sub> v % zo všetkých zdrojov v Bratislave za r. 1987.

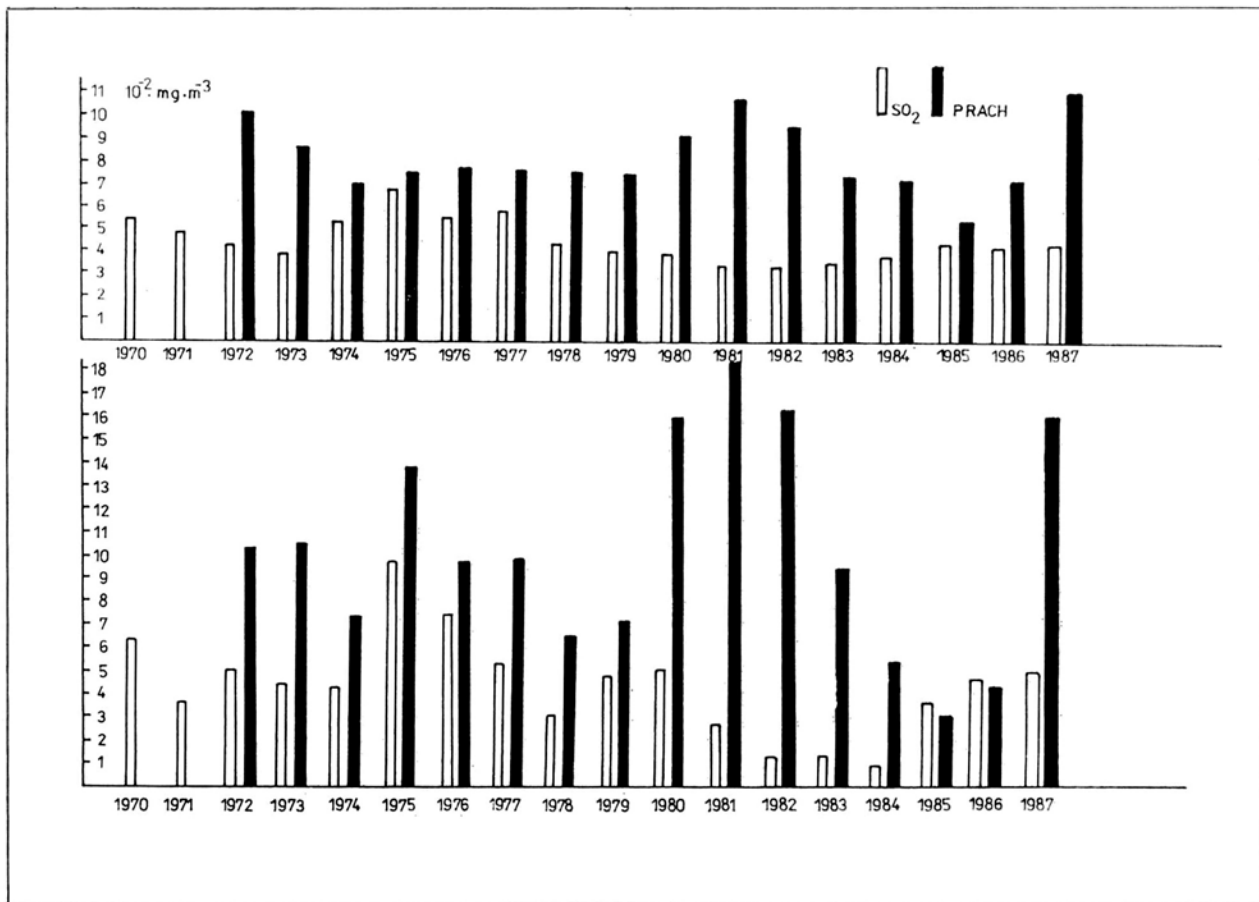
Tab. 5. Priemerné ročné koncentrácie ( $\bar{x}$ ) v  $10^{-2}$  mg/m<sup>3</sup>, častosti prekročenia NPK v % a maximálne denné koncentrácie v  $10^{-2}$  mg/m<sup>3</sup> pre oxid siričitý na staniách SHMÚ v oblasti Bratislavy r. 1972—1987

Rok	1972			1973			1974			1975			1976			1977			1978			1979			
	%			%			%			%			%			%			%						
	Stanica	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max
		NPK			NPK			NPK			NPK			NPK			NPK			NPK					
Oxid siričitý																									
Lamač	4	7	31	3	3	24	6	2	22	6	6	42	7	14	36	7	12	41	5	8	32	6	4	26	
Koliba	6	11	47	6	8	35	7	9	26	8	15	36	5	3	23	6	8	33	4	4	22	6	4	21	
Koziarka	4	6	26	3	1	18	4	2	22	5	9	32	4	2	24	5	4	22	4	6	30	3	2	28	
Vajnory	3	1	21	1	0	12	2	0	15	4	2	24	4	2	19	4	1	26	3	0	15	2	0	16	
Centr. trhovisko	10	28	53	6	21	38	12	20	78	15	39	62	10	22	41	9	15	30	6	9	26	6	12	52	
Prievoz	4	3	23	5	3	32	6	5	28	7	9	42	4	1	24	5	1	29	4	3	20	4	2	20	
Letisko	3	1	18	3	1	25	4	1	18	4	2	20	4	2	21	3	1	19	3	1	16	2	1	24	
Pod. Biskupice	3	1	20	3	1	22	4	1	18	6	5	30	5	4	27	6	3	26	4	5	24	4	4	28	
Rovinka	3	1	18	3	2	23	3	1	27	4	2	31	4	1	25	6	5	36	4	5	26	4	5	52	
Petržalka	2	2	19	2	1	20	4	1	22	6	7	46	6	7	34	5	3	20	4	3	23	4	3	32	
Priemer	4,2	6,2	28	3,5	4,1	25	5,2	4,2	28	6,5	9,6	37	5,3	5,8	27	5,6	5,3	28	4,1	4,4	23	4,1	3,5	30	

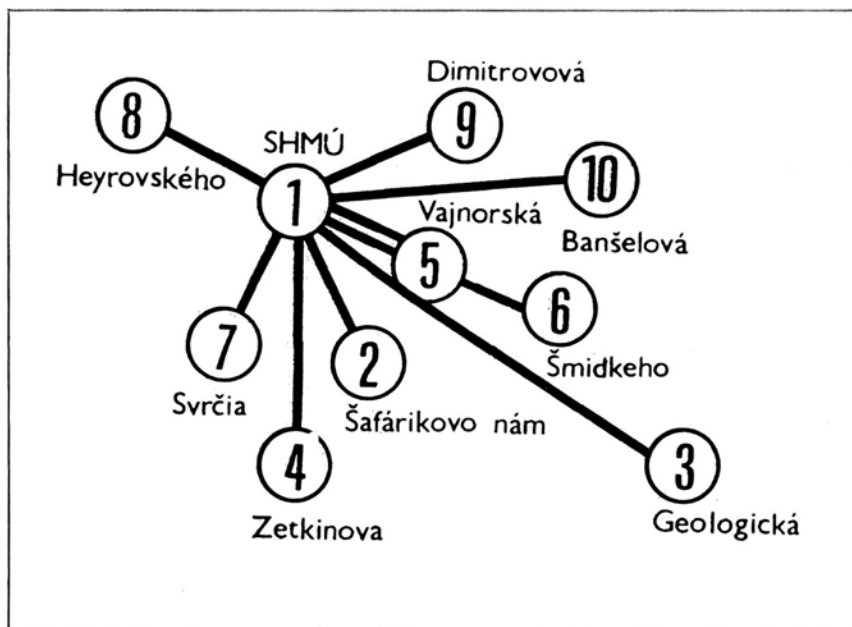
Rok	1980			1981			1982			1983			1984			1985			1986			1987			
	%			%			%			%			%			%			%						
	Stanica	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max
		NPK			NPK			NPK			NPK			NPK			NPK			NPK					
Oxid siričitý																									
Lamač	4	5	28	3	2	32	3	0	18	3	1	22	4	1	21	4	4	20	4	5	25	4	5	36	
Koliba	4	5	34	3	2	20	3	2	39	3	1	17	4	0	17	4	3	22	4	6	24	4	6	35	
Koziarka	—	5	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Vajnory	2	2	36	3	2	27	2	1	25	2	0	16	2	0	15	3	2	20	3	2	19	3	4	48	
Centr. trhovisko	6	10	46	4	3	26	4	2	32	5	4	23	5	3	24	6	8	31	5	6	32	5	6	51	
Prievoz	3	3	30	3	2	33	4	1	30	4	1	20	4	1	18	4	4	23	4	4	25	3	3	49	
Letisko	—	4	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Pod. Biskupice	3	3	46	3	2	22	3	2	21	3	0	17	3	1	18	4	3	20	4	5	22	4	6	41	
Rovinka	5	6	44	4	5	32	3	2	34	4	2	18	3	1	26	5	4	28	5	4	26	5	6	48	
Petržalka	5	7	52	3	2	24	3	1	15	3	0	16	3	1	25	4	3	30	4	6	23	4	6	34	
Priemer	3,2	5,0	40	2,6	2,0	22	2,5	1,1	21	2,7	0,9	15	2,8	0,8	16	3,4	3,1	19	3,3	3,8	20	3,2	4,2	34	

Približné teoretické výpočty ukazujú, že pri predpoklade pasívnosti rozptyľovaných látok možno za nepriaznivých meteorologických podmienok očakávať koncentrácie presahujúce 1 mg/m<sup>3</sup>. Skutočne namerané hodnoty boli značne nižšie, hoci je pravde-

podobné, že extrémne hodnoty unikli. Výsledky expedičných meraní ukázali, že pomerne často v smere vetra od CHZJD sa prekračujú hygienicky prípustné koncentrácie H<sub>2</sub>S do vzdialenosti, ktorá v závislosti od meteorologických činiteľov môže byť 2 až

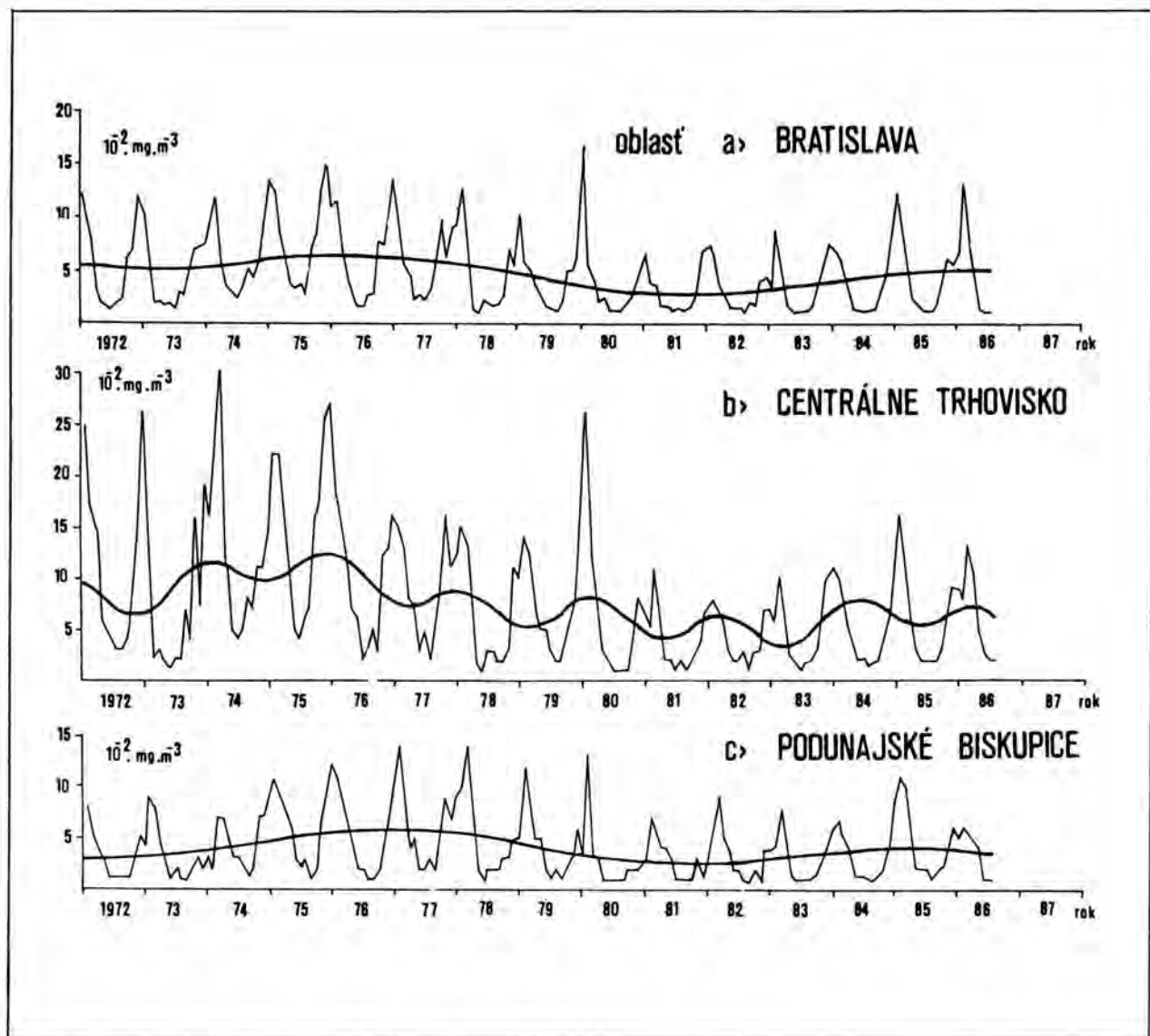


Obr. 4. Oblastné ročné priemery koncentrácií SO<sub>2</sub> a prachu (a) a % prekročení NPK — priemer (b) v oblasti Bratislavy za r. 1970–1987.



Obr. 5. Rozmiestnenie staníc AMSZO v Bratislave. (Lokalita stanice 1 súčasne značí aj umiestnenie centrálnej jednotky AMSZO v budove SHMÚ — Koliba.)





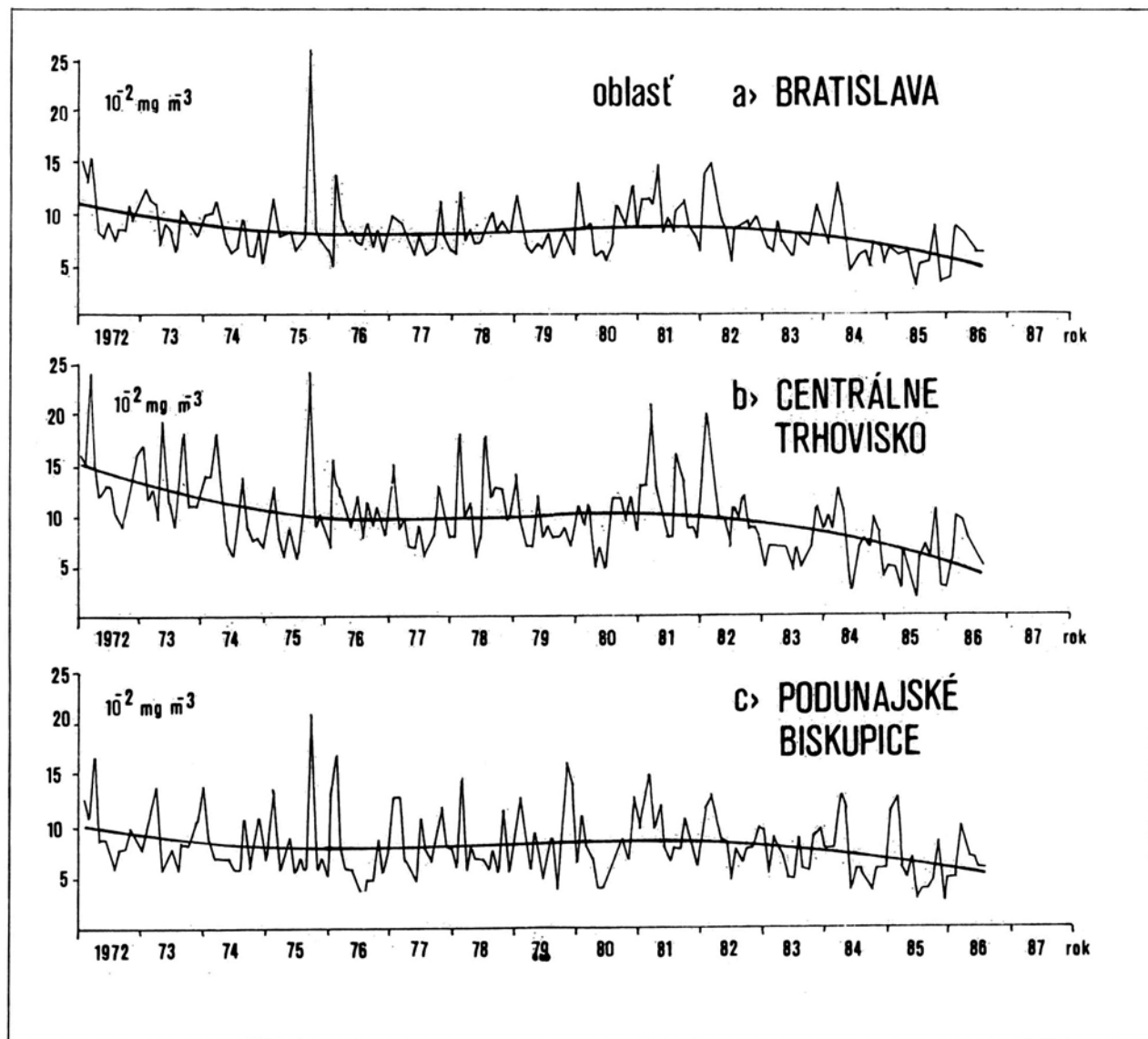
Obr. 6. Priemerné mesačné koncentrácie oxidu siričitého (— trendové hodnoty).

3 km. V prípade  $\text{CS}_2$  je porušovanie NPK menej časté. Bežne namerané koncentrácie  $\text{H}_2\text{S}$  v uliciach v okolí CHZJD prekračovali dve- až päťkrát hygienicky prípustné hranice. V extrémnych prípadoch sa zistili koncentrácie podstatne vyššie. Najvyššie nameraná koncentrácia  $\text{H}_2\text{S}$  bola  $616 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , t. j. 78-násobne prekročenie NPK. V prípade  $\text{CS}_2$  sa v niekoľkých prípadoch namerali koncentrácie prekračujúce  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Najnepriaznivejšia situácia nastáva pri pomalom severovýchodnom vetre pri nepriaznivom teplotnom zvrstvení atmosféry. Tieto stavy sú typické pre nočné hodiny, keď vyššie koncentrácie zasahujú svahy Malých Karpát

a celú oblasť mesta v smere od CHZJD po Centrálné trhovisko a Račianske mýto.

#### Znečistenie ovzdušia, ktoré spôsobuje automobilová doprava

Automobilová doprava sa vo väčších mestách stáva postupne hlavným zdrojom znečistenia ovzdušia. Spaľovaním pohonných zmesí uniká do ovzdušia veľké množstvo silne toxických látok,



Obr. 7. Priemerné mesačné koncentrácie prachu (— trendové hodnoty).

ako sú oxid uhoľnatý, oxidy dusíka, celá skupina uhľovodíkov, mnohé z nich s kancerogénnym účinkom, zlúčeniny olova, aldehydy atď. Vplyvom krátkovlnnej zložky slnečného žiarenia vznikajú fotochemické premeny primárneho zloženia výfukových plynov, ktoré môžu spôsobovať rast koncentrácie látok oxidačného charakteru. Úroveň koncentrácií v prízemnej vrstve ovzdušia je značne nehomogénna, závisí od intenzity automobilovej dopravy, hustoty zástavby ulíc a meteorologických podmienok. Najnepriaznivejšie stavy nastávajú pri dlhodobej stagnácii vzduchu, v centre mesta, v čase dopravných špičiek.

Bratislava leží vo veternej polohe. Prírodná ventilácia ulíc a ostatných mestských priestorov je relatívne dobrá. Prudký vzrast intenzity automobilovej dopravy a nevyhovujúci zložitý systém často úzkych ulíc spôsobili, že už v súčasnosti je úroveň automobilového znečistenia ovzdušia vysoká. Koncentrácie automobilových exhalátov sa zatiaľ v Bratislave merali málo, a tak nie je možné dať zodpovednú odpoveď o režime a trende automobilového znečistenia ovzdušia v jednotlivých častiach mesta.

Doteraz vykonané merania podľa očakávania ukazujú, že najväčšie takéto znečistenie je na veľkých križovatkách (Šafárikovo

Tab. 6. Priemerné mesačné koncentrácie SO<sub>2</sub> v 10<sup>-2</sup> mg/m<sup>3</sup> v Bratislave za roky 1970–1987

Stanica	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Poznámka
Lamač	11	9	6	3	2	1	1	1	2	4	5	7	
Koliba	10	8	5	2	2	2	2	2	2	5	6	7	
Vajnory	7	5	3	2	1	1	1	1	1	2	3	5	
Centr. trhovisko	14	12	8	4	3	2	2	2	4	7	9	11	
Prievoz	9	7	5	3	3	2	2	2	2	3	5	6	
Trnávka	11	10	6	3	2	3	2	2	3	4	6	9	(od 1. 1. 1981)
Pod. Biskupice	10	9	5	3	2	2	1	1	2	3	5	6	
Rovinka	11	8	5	3	2	3	3	2	2	3	5	6	(od 1. 1. 1977)
Petržalka	10	8	5	3	2	1	1	1	2	4	5	7	
Bratislava priemer	10,3	8,4	5,3	2,9	2,1	1,9	1,7	1,6	2,2	3,9	5,4	7,1	

nám., Kamenné nám., Račianske mýto atď.). Hodnoty priemer-  
ných tridsaťminútových koncentrácií sa podľa meraní SHMÚ na  
nich pohybujú:

oxid uhoľnatý	0,3—28 µg/m <sup>3</sup> ,	NPK je 6 mg/m <sup>3</sup> ,
olovo	0,2—25 µg/m <sup>3</sup> ,	NPK je 2 µg/m <sup>3</sup> ,
oxidy dusíka	0,1—1,5 mg/m <sup>3</sup> ,	NPK je 0,3 mg/m <sup>3</sup> ,
aerosól	0,2—1,9 mg/m <sup>3</sup> ,	NPK je 0,5 mg/m <sup>3</sup> .

Všetky merania sa vykonali v pracovných dňoch v dopolud-  
ňajších hodinách v exponovaných plochách mesta. V dňoch so  
silným vetrom a zrážkami a v čase so sníženou intenzitou autodo-  
pravy sú hodnoty koncentrácií malé (1979).

### Trendy znečistenia ovzdušia

Výsledky meraní znečistenia ovzdušia, ktoré sa vykonávajú vo  
vybratých oblastiach SR od r. 1970, ukazujú dlhodobé zmeny  
škodlivín. Základné informácie o tendenciách znečistenia ovzdu-  
šia oxidom siričitým a tuhými časticami poskytujú hodnoty roč-  
ných priemerov škodlivín. Trendové tendencie škodlivín nepriamo  
poukazujú na zmeny emisií exhalátov, najmä oxidu siričitého.

Trendy oxidu siričitého a tuhých častíc pre Bratislavu sú zná-  
zornené spolu s mesačnými hodnotami emisií škodlivín na obr. 6.  
Celomestský vývoj znečistenia sa hodnotil v šiestich oblastiach  
mesta (Lamač, Koliba, Centrálné trhovisko, Prievoz, Podunajské  
Biskupice, Petržalka). Charakterizuje lokálne tendencie škodlivín

pre celé územie Bratislavy bez ohľadu na špecifické emisné pod-  
mienky v jednotlivých častiach mesta. Oblastný dlhodobý chod  
oxidu siričitého od r. 1970 nevykazoval výrazné tendencie  
viacročného charakteru. Mierny dlhodobý nárast znečistenia po  
r. 1970 sa skončil r. 1975, keď dosiahli dlhodobé hodnoty maxi-  
mum. Po tomto období úroveň oblastného znečistenia postupne  
klesala až do r. 1981. V ostatných troch rokoch sa hodnoty oxidu  
siričitého opäť zvýšili. Medzi časti mesta, najviac postihnuté ex-  
halátmi, patrí oblasť Centrálné trhovisko, z ktorého trend znečis-  
tenia vidieť na obr. 6b. Z priebehu dlhodobých hodnôt možno  
konštatovať, že v časovom chode emisií oxidu siričitého sú zacho-  
vané hlavné smery vývoja, charakteristické pre celú oblasť. Naj-  
väčšie extrémny, ale aj podružné minimá, sú v porovnaní s chodom  
ostatných priemerov výraznejšie.

Na obr. 6c vidieť trend znečistenia v oblasti Podunajské Bisku-  
pice, ktorá sa nachádza na periférii asi 7 km východne od centra  
mesta. Vhodná konfigurácia oblasti vzhľadom na hlavné zdroje  
exhalátov a malá častosť výskytu smerov vetra od zdrojov zne-  
čistenia mesta sa prejavili vyrovnaným chodom oxidu siričitého  
v tejto oblasti s rovnakými trendovými tendenciami ako pri  
oblastnom znečistení.

Znečistenie ovzdušia tuhými časticami v Bratislave je v porov-  
naní s oxidom siričitým značne vyššie. Z grafického znázornenia  
trendov tuhých častíc (obr. 7) vidieť, že tendencie znečistenia  
ovzdušia prachom sa v rámci celej oblasti málo odlišujú. Po desať-  
ročnej, takmer konštantnej úrovni znečistenia trendové hodnoty  
prachu od r. 1982 vykazovali klesajúcu tendenciu, ktorá sa zacho-  
vala až do konca analyzovaného obdobia (Kozakovič, Košťálová,  
1987).

Tab. 7. Priemerné ročné koncentrácie ( $\bar{x}$ ) v  $10^{-2}$  mg/m<sup>3</sup>, častosti prekročenia NPK v % a maximálne denné koncentrácie v  $10^{-2}$  mg/m<sup>3</sup> pre prach na staniách SHMÚ v oblasti Bratislavy r. 1972–1987

Rok	1972			1973			1974			1975			1976			1977			1978			1979					
Stanica	%			%			%			%			%			%			%			%					
	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max			
	NPK			NPK			NPK			NPK			NPK			NPK			NPK			NPK					
Prach																											
Lamač	7	3	20	6	4	39	7	2	48	7	6	54	6	4	38	6	1	20	5	1	23	5	1	26	5	1	26
Koliba	11	9	35	9	10	37	11	19	56	11	20	47	10	14	48	9	11	58	7	3	37	7	4	62	7	4	62
Vajnory	7	2	28	6	4	38	4	0	13	7	8	60	6	5	28	6	6	42	8	13	35	7	9	37	7	9	37
Centr. trhovisko	14	24	40	12	29	83	10	18	67	10	1	60	10	17	51	9	13	38	11	20	73	9	7	60	9	7	60
Prievoz	10	6	37	9	12	39	6	3	21	10	13	215	8	10	42	8	7	28	8	10	38	6	3	65	6	3	65
Pod. Biskupice	10	10	74	10	13	61	8	6	56	8	11	68	7	7	40	9	13	44	8	12	33	9	17	56	9	17	56
Dunajská Lužná	9	5	46	8	5	31	7	4	36	8	10	66	7	5	120	7	4	25	7	6	74	8	6	72	8	6	72
Petržalka	12	17	78	7	11	51	5	3	25	9	12	90	6	5	69	5	2	24	10	20	45	8	11	44	8	11	44
Priemer	10,0	9,5	45	8,0	11	47	7,3	6,9	28	8,8	11	83	7,5	8,4	54	7,4	7,0	35	8,0	10,6	44	7,4	7,2	53	7,4	7,2	53

Rok	1980			1981			1982			1983			1984			1985			1986			1987					
Stanica	%			%			%			%			%			%			%			%					
	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max	$\bar{x}$	nad	max			
	NPK			NPK			NPK			NPK			NPK			NPK			NPK			NPK					
Prach																											
Lamač	6	5	21	8	8	27	8	11	31	8	3	23	7	6	37	5	3	26	6	2	38	9	12	46	9	12	46
Koliba	10	21	52	7	6	128	7	7	31	7	9	26	7	6	51	7	6	31	8	11	34	8	7	52	8	7	52
Vajnory	10	18	29	10	13	77	9	19	38	5	1	18	6	4	27	5	1	21	7	7	25	10	18	76	10	18	76
Centr. trhovisko	9	15	30	12	23	303	12	25	40	7	5	29	8	9	30	5	4	25	7	6	27	10	19	51	10	19	51
Prievoz	9	11	44	9	12	40	9	12	125	7	5	39	7	4	27	5	2	24	6	4	39	10	16	38	10	16	38
Pod. Biskupice	8	11	43	9	13	38	9	13	28	8	8	78	8	6	37	6	7	35	7	5	29	10	14	32	10	14	32
Dunajská Lužná	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Petržalka	11	19	76	15	36	98	13	38	52	9	12	27	7	7	31	5	2	19	7	5	27	10	16	58	10	16	58
Priemer	7,8	12,5	37	8,7	13,8	89	8,3	15,6	43	6,3	5,3	30	6,2	5,2	30	4,7	3,1	23	6,0	5,0	27	8,3	12,7	44	8,3	12,7	44

#### Literatúra:

Kozakovič, L., Košťálová, J., 1987: Trendy znečistenia ovzdušia v Bratislave za obdobie 1970–1986. VI. konferencia ochrany ovzdušia — Súčasný stav a trendy znižovania emisií SO<sub>2</sub>. Dom techniky Bratislava.

Rak, J., 1987: Informačné systémy a možnosti ich využitia pre krátkodobú reguláciu kvality ovzdušia. Zbor. Ref. zo VI. Konf. Ochr. Ovzdušia — Súčasný stav a trendy znižovania emisií SO<sub>2</sub>. Dom techniky Bratislava.

Rak, J., 1987: Monitorovanie kvality ovzdušia v Bratislave. Vesmír, 10, 66.

Rak, J., 1978: Problémy a perspektívy riešenia čistoty ovzdušia z pohľadu meteorológie. Práce a štúd. HMÚ. Bratislava, 18.

Rak, J., 1988: Trendy vývoja znečistenia ovzdušia v ČSSR. Celostátna konferencia Technika normalizácie a životného prostredia. Dom techniky.

1986: Bilancia emisií SSR — Register emisií a zdrojov znečistenia ovzdušia, REZZO I — 1. časť; SHMÚ Bratislava.

1979: Klíma a bioklíma Bratislavy. Veda, Vydavateľstvo SAV. 1972–1987: Ročenka meraní znečistenia ovzdušia na území SSR za roky 1972–1987. SHMÚ Bratislava.