

Arh. hig. rada, 28 (1977) 279.

ODNOS KONCENTRACIJA SUMPOROVA DIOKSIDA
U UNUTARNJOJ I VANJSKOJ ATMOSFERI

MIRJANA GENTILIZZA

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

(Primljeno 24. III 1977)

Prikazani su rezultati istodobnih mjerenja 24-satnih koncentracija sumporova dioksida u vanjskoj i unutarnjoj atmosferi na nekoliko različitih mjernih mjesta na području grada Zagreba. Koncentracije sumporova dioksida u unutarnjoj atmosferi znatno su niže od onih u vanjskoj atmosferi. Prema tome kod epidemioloških studija za dobivanje objektivne ocjene izloženosti populacije onečišćenju atmosfere treba uzeti u obzir podatke o vremenu provedenom u prostoriji, odnosno izvan nje.

U literaturi se nalaze mnogobrojni podaci o mjerenjima onečišćenja u vanjskoj atmosferi. Mnogo su rjeđi podaci koji se odnose na istodobna mjerenja u vanjskoj i unutarnjoj atmosferi.

Najčešće se i izloženost populacije onečišćenju atmosfere ocjenjuje na temelju koncentracije nekog onečišćenja izmjerene u vanjskom zraku, premda ljudi provode najveći dio vremena u prostorijama gdje koncentracija ne mora biti jednaka kao vani.

U naseljima bez specifičnih industrija sumporov dioksid se ubraja među najpoznatija i najvažnija onečišćenja atmosfere. Zbog svoje raširenosti i prisutnosti u najvišim koncentracijama njegovo štetno djelovanje dolazi više do izražaja. To je ujedno i razlog zašto se kod epidemioloških studija često promatra upravo utjecaj sumporova dioksida na zdravlje stanovništva (1, 2).

Budući da ljudi provode u prosjeku 80% svog vremena u prostorijama, svrha ovih istraživanja je bila da se na nekoliko različitih mjesta u Zagrebu ispita da li postoji statistički značajna razlika u razinama koncentracije sumporova dioksida u unutarnjoj i vanjskoj atmosferi. Dobiveni podatak vrlo je važan pri određivanju objektivne ocjene izloženosti populacije sumporovu dioksidu kod epidemioloških studija.

UZORAK I METODA

Simultano su uzimani uzorci sumporova dioksida iz vanjske i unutarne atmosfere tijekom prosinca 1972. i siječnja 1973. u Zagrebu, u stambenom području (Ulica Moše Pijade). Isti eksperimenti vođeni su tijekom travnja i svibnja 1975. na dva mjerna mjesta na području Zagreba, koja su obuhvaćala stambeno područje (Đorđićeva ulica) i stambeno-industrijsko područje (Ulica Ive Lole Ribara). U razdoblju od siječnja do travnja 1976. ovi su se eksperimenti provodili u industrijskom području u Zagrebu (Branimirova ulica), a prostorija u kojoj su se uzimali uzorci bila je za razliku od onih prije spomenutih opskrbljena klimatizacijskim uređajem.

Uzorci sumporova dioksida sakupljeni su u 50 ml 1 vol. % tne otopine vodikova peroksida pomoću »volumetrijskog aparata« (3). Uzorci sakupljeni u Ulici Moše Pijade i uzorci iz Branimirove ulice analizirani su prema standardnoj britanskoj acidimetrijskoj metodi (3), dok je kod ostalih uzoraka primijenjena specifična metoda određivanja sulfata titracijom s barijevim perkloratom uz Thorin indikator (4, 5) pomoću EEL titratora.

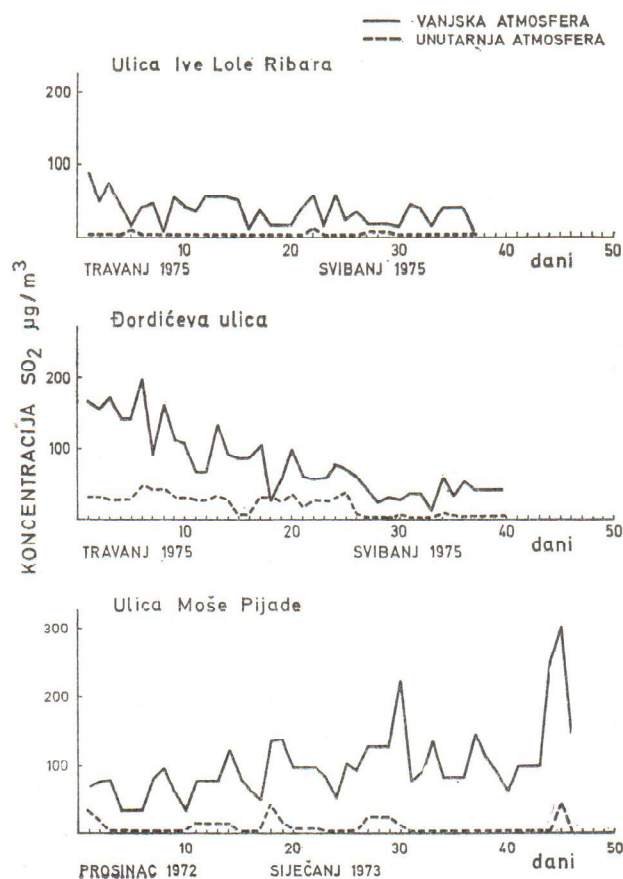
REZULTATI

Na slici 1 prikazano je kretanje srednjih dnevnih koncentracija sumporova dioksida u vanjskoj i unutarnjoj atmosferi na tri različita mjerna mjesta na području Zagreba u toku razdoblja mjerenja. Slika 2 prikazuje kretanje srednjih dnevnih koncentracija sumporova dioksida u vanjskoj atmosferi i u unutarnjoj atmosferi (prostorija s klimatizacijom). Tablice 1 i 2 prikazuju statističku obradu podataka koncentracije sumporova dioksida u vanjskoj i unutarnjoj atmosferi, a sadržavaju srednje vrijednosti (\bar{x}) i raspone za koncentracije sumporova dioksida u vanjskoj i unutarnjoj atmosferi, značajnost razlike (P) kao i relativni odnos koncentracije sumporova dioksida u unutarnjoj i vanjskoj atmosferi.

DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

U zimskom razdoblju 1972/73. vršeci neka druga ispitivanja u svom laboratoriju, ustanovili smo da postoje velike razlike u razinama koncentracije sumporova dioksida u vanjskoj i unutarnjoj atmosferi (sl. 1). Dok je primjerice maksimalna koncentracija sumporova dioksida u vanjskoj atmosferi u Ulici Moše Pijade bila $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u prostoriji je bila jedva $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednja vrijednost koncentracije sumporova dioksida u vanjskoj atmosferi za mjerno razdoblje iznosila je $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a u unutarnjoj atmosferi iznosila je svega $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tablica 1).

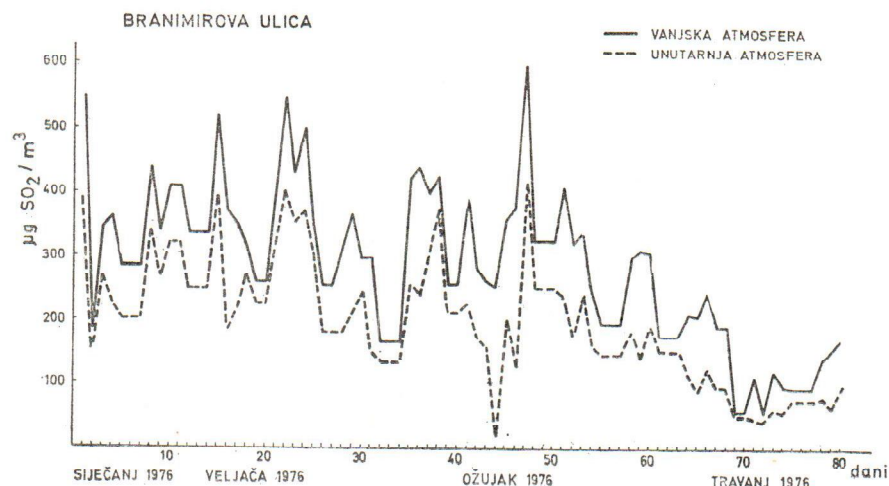
Ovi su nas rezultati potakli na daljnja istraživanja provedena istodobno na dva različita mjerna mjesta (sl. 1). Iako su na svim mjernim mjestima dobivene statistički značajne niže vrijednosti koncentracije



Sl. 1. Kretanje srednjih dnevniĥ koncentracija SO₂ u vanjskoj i unutarnjoj atmosferi

sumporova dioksida u unutarnjoj atmosferi ($P < 0,01$), ipak je relativni odnos koncentracije sumporova dioksida u unutarnjoj i vanjskoj atmosferi razliĥit i kreće se u prosjeku od 4,5 do 32,9.

Mjerno mjesto u Đorđićevoj ulici (sl. 1) inaĥe je karakteristiĥno po vrlo visokim koncentracijama sumporova dioksida u zimi u vanjskoj atmosferi. Međutim, dok je tijekom ovog mjernog razdoblja maksimalna koncentracija sumporova dioksida u vanjskoj atmosferi iznosila gotovo 200 µg/m³, u unutarnjoj je atmosferi iznosila oko 50 µg/m³. Prostorija je bila uredno okrećena, a zagrijavala se elektriĥnom grijalicom. Za ovo mjerno razdoblje koncentracije sumporova dioksida u unutarnjoj atmosferi bile su u prosjeku oko 25% od koncentracija u vanjskoj atmosferi.



Sl. 2. Kretanje srednjih dnevnih koncentracija SO_2 u vanjskoj atmosferi i u unutarnjoj atmosferi (prostorija s klimatizacijom)

Mjerno mjesto u Ulici Ive Lole Ribara (sl. 1) nalazilo se u svježe oličenoj prostoriji u zgradi s centralnim grijanjem. Uočljiva je velika razlika u razinama unutarnje i vanjske koncentracije sumporova dioksida gotovo tijekom cijelog mjernog razdoblja.

Za razliku od prethodnih mjernih mjesta, mjerno mjesto u Branimirovoj ulici (sl. 2 i tablica 2) bilo je opskrbljeno klimatizacijskim uređajem, tako da je postojao stalni dovod vanjskog zraka u prostoriji gdje su obavljena mjerenja. Zidovi, strop i pod prostorije bili su obrađeni plastičnim materijalom. Iako je na ovom mjernom mjestu utvrđena najmanja razlika u odnosu koncentracija sumporova dioksida u vanjskoj i unutarnjoj atmosferi, ipak je i u ovakvim uvjetima stalnog dovoda vanjskog zraka dobivena statistički značajna razlika između koncentracija sumporova dioksida u vanjskoj i unutarnjoj atmosferi ($P < 0,01$).

U literaturi nema mnogo radova u vezi sa spomenutim istraživanjima, međutim uglavnom svi autori iznose da su koncentracije sumporova dioksida u unutarnjoj atmosferi niže od onih u vanjskoj atmosferi. Postotak koncentracije sumporova dioksida u unutarnjoj atmosferi u odnosu prema onoj u vanjskoj atmosferi u pojedinim je autora različit. *Biersteker* (6) navodi za Rotterdam vrijednost od 20%, *Phair* (7) za Cincinnati 64%, dok je raspon naših vrijednosti za mjerna mjesta bez klimatizacije (prozori većinom zatvoreni) iznosio 4,5—32,9% ($\bar{x} = 12\%$), a za mjerno mjesto s klimatizacijskim uređajem 63,0—74,7% ($\bar{x} = 68,8\%$).

Iako je glavni izvor onečišćenja unutarnje atmosfere vanjska atmosfera, ipak izgleda da i ostali činioci igraju pritom važnu ulogu, kao što je, primjerice, način loženja, ispravnost peći, režim otvaranja prozora,

Tablica 1.
 Statistička obrada podataka koncentracije sumporova dioksida u vanjskoj
 i unutarnjoj atmosferi

Mjerno mjesto	Mjesec i godina	Broj mjerjenja	Koncentracija SO ₂ u µg/m ³		P	Unutarnja u % vanjske
			Vanjska atmosfera \bar{x}	Unutarnja atmosfera raspon		
Ulica Moše Pijade	XII 1972.	17	66,8 30,4 120,3	0 30,9	<0,01	8,1
	I 1973.	29	120,4 50,8 303,0	0 40,5	<0,01	4,5
	Ukupno XII—I	46	100,6 30,4 303,0	0 40,5	<0,01	5,8
Đorđićeva ulica	IV 1975.	25	103,5 27,4 195,2	7,4 38,1	<0,01	32,9
	V 1975.	14	38,7 10,8 62,2	0 9,3	<0,01	10,1
	Ukupno IV—V	39	80,2 10,8 195,2	0 38,1	<0,01	24,7
Ulica Ive Lole Ribara	IV 1975.	22	41,5 5,8 88,9	0 10,5	<0,01	5,5
	V 1975.	15	28,7 8,8 59,0	0 5,2	<0,01	8,0
	Ukupno IV—V	37	36,3 5,8 88,9	0 10,5	<0,01	6,5

Tablica 2.

Statistička obrada podataka koncentracije sumporova dioksida
u vanjskoj atmosferi i u unutarnjoj atmosferi (prostorijska s klimatizacijom)
— Branitrova ulica — 1976.

Mjesec	Broj mjerjenja	Konzentracija SO ₂ u µg/m ³		Unutarnja u % vanjske	P
		Vanjska atmosfera raspon \bar{x}	Unutarnja atmosfera raspon \bar{x}		
Siječanj	13	352,6 185,4 548,6	262,6 154,5 390,8	74,7	<0,01
Veljača	28	340,7 164,0 547,9	246,7 136,4 402,3	73,5	<0,01
Ožujak	26	289,7 176,2 597,4	179,7 24,3 419,9	63,0	<0,01
Travanj	14	118,1 57,5 192,6	70,5 44,7 98,9	64,5	<0,01
Ukupno I—IV	81	287,7 57,5 597,4	197,7 24,3 419,9	68,8	<0,01

odnosno tip ventilacije i posebice vrsta i svježina naliča. Pretpostavlja se da se sumporov dioksid koji prodire iz vanjske atmosfere adsorbira na zidove i stropove u prostorijama, pa je učinak uklanjanja vjerojatno bolji u onim prostorijama koje se redovito kreće (6, 8).

Na osnovi i ovih preliminarnih ispitivanja vidi se da su koncentracije sumporova dioksida u unutarnjoj atmosferi statistički značajno niže od onih u vanjskoj atmosferi. Zbog toga se kod epidemioloških studija ne može dobiti objektivna ocjena izloženosti populacije onečišćenju atmosfere ako se uzme u obzir samo izloženost za vrijeme boravka vani, nego je potrebno uzeti u obzir i izloženost za vrijeme provedeno u prostoriji.

Smatram da za praktično rješenje tog problema treba:

- izvesti ispitivanja kojima će se utvrditi koliko koji od naprijed navedenih činilaca utječe na smanjenje koncentracije sumporova dioksida u prostorijama
- sastaviti anketu koja bi sve te činioce uzela u obzir
- na osnovi ankete i poznatih korekcija za pojedini faktor izračunati najvjerojatniju izloženost za svakog ispitanika.

LITERATURA

1. French, J. G., Lowrimore, G., Nelson, W. C., Finklea, J. F., English, T., Hertz, M.: Arch. Environ. Health, 27 (1973) 129.
2. Buechley, R. W., Riggau, W. B., Hasselblad, V., Van Bruggen, J. B.: Arch. Environ. Health, 27 (1973) 134.
3. The Measurement of Atmospheric Pollution, Department of Scientific and Industrial Research, H. M. Stationery Office, London 1957.
4. Methods of Measuring Air Pollution, OECD, Paris 1964.
5. Fritz, J. S., Yamamura, S. S.: Anal. Chem., 27 (1955) 1461.
6. Biersteker, K., De Graaf, H., Nass, A. G.: Int. J. Air Wat. Poll., 9 (1965) 343
7. Phair, J. J., Shephard, R. J., Carea, G. C. R., Thomson, M. L.: Brit. J. Industr. Med., 15 (1958) 283.
8. Benson, F. B., Henderson, J. J., Caldwell, D. E.: Environ. Protec. Agency, North Carolina, 1972, Public. No. AP-112, str. 20.

Summary

THE RELATIONSHIP BETWEEN SULPHUR DIOXIDE CONCENTRATIONS IN THE INDOOR AND OUTDOOR ATMOSPHERE

The results of simultaneous measurements of 24-hour concentrations of sulphur dioxide in the indoor and outdoor atmosphere performed at several different sites in the Zagreb area are presented. A statistically significant difference between indoor and outdoor concentrations was obtained at all sites ($P < 0.01$).

The percentage range of indoor concentrations of sulphur dioxide as compared with the outdoor concentrations amounted to 4.5—32.9% ($\bar{x} = 12\%$) for the measuring sites without air conditioning (windows mostly closed) and to 63.0—74.7% ($\bar{x} = 68.8\%$) for the measuring sites with air conditioning. Consequently, in epidemiological studies to obtain an objective assessment of the population exposure, it is necessary to take into account the time spent in closed premises or outdoors.

*Institute for Medical
Research and Occupational
Health, Zagreb*

*Received for publication
March 24, 1977.*