

SPREMEMBA ONESNAŽENOSTI ZRAKA

Anton Planinšek*

UDK 504.3 (497.12)

Merilna mreža za spremljanje onesnaženosti zraka v Sloveniji obsega klasične meritve 24-urnih koncentracij SO₂ in dima (60 merilnih mest), avtomatske meritve SO₂, NO_x, CO, O₃ in trdnih delcev (19 merilnih mest) in meritve kakovosti padavin in prašnih usedlin (41 merilnih mest). 24-urne koncentracije SO₂ in dima merimo v tem obsegu od leta 1976. Na vseh merilnih mestih so se koncentracije glede na tiste iz sedemdesetih let in prve polovice osemdesetih zelo zmanjšale. Te vrednosti nam potrjujejo tudi krajše obdobje trajajoče meritve z avtomatskimi postajami. Na vplivnih območjih termoelektrarn pa koncentracije SO₂ dokaj pogosto presegajo mejne in kritične vrednosti. Koncentracije dušikovih oksidov in ogljikovega monoksida presežejo mejne vrednosti le občasno in to v neposredni bližini prometnih cest. Vse pomembnejša postaja onesnaženost zraka z ozonom, ki poleti v vsej Sloveniji presega mejne vrednosti.

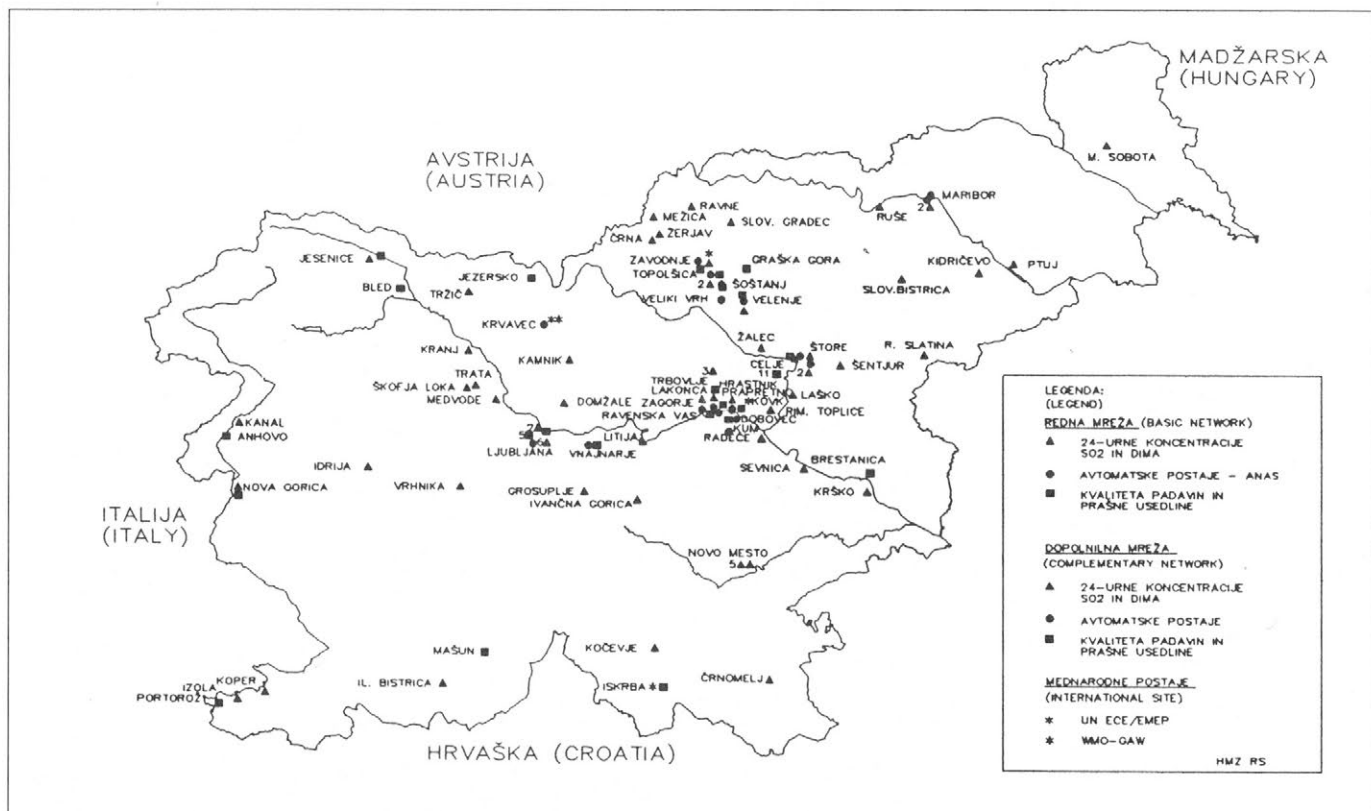
Onesnaženost zraka je v Sloveniji še vedno resen problem. Prve meritve SO₂ in dima so opravili v šestdesetih letih. Redno so ju pričeli meriti leta 1968 (1). Sprva so bile to le meritve 24-urnih povprečnih vrednosti, leta 1980 pa so že merili trenutne koncentracije in izračunavali polurne povprečke. Kmalu so z avtomatskimi merilnimi postajami začeli meriti še druge parametre (dušikovi oksidi, ogljikov monoksid, ozon, prašni delci). Sedanji obseg meritev nam daje dokaj dobro sliko o onesnaženosti zraka v Sloveniji. Vrednosti meritev avtomatskih postaj se vsake

pol ure po telefonskih zvezah prenašajo v računalnik na Hidrometeorološkem zavodu Republike Slovenije. To omogoča sproten nadzor nad stanjem onesnaženosti zraka.

Merilne mreže

Meritve onesnaženosti zraka pokrivajo vso Slovenijo. Mreža je gostejša na območjih z bolj onesnaženim zrakom.

Na območjih z manj onesnaženim zrakom (Kočevska Reka, Krvavec) sta dve merilni mesti, na katerih merimo ozadje onesnaženosti zraka. Na sliki 1 so merilna mesta za merjenje onesnaženosti zraka, in sicer: mreža 24-urnih koncentracij SO₂ in dima, mreža avtomatskih ekološko meteoroloških postaj in mreža za spremljanje kakovosti padavin in količine prašnih usedlin. Republiško mrežo sestavlja osnovna mreža, ki jo vodi Hidrometeorološki zavod, ter dopolnilna, ki jo sestavljajo merilni sistemi različnih izvajalcev.



Slika 1. Merilna mesta za merjenje onesnaženosti zraka v Sloveniji
Figure 1. Measuring sites for air pollution measurements in Slovenia

* Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod republike Slovenije, Vojkova 1 b, Ljubljana

V Sloveniji potekajo avtomatske meritve onesnaženosti zraka v sistemu ANAS na sedmih merilnih mestih. Poleg tega merijo tudi v dopolnilnih mrežah, in sicer Ekološki informacijski sistem termoelektrarne Šoštanj (EIS-TEŠ), Ekološki informacijski sistem termoelektrarne Trbovlje (EIS-TET), Ekološki informacijski sistem termoelektrarne - toplotarne Ljubljana (EIS-TET) ter v Mariboru in Celju. Polurni podatki se po telefonskih zvezah sproti prenašajo v računalnik na Hidrometeorološkem zavodu, kjer jih preverijo, nato so na voljo uporabnikom. To so predvsem sredstva obveščanja (časopisi, radio in televizija) in upravni organi, ki se ukvarjajo z varstvom okolja. Ti v primeru presežnih predpisanih kritičnih koncentracij in na podlagi vremenskih razmer v skladu z občinskimi oz. mestnimi odloki o varstvu zraka sprejmejo izredne ukrepe.

Mreža za merjenje 24-urnih koncentracij SO_2 in dima ima 50 postaj osnovne mreže, število merilnih mest dopolnilne mreže pa se spreminja iz leta v leto. Skupaj imamo v Sloveniji okoli 60 merilnih mest. Ta so z izjemo Žavodenj vsa v urbanem okolju, pretežno v mestnih središčih. Tako je možna primerjava rezultatov meritev med različnimi kraji.

Merilnih mest za merjenje kakovosti padavin in prašne usedline je skupaj 41. V osnovni mreži je devet postaj, tri med njimi so v sorazmerno čistem, rekreacijskem oziroma neindustrijskem okolju, preostalih šest pa v urbanem in industrijskem območju. V dopolnilni mreži je 32 postaj. Devet jih je na vplivnem območju termoelektrarne Šoštanj (EIS-TEŠ), šest na vplivnem območju termoelektrarne Trbovlje (EIS TET), tri merilne postaje so v Ljubljani pri termoelektrarni-toplarni v Mostah in ena pri toplarni KEL v Šiški, ena postaja pa je pri TE Brestanica pri Krškem. Prašnih usedline in kakovost padavin na teh postajah meri Elektroinštitut Milan Vidmar iz Ljubljane. V Celju in okolici je 12 merilnih mest za prašne usedline; na njih določajo koncentracije težkih kovin (kadmij, svinec, cink in baker). Te meritve opravlja Zavod za zdravstveno varstvo Celje.

Zmanjševanje onesnaženosti zraka

24-urne koncentracije SO_2 in dima

Ta mreža za merjenje onesnaženosti zraka obsega največ postaj in ima najdaljši niz meritev. Povprečne letne koncentracije SO_2 in dima v 13 slovenskih mestih (Ljubljana, Maribor, Celje, Kranj, Koper, Novo mesto, Kamnik, Jesenice, Trbovlje,

Preglednica 1. Povprečne koncentracije SO_2 v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ po letih za 13 krajev v Sloveniji: Ljubljana (LJ), Maribor (MB), Celje (CE), Kranj (KR), Koper (KP), Novo mesto (NM), Kamnik (KA), Jesenice (JE), Trbovlje (TR), Krško (KK), Ptuj (PT), Šoštanj (ŠOŠ), Škofja Loka (ŠK. L)

Table 1. Average SO_2 concentrations in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ by years for 13 towns in Slovenia: Ljubljana (LJ), Maribor (MB), Celje (CE), Kranj (KR), Koper (KP), Novo mesto (NM), Kamnik (KA), Jesenice (JE), Trbovlje (TR), Krško (KK), Ptuj (PT), Šoštanj (ŠOŠ), Škofja Loka (ŠK. L)

Leto	LJ	MB	CE	KR	KP	NM	KA	JE	TR	KK	PT	ŠOŠ	ŠK. L
1977	190	103	165	114	52	54	81	99	193	245	46	82	
1978	199	120	159	118	51	53	95	83	199	118	62	100	
1979	165	121	126	103	34	71	71	51	176	103	53	85	64
1980	146	120	136	95	30	57	78	55	248	95	58	79	67
1981	150	106	131	79	26	46	86	53	253	95	55	73	64
1982	122	97	115	90	29	36	80	60	217	76	42	35	58
1983	145	122	131	68	23	41	86	48	255	85	46	30	47
1984	123	108	111	70	27	27	79	48	212	96	45	32	72
1985	126	117	103	58	21	33	92	53	200	123	57	45	66
1986	114	99	83	56	21	35	84	34	190	96	56	41	62
1987	118	95	84	64	22	37	106	30	190	68	60	36	49
1988	67	67	49	50	17	33	61	25	124	56	37	37	35
1989	72	71	59	50	19	26	57	25	134	44	30	34	37
1990	78	66	49	38	17	27	52	23	123	42	38	22	31
1991	52	76		34	12	25	51	22	88	46	33	17	80
1992	41	28	33	28	14	16	33	20	53	42	37	18	25
1993	35	34	46	29	17	22	31	16	48	45	32	20	18

Preglednica 2. Povprečne koncentracije dima v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ po letih za 13 krajev v Sloveniji: Ljubljana (LJ), Maribor (MB), Celje (CE), Kranj (KR), Koper (KP), Novo mesto (NM), Kamnik (KA), Jesenice (JE), Trbovlje (TR), Krško (KK), Ptuj (PT), Šoštanj (ŠOŠ), Škofja Loka (ŠK. L)

Table 2. Average black smoke concentrations in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ by years for 13 towns in Slovenia: Ljubljana (LJ), Maribor (MB), Celje (CE), Kranj (KR), Koper (KP), Novo mesto (NM), Kamnik (KA), Jesenice (JE), Trbovlje (TR), Krško (KK), Ptuj (PT), Šoštanj (ŠOŠ), Škofja Loka (ŠK. L)

Leto	LJ	MB	CE	KR	KP	NM	KA	JE	TR	KK	PT	ŠOŠ	ŠK. L
1977	81	80	42	48	35	44	43	34	51	49	37	31	
1978	73	72	51	45	36	46	42	30	50	33	36	31	
1979	65	58	42	39	36	38	31	21	41	28	40	25	34
1980	54	57	47	45	31	39	33	22	53	29	36	25	36
1981	47	41	42	41	29	36	33	21	53	28	33	23	37
1982	25	36	33	40	28	33	29	19	42	24	32	20	32
1983	60	50	45	36	24	36	36	19	53	21	28	22	31
1984	43	47	39	32	25	27	30	18	42	28	32	19	40
1985	47	45	36	19	23	24	30	21	37	31	30	18	32
1986	40	36	26	18	18	22	23	15	27	18	25	12	26
1987	37	34	30	22	32	26	32	13	31	19	27	13	23
1988	19	28	23	18	19	26	22	13	27	17	23	12	22
1989	32	25	27	21	19	23	22	13	28	18	22	12	24
1990	42	28	29	29	17	26	22	15	32	20	22	14	30
1991	29	25		25	12	25	22	12	30	13	19	12	47
1992	28	11	13	25	9	19	19	11	22	13	19	10	15
1993	31	17	20	25	9	25	20	10	24	14	23	11	19

Preglednica 3. Onesnaženost zraka z žveplovim dioksidom od 1992 do 1994

Table 3. Sulphur dioxide pollution in the period 1992 to 1994

Leto/Year	1992			1993			1994		
	C _p	C _{max}	>mk	C _p	C _{max}	>mk	C _p	C _{max}	>mk
Ljubljana Figovec	54	1303	80	42	1281	31	29	799	12
Maribor	50	996	41	45	425	7	32	326	0
Celje	61	772	94	58	855	104	53	787	22
Trbovlje	74	1563	249	76	1012	162	53	821	61
Hrastnik	67	1535	110	55	685	82	34	712	24
Zagorje	76	1862	219	61	1073	137	52	731	71
Šoštanj	53	2558	324	51	2438	318	41	2940	218
Topolšica	58	2169	209	55	2431	194	33	1591	83
Veliki Vrh	76	1129	474	58	1060	315	53	1226	246
Zavodnje	55	1464	252	47	3512	196	48	2431	233
Velenje	20	789	38	20	1255	27	13	820	16
Graška Gora	42	1922	232	45	2044	284	47	2482	289
Kovk	78	2237	205	63	1405	315	75	2057	384
Dobovec	32	2691	64	54	3878	269	31	2607	123
Kum	18	569	18	14	578	10	12	1383	13
Ravenska vas	60	1515	87	37	933	50	38	1424	45

Legenda

- C_p povprečna letna koncentracija (µg/m³)
average annual concentration
C_{max} maksimalna enourna koncentracija (µg/m³)
maximum 60 minute concentration
>mk število ur s preseženo mejno urno koncentracijo 350 µg/m³
hours exceeding maximum hourly concentration

Preglednica 4. Onesnaženost zraka z dušikvim dioksidom od 1992 do 1994

Table 4. Nitrogen dioxide pollution in the period 1992 to 1994

Leto/Year	1992			1993			1994		
	C _p	C _{max}	>mk	C _p	C _{max}	>mk	C _p	C _{max}	>mk
Ljubljana Figovec	53	298	15	42	1281	31	44	40	9
Maribor	54	347	20	45	425	7	48	44	2
Celje	34	279	5	58	855	104	40	40	14
Zavodnje	3	41	0	47	3512	196	12	12	0
Kovk	11	150	0	63	1405	315	7	7	0

Legenda

- C_p povprečna letna koncentracija (µg/m³)
average annual concentration
C_{max} maksimalna enourna koncentracija (µg/m³)
maximum 60 minute concentration
>mk število ur s preseženo mejno urno koncentracijo 200 µg/m³
hours exceeding maximum hourly concentration

Preglednica 5. Onesnaženost zraka z ozonom od 1992 do 1994

Table 5. Ozone pollution in the period 1992 to 1994

Leto/Year	1992			1993			1994		
	C _p	C _{max}	>mk	C _p	C _{max}	>mk	C _p	C _{max}	>mk
Ljubljana Bežigrad	43	225	208	41	236	258	37	133	55
Zavodnje	85	202	152	78	204	211	77	156	2
Kovk	75	190	202	73	178	112	75	133	33
Krvavec	95	194	262	89	210	178			
Vnajnarje				87	242	651	86	180	171

Legenda

- C_p povprečna letna koncentracija (µg/m³)
average annual concentration
C_{max} maksimalna enourna koncentracija (µg/m³)
maximum 60 minute concentration
>mk število ur s preseženo mejno urno koncentracijo 150 µg/m³

Krško, Ptuj, Šoštanj in Škofja Loka) so predstavljene v preglednicah 1 in 2. Povprečne letne vrednosti se zadnja leta zmanjšujejo. Koncentracije se zmanjšujejo v vseh krajih, kjer jih merijo. Koncentracija SO₂ se je zmanjšala bolj kot koncentracija dima. Šele leta 1993 so bile povprečne letne koncentracije SO₂ v vseh naštetih krajih manjše od letne mejne imisijske vrednosti 50 µg/m³.

Merilna mesta so v vseh večjih krajih, zato lahko iz povprečnih koncentracij več krajev določimo, ali se koncentracije zvečujejo ali zmanjšujejo. Na sliki 2 je ponazorjen potek povprečnih letnih koncentracij SO₂ in dima za 13 slovenskih mest od leta 1977 do 1994. Njihove posamezne povprečne letne vrednosti so v preglednicah 1 in 2. Na sliki 2 je jasno videti, da se onesnaženost zraka z SO₂ in dimom v naših mestih zelo zmanjšuje.

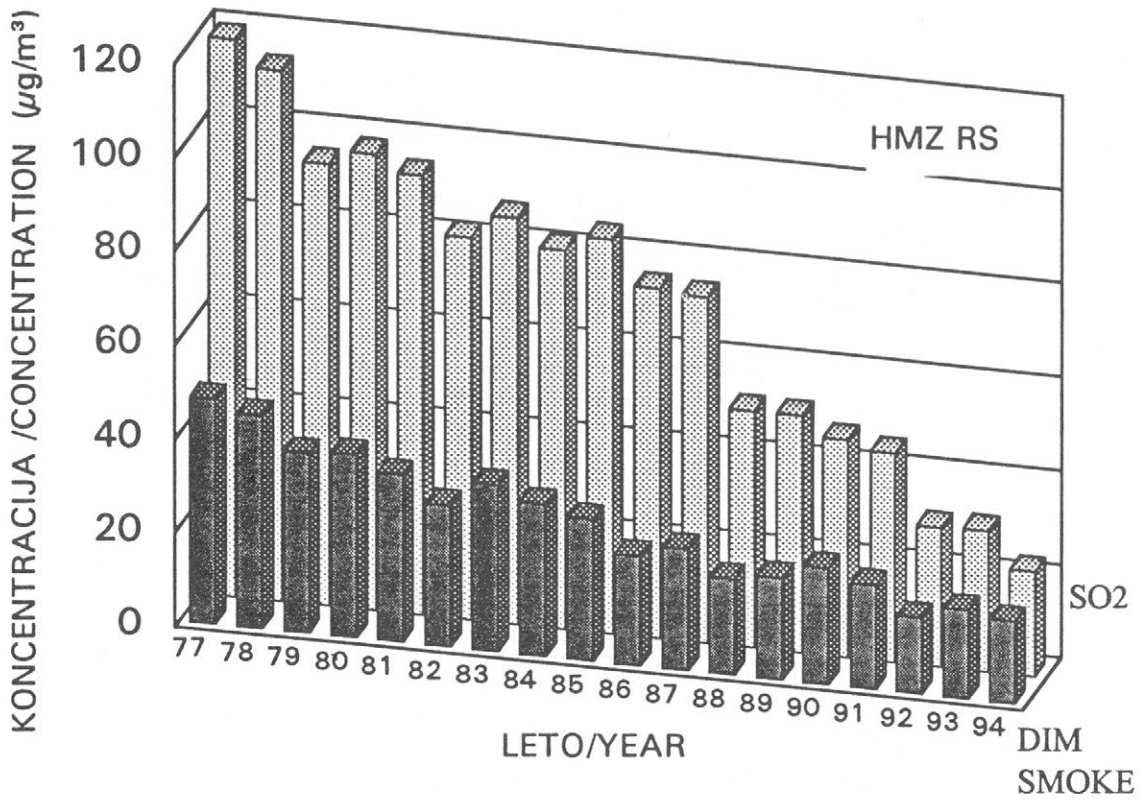
Meritve z avtomatskimi merilniki

V merilnih sistemih z avtomatskimi merilniki merimo koncentracije več snovi. Na večini merilnih mest merijo koncentracije SO₂, na nekaterih pa tudi NO_x, CO, O₃ in prahu. V preglednicah 3, 4 in 5 so predstavljene povprečne letne koncentracije, najvišja urna koncentracija in število preseženih urnih mejnih vrednosti za posamezne spojine v obdobju od 1992 do 1994.

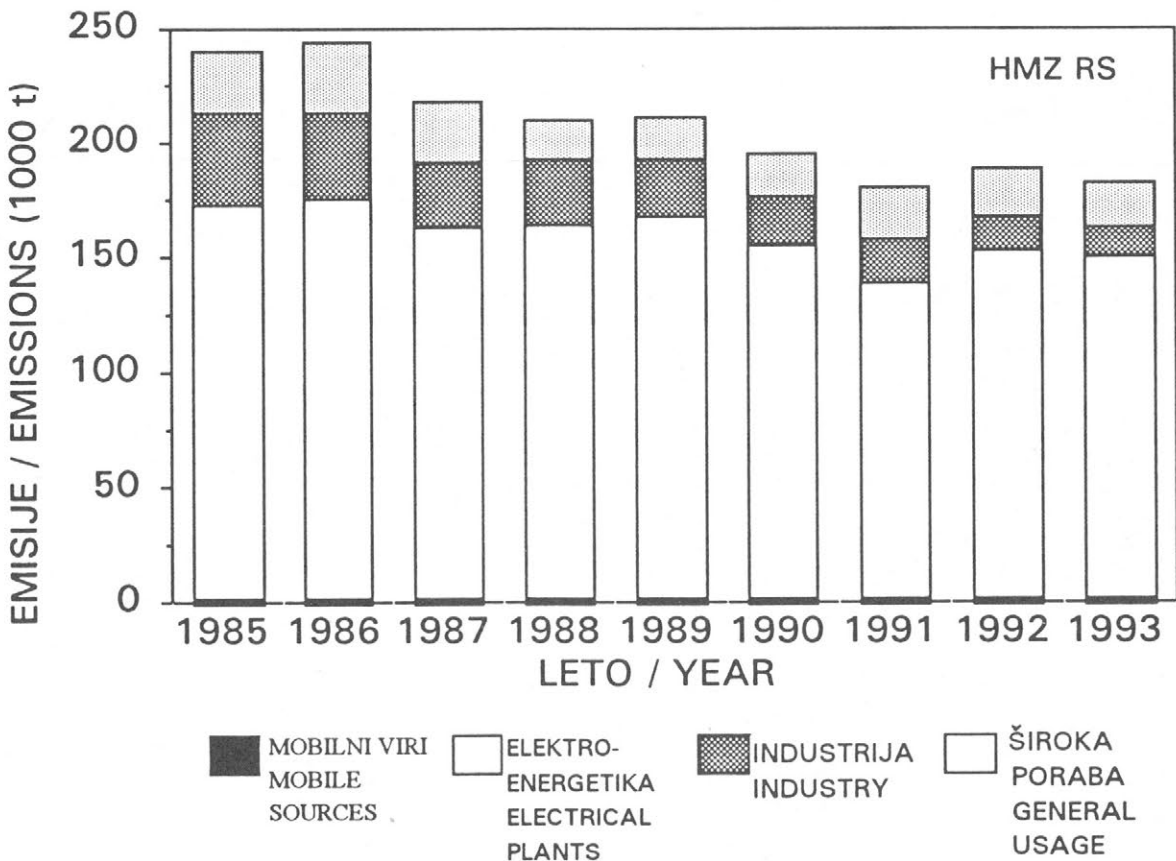
Obdelave kažejo, da se na merilnih postajah, ki so v mestih (sistem ANAS), vidno zmanjšujejo koncentracije SO₂, podobno kot pri klasični mreži. V sistemih okoli termoelektrarn se vrednosti niso bistveno zmanjšale.

Koncentracije dušikovih oksidov sicer presegajo mejne vrednosti (urna 200 µg/m³, dnevna 150 µg/m³), vendar ne veliko. Največje količine dušikovih oksidov v Sloveniji nastajajo pri delovanju motorjev z notranjim izgorevanjem. Zato je razumljivo, da so največje koncentracije na merilnih mestih, ki so najbližje prometnim cestam. Tako je merilno mesto v Mariboru. Merilno mesto v središču Ljubljane, ki ima začasno dovoljenje, je bilo na zahtevo mestnih arhitektov oddaljeno od ceste. Meritve onesnaženosti zraka zaradi prometa zato niso ustrezne; koncentracije so manjše, kot bi bile sicer. Koncentracija dušikovih oksidov je občasno zvečana tudi na merilnih mestih Zavodnje v sistemu EIS TEŠ in Kovk v sistemu EIS TET, kar je povezano z zvečano koncentracijo SO₂.

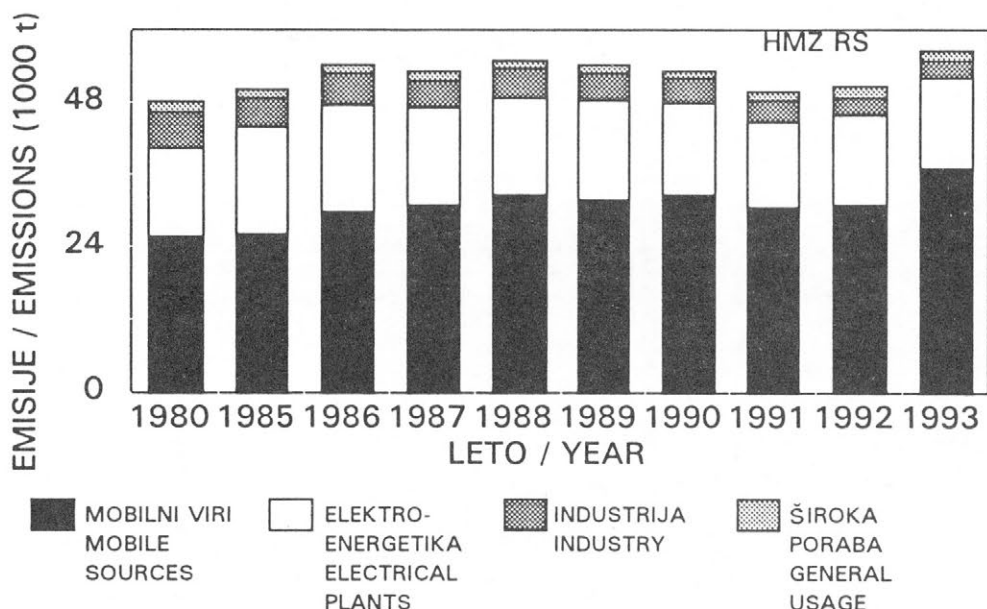
Koncentracije ozona merimo na merilnih mestih Ljubljana (300 m), Krvavec (1700 m), Zavodnje (770 m), Kovk (600 m) in Vnajnarje (630 m), deluje pa tudi merilnik koncentracij ozona v mobilni postaji. Poleti so mejne vrednosti pogosto presežene. To ponazarja preglednica 5. Mejna vrednost koncentracij ozona (150 µg/m³ za 1 uro, 110 µg/m³ za 8 ur, 65 µg/m³ za 24 ur) je razmeroma velika v



Slika 2. Povprečne koncentracije SO₂ in dima v Sloveniji - povprečje za 13 krajev
 Figure 2. Average SO₂ and black smoke concentrations in Slovenia - average for 13 cities



Slika 3. Emisija SO₂ v Sloveniji od 1985 do 1993
 Figure 3. SO₂ emissions in Slovenia 1985–1993



Slika 4. Emisija NO₂ v Sloveniji od 1985 do 1993
Figure 4. NO₂ emissions in Slovenia 1985–1993

primerjavi s koncentracijami, ki pri ljudeh povzročajo negativne učinke (200 µg/m³ za urno izpostavljenost in 120 µg/m³ za 8-urno izpostavljenost) in škodo na rastlinah (80 µg/m³ za kratkotrajno izpostavljenost) (2). Mejne vrednosti so pogosto, največkrat poleti, presežene na nadmorski višini med 600 in 800 m na območjih, ki veljajo za rekreacijska.

Vzroki za zmanjševanje koncentracij SO₂

Vzrok za zmanjšanje koncentracij SO₂ v dolinah in kotlinah so manjše emisije; to ponazarja slika 3. V mestih se je emisija zmanjšala zaradi večje uporabe tekočih goriv in zemeljskega plina za ogrevanje, širjenja omrežij daljinskega ogrevanja in (delno) zamenjave domačih premogov s čistejšimi iz tujine. K zmanjšanju koncentracij so zadnja leta pripomogle tudi toplejše zime, boljša prevetrenost nižin in kotlin in s tem redkejšje temperaturne inverzije ter uresničevanje sanacijskih programov v občinah: načrtno uvajanje ogrevanja na zemeljski plin v mestnih jedrih, širjenje toplovodnih omrežij in prepoved kurjenja premogov s preveliko vsebnostjo žvepla. V vseh večjih krajih so bile leta 1993 povprečne letne koncentracije manjše od mejnih imisijskih vrednosti (50 µg/m³), povprečne letne koncentracije dima pa so od te vrednosti (50 µg/m³) precej manjše že kar nekaj let. Koncentracije dušikovih oksidov in ozona merimo premalo časa, da bi lahko zanesljivo ugotovili, ali se zve-

čujejo ali zmanjšujejo. Emisije teh snovi se zvečujejo, zato lahko pričakujemo, da se bodo tudi koncentracije teh snovi.

Sklep

Onesnaženost zraka z SO₂ se zmanjšuje zaradi zmanjševanja emisij. To zaenkrat velja za naselja v dolinah in kotlinah. Z zagonom čistilne naprave v bloku 4 termoelektrarne Šoštanj predvidevamo, da se bodo zmanjšale tudi koncentracije na pobočjih nad Šaleško dolino. Ko bo zgrajena še čistilna naprava za blok 5 bo koncentracija teh snovi še manjša. Za termoelektrarno toplarno Ljubljana je rešitev kurjenje s čistejšim premogom (z uporabo indonezijskega premoga se je emisija zmanjšala za en velikostni red, nekajkrat se je zmanjšala količina pepela, ki ga odlagajo na mestni deponiji, indonezijski premog pa je tudi cenejši od zasavskega).

Koncentracije dušikovih oksidov občasno presežejo mejne vrednosti ob prometnih cestah. Tej vrsti onesnaženosti zraka bo treba posvetiti več pozornosti, ko bodo izgrajene avtoceste in ko se bo povečal promet. Ta onesnažuje tudi s hlapnimi ogljikovodiki, ki skupaj z dušikovimi oksidi pod vplivom ultravijoličnih žarkov vstopajo v fotokemične reakcije. Njihov rezultat so različne snovi, med njimi tudi ozon in nekatere nevarne organske spojine.

Posebno pozornost pa bo treba nameniti onesnaževanju z ozonom. V zadnjih letih so koncentracije večkrat presegle mejne vrednosti. Razširiti bo treba merilno mrežo in začeti opozarjati prebivalstvo, kadar bodo vrednosti koncentracij prevelike.

1. Arhiv HMZ.

2. Lešnjak M., Planinšek A., 1992: Pojav povišane koncentracije ozona v Sloveniji, Ujma 6.

Anton Planinšek

The variability of air pollution in Slovenia

The air pollution monitoring system in Slovenia is the subject of this paper. The system consists of a classical network for 24-hour monitoring and measuring of average concentrations of SO₂ and black smoke (at 60 sites); an automatic network for the monitoring of SO₂, NO_x, CO, O₃ and particle concentrations (19 sites). The 24-hour monitoring of SO₂ and black smoke began in 1976. Results from all sites indicate that concentrations have substantially decreased since the late 70s and early 80s. These findings have been confirmed by automatic measurements conducted on a periodic basis. In areas under the influence of electrical power plants, SO₂ concentrations often exceed limited and critical levels. Concentrations of NO_x and CO along major arterial routes periodically exceed acceptable levels. Ozone concentrations have recently become cause for concern, as they exceed limited values throughout Slovenia during the summer.