

1. PROSTORNO-VREMENSKA RAZDIOBA ZAGADJENOSTI ZRAKA U CENTRU ZAGREBA

1.1 HISTORIJAT I METODE MOTRENJA KONCENTRACIJE SO₂ I DIMA

1.1.1 *Historijat mreže stanica za mjerenje koncentracije SO₂ i dima u atmosferi*

Na užem području grada Zagreba postoji sedam stalnih stanica na kojima se mjeri koncentracija SO₂ i dima:

Mjerno mjesto br.1 - Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, (u daljnjem tekstu "IMI"), M. Pijade 158, počeo je mjerenjem SO₂ i dima 11.IV 1963.g. Prijemni dio - lijevak - izlazi kroz prozor zgrade na visini od 3 m nad tlom, a okrenut je prema zapadu i slobodan je prema cesti. Zgrada je udaljena 2 m od prilično prometne ceste.

Mjerno mjesto br.2 nalazi se u Zavodu za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Demetrova ulica br. 15 (u daljem se tekstu naziva "Demetrova") U tom Zavodu započelo se mjerenjem 15.XI 1964. godine. Instrument se nalazi u zgradi s prozorom koji gleda na ulicu, a prijemni lijevak se nalazi 3,5 m iznad tla i okrenut je prema sjeveru.

Mjerno mjesto br.3 dva puta je mijenjalo položaj. Najprije je bilo u zgradi Zavoda za zapošljavanje, Ul. Socijalističke Revolucije 15, gdje se mjerilo od 1.III 1963. do 31.V 1963. godine. 2.VII 1963. stanica je preseljena u Vodovod grada Zagreba, Patačićkina ul. 1b, a 1.IV 1968. u apoteku Traumatološke bolnice, Draškovićeve ul. 19. U Vodovodu grada Zagreba aparatura je bila smještena na drugom katu dvorišne zgrade, s prozorom okrenutim na sjeverozapad. U Traumatološkoj bolnici aparat se nalazi u dvorišnoj zgradi, a prijemni je dio (na visini od 3,5 m) okrenut prema ulici u zapadnom smjeru. U blizini

mjernog mjesta nalaze se garaže vozila za hitnu pomoć. Mjerna stanica morala je, u oba slučaja, seliti na zahtjev službenika spomenutih ustanova, uz obrazloženje da im aparatura za uzimanje uzoraka sumpornog dioksida i dima smeta pri radu. Ove su tri lokacije kod obrade godišnjih podataka tretirane kao jedno mjerno mjesto, jer se nalaze u neposrednoj blizini i imaju iste karakteristike mjernog mjesta - "gusto naseljeni dio grada". Iako se ova mjerna mjesta nalaze u međusobnoj udaljenosti od svega nekoliko stotina metara, ipak se ne može apriori tvrditi da su, obzirom na okolne izvore zagađivanja, sva tri mjesta približno jednako zagađena. Ova mjesta u daljnjem tekstu nazivano "Traumatološka bolnica".

Mjerno mjesto br.4 počelo je radom nešto kasnije od ostalih mjesta - 1.VI 1968. godine, u tržnici "Zagreb" u Branimirovoj ul. br. 57. Aparat se nalazi u zgradi tržnice, a prijemni dio izlazi kroz prozor na visini od 15 m iznad tla, i okrenut je prema zapadu. U daljnjem tekstu nazivamo stanicu "Branimirova ul.". Ispod prijemnog dijela nalazi se nadstrešnica tržnice, a u neposrednoj blizini, na istoj visini, nalaze se dva dimnjaka zgrade.

Mjerno mjesto br.5 započelo je radom 15.XI 1964. godine, u Kemijskom kombinatu "Chromos-Katran-Kutrilin", Radnička c. Djure Djakovića br. 43 (u daljnjem tekstu "Chromos"). Aparatura je smještena na prvom katu, a prijemni dio 10 m od tla, i gleda na otvoreni prostor prema zapadu. Ispred zgrade je veliki otvoreni prostor, dok je cesta udaljena oko dvadesetak metara.

Mjerno mjesto br.6 počelo je radom 1.IV 1964. godine, a nalazi se u Domu narodnog zdravlja "Črnomerec", ulica I. Lole Ribara 45, (u daljnjem tekstu "Črnomerec"). Aparatura se nalazi na I katu, prijemni je dio na visini od 6 m okrenut prema sjeveru. Zgrada je smještena uz dosta prometnu ulicu.

Mjerno mjesto br.7 radi od 1.IV 1965. godine, u zgradi Filozofskog fakulteta, Djure Salaja br. 3, u Psihološkom kabinetu na trećem katu. Prijemni dio se nalazi 20 m iznad tla, a okrenut je prema istoku. U neposrednoj blizini zgrade nalaze se visoki jablanovi. Ova stanica se u daljnjem tekstu spominje kao "Filozofski fakultet".

Mjerenja SO₂ i dima na svih 7 stanica u gradu Zagrebu obavlja Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, a financira iz Skupština grada Zagreba.

1.1.2 Metode mjerenja koncentracije sumpornog dioksida u atmosferi

a) Za odredjivanje sumpornog dioksida u atmosferi naselja koristi se standardna britansko-acidimetrijska metoda. Apsorpciona otopina je 1 vol. postotna otopina vodikovog

peroksida. Koncentracija sumpornog dioksida određuje se titracijom nastale sumporne kiseline sa 0,004 N otopinom natrijeva tetraborata, uz indikator BDH 4,5. Rezultati se izražavaju u μgm^{-3} prosisanog volumena zraka. Osjetljivost metode iznosi 13 $\mu\text{gm}^{-3}\text{SO}_2$. Ova acidimetrijska metoda koristila se za mjerenje onečišćenja sa sumpornim dioksidom za sve mjerne godine osim u periodu od 1.IV 1966. do 1.IV 1967.

Nedostatak je acidimetrijske metode u tome, što nije specifična za sumporni dioksid, nego na rezultate utječu svi kisli ili alkalni sastojci atmosfere. Međutim, sumporni dioksid je zimi ipak dominantan, pa se ova acidimetrijska metoda može vrlo dobro koristiti kao rutinska terenska metoda. Ipak može, naročito ljeti, doći do interferencije amonijaka, no to se događa onda kada su koncentracije sumpornog dioksida niske i higijenski beznačajne. Glavne su prednosti ove metode jednostavnost, ekonomičnost i praktičnost za terenske svrhe.

b) Pararozanilin hidroklorid (*West-Gaeke-ova*) metoda je specifična metoda za određivanje sumpornog dioksida. Primijenjena je u mjernom periodu od 1.IV 1966. - 1.IV 1967. godine. Princip metode je slijedeći: kao apsorpciona otopina upotrebljava se 0,1 M otopina natrijeva tetrakloromerkurata. Sumporni dioksid s natrijevim tetrakloromerkuratom tvori stabilni kompleksni spoj diklorosulfitomerkurat. U daljnjoj reakciji s formaldehidom i pararozanilin hidrokloridom nastaje obojeni spoj, čiji se intenzitet određuje na spektrofotometru pri valnoj duljini od 560 nm. Rezultati se također izražavaju u μgm^{-3} . Osjetljivost metode je 0,5 g/10 ml. Metoda je osjetljiva, specifična i pouzdana u laboratorijskim uvjetima, ali je dosta komplicirana i nije praktična za terenska ispitivanja, pogotovo jer ponekad dolazi do ispada rezultata. Razlozi za to nisu do sada objašnjeni, no vjerojatno do toga dolazi zbog katalitičke oksidacije SO_2 uslijed neke interferirajuće supstance iz atmosfere.

1.1.3 Metode mjerenja koncentracije dima u atmosferi

Za mjerenje koncentracije dima primjenjuje se fotometrijska metoda mjerenja refleksije uzorka dima na filter papiru, pomoću EEL reflektometra. Optičke vrijednosti preračunavaju se u težinske pomoću internacionalne baždarne krivulje. Rezultati se izražavaju u μgm^{-3} prosisanog volumena zraka. Ovako dobiveni rezultati ipak ne znače stvarnu koncentraciju dima u atmosferi iz koje je uzet uzorak, već koncentraciju standardnog oblaka prašine, koji bi na filter papiru dao isto zacrnjenje kao i mjereni uzorak.

Prema tome, iako se rezultati izražavaju u težinskim jedinicama, ipak oni predstavljaju zapravo samo relativni indeks. Budući da su ovaj način izražavanja koncentracije dima već prihvatile mnoge zemlje, prihvatila ga je i naša zemlja, zbog usporedjivanja naših rezultata s rezultatima drugih zemalja.

Obzirom da na točnost terenskih metoda utječu mnogi faktori, kao što su efikasnost sakupljanja uzoraka, točnost registracije protoka, te stabilnost uzorka, točnost analitičke metode iznosi cca $\pm 10\%$.

1.2 ANALIZA KONCENTRACIJE SO₂ I DIMA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

1.2.1 Opće napomene

Za ovu analizu koncentracije sumpornog dioksida (SO₂) i dima u gradu Zagrebu odabran je 6-godišnji, odnosno 5-godišnji niz podataka - od 1966. do 1971. godine. Na raspolaganju su bili podaci sedam mjernih mjesta - stanica, od kojih je stanica u Branimirovoj ulici počela radom tek 1.VI 1968. godine.

Kod izračunavanja srednjih dnevnih vrijednosti koncentracije SO₂ i dima za određene dane ili za mjesec, uočeni su određeni nedostaci ovih mjerenja. Niti kod jedne stanice ne postoji dulji period kontinuiranog mjerenja koncentracije SO₂ (slično je i kod dima). U toku ljetnih mjeseci - vjerojatno zbog godišnjih odmora - nedostaje veliki broj podataka o koncentraciji SO₂. Osim toga, za vrijeme svih praznika (1.svi-banj, 29. studeni i N. Godina) nisu obavljena mjerenja koncentracije SO₂. Kod ekstremnih vrijednosti koncentracije SO₂ i dima treba računati da ti iznosi mogu biti i znatno veći. Za vrijeme svakog vikenda nisu, naime, postojala dnevna mjerenja koncentracije SO₂ i dima, već se iznos koncentracije dobiven od 13 sati u petak do 13 sati u ponedjeljak podijelio sa 3; na taj se način dobio aritmetički srednjak količine koncentracije za tri dana: petak, subotu, nedjelju. U slučajevima kada ekstrem pada upravo u vrijeme vikenda - maksimum je sigurno u jednom od ta tri dana; po iznosu je veći od aritmetičkog srednjaka za ta tri dana, a manji od njihove sume.

Prilikom analize koncentracije SO₂ ustanovljene su određene nelogičnosti u količini koncentracija. Od Instituta za medicinska istraživanja dobili smo slijedeća objašnjenja o tome na koji način može doći do pogreške:

1. može se dogoditi da se netko od sakupljača uzoraka na terenu zabuni i zamijeni ispiralice ili zabilježi krivi volumen zraka.

2. više puta se dogodilo da su sisaljke ili plinska brojila pogrešno radili, pa su dobiveni netočni podaci.

Kako su se ove pojave događale relativno češće u ranijim godinama, odlučeno je da se analize koncentracije SO₂ u vezi s pojavom magle, tipom vremena, smjerom i jačinom vjetera te inverzijama i trajanjem sisanja sunca, rade samo za posljednje tri godine: 1969, 1970. i 1971. godinu.

Pregledom podataka ustanovljeno je da se iznosi koncentracija SO_2 , dobiveni na stanici "Traumatološka bolnica" (tada još dijelom u Vodovodu grada Zagreba) od 1966. do 1969. godine, ne uklapaju u iznose hodova ostalih 6 stanica na području grada Zagreba. Zbog toga je pristupljeno korigiranju iznosa koncentracije SO_2 , i s tako ispravljenim vrijednostima izračunat je srednjak dnevnih koncentracija SO_2 po mjesecima, a maksimalne vrijednosti su zanemarene prilikom analize.

Tabela 1. Dobiveni i ispravljeni iznosi srednjih dnevnih koncentracija SO_2 stanice "Traumatološka bolnica" (1966-1968) ($\mu g m^{-3}$)

Godina Mjesec	1966		1967		1968	
	dobiv.	isprav.	dobiv.	isprav.	dobiv.	isprav.
I	854.3	664	101.2	501	1383.9	561
II	663.0	479	157.4	355	989.3	413
III	373.0	279	182.2	211	885.3	230
IV	169.0	123	132.9	174	465.7	245
V	24.8	28	43.5	24	200.4	63
VI	19.1	23	66.2	42	117.6	68
VII	18.6	30	15.4	25	91.1	83
VIII	17.8	45	21.1	69	-	54
IX	36.6	60	104.4	113	80.1	65
X	78.4	148	295.4	184	214.4	238
XI	26.3	259	645.5	320	329.5	322
XII	411.0	378	839.9	516	440.1	483

1.2.2 Analiza šestgodišnjeg niza mjerenja koncentracije SO_2

1.2.2.1 Srednje dnevne vrijednosti koncentracije SO_2

Kao što je prethodno istaknuto, mjerenja zagađenosti zraka započela su već pred deset godina, i to najprije u Institutu za medicinska istraživanja. Odabrali smo ipak samo 6-godišnje razdoblje mjerenja, od 1966. do 1971. godine, kada na stanicama u središtu grada Zagreba postoje kontinuirana mjerenja SO_2 i dima. Izuzetak čini samo stanica "Branimirova ulica" čiji podaci postoje od 1.VI 1969. godine, pa su morali biti reducirani na cijeli niz mjerenja ostalih stanica.

Tabela 1-2. Srednje dnevne količine SO₂ (μg-m⁻³) po mjesecima

God.	Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sred.
1966		254	171	57	27	14	11	7	9	18	18	66	152	67.0
1967		245	166	72	94	21	32	34	56	181?	73	137	311	118.5
1968		234	166	129	146	49	40	36	17	14	99	73	128	94.3
1969		196	178	111	73	32	13	21	7	19	75	65	238	85.7
1970		213	153	111	62	41	43	26	34	37	74	96	181	89.3
1971		291	121	105	51	32	21	26	34	50	84	117	220	96.0
	SO ₂	238.8	159.2	97.5	75.5	31.5	26.7	25.0	26.1	53.2	70.5	92.3	205.0	
1966		598	373	167	68	20	14	85	26	47	59	113	164	144.5
1967		212	111	108	86	15?	8	4	28	53	38	163	286	91.8
1968		343	256	91		30	30	24	16	22	134	153	363	132.9
1969		343	300	143	75	62	20	17	22	36	141	193	382	144.5
1970		397	318	230	121	61	70	47	30	61	138	212	300	165.4
1971		544	202	155	92	40	32	20	25	52	145	230	388	160.4
	SO ₂	406.2	260.0	149.0	88.4	38.0	29.0	32.8	24.5	45.2	109.2	177.3	313.8	
1966		664	479	279	123	28	23	30	45	60	148	259	378	209.7
1967		501	355	211	174	24	42	25	69	113	184	320	516	211.2
1968		561	413	230	245	63	68	83	54	65	238	322	483	235.4
1969		524	521	254	179	58	33	43	84	59	230	295	504	232.0
1970		536	487	338	164	93	88	78	56	82	240	361	449	247.7
1971		658	374	265	132	72	68	61	61	91	223	358	551	242.8
	SO ₂	574.0	438.2	262.8	169.5	56.3	53.7	53.3	61.5	78.3	210.5	319.2	480.2	

Tabela 1-3. Srednje dnevne količine SO₂ (µgm⁻³) po mjesecima

God.	Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sred.
BRANIMIROVA	1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1967	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1969	457	455	265	207	161	104	98	115	116	271	387	450	257.2
	1970	391	458	340	200	160	158	130	71	140	229	355	420	254.3
	1971	502	393	281	202	191	180	90	107	137	252	350	511	266.3
<u>SO₂</u>		450.0	435.3	295.3	203.0	170.7	147.3	106.0	97.7	131.0	250.7	364.0	460.3	
GRNOMEREC	1966	491	313	187	82	51	34	32	40	70	79	153	284	151.3
	1967	371	132	113	161	43	71	26		47	162	204	363	151.4
	1968	390	258	146	135	89			44	73	137	190	333	179.5
	1969	392	342	356	136	63	47	35	47	47	159	182	319	177.1
	1970	306	277	183	91	64	88	54	52	44	102	142	246	137.4
	1971	324	123	111	64	106	50	23	46	55	80	100	286	114.0
<u>SO₂</u>		379.0	240.8	182.7	111.5	69.3	65.3	34.0	45.8	56.0	119.8	161.8	305.2	
CHROMOS	1966	347	253	139	73	40	39	32	18	39	62	110	163	109.6
	1967	204	137	117	112	37	75	18	85	99	132	205	340	130.1
	1968	345	188	156	33?	113	96	99	45	54	124	145	235	136.1
	1969	230	241	131	89	57	60	62	54	51	122	124	226	120.6
	1970	254	219	160	79	87	96?	76	52	53	116	184	230	133.8
	1971	326	165	129	91	94	67	72	63	75	110	157	316	138.8
<u>SO₂</u>		284.3	200.5	138.7	79.5	71.3	72.2	59.8	52.8	61.8	111.0	154.2	251.7	

Tabela 1-4. Srednje dnevne količine SO₂ (µgm⁻³) po mjesecima

Mjes. God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sred.
1966	413	260	139	105	42	34	23	35	51	65	110	200	123.1
1967	277	170	99	136	54	41	23	63	100	96	150	348	129.8
1968	312	205	124	72	58	63	63	30	30	109	165	322	138.5
1969	221	262	160	96	44	43	43	37	43	125	139	315	127.3
1970	233	231	211	78	78	74	64	41	49	134	199	244	136.3
1971	337	211	184	100	71	64	54	60	65	161	170	300	148.1
SO ₂	298.8	223.2	152.8	97.8	57.8	53.2	45.0	47.2	56.3	115.0	155.5	288.2	

Tabela 1-4a. Srednje dnevne koncentracije SO₂ (µgm⁻³) po mjesecima (1966-1971.)

Mjes. Stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sred.
IMI	238.8	159.2	97.5	75.5	31.5	26.7	25.0	26.1	53.2	70.5	92.3	205.0	91.8
DEMET.	406.2	260.0	149.0	88.4	36.0	29.0	32.8	24.5	45.2	109.2	177.3	313.8	139.3
TRAUM.	574.0	438.2	262.8	169.5	56.3	53.7	53.3	61.5	78.3	210.5	319.2	480.2	229.8
BRAN.	450.0	435.3	295.3	203.0	170.7	147.3	106.0	97.7	131.0	250.7	364.0	460.3	259.3
ČERN.	379.0	240.8	182.7	111.5	69.3	65.3	34.0	45.8	56.0	119.8	161.8	305.2	147.6
CHROM.	284.3	200.5	138.7	79.5	71.3	72.2	59.8	52.8	61.8	111.0	154.2	251.7	128.2
FIL.F.	298.8	223.2	152.8	97.8	57.8	53.2	45.0	47.2	56.3	115.0	155.5	288.2	132.6
SO ₂	375.9	279.6	182.7	117.9	70.4	63.9	50.8	50.8	68.8	141.0	203.5	329.2	

Kao osnovni pokazatelj nivoa koncentracije SO_2 izabrani su, kako je uobičajeno, dnevni srednjaci koncentracije SO_2 , koji u sebi sadržavaju najprikladniji indikator opće dnevne razine koncentracije SO_2 u pojedinom mjesecu.

U tabelama 1-2, 1-3, 1-4 prikazane su srednje dnevne koncentracije SO_2 za svaku pojedinu stanicu i svaki mjesec tokom promatranog šestgodišnjeg perioda. U tabele su unesene i prosječne vrijednosti za svaki mjesec i svaku godinu izabranog razdoblja. Sve koncentracije dane su u μgm^{-3} .

Prilikom analize dobivenih srednjih vrijednosti treba imati u vidu da nizovi dnevnih vrijednosti, s jedne strane, nisu kompletni, a s druge strane, da pojedina mjerenja moramo smatrati pogrešnima, bilo zbog instrumentalnih nedostataka, bilo zbog odredjenih drugih pogrešaka. Zbog toga u tabelama stoji, uz odgovarajuće srednjake, znakovi pitanja ili srednjak uopće nije računat, u slučaju da nedostaje veći broj podataka (1/2 ili više).

Kao što se vidi iz prethodnih tabela i sl. 1/1 kod svih stanica postoji lijepo izražen godišnji hod koncentracije SO_2 , s maksimalnim količinama u zimskim mjesecima (od 200 do $660 \mu\text{gm}^{-3}$), a minimalnim u ljetnim mjesecima (od 4 do $180 \mu\text{gm}^{-3}$).

Minimalne srednje dnevne koncentracije SO_2 dobivene su na stanici "Demetrova" u toplom dijelu godine, a u hladnom dijelu godine na stanici "IMI". Ovakvu razdiobu minimalnih koncentracija treba svakako dovesti u vezu sa stanjem atmosfere zimi, odnosno pomanjkanjem bilo kakve emisije iz kućnih ložišta u Gornjem gradu u toplijem dijelu godine.

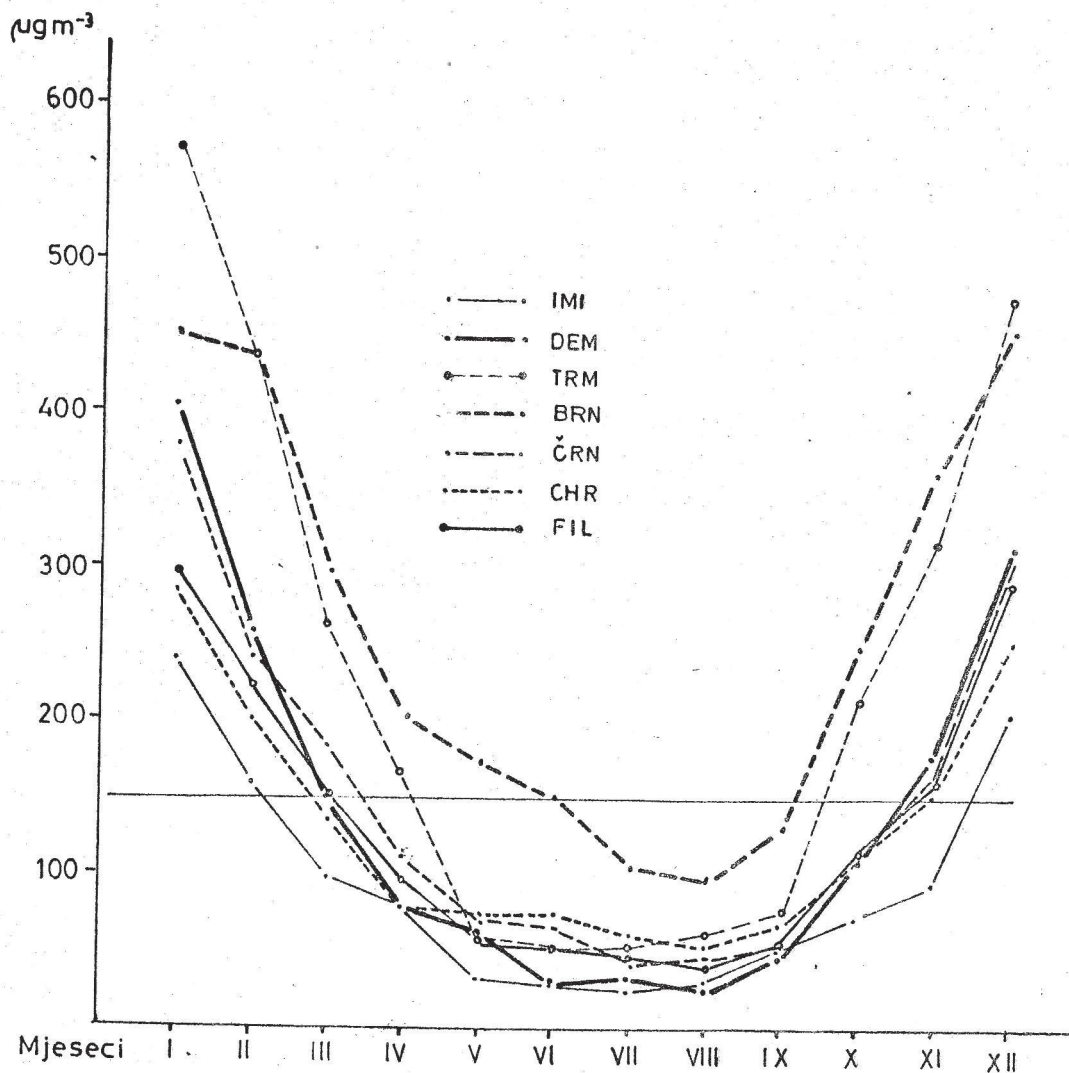
Kod izračunavanja srednjih vrijednosti koncentracije SO_2 po mjesecima, sezonama i godinama nisu uzimane u obzir vrijednosti stanice "Branimirova ulica" za 1968. godinu (stanica je počela radom 1.VI 1968. godine). Uzimanje vrijednosti koncentracije SO_2 tek od 6. mjeseca dalje dovelo bi do smanjenja koncentracije SO_2 te godine (nedostaje hladni dio godine koji najviše doprinosi iznosu koncentracije SO_2 za tu godinu).

Na sl. 1/1 prikazani su srednjaci srednjih dnevnih koncentracija SO_2 po mjesecima na području grada Zagreba iz perioda 1966-1971. godine, a vrijednosti su iz tabele 1-4a.

Iz ove se slike jasno vidi da je kod svih stanica godišnji hod promjena koncentracija SO_2 s minimalnim koncentracijama u toplom dijelu godine, a maksimalnim u hladnom dijelu godine.

Najviši iznosi srednjih dnevnih koncentracija SO_2 dolaze u siječnju. Stanica "Traumatološka bolnica" ima najveću vrijednost od $574.0 \mu\text{gm}^{-3}$, a odmah poslije nje slijedi stanica "Branimirova ulica" sa $450.0 \mu\text{gm}^{-3}$.

Najmanje koncentracije SO_2 u siječnju na području grada Zagreba izmjerene su na stanici "IMI" i iznose $238.8 \mu\text{gm}^{-3}$, što je 2.2 puta manja vrijednost od one dobivene na stanici "Traumatološka bolnica". Od veljače pa sve do prosinca



SL. 1/1. SREDNJE DNEVNE KONCENTRACIJE SO₂ PO MJJESECIMA
NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA, 1966-1971. (µgm⁻³)

ulogu "najzagađenijeg mjesta" grada Zagreba preuzima područje oko stanice "Branimirova ulica". Idući od početka godine prema ljetnim mjesecima, iznosi koncentracije SO₂ naglo opadaju. U srpnju i kolovozu te su koncentracije najmanje na čitavom području grada Zagreba. U promatranom periodu od 1966-1971. godine najniža vrijednost zabilježena je u srpnju na stanici "IMI" i to 25.0 µgm⁻³, a u kolovozu na stanici "Demetrova" 24.5 µgm⁻³. Stanica "Branimirova ulica" reprezentant najzagađenijeg mjesta u Zagrebu, ima u kolovozu najvišu vrijednost koncentracije SO₂ - 97.7 µgm⁻³, što predstavlja četiri puta veću vrijednost od iznosa koncentracije izmjerene na stanici "Demetrova" u istom mjesecu. Od rujna iznosi srednje dnevne koncentracija SO₂ naglo rastu, s tim da su srednji iznosi koncentracija SO₂ izmjereni na stanicama "Demetrova", "Črnomerec",

"Filozofski fakultet", "Chromos" i "IMI" približno istih vrijednosti dok iznosi gusto naseljenog dijela grada - "Traumatološka bolnica" i "Branimirova ulica" premašuju vrijednost ostalih stanica i do nekoliko puta.

Na slici 1/1 povučena je i horizontalna linija koja predstavlja granicu dopuštenog iznosa srednje koncentracije SO_2 od $150 \mu\text{gm}^{-3}$ MDK. U toku zime, predstavljene sa XII, I i II mjesecom na čitavom području grada, srednjaci srednjih dnevnih koncentracija SO_2 premašuju dozvoljenu koncentraciju SO_2 , dok se u ljetnim mjesecima ne treba očekivati, ni na jednom mjernom mjestu, srednja dnevna koncentracija veća od $150 \mu\text{gm}^{-3}$.

Prilikom prikaza prostorne razdiobe koncentracije SO_2 i dima na užem području grada Zagreba dat je "najzagadjeniji mjesec" (mjesec s najvećim iznosima srednjih dnevnih koncentracija SO_2) - siječanj (slika 1/2) i "najčišći" (s najmanjim koncentracijama), mjesec srpanj (sl. 1/3). Isto tako prikazane su raspodjele iznosa koncentracija SO_2 i dima po sezonama (sl. 1/4-1/7).

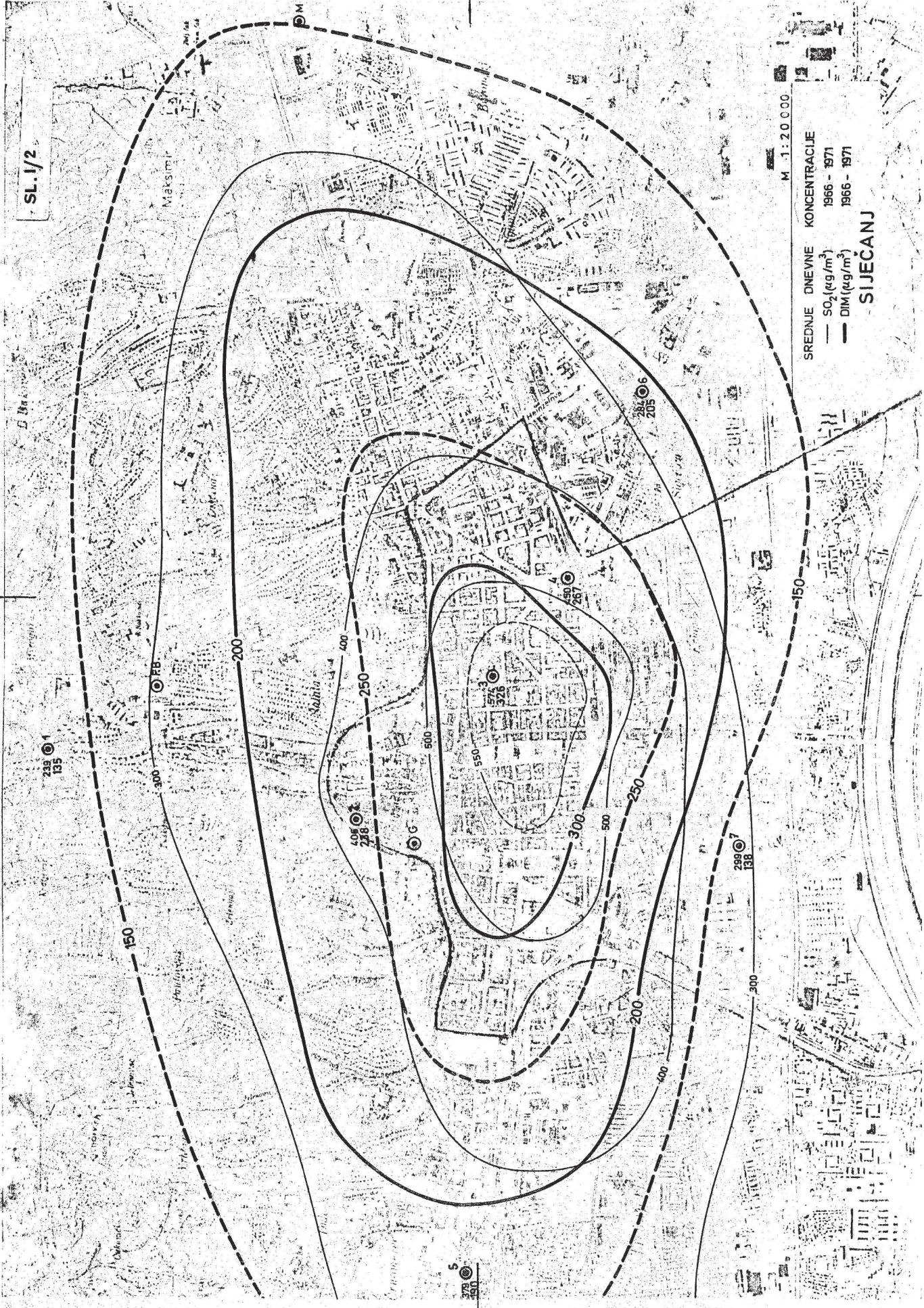
Pri analiziranju slika prostorne razdiobe SO_2 i dima treba imati u vidu da izvučene izolinije predočavaju srednju vrijednost stanica, koje su međusobno prilično udaljene, a neke su smještene visoko nad tlom, te da velika područja grada uopće nisu pokrivena mjernim točkama. S druge strane, zbog razvedenosti reljefa Zagrebačke gore i utjecaja lokalne cirkulacije vjetrova, ne može se s nekom većom pouzdanošću govoriti o nivou koncentracije na pojedinim točkama povišenih brežuljaka ili dolina, koje su na prikazanim kartama pokrivena određenim izolinijama nivoa koncentracije.

Na slikama je iznos koncentracije SO_2 ubilježen lijevo od stanice gornjim tanjim brojem, a izolinije koncentracije SO_2 izvučene su tanjom linijom. Iznos srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija dima obilježen je također lijevo od stanice, ali donjim debljim brojevima, a izolinije su izvučene debljim linijama. U svim mjesecima izolinije koncentracija SO_2 i dima slijede gustoću naseljenosti grada.

Podsjetimo li se da je maksimalno dozvoljena srednja koncentracija SO_2 $150 \mu\text{gm}^{-3}$, tada je i letimičan pogled na sl. 1/2 dovoljan da spoznamo u kakvom se "zadimljenom oblaku" odvija život u zimskim mjesecima u gradu Zagrebu. Na osnovu mjerenja, koja smo proveli u proljetnim mjesecima, možemo tvrditi da bi gušća mreža mjernih stanica nedovoljno pokazala kako su iznosi koncentracije SO_2 i veći nego to pokazuje slika.

U ljetnim mjesecima situacija je mnogo bolja jer koncentracije SO_2 nisu visoke i ne prelaze granicu dozvoljene koncentracije. Sveukupni srednjak svih sedam stanica iznosi u VII mjesecu $50.8 \mu\text{gm}^{-3}$. Najveća srednja dnevna koncentracija izmjerena je tog mjeseca 1970. godine u "Branimirovoj ulici" i to $130 \mu\text{gm}^{-3}$, a najmanja 1967. godine u stanici "Demetrova", samo $4 \mu\text{gm}^{-3}$. Kako je 1969. godine u srpnju srednja dnevna koncentracija na stanici u "Branimirovoj ulici" iznosila $98 \mu\text{gm}^{-3}$, a u "Demetrovoj" $17 \mu\text{gm}^{-3}$, proizlazi da se u pojedinoj

SL. 1/2



SREDNJE DNEVNE KONCENTRACIJE

- SO₂ (µg/m³) 1966 - 1971
- - - DIM (µg/m³) 1966 - 1971

SIJEČANJ

M 1:20 000

5
378
300

SI. 1/3

Maksimir

M 1:20 000

SREDNJE DNEVNE KONCENTRACIJE

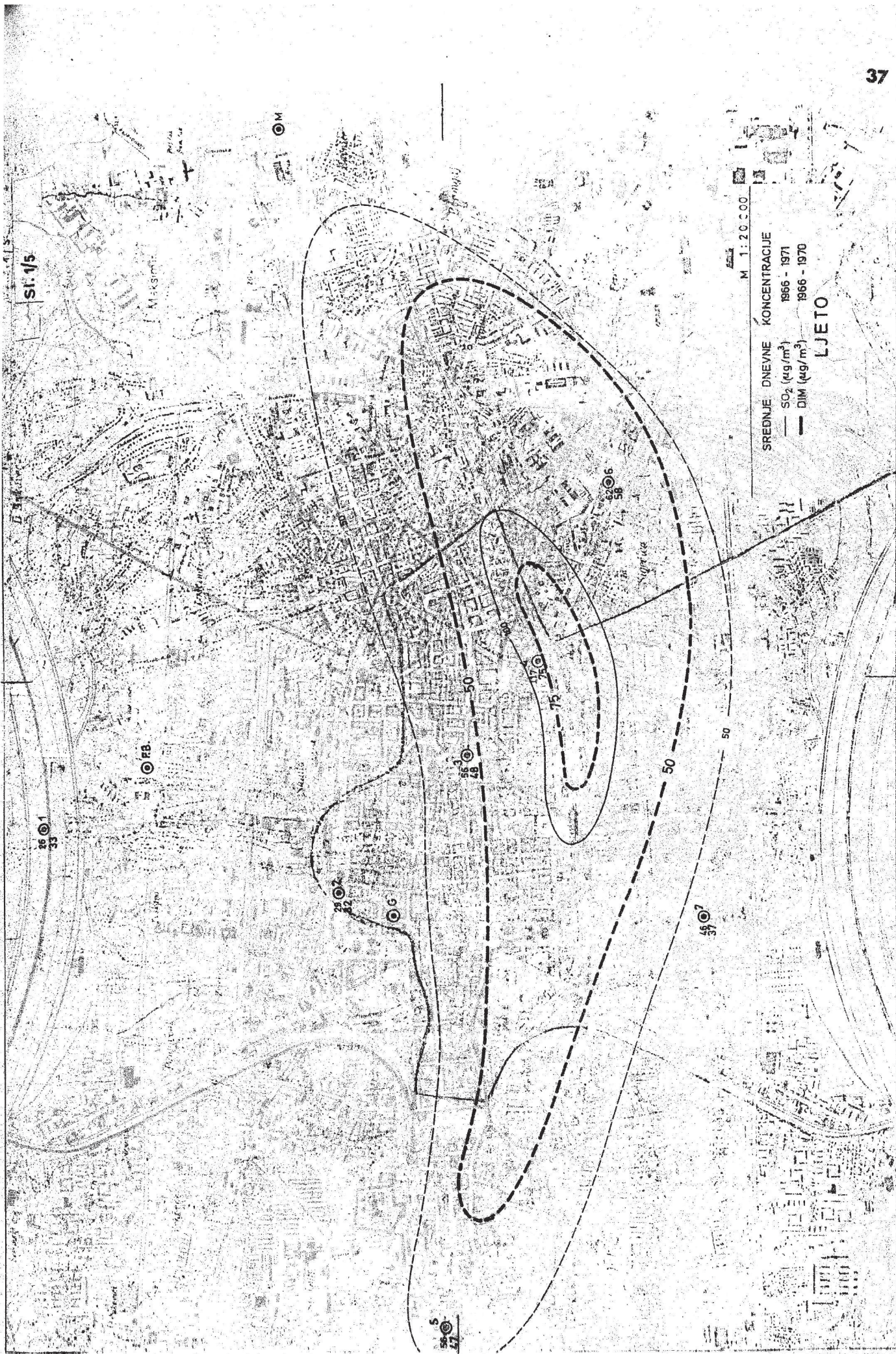
— SO₂ (µg/m³) 1966 - 1971

— DIM (µg/m³) 1966 - 1970

SRPANJ







M 1:20 000

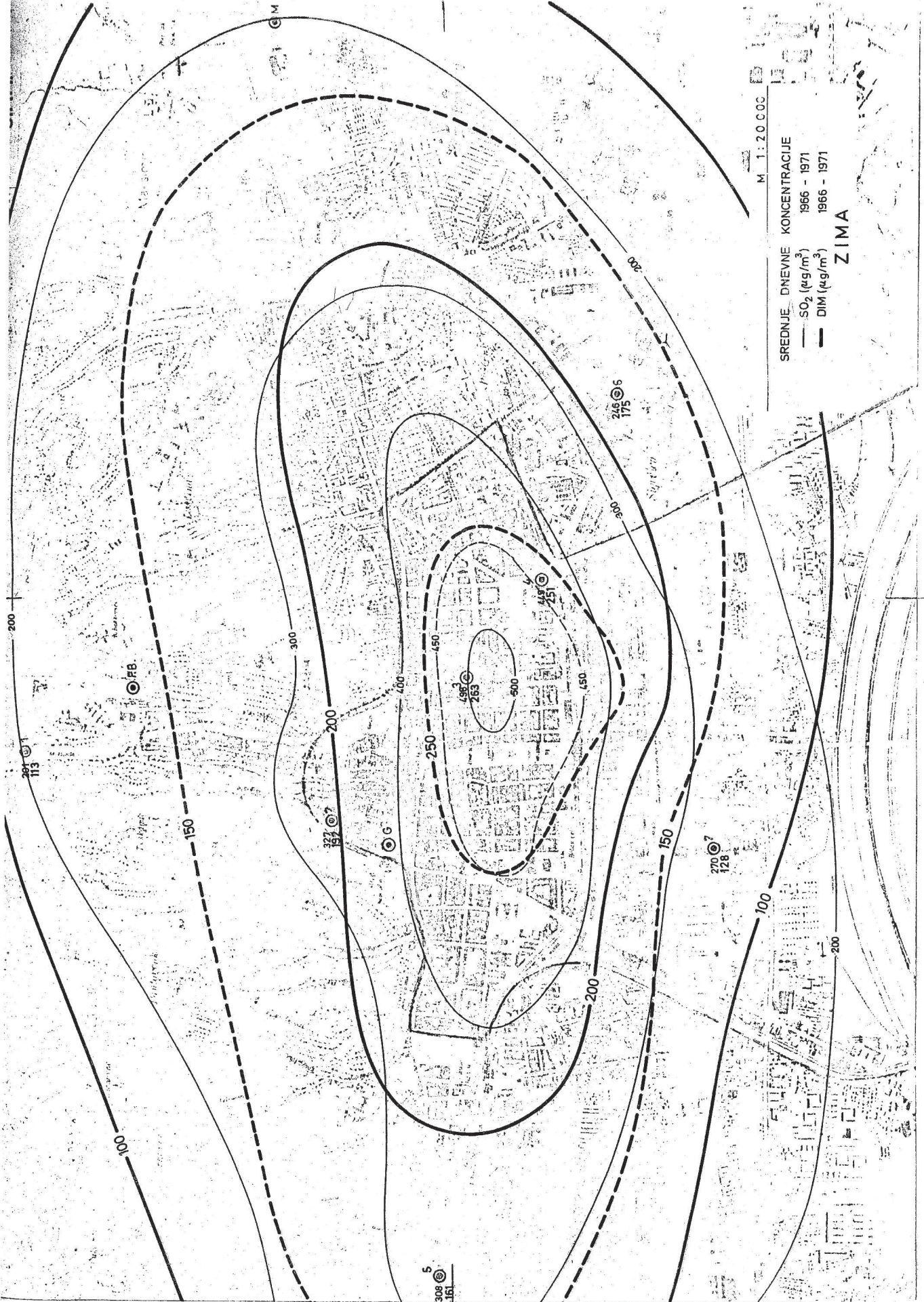
SREDNJE DNEVNE KONCENTRACIJE
 — SO₂ (µg/m³) 1966 - 1971
 - - - DIM (µg/m³) 1966 - 1970

LJETO

Sl. 1/5



1:20 000
SREDNJE DNEVNE KONCENTRACIJE
SO₂ (µg/m³) 1966, 1971
DIM (µg/m³) 1966, 1970
JESEN



godini mogu očekivati omjeri koncentracija SO_2 između najzagađenijeg i najčišćeg dijela grada od 6:1, a ako usporedimo godine 1969. i 1970. ista mjesta mogu stajati u odnosu čak 32:1. Potrebno je napomenuti da je vrijednost od $4 \mu\text{gm}^{-3}$ stanice "Demetrova" dobivena od niza mjerenja, kada je u toku čitavog mjeseca stalno bilježena koncentracija SO_2 "0" (veoma malena količina SO_2 , koja se ne može točno odrediti, a točnost mjerenja je $\pm 13 \mu\text{gm}^{-3}$), a samo za 15. i 16.VII 1967.godine bila je srednja koncentracija u oba dana $55 \mu\text{gm}^{-3}$.

Sl. 1/4-1/7 predstavljaju prostornu razdiobu koncentracija SO_2 i dima na teritoriju Zagreba po sezonama. U toku proljeća veći dio područja grada ima višu koncentraciju SO_2 od dozvoljene srednje ($150 \mu\text{gm}^{-3}$), a maksimalno izmjerena koncentracija je na području stanice "Branimirova ulica" - $223 \mu\text{gm}^{-3}$. Izolinije koncentracije SO_2 i dima gotovo su paralelne, a slijede gustoću naseljenih površina grada.

U toku ljeta koncentracija SO_2 na svim stanicama relativno su malene, a najveće su ponovo na području stanice "Branimirova ulica" (blizina autobusnog i željezničkog kolodvora).

U jesen (sl. 1/6) postoji naglo povećanje koncentracija SO_2 i dima. Koncentracije koje su više od dozvoljenih nalazimo već na većem području grada, a maksimalne također na području uz "Branimirovu ulicu", sa srednjom vrijednošću oko $250 \mu\text{gm}^{-3}$.

U zimi je na čitavom području srednjak srednjih dnevnih koncentracija znatno iznad dozvoljene vrijednosti, a u najzagađenijem dijelu - "Traumatološka bolnica" - srednjak srednjih dnevnih koncentracija SO_2 doseže $500 \mu\text{gm}^{-3}$, što je preko 3 puta više od dozvoljene koncentracije. Od značenja je i činjenica da i udaljena naselja na padinama Medvednice, i čitavo područje do obale Save, ima srednje dnevne koncentracije zimi daleko iznad $150 \mu\text{gm}^{-3}$, što ukazuje da praktički čitavo područje Zagreba ima zrak zagađen sumpornim dioksidom iznad dozvoljenih normativa.

Kako je ovdje uočeno da primat najzagađenijeg dijela grada preuzima u toku zime najgušće naseljeno područje, prezentant kojega je "Traumatološka bolnica" - izračunati su omjeri koncentracija SO_2 u hladnom (XI-XII) i toplom (V-IX) dijelu godine (tabela 1-5), da bi se dobio uvid koliki udio u onečišćavanju zraka imaju kućna ložišta u toku zime. Travanj i listopad smatrani su prelaznim mjesecima pa pri tome nisu uzeti u obzir. Svi ovi omjeri računati su pomoću srednjih dnevnih koncentracija SO_2 dobivenih za pojedini mjesec.

Može se primijetiti da je u promatranom periodu područje oko tvornice "Chromos" stalno imalo najniže omjere (hladni dio godine bio je oko tri puta zagađeniji od toplog dijela). "Branimirova ulica" ima također (barem u posljednje tri godine) faktor 3. Interesantno je da u "Demetrovoj ulici", gdje se može pretpostaviti da je zagađenost uglavnom uvjetovana kućnim ložištima, u razdoblju od XI 1967. do III 1968,

Tabela 1-5. Omjeri koncentracije SO₂ hladni dio godine/topli dio godine

Stanica God.	IMI	DEMETROVA	TRAUMATOL.	BRANIMIR.	ČERNOMER.	CHROMOS	FILZOZOF.F.	Sred.
1966	2.16	5.71	6.24		5.47	2.33	3.06	4.158
1967	6.26	9.34	6.13		4.10	3.03	5.13	5.665
1968	7.46	8.29	7.60	2.79	6.75	3.46	5.38	5.959
1970	4.31	5.65	5.44	3.07	4.20	2.70	3.69	4.151
1971	4.87	8.36	5.97	2.77	3.38	2.79	3.74	4.554
Sred.	5.012	7.469	6.274	2.877	4.778	2.861	4.197	

Omjeri koncentracije dima hladni dio godine/topli dio godine

Stanica God.	IMI	DEMETROVA	TRAUMATOL.	BRANIMIR.	ČERNOMER.	CHROMOS	FILZOZOF.F.	Sred.
1966	1.29	5.10	3.64		3.63	2.65	4.12	3.405
1967	3.40	4.13	3.21		3.10	2.94	2.22	3.167
1968	2.37	4.49	2.39	2.23	2.66	1.77	2.37	2.617
1970	2.55	3.54	3.64	2.96	2.31	1.82	1.80	2.660
1971	2.11						3.52	2.815
Sred.	2.344	4.315	3.220	2.595	2.925	2.300	2.806	

zagadjenost sumpornim dioksidom bila 9.34 puta veća od toplog dijela godine, dok je u toku 1970. godine taj omjer iznosio 5.65. Prema tome, industrijsko područje karakterizirno je manjom fluktuacijom godišnjeg hoda, dok u gusto naseljenom dijelu grada postoji velika razlika u iznosima koncentracije SO_2 između hladnog i toplog dijela godine.

1.2.2.2 *Maksimalne srednje dnevne vrijednosti koncentracije SO_2*

U tabelama 1-6 i 1-7 prikazane su dnevne maksimalne koncentracije SO_2 po mjesecima, izmjerene na 7 stanica na užem području grada Zagreba.

Ovdje je potrebno istaći da, u slučaju kada stanica nije radila više od 1/4 perioda u toku mjeseca, ekstremi (maksimalne vrijednosti) nisu uzimani u obzir. U tom slučaju u tabelama 1-6 i 1-7 stoji upitnik (?). Ovaj kriterij je uzet zbog toga što, u pravilu, u svakom tjednu postoje četiri pouzdana mjerenja (dnevna mjerenja) a tri (odnosno dvije) dnevne vrijednosti su u stvari srednjaci (za vrijeme vikenda nisu uzimani dnevni uzorci). U slučaju da se uzme veća referentna granica (npr. da manjka 1/3 podataka) - zbog aritmetičkih srednjih dnevnih vrijednosti (preko subote i nedjelje) nedostajalo bi, u stvari, mnogo više dnevnih vrijednosti. U slučaju kada stanica uopće nije radila tokom mjeseca u tabelama je ostavljeno prazno mjesto.

Kada je maksimalna dnevna vrijednost pala za vrijeme vikenda (kada su nam poznate samo srednje vrijednosti od dva ili tri dana, odnosno ukupna količina SO_2 u toku dva ili tri dana) iznos koncentracije je pocrtan crtkano (npr. u tabeli 1-7 kod stanice "Črnomerec" u XI mjesecu 1969. godine). Isto tako postoje i ekstremi za koje ne možemo tvrditi da su pouzdanog iznosa. Postoje kraća razdoblja (od 2-3 dana) kada pojedina stanica nije radila, a neposredno prije ili poslije tog razdoblja postoji određena ekstremna vrijednost. Primjer je stanica "IMI": u studenom 1971. godine zabilježena je maksimalna vrijednost koncentracije SO_2 dana 24. u iznosu od $315.0 \mu\text{gm}^{-3}$. Od 25.XI nema podataka, tako da ostaje otvoreno pitanje je li povećanje koncentracije SO_2 nastavljeno i dalje. Ovi nesigurni ekstremi označeni su u tabelama upitnikom smještenim desno od dotičnog iznosa.

Pri analizi maksimalnih srednjih dnevnih koncentracija SO_2 (tabele 1-6 i 1-7) ustanovljene su koncentracije koje se mogu očekivati na pojedinim stanicama na području grada Zagreba.

Sjeverni dio grada, koji karakterizira stanica "IMI", imao je maksimalnu srednju dnevnu koncentraciju SO_2 - 18.XII 1967. godine, u iznosu od $1521.0 \mu\text{gm}^{-3}$, a 13. siječnja 1971. godine $1144.4 \mu\text{gm}^{-3}$. U toku zimskih mjeseci mogu se očekivati iznosi veći od $500 \mu\text{gm}^{-3}$. Ljetne mjesece karakterizira granica

Tabela 1-6. Maksimalni srednje dnevne koncentracije SO₂ po mjesecima (µgm⁻³)

Mjes. God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1966	696.0	670.0	178.0	66.0	32.2	26.9	12.4	20.6	41.6	45.9	176.2	455.0
1967	585.0	344.0	140.5	246.0	94.9	128.8	196.0	369.0	724.0	?	268.0	1521.0
1968	564.0	514.0	254.0	355.2	137.2	124.4	138.2	?	94.3	253.2	184.0	275.3
1969	479.6	410.2	269.2	171.3	78.0	67.1	74.9	40.1	65.5	232.9	107.8	688.0
1970	604.9	338.2	199.1	123.0	88.5	76.0	103.8	75.0	105.5	179.6	188.1	520.0
1971	1144.4	286.6	274.1	158.6	77.2	?	?	78.5	119.7	191.4	315.0?	523.9
1966	1530.0	1382.0	255.6	292.0	?	157.5	23.0	57.9	119.0	103.4	265.9	277.9
1967	372.0	226.9	213.9	219.9	97.1	?	?	?	133.0	?	420.0	1010.0
1968	1140.0	902.0	409.0	?	97.2	74.4	82.1	?	100.8	342.9	579.8	699.6
1969	?	835.5	375.5	235.9	125.5	66.9	92.1	95.0	104.4	366.0	423.0	1017.3
1970	893.4	677.4	390.4	243.0	193.0	189.0	127.0	93.5	103.1	375.9	529.0	655.0
1971	1323.6	628.4	482.3	255.8	100.7	130.3	88.5	56.3	133.5	537.9	1103.7	632.3
1966	1098.2	1214.9	487.6	340.0	108.9	85.6	100.1	252.0	191.9	476.0	539.9	?
1967	1334.6	806.3	460.8	346.0	188.5	155.2	179.0	147.1	329.0	629.0	647.0	780.0
1968	1285.5	661.4	465.0	319.9	125.3	169.5	137.4	130.2	215.1	424.1	970.1	987.0

Tabela 1-7. Maksimumi srednje dnevne koncentracije SO₂ po mjesecima (µgm⁻³)

Mjes. God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1966	824.1	938.5	580.3	358.2	252.0	253.0	291.1	229.1	298.8	514.1	686.6	735.4?
1967	967.6	1008.9	577.3	456.0	297.0	310.5	226.0	323.9	475.0	466.0	568.5	893.2
1968	889.6	607.9	566.7	462.4	323.0	?	274.0	?	364.0	665.0	685.0	759.0
1969	945.0	1052.0	348.0	?	92.9	87.5	88.4	86.9	140.0	255.0	401.0	?
1970	?	277.0	230.0	356.3	131.0	114.8	168.2	?	400.0	386.0	475.0	901.0
1971	950.0?	665.0	254.0	?	176.4	?	?	?	118.9	234.0	275.7	555.7
1966	613.3	663.7	356.1	?	107.0	97.5	80.1	133.8	172.4	346.0	388.5	705.1
1967	590.0	437.6	336.1	171.9	111.0	205.8	151.0	124.9	86.5	366.8	283.0	477.5
1968	896.6	287.9	223.1	216.7	533.2	239.3	89.3	187.1	160.3	164.9?	239.0	596.2
1969	755.0	934.9	270.1	191.0	81.1	80.4	65.6	53.8	92.9	94.0	272.0	255.7
1970	508.0	277.9	192.5	226.8	104.0	158.1	?	334.5	360.0	?	574.0	781.0
1971	629.0	409.0	306.0	135.2	215.8	253.9	236.2	?	140.5	199.8	340.6	633.1
1966	401.7	600.5	?	?	152.5	105.8	?	181.5	155.9	206.9	?	?
1967	?	408.4	321.6	159.0	148.9	?	167.0	118.0	108.9	279.0	377.9	478.0
1968	734.2	300.8	210.3	251.3	236.2	136.5	?	142.9	128.7	254.3	697.4	457.4
1969	841.0	613.0	263.0	281.0	80.0	68.0	45.8	67.5	121.0	138.9	201.0	369.9
1970	951.0	290.0	179.0	225.0	111.6	101.1	144.9	187.0	204.0	?	419.0	525.0
1971	760.0	482.0	319.0	?	113.8	152.1	?	?	143.0	265.2	428.9	797.7
1966	561.0	528.6	263.1	203.7	90.1	88.3	?	80.5	198.0	318.0	285.9	890.0
1967	739.9	447.4	451.9	211.0	146.1	193.0	139.9	167.9	159.5	340.0	342.0	566.0
1968	697.7	369.0	439.7	180.1	?	120.0	?	139.0	117.9	358.0	362.4	683.8

iznosa koncentracije SO_2 do $140 \mu\text{gm}^{-3}$, a izuzetak čini ljeto 1967. godine, kada je 24.VIII izmjereno $369.0 \mu\text{gm}^{-3}$, a 28.VII $196.0 \mu\text{gm}^{-3}$.

Na području Gornjega grada maksimalne vrijednosti jako variraju. 24.I 1966. godine izmjerena je koncentracija SO_2 s vrijednošću od $1530.0 \mu\text{gm}^{-3}$, da bi već sljedeće godine maksimalna vrijednost srednje dnevne koncentracije SO_2 za siječanj iznosila tri puta manje $372.0 \mu\text{gm}^{-3}$. Ljetne maksimalne vrijednosti kreću se, najvjerojatnije, do $200 \mu\text{gm}^{-3}$. Ovaj iznos moramo uzeti s odredjenom rezervom, pošto za tu stanicu manjka veći dio podataka.

Za centralni dio grada, s predstavnicima "Traumatološka bolnica" i "Branimirova ulica", možemo prema mjerenju od 1968. do 1971. godine očekivati samo u zimi koncentracije SO_2 veće od $1000 \mu\text{gm}^{-3}$. (u "Branimirovoj ulici" svega je dva puta izmjerena srednja dnevna koncentracija SO_2 veća od $1000 \mu\text{gm}^{-3}$: 4.II 1970. - $1008.9 \mu\text{gm}^{-3}$ i 16.XII 1971. - $1067.3 \mu\text{gm}^{-3}$, dok je na području "Traumatološke bolnice" u promatranom periodu svake godine izmjerena srednja dnevna koncentracija SO_2 veća od $1000 \mu\text{gm}^{-3}$). U toku ljetnih mjeseci velika je vjerojatnost da će koncentracija odredjenih dana premašiti $200 \mu\text{gm}^{-3}$ (a izuzetno rijetko i $300 \mu\text{gm}^{-3}$).

Južni dio grada, sa stanicama "Chromos" i "Filozofski fakultet", ima maksimalne vrijednosti do $950 \mu\text{gm}^{-3}$ u zimskim mjesecima, dok se u ljetnim mjesecima može u okolici "Filozofskog fakulteta" očekivati do $200 \mu\text{gm}^{-3}$, a u industrijskom dijelu, predio kod stanice "Chromos", i do $250 \mu\text{gm}^{-3}$.

U zapadnom dijelu grada svega je jednom (u mjernoj stanici "Črnomerec") u promatranom periodu srednja dnevna koncentracija SO_2 bila iznad $1000 \mu\text{gm}^{-3}$ (1.II 1966. μgm^{-3}). U toku ljetnih mjeseci treba očekivati srednju dnevnu koncentraciju najviše do $250 \mu\text{gm}^{-3}$.

Zbog boljeg pregleda dajemo i maksimalne iznose srednjih dnevnih koncentracija SO_2 izmjerenih u promatranom periodu:

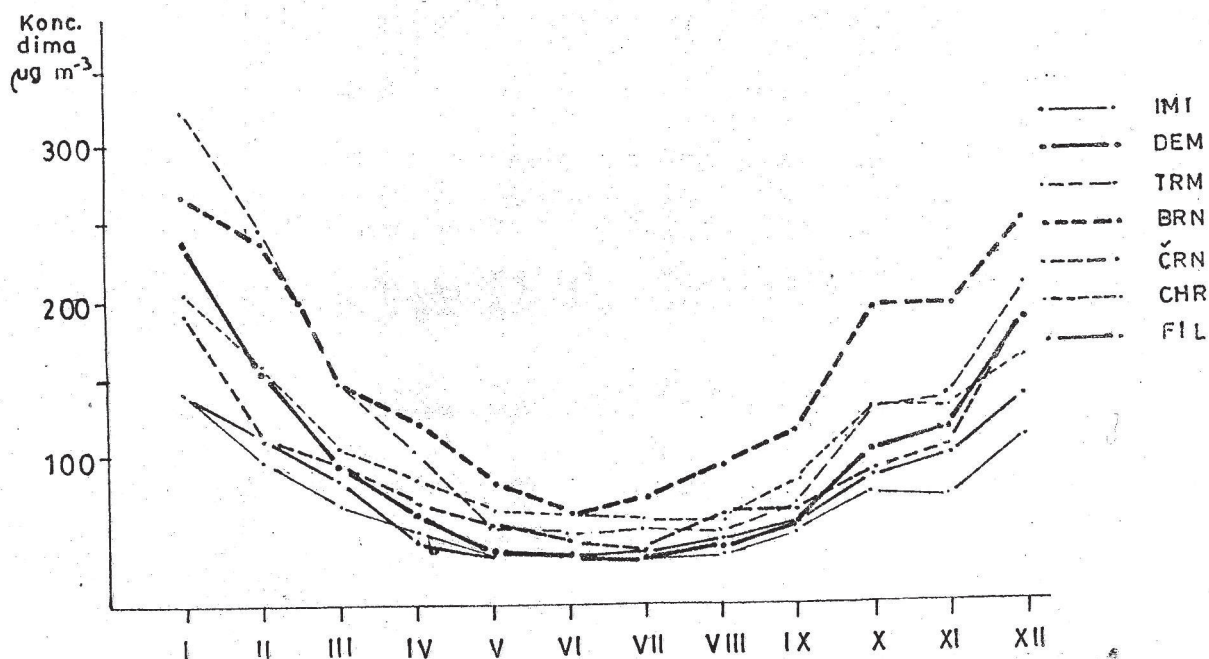
Stanica	datum	maksim. iznos (μgm^{-3})
"IMI"	18.XII 1967.	1521
"Demetrova ulica"	24.I 1966.	1530
"Traumatološka bolnica"	14.I 1971.	1334
"Branimirova ulica"	16.XII 1971.	1067
"Črnomerec"	1.II 1966.	1052
"Chromos"	1.II 1966.	935
"Filozofski fakultet"	12.I 1967.	951

Moramo međjutim uzeti da apsolutni iznos maksimuma srednje dnevne koncentracije SO_2 od $1530 \mu\text{g m}^{-3}$ ne pripada stanici u "Demetrovoj ulici", već svakako stanici u "Traumatološkoj bolnici", gdje je realni maksimum veći od $1334 \mu\text{g m}^{-3}$, a vjerojatno manji od $2533 \mu\text{g m}^{-3}$, kako je to izmjereno početkom 1968. godine.

1.2.3 Analize 5-godišnjeg mjerenja koncentracija dima

1.2.3.1 Srednje dnevne vrijednosti koncentracije dima

U tabelama 1-8, 1-9 i 1-10 prikazane su srednje dnevne koncentracije dima ($\mu\text{g m}^{-3}$) po godinama i mjesecima za sedam stanica na području grada Zagreba. Obradjeni su podaci iz razdoblja od 1. siječnja 1966. godine do ožujka 1971. godine, a za stanice "IMI" i "Filozofski fakultet" za čitavu 1971. godinu.



SL. 1/8. SREDNJE DNEVNE KONCENTRACIJE DIMA ($\mu\text{g m}^{-3}$) PO MJESECIMA NA PODRUČJU ZAGREBA, 1966-70.

Tabela 1-8. Srednje dnevne količine đima (μgm^{-3}) po mjesecima

Mjes. God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sred.
1966	145	89	50	57	27	36	29	40	49	52	73	106	62.7
1967	134	83	48	3	34	36	33	26	25	84	89	122	63.0
1968	107	90	72	46	33	23	23	26	38	52	42	66	54.0
1969	133	125	63	44	31	30	36	34	50	101	66	127	70.0
1970	142	113	73	50	42	41	29	39	53	69	81	125	71.4
1971	149	72	76	106	79	75	57	58	69	87	119	151	91.5
Sred.	135.0	95.3	63.6	48.0	33.4	35.7	30.0	33.0	47.3	71.6	70.2	109.2	
1966	259	189	104	85	25	22	32	46	58	51	148	218	103.0
1967	298	150	78	49	33	35	27	31	49	91	131	146	93.1
1968	181	140	100	54	30	32	26	34	47	112	106	183	87.0
1969	268	176	88	56	38	28	32	33	52	144	95	184	99.5
1970	187	156	115	65	46	38	34	36	54	103	94	178	92.1
1971	232	109	96										
Sred.	237.5	153.5	96.8	61.8	34.4	31.0	30.2	36.0	52.0	100.0	114.8	181.8	
1966	341	261	78	47	9	26	23	19	31	49	59	141	90.3
1967	547	248	82	73	47	51	51	67	80	166	157	204	105.5
1968	354	401	388	211	100	80	99	49	80	141	172	223	142.0
1969	239	236	111	92	50	36	40	49	63	151	138	248	121.0
1970	234	214	149	96	64	47	44	48	67	126	148	213	120.8
1971	240	119	102										
Sred.	325.8	246.5	151.7	103.8	54.0	48.0	51.4	45.7	64.2	126.6	134.8	205.8	

TRAUMATOL.

DEMETROVA

IMI

Tabela 1-9. Srednje dnevne količine dima (μgm^{-3}) po mjesecima

God.	Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sred.
1966		292	305	145	138	100	86	104	141	160	218	205	311	
1967		246	249	166	103	64	76	84	96	120	230	196	260	170.2
1968		264	152	128			60	57	90	107	156	192	237	143.9
Sred.		267.3	235.5	146.3	120.5	82.0	61.8	70.5	93.0	113.5	193.0	194.0	248.5	
1966		213	157	96	71	61	27	38	94	63	57	109	233	101.6
1967		262	70	61	54	43	49	36		55	105	134	188	96.1
1968		194	158	103	73	50		42	48	77	108	107	272	112.0
1969		152	56	102	85	65	50	42	50	52	82	50	54	70.0
1970		136	151	105	54	39	42	35	46	53	82	108	182	86.1
1971		182	83	85										
Sred.		189.8	112.5	92.0	67.4	51.6	42.0	38.6	59.5	60.0	86.8	101.6	185.8	

BRANIMIR.

ČERNOMER.

Tabela 1-10. Srednje dnevne količine dima (μgm^{-3}) po mjesecima

God.	Mjes.												Sred.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1966	217	171	105	95	61	47	57	40	77	81	110	195	104.6
1967	204	149	80	74	56	60	63	39	61	143	176	219	110.3
1968	219	136	135	76	55	53	48	68	77	78	44	53	86.8
1969	210	190	95	78	62	54	50	70	98	202	134	142	115.8
1970	154	162	104	84	81	87	66	61	89	129	168	194	114.9
1971	226	134	103										
Sred.	205.0	157.0	103.7	81.4	63.0	60.2	56.8	55.6	80.4	126.6	126.4	160.6	
1966	238	117	87	57	43	39	32	44	64	65	110	200	91.3
1967	163	117	69	37	22	26	25	42	45	86	107	99	69.8
1968	44	32	51	22	21	23	26	34	46	67	72	99	44.7
1969	59	115	58	33	31	30	35	30	44	79	55	90	54.9
1970	93	149	115	55	52	50	56	58	63	124	144	194	96.0
1971	233	134	118	34	36	31	50	56	61	125	153	231	105.1
Sred.	138.3	110.7	83.0	40.8	33.8	33.6	34.8	41.6	52.4	84.2	97.6	136.4	

CHROMOS
F.
HILLOZOF.
F

sl. 1/8 prikazane su vrijednosti srednjaka srednjih dnevnih koncentracija dima po mjesecima i stanicama. Uočljivo je da i kod dima postoji dobro izražen godišnji hod, s maksimalnim iznosima u zimskim, a minimalnim u ljetnim mjesecima, no s manjom godišnjom amplitudom nego kod godišnjeg hoda koncentracije SO_2 . U toku siječnja i veljače područje oko stanice "Traumatološka bolnica" imalo je najveću srednju dnevnu koncentraciju dima, $325.8 \mu\text{gm}^{-3}$ u siječnju i $246.5 \mu\text{gm}^{-3}$ u veljači. Nadalje prima "najzadimljenijeg" područja preuzima područje oko stanice "Branimirova ulica". Promatrano u cjelini, u toku proteklog perioda područje s najvećom koncentracijom dima bilo je oko "Branimirove ulice", čiji prosjek srednjih dnevnih koncentracija dima svih mjeseci i godina iznosi $156.5 \mu\text{gm}^{-3}$. Najniži prosjek srednje dnevne koncentracije dima svih mjeseci u toku promatranog perioda imao je sjeverni predio grada, i to $63.9 \mu\text{gm}^{-3}$.

Siječanj je mjesec u kojem se srednje dnevne koncentracije dima kreću od 547 (siječanj 1967. godine - "Traumatološka bolnica") do $44 \mu\text{gm}^{-3}$. Približavajući se toplijem dijelu godine, dnevne koncentracije dima opadaju, tako da je u srpnju minimalna vrijednost $30.0 \mu\text{gm}^{-3}$, zabilježena na stanici "IMI", a $70.5 \mu\text{gm}^{-3}$ na stanici "Branimirova ulica". Od kolovoza se zamjećuje znatniji porast koncentracije dima, ali je važno uočiti da je taj porast primjetno usporen od listopada do studenog.

Najmanja promjena srednje dnevne koncentracije dima tokom godine zamijećena je kod stanice "IMI" - srednja amplituda u promatranom periodu iznosila je $102 \mu\text{gm}^{-3}$, dok je stanica "Traumatološka bolnica" imala $280 \mu\text{gm}^{-3}$.

Prostorna razdioba koncentracije dima prikazana je, zajedno s prostornom razdiobom koncentracije SO_2 , na sl. 1/2-1/7, za najzagadjeniji i najčišći mjesec u godini, te po sezonama. Izolinije koncentracija dima gotovo se poklapaju s izolinijama koncentracija SO_2 , i takodjer slijede gustoću naseljenosti grada.

U drugom dijelu tabele 1-5 prikazani su omjeri koncentracije dima na stanicama u hladnom dijelu godine prema toplom dijelu godine, za promatrani niz godina. Kriterij za određivanje trajanja hladnog, odnosno toplog dijela godine, uzet je kao i kod omjera koncentracija SO_2 . U tabeli se uočava da najveće omjere (najveća razlika između hladnog i toplog dijela godine) ima "Demetrova", sa srednjakom svih promatranih godina 4.32, a najmanji "Chromos", 2.30. U cjelini uzevši, omjer koncentracije dima hladnog i toplog dijela godine kreće se oko vrijednosti 2.5-3.0 za sve stanice osim za područja na Gornjem gradu, gdje visoki faktor od 4.32 nesumnjivo ukazuje na prevladavajući utjecaj kućnih ložišta.

1.2.3.2 Maksimalne srednje dnevne koncentracije dima

U tabelama 1-11 i 1-12 prikazani su maksimalni iznosi srednjih dnevnih koncentracija dima, zabilježeni u pojedinom mjesecu kod svake stanice. I ovdje vrijede iste napomene kao i kod razmatranja maksimalnih iznosa srednjih dnevnih koncentracija SO₂.

U sjevernom dijelu grada, na obroncima Medvednice, samo jedanput je zabilježena srednja dnevna koncentracija dima viša od 500 μgm^{-3} ("IMI", 18.XII 1967. - 597 μgm^{-3}). Općenito uzevši, proizlazi da se u zimskim mjesecima može očekivati srednja dnevna koncentracija do 500 μgm^{-3} , a u ljetnim mjesecima i do 100 μgm^{-3} . 25.IX 1967. godine zabilježena je, kao srednja dnevna koncentracija dima, vrijednost od 664 μgm^{-3} . Iako je period od nekoliko mjeseci karakteriziran na tom mjestu vrlo visokim koncentracijama dima (a takodjer i SO₂), obzirom na vrijednosti okolnih stanica čini nam se ta vrijednost veoma problematičnom. Nije bilo, međjutim, moguće ustanoviti uzrok ovakvim koncentracijama.

Na Gornjem gradu možemo očekivati koncentracije dima i do 800 μgm^{-3} (24.I 1966. godine - 782 μgm^{-3} , 13.I 1969. - 742.5 μgm^{-3}), a u ljetnim mjesecima one najvjerojatnije iznose manje od 100 μgm^{-3} . Ovu vrijednost valja uzeti s rezervom, jer je na dane vikenda 24. i 25.VIII 1967. zabilježena ukupna suma, te svakom od ta dva dana pripada srednja vrijednost od 85 μgm^{-3} , tako da ne znamo pravu vrijednost maksimuma, no on je zasigurno veći od 85 μgm^{-3} .

U centralnom dijelu grada, prema podacima stanica "Branimirova ulica" i "Traumatološka bolnica", samo u jednom danu zabilježena je srednja dnevna koncentracija dima veća od 1000 μgm^{-3} . Iz ovih podataka veoma je teško odrediti gornju granicu srednje dnevne koncentracije dima u toku ljetnih mjeseci, (tabele 1-11 i 1-12), ali je najvjerojatnije da ni područje okoline Traumatološke bolnice neće premašiti iznos od 250 μgm^{-3} . Za područje oko stanice "Branimirova ulica" možemo s većom vjerojatnošću tvrditi da će, i u ljetnim mjesecima, veoma često iznos biti veći i od 250 μgm^{-3} (1.VIII 1969. - 268.1 μgm^{-3} , 13.VIII 1968. - 258.5 μgm^{-3}).

Južni dio užeg područja grada Zagreba (ali s lijeve obale Save) ima srednje dnevne koncentracije dima ispod 650 μgm^{-3} (s maksimalnim vrijednostima od 644 μgm^{-3} na stanici "Filozofski fakultet" - 22.XII 1971. godine, i 651 μgm^{-3} na stanici "Chromos" 1.II 1966. godine). U toku ljetnih mjeseci područje oko Kemijskog kombinata znatno je zagadjenije, tako da se može očekivati srednja dnevna koncentracija i do 200 μgm^{-3} , dok je oko Filozofskog fakulteta taj iznos dvostruko veći.

Zapadni dio grada ("Črnomerec") - veoma je, po iznosima, sličan južnom. Zimski su dani karakteristični po vrijednostima koncentracija do 600 μgm^{-3} (samo u jednom danu - 24.I 1967. godine, iznos je bio 783 μgm^{-3}), a u ljetnim danima iznosi mogu znatno varirati, te biti čak i do 295 μgm^{-3} (12.VIII 1966. godine).

Tabela 1-12. Maksimalne vrijednosti dnevnih koncentracija dima po mjesecima (μgm^{-3})

Mjes. God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
BRANIMIR												
1966	675	691	279	222	166	225	163	259	251	435	482	1007
1967	668	682	289	260	123	118	137	268	214	359	311	515
1968	489	353	238	?	108	88	75	?	209	394	373	458
1969	435	569	201	?	92	83	56	295	147	108	199	517?
1970	783	265	149	142	83	?	199	?	120	301	307	430
1971	489	340	134	137	?	?	69	?	119	211	232	436
ČERNOMER												
1966	258	178	?	127	132	79	87	87	99	150	92	149
1967	377	270	184	467?	59	198	60	75	100	286	219	327
1968	433	179	187	?	103	99	70	80	127	140	291	405
1969	525	651	226	180	102	96	105	65	126	311	432	513
1970	529	354	157	134	102	101	115	140	119	141	112	215
1971	405	286	253	149	102	106	106	197	185	386	223	371?
CHROMOS												
1966	509	513	174	201	117	?	108	128	185	320	371	389
1967	436	376	221	171	132	?	108	128	185	320	371	389
1968	455	288	182	?	?	?	?	?	?	?	?	?
1969	442	291	204	114	72	59	91	91	104	101	157	301
1970	389	202	115	67	46	49	48	92	78	220	240	155
1971	154	102	217	57	41	57	54	67	88	166	231	381
FILIZOF, F.												
1966	172	250	77	54	69	50	51	46	83	141	85	177
1967	379	316	201	123	105	76	84	85	194	289	318	417
1968	473	254	214	82	75	50	80	86	113	199	473	644

1.3 TREND PROMJENA KONCENTRACIJA SO₂ I DIMA U TOKU PROMATRANOG PERIODA

Na grafikonima 1/9-1/10 prikazane su srednje dnevne koncentracije SO₂ i dima po godinama za svaku stanicu posebno.

Iz grafikona se vidi da je najmanja srednja dnevna koncentracija SO₂ po godinama zabilježena na stanici "IMI". U toku promatranog perioda (1966.-1971. godine) najmanja vrijednost koncentracije SO₂ bila je 1966. godine, 67.0 µgm⁻³, da bi već slijedeće godine bio zabilježen maksimalan iznos srednje dnevne koncentracije iste stanice 118.5 µgm⁻³. Godine 1969. postoji sekundarni minimum od 85.7 µgm⁻³, a kasnije se iznos srednje koncentracije SO₂ po godinama polako povećava.

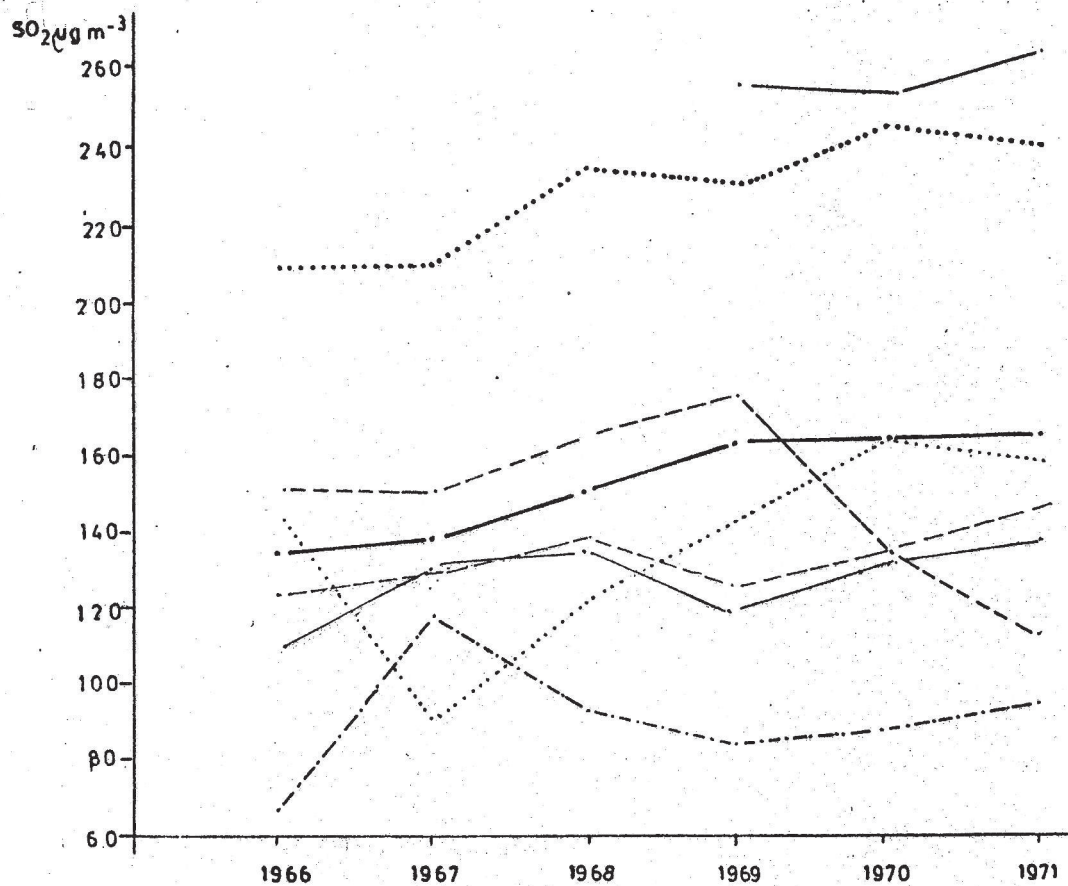
Hod stanice "Chromos" gotovo je paralelan hodu srednje dnevne koncentracije SO₂ po godinama na stanici "IMI", osim što je maksimalna vrijednost kod stanice "IMI" zabilježena 1967. godine, a kod stanice "Chromos" 1968. godine (136.1 µgm⁻³). Od 1968. godine na ovoj stanici izmjerena je za oko 40 µgm⁻³ veća srednja zagadjenost nego na stanici "IMI".

Približno paralelan hod ovim dvijema stanicama pokazuje i stanica "Filozofski fakultet", s nešto većim iznosom koncentracije (osim 1967. godine). Maksimum srednje dnevne koncentracije SO₂ po godinama na stanici "Filozofski fakultet" izmjeren je 1971. godine u iznosu od 148.1 µgm⁻³.

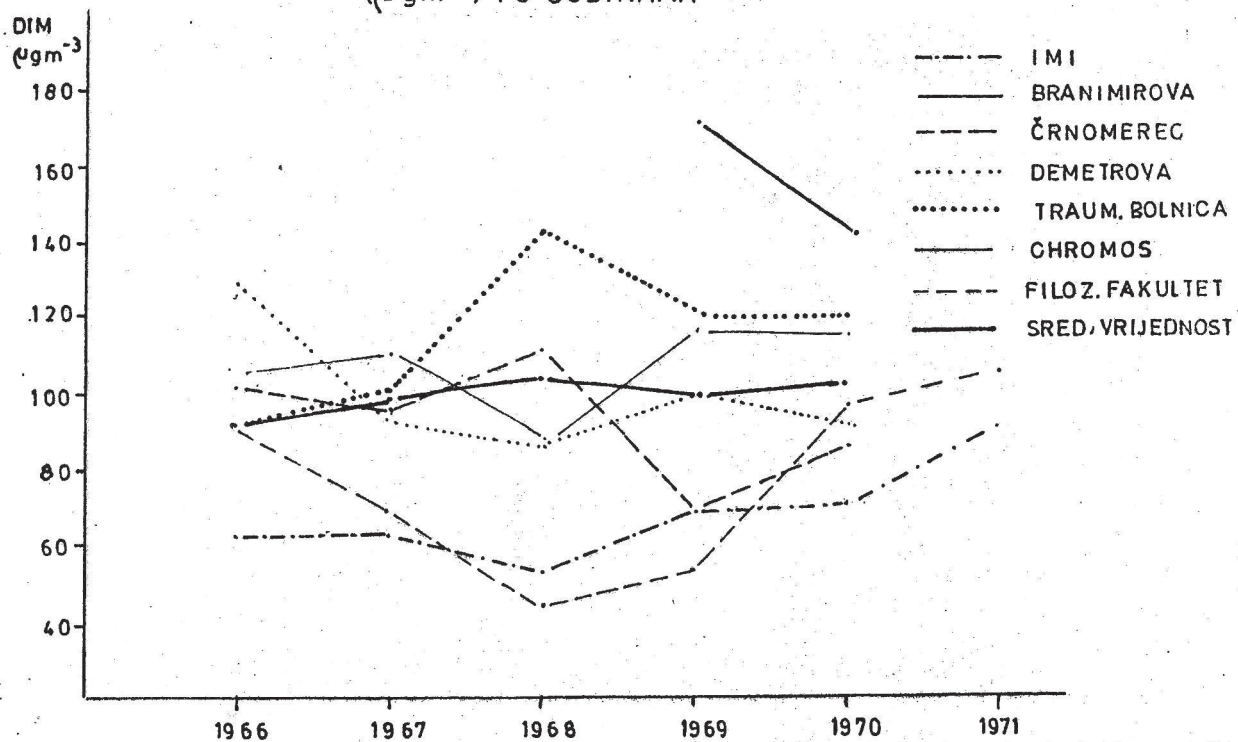
Stanica "Črnomerec" imala je 1969. godine maksimalnu vrijednost srednje dnevne koncentracije SO₂ po godinama, u iznosu od 166.1 µgm⁻³, da bi od tada srednje dnevne koncentracije po godinama bile sve manje i 1971. godine dosegle minimum od 114.0 µgm⁻³. Ovakav hod od 1969. godine ne pokazuje ni jedno drugo mjesto u gradu, i veoma je teško utvrditi uzroke koji su doveli do takvog poboljšanja stupnja zagadjenosti zraka u predjelu oko te stanice.

U ovoj grupi izdvaja se svojim hodom stanica "Demitrova", koja u prvim godinama ima hod suprotan ostalim stanicama. Budući da u okolini, koliko je nama poznato, nije tih godina došlo ni do kakve promjene, ovakav je hod, obzirom na ostale stanice, veoma teško protumačiti. Minimalna koncentracija od 91.8 µgm⁻³ izmjerena je 1967. godine, a od 1967. godine stalno se zamjećuje porast srednje koncentracije SO₂, sve do 1970. godine, kada srednja dnevna koncentracija SO₂ dostiže vrijednost od 165.4 µgm⁻³.

Srednje dnevne koncentracije SO₂ po godinama za stanice "Branimirova ulica" i "Traumatološka bolnica" veoma odskaku po znatno većim iznosima. Uz male oscilacije, srednja dnevna koncentracija izmjerena na stanici "Traumatološka bolnica" pokazuje porast iz godine u godinu, dok je kod podataka dobivenih na stanici "Branimirova ulica" uočljiv trend porasta u posljednjim godinama.



SL. 1/9 SREDNJE DNEVNE KONCENTRACIJA SO₂
(µg m⁻³) PO GODINAMA



SL. 1/10 SREDNJE DNEVNE KONCENTRACIJE DIMA
(µg m⁻³) PO GODINAMA

Između svih 7 stanica, najveća srednja dnevna koncentracija SO₂ u promatranom periodu izmjerena je 1971. godine na stanici "Branimirova ulica" (266.3 µgm⁻³), što premašuje koncentraciju SO₂ stanice "IMI" gotovo 3 puta.

Promatramo li srednju dnevnu koncentraciju SO₂ po godinama, dobivenu za svih sedam stanica, ustanovit ćemo da se koncentracija SO₂ povećava iz godine u godinu, s usporenim porastom od 1969. godine.

Kao što pokazuje i grafikon 1/10 najmanja srednja dnevna koncentracija dima izmjerena je 1968. godine na stanici "Filozofski fakultet" (44.7 µgm⁻³). Ta je godina ujedno i prijelomna za sve stanice: za stanice "IMI", "Demetrova" i "Chromos" to je godina s najmanjom srednjom dnevnom koncentracijom dima, dok je na stanicama "Črnomerec" i "Traumatološka bolnica" ovo godina s najvećom srednjom dnevnom koncentracijom dima.

Najmanju promjenu srednje dnevne koncentracije dima tokom godina nalazimo kod stanice "IMI" - razlika između najveće i najmanje srednje dnevne koncentracije dima svega je 16.6 µgm⁻³, dok je kod stanice "Traumatološka bolnica" bilo znatnog kolebanja u iznosu srednje dnevne koncentracije dima po godinama (minimalna srednja dnevna koncentracija izmjerena je 1966. godine, a maksimalna 1968. godine, s razlikom od 51.7 µgm⁻³). U usporedbi s godišnjim hodom srednje dnevne koncentracije dima, dobivenim za stanicu "Traumatološka bolnica", hod za "Filozofski fakultet" ima suprotan smjer, s također znatnim varijacijama tokom godina (razlike između najveće i najmanje srednje dnevne koncentracije dima po godinama iznosi 51.3 µgm⁻³). Iznosi koncentracije dima (srednje dnevne po godinama) za stanicu "Branimirova ulica" različiti su za godine 1969. i 1970., sa znatno manjom koncentracijom 1970. godine.

Ukupan iznos srednje dnevne koncentracije dima po godinama svih 7 stanica pokazuje da se koncentracija dima lagano povećavala od 1966. do 1968. godine, prosječni iznos se 1969. godine malo smanjio, da bi 1971. godine bila zabilježena srednja dnevna koncentracija svih 7 stanica 103.6 µgm⁻³.

Prema grafikonima 1/9 i 1/10 može se zaključiti da za središte Zagreba ne postoji kauzalna veza između hoda srednje dnevne koncentracije dima i srednje dnevne koncentracije SO₂. Povećanje u koncentraciji SO₂ u pravilu nije popraćen i povećanjem koncentracije dima.

Za sada, bez poznavanja izvora zagađenosti i njihovih promjena proteklih godina, nije moguće donijeti bilo kakvo decidirano mišljenje o uzrocima promjena na pojedinim stanicama. U svakom slučaju, osnovni rezultat pokazuje da posljednjih 6 godina zagađenost zraka u Zagrebu posve neznatno raste, što može biti dijelom posljedica povećane koncentracije SO₂ u emisijama ložišta, a dijelom rezultat polagane plinifikacije Zagreba.