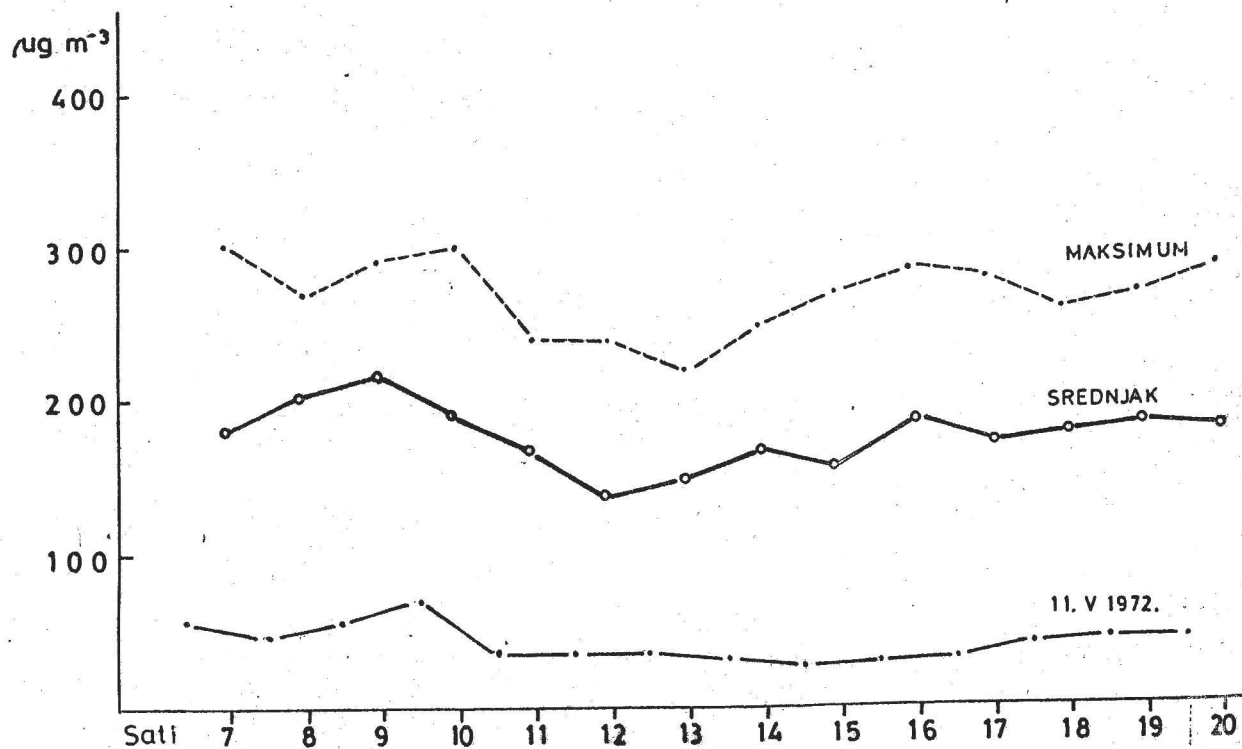


4.4.2 Dušični dioksid ( $\text{NO}_2$ )

Do sada o veličini ovog elementa zagađenosti zraka nismo imali, za područje Zagreba, nikakvih informacija. Na temelju ukupno 7 dana mjerenja dobiven je srednji dnevni hod (vidi sliku 4/10) za lokaciju Svačićev trg, koji pokazuje izražen srednji satni maksimum oko 9 sati izjutra,



SL. 4/10. SREDNJI DNEVNI HOD KONCENTRACIJE  $\text{NO}_2$  NA SVAČIČEVOM TRGU  
(PROLJEĆE 1972.)

( $217 \mu\text{gm}^{-3}$ ), te minimum oko podneva ( $150 \mu\text{gm}^{-3}$ ). U toku poslijepodneva zapaža se lagani porast nivoa koncentracije tog polutanta, sa sekundarnim maksimumom oko 16 sati. Najviša vrijednost srednje satne koncentracije  $\text{NO}_2$  ( $303 \mu\text{gm}^{-3}$ ) izmjerena je 17.III 1972. u 7 sati izjutra.

U drugom dijelu slike 4/10 prikazan je dnevni hod koncentracije  $\text{NO}_2$  tijekom 11.V 1972, pa lako uočavamo da se efekt "ispiranja" atmosfere očituje ne samo po općem nižem nivou (dnevni srednjak od  $42 \mu\text{gm}^{-3}$  je četiri puta niži nego prethodnog dana), već i po maksimalnom satnom iznosu od svega  $70 \mu\text{gm}^{-3}$ .

I kod ovog polutanta došlo je u promatranom razdoblju do znatnih promjena srednjeg dnevnog nivoa na lokaciji Svačićev trg: dok su u mjesecu ožujku dnevni srednjaci bili između  $212$  i  $243 \mu\text{gm}^{-3}$ , dotle su u mjesecu svibnju pali čak na  $106 \mu\text{gm}^{-3}$ . Činilo nam se stoga opravdanim da i ovdje primijenimo isti postupak reduciranja srednjaka mjerenja na raznim lokacijama u Zagrebu, na iznos dnevnog srednjaka s najvećim iznosom na Svačićevom trgu tj. na 23.III 1972. Ovako dobiveni reducirani srednjaci uneseni su u tabelu 4-3, gdje su prikazani i iznosi mjerenih maksimalnih satnih koncentracija, te vrijednosti reduciranih maksimalnih iznosa koncentracija  $\text{NO}_2$  za sva mjerna mjesta.

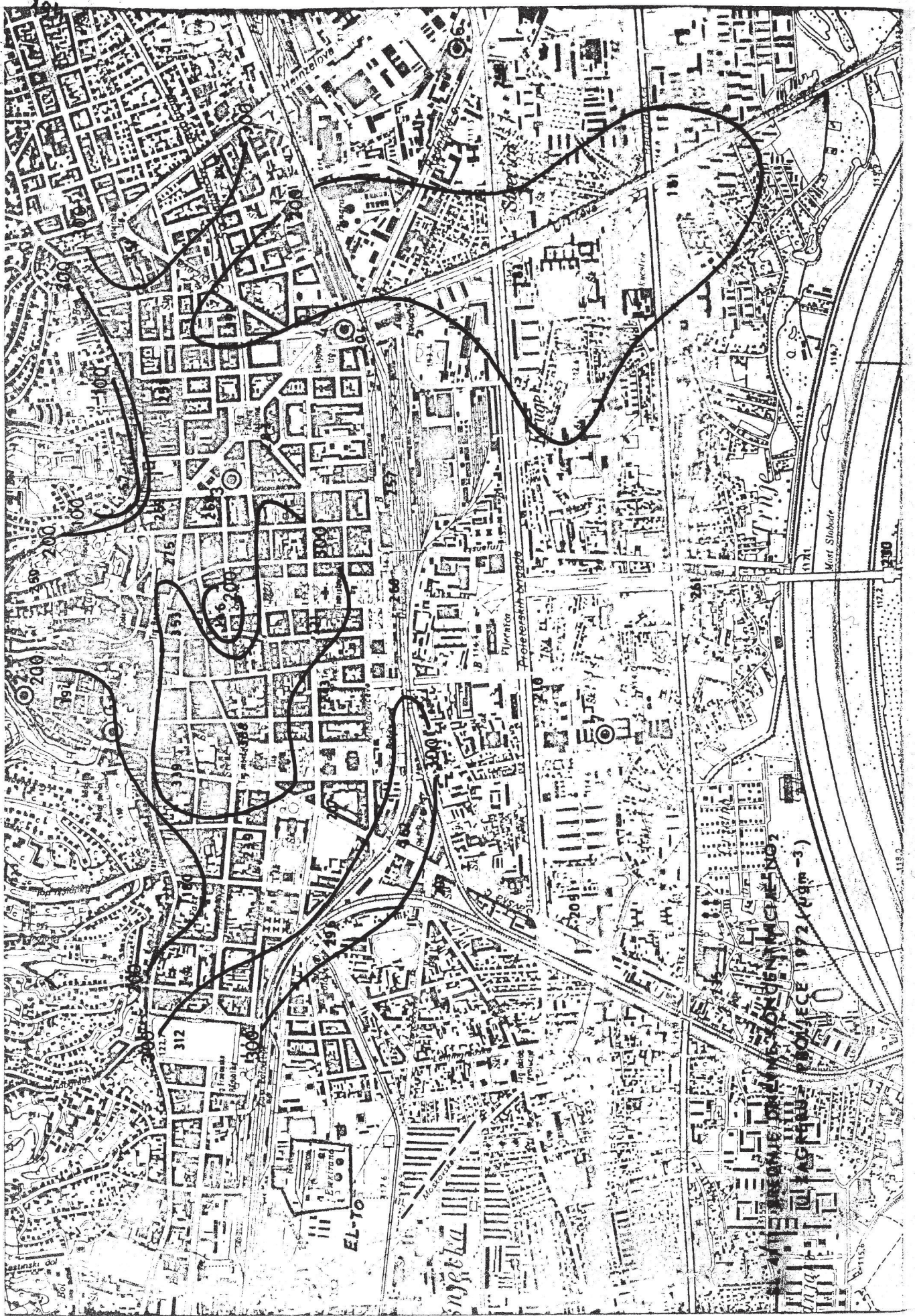
Na sl. 4/11 prikazana je prostorna razdioba srednjih dnevnih, reduciranih vrijednosti koncentracije  $\text{NO}_2$  na području šireg središta Zagreba, koja se u znatnoj mjeri razlikuje od razdiobe dobivene za sumporni dioksid. S izuzetkom područja oko sjevernog dijela Zrinjevca, čitavo područje središta grada pokazuje visoke koncentracije  $\text{NO}_2$ , s maksimumom na području oko križanja Gundulićeve i Masarykove ulice ( $388 \mu\text{gm}^{-3}$ ). Drugo područje povišene zagadjenosti zraka proteže se u pojasu uzduž željezničke pruge, između Ulice braće Oreški i Botaničkog vrta, dok je treće područje locirano istočno od Heinzelove ulice. Daljnja značajna karakteristika proljetne razdiobe dušičnog dioksida na području grada Zagreba je osjetno smanjenje koncentracije u Gornjem gradu, te praktički male vrijednosti u području južnog dijela Šalate. Udaljavanjem od gusto naseljenih četvrti prema jugu koncentracija  $\text{NO}_2$  se ne smanjuje, tako da i na posve otvorenim raskršćima ne iznosi ispod  $170 \mu\text{gm}^{-3}$ .

Spomenut ćemo konačno da je maksimalna satna koncentracija dušičnog dioksida izmjerena 23.III 1973. oko podneva na početku Frankopanske ulice, i dosegla je vrijednost od  $410 \mu\text{gm}^{-3}$ . Reducirane maksimalne vrijednosti dosegle su, međjutim, 24.V 1972. na križanju Vodnikove ulice i Savske ceste, čak vrijednost od  $572 \mu\text{gm}^{-3}$ . Vrijednosti preko  $400 \mu\text{gm}^{-3}$  dobivene su u promatranom razdoblju mjerenja čak 9 puta.

Tabela 4-3. Koncentracije NO<sub>2</sub> u središtu Zagreba prema specijalnim mjerenjima, proljeće 1972. (µgm<sup>-3</sup>)

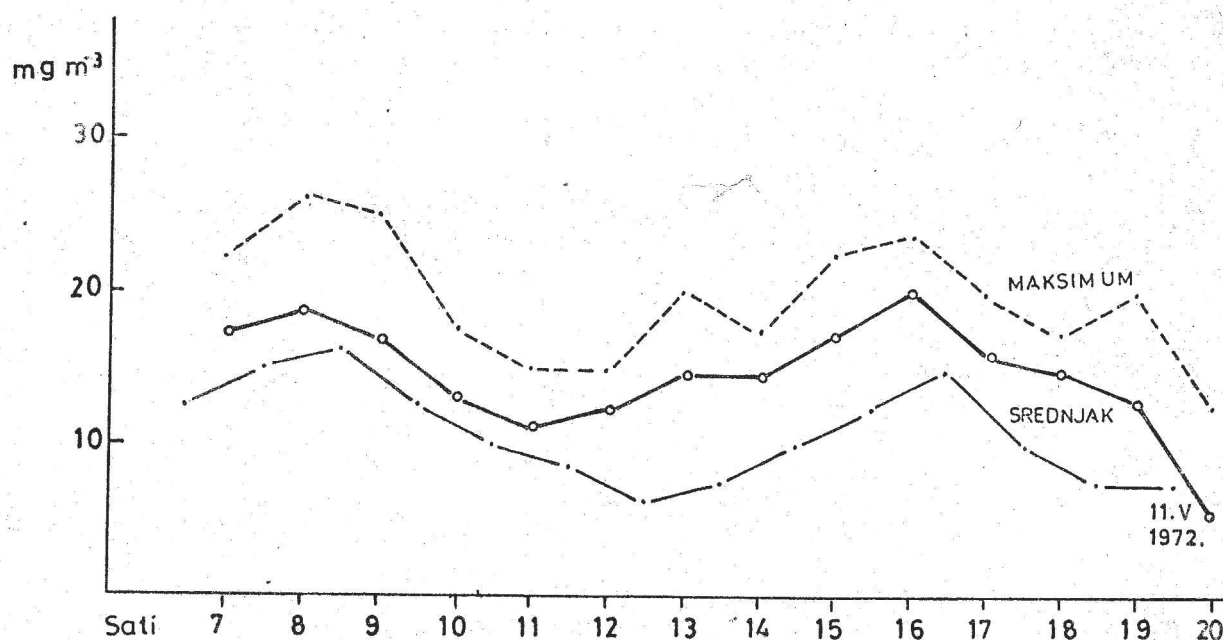
Stanica	M j e r e n j a			Modif. dnev. sred.	Modif. maks.	Datum 1972.
	Dnev. sred.	Satni maks.	Maks. NO <sub>2</sub> u % dnev. sred.			
1	2	3	4	5	6	7
Svačićev trg	212	301	141	243	373	16.III
Branimirova - Tvornica ulja	178	271	-	204	288	16.III
Vlaška - Palmotičeva	240	267	-	275	388	16.III
Trg žrt. faš.	247	361	-	283	399	16.III
Autoput - Držićeva	158	217	-	181	255	16.III
Radićev trg	170	284	-	194	273	16.III
Svačićev trg	216	303	140	243	340	17.III
N. Gršk. - Moše Pijade	230	281	-	259	363	17.III
Trg republike	314	362	-	353	494	17.III
Most Slobode	204	310	-	230	322	17.III
Glavni kolodvor	238	310	-	268	375	17.III
Prol. brigada - Miramarska	187	222	-	210	291	17.III
Svačićev trg	243	288	118	-	-	23.III
Savska - 8. maja	207	264	-	-	-	23.III
Frankopanska - Ilica	339	410	-	-	-	23.III
Savska-Autoput	235	282	-	-	-	23.III
Savska - Prol. brigada	205	231	-	-	-	23.III
Savska - Rade Končara	203	341	-	-	-	23.III
Svačićev trg	225	291	129	243	313	24.III
Prol. brigada - Držićeva	169	217	-	183	236	24.III
Branimirova - Draškovićeve	238	311	-	257	332	24.III
Jukićeva - Samoborska	274	346	-	296	382	24.III

1	2	3	4	5	6	7
Medulić. - Prilaz J.N.A.	221	292	-	239	308	24.III
Svačićev trg	168	217	129	243	313	10.V
Zrinski trg - Praška	101	128	-	146	188	10.V
Socijal.revol.- Šubićeva	119	144	-	172	222	10.V
Prol.brigada - Radnička	185	256	-	268	346	10.V
Kvatern. trg	243	273	-	351	453	10.V
B.Oreški-Ilica	216	252	-	312	402	10.V
Svačićev trg	42	69	157	-	-	11.V
Britanski trg	42	60	-	-	-	11.V
Svačićev trg	89	122	37	243	333	23.V
Gundul.-Masar.	142	169	-	388	532	23.V
Trg. J.Vlahov.- Račkoga	98	118	-	268	367	23.V
Britanski trg	66	94	-	180	247	23.V
Socijal.revol.- Heinzelova	128	152	-	349	478	23.V
Vlaška-Kraševa	92	111	-	251	343	23.V
Svačićev trg	106	167	58	243	384	24.V
Vlaška - Draškovićeve	113	146	-	259	409	24.V
Šlos. stube - igral. šalata	25	64	-	57	90	24.V
Autoput - Ul. Hrv. brat. zaj.	114	144	-	261	412	24.V
Savska - Vodnikova	158	181	-	362	572	24.V
Štrosm. trg - 8. maja	140	173	-	321	507	24.V
B.Kavurić - Preradovićeve	57	82	-	-	-	6.VI
Blok Gund. - Masarykova	46	58	-	-	-	6.VI
Kaptol	52	74	-	-	-	6.VI
Ul. A.Butorac	64	82	-	-	-	9.VI
Blok Šub. ul.	27	37	-	-	-	9.VI
Blok - Adžijina ulica	48	72	-	-	-	9.VI



#### 4.4.3 Ugljični monoksid (CO)

Križanja prometnih ulica, kao lokacije za mjerenje ovog polutanta, veoma su podesna za ocjenu nivoa maksimalne koncentracije CO, budući da je on usko vezan uz emisiju polutanata iz automobila. U tom smislu je i lokacija na Svačićevom trgu dobro ilustrirala srednji dnevni hod satnih vrijednosti i na drugim mjestima u gradu.



SL.4/12 HOD SREDNJIH SATNIH VRIJEDNOSTI CO ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) NA SVAČIČEVOM TRGU (PROLJEĆE 1972.)

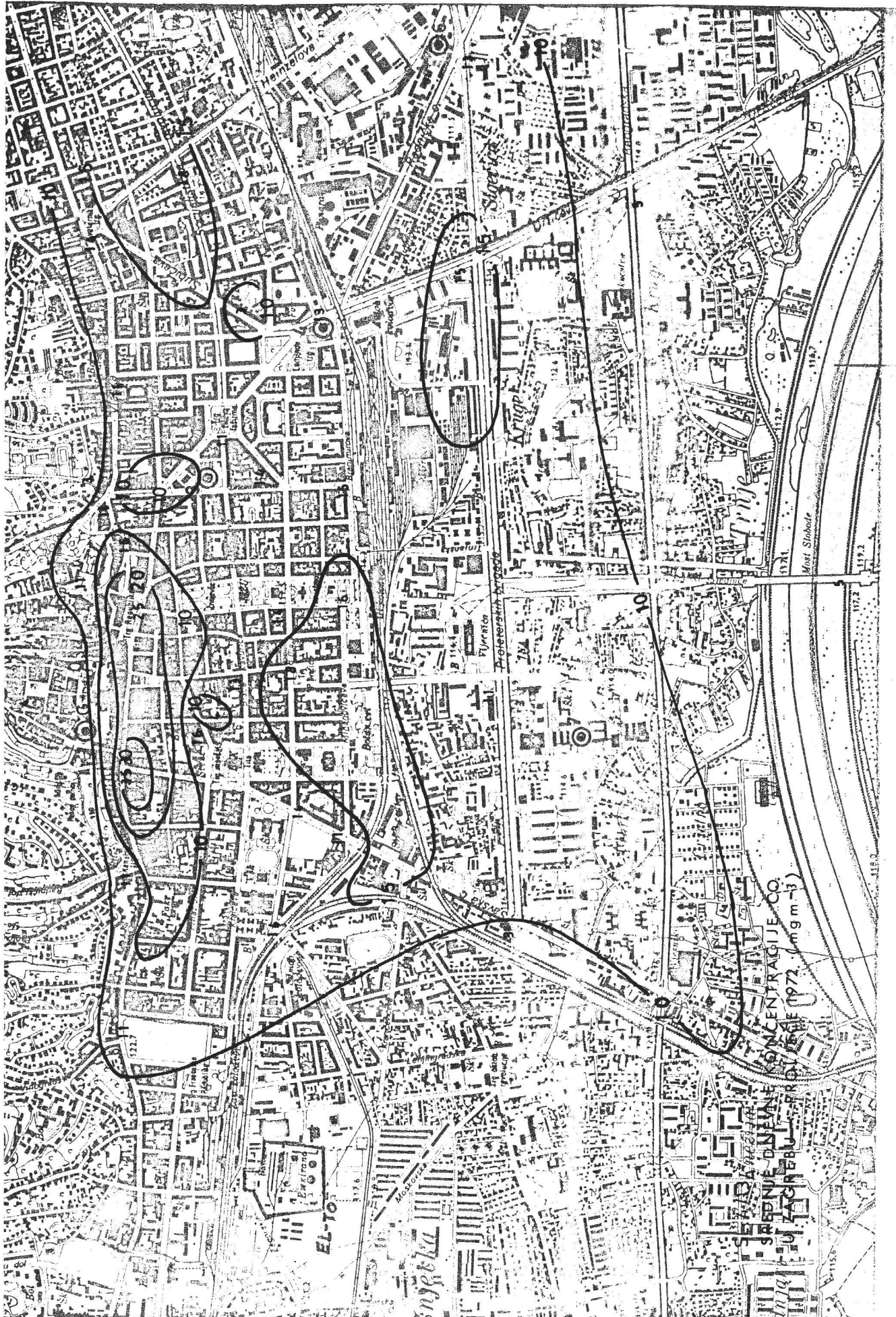
Nažalost, ni u jednom slučaju nije istovremeno s mjerenjem koncentracije CO, mjerena i frekvencija vozila, tako da ne smožemo dati njihovu međusobnu zavisnost. Ipak, prikazani dvostruki val nivoa koncentracije, sa sporednim maksimumom oko 8 sati u jutro i 16 sati popodne, te minimumom oko 20 sati, odnosno slabije izraženim minimumom oko 11 sati prije podne, čini nam se da možemo bez daljnjega

dovesti u čvrstu vezu s gustoćom prometa na toj lokaciji, koliko nam je to iz iskustva poznato. S druge strane, i kod posve kišovito vremena, kao što je to bio slučaj 11.V 1972 (najdonja krivulja na sl. 4/12), postoji dnevni hod istih osobina, no nižeg dnevnog nivoa.

Obzirom na činjenicu da se hod srednjih dnevnih vrijednosti na lokaciji Svačićev trg nije, tijekom mjernog razdoblja, bitno mijenjao, smatramo opravdanim da se vrijednosti dobivene na raznim lokacijama, na čitavom središnjem području Zagreba, međusobno usporede bez ikakve modifikacije. Detaljnija analiza pojedinosti vrijednosti satnih koncentracija na pojedinim lokacijama, posebno njihova ovisnost o meteorološkim faktorima, čini nam se da nema opravdanja, jer ne raspolažemo informacijom o frekvenciji vozila. Povećana strujanja vjetra u ulicama dovode do izvjesnog smanjenja koncentracije CO, međjutim to se iz raspoloživih podataka nije moglo uočiti.

Karta razdiobe srednjih dnevnih koncentracija CO na području središnjeg dijela Zagreba (sl. 4/13), potvrđuje osnovnu činjenicu da zatvorena saobraćajna čvorišta u najužem centru grada predstavljaju lokacije najvećih koncentracija ugljičnog monoksida. To se prije svega odnosi na područje između Frankopanske ulice i Trga republike, gdje je propusnost vozila najmanja. Na početku Frankopanske ulice izmjeren je 23.III 1972. oko 8 sati u jutro da sada apsolutni maksimum koncentracije CO na području Zagreba, u iznosu od  $45 \text{ mgm}^{-3}$ , što bar dvadeset puta premašuje dozvoljenu koncentraciju tog polutanta u atmosferi naselja. Na otvorenim, veoma frekventnim centrima, kao što je to ugao ulice Proleterskih brigada i Savske ceste ili područja uzduž autoputa, vrijednost srednje dnevne koncentracije vrlo rijetko prelazi 11-13  $\text{mgm}^{-3}$ , a ni maksimalne vrijednosti satnih koncentracija nisu veće od 15  $\text{mgm}^{-3}$ .

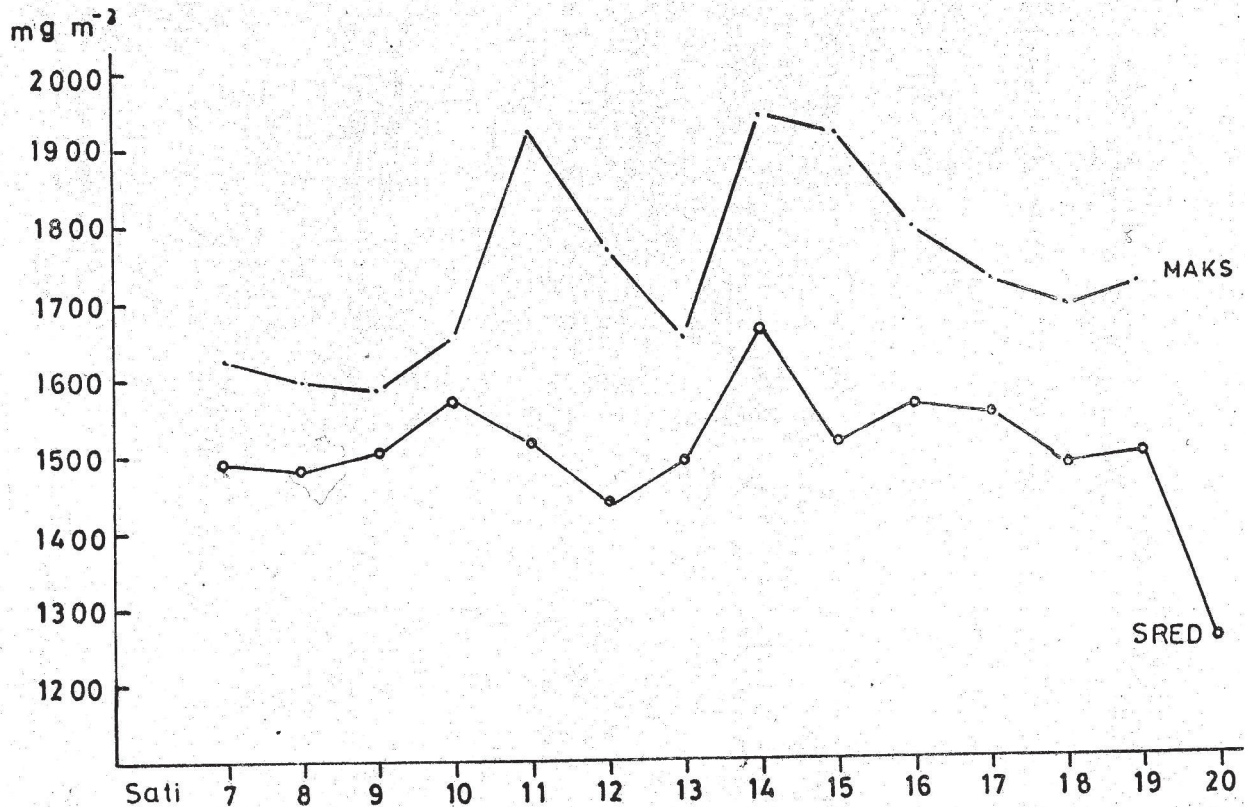
Na području Gornjega grada, kao i unutar zatvorenih blokova gusto naseljenih područja, srednje dnevne koncentracije ne prelaze 4  $\text{mgm}^{-3}$ , a maksimalni iznosi satnih koncentracija 6  $\text{mgm}^{-3}$ . Ovo ukazuje da se u područjima malog i ograničenog prometa motornih vozila, kao i u zatvorenim dvorištima stambenih blokova (sa znatnim prometom u okolnim ulicama) može, obzirom na ugljični monoksid, očekivati relativno čista atmosfera.





4.4.4 Ugljični dioksid ( $CO_2$ )

Ugljični dioksid predstavlja normalnu komponentu sastava zraka i dio je ciklusa ugljika u prirodi. Obzirom da ugljični dioksid nastaje i kao produkt zagrijavanja, odnosi u pojedinim lokacijama mogu biti vrlo kompleksni.



SL. 4/14. HOD SREDNJIH SATNIH VRIJEDNOSTI KONCENTRACIJE  $CO_2$  ( $mg\ m^{-3}$ )  
NA SVAČIĆEVOM TRGU - PROLJEĆE 1972.

Dnevni hod srednjih satnih vrijednosti koncentracije  $CO_2$  na lokaciji Svačićev trg (sl. 4/14) pokazuje maksimum u ranim popodnevnim satima (14h), sporedni maksimum u 10h izjutra, dok su najniže vrijednosti izmjerene oko 20 sati. Od svih dosad promatranih hodova ovaj je najnepravilniji, što je posljedica činjenice da su dnevni maksimumi satnih koncentracija tokom promatranog razdoblja bili zaobilježeni u različito doba dana (od 7 do 17 sati). Za razliku od ostalih promatranih polutanata, dobiveni srednji hod za  $CO_2$ , prema svemu sudeći, nije karakterističan za područje oko Svačićevog trga.

Najveća satna vrijednost  $\text{CO}_2$ , 1941  $\text{mgm}^{-3}$ , izmjerena je na Svačićevom trgu 23.III 1972. u 14 sati, no satnih vrijednosti koncentracije  $\text{CO}_2$  većih od 1600  $\text{mgm}^{-3}$  izmjereno je na toj lokaciji čak 25 u promatranom razdoblju.

Hod srednjih dnevnih vrijednosti  $\text{CO}_2$  za istu lokaciju pokazuje u promatranom periodu jake varijacije, od 1010 do 1700  $\text{mgm}^{-3}$ . Ispitivanja su pokazala da je nivo srednjih dnevnih vrijednosti  $\text{CO}_2$  veoma ovisan o srednjoj "dnevnoj" brzini vjetra na Svačićevom trgu, i s porastom brzine vjetra srednja dnevna koncentracija gotovo linearno opada. Obzirom na to da između podataka o dnevnim srednjacima brzine vjetra na Griču i na Svačićevom trgu postoji dosta slaba veza (u promatranih 7 dana omjeri brzina su se kretali između 3.79 i 1.50), ne čini nam se opravdanim da podatke ostalih mjernih stanica reduciramo na podatke Svačićevog trga. Zbog toga su za izradu karte na sl. 4/15 uzeti u obzir nepromjenjene srednje dnevne vrijednosti sa svih punktova, a radi potpunosti ucrtane su maksimalne satne koncentracije  $\text{CO}_2$ .

Iako je naprijed istaknuto da dnevni srednjaci  $\text{CO}_2$  znatno zavise o jačini provjetravanja ulica, taj faktor nije imalo smisla uzeti u obzir. Da smo raspolagali sa još nekoliko nizova mjerenja sa drugih lokacija, poput niza sa Svačićevog trga, te da je naprijed spomenuta veza i drugdje pronadjena, bilo bi moguće podatke mjerenja reducirati na najslabije provjetravanje, čime bi se dobio red veličina maksimalne dnevne koncentracije.

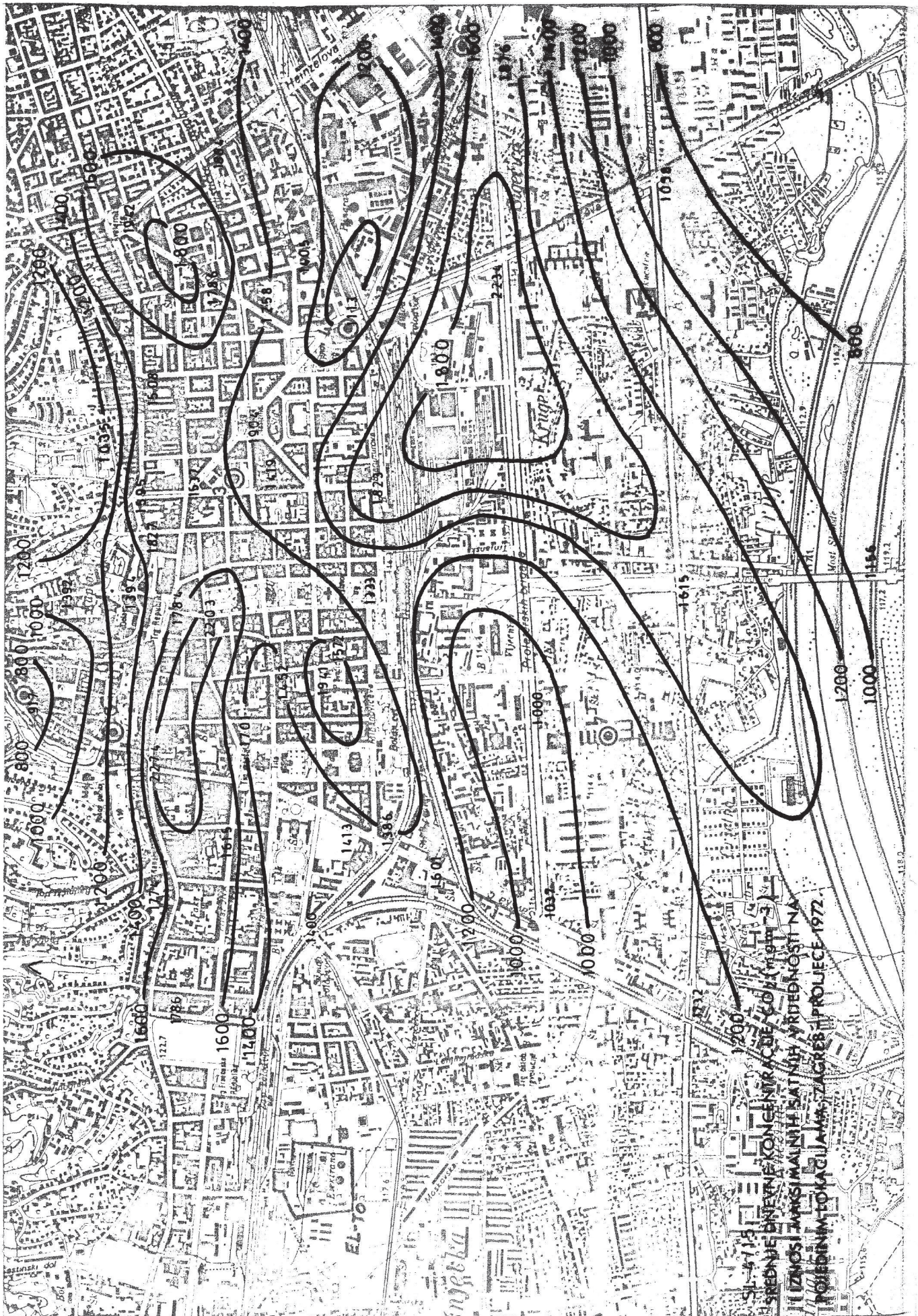
Na osnovi postojećih mjerenja mogu se zapaziti slijedeće osnovne karakteristike zagađenosti zraka s  $\text{CO}_2$ :

Područja maksimalne zagađenosti obuhvaćaju pojas od Frankopanske ulice na istok sve do Kvaternikovog trga, te široko područje oko Autobusnog kolodvora. Najviše izmjerene srednje vrijednosti (1960  $\text{mgm}^{-3}$ ) odnose se na početak Frankopanske ulice, gdje su i izmjerene maksimalne satne koncentracije od 2274  $\text{mgm}^{-3}$  (23.III 1972.). Istog dana, oko 800 m južnije, na križanju Savske ceste i Ulice 8. maja izmjereno je 1311  $\text{mgm}^{-3}$  (dnevni srednjak).

Područja sa srednjim dnevnim vrijednostima ispod 1000  $\text{mgm}^{-3}$  protežu se na zapadnoj polovici ulice Proleter-skih brigada, te jugoistočno od Branimirove tržnice. Gornji grad, kao i područja sjeverno od Vlačke ulice, također imaju zagađenost  $\text{CO}_2$  ispod 1000  $\text{mgm}^{-3}$ .

Stupanj zagađenosti s  $\text{CO}_2$  unutar blokova je nešto niži nego i na okolnim ulicama prema mjerenju u dva bloka niži je za 6 do 12%.

Na slici 4/15 unesene su i brojčane vrijednosti maksimalnih iznosa satnih koncentracija  $\text{CO}_2$  na pojedinim lokacijama u Zagrebu.



Slika 2.11.3: SREDNJE DNEVNE KONCENTRACIJE IZ OBLASTI SREDNJE IZVANSI MALIŠTE I SAJMIŠTA U VEŠTAČENJU NA POLJEDINIMA TOKA I JAMA - ZAGREB - PROJEKCIJE 1972.

#### 4.4.5 Napomene i prijedlozi

Mjerenje zagađenosti zraka na 40-tak mjesta u središnjem dijelu Zagreba daje vrlo kompleksnu sliku nivoa glavnih polutanata, te iznose maksimalnih satnih vrijednosti na pojedinim lokacijama. Smatramo da bi za solidniju procjenu stupnja zagađenosti na području grada Zagreba bilo potrebno slijedeće:

1. da se mjerenje polutanata provede na najmanje tri mjesta, barem 36 sati neprekidno;
2. da se na raskršćima gdje se provode mjerenja izvrši istovremeno i mjerenje frekvencije vozila;
3. da se umjesto na 6-7 mjesta istovremeno provedu mjerenja barem na deset mjesta;
4. da mjerenja obuhvate i parkove te predjele i naselja na obroncima Sljemena i južno od Save, te u zapadnom i istočnom dijelu Zagreba;
5. da se organizirana mjerenja ovakve vrste, u vremenskim stanjima stabilne atmosfere, provedu u sva 4 godišnja doba, u bar dvije uzastopne godine;
6. da se mjerenja zagađenosti zraka provedu i na lokacijama udaljenim od raskršća i na visinama od nekoliko katova;
7. da se upotrebom mobilnog monitora za  $SO_2$  dobiju prosjeci nivoa zagađenosti na izabranim profilima grada Zagreba.

Obzirom na općenito niži nivo zagađenosti zraka u proljeće i na malen uzorak, dobiveni podaci mjerenja se ni u kojem slučaju ne mogu smatrati ekstremnim vrijednostima zagađenosti zraka koje valja očekivati u Zagrebu. Po našem uvjerenju, u zimskim stabilnim situacijama, posebno onima s maglom, mogu se opravdano očekivati nivoi zagađenosti atmosfere, koji daleko premašuju vrijednosti dobivene u opisanim mjerenjima.