

#### 4. SPECIJALNA MJERENJA METEOROLOŠKIH ELEMENATA I ZAGADJENOSTI ZRAKA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

##### 4.1 IZBOR LOKACIJA I METODE MJERENJA

Kao što je već i prethodno naglašeno, postojeća mreža mjerenja SO<sub>2</sub> i dima u Zagrebu nije dovoljna da se utvrde temeljne karakteristike prostorne i vremenske razdiobe tih osnovnih parametara zagađenosti zraka u Zagrebu. Što više, sadašnja mreža stanica daje uvid samo u prosječne dnevne koncentracije na izabranim mjestima, dok se o hodu tih elemenata tijekom dana na osnovi postojećih mjerenja uopće ne može govoriti. Ovdje treba napomenuti da je, u kraćim intervalima od nekoliko mjeseci, Institut za medicinska istraživanja - JAZU mjerio SO<sub>2</sub> i dim na dvije točke u Zagrebu (Cesarčeva ulica i tržnica u Branimirovoj ulici), i to tijekom čitavog dana, no podaci tih mjerenja, zbog raznih faktora, nisu mogli poslužiti za naše analize. S druge strane, zbog velike raznolikosti urbanih i industrijskih područja u Zagrebu, koje se dobrim dijelom i međusobno prepliću, bilo je potrebno ustanoviti u raznim dijelovima gradskog centralnog područja kakav je stupanj zagađenosti zraka. Prema dogovoru s investitorom, odabrano je područje nešto proširenog centra grada, koje osim najužeg centra, između željezničke pruge i Gornjega grada, obuhvaća područje na zapad do Ulice braće Oreški, na istok do Heinzelove ulice, a na jug do obale rijeke Save (vidi slike onog dijela, gdje je područje omeđeno podebljanom linijom).

Od prvobitne zamisli da se provedu simultana mjerenja u tri navrata na tri profila, koja bi bila položena u smjeru W-E, N-S, i koja bi istovremeno obuhvatila velik broj točaka, moralo se nažalost odustati, jer se nije raspolagalo dovoljnim brojem aparata za mjerenje zagađenosti zraka. Ovakva bi mjerenja omogućila da se za područje čitavog centra dobiju izolirane jednake stupnjeve zagađenosti zraka, što kod manjeg broja mjernih točaka nije moguće odrediti.

Imajući u vidu da je za centralni dio grada, osim kućnih ložišta, od osnovne važnosti široko područje glavnog kolodvora, gdje još uvijek saobraćaju lokomotive s pogonom na ugljen, uspostavljena je kod svih mjerenja jedna stalna mjerna točka, na sjeveroistočnom rubu Svačićevog trga, gdje su mjerenja provodjena neprekidno tijekom čitavog dana, od 6.00 do 21.00 sat. Na mjernom mjestu, oko 5-6 metara od ugla kuća, a 1-1,5 m od kolnika, mjereni su slijedeći meteorološki elementi:

- a) temperatura suhog termometra,
- b) temperatura mokrog termometra,
- c) brzina vjetra,
- d) smjer vjetra,
- e) naoblaka,
- f) pojave.



Temperature su određivane i na ovom, kao i na svim ostalim mjernim mjestima u gradu, pomoću Assmanovog aspiracijskog psihrometra, koji je bio obješen o drveni štap na visini od 2 m (s točnošću od  $0.1^{\circ}\text{C}$ ). Na istoj visini mjerena je pomoću anemometra i brzina vjetra (u trajanju od 5 minuta), dok je smjer vjetra određivan pomoću uske platnene trake učvršćene na vrh istog drvenog štapa dužine 4 m, takodjer na osnovi opažanja u trajanju od 5 min. Ovaj način određivanja meteoroloških elemenata pokazao se vrlo praktičnim i primjenjivim je na svim mjernim točkama u gradu tokom mjerenja zagađenosti.

U pogledu mjerenja brzine vjetra, valja napomenuti da većina upotrebljenih instrumenata ima donju granicu osjetljivosti negdje oko  $0.5 \text{ m/sec}$  (osim kod onih kod kojih je određivana srednja brzina na temelju prevaljenog puta vjetra). Određivanje smjera vjetra u uličnim blokovima i na raskršćima uvjetovano je nizom faktora koji, osim na posve otvorenim raskršćima, gotovo onemogućuju dobivanje reprezentativne slike o smjeru strujanja zraka. Na smjer vjetra pritu u nekom trenutku ne utječe, naime, samo opće strujanje zraka na visini od nekoliko desetaka metara iznad kuća, već i niz drugih faktora; položaj mjernog mjesta obzirom na okolne zgrade i drveće, (privjetrina ili zavjetrina obzirom na opću struju vjetra), kanaliziranje vjetra položajem ulica prema općoj struji, visine mjernog mjesta nad tlom i drugo. Već ovdje možemo navesti da se, zbog lokalnih vrtloga, mogu u kraćim vremenskim razmacima pojavljivati velike oscilacije u smjeru i brzini vjetra, tako da mjerenja vjetra na površinama ulica, a još više blokova, imaju lokalni karakter i mogu se u znatnoj mjeri razlikovati od mjerenja na mjestu udaljenom svega nekoliko metara. Mjerenja na Svačićevom trgu pokazala su da se, u toku dvadesetak minuta, smjer vjetra na udaljenosti od 150 m od glavnog mjernog mjesta (sjeverna i zapadna strana trga) mijenjao čak i za više od  $180^{\circ}$ .

Tijekom čitavog perioda mjerenja (III 1972. - VI 1972.) izabrano je u svakoj situaciji po 6 mjernih mjesta, od kojih je jedno uvijek bila stanica na Svačićevom trgu, kao kontrolna stanica. Osnovni kriterij pri izboru mjesta bila je što veća gustoća saobraćaja, tako da su prvenstveno izabrana najvažnija prometna čvorišta. S druge strane, nastojalo se mjesta izabrati tako da pokriju čitav centar grada, uvažavajući i područja južno od željezničke pruge. Posebno su detaljno "pokrivene" velike saobraćajnice kao što je to Savska cesta, ulice Masarykova, N. Tesle, Zrinjevac. Pri izboru mjesta moralo se u većini slučajeva voditi računa i o tome da na izabranom mjestu postoji mogućnost priključaka na izvor gradske električne mreže, u čemu smo naišli na punu susretljivost novinsko-izdavačkog poduzeća "Vjesnik", poduzeća "Duhan" (neposredna blizina novinskih kioska) te nekih trgovina i ugostiteljskih radnji.



Treba već ovdje napomenuti da, po našem mišljenju, sva izabrana mjesta nisu uvijek bila reprezentativna za širi okoliš u meteorološkom smislu, no zacijelo su bila dobro izabrana u pogledu mjerenja zagađenosti zraka i buke.

Mjerenja zagađenosti zraka na svim lokacijama izvršio je Institut za sigurnost iz Zagreba, koji je proveo i sve analize uzoraka. Mjerene su slijedeće vrste polutanata:

- 1) sumporni dioksid  $\text{SO}_2$
- 2) ugljični dioksid  $\text{CO}_2$
- 3) ugljični monoksid  $\text{CO}$
- 4) dušični dioksid  $\text{NO}_2$

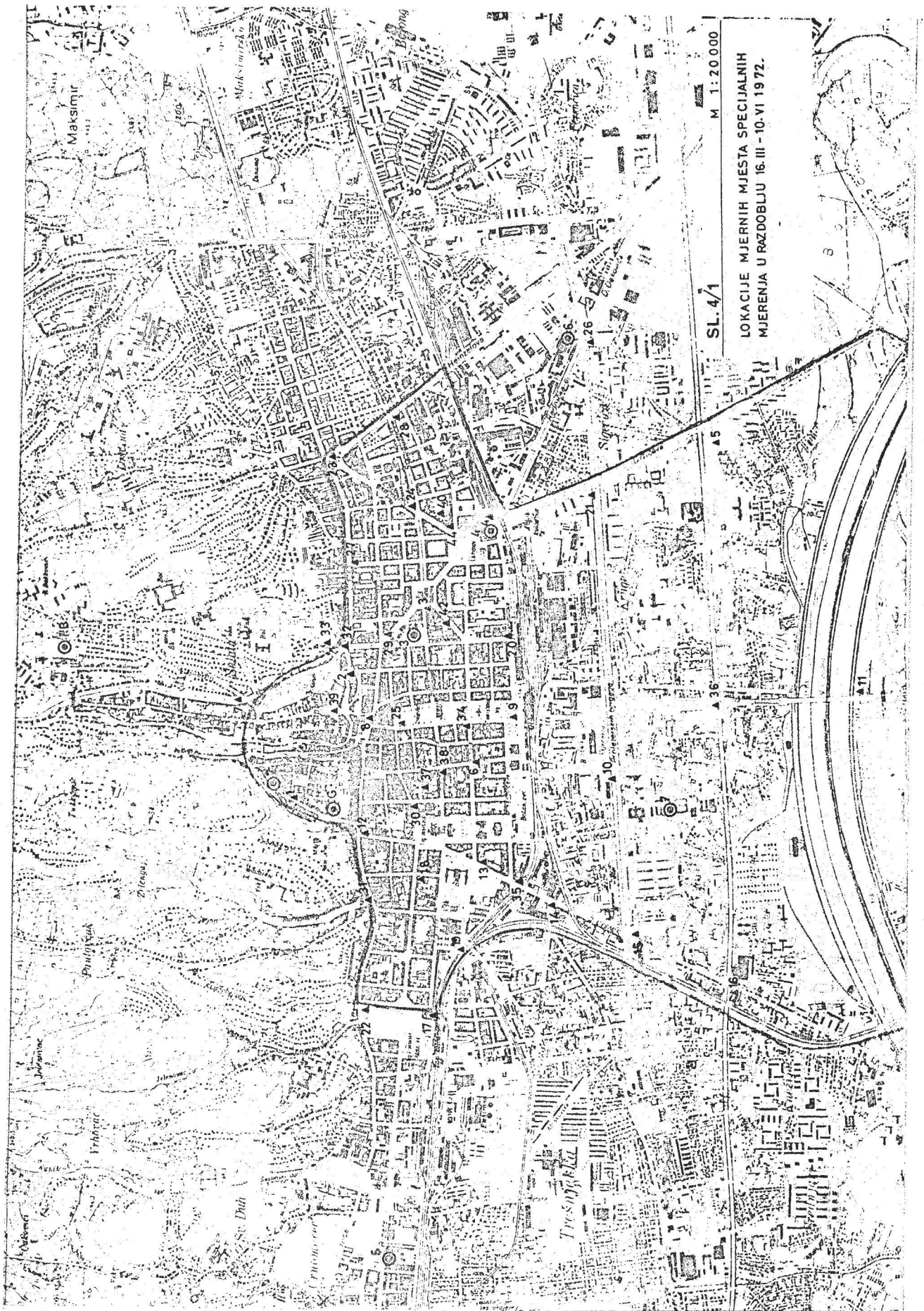
Ova mjerenja trebala su dati osnovne parametre zagađenosti zraka ne samo produktima sagorijevanja ložišta, već i cestovnim prometom, a i produktima industrijskih procesa. Za mjerenja su upotrebljene slijedeće metode:

Za plinsko-kromatografsku analizu uzorci su sakupljeni u plinskim pipetama, a analize komponenata izvršene su na plinskom analizatoru firme Becker M-350, pod nazivom "Permalyzer", koji je opskrbljen ventilom za unošenje plinovitih uzoraka i silikonskom membranom (za unošenje uzoraka i injekcionom špricom), te detektorom za toplinsku vodljivost na četiri ćelije. Plin nosilac bio je vodik dobiven iz generatora vodika firme "Elhygen R". Registracija promjene vodljivosti izvršena je na pisaču s intergratorom "Goerz - Servogor".

Kromatografsko razdvajanje izvršeno je na dvostrukoj koloni SS (metalna kolona), 1.8 m -  $\varnothing$  3 mm na porapak Q 60/80 mesha i 1.8 m 3 mm molekularno sito 5A. Analize su provedene kod sobne temperature od  $20^\circ\text{C}$ . Usporedno, izvršene su i analize na iste komponente - ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ) (Glenn, 1970; Obermiller E.L. 1968; Ta-Chuang Lochang, 1968).

Naprijed spomenuti parametri zagađenosti zraka određivani su u jutarnjem, podnevnom i večernjem terminu, i to tako da su uzimani uzorci trajanja jedan sat, dok su meteorološki parametri određivani tijekom čitavog dana svakih pola sata, čime se dobila fina struktura obnovnih meteoroloških veličina pri tlu. Za mjerenje zagađenosti zraka i buke izabran je jutarnji period od 6 do 9 sati, poslijepodnevni period od 13.30 do 15.30 sati, te večernji period od 18.30 do 20.30 sati, dakle razdoblja kad se mogla očekivati maksimalna zagađenost zraka ne samo od ložišta, već i od prometa na ulicama. U tim situacijama kada su provedena mjerenja zagađenosti zraka i buke, usporedno su analizirani i meteorološki podaci opservatorija Zagreb-Grič, smještenog nekih 30 m iznad centralnog dijela grada, te opservatorija Zagreb-Maksimir, koji se nalazi u istočnom dijelu grada, na otvorenom prostoru između Dubrave i Maksimirske šume.





SL. 4/1 M 1:20 000

LOKACIJE MJERNIH MJESTA SPECIJALNIH MJERENJA U RAZDOBLJU 16. III - 10. VI 1972.



## 4.2 IZBOR VREMENSKE SITUACIJE

Da bi se dobila po mogućnosti što reprezentativnija slika o visokoj zagadjenosti koja postoji u centru Zagreba, izabrana su takva vremenska stanja, kada se moglo očekivati da će vladati povoljni uvjeti za visoku zagadjenost zraka. Ovakvi uvjeti vladaju prvenstveno u anticiklonalnim situacijama kad postoje slabi vjetrovi i velika stabilnost zraka, te perzistentnost vremenske situacije. Obzirom na to da smo u jednom danu mogli mjeriti svega na 6 mjesta, a ukupno smo unaprijed predvidjeli preko 40 mjesta, to je bilo potrebno provoditi mjerenje bar 8 dana, kad je u meteorološkom pogledu trebalo očekivati približno iste vremenske uvjete. U toku ožujka, travnja i svibnja vladali su za ovakva mjerenja većinom veoma nepovoljni uvjeti. Mjerenja su izvršena u slijedećim danima:

1.	16.III	1972.
2.	17.III	1972.
3.	23.III	1972.
4.	24.III	1972.
5.	10.V	1972.
6.	11.V	1972.
7.	23.V	1972.
8.	24.V	1972.
9.	6.VI	1972.
10.	9.VI	1972.

U toku čitavog mjeseca travnja nisu uopće postojali podesni vremenski uvjeti za mjerenja. S druge strane, zbog općenito smanjenog nivoa SO u toplom dijelu godine, mjerenja tog elementa u mjesecu svibnju nisu mogla dati očekivanu sliku o veličini maksimalne koncentracije u gradu, već samo relativne odnose prema pojedinim mjernim točkama. Treba i ovdje napomenuti da ni u jednom od 10 navedenih dana nisu postojali meteorološki uvjeti za osobito povišenu zagadjenost zraka, no obzirom na raspoloživi kratki rok završetka elaborata, nije bilo moguće odgadati mjerenja. Općenito, dosta niskom nivou zagadjenosti zraka u proljeće 1972. godine doprinijeli su i česti vremenski poremećaji, koji su prelazili preko Zagreba. Kao posljedica toga, već drugog dana uzastopnih mjerenja stabilno stanje atmosfere bilo je narušeno nekim prodorom.

Podaci ovako dobivenih mjerenja nisu se, nažalost, mogli usporediti sa postojećom mrežom stalnih stanica iz dva razloga:

- trajanje uzimanja uzoraka je svega jedan sat;
- na "kontrolnom" mjestu - Svačićev trg, mjerenje je provodjeno svega 14 sati;
- mjerenja na stalnim točkama zahvaćaju dva dana od 13 do 13 sati.



Analiza mjerenjem dobivenih podataka mogla nam je stoga dati samo rezultate koji pokazuju razdiobu mjerenih veličina zagađenosti zraka u određenim terminima, odnosno granice unutar kojih se kretala koncentracija određenog elementa dotičnog dana. Svjesni smo činjenice da mjerenje izvršeno na nekom mjestu nije moglo dati uvijek ekstremne koncentracije u toku dana, a ni karakteristične hodove tokom dana, jer je jednodnevnim mjerenjem u izabranim satnim razdobljima mogla dobiti samo "trenutna" slika, koja ne mora ujedno biti reprezentativna za dotično mjesto i određeno vremensko stanje.

Usprkos svemu navedenom, možemo ipak smatrati da dobiveni podaci predstavljaju prvu opsežniju informaciju o stanju zagađenosti zraka u središnjem dijelu Zagreba, u proljeće 1972. godine.

Napomenimo na kraju da smo, u svrhu određivanja strujanja zraka nad gradom u najdonjih nekoliko stotina metara, izveli specijalna pilotbalonska mjerenja na ukupno 5 mjesta, dana 16. i 17. III te 24. V 1972. o rezultatima kojih će se kasnije govoriti.

#### 4.2.1 Kratak opis

- 1.) 16. III 1972. Zagreb se nalazio na jugozapadnoj strani prostrane ruske anticiklone, sa centrom od 1035 mb iznad Sovjetskog Saveza. U toku prve polovine dana vladalo je tiho i vedro vrijeme, dok je popodne bilo umjerene naoblake, koja je tokom noći gotovo iščezla. U jutarnjim satima postoji izražena inverzija pri tlu debljine 60 m i porast temperature od 7°C.
- 2.) 17. III 1972. Zagreb se i dalje nalazio na južnom rubu prostrane anticiklone, kojoj se centar od 1043 mb nalazio nad Norveškom. Zbog utjecaja visinske ciklone nad južnom Italijom, došlo je do naoblačenja već u toku prijepodneva i do umjerenih sjeveroistočnih vjetrova nad gradom. Prema podacima radiosondaže u 01 sat u noći, postojala je inverzija debljine 300 m, uz porast temperature od 5°C.
- 3.) 23. III 1972. Nad područjem zapadne Evrope prostirala se anticiklona sa centrom od 1030 mb zapadno od Engleske, dok se ciklona sa centrom od 970 mb nalazila iznad sjevernog dijela Skandinavskog poluotoka. Zagreb je zahvaćen grebenom anticiklone, što je uvjetovalo pretežno vedro vrijeme i slabo strujanje iz sjevernog kvadranta. U toku noći postojala je jako izražena plitka inverzija debljine 70 m, s porastom temperature od 8°C.



4.) 24.III 1972. Centar anticiklone od 1030 mb se nalazio nad Engleskom. Skandinavski ciklon se proširila prema jugu, a to je utjecalo na pomicanje frontalnog sistema prema jugu, koji je preko Zagreba prešao oko 14 sati. Nad Jugoslavijom se zadržao anticiklonalni tip vremena, sa slabim vjetrovima uz razvoj dnevne naoblake. U toku noći i jutro nalazila se nad Zagrebom dobro izražena inverzija do 230 m visine, s porastom temperature od  $10^{\circ}\text{C}$ .

5.) 10.V 1972. Nad područjem naše zemlje i srednje Evrope prostire se bezgradijentno baričko polje. Na sjeverne predjele Jugoslavije djeluje okludirana fronta s umjerenom naoblakom i slabim vjetrovima, a u toku dana bilo je u Zagrebu i grmljavinskih pljuskova. U toku noći i jutro i ovog je dana postojao inverzioni sloj do visine 100 m i porast temperature za  $6^{\circ}\text{C}$ .

6.) 11.V 1972. Ista barička slika kao i prethodnog dana, no uz umjeren jugozapadni vjetar bila je zatvorena naoblaka i kiša sve do popodnevnih sati. U noći postojala je posve plitka (20 m) i slaba inverzija pri tlu (porast temperature od  $1^{\circ}\text{C}$ ), no od 210 do 370 m nad tlom postojao je gornji inverzioni sloj s porastom temperature od  $3^{\circ}\text{C}$ .

7.) 23.V 1972. Anticiklona sa centrom od 1026 mb nad SSSR-om, pruža greben preko Balkanskog poluotoka i Italije i podržava kod nas uglavnom vedro vrijeme. U Zagrebu se je u toku prijepodneva formirala slaba konvektivna naoblaka. U toku noći i jutro postojao je 130 m debeli inverzioni sloj s porastom temperature od  $5^{\circ}\text{C}$ .

8.) 24.V 1972. Nad jugoistočnom Evropom prostire se greben azorske anticiklone s malo oblačnim vremenom. U toku noći postoji, uz vedro nebo, 100 m debeli prizemni inverzioni sloj s porastom temperature od  $8^{\circ}\text{C}$ . Poslije 17 sati prešla je preko Zagreba hladna fronta uz pad temperature i umjerenе sjeverozapadne vjetrove.

9.) 6.VI 1972. Balkanski poluotok nalazi se pod utjecajem anticiklone sa centrom od 1030 mb iznad Poljske. To je uvjetovalo po noći vedro vrijeme s prizemnim inverzionim slojem debljine 90 m. Preko dana vladalo je sunčano vrijeme.

10.) 9.VI 1972. Greben azorske anticiklone pruža se preko Srednje Evrope do naših predjela. U noći uz vedro vrijeme postoji sve do 40 m nad tlom inverzioni sloj temperature. Zbog prolaska fronte sjeverno od našeg područja, u jutro je potpuno oblačno sa srednjim oblacima, a poslijepodne sa Cu, Ci, Cs oblacima. Vjetrovi su slabi i promjenljivog smjera.



### 4.3 METEOROLOŠKI ELEMENTI

#### 4.3.1 Temperatura zraka

Tokom gotovo čitavog mjernog razdoblja, dobiveni dnevni hod temperature na mjernim točkama pokazuje tipičan oblik, sa minimumom u radnim jutarnjim satima te maksimumom u razdoblju između 14 i 16 sati (vidi sl. 4/2).

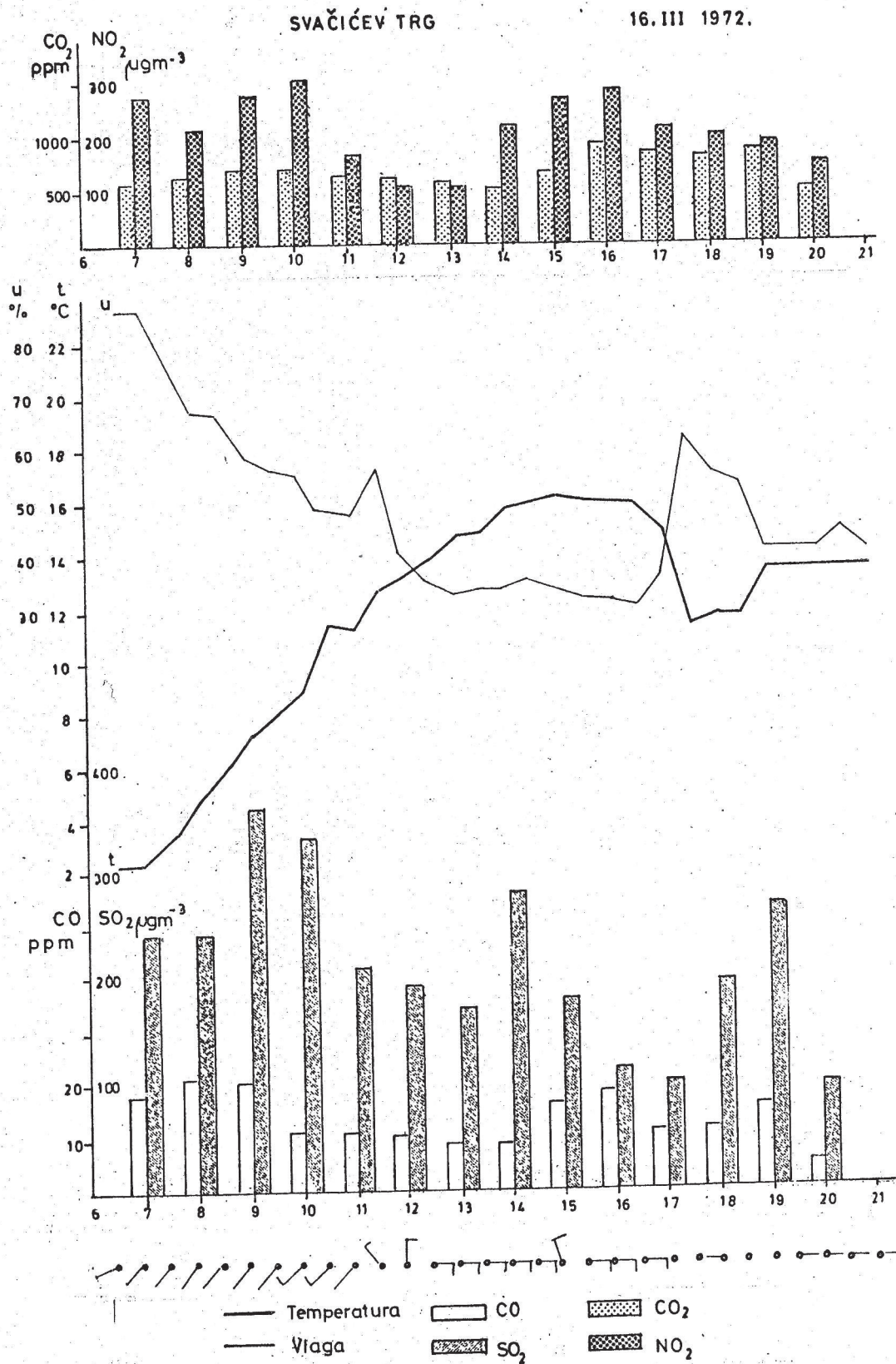
U uvjetima prolaza frontalnih poremećaja ili utjecaja ciklone (24.III; 10. i 11.V) dnevni hod temperature odstupa u manjoj ili većoj mjeri od neporemećenog stanja, a u slučajevima kišovito vremena temperatura se u toku dana malo mijenja (11.V 1972. dnevna amplituda ispod  $1^{\circ}\text{C}$ ). Pri prolazu fronta uočava se u hodu temperature nagla promjena, a to vrijedi i za slučajeve lokalnih pljuskova (10.V 1972). S druge strane, usporedba hodova temperature na različitim punktovima istog dana, pokazuje da se u toku dana mogu na nekom mjestu pojaviti promjene, koje mijenjaju opći oblik krivulje, a mogu se objasniti samo detaljnom analizom polja vjetra. Navest ćemo samo neke primjere:

Dne 16.III 1972. nastupio je na Svačićevom trgu poslije 17 sati nagli pad temperature za  $3^{\circ}\text{C}$ , koji se u tolikom intenzitetu ne zapaža ni na jednoj stanici, a mogao bi se protumačiti samo pojačanim istočnim strujanjem nad gradom koje je kratkotrajno dovelo nad mjerno mjesto svježiji zrak s područja Tomislavovog trga.

Dne 17.III 1972. registriran je na južnoj strani Mosta Slobode preko Save, između 7 i 8 sati izjutra, nagli kratkotrajni pad temperature za  $4^{\circ}\text{C}$  (poslije 8 sati porast temperature je uglavnom neporemećen), koji se može razjasniti samo kratkotrajnom naglom promjenom smjera vjetra od istočnog na sjeverozapadni, koji je doveo znatno svježiji zrak sa bazena uz rijeku Savu prema mjernom mjestu.

Između opservatorija Zagreb-Grič i Zagreb-Maksimir kod neporemećenih stabilnih vremenskih stanja s vedrim noćima, postoje redovito znatne temperaturne razlike, koje su i u ovoj seriji mjerenja dosegle čak vrijednost od  $8^{\circ}\text{C}$  (24.III 1972.). Interesantan je i slučaj naglog kratkotrajnog zatopljenja 24.III 1972. u 4 sata u jutro, na opservatoriju Maksimir, gdje je umjesto sjevernog strujanja, jako skretanje vjetra na zapadni smjer dovelo do porasta temperature za čitavih 6 stupnjeva. Očito je da je mezopromjena tlaka uvjetovala kratkotrajni dovod toplijeg zraka iz gradskog područja na istočni rub grada. Već u 6 sati u jutro istog dana pala je temperatura na istu vrijednost kao 3 sata ranije, tj. na svega  $5.5^{\circ}\text{C}$ .





SI. 4/2. DNEVNI HOD METEOROLOŠKIH ELEMENATA I ZAGAĐENOSTI ZRAKA 16 III 1972. NA SVAČICEVOM TRGU

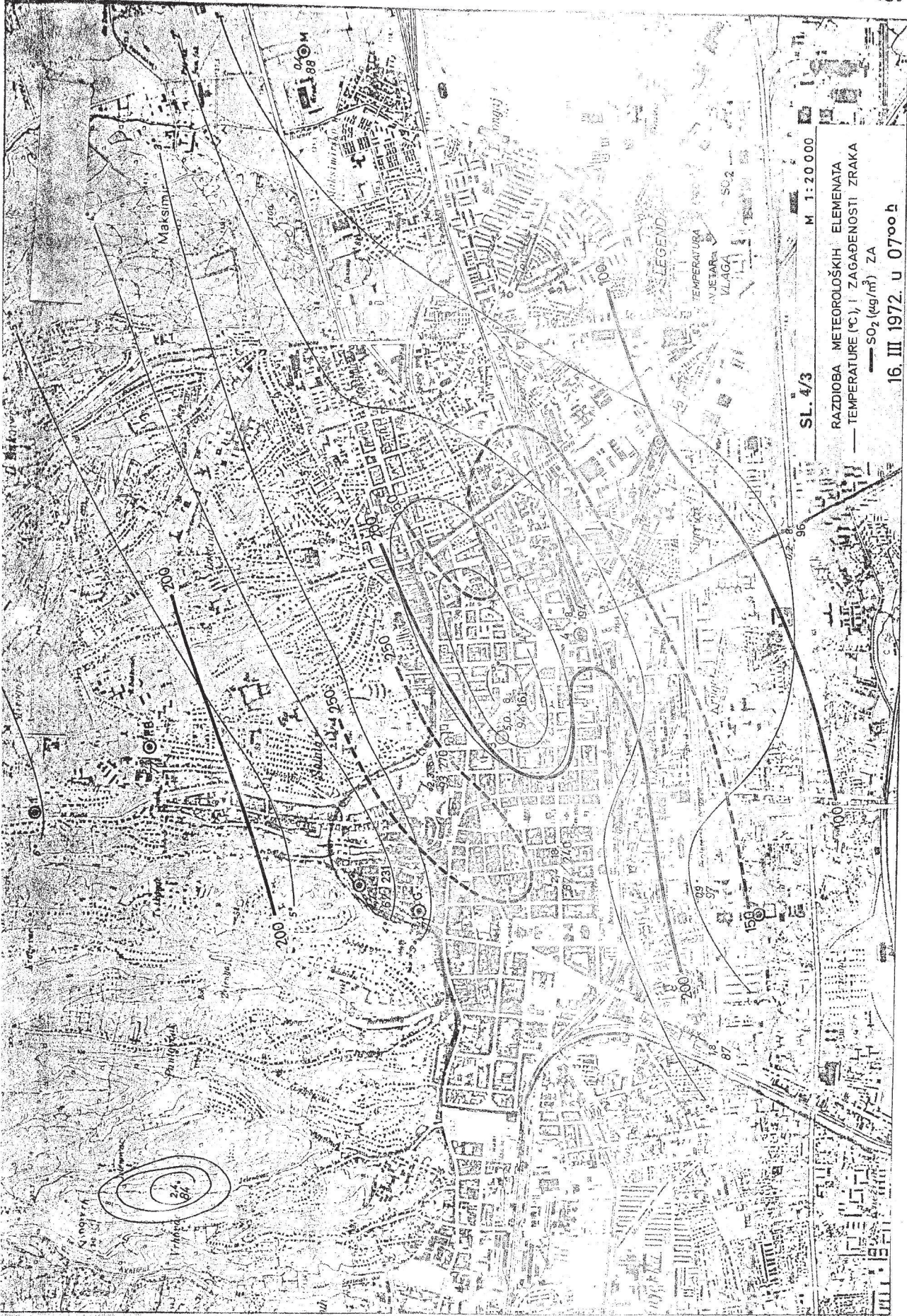


O utjecaju lokalnih faktora na hod temperature govori i podatak da maksimum temperature na opservatoriju Grič u usporedbi s opservatorijem Maksimir, može pokazivati zakašnjenje u nastupu čak do 2 sata.

Višegodišnja mjerenja temperature na području grada Zagreba i njegove okoline nesumnjivo ukazuju na toplinski efekat grada, a taj se utjecaj manifestirao i kod ovih mjerenja u središtu Zagreba. Kod svih ispitanih dana (s izuzetkom 11.V 1972.) utvrđen je, u svim promatranim terminima (07, 14 i 19<sup>h</sup>), "toplinski otok" u središtu grada, kod kojega se maksimalna razlika temperature prema okolini manifestirala u jutarnjim i vječernjim satima. Podaci međutim pokazuju da položaj otoka može, u određenim uvjetima povećanih brzina vjetra, biti pomaknut iz središnjeg dijela grada u smjeru puhanja vjetra. Karakterističan je primjer za to 24.III 1972. u 14 sati, kada je najtoplije jezgro pomaknuto od centra grada za 2 km prema zapadu (Črnomercu). Uz umjerene E i NE vjetrove, razlika između Ulice braće Oreški i Maksimira iznosila je u tom terminu čak 4°C.

U spomenutom razdoblju kod većeg broja dana ustanovljena je, u terminu 07 sati, i inverzija temperature prema obroncima Zagrebačke gore. U dva slučaja izmjerene su između klimatološke stanice u botaničkom vrtu Farmaceutskog fakulteta i predjela oko Autoputa (južno od vrta) razlike od 6°C (16.III i 24.III 1972.). Kao što se moglo i očekivati, pojavljivanje inverzije u 07<sup>h</sup> je izostalo u slučaju umjerenih vjetrova.







Da bi se mogao dobiti širi uvid o mjerenju meteoroloških elemenata u Zagrebu, posebno o tome uolikoj mjeri podaci opservatorija na Griču reprezentiraju središte grada, analizirani su podaci specijalnih mjerenja tokom proljeća 1972. godine. Pošto u tom skupu podataka postoji nehomogenost izazvana diskontinuitetom mjerenja, obrada je izvršena na osnovi dviju referentnih točaka. Jedna referentna točka je stanica na Svačićevom trgu, koja je radila uvijek kad su provedena mjerenja na ostalim mjernim mjestima na području grada, dok je druga referentna točka za meteorološke elemente bio opservatorij Geofizičkog zavoda na Griču, na kojem se provode redovna meteorološka mjerenja.

Tabrela 4-1. Srednje odstupanje temperature zraka mjernih mjesta u gradu Zagrebu prema referentnim točkama (proljeće 1972.)

d a t u m	sr.dn. odst. prema Svač. tr. °C	sr.dn. odst. prema Griču °C	temp.odst. prema Svačićevom trgu °C				temp.odst. prema Griču °C			
			07 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	07 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>
16.3.	+0,34	+0,32	+0,82	-0,08	-1,10	-1,01	+0,01	+0,73	-0,62	+0,32
17.3.	-0,18	+0,54	-0,51	+0,30	-0,48	-0,30	+0,33	-0,07	-0,03	+0,07
23.3.	+0,07	+0,35	-0,73	+0,63	-0,66	-0,18	-1,20	+1,13	-0,30	-1,95
24.3.	+0,40	+0,24	-0,07	+1,35	-0,13	-0,07	-0,65	-0,30	+0,11	+0,65
10.5.	+0,18	+0,88	-0,03	+0,53	+0,05	+0,83	+1,13	+0,88	+0,71	+1,25
23.5.	-0,30	+0,77	+0,05	+0,07	-0,31	-0,85	+1,73	+1,35	+0,95	-0,18
24.5.	-0,21	+0,80	+0,12	-0,73	+0,01	-0,77	+0,85	+0,57	+0,85	-0,14
m	+0,04	+0,56	-0,05	+0,25	-0,37	-0,33	+0,31	+0,61	+0,24	+0,00

U tabeli 4-1, navedena srednja dnevna temperatura odstupanja predstavljaju samo približno dnevni srednjak, budući da su mjerenja obuhvaćala razdoblje od 6 do 21 sat, a provedena su svakih pola sata. Za mjerna mjesta na kojima su mjerenja izvršena kroz više dana, izračunat je višednevni srednjak (Grič, Svačićev trg - 7 dana, Vijećnica i Držićeva ulica - 2 dana).

Tabela br. 4-1 pokazuje da srednje odstupanje temperature, za sva mjerna mjesta i sve termine u toku 7 dana mjerenja na području grada, (oko 1100 podataka) iznosi prema Svačićevom trgu +0.04°C, što znači da je to dobra točka na osnovi koje se mogu utvrditi hladniji i topliji dijelovi



grada. Srednje odstupanje za sve termine i sva mjerna mjesta prema Griču iznosi  $+0.56$ , odnosno za toliko je Grič u prosjeku hladniji od ostalog dijela grada.

Odstupanja temperature su računana za svako pojedino mjerenje, budući da je postojala paralelnost hoda, i prema Svačićevom trgu i prema Griču. Na taj način je evidentno da vrijednosti odstupanja s predznakom  $+$  predstavljaju područja koja su toplija od Svačićevog trga ili Griča, odnosno negativna odstupanja označavaju mjesta hladnija od referentnih točaka.

Kod prikazivanja podataka treba još jednom naglasiti da su mjerenja izvršena u danima sa sličnim sinoptičkim situacijama, te zbog toga i sličnim hodovima meteoroloških elemenata.

Zbog približno sličnih hodova bilo je moguće izračunati i "srednja dnevna" odstupanja mjernih mjesta prema Svačićevom trgu i Griču za svih sedam dana mjerenja.

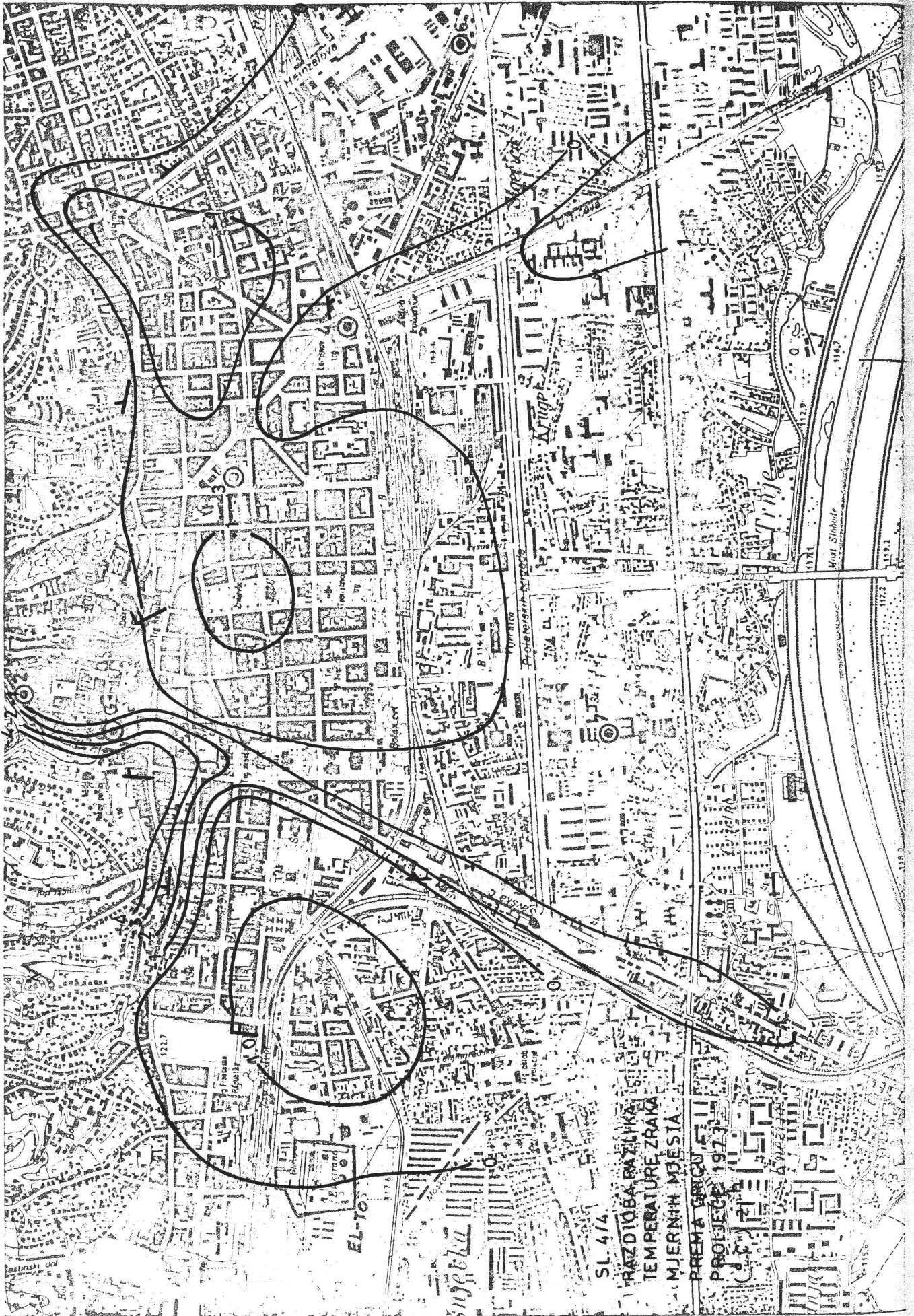
Na osnovi srednjih odstupanja temperature zraka na mjernim mjestima u gradu, od vrijednosti izmjerenih na opservatoriju Grič i referentnoj točki Svačićev trg, može se dobiti dobar uvid o tome u kolikoj mjeri ta dva mjesta, kod stabilnih vremenskih stanja u proljeće, odstupaju od pojedinih predjela grada. U tu svrhu izradjene su karte odstupanja za termine 07, 14, 19 i 21 sat, kao i karta "dnevnih srednjaka", koje ilustriraju termičke uvjete u proljeće, što ćemo ih ovdje samo opisati.

#### 4.3.1.1 Opservatorij Grič

U terminu  $07^h$  opservatorij je u prosjeku nešto hladniji od grada ( $0.3^{\circ}\text{C}$ ), s najvećim srednjim odstupanjem od čak  $1.7^{\circ}\text{C}$ . Grič je u prosjeku do najviše  $2^{\circ}\text{C}$ , topliji samo od predjela izloženih slobodnijoj cirkulaciji zraka sa padina Sljemena (početak Frankopanske ulice, Trg republike, Gregorjančeva ulica), ili pak uz otvorene magistrale izložene takvom strujanju (Savska cesta, Držićeva ulica) te uz Jukićevu ulicu. Zatvorene gradske jezgre oko najužeg gradskog centra, kao i na padinama Šalate, mogu biti u prosjeku toplije i do  $3^{\circ}\text{C}$  od Griča, što treba pripisati efektu "toplinskog otoka". Posebno ističemo i područje Ilice od Britanskog trga na zapad, te Vlaške ulice, koje je gotovo  $2^{\circ}\text{C}$  toplije od Griča.

U terminu  $14^h$  samo je usko područje između Autobusnog i Željezničkog kolodvora hladnije od Griča, dok su svi ostali predjeli topliji od opservatorija Grič. Gusto naseljeni pojas između Ulice braće Oreški preko Ilice, Trga republike na istok do Kvaternikovog trga, znatno je topliji od Griča (najviše do  $2.5^{\circ}\text{C}$ ), a povećanu temperaturu zraka u ovom terminu pokazuje i otvorena saobraćajnica kakav je autoput.





SL. 4/4  
RAZDIJBA RAZLIKA  
TEMPERATURE ZRAKA  
MJERNIH MESTA  
PREMA BRICU  
PROJEKT 1973



U terminima 19 i 21<sup>h</sup> središte grada je toplije od opservatorija i do 2°C, osobito istočni dio grada. Usljed priliva hladnog zraka sa padina Zagrebačke gore, na pojedinim otvorenim mjestima zapaža se zahladjenje, prije svega na početku Frankopanske ulice i Britanskog trga i na saobraćajnicama položenim u smjeru sjever-jug (Savska cesta, Držićeva ulica).

U klimatološkom terminu 21<sup>h</sup> zahladjenje je na svim spomenutim mjestima još izrazitije (sl. 4/4), a na početku Frankopanske, razlika prema Griču iznosi čak 5°C. Na kartu su uneseni i podaci vjetra neporemećenih dana u 21<sup>h</sup>. Na mjestima gdje ne postoji otvoreni pristup svježijem zraku (križanje Ulice braće Oreški i Ilica) Grič je hladniji, kao i središnji dio grada, i do 1°C. Na čitavom prostoru južnije od ulice Proleterskih brigada, u 21<sup>h</sup> osjeća se već efekt hladjenja radijacijom, tako da su ti predjeli i do 2°C hladniji od Griča. U kolikoj mjeri može okoliš parka djelovati na temperaturu zraka pokazuje primjer Lenjinovog trga, gdje je u 19 sati temperatura bila za 4°C niža nego na Griču.

Napominjemo da su u tabelu 4-1 uneseni srednjaci odstupanja temperature u terminima, pojedinih dana, koji međusobno nisu posve usporedivi. Eklatantan je primjer za to dan 23.III 1972. kad su se sva mjerna mjesta nalazila na liniji od Frankopanske ulice do križanja Savske ceste i autoputa, a u večernjim satima bila su pod utjecajem svježeg strujanja sa sjevera i zato hladnija od Griča.

#### 4.3.1.2 Svačićev trg

Naprijed smo spomenuli da je, za središnji dio Zagreba, mjerno mjesto na Svačićevom trgu veoma dobar reprezentant. Tabela 4-1 pokazuje da u 07<sup>h</sup> u prosjeku nema razlike prema svim ostalim mjestima u gradu. Detaljna analiza podataka pokazuje da je Svačićev trg hladniji za najviše do 2 stupnja od područja između Gundulićeve i Šubićeve ulice, a topliji od Gornjega grada i predjela južno od Save.

U ranim podnevnim satima slika je dosta kompleksna: gotovo čitavo područje središnjeg Zagreba nešto je toplije od Svačićevog trga, a ističe se i pojas oko Jukićeve ulice i Vodnikove ulice, te Kvaternikov trg, gdje je toplije za 2°C od Svačićevog trga.

Jugoistočni dio grada, koji je relativno više otvoren, ima u 14<sup>h</sup> nižu temperaturu od Svačićevog trga za oko 1°C. Uzevši u cjelini, grad je topliji za 0.25°C od Svačićevog trga.

Proces rashladjivanja prema sjeveru otvorenih ulica Zagreba u večernjim satima, prikazali smo na analizi podataka odstupanja temperature mjernih stanica prema Griču. Ovaj se proces zapaža i u usporedbi podataka prema Svačićevom trgu,



no nešto manje izrazito. U večernjem terminu (21<sup>h</sup>) topliji od Svačićevog trga ostaje srednji pojas između Zrinjevca i Trga žrtava fašizma, te prema Kvaternikovom trgu, kao i pojas oko Jukićeve ulice. Priliv hladnijeg zraka zapaža se u nižim temperaturama pojasa od Britanskog trga i Frankopanske ulice na jug. Zanimljivo je i hladnije područje oko Lenjinovog trga i Autobusnog kolodvora, s najvećim odstupanjem od 2.1°C. Uzevši u cjelini, Svačićev trg je u večernjim satima topliji od središnjeg dijela Zagreba za 0.3°C. Interesantno je istaći da je Svačićev trg najčešće hladniji od ostalih točaka u gradu u 11 sati prije podne, a topliji u 17 i 21 sat.

Na osnovi prednjeg može se zaključiti da je raspodjela temperature u Zagrebu vrlo složena. Iako su birane sinoptičke situacije koje daju sličan raspored meteoroloških elemenata, u određenim danima bilo je ipak poremećaja koji su narušavali određeni tip vremena.

Kod promatranja i objašnjavanja promjena temperature treba uzeti u obzir i druge meteorološke elemente. Tako neporemećen hod elemenata može biti narušen povećanom brzinom vjetera, naoblakom, oborinama itd. Osim već opisanih situacija, ističemo posebno 10.V 1972. kada je na nekim mjestima bila povećana naoblaka i zabilježene su oborine, a u drugim dijelovima grada bilo je umjereno oblačno vrijeme bez kiše.

#### 4.3.1.3 Mjerenja unutar stambenih blokova

Mjerenja temperature, vlage i vjetera unutar velikog stambenog bloka, kakva su provedena unutar blokova u Gundulićevoj ulici (6.VI 1972.), Šubićevoj i Adžijinoj ulici (9.VI 1972.), pokazuju osnovne značajke hoda meteoroloških elemenata i njihovih razlika unutar malih udaljenosti. U zatvorenom bloku u Gundulićevoj ulici (škola), gdje je provjetravanje ograničeno, postoje razlike temperature između pojedinih mjesta do 1°C. Mjerenja na ravnom krovu dvokatne zgrade pokazala su maksimalne razlike od 2°C prema vrijednostima temperature izmjenjenim u dvorištu, u zavisnosti o brzini vjetera i zagrijanosti zraka. U usporedbi s mjerenjem temperature na raskršću u Preradovićevoj ulici, kojih stotinjak metara dalje, temperatura unutar bloka u Gundulićevoj ulici je općenito niža. Interesantno je da je temperatura zraka na Griču u 14 sati bila za 2.5°C niža nego u bloku u Gundulićevoj ulici.

Rezultati mjerenja u 14 sati u bloku u Šubićevoj ulici pokazuju da su razlike između temperature zraka unutar bloka i u susjednoj ulici vrlo male. Maksimalna razlika prema opservatoriju na Griču ne prelazi 1°C. Budući da dnevni hod nije bio izrazito pravilan, to je veliki utjecaj na ovakvu raspodjelu imala količina naoblake i vjetar.



S druge strane, razlike između temperature Griča i bloka u Adžijinoj ulici dosegle su u podnevnim satima  $2.2^{\circ}\text{C}$ , te je unutar bloka temperatura bila stalno za  $1.5$  do  $2^{\circ}\text{C}$  viša nego na Griču.

Na osnovi samo tri mjerenja unutar stambenih blokova mogu se dobiti samo prve informacije o razdiobi meteoroloških elemenata, čije vrijednosti variraju i na malim udaljenostima.

#### 4.3.2 *Relativna vlaga*

Na osnovi usporedbe podataka o vlazi zraka na referentnim točkama i mjernim mjestima u glavnim terminima mjerenja (07, 14 i 19 sati), može se lako uočiti da su razlike u pravilu male i da iznose do 10 procenata, u izuzetnim situacijama do 20 procenata. U pravilu, najveće pozitivne razlike uočavaju se u ulicama gdje postoji otvoren pristup zraka sa padina Medvednice (maksimalan iznos odstupanja je 24%, an početku Frankopanske ulice u 14 sati) i u parkovima (Lenjinov trg). Prosječno odstupanje ne premašuje nekoliko procenata relativne vlage.

Srednje dnevno odstupanje relativne vlage za proljetnu sezonu pokazuje da je područje južno od Svačićevog trga, između Držićeve i Savske ceste, vlažnije od Svačićevog trga. Isto vrijedi i za područje sjeverno od Trešnjevke (oko toplane). Sjeverni i istočni dio grada su suhlji nego Svačićev trg.

Povećanje relativne vlage u južnom dijelu posljedica je blizine Save i niže temperature tog područja. Što se tiče podataka o relativnoj vlazi na Griču, napominjemo da srednja dnevna odstupanja relativne vlage Griča, u usporedbi s ostalim mjernim mjestima, pokazuju da je na Griču uglavnom manja vlaga nego u većem dijelu grada.

#### 4.3.3 *Vjetar*

Smještaj mjernih mjesta na raskršćima prometnih ulica uvjetovao je, u većini slučajeva, takvo mjerenje vjetra koje se ne može smatrati reprezentativnim za širi okoliš. U ovisnosti o smjeru i brzini vjetra, te orijentiranosti ulica obzirom na smjer vjetra, dolazi u ulicama do kratkotrajnih kolebanja brzine i smjera vjetra, kao posljedica turbulentnosti zraka u najnižem sloju.

Druga značajna činjenica, koju valja uvažiti kod razmatranja podataka o vjetru, je općeniti niski nivo brzine vjetra u promatranom razdoblju, u većini ispod  $3$  m/s.



Odstupanja brzine vjetra od izmjerenih brzina na Svačićevom trgu leže uglavnom unutar samih mjerenih vrijednosti brzina, što dalje smanjuje usporedivost podataka. Na osnovi podataka s opservatorija na Griču i mjernog mjesta na Svačićevom trgu, dobivena je za sedam dana mjerenja srednja vrijednost omjera brzina (dnevni srednjak) 2.51, a vrijednosti omjera za pojedine dane se kreću između 3.67 i 1.78. U razmatranom periodu mjerene brzine vjetra na Griču bile su, dakle, u prosjeku za 2.5 puta veće nego na Svačićevom trgu. Srednje dnevne brzine kretale su se na Svačićevom trgu između 0.4 m/s i 1.7 m/s.

Kao što se moglo i pretpostaviti maksimalne razlike između brzine vjetra na Svačićevom trgu i ostalih mjesta u gradu mogu se očekivati u popodnevnim satima. Unutar grada razlike ne premašuju 1 m/s, dok su na otvorenim saobraćajnicama južno od centra Zagreba brzine vjetra i do 1.5 m/s veće nego na Svačićevom trgu (na Mostu slobode čak 3.5 m/s). U jutarnjim i večernjim satima razlike su znatno smanjene i rijetko premašuju 1 m/s.

Zbog svog izdignutog položaja, opservatorij Grič slobodno je izložen strujanju, pa su stoga i brzine vjetra na Griču veće nego na području centra Zagreba. Najveća pozitivna razlika od 4.6 m/s postignuta je 24.III 1972., kad je srednja dnevna brzina vjetra na Griču bila 3.2 m/s. Nasuprot tome, mjerenja na Mostu slobode, koji je udaljen od naselja, pokazuju da je tamo tokom čitavog dana vjetar bio jači od vjetra na Griču u prosjeku za 1.0 m/s, s najvećom razlikom od 4.0 m/s u popodnevnim satima.

Spomenut ćemo konačno da analiza podataka vjetra ukazuje i na najčešći prestanak jutarnjih, odnosno početak večernjih tišina. Iako u pojedinačnim slučajevima prestanak tišina može nastupiti već u pola 7 sati izjutra, najčešće počinje puhati vjetar ( $v > 1.0$  m/s) oko 9 sati (21% slučajeva), a najkasnije nešto prije podneva. Prestanak vjetra na ulicama srednjeg dijela Zagreba u pravilu nastupa između 17 i 18 sati, vrlo rijetko poslije 20 sati. Sve ovo vrijedi, razumljivo, za stabilne vremenske situacije, za koje su i dobiveni razmatrani podaci vjetra.

#### 4.3.3.1 Mjerenja prizemnog sloja

U svrhu dobivanja slike o strujanju zraka najdonjih nekoliko stotina metara nad gradom, provedena su 16. i 17.III 1972. godine te 24.V 1972. godine specijalna mjerenja visinskog vjetra na ukupno 6 mjesta u gradu. Na opservatorijima Zagreb-Grič i Zagreb-Maksimira mjerenja su provedena od 01 do 23 sata svaka dva sata, a na ostalim mjestima (kod Toplane u Zagorskoj ulici, kod "petlje" u Držićevoj ulici, kod Gradske vijećnice u ulici Proleterskih brigada i na Lenjinovom trgu) od 06 do 21 sat, također svaka 2 sata. Dne



24.V 1972. godine pilotbalonsko mjerenje visinskog vjetra izvršeno je kraj Toplane u Zagorskoj ulici. Treba, nažalost, konstatirati da je 17.III 1972. godine gotovo čitavog dana postojalo umjereno ENE strujanje, a da je 24.V 1972. popodne preko Zagreba prešla hladna fronta, tako da za proučavanje dolazi u obzir samo dio mjerenih podataka. Razmotrit ćemo samo najdonji sloj do 300 m visine nad tlom. Dana 16.III 1972 u jutarnjem terminu 07<sup>h</sup> primjećuje se nad Maksimirom, pri tlu i do 300 m visine, slabo NNE strujanje, kao ostatak noćnog strujanja sa Medvednice. Na jugoistočnom rubu gradske jezgre, na Lenjinovom trgu, postoji iznad prizemnog sloja tišina, a već od 80 do 300 m visine nad tlom, strujanje jugoistočnog smjera prema gradskoj jezgri, dok na svim ostalim područjima grada postoji slabo do umjereno NNE strujanje.

Uspostavljanje cirkulacije prema Medvednici zamjećuje se, na priloženoj karti strujanja, istog dana u 9 sati u jutro. Iz karte je vidljivo da prizemno strujanje dovodi zračne struje prema središtu "toplinskog otoka", dok iznad toga u prvih stotinu metara postoji slabo strujanje prema Medvednici. Ovakvo strujanje trajalo je otprilike do podneva, kada je uslijed promjene baričkog polja strujanje skrenulo na istočni smjer (sl. 4/5).

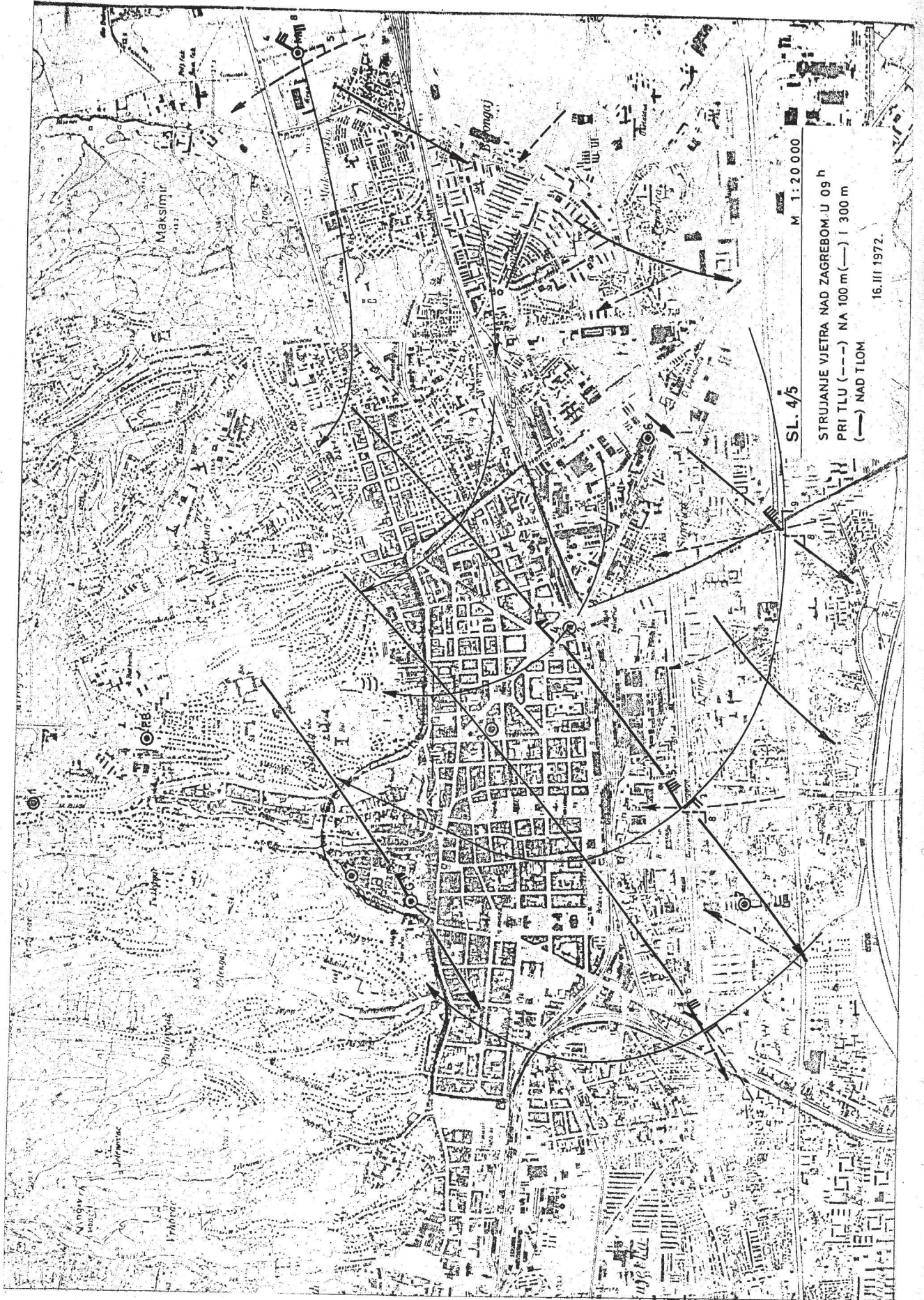
Dne 24.V 1972. uspostavljeno je strujanje prema Medvednici već u 7 sati izjutra, a sloj je imao debljinu između 180 i 250 m. Iznad toga je, nad čitavim srednjim i zapadnim dijelom grada, postojao oko 300 m debeli sloj strujanja iz NW smjera, da bi na visinama iznad 600 m vjetar ponovo poprimio SSW smjer. Uskoro nakon toga, strujanje na svim visinama do kojih 700-800 m poprima smjer iz SW kvadranta i takvo se zadržava sve do prolaza fronte u 17 sati, kad su, uz pojačanje, vjetrovi skrenuli na WNW smjer.

Iako se iz mjerenja tijekom ova dva dana ne mogu izvesti općeniti zaključci, od važnosti je da se istakne sljedeće činjenice:

1) sloj termogene cirkulacije, kao i cirkulacije prema Medvednici, postoji redovno kod stabilnog vremenskog stanja i ima promjenljive visine.

2) sloj posve slabog strujanja sa Medvednice ima noću, nad Gričom i Maksimirom, debljinu od svega nekoliko desetaka metara.





SL. 4/5  
M 1:20.000

STRUJANJE VIJETA NAD ZAGREBOM U 09 h  
PRI TLU (---) NA 100 m(—) I 300 m  
(—) NAD TILOM

16. III 1972.



### Napomena

Podaci pojedinačnih mjerenja sa područja srednjeg dijela Zagreba otkrivaju nam određene činjenice razdiobe temperature, vlage i vjetra, koje iz dosadašnjih mjerenja na Griču i Maksimiru nismo poznavali. Za solidniju i svestraniju analizu meteoroloških prilika na srednjem području Zagreba nužno bi bilo provesti specijalna mjerenja, kao i u proljeće 1972., no sa gušćom mrežom točaka, uz barem 10 sinhronih mjerenja raspoređenih na ključnim mjestima u gradu. Za razliku od ispitivanja u proljeće 1972., bilo bi potrebno obuhvatiti i barem dvije situacije sa ciklonalnim tipom vremena i umjerenim vjetrovima.

#### 4.4 ZAGADJENOST ZRAKA

##### 4.4.1 Sumporni dioksid ( $SO_2$ )

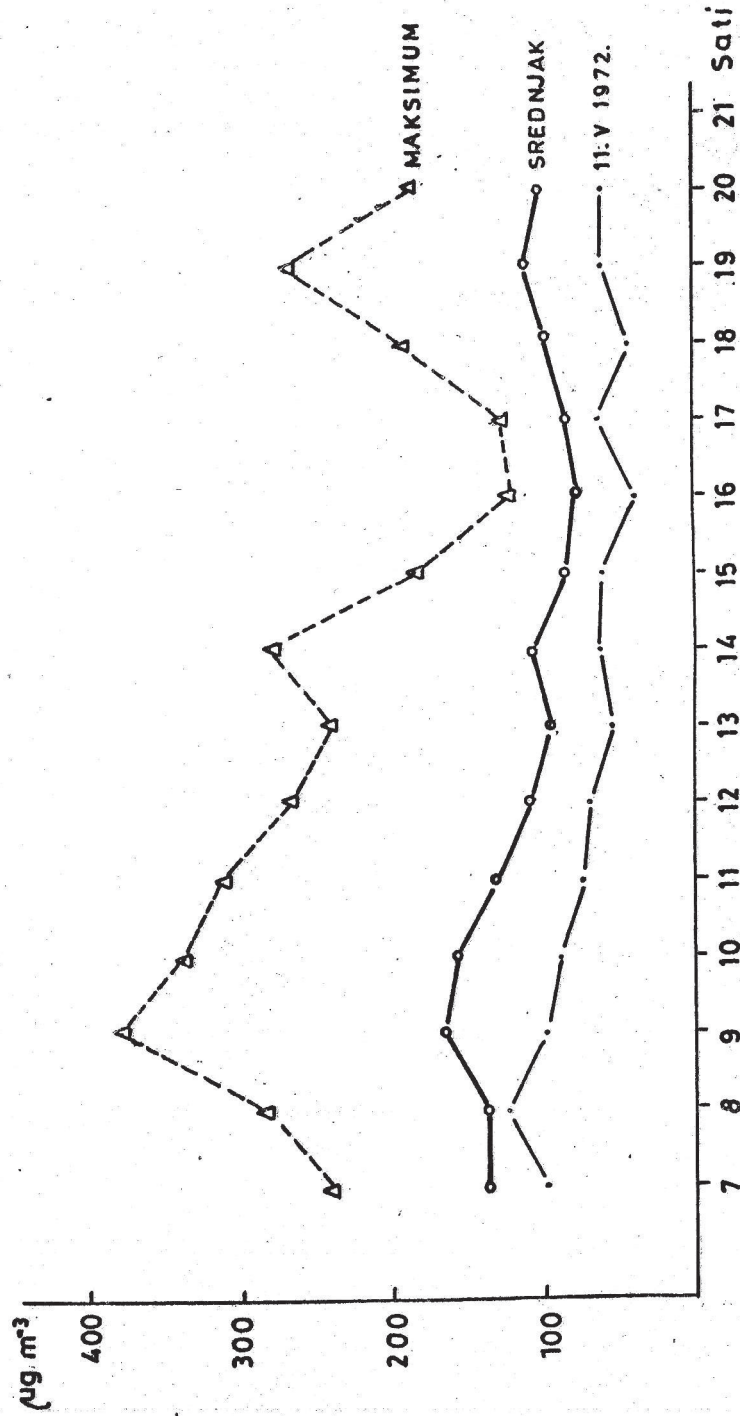
Na osnovi referentne stanice na Svačićevom trgu, gdje su mjerenja provodjena od 6.30 do 20.30 sati, dobiven je za svih 7 promatranih dana (16., 17., 23. i 24.III, 10., 23., 24.V 1972.) srednji "dnevni" hod koncentracije  $SO_2$  (sl. 4/6), koji pokazuje nekoliko osnovnih značajki:

- a) maksimum u ranim prijepodnevnim satima -  $9^h$  ( $166 \mu g m^{-3}$ );
- b) sekundarni maksimum u  $19^h$ , odnosno 14 sati;
- c) minimum sredinom popodneva - u 16 sati ( $79 \mu g m^{-3}$ );
- d) srednja amplituda od  $87 \mu g m^{-3}$

U toku promatranog razdoblja, apsolutno maksimalna satna vrijednost koncentracije  $SO_2$  na Svačićevom trgu iznosila je  $381 \mu g m^{-3}$  (16.III 1972.), dok je najniža izmjerena vrijednost satne koncentracije  $SO_2$  bila svega  $8 \mu g m^{-3}$  (23.V 1973.).

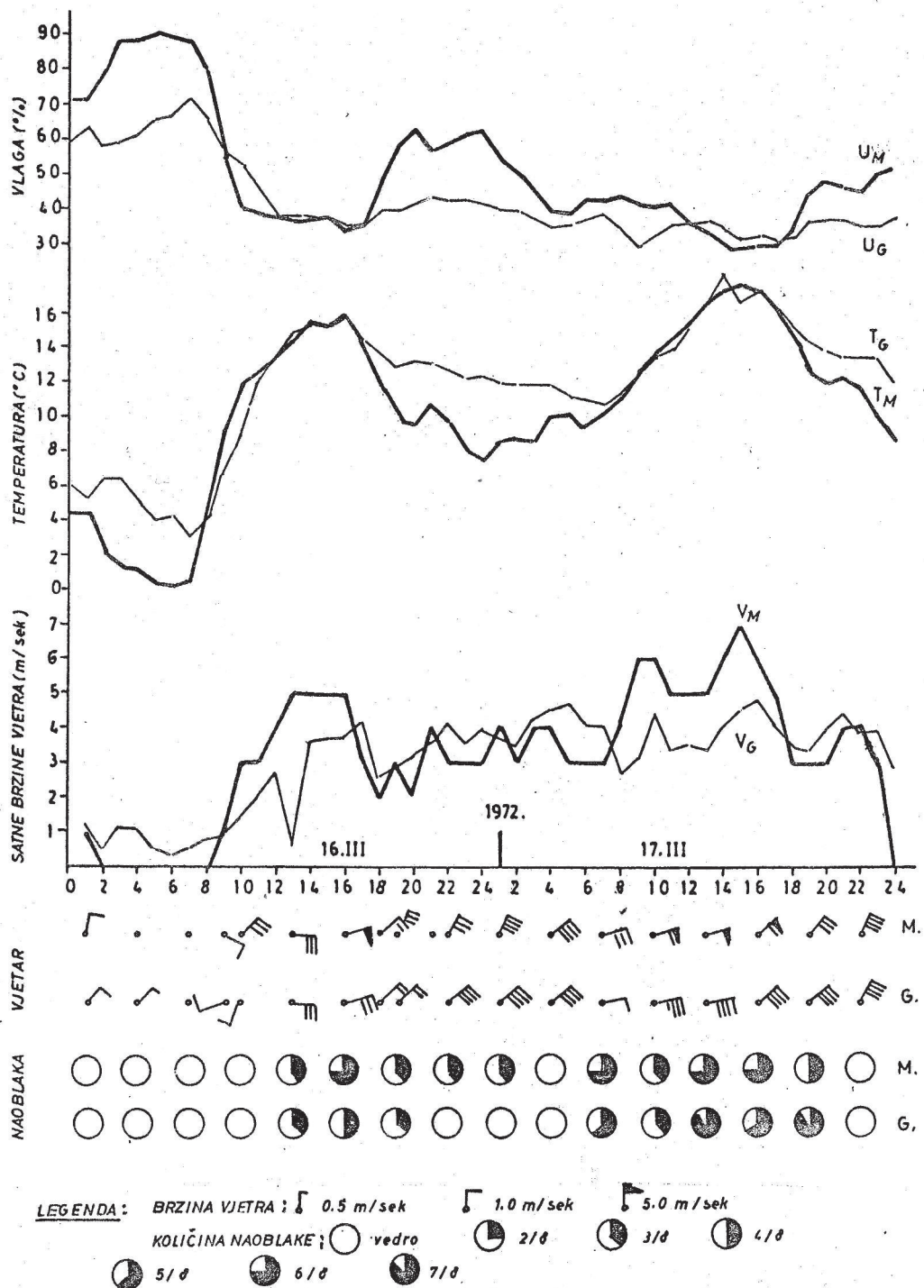
Dnevni hod za "poremećeni" dan 11.V 1972., kada je padala kiša i bilo vjetra, pokazuje takodjer maksimum u ranim prijepodnevnim satima,  $120 \mu g m^{-3}$  u  $8^h$ , te minimum od  $37 \mu g m^{-3}$  oko 16 sati. Možemo pretpostaviti da nivo koncentracije sumpornog dioksida dostiže maksimum u radnim prijepodnevnim satima, kao rezultat dvojakog djelovanja: prvo, emisije kućnih i industrijskih ložišta, koja je započela u rano jutro (prije izlaza Sunca), te drugo, nagomilavanja polutanata u najdonjem sloju zraka nad Zagrebom. Ovaj drugi proces traje sve dotle dok, uslijed narušavanja prizemne





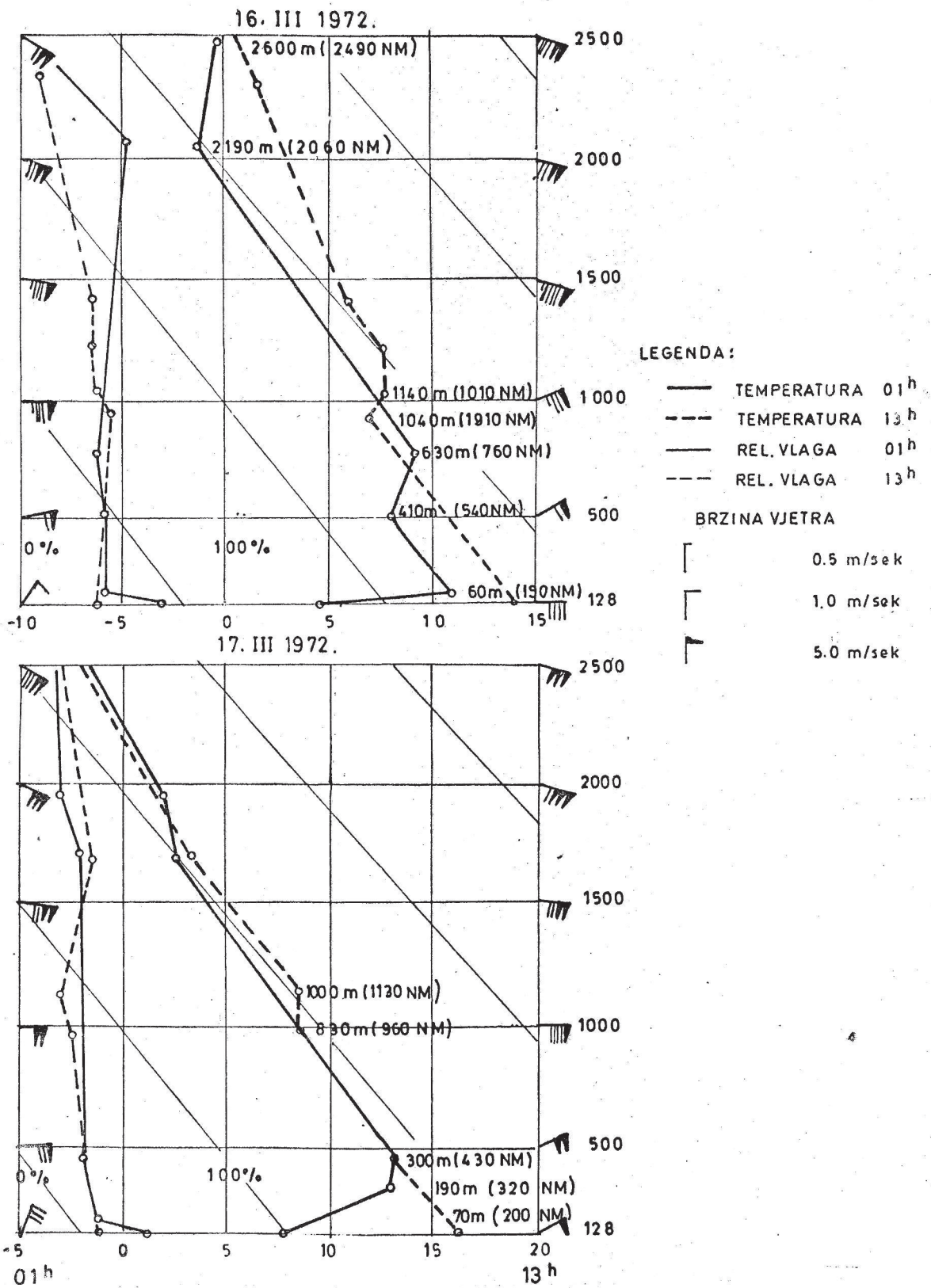
SL. 4/6. DNEVNI HOD SREDNJE SATNE KONCENTRACIJE SO<sub>2</sub> NA SVAČIĆEVOM TRGU  
(PROLJEĆE 1972)





Sl.4/7.d. DNEVNI HOD METEOROLOŠKIH ELEMENATA 16 i 17.III 1972: MAKSIMIR (—) i GRIČ (---): VLAGE (V), TEMPERATURE (T), SATNE BRZINE VJETRA (V), 10-MINUT. SREDNJACI VJETRA (V<sub>10</sub>) i NAOBLAKE (U PUNOM SATU)





SL. 4/7 b VERTIKALNA RASPODJELA TEMPERATURE, RELATIVNE VLAGE I VJETRA 16. i 17. III 1972 U 01 i 13 SATI U ZAGREB - MAKSIMIRU



inverzije, ne započne intenzivno miješanje najdonjih slojeva zraka, i time smanjenje koncentracije polutanata. U toku dana, općem smanjenju zagadjenosti zraka pogoduje ne samo uklanjanje zadržavajućeg inverzionog sloja, već i uspostavljanje lokalne cirkulacije vjetrova kao i prijenos momenta brzine iz viših slojeva zraka u niže slojeve, što uvjetuje opći porast brzine vjetra.

Porast koncentracije sumpornog dioksida u večernjim satima treba, nesumnjivo, pripisati ne samo pojačanom loženju, već i ponovnom formiranju prizemnog inverzionog sloja kod neporemećenih stabilnih uvjeta, koji onemogućava vertikalnu difuziju polutanata, a zbog općeg slabljenja vjetrova i raspršivanja u horizontalnom smjeru.

Naprijed izloženo može se lako razabrati iz dijagrama dnevnog hoda meteoroloških elemenata nad Zagrebom prema mjerenju u Maksimiru i na Griču, te hoda koncentracije  $\text{SO}_2$  na lokaciji na Svačićevom trgu, na dan 16.III 1972. (sl. 4/6 i 4/7).

Iz hoda krivulje temperature uočljivo je da su, u toku noći od 16/17.III 1972, viši dijelovi grada imali za približno  $2-4^\circ\text{C}$  višu temperaturu od krajnjih istočnih predjela grada. Prema mjerenju radiosondaže 16.III 1972. postojao je u 01 sat plitak, 60 m debeo, inverzioni sloj, s porastom temperature od oko  $7^\circ\text{C}$ . U ranim jutarnjim satima bila je tišina i vedro vrijeme, a povećana zagadjenost zraka u slojevima smeđe boje lako se zapažala nad gradom. U toku jutra nivo sumpornog dioksida kod Svačićevog trga postepeno je rastao, da bi oko 9 sati dosegao maksimum. Upravo u to vrijeme došlo je do izjednačenja temperature na Griču i u Maksimiru. To ukazuje da je uslijed sunčevog zagrijavanja, najveći dio inverzionog sloja bio do tada već otklonjen. Poslije 8 sati izjutra dolazi, naime, do naglog porasta temperature, što je karakteristično za inverzione situacije, i do jačeg porasta brzine vjetra, koja nad gradom dosiže maksimum oko 15 sati.

Analogne promjene u hodu meteoroloških elemenata i nivoa koncentracije  $\text{SO}_2$  uočene su i u veoma sličnoj vremenskoj situaciji 23.III 1972. Tada je do potpunog razrušavanja vrlo izražene, no tanke inverzije došlo tek u 11 sati, kada je na Svačićevom trgu i izmjeren maksimum  $\text{SO}_2$  u toku toga dana.

Opći porast brzine vjetra iznad grada, kao što je to bio slučaj kod promjene vremenske situacije od 23. na 24. ožujka, može dovesti do znatnog sniženja nivoa koncentracije  $\text{SO}_2$ . Dok je 23.III 1972. uz srednju dnevnu brzinu vjetra od  $1.8 \text{ m/s}$  (po danu) i satni maksimum od  $4.2 \text{ m/s}$  prema registraciji Griča srednja dnevna koncentracija  $\text{SO}_2$  bila na Svačićevom trgu  $196 \mu\text{g m}^{-3}$ , dan kasnije, uz porast srednje brzine na  $4.2 \text{ m/s}$  (za 2.3 puta prema prethodnom danu) na Griču, te uz satni maksimum brzine od  $5.8$



m/s, srednja dnevna koncentracija  $\text{SO}_2$  se smanjila za točno 2.3 puta, tj. na  $87 \mu\text{g m}^{-3}$ . Promjene nivoa koncentracije  $\text{SO}_2$ , u zavisnosti o povećanju srednje brzine strujanja tokom dana, uočene su u prijelazu od 16/17.III 1972, dok se taj efekt ne zapaža kod relativno niske koncentracije od oko  $30-40 \mu\text{g m}^{-3}$ . Je li uzrok tome smanjena točnost mjerenja kod niskih koncentracija ili neki drugi faktori, za sada nije moguće reći. Zanimljivo je spomenuti činjenicu da se, na osnovi podataka mjerenja na Svačićevom trgu, ne može ustanoviti nikakvo smanjenje koncentracije  $\text{SO}_2$  kod pojačanja prizemnog vjetera na toj lokaciji, čak ni pri brzinama do 3 m/s.

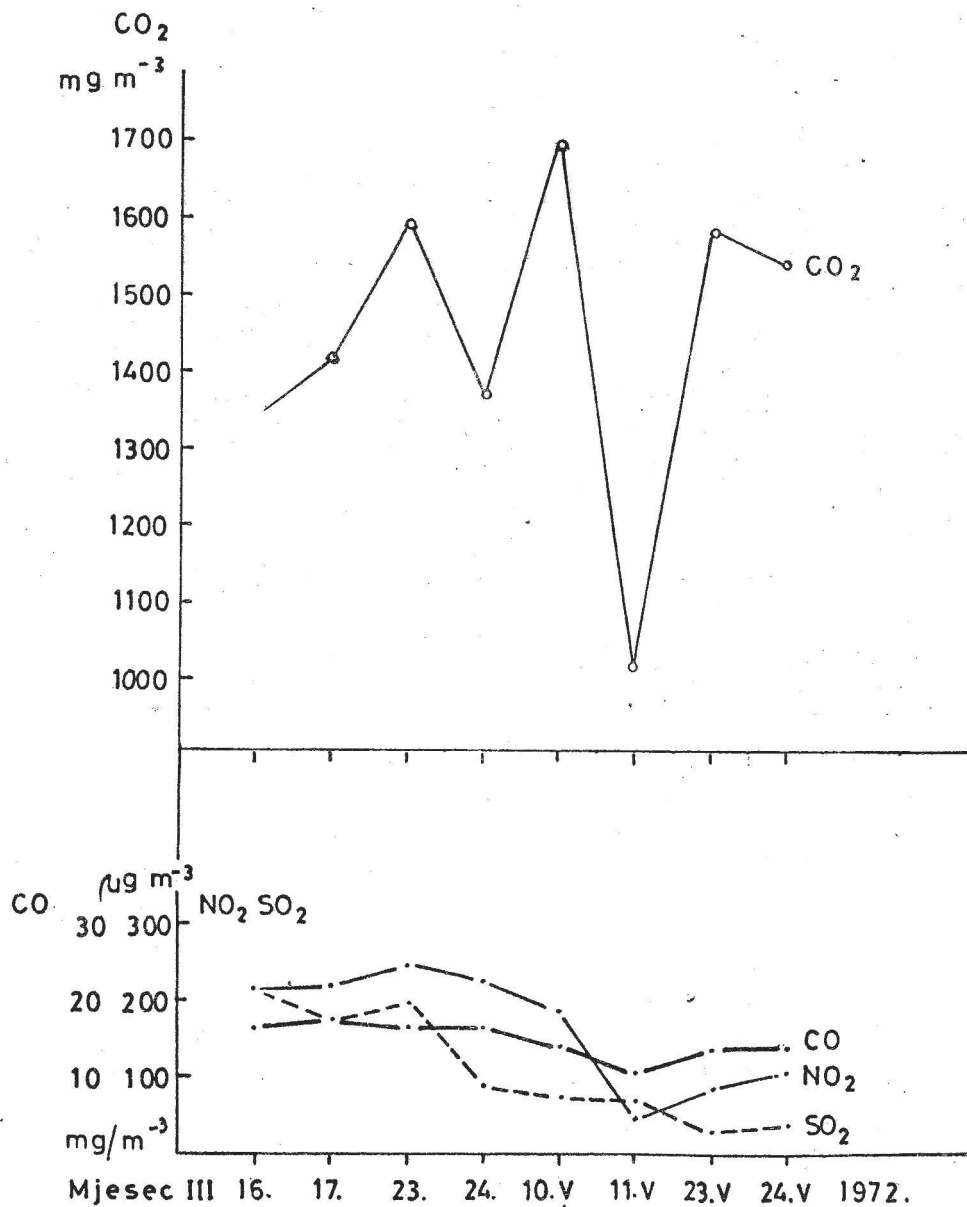
Kod izračunavanja srednjeg dnevnog hoda koncentracije  $\text{SO}_2$  na Svačićevom trgu nisu uzeti u obzir podaci za 11.V 1972, kada je uz zatvorenu naoblaku padala kiša sve do 16 sati (ukupno 19 mm). Ovaj dan po hodu meteoroloških elemenata bitno odstupa od svih ostalih 7 dana mjerenja. Valja međjutim istaći da je prethodnog dana, tj. 10.V uz promjenljivu naoblaku (Ac, Sc, Cu i Cb) bilo i pljuskova kiše. Efekt "ispiranja" kišom, koja je toga dana na Svačićevom trgu oko podneva trajala blizu sat i pol (ukupno 6 mm), nije uočljiv, a smanjenje koncentracije uslijed kiše koja je padala od 16.43 do 19.03 sati, jedva je primjetljivo. Opći nivo koncentracije  $\text{SO}_2$  bio je i 10.V dosta nizak (dnevni srednjak  $68.0 \mu\text{g m}^{-3}$ , maksimum  $82 \mu\text{g m}^{-3}$ ), dok je dan kasnije čak neznatno porastao (srednjak  $70.5 \mu\text{g m}^{-3}$ , maksimum  $121 \mu\text{g m}^{-3}$ ), što ukazuje da ni dugotrajnom kišom (gotovo 16 sati) nije došlo do osjetnijeg efekta "ispiranja".

Period mjerenja obuhvatio je gotovo čitavo proljeće. Prosječni nivo zagađenosti u promatranom razdoblju bio je najveći u prvim danima mjerenja, a najniži krajem svibnja. (vidi sl. 4/8). Zbog toga, se na osnovi skupova pojedinačnih mjerenja u različitim danima i različitim dijelovima grada, nisu mogli dobiti međusobno usporedivi podaci, koji bi pokazivali u kolikoj je mjeri pojedini dio grada zagađeniji od drugog.

Kako bi se dobili međusobno bar donekle usporedivi podaci, pretpostavljeno je da je lokacija na Svačićevom trgu reprezentant za šire područje centra Zagreba, odnosno da relativne veličine pada ili porasta srednjeg dnevnog nivoa  $\text{SO}_2$  na čitavom području centra Zagreba, odgovaraju promjeni srednjeg dnevnog nivoa  $\text{SO}_2$  na Svačićevom trgu. Pokazalo se da se srednjak satnih koncentracija  $\text{SO}_2$ , izračunat iz onih satnih vrijednosti na Svačićevom trgu, koje odgovaraju terminima mjerenja na ostalim mjernim točkama u Zagrebu, razlikuje najviše za 10-15% od srednjaka koncentracije na Svačićevom trgu dobivenog iz svih 14 vrijednosti mjerenja. Ovo opravdava izračunavanje "dnevnih" srednjaka na ostalim lokacijama iz ograničenog broja mjerenja (6).

Obzirom na to da je dne 16.III 1972. bila prosječno najveća zagađenost zraka u mjernom razdoblju, to su svi "srednjaci" reducirani na srednjak  $\text{SO}_2$  toga dana, odnosno povećani su za onoliki procent, za koliko je dnevni srednjak





SL.4/8. HOD SRÉDNIJH DNEVNIH VRIJEDNOSTI KONCENTRACIJE POLUTANATA ZRAKA NA SVAČIČEVOM TRGU (PROLJEĆE 1972.)

koncentracije SO<sub>2</sub> na Svačićevom trgu dotičnog dana bio niži od srednjaka za 16.III 1972. na istom mjestu. Očekivane maksimalne vrijednosti dobivene su tako, da su reducirani dnevni srednjaci pojedinih lokacija povećani u istom procentu, koliko se promatranog dana za lokaciju Svačićev trg maksimalna srednja satna vrijednost koncentracije SO<sub>2</sub> razlikuje od dnevnog srednjaka (tabela 4-2).



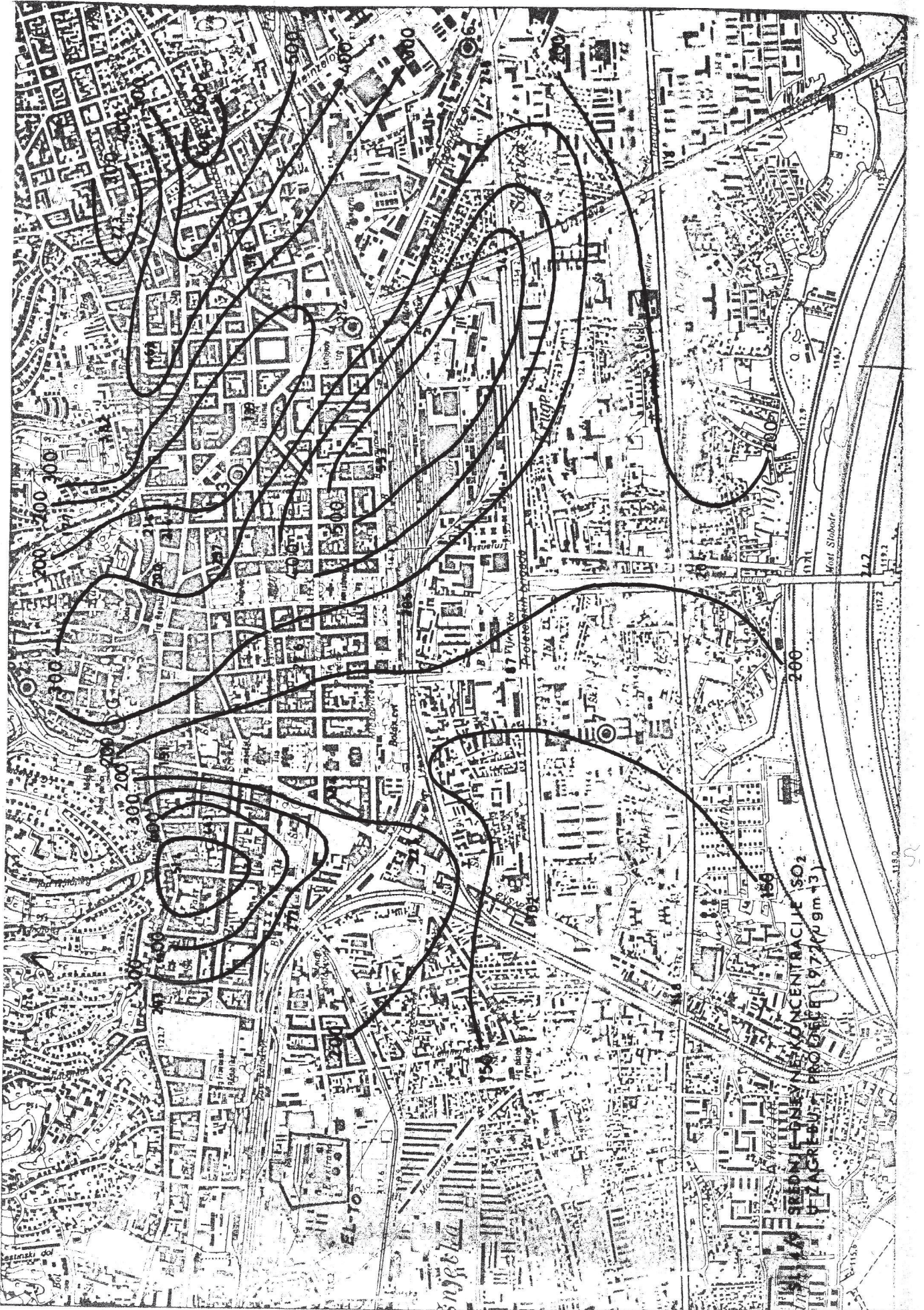
Tabela 4-2. Koncentracije SO<sub>2</sub> u središtu Zagreba prema specijalnim mjerenjima, proljeće 1972. (µgm<sup>-3</sup>)

Stanica	M j e r e n j a			Modif. dnev. sred.	Modif. maks.	Datum 1972.
	Dnev. sred.	Satni maks.	Maks. SO <sub>2</sub> u % dnev. sred.			
1	2	3	4	5	6	7
Svačićev trg	216	381	157	-	-	16.III
Branimirova - Tvornica ulja	212	240	-	-	-	16.III
Vlaška - Palmotičeva	214	293	-	-	-	16.III
Trg žrt.fraš.	139	228	-	-	-	16.III
Autoput - Držićeva	118	211	-	-	-	16.III
Radićev trg	300	341	-	-	-	16.III
Svačićev trg	172	288	168	216	363	17.III
N. Gršk.- Moše Pijade	141	194	-	177	297	17.III
Trg republike	231	264	-	290	487	17.III
Most Slobode	193	309	-	242	407	17.III
Glavni kolodvor	235	301	-	295	496	17.III
Prol. brigada - Miramarska	149	217	-	187	314	17.III
Svačićev trg	196	314	161	216	-	23.III
Savska - 8. maja	167	210	-	184	296	23.III
Frankopanska - Ilica	173	224	-	191	308	23.III
Savska-Autoput	107	129	-	118	190	23.III
Savska - Prol. brigada	93	111	-	102	164	23.III
Savska - Rade Končara	203	288	-	223	359	23.III
Svačićev trg	87	111	130	216	-	24.III
Prol. brigada- Držićeva	219	294	-	543	706	24.III
Branimirova - Draškovića	223	356	-	553	719	24.III
Jukićeva - Šenoborska	110	122	-	272	354	24.III



1	2	3	4	5	6	7
Medulić. - Prilaz J.N.A.	179	284	-	443	576	24.III
Svačićev trg	68	82	121	216	-	10.V
Zrinski trg - Praška	93	124	-	297	360	10.V
Socijal.revol.- Šubićeva	99	151	-	315	382	10.V
Prol.brigada - Radnička	77	96	-	245	296	10.V
Kvatern. trg	70	95	-	223	270	10.V
B.Oreški-Ilica	92	121	-	293	354	10.V
Svačićev trg	71	121	171	-	-	11.V
Britanski trg	48	83	-	252	431	11.V
Svačićev trg	29	47	162	215	348	23.V
Gundul.-Masar.	-	-	-	-	-	
Trg J.Vlahov.- Račkoga	18	33	-	132	214	23.V
Britanski trg	70	89	-	514	833	23.V
Socijal.revol.- Heinzlova	82	116	-	606	982	23.V
Vlaška-Kraševa	63	91	-	463	750	23.V
Svačićev trg	35	64	182	62	383	24.V
Vlaška - Draškovićeva	9	17	-	55	101	24.V
Šlos. stube - igral. šalata	62	81	-	382	698	24.V
Autoput - Ul. Hrv. brat. zaj.	33	52	-	204	373	24.V
Savska - Vodnikova	-	-	-	-	-	24.V
Štrosm. trg	-	-	-	-	-	24.V
B. Kavurić - Preradovićeva	-	-	-	-	-	6.VI
Blok Gund. - Masarykova	-	-	-	-	-	6.VI
Kaptol	10	15	-	-	-	6.VI
Ul. A. Butorac	37	68	-	-	-	9.VI
Blok Šub. ulica	11	14	-	-	-	9.VI
Blok - Adžijina ulica	42	62	-	-	-	9.VI







Na sl. 4/9 prikazan je nivo srednje dnevne koncentracije zagađenosti zraka sumpornim dioksidom na području središnjeg dijela Zagreba, na temelju izmjerenih (podvučeno) i reduciranih srednjih dnevnih vrijednosti. Ovako dobivena slika u znatnoj mjeri odstupa od srednje razdiobe sumpornog dioksida u proljeće (sl. 1/4), ne samo po visini iznosa, već i po prostornoj razdiobi područja maksimalne zagađenosti. Ukazali bismo prije svega na područja maksimalne zagađenosti oko Britanskog trga i Medulićeve ulice, zatim između Glavnog i Autobusnog kolodvora i konačno na potezu između Vojne bolnice u Vlačkoj ulici i križanja Heinzelove ulice i Ulice proletherskih brigada. Drugo i treće spomenuto područje orijentirano je u smjeru NW-SE.

Područje smanjene zagađenosti zraka prostire se na pojasu od Ribnjaka, preko križanja Vlačke i Draškovićeve ulice pa sve do Trga Jože Vlahovića, i dalje u smjeru jugoistoka.

Drugo područje smanjene zagađenosti proteže se na pojasu od prolaza Tuškanac do Botaničkog vrta, a treće u jugozapadnom dijelu grada, uzduž Savske ceste južno od drugog željezničkog nadvožnjaka. Čini nam se opravdanom pretpostavka da su lokalna cirkulacija i otvorenost dvaju prvospomenutih područja između uzdignutih brežuljaka, od prvenstvene važnosti za niži nivo zagađenosti zraka sa  $SO_2$ . Za provjeru ovih pretpostavki trebalo bi, razumljivo, izvršiti dopunska mjerenja u drugim godišnjim dobima.

Smatramo nužnim istaći i činjenicu za uzdignuta područja grada, kao što su to Gornji grad i Šalata, imaju znatno povišene koncentracije. Uzrok tome je prvenstveno činjenica što se ovi predjeli često nalaze upravo na onoj visini na kojoj se, u stabilnim situacijama, zadržava maksimum polutanata iz kućnih ložišta centra grada. Navodimo samo slučaj 24.V 1972, kada je srednja dnevna koncentracija  $SO_2$  kod tenis igrališta na Šalati premašivala 7 puta koncentraciju na križanju Vlačke i Draškovićeve ulice, ispod Šloserovih stuba.

U pogledu maksimalnih satnih koncentracija  $SO_2$  na širem području centra Zagreba, napominjemo da je najveći nivo zabilježen u Heinzelovoj ulici, čak  $969 \mu g m^{-3}$ , dok su vrijednosti preko  $700 \mu g m^{-3}$  određene na lokacijama križanja Ulice proletherskih brigada i Držićeve ulice, Branimirove i Draškovićeve ulice, na Britanskom trgu, Šloserovim stubama te križanju Vlačke ulice i J. Kraša.

Informaciju o situaciji unutar stambenih blokova dobili smo samo za blok u Šubićevoj ulici, gdje je 9.VI 1972. dnevni srednjak koncentracije  $SO_2$  unutar bloka 3 puta manji od susjedne slabo prometne ulice. U bloku u Adžijinoj ulici istoga dana, srednja dnevna koncentracija  $SO_2$  bila je dosta niska ( $44 \mu g m^{-3}$ ), a srednje satne vrijednosti postigle su najviše iznose u ranim jutarnjim satima.