

MAKSIMALNE TEMPERATURE ZRAKA U ZAGREBU

TOMISLAV ŠEGOTA

UDK 551.585:551.524

Uvod

Jedna od bitnih karakteristika modernog doba je neslućena urbanizacija. Mnogi su se gradovi toliko proširili da se nužno nametnulo pitanje: da li grad utječe na »svoju« klimu? Danas je općenito prihvaćena činjenica da grad modificira klimu u svom užem području. (1; 2) Međutim, znatne teškoće nastupaju prilikom pokušaja da se kvantitativno odredi veličina tog utjecaja, a još je teže odijeliti, odnosno utvrditi relativnu važnost pojedinih parametara koji utječu na modifikaciju klime, odnosno teško je odijeliti utjecaj pojedinih klimatskih faktora u gradu, te koliko na njih utječe sam grad. Odmah se može ukazati na glavni problem: koliki je udio globalnih ili sjevernohemisferskih fluktuacija klime (neovisno o postojanju gradova), koji dio treba pripisati modifikatorskom utjecaju samog grada, a koji dio reljefu, odnosno visinskim razlikama, a upravo je to bitno važno u Zagrebu. To su tri najvažnija faktora, a ima ih više. Promjena intenziteta kratkovalne i dugovalne radijacije zbog aeropolucije, zatim promjene albeda podloge u velikim urbanim aglomeracijama, izmjene termičkih svojstava podloge izgradnjom zgrada, ulica i svih drugih objekata na mjestu nekadašnjih polja, šuma i livada, manji utrošak topline za evaporaciju vode, brzo uklanjanje snijega, kao i oslobađanje velike količine topline iz industrijskih i energetskih postrojenja, kućnih ložišta, golemog broja vozila itd., kao i utjecaja grada na brzinu vjetra zbog povećanja trenja izgradnjom velikog broja blokova zgrada, pa i nebodera, sve to u stanovitoj mjeri utječe na temperaturu zraka u velikim gradovima. Suprotno tome, ne može se zanemariti utjecaj sjene koja nastaje iza mnogih i velikih zgrada u gradu. Budući da se radi o sve važnijem dijelu klimatologije susrećemo se s terminom urbana klima ili klima grada. (1; 2)

U ovom radu nastaviti ćemo već započetu analizu (3), prikazati ćemo srednje maksimalne temperature (SMT) zraka u Zagrebu. Zagreb se toliko prostorno proširio da je postao grad i u dolini

U ovom su radu iznijeti neki rezultati analize koja se radi u okviru projekta »Prostorno uređenje, unapređenje i zaštita čovjekove okoline« (tema: »Klima i problemi izgradnje velikih gradova SRH«) u Geografskom odjelu PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, a po programu SIZ-a za znanstveni rad SR Hrvatske.

Autor je zahvalan Republičkom hidrometeorološkom zavodu SRH, Zagreb, Grič 3, koji mu je omogućio korištenje arhivskih podataka.

Save i na povišenom rebrastom reljefu na prijelazu u Medvednicu. Svaki od ovih elemenata reljefa modificira lokalnu klimu. Iako se Zagreb nije mogao izgraditi na padini Medvednice, kad se piše o klimi (a napose o temperaturi) ne može se mimoći modifikatorski klimatski utjecaj Medvednice. Na SMT u Zagrebu odražava se utjecaj planinskih padina, potočnih dolina, grebena između njih, šuma i niske doline Save u kojoj postoje optimalni uvjeti za postanak inverzije temperature. Tome svakako treba dodati i fenski efekt koji utječe na zagrijavanje zraka koji se »prebacuje« preko Medvednice, bilo kad se radi o puhanju vjetra iz sjevernog kvadranta (4) ili o fenskom zagrijavanju padinskog vjetra u noćnim satima.

O temperaturi u Zagrebu dosta je pisano, ali ni ovom prilikom nas neće toliko interesirati fluktuacije temperature do kojih se dolazi analizom sekularnog niza SMT u Zagreb-Griču. O tome ćemo nešto reći samo ukoliko se može pretpostaviti da sekularni niz barem djelomično eventualno ukazuje na modifikatorski utjecaj grada. Težište će biti na prikazu geografske raspodjele SMT na zagrebačkom području s ciljem da se pokuša nastaviti već započeti rad. (3; 5; 6; 7)

Podaci

Na teritoriji Zagreba postoji samo jedna meteorološka stanica, opervatorij Zagreb-Grič, s dugim, homogenim nizom podataka o maksimalnim temperaturama. Na području Zagreba postoji još nekoliko meteoroloških stanica, ali je za njih značajno da ne raspolažu dugim nizovima maksimalnih temperatura. Vrlo je često dolazilo do prekida mjerenja, do premještanja stanice ili instrumenata, do prekida motrenja u pojedinim godinama, mjesecima ili samo pojedinim danima. Podaci su najčešće preuzeti onakvi kakvi su zapisani, a nije se prije toga raspravljalo o njihovoj homogenosti, ili pak o smještaju stanica ili instrumenata, konkretno maksimalnog termometra, kao nitj o tome da li maksimalni termometri »rade« u identičnim uvjetima, može li se uspoređivati stručnost i pouzdanost, tj. pedantnost motritelja u svim stanicama. Dakle, maksimalne su temperature preuzete iz publiciranih ili nepubliciranih izvora, ali njihova pouzdanost nije dovedena u pitanje.

Navedeni prekidi rada stanica uzrok su da se usprkos naoko relativnom obilju podataka mo-

gao koristiti samo manji dio, odnosno najčešće su se mogli koristiti kratki nizovi maksimalnih temperatura. Tome treba dodati i činjenicu da je — s obzirom na reljefnu raznolikost zagrebačkog područja — broj stanica premalen. Da se svi ovi nedostaci svedu na najmanju mjeru, moralo se — metodom diferencije — interpolirati maksimalne temperature za neke godine, ili samo za neke mjesece, jer se jedino tako moglo koristiti sve stanice u jednom relativno duljem nizu godina. Ova je metoda korištena i za ispravljanje nekih evidentno pogrešnih maksimalnih temperatura.

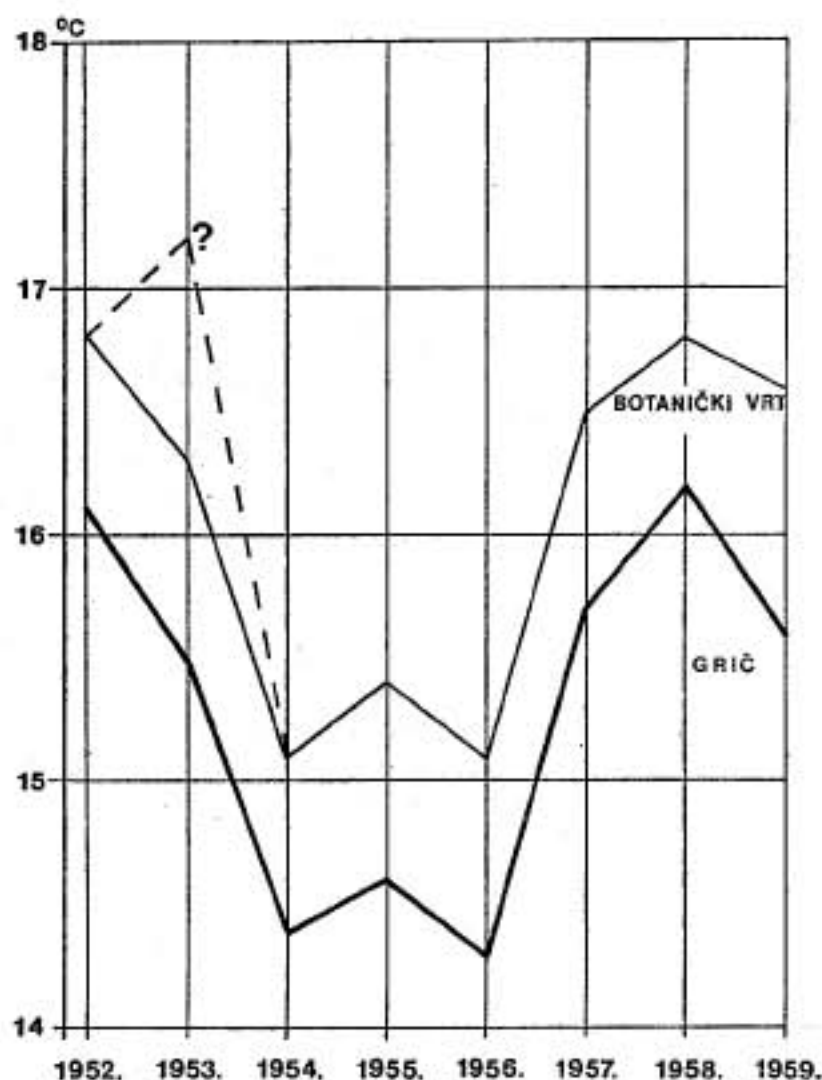
Kao i kod srednjih temperatura, razlike između maksimalnih temperatura mogu neupućenom izgledati malene, gotovo zanemarive. Međutim, imajući na umu veličinu gradske teritorije u odnosu na veličinu regije u kojima se nalaze, većina gradova, a među njima je i Zagreb, čine malen postotak površine. Kad bi horizontalne gradijente maksimalnih temperatura prenijeli iz Zagreba na nešto dalju okolicu onda bismo najčešće dobili goleme veličine. Važno je istaći bioklimatsko značenje temperature, odnosno s njom povezano dugovalno zračenje koje se mijenja sa četvrtom potencijom temperature. To znači da se i malene promjene temperature primjetno odražavaju na intenzitetu zračenja, odnosno utječu na temperaturni osjet.

Utjecaj »toplinskog otoka« u gradu, a time i u Zagrebu, naoko je malen jer se u gotovo svim radovima uzimaju s r e d n j e vrijednosti temperature. Kad bi se temperaturni režim analizirao odvojeno samo za vrijeme vedra neba i za tišine bez vjetera onda bismo u takvim uvjetima otkrili znatno veći termički utjecaj grada.

Budući da ključno značenje imaju podaci iz »donjeg« Zagreba, analiza se mora bazirati na podacima o maksimalnoj temperaturi stanice Botanički vrt (ili »Kolodvor«). Ne radi se o »savršenosti« reprezentativnosti jer je termometarska kućica bila u parku, koji je ipak nešto »hladniji« od okolne izgrađene površine.

Uspoređenje grafova maksimalne temperature svake stanice s maksimalnom temperaturom na Griču bio je najvažniji indikator prihvaćanja podataka. Naime, maksimalne temperature su na raznim stanicama različite, ali se — zbog relativne blizine — ne može prihvatiti mogućnost da je na jednoj stanici maksimalna temperatura bila u porastu, a na Griču je bila u padu, ili obratno. Na sl. 1 vidi se da srednja maksimalna temperatura u Botaničkom vrtu 1953. god. (17.2°) ne može biti ispravna. Umjesto 17.2° izračunato je da je ona iznosila 16.3°, pa je ta veličina ucrtana na sl. 1 i prihvaćena je za ostala izračunavanja. To je posljedica krivo izračunatih srednjih mjesečnih temperatura, pa treba biti: siječanj 3.4 (a ne 5.8°), u veljači 6.1° (a ne 7.4°), u ožujku 13.2° (a ne 16.2°), svibnju 21.7° (ne 25.6°), srpnju 23.7 (ne 24.2°). Temperatura u ostalim mjesecima je ista, tj. točna je.

U »Meteorološkom izvještaju« za 1977. god. (37. str.) krivo je natipkan cijeli stupac, tj. sve SMT u Zagreb—Griču (osim za svibanj, kolovoz i studeni). Zbrajanjem vrijednosti na tabelama za pojedine mjesece dobivene su slijedeće vrijednosti: siječanj 5.3° (a ne 9.9°), veljača 9.5° (a ne



Sl. 1. Srednje godišnje maksimalne temperature u Zagreb—Griču i Botaničkom vrtu (»Kolodvor«) 1952—1959. god. Isprekidana crta prikazuje hod temperature prema izvornim podacima; puna crta prikazuje temperaturu dobivenu korekcijom publiciranih vrijednosti za 1953. god. (8; 9)

Fig. 1. Annual mean maximum temperatures in Zagreb—Grič and in the Botanical Gardens. The solid line represents the official temperature data, the broken line represents the corrected temperature.

12.9°), ožujak 15.4° (a ne 18°), travanj 14.7° (a ne 20.5°), lipanj 25.3° (a ne 26.7°), srpanj 25.6° (a ne 24.9°), rujanj 19.1° (a ne 21.9°), listopad 16.3° (a ne 17.6°), prosinac 2.6° (a ne 8.3°). Zato srednja maksimalna temperatura za 1977. god. iznosi 15.8° (a ne 18°, kako je zabunom natipkano).

»Meteorološkom godišnjaku« za Sljeme se navodi da je srednja maksimalna temperatura u siječnju 1961. god. iznosila 11.9°; točna je vrijednost —1.9°.

U siječnju 1961. u svim je stanicama srednja maksimalna temperatura bila niža nego u siječnju 1960. god. Izuzetak je Podsused za koji se

navodi da je temperatura bila viša. Budući da se to ne može prihvatiti, umjesto 3.0° interpolacijom se došlo do temperature 2.3°.

Interpolacijom se došlo i do slijedećih temperatura. Podsused u siječnju 1976. god. 5.7°; 1954. za cijelu godinu 14.8°, 1968. god. 16.2°, 1976. god. 15.5°. U Botincu siječanj 1957. god. 0.6°; siječanj 1965. god. 3.9°; cijela 1957. god. 16.2°. U Maksimiru je srednja maksimalna siječanjaska temperatura 1954. iznosila -0.9° , u srpnju 1954. god. 25.0°, a za cijelu 1954. godinu je iznosila 15.0°. U Botaničkom vrtu («Kolodvoru») srednja maksimalna temperatura 1960. iznosila je 17.0°. Usporedbom s Gričom pokazalo se da srednja maksimalna temperatura u srpnju u Podsusedu nije iznosila 26.7°, nego 26.3°.

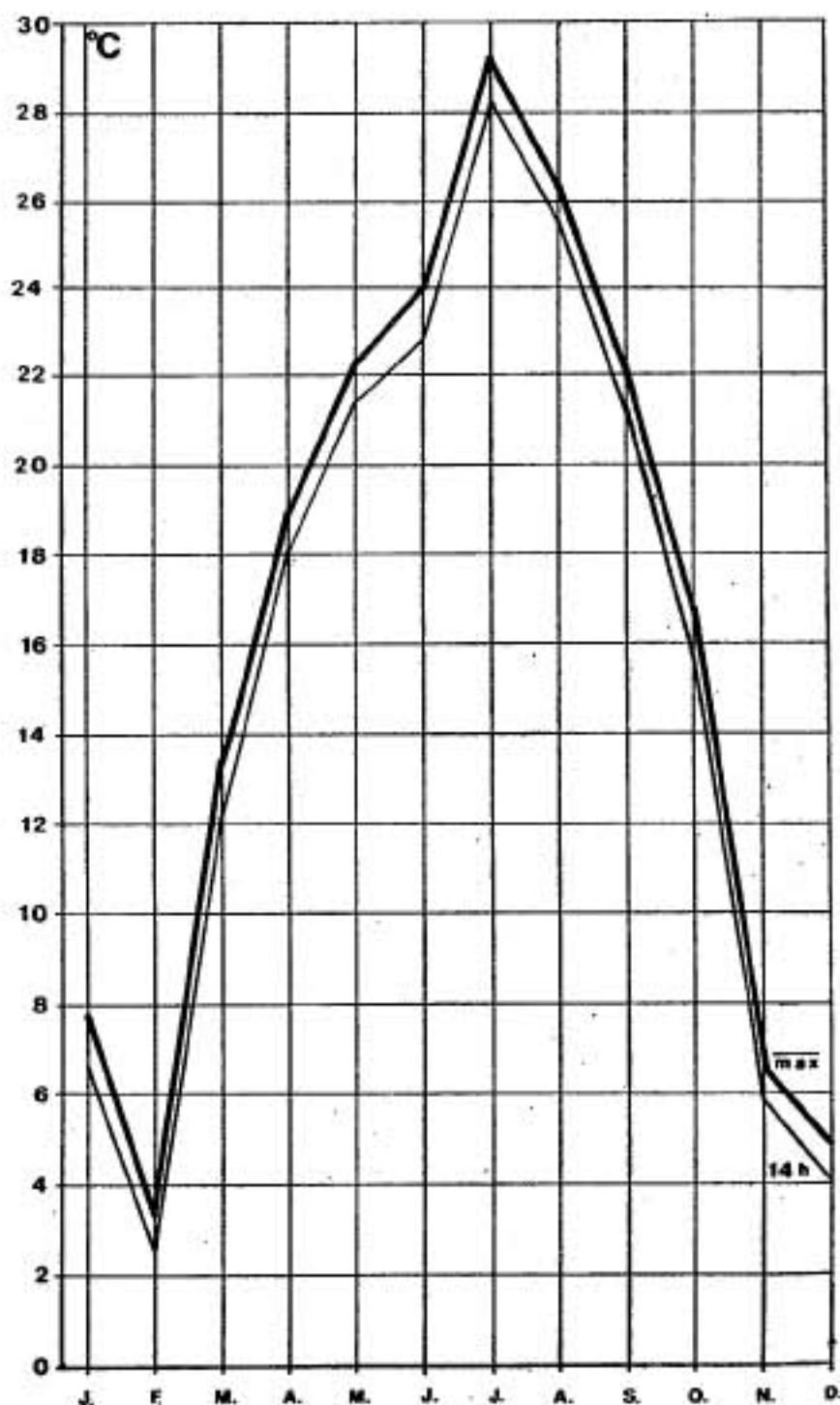
Metoda rada

Po konvenciji, temperatura se — uz ostale termine — mjeri i u 14 h. Međutim, to nije uvijek termin s najvišom temperaturom, a o utjecaju grada najbolje se može suditi upravo pomoću maksimalnih temperatura. Poznato je da maksimalna temperatura ne mora biti u 14 h, pa se i u ovom radu ne precizira u koliko je sati bila maksimalna temperatura, tim više što ona u raznim stanicama na gradskoj teritoriji ne mora biti uvijek u istom satu. Razlike su nerijetko toliko velike da to zaslužuje posebnu napomenu. Tako je u Zagreb—Griču (8) u razdoblju 1941—1950. god. u srpnju dnevna maks. temperatura u 41.2% slučajeva bila između 15 i 16 h, u 27.3% slučajeva između 14 i 15 h, a samo u 13% slučajeva između 13 i 14 h. U rijetkim je slučajevima dnevna maksimalna temperatura bila u ponoćnim satima ili rano ujutro.

O kolikim se razlikama radi najbolje se može vidjeti iz jednog konkretnog primjera. Na sl. 2 prikazan je godišnji hod srednjih mjesečnih temperatura na Griču 1983. godine i usporedno srednje maksimalne mjesečne temperature. Već se lako nazire opće pravilo. Najveća je razlika najčešće u zimskim i ljetnim mjesecima, a obično je manja u proljetnim i jesenskim mjesecima. U prikazanoj godini te se razlike kreću između 0.6° u studenom do 1.2° u ožujku. Ukratko, srednje su maksimalne temperature više od terminskih vrijednosti u 14 h.

Geografska raspodjela temperature prikazuje se metodom izoterma. Međutim, zbog nedostatka stanica i živog reljefa moralo se prići interpolaciji nekih izoterma, odnosno njihovih dijelova. Prema V. Conradu & L. W. Pollaku (12; 265) »In climatology linear interpolation is generally sufficient...« U ravničarskom i prigrorskom dijelu Zagreba upotrijebio sam tehniku linearne interpolacije. Isto tako i na užoj teritoriji grada, ali sam njega uzeo kao posebnu cjelinu. Posebno sam izdvojio južnu padinu Medvednice gdje sam izračunao približni vertikalni gradijent temperature, pa sam pomoću njega pokušao izračunati

nadmorsku visinu nekih izoterma. Budući da izotermne plohe srednje maksimalne temperature u atmosferi na nešto većoj visini u sloju zraka iznad Zagreba sigurno ne mijenjaju visinu naglo,



Sl. 2. Godišnji hod srednjih mjesečnih temperatura u 14 h i srednje maksimalne mjesečne temperature u Zagreb—Griču 1983. god. (10;11)

Fig. 2. Annual march of mean monthly maximum temperatures, and the mean monthly temperatures at 14 h at the Zagreb—Grič Observatory.

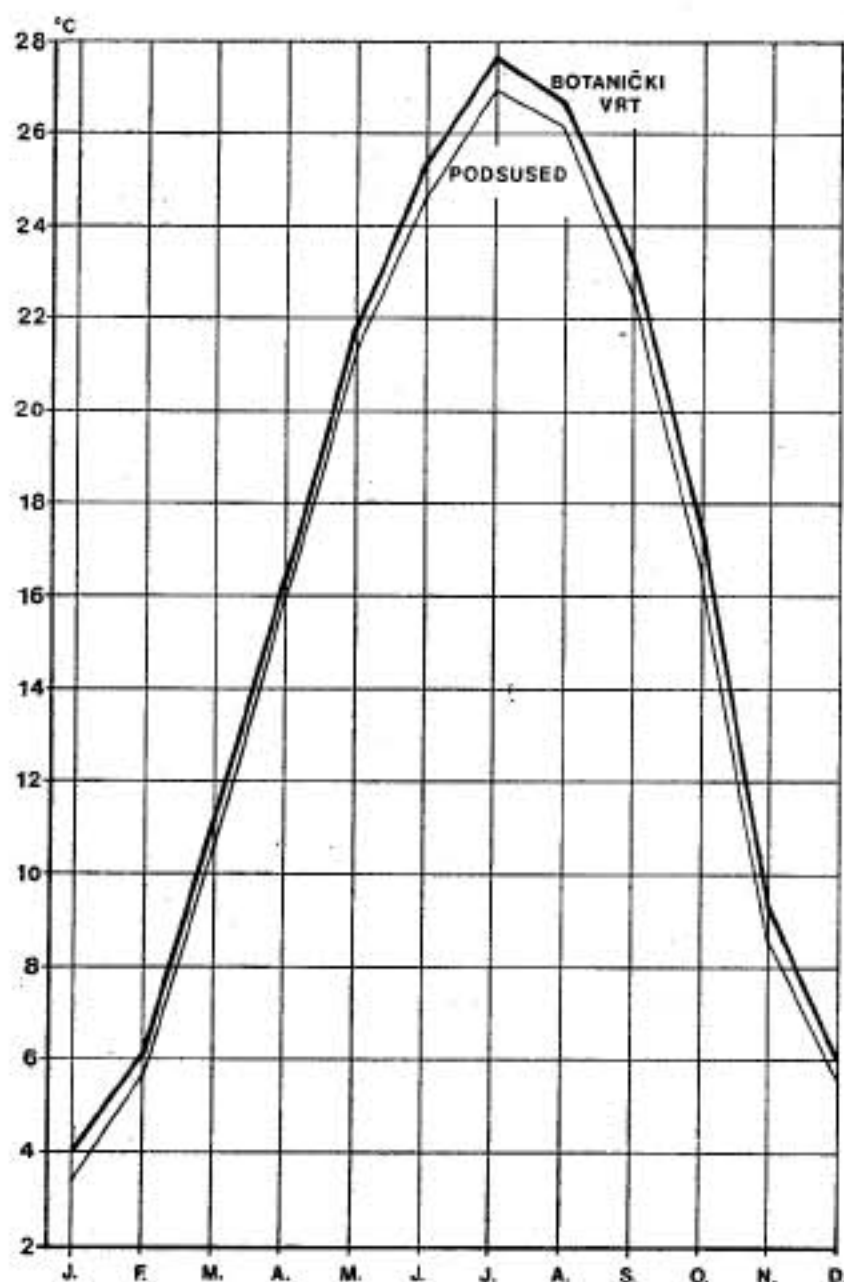
u nekim sam primjerima »poklopio« izoterme sa izohipsama. »Otherwise, the curves would cross crests and abysses, valleys and ridges, regardless of the variation of temperature«. (12; 274). Nije potrebno savršeno slijediti izohipse, nego je dovoljno generalizirati njihovo pružanje.

Srednje temperature u Zagrebu u prethodnom radu (3) prikazali smo gotovo ne uzimajući u obzir kratkotrajne podatke stanice Botanički vrt.

Zbog neočekivanih rezultata nisu korišteni ni podaci stanice »Farmacija«. Međutim, pokazalo se da se i ovi nedostatni podaci mogu i moraju koristiti za upoznavanje raspodjele temperature na zagrebačkoj teritoriji. To će nas dovesti do nekih neočekivanih zaključaka.

Rezultati

Iz kompleksnog međusobnog utjecaja grada i klimatskih elemenata proizlazi već općenito prihvaćeni godišnji hod srednjih mjesečnih maksimuma u centru grada i na periferiji: centar grada je (u podnevnim i poslijepodnevnim sa-

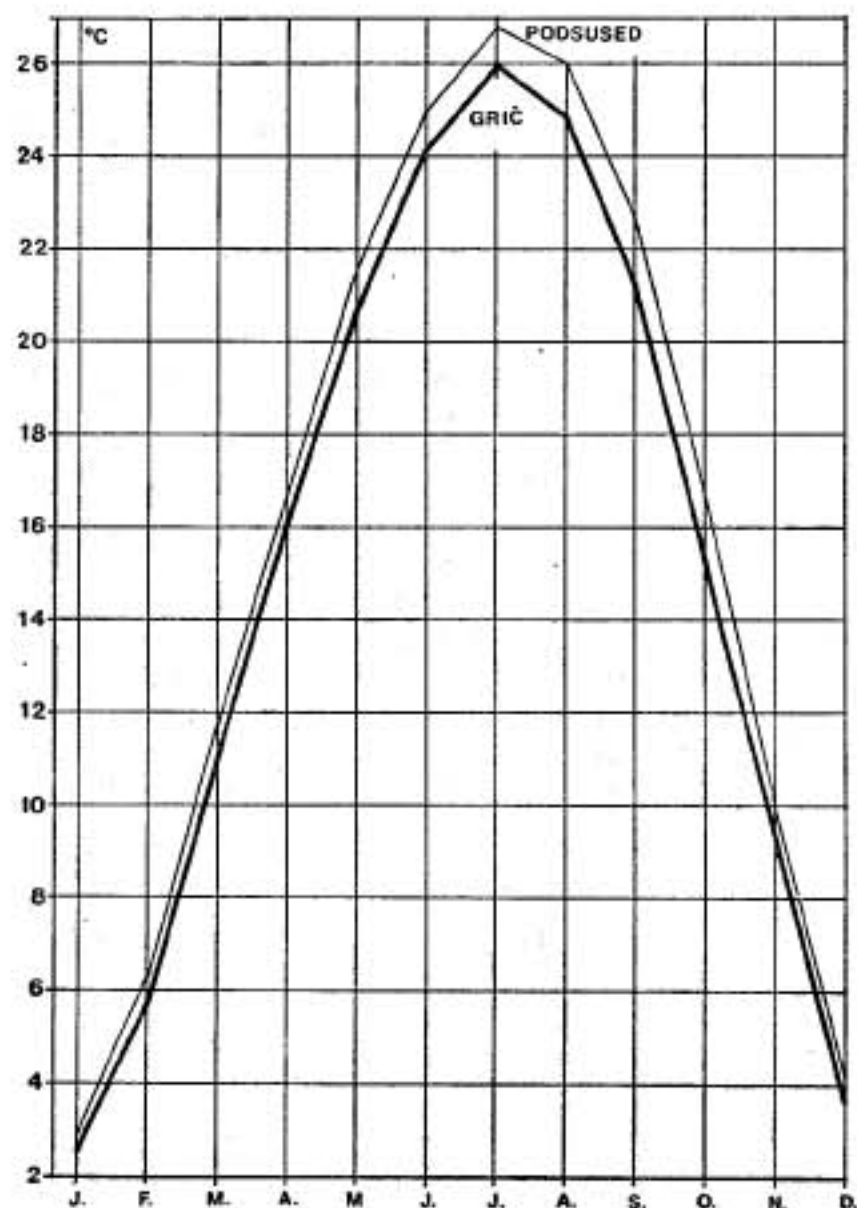


Sl. 3. Srednje maksimalne temperature u Botaničkom vrtu (»Kolodvor«) i u Podsusedu; 7-god. srednjaci iz razdoblja 1953, 1955—60. god. (9; 10)

Fig. 3. Mean monthly maximum temperatures in the Botanical Gardens (»Kolodvor«) in the centre, and in Podsused on the periphery.

tima) sistematski, u svim mjesecima, topliji od okolice. (U posebnim uvjetima izgleda (13) da postoje odstupanja; ako u središtu grada ima mnogo nebodera onda nastaje »hlad-

niji otok« u najtoplijem unutrašnjem dijelu grada). Ta je razlika obično najveća u ljetnim i zimskim mjesecima. Tako mora biti i u Zagrebu. Međutim, zbog specifične reljefne strukture potrebno je uzeti dvije stanice na podjednako nadmorskoj visini (tab. 1; sl. 3): Podsused (122 m) i Botanički vrt (116 m). Godišnja srednja maksimalna temperatura u Botaničkom vrtu iznosila



Sl. 4. Godišnji hod srednjih maksimalnih temperatura na Zagreb—Griču i u Podsusedu; srednjaci iz razdoblja 1961—1983. god. (8; 10; 11)

Fig. 4. Annual march of mean monthly maximum temperatures, Zagreb—Grič in the centre, and Podsused on the periphery.

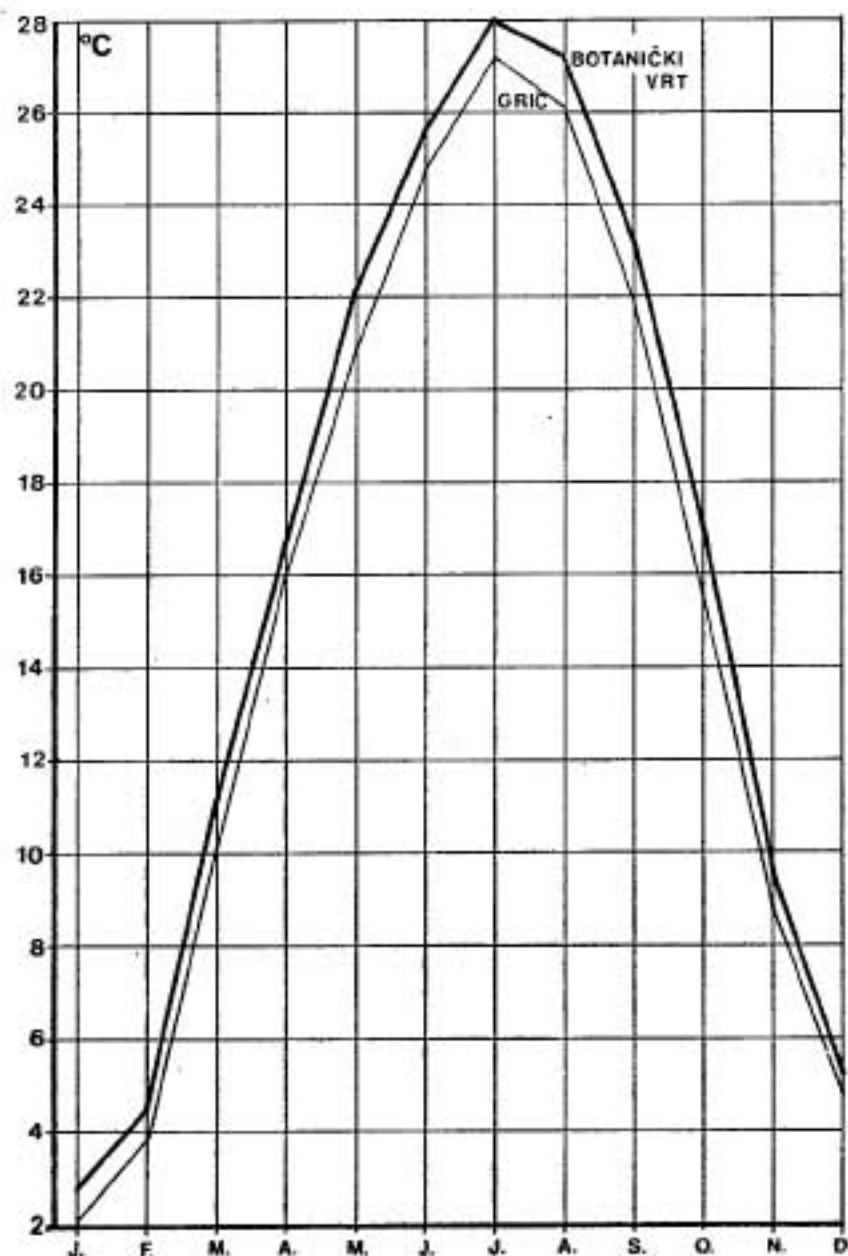
je 16.2°, a u Podsusedu 15.8°. To znači da je »centar« Donjeg grada u godišnjem prosjeku topliji za 0.4°. U pojedinim mjesecima ta se razlika kreće između 0.2° u prosincu do 0.7° u lipnju. Ta razlika nije slučajna, (tab. 1). Na istoj se nadmorskoj visini (116 m) nalazi i stanica Maksimir (stara lokacija). Botanički vrt ima sistematski više mjesečne i godišnje srednje maksimalne temperature nego Maksimir. Prema tome, kad se promatra nizinski dio Zagreba opaža se da postoji izražen »toplinski otok«: srednje maksimalne temperature rastu od periferije prema centru!

Usporedbom Griča s ostalim stanicama javlja se problem: periferne stanice su toplije od Griča, odnosno Grič, koji se nalazi u gusto izgrađenom dijelu grada, je hladniji od periferije i središta »donjeg grada«. Već se iz tab. 1 vidi da su svi mjeseci na Griču »hladniji« (čak do 1.0°) nego u

Podsusedu. Da to možda nebi bila posljedica prekratkotom motrenja (tab. 1), upoređeni su 23-godišnji nizovi temperature (sl. 4). I u ovom razdoblju sve su srednje maksimalne temperature niže na Griču nego u Podsusedu. Ta je razlika osobito velika u ljetnim mjesecima. Za isto razdoblje,

Tab. 1. Srednje maksimalne temperature zraka na teritoriji Zagreba; 7-god. srednjaci 1953, 1955—1960. god. (8;9; 10)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
Botanički vrt	4.0	6.1	11.0	16.3	21.8	25.3	27.6	26.7	23.3	17.3	9.2	6.0	16.2
Podsused	3.4	5.7	10.7	16.1	21.3	24.6	27.0	26.2	22.6	16.9	8.7	5.8	15.8
Grič	3.4	5.4	10.3	15.8	21.0	24.5	26.8	25.6	21.6	15.9	8.5	5.8	15.4
Maksimir	3.5	5.7	10.8	16.1	21.4	24.8	27.2	26.3	22.7	17.0	8.9	5.8	15.9
Diferencija													
Botanički vrt — Podsused	0.6	0.4	0.3	0.2	0.5	0.7	0.6	0.5	0.7	0.4	0.5	0.2	0.4
Botanički vrt — Grič	0.6	0.7	0.7	0.5	0.8	0.8	0.8	1.1	1.7	1.4	0.7	0.2	0.8
Botanički vrt — Maksimir	0.5	0.4	0.2	0.2	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6	0.3	0.3	0.2	0.3
Grič — Podsused	0.0	-0.3	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.2	-0.6	-1.0	-1.0	-0.2	0.0	-0.4
Grič — Maksimir	-0.1	-0.3	-0.5	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4	-0.7	-1.1	-1.1	-0.4	0.0	-0.5



Sl. 5. Godišnji hod srednjih maksimalnih temperatura u Zagreb—Griču i u Botaničkom vrtu; 1952—1959. i 1963. god. (8; 9; 10)

Fig. 5. Annual march of mean monthly maximum temperatures in the centre of Zagreb.

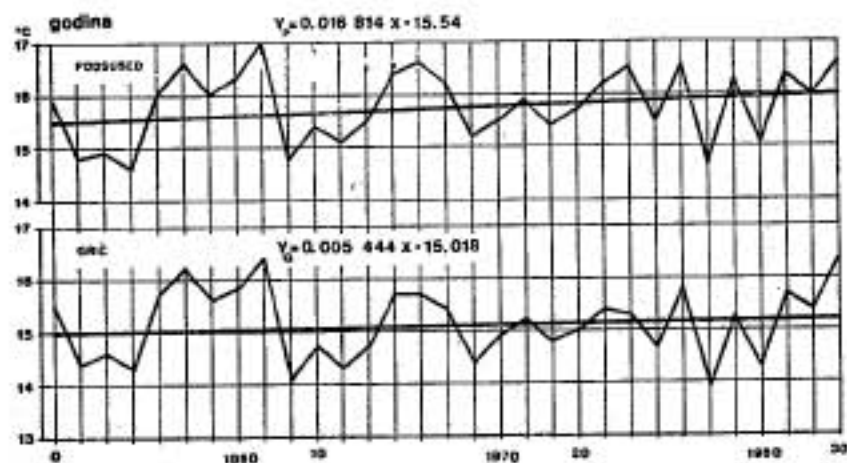
1961—1983, izračunate su i temperature na Griču i Maksimiru (nova lokacija). Osim u prosincu i siječnju, svi su mjeseci u Maksimiru topliji nego na Griču!

Posebno je značajna usporedba Griča i Botaničkog vrta (tab. 1). »Kolodvor« je u svim mjesecima 0.2 — 1.7° topliji od Griča. Da se izbjegne sumnja na utjecaj eventualno prekratkotom motrenja, uzet je u obzir cijeli raspoloživi 9-godišnji niz 1952—1959. i 1963. godina (sl. 5). Srednja maksimalna temperatura u siječnju za 0.6° je viša u Botaničkom vrtu nego na Griču, dok ta razlika u srpnju iznosi 0.8° , a u godišnjem prosjeku 0.8° .

Na razmišljanje navodi usporedba srednje maksimalne temperature iz Zagreb—Griča i »Farmacije«. Raspodjela temperature je — pod utjecajem reljefa — komplicirana, ali ukazuje na neočekivani odnos. »Farmacija« (195 m) nije mnogo viša (38 m) od Griča (157 m). U 15-god. nizu 1966—1980. »Farmacija« je u siječnju bila za 0.2° toplija od Griča, u srpnju za 0.5° , a u godišnjem prosjeku za 0.4° . Prema tome, smanjenjem nadmorske visine temperatura pada, pa je u svim mjesecima Grič hladniji od više »Farmacije«. Uzmemo li u obzir i sve druge navedene temperature izlazi da je srednja maksimalna temperatura na Griču s neposrednom okolicom — hladni otok!

Jedini homogeni dugogodišnji niz srednjih maksimalnih temperatura postoji samo sa Griča. Nijedna stanica u blizini Zagreba, ili na njegovoj periferiji, nema toliko dug niz pouzdanih podataka čijom bi se komparacijom moglo nešto zaključiti o sekularnim fluktuacijama klime, ili o eventualnim utjecajima grada na maksimalne temperature. Usprkos tome, pokušat ćemo uspo-

rediti samo 31-godišnje nizove 1953—1983. godine iz Griča i Podsuseda. Prvu informaciju o tome mogu dati godišnje srednje maksimalne temperature (sl. 6). Jedna od elementarnih osobina ovakvih nizova je velika međugodišnja varijacija srednjih maksimalnih temperatura. Da bi se uočila tendencija kretanja, ovakav niz temperatura može se aproksimirati pravcem koji prikazuje linearni trend u promatranom razdoblju. Tako dobiveni pravac ukazuje na linearni trend, tj. u cijelom promatranom razdoblju opaža se tendencija porasta srednjih maksimalnih temperatura. U 31-godišnjem nizu godišnja srednja maksimalna temperatura na Griču iznosila je 15.1° . Budući da je linija trenda »dinamički srednjak«, iz jednadžbe pravca koji označava linearni trend slijedi da je 1953. god. »izravnata« godišnja srednja maksimalna temperatura iznosila 15.0° , a 1983. god. 15.2° . Ako se zanemare kratkotrajnije varijacije temperature, u 31-god. nizu 1953—1983. god.

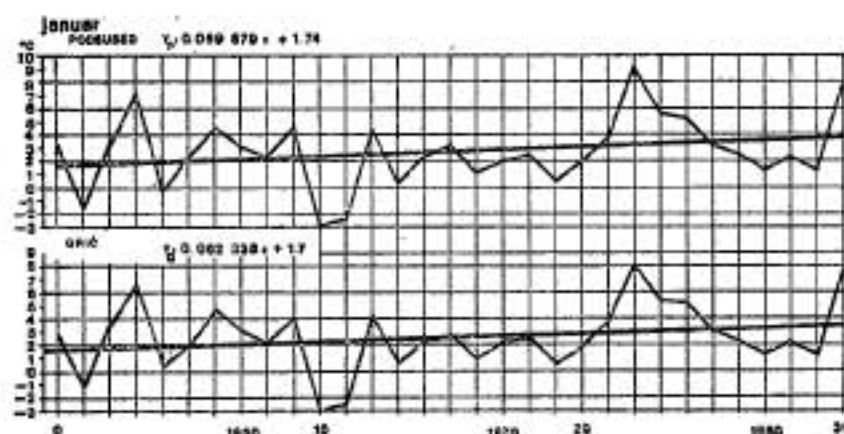


Sl. 6. Godišnje srednje maksimalne temperature na Zagreb—Griču i u Podsusedu u razdoblju 1953—1983. god. (8; 9; 10; 11)

Fig. 6. Mean annual maximum temperatures in Zagreb—Grič (in the centre of the town) and in Podsused (on the periphery).

godišnja srednja maksimalna temperatura na Griču je porasla za 0.2° . Bez obzira što se radi o kratkom nizu, ovaj smo niz usporedili sa srednjom maksimalnom temperaturom u Podsusedu (gornji graf na sl. 6). »Izravnata« godišnja srednja maksimalna temperatura u Podsusedu iznosila je 1953. god. 15.5° , a 1983. god. 16.0° . U ovom je kratkom razdoblju srednja maksimalna temperatura za cijelu godinu porasla za 0.5° . Dakle, »izravnate« godišnje srednje maksimalne temperature porasle su za 0.2° na Griču, a u Podsusedu za 0.5° . Očito je da se radi o vrlo velikoj razlici. Prisjetimo se da je u početku promatranog razdoblja stanica u Podsusedu bila u onom dijelu Zagreba koji je bio rijetko izgrađen. Posljednjih godina u njoj su okolici izgrađeni brojni građevinski objekti. Prema trenutnom znanju, jedan dio ovog otopljanja treba pripisati modifikatorskom utjecaju Zagreba.

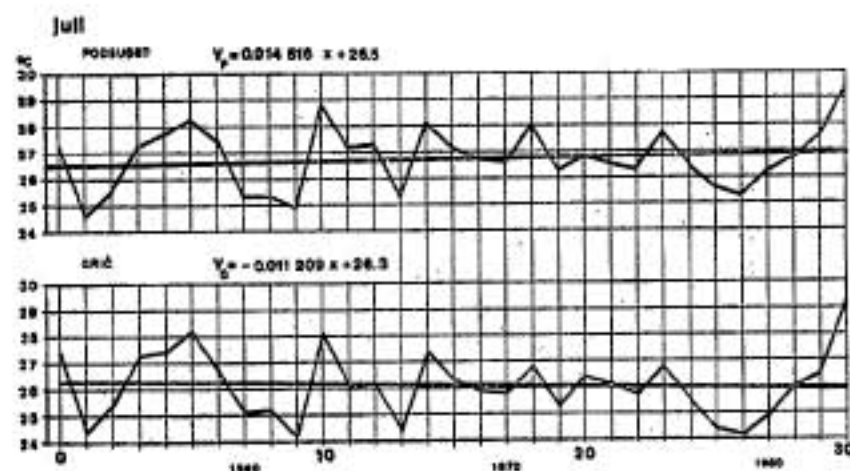
Još detaljnija informacija dobija se analizom mjesečnih srednjih maksimalnih temperatura. Na sl. 7 prikazan je 31-godišnji niz siječanjskih srednjih maksimalnih temperatura na Griču i u Podsusedu. Kad se zanemare međugodišnje varijacije, izlazi da je »izravnata« siječanjska tempera-



Sl. 7. Siječanjske srednje maksimalne temperature na Zagreb—Griču i u Podsusedu u razdoblju 1953—1983. godine (8; 9; 10; 11)

Fig. 7. Mean January maximum temperatures in Zagreb—Grič and in Podsused.

tura 1953. god. u Podsusedu iznosila 1.7° , a 1983. god. 3.8° , što znači da je porasla čak za 2.1° . Istovremenu na Griču je »izravnata« srednja maksimalna temperatura u siječnju porasla s 1.7° 1953. god. na 3.6° 1983. god. Razlika je iznosila 1.9° , dakle, manje nego u Podsusedu. Nema sumnje da barem jedan dio ovog porasta srednje maksimalne temperature treba pripisati termičkom utjecaju grada.



Sl. 8. Srpanjske srednje maksimalne temperature na Zagreb—Griču i u Podsusedu u razdoblju 1953—1983. god. (8; 9; 10; 11)

Fig. 8. Mean July maximum temperatures in Zagreb—Grič and in Podsused.

Poseban su problem srpanjske srednje maksimalne temperature (sl. 8), ali samo na Griču. »Izravnata« srpanjska srednja maksimalna tem-

peratura 1953. god. u Podsusedu iznosila je 26.5^o, a 1983. god. 26.9^o, dakle u tom je razdoblju srpanjska srednja maksimalna temperatura porasla čak za 0.4^o. Taj se trend podudara sa svim ostalim temperaturama. Međutim, srpanjska srednja maksimalna temperatura na Griču pala je sa 26.3^o 1953. god. na 25.9^o 1983. god., tj. pala je za 0.4^o. Budući da se radi o neočekivanom trendu za isto sam razdoblje izračunao trendove za stanice Rim i Botinec. Za Botinec sam dobio jednadžbu pravca

$$Y_B = 0.002097x + 26.9.$$

Iz nje se vidi da je »izravnata« srpanjska srednja maksimalna temperatura 1953. god. iznosila 26.9^o, a lako se izračuna da je 1983. god. temperatura porasla na 27.0^o. Dakle, samo za 0.1^o, tj. ulazni je trend mnogo manje izražen nego u Podsusedu (0.4^o). Za razliku od Griča, trend je uzlazan, tj. postoji principijelna razlika. Slično je učinjeno i za prigorsku stanicu Rim. Za isto razdoblje jednadžba pravca glasi

$$Y_R = 0.004227x + 25.84$$

što znači da je »izravnata« srednja maksimalna temperatura 1953. god. iznosila 25.8^o, a 1983. god. 26.0^o, pa je razlika iznosila 0.2^o. Ipak, trend je uzlazan, iako je slabije izražen nego u Podsusedu (0.4^o). Bitno je važno da je na perifernim stani-

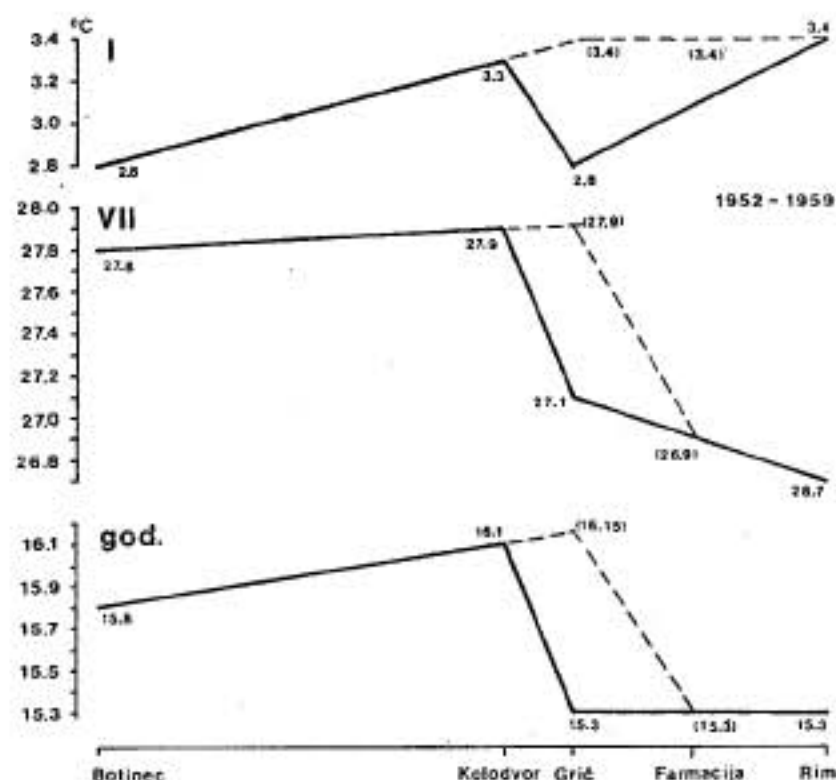
Tab. 2. Srednje maksimalne temperature na profilu Botinec—Sljeme 1952—1959. god., odnosno Botinec—Puntijarka 1973—1980. god. (8; 9; 10; 11; 14)

	Botinec	Botanički vrt	Grič	»Farmacija«	Rim	300 m	Puntijarka ili Sljeme
1952—1959							
januar	2.8	3.3	2.8	(3.4)	3.4	3.3	— 0.1
juli	27.8	27.9	27.1	(26.9)	26.7	26.0	20.0
godina	15.8	16.1	15.3	(15.3)	15.3	14.7	9.9
1973—1980							
januar	3.6	(4.1)	4.0	4.2	4.2	3.8	0.4
			(4.2)				
juli	26.1	(26.2)	25.5	25.9	25.7	25.0	19.1
			(26.2)				
godina	15.4	(15.7)	15.0	15.5	15.5	15.0	9.7
			(15.8)				

cama trend uzlazan, a samo je na Griču silazan! Vjerojatno je sekularni trend u promatranom razdoblju silazan, a u Podsusedu, Rimu i Botincu taj je trend poništen jakom izgradnjom tih dijelova grada, odnosno posljedica je i promjena u sastavu atmosfere i njegovu utjecaju na radijaciju.

Zbog kompleksne reljefne strukture područja u kojem se nalazi Zagreb potrebno je upoznati raspodjelu srednje maksimalne temperature između stanica koje se nalaze na najvažnijem profilu, od Botinaca do Puntijarke, odnosno Slje-

mena (tab. 2). Posebno ćemo izdvojiti razdoblje 1952—1959. god. na profilu Botinec—Rim. (sl. 9) Prilikom crtanja ovog temperaturnog profila odmah se pokazalo da vertikalna raspodjela temperature nije onakva kako se očekivalo. Bitno je



Sl. 9. Srednje maksimalne temperature na profilu Botinec—Rim u razdoblju 1952—1959. god. (8; 9; 10)

Fig. 9. Mean maximum temperatures between Botinec and Rim for the period 1952—1959.

važna činjenica da je u tom razdoblju radila stanica u Botaničkom vrtu (»Kolodvor«). U ovom razdoblju nije radila stanica »Farmacija«, pa sam — po Rimu — interpolirao potrebne temperature. Tako se došlo do slijedećih interpoliranih temperatura za »Farmaciju« u razdoblju 1952—1959. god.: siječanj 3.4^o, srpanj 26.9^o godina 15.3^o. Puna crta spaja srednje maksimalne temperature kako su izmjerene, odnosno izračunate. Najprije siječanjski profil. Od Botinca srednja maksimalna temperatura raste do »ugrijanog« grada, do »Kolodvora«. Sada dolazi nešto neočekivano-nagli i jak pad temperature na Griču (2.8^o), odnosno do Griča, iako je taj dio grada gusto izgrađen. Od Griča srednja maksimalna temperatura raste sve do Rima (3.4^o). Budući da se ovakav temperaturni profil ne može prihvatiti, rekonstruirat ćemo ovaj dio presjeka (isprekidana crta). U točki gdje produžni profil temperature siječe Grič dobivena je temperatura 3.4^o. To je isto koliko i temperatura Rima. Spajanjem ovih točaka dobiva se izotermna ploha od 3.4^o. Točno na njoj se nalazi interpolirana temperatura »Farmacije«. Iz toga slijedi mogući zaključak da temperatura Griča nije realna, nego da je sistematski preniska, tj. siječanjaska srednja maksimalna temperatura Griča u razdoblju 1952—1959. god. bi trebala biti 3.4^o, tj. za 0.6^o bi bila viša od »službenih« podataka (2.8^o). Ili obratno: »službena« siječanjaska srednja maksimalna temperatura na Griču je za 0.6^o niža od stvarne temperature. Ako je tako on-

da bismo i u ovom slučaju imali opće pravilo: u siječnju je Zagrebačko polje (ili Turopolje) danju hladnije od prigrorskog pojasa u podnožju Medvednice. Između njih je Donji grad koji je — zbog izgrađenosti — topliji od Turopolja, ali je nešto hladniji od povišenog prigrorskog pojasa. Topli podgorski pojas dopire sve do Griča, tj. od pregriba Zagrebačke terase.

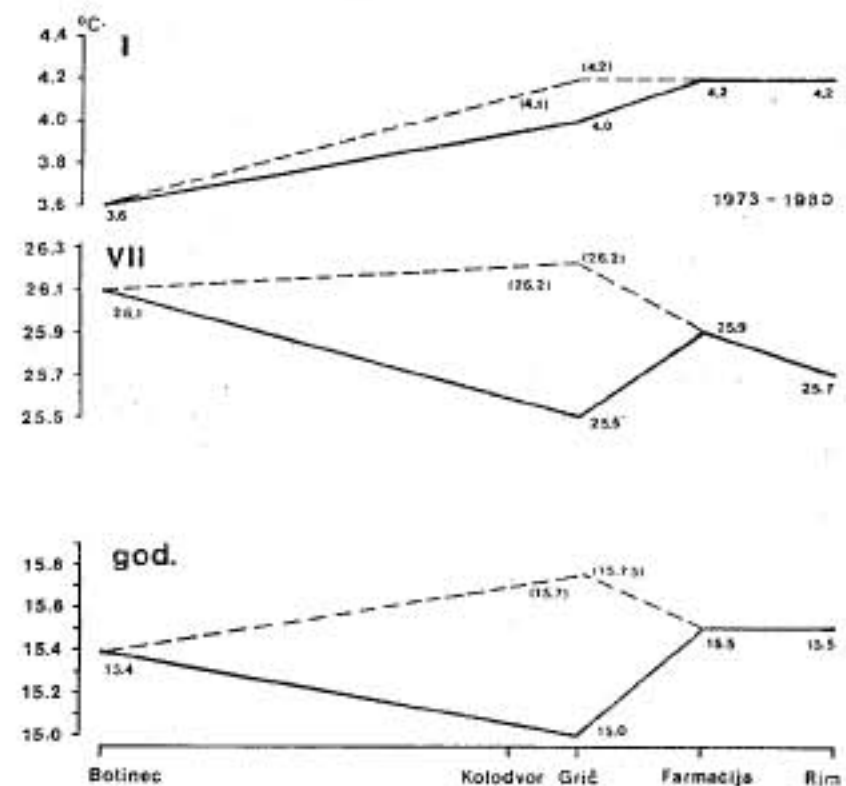
Sasvim je suprotno u srpnju. Nisko Zagrebačko polje je jako zagrijano, a čak nešto više i sam Zagreb. Sudeći samo po »službenim« publiciranim temperaturama (debela crta) od »Kolodvora« srednja maksimalna temperatura naglo pada do 27.1° na Griču i do 26.7° u Rimu. Očito je da je nešto problematično s temperaturom na Griču. Budući da se od »Kolodvora« prema Griču nalazi gusto izgrađen dio grada možemo pretpostaviti da srednja maksimalna temperatura vrlo lagano raste praktički sve do Griča, pa je temperaturna linija (isprekidano) produžena do Griča. Interpolirana srednja maksimalna temperatura za »Farmaciju« (26.9°) ukazuje na ubrzani porast srednje maksimalne temperature od te stanice prema središtu grada. Budući da između »Farmacije« i Griča nije bilo meteorološke stanice »Farmacija« je spojena s Gričom i to bi prilično točno odgovaralo stvarnom stanju: naglom porastu srednje maksimalne temperature od »Farmacije« prema Griču. Iz rekonstruiranog grafa se vidi da su srednje maksimalne temperature i dalje rasle od »Kolodvora« prema Griču, a od Griča su naglo padale prema »Farmaciji«, a znatno polaganije dalje do Rima. Znači da bi i Grič bio obuhvaćen gornjim dijelom tankog sloja najtoplijeg zraka koji prekriva Zagrebačko polje odnosno Donji grad. Dakle, u najtoplijem dijelu srpnja, odnosno srpanjskih dana Zagrebačko polje, a još više Donji grad ispunjeni su vrlo toplim zrakom, a na Zagrebačkoj terasi i u prigorju je pojas s nešto nižom srednjom maksimalnom temperaturom zraka (dakle, obratno nego u siječnju).

Raspodjela srednje maksimalne temperature u godišnjem prosjeku je najjednostavnija, a »skriva« u sebi mjesece s raspodjelom srednje maksimalne temperature sličnom kao u siječnju i mjesece s raspodjelom SMT u srpnju. U godišnjem prosjeku u podnevnim satima je Zagrebačko polje toplije od prigorja Medvednice, a najtopliji je gusto izgrađeni Donji grad.

Budući da se radi o relativno velikim apsolutnim veličinama na malenom prostoru, drugi niz godina, 1973—1980. god. (sl. 10) daje nešto drukčiju sliku. Nažalost nedostaju podaci za »ključnu« stanicu, za Botanički vrt (»Kolodvor«), ali zato postoje podaci za »Farmaciju«. Pokušat ćemo interpolacijom doći do približnih podataka o srednjim maksimalnim temperaturama u Botaničkom vrtu. Za to ćemo koristiti podatke stanice Botinec (tab. 2). Ako ih usporedimo s »Kolodvorom« dolazimo do međusobne razlike. Pretpostavimo li da je razlika u razdoblju 1973—1980. god. ostala »ista« kao i 1952—1959. god. onda bi srednja maksimalna temperatura u siječnju na »Ko-

lodvoru« iznosila 4.1°, u srpnju 26.2° i u godišnjem prosjeku 15.7°. (Te su vrijednosti u zagradi u tab. 2.)

Najbolje je ako počnemo sa srednjim maksimalnim temperaturama u godišnjem prosjeku (sl. 10). Slijedimo li debelu izlomljenu liniju, tj. slijedimo li srednju maksimalnu temperaturu po publiciranim podacima dolazimo do zaključka da je izgrađeno gradsko područje Zagreba u godišnjem prosjeku »hladnije« od okolice. U zagrebačkim uvjetima to nije moguće. Interpolacijom smo za »Kolodvor« došli do srednje maksimalne temperature 15.7°. Kad se ta točka spoji s Botincem i produži prema Griču (15.75°, odnosno 15.8°), te se spoji s »Farmacijom« onda se dobiva temperaturni profil koji odgovara teoriji: jasno se vidi »toplinski otok« nad najgušće izgrađenim dijelom Zagreba.



Sl. 10. Srednje maksimalne temperature na profilu Botinec—Rim u razdoblju 1973—1980. god. (8; 9; 10)

Fig. 10. Mean maximum temperatures between Botinec and Rim for the period 1973—1980.

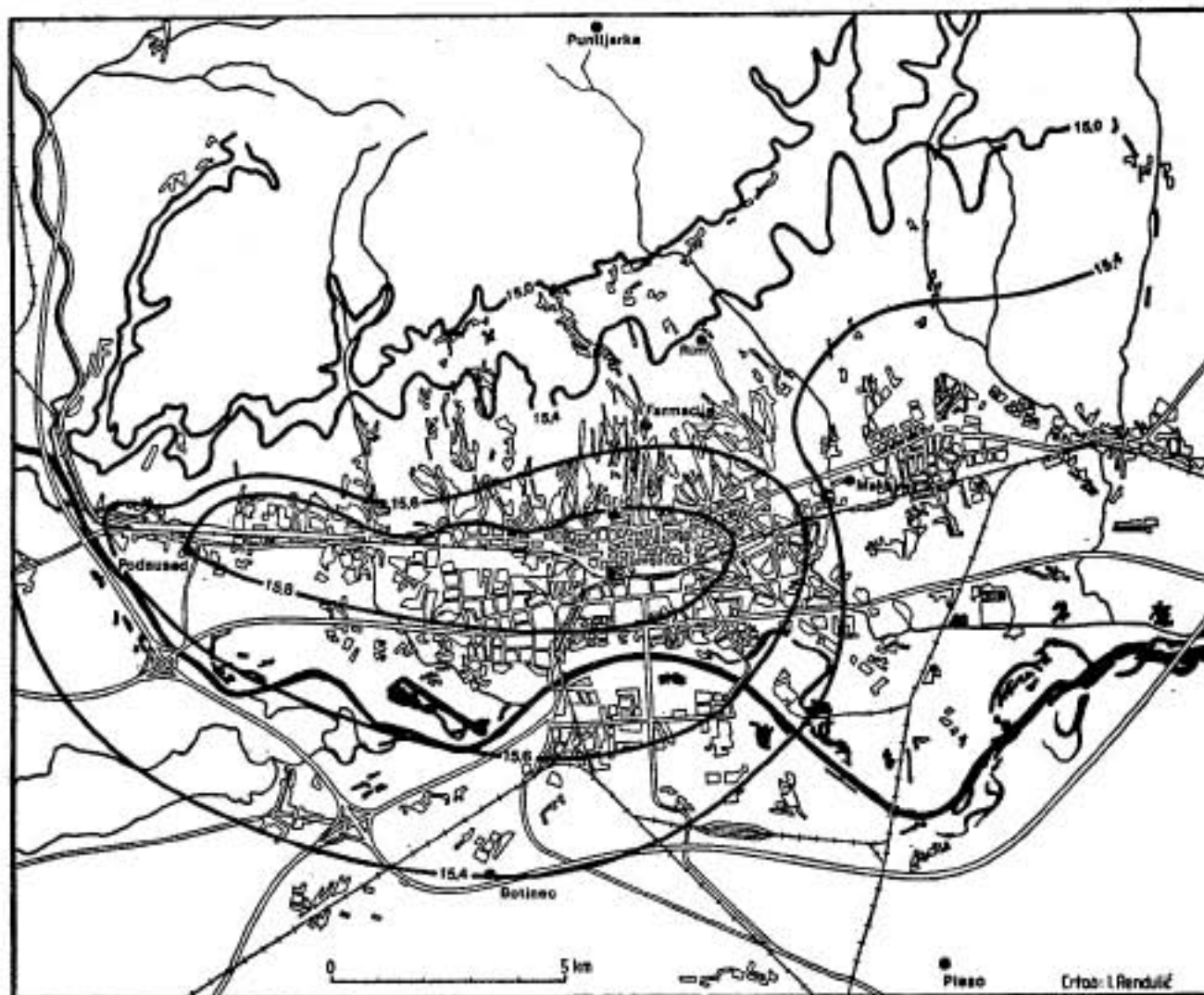
Nešto slično vidi se i na srpanjskom profilu. Slijedeći debelu liniju, odnosno publicirane temperature podatke, već se na prvi pogled vidi da je ovakva raspodjela srednje maksimalne temperature neprihvatljiva: najgušće izgrađeni dio Zagreba ne može u srpnju biti »hladni otok«. Koristeći izračunate srednje maksimalne temperature dolazi se do raspodjele temperature prikazane isprekidanom crtom: najgušće izgrađeni dio Zagreba je u popodnevnim satima u srpnju »topli otok« s tim da je Savska nizina jedva malo »hladnija«, ali je zato izrazit »hladniji« pojas na povišenom reljefu sjeverno od Griča.

Siječanjski je profil malo jednostavniji. Jasno je izražen utjecaj noćne inverzije, pa se zrak nad Savskom ravnicom manje zagrijava, te relativno

hladan ostaje i u najtoplijem dijelu dana. Suprotno tome, na povišenom terenu sjeverno od Griča temperatura noću ne padne tako nisko kao u ravnici Save, pa se zrak u podnevnim satima može više zagrijati. Tu se razvio topli pojas. Primjećuje se da se gradski zrak — usprkos inverziji — nešto zagrije, i to više nego što bi se zaključilo po izmjerenim maksimalnim temperaturama. Taj profil pokazuje da se »topli« pojas u popodnevnim satima širi i na najgušće izgrađeni dio Zagreba.

Ovi neočekivani rezultati omogućuju da se pretpostavi (sl. 9 i 10) da sa raspodjelom srednjih maksimalnih temperatura do koje se dolazi samo na osnovu izmjerenih maksimalnih temperatura nešto nije u redu.

ko može shvatiti iz službenog opisa njegova smještaja (8; str. XI): »Termometrijska kućica bila je dva puta premještena s jednog prozora na drugi, i to 1864. i 1871. godine, ali se uvijek nalazila, kao i sada, u istoj visini prvog kata, okrenuta prema sjeveru.« Iz toga slijede važni zaključci: Termometar je neuobičajeno visoko i to u sloju zraka gdje »svaki« metar mnogo znači. Termometar se nalazi u »dvostrukoj sjeni«, u sjeni zgrade i u »mraku« vlastite kućice. Nije svejedno da li je kućica, barem dio dana obasjana direktnom radijacijom (pa makar bila bijelo obojena, što je važno za vidljivi dio spektra, ali nije bitno za dugovalnu radijaciju!), ili uopće nije, tj. da je izložena samo difuznoj radijaciji, odnosno samo jednom dijelu globalne radijacije. Ne može se posve zanemariti ni utjecaj susjednog parka, ma



Sl. 11. Geografska raspodjela godišnje srednje maksimalne temperature; srednjaci iz razdoblja 1973—1980. god.

Fig. 11. Geographical distribution of mean annual maximum temperatures in Zagreb area.

a) Prva je mogućnost da su maksimalne temperature točno izmjerene samo na Griču, a netočno na svim drugim stanicama. U tom slučaju Zagreb bi bio »hladniji otok« u toplijoj okolici, a za to — za to odstupanje od općeg pravila u zagrebačkim uvjetima — nema realne osnove.

b) Nije li to posljedica nereprezentativnosti izmjerenih maksimalnih temperatura na Zagreb-Griču? Mjerenja su stručna, samo možda (mikro) lokacija termometra nije dobra, a što se la-

koliko on bio malen, kao ni radijacije u »dvorištu« Opservatorija. Sve to navodi na zaključak da su (srednje) maksimalne temperature na Griču sistematski niže nego što bi bile da ne postoje navedene teškoće, odnosno eventualni problemi. Konkretno, iz sl. 9 i 10 može se zaključiti da su srednje maksimalne temperature u siječnju za 0.2—0.6°, u srpnju za 0.7—0.8 i u godišnjem prosjeku za 0.8—0.9° više od »službenih maksimalnih temperatura koje se očitavaju i objavljuju u službenim meteorološkim publikacijama.

c) Može se pretpostaviti da maksimalne temperature od Botinca preko »Kolodvora« do iznad Ilice, odnosno do vrlo strmog odsjeka Zagrebačke terase ostaju na istoj razini, tj. jednake su kao na »Kolodvoru«, pa bi isprekidane crte bile horizontalne. Ako je tako, onda bi gore navedene veličine bile nešto manje, ali nebi bile toliko smanjene da se nebi osjećalo postojanje »toplinskog otoka«.

Za prikaz horizontalne raspodjele srednjih maksimalnih temperatura potrebno je najgeneralnije prikazati ih i na Medvednici. Vertikalna raspodjela srednjih maksimalnih temperatura nije onakva kako bi se dobilo jednostavnim spajanjem točaka koje označavaju lokaciju Rima i Puntijarke. Nedostaje jedna stanica između Rima i visine od oko 300 m odakle počinje nagli uspon južne padine Medvednice.

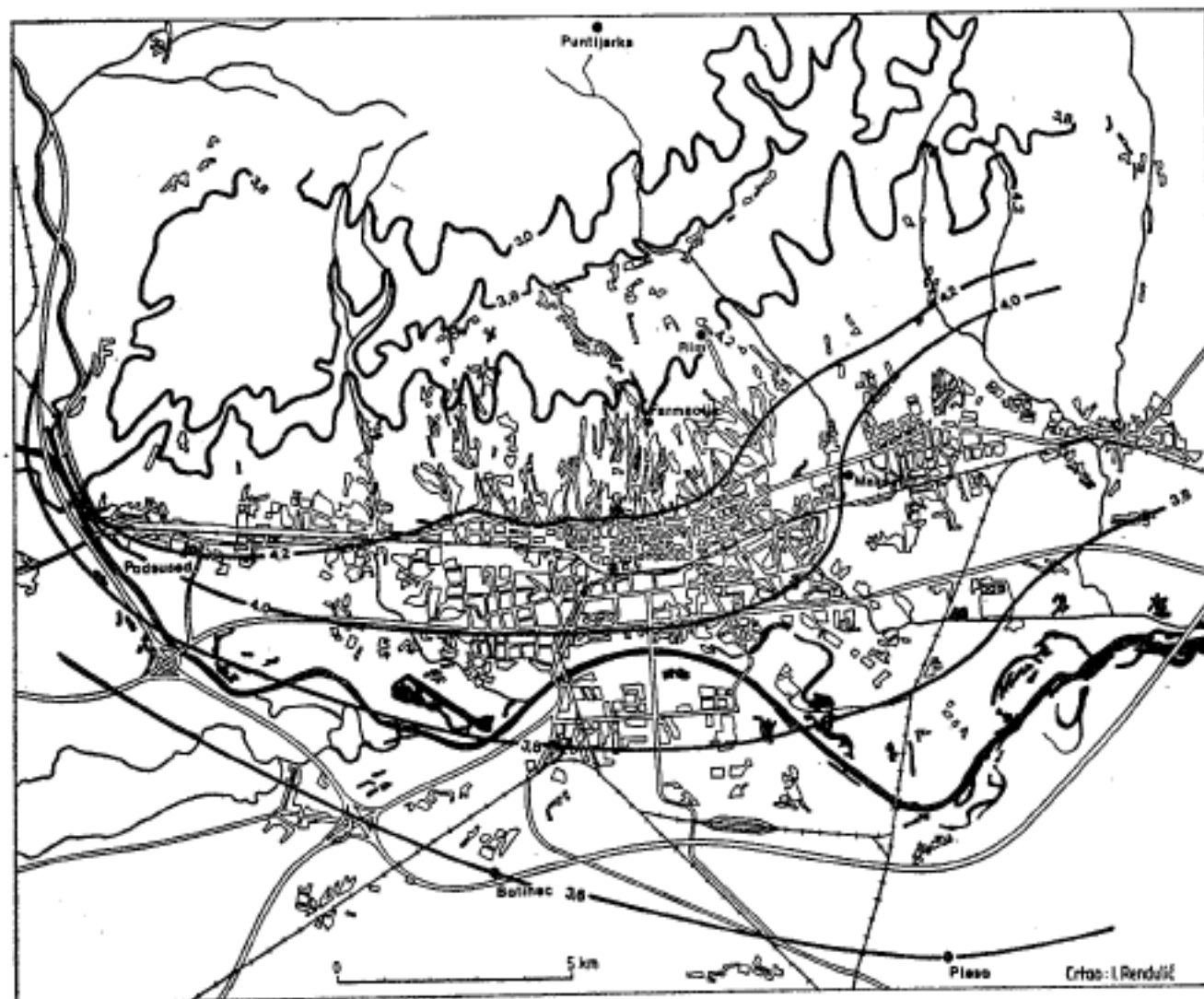
Počnimo sa srednjom maksimalnom temperaturom za godinu iz razdoblja 1973—1980. god. Ako je Puntijarka na visini 988 m, a Rim na 220 m, onda visinska razlika iznosi 768 m. Ako srednja maksimalna temperatura na Puntijarci iznosi 9.7°, a u Rimu 15.5°, onda razlika iznosi 5.8°. Dijeljenjem temperaturne razlike s razlikom u nadmorskoj visini dobiva se godišnji vertikalni gradijent: 0.76°. Obratno, dijeljenjem razlike u nadmorskoj visini s temperaturnom razlikom dobivamo da se temperatura mijenja za 1° na 132 m visinske razlike. Jednostavno se dolazi do rezultata da je na

290 m srednja maksimalna temperatura 15°, na 550 m 13° na 820 m 11.°

Tab. 3. Srednje maksimalne temperature zraka na teritoriji Zagreba. Srednjaci iz razdoblja 1973—1980; u zagradi su veličine dobivene interpolacijom ili preračunavanjem (8; 9; 10; 11; 14)

Stanica	januar	juli	godina	stanica	januar	juli	godina
Maksimir	4.0	25.5	15.3	Pleso	3.6	25.9	15.3
Podsused	4.2	26.4	15.8	Rim	4.2	25.7	15.5
Botinec	3.6	26.1	15.4	»Farma-			
Grič	4.0	25.5	15.0	cija«	4.2	25.9	15.5
	(4.2)	(26.2)	(15.8)	Botanički			
Puntijarka	0.4	19.1	9.7	vrt	(4.1)	(26.2)	(15.7)

Na isti način učinjeno je sa srednjim maksimalnim temperaturama u srpnju. Vertikalni gradijent iznosi 0.86°, odnosno na svakih 116 m temperatura se promijeni za 1°. To znači da se izoterma od 20° nalazi na 880 m, 22° na 650 m, 24° na 420 m te 25° na 300 m. Konačno, siječanj. Vertikalni gradijent srednje maksimalne temperature iznosi 0.49°, odnosno maksimalna se temperatura mijenja za 1° na 202 m. Izoterma od 3° nalazi se na 462 m, od 2° na 664 m, te od 1° na 866 m.



Sl. 12. Geografska raspodjela siječanjske srednje maksimalne temperature; srednjaci iz razdoblja 1973—1980. god.

Fig. 12. Geographical distribution of average January maximum temperatures in the Zagreb area.

Sve što je učinjeno do sada sintetizirano je na tab. 3. Da se ovi podaci prenesu na geografske karte potrebno je koristiti podatke sa tab. 4. Pokazalo se da na gradskom području ima premalo meteoroloških stanica, a uopće ih nema na nekim bitno važnim sektorima. To je najčešće onemogućilo upotrebu linearne interpolacije. Izoterme su se mogle ucrtati tek kad se stekne informacija o horizontalnim gradijentima maksimalne temperature, a oni su vrlo različiti. Međutim, zbog nedostatka podataka na osnovu direktnog mjerenja, morao sam posegnuti za interpoliranim ili proračunatim veličinama koje ipak ukazuju na red veličine. Zbog navedenih teškoća nisam izračunavao gradijente između Griča i drugih stanica.

Tako se moglo nacrtati (približnu) geografsku raspodjelu srednjih maksimalnih temperatura u

Tab. 4. Međusobna udaljenost, temperaturna razlika i horizontalna promjena maksimalne temperature; srednjaci iz razdoblja 1973—1980. god. (8; 9; 10)

	R a z l i k a						
	udaljenost (m)		januar		juli		
	godina		m/0.1 °C		m/0.1 °C		
	°C	m/0.1 °C	°C	m/0.1 °C	°C	m/0.1 °C	
Botanički vrt — Podsused	8 800	— 0.1	8 800	— 0.1	8 800	— 0.2	4 400
Botanički vrt — Maksimir	4 900	0.4	1 225	0.1	4 900	0.7	700
Botanički vrt — Botinec	5 900	0.3	1 967	0.5	1 180	0.1	5 900

zagrebačkom području. Najbolje je započeti sa godišnjim prosjekom (sl. 11) iako on zapravo skriva sasvim suprotnu raspodjelu u hladnim i toplim mjesecima. Očito je da treba lučiti izgrađeno gradsko područje od periferije. Na profilu od Botinca preko centra Zagreba na Rim i Medvednicu opaža se da je »najhladnije« Zagrebačko polje. Srednja maksimalna temperatura postupno raste do središta donjeg grada, a zatim nešto pada na povišenom dijelu, ali je on ipak nešto malo topliji od doline Save. Temperatura opet pada s porastom nadmorske visine na padini Medvednice. Isto pravilo vrijedi u najzapadnijem profilu od Save preko Podsuseda na Medvednicu. Na malo povišenje temperature u nizinskom izgrađenom dijelu vjerojatno utječe pretežno istočno strujanje zraka i fenski efekt. Sasvim je drukčija raspodjela temperature na istočnoj periferiji. Od Maksimira do Sesveta pruža se nešto hladnije područje (6) s malenim horizontalnim gradijentom

temperature. Ukratko: U godišnjem prosjeku prigorje Medvednice je topliji dio u ovom prostoru, još je toplije izgrađeno područje, a »najhladnije« je područje uz Savu i nizinski kraj istočno od Maksimira i Peščenice.

Na sl. 12 prikazana je geografska raspodjela srednje maksimalne temperature u siječnju, primjer za zimsku raspodjelu temperature. Jasno se nazire dominantno značenje reljefa. Zagrebačka terasa i Prigorje čine izrazito topli pojas koji se na zapadu »spušta« čak i u ravnici na njenom kontaktu s Medvednicom. Dolina Save i niski kraj istočno od Maksimira su izrazito hladniji. To je posljedica jakih noćnih inverzija temperature u tom niskom kraju. Zrak se noću toliko rashladi da se dnevnim zagrijavanjem ne može poništiti taj efekt, jer koliko se zrak danju zagrije, isto se zagrijava i zrak na višem reljefu, tako da razlika ostaje. Jedan dio te razlike u zagrijavanju treba pripisati i utjecaju magle, koja je češća u nizini, nego u podgorju. »Donji grad« se dodatno zagrijava, ali ni to ne može posve poništiti utjecaj temperaturne inverzije, pa je i gradsko područje u prosjeku hladnije od pobrđa, ali je ipak nešto toplije od nizine.

Srpanjska raspodjela srednje maksimalne temperature (sl. 13) je bitno različita nego u hladnom dijelu godine. Zbog veće nadmorske visine zagrebačko je pobrđe nešto »svježije« od savske doline koja se — zbog svoje manje nadmorske visine — jako zagrije u toku dana. Dakle, obratno nego zimi: dolina Save je danju toplija od pobrđa na sjeveru, a — jasno — temperatura i dalje pada na padini Medvednice. Izgleda da ima osnove tvrdnja da je modifikatorski utjecaj Zagreba ipak prisutan, iako ne jako jer se iz profila (sl. 10) dade naslutiti da bi Donji grad bio topao i da to nije izgrađeno područje. (Na to upućuje relativno visoka temperatura u Botincu i sasvim postupan porast temperature prema centru.) Da-

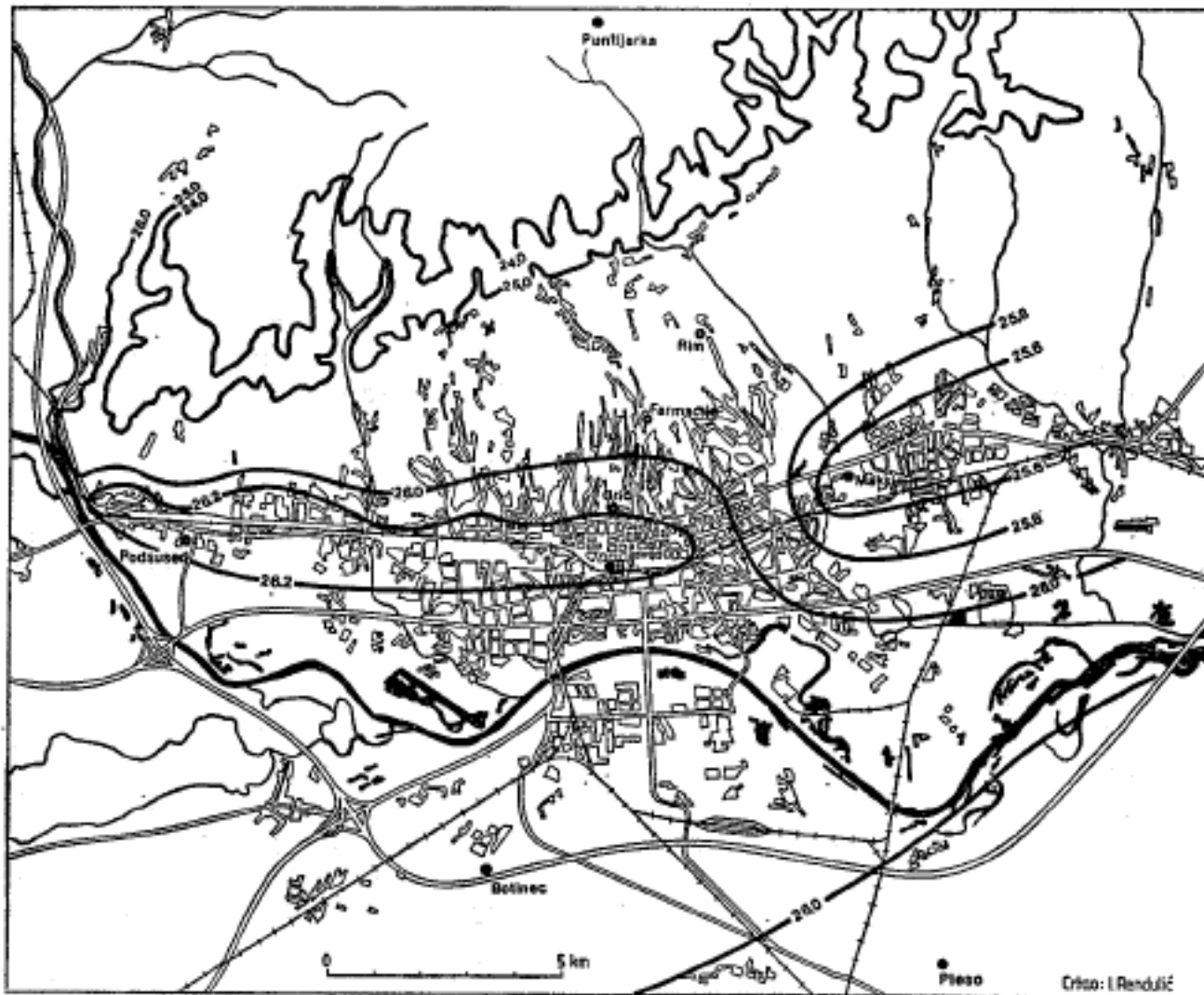
Tab. 5. Maksimalne temperature na teritoriji Zagreba 8. 7. 1957. god.

Stanica	Temperatura	Stanica	Temperatura
Grič	37.0 (38.1)	Podsused	37.2
Botinec	37.5	Maksimir	37.5
Botanički vrt	38.0	Rim	36.0
Lučko	37.4	Sljeme	29.3
Novi Dvori	37.0	Božjakovina	37.1

kle, koliko je važan utjecaj reljefne strukture, odnosno visinskih odnosa, toliko je važan utjecaj izgrađene podloge koja pridonosi porastu srednje maksimalne temperature. I u ovom slučaju ističe se nešto hladnije maksimirsko-sesvetsko područje.

Sve su to višegodišnji prosjeci. Zato su apsolutne maksimalne temperature u određenom, izuzetno toplom danu znatno više (tab. 5). Potrebno je upozoriti na nekoliko ograničavajućih fak-

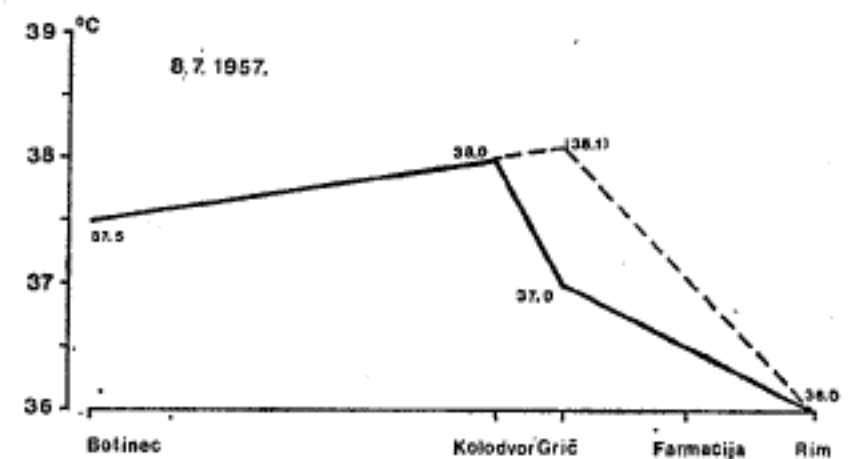
prema Griču iznad gusto izgrađenog grada. Taj je dio prikazan isprekidanom linijom. Grič je po toj rekonstrukciji trebao imati 38.1°, a ne 37°, kako je očitano. (Razloge smo već spomenuli.)



Sl. 13. Geografska raspodjela srednje maksimalne temperature u srpnju; srednjaci iz razdoblja 1973—1980. god.

Fig. 13. Geographical distribution of average July temperatures in the Zagreb area.

tora prilikom upoznavanja raspodjele apsolutne maksimalne temperature. Dana 8. 7. 1957. nije bio dan s najvišom temperaturom; to je bio dan s jednom od najviših temperatura na zagrebačkom području, a uzet je zato što je slična temperatura zabilježena na više stanica. Znamo da pri tome nije važno u koliko je sati bila najviša temperatura. Meteorološki su uvjeti vedrina, te slab ili nikakav vjetar. Ne treba nas smetati činjenica da je plan grada recentan, a raspodjela je temperature iz vremena kad mnogi dijelovi grada nisu bili izgrađeni. Glavni je razlog da je izabran taj datum zato što je onda još radila ključna stanica — Botanički vrt (»Kolodvor«). Najbolje je motriti istovremeno profil (sl. 14) i geografsku kartu (sl. 15). Sav nizinski kraj oko Zagreba ispunjen je vrlo vrućim zrakom; to vrijedi čak i za stanicu Maksimir. Apsolutna maksimalna temperatura još nešto raste prema centru Donjeg grada, pa je najviša temperatura (38.0°) očitana u Botaničkom vrtu. Nema sumnje da je to dodatna posljedica termičkog utjecaja grada. Na Griču je istodobno izmjereno 37.0°. Na višem pobrđu, prema Medvednici temperatura je bila oko 1° niža. Međutim, i u ovom slučaju moramo uzeti da je temperatura rasla i od »Kolodvora«



Sl. 14. Profil apsolutne maksimalne temperature 8. 7. 1957. god.

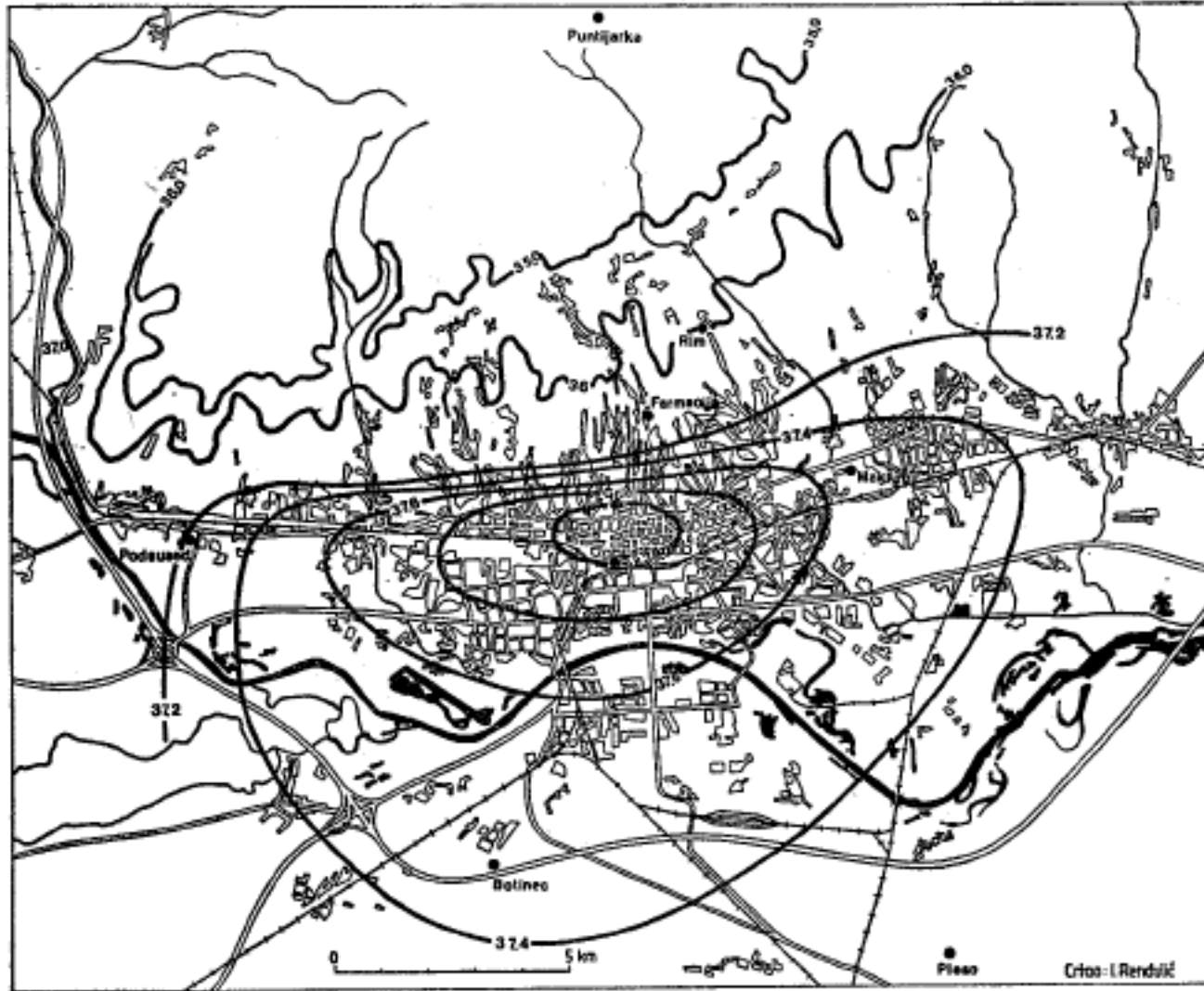
Fig. 14. Maximum temperatures between Botinec and Rim on July 8th, 1957.

Ako se, pak, temperatura od »Kolodvora« nije povećavala, nego je bila ista kao iznad »Kolodvora«, onda je na Griču trebalo biti 38.0°. I u ovom slučaju to je znatno više (za 1.0°) nego što je očitano na termometru. Pobrđe dalje na sjeveru je

imalo do 1.0° nižu apsolutnu temperaturu. Na sl. 15 lijepo se vidi »toplinski otok« koji je sfernog oblika zahvaljujući postojanju grada. U već klasičnom radu (15) takva je raspodjela apsolutne maksimalne temperature utvrđena u Londonu: Nema indikacija o »hladnom otoku« u strogom centru. Između Rima (36.0°) i Sljemena (29.3°) vertikalni je gradijent temperature iznosio 0.86° , od-

žaja — pokazuje sistematski niže temperature. Zato su temperature na Griču uvećane da bi se zadovoljilo općoj zakonomjernosti.

3. Izravnati niz temperatura iz niza 1953—1983. god. na Griču i u Podsusedu pokazuju da je godišnji i siječanjski porast temperature izrazitiji u Podsusedu (u godini za 0.5° , u siječnju za 2.1°) nego na Griču (u godini 0.2° , u siječnju za 1.9°).



Sl. 15. Geografska raspodjela maksimalne temperature 8. 7. 1957. god.

Fig. 15. Geographical distribution of maximum temperature on July 8th, 1957.

nosno za svakih 116 m temperatura je pala za 1° . Tako je izoterma od 35° bila na visini od 336 m, a izoterma od 34° na 452 m.

Zaključak

1. Godišnji hodovi mjesečnih srednjih maksimalnih temperatura u Botaničkom vrtu, Podsusedu, Botincu i Maksimiru pokazuju da periferne stanice imaju niže temperature od centra što dokazuje da postoji »toplinski otok« nad nizin-skim dijelom Zagreba. Ta razlika u pojedinim mjesecima iznosi do 0.7° .

2. Usporedbom Botaničkog vrta i Podsuseda s jedne strane i Zagreb-Griča s druge strane dolazi se do zaključka da je Zagreb-Grič u svim mjesecima hladniji od Botaničkog vrta, odnosno da je hladniji od periferije. Budući da nema osnove pretpostaviti da postoji »hladni otok« u središtu Zagreba, pretpostavilo se da maksimalni termometar na Griču — zbog nepovoljnog polo-

žaja — pokazuje obratan trend: na Griču je silazni (»zahlađenje« za 0.4°), a u Podsusedu uzlazni trend (»otopljavanje« za 0.4°).

4. Temperaturni profil Botinec-podnožje Medvednice ukazuje na potrebu vremenske diferencijacije. U siječnju postoji izraziti topli pojas na Zagrebačkoj terasi i u Prigorju, a Savska je dolina hladnija. Termički utjecaj Zagreba još nije dovoljan da se u njegovu području danju posve nadvlada utjecaj temperaturne inverzije noću. U srpnju je Savska dolina toplija od brežuljkastog područja Medvednice. Termički je utjecaj grada evidentan; pod njegovim utjecajem nastaje »toplinski otok«.

5. Geografske karte s raspodjelom srednjih maksimalnih temperatura i apsolutnom maksimalnom temperaturom u jednom vrućem danu pokazuju da se radi o kombiniranom utjecaju reljefa i grada na vertikalnu i horizontalnu raspodjelu srednje maksimalne temperature. Dana 8. 7. 1957. apsolutna maksimalna temperatura u centru bila je za 0.5 — 0.8° viša nego na periferiji.

Summary

MAXIMUM AIR TEMPERATURES IN ZAGREB, CROATIA

by
Tomislav Segota

1. An annual march of mean maximum temperatures in the Botanical Gardens («Kolodvor»), in Podsused, Botinec, and in Maksimir reveal that the peripheral stations are colder than the centre. This is proof of the existence of a «heat island» within and above the lower areas of Zagreb. The difference in mean maximum temperatures are up to 0.7°.

2. Comparing the Botanical Gardens and Podsused with the Grič Observatory one can conclude that in all months the maximum temperatures in Grič are lower than in the Botanical Gardens and in Podsused. Of course, it would be hard to imagine a «cold island» in the centre of a city. The reason is probably the inadequate position of the thermometer on the first floor of the Observatory in the shadow of this old building. This is the reason why we corrected the temperature values of the Zagreb—Grič Observatory.

3. Comparison of the trend lines of mean maximum temperature in the centre (Grič) and in the

periphery (Podsused) reveals that the trend line is steeper for the periphery, than for the centre. This means 0.5° higher annual temperatures and 2.1° higher January temperatures in Podsused in the periphery, but only 0.2° higher annual temperatures and 1.9° higher January temperatures in Grič. The exception is the July trend line. The Grič Observatory became «colder» by 0.4°, and in contrast, Podsused on the periphery became 0.4° warmer.

4. The temperature profile reveals that in January there is a warm belt in the foothills of the Medvednica Mountain. The Sava Valley is much colder, but it is little warmer in Zagreb in the built-up areas. In July the Sava Valley is much warmer than the hills to the north. It is possible to discern the «heat island» over Zagreb.

5. Due to specific relief structure and areal expansion of urban agglomeration and some other meteorologic factors, all isothermes are curved adjusting to urban territory.

LITERATURA

1. P. A. Kratzer (1956): Das Stadtklima. Braunschweig.
2. H. E. Landsberg (1958): Physical Climatology. Du Bois.
3. T. Segota (1986): Srednja temperatura zraka u Zagrebu. Geografski glasnik 48, 13-25, Zagreb.
4. B. Makjanić (1959): Zrakoplovna meteorologija aerodroma Zagreb—Lučko. HMZ NRH, Rasprave i prikazi 3, Zagreb.
5. N. Pleško, N. Šinik & E. Lončar (1974): Klimatski potencijal zagađenosti zraka. Ovisnost zagađenosti zraka u Zagrebu o meteorološkim faktorima. RHMZ SRH, Rasprave i prikazi br. 11, 65-154, Zagreb.
6. B. Makjanić (1977): 6. Kratak prikaz klime Zagreba. Prilog poznavanju klime grada Zagreba, I. Sveučilište u Zagrebu, PMF, Geofizički zavod, Radovi, III serija, br. 18, 123-175, Zagreb.
7. B. Penzar (1977): 2. Temperatura zraka. Prilog poznavanju klime grada Zagreba, I. Sveučilište u Zagrebu, PMF, Geofizički zavod, Radovi, III serija, br. 18, 35-57, Zagreb.
8. Sveučilište u Zagrebu, PMF, Geofizički zavod, Opservatorij Grič (1970): Klimatski podaci Opservatorija Zagreb, Grič za razdoblje 1862—1967. Zagreb.
9. Arhiva Republičkog hidrometeorološkog zavoda SRH, Zagreb, Grič 3.
10. HMS SFRJ, Savezni HMZ: Meteorološki godišnjaci. Beograd.
11. Sveučilište u Zagrebu, PMF, Geofizički zavod, Opservatorij Zagreb, Grič: Meteorološki izvještaji. Zagreb.
12. V. Conrad & W. Pollak (1950): Methods in Climatology. 2nd ed. Cambridge.
13. F. L. Ludwig (1970): Urban temperature fields, WMO. Technical Note No. 108, 80-107, Geneva.
14. RHMZ SRH: Godišnji izvještaji glavne meteorološke stanice Puntijarke. Zagreb.
15. T. J. Chandler (1961): The Changing Form of London's Heat-island. Geography 46 (4), 295-307.