

TRENDI MINIMALNIH TEMPERATUR V MARIBORU

Igor Žiberna

Dr., prof. geografije in zgodovine, izr.prof.
Oddelek za geografijo
Filozofska fakulteta
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: igor.ziberna@um.si

Danijel Ivajnsič

Dr., prof. geografije in biologije, doc.
Oddelek za geografijo in Oddelek za biologijo
Filozofska fakulteta in Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: dani.ivajnsic@um.si

UDK: 911.2:551.583
COBISS: 1.01

Izvleček

Trendi minimalnih temperatur v Mariboru

V članku so analizirani trendi minimalnih temperatur na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2019. Minimalne temperature se višajo z višjo stopnjo kot maksimalne temperature, kar je posledica vzajemnega delovanja globalnih podnebnih sprememb in intenziviranja mestnega toplotnega otoka. Analizirani so tudi trendi števila dni z minimalnimi temperaturami pod $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (mrzel dan), števila dni z minimalnimi temperaturami pod $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (hladni dnevi), števila dni z maksimalnimi temperaturami pod $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ledeni dan) in števila dni z minimalnimi temperaturami nad $20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tropska noč). Podatki kažejo, da se izrazito niža število dni z minimalno temperaturo pod $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ in viša število tropskih noči. Slednje narašča po eksponentni stopnji. Omenjeni trendi v zimskem obdobju sicer vplivajo na krajšanje kurilne sezone in zniževanje stroškov za ogrevanje v zimskem času, po drugi strani pa v poletnih mesecih zaradi povečanega stresa znižuje kakovost bivalnega okolja in zlasti pri ranljivih skupinah prebivalstva (bolniki, starejši, otroci, nosečnice) vpliva na zdravje in lahko celo večja smrtnost.

Ključne besede

podnebne spremembe, minimalne temperature, Maribor

Abstract

Trends of minimum temperatures in Maribor

The article analyses the minimum temperature trends at the Maribor-Tabor meteorological station in the period 1961-2019. The minimum temperatures rise at a higher rate than the maximum temperatures, which is a result of the interaction of global climate change and the intensification of the urban heat island phenomenon. Trends in the number of days with minimum temperatures below $-10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, the number of days with minimum temperatures below $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (cold days), the number of days with maximum temperatures below $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ice days) and the number of days with minimum temperatures above $20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tropical nights) are also analysed. Data show a markedly lower number of days with a minimum temperature below $-10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ and a higher number of tropical nights. The frequency of tropical nights is increasing at an exponential rate. These trends otherwise affect the shortening of the heating season and lower heating costs in winter, but in summer, due to increased stress, reduce the quality of the living environment. Thus, people with health issues, the elderly, children and pregnant women are additionally exposed to heat stress, which may even increase mortality.

Key words

Climate changes, minimum temperatures, Maribor
Uredništvo je članek prejelo 8.12.2019

1. Uvod

Podnebne spremembe se v urbanem okolju manifestirajo nekoliko drugače kot v njegovem ruralnem zaledju. Zaradi spremenjene rabe tal in izrazitejših antropogenih virov energije (industrija, promet, slabo izolirane stavbe, ljudje) je energijska bilanca v mestih spremenjena v smislu večjih presežkov energije (Oke et al. 2017, 160-168). Slednji vplivajo predvsem na temperaturo zraka, natančneje na njeno višjo rast. Lokalni antropogeni vplivi so tako dodani posledicam globalnega višanja temperatur (Easterling et al. 1997). Tovrstne spremembe po eni strani sicer ustvarjajo ugodnejše razmere za bivanje (v zmernih geografskih širinah toplejše zime in s tem povezani nižji stroški za ogrevanje, v višjih geografskih širinah daljša vegetacijska doba in s tem povezan širši spekter poljedelskih kultur ipd.) (Parsons 2014, 359-372; Minimum home temperature thresholds for health in winter 2014). Zdi se, da so razen pozitivnih učinkov bistveno bolj izraženi negativni učinki. V tem smislu danes govorimo predvsem o vse pogostejših vročinskih valovih v mestih in njihov negativni vpliv na kakovost bivalnega okolja, zdravje ljudi in onesnaženost zraka (Forman 2016, 143-147; Douglas in James 2015, 91-93; Oke et al. 2017, 315-325). Pogostejši so ekstremni vremenski pojavi in z njimi povezana materialna škoda. Poleg povprečnih in maksimalnih temperatur pa v mestih naraščajo tudi minimalne temperature. Analize kažejo, da so trendi minimalnih temperatur v urbanih okoljih celo višji od trendov maksimalnih temperatur (Vose et al. 2005, Krakauer 2018, Shouraseni in Fei 2009). Vse višje minimalne temperature v poletnih mesecih vplivajo na znižanje kakovosti bivalnega okolja (manj kakovostno spanje in počitek) in prispevajo celo k povečani smrtnosti, zlasti pri starejših in bolnikih (Buguet 2007). Lee in ostali (2019) ugotavljajo da se je v Seulu in Hong Kongu v poletnih mesecih v času pojavljanja tropskih noči med leti 2006 in 2015 smrtnost povečala za 2,4%. Zaznali so tudi t.i. »zaostali učinek tropske noči«, pri katerem se je smrtnost povečala dan po pojavu tropske noči. Murage in ostali (2017) so za območje Londona ugotavljali povezave med smrtnostjo oziroma patologijo na eni strani in ekstremnimi temperaturami na drugi strani. Najvišja smrtnost, ki je posledica meteoroloških dejavnikov, se pojavi po tropski noči, ki sledi vročemu dnevu in je večja v urbanem kot v suburbanem ali ruralnem območju. Višje tveganje zaradi pojava tropskih noči se pojavi zlasti pri bolnikih z respiratornimi, srčnimi, sladkornimi in endokrinimi boleznimi (Murage 2017, 5). Za organizem so še posebej obremenilne situacije s tropskimi nočmi in visoko relativno vlažnostjo zraka, saj je takrat ohlajanje s potenjem manj učinkovito (Parson 2014, 259-262).

2. Metodologija

V našem članku smo analizirali trende minimalnih dnevni temperatur in povprečnih mesečnih temperatur za meteorološko postajo Maribor-Tabor v obdobju 1961-2019. Poleg omenjenih trendov smo analizirali tudi trende števila dni z minimalno temperaturo pod $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (mrzel dan), števila dni z maksimalno temperaturo pod $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (leden dan), števila dni z minimalno temperaturo pod $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (hladni dan) in števila dni z minimalno temperaturo nad $20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (dan s tropsko nočjo).

Osnova za analizo minimalnih temperatur je bila baza dnevni podatkov za meteorološko postajo Maribor-Tabor, ki so nam jo prijazno posredovali v Arhivu Urada za meteorologijo ARSO. Meteorološka postaja Maribor-Tabor v obravnavanem obdobju ni spreminjala svoje lokacije, okolica pa se je precej urbanizirala, zato podatki odlično prikazujejo spremembe v lokalnem podnebnju, ki so posledica globalnih podnebnih sprememb in vplivov mestnega toplotnega otoka.

Statistično analizo smo opravili v okolju SPSS in Excel.

3. Rezultati in diskusija

3.1 Povprečne, minimalne in maksimalne temperature in njihovi trendi

V obdobju 1961-2019 je na meteorološki postaji Maribor-Tabor znašala povprečna letna temperatura zraka 10,5 °C, povprečna maksimalna temperatura 15,5 °C in povprečna minimalna temperatura 6,1 °C. Da se povprečne temperature dvigajo, nam nazorno kažejo podatki v Preglednici 1, ki prikazujejo povprečne vrednosti po tridesetletnih nizih, ki so referenčni po merilih Svetovne meteorološke organizacije (WMO).

Preglednica 1: Povprečne, povprečne maksimalne in povprečne minimalne letne temperature zraka na meteorološki postaji Maribor¹ po tridesetletnih nizih.

Obdobje	Tpov	Tmax	Tmin
1931-1960	9.6	14.5	4.4
1961-1990	9.7	14.7	5.3
1991-2019	11.2	16.2	6.8

Vir: Arhiv Urada za meteorologijo, ARSO, 2019; Lastni izračuni, 2019.

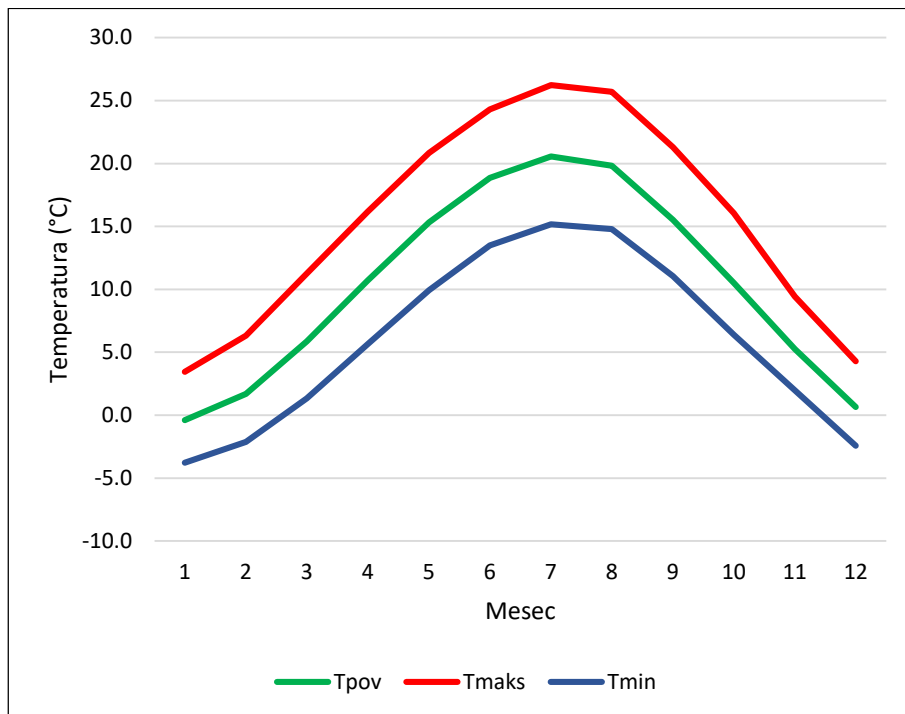
Absolutna maksimalna temperatura je bila v obravnavanem obdobju znašala 40,6 °C in je bila zabeležena 8. avgusta 2013, medtem ko je znašala absolutna minimalna temperatura -22,3 °C in je bila zabeležena 11. januarja 1968. Najvišja izmerjena dnevna minimalna temperatura je znašala 23,5 °C in je bila izmerjena 22. julija 2003. Po letu 2000 smo na meteorološki postaji Maribor Tabor beležili le sedem situacij z minimalno temperaturo pod -15,0 °C (najnižje se je temperatura spustila 1. marca 2018 in sicer na -16,4 °C). Med dvajsetimi najnižjimi izmerjenimi temperaturami v Mariboru ni nobenega primera po letu 2000. Obratno je pri maksimalnih temperaturah: med dvajsetimi najvišje izmerjenimi temperaturami sta le dva primera, ki sta nastopila pred letom 2000 (oba iz leta 1992). Trend povprečnih temperatur zraka znaša 0,4820 °C na desetletje, povprečnih maksimalnih temperatur 0,4828 °C na desetletje, povprečnih minimalnih temperatur pa 0,5096 °C na desetletje. Minimalne temperature se tudi v Mariboru višajo hitreje kot maksimalne temperature.

Najvišje in najnižje povprečne, povprečne maksimalne in povprečne minimalne temperature so se pojavljale v juliju oziroma v januarju. Povprečne mesečne temperature so bile najvišje 20,6 °C in najnižje -0,4 °C, povprečne maksimalne so bile najvišje 26,2 °C in najnižje 3,5 °C, povprečne minimalne pa so bile najvišje 15,2 °C in najnižje -3,8 °C.

Mesečni režim trendov tako pri povprečnih kot pri povprečnih maksimalnih in povprečnih minimalnih temperaturah kaže dokaj skladno podobo. Najvišji trendi nastopajo pozimi in poleti, v prehodnih letnih časih pa padejo. Pri povprečnih temperaturah zraka nastopajo najvišji trendi v avgustu (0,6456 °C/10 let), najnižji pa v septembru (0,2454 °C/10 let). Pri povprečnih maksimalnih temperaturah so najvišji trendi v avgustu (0,7102 °C/10 let) in najnižji v septembru (0,1814 °C/10

¹ Do vključno leta 1960 smo upoštevali podatke z meteorološke postaje Maribor-Vinarska šola (274 m), od vključno leta 1961 naprej pa podatke z meteorološke postaje Maribor Tabor (275 m).

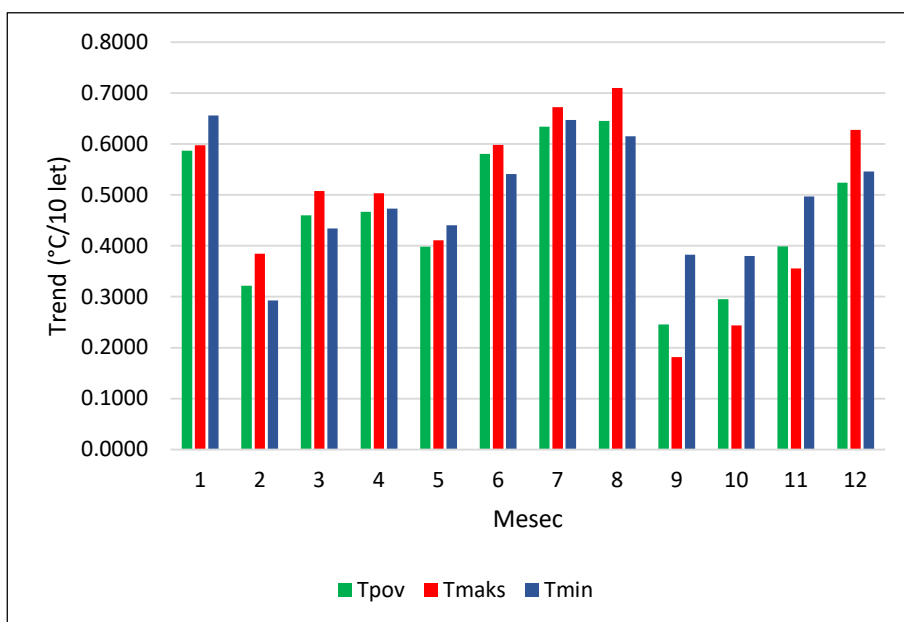
let), medtem ko so pri povprečnih minimalnih temperaturah najvišji trendi v januarju ($0,6559\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$) in najnižji v februarju ($0,2924\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$) (Slika 2).



Slika 1: Povprečne, povprečne maksimalne in povprečne minimalne temperature zraka na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2019.

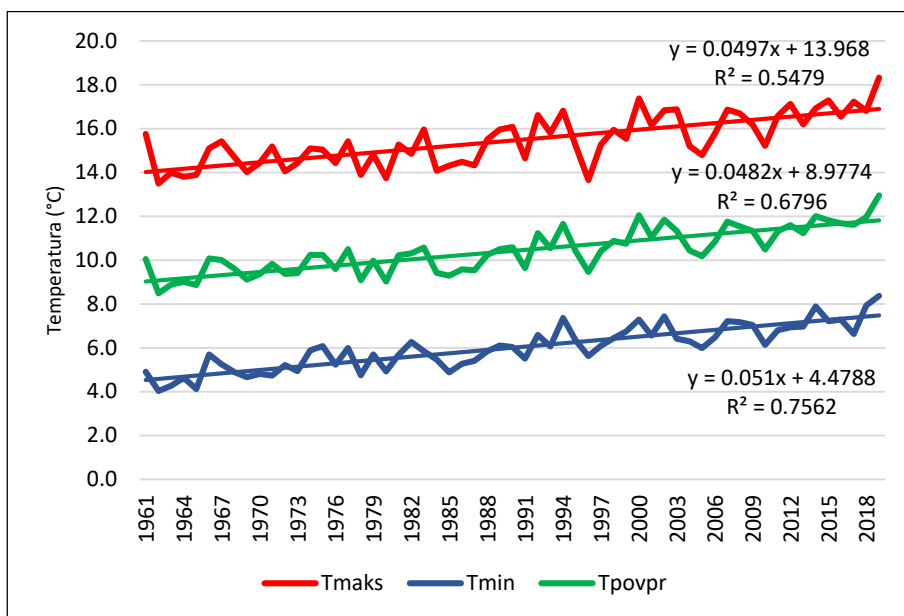
Vir: Arhiv Urada za meteorologijo, ARSO, 2019; Lastni izračuni, 2019.

Dejstvu, da se mesto pozimi vse manj ohlaja zanesljivo pomembno botruje tudi kurilna sezona, ki pozimi predstavlja dodaten antropogeni vnos energije. Prehodni spomladanski in jesenski meseci so v splošnem bolj prevetreni, mešanje zraka pa znižuje intenzivnost mestnega toplotnega otoka. K večji jesenski prevetrenosti prispevajo pomemben delež pogostejši prehodi front, ki so posledica ciklogeneze v Genovskem zalivu, kljub temu pa ostaja nerazrešeno vprašanje, zakaj nastopajo nizki trendi pri povprečnih maksimalnih temperaturah v mesecu septembru, za katerega je značilen nastop singularitete z anticiklonalnim vremenskim tipom (t.i. »babje poletje«), ki se lahko zavleče še globoko v oktober.



Slika 2: Trendi povprečnih mesečnih, povprečnih mesečnih maksimalnih in povprečnih mesečnih minimalnih temperatur na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2019.

Vir: Arhiv Urada za meteorologijo, ARSO, 2019; Lastni izračuni, 2019.



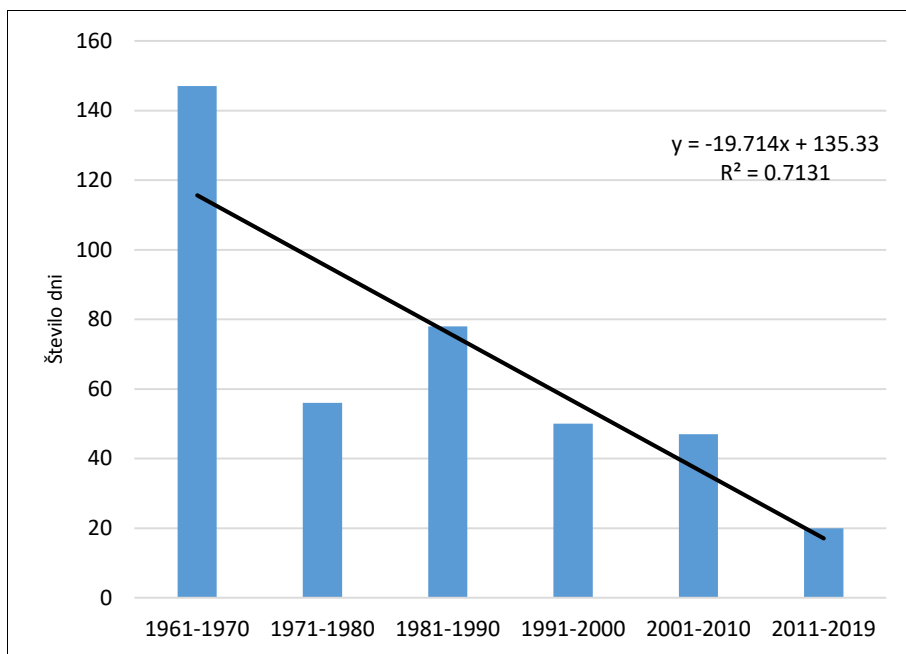
Slika 3: Trendi povprečnih, povprečnih maksimalnih in povprečnih minimalnih temperatur na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2019.

Vir: Arhiv Urada za meteorologijo, ARSO, 2019; Lastni izračuni, 2019.

Spremembe minimalnih temperatur s časom kažejo tudi višji determinacijski koeficient: kar 76 % sprememb v minimalnih temperaturah lahko pojasnimo s časovnimi spremembami. Pri spremembah povprečnih temperatur znaša determinacijski koeficient 68 %, pri spremembah povprečnih maksimalnih temperatur pa 55 % (Slika 3). Naslednja posledica takih trendov je tudi zniževanje temperaturne amplitude v mestu. Povprečne letne temperaturne amplitude se znižujejo s stopnjo 0,015 °C na desetletje. Temperaturne amplitude se najhitreje znižujejo v septembru (za 0,2180 °C na desetletje), v oktobru (za 0,174 °C na desetletje), v novembru (za 0,142 °C na desetletje) in v januarju (za 0,101 °C na desetletje).

3.2. Trendi števila dni z minimalno temperaturo pod -10,0 °C (mrzel dan)

Od leta januarja 1961 do decembra 2019 so na meteorološki postaji Maribor-Tabor zabeležili 398 primerov z minimalnimi temperaturami pod -10,0 °C. Največ takih dni se je pojavljalo v januarju (180), decembru (101) in februarju (87), medtem ko je v ostalih mesecih njihova frekvenca bistveno nižja: v marcu 30, v novembru 9 in v oktobru en dan. Zadnji marčevski dan z minimalno temperaturo pod -10,0 °C se je pojavil leta 2005, zadnji novembrski pa leta 1993. Največ dni z minimalno temperaturo pod -10,0 °C se je pojavljalo leta 1963 (36) in leta 1985 (25). Po letu 1990 smo imeli le dve leti, v katerih je bilo število dni z minimalno temperaturo pod -10,0 °C večje od 10: leta 1991 15 in leta 2005 12 takih dni. Število dni z minimalno temperaturo pod -10,0 °C po desetletjih izrazito pada. Od začetka šestdesetih let se je število takih dni statistično znižalo za 19,7 dni na desetletje, pri čemer kar 71 % sprememb v številu takih dni lahko pojasnimo s časovnimi spremembami (Slika 4). Če smo imeli v šestdesetih letih 147 dni z minimalno temperaturo pod -10,0 °C, je ta številka v še nedokončanem drugem desetletju 21. stoletja padla na 20.

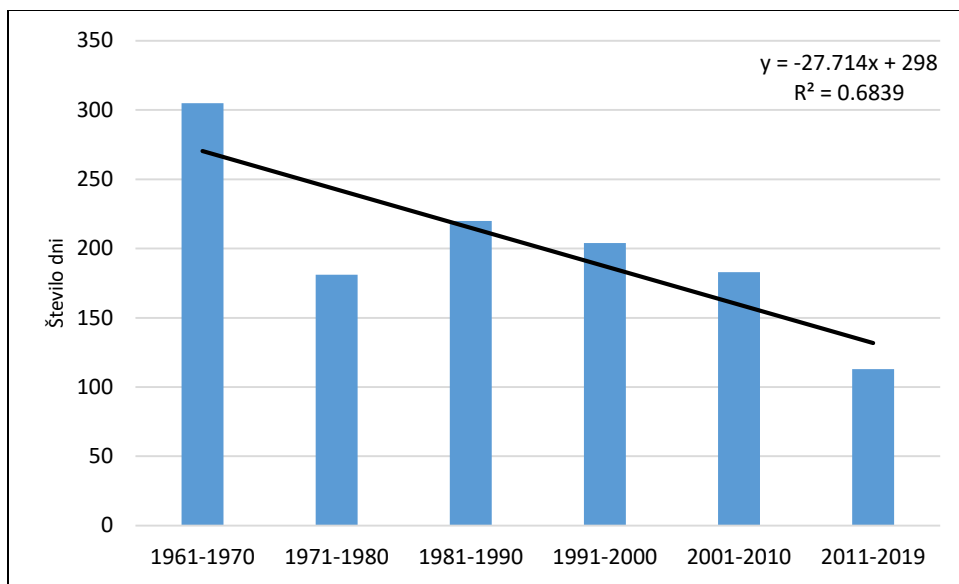


Slika 4: Trendi števila ledenih dni na meteorološki postaji Maribor-Tabor po desetletjih.

Vir: Arhiv Urada za meteorologijo, ARSO, 2019; Lastni izračuni, 2019.

3.3 Trendi števila dni z maksimalno temperaturo pod 0,0 °C (leden dan)

Čeprav smo se v članku osredotočili na analizo minimalnih temperatur, nam podatki o ledenih dnevih, v katerih se maksimalna dnevna temperatura ni dvignila nad 0,0 °C govorijo o drugi plati iste zgodbe. V obravnavanem obdobju je bilo zabeleženih 1206 ledenih dni, od tega največ leta 1963 (61), leta 1996 (45) in leta 1986 (41). Največ ledenih dni se je pojavljalo v januarju (533), decembru (371) in februarju (220). Ledeni dnevi so se pojavljali tudi še v novembru (53) in marcu (39). Ledeni dnevi v zimskih mesecih so najpogosteje v povezavi s pojavom radiacijske ali anticiklonalne inverzije, pogosto pa kar s pojavom obeh hkrati. V takih primerih se nad Dravskim poljem in Dravsko dolino vse do Fale oblikuje plast nizke oblačnosti ali megle, ki vztraja ves dan ali kar nekaj zaporednih dni, zaradi česar se kljub jasnemu vremenu v višjih legah podnevi ne segreje. Temperaturne razlike med nizino in plastjo nad anticiklonalno inverzijo (običajno je njena spodnja plast nad 850 m (Žiberna 1999)) lahko narastejo nad 10 °C. V obravnavanem obdobju nismo imeli leta, v katerem se ne bi pojavil vsaj en ledeni dan. Njihovo število je bilo najnižje v letih (1974 (1 dan), 1975 (3), 215 (1) in 2019 (2)). Trendi števila ledenih dni niso tako izraziti kot trendi števila dni z minimalno temperaturo pod -10,0 °C: v šestdesetih letih smo imeli 305 takih dni, v drugem desetletju 20. stoletja pa 113. V povprečju se je število ledenih dni zmanjšalo s stopnjo slabih 28 dni na desetletje, pri čemer znaša determinacijski koeficient 0,6839. Največje relativno znižanje števila ledenih dni je zaznati v decembru (s 109 na 15) in januarju (s 131 na 52). Zmanjševanje števila ledenih dni lahko postavimo v kontekst višanja maksimalnih temperatur. Žiberna in Ivajnsič (2018) ugotavljata, da so se v Mariboru maksimalne temperature zvišale za 1,11 °C na 50 let.



Slika 5: Trendi števila mrzlih dni na meteorološki postaji Maribor-Tabor po desetletjih.

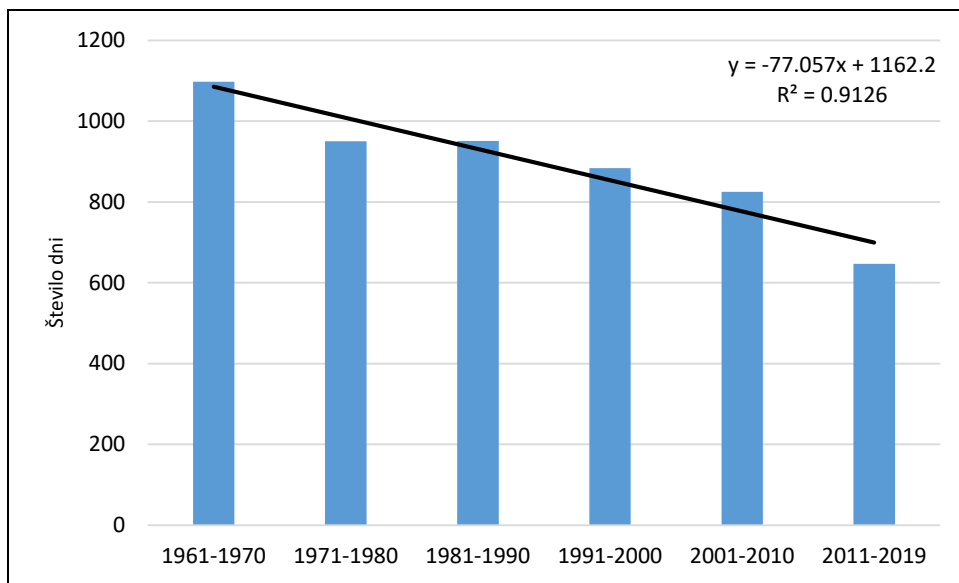
Vir: Arhiv Urada za meteorologijo, ARSO, 2019; Lastni izračuni, 2019.

3.4. Trendi števila dni z minimalno temperaturo pod 0,0 °C (hladni dan)

Hladni dnevi so bistveno pogostejši pojav. Na meteorološki postaji Maribor-Tabor so v obravnavanem obdobju zabeležili 5355 takih dni, pri čemer se lahko hladni dnevi

pojavljajo v vseh mesecih, razen v juniju, juliju in avgustu. Največ hladnih dni se je pojavilo januarju (1471), decembru (1316) in februarju (1160). V marcu so zabeležili 629 hladnih dni, v aprilu 77, v maju 7, v septembru pa le enega (leta 1977). V oktobru se je njihovo število dvignilo na 114, v novembru pa že na 580.

Tudi število hladnih dni se znižuje, vendar ne tako očitno kot število dni z minimalno temperaturo pod $-10,0$ °C. Njihovo število se je v obravnavanem obdobju statistično znižalo za 77 dni na desetletje, vendar lahko s časovnimi spremembami pojasnimo kar 91 % vseh razlik v hladnih dnevih. Od šestdesetih let 20. stoletja do drugega desetletja 21. stoletja se je njihovo število skoraj preplovelo.



Slika 6: Trendi števila hladnih dni na meteorološki postaji Maribor-Tabor po desetletjih.

Vir: Arhiv Urada za meteorologijo, ARSO, 2019; Lastni izračuni, 2019.

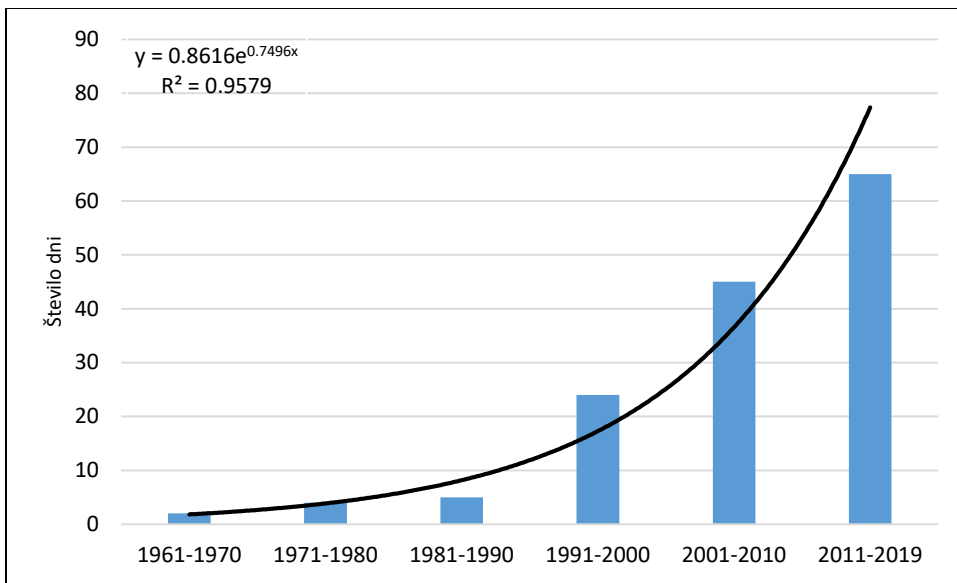
Zadnji majski hladni dan se je zgodil leta 1979, zadnji septembrski leta 1977, zadnji oktobrski pa leta 2014. Prav v oktobru se je število hladnih dni relativno najbolj znižalo (z 31 v 60. letih 20. stoletja na le 6 v drugem desetletju 21. stoletja).

3.5. Trendi števila dni z minimalno temperaturo nad $20,0$ °C (tropska noč)

Pojav tropske noči lahko obravnavamo v tesni povezavi z vročinskimi valovi. Njihova pogostost se izrazito viša (Žiberna in Ivajnsič 2018), v urbanih okoljih pa se zaradi specifične energijske bilance temperature po vročem dnevu ponoči ne morejo hitro znižati (Žiberna 2006). Ob vzajemnih vplivih globalnega segrevanja in intenziviranja mestnega toplotnega otoka se število tropskih noči povečuje.

V obravnavanem obdobju so na meteorološki postaji Maribor-Tabor zabeležili 145 pojavov tropskih noči. Te se najpogosteje pojavljajo v toplo polovici leta: v juliju so zabeležili 71 takih pojavov, v avgustu 48, v juniju 24, v septembru pa dva. Število tropskih noči se večja ne linearno, pač pa eksponentno: če smo v 60 letih 20. stoletja zabeležili le dva pojava tropskih noči, se je njihovo število v 70. letih dvignilo na 4, v 90. letih že na 24, v še ne zaključenem drugem desetletju 21. stoletja pa celo na 65.

Kar 44,8 % vseh tropskih noči v obravnavanem obdobju se je torej zgodilo v zadnjem desetletju. Tropske noči se v zadnjih dveh desetletjih pojavljajo tudi že junija in celo še septembra. Prva junijska tropska noč se je pojavila leta 1994, prva septembrska pa leta 2008.



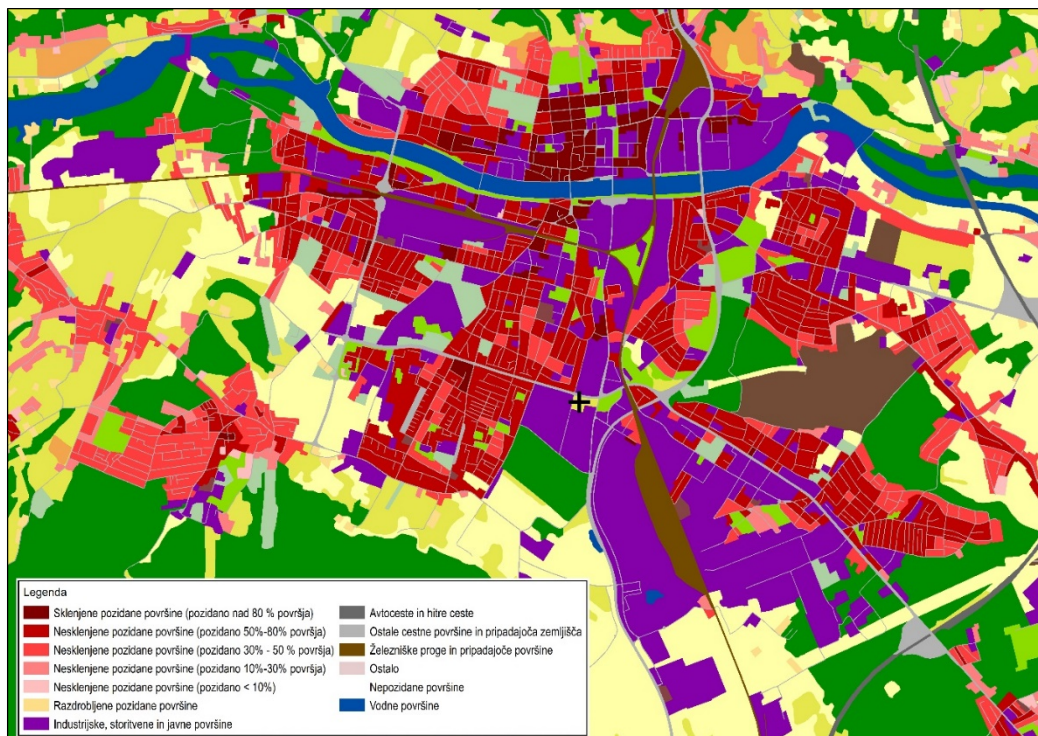
Slika 7: Trendi števila tropskih noči na meteorološki postaji Maribor-Tabor po desetletjih.

Vir: Arhiv Urada za meteorologijo, ARSO, 2019; Lastni izračuni, 2019.

Vsi omenjeni podatki seveda veljajo za lokacijo meteorološke postaje Maribor-Tabor, ki zaradi standardov Svetovne meteorološke organizacije leži na širši travnati površini na križišču Jadranske ceste in Ceste Proletarskih brigad. Lokalno-klimatske razmere na območjih z večjo gostoto pozidave v Mariboru so seveda drugačne. Zaradi spremenjene rabe tal so minimalne temperature še višje, predvsem poleti pa lahko upravičeno sklepamo, da je število tropskih noči še večje, kar dodatno zmanjšuje kakovost bivalnega okolja. Da bi zagotovili kakovostno bivalno okolje v teh delih mesta, predvsem pa, da bi ranljivim skupinam prebivalstva zagotovili primerne razmere za bivanje v obdobjih vedno pogostejših vročinskih valov, bi bilo potrebno pri načrtovanju prostorskega razvoja to tudi upoštevati. Evropska okoljska agencija predlaga tri vrste ukrepov prilagajanju vedno pogostejšim toplotnim obremenitvam v naseljih: sive (kakovostna izolacija stavb, uporaba zunanjih žaluzij ali polken na oknih, pasivno hlajenje stavb, urbanistično zasnovano, ki omogoča prevetrenost), zelene (ohranjanje in širjenje zelenih površin v mestih, uvajanje zelenih zidov in zelenih streh) in mehke (ozaveščenje prebivalstva, kartiranje toplotnih otokov in monitoring) (EEA 2012, 31).

Da lokacija meteorološke postaje Maribor-Tabor glede na rabo močno tal izstopa od okolice pričajo tudi podatki Atlasa urbanih območij, ki jih je objavil Copernicus Land Monitoring Service (Slika 8). Stopnja sklenjene in neskljenjene pozidave je v nekaterih delih mesta bistveno višja, zaradi česar je vpliv pozidanih površin (in s tem tudi nižje stopnje ohlajanja v nočnem času) večji. Pri tem bi bilo potrebno izpostaviti predvsem

območja, kjer prebivajo prebivalci, ki so izpostavljeni še bolj obremenilnim pogojem, kot jih nakazujejo podatki meteorološke postaje Maribor-Tabor.



Slika 8: Urbani atlas območja mesta Maribor. Lokacija meteorološke postaje Maribor-Tabor je označena s črnim križcem.

Vir: Urban Atlas. Copernicus Land Monitoring Service, 2019.

4. Zaključek

Zaradi vzajemnega učinkovanja globalnih podnebnih sprememb in intenziviranja mestnega toplotnega otoka v Mariboru se poleg maksimalnih temperatur višajo tudi minimalne temperature. Slednje naraščajo celo hitreje kot maksimalne temperature. Tovrstne spremembe po eni strani zaradi toplejših zim sicer vplivajo na nižje stroške za ogrevanje, daljša je tudi vegetacijska doba. Poleg pozitivnih učinkov so izraženi tudi negativni učinki. V tem smislu danes govorimo predvsem o vse pogostejših vročinskih valovih v mestih in njihov negativni vpliv na kakovost bivalnega okolja, zdravje ljudi in onesnaženost zraka. Pogostejši so ekstremni vremenski pojavi in s tem povezana materialna škoda.

Mesečni režim trendov tako pri povprečnih kot pri povprečnih maksimalnih in povprečnih minimalnih temperaturah kaže dokaj skladno podobo. Najvišji trendi nastopajo v pozimi in poleti, v prehodnih letnih časih pa padejo. Pri povprečnih minimalnih temperaturah so najvišji trendi v januarju ($0,6559\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$) in najnižji v februarju ($0,2924\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$). Dejstvu, da se mesto pozimi vse manj ohlaja zanesljivo pomembno botruje tudi kurilna sezona, ki pozimi predstavlja dodaten antropogeni

vnos energije. Prehodni spomladanski in jesenski meseci so v splošnem bolj prevetreni, mešanje zraka pa znižuje intenzivnost mestnega toplotnega otoka.

Število dni z minimalno temperaturo pod $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ po desetletjih izrazito pada. Od začetka šestdesetih let se je število takih dni statistično znižalo za 19,7 dni na desetletje. Če smo imeli v šestdesetih letih 147 dni z minimalno temperaturo pod $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, je ta številka v še nedokončanem drugem desetletju 21. stoletja padla na 20. Trendi števila ledenih dni (z maksimalno temperaturo pod $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) niso tako izraziti kot trendi števila dni z minimalno temperaturo pod $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$: v šestdesetih letih smo imeli 305 takih dni, v drugem desetletju 20. stoletja pa 113. V povprečju se je število ledenih dni zmanjšalo s stopnjo slabih 28 dni na desetletje. Število hladnih dni (z minimalno temperaturo pod $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) se je v obravnavanem obdobju statistično znižalo za 77 dni na desetletje. Od šestdesetih let 20. stoletja do drugega desetletja 21. stoletja se je njihovo število skoraj prepolovilo. Število tropskih noči (z minimalno temperaturo nad $20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) se večja ne linearno, pač pa eksponentno: če smo v 60 letih 20. stoletja zabeležili le dva pojava tropskih noči, se je njihovo število v 70. letih dvignilo na 4, v 90. letih že na 24, v še ne zaključenem drugem desetletju 21. stoletja pa celo na 65. Kar 44,8 % vseh tropskih noči v obravnavanem obdobju se je torej zgodilo v zadnjem desetletju. Tropske noči se v zadnjih dveh desetletjih pojavljajo tudi že junija in celo še septembra. Zaradi spremenjene rabe tal so na območjih gostejše pozidave (npr. na območjih stanovanjskih sosesk) minimalne temperature še višje, predvsem poleti pa lahko upravičeno sklepamo, da je število tropskih noči še večje, kar dodatno zmanjšuje kakovost bivalnega okolja. Da bi zagotovili kakovostno bivalno okolje v teh delih mesta, predvsem pa da bi ranljivim skupinam prebivalstva zagotovili primerne razmere za bivanje v obdobjih vedno pogostejših vročinskih valov, bi bilo potrebno pri načrtovanju prostorskega razvoja to tudi upoštevati.

Literatura

- Buguet, A., 2007: Sleep under extreme environments: effects of heat and cold exposure, altitude, hyperbaric pressure and microgravity in space. *Journal for Neurological Science*. Nov 15;262(1-2):145-52.
- Douglas, I., James, P., 2015: *Urban Ecology. An Introduction*. Routledge. London.
- Easterling, D.R., Horton, B., Jones, P.D., Peterson, T.C., Karl, T.R., Parker, D.E., Salinger, M.J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P., Folland, C.K., 1997: Maximum and Minimum Temperature Trends for the Globe. *Science*. Vol. 277. No. 5324.
- EEA, 2012: *Urban adaptation to climate change in Europe*, EEA Report No.2/ 2012.
- Forman, R.T.T., 2016: *Urban Ecology. Science of Cities*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Krakauer, N.Y., 2018: *Shifting Hardiness Zones: Trends in Annual Minimum Temperatures*. *Climate*. Vol. 15, No. 6.
- Minimum home temperature thresholds for health in winter, 2014. Public Health England. Wellington House. London.
- Oke, T.R., Mills, G., Christen, A., Voogt, J.A., 2017: *Urban Climates*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Parson, K., 2014: *Human Thermal Environments. The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance*. CRC Press. London.
- Shouraseni, S.R., Fei, Y., 2009: Trends in Extreme Temperatures in Relation to Urbanization in the Twin Cities Metropolitan Area, Minnesota. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. Volume 48 No. 3.

Urban Atlas. Copernicus Land Monitoring Service, 2019.

Vose, R.S., Easterling, D.R., Gleason, B., 2005: Maximum and minimum temperature trends for the globe: An update through 2004. *Geophysical Research Letters*. Volume 32, Issue 23. American Geophysical Union.

Žiberna, I. 1999: Temperaturni obrat v hriboviti Sloveniji. V: GOSAR, Anton (ur.), KUNAVER, Jurij (ur.). *Sonaravni razvoj v slovenskih Alpah in sosedstvu = Sustainable development in the Slovenian Alps and its neighbouring regions*, (Dela, ISSN 0354-0596, 13). Ljubljana: Oddelek za geografijo Filozofske fakultete. 1999

Žiberna, I., 2006: Trendi temperatur zraka v Mariboru kot posledica razvoja mestnega toplotnega otoka. *Revija za geografijo*, 2006, 1, št. 1.

Žiberna, I., Ivajnsič, D., 2018: Vročinski valovi v Mariboru v obdobju 1961-2018. *Revija za geografijo*, 2018, 13, št. 26.

TRENDS OF MINIMUM TEMPERATURES IN MARIBOR

Summary

Due to the reciprocal effect of global climate change and the intensification of the urban heat island in Maribor, minimum temperatures are rising in addition to maximum temperatures. The minimum temperatures increases even faster than the maximum temperatures. Such changes, on the one hand, can lead to lower heating costs due to warmer winters and longer vegetation periods. In addition to the positive effects, there are also negative effects. In this sense, today we are talking primarily about the increasing frequency of heat waves in cities and their negative impact on the quality of the living environment, human health and air pollution. Extreme weather events and related material damage are more common.

The monthly trend regime in both average and average maximum and average minimum temperatures shows a fairly consistent pattern. The highest trends occur in the winter and summer and fall during the transitional seasons. At average minimum temperatures, the highest trends are in January ($0.6559\text{ }^{\circ}\text{C} / 10\text{ years}$) and the lowest in February ($0.2924\text{ }^{\circ}\text{C} / 10\text{ years}$). The fact that the city cools less and less during the winter is reliably important also due to the heating season, which in the winter represents additional anthropogenic energy input. The transient spring and fall months are generally more airy, with air mixing reducing the intensity of the urban heat island.

The number of days with a minimum temperature below $-10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ declines markedly after decades. Since the early 1960s, the number of such days has been statistically reduced by 19.7 days per decade. If we had 147 days in the 1960s with a minimum temperature below $-10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, that number had dropped to 20. In the unfinished second decade of the 21st century, the number of ice days (with a maximum temperature below $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) did not as pronounced as trends in the number of days with a minimum temperature below $-10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$: in the 1960s we had 305 such days and in the second decade of the 20th century there were 113. The number of cold days (with a minimum temperature below $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) decreased statistically by 77 days per decade during the period considered. From the 1960s to the second decade of the 21st century, their numbers nearly halved. The number of tropical nights (with a minimum temperature above $20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) is increasing not linearly but exponentially: if we recorded only two occurrences of tropical nights in the 1960s, their number increased to 4 in the 1970s, in the 1990s, to 24, and not even to the end of the second decade of the 21st century, even to 65. As many as 44.8% of all tropical nights during the period under review occurred in the last decade. Tropical nights have been appearing in the last two decades already in June and even September. Due to the changed land use, in the areas of denser construction (eg in residential areas) the minimum temperatures are even higher, especially in the summer we can reasonably conclude that the number of tropical nights is even higher, which further reduces the quality of the environment. In order to ensure a quality living environment in these parts of the city, and in particular to provide vulnerable populations with adequate living conditions during periods of increasing heat waves, spatial planning should also be taken into account.

