

»Mladi za napredek Maribora 2020«

37. srečanje

**VPLIV GLOBALNEGA SEGREVANJA NA IZMERJENE TEMPERATURE V
MARIBORU**

Raziskovalno področje: fizika

Raziskovalna naloga

Avtor: LARA RIBIČ

Mentor: ALJOŠA KANCLER, ROBERT HAUKO

Šola: PRVA GIMNAZIJA MARIBOR

Število točk: 146/ 170

Maribor, februar 2020

»Mladi za napredek Maribora 2020«

37. srečanje

**VPLIV GLOBALNEGA SEGREVANJA NA IZMERJENE TEMPERATURE V
MARIBORU**

Raziskovalno področje: fizika

Raziskovalna naloga

Maribor, februar 2020

KAZALO VSEBINE

KAZALO VSEBINE	1
KAZALO GRAFOV	3
KAZALO SLIK	4
KAZALO TABEL	5
POVZETEK	6
ZAHVALA	7
1 UVOD	8
1.1 Namen/cilj raziskovalne naloge	8
1.2 Hipoteze (predpostavke) raziskovalne naloge	8
1.3 Predvidena nova spoznanja	9
1.4 Teoretično ozadje in rezultati dosedanjih raziskav s tega področja	9
2 METODOLOGIJA DELA	16
2.1 Postopek	16
2.2 Sredstva in materiali	16
2.3 Eksperiment	16
3 REZULTATI	21
3.1 Rezultati domače merilne postaje	21
3.2 Rezultati iz javno dostopnih podatkov izmerjene temperature zraka (ARSO)	25
3.2.1 Postaja Letališče Edvarda Rusjana Maribor	26
3.2.2 Merilne postaje Ljubljana-Bežigrad, Rateče in Portorož-letališče	33
4 RAZPRAVA, INTERPRETACIJA REZULTATOV	36
4.1 Ovrednotenje hipotez	36
4.2 Ovrednotenje rezultatov in metode dela ter možne izboljšave	37
5 DRUŽBENA ODGOVORNOST	39

6	ZAKLJUČEK/SKLEPI.....	40
7	VIRI IN LITERATURA.....	42
7.1	Knjižni viri.....	42
7.2	Elektronski viri.....	42
7.3	Slikovni viri.....	43

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Povprečna dnevna temperatura zraka za 1. oktober v obdobju 1977-2018 na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor	26
Graf 2: Povprečna dnevna temperatura zraka za 19. november v obdobju 1977-2018 na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor	27
Graf 3: Povprečna dnevna temperatura zraka za 8. januar v obdobju 1977-2018 na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor	27
Graf 4: Povprečna dnevna temperatura 100 merilnih dni za obdobje 1977-2018 na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor	27
Graf 5: Topli in hladni dnevi 100 merilnih dni za obdobje 2019/20 na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor	28
Graf 6: Razlike med izmerjenimi povprečnimi temperaturami zraka v 100-dnevem merilnem obdobju za posamezno leto in dolgoletnim povprečjem (1977-2018) na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor	29
Graf 7: Povprečna dnevna temperatura za vsak dan v letu za obdobje 1977-2018 na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor	29
Graf 8: Razlika med izmerjeno povprečno dnevno temperaturo zraka v letu 2019 in dolgoletnim povprečjem (42 let) za vse dni v letu za merilni postajo Letališče Edvarda Rusjana Maribor	30
Graf 9: Polinomske prilagoditvene krivulje poteka povprečne dnevne temperature tekom leta za štiri izbrane časovne razrede na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor	31
Graf 10: Razlika med povprečno dnevno temperaturo zraka za 4. časovni razred/obdobje (2007-2018) in 1. časovni razred/obdobje (1977-1986) za vse dni v letu za merilno postajo Letališče Edvarda Rusjana Maribor	32
Graf 11: Polinomske prilagoditvene krivulje poteka povprečne dnevne temperature tekom leta za štiri izbrane časovne razrede na merilni postaji Ljubljana-Bežigrad	33
Graf 12: Približek za naraščanje povprečne temperature zraka v obdobju 1977-2018 za štiri merilne postaje (Letališče Edvarda Rusjana Maribor, Ljubljana-Bežigrad, Rateče in Portorož-letališče)	35

KAZALO SLIK

Slika 1 in slika 2: Belo pobarvana hišica merilne postaje (lasten vir)	17
Slika 3: Domača merilna postaja – pogled od bližje (lasten vir)	18
Slika 4: Domača merilna postaja – pogled do tal za občutek višine (lasten vir).....	18

KAZALO TABEL

Tabela 1: Izmerjene temperature zraka na 2 m in izračunana približna povprečna dnevno temperatura za obdobje 100 dni na domači merilni postaji	19
Tabela 2: Razlika med izmerjenimi temperaturami na domači merilni postaji in podatki iz ARSO za obdobje 100 dni	21
Tabela 3: Izmerjene hitrosti segrevanja povprečne temperature zraka za različne kraje v Sloveniji ...	35

POVZETEK

V raziskovalni nalogi sem raziskovala fizikalni vidik vpliva globalnega segrevanja na izmerjene temperature v mojem kraju Mariboru. Motivacija za raziskavo je bila zaskrbljenost zaradi posledic globalnega segrevanja, z raziskavo želim opozoriti na vpliv segrevanja na vsakdanje življenje ljudi v mojem ožjem okolju. Teoretični del pojasnjuje pojme, ki se pojavljajo v moji nalogi: pomen povprečne vrednosti in statističnega odklona, temperatura kot osnovna fizikalna količina, sončno sevanje, temperature na Zemlji in segrevanje ozračja. Metodologija opredeljuje metode mojega raziskovalnega dela: eksperiment in analitično obdelavo spletnih vremenskih podatkov. Pridobila sem vremenske podatke iz spletnega portala ARSO za izbrano merilno postajo (Letališče Edvarda Rusjana Maribor) za časovno obdobje 42 let (1977-2018). 100 dni sem spremljala aktualne izmerjene vrednosti in jih primerjala z različnimi dolgoletnimi povprečji. Uradne temperature sem primerjala s temperaturami iz lastne merilne postaje, na osnovi katere sem približno ocenila lokalna nihanja temperature. Ker lahko tudi podnebje vpliva na rezultate, sem primerjala rezultate za moj kraj s tremi izbranimi kraji v drugih delih Slovenije (Ljubljana, Rateče in Portorož). Rezultati potrjujejo skoraj vse moje hipoteze. Lokalna nihanja so neizrazita, izmerjena temperatura je eden izmed signifikantnih indikatorjev prisotnosti globalnega segrevanja ozračja v mojem lokalnem okolju Mariboru. Ugotovila sem, da je segrevanje ozračja hitrejše od predvidevanj in vrednosti, ki sem jih našla v literaturi, in je približno enako hitro tudi v drugih delih Slovenije ter v grobem ni odvisno od lokalnega podnebja.

ZAHVALA

Najlepše se zahvaljujem vsem, ki so me spremljali pri projektu raziskovalne naloge. Najprej svoji mami, ki me je spodbudila, naj uresničim svojo željo in si upam sprejeti ta izziv. Takoj za tem pa svojima mentorjema. Mentorju s fakultete, ki mi je v začetni fazi predlagal temo in me nato vodil k njeni uresnitvi: nakazal način dela in mi pomagal pri izračunih; vedno je bil na voljo, ko sem imela vprašanja, na katera je izredno hitro odgovoril. Mentorju iz moje srednje šole pa za prijavo in oblikovanje pisnega izdelka, ter za prijazno opombo, da sem se pravočasno lotila njenega pisanja. Seveda pa si omembo v zahvali zasluži tudi srednja šola, pod okriljem katere sem se lahko udeležila tega projekta.

1 UVOD

V raziskovalni nalogi sem preučevala vpliv (odsev) globalnega segrevanja na temperature domačega kraja. Sto dni sem doma pred hišo z doma izdelano merilno postajo merila temperature in jih nato primerjala z uradnimi ARSO-meritvami. Za nadaljnjo analizo sem uporabljala uradno dostopne izmerjene temperature za Maribor ter za nekatere druge kraje po Sloveniji.

1.1 Namen/cilj raziskovalne naloge

Namen moje raziskovalne naloge je bil zbrati podatke: jih neposredno izmeriti (z upoštevanjem načel znanstvenega spoznanja) oz. jih poiskati na svetovnem spletu in si na njihovi podlagi ustvariti sliko o vplivu globalnega segrevanja na temperature v domačem kraju Mariboru. Zavedala sem se, da so izmerjene temperature naključni (statistični) proces in da je zanesljivost kakršnihkoli napovedi odvisna od količine uporabljenih podatkov. Zaradi tega sem analizo, ki je bila prvotno vezana samo na krajše merilno obdobje (100 dni) in na moj domači kraj (Maribor) razširila na celoletne temperature za obdobje, uradno dostopno na spletu (zadnjih 42 let). Za zanesljivost interpretacije rezultatov raziskovalne naloge je bila nujna nadaljnja primerjava rezultatov za Maribor z drugimi kraji v Sloveniji; tako sem dobila tudi približno sliko stanja segrevanja zraka po Sloveniji.

1.2 Hipoteze (predpostavke) raziskovalne naloge

Moje raziskovanje je potekalo na podlagi naslednjih hipotez:

- Izmerjena temperatura domače merilne postaje (Mb-center) se bistveno ne razlikuje od uradne bližnje meteorološke postaje ARSO (Letališče Edvarda Rusjana Maribor).
- Globalno segrevanje je realen in ne navidezni (izmišljeni) pojem, njegove učinke lahko opazimo tudi v lokalnem okolju. Pri tem so izmerjene temperature zraka eden od glavnih indikatorjev sprememb.

- Pričakujem, da bodo izmerjene temperature že v relativno kratkem merilnem obdobju (100 merilnih dni) s precejšnjo verjetnostjo nakazovale na vpliv globalnega segrevanja.
- Pričakujem, da bom z analizo uradno dostopnih dolgoletnih izmerjenih temperatur v Mariboru potrdila odsev globalnega segrevanja tudi v svojem domačem kraju.
- Podobne rezultate pričakujem tudi za druge izbrane kraje po Sloveniji. Predpostavljam, da je vpliv globalnega segrevanja na spreminjanje temperature v Sloveniji rahlo odvisen tudi od podnebja, v katerem se kraj nahaja.

1.3 Predvidena nova spoznanja

Pričakujem, da bom razširila svoje spretnosti uporabe Excela in osvojila temelje delovanja programa Logger Pro. Osnovna predvidena nova spoznanja sovpadajo z uresničitvijo vsebinskih ciljev (namena naloge): ugotoviti prisotnost in stopnjo segrevanja ozračja za Maribor in posplošeno še za Slovenijo kot celoto. Pričakujem, da bom skozi proces izdelave raziskovalne naloge izpopolnila svoje analitične spretnosti in osnove prikazovanja rezultatov, ki jih pridobimo iz velikega števila merilnih podatkov, ob tem bom utrdila oz. spoznala matematične elemente statistike: povprečno vrednost, statistični odklon ter postopek prilagajanja modelskih funkcij izmerjenim podatkov v obliki polinomov.

1.4 Teoretično ozadje in rezultati dosedanjih raziskav s tega področja

Pomen povprečne vrednosti in statističnega odklona

Pri fizikalnih meritvah običajno tudi količino, ki se ne spreminja (je stalna), merimo večkrat, pri čemer dobimo rezultate, ki se lahko med seboj bolj ali manj razlikujejo. Do tega pride, ker je meritev izpostavljena različnim naključnim (statističnim) procesom. Z uporabo večjega števila izmerjenih vrednosti je podani rezultat bolj zanesljiv, poleg tega lahko ocenimo tudi njegovo natančnost. Tako podamo rezultate v obliki povprečnih vrednosti meritve in absolutne ali relativne napake. Ko predpostavimo, da so rezultati

razpršeni okrog povprečne vrednosti naključno, uporabimo za oceno absolutne napake Δx razlike med izmerjenimi vrednostmi in izračunanim povprečjem (zajamemo le dve tretjini vseh dobljenih vrednosti; tiste, ki najbolj odstopajo, pa izločimo). Iz absolutne napake dobimo relativno napako kot $\delta_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}}$. Na podoben način postopamo, ko merimo količino, ki se s časom naključno spreminja ali ko imamo veliko število merilnih podatkov. Predpostavimo, da so podatki porazdeljeni normalno okrog povprečne vrednosti $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$, tako govorimo o standardnem odklonu. V splošnem velja, da je pri velikem številu meritev približno dve tretjini meritev znotraj intervala $[\bar{x} - \sigma, \bar{x} + \sigma]$.

Temperatura kot osnovna fizikalna količina

Temperatura (simbol T) je količina, ki je premo sorazmerna s povprečno kinetično energijo termičnega gibanja molekule:

$$W_k = konst. T$$

Čim živahnejše je termično gibanje molekul v snovi, tem višja je temperatura snovi. Pri nižjih temperaturah se molekule v povprečju gibljejo počasneje. Če v zgornjo enačbo, vstavimo sorazmernostno konstanto 1 (temperaturo izenačimo s povprečno kinetično energijo molekule), tudi temperaturo merimo z enoto za energijo, Joulom. S temperaturo so se ljudje ukvarjali, še preden so vedeli za njeno zvezo z energijo, zato so temperaturo vpeljali kot osnovno fizikalno količino in ji izbrali mersko enoto stopinjo. Merili so spremembo lastnosti snovi (raztezanje snovi), ki je posledica spremembe temperature in na tej osnovi izdelali merilnik temperature termometer ter z njegovo pomočjo določili mersko enoto temperature.

Najbolj uporabna je Celzijeva temperaturna lestvica z mersko enoto stopinja Celzija ($^{\circ}\text{C}$). Nič stopinj Celzija je določeno s termičnim ravnovesjem ledu in vode pri normalnem zračnem tlaku, temperatura 100°C pa s termičnim ravnovesjem vode in vodne pare pri normalnem zračnem tlaku. Temperaturni interval med lediščem in vreliščem vode je

razdeljen na 100 enot. Temperature, ki so manjše od 0 °C, so v tej lestvici negativne. To je za vsakdanjo uporabo dokaj koristno, saj zimske razmere, ko ceste ledenijo, zahtevajo posebno pozornost, kar je z negativnim predznakom posebej poudarjeno.

Mednarodni sistem merskih enot SI kot osnovno enoto temperature določa kelvin (K). (Kladnik, 2017, str. 57-58)

Sončno sevanje

Toplota prehaja na različne načine: s prevajanjem, konvekcijo in sevanjem segrelih teles. Pri sevanju segrelih teles preide toplota iz telesa z višjo temperaturo na telo z nižjo temperaturo. Vsa telesa pa ne sevajo enako močno. Pri dani temperaturi najbolj sevajo črna telesa, najmanj pa bela. Črna telesa sevajo najmočneje, ker absorbirajo skoraj vso vpadlo sevanje, medtem ko ga bela skoraj vsega odbijejo.

Toplotno sevanje merimo z različnimi počrnjenimi termometri (bolometri), lahko ga tudi vidimo kot svetlobo (primer kovača, ki vidi, kdaj je železo dovolj segreto za kovanje).

Gostota izsevanega toplotnega (svetlobnega) toka je energija, ki jo vsako sekundo izseva m² površine črnega telesa. Sorazmerna je s četrto potenco absolutne temperature, kar imenujemo Stefanov zakon:

$$j^* = \sigma T^4; \text{ pri čemer je } \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \text{ Stefanova konstanta.}$$

Telesa, ki niso črna, del gostote energijskega toka izsevajo, ostanek pa absorbirajo, zato sevajo manj kot črna telesa: $j^* = (1 - a) \sigma T^4$; kjer je a odbojnost, ki predstavlja razmerje med izsevano in vpadlo gostoto energijskega toka. Bela telesa imajo odbojnost 1, kar pomeni, da takšno telo vso gostoto vpadnega toka odbije in nič ne absorbira, črno telo pa ravno nasprotno vso gostoto vpadnega toka absorbira in nič ne odbije, tako ima odbojnost 0. (Kladnik, 2017, str. 87-88)

Sonce je edino telo našega Osončja, ki sveti, ker ima lasten vir energije. Prenos energije v Soncu zagotavljata dva mehanizma: v notranjosti (v okrog dveh tretjinah prostornine),

kjer potekajo jedrske reakcije, prevladuje sevanje; v preostali tretjini pa konvekcija in sevanje, pri čemer ima slednja manjši vpliv na prenašanje toplote. (Kladnik, 2017, str. 296)

Vsako sekundo se v Soncu pretvori pribl. 700 milijonov ton vodika v 695 milijonov ton helija, razlika pa se pretvori v energijo. Ob nastanku je ta energija v obliki žarkov gama, potem pa se na svoji poti proti zunanjim plastem Sonca večkrat absorbira v snovi in spet sprosti pri vedno nižjih temperaturah; zadnji del poti se energija prenaša predvsem s konvekcijo. Ko energija doseže površino Sonca, ki jo imenujemo fotosfera, se je večina v vesolje sprosti v obliki vidne svetlobe. (Zidar, 2008, str. 32) Fotosfera je razmeroma hladna, saj je temperatura na njej le kakšnih 5500 °C, medtem ko je v jedru lahko tudi 15,6 milijonov °C. Zemljino ozračje ne prepušča vse svetlobe, ampak le vidno in bližnjo infrardečo svetlobo ter radijske valove. (Zwitter, 2002, str. 20)

Brez energije, ki jo Zemlja prejme s sončnim sevanjem, na njej ne bi bilo življenja. Toplota sončne svetlobe prinese Zemlji veliko več energije kot smo je zmožni sami proizvesti z uporabo vseh izvorov energije, ki jih lahko izkoristimo. Ne gre samo za toploto, ampak tudi za svetlobni efekt. Pojav dneva in noči ter dnevnega potovanja Sonca prek neba narekuje življenjski ritem ljudi in živali. Sprememba višine Sonca nad horizontom v obdobju dneva in leta, tudi različen čas osončenja in toplota, ki jo telo prejme, vplivajo na vreme, klimo, atmosfero in vodne površine. (Vujnović, 1990, str. 67)

Temperature na Zemlji

Temperatura zraka z višino pada, in sicer v prostem ozračju v povprečju za 0,65 °C na 100 m višinske razlike, kar imenujemo vertikalni temperaturni gradient. Ob površju zaradi vpliva podlage pada za okoli 0,5 °C na 100 m. Poleti je temperaturni gradient nekoliko večji kot pozimi, tako so temperaturne razlike med dolinami in vrhovi gora tedaj večje. (Obča geografija – evalvacija, 2. del [online])

Glede na temperature (in padavine) posameznih območij na Zemlji, so krajem določena posamezna podnebja. Eden izmed standardov podnebnih tipov je Köppnova podnebna

klasifikacija iz leta 1900, ki definira 5 generalnih podnebnih razredov: tropsko deževno podnebje, suho podnebje, zmerno toplo deževno podnebje, borealno podnebje in snežno (polarno) podnebje. Odvisno od tega koliko je padavin in kako so razporejene, se znotraj vsakega razreda pojavljajo klimatski podtipi. Generalni podnebni razredi so določeni večinoma glede na temperaturo. Za tropsko deževno podnebje je v vseh mesecih značilna povprečna temperatura nad 18 °C, suho podnebje je določeno s padavinskim režimom, zmerno toplo deževno podnebje opredeljuje, da povprečna temperatura najhladnejšega meseca ni nižja od -3 °C, vsaj en mesec pa ima povprečno temperaturo nad 10 °C, borealno podnebje ima povprečno temperaturo najhladnejšega meseca pod -3 °C, povprečna temperatura najtoplejšega meseca pa je nad 10 °C, pri snežnem (polarnem) podnebnju je povprečna temperatura najtoplejšega meseca pod 10 °C.

V Sloveniji imamo zmerno celinsko, gorsko in submediteransko podnebje; to so podtipi, ki sodijo med zmerno toplo deževno podnebje, snežno in borealno podnebje. (Köppnova podnebna klasifikacija [online])

Segrevanje ozračja

Sončno sevanje, ki dospe na zgornjo mejo atmosfere, ki je za te procese na višini okrog 80 km, na svoji poti do tal oslabi, saj zemeljska atmosfera ni povsem prozorna za sevanja, ki jih oddaja Sonce. Del sevanja se reflektira na oblakih oz. se siplje na delcih v zraku in plinskih molekulah, del pa absorbirajo delci in nekateri plini, ki sestavljajo zrak. Segreta tla oddajajo toplotno sevanje, s tem ohladijo Zemljo in tako uravnovežijo sevanje, ki ga Zemlja prejme od Sonca. Pomemben del ravnovesja je tudi efekt tople grede. Preprečuje, da bi sevanje tal v celoti zapustilo Zemljo, tako se ozračje še bolj segreje. (Sevanje [online])

Pline, ki v ozračju zadržujejo toploto ob Zemlji, in povzročajo učinek tople grede označimo kot toplogredne pline; najpogostejši so ogljikov dioksid, metan, vodna para in dušikovi oksidi. Njihov obstoj je nujen, saj zagotavljajo pravšnjo temperaturo na Zemlji. Danes veliko toplogrednih plinov v ozračje spušča človek. Dejavnosti, ki povečujejo

količino toplogrednih plinov, so industrija, promet in kmetijstvo. Če se njihova koncentracija v ozračju poveča, se več toplotnega sevanja odbije nazaj, kar povzroči dvig temperature na površju Zemlje. Najpogostejši toplogredni plin je ogljikov dioksid, ki predstavlja kar 82 % človekovih izpustov.

Globalno segrevanje ozračja ima za naš planet številne negativne posledice. Izginjajo ledeniki ter led na severnem in južnem tečaju, kar vodi do dviga morske gladine. Na nekaterih predelih Zemlje se pojavljajo vse bolj ekstremne vremenske razmere: poplave, orkani, izjemno nizke temperature in širjenje sušnih območij (puščav). (Repnik [online]) Posledice globalnega segrevanja se lahko v prihodnje kažejo v množičnih selitvah ljudi in v novih konfliktnih globalnih razsežnosti (vojne).

Glavne značilnosti podnebnih sprememb Slovenije v obdobju 1961–2011:

- Povprečna temperatura zraka se je dvignila za 1,7 °C.
- Trend naraščanja temperature zraka je nekoliko večji v vzhodni kot v zahodni polovici države.
- Najbolj so se ogrela poletja in pomladi, nekoliko manj zime; jeseni se niso ogrele.
- Na letni ravni se je trajanje sončnega obsevanja v povprečju povečalo za 10 %, najbolj na račun povečanja spomladi in poleti; na desetletje se je trajanje sončnega obsevanja tako povečalo za 30–40 ur.
- Temperatura vode se je zviševala s trendom 0,2 °C na desetletje za površinske vode (obdobje 1953–2015) in 0,3 °C na desetletje za podzemne vode (obdobje 1969–2015).

(Vertačnik, 2018, str. 3)

Meteorološki podatki kažejo, da se je povprečna temperatura na Zemlji med letoma 1880 in 2012 dvignila za 0,85 °C. Zemlja se tudi vse hitreje segreva: pred letom 1979 se je

povprečna temperatura vsako desetletje dvignila za 0,07 °C, po letu 1979 pa je segrevanje pospešilo na 0,13 °C na desetletje. Te spremembe se na prvi pogled zdijo neznatne, vendar je ravno nasprotno. Med ledeno dobo je bila povprečna temperatura na Zemlji le 5 do 8 °C nižja kot je danes, zato sprememba 1 °C pomeni ogromno klimatsko spremembo.

Slovenija predstavlja samo 0,003 % površine Zemlje. Iz tega sledi, da kar se dogaja v Sloveniji, ni reprezentativno za planet kot celoto. Meteorološka opazovanja v Sloveniji potekajo že od leta 1850. Ti meteorološki podatki kažejo na trend segrevanja, ki je hitrejši od svetovnega povprečja. Med leti 1961 in 2011 se je temperatura v Sloveniji dvignila za 1,7 °C, kar je za 1,0 °C več od svetovnega povprečja. Podatki kažejo, da se je segrevanje v Sloveniji začelo šele na začetku osemdesetih let. Nekoliko hitreje se segreva vzhodni del Slovenije od zahodnega. (Ambrožič [online])

2 METODOLOGIJA DELA

2.1 Postopek

Pri svojem raziskovalnem delu sem uporabila dva glavna postopka raziskovanja. Prvi je eksperiment, drugi pa analiza podatkov, ki vključuje dva tipa temperatur: neposredno izmerjene v eksperimentu in povzete po ARSO. Ker so samo zadnji podatki dostopni v dovolj velikem obsegu, da lahko z njimi presežemo vpliv naključnih nihanj, so ključni za ugotovitve in uspešnost raziskovalne naloge.

2.2 Sredstva in materiali

Del moje metode je bilo eksperimentalno delo, nanj pa se je navezovala tudi metoda primerjave moje domače merilne postaje in meteorološke postaje ARSO. Vzporedno sem analizirala podatke prevzete po ARSO in poleg Maribora vključila še tri druge izbrane meteorološke postaje Slovenije, pri čemer je glavna tema raziskovalne naloge ostal Maribor. Z izbrano metodo dela sem lahko šele z upoštevanjem primerljivih podatkov za druge dele Slovenije zagotovila primerno okolje, da sem lahko z veliko verjetnostjo potrdila oz. ovrgla segrevanje ozračja v Mariboru.

2.3 Eksperiment

Pripomočki:

- zunanji elektronski termometer (funkcija merjenja trenutne temperature, minimalne in maksimalne temperature za obdobje merjenja)
- majhna kartonasta škatla
- bela barva (lak na vodni osnovi)
- tapetni nož, škarje
- vrvica
- podlaga za barvanje, rokavice

Postopek izdelave merilne postaje:

V kartonasto škatlo sem na vsaki strani izrezala štiri luknje v obliki ozkih pravokotnikov. Odstranila sem sprednjo stranico in enega izmed stranskih zavihkov, drugega pa skrajšala in uporabila kot strehico za senco. Na vrhu sem naredila majhno okroglo luknjico za vrvico. Nato sem modificirano škatlo pobarvala. Ko se je posušila, sem vanjo najprej pritrdila termometer in jo nato z vrvico obesila na drevo. Pri nameščanju sem upoštevala pravila za postavitev merilne postaje, ki pravijo, da mora postaja stati 2 m nad tlemi, in sicer na senčnem mestu; že prej (pri njeni izdelavi) pa sem poskrbela za belo barvo postaje.



Slika 1 in slika 2: Belo pobarvana hišica merilne postaje (lasten vir)

Če je termometer postavljen na sonce, se bo zaradi vpijanja sončnih žarkov močno segrel in pokazal vrednost, precej višjo od resnične temperature okoliškega zraka. Približno 2 m na tlemi merimo temperaturo, ker so temperature tik nad tlemi zaradi sevanja tal višje. Uporaba bele barve pa zato, da odbije čim več sevanja Sonca in se tako ne segreje. (Obča geografija – evalvacija, 2. del [online])



Slika 3: Domača merilna postaja – pogled od bližje (lasten vir)



Slika 4: Domača merilna postaja – pogled do tal za občutek višine (lasten vir)

Opis eksperimenta:

100 dni, z začetkom 1. oktobra 2019 in koncem 8. januarja 2020, sem merila temperaturo zraka ob sedmih (7.00), štirinajstih (14.00) in enaindvajsetih (21.00) ter maksimalno in minimalno temperaturo zraka v tem časovnem obdobju. Nato sem na podlagi treh temperaturnih podatkov v Excelu izračunala približek za povprečno dnevno temperaturo zraka kot aritmetično sredino izmerjenih dnevnih vrednosti. Izmerjene temperature skupaj s približkom za povprečno dnevno temperaturo so prikazane v tabeli 1.

Tabela 1: Izmerjene temperature zraka na 2 m in izračunana približna povprečna dnevno temperatura za obdobje 100 dni na domači merilni postaji

Dnevi	Datum	T [°C](7.00)	T [°C](14.00)	T [°C](21.00)	povp. dnevna T [°C]	max. T [°C]	min. T [°C]
1.	1.10.2019	16,9	24,1	17,5	19,5	26,2	14,6
2.	2.10.2019	15,5	22,1	13,2	16,9	25,5	12,8
3.	3.10.2019	9,5	15,1	9	11,2	15,9	8,8
4.	4.10.2019	6,8	16,3	10,3	11,1	18,7	6,6
5.	5.10.2019	9,6	19,9	10,7	13,4	21,3	9,6
6.	6.10.2019	5,8	13,9	10,1	9,9	19,3	4,7
7.	7.10.2019	8,2	10,3	9	9,2	11,2	8,2
8.	8.10.2019	4,2	19,9	8,5	10,9	20,3	4,2
9.	9.10.2019	11,2	25,6	13,5	16,8	25,8	8,8
10.	10.10.2019	11,2	12,8	9,5	11,2	13,6	9,4
11.	11.10.2019	6	20,6	9,8	12,1	22,2	6
12.	12.10.2019	6,3	24,2	12,1	14,2	27,1	6,3
13.	13.10.2019	14,9	24,1	13,5	17,5	25,8	13,4
14.	14.10.2019	10,3	24,3	14,4	16,3	26,3	10,1
15.	15.10.2019	9,7	24,2	16,8	16,9	26,7	9,2
16.	16.10.2019	13,2	17,5	14,2	15,0	23	13,2
17.	17.10.2019	8,8	22,5	11,5	14,3	22,6	8,5
18.	18.10.2019	8,8	21,9	12,9	14,5	23,7	8,8
19.	19.10.2019	9,8	24,6	14,5	16,3	26,6	9,8
20.	20.10.2019	15,3	25,5	16,1	19,0	28,1	15,3
21.	21.10.2019	12,5	30,2	15,2	19,3	31,4	12,1
22.	22.10.2019	13,2	24,5	14,5	17,4	31,4	12
23.	23.10.2019	10,9	24,3	13,9	16,4	27,2	10,8
24.	24.10.2019	9,7	26,5	13,8	16,7	29,3	9,4
25.	25.10.2019	9	25,7	12,5	15,7	27,7	8,9
26.	26.10.2019	8,5	24,5	11,9	15,0	27,8	8,3
27.	27.10.2019	9,1	24,1	11,9	15,0	26,8	9,1
28.	28.10.2019	11,8	17,5	10,1	13,1	21,3	9,9
29.	29.10.2019	8,8	8,9	7,3	8,3	9,3	7
30.	30.10.2019	7,4	6,7	5,8	6,6	8,5	5,7
31.	31.10.2019	5,1	6,8	5,8	5,9	7,5	4,8
32.	1.11.2019	2,4	10,3	5,3	6,0	11,2	2,4
33.	2.11.2019	5,4	12,1	9,3	8,9	12,4	5,4
34.	3.11.2019	14,5	15,9	15	15,1	21,2	14,3
35.	4.11.2019	10,8	15,3	8,1	11,4	19,8	8,1
36.	5.11.2019	12,5	11,8	9,5	11,3	16,5	9,5
37.	6.11.2019	8,5	11,7	9,9	10,0	13,2	8,5
38.	7.11.2019	8,5	11,5	4,9	8,3	11,9	4,9
39.	8.11.2019	2,5	8,7	7,9	6,4	8,9	2,5
40.	9.11.2019	8,2	12,8	7	9,3	13,5	6,9
41.	10.11.2019	6,5	9,5	5,1	7,0	10,4	4,5
42.	11.11.2019	3,8	10,3	7,2	7,1	11,2	0,9
43.	12.11.2019	6,6	7,3	7,2	7,0	7,9	6,6
44.	13.11.2019	6,5	7,8	4,8	6,4	7,8	4,7
45.	14.11.2019	3,4	7,9	6	5,8	8,2	3,4
46.	15.11.2019	5,8	9,7	9,5	8,3	10,9	5,8
47.	16.11.2019	9,3	12,2	9,5	10,3	12,3	9,2
48.	17.11.2019	9,8	11,5	10,7	10,7	13,3	9,6
49.	18.11.2019	8,5	14,6	6,7	9,9	17,8	6,3
50.	19.11.2019	4,5	11	8,1	7,9	12,8	4,9

51.	20.11.2019	8,1	8,5	8,7	8,4	9,8	8
52.	21.11.2019	5,1	11,5	7,8	8,1	14,2	4,8
53.	22.11.2019	4,6	11,1	7,6	7,8	14,1	3,8
54.	23.11.2019	7,2	10,2	6,5	8,0	11,9	6,2
55.	24.11.2019	5,6	7	6,5	6,4	7,2	5,1
56.	25.11.2019	6,2	6,8	5	6,0	7,1	4,8
57.	26.11.2019	6,8	7,8	6,3	7,0	7,8	4,8
58.	27.11.2019	5	10,3	10,5	8,6	12	4,8
59.	28.11.2019	6,7	11,4	8,8	9,0	15,8	6,7
60.	29.11.2019	8,2	14,5	10,6	11,1	17	7,8
61.	30.11.2019	4,3	12,2	1,1	5,9	15,1	1,1
62.	1.12.2019	-1,5	6,3	3,9	2,9	9,8	-1,5
63.	2.12.2019	3,1	3,5	2,8	3,1	3,9	2,8
64.	3.12.2019	-1	9,5	-1	2,5	11,1	-1,5
65.	4.12.2019	-1,4	6,5	-1,5	1,2	8,8	-2,8
66.	5.12.2019	-0,5	-1,5	0,3	-0,6	1,9	-1,5
67.	6.12.2019	-2,6	0,5	-0,4	-0,8	4,1	-2,7
68.	7.12.2019	-1,5	3,6	-0,2	0,6	8,1	-1,5
69.	8.12.2019	-0,2	10,2	2,7	4,2	11,2	-0,5
70.	9.12.2019	2,5	6,5	3,4	4,1	8,2	1,7
71.	10.12.2019	4	8,5	2,3	4,9	13,2	2,3
72.	11.12.2019	-2,2	5,1	-2,4	0,2	10,1	-2,8
73.	12.12.2019	-1,5	1	0,2	-0,1	1,5	-1,5
74.	13.12.2019	-4	3,8	1	0,3	8	-4,3
75.	14.12.2019	-1,8	6,9	0,7	1,9	10,2	0,6
76.	15.12.2019	2,2	7,6	4,6	4,8	8,2	1,1
77.	16.12.2019	2,5	16,7	15	11,4	17,1	2,5
78.	17.12.2019	13,7	19,2	15,2	16,0	21,7	2,8
79.	18.12.2019	11,8	17,8	10,1	13,2	21,2	9,8
80.	19.12.2019	9,3	15,5	11,7	12,2	16,8	8,8
81.	20.12.2019	9,2	14,7	11,8	11,9	18	8,2
82.	21.12.2019	11,3	10,3	8,5	10,0	12,3	8,5
83.	22.12.2019	5,2	6,3	5,6	5,7	7	3,5
84.	23.12.2019	6,9	9	8,2	8,0	10,7	6,9
85.	24.12.2019	5,2	12,4	4,6	7,4	16,2	2,3
86.	25.12.2019	6,5	12,5	8,3	9,1	15,4	6,3
87.	26.12.2019	4,2	10	1,9	5,4	14,2	1,7
88.	27.12.2019	1,7	4,8	1,5	2,7	5,5	1,2
89.	28.12.2019	1,3	7,5	-0,1	2,9	10	-0,3
90.	29.12.2019	-3,4	3,2	-2,9	-1,0	9	-3,7
91.	30.12.2019	-6,5	4,6	0	-0,6	6,6	-6,6
92.	31.12.2019	-1,1	14,8	2,2	5,3	15,5	-1,1
93.	1.1.2020	-2,7	8,5	-1,7	1,4	10	-2,8
94.	2.1.2020	-2,1	10,3	0	2,7	12,5	-2,3
95.	3.1.2020	-2,2	5,4	0,5	1,2	10,3	-2,3
96.	4.1.2020	-1,7	9	4,4	3,9	12	1,7
97.	5.1.2020	1,9	9,6	-0,7	3,6	11,4	-0,8
98.	6.1.2020	-4,1	5,5	-2,8	-0,5	8,9	-4,1
99.	7.1.2020	-5,2	6,5	-1,5	-0,1	7,6	-5,2
100.	8.1.2020	-4	9,7	-1,2	1,5	10,4	-4

Izmerjene temperature sem primerjala s podatki za meteorološko postajo Letališče Edvarda Rusjana Maribor, pri čemer so bile merilne ure izbrane prav z namenom, da bi

bili obe skupini podatkov medsebojno primerljivi. Rezultati so prikazani v naslednjem poglavju.

3 REZULTATI

3.1 Rezultati domače merilne postaje

V tabeli 2 so prikazane razlike med temperaturami, izmerjenimi v lastni meteorološki postaji, in objavljenimi temperaturami na portalu ARSO.

Tabela 2: Razlika med izmerjenimi temperaturami na domači merilni postaji in podatki iz ARSO za obdobje 100 dni

Datum	T [°C](7.00)	T [°C](14.00)	T [°C](21.00)	povp. dnevna T [°C]	max. T [°C]	min. T [°C]
1.10.2019	1,1	1,5	-1,6	0,3	2,7	-0,6
2.10.2019	-1,3	7,9	0,3	2,7	1,9	0,2
3.10.2019	0	1	2,2	1,9	1,2	2
4.10.2019	2,3	1	-0,4	0,8	2,9	4,5
5.10.2019	1,1	2,3	1,2	2,1	2,5	2,5
6.10.2019	0,1	0,3	0,8	0,4	4,8	0,6
7.10.2019	0,7	0,5	1	0,9	0,4	1,1
8.10.2019	1,1	4,8	-0,8	1,7	4,6	2,6
9.10.2019	4,1	7,1	-2,7	2,3	5,7	3,9
10.10.2019	-0,5	0,7	-1,4	-0,2	-3,1	-0,8
11.10.2019	-1,5	2,7	-1,5	0,1	3,7	-0,1
12.10.2019	-0,2	3,1	1,8	2,1	5,7	0,7
13.10.2019	8,2	1,9	2,2	4,6	3,4	7,2
14.10.2019	2,2	2,6	1,7	2,5	4,4	2,5
15.10.2019	-1,6	3,7	1,5	1,3	5,5	2,4
16.10.2019	-1,9	0,5	0,2	0,0	4,1	2
17.10.2019	0,5	2,9	-1,5	0,8	2,4	1,2
18.10.2019	0,9	1,4	-2,1	-0,1	2,3	2,5
19.10.2019	1,7	3,7	-1,9	0,8	5,2	3
20.10.2019	-1,6	4,1	-0,8	1,0	6	1,1
21.10.2019	-4,8	5,5	-2,3	0,0	6,3	-4,4
22.10.2019	4,4	1	1,3	2,7	7,3	4,6
23.10.2019	2,1	0,7	2,9	2,8	2	3,3
24.10.2019	3,2	2,3	-2	1,1	2,9	4
25.10.2019	1,9	5,3	2,9	4,0	6,9	3,7
26.10.2019	3,3	3,5	2,3	3,6	6	4,2
27.10.2019	4,4	2,2	2,7	3,7	4	5,1
28.10.2019	4,8	0,9	0,8	2,5	3,7	3,8
29.10.2019	1,6	1,7	-0,1	1,0	-0,3	0,9
30.10.2019	0	0	0,4	0,4	0,5	0,7
31.10.2019	0,2	0,7	-0,1	0,2	0,6	0,2
1.11.2019	0,4	1,7	-1,4	0,0	1,3	1,1
2.11.2019	-2,9	-1,9	-4,5	-3,6	-2	-0,4
3.11.2019	1,7	-0,5	0,2	0,4	2,2	2,1
4.11.2019	0	2,1	-3,2	-0,3	4,6	-2,1
5.11.2019	0,8	0,3	0,8	1,1	-1	2
6.11.2019	0,1	-0,1	0,4	0,2	0,6	0,6
7.11.2019	-0,4	-1,4	-2,6	-0,9	-1,6	-2,5
8.11.2019	-1	1,3	0,3	-0,1	0,2	0,7
9.11.2019	0,3	0	-0,7	0,3	-0,3	-0,5
10.11.2019	-0,3	0,8	0,8	1,0	1,3	0,5
11.11.2019	2,3	2	0,4	1,2	2,4	1,6
12.11.2019	0,3	0	0,2	0,1	0,3	0,8
13.11.2019	0,3	0,7	-0,1	0,6	0	-0,2
14.11.2019	0,1	0,1	-0,4	-0,2	-0,9	0,6
15.11.2019	-1,5	0,1	0,1	-0,6	0,6	-0,2
16.11.2019	0,7	-0,4	-0,4	0,0	-0,5	0,8
17.11.2019	0,2	-0,2	0,9	0,5	1,1	0,2
18.11.2019	-0,1	1,2	-0,8	0,6	4,1	-0,5
19.11.2019	0,5	-2,5	0,5	-0,3	-1,5	1,2

20.11.2019	1,6	-0,1	0,1	0,3	0,9	4,9
21.11.2019	-0,3	-0,3	-1	-0,6	1,8	-0,2
22.11.2019	-0,4	-2,3	-0,2	-0,7	0	-0,6
23.11.2019	1,1	-0,1	0,5	0,9	0,9	0,7
24.11.2019	1,5	1,4	1,1	1,3	1	2,5
25.11.2019	1,2	1,2	1,1	1,4	0,8	0,9
26.11.2019	2,3	0,6	0,1	1,0	0,2	1,1
27.11.2019	0,4	-2,6	-0,3	-1,2	-1,6	0,7
28.11.2019	-1,3	0,1	0,1	-0,2	3,4	-1,2
29.11.2019	4,9	0,6	2,6	2,8	2,7	5,5
30.11.2019	1,4	3,2	-0,3	2,2	5,5	0
1.12.2019	0,5	1,3	0,2	0,3	4,3	1,7
2.12.2019	0,6	0,7	0,4	0,6	0,2	0,7
3.12.2019	-0,7	2,9	-0,3	1,3	4,2	-0,2
4.12.2019	2,9	2,5	0,6	2,3	4,3	2
5.12.2019	0,5	-1,6	1,4	0,2	1,3	0,8
6.12.2019	-0,3	-0,7	0,5	-0,1	2,6	0,2
7.12.2019	0,8	2,1	1,8	1,8	5	1,1
8.12.2019	4	0,7	3,2	3,1	0,6	4,3
9.12.2019	2,8	1	-0,1	1,0	1,4	3,3
10.12.2019	4,4	1,3	0,7	2,4	4,3	3,5
11.12.2019	2,9	1,5	0,3	1,9	5,9	3,2
12.12.2019	1,3	1,2	0,7	0,9	1,1	3,7
13.12.2019	-2,7	1,4	0,8	-0,1	3,3	-2,1
14.12.2019	-0,2	-1,1	0,9	0,4	1,6	2,9
15.12.2019	3,3	2,6	4,1	3,6	1,9	4,8
16.12.2019	1,6	1,8	0,6	0,2	1,9	3,1
17.12.2019	-1,6	2,6	2,3	1,6	3,6	-9,8
18.12.2019	-0,8	1,7	-2,6	-0,3	3,9	-0,9
19.12.2019	-0,8	0,1	1	0,5	0,7	0,9
20.12.2019	2	0,8	0,6	1,0	3,3	2,5
21.12.2019	-0,2	0,2	-1	-0,2	-0,4	-0,8
22.12.2019	0,1	-0,1	-1	-0,5	-2,7	-0,2
23.12.2019	2,8	-0,1	3,9	2,5	1,1	3,4
24.12.2019	6,2	2,7	1,8	3,8	5,5	3,8
25.12.2019	7,3	1,3	2,9	3,8	3	8,3
26.12.2019	3,2	0,9	2,4	3,1	4,4	2,3
27.12.2019	1,5	0,2	1,9	1,7	0,5	2
28.12.2019	0,6	3	1,2	2,2	4,8	1,4
29.12.2019	2,9	1,3	0,8	2,0	6,2	3
30.12.2019	1,6	1,7	0,9	1,2	3	1,7
31.12.2019	1,3	6,5	3,1	4,3	6,2	2,8
1.1.2020	1,8	2,1	0,1	1,8	3,2	2,2
2.1.2020	3,5	2,9	2,2	3,4	4,2	4,2
3.1.2020	2,4	1,9	1	1,7	5,8	3,7
4.1.2020	2,2	1,7	2,9	2,3	4	6,2
5.1.2020	0,9	3,1	2	3,1	4,4	2
6.1.2020	2,6	1,6	1	2,1	4,3	2,6
7.1.2020	1,8	3,2	1,5	2,3	2,9	2,6
8.1.2020	1,7	2,4	2,2	2,8	2,3	2,8
POVPREČJE	1,2	1,4	0,5	1,2	2,5	1,6
ODKLON:	2,0	1,8	1,6	1,4	2,3	2,4

Pri izmerjenih temperaturah za merilno obdobje 100 dni sem opazila, da se temperatura domačega kraja bistveno ne razlikuje od uradno izmerjene temperature iz merilne postaje. Največje razlike so ob 14.00 uri (1,4 °C), manjše zjutraj ob 7.00 (1,2 °C) in najmanjše zvečer ob 21.00 (0,5 °C). Povprečna dnevna temperatura med merilnima mestoma se razlikuje za 1,2 °C, še več izmerjena minimalna temperatura (1,6 °C), največ pa maksimalna temperatura (2,5 °C). Razlike dnevnih temperatur so v območju maksimalne merske napake merilnika ± 1 °C. Tako je tudi s povprečno temperaturo. Minimalna temperatura je dvakratnik napake, maksimalna pa trikratnik. Zaključim lahko, da je temperatura zraka v domačem kraju precej podobna temperaturi zraka na uradnem merilnem mesta v bližini domačega kraja, opazim lahko samo rahla sistematična odstopanja. Opažene razlike pripisujem oddaljenosti med obema merilnima mestoma ter nekoliko drugačnemu mikrokolju (urbano okolje, primestna okolica). Za resnejšo analizo vpliva globalnega segrevanja na temperature v Mariboru uporabljam v nadaljevanju uradne javno dostopne izmerjene temperature zraka.

3.2 Rezultati iz javno dostopnih podatkov izmerjene temperature zraka (ARSO)

Na spletni strani ARSO sem poiskala javno dostopne podatke za meteorološko postajo Letališče Edvarda Rusjana Maribor; tako sem pridobila povprečne dnevne temperature zraka za obdobje 42 let (1977-2018). Podatke sem obdelovala v dveh različnih obsegih: 100 merilnih dni (v skladu z obsegom lastnega merjenja), in 356 dni, pri čemer sem prestopni dan zanemarila. Izračunala sem povprečno temperaturo in standardni odklon za vsak dan v izbranem obdobju. Pričakovala sem zvezno spreminjanje temperature znotraj merilnega obdobja, morebitni odmiki pa bi bili posledica naključnih nihanj zaradi relativno majhnega števila podatkov (42). Podatke sem vnesla v Logger Pro in narisala grafe, ki so potrdili zgornje domneve. Grafom sem z vgrajeno funkcijo »Curve fit« poiskala polinome, ki so se jim najboljše prilagodili. Izkazalo se je, da je za obdobje 100 dovolj polinom 3. stopnje, za obdobje 365 dni pa polinom 5 stopnje. Pri teh stopnjah polinomske funkcije dobro sledijo poteku povprečne temperature. Pridobljene funkcije sem uporabila kot referenčne vrednosti temperature za posamezni dan znotraj merilnega obdobja. Zanimale so me razlike med letošnjimi izmerjenimi temperaturami in 42-letnim povprečjem. Odmik letošnjih povprečnih dnevni temperatur od gladkega dolgoletnega polinomskega poteka sem uporabila kot kriterij za razvrščanje dni na tople (rdeče) ali hladne (modro), analiza razlik pa je bila izhodišče pri potrjevanju hipoteze o globalnem segrevanju in njegovem vplivu na temperature zraka v mojem ožjem okolju.

Z namenom, da bi raziskala trend dolgoletnega povečevanja povprečne dnevne temperature, sem v naslednjem koraku podatke razdelila na štiri časovne skupine: 1977-1986, 1987-1996, 1997-2006 in 2007-2018. Da pa bi izkoristila vse objavljene podatke, obsegajo prva tri obdobja 10 let, zadnje pa 12. Spet sem izračunala povprečno temperaturo za posamezni dan v letu, odklon in prilagoditvene funkcije (»fite«).

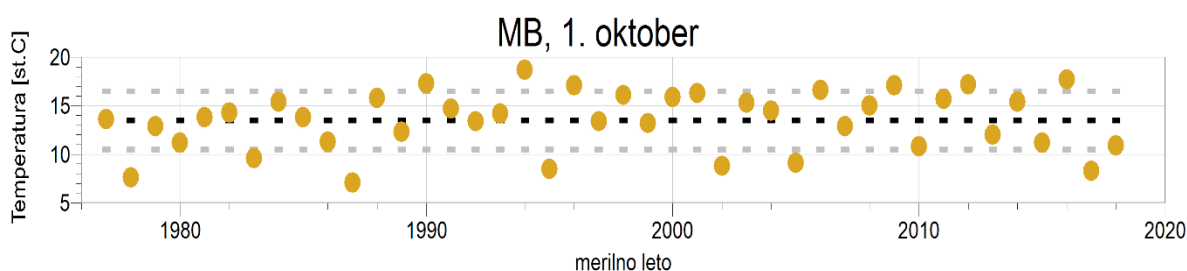
Celoten postopek sem ponovila še za 3 primerjalne meteorološke postaje iz drugih delov Slovenije: Ljubljana-Bežigrad, Rateče in Portorož-letališče. Pri postaji Portorož-letališče je bilo na voljo za deset let manj podatkov, torej le za obdobje 1987-2018.

3.2.1 Postaja Letališče Edvarda Rusjana Maribor

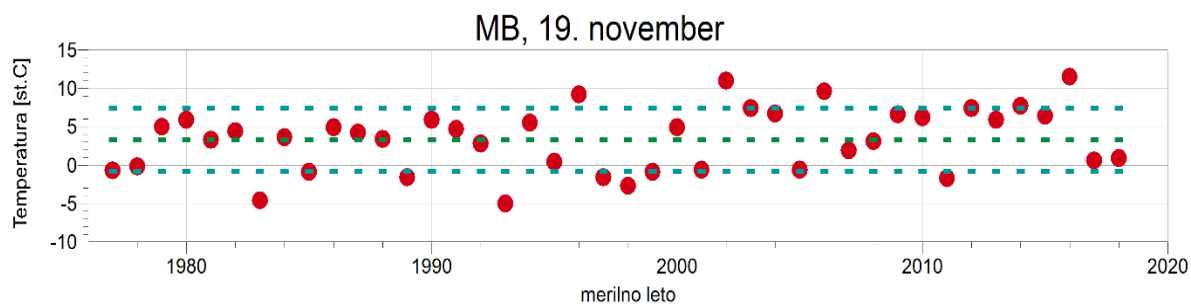
Grafi 1, 2 in 3 prikazujejo zaporedoma izmerjene povprečne dnevne temperature zraka za tri izbrane dni v letu (1. oktober je 1. merilni dan., 19. november predstavlja sredino merilnega obdobja in 8. januar je zadnji, 100. merilni dan). Podatki se nanašajo za merilno postajo Letališče Edvarda Rusjana Maribor v obdobju 1997-2018.

Opazimo lahko, da se povprečna dnevna temperatura za izbrani dan z leti naključno spreminja. Iz grafov sta lepo razvidna pomen povprečne vrednosti (prekinjena črta na sredini) in standardnega odklona (zgornja in spodnja prekinjena črta): približno polovica podatkov leži nad označeno povprečno vrednostjo, polovica pa pod njo, znotraj intervala, ki zajema odmik od povprečja za vrednost standardnega odklona, pa se nahaja približno dve tretjini meritev. Zaradi naključnih nihanj na prvi pogled še ni moč zaznati trenda povečevanja temperature.

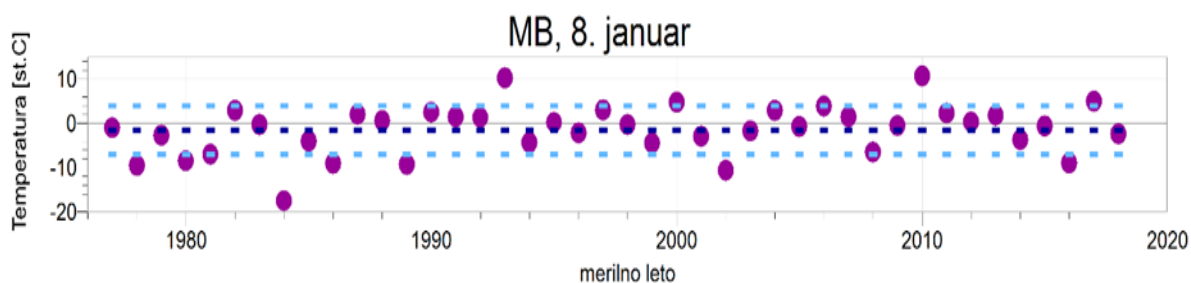
Graf 1: Povprečna dnevna temperatura zraka za 1. oktober v obdobju 1977-2018 na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor



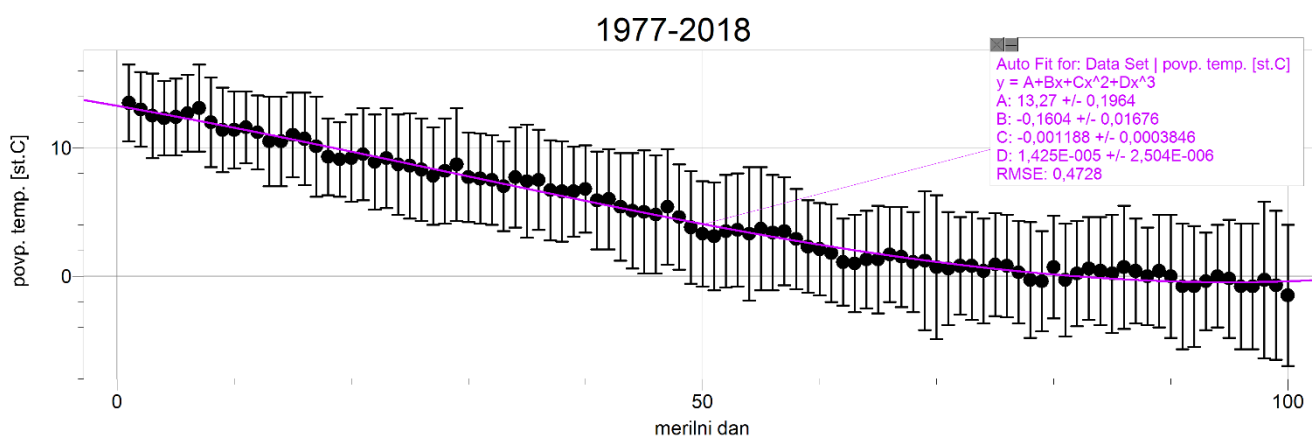
Graf 3: Povprečna dnevna temperatura zraka za 19. november v obdobju 1977-2018 na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor



Graf 2: Povprečna dnevna temperatura zraka za 8. januar v obdobju 1977-2018 na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor



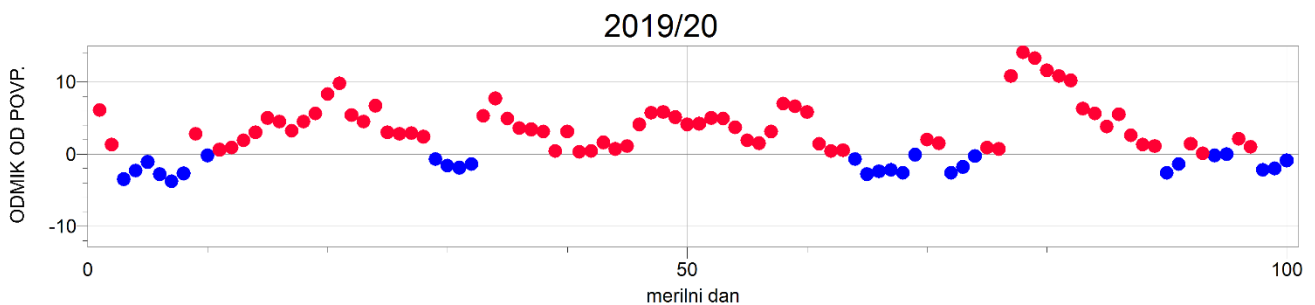
Graf 4: Povprečna dnevna temperatura 100 merilnih dni za obdobje 1977-2018 na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor



Na grafu 4 je prikazan potek povprečne dnevne temperature zraka v obdobju 1977-2018 in standardni odklon za merilno postajo Letališče Edvarda Rusjana Maribor. Zaradi premajhnega števila let lahko še zmeraj opazimo majhna odstopanja od

gladkega povprečja. Vidimo lahko, da se standardni odklon rahlo povečuje; tako sklepam, da so temperature ob koncu merilnega obdobja manj stabilne. Izbrani polinom tretje stopnje lepo opiše potek povprečne temperature. Polinomske temperature postanejo referenčne, z njimi primerjamo letošnje izmerjene temperature.

Graf 5: Topli in hladni dnevi 100 merilnih dni za obdobje 2019/20 na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor

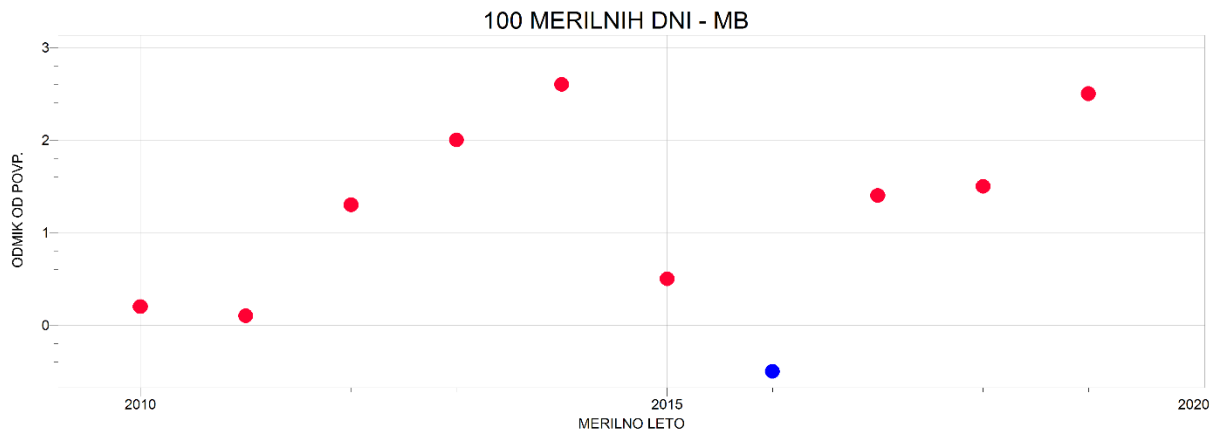


Na grafu 5 so prikazane razlike med letošnjo povprečno dnevno temperaturo in dolgoletnim polinomskim povprečjem ter ustrezna razdelitev 100 merilnih dni na tople in hlade dni. Prevladujejo topli dnevi, hladnih dni je manj kot tretjina, to je 27. Opazimo lahko zaporedja toplejših in hladnejših (redkeje) dni; predvidevam, da gre za tople in hladne fronte. Graf kaže, da je letošnje 100-dnevno obdobje izrazito toplo. Povprečno odstopanje od dolgoletnega povprečja je 2,5 °C. Na osnovi tega še ne moremo zanesljivo sklepati, da gre za posledico globalnega segrevanja; lahko da gre le za vpliv daljše tople fronte v izbranem merilnem obdobju.

V naslednjem koraku naredim podobno primerjavo še za preostalih zadnjih deset let. Iz grafa 6 je razvidno, da je bila v zadnjih 10 letih povprečna temperatura zraka v 100-dnevnom merilnem obdobju le eno leto nižja od dolgoletnega povprečja, v povprečju je bila temperatura višja za 1,2 °C. To kaže na to, da letošnje leto ni bilo izjemoma toplo, ampak, da so temperature znotraj izbranega 100-dnevnega merilnega obdobja sledila trendu zadnjih 10 let. Na osnovi teh ugotovitev, že lahko

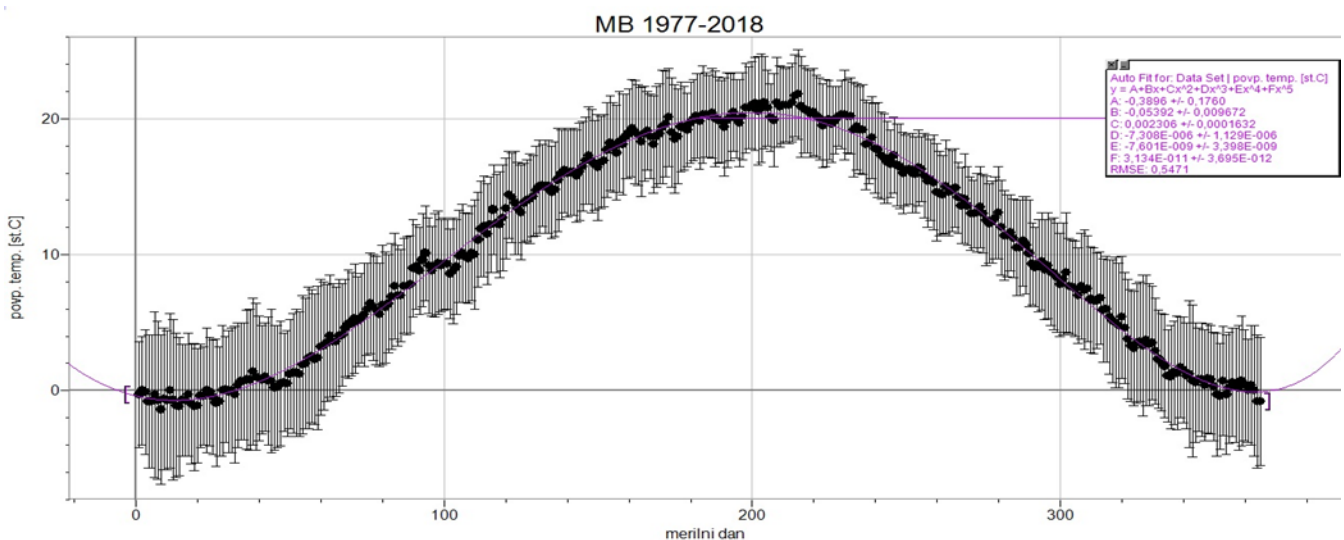
s precejšnjo verjetnostjo sklepam, da se temperature zraka v naključno izbranem merilnem obdobju povečujejo in da gre verjetno za vpliv globalnega segrevanja.

Graf 6: Razlike med izmerjenimi povprečnimi temperaturami zraka v 100-dnevem merilnem obdobju za posamezno leto in dolgoletnim povprečjem (1977-2018) na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor



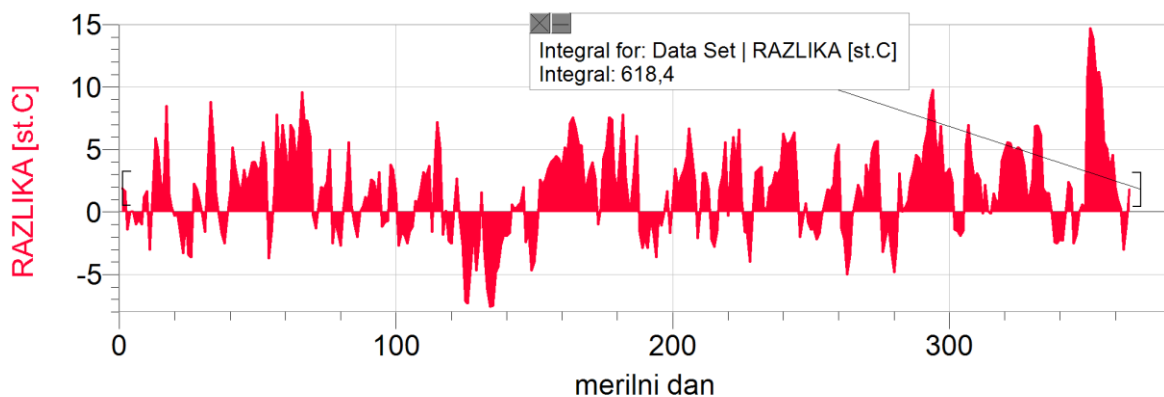
Za še večjo zanesljivost in potrditev razlage rezultatov v naslednjem koraku razširim analizirano merilno obdobje na celotno leto. Na grafu 7 sta prikazana dolgoletna povprečna temperatura in standardni odklon za vse dni v letu za merilno postajo Letališče Edvarda Rusjana Maribor, pri čemer je dan 1 prvi dan v letu (1. januar), dan 365 pa zadnji (31. december). Na podoben način kot za 100 merilnih dni poiščem ustrezno prilagoditveno polinomsko funkcijo, ta predstavlja v nadaljnjih analizah referenčne temperature za dolgoletne povprečne dnevne temperature.

Graf 7: Povprečna dnevna temperatura za vsak dan v letu za obdobje 1977-2018 na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor



Na grafu 8 so za vsak dan v letu prikazane razlike med izmerjeno povprečno dnevno temperaturo v letu 2019 in dolgoletnim povprečjem. Zaradi nazornosti sem točke povezala, narisana ploščina pa predstavlja vsoto (integral) razlik. Povprečno razliko dobimo, če vrednost integrala delimo s 365. Podobno kot na grafu 5 opazimo tudi v celoletnem merilnem obdobju več toplih kot hladnih dni, povprečna razlika pa znaša 1,7 °C. To je sicer manj, kot je bila letošnja razlika v 100-dnevnem merilnem obdobju, se pa to sklada z 10-letnim povprečjem odmikom znotraj 100-dnevnega merilnega obdobja. Predvidevam, da se pri razširjenem merilnem obdobju zmanjša vpliv posameznih toplih in hladnih front, rezultati analize pa postanejo veliko bolj merodajni. Opisani rezultat dodatno potrjuje domnevo, da se povprečne temperature zraka v Mariboru z leti povečujejo.

Graf 8: Razlika med izmerjeno povprečno dnevno temperaturo zraka v letu 2019 in dolgoletnim povprečjem (42 let) za vse dni v letu za merilno postajo Letališče Edvarda Rusjana Maribor

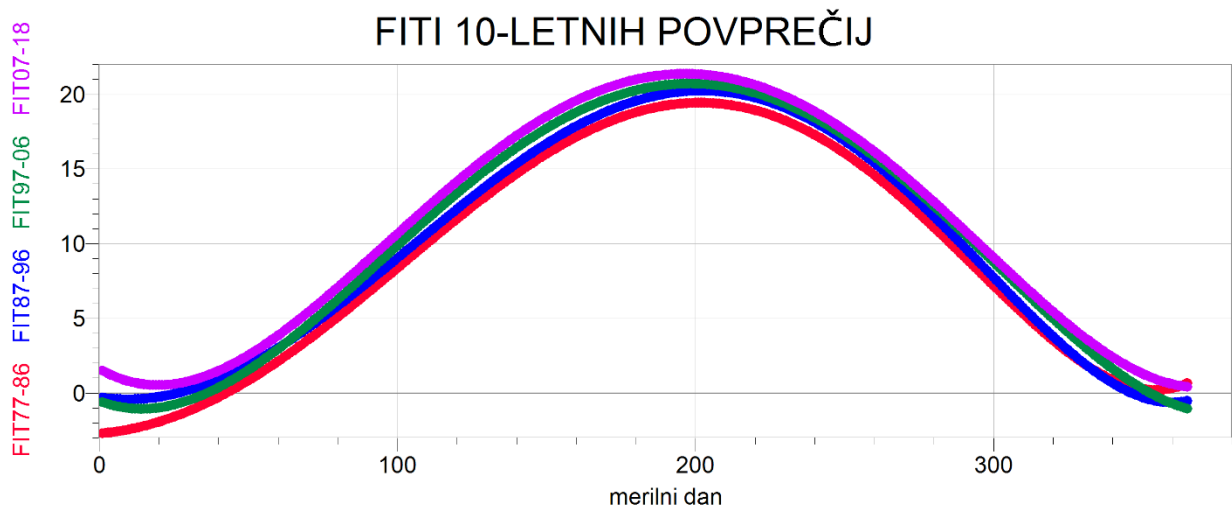


V naslednjem koraku podrobneje raziščem, kako se je povprečna temperatura zraka v Mariboru spreminjala skozi 42 letno obdobje. V ta namen razdelim 42-letno obdobje v štiri razrede (1977-1986, 1986-1997, 1998-2007, 2008-2018); za vsak razred poiščem prej opisane polinomske prilagoditvene funkcije.

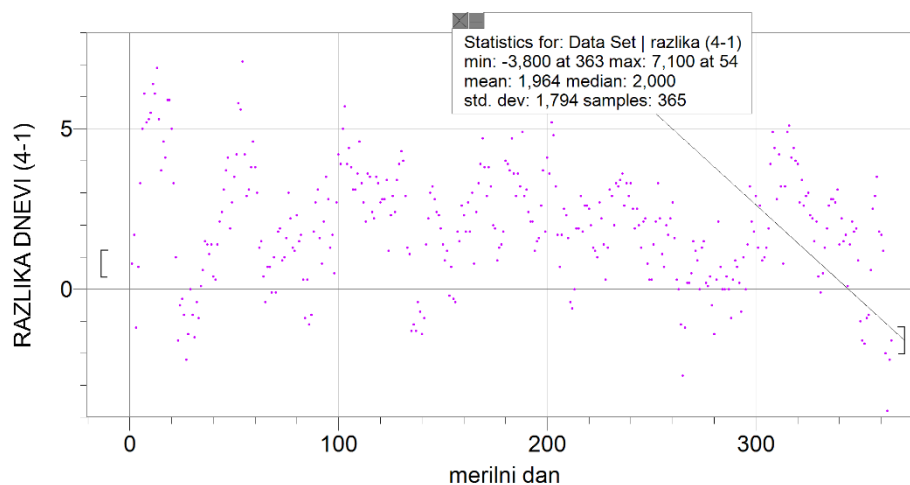
Na grafu 9 so prikazane prilagoditvene krivulje za vse štiri časovne razrede/obdobja. Primerjava polinomskih krivulj za Maribor kaže monotono povečevanje povprečne temperature skozi posamezna časovna obdobja za večji del leta. Krivulja prvega

desetletja (1977-1986) je skoraj v vseh odsekih najnižja, krivulja zadnjega razreda (2007-2018) pa najvišja. Iz grafov lahko v grobem razberemo, da se je povprečna dnevna temperatura zraka v obdobju 1977-2018 postopoma povečevala za vse dni v letu, obe skrajni krivulji pa se v povprečju razlikujeta za približno 2 °C. Prilagoditvene krivulje so približki, ki sicer podajo zelo nazoren prikaz stanja, pri čemer pa začetki in konci krivulj niso relevantni (prva in zadnja dva meseca predstavljata sistematično napako); za natančnejši izračun razlike med obema skrajnima obdobjema v naslednjem koraku uporabim prava povprečja po dnevih (graf 10).

Graf 9: Polinomske prilagoditvene krivulje poteka povprečne dnevne temperature tekom leta za štiri izbrane časovne razrede na merilni postaji Letališče Edvarda Rusjana Maribor



Graf 10: Razlika med povprečno dnevno temperaturo zraka za 4. časovni razred/obdobje (2007-2018) in 1. časovni razred/obdobje (1977-1986) za vse dni v letu za merilno postajo Letališče Edvarda Rusjana Maribor



Natančnejša analiza pokaže, da je med zadnjim in prvim razredom/obdobjem povprečna razlika temperature zraka med letom 2 °C; skoraj pri vseh dneh tekom leta je temperatura v četrtem razredu (2007-2018) višja kot v prvem razredu (1977-1986). Opažam, da se vpliv statističnih nihanj zmanjšuje, rezultati pa z razširitvijo obsega podatkov in ustreznim tvorjenjem razredov oz. podskupin postajajo vedno bolj zanesljivi.

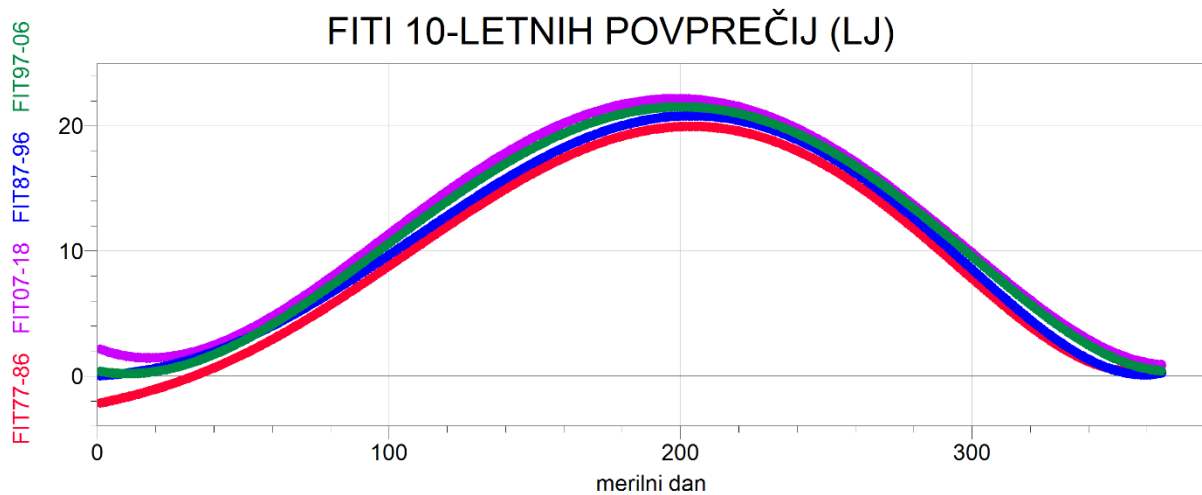
Če privzamemo, da temperature naraščajo enakomerno tudi znotraj posameznega razreda, lahko 4. krivulja predstavlja približek za povprečno temperaturo v sredini tega razreda, to je okrog leta 2013, 1. krivulja pa povprečno temperaturo okrog leta 1982. Ta privzetek nas vodi do ocenjene hitrosti naraščanja povprečne temperature zraka v Mariboru na 2,0 °C/(31 let) oziroma 0,065 °C/leto.

Celotno opisano analizo, ki sem jo naredila za mesto Maribor, sem ponovila še z podatki za 3 izbrane kraje v Sloveniji (Ljubljana, Rateče in Portorož). Rezultati analize in primerjava z Mariborom so predstavljeni v naslednjem podpoglavju.

3.2.2 Merilne postaje Ljubljana-Bežigrad, Rateče in Portorož-letališče

Izračunano povprečno odstopanje dnevne temperature zraka leta 2019 od dolgoletnega povprečja za 100 merilnih dni znaša za merilno postajo Ljubljana-Bežigrad 2,3 °C, za 365 merilnih dni pa 1,7 °C, kar je primerljivo z ugotovitvami za Maribor. Graf 11 prikazuje prilagoditvene krivulje za štiri razrede za merilno postajo Ljubljana-Bežigrad. Potek krivulj je močno podoben krivuljam za Maribor (graf 9); iz skrajnih dveh krivulj ocenim hitrost naraščanja povprečne dnevne temperature zraka na 2,2 °C/(31 let) oziroma na 0,071 °C/leto, kar je nekoliko več kot v Mariboru.

Graf 11: Polinomske prilagoditvene krivulje poteka povprečne dnevne temperature tekom leta za štiri izbrane časovne razrede na merilni postaji Ljubljana-Bežigrad



Rezultati za merilni postaji Rateče in Portorož-letališče so podobni kot za Maribor in Ljubljano. Pri Ratečah je letošnje povprečno odstopanje dnevne temperature zraka od dolgoletnega povprečja za 100 merilnih dni 1,9 °C, enako tudi za Portorož, za 365 merilnih dni pa 1,4 °C (Rateče) oz. 1,1 °C za Portorož. Iz skrajnih dveh polinomskih krivulj ocenjenim hitrosti naraščanja povprečne letne temperature zraka: znašata 1,9 °C/(31 let) oz. na 0,060 °C/leto (Rateče) in 1,2 °C/(21 let) oz. na 0,057 °C/leto (Portorož).

Natančnejše ocene hitrosti povečevanja povprečne dnevne temperature zraka dobim z izračunom razlik povprečnih dnevni temperatur med vsemi štirimi časovnimi razredi (ekvivalentno uporabi vseh štirih prilagoditvenih funkcij). Ko uporabim povprečno temperaturo znotraj izbranega razreda kot približek za povprečno dnevno temperaturo na sredini tega časovnega razreda (leto 1982, 1992, 2002 in 2013), lahko hkrati preverim tudi domnevo o relativno enakomernem naraščanju povprečne temperature zraka tekom zadnjih 42 let. Na grafu 12 so tako za posamezni kraj s stolpci različnih barv prikazani prirastki povprečnih temperatur glede na izhodiščni časovni razred (leto 1982 za Maribor, Ljubljano in Rateče oz. leto 1992 za Portorož). Ker se stolpci med seboj prekrivajo zaradi nazornosti niso predstavljeni v celotni širini, njihove sredine pa sovpadajo v prej naštetih letih. V programu Loger Pro uporabim vgrajeno funkcijo »Linear Fit« in za posamezni kraj poiščem premico, ki se najbolje prilega sredinam stolpcev. Opazim, da lahko s premicami relativno dobro opišem naraščanje povprečne temperature zraka za vse štiri izbrane kraje, kar v grobem potrjuje domnevo o enakomernem naraščanju temperature. Naklon premice je merilo za hitrost naraščanja povprečne dnevne temperature zraka. Premice za Maribor (vijolična), Rateče (modra) in Portorož (oranžna) imajo podobno strmino, iz tega lahko sklepamo, da je stopnja segrevanja podobna. Premica za Ljubljano (zelena) je nekoliko bolj strma, kar kaže na hitrejše segrevanje zraka. V tabeli 3 so za vse štiri kraje prikazane hitrosti naraščanja povprečne temperature zraka, dodane so tudi ocene napak. V grobem so na opisani način določene hitrosti podobne tistim, ki smo jih izračunali iz razlike skrajnih dveh prilagoditvenih krivulj.

Graf 12: Približek za naraščanje povprečne temperature zraka v obdobju 1977-2018 za štiri merilne postaje (Letališče Edvarda Rusjana Maribor, Ljubljana-Bežigrad, Rateče in Portorož-letališče)

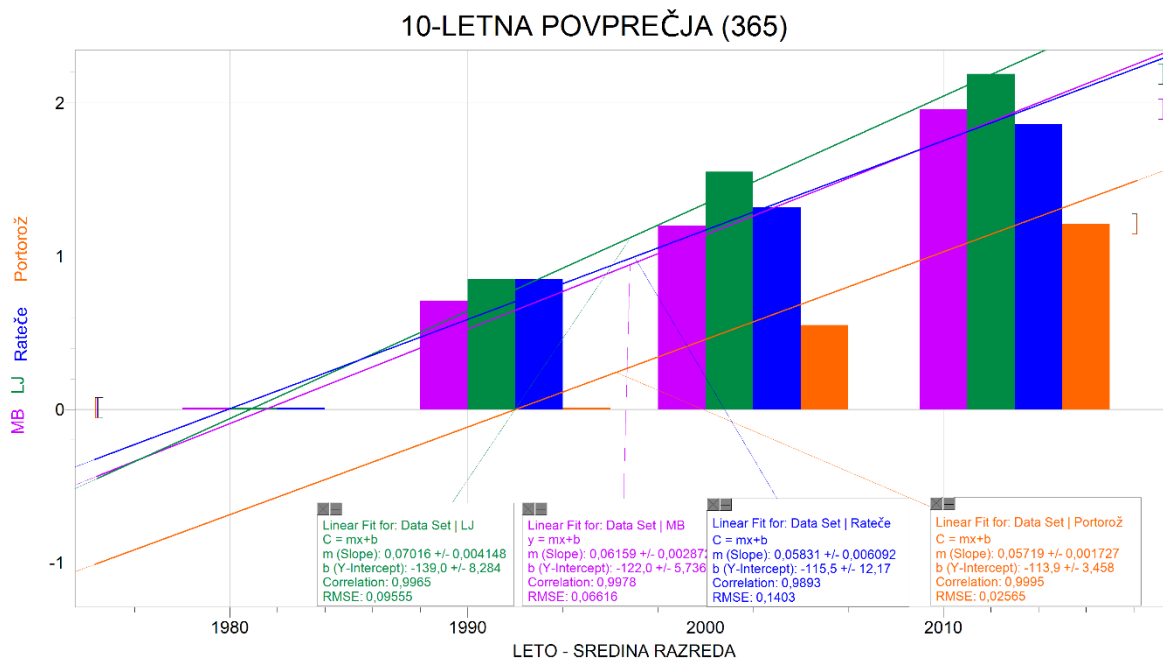


Tabela 3: Izmerjene hitrosti segrevanja povprečne temperature zraka za različne kraje v Sloveniji

Merilna postaja	Hitrost naraščanja povprečne temperature zraka (°C/leto) v obdobju 1977-2018
Letališče Edvarda Rusjana Maribor	0,062 ± 0,003
Ljubljana-Bežigrad	0,071 ± 0,004
Rateče	0,058 ± 0,006
Portorož-letališče*	0,057 ± 0,002

* obdobje 1987-2018

4 RAZPRAVA, INTERPRETACIJA REZULTATOV

4.1 Ovrednotenje hipotez

V javnosti se še vedno pojavljata vprašanji, ali globalno segrevanje res obstaja in ali je to samo del nekega naravnega cikla, ali pa smo globalno segrevanje povzročili ljudje s sežiganjem fosilnih goriv.

V letu 2016 objavljene znanstvene raziskave (članki) potrjujejo obstoj globalnega segrevanja in ga hkrati razlagajo kot posledico človeških aktivnosti. (Ambrožič [online])

Rezultati prikazani v raziskovalni nalogi potrjujejo, da je globalno segrevanje realen in ne izmišljeni pojem, katerega posledice lahko zaznamo tudi v Mariboru (lokalno okolje), ter tudi v drugih krajih po Sloveniji.

Eden od glavnih indikatorjev sprememb so izmerjene temperature zraka, z njimi se ukvarjam v okviru raziskovalne naloge. Moje odkritje se sklada z izsledki drugih; Bojan Ambrožič se v svojem članku Globalno segrevanje: mit ali resničnost? sprašuje podobno in odločno potrди, da globalno segrevanje ni izmišljen problem, ampak gre za nekaj, v kar smo že globoko zabredli.

Potrdim lahko tudi hipotezo, da se izmerjena temperatura domače merilne postaje (Mb-center) ne razlikuje bistveno od uradne meteorološke postaje ARSO (Letališče Edvarda Rusjana Maribor). Temperatura se razlikuje za 1 °C, kar je v okviru predvidene sistematične merske napake uporabljenega termometra.

Potrdim lahko tudi tretjo in četrto hipotezo: izmerjene temperature že v relativno kratkem merilnem obdobju (100 merilnih dni) s precejšnjo verjetnostjo kažejo na vpliv globalnega segrevanja v Mariboru. Domnevo podkrepim z analizo uradno dostopnih dolgoletnih izmerjenih temperatur v Mariboru. Znotraj izbranih 100 merilnih dni je bila povprečna temperatura zraka v letu 2019/20 glede na povprečje zadnjih 42 let višja za 2,5 °C. Podobne ugotovitve veljajo tudi za vsako od zadnjih 10 let; v kar devetih od desetih

let je bila povprečna temperatura zraka v tem obdobju višja od dolgoletnega povprečja, v povprečju so bile v tem obdobju temperature višje za 1,2 °C.

Analiza in sklepi postanejo še bolj verjetni, ko razširim merilno obdobje na celotno leto (365 dni). Tako je bila v Mariboru povprečna temperatura zraka v letu 2019 za 1,7 °C višja od dolgoletnega povprečja (42 let). S tem postane hipoteza o vplivu globalnega segrevanja na lokalno izmerjene temperature potrjena še z večjo verjetnostjo.

Z raziskovanjem sem potrdila tudi peto hipotezo, da so podobni rezultati pričakovani tudi za druge izbrane kraje po Sloveniji. Domneve o odvisnosti vpliva globalnega segrevanja na spreminjanje temperature v Sloveniji od podnebja ne morem potrditi, hitrost naraščanja povprečne temperature je približno enaka za kraje z zelo različnim podnebjem (Maribor, Ljubljana s celinskim podnebjem, Rateče z gorskim podnebjem, Portorož s submediteranskim podnebjem). Rahlo odstopajo le rezultati za Ljubljano; dopuščam možnost, da na lokalno povečevanje temperature zraka po Sloveniji bolj kot samo podnebje vpliva lokalna stopnja poseljenost (urbanizacija).

4.2 Ovrednotenje rezultatov in metode dela ter možne izboljšave

Ugotovila sem, da so povprečne izmerjene temperature zraka naključni pojav; da bi presegli naključna (statistična) nihanja, pa je potrebno uporabiti čim večje število neodvisnih podatkov. S tem postanejo rezultati analize bolj zanesljivi, vsi sklepi in napovedi pa bolj pravilni.

Metoda dela je bila za mojo izbrano temo ustrezna, trudila sem se čim bolj sistematično lotiti svoje teme raziskovalne naloge in jo posledično čim bolj raziskati in predstaviti. Tako sem želela ustvarila čim bolj natančno sliko segrevanja Maribora - tako sliko, ki se čim bolj sklada z realnim stanjem. Iz eksperimenta za najožje področje (domači kraj, 100 merilnih dni) sem raziskavo razširila na primerjavo s podatki iz portala ARSO za Maribor, kasneje še na daljše časovno obdobje za ta kraj ter tudi za druge kraje po Sloveniji.

Ugotovila sem, da z lastnimi meritvami ni mogoče zagotoviti reprezentativnosti vzorca. To bi veljalo tudi v primeru, ko bi imela za izdelavo raziskave veliko več časa. Po drugi

strani pa vedno večja množica meteoroloških podatkov, ki so večinoma javno dostopni, omogoča kvalitetne analize in precej zanesljive ugotovitve.

Možno nadaljevanje naloge predstavlja razširitev analize z dodatnimi kraji po Sloveniji ter kraji v sosednjih državah, ki so relativno blizu. V nadaljnjem koraku bi vključila tudi bolj oddaljene kraje po Evropi, v končni fazi pa bi lahko na podoben način analizirala podatke še za večja svetovna mesta na različnih kontinentih. Z enotno metodologijo in obsežno analizo bi se moja spoznanja o globalnem segrevanju še razširila in poglobila.

Čeprav sem analizo začela strogo lokalno s podatki močno omejenega časovnega obsega, so nadaljnje razširjene analize potrdile prve domneve o posledicah globalnega segrevanja na temperature zraka v lokalnem okolju.

Iz rezultatov lahko z veliko gotovostjo zaključim, da se v zadnjih 42 letih povprečna letna temperatura zraka v Mariboru povečuje s hitrostjo $(0,062 \pm 0,003)$ °C/leto. Temperatura narašča približno enakomerno skozi celotno analizirano obdobje, med posameznimi obdobji v letu pa ni opaziti občutne razlike. Rezultat me je osupnil, saj pomeni dvig povprečne temperature za 2,0 °C v približno 32 letih, pri čemer ni opaziti, da bi se segrevanje ozračja že začelo upočasnjevati. Podobno se segrevajo tudi drugi kraji po Sloveniji. Tako je bilo denimo v Ljubljani za dvig povprečne temperature 2,0 °C potrebno le 28 let. To je veliko več od hitrosti segrevanja, ki jo za Slovenijo navajajo na ARSO spletnih straneh in znaša 1,7 °C/(50 let). Predvidevam, da so v ARSO-analizo vključili tudi leta, ko segrevanje še ni bilo tako izrazito, ali pa so v svojem modeliranju uporabili postopke, s katerimi nisem seznanjena.

Mislím, da lahko rezultati ta raziskovalne naloge pripomorejo k boljšemu razumevanju ljudi o obsegu segrevanja ozračja v naših krajih in o vplivu globalnega segrevanja. Moja naloga in njeni rezultati predstavljajo relativno preprost dokaz, da je stopnja segrevanja temperature zraka v Sloveniji že kar alarmantna in da se je potrebno lotiti te problematike; ne samo govoriti o njej, ampak začeti izvajati dejanske ukrepe, s katerimi bi stopnjo segrevanja kratkoročno vsaj znižali ali omejili.

5 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Motivacija za mojo raziskovalno nalogo sovпада z zavedanjem, da je globalno segrevanje razširjen problem, ki resno ogroža trajnosti razvoj, ta pa je pogoj za obstoj človeštva. Z raziskavo želim opozoriti na vpliv segrevanja na vsakdanje življenje ljudi v mojem ožjem okolju. Tako želim družbo opomniti, da je tudi Maribor del tega problema, da se torej dogaja tukaj in zdaj; ne gre za težavo, ki nas Slovencev ne bi ogrožala. Držala sem se vseh sedmih načel: odgovornosti za vpliv, transparentnosti (preglednosti podatkov), etičnega obnašanja, spoštovanja interesov deležnikov, vladavine prava, mednarodnih norm obnašanja in človekovih pravic. Moja naloga na preprost in jasen način nakazuje, da je na posameznikih in hkrati družbenih skupinah, da se obnašajo družbeno odgovorno do narave in ukrepajo na področju izbrane raziskovalne teme (segrevanje ozračja). Podatke sem podala pregledno, sklepi in dejavnosti v okviru raziskovalnega dela so v celoti in natančno razkriti, tako so upoštevane vrednote poštenosti, pravičnosti in celovitosti.

6 ZAKLJUČEK/SKLEPI

Namen moje raziskave je bil iz vseh pridobljenih podatkov (izmerjeni in tistih s spleta) ustvariti sliko o vplivu globalnega segrevanja na temperature v domačem kraju Mariboru, kar mi je v večji meri tudi uspelo. Poleg tega sem razširila spoznanje tudi na preostale dele Slovenije.

V raziskovalni nalogi sem ugotovila, da je bilo 100-dnevno merilno obdobje (1. september 2019 – 8. januar 2020) v Mariboru izrazito toplo, povprečna temperatura zraka je bila za 2,5 °C višja od 42-letnega povprečja v obdobju 1977-2018. Podobne ugotovitve veljajo tudi na celoletnem nivoju: v letu 2019 je bila povprečna temperatura zraka za 1,7 °C višja od dolgoletnega povprečja. Opisane ugotovitve so postale v zadnjih desetih letih običajne: v devetih od zadnjih desetih let je bila povprečna temperatura zraka znotraj 100-dnevnega merilnega območja višja od dolgoletnega povprečja, povprečna razlika znaša 1,2 °C. Opisane ugotovitve niso značilne samo za mesto Maribor, ampak lahko podobne trende zaznamo tudi iz javno dostopnih izmerjenih temperatur zraka v ostalih krajih po Sloveniji (Ljubljana, Rateče, Portorož).

Iz analiziranih javno dostopnih povprečnih temperatur zraka lahko z veliko gotovostjo zaključim, da se v zadnjih 42 letih povprečna letna temperatura zraka v Mariboru povečuje s hitrostjo $(0,062 \pm 0,003)$ °C/leto, kar pomeni, da se je povprečna temperatura zraka v zadnjih 32 letih povečala za 2,0 °C. Gre za približno enakomerno naraščanje temperature skozi celotno analizirano obdobje, med posameznimi obdobji v letu pa ni opaziti znatne razlike. Podobna slika velja tudi za drugi kraje po Sloveniji. Pri tem je pomembno spoznanje, da je segrevanje ozračja v grobem neodvisno od lokalnega podnebja.

Vse našete ugotovitve potrjujejo hipotezo o tem, da lahko vpliv globalnega segrevanja v obliki povečane povprečne temperature zraka relativno hitro zaznamo in znanstveno dokažemo tako v mojem domačem kraju (Maribor), kakor tudi v drugih krajih po Sloveniji. V splošnem velja, da temperature po Sloveniji naraščajo hitreje od globalnega trenda na nivoju planeta Zemlje.

Z nadaljnjo analizo, pri kateri bi uporabila enako metodologijo in bi vključevala urbana središča v sosednjih državah, bi najverjetneje dobila odgovore tudi na to, v kolikšni meri lokalna naraščanja povprečne temperature zraka sledijo globalnim trendom in v kolikšni meri se da s preudarno politiko in dobrimi rešitvami pri načrtovanju izpustov toplogrednih plinov vplive globalnega segrevanja omejiti.

7 VIRI IN LITERATURA

7.1 Knjižni viri

1. KLADNIK, Rudolf in KODBA, Stane. *Elektrika, magnetizem in atomi: Učbenik za fiziko za gimnazije in srednje šole 3*. 1. izd, 1. natis. Ljubljana: DZS, 2017. ISBN 978-961-02-0845-7.
2. KLADNIK, Rudolf in KODBA, Stane. *Energija, toplota, nihanje in valovanje: Učbenik za fiziko za gimnazije in srednje šole 2*. 1. izd, 2. natis. Ljubljana: DZS, 2017. ISBN 978-961-02-0733-7.
3. VUJNOVIĆ, Vladis. *Astronomija 2: Metode astrofizike, Sunce, zvezde i galaktike*. Zagreb: Školska knjiga, 1990. ISBN 86-03-99427-7.
4. ZIDAR, Peter. *Odstrto vesolje*. Posebna izdaja revije Življenje in tehnika. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2008. ISBN 978-961-251-096-1.
5. ZWITTER, Tomaž. *Pot skozi vesolje*. 1. izd. Ljubljana: Modrijan, 2002. ISBN 961-6357-87-5.

7.2 Elektronski viri

1. AMBROŽIČ, Bojan. Globalno segrevanje: mit ali resničnost? Znanost na cesti, znanje in ideje na prepihu [online]. [Citirano 12. jan. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <<https://znc.si/blog/globalno-segrevanje-mit-ali-resnicnost/>>.
2. KÖPPNOVA podnebna klasifikacija. Wikipedija: prosta enciklopedija [online]. [Citirano 4. feb. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://sl.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppnova_podnebna_klasifikacija#Zmerno_toplo_de%C5%BEEvno_podnebje>.
3. OBČA geografija - evalvacija, 2. del [online]. [Citirano 29. jan. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://issuu.com/rokus-klett/docs/ob_a_geografija_-_evalvacija>.

4. REPNIK, Robert et. al. Fizika 9: i-učbenik za fiziko v 9. razredu osnovne šole [online]. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo, 2014. [Citirano 3. jan. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <<http://eucbeniki.sio.si/fizika9/>>. ISBN 978-961-03-0199-8.
5. SEVANJE ali zakaj se vse skupaj dogaja. Projekti študentov: Sevanje [online]. [Citirano 3. jan. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.fmf.uni-lj.si/~zagarn/s_sevanje.php>.
6. VERTAČNIK, Gregor et al. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011: Povzetek [online]. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, 2018. [Citirano 3. jan. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/change/>>. ISBN 978-961-6024-77-8.

7.3 Slikovni viri

1. Belo pobarvana hišica merilne postaje. Lasten arhiv avtorja.
2. Domača merilna postaja – pogled od bližje. Lasten arhiv avtorja.
3. Domača merilna postaja – pogled do tal za občutek višine. Lasten arhiv avtorja.