

Trendi maksimalnih temperatur in vročinskih valov v Sloveniji

Igor Žiberna*

DOI: <https://doi.org/10.62409/czn.290>
CC BY-SA 4.0

UDK – UDC: 911.2:551.583(497.4)

Potrjeno – Accepted: 8. 5. 2025 | Objavljeno – Published: 29. 10. 2025

1.01 Izvirni znanstveni članek – 1.01 Original Scientific Article

Igor Žiberna: Trendi maksimalnih temperatur in vročinskih valov v Sloveniji. Časopis za zgodovino in narodopisje, Maribor 96=61(2025), 1–2, str. 221–249

Ena najbolj vidnih posledic podnebnih sprememb je višanje temperatur zraka, kar se manifestira tudi v dvigovanju maksimalnih in minimalnih temperatur. S tem procesom so povezani vedno pogostejši temperaturni ekstremi; posledica tega so izrazitejša toplotne obremenitve v poletnih mesecih, zlasti v obdobjih vročinskih valov. V članku analiziramo trende maksimalnih temperatur, trende vročih dni in trende števila in trajanja vročinskih valov v Sloveniji v obdobju 1961–2024. V članku so nakazani tudi možni scenariji spreminjanja maksimalnih temperatur v Sloveniji do konca 21. stoletja, če bi se sedanji temperaturni trendi nadaljevali.

Ključne besede: trendi maksimalnih temperatur, vročinski valovi, podnebne spremembe, Slovenija.

Igor Žiberna: Trends in Maximum Temperatures and Heat Waves in Slovenia. Review for History and Ethnography, Maribor 96=61(2025), 1–2, pp. 221–249

One of the most visible consequences of climate change is the rise of air temperatures, which also manifests itself in the increase of maximum and minimum temperatures. This process is associated with increasingly frequent temperature extremes; as a con-

* Dr. Igor Žiberna, red. prof., (ORCID identifier 0000-0003-4796-4061), Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Koroška cesta 160, 2000 Maribor, Slovenija, igor.ziberna@um.si – Igor Žiberna, PhD, Full Professor, (ORCID identifier 0000-0003-4796-4061), University of Maribor, Faculty of Arts, The Department of Geography, Koroška cesta 160, SI 2000 Maribor, Slovenia, igor.ziberna@um.si

sequence, heat stress in the summer months is becoming more pronounced, especially during periods of heat waves. The paper analyzes the trends of maximum temperatures, the trends of hot days, and the trends in the number and duration of heat waves in Slovenia in the period 1961–2024. The paper also indicates possible scenarios of changes in maximum temperatures in Slovenia until the end of the 21st century if the current temperature trends were to continue.

Keywords: trends of maximum temperatures, heat waves, climate change, Slovenia.

UVOD

Podnebje na našem planetu se je spreminjalo, odkar ima Zemlja plinski ovoj, ki ga imenujemo atmosfera (Provenziale, 2023, 1–4). Do 19. stoletja se je podnebje spreminjalo zaradi popolnoma naravnih razlogov. Podnebje je bilo marsikdaj bistveno toplejše od današnjega, v času holocena pa je bilo podnebje nenavadno stabilno. Z industrijsko revolucijo in z začetkom intenzivnejše uporabe fosilnih goriv ter višjimi antropogenimi emisijami toplogrednih plinov pa se je kot posledica spremenjene energijske bilance podnebje na Zemlji začelo ogrevati zelo hitro (Gaffney, Rockstroem 2021; Alcamo, Olesen 2012). Po poročilu Medvladnega panela za podnebne spremembe iz leta 2021 (Climate Change 2021, 2812) so se povprečne temperature v obdobju 1850–2019 dvignile za 0,8 °C–1,3 °C, globalne minimalne temperature na kopnem pa so porasle trikrat intenzivneje v primerjavi z globalnimi povprečnimi temperaturami. To še posebej velja za območja Arktike. Minimalne temperature bodo po predvidevanjih Medvladnega panela za podnebne spremembe (IPCC) na kopnem na severni poluti v prihodnje ponekod naraščale celo hitreje od maksimalnih temperatur (Climate Change 2021, 3000). Lahko zatrdimo, da so podnebne spremembe in posledice le-teh eden od največjih okoljskih izzivov naše generacije.

Dosedanje študije so pokazale, da imajo sedanji temperaturni trendi pomemben vpliv na hidrološki cikel (Alfieri et al. 2017; Sun, Miao 2018; Zheng in sod. 2019; Gou in sod. 2020), proizvodnjo hrane (Asseng in sod. 2015), razporejanje energije (Mcglade, Ekins 2015), širjenje bolezni (Levy in sod. 2016; Colon-Gonzalez in sod. 2018), naravne nesreče (Miao in sod. 2010, 2011; Diffenbaugh 2017; Sun in sod. 2020) in družbeno-ekonomski razvoj (Burke in sod. 2015). Dvig temperature za 2 °C do konca 21. stoletja naj bi po napovedih privedel do povprečnega dviga svetovnega morja za 20 cm (Jevrejeva in sod. 2016), segrevanje za 1,5 °C pa naj bi privedlo do intenzivnejšega taljenja ledenikov v visokogorju v Aziji, tako da bo do konca 21. stoletja ostalo le 64 % njihove sedanje ledene mase (Yao 2012; Kraaijenbrink in sod. 2017). Spremembe temperatur torej vplivajo na širok spekter okoljskih prvin, s katerimi pa ni povezan le človek, pač pa ves živi svet.

Spremembe ekstremnih (maksimalnih in minimalnih) temperatur zraka zaradi globalnih podnebnih sprememb predstavljajo samo droben segment v širokem mozaiku podnebnih elementov. Zavedati se moramo tudi, da podnebne spremembe niso enako intenzivne na celotnem planetu. Poročilo Evropske okoljske agencije o podnebnih spremembah v Evropi navaja, da se Evropa segreva hitreje kot ostali svet, Južna Evropa, v katero to poročilo uvršča tudi Slovenijo, pa intenzivneje kot preostanek Evrope. Trendi povprečnih temperatur zraka so bili v obdobju 1992–2021 $0,37\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{desetletje}$, v Južni Evropi pa $0,47\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{desetletje}$. Primerjava z zgoraj navedenimi globalnimi trendi temperatur zraka torej nakazuje, da se Južna Evropa segreva nekajkrat intenzivneje kot Zemlja v celoti. Trendi povprečnih maksimalnih temperatur so v istem obdobju v Zahodni Evropi znašali $0,47\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{desetletje}$, v Južni Evropi pa kar $0,57\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{desetletje}$ (European Climate Risk Assessment 2024, 24).

Vedno višje maksimalne temperature in z njimi povezan pojav vročinskih valov pri nas še ne obravnavamo kot obliko naravne nesreče, čeprav se že kažejo vplivi obremenilnih učinkov zaradi visokih temperatur na smrtnost prebivalstva. Po podatkih Evropske okoljske agencije (EEA, 2017) je v obdobju 1991–2015 v Evropi zaradi vročinskih valov v povprečju umrlo 192 prebivalcev na milijon prebivalcev. Če odštejemo območje vzhodne Evrope, kjer največ ljudi umre zaradi zelo nizkih temperatur, so vročinski valovi daleč najpogostejši vzrok za pojav smrti med vsemi naravnimi nesrečami in za velikostni razred ali dva presegajo smrtnost zaradi ostalih naravnih nesreč. Vročinski valovi in toplotna obremenitev se zaradi globalnega segrevanja vedno pogostejše pojavljajo tudi v subpolarnih geografskih širinah, kjer takih pojavov v preteklosti niso poznali (Pogačar in sod., 2016). Ob vročinskem valu leta 2003 je v Evropi zaradi neposrednih posledic toplotnih obremenitev ob visokih temperaturah umrlo 70.000 ljudi (Robine et al. 2008). V letu 2003 je v Sloveniji v vročinskem valu umrlo 81 prebivalcev več, kot jih sicer umre v tem časovnem obdobju (Tomšič in sod., 2008). V vročinskih valovih v letu 2013 se je prav tako povečalo število umrlih, kar lahko delno pripišemo obremenitvi s toploto: v obdobju vročinskih valov je bilo povprečno 52 umrlih/dan, v obdobju brez vročinskih valov pa 48 umrlih/dan. V študiji o vplivu vročinskih valov na umrljivost v Sloveniji, ki je zajela obdobje 2006–2015 se je izkazalo, da je umrlo v času vročinskih valov 7 % prebivalcev več od pričakovanega. Vpliv vročinskih valov v Sloveniji na število smrti/umrljivost kaže naraščajoč trend za tiste stare več kot 75 let in za tiste z boleznimi obtočil (Perčič in sod., 2017, 33).

Ena od demografskih skupin, ki je za toplotne obremenitve najbolj ranljiva je starejše prebivalstvo. Prebivalstvo v Evropi se stara, še posebej v urbanih območjih, kjer so zaradi pojava mestnega toplotnega otoka toplotne obremenitve še izrazitejše. 1. januarja 2024 je v Evropi živelo 449,3 milijona (21,6 %)

prebivalcev, starejših od 65 let (Medmrežje 1). Po podatkih Statističnega urada RS je v Sloveniji 1. julija 2024 živel 462.512 prebivalcev, starejših od 65 let, kar je predstavljalo 21,7 % vseh prebivalcev v Sloveniji (Medmrežje 2). Življenjska doba prebivalcev se povečuje, zato se bo število kroničnih in degenerativnih bolezni močno povečalo (Prince 2015). Druge ranljive skupine so prebivalci s srčno-žilnimi obolenji, obolenji dihal, obolenji ledvic, prebivalci s sladkorno boleznijo in ljudje z duševnimi motnjami ali boleznimi. Ranljivost za toplotne obremenitve povečuje še življenje v najvišjih nadstropjih zgradb, pomanjkanje klimatskih naprav, debelost in nizek socialnoekonomski status (Perčič in sod, 2017, 30). Toplotnim obremenitvam so v poletnih mesecih zelo izpostavljeni delavci na prostem, kjer se zaradi toplotnega stresa pogosto pojavljajo delovne nesreče. Z višanjem toplotne obremenitve se niža tudi učinkovitost dela: za vsako stopinjo nad 25 °C naj bi se učinkovitost znižala za 2 %. Raziskave so tudi pokazale, da delavci v pisarnah pri 23 °C delajo s 100 % učinkovitostjo, pri 30 °C pa le še s 70 % učinkovitostjo (Zalar in sod., 2017, 44). Seveda pa toplotne obremenitve čuti ves preostali živi svet in v tem smislu celotno problematiko ne bi smeli obravnavati zgolj z antropocentričnega stališča.

Podnebnih sprememb – kot kažejo prepočasni odzivi naše družbe – ne bomo zaustavili. Vprašanje pa je, ali se bomo učinkovito prilagodili nanje. V tem smislu je opozarjanje na problem vedno višjih maksimalnih temperatur in z njimi povezanih toplotnih obremenitev ne le v urbanih okoljih znamenje družbene odgovornosti.

METODOLOGIJA DELA

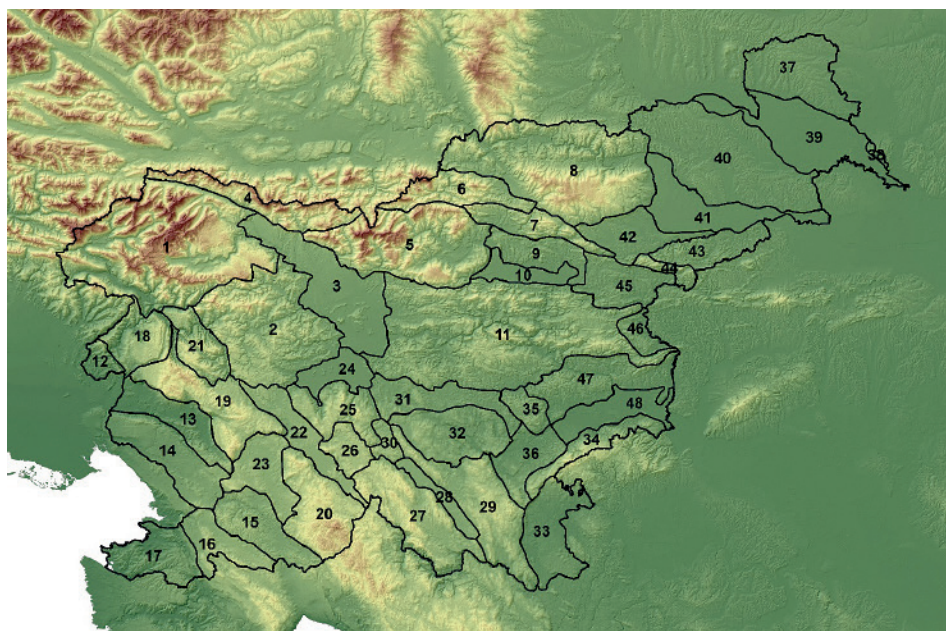
Osnovni vir za analize trendov maksimalnih temperatur so bili podatki izbranih meteoroloških postaj v Sloveniji: Kredarica (2514 m), Bilje (55 m), Postojna (533 m), Novo mesto (220 m), Ljubljana-Bežigrad (299 m), Šmartno pri Slovenj Gradcu (455 m), Maribor (275 m), in Murska Sobota (188 m). Za vse navedene postaje smo analizirali podatke za obdobje 1961–2024, le za meteorološko postajo Bilje so analizirani podatki za obdobje 1962–2024. Meteorološka postaja je namreč na tej lokaciji z delom začela 1. aprila 1962, medtem ko je 1. aprila 1991 prišlo do manjše spremembe lokacije, na kateri postaja deluje še danes. Tudi pri meteorološki postaji Novo mesto je v obravnavanem obdobju prišlo do spremembe lokacij opazovalnega prostora: do decembra 1972 so opazovanja potekala v Gotni vasi, po tem pa na Recljevem hribu v vzhodnem delu Novega mesta. Do sprememb merilnih lokacij je prišlo tudi v Mariboru, kjer so do 1. januarja 2020 potekale meritve na lokaciji Maribor-Tabor, na križišču Ceste Proletarskih brigad in Jadranske ceste. Po tem so meteorološko postajo preselili na Vrbanski plato, torej čisto ven iz

pozidanega dela mesta (Medmrežje 3). Prav zato smo za Maribor za obdobje po 1. januarju 2020 uporabili podatke z avtomatske meteorološke postaje na Pobrežju, ki je z delovanjem začela v okviru temeljnega raziskovalnega projekta, financiranega s strani ARIS, v katerem smo med drugim obravnavali mestni toplotni otok v Mariboru. Meritve na tej lokaciji bistvo bolj odražajo podnebne značilnosti urbanega okolja. Omenimo naj še, da smo za meteorološko postajo Kredarica zaradi visoke nadmorske višine analizirali le trende maksimalnih temperatur, ne pa tudi trende vročih dni in vročinskih valov, saj se ti na tej nadmorski višini ne pojavljajo. Kljub temu pa je analiza trendov maksimalnih temperatur na meteorološki postaji Kredarica vseeno zanimiva predvsem zaradi vpliva maksimalnih temperatur na snežno odejo oziroma na intenzivnost taljenja le-te.

Za vse navedene postaje – z izjemo Maribora za obdobje 2020–2024 – smo podatke pridobili v Arhivu Agencije republike Slovenije za okolje, Urada za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo (Medmrežje 4). Osredotočili smo se predvsem na podatke o dnevni maksimalni temperaturi, ki smo jih nato povprečili na mesečnem, sezonskem, letnem in desetletnem nivoju. V nadaljevanju smo izračunali trende maksimalnih temperatur in trende števila vročih dni (dni z maksimalno temperaturo enako ali višjo od 30,0 °C). Podatki so predstavljali osnovo za določanje vročinskih valov. Definicije vročinskih valov se razlikujejo (Žiberna in sod., 2023). V našem primeru smo – tudi zaradi možnosti kasnejših primerjav – uporabili kriterij, kot sta ga definirala Šelb Šemerl in Tomšič (2008), po katerem je vročinski val obdobje z najmanj petimi zaporednimi dnevi z maksimalno temperaturo vsaj 30,0 °C. Iz dnevnih podatkov o maksimalnih temperaturah smo v skladu z zgoraj zapisanimi kriteriji izločili obdobja z vročinskimi valovi, kar nam je dajalo osnovo za analizo števila in trajanja vročinskih valov. Podatke smo nato predstavili na letnem in desetletnem nivoju.

Vsi zgoraj omenjeni podatki omogočajo natančne analize, njihova slabost pa je, da stanje prikazujejo točkovno, za lokacijo meteorološke postaje. Ker smo podatke o maksimalnih temperaturah želeli prikazati regionalno, za območje celotne Slovenije, smo našo analizo vključili še georeferencirane podatke iz baze Chelsa Climate (Medmrežje 5). Povzeli smo podatke o maksimalnih temperaturah za obdobje 1981–2010, ki so prikazani s prostorsko resolucijo 30 ločnih sekund $\times$ 30 ločnih sekund, kar na območju Slovenije ustreza prostorski resoluciji približno 1 km $\times$ 1 km. Podatke smo analizirali na nivoju celotne Slovenije in na nivoju naravnogeografskih mezoregij, katerih regionalizacija je bila izdelana v okviru projekta Geografska monografija Slovenije in bila objavljena v knjigi »Slovenija. Pokrajine in ljudje« (1998) (Slika 1). Šifre na Sliki 1 označujejo naslednje naravnogeografske mezoregije: 1 Julijske Alpe, 2 Cerkljansko, Škofjeloško, Polhograjsko in Rovtarsko hribovje, 3 Savska ravan,

4 Zahodne Karavanke, 5 Kamniško-Savinjske Alpe, 6 Vzhodne Karavanke, 7 Velenjsko in Konjiško hribovje, 8 Strojna, Kozjak in Pohorje, 9 Ložniško in Hudinjsko gričevje, 10 Savinjska ravan, 11 Posavsko hribovje, 12 Goriška brda, 13 Vipavska dolina, 14 Kras, 15 Brkini in dolina Reke, 16 Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje, 17 Koprška brda, 18 Kambreško in Banjšice, 19 Trnovski gozd, Nanos in Hrušica, 20 Javorniki in Snežnik, 21 Idrijsko hribovje, 22 Notranjsko podolje, 23 Pivško podolje in Vremščica, 24 Ljubljansko barje, 25 Krmsko hribovje in Menišija, 26 Bloke, 27 Velika gora, Stojna in Goteniška gora, 28 Ribniško-Kočevo podolje, 29 Mala gora, Kočevski rog in Poljanska gora, 30 Velikolaščanska pokrajina, 31 Dolenjsko podolje, 32 Suha krajina in Dobropolje, 33 Bela krajina, 34 Gorjanci, 35 Raduljsko hribovje, 36 Novomeška pokrajina, 37 Goričko, 38 Lendavske gorice, 39 Murska ravan, 40 Slovenske gorice, 41 Dravska ravan, 42 Dravinjske gorice, 43 Haloze, 44 Boč in Macelj, 45 Voglajnsko in Zgornjesotelsko gričevje, 46 Srednjesotelsko gričevje, 47 Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje, 48 Krška ravan.



Slika 1: Naravnogeografske mezoregije v Sloveniji s šiframi.

Vir: Perko, Orožen Adamič, 1998.

Na koncu so nas zanimale tudi projekcije maksimalnih temperatur v obdobju 2011–2024 in 2071–2100. Pri tem smo uporabili modelne napovedi o spremembah maksimalnih temperatur za tridesetletna niza 2011–2040 in 2071–2100. Uporabili smo modelno napoved MPI-ESM1-2–HR Inštituta Max Plank za meteorologijo iz Hamburga, in sicer »srednji« scenarij SSP370. Podatki

so v georeferenciranem TIF rastrskem formatu z velikostjo slikovne točke 1 km × 1 km (Medmrežje 6). Scenarij podnebnih sprememb SSP370 tudi poročilo Evropske okoljske agencije (European Climate Risk Assessment 2024) navaja kot verjetni scenarij spreminjanja podnebja v Evropi do konca 21. stoletja. Georeferencirane podatke modelnih napovedi smo, podobno kot v primeru podatkov za obdobje 1981–2010 analizirali na nivoju celotne Slovenije in na nivoju naravnogeografskih mezonegij ter podatke prikazali kartografsko.

TRENDI POVPREČNIH MAKSIMALNIH TEMPERATUR V SLOVENIJI

Trendi povprečnih mesečnih, sezonskih in letnih maksimalnih temperatur v Sloveniji v obdobju 1961–2024

Maksimalne temperature in njihov letni režim kažejo veliko odvisnost od nadmorske višine in oceanskih oziroma celinskih vplivov, števila jasnih dni in celo vplivov specifičnega podnebja v mestih, predvsem mestnega toplotnega otoka. Vsem obravnavanim meteorološkim postajam je skupen trend naraščanja maksimalnih temperatur. Letni režim maksimalnih temperatur je podoben razporeditvi povprečnih temperatur zraka: maksimalne temperature praviloma nastopajo v mesecu po solsticiju, z višanjem nadmorske višine pa se nastop ekstremnih temperatur podaljšuje v skoraj dvomesečni zamik za solsticijem, kar je sicer običajen pojav (Šegota, 1988, 81). Razen na Kredarici so bile povprečne mesečne maksimalne temperature na vseh postajah in v vseh mesecih pozitivne; še najbližje ničli so bile v Šmartnem pri Slovenj Gradcu (povprečna januarska maksimalna temperatura 2,1 °C, decembrska pa 2,3 °C), kar gre pripisati kotlinski legi s slabšim odtokom jezera hladnega zraka v zimskih nočeh in jutrih, ki nastaja zaradi zožitve Mislinjske doline med Rahtelom in Pohorjem. Povprečne maksimalne temperature v najtoplejšem mesecu (na vseh postajah je to julij) so, razen na Kredarici, povsod nad 25,0 °C, še najvišje pa v Bilju (29,1 °C), Ljubljani (27,2 °C), Novem mestu (26,7 °C), Murski Soboti (26,7 °C) in Mariboru (26,4 °C). V Ljubljani glede pojavljanja povprečnih maksimalnih temperatur zasledimo zelo zanimivo sovpadanje nasprotujočih si dejavnikov. Dejstvo je, da se zaradi kotlinske lege v Ljubljani tudi v poletnih mesecih pojavlja radiacijska inverzija (Žiberna 1999). Kljub temu pa se zaradi širjenja pozidanih površin v mestu intenzivira mestni toplotni otok, zato so kljub neugodni legi na dnu kotline povprečne poletne maksimalne temperature med višjimi v Sloveniji. Na preostalih meteoroloških postajah je v relativno visokih poletnih maksimalnih temperaturah mogoče prepoznati vpliv obsredozemskega podnebja (visoka poletna insonacija oziroma trajanje Sončevega obsevanja) in obpanonskega vpliva (hitro

segrevanje kopnega). Na Kredarici nastopajo negativne povprečne mesečne maksimalne temperature med decembrom in aprilom. Res pa je, da se tudi v visokogorju tozadevno razmere spreminjajo (Žiberna, 2024a).

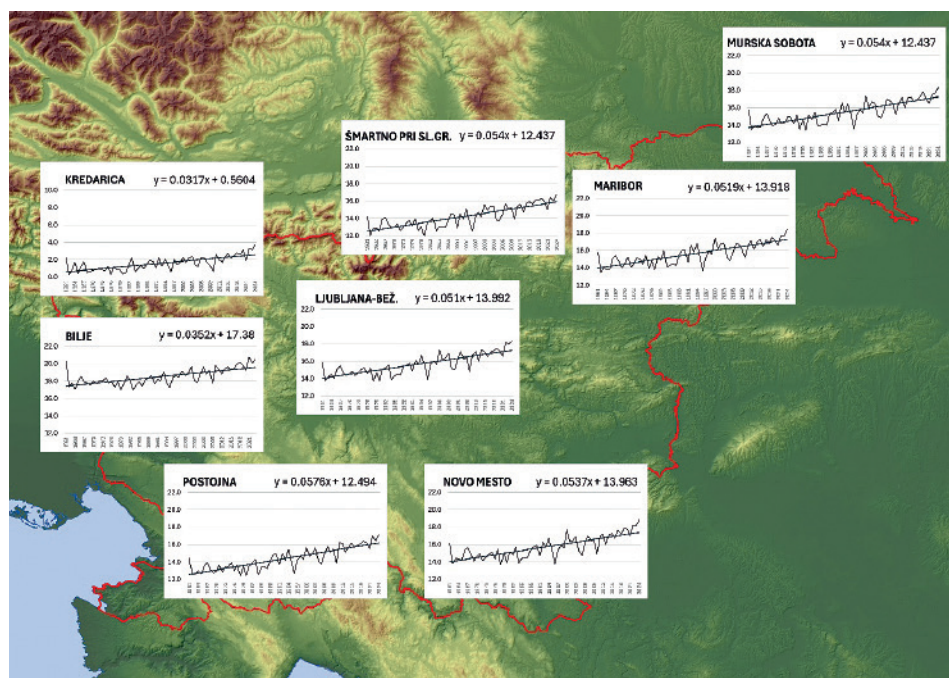
Povprečne maksimalne temperature so na vseh meteoroloških postajah najvišje v poletnih mesecih, zanimiva pa je primerjava med povprečnimi maksimalnimi temperaturami spomladi in jeseni. V zahodni Sloveniji (Kredarica, Bilje, Postojna) so jesenske maksimalne temperature višje od spomladanskih (na Kredarici kar za 3,4 °C, v Biljah za 0,9 °C in v Postojni za 0,7 °C), kar lahko vsaj deloma pripišemo blažilnim učinkom morja, saj se morje jeseni ohlaja počasneje kot kopno. Na preostalih postajah so povprečne spomladanske maksimalne temperature za 0,3 do 0,7 °C višje od jesenskih, kar priča o prevladujočih kontinentalnih podnebnih potezah teh območij.

Najintenzivnejše naraščanje maksimalnih temperatur na Kredarici beležimo v mesecu februarju, v katerem je povprečna maksimalna temperatura naraščala s trendom 2,4 °C/50 let, v marcu s trendom 1,7 °C/50 let in v januarju s trendom 1,7 °C/50 let. Trendi povprečnih mesečnih temperatur na Kredarici so visoki tudi v poletnih mesecih (junija 2,2 °C/50 let), medtem ko so spomladi in predvsem jeseni trendi nižji. Na Kredarici je trend septembrskih maksimalnih temperatur celo negativen (-0,0190 °C/50 let). V Biljah in Postojni nastopajo najnižji, a še vedno pozitivni trendi povprečnih mesečnih temperatur v oktobru, v Murski Soboti v novembru, na preostalih postajah pa v septembru. Na vseh meteoroloških postajah so trendi povprečnih sezonskih maksimalnih temperatur pozitivni, vendar z izjemo Kredarice poleti nekoliko višji kot pozimi.

Najvišje izmerjene temperature na obravnavanih meteoroloških postajah so prikazane v Preglednici 1. Opazimo lahko, da je večina le-teh zabeležena po letu 2010 in da te na treh postajah celo presegajo 40,0 °C. Na večini meteoroloških postaj so najvišje izmerjene temperature nastopile ob vročinskem valu na začetku avgusta 2013.

Preglednica 1: Najvišje izmerjene temperature na obravnavanih meteoroloških postajah v obdobju 1. januar 1961–31. december 2024. Vir: Arhiv Agencije republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo, 2025.

Meteorološka postaja	Najvišja izmerjena temperatura (°C)	Datum
Kredarica	21,6	27. 7. 1983
Bilje	39,0	5. 8. 2017
Postojna	36,4	4. 8. 2013
Ljubljana-Bežigrad	40,2	8. 8. 2013
Novo mesto	39,9	8. 8. 2013
Šmartno pri Slovenj Gradcu	37,7	3. 8. 2013
Maribor	40,6	8. 8. 2013
Murska Sobota	40,1	8. 8. 2013



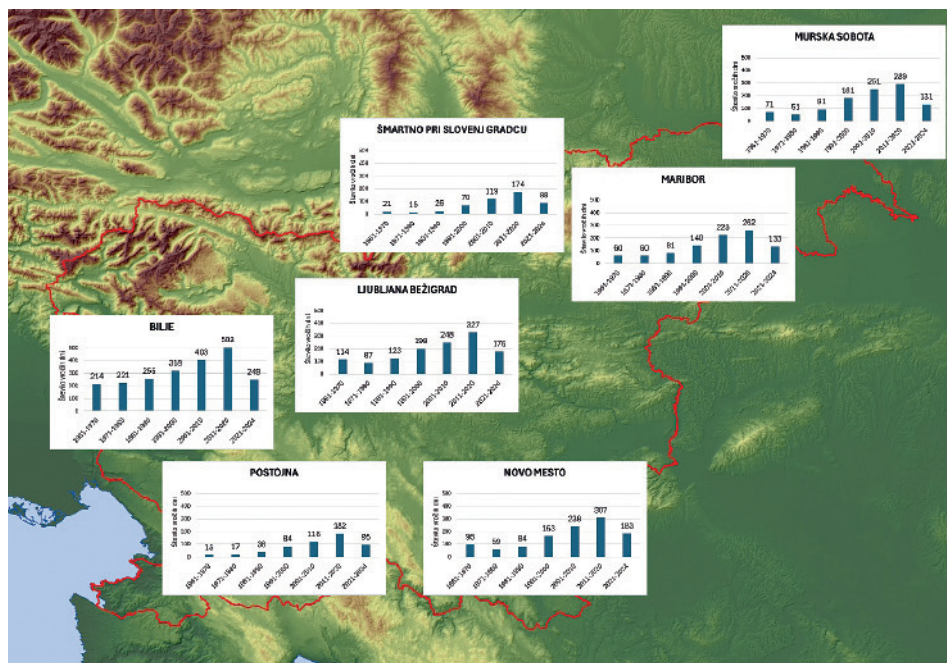
Slika 2: Trendi povprečnih letnih maksimalnih temperatur v Sloveniji v obdobju 1961–2024. Vir: Medmrežje 4; Lastni izračuni, 2025.

Trendi števila vročih in zelo vročih dni

Vroči dnevi so v meteorologiji definirani kot dnevi z maksimalno temperaturo zraka $30,0^{\circ}\text{C}$ ali več (Meteorološki terminološki slovar, 1990), za zelo vroče dneve pa smo opredelili tiste z maksimalno temperaturo zraka $35,0^{\circ}\text{C}$ ali več. Ker se vroči in zelo vroči dnevi na meteorološki postaji Kredarica ne pojavljajo, ta ni vključena v analizo. Vroči dnevi se na vseh meteoroloških postajah pojavljajo med majem in septembrom, V Biljah, Novem mestu in Mariboru pa smo zabeležili vroč dan tudi aprila. V Postojni in v Šmartnem pri Slovenj Gradcu se največ vročih dni pojavlja v avgustu, na preostalih meteoroloških postajah pa v juliju. Junija je bistveno več vročih dni kot v septembru, septembra pa več kot v maju, čeprav se ta razlika zaradi hitrega segrevanja kopnega spomladi proti severovzhodu Slovenije manjša. Najvišje skupno število vročih dni v obdobju 1961–2024 beleži meteorološka postaja Bilje (2162), sledijo pa Ljubljana-Bežigrad (1274), Novo mesto (1130), Murska Sobota (1065), Maribor (959), Postojna (549) in Šmartno pri Slovenj Gradcu (513). Veliko število vročih dni v Biljah je v največji meri posledica obsevnega podnebja, medtem ko je stanje v Ljubljani posledica pregrevanja v mestih kot posledica mestnega toplotnega otoka. Meteorološke postaje Novo

mesto, Murska Sobota in Maribor so že pod vplivom obpanonskih podnebnih razmer in posledično večjega segrevanja v poletnih mesecih. Seveda je tudi v teh mestih prisoten vpliv mestnega toplotnega otoka. Kotlinska lega z zgoraj navedenim specifičnimi dejavniki so vzrok za nižje število vročih dni v Šmartnem pri Slovenj Gradcu.

Trend števila vročih dni smo zaradi enakih časovnih intervalov računali le za desetletja med leti 1961 in 2020. Trendi števila vročih dni po desetletjih so na vseh postajah pozitivni. Najvišji so v Biljah, kjer se je v povprečju število vročih dni višalo s stopnjo 58,5 dni na desetletje. Visoki so še v Murski Soboti (50,9 dni/desetletje), v Novem mestu (47,7 dni/desetletje) in v Ljubljani (46,4 dni/desetletje). Najnižji trendi nastopajo v Šmartnem pri Slovenj Gradcu, kjer pa se ti še vedno višajo s stopnjo 32,0 dni/desetletje.



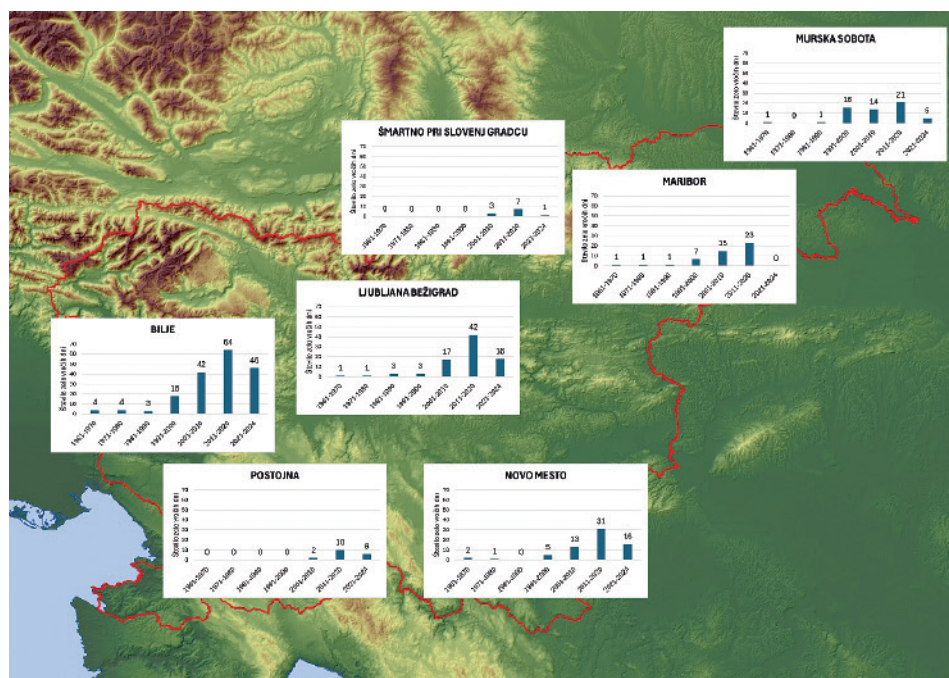
Slika 3: Število vročih dni po desetletjih v Sloveniji v obdobju 1961–2024.

Vir: Medmrežje 4; Lastni izračuni, 2025.

Zaradi globalnega segrevanja in nekaterih lokalnih vplivov, predvsem širjenja pozidanih površin, se pri nas pojavljajo tudi zelo vroči dnevi. Ti se lahko na večini postaj pojavljajo med junijem in avgustom; v Postojni in v Šmartnem pri Slovenj Gradcu se pojavljajo le v juliju in avgustu, medtem ko v Biljah med junijem in septembrom. Najvišje število zelo vročih dni v obravnavanem obdobju so zaznali v Biljah (181), sledili pa so Ljubljana-Bežigrad (85), Novo mesto (68), Murska Sobota (58) in Maribor (48). V Šmartnem pri Slovenj

Gradcu so zabeležili le 11 zelo vročih dni, v Postojni pa 18. Tudi pri zelo vročih dnevih se kaže trend naraščanja. V Biljah so tako v štirih desetletjih med leti 1961 in 2000 zabeležili manj zelo vročih dni (29) kot v le štirih letih v obdobju 2021–2024 (46). Trendi so najvišji v Biljah, kjer se število zelo vročih dni viša s trendom 12,3 dni/desetletje, visoki pa so še v Ljubljani (7,2 dni/desetletje), Novem mestu (5,3 dni/desetletje) ter v Mariboru in Murski Soboti (po 4,5 dni/desetletje). Najnižji trendi so v Šmartnem pri Slovenj Gradcu (1,3 dni/desetletje) in v Postojni (1,6 dni/desetletje).

Maksimalne temperature in pojavi vročih in zelo vročih dni v Sloveniji torej povsod kažejo pozitiven trend. Problematične razmere se kažejo zlasti v poletnih mesecih in urbanih okoljih, kjer se vplivom globalnega segrevanja pridružujejo še vplivi širjenja pozidanih površin in posledično vedno intenzivneje nakazani pojavi toplotnih otokov.



Slika 4: Število zelo vročih dni po desetletjih v Sloveniji v obdobju 1961–2024.

Vir: Medmrežje 4; Lastni izračuni, 2025.

TRENDI VROČINSKIH VALOV V SLOVENIJI

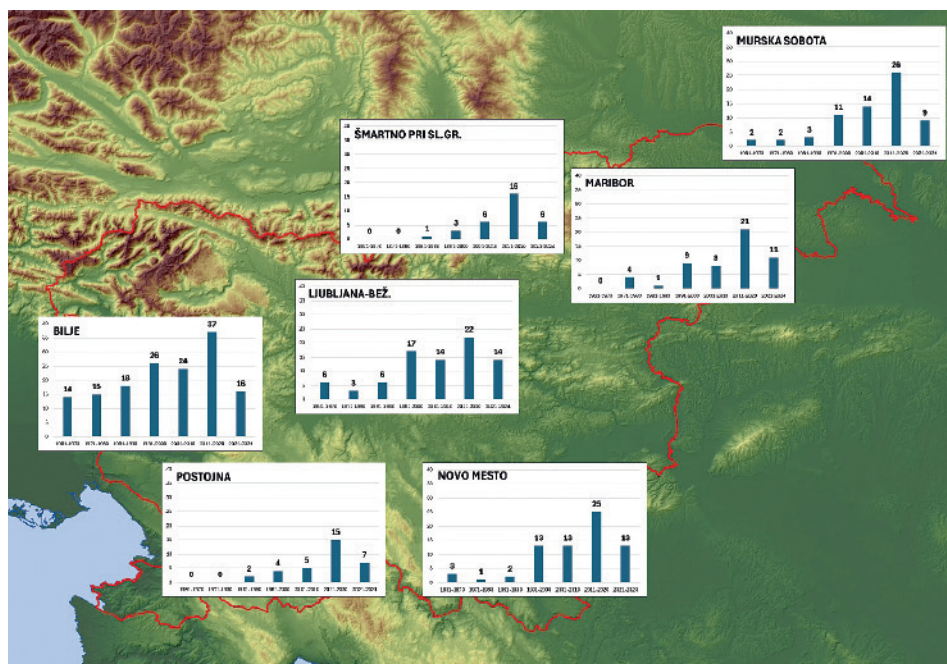
Trendi števila vročinskih valov v Sloveniji v obdobju 1961–2024

Vročinski valovi se pojavljajo, ko se v toplem delu leta pojavlja anticiklonalni vremenski tip z nizko količino oblačnosti in visoko insolacijo (trajanjem sončnega obsevanja). Ne pozabimo, da je poleti tudi daljši dan, zato je – ob jasnem vremenu – insolacija v splošnem višja. Ob teh pogojih se notranjost celin segreva hitreje kot morska obala, saj velike vodne površine zaradi višje specifične toplote dušijo pretirano pregrevanje. Ekstremne temperature so zato praviloma višje v zaledju obal in ne ob morju (Gams, 1998, 111). Tudi pri pojavljanju vročinskih valov in številu dni v vročinskih valovih se v Sloveniji kažejo zgoraj omenjeni vplivi. Zaradi vpliva obsredozemskega podnebja in velike insolacije je najvišje število vročinskih valov in števila dni v vročinskih valovih na meteorološki postaji Bilje. Meteorološka postaja ne leži ob morju, zato je blažilni učinek morja v času poletja močno ublažen, kar botruje intenzivnejšemu segrevanju, medtem ko konvektivna oblačnost vseeno ne nastopa tako pogosto kot v notranjosti celine (Petkovšek, Hočevár, 1995, 138–142). Meteorološka postaja Bilje je v obravnavanem obdobju zabeležila 150 vročinskih valov v skupaj 1382 dnevih (Preglednica 2). Izstopa tudi Ljubljana Bežigrad, kjer visoki pogostosti vročinskih valov kaže iskati tudi v vplivih mestnega toplotnega otoka. Vplivi obpanonskega podnebja in z njim povezanega pregrevanja celine v poletnih mesecih so najlepše vidni na meteoroloških postajah Novo mesto in Murska Sobota, v Mariboru pa nekoliko manj, saj ta leži na stiku obpanonske in obalpske severovzhodne Slovenije (Žiberna, 2000). Najnižje število vročinskih valov in dni v vročinskih valovih je na meteorološki postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu, kjer je glavni vzrok za to lega na dnu kotline, v kateri se lahko tudi v poletnih jutrih pojavlja temperaturni obrat (Gams, 1982, 33).

Preglednica 2: Skupno število vročinskih valov in skupno število dni v vročinskih valovih na izbranih meteoroloških postajah v Sloveniji v obdobju 1961–2024. Vir: Medmrežje 4; Lastni izračuni, 2025.

Meteorološka postaja	Število vročinskih valov	Število dni v vročinskih valovih
Bilje	150	1382
Postojna	33	232
Ljubljana-Bežigrad	82	614
Novo mesto	70	501
Šmartno pri Slovenj Gradcu	32	210
Maribor	54	394
Murska Sobota	67	504

Vročinski valovi se najpogosteje pojavljajo med junijem in septembrom, lahko pa celo maja (npr. v Biljah v letih 2005 in 2007). Letno se lahko pojavijo do štirje vročinski valovi, le na meteorološki postaji Bilje so v letih 1994, 2017, 2018, 2019 in 2022 zabeležili po pet vročinskih valov letno. Trende števila vročinskih valov smo izračunavali za desetletja in za obdobje 1961–2020.



Slika 5: Število vročinskih valov po desetletjih na izbranih meteoroloških postajah v Sloveniji v obdobju 1961–2024. Vir: Medmrežje 4; Lastni izračuni, 2025.

Trendi vročinskih valov so na vseh meteoroloških postajah pozitivni, najvišji pa v Murski Soboti (povišanje za 4,7 vročinskih valov na desetletje) in v Novem mestu (povišanje za 4,5 vročinskih valov na desetletje). V Biljah se je število vročinskih valov povečalo za 4,3, Mariboru za 3,6, v Ljubljani za 3,5, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu za 2,9 in v Postojni za 2,6 vročinskih valov na desetletje. Število vročinskih valov po desetletjih je za obravnavane meteorološke postaje prikazano na Sliki 5. To se z desetletji povečuje, najpogosteje pa so se vročinski valovi pojavljali v desetletju 2011–2020 (v Biljah 37, v Murski Soboti 26, v Novem mestu 25, v Ljubljani 22 in v Mariboru 21). Časovna dinamika višanja števila vročinskih valov po desetletjih torej ni enakomerna. V tej luči je zanimiva tudi primerjava števila vročinskih valov v obdobju 1961–2010 (50 let) s tistimi v obdobju 2011–2024 (14 let). Izkaže se namreč, da so na meteoroloških postajah, ki v preteklosti niso imele velikega števila vročinskih valov, ti v zadnjih 14 letih bistveno višji kot v prejšnjem petdesetletnem obdobju.

Na meteorološki postaji Postojna je tako število vročinskih valov v obdobju 2011–2024 za 2,0-krat višje od tistega v obdobju 1961–2010, na meteorološki postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu pa je to število za 2,2-krat višje. Le na meteoroloških postajah Bilje in Ljubljana-Bežigrad je bilo to razmerje nižje od 1, kar nakazuje, da se je v zadnjem obdobju število vročinskih valov na območjih, kjer ti v preteklosti niso bili pogost pojav nesorazmerno močno dvignilo. V tem smislu je precej izpovedna Preglednica 3, v kateri je prikazano število let brez vročinskih valov po desetletjih. Leta brez vročinskih valov postajajo vedno redkejša. V obdobju 2021–2024 se je le v Šmartnem pri Slovenj Gradcu pojavilo eno leto brez vročinskega vala, na ostalih meteoroloških postajah pa so bili vročinski valovi vsakoleten pojav. V 60. in 70. letih 20. stoletja so bili vročinski valovi – z izjemo Bilja – bolj izjema kot pravilo. Danes je obratno.

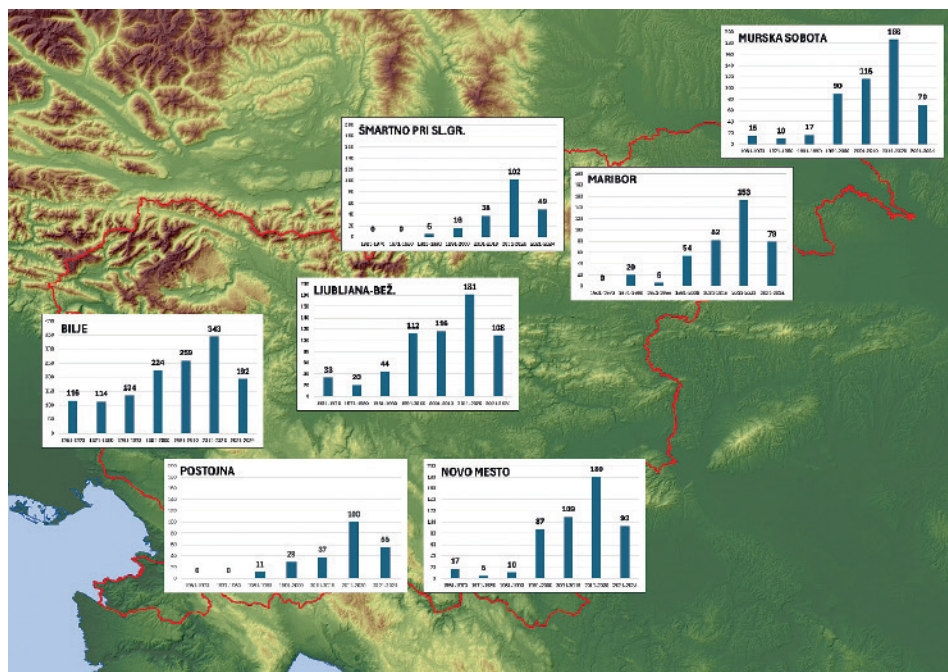
Preglednica 3: Število let brez vročinskih valov po desetletjih v Sloveniji v obdobju 1961–2024. Vir: Medmrežje 4; Lastni izračuni, 2025.

Desetletje	Bilje	Postojna	Ljubljana-Bežigrad	Novo mesto	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Maribor	Murska Sobota
1961–1970	2	10	5	7	10	10	8
1971–1980	2	10	8	9	10	6	8
1981–1990	2	8	5	8	9	9	7
1991–2000	0	6	2	2	8	5	4
2001–2010	0	7	0	1	5	6	2
2011–2020	0	2	0	1	3	1	1
2021–2024	0	0	0	0	1	0	0

Trendi števila dni v vročinskih valovih v Sloveniji v obdobju 1961–2024

Pri obravnavi vročinskih valov je poleg njihovega števila pomemben element tudi trajanje vročinskih valov. Med obravnavanimi meteorološkimi postajami lahko tudi pri trajanju vročinskih valov prepoznamo pozitivne vplive obredozemskega in obpanonskega podnebja in vplive mestnih toplotnih otokov: v obdobju 1961–2024 je daleč najvišje število dni v vročinskih valovih zabeleženo na meteorološki postaji Bilje (1382 dni), Ljubljana-Bežigrad (614 dni), Murska Sobota (504 dni) in Novo mesto (501 dni). V Mariboru je bilo skupno število dni v vročinskih valovih 394, v Postojni 232 in v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 210. Tudi trend večanja števila dni v vročinskih valovih je najvišji v Biljah (47,4 dni/desetletje), sledile pa so postaje Murska Sobota (35,6 dni/desetletje), Novo mesto (34,4 dni/desetletje), Ljubljana-Bežigrad (31,3 dni/desetletje), Maribor (28,5 dni/desetletje), Šmartno pri Slovenj Gradcu (18,1 dan/

desetletje) in Postojna (18,0 dni/desetletje). Tudi pri številu dni v vročinskih valovih je časovna dinamika neenakomerna, saj se to število povečuje vedno hitreje (Slika 6). V posameznih letih je najvišje število dni v vročinskih valovih zabeleženo v Biljah, kjer so leta 2022 v vročinskih valovih imeli kar 77 dni, leta 2003 69 dni in leta 2024 56 dni. V Ljubljani je bilo leta 2024 v vročinskih valovih zabeleženih 37 dni, leta 2015 31 dni in leta 2003 30 dni. V Murski Soboti so več kot 30 dni v vročinskih valovih zabeležili kar v petih letih (leta 2015 33 dni, v letih 1992, 2003, 2012 in 2024 pa po 32 dni). Visoko število dni v vročinskih valovih so zabeležili tudi v Novem mestu: leta 2015 35 dni, leta 2003 33 dni in leta 2024 32 dni. V Mariboru se je leta 2015 pojavilo 34 takih dni, leta 2003 33 dni in leta 2024 29 dni. Podobno kot pri številu vročinskih valov lahko tudi pri številu dni v vročinskih valovih opazimo, da so trendi neenakomerni. V Šmartnem pri Slovenj Gradcu je bilo v letih med 2011 in 2024 za 2,56 krat več dni v vročinskih valovih kot v polstoletnem obdobju 1961–2010, v Postojni je to razmerje 2,0, v Mariboru pa 1,43. Le v Biljah in v Ljubljani je ta kvocient nižji od 1. Območja, v katerih se v preteklosti vročinski valovi niso pojavljali pogosto ali pa so bili ti kratki, so po letu 2011 zabeležila pogostejše in daljše vročinske valove in v tem smislu počasi dohitevajo okolja, v katerih so vročinski valovi bili prisotni že pred tem.



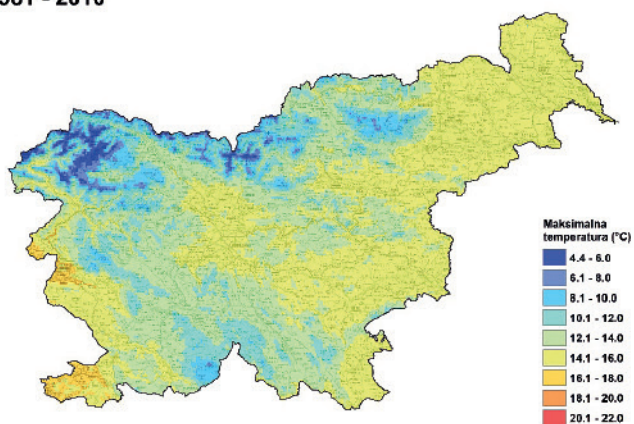
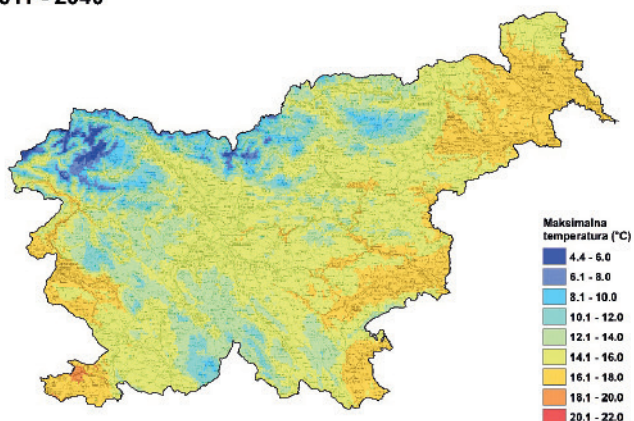
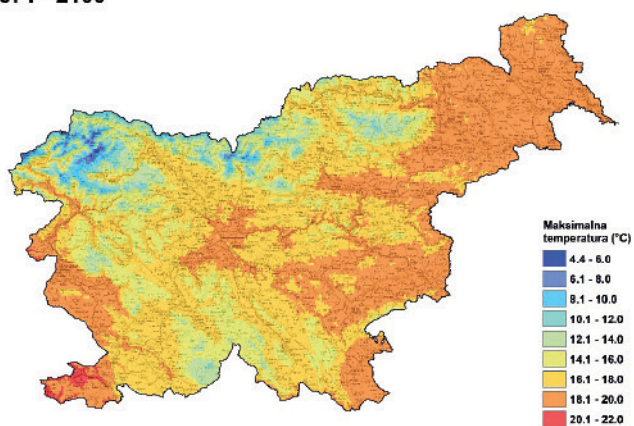
Slika 6: Število dni v vročinskih valovih po desetletjih na izbranih meteoroloških postajah v Sloveniji v obdobju 1961–2024. Vir: Medmrežje 4; Lastni izračuni, 2025.

SPREMEMBE MAKSIMALNIH TEMPERATUR V SLOVENIJI DO KONCA 21. STOLETJA

Analizo sprememb maksimalnih temperatur v Sloveniji do konca 21. stoletja smo naredili na nivoju povprečnih letnih maksimalnih temperatur in povprečnih poletnih maksimalnih temperatur, pri čemer smo za izhodiščno obdobje izbrali tridesetletni niz 1981–2010, ki smo ga primerjali z napovedmi za obdobje 2011–2040 in 2071–2100. Več o scenarijih sprememb maksimalnih temperatur je bilo navedeno v poglavju o metodologiji.

V obdobju 1981–2010 je bil v strukturi povprečnih maksimalnih temperatur s širino razreda 1 °C največji delež površja Slovenije v razredu med 14,0 °C in 14,9 °C (29,1 %); v razredu med 13,0 °C in 13,9 °C je bilo 19,7 % površja, v razredu 15,0 °C in 15,9 °C pa 14,5 % površja. Območja s povprečno maksimalno temperaturo nad 14,0 °C so v obdobju 1981–2010 zavzemala 45,3 % površja, medtem ko so območja nad 17,0 °C pokrivala le 0,1 % površja Slovenije. Najvišje povprečne letne maksimalne temperature so se pojavljale na območju Koprskih brd, zahodnega dela Vipavske doline in v Goriških brdih. Območja obpanonske Slovenije po povprečnih letnih maksimalnih temperaturah niso bistveno odstopala od nekaterih nižinskih območij v Sloveniji (Slika 7). Ob predpostavki, da se bodo sedanji trendi višanja maksimalnih temperatur še nadaljevali, se bodo v obdobju 2011–2040 opazno dvignile povprečne letne maksimalne temperature tudi v obpanonskih pokrajinah, razlike med obseznimi in obpanonskimi pokrajinami pa se bodo zmanjšale. Še bolj izrazite spremembe bi lahko nastopile do konca 21. stoletja, ko se bodo območja najvišjih povprečnih maksimalnih temperatur v obdobju 2071–2100 povečala predvsem v obpanonskih pokrajinah in v nižinah osrednje Slovenije in celo v kotlinskih območjih, v katerih so zaradi pojava toplotnega obrata povprečne maksimalne temperature v hladni polovici leta nižje (Slika 7). S prostorskimi analizami v GIS okolju lahko ugotovimo, da je bil v obdobju 1981–2010 delež površja Slovenije, v katerem so bile povprečne letne maksimalne temperature pod 15,0 °C 83,8 %, po uporabljenem modelu pa se bo v obdobju 2011–2040 ta delež znižal na 52,5 %, v obdobju 2071–2100 pa bo znašal le 16,1 %. Po drugi strani pa je bil delež površja Slovenije s povprečnimi letnimi maksimalnimi temperaturami med 15,0 °C in 20,0 °C v obdobju 1981–2010 16,2 %, v obdobju 2011–2040 se bo zvišal na 47,5 %, v obdobju 2071–2100 pa bo znašal kar 83,3 %.

Omenili smo že, da so v Sloveniji trendi povprečnih mesečnih maksimalnih temperatur najvišji pozimi in poleti. Dvig maksimalnih temperatur v zimskem času ima velik vpliv na višino in trajanje snežne odeje. Trendi števila dni s snežno odejo in višine snežne odeje od sredine 20. stoletja nakazujejo, da se režim vodne bilance spreminja. Pojav snežnega zadržka (snežne retince)

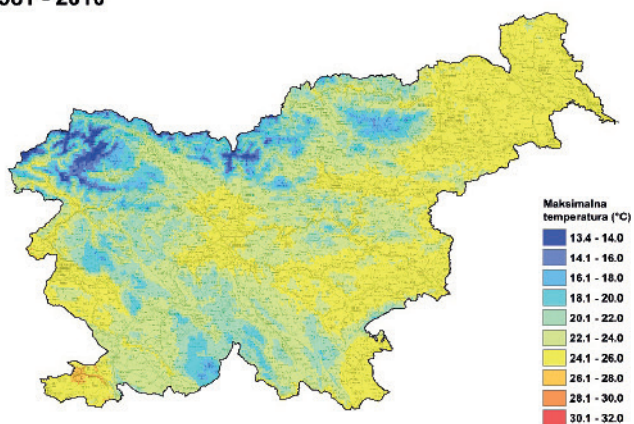
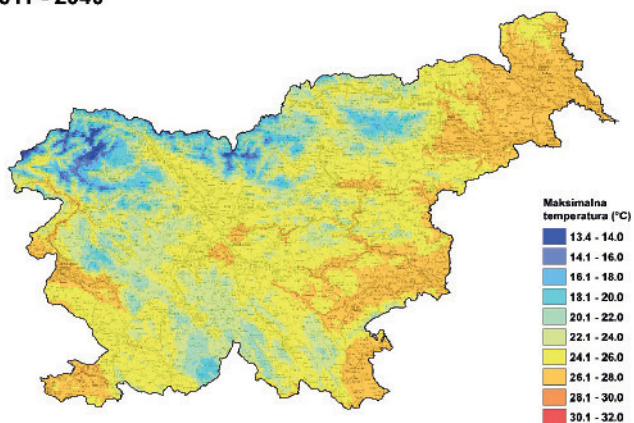
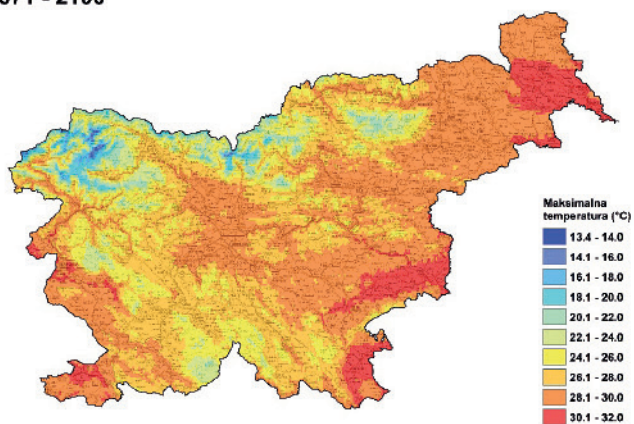
1981 - 2010**2011 - 2040****2071 - 2100**

Slika 7: Povprečne letne maksimalne temperature v Sloveniji v obdobju 1981–2010 in napoved za obdobji 2011–2040 in 2071–2100. Vir: Medmrežje 5.

bo pri nadaljevanju trenutnih trendov v ekosisteme vnesel pomembne spremembe. Padavine bodo v zimskem času padale vedno bolj v tekoči in manj v trdni obliki (kot sneg). To bi lahko povzročalo večjo nevarnost erozijskih procesov v zimskem času in povečano nevarnost pojava zemeljskih plazov in usadov v hribovju in gričevju ter povečano nevarnost poplav v nižinah, vplivalo pa bo tudi na vodnobilančne pogoje kulturnih rastlin. Poljščine so do sedaj zaradi taljenja snega na začetku vegetacijske dobe v fenofazah rasti imele na voljo dovolj vlage. Odsotnost tega pojava bi lahko vplivala na zametke suše že v pomladanskih mesecih. Višje maksimalne temperature zraka v zimskih mesecih vplivajo tudi na zanesljivost snežne odeje, kar ima že sedaj negativen vpliv na zimski smučarski turizem, ki v nekaterih območjih Slovenije predstavlja pomembno gospodarsko panogo. Z zmanjševanjem snežnega pokrova v hribovju in visokogorju se bodo modificirali tudi režimi teh rek, kar bo vplivalo na proizvodnjo električne energije. In ne nazadnje: taleči se sneg je bogatil količino vode v podtalnici, ki je pomemben vir pitne vode (Žiberna, 2024a). Splošno prepričanje, da je Slovenija z vodnimi zalogami bogata država, sicer še vedno drži, vendar pa je temu atributu potrebno dodati še časovni vidik. Meteorološka vodna bilanca se spreminja v za nas neugodno smer (Žiberna, 2024b).

Prostorske spremembe povprečnih poletnih maksimalnih temperatur nakazujejo vse značilnosti, ki smo jih že omenili pri spremembah povprečnih letnih maksimalnih temperatur. Nakazuje se, da se bodo povprečne poletne maksimalne temperature v obpanonskih pokrajinah višale celo intenzivneje kot v obsredozemskih pokrajinah, kar je pričakovano. Kopno imam namreč do petkrat nižjo specifično toploto od vode v tekočem agregatnem stanju. Povedano drugače: kopno se segreje bistveno hitreje kot morje, kar je posebej izrazito v poletnih mesecih. Če je v obdobju 1981–2010 delež površja s povprečnimi poletnimi maksimalnimi temperaturami pod 20 °C znašal 12,5 %, se bo ta delež pri trenutnih trendih v obdobju 2011–2040 znižal na 7,4 %, v obdobju 2071–2100 pa na le 1,8 %. Po drugi strani so območja s povprečnimi poletnimi maksimalnimi temperaturami nad 25,0 °C v obdobju 1981–2010 pokrivala 11,8 % površja Slovenije, v obdobju 2011–2040 se bo ta dvignil na 45,8 %, v obdobju 2071–2100 pa na 84,9 %. Projekcije kažejo, da se bo delež površja z maksimalnimi temperaturami nad 25,0 °C intenzivneje razširil na območju obpanonske Slovenije (Slika 8).

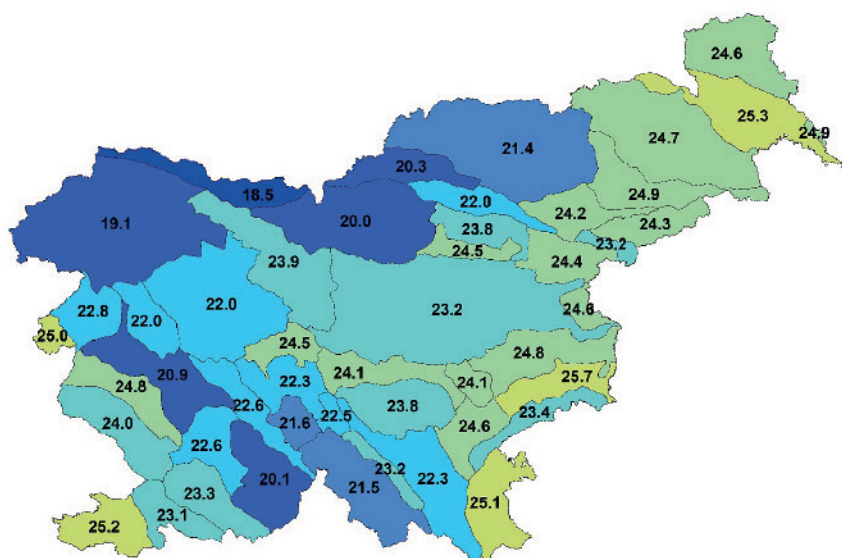
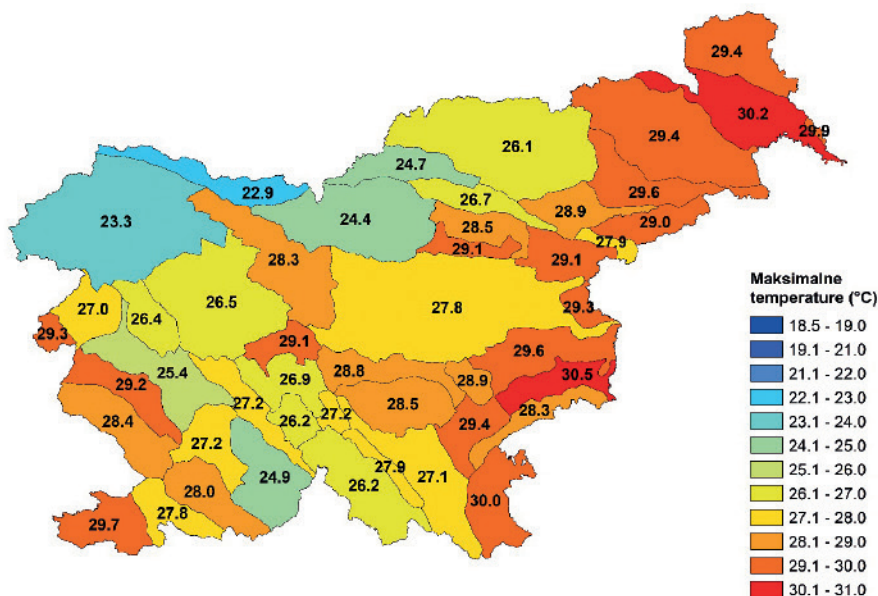
Povprečne maksimalne letne temperature so bile v obdobju 1981–2010 najvišje v Koprskih brdih (16,1 °C), Krški ravni in Goriških brdih (po 15,7 °C), na Murski ravni in Vipavski dolini (po 15,3 °C), Beli krajini (15,2 °C) in na Dravski ravni, Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju ter v Lendavskih gorica (vse po 15,0 °C). Gre torej za izključno obmediteranske ali obpanonske mezonegije. Povprečne letne maksimalne temperature, nižje od 10,0 °C,

1981 - 2010**2011 - 2040****2071 - 2100**

Slika 8: Povprečne poletne maksimalne temperature v Sloveniji v obdobju 1981–2010 in napoved za obdobji 2011–2040 in 2071–2100. Vir: Medmrežje 5.

so bile v Julijskih Alpah (9,9 °C) in v Karavankah (9,3 °C). Po projekcijah bodo najvišje povprečne letne maksimalne temperature v obdobju 2071–2100 beležili v Koprskih brdih (19,7 °C), Krški ravni (19,4 °C), Murski ravni in Goriških brdih (po 19,1 °C), Beli krajini (18,9 °C), Vipavski dolini (18,8 °C) in v Lendavskih gorica ter na Dravski ravni (po 18,8 °C). Povprečne letne maksimalne temperature bodo v Julijskih Alpah znašale 13,3 °C, v Karavankah pa 12,8 °C. V obdobju med 1981–2010 in 2071–2100 se bodo povprečne letne maksimalne temperature najbolj dvignile v Lendavskih gorica, na Murski ravni, na Goričkem in na Gorjancih (za 3,8 °C), najmanj pa v Julijskih Alpah in Goriških brdih (za 3,4 °C).

V poletnih mesecih se kopno zaradi manjše specifične toplote podlage segreva hitreje in intenzivneje kot morje, zato ne preseneča, da so maksimalne temperature v poletnih mesecih sorazmerno višje v obpanonskih mezoregijah, kjer lahko tudi v prihodnje pričakujemo višje trende maksimalnih temperatur. Povprečne poletne maksimalne temperature so bile v obdobju 1981–2010 najvišje na Krški ravni (25,7 °C) in na Murski Ravni (25,3 °C), sledile pa so mezoregije Koprška brda (25,2 °C), Bela krajina (25,1 °C), Goriška brda (25,0 °C), Lendavske gorice (24,9 °C) in Dravska ravan (24,9 °C). Po projekcijah naj bi se do konca 21. stoletja povprečne poletne maksimalne temperature na Krški ravni dvignile na 30,5 °C, na Murski ravni na 30,2 °C, v Beli krajini na 30,0 °C, Lendavskih gorica na 29,9 °C in Koprskih brdih na 29,7 °C. Povprečne poletne maksimalne temperature v Zahodnih Karavankah bi znašale 22,9 °C, v Julijskih Alpah 23,3 °C in v Kamniško-Savinjskih Alpah 24,4 °C (Slika 9). Relativno najvišje dvige povprečnih poletnih maksimalnih temperatur med obdobji 1981–2010 in 2071–2100 bi tako zaznale mezoregije Lendavske gorice, Gorjanci, Bela krajina in Murska ravan (za 4,9 °C), Novomeška pokrajina, Goričko in Krška ravan (za 4,8 °C), torej vse v obpanonski Sloveniji. Te mezoregije bodo v poletnih mesecih bolj prizadete zaradi vedno večjih poletnih toplotnih obremenitev. Pri tem nimamo v mislih le ljudi (predvsem v urbanih okoljih, kjer se bo zaradi pojava mestnega toplotnega otoka ta vpliv le še stopnjeval), pač pa tudi rastline in živali. Pričakujemo lahko, da se bo struktura potencialne vegetacije začela spreminjati. Ob upoštevanju, da se bodo v poletnih mesecih pojavljali vedno višji deficiti vlage in s tem vedno ugodnejši pogoji za pojav poletnih suš (Žiberna 2024b), lahko sklepamo, da se bo – če ne bomo spremenili načina gospodarjenja z vodo in uvajali prilagoditvene ukrepe na pojav višjih temperatur – kakovost bivalnega okolja spremenila v za nas neugodno smer.

1981-2010**2071-2100**

Slika 9: Povprečne poletne maksimalne temperature v Sloveniji v obdobju 1981–2010 in napoved za obdobje 2071–2100 po naravnogeografskih mezoregijah v Sloveniji. Vir: Medmrežje 5; Lastni izračuni, 2025.

ZAKLJUČEK

Ena od najbolj značilnih oblik manifestiranja globalnih podnebnih sprememb je višanje temperatur zraka. Z vidika kakovosti bivalnega okolja in toplotnih obremenitev so še posebej pomembne analize sprememb maksimalnih temperatur. Te vplivajo na kvaliteto življenja, učinkovitost dela in na zdravje ljudi; seveda pa ne smemo spregledati pretežno negativnih učinkov na rastlinski in živalski svet. Posledice višjih maksimalnih temperatur bodo najbolj čutile ranljive skupine prebivalstva: starejši, otroci, bolniki in socialno izolirani ljudje. Ob dejstvu, da se evropsko in slovensko prebivalstvo stara, bi ob ugotovljenih trendih maksimalnih temperatur, še posebej pa ob pričakovanih projekcijah spreminjanja maksimalnih temperatur do konca 21. stoletja, ta spoznanja morali začeti upoštevati pri načrtovanju bodočega družbenega razvoja. Priložnost, da bi podnebne spremembe preprečili ali vsaj močno ublažili, smo že zamudili. Poleg prizadevanj za zmanjšanje ekološkega odtisa in s tem povezano spremembo življenjskega sloga bo potrebno bolj smelo izvajati prilagoditvene ukrepe, če želimo vsem prebivalcem enakopravno zagotoviti kolikor toliko primerne pogoje za življenje in delo, zlasti v poletnih mesecih.

Analiza sprememb povprečnih letnih maksimalnih temperatur kaže, da se te višajo povsod v Sloveniji, vendar v kontinentalnem delu nekoliko intenzivneje kot v obmediteranski Sloveniji, saj zaradi višje specifične toplote vodna masa Sredozemskega morja blaži pretirano segrevanje poleti (in močno ohlajanje pozimi). Število in dolžina vročinskih valov se po desetletjih viša nesorazmerno hitro, tako da ne moremo več govoriti o linearnem trendu. Zlasti v obmediteranski Sloveniji (npr. na meteorološki postaji Bilje) opazamo, da se posamezni vročinski valovi medsebojno zlivajo, zato lahko pričakujemo, da se bo ob nadaljevanju sedanjih trendov tam število vročinskih valov zmanjšalo, njihovo trajanje pa močno povečalo.

Po modelni napovedi MPI-ESM1-2–HR in »srednjem« scenariju SSP370 naj bi se predvsem povprečne poletne maksimalne temperature do konca 21. stoletja najbolj zvišale v obpanonski Sloveniji, nekaj manj pa v obsredozemski Sloveniji. Obe območji se bosta ob nadaljevanju sedanjih trendov do konca 21. stoletja znašli pred najmanj dvema podnebnima izzivoma: vse pogostejše suše in vedno večje toplotne obremenitve v poletnem času. Z vidika družbene odgovornosti bi morali te izzive in predvsem ukrepe za zmanjšanje negativnih posledic le-teh že danes vgrajevati v načrte našega bodočega razvoja.

LITERATURA

- Arhiv Agencije republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo, april 2024.
- Alcamo, J., Olesen, J. E., 2012: *Life in Europe under climate change*. Wiley. Oxford.
- Alfieri, L., Bisselink, B., Dottori, F., Naumann, G., de Roo, A., Salamon, P., Wyser, K., Feyen, L., 2017: Global projections of river flood risk in a warmer world *Earth's Future* 5 171–82.
- Asseng, S., et al., 2015: Rising temperatures reduce global wheat production *Nat. Clim. Change* 5 143–7.
- Burke, M., Hsiang, S. M., Miguel, E., 2015: Global non-linear effect of temperature on economic production *Nature*. 527 235–9.
- Climate Change 2021, Working Group I Contribution to the 6th Assessment Report (IPCC).
- Climate Change 2021. The Physical Science Basis. IPCC. (https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report_smaller.pdf) (1.12.2021)
- Colon-Gonzalez, F. J., Harris, I., Osborn, T. J., Steiner Sao Bernardo, C., Peres, C. A., Hunter, P. R., Warren, R., van Vuurene, D., Lake, I. R., 2018: Limiting global-mean temperature increase to 1.5–2 °C could reduce the incidence and spatial spread of dengue fever in Latin America *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 115 6243.
- Diffenbaugh, N. S., 2017: Quantifying the influence of global warming on unprecedented extreme climate events *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 114 4881–6.
- EEA, 2017: *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*. EEA Report No. 1/2017.
- European Climate Risk Assessment. European Environment Agency. Copenhagen. 2024. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-climate-risk-assessment>
- Gaffney, O., Rockstroem, J., 2021: *Breaking Boundaries. The Science of Our Planet*. DK, London.
- Gams, I., 1982: Temperaturni obrat in navpični gradienti v Slovenjgraški kotlini. *Geografski Vestnik*. LIV. Zveza geografskih društev. Ljubljana.
- Gams, I., 1998: *Vreme, sončno obsevanje in temperature*. V: *Geografija Slovenije*. Slovenska matica. Ljubljana.
- Gou, J. J., Miao, C. Y., Duan, Q. Y., Tang, Q. H., Di, Z. H., Liao, W. H., Wu, J. W., Zhou, R., 2020: Sensitivity analysis-based automatic parameter calibration of the variable infiltration capacity (VIC) model for streamflow simulations over China *Water Resour. Res.* 56.
- Jevrejeva, S., Jackson, L. P., Riva, R. E. M., Grinsted, A., Moore, J. C., 2016: Coastal sea level rise with warming above 2 °C *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 113 13342
- Kraaijenbrink, P. D. A., Bierkens, M. F. P., Lutz, A. F., Immerzeel, W. W., 2017: Impact of a global temperature rise of 1.5 degrees Celsius on Asia's glaciers *Nature* 549 257–60.
- Levy, K., Woster, A. P., Goldstein, R. S., Carlton, E. J., 2016: Untangling the impacts of climate change on waterborne diseases: a systematic review of relationships between

diarrheal diseases and temperature, rainfall, flooding, and drought Environ. Sci. Technol. 50 4905–22.

Mcglade, C., Ekins, P., 2015: The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C. *Nature* 517 187–90.

Meteorološki terminološki slovar. SAZU in Društvo meteorologov Slovenije. 1990. Ljubljana.

Miao, C. Y., Ni, J. R., Borthwick, A. G. L., 2010: Recent changes of water discharge and sediment load in the Yellow River basin, China Prog. Phys. Geogr. 34 541–61.

Perčič, S., Kukec, A., Cegnar, T., Hojs, A., 2016: Vplivi vročinskih valov na umrljivost v Sloveniji. Znanstveni posvet o vročinskih valovih. Vetrnica. Glasilo Slovenskega meteorološkega društva. Št. 10. 2017. Ljubljana

Perko, D. (ur.), Orožen Adamič, M. (ur.), 1998: Slovenija. Pokrajine in ljudje. Mladinska knjiga. Ljubljana.

Petkovšek, Z., Hočevar, A., 1995: Meteorologija. Osnove in nekatere aplikacije. Biotehniška fakulteta. Univerza v Ljubljani. Ljubljana.

Pogačar, T., Zalar, M., Kajfež-Bogataj, L., 2016: Vročinski valovi v povezavi z zdravjem in produktivnostjo. Ujma. Št. 30. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje Ministrstva za obrambo. Ljubljana

Provenza, A., 2023: History of Climate Change. From the Earth's Origins to the Anthropocene. Polity Press. Cambridge.

Robine, J., Cheung, S., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J., Herrmann, François R., 2008: Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies*. 331 (2).

Sun, Q., Miao, C., 2018: Extreme rainfall (R20mm, RX5day) in Yangtze–Huai, China, in June–July 2016: the role of ENSO and anthropogenic climate change Bull. Amer. Meteorol. Soc. 99 S102–6.

Sun, Q., Miao, C., Aghakouchak, A., Mallakpour, I., Ji, D. Duan, Q., 2020: Possible increased frequency of ENSO-related dry and wet conditions over some major watersheds in a warming climate Bull. Amer. Meteorol. Soc. 101 E409–26.

Šegota, T., 1988: Klimatologija za geografe. Školska knjiga. Zagreb.

Šelb Šemerl, J., Tomšič, S. 2008: Vpliv vročinskih valov na umrljivost – vročinski val avgusta 2003 v Sloveniji. http://ec.europa.eu/health/ph_information/dissemination/unexpected/docs/vpliv.pdf

Tomšič, S., Šelb Šemerl, J., Omerzu, M., 2008: Vpliv vročinskih valov na umrljivost ljudi. In: Svetovni dan zdravja 2008. Podnebne spremembe vplivajo na zdravje: moje, tvoje, naše. Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije, Ljubljana.

Yao, T., 2012: Different glacier status with atmospheric circulations in Tibetan Plateau and surroundings Nat. Clim. Change 2 663–7.

Zalar, M., Pogačar, T., Črepinšek, Z., Kajfež-Bogataj, L., 2017: Vročinski valovi kot naravna nesreča v mestih, Naravne nesreče 4. SAZU. Ljubljana.

Zheng, H. Y., Miao, C. Y., Wu, J. W., Lei, X. H., Liao, W. H., Li, H., 2019: Temporal and spatial variations in water discharge and sediment load on the Loess Plateau, China: a high-density study. *Sci. Total Environ.* 666 875–886.

Žiberna, I., 1999: Temperaturni obrat v hriboviti Sloveniji. V: Gosar, A. (ur.), Kunaver, J. (ur.). *Sonaravni razvoj v slovenskih Alpah in sosedstvu. Sustainable development in the Slovenian Alps and its neighbouring regions.* Ljubljana: Oddelek za geografijo Filozofske fakultete, 1999. Str. 237–248, graf. prikazi. Dela, 13. DOI: 10.4312/dela.13.237-248

Žiberna, I., 2000: Geografski oris slovenskega Podravja. V: Macuh, P. (ur.), et al. *Drava nekoč in danes: zemljepisne, zgodovinske in etnološke značilnosti sveta ob Dravi; splavarstvo in energetika.* Založba Obzorja. Maribor.

Žiberna, I., Drešković, N., Mirić, R., 2023: Vročinski valovi v Sarajevu v obdobju 1901–2018. *Revija za geografijo.* 2023, 18, št. 2. Oddelek za geografijo. Filozofska fakulteta. Univerza v Mariboru. Maribor. DOI: 10.18690/rg.18.2.3349

Žiberna, I., 2024a: Trendi števila dni s snežno odejo in višine snežne odeje v Sloveniji (Trends in the number of days with snow cover and snow cover height in Slovenia). *Podravina. Časopis za multidisciplinarna istraživanja.* 2024, vol. 23, br. 46, str. 114–126.

Žiberna, I., 2024b: Spremembe vodne bilance v Sloveniji v obdobju 1961–2024. *Časopis za zgodovino in narodopisje.* 2024, letn. 95 n. v. 60, zv. 2, str. 89–107. DOI: 10.62409/czn.274

Medmrežje 1: https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Population_structure_and_ageing (13.3.2025)

Medmrežje 2: <https://pxweb.stat.si/SiStat/sl/Podrocja/Index/100/prebivalstvo> (12. 3. 2024)

Medmrežje 3: <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/observation-stations/> (13. 3. 2025)

Medmrežje 4: <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2b-hR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydIJWblR3LwVnaz9SYtVmYh9icIFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZulWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf;> (2. 2. 2025)

Medmrežje 5: <https://envicloud.wsl.ch/#/?bucket=https%3A%2F%2Fos.zhdk.cloud.switch.ch%2Fchelsav%2F&prefix=%2F> (10. 2. 2025)

Medmrežje 6: <https://envicloud.wsl.ch/#/?bucket=https%3A%2F%2Fos.zhdk.cloud.switch.ch%2Fchelsav%2F&prefix=%2F> (10. 2. 2025)

TRENDI MAKSIMALNIH TEMPERATUR IN VROČINSKIH VALOV V SLOVENIJI

Povzetek

Višanje temperatur zraka je eden od najbolj vidnih rezultatov globalnih podnebnih sprememb. Posledica tega je pojav vedno intenzivnejših toplotnih obremenitev. S tega vidika so še posebej zanimive analize trendov maksimalnih temperatur. Te vplivajo na kvaliteto življenja, učinkovitost dela in na zdravje ljudi. Seveda pa ne smemo spregledati pretežno negativnih učinkov na rastlinski in živalski svet. Posledice višjih maksimalnih temperatur najbolj čutijo ranljive skupine prebivalstva: starejši, otroci, bolniki in socialno izolirani ljudje. Ob dejstvu, da se evropsko in slovensko prebivalstvo stara, bi ob ugotovljenih tren-

dih maksimalnih temperatur, še posebej pa ob pričakovanih projekcijah spreminjanja maksimalnih temperatur do konca 21. stoletja ta spoznanja morali začeti upoštevati pri načrtovanju bodočega družbenega razvoja. Priložnost, da bi podnebne spremembe preprečili ali vsaj močno ublažili smo že zamudili. Poleg prizadevanj za zmanjšanje ekološkega odtisa in s tem povezano spremembo življenjskega sloga bo potrebno bolj smelo izvajati prilagoditvene ukrepe, če želimo vsem prebivalcem enakopravno zagotoviti kolikor toliko primerne pogoje za življenje in delo, zlasti v poletnih mesecih.

Analiza sprememb povprečnih letnih maksimalnih temperatur kaže, da se te višajo povsod v Sloveniji, vendar v kontinentalnem delu nekoliko intenzivneje kot v obmediteranski Sloveniji, saj zaradi višje specifične toplote vodna masa Sredozemskega morja blaži pretirano segrevanje poleti (in močno ohlajanje pozimi). Število in dolžina vročinskih valov se po desetletjih viša nesorazmerno hitro, tako da ne moremo več govoriti o linearnem trendu. Zlasti v obmediteranski Sloveniji (npr. na meteorološki postaji Bilje) opažamo, da se posamezni vročinski valovi medsebojno zlivajo, zato lahko pričakujemo, da se bo ob nadaljevanju sedanjih trendov tam število vročinskih valov zmanjšalo, njihovo trajanje pa močno povečalo. Meteorološka postaja Bilje je v obravnavanem obdobju zabeležila 150 vročinskih valov v skupaj 1382 dnevih. Izstopa tudi Ljubljana Bežigrad, kjer vzroke za visoko pogostost vročinskih valov kaže iskati tudi v vplivih mestnega toplotnega otoka. Vplivi obpanonskega podnebja in z njim povezanega pregrevanja celine v poletnih mesecih so najlepše vidni na meteoroloških postajah Novo mesto in Murska Sobota, v Mariboru pa nekoliko manj, saj ta leži na stiku obpanonske in obalpske severovzhodne Slovenije. Najnižje število vročinskih valov in dni v vročinskih valovih je na meteorološki postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu, kjer je glavni vzrok za to lega na dnu kotline, v kateri se lahko tudi v poletnih jutrih pojavlja temperaturni obrat. Pri obravnavi vročinskih valov je poleg njihovega števila pomemben element tudi trajanje vročinskih valov. Tudi pri tem elementu lahko prepoznamo pozitivne vplive obsredozemskega in obpanonskega podnebja in vplive mestnih toplotnih otokov. V obdobju 1961–2024 je daleč najvišje število dni v vročinskih valovih zabeleženo na meteoroloških postajah Bilje (1382 dni), Ljubljana-Bežigrad (614 dni), Murska Sobota (504 dni) in Novo mesto (501 dni). V Mariboru je bilo skupno število dni v vročinskih valovih 394, v Postojni 232 in v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 210. Trend večanja števila dni v vročinskih valovih je najvišji v Biljah (47,4 dni/desetletje), sledile pa so postaje Murska Sobota (35,6 dni/desetletje), Novo mesto (34,4 dni/desetletje) in Ljubljana-Bežigrad (31,3 dni/desetletje). Po modelni napovedi MPI-ESM1-2-HR in »srednjem« scenariju SSP370 bi se naj predvsem povprečne poletne maksimalne temperature do konca 21. stoletja najbolj zvišale v obpanonski Sloveniji, nekaj manj pa v obsredozemski Sloveniji. Obe območji se bosta ob nadaljevanju sedanjih trendov do konca 21. stoletja znašli pred najmanj dvema podnebnima izzivoma: vse pogostejše suše in vedno večje toplotne obremenitve v poletnem času. Po projekcijah bodo najvišje povprečne letne maksimalne temperature v obdobju 2071–2100 beležili v Koprskih brdih (19,7 °C), Krški ravni (19,4 °C), Murski ravni in Goriških brdih (po 19,1 °C), Beli krajini (18,9 °C), Vipavski dolini (18,8 °C) in v Lendavskih gorica ter na Dravski ravni (po 18,8 °C). Povprečne letne maksimalne temperature bodo v Julijskih Alpah znašale 13,3 °C, v Karavankah pa 12,8 °C. V obdobju med 1981–2010 in 2071–2100 se bodo povprečne letne maksimalne temperature najbolj dvignile v Lendavskih gorica, na Murski ravni, na Goričkem in na Gorjancih (za 3,8 °C), najmanj pa v Julijskih Alpah in Goriških brdih (za 3,4 °C). Z vidika družbene odgovornosti bi morali te izzive, predvsem pa ukrepe za zmanjšanje negativnih posledic le-teh, že danes vgrajevati v načrte našega bodočega razvoja.

TRENDS OF MAXIMUM TEMPERATURES AND HEAT WAVES IN SLOVENIA

Summary

The rise of air temperatures is one of the most visible results of global climate change. As a consequence, increasingly intense heat stress is occurring. From this perspective, analyses of trends in maximum temperatures are of particular interest. These influence quality of life, work efficiency, and human health. Of course, one must not overlook the predominantly negative effects on plant and animal life. The consequences of higher maximum temperatures are felt most strongly by vulnerable groups of the population: the elderly, children, patients, and socially isolated people.

Given the ageing of European and Slovenian populations, the identified trends of maximum temperatures, and especially the expected projections of changes in maximum temperatures by the end of the 21st century, these findings should be taken into account in planning future social development. The opportunity to prevent or at least significantly mitigate climate change has already been missed. In addition to efforts to reduce the ecological footprint and the related change in lifestyle, it will be necessary to implement adaptation measures more decisively if we want to ensure at least reasonably suitable conditions for life and work for all residents, especially in the summer months.

The analysis of changes in average annual maximum temperatures shows that they are rising everywhere in Slovenia, but somewhat more intensively in the continental part than in sub-Mediterranean Slovenia, as the higher specific heat of the water mass of the Mediterranean Sea moderates excessive warming in summer (and strong cooling in winter). The number and length of heat waves have been increasing disproportionately fast by decades, so that we can no longer speak of a linear trend. Especially in sub-Mediterranean Slovenia (e.g. at the Bilje meteorological station), we observe that individual heat waves merge, so we can expect that if current trends continue, the number of heat waves there will decrease while their duration will increase significantly. The Bilje meteorological station recorded 150 heat waves in a total of 1382 days in the period considered.

Ljubljana–Bežigrad also stands out, where the causes of the high frequency of heat waves should also be sought in the influence of the urban heat island. The impacts of the Pannonian climate and the associated overheating of the continent in summer are most clearly visible at the meteorological stations in Novo mesto and Murska Sobota, and somewhat less in Maribor, since it lies at the junction of Pannonian and pre-Alpine northeastern Slovenia. The lowest number of heat waves and days in heat waves was recorded at the Šmartno pri Slovenj Gradcu meteorological station, where the main reason is its location at the bottom of a basin, where temperature inversion may occur even in summer mornings. In the treatment of heat waves, in addition to their number, the duration of heat waves is also an important element. Here too, the positive effects of the sub-Mediterranean and Pannonian climates and the influences of urban heat islands can be recognized. In the period 1961–2024, by far the highest number of days in heat waves was recorded at the meteorological stations Bilje (1382 days), Ljubljana–Bežigrad (614 days), Murska Sobota (504 days), and Novo mesto (501 days). In Maribor the total number of days in heat waves was 394, in Postojna 232, and in Šmartno pri Slovenj Gradcu 210.

The trend of increasing number of days in heat waves is highest in Bilje (47.4 days/decade), followed by the stations Murska Sobota (35.6 days/decade), Novo mesto (34.4 days/decade), and Ljubljana–Bežigrad (31.3 days/decade). According to the model projection MPI-ESM1-2-HR and the “medium” scenario SSP370, average summer maximum temperatures are expected to increase most strongly in Pannonian Slovenia by the end of the 21st century,

and somewhat less in sub-Mediterranean Slovenia. If current trends continue, both regions will face at least two climate challenges by the end of the 21st century: increasingly frequent droughts and ever greater heat stress in summer. According to the projections, the highest average annual maximum temperatures in the period 2071–2100 will be recorded in the Koper Hills (19.7 °C), Krška ravnina (19.4 °C), Murska ravnina and Goriška Brda (19.1 °C each), Bela krajina (18.9 °C), Vipavska dolina (18.8 °C), and in Lendavske gorice and Dravska ravnina (18.8 °C each). The average annual maximum temperatures will amount to 13.3 °C in the Julian Alps and 12.8 °C in the Karavanke.

Between the periods 1981–2010 and 2071–2100, average annual maximum temperatures will rise most in the Lendavske gorice, Murska ravnina, Goričko, and Gorjanci (by 3.8 °C), and least in the Julian Alps and Goriška Brda (by 3.4 °C). From the perspective of social responsibility, these challenges, and especially the measures to reduce their negative consequences, should already be incorporated into the plans for our future development.

TRENDS BEI HÖCHSTTEMPERATUREN UND HITZEWELLEN IN SLOWENIEN

Zusammenfassung

Steigende Lufttemperaturen sind eine der sichtbarsten Folgen des globalen Klimawandels. Sie führen zu zunehmend intensiver werdenden Hitzebelastungen. Aus dieser Perspektive sind Analysen der Höchsttemperaturtrends besonders interessant. Diese beeinflussen die Lebensqualität, die Arbeitseffizienz und die menschliche Gesundheit. Natürlich dürfen die überwiegend negativen Auswirkungen auf Pflanzen- und Tierwelt nicht außer Acht gelassen werden. Die Folgen höherer Höchsttemperaturen treffen besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen: ältere Menschen, Kinder, Kranke und sozial isolierte Menschen. Angesichts der zunehmenden Alterung der europäischen und slowenischen Bevölkerung sollten die etablierten Höchsttemperaturtrends und insbesondere die erwarteten Prognosen zu den Höchsttemperaturänderungen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts bei der Planung der zukünftigen gesellschaftlichen Entwicklung berücksichtigt werden. Wir haben die Chance, den Klimawandel zu verhindern oder zumindest deutlich zu mildern, bereits verpasst. Neben den Bemühungen zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks und den damit verbundenen Lebensstiländerungen sind entschlossenere Anpassungsmaßnahmen erforderlich, um allen Einwohnern gleichermaßen angemessene Lebens- und Arbeitsbedingungen, insbesondere in den Sommermonaten, zu gewährleisten.

Die Analyse der Veränderungen der durchschnittlichen jährlichen Höchsttemperaturen zeigt, dass diese in ganz Slowenien zunehmen, im kontinentalen Teil jedoch etwas stärker als im mediterranen Slowenien, da die Wassermasse des Mittelmeers aufgrund der höheren spezifischen Wärmekapazität eine übermäßige Erwärmung im Sommer (und eine starke Abkühlung im Winter) abmildert. Die Anzahl und Dauer der Hitzewellen haben im Laufe der Jahrzehnte überproportional zugenommen, sodass wir nicht länger von einem linearen Trend sprechen können. Insbesondere im mediterranen Slowenien (z. B. an der Wetterstation Bilje) beobachten wir, dass einzelne Hitzewellen ineinander übergehen. Daher ist zu erwarten, dass bei Fortsetzung des derzeitigen Trends die Anzahl der Hitzewellen dort zurückgeht und ihre Dauer deutlich zunimmt. Die Wetterstation Bilje verzeichnete im untersuchten Zeitraum 150 Hitzewellen an insgesamt 1.382 Tagen. Auch Ljubljana Bežigrad sticht hervor, wo die Ursachen für die hohe Häufigkeit von Hitzewellen ebenfalls in den Auswirkungen der städtischen Wärmeinsel zu suchen sind. Die Auswirkungen des pannonischen Klimas und die damit verbundene Überhitzung des Kontinents

in den Sommermonaten sind an den Wetterstationen in Novo mesto und Murska Sobota am deutlichsten sichtbar, etwas weniger deutlich in Maribor, da diese Stadt an der Schnittstelle zwischen dem pannonischen und dem küstennahen Nordosten Sloweniens liegt. Die geringste Zahl an Hitzewellen und Hitzewellentagen gibt es an der Wetterstation in Šmartno bei Slovenj Gradec, hauptsächlich aufgrund ihrer Lage am Boden eines Beckens, in dem es auch an Sommermorgen zu Temperaturumschwüngen kommen kann. Neben der Anzahl der Hitzewellen ist auch ihre Dauer ein wichtiges Element bei der Betrachtung von Hitzewellen. Auch hier sind die positiven Auswirkungen des mediterranen und pannonischen Klimas sowie die Auswirkungen städtischer Wärmeinseln zu erkennen.

Im Zeitraum 1961–2024 wurde die mit Abstand höchste Zahl von Hitzewellentagen an den Wetterstationen Bilje (1382 Tage), Ljubljana-Bežigrad (614 Tage), Murska Sobota (504 Tage) und Novo mesto (501 Tage) registriert. In Maribor betrug die Gesamtzahl der Hitzewellentage 394, in Postojna 232 und in Šmartno pri Slovenj Gradec 210. Der Trend zur Zunahme der Zahl von Hitzewellentagen ist in Bilje (47,4 Tage/Jahrzehnt) am stärksten, gefolgt von den Stationen Murska Sobota (35,6 Tage/Jahrzehnt), Novo mesto (34,4 Tage/Jahrzehnt) und Ljubljana-Bežigrad (31,3 Tage/Jahrzehnt). Laut der Modellprognose MPI-ESM1-2-HR und dem „mittleren“ Szenario SSP370 werden die durchschnittlichen sommerlichen Höchsttemperaturen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts voraussichtlich im pannonischen Slowenien am stärksten ansteigen, im mediterranen Slowenien etwas weniger. Wenn sich die aktuellen Trends fortsetzen, werden beide Gebiete bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mit mindestens zwei klimatischen Herausforderungen konfrontiert sein: immer häufigeren Dürren und zunehmend höheren Hitzebelastungen im Sommer. Den Projektionen zufolge werden die höchsten durchschnittlichen jährlichen Höchsttemperaturen im Zeitraum 2071–2100 in Koperska Brda (19,7 °C), Krška Raven (19,4 °C), Murska Raven und Goriška Brda (beide 19,1 °C), Bela Krajina (18,9 °C), Vipava-Tal (18,8 °C) und in Lendavske Gorice und Dravska Raven (beide 18,8 °C) verzeichnet. Die durchschnittlichen Jahreshöchsttemperaturen werden in den Julischen Alpen 13,3 °C und in den Karawanken 12,8 °C betragen. Im Zeitraum zwischen 1981–2010 und 2071–2100 werden die durchschnittlichen Jahreshöchsttemperaturen in Lendavske gorice, Murska raven, Goričko und Gorjanci am stärksten (um 3,8 °C) und in den Julischen Alpen und Goriška brda am wenigsten (um 3,4 °C) ansteigen. Aus gesellschaftlicher Verantwortung sollten diese Herausforderungen und insbesondere Maßnahmen zur Verringerung ihrer negativen Folgen bereits heute in unsere zukünftigen Entwicklungspläne einbezogen werden.