

# Klimatske spremembe v Ljubljani

Matjaž Jeran

8. december 2022

### **Povzetek**

To poročilo vsebuje kratek grafični opis klimatskih sprememb v Ljubljani in okolici s komentarji grafikonov povprečnih temperatur, sončnega obsevanja in padavin.

Grafikoni in izračuni so izdelani na prosto dostopnih podatkih Urada za meteorologijo ARSO na spletišču <https://www.meteo.si/>. Zbirka podatkov vsebuje dnevne podatke vremenskih opazovalnic v Sloveniji, med njimi tudi opazovalnice v Ljubljani za Bežigradom od dne 01.01.1948 do 31.07.2022.

Vrednosti podatkov so naravna danost, njihove meritve so zasluga meteorologov, izbira grafikonov in komentarji pa so zgolj osebno mnenje avtorja. Nabor avtorjevega prosto dostopnega programja in podatkov je javno dostopna na <https://github.com/matjazjeran/meteo>.

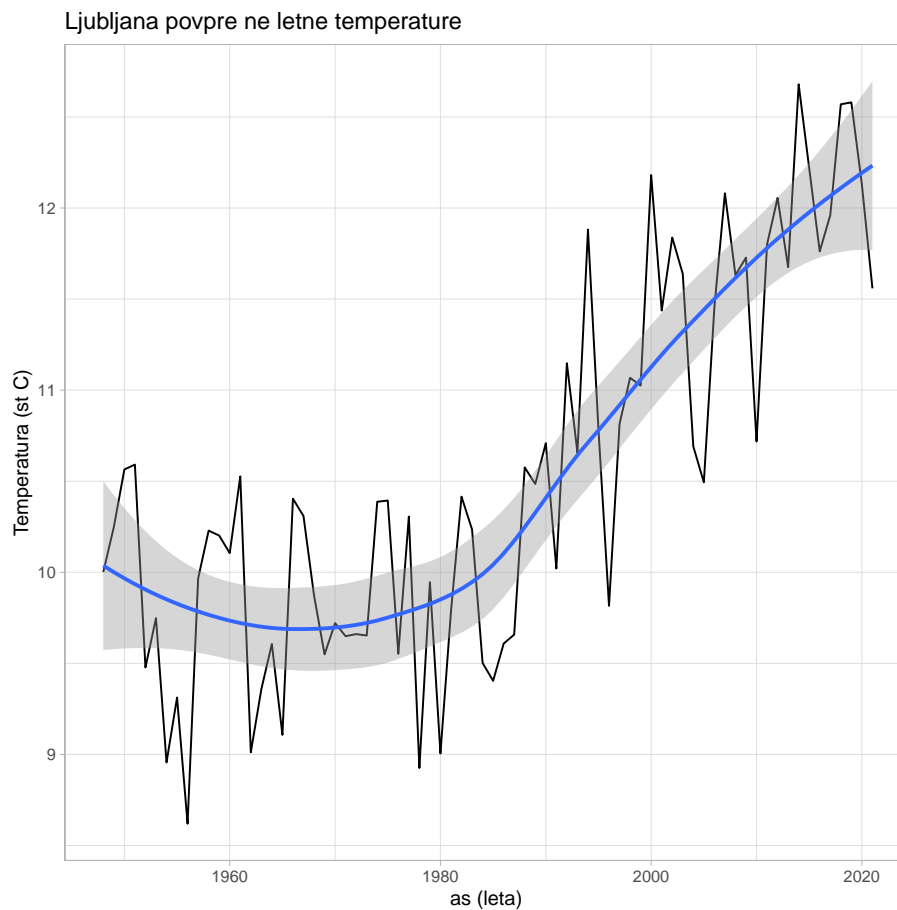
Namenom tega poročila je, da spodbudi razmislek o ukrepih za blaženje in prilagajanje klimatskim spremembam, ki jih ne le merimo, ampak že tudi resno občutimo v življenju in delu.

Letos so to najprej in največ občutili gasilci, a bojim se, da bomo kmalu na nek način spoznali vsi.

## **Kazalo**

<b>1</b>	<b>Temperatura</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Sončno obsevanje</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Padavine</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Zaključek</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Kazalo slik</b>	<b>25</b>

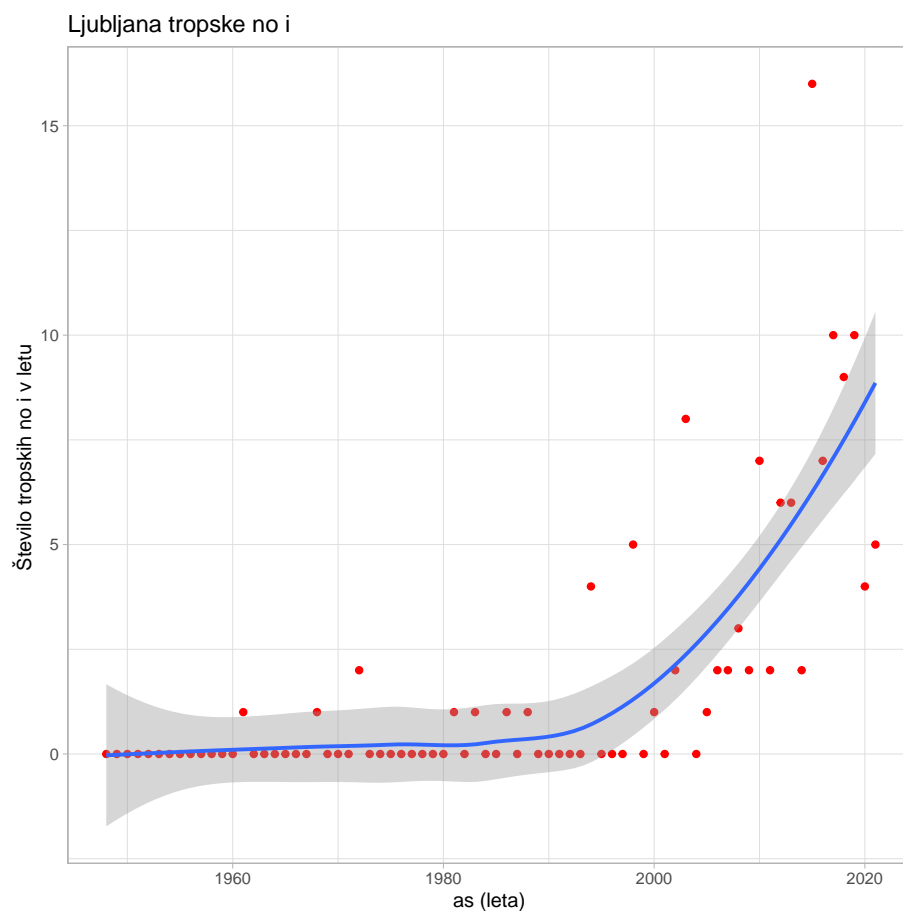
# 1 Temperatura



Slika 1: Ljubljana povprečne letne temperature

V času meritev od leta 1948 do danes se je povprečna letna temperatura dvignila za  $2,5^{\circ}\text{C}$ . V letih okrog 1970 je bila povprečna temperatura pod  $10^{\circ}\text{C}$ , danes je že nad  $12^{\circ}\text{C}$ .

Na prvi pogled dve stopinji na letnem povprečju ne pomenita veliko, a v nadaljevanju bomo videli, da to predstavlja lahko zelo velike spremembe, ki jih ne moremo zanemariti.

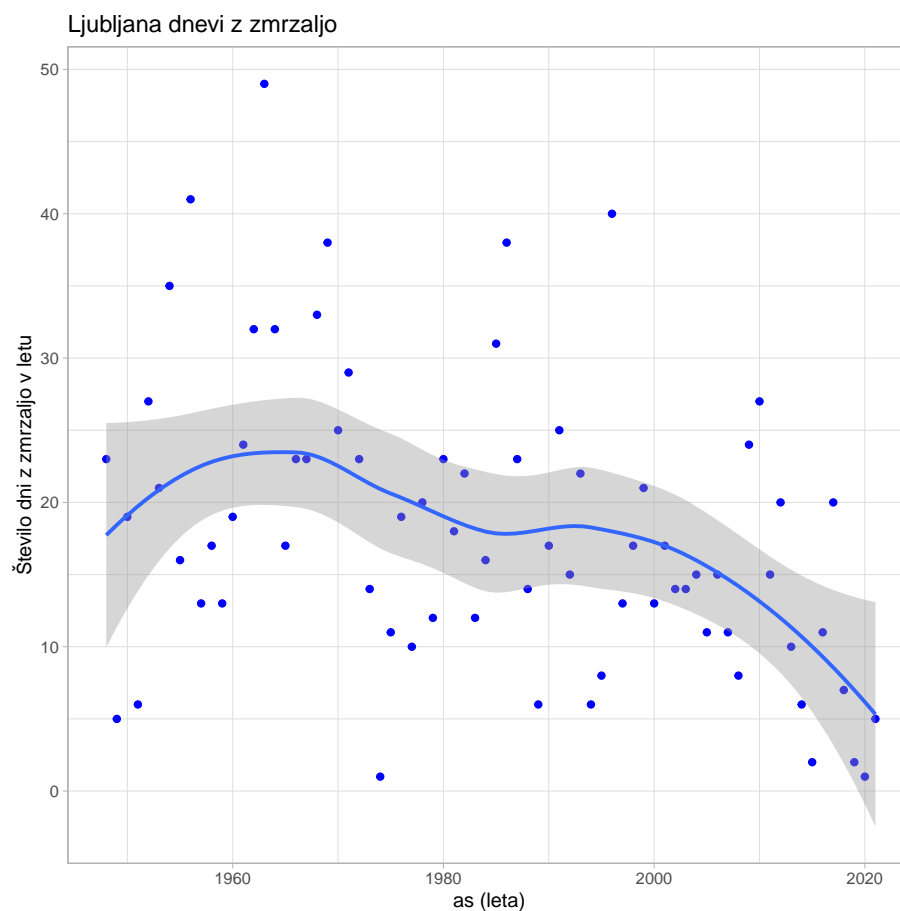


Slika 2: Ljubljana tropske noči

Tropske noči so tiste, kjer temperatura tudi ponoči ne pade pod 20°C, kar je značilno za kraje, kjer je najbolj prijetno spati v viseči mreži.

Ljubljana pred letom 1960 ni poznala tropskih noči. Od leta 1990 je takih noči že več kot ena na leto, zadnja leto jih že tudi 10 in več. Tropske noči spoznavajo že tudi višje ležeči kraji.

To pomeni, da se stavba in okolica tudi čez noč ne shladi toliko, da bi ohranjala prijetnejšo temperaturo čez dan.

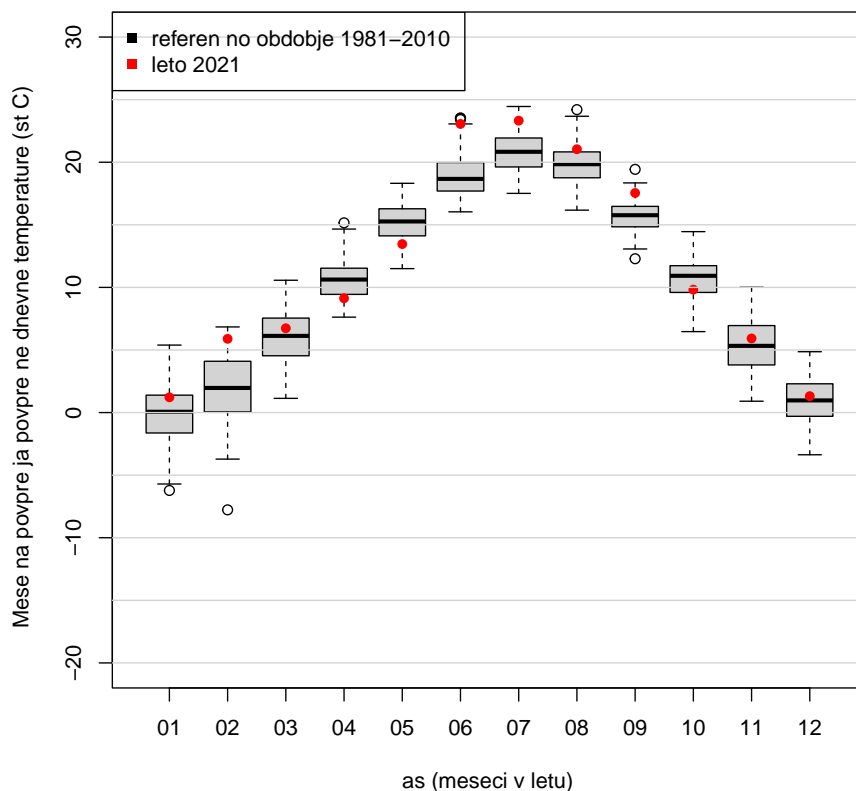


Slika 3: Ljubljana dnevi z zmrzaljo

Podnebne spremembe v Ljubljani se odražajo z zmanjšanim številom dni z zmrzaljo. Podobno se z leti zmanjšuje tudi število dni s snežno odejo.

Višje temperature in manjše število dni s snežno odejo pomenijo manj stroškov za ogrevanje stavb, zmanjšanje stroškov zimske službe, a stanjšana snežna odeja v gorah pomeni tudi manj rezerve uskladiščene vode za napajanje rek čez poletje.

**Ljubljana primerjava povprečnih mesečnih temperatur v letu 2021  
z referenčnimi 1981–2010**



Slika 4: Ljubljana primerjava povprečnih mesečnih temperatur v letu 2021 z referenčnimi 1981–2010

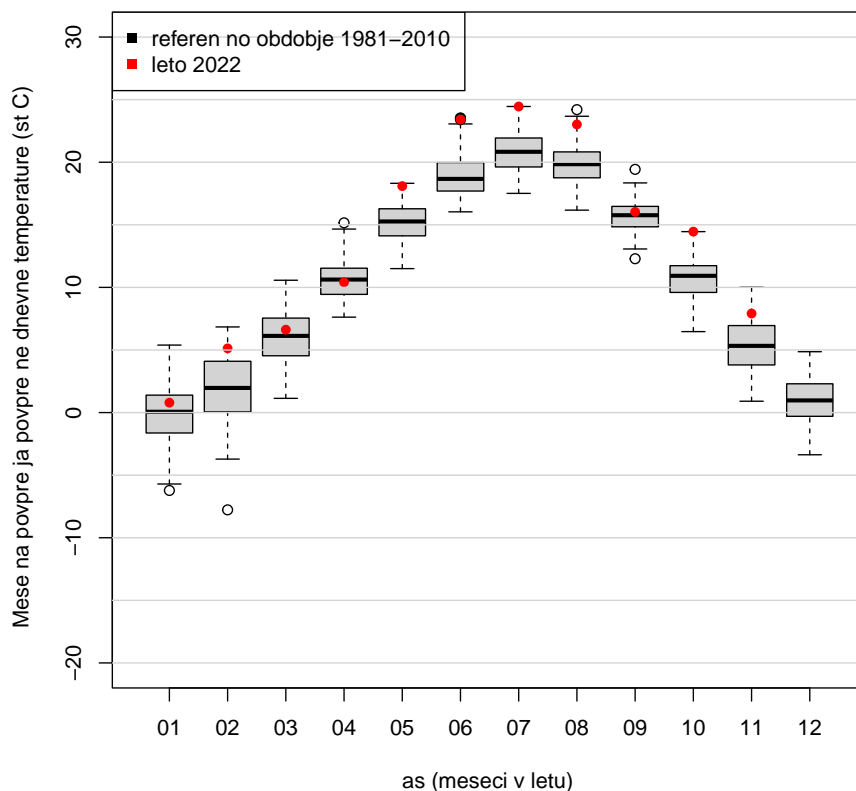
Leto 2021 je imelo zelo tople februar (glede na referenčna leta od 1981 do 2010) ter ekstremno vroča meseca junij in julij, vroč avgust in zelo tople september, čemur je sledil razmeroma hladen oktober.

Opombe:

Gornji grafikon predstavlja okvirje z ročaji (angl. boxplot) mesečnih povprečij povprečnih dnevni temperatur v referenčnem obdobju ter točkovni grafikon mesečnih povprečij leta 2021 po mesecih v letu.

'Okvir' predstavlja osrednjih 50% vrednosti temperatur, 'ročaji' pa še preostalih 25% vrednosti na vsaki strani okvirja. Črta, ki deli okvir predstavlja mediano. Več o tem grafikonu lahko preberete na wikipediji na [https://en.wikipedia.org/wiki/Box\\_plot](https://en.wikipedia.org/wiki/Box_plot).

**Ljubljana primerjava povprečnih mesečnih temperatur v letu 2022  
z referenčnimi 1981–2010**

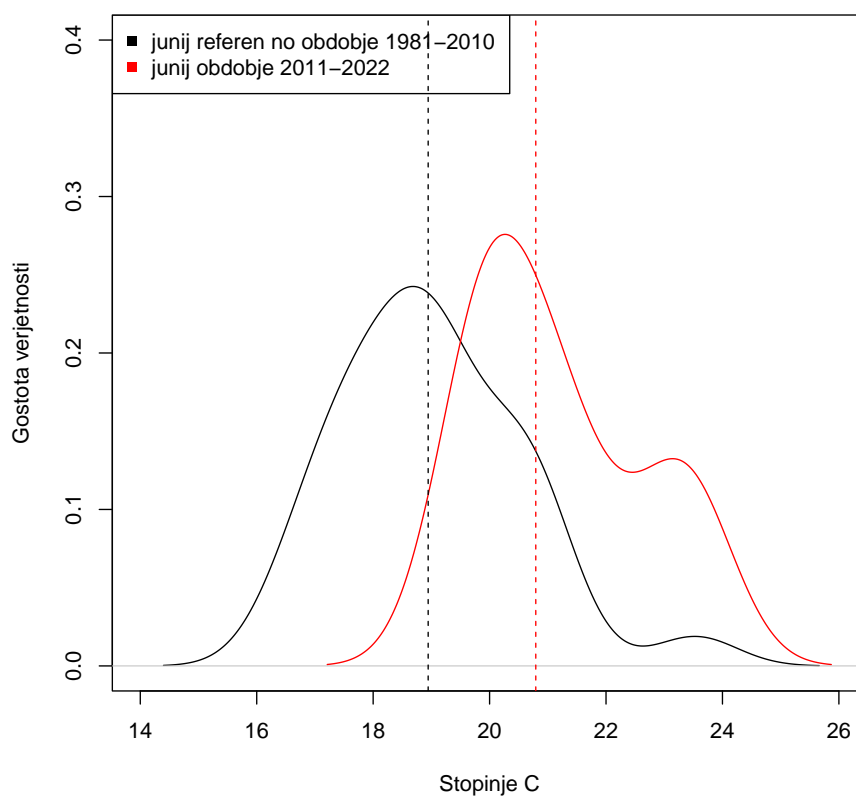


Slika 5: Ljubljana primerjava povprečnih mesečnih temperatur v letu 2022 z referenčnimi 1981–2010

Leto 2022 je imelo zelo tople februar (glede na referenčna leta od 1981 do 2010) in ekstremno vroče mesece maj, junij in julij. V juliju 2022 je bila dosežena sedaj rekordna izračunana povprečna mesečna temperatura  $24,45^{\circ}\text{C}$  v Ljubljani. V jeseni sta bila zelo topla meseca september in še bolj november, oktober pa je bil spet glede referenčnih oktobrov ekstremno tople.



### Porazdelitvi povpre nih junijskih temperatur in mediani po obdobjih



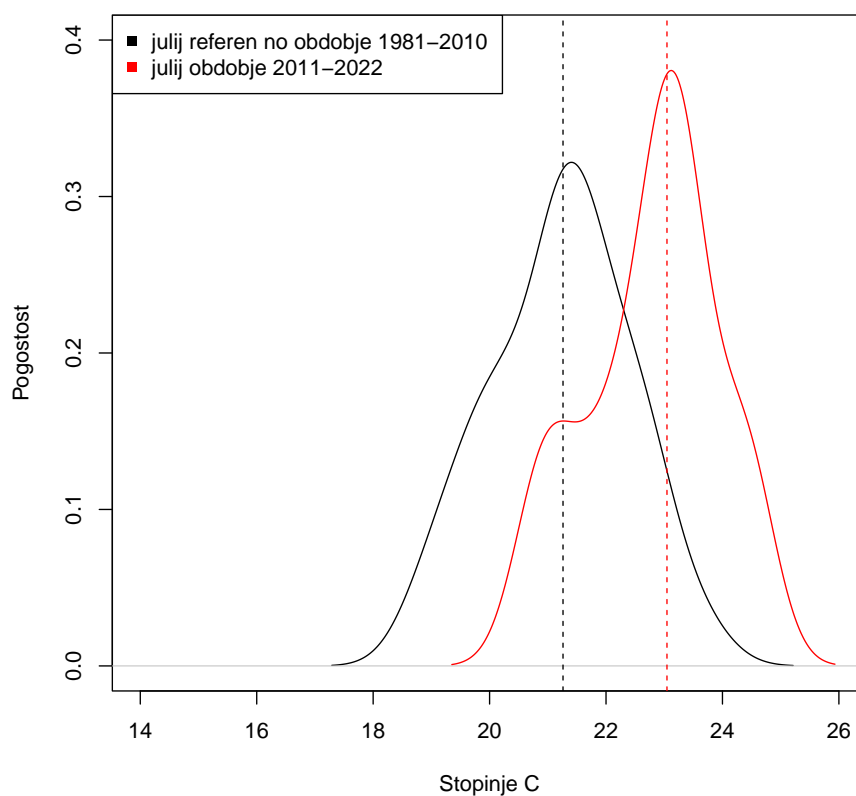
Slika 6: Ljubljana porazdelitvi povprečnih junijskih temperatur in mediani po obdobjih

Porazdelitev temperatur v referenčnem obdobju 1981-2010 kaže, da so bile takrat najpogostejše povprečne junijske temperature okrog 18°C, v obdobju 2011-2022 pa kar 20°C. Mediana referenčnega obdobja je bila okrog 19°C, v obdobju 2011-2022 pa okrog 21°C. Vroč junij se torej pojavlja že desetletje.

Opomba:

Mediana je srednja vrednost spremenljivke od katerih jih je natanko pol pod in pol nad njo. Pri simetričnih porazdelitvah spremenljivk je mediana enaka povprečju, sicer pa ne.

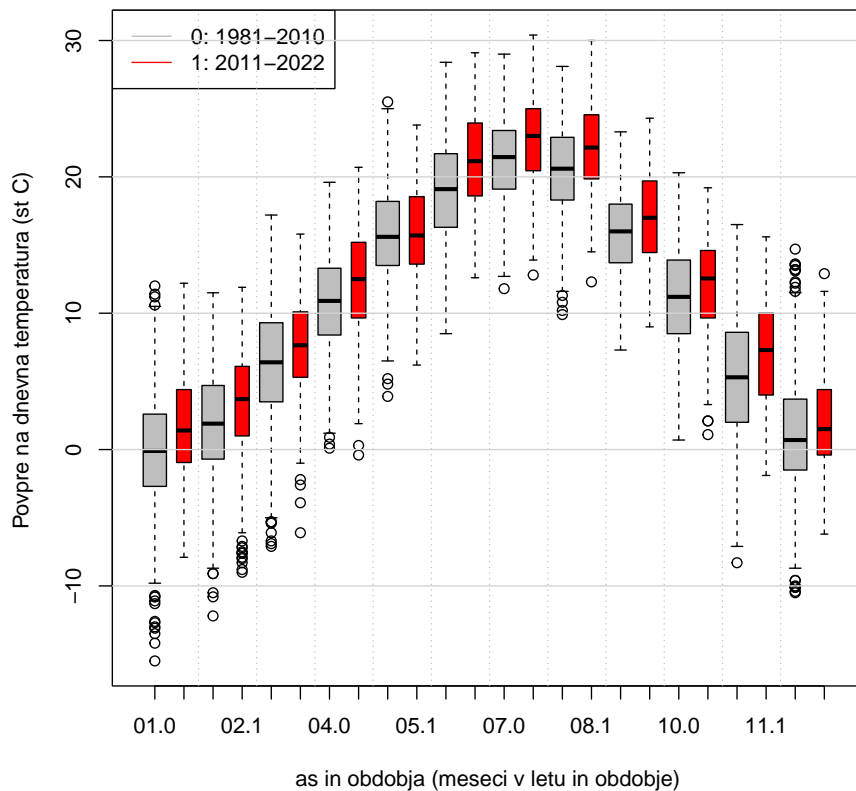
### Porazdelitvi povpre nih julijskih temperatur in mediani po obdobjih



Slika 7: Ljubljana porazdelitvi povprečnih julijskih temperatur in mediani po obdobjih

Podobno kot velja za junij, velja tudi za julij. Porazdelitev temperatur v referenčnem obdobju 1981-2010 kaže, da so bile takrat najpogostejše povprečne julijske temperature okrog 21°C, v obdobju 2011-2022 pa 23°C in ti vrednosti so tudi blizu medianam.

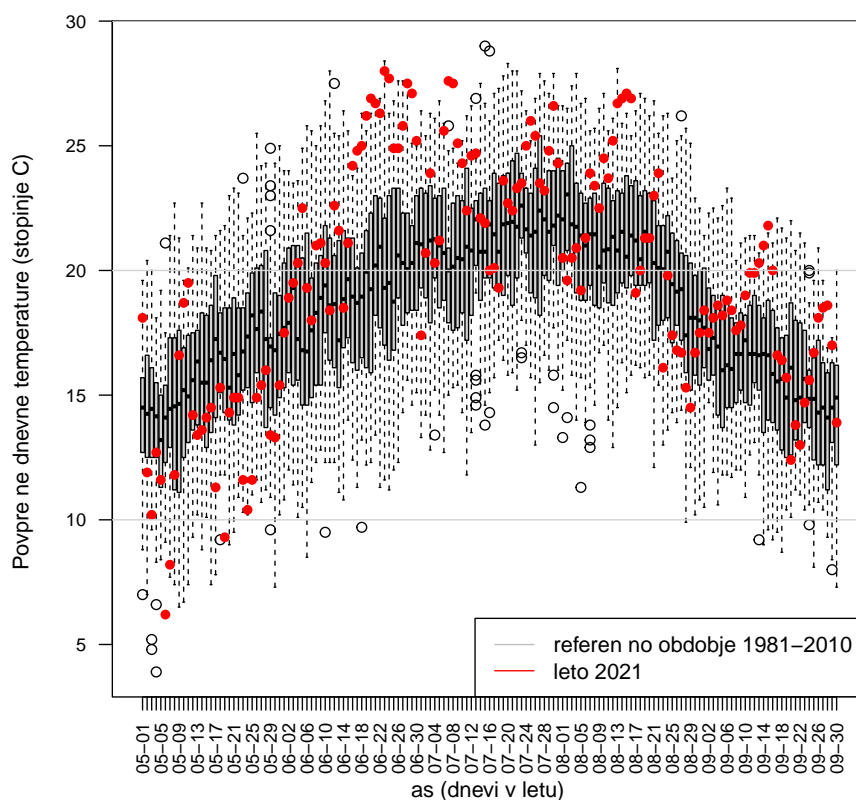
### Primerjava povpre nih dnevnih temperatur po obdobjih



Slika 8: Primerjava povprečnih dnevnih temperatur po mesecih v letih 2011-2022 z referenčnimi leti 1981-2010

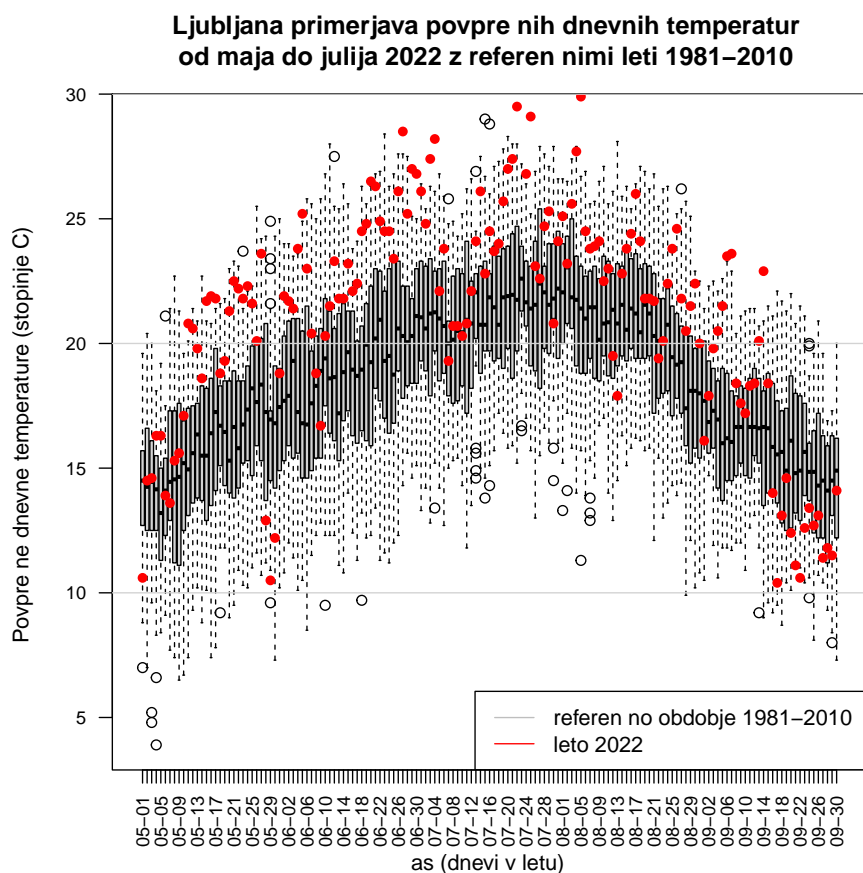
Iz pregleda povprečnih dnevnih temperatur po vseh mesecih je očitno, da so temperature v obdobju 2011-2022 na splošno višje od referenčnih iz let 1981-2010.

**Ljubljana primerjava povpre nih dnevnih temperatur  
od maja do julija 2021 z referen nimi leti 1981–2010**



Slika 9: Primerjava povprečnih dnevnih temperatur od maja do julija 2021 z referenčnimi leti 1981-2010

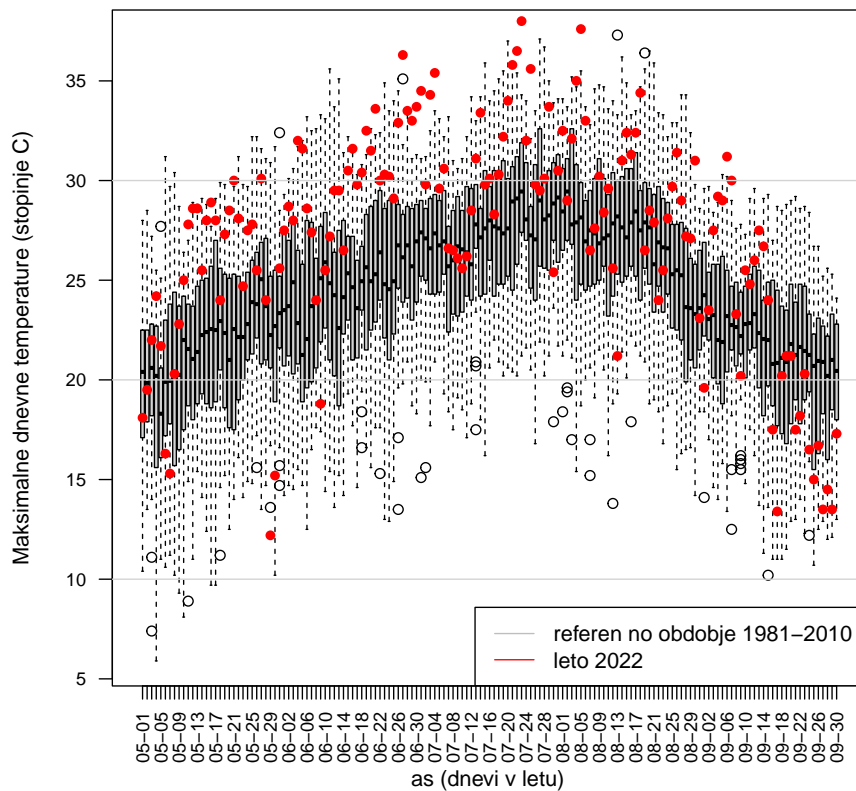
Nekatere povprečne dnevne temperature od sredine junija in do prve četrtine julija leta 2021 so bile daleč nad temperaturami referenčnega obdobja 1981-2010 in blizu rekordno zabeleženim nasploh. Povprečna dnevna temperatura dne 23.06.2021 je bila do tedaj peta najvišja temperatura zabeležena v mesecu juniju, dokler je ni prekosila druga najvišja dne 27.06.2022 in jo porinila na šesto mesto v juniju.



Slika 10: Primerjava povprečnih dnevnih temperatur od maja do julija 2022 z referenčnimi leti 1981-2010

Povprečne dnevne temperature v letu 2022 so bile prav tako visoke ali rekordne že v maju in nato spet v juniju in juliju. Dne 27.06.2022 je bila zabeležena druga najvišja povprečna dnevna temperatura meseca junija  $28,5^{\circ}\text{C}$ . Dne 22.07.2022 je bila izmerjena do takrat četrta najvišja povprečna temperatura sploh, dokler ni bila naslednjega dne 23.07.2022 izmerjena rekordna povprečna dnevna temperatura  $30,4^{\circ}\text{C}$  in temperaturo prejšnjega dne potisnila na peto mesto splošne razvrstitve.

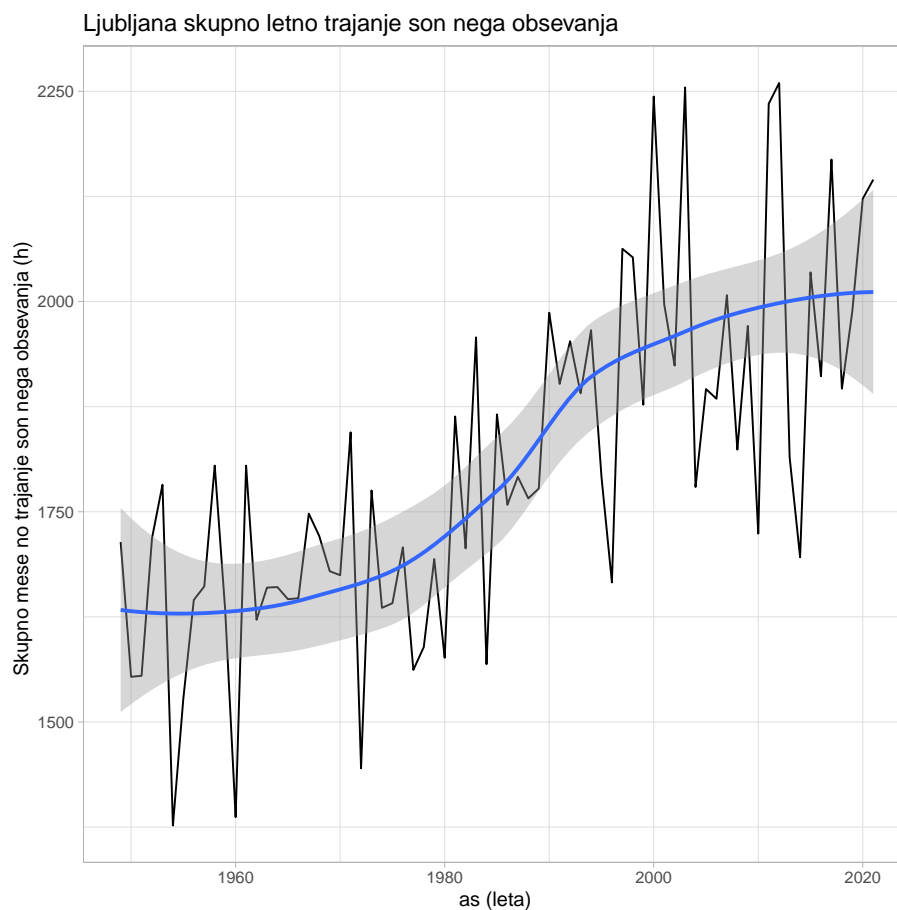
**Ljubljana primerjava maksimalnih dnevnih temperatur  
od maja do julija 2022 z referenčnimi leti 1981–2010**



Slika 11: Primerjava maksimalnih dnevnih temperatur od maja do julija 2022 z referenčnimi leti 1981-2010

Tudi maksimalne dnevne temperature v letu 2022 so bile med rekordnimi izmerjenimi v Ljubljani. Dne 23.07.2022 je bila izmerjena sedma najvišja izmerjena temperatura 38°C.

## 2 Sončno obsevanje

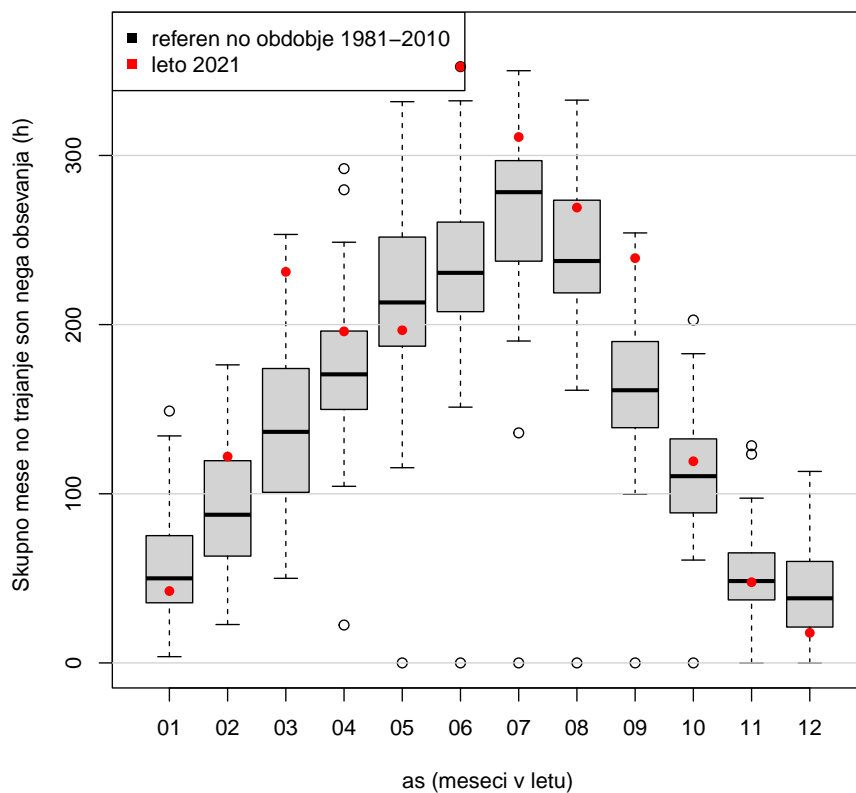


Slika 12: Ljubljana skupno letno trajanje sončnega obsevanja

Porast temperature lahko pripišemo spremenjenemu režimu mešanja polarnih in tropskih zračnih mas, a tudi povečanemu sončnemu sevanju za slabih 400 h na leto.

Povečano trajanje sončnega obsevanja upravičuje smiselnost postavljanja sončnih elektrarn.

**Ljubljana primerjava skupnega mese nega son nega sevanja  
v letu 2021 z referen nim obdobjem 1981–2010**

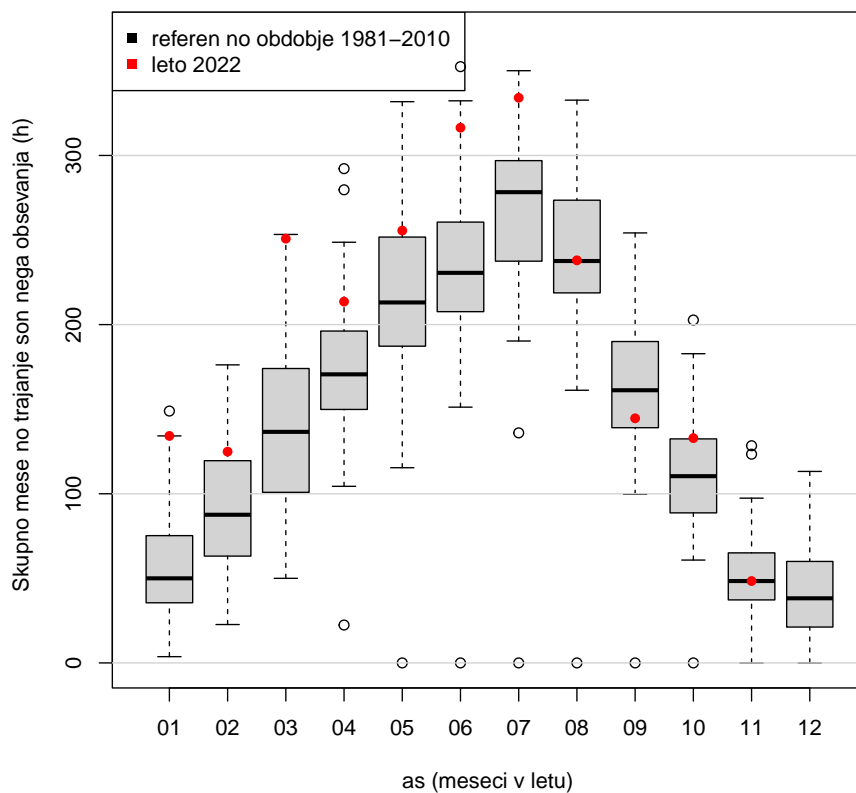


Slika 13: Primerjava skupnega mesečnega sončnega sevanja v letu 2021 z referenčnim obdobjem 1981-2010

V letu 2021 je bil nad vse sončen marec, precej sončen april in zelo oblačen maj, rekordno sončen junij, ter sončni julij, avgust in september. Januar in december sta bila skoraj brez sonca.



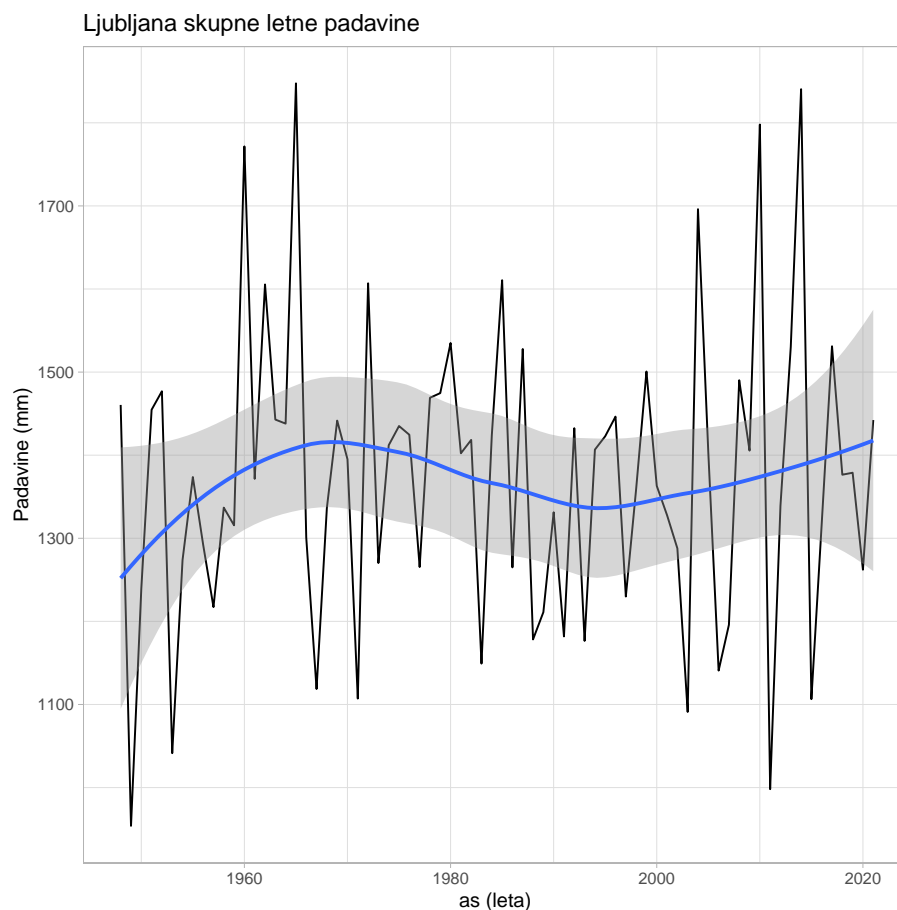
**Ljubljana primerjava skupnega mesečnega sončnega sevanja  
v letu 2022 z referenčnim obdobjem 1981–2010**



Slika 14: Primerjava skupnega mesečnega sončnega sevanja v letu 2022 z referenčnim obdobjem 1981-2010

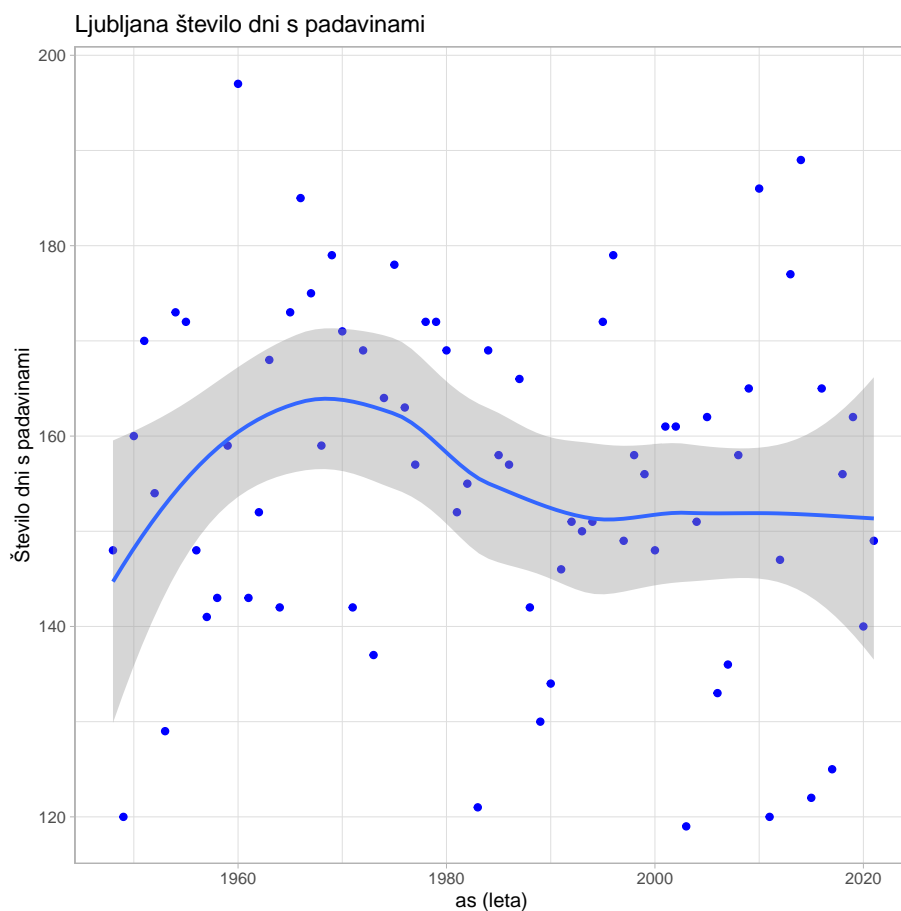
V letu 2022 so bili sončni meseci januar, marec, junij in julij. Sočasno pomanjkanje padavin je povzročilo izredno sušo.

### 3 Padavine



Slika 15: Ljubljana skupne letne padavine

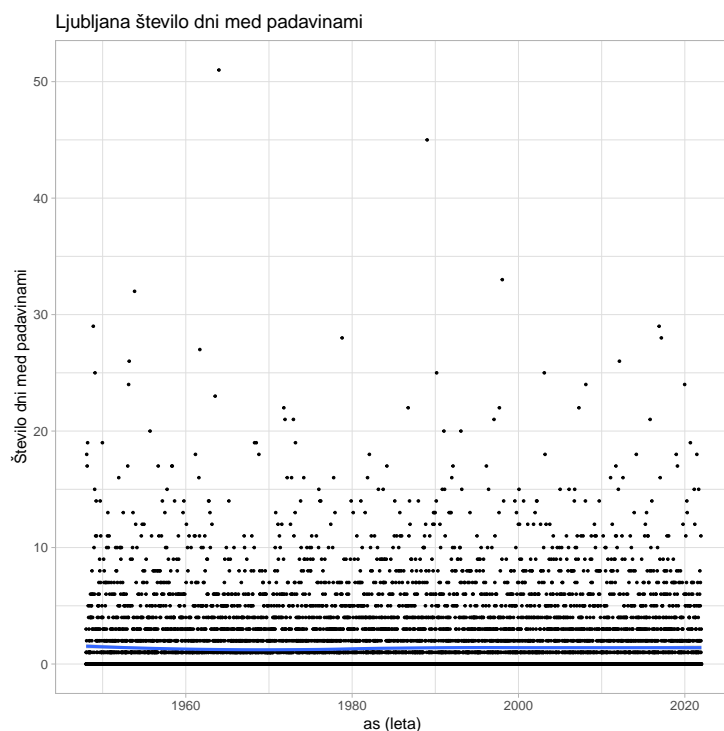
Ljubljana dobiva letno od 1000 mm do 1800 mm padavin. Letne količine precej nihajo, saj 'mokra' leta prinesejo skoraj dvakrat toliko padavin kot 'suha' leta. Kot je trenutno videti, se količina padavin bistveno ne spreminjala z leti. Težava pa postaja porazdelitev padavin med letom ter občasni pojavi obilnih dnevnih padavin in občasna dolgotrajna sušna obdobja.



Slika 16: Ljubljana število dni s padavinami

V Ljubljani vsaj nekaj pada z neba (npr. dež ali sneg) okrog 150 dni na leto. Do sedaj je bilo zabeleženih od 119 do 197 deževnih dni v letu. Povprečno bi nam torej dežnik prišel prav vsake 3 dni.

Kranjska marela je torej z razlogom postala del narodne noše.



Slika 17: Ljubljana število dni med padavinami

Število dni med padavinami je 27.362 dneh med 01.01.1948 in 30.11.2022 bilo porazdeljeno takole:

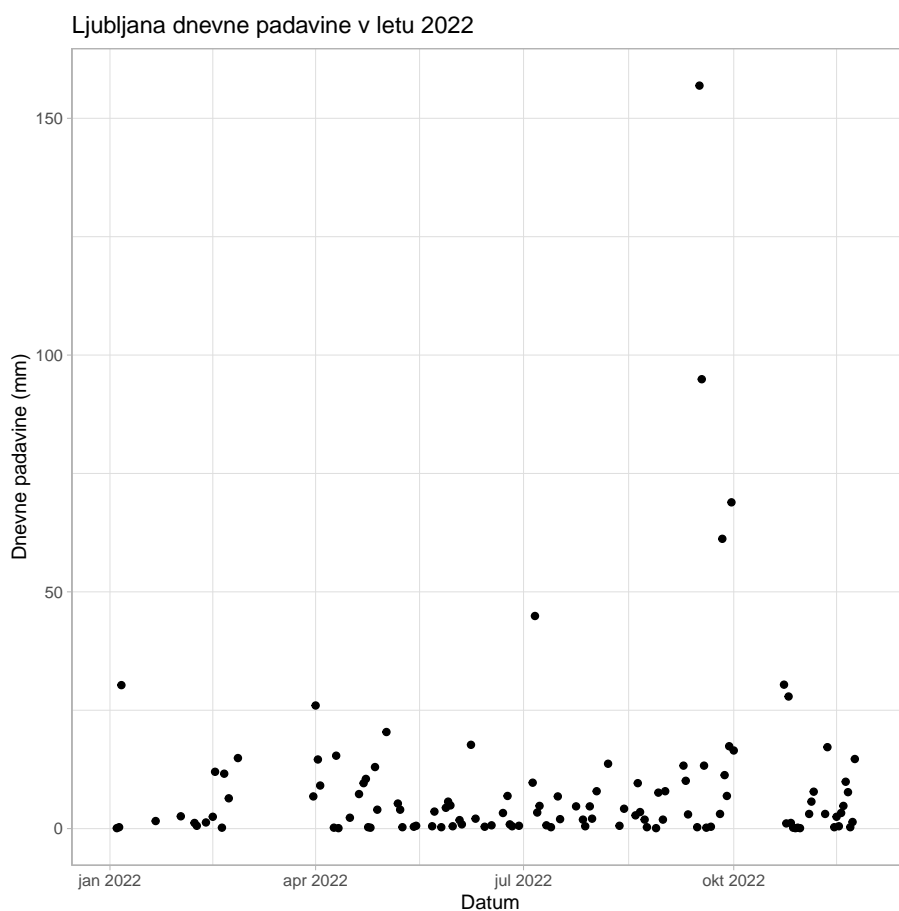
Interval	Število dni	Opombe
0	7379	To število vključuje tudi več zaporednih dni s padavinami
1	1294	
2	832	
3	572	
4 do 5	700	
6 do 10	637	
11 do 20	187	
21 do 30	23	
31 do 51	5	

Število dni med padavinami ni enakomerno porazdeljeno. Najpogosteje padavine padajo v dveh ali več zaporednih dneh ali z razmakom enega dne, precej pogosto pa v razmakih do dva tedna.

Če je dolgo obdobje brez padavin v vročem obdobju, ki navadno sovпада z kritično rastjo rastlin, je posledica velika škoda v kmetijstvu. Sorodne težave so tudi, če padavine sicer so, a so nezadostne. V zbirki vremenskih podatkov je 27 obdobj brez padavin trajajoče tri tedne ali dalj. Najdaljše zabeleženo obdobje brez padavin pa je trajalo kar 51 dni.

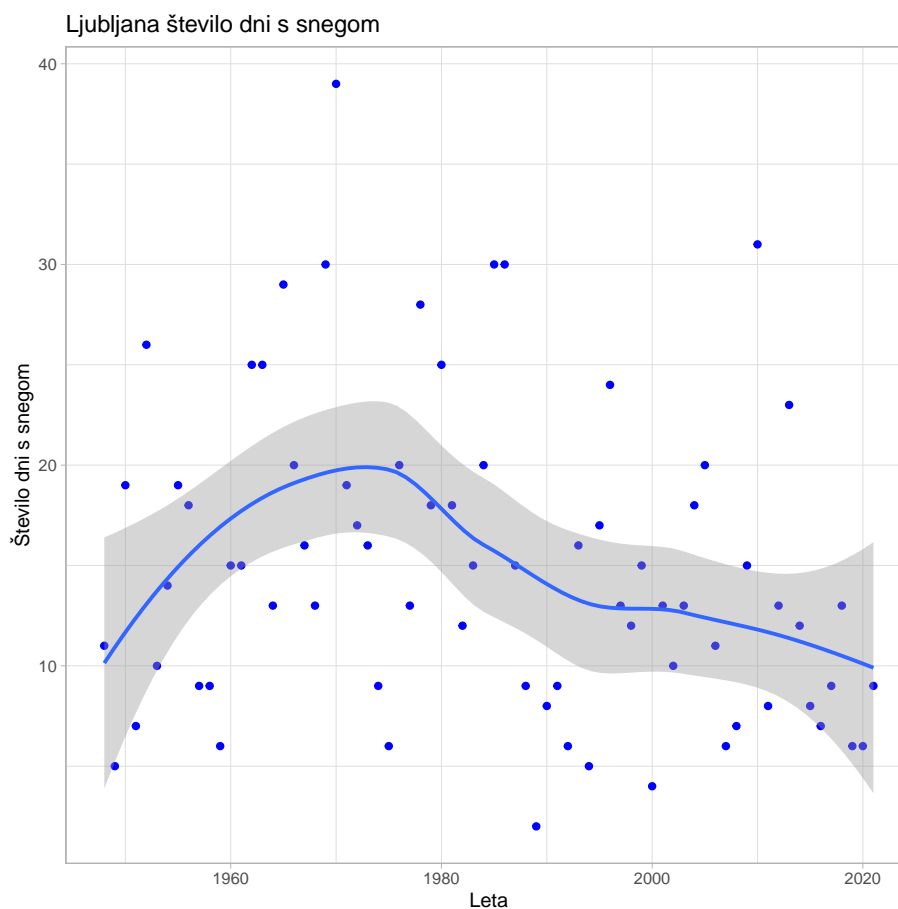
V 333 dneh leta 2022 je med 01.01.2022 in 30.11.2022 so bile padavine in suše porazdeljene takole:

Interval	Število dni v letu 2022	Opombe
0	66	To število vključuje tudi več zaporednih dni s padavinami
1	13	
2	10	
3	10	
4 do 5	11	
6 do 10	4	
11 do 20	1	
21 do 30	1	
31 do 51	1	



Slika 18: Ljubljana dnevne padavine v letu 2022

Iz slike dnevnih padavin v letu 2022 je videti nekaj sušnih obdobj: zimsko sušno obdobje od 07.01.2022 do 14.02.2022 (sicer s par mokrimi dnevi vmes), pomladansko sušno obdobje od 27.02.2022 do 30.03.2022 in jesenska sušno obdobje od 02.10.2022 do 22.10.2022. V nasprotju s sušo je bilo tudi nekaj dni z izrazitimi deževnimi nalivi: poletni naliv 06.07.2022 s 45 mm ter naliva 16.09.2022 s 157 mm in 17.09.2022 s 94 mm nato pa še 26.09.2022 s 61 mm in 30.09.2022 s 69 mm.

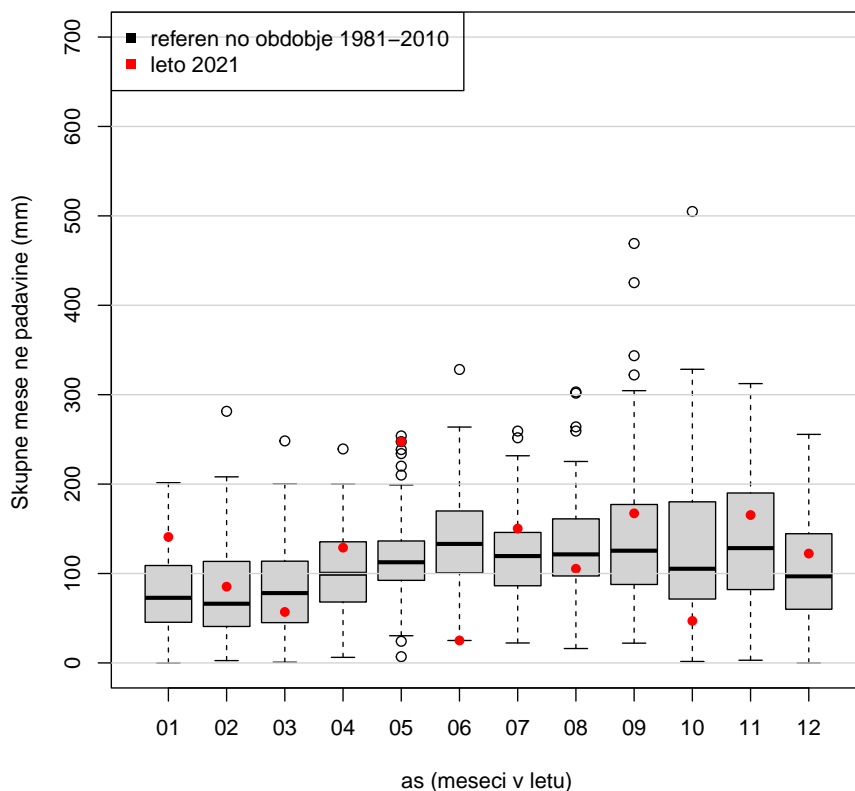


Slika 19: Ljubljana število dni s snegom

Število dni s snežnimi padavinami se manjša iz leta v leto. To je sicer ugodno za zmanjšanje stroškov zimskega čiščenja snega, a povečuje verjetnost spomladanske suše, kar je slabo za kmetijstvo.

Količina snežnih padavin se zmanjšuje tudi v gorskih predelih npr. v Alpah. Taljenje snega v gorskih predelih napaja reke, ki tečejo skozi Ljubljano in okolico in napajajo podtalnico iz katerega uporabljamo vodo za vodovod. Nižanje vodostaja podtalnice zaradi suše lahko ogrozi tudi oskrbo mesta z vodo.

**Ljubljana primerjava skupnih mese nih padavin v letu 2021  
z referen nimi mese nimi vsotami v letih 1981–2010**

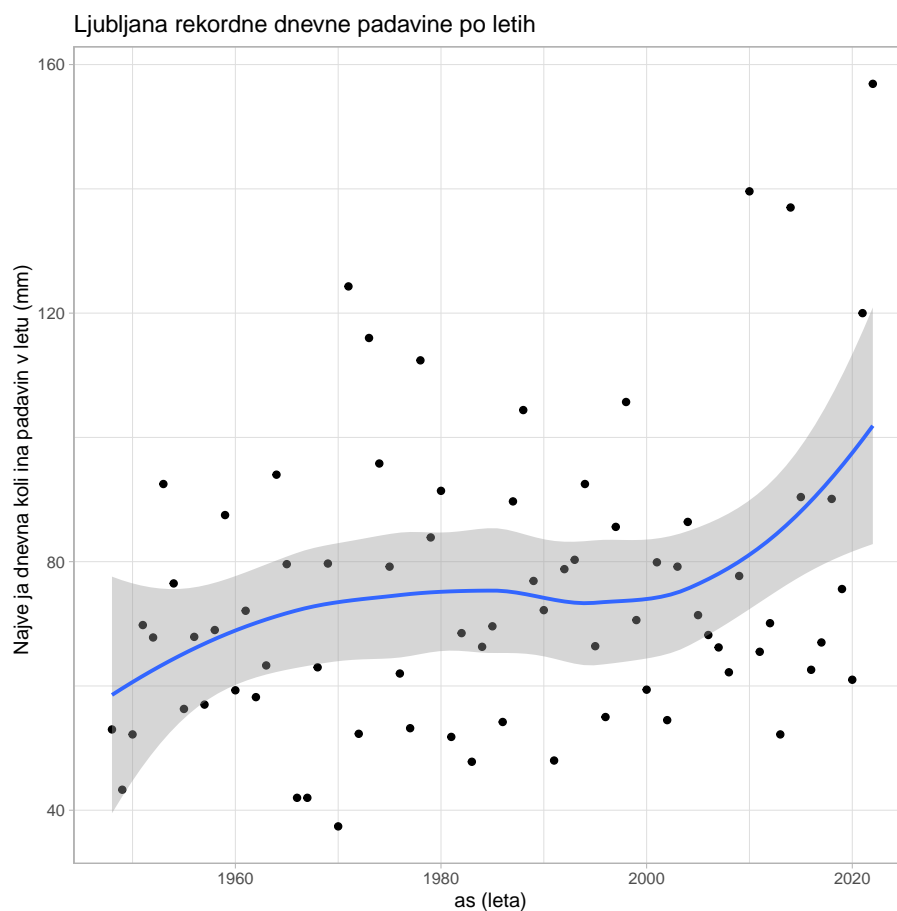


Slika 20: Ljubljana primerjava ref. skupnih mesečnih padavin z referenčnimi 1981–2010

Povprečno v Ljubljani pade vsak mesec okrog 100 mm padavin. Kadar so padavine jih v povprečju dnevno pade med 3 in 4 mm. Vendar so tudi leta in dnevi, ko je porazdelitev padavin zelo neenakomerna. V letu 2021 je bil zelo moker april, ekstremno moker maj, čemur je sledil skoraj čisto suh junij in spet moker julij, malo namočen avgust ter nato spet moker september in zelo suh oktober.

Graf skupnih mesečnih padavin ne kaže dnevne porazdelitve padavin. Iz osnovnih podatkov pa lahko izluščimo 30.09.2021, ki se ga gotovo spominjajo vsi gasilci v Ljubljani. V prejšnji noči je nampreč napadlo kar 120 mm dežja, kar je četrta najvišja izmerjena količina med arhivskimi vremenskimi podatki zabeleženimi v Ljubljani od leta 1948. Ta dnevna količina je bila večja od polovice skupne mesečne količine v septembru 2021. Rezultat so bile nekajurne poplave vseh podvozov in številnih kleti v Ljubljani.

Oktober je sicer praviloma en od bolj mokrih mesecev, a je bil v letu 2021 zelo suh. Zaradi tega je sicer bilo leto 2021 srednje mokro, a oktobrski izpad padavin je že bil uvod v suh začetek leta 2022.



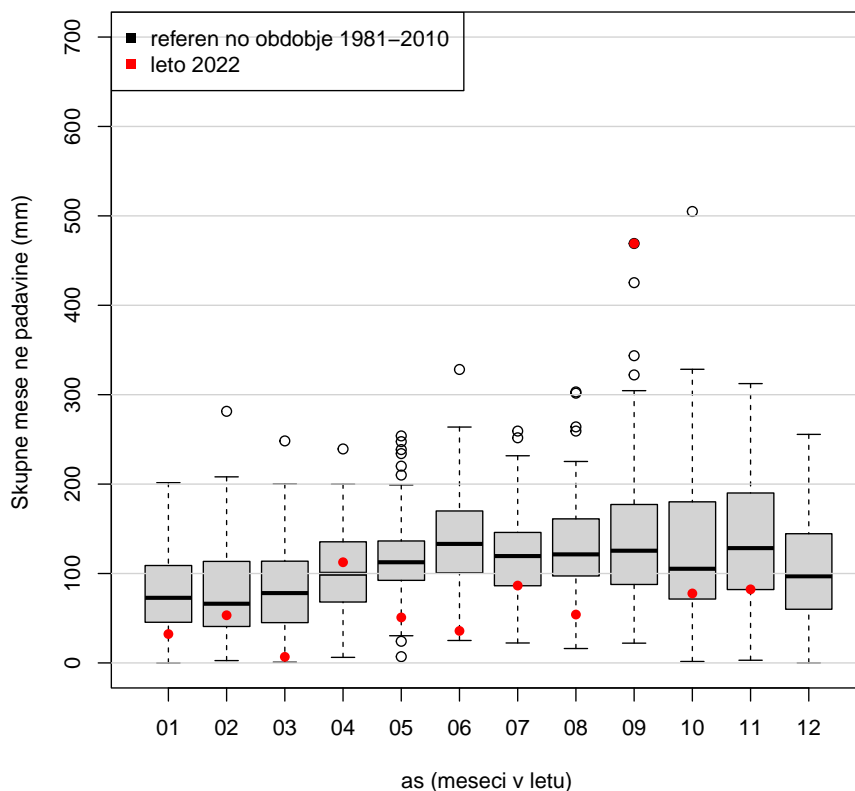
Slika 21: Ljubljana maksimalne dnevne padavine po posameznih letih

Običajno na dan pade le od 3 mm do 4 mm padavin. Maksimalne dnevne padavine v letu pa se gibljejo med 50 mm in 80 mm. Največje zabeležene dnevne količine so kar 157 mm, kar bi bile obilne mesečne količine, in so bile zabeležene v zadnjem desetletju. Naliv zabeležen 30.09.2021 s 140 mm je bil tudi letni rekord za leto 2021. Presegel ga je naliv dne 15.09.2022 s kar 157 mm.

V 109 dnevih s padavinami do 25 mm je padlo 49% vseh padavin, kar 15% vseh padavin v letu je padlo v enem dnevu v nalivu s 157 mm, v preostalih 8 dnevih s padavinami od 26 mm do 100 mm pa 27% vseh padavin.



**Ljubljana primerjava skupnih mese nih padavin v letu 2022  
z referen nimi mese nimi vsotami v letih 1981–2010**



Slika 22: Ljubljana primerjava ref. skupnih mesečnih padavin z referenčnimi 1981-2010

V letu 2022 so bili do sedaj vsi meseci razen aprila zelo suhi. Marec je bil skoraj brez padavin, podobno suho je bilo v maju in juniju. V juliju je en sam naliv zabeležen 06.07.2022 s 44 mm večinsko prispeval k mesečni količini padavin. September 2022 pa je bil rekordno moker september s kar obstajajo podatki. V tem mesecu je skupaj napadlo kar 496 mm padavin. Glavnina padavin je padla 15.09. kar 157 mm nato naslednji dan še 95 mm ter 25.09 in 29.09. nad 60 mm.

Obenem so bile povprečne mesečne temperature višje od povprečja, sončno obsevanje tudi povečano, kar je vse povzročilo sušo. To se je letos še bolj kot v Ljubljani posebej izrazilo na Krasu, kar je bil en od pogojev za največji gozdni požar v Sloveniji. V 7 mesecih letošnjega leta 2022 je v Ljubljani padlo komaj 378 mm padavin, kar je manj kot je lahko skupna količina dveh bolj mokrih mesecev.

## 4 Zaključek

Klimatske spremembe nas opominjajo, da smo kljub moderni tehnologiji odvisni od narave. V zadnjih par letih so posredne vplive predvsem vplivale na povečano aktivnost služb za zaščito in reševanje kot npr. gasilcev.



Slika 23: Poplavljen podvoz na Miheličevi cesti 29.09.2021

Vir: PGD Vižmarje-Brod

<https://www.pgd-vizmarje-brod.si/vecji-obseg-neurje-september-2021/>



Slika 24: Požar slame na travniku 21.07.2022

Vir: PGD Vižmarje-Brod

<https://www.pgd-vizmarje-brod.si/pozar-slame-obvozna-cesta-100/>

A pričakovane hitrejše in še večje spremembe klime bodo vplivale na vse nas!

## 5 Kazalo slik

### Slike

1	Ljubljana povprečne letne temperature . . . . .	2
2	Ljubljana tropske noči . . . . .	3
3	Ljubljana dnevi z zmrzaljo . . . . .	4
4	Ljubljana primerjava povprečnih mesečnih temperatur v letu 2021 z referenčnimi 1981-2010 . . . . .	5
5	Ljubljana primerjava povprečnih mesečnih temperatur v letu 2022 z referenčnimi 1981-2010 . . . . .	6
6	Ljubljana porazdelitvi povprečnih junijskih temperatur in mediani po obdobjih . . . . .	7
7	Ljubljana porazdelitvi povprečnih julijskih temperatur in mediani po obdobjih . . . . .	8
8	Primerjava povprečnih dnevni temperatur po mesecih v letih 2011-2022 z referenčnimi leti 1981-2010 . . . . .	9
9	Primerjava povprečnih dnevni temperatur od maja do julija 2021 z referenčnimi leti 1981-2010 . . . . .	10
10	Primerjava povprečnih dnevni temperatur od maja do julija 2022 z referenčnimi leti 1981-2010 . . . . .	11
11	Primerjava maksimalnih dnevni temperatur od maja do julija 2022 z referenčnimi leti 1981-2010 . . . . .	12
12	Ljubljana skupno letno trajanje sončnega obsevanja . . . . .	13
13	Primerjava skupnega mesečnega sončnega sevanja v letu 2021 z referenčnim obdobjem 1981-2010 . . . . .	14
14	Primerjava skupnega mesečnega sončnega sevanja v letu 2022 z referenčnim obdobjem 1981-2010 . . . . .	15
15	Ljubljana skupne letne padavine . . . . .	16
16	Ljubljana število dni s padavinami . . . . .	17
17	Ljubljana število dni med padavinami . . . . .	18
18	Ljubljana dnevne padavine v letu 2022 . . . . .	19
19	Ljubljana število dni s snegom . . . . .	20
20	Ljubljana primerjava ref. skupnih mesečnih padavin z referenčnimi 1981-2010 . . . . .	21
21	Ljubljana maksimalne dnevne padavine po posameznih letih . . . . .	22
22	Ljubljana primerjava ref. skupnih mesečnih padavin z referenčnimi 1981-2010 . . . . .	23
23	Poplavljen podvoz na Miheličevi cesti 29.09.2021 . . . . .	24
24	Požar slame na travniku 21.07.2022 . . . . .	24