

Mira Kobold

HIDROLOŠKE SUŠE IN POMANJKANJE VODE V SLOVENIJI

UVOD

Slovenija je zelo vodnata država, k čemur pripomore predvsem velika količina padavin.* V povprečju pade od 750 mm padavin na leto na skrajnem severovzhodu države (v Prekmurju) do več kot 3000 mm na severozahodu v Julijskih Alpah.¹ Na območju osrednje Slovenije pade povprečno med 1400 in 1600 mm padavin na leto. Na prostorsko porazdelitev padavin vplivajo geografska lega Slovenije in njena pokrajinska raznolikost (Alpe, Sredozemlje, Dinarski kras, Panonska nižina) ter razgibanost njenega površja. Kljub temu suša postaja del ekstremnih vremenskih dogodkov, ki povzročajo težave v Sloveniji. V zadnjih desetletjih se pogostost in jakost suš v Sloveniji povečujeta. Vse večji delež padavin pade v obliki močnih padavin in iz sušnega ekstrema ter pomanjkanja vode hitro preidemo v poplave in preobilico vode.

Za sušo je značilno, da se razvija počasi in postopoma, kar je v nasprotju s poplavami, ki se zgodijo hitro in trajajo le nekaj dni. Do suše prihaja praktično v vseh podnebjih in je pojav regionalnega značaja. Je zapleten naravni pojav, ki ga ni mogoče enostavno opredeliti, napovedati in spremljati, čeprav gre za običajno, ponavljajočo se značilnost podnebja.² Njene značilnosti se razlikujejo od

* Raziskavo sta omogočili Agencija za okolje in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.

1 Agencija Republike Slovenije za okolje, *Letna povprečna višina padavin, obdobje 1981–2010*.

2 Tallaksen in van Lanen, *Hydrological Drought*, 8–12.

regije do regije. Suša izhaja iz pomanjkanja padavin v daljšem časovnem obdobju, običajno eno sezono, lahko tudi več, kaže pa se kot pomanjkanje vode za različne dejavnosti, skupine oziroma okoljske sektorje. Suša ogroža preživetje ljudi, povečuje tveganje za bolezni in večjo smrtnost, spodbuja pa tudi množične migracije (podnebne begunce).

Na sušo ne moremo gledati samo kot na fizikalni pojav ali naravni dogodek. Njen vpliv na družbo se odraža v medsebojnem odnosu med sušo kot naravnim dogodkom (manj padavin od pričakovanih, kar izvira iz naravne podnebne spremenljivosti) in zahtevami ljudi po oskrbi z vodo. Ker se suša običajno razvija počasi, je škoda, ki jo povzroča, postopna. Nedavne suše tako v razvitih državah kot v državah v razvoju ter ekonomski in okoljski vplivi in osebne stiske ljudi poudarjajo ranljivost vseh družb pred tem naravnim pojavom. Družba se prične s sušo soočati šele takrat, ko je suša že v polnem razmahu, in ne že pred tem, ko je stanje normalno in so količine razpoložljive vode dovolj velike, da bi bilo možno izvesti nekatere predhodne ukrepe, ki bi omilili pomanjkanje vode v sušnem obdobju.

Suša in pomanjkanje vode imata pomemben vpliv na številne z vodo povezane panoge in dejavnosti. Največji in najpomembnejši vpliv je na kmetijstvo in kmetijske panoge. Kmetijska proizvodnja je zelo odvisna od razpoložljivosti vode in suša lahko povzroči manjšo pridelavo poljščin, zmanjšano kakovost pridelkov in povečanje stroškov za namakanje. To lahko vodi do višjih cen hrane in zmanjšane varnosti preskrbe s hrano. Suša lahko prizadene tudi gozdno panogo in povzroči škodo v gozdarstvu, saj drevesa oslabijo in so posledično bolj dovzetna za škodljivce in bolezni. Poveča tudi tveganje za gozdne požare, kar ima uničujoče posledice za ekosisteme. Proizvodnja hidroenergije je neposredno povezana z razpoložljivostjo vode. Suša lahko zmanjša zmogljivost hidroelektrarn, kar lahko vodi do pomanjkanja električne energije in posledično do višjih cen energije. Številne industrijske dejavnosti, kot so proizvodnja, predelava in hlajenje, potrebujejo velike količine vode. Pomanjkanje vode lahko privede do zmanjšane proizvodnje, višjih stroškov obratovanja in celo do zaprtja obratov. Suša lahko vpliva na zmanjšano oskrbo gospodinjstev z vodo in omejitev rabe vode. Vpliva tudi na zdravje ljudi, saj v kombinaciji z visokimi temperaturami zraka poveča tveganje za bolezni in umrljivost. Suša vpliva tudi na okolje. Povzroči lahko degradacijo habitatov, zmanjšanje biodiverzitete in spremembe v ekosistemih.

Prispevek se osredotoča na hidrološko sušo in pomanjkanje vode. Pogostost hidroloških suš v Sloveniji se v zadnjih desetletjih povečuje. Značilnost največjih hidroloških suš so dolga neprekinjena obdobja nizkovodnih stanj, ki so trajala zaporedoma več mesecev. Prikazane so še projekcije sprememb pretokov slovenskih rek do konca 21. stoletja.

DEFINICIJE IN VRSTE SUŠ

Suša je kompleksen pojav, povezan s pomanjkanjem vode, ki ga je težko definirati in spremljati. Zaradi svoje kompleksnosti nima splošno sprejete enotne definicije. Obstaja več različnih pogledov na sušo glede na strokovno področje (meteorologija, hidrologija, vodni viri, ekonomija, kmetijstvo itd.) in s tem tudi več definicij suše. Svetovna meteorološka organizacija (WMO) sušo definira kot »dolgotrajno sušno obdobje v naravnem podnebnem ciklu, ki se lahko pojavi kjer koli na svetu. Običajno gre za počasen pojav, ki ga povzroča pomanjkanje padavin. Ima velik vpliv na prehransko varnost, zdravje ter razseljevanje in migracije prebivalstva«. ³ Konvencija Združenih narodov o boju proti dezertifikaciji (UNCCD) navaja, da so suše eden najbolj strahovitih naravnih pojavov na svetu; pustošijo kmetijska zemljišča, uničujejo sredstva za preživetje in povzročajo nepopisno trpljenje. Pojavijo se, ko se na območju pojavi pomanjkanje oskrbe z vodo zaradi pomanjkanja padavin ali pomanjkanja površinske ali podzemne vode. Trajajo lahko tedne, mesece ali leta. ⁴ Nacionalni center za blaženje suše (NDMC) Univerze v Nebraski pa sušo opredeljuje kot dolgotrajno obdobje pomanjkanja padavin, ki povzroči veliko škodo na pridelkih in posledično izgubo pridelka. ⁵

Našteti so samo nekaj definicij suše. Skupno definicijam suše je, da gre za naravni pojav, ki ga povzroča pomanjkanje padavin, kar vpliva na hidrološko neravnovesje. Suša se razvija postopoma, nikoli ne nastopi v trenutku, in potuje skozi vodni krog. ⁶ Od tod sledi, da poznamo več vrst suš, ⁷ ki se med seboj razlikujejo tako po vzrokih kot tudi po posledicah.

Najprej zaznamo meteorološko sušo, o kateri govorimo, ko gre za izrazit pomanjkljaj padavin glede na dolgoletno obdobje v določenem prostoru in času. Meteorološka suša je običajno povezana z nadpovprečno visokimi temperaturami zraka, vetrom in nizko relativno vlago. Vse to ima za posledico večje izhlapevanje, manjšo infiltracijo, manjši odtok in napajanje vodonosnikov. Pomanjkanje vode v tleh povzroči pomanjkanje vode za normalen razvoj rastlin v površinskem sloju tal, kar vpliva na manjši pridelek, in takrat nastopi kmetijska suša. Ko se proces dolgotrajnega pomanjkanja vode za napajanje površinskih in podzemnih voda nadaljuje, kar se kaže v podpovprečnih pretokih rek in znižanih gladinah jezer, akumulacij in podzemnih voda, govorimo o hidrološki suši. Terminološki hidrološki slovar ⁸ hidrološko sušo definira kot »dovolj dolgo obdobje nenormalno suhega vremena, da povzroči povečano pomanjkanje vode, kar ka-

3 WMO, Drought.

4 UNCCD, The Drought Initiative.

5 NDMC, What is Drought?

6 Kobold, Hidrološko stanje voda kot posledica vremenskega dogajanja, 4–5.

7 Kobold, Hidrološka suša slovenskih vodotokov v obdobju 2000–2002, 103.

8 Mikoš idr., Hidrološko izrazje, 134.

žejo podpovprečni pretoki, podpovprečno znižanje gladin jezer in/ali znižanje vlage v tleh ter znižanje gladine podtalnice«. V prispevku smo se osredotočili na hidrološko sušo. Hidrološka suša ne nastopa skupaj z meteorološko in kmetijsko sušo, ampak za njima zaostaja. Potrebna je več časa, da se primanjkljaj padavin pokaže v komponentah hidrološkega sistema (pretoku vode, vlagi v tleh, gladini podzemne vode). Pomanjkanje vode vpliva na kmetijsko proizvodnjo in na številne druge z vodo povezane dejavnosti, kot so oskrba s pitno vodo, rastlinska pridelava, vodni promet, proizvodnja električne energije, rekreacijske dejavnosti. Ko ljudje občutijo pomanjkanje vode kot dobrine, govorimo o ekonomskih, socialnih in okoljskih vplivih suše. Socialno-ekonomski vpliv se pokaže takrat, ko je potreba po ekonomskih dobrinah zaradi posledic meteorološke, kmetijske in hidrološke suše večja od oskrbe s temi dobrinami.

Ko se pojavijo padavine in so odpravljeni meteorološki pogoji suše, se vodne zaloge obnovijo. Najprej se obnovijo zaloge vode v tleh, sledijo vodotoki, akumulacije in jezera, nazadnje pa se obnovijo zaloge podzemnih vod. Obnovitev podzemnih vod je lahko dolgotrajen proces, odvisen od trajanja in količine padavin. Tudi vplivi suše v kmetijstvu se hitro zmanjšajo, predvsem zaradi vode v tleh, čeprav se povzročene škode ne da odpraviti.

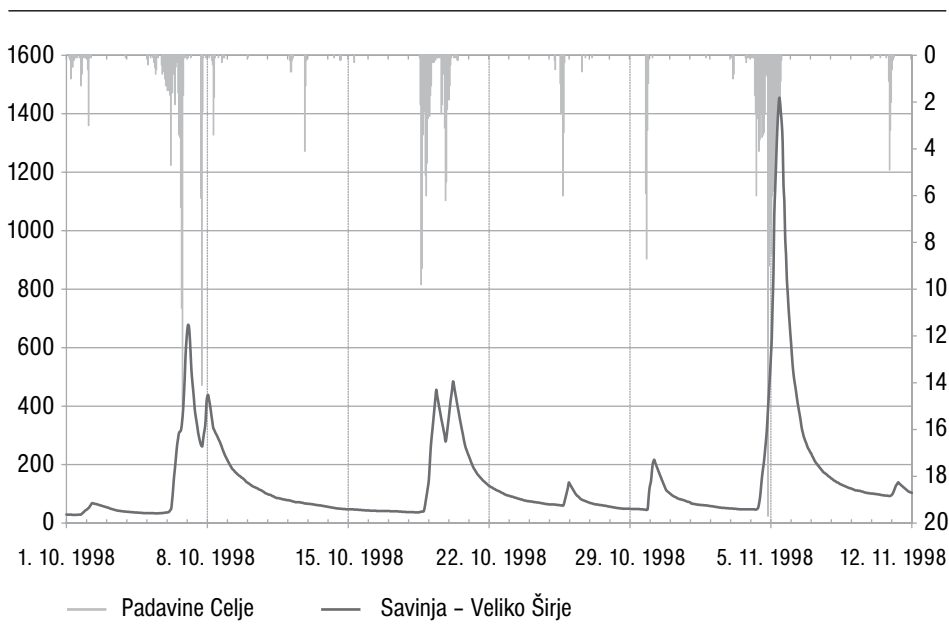
SPREMENLJIVOST POVRŠINSKEGA ODTOKA V SLOVENIJI

Padavine so najpomembnejši element površinskega odtoka v Sloveniji. Zveza med padavinami in odtokom ni enostavna.⁹ Odtok je del padavin, ki prispejo na kopno in se ne zadržijo na rastlinah in v tleh ali ne izhlapijo, ampak odtečejo površinsko in podpovršinsko v mrežo vodotokov. Glede na pokrajinsko pestrost Slovenije in neenakomerno časovno in prostorsko razporeditev padavin se odtok površinskih voda čez leto neprestano spreminja. Največji vpliv na odtok v Sloveniji imajo padavine, saj leži Slovenija pretežno v povirjih rek. Vode že po okoli 100 kilometrov dolgem toku v enem dnevu ali dveh zapustijo naše ozemlje. Ozke doline z velikimi vzdolžnimi padci dajejo rekam hudourniški značaj, kar pomeni zelo hitro naraščanje in tudi hitro upadanje vodnih količin (graf 1). Ker se podnebje spreminja in vse večji delež padavin pade ob kratkotrajnih, vendar močnih padavinah, vse pogostejše občutimo na eni strani sušo in pomanjkanje vode, na drugi pa se soočamo s poplavami.¹⁰ Oba mejna pojava lahko nastopita celo v istem letu. Dogaja se tudi, da se hidrološko stanje voda iz nizkovodnih ali sušnih razmer sprvrže v poplave.

9 Kobold, Hidrološko stanje voda kot posledica vremenskega dogajanja, 5–7.

10 IPCC, Podnebne spremembe 2021, 3–7.

Graf 1: Hudourniški značaj reke Savinje, ki se kaže v hitrem porastu ob padavinah in hitrem upadu po koncu padavin



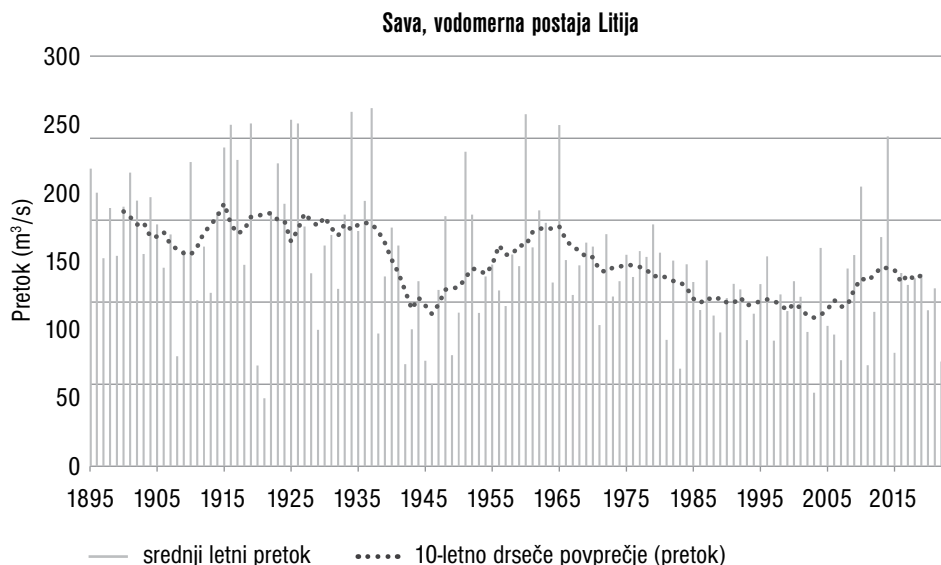
Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje

Podatki državnega hidrološkega monitoringa¹¹ kažejo veliko medletno spremenljivost pretokov. Nihanje srednjih letnih pretokov je dobro vidno na reki Savi v Litiji (graf 2), kjer je neprekinjen niz podatkov o pretoku vode v podatkovni zbirki Agencije Republike Slovenije za okolje na voljo od leta 1895, to je 129-letni niz podatkov do vključno leta 2023. Trend 10-letnega drsečega povprečja za obdobje 1895–2023 kaže, da so bila konec 19. in v prvi polovici 20. stoletja na območju srednje Save pretežno mokra leta, z izjemo sušnih let 1920 in 1921, ko so bili pretoki med najnižjimi v obdobju meritev. V sredini 20. stoletja je bilo večletno izredno suho obdobje, zlasti suha so bila leta 1942, 1945 in 1946. Sledila so pretežno mokra leta, vendar so vodne količine od druge polovice 20. stoletja začele postopoma upadati vse do konca 20. stoletja, ko se je trend za kratek čas obrnil navzgor. Proti koncu 20. in v začetku 21. stoletja med izrazito hidrološko suha leta sodijo 1983, 2003, 2011 in 2022. Po linearnem trendu se je srednji letni pretok Save v Litiji med letoma 1895 in 2023 zmanjšal za četrtnino. Kazalnik letne rečne bilance za obdobje 1961–2022 kaže zmanjšanje neto odtoka z ozemlja Slovenije za 2,5 odstotka na desetletje.¹²

11 Agencija Republike Slovenije za okolje, Arhiv hidroloških podatkov.

12 Agencija Republike Slovenije za okolje, *Letna rečna bilanca*.

Graf 2: Srednji letni pretoki in pripadajoče 10-letno drseče povprečje Save na vodomerni postaji Litija za obdobje 1895–2023



Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje

Zmanjševanje višine padavin na letni ravni, najbolj spomladi in poleti, večanje količine jesenskih padavin, spremembe trajanja in višine snežne odeje, rast povprečne temperature zraka in posledično povečana evapotranspiracija so glavni dejavniki, ki vplivajo na spreminjanje pretočnih režimov slovenskih rek.¹³ Podobno kot v večjem delu sveta tudi meritve v Sloveniji kažejo, da se podnebje segreva.¹⁴ Hkrati s tem se spreminjajo tudi druge podnebne spremenljivke, predvsem padavine in snežna odeja, ki pomembno vplivajo na vodni režim. Analize trendov pretokov kažejo upadajoč trend srednjih letnih pretokov povsod po Sloveniji,¹⁵ kar pomeni, da se letna količina razpoložljive vode v strugah vodotokov zmanjšuje.

13 Kobold idr., Vpliv padavin na pretočni režim Slovenije, 185–89.

14 Kobold in Dolinar, Podnebne spremembe v Sloveniji in njihov vpliv na vodni režim, 118–24.

15 Bertalanč in sod., Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja, 38–40.

MERJENJE IN VREDNOTENJE HIDROLOŠKE SUŠE

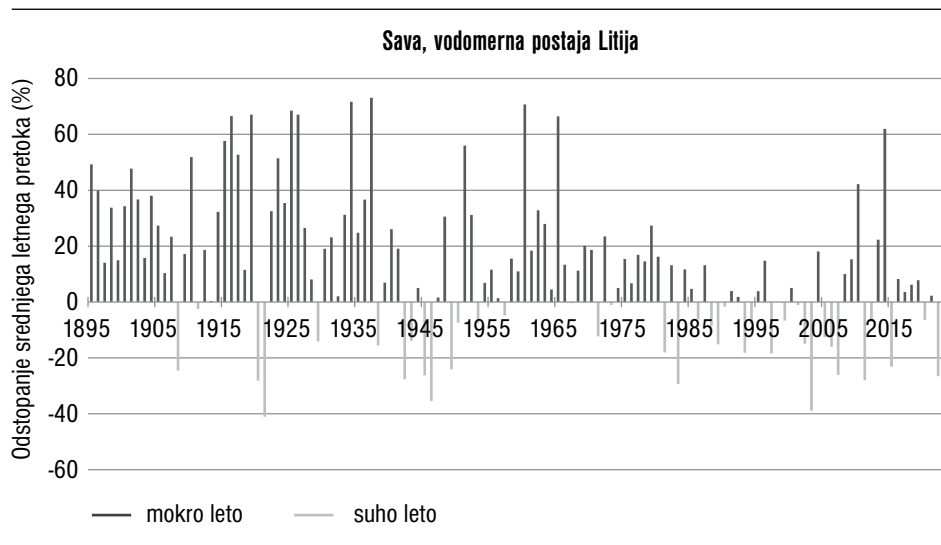
Suša je naraven pojav z izrazito počasnim razvojem, ki izhaja iz pomanjkanja padavin v določenem časovnem obdobju. Fizikalni parameter, ki bi sušo enoznačno določal, ne obstaja. Sušo opredeljujejo začetek suše, konec suše, trajanje suše, intenziteta suše in obseg suše. Začetek suše je čas, ko se suša začne pojavljati, konec suše pa je čas, ko suša preneha. Trajanje suše je časovni interval med začetkom in koncem suše, intenziteta suše pa pove, kako huda je. Obseg suše opredelimo kot prostor ali območje, ki ga je prizadela suša. V hidrologiji sta izraza suša in mali pretoki tesno povezana, nista pa enakovredna. Hidrološke suše vključujejo nizkovodna obdobja, ponavljajoči se sezonski nizki pretoki pa niso nujno suša, ampak del pretočnega režima reke. Suša je opredeljena kot regionalno obsežen pojav podpovprečne razpoložljivosti naravnih vodnih virov in predstavlja značilnost daljšega obdobja (več mesecev, lahko tudi več let).¹⁶

Običajna praksa je, da podatke opazovanj primerjamo s povprečji iz dolgotrajnega primerjalnega obdobja. Obdobna povprečja klimatoloških in hidroloških podatkov se uporabljajo kot merilo, s katerim je mogoče primerjati nedavna ali trenutna opazovanja. Na ta način dobimo vpogled v količinsko odstopanje spremenljivk od primerjalnega obdobja. Svetovna meteorološka organizacija (World Meteorological Organization – WMO) je dala splošno priporočilo, da se za primerjalno obdobje uporabi 30-letno obdobje, ki se posodobi vsako desetletje, da bolje odraža spreminjajoče se podnebje in njegov vpliv na vodni krog.¹⁷ Trenutno je primerjalno obdobje 1991–2020. Kot primer navajamo odstopanje srednjih letnih pretokov od primerjalnega obdobja 1991–2020 za Savo v Litiji (graf 3). Hitro lahko izluščimo najbolj suha leta, tudi zaporedje več suhih let. Najbolj suha leta v obdobju 1895–2023 na Savi v Litiji, v katerih je bil primanjkljaj srednjega letnega odtoka večji od 25 odstotkov, so bila: 1920, 1921, 1942, 1945, 1946, 1983, 2003, 2007, 2011, 2022. Največji primanjkljaj odtoka, 41 odstotkov, je bil leta 1921, za tem pa leta 2003 s primanjkljajem 39 odstotkov.

16 Tallaksen in van Lanen, Hydrological Drought, 5–8.

17 WMO, WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals, 1–3.

Graf 3: Odstopanje srednjih letnih pretokov Save v Litiji od primerjalnega obdobja 1991–2020



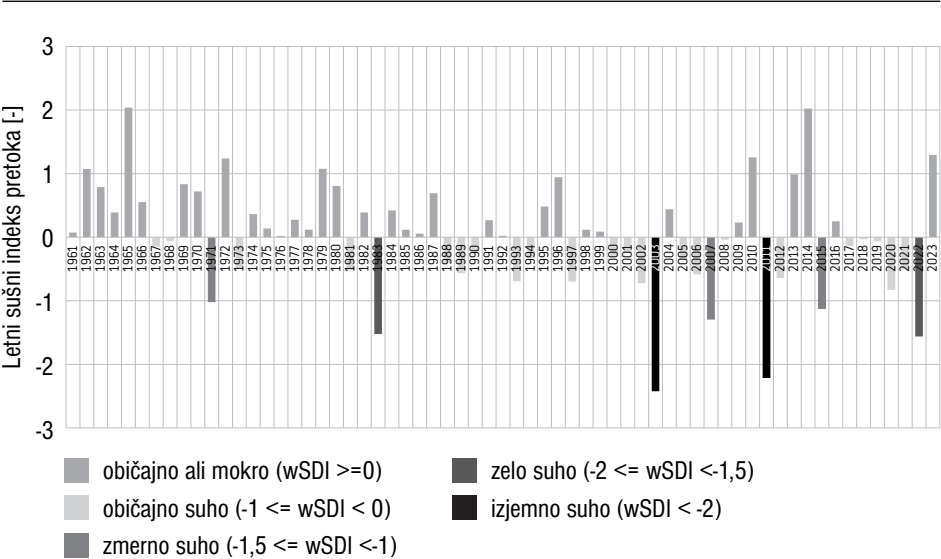
Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje

Za določanje stanja in intenzitete suše se vse bolj uporabljajo sušni indeksi, s katerimi določamo, kako huda suša je nastopila. Večinoma izhajajo iz merjenih meteoroloških in hidroloških parametrov. Obstaja veliko različnih indeksov,¹⁸ v praksi pa se uporabljajo sušni indeksi, ki temeljijo na dostopnih podatkih in so enostavni za izračun. Za opredelitev hidrološke suše površinskih voda uporabljamo mesečne in srednje letne pretoke rek na vodomernih postajah državnega hidrološkega monitoringa. Sušni indeks pretoka (SDI) lahko za vsako vodomerno postajo izračunamo za različna časovna obdobja, običajno za letni, polletni in trimesečni nivo. Regionalno oceno indeksa za celo Slovenijo izračunamo kot vsoto obteženih indeksov SDI posameznih vodomernih postaj (wSDI).¹⁹ Vrednosti kazalca določajo pet stopenj hidrološke suše: običajno ali mokro ($wSDI \geq 0$), običajno suho ($-1,0 < wSDI < 0$), zmerno suho ($-1,5 < wSDI < -1,0$), zelo suho ($-2 \leq wSDI < -1,5$) in izjemno suho ($wSDI < -2$). Na letnem nivoju sta bili v Sloveniji v obdobju 1961–2023 izjemno suhi leti 2003 in 2011, zelo suhi 1983 in 2022 ter zmerno suha so bila leta 1971, 2007 in 2015 (graf 4). Na polletnem nivoju, upoštevajoč obdobje april–september, pa je bilo v Sloveniji izjemno suho leto 2003, izredno suha so bila leta 1993, 2000 in 2011 ter zmerno suha leta 1983, 2007, 2012, 2020 in 2022 (graf 5). Ostala sušna leta so bila običajno suha.

18 WMO in GWP, Handbook of Drought Indicators and Indices, 1–41.

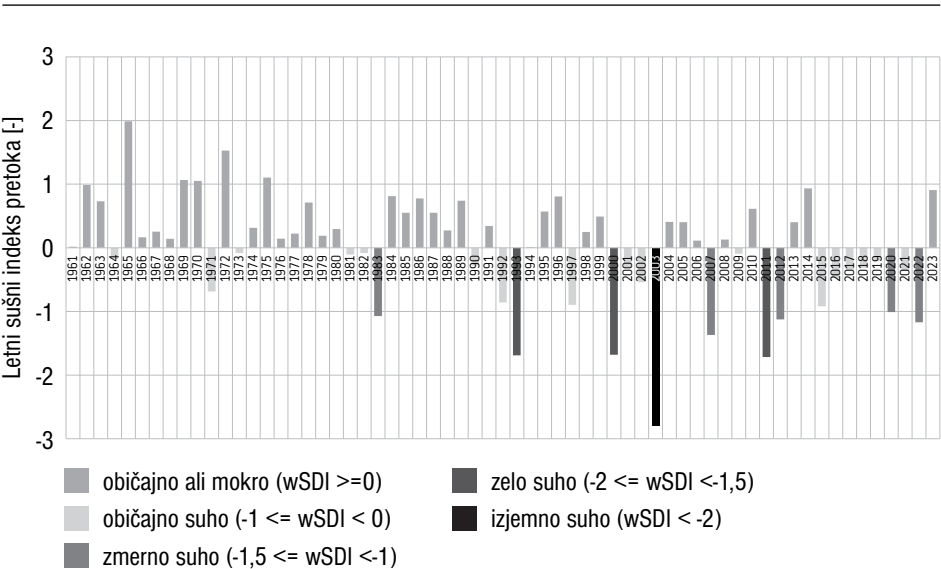
19 Agencija Republike Slovenije za okolje, *Hidrološka suša površinskih vod*.

Graf 4: Letni sušni indeks pretoka za Slovenijo, obdobje 1961–2023



Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje

Graf 5: Polletni sušni indeks pretoka za Slovenijo za obdobje od aprila do septembra, obdobje 1961–2023



Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje

Pogostost hidroloških suš se v zadnjih desetletjih povečuje. V zadnjih dvajsetih letih so pojavi suše tako površinskih kot podzemnih voda pogostejši in intenzivnejši kot v predhodnem obdobju, povečala pa se je tudi spremenljivost med posameznimi leti. Izmenjujejo se zelo suha in zelo mokra leta z vmesnimi obdobji hidrološko običajnih let. Pri površinskih vodah je intenzivnost suš pogostejša v rastni sezoni, pri podzemnih vodah se intenzivnejše suše pogosteje pojavljajo pozimi, medtem ko so blažje oblike suše značilne predvsem za začetek jeseni. Podzemni vodni viri se običajno zadnji odzovejo na sušne razmere, ki so posledica pomanjkanja padavin. Podzemna voda je tudi glavni vir pitne vode v Sloveniji, okoli 97 odstotkov prebivalcev za oskrbo s pitno vodo uporablja vodo iz podzemnih vodnih virov.²⁰

PROSTORSKA SPREMENLJIVOST NAJVEČJIH HIDROLOŠKIH SUŠ

Suša je regionalnega značaja in nikoli ne prizadene enakomerno cele Slovenije. Najhujša hidrološka suša površinskih voda je bila v večjem delu države leta 2003 (graf 6). V severni Sloveniji je bila najhujša hidrološka suša leta 1993, ponekod v zahodni Sloveniji pa leta 2022. Na porečjih v severovzhodni in severozahodni Sloveniji ter ponekod v Podravju in Pomurju so bila najbolj suha posamezna leta, v katerih so bile hidrološke suše lokalnega značaja, omejene samo na določeno manjše območje.

Na državni ravni je bila po primanjkljaju odtoka Slovenija hidrološko najbolj suha leta 2003. Bolj prizadet je bil vzhodni del države, kjer je bil primanjkljaj odtoka večji, najbolj na skrajnem severovzhodu države (graf 7). Podobna prostorska razporeditev suše z manjšimi primanjkljaji odtoka je bila leta 2012. Leta 1993 sta bila najbolj prizadeta severni in severovzhodni del države. Po obsegu in intenzivnosti je bilo med prikazanimi leti najmanj sušno leto 2011, ko je bil največji primanjkljaj odtoka v južnem in jugovzhodnem delu Slovenije.

Tudi po trajanju suše izstopa leto 2003, ko smo beležili najdlje trajajoče sušne pretoke v večjem delu države, najbolj pa so trpeli severovzhodna in vzhodna Slovenija ter jugozahod države. Podobno je bilo leta 2012, le da so bili mali pretoki beleženi manjši del leta kot leta 2003. Leta 1993 so sušne pretoke beležile vodo-merne postaje na severu in severovzhodu države, leta 2011 pa na jugu in jugovzhodu. Po trajanju sušnih dogodkov je bilo leto 2011 najmanj sušno v primerjavi z leti 2003, 2012 in 1993. Sušni dogodki so se pojavljali manjši del tega leta in na manjšem prostorskem območju kot v preostalih treh analiziranih letih.²¹

20 Agencija Republike Slovenije za okolje, *Hidrološka suša podzemnih voda*.

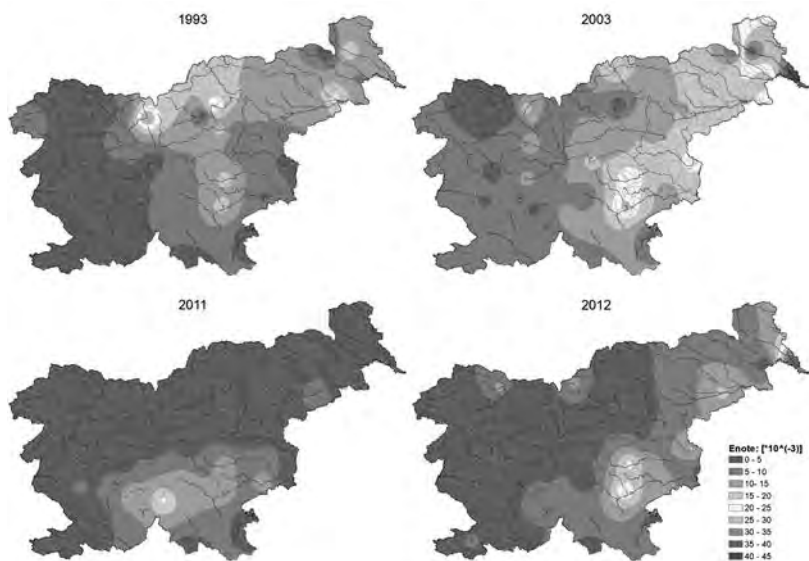
21 Cunja, Kobold in Šraj, *Največja časovna in prostorska analiza največjih hidroloških suš v Sloveniji*, 102.

Slika 1: Najbolj suha leta po kriteriju najmanjšega pretoka trajanja 180 dni na vodomernih postajah državnega hidrološkega monitoringa v obdobju 1960–2022



Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje

Slika 2: Prostorski prikaz standardiziranih skupnih primanjkljajev odtoka za leta 1993, 2003, 2011 in 2012



Vir: Cunja idr., Največja časovna in prostorska analiza največjih hidroloških suš v Sloveniji, 101

POGLED V PRIHODNOST

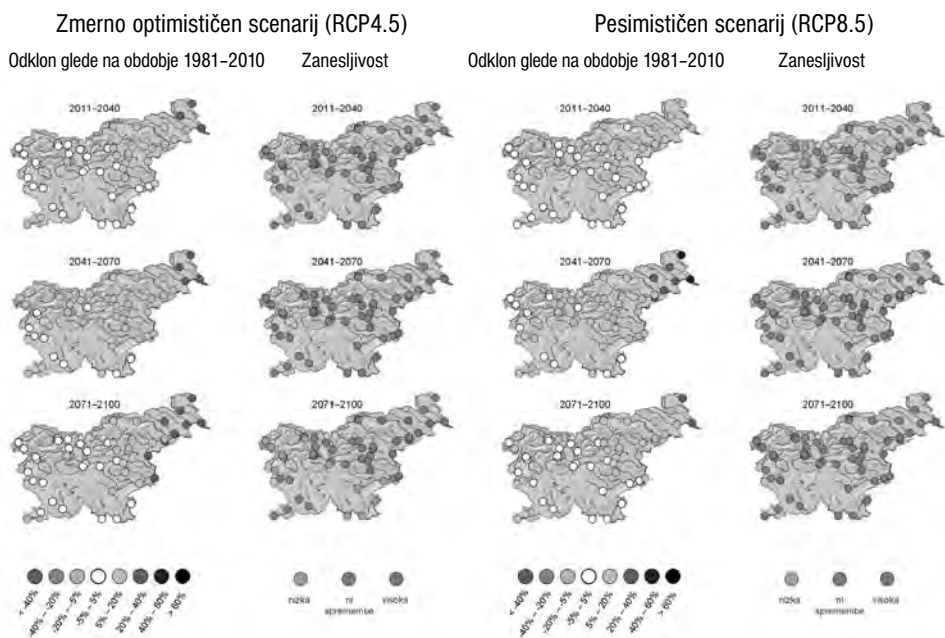
Podnebje se je v zadnjih desetletjih na Zemlji spremenilo, kar dokazujejo meteorološke in hidrološke meritve po vsem svetu, tudi v Sloveniji. Spremembe podnebnih dejavnikov vplivajo na spremembe hidroloških spremenljivk. Spreminjajo se pretočni in temperaturni režimi rek. Trendi pretokov so pomembni kazalniki časovne spremenljivosti hidroloških pojavov. Z analizo časovnega zaporedja pretokov proučujemo dogajanje v preteklosti, ocenjujemo izrazitost in značilnost časovnega spreminjanja ter ugotavljamo spremembe v hidrološkem režimu. V splošnem smo zaznali trend zmanjševanja količin vode v rekah tako pri srednjih kot malih pretokih,²² s podnebnimi projekcijami pa ocenjujemo spremembe podnebja, ki jih lahko pričakujemo v prihodnosti. Te ocene predstavljajo podlago za načrtovanje prihodnjega razvoja od podnebja odvisnih sektorjev (kmetijstva, gozdarstva, turizma ter drugih) in ukrepov obvladovanja tveganj za nesreče, kot so poplave in suše. V hidrologiji je pomembno vedeti, v kolikšni meri se bo sprememba padavinskih vzorcev odrazila v pretokih rek.

Rezultati simulacij za prihodnost²³ napovedujejo znaten dvig letne povprečne temperature zraka do konca 21. stoletja na celotnem območju Slovenije v vseh letnih časih ter povečanje letne višine padavin, najbolj opazno bo povečanje padavin pozimi. Povečala se bosta tako jakost kot pogostost izjemnih padavin. Te spremembe bodo vplivale na pretoke rek. Večjih sprememb srednjih letnih pretokov v Sloveniji do konca stoletja za različne scenarije izpustov toplogrednih plinov do konca 21. stoletja v primerjavi z obdobjem 1981–2010 ni pričakovati, le za severovzhod države se kaže deloma znatno povečanje pretokov do 30 % (graf 8). Se bo pa povečalo napajanje podzemnih voda v Sloveniji, na letni ravni do okrog 20 %, najbolj na severovzhodu države, kjer lahko povečanje preseže 30 %. Spremembe malih (sušnih) pretokov so prostorsko neenotne in le ponekod v severni polovici države kažejo na statistično značilno povečanje do 20 %. Zaradi spremenjene časovne in prostorske razporeditve padavin (daljših sušnih obdobj, krajših in krajevno razporejenih intenzivnih padavin) in visokih temperatur zraka bodo tudi obdobja sušnih pretokov daljša. Zanesljivost predvidenih sprememb pretokov je v največji meri odvisna od zanesljivosti spremembe padavin, ki imajo največji vpliv na odtok površinskih voda.

22 Bertalanč idr., Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja, 20–42.

23 Prav tam, 86–150.

Slika 3: Relativna sprememba srednjih letnih pretokov v treh projekcijskih obdobjih glede na primerjalno obdobje 1981–2010 ter pripadajoča zanesljivost spremembe za optimističen in pesimističen scenarij



Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje

ZAKLJUČEK

Ko se začne suša, je kmetijstvo prvo, ki je prizadeto zaradi pomanjkanja vode v tleh, saj to pomeni pomanjkanje vode za rastline. Če se pomanjkanje padavin nadaljuje, so prizadeti površinski vodotoki, jezera, gladina podzemnih vod. Pomanjkanje vode vpliva tudi na druga področja, zlasti na oskrbo z vodo.

V zadnjih dvajsetih letih so pojavi suše površinskih voda pogostejši in intenzivnejši kot v predhodnem obdobju, povečala pa se je tudi spremenljivost med posameznimi leti. Izmenjujejo se zelo suha in zelo mokra leta z vmesnimi obdobji hidrološko običajnih let. Vzorec izjemnih sušnih let je podoben. Značilnost največjih hidroloških suš so dolga neprekinjena obdobja nizkovodnih stanj, ki trajajo zaporedoma več mesecev. Začetek suše običajno nastopi že v začetku leta ali gre za nadaljevanje zimske suše iz predhodnega leta, kot je bilo leta 2012. Kratkotrajna izboljšanja hidrološkega stanja so ob večinoma kratkotrajnih in lokalnih

padavinskih dogodkih. Najnižje vrednosti pretokov so običajno dosežene marca, julija in avgusta. V obdobju 1961–2023 kot najbolj hidrološko suho leto izstopa leto 2003, ko je suša zajela večji del Slovenije. Je pa suša regionalni pojav in nikoli ne zajame enakomerno cele Slovenije. Leta 1993 je bila najbolj intenzivna na severu države, v letih 2003 in 2012 v Prekmurju, leta 2011 na jugu države in leta 2022 v zahodni in osrednji Sloveniji.

Za spremljanje trenutnega stanja sušnosti je bilo na Agenciji Republike Slovenije za okolje razvito orodje Sušomer, ki podaja informacije o sušnih razmerah za vse tri tipe suš (kmetijsko sušo, sušo površinskih voda in sušo podzemnih voda) ter o meteoroloških razmerah kot izvoru sušnih razmer na enotni prostorski skali po regijah Slovenije.²⁴ Informacije o sušnih razmerah se posodablajo tedensko celo leto.

VIRI IN LITERATURA

LITERATURA

Bertalančič, Renato, Mojca Dolinar, Andrej Draksler, Luka Honzak, Mira Kobold, Katja Kozjek, Neža Lokošek, Anže Medved, Gregor Vertačnik, Živa Vlahović in Ana Žust. *Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Sintezno poročilo – prvi del*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, 2018.

Cunja, Jan, Mira Kobold in Mojca Šraj. Časovna in prostorska analiza največjih hidroloških suš v Sloveniji. *Ujma*, 33 (2019): 95–103.

Kobold, Mira. Hidrološko stanje voda kot posledica vremenskega dogajanja. *Vetrnica, glasilo Slovenskega meteorološkega društva*, 8/15 (2015): 4–7.

Kobold, Mira. Hidrološka suša slovenskih vodotokov v obdobju 2000–2002. *Ujma*, 17/18 (2004): 102–11.

Kobold, Mira, Mojca Dolinar. Podnebne spremembe v Sloveniji in njihov vpliv na vodni režim. V: *Zbornik referatov: simpozij z mednarodno udeležbo*, ur. Cerkvenik Stanka in Rojnik Enisa. Ljubljana: Slovensko društvo za zaščito voda, 2014, 117–31.

Kobold, Mira, Peter Frantar in Mojca Dolinar. Vpliv padavin na pretočni režim Slovenije. V: *Upravljanje voda v Sloveniji*, ur. Volfand Jože. Celje: Fit media, 2011, 181–93.

Mikoš, Matjaž, Andrej Kranjc, Branivoj Matičič, Jakob Müller, Jože Rakovec, Miljenko Roš in Mitja Brilly. Hidrološko izrazje – Terminology in Hydrology. *Acta hydrotechnica*, 20/32 (2002).

Tallaksen, Lena, M. in Henny A. J van Lanen. Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. *Developments in Water Science*, 48. Netherlands: Elsevier, 2004.

²⁴ Agencija Republike Slovenije za okolje, *Sušomer*.

WMO. *WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals*. WMO-No. 1203, Geneva, 2017.

WMO in GWP. *Handbook of Drought Indicators and Indices*. Integrated Drought Management Programme. WMO-No. 1173, Geneva, 2016.

SPLETNI VIRI

Agencija Republike Slovenije za okolje. Arhiv hidroloških podatkov. *Arhivski podatki*. Dostopno na: https://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php. Pridobljeno 8. 11. 2024.

Agencija Republike Slovenije za okolje. *Hidrološka suša podzemnih voda. Okoljski kazalci*. Dostopno na: <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/hidroloska-susa-podzemnih-voda-0>. Pridobljeno 12. 12. 2024.

Agencija Republike Slovenije za okolje. *Hidrološka suša površinskih vod. Okoljski kazalci*. Dostopno na: <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/hidroloska-susa-povrsinskih-vod-1>. Pridobljeno 12. 12. 2024.

Agencija Republike Slovenije za okolje. *Letna povprečna višina padavin, obdobje 1981–2010*. Dostopno na: https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/precipitation/mean-annual-measured-precipitation_81-10.png. Pridobljeno 5. 12. 2024.

Agencija Republike Slovenije za okolje. *Letna rečna bilanca. Okoljski kazalci*. Dostopno na: <https://kazalci.arso.gov.si/index.php/sl/content/letna-recna-bilanca-10>. Pridobljeno 2. 12. 2024.

Agencija Republike Slovenije za okolje. *Sušomer*. Dostopno na: <https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/agromet/bulletin/drought/sl/>. Pridobljeno 24. 10. 2024.

IPCC. *Podnebne spremembe 2021. Fizikalne osnove in stanje v Sloveniji. Poročilo IPCC 2021, Povzetek za odločevalce z dodanim opisom stanja v Sloveniji*. Dostopno na: https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/2021_11-Poro%C4%8Dilo%20IPPC%20Podnebje%202021.pdf. Pridobljeno 10. 12. 2024.

NDMC. *What is Drought?* | *National Drought Mitigation Center*. Dostopno na: <https://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/WhatisDrought.aspx>. Pridobljeno 10. 12. 2024.

The Drought Initiative. | *UNCCD*. Dostopno na: <https://www.unccd.int/land-and-life/drought/drought-initiative>. Pridobljeno 5. 11. 2024.

WMO. *Drought*. Dostopno na: <https://wmo.int/topics/drought>. Pridobljeno 5. 11. 2024.

