

**Andreja Sušnik, Patricia Blažič,
Maja Žun, Marko Puškarić**

SUŠA – VČERAJ, DANES, JUTRI

UVOD

Globalno poročilo o oceni tveganj pod okriljem Urada Združenih narodov za zmanjševanje tveganja nesreč navaja,^{*} da je suša postopno razvijajoč in ponavljajoč se meteorološki pojav, ki lahko traja od nekaj tednov do več let, prizadene obsežna območja ter ima dolgotrajne posledice za družbo in ekosisteme.¹ Od drugih naravnih nesreč se razlikuje po tem, da je njen začetek težko opredeliti, posledice pa se postopno kopičijo in postanejo opazne šele po daljšem obdobju.² Medvladni odbor za podnebne spremembe sušo opredeljuje kot obdobje nenavadno suhega vremena, ki traja dovolj dolgo, da povzroči hidrološko neravnovesje.³ Suše povzročajo dolgotrajne anticiklonske razmere, premik vročih in suhih zračnih mas ter globalni vzorci cirkulacije atmosfere. Nastanejo zaradi pomanjkanja padavin v določenem obdobju, neustreznega časovnega razporeda in/ali zaradi negativne vodne bilance, ki jo povzroča povečana potreba po vodi v atmosferi zaradi visokih temperatur ali močnih vetrov. Poleg tega lahko pomanjkanje snega ali taljenja ledenikov zaradi zmanjšanih zimskih padavin povzroči ali poslabša sušne razmere.⁴

^{*} Raziskavo je omogočila Agencija Republike Slovenije za okolje.

1 UNDRR, Special Report on Drought 2021, 24.

2 Ceglar, Obravnava meteorološke suše z različnimi indikatorji, 408.

3 Field, Managing the Risks of Extreme Events and Disasters, 24–25.

4 UNDRR, Special Report on Drought 2021, 24.

Prizadene različne segmente vodnega kroga, zato poznamo več vrst suš: meteorološko, kmetijsko in hidrološko. Pri pojavu sušnih razmer je pomembno opredeliti, kateri del vodnega kroga je moten. Kmetijska suša nastane zaradi pomanjkanja vode v površinskem sloju tal, kar vpliva na rast in razvoj rastlin; suša površinskih voda se odraža v zmanjšanem pretoku vodotokov in nižji gladini vodnih teles površinskih voda, medtem ko suša podzemnih voda nastopi kot posledica znižanja gladine podzemne vode v vodonosnikih, kar vpliva na razpoložljivost podzemnih virov vode.⁵ V zadnjih letih se je pojavilo še dodatno tveganje za suše, tako imenovana rapidna suša, ki se razvije zelo hitro, pogosto med vročinskimi valovi. Rapidne suše so povezane s pomanjkanjem padavin in izjemno visokimi temperaturami in/ali močnimi vetrovi. To dodatno povzroča povečano evapotranspiracijo in zmanjšanje vlage v tleh, posledice pa so vidne zlasti v kmetijskem sektorju. Končajo se v nekaj tednih, običajno so krajše od treh mesecev. Posebni primeri suš so tudi dolgotrajne suše, imenovane megasuše, ki lahko trajajo desetletja.⁶

Suša se lahko pojavlja sočasno z drugimi ekstremnimi dogodki, kot so vročinski valovi in požari, ali pa ji sledijo izredni dogodki, kot so poplave ali plazovi,⁷ katerih posledice so zaradi predhodne suše še večje. Z razvojem znanstvenega razumevanja podnebnih procesov so raziskovalci, kot so Van Loon in sodelavci,⁸ ugotavljali, da suše izhajajo iz zapletene interakcije naravnih in antropogenih dejavnikov, saj ima človeško delovanje velik vpliv na vodno bilanco. Na primer, povečano povpraševanje po vodnih virih lahko privede do poslabšanja intenzivnosti suše. Ukrepi za njeno ublažitev, kot je povečano črpanje podtalnice za namakanje, pa lahko zmanjšajo pritisk že obstoječe suše, vendar pa povečajo ranljivost za prihodnje suše.

ZGODOVINSKI PODATKI PRI ANALIZAH SUŠE

Prvi opisi suš segajo v preteklost, ko so kronisti opisovali pomanjkanje vode, propad pridelkov in družbene stiske, kar je zagotavljalo osnovo za razumevanje vplivov suše v zgodovinskem kontekstu. Vendar pa so ti zapisi pogosto fragmentirani in omejeni na lokalne opise.

Informacije o sušah v zgodovini, ko še ni bilo sistematičnih meritev, kot jih poznamo danes, lahko pridobimo s pomočjo različnih nadomestnih ali t. i. proxy podatkov, kot so drevesne branike, korale, jezerski in morski sedimenti, ledeniki

5 Agencija Republike Slovenije za okolje, Sušomer.

6 UNDRR, Special Report on Drought 2021, 25.

7 European Commission Joint Research Centre, World drought atlas, XII

8 Van Loon, Drought in the Anthropocene, 90.

in kapniki. Z uporabo znanstvenih metod lahko iz teh virov posredno pridobimo podatke o temperaturi, sončnem sevanju, padavinah in drugih dejavnikih okolja ter tako rekonstruiramo podnebne razmere za več tisoč let v preteklost.⁹

Rekonstrukcije in interpretacije podnebnih razmer, izvedene na ozemlju današnje Slovenije, predstavljajo izjemno dragocen vir za razumevanje podnebne zgodovine regije. Dendrokronološka analiza macesna na območju jugovzhodnih Alp je pokazala, da se macesni na nadpovprečne junijske in tudi majske in julijske temperature odzivajo s širšo braniko.¹⁰ Izjemnega pomena za raziskovanje sušnih razmer v preteklosti je 548 let dolga dendrokronološka analiza hrasta na jugovzhodnem delu Slovenije, s katero so bile rekonstruirane padavinske in temperaturne razmere za junij zadnjega pol tisočletja. Te analize so bile dopolnjene z zgodovinskimi viri, vključno s kronikami, ki prinašajo podrobne opise izrednih vremenskih pojavov. Zgodovinski zapisi iz let 1501, 1540, 1546, 1616, 1718, 1788, 1822, 1834, 1839 in 1841 omenjajo sušo, izredno vroča poletja in propad pridelkov, kar se ujema z rezultati dendrokronološke analize hrasta.¹¹

Izjemnega pomena za preučevanje preteklih okoljskih razmer so tudi zgodovinski viri, ki jih je dokumentiral človek, ne glede na to ali gre za podrobne opise ali le za kratke zabeleške. Kronike izrednih vremenskih dogodkov vsebujejo predvsem hidrološke podatke (poplave, presihanje studencev in vodnjakov), opise posledic v kmetijstvu (dobre in slabe letine, zgodnje in zapoznelo cvetenje ali zorenje), ekonomske učinke (pomanjkanja, spreminjanje cen, lakote) in neposredne vremenske učinke (zmrzali, suše, moče, viharji ipd.). Številni kronisti so na tem področju zapustili neprecenljive podatke. Sušna leta za primorski del Slovenije za obdobje od 14. do sredine 19. stoletja so bila do neke mere rekonstruirana s pomočjo sekundarnih in terciarnih zgodovinskih virov, predvsem kronik. Najzgodnejši zabeležen primer katastrofalne suše v Sloveniji sega v leto 638. Posevki so bili povsem uničeni, medtem ko so izviri presahnili. V zapisu Brenčiča¹² lahko razberemo, da viri poročajo o še dveh ekstremnih dogodkih, in sicer v letih 1000 in 1132, ko sta presahnili reki Drava in Mura, kar je povzročilo veliko lakoto in mnogo bolezni. Iz zbranih kronik še posebej izstopajo tri obdobja s pogostejšimi sušami: 1540 do 1562, prva polovica 18. stoletja in prva polovica 19. stoletja. Eden od zapisov iz tistega časa pravi: »Tudi v tem letu je bila na Kranjskem izredno velika vročina in sončna pripeka, da se je od suše ne le zemlja ko kamen strdila, temveč se je dosti gozdov vnelo. Od novembra 1539 do aprila 1540 ni ne deževalo ne snežilo.«¹³ Podrobnejši podatki o sušah so na

9 Bradley, *Paleoclimatology*, 4.

10 Levanič, *Vpliv klime na debelinsko rast macesna*, 45.

11 Čufar, *Reconstructing dry and wet summers in SE Slovenia from oak tree-ring series*, 610.

12 Brenčič, *Zgodovina suše*.

13 Ogrin, *Suha in mokra leta v submediteranski Sloveniji od 14. do sredine 19. stoletja*, 68.

voljo od 19. stoletja dalje, za leta 1857, 1865 in 1890 ter za čas med svetovnima vojnama.¹⁴ Razlog je tudi v začetku meritev meteoroloških spremenljivk na ozemlju Slovenije, ki so tudi osnova za detekcijo sušnih razmer.¹⁵ V dvajsetem stoletju je bila v Sloveniji kmetijska suša zabeležena desetkrat, in sicer v letih 1952, 1967, 1971, 1973, 1977, 1983, 1992, 1993, 1994, 2000.¹⁶

Na območjih z dolgo vinogradniško tradicijo je mogoče rekonstruirati podnebne razmere s pomočjo datumov trgategv, ki so se skrbno beležili tekom stoletij. Zapise o datumi trgatve v Burgundiji v Franciji so Chuine in sodelavci¹⁷ uporabili za rekonstrukcijo spomladansko-poletnih temperatur od leta 1370 do leta 2003. Rezultati so pokazali, da so se v Burgundiji že od leta 1370 večkrat pojavile tako visoke temperature, kot so bile v devetdesetih letih prejšnjega stoletja. Glede na dolgo in bogato zgodovino vinogradništva na naših tleh ter glede na obseg vinogradniških površin v Slovenije bi lahko s pomočjo podatkov o času trgategv rekonstruirali podnebje za doberšen del države. Za tovrstne rekonstrukcije bi bile predhodno potrebne temeljite raziskave pisnih zgodovinskih virov. Začetki vinogradništva na naših tleh segajo v čas Ilirov in Kelto. Začetki cistercijanskega samostana v Stični, ki je upravljal veliko vinogradniških posesti, segajo v leto 1132, začetki Ptujске kleti pa v leto 1239.



Dvor Bajnof iz Slave vojvodine Kranjske

Vir: spletni portal Kamra (Dvor Bajnof)

14 Brenčič, Zgodovina suše.

15 Nadbath, Zgodovina meteoroloških opazovanj v Sloveniji, 8.

16 Sušnik, Zasnove kazalcev spremljanja suše na kmetijskih površinah, 32.

17 Chuine, Grape ripening as a past climate indicator, 289.

Dvor Bajnof se v zapisih prvič pojavi v 13. stoletju. Tedaj so stiški menihi pod Trško goro pozidali vinski dvor (Weinhof), od koder izvira tudi današnje poimenovanje Bajnof (slika 1). Klet je bila največja in po tedanjih merilih najboljša na Dolenjskem.

Pomemben zgodovinski vir o podnebnih ekstremih so tudi oznake visokih voda na različnih objektih, ki so se nekoč, kot se tudi še danes, uporabljale za beleženje večjih poplav. Poleg oznak za visoke vode ponekod po Evropi najdemo tudi oznake, ki so nastale v času izjemno nizkih vodostajev. Gre za zapise na skalah in kamnitih blokih v rekah, znane tudi kot »kamni lakote«. Eden najbolj znanih kamnov lakote se nahaja v reki Elbi pri mestu Děčín na Češkem, na katerem je med drugim dokumentirana huda suša leta 1616. Svojevrsten malo poznan »kamen lakote« se nahaja tudi na naših tleh. V vasi Žagolič nad Colom je na skali pri vaškem vodnjaku zapis iz leta 1822, ki omenja, da v tistem letu štiri mesece ni bilo dežja (slika 2).



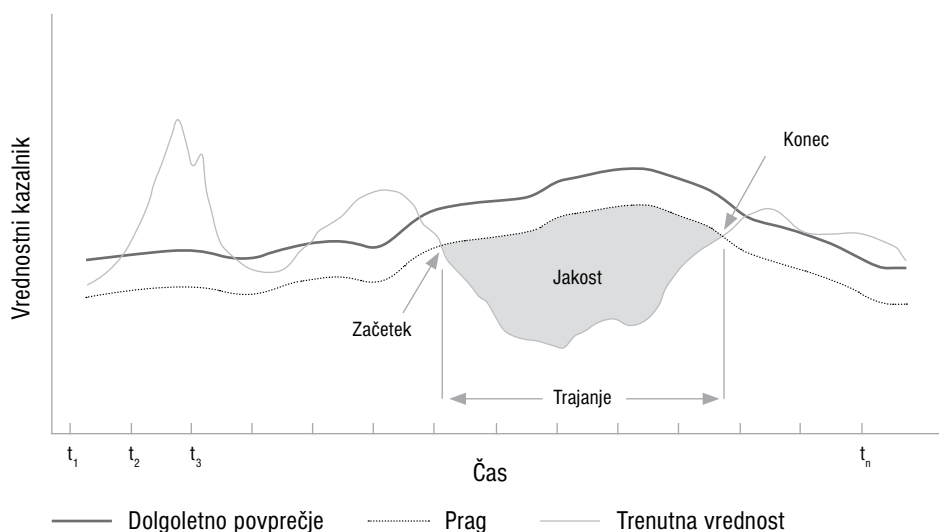
Zapis pri vaškem vodnjaku v vasi Žagolič nad Colom

Foto: Ana Žust, 2013.

KAZALNIKI SUŠE IN RAZVOJ MONITORINGA SUŠE

Zaradi počasnosti razvoja sušnih razmer in njenih posledic se vzpostavlja vprašanje, kako določimo začetek in konec sušnega dogodka. Danes sušne razmere spremljamo z vrsto kazalnikov. Z njihovo pomočjo določamo začetek in konec sušnega dogodka oziroma trajanje sušnega dogodka ter spremljamo njegovo jakost v različnih delih hidrološkega kroga, kakor tudi določamo območje, ki je podvrženo sušnim razmeram.¹⁸

Graf 1: Shematski prikaz spremljanja razvoja sušnega dogodka z izbranim sušnim kazalnikom



Vir: UNDRR, Special Report on Drought 2021

Kot je razvidno iz grafa 1, sušne razmere nastopijo, ko vrednost enega ali več kazalnikov pade pod določen prag oziroma vrednost, ki se pogosto določi v statističnih odklonih od dolgoletnega povprečja. Določitev konca sušnega dogodka je nekoliko bolj zapletena. Pogosto se konec suše določi, ko kazalniki ponovno dosežejo vrednosti dolgoletnega povprečja, vendar pa kazalniki za različne tipe suš dosežejo običajno oziroma normalno stanje v različnih časovnih obdobjih, vplivi suše pa lahko trajajo tudi po tem, ko se sušni kazalniki normalizirajo.¹⁹ Pregled najpogostejše uporabljenih sušnih kazalnikov na globalni ravni je pripravila Svetovna meteorološka organizacija v sodelovanju z Globalnim vodnim partnerstvom.²⁰

¹⁸ UNDRR, Special Report on Drought 2021, 25–26.

¹⁹ Prav tam, 26.

²⁰ World Meteorological Organization, Handbook of Drought Indicators and Indices: 44 str.

Znotraj posameznih držav nabor dostopnih podatkov omogoča uporabo kompleksnejših kazalnikov, za spremljanje suše na globalnem ali regionalnem (transnacionalnem) nivoju pa se večinoma uporabljajo standardizirani sušni kazalniki, ki temeljijo na relativno lahko dostopnih podatkih o padavinah in temperaturah zraka.²¹ Kot podporni vir informacij o sušnih razmerah se uporablja tudi modelske rezultate in podatke daljinskega zaznavanja. Obstajajo tudi kombinirani kazalniki, ki združujejo več fizikalnih kazalnikov v en kazalnik. Eden takih se uporablja za območje Evrope za spremljanje vplivov suše na kmetijske in naravne ekosisteme, dostopen pa je pri Evropskem observatoriju za sušo (EDO).²²

RAZVOJ SUŠNEGA MONITORINGA V SLOVENIJI

V preteklosti so razvoj suše spremljali predvsem na terenu, kjer so opazovali suha tla in zmanjšano izdatnost vodnih virov ter se posledično prilagodili trenutnim razmeram v največji možni meri.

Sredi 19. stoletja so se na območju Slovenije začela prva sistematična in organizirana meteorološka opazovanja ter meritve parametrov, kot so temperatura zraka in padavine,²³ ki lahko služijo kot vhodni podatek za preproste sušne kazalnike. Sčasoma se je opazovalo in merilo vedno več parametrov, ki so sestavni del kompleksnejših sušnih kazalnikov. V Sloveniji v okviru državne meteorološke in hidrološke mreže najpogosteje uporabljamo kazalnike suše, katerih izračuni temeljijo na podatkih o količini padavin, temperaturi zraka, pretokih rek in izvirov ter gladini podzemne vode v vodonosnikih, za sušo površinskega sloja tal pa ocena sušnosti temelji tudi na upoštevanju kompleksnejše spremenljivke, in sicer evapotranspiracije (izhlapevanja), ki se izračuna na osnovi merjenih podatkov, kot so hitrost vetra, sončno obsevanje in vlažnost zraka (poleg temperature zraka). Žal so nizi tovrstnih podatkov za daljše časovno obdobje v preteklosti na voljo za manjše število lokacij. Za merjenje suše v površinskem sloju tal uporabljamo kazalnike, ki kažejo na namočenost tal, tj. površinsko vodno bilanco. Dobri pokazatelji tega tipa suše so tudi različni vegetacijski kazalniki, pridobljeni s pomočjo daljinskega zaznavanja, ki kažejo na sušni stres pri rastlinah. Parametri, ki omogočajo izračun evapotranspiracije, kot jo računamo danes, so uporabljeni od leta 1970 dalje. Za merjenje suše površinskih voda se spremlja nizke pretoke rek in potokov, na sušo podzemnih voda pa kažejo nizke gladine podzemnih vod ter zmanjšani pretoki na izvirih. Podatki v arhivu Agencije RS za okolje (ARSO) nam danes omogočajo, da lahko s pomočjo sušnih kazalnikov analiziramo tudi pretekle sušne dogodke.

21 Brenčič, Kako merimo sušo?

22 European Drought Observatory.

23 Nadbath, Zgodovina meteoroloških opazovanj v Sloveniji.

Državna meteorološka in hidrološka služba, nekdanji Hidrometeorološki zavod Slovenije, danes ARSO, je sistematično izdajala naslednja poročila oziroma publikacije, kjer so bile opisane tudi sušne razmere in ki so tudi danes relevantne za raziskovanje preteklih suš v Sloveniji. Te publikacije so naslednje:

- Dekadna agrometeorološka poročila so prve publikacije, kjer so beleženi sprotni redni zapisi, kako trenutne meteorološke razmere vplivajo na stanje rastlin, v njih so tudi podatki o morebitnih sušnih razmerah. Izdajali so jih od leta 1955 (1. izvod III. dekada junija) vse do decembra 1990. Danes so del arhivskega gradiva ARSO in bodo v prihodnosti digitalizirane.
- Krajši povzetek »agroklimatološkega pregleda« (poleg sinoptičnega in klimatološkega pregleda) je bil objavljen tudi v mesečnih biltenih z naslovom Poročilo hidrometeorološke službe LR Slovenije, ki je izhajal od januarja 1955 do decembra 1976. Z začetkom leta 1994 pa se je začelo pripravljati Mesečni bilten ARSO – Naše okolje, kjer so bile poleg meteoroloških in agrometeoroloških vsebin opisane tudi hidrološke razmere površinskih in podzemnih voda v preteklem mesecu. Danes so širši javnosti dostopni od leta 2001 na spletni strani ARSO, sicer pa so na voljo tudi v arhivu ARSO.²⁴
- Vzporedno z mesečnimi bilteni so med letoma 2009 in 2017 izhajali tudi dekadni bilteni vodnobilančnega stanja kmetijskih tal skupaj s krajšim opisom meteoroloških razmer v skrajšani obliki. Trenutno so dostopni na spletni strani ARSO.
- Za vsak izredni vremenski in hidrološki dogodek, med katere spada tudi suša, od leta 2005 dalje ARSO pripravlja analizo, ki jo objavi na svoji spletni strani.
- Informacije o hidroloških razmerah so zapisane in dostopne (poleg mesečnih biltenov) v poročilih o hidrološkem monitoringu površinskih voda (na spletu od 2010) ter v poročilih o hidrološkem monitoringu količinskega stanja podzemnih voda (na spletu od 2011).
- Za raziskovalce preteklih suš so relevantne tudi publikacije z objavljenimi meteorološkimi in hidrološkimi podatki, katerih sistematično beleženje se je začelo v 19. stoletju. Po drugi svetovni vojni so v okviru Uprave hidrometeorološke službe Ljudske republike Slovenije (Hidrometeorološki zavod 1957–2001, Agencija Republike Slovenije za okolje od 2001 do danes) izdajali meteorološki in hidrološki letopis. Obstoje in dostopnost virov za območje Slovenije sta kronološko opisana v članku Mateje Nadbath z naslovom Zgodovina meteoroloških opazovanj v Sloveniji.²⁵

²⁴ Ustni vir, Nadbath, 10. 1. 2025.

²⁵ Nadbath, Zgodovina meteoroloških opazovanj v Sloveniji.

Sistematično poročanje o sušnih razmerah že v času sušnega dogodka se je odvijalo od 2012 dalje, in sicer v obdobjih, ko so se v Sloveniji oziroma delu države razvijale zelo oziroma izjemno sušne razmere ter je obstajala možnost večje škode zaradi suše. ARSO je v teh primerih tedensko izdajal bilten Hidrometeorološke razmere in stanje vodnih zalog v Sloveniji oziroma sušni bilten. Bilten so po elektronski pošti prejele strokovne službe in ministrstva, ki delujejo na področju upravljanja s sušo, za širšo javnost pa so bile aktualne informacije posredovane različnim medijem, kot so televizija, radio, časopis, kasneje tudi splet družbena omrežja ARSO. Sicer pa so sušne razmere in analize preteklih let objavljene v številnih strokovnih in znanstvenih publikacijah in člankih (Ujma, Novi izzivi, Geografski obzornik idr.). V omenjenih publikacijah so se rezultati analiz sušnih razmer z bolj kompleksnimi kazalniki, kot je na primer meteorološka površinska vodna bilanca, začeli uporabljati v letu 2008.

V zadnjih letih je bil pri razvoju monitoringa suše večji poudarek na zgodnjem zaznavanju sušnih razmer (ang. *early warning*) z uporabo ustreznih kazalnikov ter na sprotne obveščanju širše javnosti. Napredek v razvoju in pri podajanju informacij o sušnih razmerah v državi predstavlja orodje Sušomer, ki pod okriljem ARSO deluje od leta 2021. V Sušomeru se vsak teden celo leto objavljata stanje sušnih razmer in napoved za prihodnjih sedem dni. Sušne razmere so podane za vse dele vodnega kroga na enotni prostorski skali za petnajst regij Slovenije.²⁶ Za vsak tip suše se uporabi drug ustrezen kazalnik, ki se ga izračuna iz podatkov meteorološke in hidrološke mreže postaj, ki so v domeni ARSO. Na osnovi določenih pragov se določi stopnjo sušnih razmer, na primer izjemno sušno, zelo sušno, zmerno sušno ali povprečna oziroma nadpovprečna namočenost. V primeru izjemne sušnosti stopnjo potrdi še strokovnjak ob upoštevanju dodatnih kazalnikov in informacij o posledicah suše na terenu. Kot že omenjeno pri sliki 3, vendar z drugimi besedami in na primeru Sušomera, se stopnjo sušnosti določi tako, da se vrednost izbranega kazalnika primerja s pogostostjo njegovega pojavljanja v primerjalnem obdobju – trenutno izbrano obdobje je 1991–2020. Za takšne statistične prage se pogosto uporablja izraz centil ali percentil, kar pomeni odstotek podatkov v referenčnem obdobju, ki so po vrednosti manjši ali enaki izbranemu podatku.²⁷

Kazalniki v Sušomeru za različne tipe suš so naslednji:²⁸

- Za sušo površinskega sloja tal uporabljamo površinsko vodno bilanco, ki je razlika med prejeto količino padavin in potencialno evapotranspiracijo. Strokovnjak uporabi tudi dodatne modelske sušne kazalnike ter podatke o

26 Dolinar idr., Sušomer, 216, 222.

27 Agencija Republike Slovenije za okolje, Sušomer.

28 Dolinar idr., Sušomer, 220–22.

posledicah suše na kmetijske rastline s terena. Pomemben vir informacij o stanju ekosistemov predstavljajo tudi fenološka opazovanja, ki potekajo v opazovalni mreži ARSO na 48 fenoloških postajah. V okviru fenološke mreže se spremlja letni fenološki razvoj negojenih in gojenih rastlin.

- Kazalnik hidrološke suše v vodotokih so nizki pretoki rek, izmerjeni na izbranih reprezentativnih postajah, oziroma odstopanje trenutnih in predvidenih dnevnih pretokov v primerjavi z najnižjimi dnevnimi pretoki v pripadajočem mesecu v referenčnem obdobju.
- Hidrološko sušo podzemnih voda opredelimo z višino gladine podzemne vode ter pretoki površinske vode (izviri) na izbranih reprezentativnih postajah oziroma s primerjavo aktualnih dnevnih povprečij s percentilnimi vrednostmi primerjalnega obdobja.

Razvoj monitoringa suše gre tudi v Sloveniji v smeri, da bi bila informacija o sušnih razmerah prostorsko še natančnejša, to pa se izvaja z uporabo dodatnih merjenih podatkov in podatkov, pridobljenih s pomočjo daljinskega zaznavanja, ki omogočajo boljšo časovno in prostorsko pokritost s podatki. Veliko možnosti za razvoj in raziskovanje, ki že poteka, je tudi na področju povezav sušnih kazalnikov za modeliranje vplivov suše ter za ocene tveganja suše.²⁹

KOMPLEKSNOŠT VPLIVOV SUŠE

Od osemdesetih let dalje je bil narejen velik napredek tudi na področju raziskovanja vplivov suše. Že Wilhite in Glantz³⁰ sta namreč opozarjala raziskovalno skupnost na področju suš, da je prekomerno osredotočena na podnebje in hidrologijo, medtem ko premalo upošteva ekonomske, politične in druge družbene vidike, ki vplivajo na razsežnost in vplive suše. Danes je splošno sprejeto dejstvo, da zgolj naravoslovna perspektiva ni zmožna zajeti večplastnih vplivov suše.³¹

Ocena preteklih vplivov suše je ključni korak pri razvoju ukrepov za zmanjšanje ranljivosti v primeru suše,³² sistematično kvantitativno znanje o okoljskih in družbenoekonomskih vplivih suše pa je pogosto manjkajoči del pri načrtovanju in upravljanju suš.

Novejša študija³³ prikazuje širok spekter vplivov tako na lokalni ravni kot širše v Evropi. Avtorji študije ugotavljajo, da so kategorije in tipi vplivov skozi čas

29 UNDRR, Special Report on Drought 2021, 29.

30 Wilhite, Understanding the drought phenomenon, 4.

31 Lackstrom, The Missing Piece: Drought Impacts Monitoring Report, 3.

32 Wilhite, Understanding the complex impacts of drought, 764.

33 Stahl, Impacts of European drought events.

postali bolj raznoliki. Čeprav so takšni vzorci morda povezani z vse večjo razpoložljivostjo informacij skozi čas, lahko tudi odražajo povečano ozaveščenost javnosti glede vplivov suše na različne gospodarske sektorje.³⁴

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)³⁵ opredeljuje vplive suše kot večdimenzionalne učinke, ki prizadenejo različne sektorje. Podarek je na medsebojno povezanih in dolgotrajnih posledicah, ki pogosto presegajo začetno območje suše. Po njihovi razdelitvi se vplivi suše kažejo na različnih področjih in imajo lahko kratkoročne ali dolgoročne posledice. Razdelimo jih lahko na okoljske, ekonomske in družbene vplive. Suša lahko prizadene večja območja in populacije, vplivi so lahko posredni ali neposredni in jih je zaradi kompleksnosti pojava zelo težko kvantificirati. Neposredni vplivi suše so razdeljeni v tri glavne skupine:

- Okoljski vplivi:
 - degradacija ekosistemov (izguba biotske raznovrstnosti, uničenje habitatov),
 - zmanjšanje razpoložljivosti površinskih in podzemnih voda,
 - povečano tveganje za požare v naravi in erozijo tal.
- Ekonomski vplivi:
 - upad kmetijske produktivnosti (propad pridelkov, pogin živine),
 - naraščajoči stroški vode, energije in hrane,
 - motnje v industrijskih dejavnostih, ki so odvisne od vode (na primer hidroenergija, turizem).
- Družbeni vplivi:
 - nevarnosti za prehransko varnost in sredstva za preživetje,
 - zdravstvene težave, kot so podhranjenost, vročinski stres in bolezni, povezane z vodo,
 - migracije ali preseljevanje zaradi pomanjkanja virov.

Posredni vplivi, ki jih navaja UNDRR, se pojavijo kot sekundarne posledice skozi čas, kar povečuje ranljivost sektorjev. Med njimi so okoljski vplivi, ki vključujejo izgubo habitatov, spremembe ekosistemov, slanost tal in vodnih teles ter degradacijo mokrišč; ekonomski vplivi, ki zajemajo nihanja cen hrane, brezposelnost, finančno nestabilnost ter zmanjšanje naložb v kmetijstvo, ter družbeni vplivi, ki vključujejo porast revščine, konflikte glede vodnih virov, razseljevanje in izgubo kulturnih praks, povezanih z vodo.

³⁴ Blauhut, Drought.

³⁵ UNDRR, Special Report on Drought 2021, 42-45.

Ključne lastnosti vplivov suše so:

- Multisektorski učinki: suša hkrati prizadene več sektorjev, kar povzroči verizne posledice (na primer manjša kmetijska proizvodnja vpliva na cene hrane in življenjske pogoje).
- Časovna in prostorska dimenzija: vplivi se razvijajo počasi, trajajo dolgo in pogosto zajemajo širša območja.
- Povezanost tveganj: suša se pogosto prepleta z drugimi nevarnostmi, kot so vročinski valovi, kar poveča njene učinke.³⁶

Ker so v zadnjih desetletjih države Evropske unije doživele več sušnih dogodkov z resnimi posledicami v številnih sektorjih, se je potreba po sistematičnem spremljanju suše in zbiranju vplivov še bolj okrepila. Samo od leta 2011 je namreč EDO poročal o 21 hudih sušah. Med njimi je bila suša leta 2022 ena najbolj uničujočih.³⁷ Pomembno je, da nedavni sušni dogodki niso prizadeli zgolj zgodovinsko bolj ogroženih južnih regij Evrope, temveč so se razširili tudi na osrednjo, vzhodno in v manjši meri tudi na severno Evropo.^{38, 39} Vplivi teh dogodkov so bili zabeleženi v raznolikih sektorjih in panogah, kot so kmetijstvo in živinoreja, javna oskrba z vodo, gozdarstvo, energetski sektor, akvakultura, ekosistemi ter človeška in javna varnost, kot poroča Evropska inventura vplivov suše (EDII).⁴⁰ Poleg tega so bili vplivi zaznani tudi v obliki verižnih učinkov v različnih sektorjih in panogah.

Vzpostavitev zbirke, kot je bil EDII, je pomenila pomemben premik k standardiziranemu pristopu. Takšne zbirke združujejo podatke iz različnih virov (znanstvene raziskave, vladna poročila, medijska pokritost) in jih strukturirajo v skupne modele. To omogoča primerjavo vplivov suše skozi čas in med različnimi regijami. Po navedbah baza EDII shranjuje različne vrste podatkov, ki vključujejo:⁴¹

- opis vplivov: kvalitativne zapise o vplivih suše, kot so zmanjšani pridelki, pritisk na ekosisteme ali uvedba omejitev pri rabi vode;
- kategorije vplivov: razvrstitev vplivov po različnih panogah, na primer pomanjkanje vode, vplive na ekosisteme, kmetijsko pridelavo, hidroenergijo itd.;
- časovne podatke: datume začetka in konca beleženih vplivov suš;
- geografske podatke: lokacijo in regije, kjer so vplivi suše dokumentirani;
- podatke po sektorjih: vplive na posamezne gospodarske sektorje, kot so kmetijstvo, energetika in gozdarstvo;

³⁶ UNDRR, Special Report on Drought 2021.

³⁷ Toreti, Drought in Europe August 2022, 1.

³⁸ Blauhut, Lessons from the 2018–2019 European droughts.

³⁹ UNDRR, Special Report on Drought 2021.

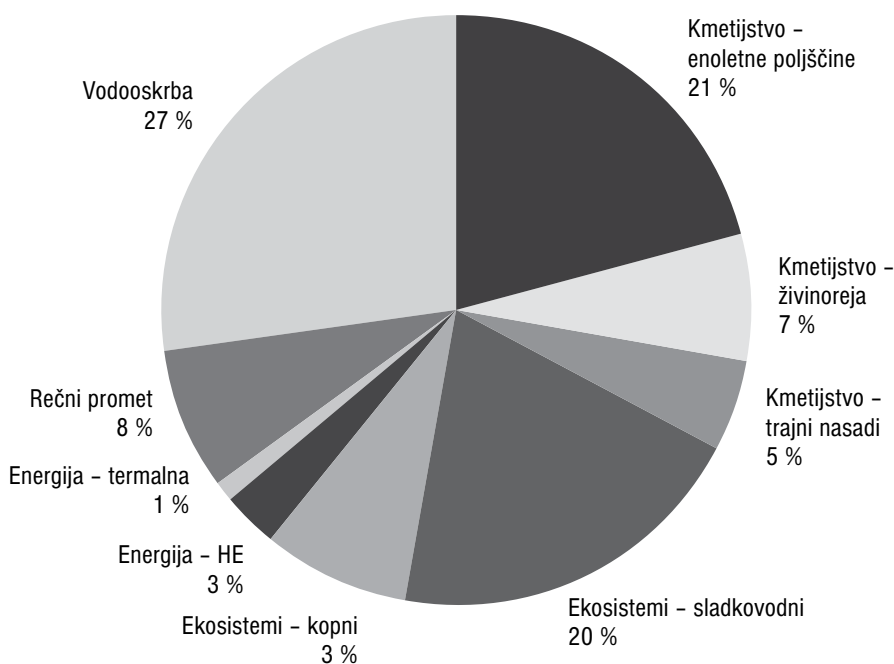
⁴⁰ Lessons from the 2018–2019 European droughts, 4.

⁴¹ Stahl, Impacts of European drought events, 803.

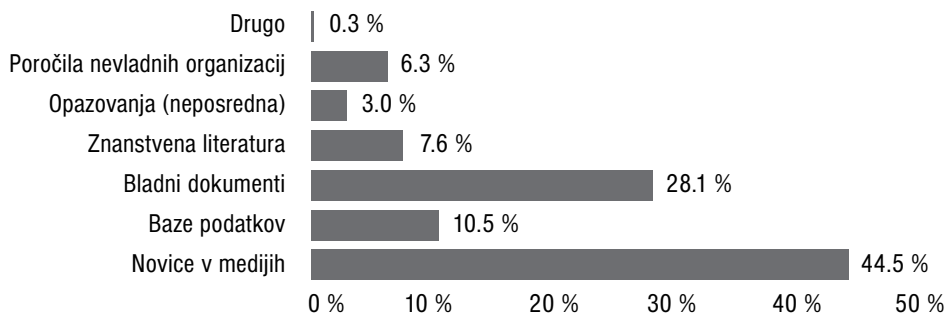
- vzročno povezavo: povezavo med vplivi suše in meteorološkimi ter hidrološkimi kazalniki;
- vire podatkov: bibliografske podatke, iz katerih so informacije pridobljene (znanstveni članki, poročila, mediji);
- kvantitativne podatke: kjer je možno, so vključene tudi številčne vrednosti, na primer finančne izgube ali količina vodnih primanjkljajev.

Leta 2019 pa je bila na osnovi predhodnih zbirk vzpostavljena Evropska baza podatkov o vplivih suše (EDID), in sicer v okviru Copernicus Emergency Management Service (CEMS). Namenjena je zbiranju, shranjevanju in analizi podatkov o vplivih sušnih dogodkov v Evropi. Baza predstavlja poseben primer uspešnega usklajevanja zgodovinskih in sodobnih podatkov, saj vključuje več kot 13.000 georeferenciranih zapisov od leta 1970 do danes.⁴² Na sliki 5 je prikazana EDID po vrsti vplivov po viru podatka in devetih panogah.

Graf 2: Vpisi v EDID – European Drought Impact Database po vrsti vpliva po devetih panogah (zgoraj) in po viru (spodaj).



42 Copernicus Emergency Management Service, European Drought Impact Database – EDID.



Vir: EDORA projekt⁴³

Po tej metodologiji so se postopno prek različnih projektov začele ustvarjati zbirke o vplivih suše za specifične regije v Evropi, na primer v alpskih gorskih območjih – Alpine Drought Impact report Inventory (EDIIALPS),⁴⁴ katalog vplivov suše v porečju Podonavja, centralne Evrope in drugo.

Vplive suše, ki v kmetijstvu dosežejo razsežnosti naravne nesreče, v Sloveniji beležimo z aplikacijo za ocenjevanje škode na kmetijskih pridelkih – Ajda.⁴⁵ Zbirka Ajda povezuje tudi druge podatkovne zbirke v državni upravi, kot so zbirke podatkov iz registra kmetijskih gospodarstev, zbirke podatkov Geodetske uprave in druge. V zadnjih dvajsetih letih smo v Sloveniji zabeležili kar sedem suš (leta 2003, 2006, 2007, 2012, 2013, 2017, 2022), ki so se pojavile v razsežnosti naravne nesreče.⁴⁶ V obdobju med letoma 2003 in 2021 je skupna ocenjena škoda v kmetijski proizvodnji znašala 674,2 milijona EUR oziroma nekaj manj kot 35,5 milijona EUR na leto.⁴⁷ Nazadnje je suša v letu 2022 povzročila 148,5 milijona EUR škode.⁴⁸

KAJ KAŽEJO PODNEBNI SCENARIJI

Slovenija se pri napovedovanju podnebnih sprememb opira na mednarodne podnebne scenarije (*RCP – Representative Concentrations Pathways*), ki predvidijo različne stopnje emisij toplogrednih plinov. Scenariji RCP4.5 in RCP8.5 predstavljata različne prihodnje emisijske poti, pri čemer RCP8.5 napoveduje

⁴³ Maetens, The European Drought Observatory for Resilience and Adaptation, 3.

⁴⁴ Stephan, An inventory of Alpine drought impact reports.

⁴⁵ Jakšič, Aplikacija za ocenjevanje škode na kmetijskih pridelkih in stvareh – Ajda.

⁴⁶ Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Poročilo o naravnih nesrečah v kmetijstvu.

⁴⁷ Računsko sodišče, Učinkovitost Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 19.

⁴⁸ Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Poročilo o naravnih nesrečah v kmetijstvu.

najbolj dramatične spremembe, ki vključujejo močno zvišanje povprečnih temperatur in spremembe letnih padavin. Na podlagi teh scenarijev je študija ARSO⁴⁹ pokazala, da se bodo v Sloveniji zaradi večjih temperaturnih nihanj, daljših obdobj brez padavin ter povečanega števila vročinskih valov sušni pojavi pojavljali pogostejše in trajali dlje, predvsem v poletnih mesecih. Čeprav bo Slovenija še vedno doživljala ugodno količino letnih padavin, bo prišlo do spremenjenega vzorca padavin. Skladno z rastjo temperature zraka se bo v Sloveniji do konca stoletja nadaljevala tudi rast referenčne evapotranspiracije. Ker bodo količine padavin v poletnih mesecih manjše, se bo zmanjšala tudi količina vode v vodnih telesih površinskih in podzemnih voda. To pomeni, da bo dostop do pitne vode in vode za kmetijstvo in industrijo v sušnih mesecih vse bolj ogrožen. V nekaterih predelih Slovenije bo zaradi suše ogrožena tudi stabilnost podzemnih vodnih virov.

ZAKLJUČEK

Zgodovinski podatki o sušah in njihovih vplivih nam omogočajo boljše razumevanje preteklih sušnih dogodkov, kar je ključnega pomena za napovedovanje in obvladovanje prihodnjih suš. Je priprava na prihodnje izzive, osnova za prilagoditev podnebnim spremembam in tesnejše sodelovanje med raziskovalci ter odločevalci, ki so ključni za zmanjšanje vplivov suš na naše okolje in družbo. S pomočjo teh dragocenih podatkov lahko razvijemo učinkovitejše načine za obvladovanje suše, kar bo v prihodnosti prispevalo k večji trajnosti in odpornosti našega planeta.

VIRI IN LITERATURA

LITERATURA

Bertalanč, 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*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, 2018.

Blauhut, Veit, Kerstin Stahl in Irene Kohn. *Drought: Research and Science-Policy Interfacing - The dynamics of vulnerability to drought from an impact perspective*. London: CRC Press (2015): 349–54.

49 Bertalanč, Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja, 14.

Blauhut, Veit, Michael Stoezle, Lauri Ahopelto, Manuela Brunner, Claudia Teutschbein, Doris E. Wendt. Lessons from the 2018–2019 European droughts: a collective need for unifying drought risk management. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22, št. 6 (2022): 2201–17.

Bradley, Raymond S. *Paleoclimatology: Reconstructing climates of Quaternary*. San Diego: Academic Press, 1999.

Ceglar, Andrej in Lučka Kajfež Bogataj. Obravnava meteorološke suše z različnimi indikatorji. *Acta agriculturae Slovenica*, 91, št. 2 (2008): 407–45.

Chuine, Isabelle, Pascal Yiou, Nicolas Viovy, Bernard Seguin, Valérie Daux in Emmanuel Le Roy Ladurie. Grape ripening as a past climate indicator. *Nature*, 18, št. 432 (2004): 289–90.

Čufar, Katarina, Dieter Eckstein, Martin De Luis in Lučka Kajfež Bogataj. Reconstructing dry and wet summers in SE Slovenia from oak tree-ring series. *International Journal of Biometeorology*, 52, št. 7, (2008): 607–15.

De Roo, Ad, Cees Wesseling in Willem van Deursen. Physically based river basin modelling within a GIS: the LISFLOOD model. *Hydrological Processes*, 14, št. 11-12 (2000) 1981–92.

Dolar, Mojca, Andrej Golob, Gregor Gregorič, Bogo Habič, Veronika Hladnik Zakotnik, Matija Klančar, Anže Medved, Andreja Moderc, Urška Pavlič, Sašo Petan, Marko Puškarič, Petra Souvent, Andreja Sušnik, Živa Vlahović, Maja Žun in Ana Žust. Sušomer. 35. *Mišičev vodarski dan*. Maribor: Vodnogospodarski biro Maribor d. o. o., Drava Vodnogospodarsko podjetje Ptuj d. o. o., 2021, 216–23.

European Commission Joint Research Centre and United Nations Convention to Combat Desertification. *World drought atlas*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024.

Field, Christopher, Vincente Barros, Thomas F. Stocker, Dahe Qin, David Jon Dokken, Kristie L. Ebi, Michael D. Mastrandrea, Katharine J. Mach, Gian-Kasper Plattner, Simon K. Allen, Melinda Tignor in Pauline M. Midgley. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 2012.

Gessner, Claudia, Erich M Fischer, Urs Beyerle in Reto Knutti. Multi-year drought storylines for Europe and North America from an interactively perturbed global climate model. *Weather and climate extremes*, 38 (2022): 1–11.

Gregorič, Gregor in Andrej Ceglar. *Monitoring suše – regionalni aspekt*. 18. *Mišičev vodarski dan*. Maribor: Vodnogospodarski biro Maribor d. o. o., Drava Vodnogospodarsko podjetje Ptuj d. o. o., 2007, 124–27.

Jakšič, Ana. Aplikacija za ocenjevanje škode na kmetijskih pridelkih in stvarih – Ajda. *Ujma*, št. 24 (2010): 292–300.

Lackstrom, Kirsten, Amanda Brennan, Daniel Ferguson, Mike Crimmins, Lisa Darby, Kirstin Dow, Keith Ingram, Alison Meadow, Henry Reges, Mark Shafer in Kelly Smith. *The Missing Piece: Drought Impacts Monitoring Report from a Workshop in Tuscon*. Tuscon: Carolinas Integrated Sciences & Assessments program and the Climate Assessment for the Southwest, 2013.

Levanič, Tom. Vpliv klime na debelinsko rast macesna (*Larix decidua* Mill.) na zgornji gozdni meji v Alpah. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 78 (2005): 29–55.

Maetens, Willem, Dario Masante, Paulo Barbosa, Lauro Rossi, Marthe Wens, Hans De Moel, Anne Van Loon, Davide Cotti, Anne-Sophie Siemons, Michael Hagenlocher, Monika Bláhová, Veit Blauhut, Kathrin Szillat in Kerstin Stahl. *The European Drought Observatory for Resilience and Adaptation (EDORA)*. Science for Policy Brief, European Commission. 2024.

McKee, Thomas, Nolan Doesken in John Kliest. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Eighth Conference on Applied Climatology*. Anaheim, California: American Meteorological Society, (1993): 179–84.

Nadbath, Mateja. Zgodovina meteoroloških opazovanj v Sloveniji. *Vetrnica: glasilo Slovenskega meteorološkega društva*, 16, št. 24, (2024): 8–13.

Ogrin, Darko. Suha in mokra leta v submediteranski Sloveniji od 14. do srede 19. stoletja. *Annales - Series Historia Naturalis*, 13, št. 1 (2003): 65–74.

Stahl, Kerstin, Irene Kohn, Veit Blauhut, Julia Urquijo, Lucia De Stefano, Vanda Acácio, Susana Dias, James H. Stagge, Lena M. Tallaksen, Eleni Kampragou, Anne F. Van Loon, Lucy J. Barker, Lieke A. Melsen, Carlo Bifulco, Dario Musolino, Alessandro de Carli, Antonio Massarutto, Dionysis Assimacopoulos in Henny A. J. Van Lanen. Impacts of European drought events: insights from an international database of text-based reports. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 16, št. 3 (2016): 801–19.

Stephan, Ruth, Mathilde Erfurt, Stefano Terzi, Maja Žun, Boštjan Kristan, Klaus Haslinger in Kerstin Stahl. An inventory of Alpine drought impact reports to explore past droughts in a mountain region. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 21, št. 8 (2021): 2485–501.

Sušnik, Andreja. *Zasnove kazalcev spremljanja suše na kmetijskih površinah: doktorska disertacija*. Ljubljana, 2014.

Toreti, Andrea, Davide Bavera, Juan Acosta Navarro, Carmelo Cammalleri, Alfred de Jager, Chiara Di Ciollo, Arthur Hraest Essenfelder, Willem Maetens, Diego Magni, Dario Masante, Marco Mazzeschi, Stefan Niemeyer in Jonathan Spinoni. *Drought in Europe August 2022*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022.

UNDRR - United Nations Office for Disaster Risk Reduction. *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Special Report on Drought 2021*. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2021.

Van Loon, Anne, Tom Gleeson, Julian Clark, Albert I. J. M. Van Dijk, Kerstin Stahl, Jamie Hannaford, Giuliano Di Baldassarre, Adriaan J. Teuling, Lena M. Tallaksen, Remko Uijlenhoet, David M. Hannah, Justin Sheffield, Mark Svoboda, Boud Verbeiren, Thorsten

Wagener, Sally Rangelcroft, Niko Wanders in Henny A. J. Van Lanen. Drought in the Anthropocene. *Nature Geoscience*, 9 (2016): 89–91.

Wilhite, Donald, Mark Svoboda, Michael Hayes. Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water Resources Management*, 21, št. 5, (2007): 763–74.

Wilhite, Donald, Michael Glantz. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water Interantionale*, 10, št. 3 (1985): 111–20.

World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). *Handbook of Drought Indicators and Indices*, Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva, 2016.

SPLETNI VIRI

Agencija Republike Slovenije za okolje. *Sušomer*. Dostopno na: <https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/agromet/bulletin/drought/sl/>. Pridobljeno 10. 1. 2024.

Brenčič, Mihael (1). *Kako merimo sušo?*. *Slovensko društvo za zaščito voda*. Blog, 1. 8. 2022. Dostopno na: <https://sdzv-drustvo.si/novice/kako-merimo-suso/>. Pridobljeno: 6. 1. 2024.

Brenčič, Mihael (2). *Zgodovina suše*. *Slovensko društvo za zaščito voda*. Blog, 11. 8. 2022. Dostopno na: <https://sdzv-drustvo.si/novice/zgodovina-suse/>. Pridobljeno: 6. 1. 2024.

Dvor Bajnof. Dostopno na: <https://www.kamra.si/mm-elementi/dvor-bajnof/>. Pridobljeno 10. 1. 2024.

European Drought Observatory. Dostopno na: <https://drought.emergency.copernicus.eu/tumbo/edo/map/>. Pridobljeno 10. 1. 2024.

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. *Poročilo o naravnih nesrečah v kmetijstvu med letoma 2003 in 2024*. Dostopno na: <https://www.gov.si teme/posledice-naravnih-nesrec-v-kmetijstvu/>. Pridobljeno 7. 1. 2024.

Računsko sodišče. *Učinkovitost Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano pri prilagajanju kmetijstva podnebnim spremembam: revizijsko poročilo*. Ljubljana, 2023: Dostopno na: https://www.rs-rs.si/fileadmin/user_upload/Datoteke/Revizije/2023/PrilagajanjeKmetijstva/PrilagajanjeKmetijstvaPS_Revizijsko_P.pdf. Pridobljeno: 7. 1. 2024.

USTNI VIRI

Nadbath, Mateja, zaposlena na Agenciji Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 10. 1. 2025.