

SUŠA LETA 2020 V ALPSKEM PROSTORU

THE 2020 DROUGHT IN THE ALPINE SPACE

Andreja Sušnik

dr., Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, andreja.susnik@gov.si

Živa Vlahović

MSc Atmosphere, Ocean and Climate (Združeno kraljestvo Velike Britanije in Severne Irske), Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, ziva.vlahovic@gov.si

Maja Žun

mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, maja.zun@gov.si

Povzetek

Leto 2020 lahko uvrstimo med čedalje pogostejša leta, ko so vročinski valovi in suša v Evropi zajeli tudi alpski prostor in povzročili veliko gospodarsko škodo. Izjemno topla in s snežnimi padavinami skromna zima v Evropi je bila ponekod v nižjih predelih alpskega prostora že zgodaj spomladi vzrok za začetek sušnih razmer, ki so se ob topli in suhi meteorološki pomladi še stopnjevale. Za poletje, predvsem julij in avgust, so bili značilni izrazit primanjkljaj padavin ter rekordne temperature zraka, sušne razmere pa so se dodatno poslabšale skoraj na celotnem območju Francije in Nemčije, tudi v pokrajinah, ki segajo v alpski prostor. Sušne razmere so se ponekod nadaljevale tudi v jesen, v Franciji so vztrajale vse do oktobra. Poleg izjemne kmetijske suše je v delu alpskega prostora vladala hidrološka suša, ki se je kazala z nizkimi vodostaji in gladinami podzemne vode. Da bi poenotili monitoring suše in zbiranje podatkov o posledicah ter poiskali pametne rešitve za upravljanje suše v alpskem prostoru, od leta 2019 poteka projekt Alpine Drought Observatory (ADO), katerega rezultati bodo dostopni leta 2022. Pomemben cilj projekta je tudi dvig ozaveščenosti prebivalcev alpskega prostora o suši, saj je tam v preteklosti ni bilo, v prihodnosti pa se bodo spoprijemali z njo vse pogosteje. V članku smo z različnimi sušnimi kazalniki analizirali meteorološko situacijo ob suši leta 2020 v Evropi, s poudarkom na alpskem prostoru. Predstavljene so lastnosti suš v alpskem prostoru v preteklosti in obeti za prihodnost. Obravnavani so tudi vplivi suše leta 2020 na različne gospodarske dejavnosti. Največji deleži posledic suše so bili zabeleženi v kmetijstvu (48 odstotkov) in pri oskrbi z vodo (23 odstotkov). Zaradi hidrološke suše so bile večje tudi posledice na vodnem prometu (17 odstotkov).

Abstract

2020 ranked among the ever more frequent years when heat waves and drought in Europe also affected the Alpine space and caused great economic damage. An extremely warm winter with modest snowfall in Europe was the cause of the onset of drought in early spring in some parts of the lower Alpine space, which then intensified during the warm and dry meteorological spring. The summer months, especially July and August, brought a considerable deficit of precipitation and record air temperatures, with drought conditions further worsening in almost the entire area of France and Germany, including parts extending into the Alpine space. In some areas these conditions continued into autumn; in France until October. In addition to the exceptional agricultural drought, part of the Alpine space was dominated by hydrological drought, which was reflected in low water levels and low groundwater levels. With the aim of standardizing drought monitoring and impact data collection, as well as finding smart drought management solutions in the Alpine space, the Alpine Drought Observatory (ADO) project was launched in 2019, the results of which will be available in 2022. One far-reaching goal of the project is to raise awareness of citizens about drought in the Alpine space, an area in which drought was not an issue in the past but will have to be faced more frequently in the future. The article analyzes the meteorological situation during the 2020 drought in Europe, with an emphasis on the Alpine space, using various drought indicators, and evaluates the characteristics of droughts in the Alpine space in the past and the outlook for the future. The article also discusses the impacts of the 2020 drought on various economic activities; the largest proportion of the consequences of the drought was recorded in agriculture (48%) and water supply (23%). Due to the hydrological drought the proportion of consequences on water transport (17%) was higher than normal.

Uvod

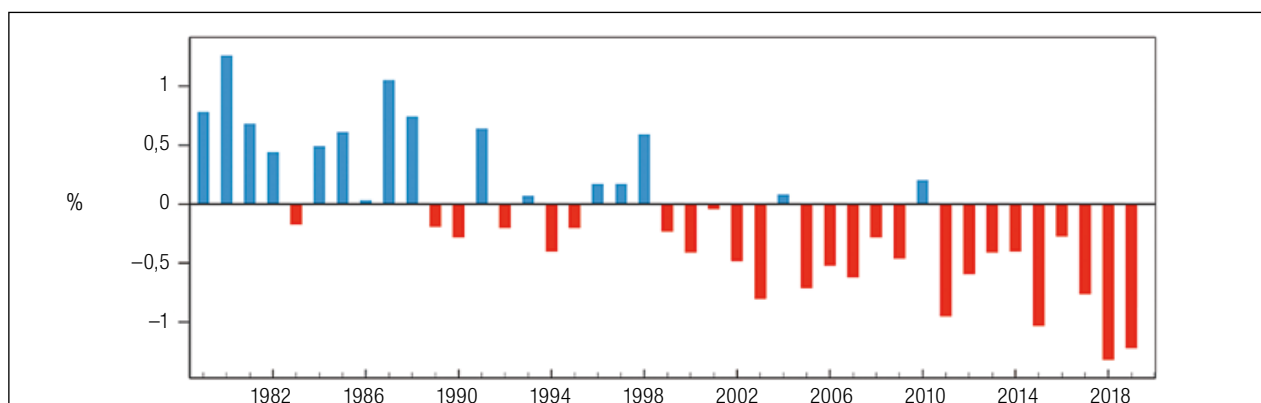
V večjem delu Evrope se zaradi podnebnih sprememb, predvsem dviga temperature zraka ter s tem povezanega povečanega izhlapevanja in spremembe ustaljenih padavinskih vzorcev, v zadnjih desetletjih stopnjujejo težave s sušo (Spinoni, 2016). Povečevanje porabe vode v kombinaciji z dolgotrajnejšimi sušami in vročinski valovi so v zadnjem desetletju razkrili evropsko ranljivost zaradi zmanjšanja razpoložljivosti vode. Še očitnejše je postalo dejstvo, da se vode kot »izvira in začetka« življenja zavedamo le, ko pride do njenega pomanjkanja. Voda je dobrina z visoko družbeno in vedno večjo gospodarsko vrednostjo, zaradi zmanjšane razpoložljivosti pa je tudi vse bolj pomembna z ekološkega vidika oziroma za opravljanje ekosistemskih procesov. Vedno večji pritiski na vodne vire tako pomenijo večje tveganje za družbo, gospodarstvo in okolje. Razpoložljivost in poraba vode posledično ne vplivata le na stanje vodnih teles in z njimi povezanih ekosistemov, temveč tudi na različne gospodarske sektorje, kot so oskrba s pitno vodo, kmetijstvo, gozdarstvo, proizvodnja energije, turizem in celinska plovba. Pomanjkanje vode lahko tako vpliva negativno na celotno gospodarstvo. V preteklih desetletjih (1981–2010) naj bi zaradi suš letne gospodarske izgube Evropske unije in Združenega kraljestva znašale devet milijard evrov na leto. Z nekaj regionalnimi razlikami so bile gospodarske izgube največje v kmetijstvu in energetskem sektorju ter pri oskrbi s pitno vodo (Cammalleri in sod., 2020).

Za novodobne suše je poleg večje pogostosti (slika 1) značilno, da se pojavljajo na območjih, na katerih v preteklosti ni bilo pomanjkanja vode. Tak je na primer alpski prostor. Značilno pa je tudi, da se poleg poletnih pojavljajo tudi suše v sicer bolj mokrih letnih časih – jeseni in pozimi. Podatki kažejo, da se letna količina padavin v številnih regijah osrednje in južne Evrope zmanjšuje, v zahodni in severni Evropi pa povečuje. Vendar pa

podatki o vlažnosti površinskega sloja tal v poletnem obdobju za zadnja štiri desetletja kažejo trend zmanjševanja vsebnosti vode v tleh tudi v regijah, v katerih letna količina padavin narašča. Vzrok je predvsem v višjih temperaturah zraka, ki povečujejo izhlapevanje (German Federal Ministry for the Environment ..., 2020). To je še posebno pomembno za splošno stanje vegetacije in s tem povezano pridelavo hrane, saj se zaradi višjih temperatur spomladi rastna sezona začne prej, prav tako pa tudi potreba rastlin po vodi. Zgodnejši začetek vegetacijske sezone ter s tem povezana zgodnejša raba vode pri rastlinah posledično vpliva tudi na pojav poletne suše (Bastos in sod., 2020; German Federal Ministry for the Environment ..., 2020).

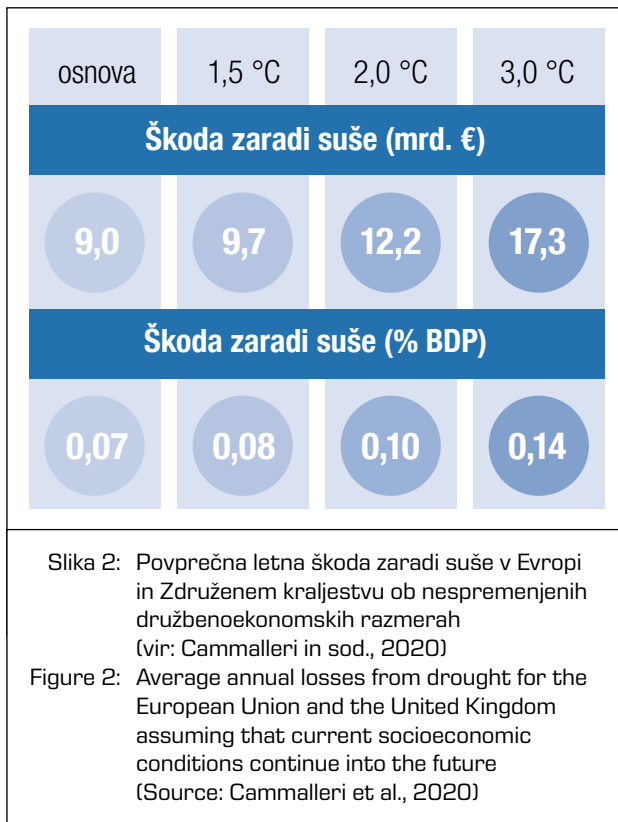
Po vseh podnebnih scenarijih pričakujemo, da se bodo posledice suše stopnjevale tudi v prihodnosti (Feyen in sod., 2020; Cammalleri in sod., 2020). Ocene kažejo, da bi bila ob dvigu povprečne temperature zraka za 1,5 °C (glede na referenčno obdobje 1981–2010) skupna škoda v Evropski uniji in Združenem kraljestvu kar 9,7 milijarde evrov na leto, z nadaljnjim segrevanjem na dvig temperature za 3 °C pa bi dosegla že 17,3 milijarde evrov na leto (slika 2). Največjo škodo zaradi globalnega segrevanja bi utrpeli sredozemska in atlantska regija, ki že zdaj najbolj trpita zaradi posledic suš v Evropi. Škode v teh dveh regijah predstavljajo kar 68 odstotkov vse škode zaradi suš v Evropi, ob nadaljnjem segrevanju za 3 °C pa pričakujemo, da se bo odstotek povečal na 85 odstotkov (Cammalleri, 2020; German Federal Ministry for the Environment ..., 2020). Alpski prostor leži na stičišču različnih podnebnih regij, kar vpliva na izjemno raznolikost trenutnih in predvidenih vplivov suše. Nedavne škode zaradi suše v alpskem prostoru zahtevajo natančnejšo analizo tudi tega prostora, ki je bil v preteklosti manj ranljiv na sušo.

Da bi izboljšali pripravljenost na sušo in obvladovanje tveganj, povezanih s čedalje pogostejšimi sušnimi



Slika 1: Letni odkloni vsebnosti vode v površinskem sloju tal (zgornjih sedem centimetrov) v Evropi od leta 1979 do 2019 glede na referenčno obdobje 1981–2010. Podatki so pridobljeni iz reanaliz ERA5 (vir: Copernicus Climate Change Service (C3S)/ECMWF; German Federal Ministry for the Environment ..., 2020).

Figure 1: Annual European soil moisture anomalies from 1979 to 2019 relative to the annual average for the 1981–2010 reference period. The data were obtained from the ERA5 reanalysis (Source: Copernicus Climate Change Service (C3S)/ECMWF; German Federal Ministry of the Environment, 2020).



dogodki v alpskem prostoru, se je leta 2019 začel projekt *Alpine Drought Observatory (ADO)*. Glavni namen projekta je pripraviti enoten pregledovalnik za izboljšano in usklajeno opazovanje suše v celotnem alpskem prostoru. Območje, ki ga v okviru projekta obravnavamo, je opredeljeno v okviru Interregovega transnacionalnega programa Območje Alp in povezuje zelo različne regije (slika 3), na primer dolino reke Ren v Franciji s slovensko jadransko obalo ter metropolitansko območje Milana s predalpskim območjem Bavarske. Leta 2020 so sušo v širšem prostoru Alp partnerske države še posebej vzele pod drobnogledom. Za spremljanje

sušnih razmer uporabljamo različne sušne kazalnike, ki zaznavajo sušo na številnih elementih vodnega kroga – meteorološko sušo, sušo v površinskem sloju tal in povezano s stanjem vegetacije ter hidrološko sušo v površinskih in podzemnih vodah. Nadaljnji opis sušnih razmer je predstavljen s kazalniki, ki najbolje predstavijo razmere za opisano obdobje.

Značilnosti suš alpskega prostora – sušni paradoks

Suša in pomanjkanje vodnih virov nista pojava, ki se v javnosti pogosto omenjata v povezavi z Alpami. Obravnavani alpski prostor prejme relativno veliko količino padavin, od 400 do več kot 3000 mm na leto (Stephan in sod., 2021; Isotta in sod., 2014), ki z značilno porazdelitvijo čez leto napajajo vodotoke in zagotavljajo zalogo vode. Na pretok rek poleg padavinskega režima na tem območju močno vpliva tudi snežna odeja, zato pri napajanju vodotokov govorimo o dežno-snežnem rečnem režimu. Čez alpski prostor tečejo štirje glavni evropski vodotoki: Pad, Rona, Ren in Donava. Alpe z vodo oskrbujejo približno 170 milijonov ljudi, ki živijo v njihovih porečjih, zato jih imenujemo vodni stolpi Evrope (angl. *water towers of Europe*) (Stephan in sod., 2021; Viviroli in sod., 2007). Ne glede na to dejstva kažejo, da se težave s pomanjkanjem vode in sušo na tem območju stopnjujejo (Sharif, 2020; Flis in sod., 2018). Spremembe podnebja tudi v Alpah povečujejo izhlapevanje vode v ozračje in povzročajo neugodno razporeditev ter pomanjkanje padavin, kar se kaže v negativnem vplivu na razpoložljivost vodnih virov v širšem alpskem prostoru. Na tem območju so nedavna sušna obdobja povzročila resne posledice, kot so omejen dostop do pitne vode, omejeno namakanje in nižja proizvodnja električne energije (Stephan in sod., 2021; Haslinger in sod., 2019). Kmetijske in hidrološke suše so vedno pogostejše.



Slika 3: Območje obravnave – alpski prostor (vir: Alpine Space Programme, 2021)

Figure 3: Area of interest – the Alpine space (Source: Alpine Space Programme, 2021)

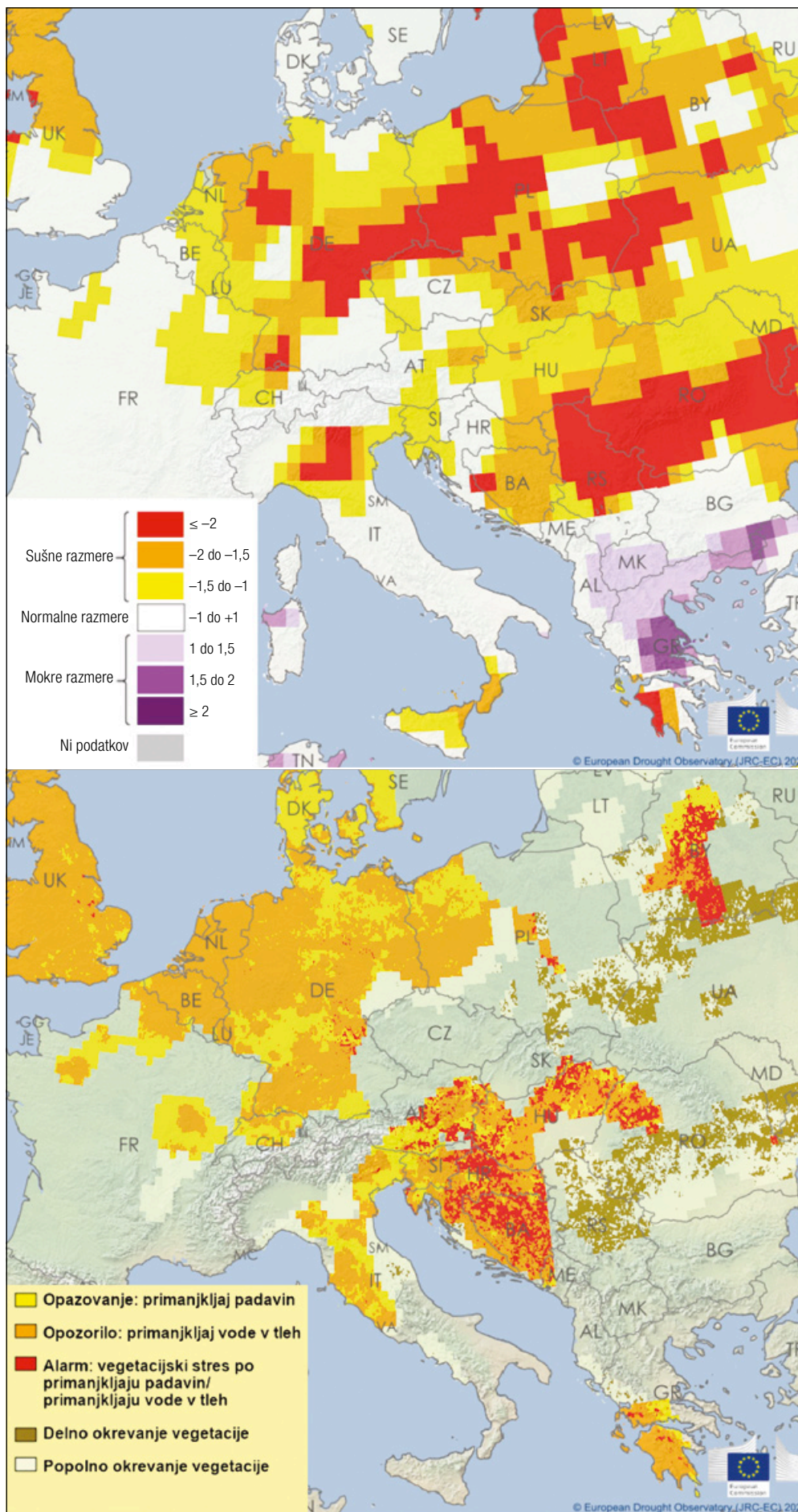
Poleg prepletanja različnih podnebnih regij je posebnost Alp tudi razgibanost reliefa, kar močno vpliva na lokalne značilnosti suše in še dodatno otežuje natančno ocenjevanje razvoja suše. V nasprotju z območjem Sredozemlja, kjer je suša pogost in ponavljajoč se pojav, so bili dalj časa trajajoči primanjkljaji vode v preteklosti v alpskem prostoru redki. S spreminjanjem podnebnih vzorcev so se v zadnjih desetletjih začele pojavljati nekoliko intenzivnejše suše, predvsem poletne, tudi v tem prostoru. Poleti tudi kratkotrajna obdobja brez padavin v kombinaciji z visokimi temperaturami in intenzivnejšim izhlapevanjem neugodno vplivajo na ekosisteme, površinske in podzemne vode. Različni viri navajajo približno desetodstotno verjetnost za pojav suše v poletnem času na območju Alp, hkrati pa so suše v alpskem prostoru, v primerjavi s sušami na območjih z nižjo nadmorsko višino, zmernejše jakosti (Calanca, 2007). Težave s pomanjkanjem vode se v zadnjem času pojavljajo tudi v hladnem delu leta, ko je v zimskih mesecih manj padavin in snega, voda v akumulacijah pa je ob nizkih temperaturah zamrznjena, skromnejša snežna odeja pa posredno vpliva tudi na spomladanske zaloge vode. Pozimi so v alpskem prostoru v zadnjih letih zaznali tudi nizke pretoke površinskih voda (Flis in sod., 2018).

Tako kot drugod po Evropi sta tudi v Alpah pomanjkanje padavin, tako dežnih kot tudi snežnih, in povečana evapotranspiracija glavna dejavnika za nastanek suše (Sharif, 2020; Mastrotheodoros in sod., 2020). Poleg izhlapevanja iz tal in površinskih voda ter transpiracije rastlin k večji količini izhlapele vode prispeva tudi taljenje snega, pomanjkanje snežne odeje pa dodatno izsušuje pobočja hribovitih in gorskih predelov. Iz raziskav na območjih z nižjo nadmorsko višino je znano, da zmanjšanje vsebnosti vode v tleh omejuje fotosintetsko kapaciteto rastlin in posledično tudi njihovo rast. Tak vpliv sušnega stresa na stanje rastlinstva se v vlažnem zmernem podnebnju, kamor sodijo tudi Alpe, z nadmorsko višino stopnjuje, predvsem zaradi močne odvisnosti gorskega rastlinstva od razmeroma velike količine padavin in velike vlažnosti tal v primerjavi z nižjimi nadmorskimi višinami (Rosbakh in sod., 2017). Poleg tega lahko v ekosistemih z omejenimi hranili, kot so gore, suša omeji tudi rastno sposobnost rastlin z zmanjšanjem mikrobne aktivnosti tal. Tudi če višje ležeča območja zaradi suše niso neposredno ogrožena, prihaja v spodnjem delu porečij do pomanjkanja vode in poletne suše – ob povečanem izhlapevanju površinski odtok z gora z vodo primarno oskrbuje rastlinstvo na pobočju, namesto da bi se voda izlivala v reke in jezera v dolini. Pobočja gora so tako videti zelena, v dolino pa prispe premalo vode (Sharif, 2020; Mastrotheodoros in sod., 2020). V Alpah imajo tla zaradi posebne sestave (visoka vsebnost skeletnih delcev in peska ter nizka vsebnost gline) omejeno sposobnost zadrževanja vode, ob vznožjih pobočij in na nekaterih poplavnih območjih pa najdemo globoka meljasto-ilovnata tla z visoko kapaciteto zadrževanja vode. Nizka sposobnost tal za

zadrževanje vode je problematična predvsem na območjih z nižjo stopnjo padavin v vegetacijskem obdobju, kot so nekatere večinoma suhe alpske doline. Tudi zbita tla na pašnikih, ki pokrivajo precejšnje območje Alp, lahko slabo vplivajo na zadrževanje vode, saj je v zbitih tleh manjša infiltracija in voda hitreje odteka (Geitner in sod., 2020).

Pritisk suše v alpskem prostoru še dodatno bremenijo vročinski valovi. Vročinski valovi in suša v letih 2003, 2010, 2015 in 2018 na območju Evrope so tudi v alpskem prostoru izpostavili ranljivost voda in z njo povezane vplive na ljudi, ekosisteme in gospodarske dejavnosti v regiji. Med vročinskimi valovi poleti 2003 je bila zaradi povečanega izhlapevanja in primanjkljaja padavin v alpskem prostoru kar 30 odstotkov manjša razpoložljivost vode v primerjavi z običajnimi vrednostmi (Sharif, 2020; Mastrotheodoros in sod., 2020). Tudi v Sloveniji se tveganje za sušo, predvsem za poletno, povečuje po vsej državi (Sušnik in Gregorič, 2017). Na prostorsko razporeditev padavin pri nas močno vpliva razgibanost reliefa. Zaradi orografskega učinka prejme največ padavin alpsko-dinarska pregrada, proti vzhodu pa količina padavin upada. Ta porazdelitev je posledica dejstva, da največ padavin pade v razmerah vlažnega jugozahodnika, ki piha pravokotno na omenjeno orografsko pregrado. Čeprav v Sloveniji povprečno beležimo zadostno količino letnih padavin, nas je v zadnjih dveh desetletjih kar osemkrat prizadela hujša suša (Flis in sod., 2018), tudi na območjih, na katerih je v preteklosti nismo beležili (npr. leta 2003 v Zgornjesavski dolini) (Arso, 2010).

Razmere se bodo stopnjevale tudi v prihodnosti. Po nekaterih scenarijih (npr. SRES A2) se bodo do konca 21. stoletja skupne padavine od aprila do septembra (vegetacijska sezona spomladanskih pridelkov in travinja) v povprečju zmanjšale za 20–30 odstotkov (Calanca, 2007). Hkrati se bo znatno povečala verjetnost vročinskih valov, kar bo dodatno prispevalo k pogostejšim in izrazitejšim poletnim sušam. Na sezonski ravni je že sredi 21. stoletja (2041–2070) glede na referenčno obdobje 1981–2010 pričakovati opazno povečanje pogostosti spomladanskih in poletnih suš, nekoliko naj bi se povečala tudi pogostost jesenske suše (Spinoni in sod., 2016). Podobno kaže tudi za konec stoletja (2071–2100), hkrati pa se bosta povečala tudi jakost suše in pogostost ekstremnih sušnih dogodkov (Spinoni in sod., 2016). V gorskih regijah pričakujemo izrazit sezonski premik, kar bo povečalo tveganje za nizke pretoke poleti in nekoliko zmanjšalo tveganje pozimi. Najbolj prizadete bodo manjše reke in pritoki, ki so v reliefno razgibanem alpskem prostoru kot vodni viri posebnega pomena. Prostorska porazdelitev območij, ki jih bo prizadela suša, se bo razširila od jugovzhoda proti severozahodu (Ludwig-Maximilians-Universität Munich, 2018). Gospodarske dejavnosti, odvisne od vode, se bodo morale spopasti z vse večjo pojavnostjo zmernih suš in naraščanjem jakosti ekstremnih suš.



Slika 4: Stanje spomladanske suše 2020, izraženo s sušnimi kazalniki: SPI-1 za april (zgoraj) in CDI za 3. dekada maja (spodaj). SPI-1 kaže mesečni odklon padavin od povprečja referenčnega obdobja. Vrednosti pod -1 označujejo sušne razmere, nižja vrednost pa izraža stopnjevanje sušnih razmer. Kombinirani sušni kazalnik CDI temelji na analizi padavin, vsebnosti vode v tleh in deležu absorbiranega fotosintetskega aktivnega sevanja. Skupaj prikazuje območja s tveganjem za sušo glede na primanjkljaj vode v tleh in prizadetost vegetacije (vir: EDO, 2020a).

Figure 4: The 2020 spring drought conditions expressed by drought indicators: SPI-1 for April (above) and CDI for the third decade of May (below). The SPI-1 shows the monthly anomaly of precipitation relative to the average of the reference period. Values below -1 mark the drought conditions, while a lower value expresses their intensification. The combined drought indicator (CDI) is based on the analysis of precipitation, soil moisture (topsoil water content) and the fraction of absorbed photosynthetically active radiation. Combined it identifies the areas at risk of drought in reference to soil moisture deficit and vegetation damage (Source: EDO, 2020a).

Ekstremne suše, primerljive z letom 2003, bi lahko v prihodnosti tudi v Alpah postale običajen pojav (Calanca, 2006), kar kaže tudi ocena tveganja za sušo v Sloveniji (Arso, 2017).

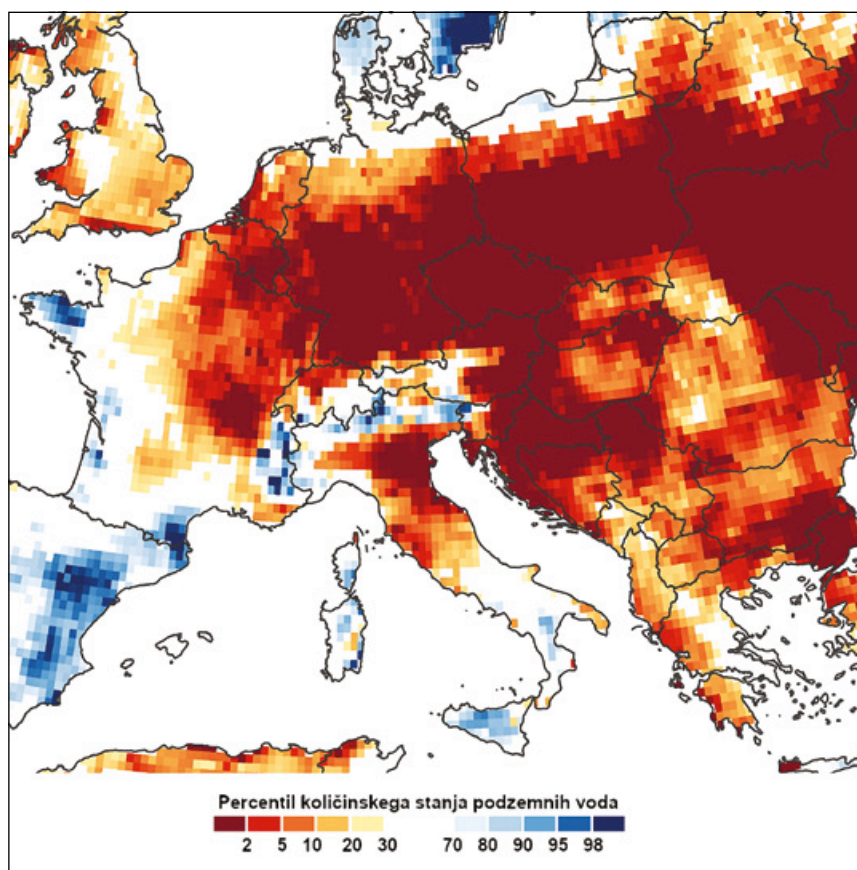
Suša leta 2020 z meteorološkega stališča

Suša že spomladi

Po podatkih projekta Copernicus je bilo v Evropi leto 2020 povprečno namočeno in najtoplejše leto od začetka meritev leta 1850 (Copernicus C3S, 2021). Po zimi 2019/2020, ki je bila skromna s snežno odejo in na ravni Evrope prav tako najtoplejša od začetka meritev, so se zgodaj spomladi ponekod v nižjih predelih alpskega prostora že začele kazati sušne razmere. Običajnemu marcu z vidika padavin sta namreč sledila suh in nadpovprečno topel april s padavinami blizu 30–40 odstotkov povprečnih vrednosti (Copernicus C3S, 2020a) ter zmerno suh in povprečno topel maj. Večji del aprila je nad osrednjo Evropo vztrajalo območje visokega zračnega tlaka, v višinah pa se je zadrževal suh in topel zrak. V alpskem prostoru je bil aprila zabeležen tudi največji absolutni primanjkljaj padavin znotraj vegetacijskega obdobja leta 2020 glede na povprečje referenčnega obdobja 1981–2020 (Copernicus C3S,

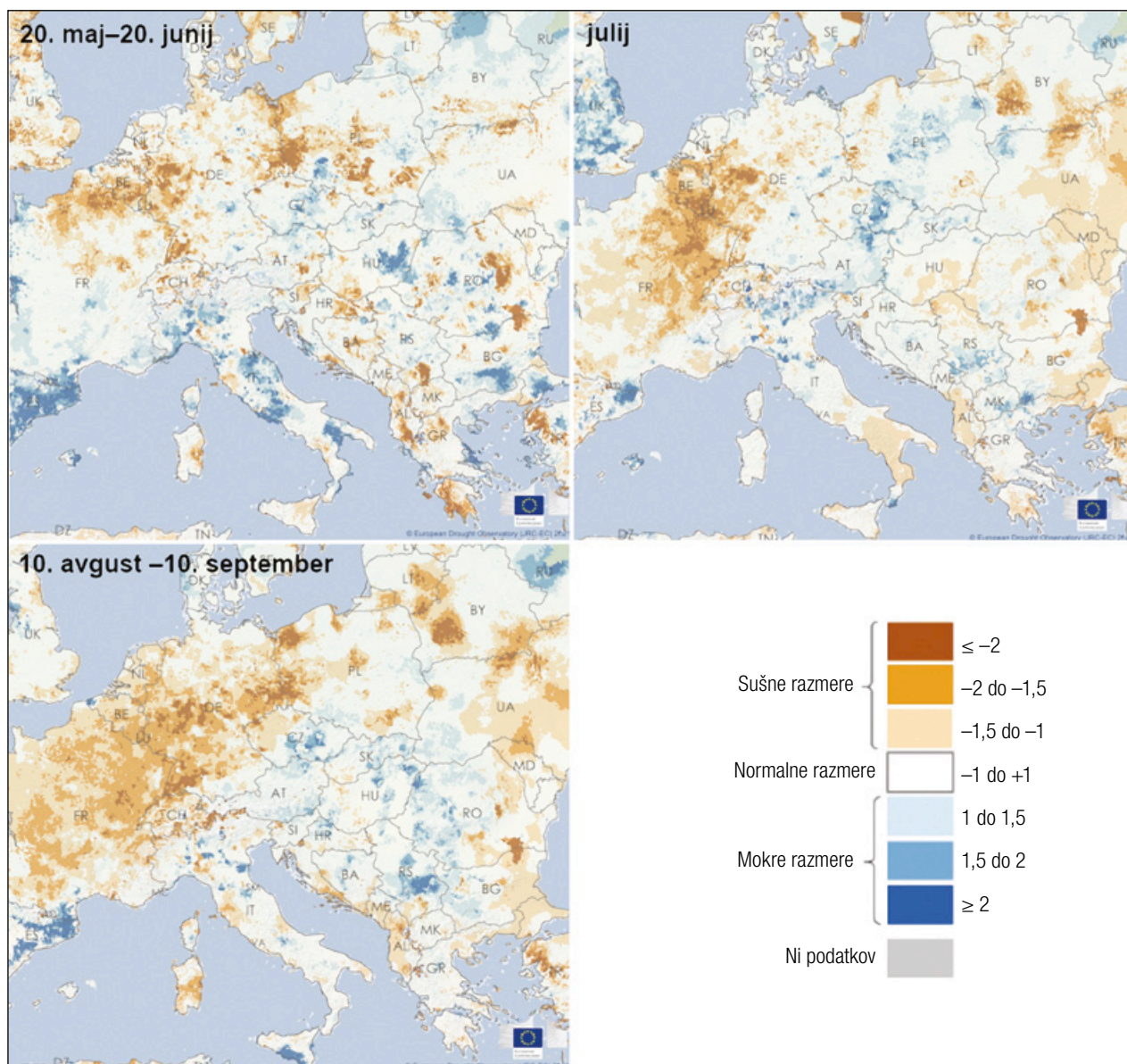
2020b). V Nemčiji je bil po podatkih državne meteorološke službe to drugi najbolj suh april od leta 1901 (Copernicus C3S, 2020), v Sloveniji pa smo manj padavin aprila beležili le leta 2007 (Arso, 2020). Na ravni Slovenije je bil april 2020 tudi rekordno sončen.

Sušne razmere so se spomladi začele najprej kazati na vzhodu Evrope in so se med pomladjo pomikale proti zahodu. Kazalnik suše SPI-1 (angl. *Standardized Precipitation Index*) za april kaže, da je bil primanjkljaj padavin znotraj alpskega prostora največji v severni Italiji in na jugu Nemčije, še izrazitejši pa je bil v vzhodnem delu Evrope (slika 4). Pomanjkanje padavin aprila je največ prispevalo tudi k skupnemu spomladanskemu primanjkljaju padavin. Kazalnik suše SPI-3 za maj (odklon padavin v obdobju preteklih treh mesecev od povprečja referenčnega obdobja) kaže, da je bil na območju alpskega prostora spomladi največji primanjkljaj padavin na jugu Nemčije, severu Švice in vzhodu Francije, nekoliko zmernejši pa v pasu od Avstrije čez Slovenijo do severovzhodne Italije (EDO, 2020a). K sušnim razmeram je posredno prispevalo tudi nekoliko višje izhlapevanje zaradi nadpovprečnih temperatur. Vodni primanjkljaj se je spomladi, še posebej aprila, kazal v nizkih pretokih površinskih vodotokov (npr. v Franciji) in v nižji vsebnosti vode v površinskem sloju tal, ki je bila za večji del celinske Evrope pod povprečnimi vrednostmi (EDO, 2020a). Vsebnost vode v tleh predstavlja neposredno merilo sušnih razmer in kaže na morebitne težave rastlin pri pridobivanju vode iz tal. Rastline so se začele maja na sušni stres opazneje odzivati, kar kaže tudi



Slika 5: Količinsko stanje podzemnih voda 22. junija 2020, izmerjeno s sateliti projekta GRACE-FO (Gravity Recovery and Climate Experiment Follow On). Barve kažejo percentil količinskega stanja podzemnih voda oziroma primerjavo gladin z dolgoletnimi povprečji v mesecu. Modra območja imajo več vode kot običajno, oranžna in rdeča manj. Najtemnejši odtenki rdeče predstavljajo suhe razmere, ki bi se morale pojaviti le v dveh odstotkih časa (približno enkrat na 50 let) (vir: NASA EO, 2020).

Figure 5: Groundwater storage on 22 June 2020 as measured by the satellites of the GRACE-FO (Gravity Recovery and Climate Experiment Follow On) project. The colours show the groundwater wetness percentile, i.e. the comparison of the groundwater levels with the multiannual monthly average. The blue areas have more water than usual, while orange and red areas have less water. The darkest shades of red represent dry conditions which should appear only 2 % of the time (approximately once per 50 years) (Source: NASA EO, 2020).



Slika 6: Razvoj poletne suše, izražen s kazalnikom SMA, od 20. maja do 20. junija (zgoraj levo), za julij (zgoraj desno) in od 10. avgusta do 10. septembra (spodaj levo). Kazalnik SMA kaže odklon vsebnosti vode v površinskem sloju tal od povprečja referenčnega obdobja. Ocena vsebnosti vode v površinskem sloju tal predstavlja neposredno merilo sušnih razmer in neugodnega vpliva na rastline (vir: EDO, 2020b).

Figure 6: The development of summer drought expressed by the SMA indicator for the period between 20 May and 20 June (top left), for July (top right) and for the period between 10 August and 10 September (bottom left). The SMA indicator shows the soil moisture (topsoil water content) anomaly relative to the average of the reference period. The estimate of the topsoil water content is a direct measure of drought conditions and the detrimental impact on vegetation (Source: EDO, 2020b).

kombinirani kazalnik suše CDI (angl. *Combined Drought Index*) (slika 4). V osrednjem delu Evrope sta se vpliv sušnega stresa in zmanjšana fotosintetska aktivnost rastlin kazala v upočasnjenem kopičenju biomase, še posebej omejena je bila produktivnost pašnikov (JRC, 2020a). Junija so ugodne vremenske razmere z dobro porazdeljenimi padavinami in majhnim številom vročih obdobji ponekod, predvsem v vzhodnem in južnem delu alpskega prostora, nadomestile primanjkljaj vode v tleh, zato so rastline tam okrevale (JRC, 2020b).

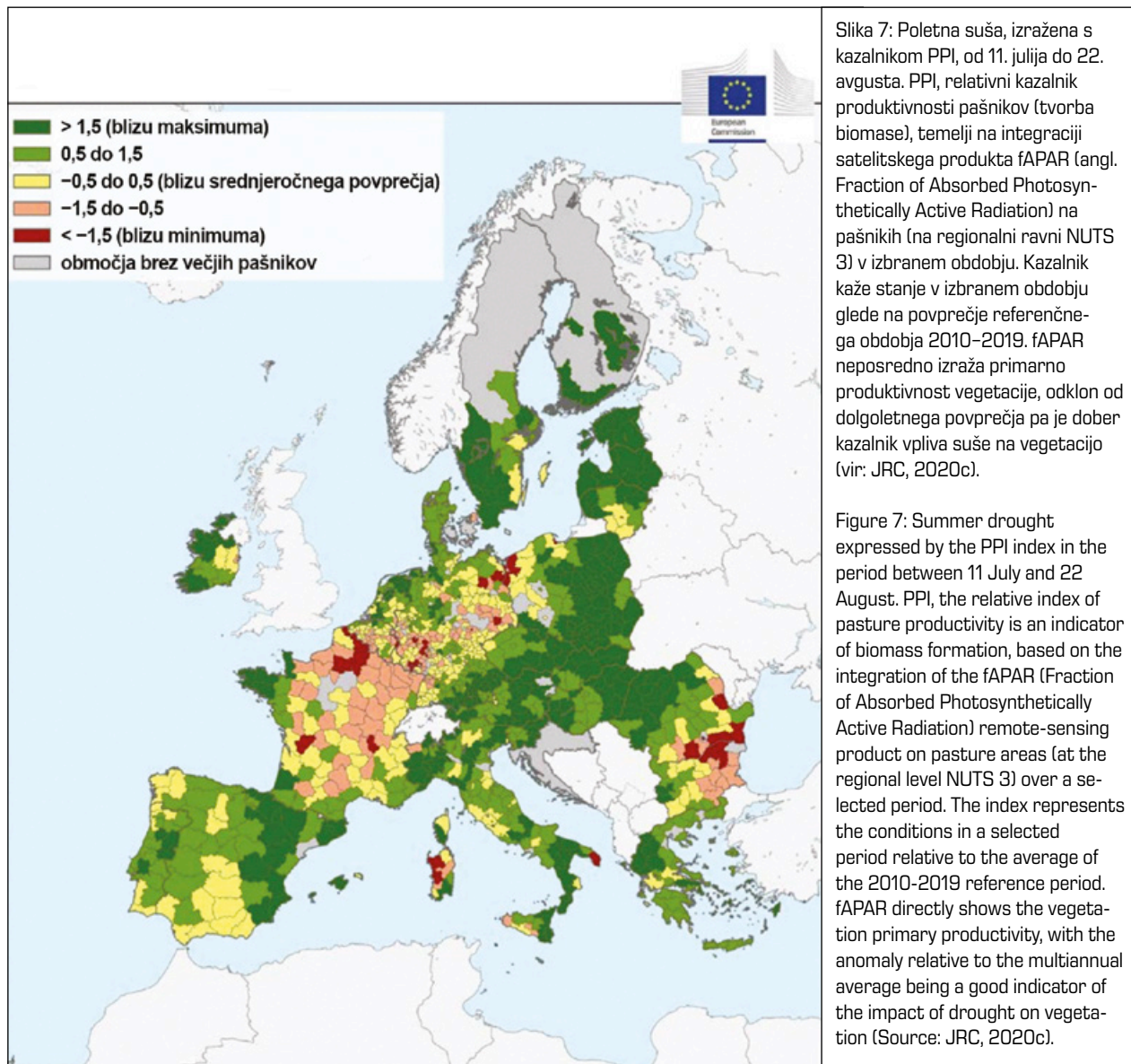
Kljub junijskim padavinam pa satelitski podatki projekta GRACE-FO (*Gravity Recovery and Climate Experiment Follow On*) za vsebnost vode v koreninskem sloju tal in količinsko stanje podzemnih voda konec junija v predalpskem območju kažejo podpovprečne vrednosti. Izrazit primanjkljaj je predstavljen predvsem za količinsko stanje podzemnih voda (slika 5). V primerjavi z vsebnostjo vode v površinskem oziroma koreninskem sloju tal, ki lahko v kratkem času znatno niha (padavine lahko vsebnost hitro povečajo, hkrati pa lahko med vročinskimi valovi in suhimi obdobji voda tudi hitro izhlapi),

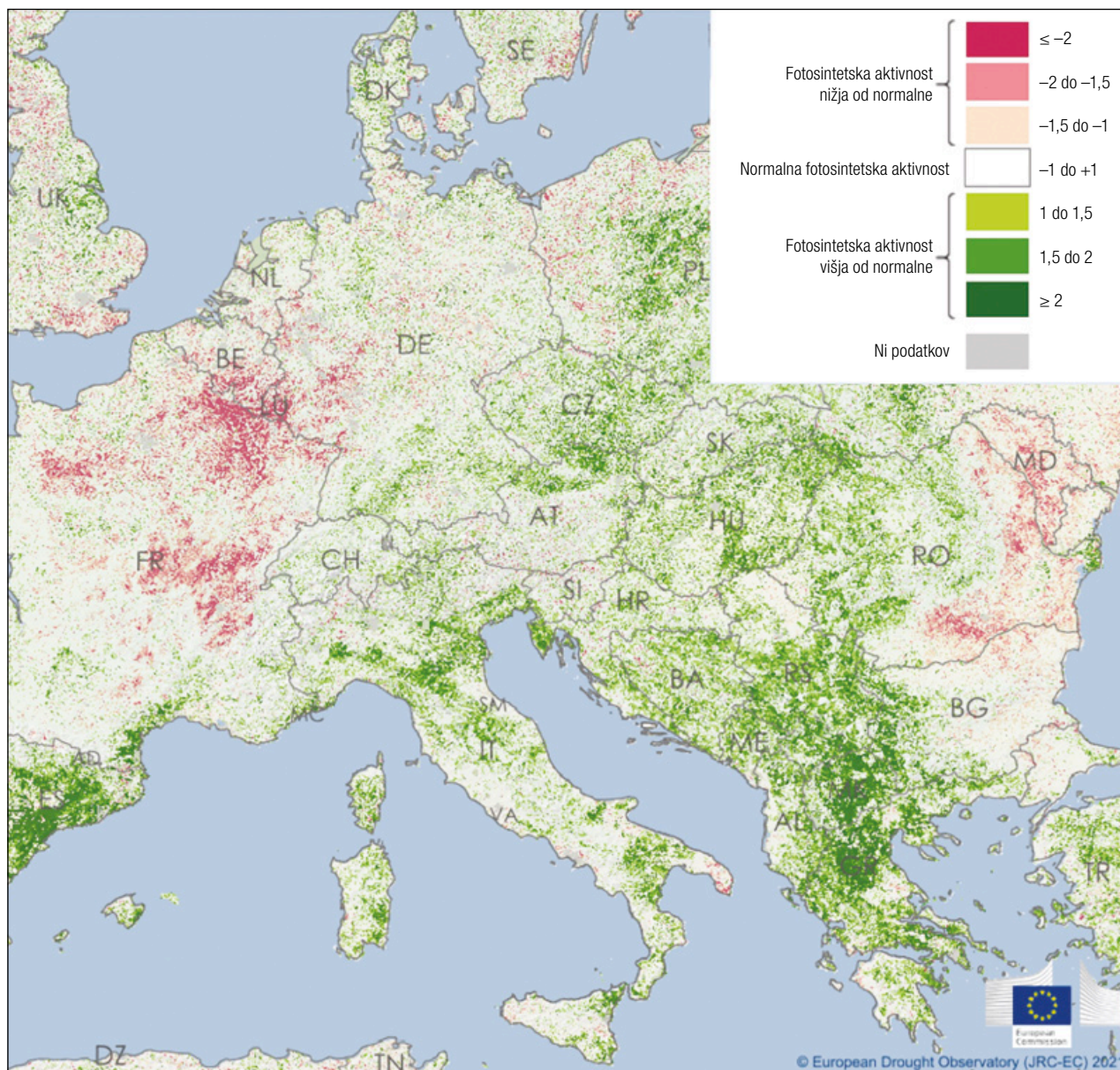
potrebuje podtalnica za obnovitev več mesecev, saj površinska voda počasi pronica skozi različne sloje tal do gladine vodonosnikov. Vzrok hidrološke suše leta 2020 je bil v sušnem stanju hidroloških razmer že v poletnih mesecih v letih 2018 in 2019, dodatno pa je sušo stopnjevala še s snežno odejo skromna zima 2019/2020. To se je pokazalo na primanjkljaju količine podzemne vode že v začetku leta 2019 (NASA EO, 2020), kar je med vegetacijsko sezono predstavljalo omejevalni dejavnik tudi pri zagotavljanju namakanja v kmetijstvu in drugih na vodo vezanih gospodarskih dejavnostih.

Intenzivna poletna suša v Franciji in Nemčiji

Po spomladanskem zmerno sušnem obdobju (Copernicus C3S, 2020a) so se razmere v alpskem prostoru ponekod normalizirale, drugod, predvsem v Franciji in Nemčiji, pa je v drugi polovici poletja sledilo stopnjevanje sušnih razmer (EDO, 2020b). Na te so, skupaj

s pomanjkanjem padavin, večinoma vplivali vročinski valovi. Nad osrednjo Evropo je v drugi polovici julija prevladovalo območje visokega zračnega tlaka. Prvi vročinski val, ki je trajal le nekaj dni, je zajel osrednje Alpe zadnji teden julija, ko je v višinah iz zahoda pritekal zelo toplel in suh zrak. V Franciji, južnem delu Nemčije in Švici je bil julija zabeležen tudi izrazit primanjkljaj padavin (EDO, 2020b), v Franciji je bilo skupnih mesečnih padavin za 70 odstotkov manj od povprečne količine (Eaufrance, 2020). Primanjkljaji vode v površinskem sloju tal, ki so ponekod v Franciji in Nemčiji trajali že od pomladi, so se prostorsko razširili in povečali, kar kaže tudi kazalnik vsebnosti vode v tleh SMA (angl. *Soil Moisture Anomaly*) (slika 6). Neugodno julijsko vodnobilančno stanje površinskega sloja tal je v prvi dekadi avgusta dodatno poslabšal intenzivnejši in več kot teden dni trajajoč drugi vročinski val, ki je kmalu po prvem zajel skoraj celotno območje Francije, severno Nemčijo in dele osrednjih Alp (EDO, 2020b). V višinah je s severozahodnimi vetrovi pritekal zelo toplel zrak, temperature so se ponekod v Franciji gibale okoli 40 °C.





Slika 8: Suša septembra in v začetku oktobra, izražena s kazalnikom vegetacijske produktivnosti na podlagi satelitskega produkta fAPAR za 1. dekadno septembra. fAPAR predstavlja delež absorbiranega aktivnega fotosintetskega sevanja oziroma delež sončne energije, ki ga absorbirajo listi. Fotosintetsko aktivno sevanje predstavlja 48 odstotkov direktnega sončnega sevanja. fAPAR neposredno izraža primarno produkcijo vegetacije, odklon od dolgoletnega povprečja pa je dober kazalnik vpliva suše na vegetacijo (vir: EDO, 2020b).

Figure 8: Drought in September and at the beginning of October represented by the Vegetation Productivity Anomaly index based on the fAPAR remote-sensing product for the first decade of September. fAPAR represents the Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation or the fraction of the solar energy absorbed by leaves. The photosynthetically active radiation represents 48% of the direct solar radiation. It is a direct indicator of the primary productivity of vegetation, while the anomaly relative to the multiannual average is a good indicator of the impact of drought on vegetation (Source: EDO, 2020b).

Več zaporednih dni trajajoče visoke temperature so sprožile izdatnejše izhlapevanje iz površinskega sloja tal in posledično še povečale primanjkljaje vode v tleh. V drugi dekadi avgusta so se zaradi omejene oskrbe z vodo in visokih temperatur na sušni in vročinski stres začele odzivati tudi rastline, zmanjšala se je produktivnost travinja (JRC, 2020c), kar je razvidno tudi iz kazalnika produktivnosti pašnikov PPI (angl. *Pasture*

Productivity Index) (slika 7). Zmanjšana produktivnost pašnikov je bila predvsem v osrednji Nemčiji ter osrednji, vzhodni in severni Franciji. V osrednjem, vzhodnem in južnem delu alpskega prostora je bila produktivnost običajna. Avgusta so se dodatno znižale gladine podzemnih voda, na vzhodu Francije pa so poročali tudi o nizkih pretokih rek Sena in Meuse ter njihovih pritokov (EDO, 2020b).

Ponekod nadaljevanje suše v jesen

Sušne razmere so se ponekod nadaljevale tudi v jesen. V prvi polovici septembra je teden dni trajajoč vročinski val vnovič zajel vzhodno Francijo, severno Italijo ter dele Švice in Avstrije. Medtem ko se je stanje vodne bilance s prehodom iz avgusta v september v večjem delu Nemčije nekoliko izboljšalo, so v Franciji sušne razmere, predvsem na severovzhodu, vztrajale skozi ves september (JRC MARS, 2020d). Vse od druge dekade avgusta do zadnje dekade oktobra se je po podatkih kazalnika stanja vegetacije na podlagi satelitskega produkta fAPAR (angl. *Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation*) vpliv suše kazal na rastlinah v različnih delih Francije in na zahodu Nemčije (slika 8). Konec avgusta in v začetku septembra so bile anomalije fAPAR v Franciji ter osrednji in zahodni Nemčiji izrazito negativne, posledice so se kazale tudi v zmanjšanem pridelku poletnih posevkov (EDO, 2020b). Gladina podzemnih voda se je v Franciji septembra in ponekod tudi oktobra zniževala (Eaufrance, 2020). Konec oktobra so dolgo pričakovane padavine predvsem v Franciji omogočile delno okrevanje rastlin, popolnoma pa so si te opomogle v začetku novembra. Sredi novembra se je stanje vodne bilance povsod v alpskem prostoru vrnilo v okviru običajnih vrednosti.

Suša leta 2020 v Sloveniji

V Sloveniji smo intenzivnejšo sušo leta 2020 beležili po suhi pomladi, ki je sledila zimi brez snega. Na državni ravni je bilo v meteorološki pomladi od marca do maja približno 72 odstotkov običajnih padavin (Arso, 2020). Sušne razmere so se iz začetnega sušnega stanja v zimskem obdobju krepile zgodnjo in pozno pomlad. Ob večinoma nadpovprečnih temperaturah in nezadostnih padavinah smo lahko že marca sledili pojavu sušnih razmer, sprva na severovzhodu države, nato pa so se sušne razmere do konca meseca razširile skoraj po vsej državi. Vegetacijsko obdobje, ki se dogovorno začne aprila, se je začelo s precejšnjim vodnobilančnim primanjkljajem v južnem delu Slovenije, na obalnem območju, Dolenjskem¹ ter v Beli krajini. V suhem aprilu so se primanjkljaji, predvsem v goriški in obalno-kraški regiji, še povečali. Sušne razmere so se ob koncu aprila skoraj po vsej državi kazale tudi v nizki vsebnosti vode v površinskem sloju tal (Arso, 2020). Sredi maja so obilne lokalne padavine začasno zmanjšale velikost vodnobilančnih primanjkljajev. Obnavljale so zalogo vode v površinskem sloju tal in omilile znake spomladanske suše na rastlinah, vendar so bile pozitivne spremembe skoraj povsod po državi začasne, saj so se do konca meseca sušne razmere ponovile. Predvsem na

jugozahodu in severovzhodu države so izrazite sušne razmere vztrajale skozi ves maj, zlasti na severovzhodu so se ob koncu meseca še poslabšale, vpliv pa se je po vsej državi, z izjemo osrednje Slovenije, kazal v zmanjšani vsebnosti vode v tleh in posledično tudi na rastlinah.

Stanje se je z ugodno prostorsko razporejenimi in pogostimi padavinami junija izboljšalo. Ob koncu junija je sušni kazalnik vsebnosti vode v tleh kazal povsem drugačno sliko kot v začetku junija, in sicer brez znakov vpliva kmetijske suše na rastline (Arso, 2020). Razporeditev deževnih obdobjij je tudi julija in avgusta sproti popravljala vodno bilanco površinskega sloja tal v večjem delu Slovenije. Izstopal je le jugovzhodni del Slovenije, kjer so zmerne sušne razmere kljub padavinam vztrajale do konca avgusta. Zaradi vročine in kratkotrajne suše je ponekod sicer prišlo do vročinskega stresa in občasnega pomanjkanja vode v površinskem sloju tal in je bilo treba rastline, kjer je bilo to mogoče, zalivati oziroma namakati. Večjih težav pa s sušo poleti nismo beležili. Septembra se je stanje vodne bilance izboljšalo, ob koncu meseca so bili opazni primanjkljaji le na obalnem območju in na severovzhodu, vendar brez izrazitih vplivov na vsebnost vode v tleh in rastline, sledil pa je oktober s presežki v vodni bilanci.

Posledice suše

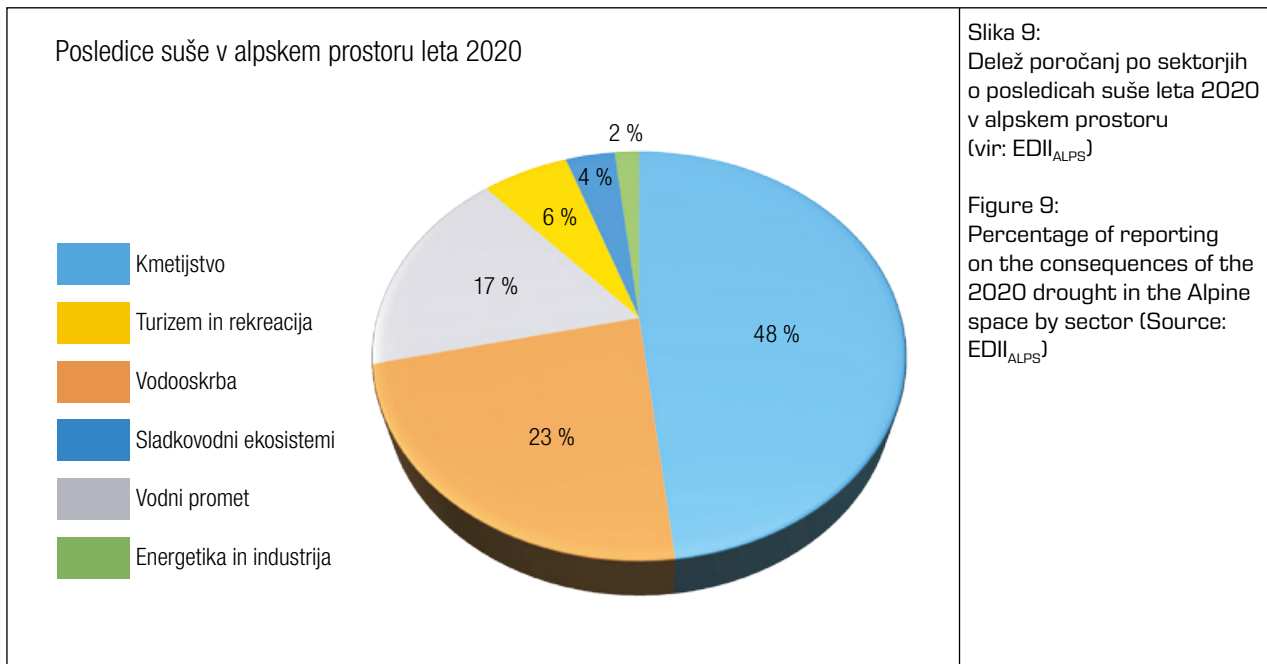
Podatki o posledicah suše v alpskem prostoru – EDII_{ALPS}

Suša postane naravna nesreča zaradi povezave z njenimi posledicami, kar je odvisno od ranljivosti nekega območja oziroma sektorja (Stahl in sod., 2012). Posledice suše najpogosteje opredeljujemo kot neposredne ali posredne vplive glede na okolje, družbo ali gospodarstvo, ki so lahko zelo spremenljivi, večplastni in večsektorski (Stephan in sod., 2021; Blauhut in sod., 2016; Stahl in sod., 2016). Zaradi potreb po sistematičnejšem zbiranju posledic suš v Evropi, predvsem po hudi suši leta 2003, je bil leta 2012 vzpostavljen Evropski popis posledic suš (angl. *European Drought Impact Inventory*) oziroma EDII². Vzpostavili so ga zaradi raziskovanja povezav med kazalniki suše in ranljivostjo ter posledicami suše v različnih regijah in različnih sektorjih (Stahl in sod., 2012).

V okviru projekta ADO je bila s projektnimi partnerji podatkovna baza EDII precej dopolnjena z informacijami o posledicah suš na območju širšega alpskega prostora. Ta podatkovna baza se imenuje EDII_{ALPS} oz. *Alpine Drought Impact Inventory* (Stephan in sod., 2021).

¹ Razmejitev in poimenovanje regij temelji na regijah v Agro-meteorološki napovedi in v Sušomeru Arsa (<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/forecast2/>).

² Do podatkovne baze dostopamo in posledice suš tudi lahko vnašamo v skladu z navodili (<https://www.geo.uio.no/edc/droughtdb/index.php>).



V okviru EDII/EDII_{ALPS} so posledice suše razvrščene v več različnih kategorij z več podkategorijami (npr. posledice suše na sektor kmetijstvo se lahko razporedi v naslednje podkategorije: manj pridelka – trajni nasadi/enoletni pridelki, pomanjkanje krme za živino, zmanjšanje glav živine, drugo). Viri informacij temeljijo predvsem na analizah časopisnih člankov, poročil vladnih in nevladnih organizacij, strokovnih in znanstvenih člankov, na podatkovnih bazah različnih ustanov idr. (Stahl in sod., 2012). Pri interpretaciji podatkov se moramo zavedati, da ima lahko suša večplastne učinke, nastale posledice pa so lahko nepovratne oziroma jih saniramo šele več let po koncu suše (Stephan in sod., 2021; Wilhite, 2000). Ocene posledic suše so odvisne od dostopnosti podatkov v posameznih državah po različnih sektorjih ter aktualnosti in natančnosti poročanj medijev.

Posledice suš v preteklosti in leta 2020

Za posledice suš v Alpah v preteklosti (EDII_{ALPS}) velja, da prevladujejo oziroma so najbolj poročane posledice v kmetijstvu (48 odstotkov) in pri oskrbi z vodo (21 odstotkov), sledijo gozdarstvo (sedem odstotkov), sladkovodni ekosistemi (šest odstotkov), vodni promet (pet odstotkov) in kakovost voda (štiri odstotki), deleži drugih kategorij so nižji, gozdni požari pa so iz analize izvzeti zaradi več mogočih dejavnikov za nastanek požara in nejasne razmejitev, katere med njimi je povzročila suša. So pa razlike v posledicah med državami, saj se gospodarske panoge in prednosti med regijami in državami spreminjajo. V Sloveniji so posledice najbolj očitne v kmetijstvu (96 odstotkov), v Franciji, Italiji in Avstriji so poleg kmetijstva posledice v večjem deležu tudi pri vodooskrbi, v Nemčiji in Švici pa je poleg

kmetijstva in vodooskrbe večji delež še v gozdarstvu in sladkovodnih ekosistemih (Stephan in sod., 2021).

Naslednja analiza posledic suš v alpskem prostoru leta 2020 temelji na podatkih EDII_{ALPS}. Primerjava podatkov za leto 2020 s podatki iz preteklosti za alpski prostor kaže, da so ravno tako največji delež posledic suše občutili v kmetijstvu (48 odstotkov) in pri vodooskrbi (23 odstotkov), v primerjavi z dolgoletnim povprečjem pa je bil leta 2020 zaradi hidrološke suše povečan delež posledic na vodnem prometu (17 odstotkov) ter v turizmu in pri rekreaciji (šest odstotkov) (slika 9). Delež poročanih vplivov na sladkovodne ekosisteme (štiri odstotki) sledi povprečju, medtem ko leta 2020 niso bili poročani vplivi na sektorje, ki so bili v preteklosti v večjem deležu, in sicer vplivi na gozdarstvo ter na kakovost voda.

Glede na izbrane sušne kazalnike je bila jakost suše največja spomladi v vseh alpskih državah, od avgusta do oktobra pa predvsem v Franciji in Nemčiji, kar se kaže tudi v posledicah.

Od partnerskih držav projekta ADO ima le Francija monitoring suše povezan z ukrepanjem na področju rabe vode v različnih sektorjih. Ti ukrepi predstavljajo sistematično zbirko podatkov o posledicah suše (Report on existing monitoring platforms ..., 2020). Leta 2020 so bile v alpskih predelih Francije zaznane posledice na kmetijstvo (prepoved namakanja), vodooskrbo (omejevanje rabe vode) ter vodni promet (moten vodni promet oziroma navtične aktivnosti na reki Ron s pritoki Saona, Isere, Ain, Drome, Cavalon in reki Ren s pritoki).

V Nemčiji je bila zaradi nižjega vodostaja rek Neckar in Donava od maja do novembra manjša proizvodnja elektrike, več hidroelektrarn na omenjenih rekah pa je bilo

zaradi prenizkih pretokov rek celo ustavljenih. V kmetijstvu so bile posledice suše vidne v nižji proizvodnji krme, zaradi česar so jeseni sprejeli ukrepe za zagotovitev zadostne količine krme z dosejevanjem.

Za Švico, Lihtenštajn in Avstrijo je iz poročil razvidna pogosta velika požarna ogroženost v prvi polovici leta 2020, kar je s prepovedjo kurjenja v naravi vplivalo tudi na turizem ter rekreacijo.

Iz Italije in Slovenije so v glavnem poročali o posledicah v kmetijstvu, predvsem zaradi spomladanske suše, in s tem povezani manjši količini pridelkov.

V severovzhodnem delu Italije je bilo zaradi pomanjkanja padavin ponekod za kalitev nujno namakanje že pred setvijo, zaradi suhih tal pa so morali setev preložiti na poznejši čas. Sicer pa so poročali o povečanem namakanju in negativnem vplivu sušnega stresa na rast in razvoj rastlin, kot so pšenica, ječmen, koruza, pesa, paradižnik, zelenjava in alfalfa. Na območju Padove bi morala biti na primer aprila ozimna pšenica visoka med 60 do 70 centimetrov, zaradi sušnega stresa, ki zavira rast, pa je bila visoka le okoli 15 centimetrov. Ravno tako so poročali o nižjih vodostajih rezervoarjev oziroma jezer, ki predstavljajo vir vode za namakanje.

V Sloveniji smo čutili posledice spomladanske suše predvsem v kmetijstvu po vsej državi, najbolj pa v severovzhodnem, jugovzhodnem in jugozahodnem delu Slovenije. Iz poročil je razvidno, da so bile posledice najhujše v kmetijstvu, in sicer v obalno-kraški in goriški regiji ter v Pomurju. Njivske površine so bile tako izsušene, da je bilo onemogočeno gnojenje in obdelava tal, prizadete pa so bile vse poljščine. Posledice so se kazale predvsem v zmanjšanem pridelku spomladi posajenih žit in na deteljnih posevkih, prav tako na posevkih oljne ogrščice. Posledice so bile izrazitejšje na prodnih tleh. Tudi travinje je bilo za ta čas nizke in redke rasti, v obalno-kraški in goriški regiji je bil prvi odkos izgubljen. Kjer ni bilo namakano, je bila škoda na sejanih zelenjadnicah, slabo je kalil zgodnji krompir, nižji so bili pridelki špargljev, poročali so tudi o vplivih suše v mladih sadovnjakih ter o pričakovani slabši kakovosti sadja. V savinjski regiji je hmelj zaostajal v rasti, predvsem mladi nasadi. Ob tej spomladanski suši so se pokazale težave zaradi pomanjkanja namakalnih zmogljivosti. Posledice suše so bile aprila zabeležene tudi pri vodooskrbi, predvsem v višje ležečih predelih Goriške, kjer nimajo javnih vodovodov, se je dvakratno povečalo število gasilskih dovozov vode v primerjavi z enakim obdobjem leto prej.

Pri obravnavi posledic suše in oceni tveganj za sušo v različnih sektorjih je treba upoštevati, da je še vedno velika razlika med zabeleženimi in realnimi posledicami, kar ovira sistematično merljivost posledic (UNDRR, 2019), še zlasti ob finančnih ocenah, saj te ne vključujejo škod v ekosistemih, kot tudi ne posrednih in daljnosežnih posledic (Cammalleri in sod., 2020).

Boljše upravljanje – projekt ADO

Enotno spremljanje in upravljanje suše v alpskem prostoru je bilo zaradi različnih pristopov posameznih držav na eni strani (Arso, 2020) ter raznolikosti terena, razgibanosti reliefa in čezmejnosti vodnih virov na drugi strani do zdaj razmeroma oteženo. Posamezne države alpskega prostora sušo na nacionalni ravni spremljajo na različne načine in z orodji, prilagojenimi lokalnim značilnostim. Na ravni Evrope obstaja pregledovalnik suše EDO (angl. *European Drought Observatory*), ki ga vzdržuje Skupno raziskovalno središče Evropske komisije (angl. *Joint Research Centre of the European Commission*). Zaradi nizke ločljivosti pa predvsem na območju Alp, kjer so sušne razmere na kratki razdalji zaradi razgibanosti reliefa lahko zelo različne, omogoča manj verodostojen odgovor na vprašanje, kako huda je suša v neki regiji znotraj alpskega prostora.

S projektom ADO želimo poenotiti način spremljanja suše v celotnem alpskem prostoru, izboljšati trenutne sisteme in pripraviti uporabno orodje za spremljanje suše za vse uporabnike, ki jih to zadeva. Glavni namen projekta je pripraviti pregledovalnik oziroma spletno platformo ADO, kar bo pripomoglo k izboljšani pripravljenosti in boljšemu obvladovanju tveganj, povezanih s sušo. V platformi bodo dostopni projektni produkti:

- karte izbranih kazalnikov suše na podlagi sistema kartiranja kazalnikov za meteorološko, kmetijsko in hidrološko sušo,
- harmoniziran nabor osnovnih podatkov (tudi satelitskih), interpoliranih v predpisano geografsko mrežo, za izračun in prikazovanje sušnih kazalnikov,
- sistem zbiranja podatkov o posledicah suše (karta verjetnosti pojava), vključno s priporočili za ugotavljanje posledic suše,
- metodologija za oceno tveganja suše (vključno z njenimi gospodarskimi posledicami).

Glede na pomen alpskega prostora za lokalne in regionalne dejavnosti, povezane z vodo, se projekt ADO zavezuje k zagotavljanju podatkov o značilnostih meteoroloških in hidroloških spremenljivk, ki sprožijo sušne razmere v alpskem prostoru ter prikazujejo različne vrste in faze razvoja suše. Posebej velja izpostaviti satelitske podatke, ki območje zelo dobro pokrivajo in so na voljo v visoki ločljivosti, s čimer lahko pomembno prispevajo k prepoznavanju lokalnih sušnih značilnosti, pa tudi podatke reanaliz, ki zagotavljajo meteorološke podatke na območjih brez meritev. Pomembna razlika v primerjavi z nižinskimi območji bodo tudi kazalniki, povezani s snežno odejo, saj ta predstavlja zalogo vode tudi poleti, ko so suše najizrazitejše. Rezultati projekta bodo dostopni leta 2022.

Sklepne misli

Leta 2020 je izrazita suša v nekaterih delih alpskega prostora osvetlila problematiko tega večplastnega pojava.

Novodobne suše so pogostejše in intenzivnejše, pojavljati se so začele tudi na območjih, kot so Alpe, na katerih v preteklosti ni bilo pomanjkanja vode.

Poleg značilnejših poletnih suš se pojavljajo tudi suše v drugih letnih časih.

Z zmanjšanjem snežne odeje in taljenjem ledenikov se hidrološki režimi alpskih rek spreminjajo, kar ima pomemben vpliv na razpoložljivost vode in vodni krog. Alpske reke so namreč vir sladke vode za večje dele Evrope in za številne gospodarske dejavnosti, kot so oskrba s pitno vodo, kmetijstvo, gozdarstvo, turizem, hidroenergetika, vodni promet idr.

Vsi podnebni scenariji kažejo višanje temperature

zraka, zato v prihodnosti pričakujemo tudi stopnjevanje posledic suše, kar bo vodilo do večjih medsektorskih konfliktov pri rabi vode. V izogib temu bo treba usklajevati pristope v monitoringu in upravljanju suše. Monitoring suše v alpskem prostoru je zaradi velike razgibanosti reliefa, ki močno vpliva na lokalne značilnosti suše, že v trenutnih podnebnih razmerah velik izziv. Izrazita je tudi potreba sektorjev po razvoju sušnih kazalnikov, ki upoštevajo raznovrstne značilnosti alpskega prostora in so sprotno dostopni.

Prvi korak v smeri izboljšanja pripravljenosti in obvladovanja tveganj, povezanih s sušo v Alpah, je projekt ADO, v okviru katerega bomo pripravili pregledovalnik za usklajeno opazovanje suše v celotnem alpskem prostoru. Pregledovalnik bo izboljšal trenutne načine monitoringa v alpskih državah z novjšimi viri podatkov (npr. satelitska opazovanja). Pripomogel bo k boljšemu medsektorskemu povezovanju in pripravi praktičnih upravljaljskih rešitev za zmanjšanje ranljivosti prebivalstva, okolja in gospodarstva na sušo.

Viri in literatura

1. Alpine Space Programme, 2021. Območje programa Alpe. <https://www.alpine-space.eu/about/the-programme/which-area-is-covered>, 5. 4. 2021.
2. Arso – Agencija RS za okolje, 2017. Ocena tveganja za sušo. Ministrstvo za okolje in prostor – Arso. http://www.meteo.si/uploads/probase/www/agromet/OT/Ocena_tveganja_Susa_DOPOLNJENA_PS.pdf, 23. 4. 2021.
3. Arso – Agencija RS za okolje, 2020. Naše okolje. Mesečni bilten Arsa, letnik 2020. <https://www.arso.gov.si/o%20Agenciji/knji%C5%BEnica/mese%C4%B0ni%20bilten/bilten2020.htm>.
4. Arso – Agencija RS za okolje, 2020. Report on existing monitoring platforms and potential data for the integration into ADO (ADO projekt). https://www.alpine-space.eu/projects/ado/d.t.1.1.2/dt.1.1.2_regional-report_drought-monitoring.pdf.
5. Arso – Agencija RS za okolje, 2010. European State of the Environment Report: Alps. The Slovenian Alps tomorrow – extreme weather events and disappearing glaciers. Ministrstvo za okolje in prostor – Arso. <https://www.arso.gov.si/en/soer/alps.html>, 5. 4. 2021.
6. Bastos, A., Ciais, P., Friedlingstein, P., Sitch S., Pongratz, J., Fan, L., Wigneron, J. P., Weber, U., Reichstein, M., Fu, Z., Anthoni, P., Arneeth, A., Haverd, V., Jain, A. K., Joetzjer, E., Knauer, J., Lienert, S., Loughran, T., McGuire, P. C., Tian, H., Viovy, N., Zaehle, S., 2020. Direct and Seasonal Legacy Effects of the 2018 Heatwave and Drought on European Ecosystem Productivity. *Science Advances*, 6, 1–13. <https://advances.sciencemag.org/content/advances/6/24/eaba2724.full.pdf>.
7. Blauhut, V., Stahl, K., Stagge, J. H., Tallaksen, L. M., de Stefano, L., Vogt, J., 2016. Estimating drought risk across Europe from reported drought impacts, drought indices, and vulnerability factors. *Hydrology and Earth System Sciences* 20, 2779–2800. <https://doi.org/10.5194/hess-20-2779-2016>.
8. Calanca, P., 2007. Climate change and drought occurrence in the Alpine region: How severe are becoming the extremes? *Global and Planetary Change* 57, 151–160. <http://www.aari.ru/docs/pub/070504/cal07.pdf>.
9. Cammalleri C., Naumann G., Mentaschi L., Formetta G., Forzieri G., Gosling S., Bisselink B., De Roo, A., Feyen, L., 2020. Global warming and drought impacts in the EU. Publications Office of the European Union, Luxembourg. https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/pesetaiv_task_7_drought_final_report.pdf.
10. Copernicus C3S, 2020a. Piecing together the puzzle of Europe's parched spring. <https://climate.copernicus.eu/piecing-together-puzzle-europes-parched-spring>, 17. 6. 2020.
11. Copernicus C3S, 2020b. Climate bulletins, letnik 2020. <https://climate.copernicus.eu/climate-bulletins>.
12. Copernicus C3S, 2021. Copernicus: 2020 warmest year on record for Europe; globally, 2020 ties with 2016 for warmest year recorded. <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2020-warmest-year-record-europe-globally-2020-ties-2016-warmest-year-recorded>, 8. 1. 2021.
13. Eaufrance – Le service public d'information sur l'eau, 2020. Bulletins de situation hydrologique (2020). <https://www.eaufrance.fr/publications/bsh>.
14. EDO (JRC European Drought Observatory), 2020a. EDO Analytical Report. Drought in Europe – June 2020. https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/EDODroughtNews202006_Europe.pdf.
15. EDO (JRC European Drought Observatory), 2020b. EDO Analytical Report. Drought in Europe – September 2020. https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/EDODroughtNews202009_Europe.pdf.
16. Feyen L., Ciscar J. C., Gosling S., Ibarreta D., Soria A. (editors), 2020. Climate change impacts and adaptation in Europe. JRC PESETA IV final report. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC119178>.
17. Flis, L., Jelen, M., Ribnikar, M., Štravs, L., 2018. Soočanje s sušami na območju Alp. 29. Mišičev vodarski dan 2018, Maribor, 172–177. <http://www.mvd20.com/LETO2018/R22.pdf>.

18. Geitner, C., Freppaz, M., Lesjak, J., Schaber, E., Stanchi, S., D'Amico, M., Vrščaj, B., 2020. Ekosistemske storitve tal v Alpah: uvod v ekosistemske storitve tal za odločevalce. Kmetijski inštitut Slovenije. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Tla/Ekosistemske_storitve_tal_v_Alpah.pdf.
19. German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety Working Group WR I 1, 2019. Climate change and the European water dimension – Enhancing resilience. Conference, 4.–5. november 2020. Background Paper. Bonn. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Wasser_Abfall_Boden/Wasser/water_climatechange_background_paper_bf.pdf.
20. Haslinger, K., Holawe, F., and Blöschl, G., 2019. Spatial characteristics of precipitation shortfalls in the Greater Alpine Region—a data-based analysis from observations. *Theoretical and Applied Climatology* 136, 717–731. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2506-5>.
21. Isotta, F. A., Frei, C., Weigluni, V., Perčec Tadić, M., Lassègues, P., Rudolf, B., Pavan, V., Cacciamani, C., Antolini, G., Ratto, S. M., Munari, M., Micheletti, S., Bonati, V., Lussana, C., Ronchi, C., Panettieri, E., Marigo, G., Vertacnik, G., 2014. The climate of daily precipitation in the Alps: development and analysis of a high-resolution grid dataset from pan-Alpine rain-gauge data. *International Journal of Climatology* 34/5, 1657–1675. <https://doi.org/10.1002/joc.3794>.
22. JRC (Joint Research Centre), 2020a. JRC MARS Bulletin, Crop monitoring in Europe, May 2020. European Commission 28/5. <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc-mars-bulletin-vol28-no5.pdf>.
23. JRC (Joint Research Centre), 2020b. JRC MARS Bulletin, Crop monitoring in Europe, July 2020. European Commission 28/7. <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc-mars-bulletin-vol28-no7.pdf>.
24. JRC (Joint Research Centre), 2020c. JRC MARS Bulletin, Crop monitoring in Europe, August 2020. European Commission 28/8. <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc-mars-bulletin-vol28-no8.pdf>.
25. JRC (Joint Research Centre), 2020d. JRC MARS Bulletin, Crop monitoring in Europe, October 2020. European Commission 28/10. <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc-mars-bulletin-vol28-no10.pdf>.
26. Ludwig-Maximilians-Universität Munich, Germany, 2018. Revision and Update of the Danube Study, Final Report. https://www.icpdr.org/main/sites/default/files/nodes/documents/danube_climate_adaptation_study_2018.pdf.
27. Mastrotheodoros, T., Pappas, C., Molnar, P., Burlandon, P., Szeles, B., Bottazzi, M., Hadjidoukas, P., Faticchi, S., 2020. More green and less blue water in the Alps during warmer summers. *Nature Climate Change* 10, 155–161. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0676-5>.
28. NASA EO (NASA Earth Observatory), 2020. Signs of Drought in European Groundwater. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146888/signs-of-drought-in-european-groundwater>.
29. Propluvia, La consultation des arretes de restriction d'eau. <http://propluvia.developpement-durable.gouv.fr/propluvia/faces/index.jsp>, 14. 4. 2021.
30. Rosbakh, S., Leingärtner, A., Hoiss, B., Krauss, J., Steffan-Dewenter, I., Poschlod, P., 2017. Contrasting Effects of Extreme Drought and Snowmelt Patterns on Mountain Plants along an Elevation Gradient. *Frontiers in Plant Science* 8, 1–17. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01478/full>.
31. Sharif, H., 2020. Climate change induced Drought Paradox threatens water availability in the Alps. *Yale Environment Review*. <https://environment-review.yale.edu/climate-change-induced-drought-paradox-threatens-water-availability-alps>.
32. Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J., Barbosa, P., 2016. Meteorological Droughts in Europe: Events and Impacts – Past Trends and Future Projections. Publications Office of the European Union, JRC, Luxembourg. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC100394>.
33. Stahl, K., Blauhut, V., Kohn, I., Acácio, V., Assimacopoulos, D., Bifulco, C., De Stefano, D., Dias, S., Eilertz, D., Frielingsdorf, B., Jahr Hegdahl, T., Kampragou, E., Kourentzis, V., Melsen L., van Lanen, H. A. J., van Loon, A. F., Massarutto, A., Musolino, D., Paoli, L., Senn, L., Stagge, J. H., Tallaksen, L. M., Urquijo, J., 2012, 3. A European Drought Impact Report Inventory (EDII): Design and Test for Selected Recent Droughts in Europe. Technical Report. No. 3. https://www.researchgate.net/publication/331918098_A_European_Drought_Impact_Report_Inventory_EDII_Design_and_Test_for_Selected_Recent_Droughts_in_Europe.
34. Stahl, K., Kohn, I., Blauhut, V., Urquijo, J., De Stefano, L., Acácio, V., Dias, S., Stagge, J. H., Tallaksen, L. M., Kampragou, E., van Loon, A. F., Barker, L. J., Melsen, L. A., Bifulco, C., Musolino, D., de Carli, A., Massarutto, A., Assimacopoulos, D., and van Lanen, H. A. J., 2016. Impacts of European drought events: insights from an international database of text-based reports, *Natural Hazards and Earth System Sciences* 16, 801–819, <https://doi.org/10.5194/nhess-16-801-2016>.
35. Stephan, R., Erfurt, M., Terzi, S., Žun, M., Kristan, B., Haslinger, K., and Stahl, K., 2021. An Alpine Drought Impact Inventory to explore past droughts in a mountain region, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.* [preprint], in review. <https://doi.org/10.5194/nhess-2021-24>.
36. Sušnik, A., Gregorič, G., 2017. Kmetijska suša v 21. stoletju v Sloveniji. 28. Mišičev vodarski dan 2017, Maribor, 37–44. <http://www.mvd20.com/LETO2017/R5.pdf>.
37. UNDRR, 2019. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, Geneva, Switzerland, United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://gar.undrr.org/chapters/chapter-6-special-section-drought>.
38. Viviroli, D., Dürr, H. H., Messerli, B., Meybeck, M., and Weingartner, R., 2007. Mountains of the world, water towers for humanity: Typology, mapping, and global significance, *Water Resources Research*, 43/ 6, 1–13. <https://doi.org/10.1029/2006WR005653>.
39. Wilhite, D. A., Vanyarko, O. V., 2000. Drought: Pervasive impacts of a creeping phenomenon. Drought Mitigation Center Faculty Publications, University of Nebraska Lincoln. <https://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/71>.