



KO JE VODE PREMALO

dr. Andreja SUŠNIK¹

Povzetek

Evropa in tudi Slovenija se vse pogosteje soočata s sušo, ki povzroča veliko gospodarsko škodo v kmetijstvu in tudi drugih sektorjih gospodarstva. Podnebne spremembe še krepijo pojav suše in njeno intenzivnost. Narava suše se spreminja, pojavlja se tudi v klimatološko padavinsko bogatih regijah, kot je alpski prostor. Po ekstremno hudi suši leta 2003 se je intenzivno začel razvijati monitoring suše. V zadnjih letih je opazen izreden razvoj monitoringa suše, še vedno pa obstaja veliko pomanjkljivosti pri zgodnji kvantifikaciji različnih vrst suše in njenih vplivov. V članku so predstavljeni nekateri pristopi sledenja kmetijske suše v Evropi in aktivnosti Centra za upravljanje suše v jugovzhodni Evropi. V zadnjem delu članek opisuje elemente zgodnjega opozarjanja na sušo z uporabo raznovrstnih kazalcev, vključujoč daljinsko zaznavanje, aplikacije ter projekte za boljše upravljanje suše v kmetijstvu v sklopu operativne agrometeorologije v Sloveniji.

Ključne besede: daljinsko zaznavanje, kazalci kmetijske suše, kmetijska suša, namakanje, poročevalci o suši

Abstract

Europe and Slovenia are increasingly faced with droughts that cause significant economic damage in agriculture. Climate change continues to strengthen the phenomenon of drought and its intensity. The nature of the drought is changing, also occurs in rain-rich countries such as the Alpine region. After an extremely severe drought in 2003, the monitoring of droughts began to develop intensively. In recent years, there has been a significant development of drought monitoring, but there is still a lot of shortcomings in the early quantification of the various types of drought and its impacts. In the article some approaches to detect agricultural drought in Europe, the activities of the Drought management center for South-eastern Europe are presented. In the last part of the article describes drought early warning elements by using a variety of indicators, including remote sensing, applications and projects for better management of drought in agriculture in the context of operational agrometeorology in Slovenia.

¹ Dr. Andreja Sušnik, univ. dipl. agr., vodja Oddelka za agrometeorološke analize, Urad za meteorologijo in hidrologijo, Agencija Republike Slovenije za okolje



1. UVOD

Suša je bila nadloga številnih civilizacij že v davni in tudi bližnji preteklosti. Zaradi vpliva podnebnih sprememb, naraščanja prebivalstva in sodobnega načina življenja ter marsikje slabega upravljanja voda se v novejšem času povečujejo težave z zagotavljanjem potrebnih vodnih količin prebivalstvu in gospodarstvu; poleg povečanega pritiska na obstoječe vodne vire pa je glavni razlog suša. Suša je vse pogostejša in pomanjkanje vode postaja resen problem v številnih regijah sveta, ki niso omejene samo na aridne in semiaridne predele. Okoli 1,6 milijarde ljudi (skoraj četrtnina človeštva) živi v državah s fizičnim pomanjkanjem vode, v prihodnjih dveh desetletjih pa se lahko to število podvoji (World Bank, 2016). Vse pogosteje se s sušo sooča tudi Evropa. Značilnost novodobne suše je, da postaja redna gostja tudi v tradicionalno vodnatih državah, kamor sodijo tudi alpske države, med njimi je tudi Slovenija. Posledice suše se v Sloveniji največkrat odražajo v nenamakanem kmetijstvu. V zadnjih petdesetih letih smo zabeležili kmetijsko sušo v letih 1967, 1971, 1976, 1983, 1984, 1992, 1993, 1994, 2000, 2001, 2003, 2006, 2007, 2009, 2011, 2012 in 2013, 2015, 2016 in 2017, ki je bila glede na razsežnost območij, ki jih je prizadela, lokalna, regionalna oziroma nacionalna (Sušnik, 2014); od tega je bila kar 11-krat po letu 2000. Najhujša je bila leta 2003. V slovenskem geografskem prostoru postaja suša intenzivnejša, pogostejša in se pojavlja v regijah, kjer je v preteklosti nismo zabeležili (Sušnik, 2014). Klimatološka statistika potrjuje, da se tudi narava suše spreminja. V zadnjih letih se kaže tudi v razpoložljivih količinah površinskih in podzemnih voda. Tako je bilo leto 2012, ko vse od jeseni 2011 ni bilo zadovoljivih vodnih zalog in je na Primorskem vladala izjemna hidrološka suša. Sušne razmere tako vplivajo tudi na ostale veje gospodarstva, kot so oskrba s pitno vodo, proizvodnja električne energije, turizem, ribištvo in druge.

Vzrok za pogostejšo sušo tiči v spremenjenih podnebnih vzorcih, v glavnem zaradi neugodne razporeditve padavin in vse toplejših let, predvsem poletij, ki povečujejo izhlapevanje (ARSO, 2018; Vertačnik in Bertalanič, 2017). V zadnjih desetletjih je bila Evropa pod udarom številnih vročinskih valov in sušnih obdobij. Od leta 2003 pa v evropskem prostoru suša postaja izrazitejša v južni in jugovzhodni Evropi (EEA, 2017). Obe regiji trenutno spadata med najranljivejši, saj hkratio naraščanje temperature zraka in zmanjševanje padavin pripomoreta k zmanjšani razpoložljivosti vode ter k povečanemu tveganju za sušo, za izgubo biotske raznovrstnosti in za gozdne požare (ARSO, 2017). Največji delež ekonomske škode, povzročene z izrednimi vremenskimi in podnebnimi dogodki, v Evropi sicer še vedno predstavljajo poplave (38 %), nato neurja (25 %), sledi suša (9 %) in vročinski valovi (6 %) (EEA, 2017). Kako je s škodo po suši v Sloveniji, najbolj zgovorno kažejo številke. Po slovenski zakonodaji je suša razglašena za naravno nesrečo, ko je ocenjena škoda po suši večja od 0,3 promila načrtovanih prihodkov državnega proračuna. Leta 2003 je škoda v kmetijstvu znašala kar 130 mio. evrov (Sušnik in Gregorič, 2017). V zadnjem desetletju pa je bila suša razglašena za naravno nesrečo še v letih 2013, 2016 in zadnja leta 2017, ko je bila škoda ocenjena na dobrih 65 mio. evrov (MKGP, 2018). Država preko svojih mehanizmov vse težje izplačuje državne pomoči in sredstva za odpravo posledic suše kot naravne nesreče se v zadnjih letih zmanjšujejo.

Ugotovitve mednarodnega panela za podnebne spremembe, ki v svojih poročilih izpostavlja povezavo med sušo in podnebnimi spremembami (IPCC, 2012), kažejo, da bo suša v priho-

dnosti še pogostejša. Tudi Slovenija pri tem ne bo izjema. Podnebne analize za Slovenijo so potrdile, da bo suša tudi pri nas še pogostejša (ARSO, 2017). Ocene podnebnih sprememb do konca 21. stoletja napovedujejo znaten dvig povprečne letne temperature zraka na celotnem območju Slovenije, in sicer v vseh letnih časih. Evropska okoljska agencija (EEA, 2017) do konca tega stoletja navaja tudi izrazito zmanjšanje vlažnosti tal v poletnih mesecih v Sredozemlju in srednji Evropi, torej tudi v Sloveniji. V nasprotju s temperaturo zraka so podnebni scenariji za spremembe padavin manj zanesljivi, saj so te časovno in prostorsko bolj raznolike, a je predvideno opazno zmanjšanje padavin poleti ter njihovo naraščanje pozimi. Primanjkljaji vode pa bodo vztrajno naraščali po vsej Sloveniji, celo v hribovitih predelih, kjer v sedanosti še lahko zabeležimo presežke, bodo ti redkejši. Z velikimi primanjkljaji, podobnimi tistim v ekstremno sušnih letih 2003 in 2013, bo obremenjena vsa Slovenija, celo v hribovitih predelih presežkov ne bo več (ARSO, 2017).

Zaskrbljujočim napovedim pritrjuje tudi Svetovni gospodarski forum (World Economic Forum, 2015), ki uvršča vodno krizo kot največje tveganje, s katerim se bo soočala globalna družba v naslednjem desetletju.

Vsa ta dejstva kažejo, da bodo poznavanje problematike suše, zgodnje zaznavanje in monitoring suše, natančna indikacija ter napovedovanje ključni pri upravljanju suše v prihodnje. To je v večini primerov še vedno usmerjeno v aktivnosti po suši, premalo pa se usmerja na preventivo in zgodnje opozarjanje. Jakost in pogostost suše običajno privedeta do pomanjkanja vode, čezmerno izkoriščanje razpoložljivih vodnih virov pa še zaostruje posledice suše. Zato je treba pozornost nameniti sinergijam med tema dvema pojavoma, zlasti na območju, ki ga prizadene pomanjkanje vode. V članku bomo predstavili nekaj načinov sledenja kmetijske suše v Evropi in zgodnjega opozarjanja na sušo ter aplikacije za boljše upravljanje suše v kmetijstvu v sklopu operativne agrometeorologije v Sloveniji.

2. SUŠA NIMA MEJA – EVROPSKI POGLED NA SUŠO

Pri ugotavljanju »plazečega« pojava, kot je kmetijska suša, je zelo zahtevno določanje začetka, časa trajanja in jakosti pojava. Razvoj sušnih monitoringov ima najdaljšo tradicijo v Združenih državah Amerike, Avstraliji in Južni Afriki. V Evropi pa obstajajo precejšnje pomanjkljivosti v poznavanju pojava suše in integralnem znanju o pomanjkanju vode. V zadnjih letih se v Evropi razvija prototip evropske opazovalnice za sušo (European Drought Observatory – EDO) v sklopu Skupnega raziskovalnega centra Evropske Komisije (JRC), ki omogoča neprekinjeno spremljanje razvoja suše v Evropi. Jedro EDO je spletni portal, ki vključuje tudi katalog metapodatkov, monitor novic o suši v medijih in analizo analitičnih orodij ter podrobnejše informacije, ki jih zagotavljajo regionalni, nacionalni in lokalni observatoriji. Poleg tega je mogoče preko spletnega portala pridobiti in analizirati sušo v preteklosti, pa tudi potek časovnega razvoja indeksov suše za posamezne mrežne celice in upravne regije v Evropi.

Za vrednotenje pomanjkanja vode oziroma suše so potrebni različni kazalci. Skupne značilnosti kazalcev suše so, da temeljijo na meteoroloških in hidroloških spremenljivkah, kot so

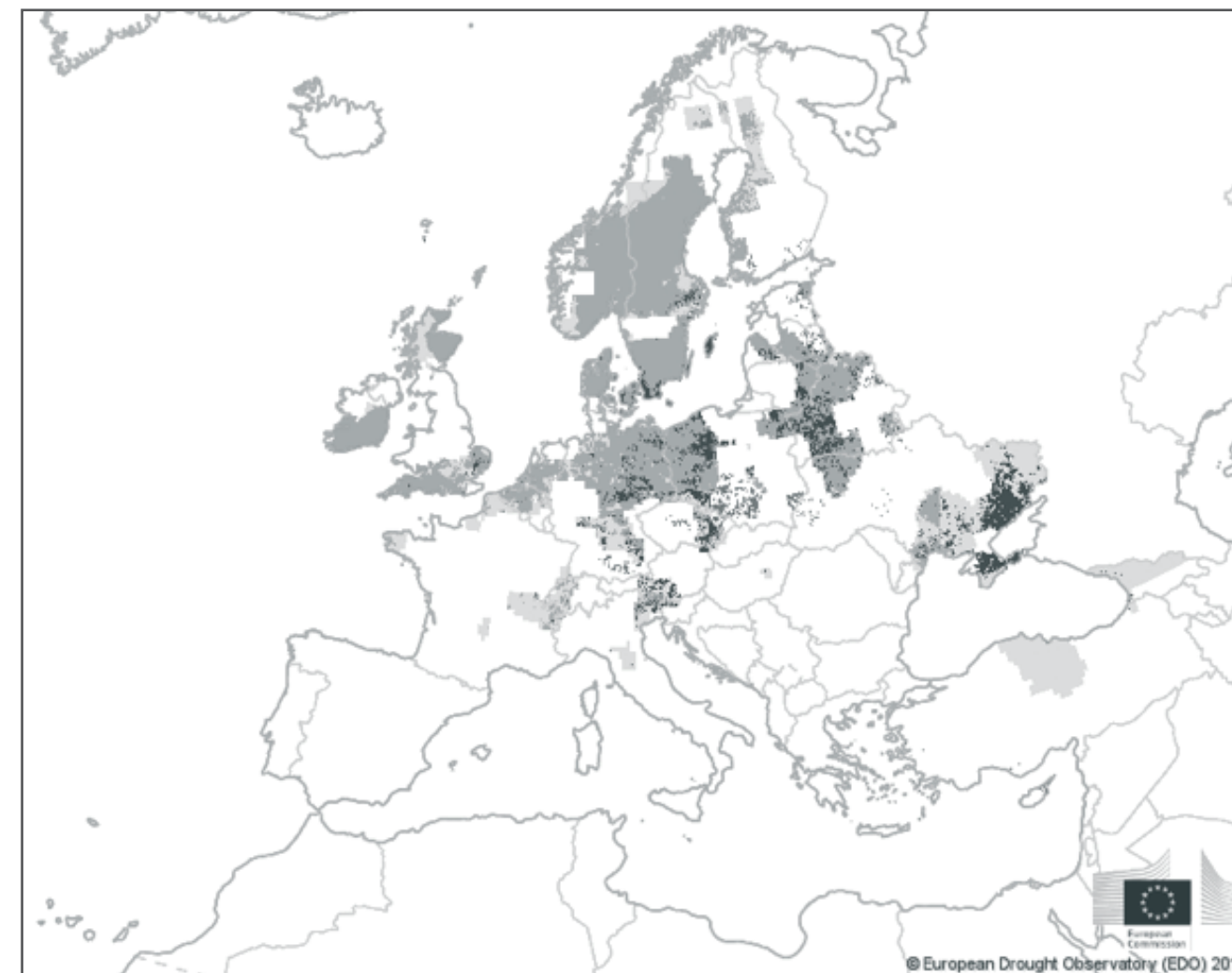


količina padavin, pretok vodotokov, vlažnost tal, napolnjenost talnih vodnih rezervoarjev in gladina površinskih voda. Kazalci pomanjkanja vode pa pogosto sledijo odzivu na pritisk in primerjajo odvzem vode/porabo vode z njeno dolgoročno razpoložljivostjo.

Podrobnejše informacije o kazalcih suše ter prednosti in slabosti posameznega indeksa so objavljene na spletni strani EDO (2018). Sepulcre-Canto idr. (2012) so natančneje opisali koncept sledenja suši v EDO. Kombiniran sušni indeks (CDI) temelji na vzročno-posledičnem razmerju, ki predvideva, da pomanjkanje padavin (vzrok) vodi do deficita vode v tleh in manjše produktivnosti vegetacije (vpliv). Zgodnje opozarjanje na kmetijsko sušo poteka prek identifikacije različnih stopenj razmerja med padavinami in pomanjkanjem vode v tleh v določenem sušnem dogodku. Za zdaj je namen sistema le identifikacija sušnih območij in njihovega potenciala za sušo.

Na sliki 1 je prikazan primer EDO monitoringa suše v prvi dekadi julija 2018 v centralni in severni Evropi, ki se je začela že v pomladanskih mesecih. V vseh prizadetih državah ob suši 2018 so največji problem predstavljali intenzivni požari, ki so bili najbolj katastrofalni na Švedskem, v kmetijstvu pa izjemno zmanjšanje pridelka. V številnih državah je bila motena tudi oskrba z vodo in države so razglasile naravno nesrečo (opozorila in alarmi v EDO, slika 1).

Tudi Slovenija se povezuje z EDO predvsem preko mednarodnega Centra za upravljanje suše v jugovzhodni Evropi (DMCSEE) s sedežem na ARSO. Od leta 2013 pa Slovenija tudi aktivno sodeluje v integriranem programu za upravljanje suše (IDMP) pod okriljem Svetovne meteorološke organizacije (WMO) in globalnega vodnega partnerstva (GWP) v regiji centralne in vzhodne Evrope. IDMP zagotavlja svetovanje in smernice skupnostim, državam in regijam v smeri izboljšanja sušnih monitoringov in upravljanja suše.



Slika 1: Situacija suše v Evropi, prikazana s kombiniranim sušnim indeksom CDI v prvi dekadi julija 2018

Vir: European Drought Centre, 2018a.

Legenda: Prvo stopnjo (svetlo siv odtenek) imenujemo opazovanje (angl. Watch): padavine so pod normalnimi vrednostmi. Obstaja velika verjetnost, da bo suša vplivala na kmetijstvo. Potrebno je natančno opazovanje, odziv mora biti v pripravi. Sledi opozorilo (angl. Warning) (srednje siv odtenek): voda v tleh je v primanjkljaju. Pričakovana je kmetijska suša. Treba je aktivirati strategije, da se zmanjša izpostavljenost. O vplivih suše na kmetijstvo opozarja stanje alarma (angl. Alert) (temno siv odtenek): vegetacija kaže znake stresa. Nadaljevanje in razširitev odzivnih strategij in natančnega monitoringa.

2.1. Center za upravljanje suše v jugovzhodni Evropi – DMCSEE

Globalna skupnost že kar nekaj časa išče nove rešitve za zgodnjo detekcijo in upravljanje suše. Zaradi kompleksnosti pojava suše enotna rešitev še ne obstaja, saj je treba upoštevati posebnosti regij in posameznih držav. Tudi jugovzhodna Evropa, ki kljub škodi, ki jo povzroča suša v ranljivih sektorjih, kot so kmetijstvo, energetika, vodni promet in vodooskrba, nima učinkovitega upravljanja. Za reševanje regijskega problema monitoringa suše je bil leta 2007 ustanovljen virtualni center DMCSEE. Vlada Republike Slovenije je leta 2006 s sklepom odobrila kandidaturo Slovenije kot države gostiteljice DMCSEE in ARSU naložila, da v primeru uspešne kandidature načrtuje sredstva za osnovno delovanje DMCSEE-ja, širše dejavnosti pa so bile vezane na zunanje vire. To leto je bil sprejet projektni dokument



sodelujočih držav: Albanije, Bolgarije, Bosne in Hercegovine, Grčije, Hrvaške, Madžarske, Makedonije, Moldavije, Romunije in Turčije in pozneje še Srbije in Črne gore, v katerem so določene glavne aktivnosti DMCSEE-ja. V konzorciju in upravnem odboru DMCSEE-ja so po načelu enakopravnosti zastopane vse države (14) v regiji. Od leta 2007 dalje so bile izvedene številne aktivnosti v zvezi z izdelavo strokovnih vsebin DMCSEE-ja, s poudarkom na izdelavi biltena in spletne strani DMCSEE-ja in prvih meteoroloških produktov za sledenje razvoju suše v regiji; pripravljene so bili predloge in načrti za strokovne ekspertize, povezane z raziskavami suše, izvedeno je bilo mreženje institucij v Sloveniji in tujini ter iskanje možnosti za dodatno financiranje DMCSEE-ja. Ena od glavnih funkcij DMCSEE-ja je vzpostavitev kazalcev suše in načina zgodnjega alarmiranja. Informacije in bilteni so dostopni na spletni strani DMCSEE: <http://www.dmcsee.org>.

2.1.1. Suša nima meja – DriDanube projekt

Center DMCSEE se po finančni krizi večinoma financira iz projektov. Da bi izboljšali upravljanje suše in nadgradili njeno sledenje v Podonavju, smo januarja 2017 vzpostavili mednarodni projekt v sklopu transnacionalnega programa sodelovanja Podonavje, imenovan Tveganje za sušo v Podonavju oziroma DriDanube. ARSO ima v projektu vlogo vodilnega partnerja, v njem pa sodeluje še 14 projektnih in 8 pridruženih strateških partnerjev. Projekt tako združuje organizacije iz različnih sektorjev: nacionalne hidrometeorološke službe, nevladne organizacije ter znanstvenoraziskovalne centre. Projekt traja do junija 2019. Motivacija za sodelovanje v projektu je bilo dejstvo, da sledenje suši marsikje ni sistematično in nima vključenih poenotenih metod za oceno jakosti suše, njenih posledic in tveganj za sušo. Podatki o ocenah škode ob sušnih dogodkih so med državami v regiji slabo dostopni in razpršeni. Prav tako je na tem področju pomanjkljivo sodelovanje med političnimi odločevalci, hidrološkimi in meteorološkimi službami ter raziskovalnimi ustanovami. Posledično je slabše zastavljena politika upravljanja suše in odzivanja nanjo. Namenski cilji projekta DriDanube-ja so zato:

- izboljšati spremljanje suše z razvojem inovativnega Sušnega uporabniškega servisa, ki bo združeval vse dostopne podatke, vključno s podatki, pridobljenimi z daljinskim zaznavanjem;
- posodobiti in poenotiti ocenjevanje tveganja za sušo med vsemi sodelujočimi državami z vpeljavo skupne čezmejno usklajene metodologije za oceno tveganja za sušo in oceno posledic suše;
- doseči proaktiven pristop upravljanja suše, in sicer z razvojem poenotene strategije upravljanja s sušo, ki bo pripomogla k učinkovitejšemu odzivu pred in med sušnim dogodkom in bo podala jasne smernice, kako preseči pomanjkljivosti v procesu odločanja v primeru suše. Vključevala bo poenoten postopkovnik za boljše sodelovanje med odgovornimi ustanovami pri upravljanju s sušo, prav tako pa bo v okviru strategije vzpostavljen tudi sistem pravočasnega opozarjanja na sušo.

Več informacij o projektu je na spletni strani projekta: <http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/dridanube>.

3. MONITORING KMETIJSKE SUŠE V SLOVENIJI

Tudi v Sloveniji se razvija sistem za spremljanje suše. Na ARSU že nekaj let vzpostavljamo zasnovano operativnega monitoringa vseh vrst suše, od meteorološke, kmetijske do hidrološke v sklopu hidrološkega in meteorološkega monitoringa. V članku se osredotočamo na sledenje kmetijske suše oziroma vodne bilance kmetijskih rastlin. V analizah kmetijske suše je še posebno zahtevno objektivno določanje obdobja suše, če želimo pri analizah vključiti razvojni krog vseh kmetijskih rastlin, ki so pod vplivom suše. Pri zasnovi kazalcev kmetijske suše v Sloveniji smo upoštevali logiko tristopenjskega koncepta. Osnovni gradnik kazalcev so podatki meteorološkega monitoringa ARSA. Z gostoto merilnih mest mora zadovoljivo pokrivati kmetijski prostor, kar za reliefno razgibano Slovenijo predstavlja še poseben izziv. Koncept v osnovi predvideva, da je glavni vzrok za pojav kmetijske suše pomanjkanje padavin. To je prvi znak, ki nakazuje pojav sušnega dogodka. To fazo smo poimenovali zgodnje opozarjanje na kmetijsko sušo (faza 1). Za operativno spremljanje suše v tej fazi uporabljamo dva kazalca: standardiziran padavinski indeks za različna obdobja (SPI) in delež kumulativnih padavin v vegetacijski sezoni. V zgodnjem obdobju razvoja kmetijske suše je smiselna uporaba začetka vegetacijskega obdobja od 1. aprila dalje, ko se v večjem delu Slovenije začnejo kmetijske rastline razvijati. Uporabljamo ga tudi zato, da lahko interpretiramo vegetacijsko obdobje večjega dela rastlin, poškodovanih zaradi suše. Kadar se sušne razmere še stopnjujejo, je pomembno vključiti kompleksnejše kazalce, kar omogoča večjo natančnost pri interpretaciji suše na kmetijskih površinah. Razvoj sušnega dogodka in potencialne vplive na stanje vegetacije lahko v fazi 2 opišemo z meteorološko vodno bilanco, ki poleg padavin vključuje evapotranspiracijo referenčne površine. Tako lahko določamo delež potencialno izhlapele vode iz referenčne rastline v obravnavanem obdobju. V sušnih razmerah vodni primanjkljaj ponazarjamo s statističnimi mejami in odkloni od dolgoletnih povprečij. S kumulativnimi vrednostmi vodne bilance za obdobje trajanja sušnih razmer prostorsko prikazujemo sušno prizadeta območja v Sloveniji. Velikost kumulativnega primanjkljaja je bila ob preteklih sušah tudi mejna vrednost za razglas kmetijske suše.

V fazi 3, ko so znaki kmetijske suše že razpoznavni tudi na kmetijskih rastlinah, pa vključimo še podatek o vodnozadrževalnih lastnostih tal in razvojnih fazah rastlin v aktualni vegetacijski sezoni. V novejšem času uporabljamo za oceno sušnega stresa tudi dekadni indeks sušnega stresa (DISS), ki izraža moč sušnih razmer za posamezne kmetijske kulture (Sušnik, 2014). Opisi suše temeljijo tudi na zgodovinskih razmerah, kjer je nabor odzivov na izredne vremenske razmere že znan. Za potrditev modeliranih sušnih dogodkov v preteklosti so pomembni dostopnost dolgoletnih nizov meteoroloških podatkov in dokumentirani kronološki zapisi o sušah in njihovem vplivu na rastline. Na ARSU so ti arhivirani v dekadnih in mesečnih agrometeoroloških biltenih. Poleg tega poskušamo na osnovi preteklih sušnih dogodkov in vremenske napovedi tudi kratkoročno napovedati razvoj suše.

3.1. Agrometeorološka napoved – aplikacija »traktorčki«

Hitra odzivnost je tudi pri suši ali moteni vodni bilanci rastlin najboljša preventiva, sploh v kmetijstvu, ki je večinoma tovarna na prostem. Raznolikosti vremena in podnebja lahko obrnemo v svoj prid, če vpliv vremena in vremenskih dejavnikov na kmetijske rastline do-



bro poznamo. Pozorno jih lahko spremljamo kot merjene in napovedane vrednosti. Dnevni bilten Agrometeorološka napoved je kot testna različica dostopen na spletnih straneh ARSA (<http://www.meteo.si/uploads/probase/www/agromet/bulletin/sl/>). Agrometeorološka napoved je na voljo za 15 regij v Sloveniji, osvežena pa je vsak dan po 10. uri. Uporabnikom omogoča enostaven dostop do številnih agrometeoroloških podatkov, med katerimi so tudi informacije o vodni bilanci. V dneh, ko ob vročini in suhem obdobju običajno spremljamo sušne razmere, pozorno spremljamo tudi količino padavin. Za pretekle dni merjene vrednosti pomagajo oceniti stanje vodnih razmer v tleh, napovedane vrednosti pa kažejo, v katero smer se bo stanje obrnilo v prihodnjih desetih dneh. V aplikaciji lahko uporabniki pregledujejo tudi napoved meteorološke vodne bilance, ki jo za izbrano časovno, običajno vegetacijsko obdobje, že nekaj let uporabljamo za prikazovanje jakosti kmetijske suše. Zgovorno govori o razmerju med padavinami in izhlapelo vodo in ob vztrajnosti negativnega predznaka nakazuje na plazeč pojav kmetijske suše.

3.2. Vodnobilančni model IRRFIB v dvojni vlogi

Strokovnejši pristop oskrbe rastlin z vodo zahteva meritve in natančnejše vodnobilančne izračune, ki jih omogoča agrometeorološki vodnobilančni model IRRFIB. Model je plod domačega znanja in je bil razvit na ARSU. Osnovni namen modela je spremljanje vodne bilance kmetijskih rastlin in ugotavljanje sušnih stresnih obdobj pri rastlinah. Ker večjega dela kmetijskih rastlin v Sloveniji ne namakamo, se je po letu 2009 razvoj modela usmeril v sledenje vodne bilance nenamakanih rastlin ter ugotavljanje količinskega primanjkljaja vode za kmetijske rastline oziroma sušnega stresa. V zadnjem času pa je zaradi vse večjih težav s sušo in večjo potrebo po namakanju precej aktivnosti poleg spremljanja nenamakanih rastlin in razvoja suše usmerjeno tudi v uporabo modela za napoved namakanja.

Cilj uporabe modela je zmanjšanje števila namakanj in optimiziranje količine namakalne vode ob morebitnih napovedanih padavinah. Prvi poskusi spremljanja vodne bilance z napovedjo namakanja izbranih zelenjadnic in poljščin na Ptujsko-Dravskem polju so potekali v sodelovanju s kmetijsko svetovalno službo Kmetijsko-gozdarskega zavoda Maribor (KGZS – Zavod Maribor) v letih 2009 in 2010 v okviru projekta Alp Water Scarce, kar nekaj pa je tudi individualnih uporabnikov. Spremljanje vodne bilance na tem območju danes postaja že utečena praksa. Leta 2016 smo v okviru Ciljnoraiziskovalnega programa »Zagotovimo si hrano za jutri« v projektu Natančnost napovedi namakanja TriN v sodelovanju z Biotehniško fakulteto nadgradili modela v kompleksnejši sistem, kar pomeni, da bo v prihodnosti mogoče spremljati vodno bilanco in napovedi namakanja za različne kulture in vodnozadrževalne sposobnosti tal. Model bo omogočil dostop do podatkov v realnem času. Modul za namakane rastline ima naslednje možnosti simulacije za različne kombinacije tla-rastlina-lokacija: izračun osnovnih členov vodne bilance, uporaba različnih tipov namakanja, shema brez namakanja, analiza namakalnih potreb. Rezultati modelskih vrednotenj za namakanje so pomembni za namakalce, so pa tudi primerne podlage pri načrtovanju vodnih zajetij za namakalne sisteme in za ekspertne študije vrednotenja sušnih razmer.

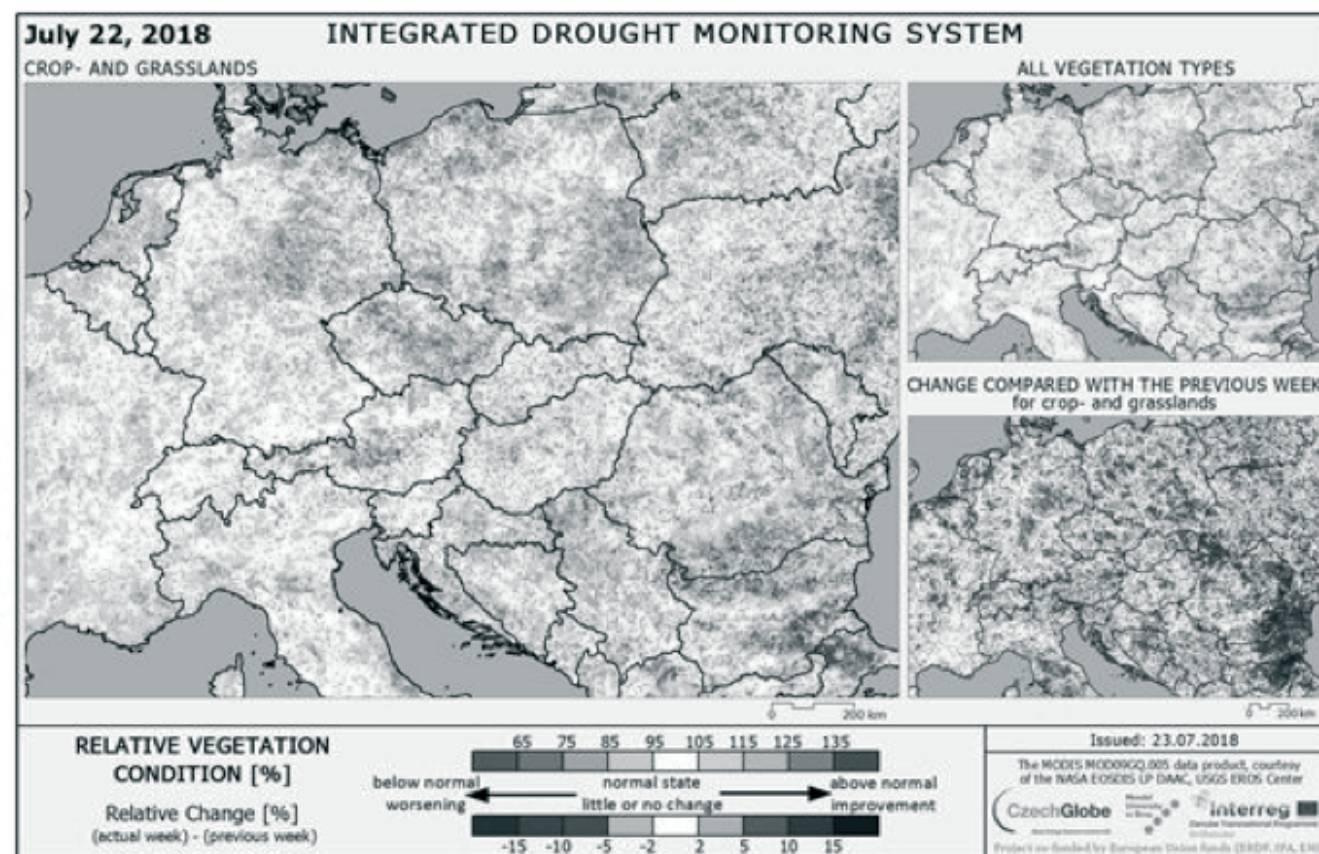
3.3. Satelitski podatki in sušni uporabniški servis

Za spremljanje suše danes veliko obetajo tudi podatki daljinskega zaznavanja s sateliti. Z njimi spremljamo odziv vegetacije na stresne razmere, ki jih lahko povzročijo različni dejavniki, med njimi tudi suša; z nekaterimi senzorji pa je mogoče meriti neposredno količino vode v površinskem sloju tal. Meritve potekajo v več frekvenčnih območjih, s pomočjo katerih je detektirano stanje vegetacije in je izraženo s t. i. vegetacijskimi indeksi (»osnovni« indeks NDVI – količina zelene biomase, določena iz svetlobe, FVC – del površine, pokrit z aktivno vegetacijo, LAI – delež zelene listne površine na enoto površine tal in fAPAR – delež absorbiranega sevanja v akcijskem spektru fotosinteze). Na ARSU za analizo kmetijske suše na nivoju lokalne ločljivosti od leta 2012 za določene točke uporabljamo modelsko izračunane vegetacijske indekse Evropske organizacije za uporabo meteoroloških satelitov Meteosat/LSA-SAF (EUMETSAT). S pomočjo indeksa FVC lahko sledimo spremembam vegetacije na različnih časovnih skalah. Z razvojem satelitskih tehnik, novih satelitov, lažje cenovne dostopnosti podatkov ter boljše prostorske ločljivosti se bo v prihodnosti izboljšalo tudi sledenje suše v operativni uporabi. Neprecenljiva podpora obveščanju o suši in prilagoditvenim ukrepom pa bodo produkti projekta DriDanube, zlasti Sušni uporabniški servis (DUS), ki temelji na podatkih daljinskega zaznavanja. V DUS-u podatki pokrivajo celotno območje partnerskih držav v Podonavju, od Češke do Črne gore in od Avstrije do Romunije. Po prvem letu trajanja projekta so v DUS-u že na voljo izvedeni sušni kazalci:

- Kazalec vlažnosti tal – SWI (Soil Water Index) prikazuje dnevne vrednosti odstopanja vsebnosti vode v koreninskem sloju tal (0–40 cm) od povprečja obdobja 2007–2016 za isti izbrani dan. Vrednosti je mogoče prikazati v prostorski ločljivosti 12,5 km ali 1 km.
- Število zaporednih dni z negativno vrednostjo kazalca vlažnosti tal SWI.
- Površinska vodna bilanca – SWB (Soil Water Balance) je ocenjena na podlagi simulacij numeričnih prognostičnih modelov v prostorski ločljivosti 7 km. Podatkovni niz zajema podatke med vegetacijsko sezono (april–september), kumulativna 10-dnevna vrednost je prikazana v percentilnih razredih glede na referenčno obdobje 1979–2016: spodnjih 5 % oz. 33 % porazdelitvene krivulje, ki predstavljajo sušne razmere, sredinskih 33 %, ki se obravnavajo kot normalno stanje, ter 33 % oz. 5 % porazdelitvene krivulje, ki predstavljajo mokre razmere.
- Normaliziran indeks vegetacije - NDVI (Normalized difference vegetation index) je izračunana vrednost, ki ocenjuje stanje vegetacije na podlagi njene fotosintetske aktivnosti. DUS prikazuje odstopanje vrednosti indeksa za izbrano 10-dnevno obdobje od dolgoletnega povprečja istega 10-dnevnega obdobja na 1-km skali. Kot referenčno je vzeto obdobje 1999–2016.
- Kazalec relativnega stanja vegetacije - VegCon (Relative Vegetation Condition) je izračunan na osnovi povprečne zelenosti rastlin in se uporablja kot kazalec sušnega stresa na vegetacijo. Je tedensko izračunana vrednost, ki temelji na podatkih daljinskega zaznavanja s pomočjo Nasinega senzorja za merjenje svetlobe MODIS. V DUS sta vključena kazalca VegCon1, ki se osredotoča na kmetijske kulture in travinje, in VegCon2, ki prikazuje relativno stanje vse vegetacije. Odstopanja vrednosti glede na referenčno obdobje 2000–2006 se prikazujejo v prostorski ločljivosti 5 km glede na glavne kate-



gorije rabe zemljišč. Na sliki 2 je prikazan kazalec relativnega stanja vegetacije med 9. in 22. julijem 2018, ki kaže sušno stanje vegetacije v centralni in severni Evropi.



Slika 2: Kazalec relativnega stanja vegetacije med 9. in 22. julijem 2018

Vir: DriDanube projekt, 2018. Dostopno na: <http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/dridanube/section/drought-2018-watch> (dostopna barvna slika).

3.4. Brez terenskih ogledov ne gre – poročevalska mreža

Kakršnokoli sledenje suše s podatki daljinskega zaznavanja pa zahteva preverjanje na terenu. Sistematičnih podatkov o stanju vodne oskrbe ali sušnega stresa rastlin ni, večinoma je na voljo le škoda po že preteklem dogodku suše. S tem namenom v sklopu projekta DriDanube vzpostavljamo mrežo terenskih poročevalcev, ki bodo na tedenski osnovi poročali o stanju sušnosti na terenu, ti podatki pa bodo omogočali oceno natančnosti signalov meritev in modelskih izračunov na lokaciji poročanja. Večje število poročevalcev s terena pomeni več podatkov in boljšo oceno stanja tal in vegetacije ter pri suši tudi celovitejšo oceno posledic suše, ki bo predstavljena na kartah v zaključenih geografskih enotah v Sloveniji in tudi v širši regiji Podonavja. Cilj poročevalske mreže za sušo je pridobiti v poročevalsko mrežo čim več prostovoljcev, s čimer bomo povečali njeno gostoto in izboljšali kvaliteto ocene. Izkušnje projektnih partnerjev s Češke in Slovaške namreč kažejo, da je najučinkovitejši način delovanja poročevalske mreže prostovoljno vključevanje posameznikov, ki jih problematika in upravljanje suše tudi osebno zanima. Tak pristop k vzpostavljanju poročevalske mreže pa zagotavlja tudi trajnostno spremljanje razvoja suše, katere rezultat bo zaznavanje že zgodnjih signalov razvoja suše in tudi prve ocene njenih posledic, ki so ključne za učinkovi-

to obveščanje in ukrepanje ob suši. Informacije o razvoju suše z uporabo DUS-a in odzive poročevalskih mrež za regijo Podonavja objavljamo tedensko v obliki biltena Drought Watch 2018 na spletnih straneh projekta, za Slovenijo pa detajlnejši opis tudi na spletni strani ARSA: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/drought/>.

4. POTREBUJEMO POLITIKE ZA UPRAVLJANJE SUŠE

Vsako ukrepanje ob suši zahteva usmeritev, predpis in politiko. V zadnjih letih se je močno razvil monitoring suše, še vedno pa obstaja veliko pomanjkljivosti pri zgodnji kvantifikaciji različnih vrst suše (pragovi, kazalci) in njenih vplivov (manjkajoči sistematični podatki s terena). Velika vrzel pa ostaja pri iskanju povezav med analizami monitoringa in strateškim planiranjem. Suša je sicer v dokumentih omenjena, vendar zaenkrat na nivoju EU-ja še ne obstaja zavezujoč dokument za upravljanje suše. Z možnostmi, kam bi umestili politiko upravljanja suše, se ukvarjamo tudi v Sloveniji, delno pa bo odgovore podal tudi projekt DriDanube. Obenem pa kmetijska stroka išče še druge načine, kako ubraniti pridelek pred sušo, od diverzifikacije pridelave do iskanja odpornih rastlin proti suši, tehnik ohranjanja vlage v tleh, namakanja in drugih. Treba pa se je zavedati, da so namakalni sistemi dostopni le na 2,3 % kmetijskih zemljišč v Sloveniji (MKGP, 2017). Le-ti se premalo uporabljajo ali prepočasno širijo, razlogov za neuporabo še zadovoljivo dostopne vode je več: od neprimernih naravnih danosti, majhnosti kmetij do administracije, politike in socioloških razlogov vključno s še vedno premalo spoštljivim odnosom do vode. Različni pa so razlogi v regijah. Veliko vlogo pri izvedbi namakalnih sistemov pa imajo vztrajnost in sodelovanje ter dobra koordinacija (primer Ormoško-Ptujskega območja). Premalo je tudi samoiniciativnosti tistega, ki mu suša že nekaj let jemlje pridelek. To pomeni, da bo treba rešiti problem pogostejše suše v večjem delu slovenskega prostora. Sploh, če bo bolj vroče in suho v prihodnosti. V državah južne Evrope, kot so Grčija, Italija, Portugalska, Ciper, Španija in južna Francija, je zaradi sušnih ali polsušnih pogojev namakanje nujno. Na teh območjih se skoraj 80 % vode v kmetijstvu porabi za namakanje (EEA, 2017). Na roke izvedbi namakanja in reševanju problematike suše pa prav gotovo ne gre mokro leto po seriji suhih. Z uporabo ustreznih kmetijskih praks in dobrih politik lahko dosežemo precej učinkovitejšo rabo vode v kmetijstvu, kar pomeni več vode za druge namene uporabe.

LITERATURA IN VIRI

1. Agencija RS za okolje (ARSO), 2017. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja: Povzetek temperaturnih in padavinskih povprečij. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO. Dostopno na: <http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/povzetek-podnebnih-sprememb-temp-pad.pdf> [26. 7. 2018].
2. Agencija RS za okolje (ARSO), 2018. Medletna in prostorska spremenljivost temperature, višine padavin in trajanja sončnega obsevanja glede na referenčno tridesetletno obdobje 1981–2010 (časovni trakovi). Dostopno na: http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/casovni_trakovi/ [26. 7. 2018].
3. DriDanube, 2018. DriDanube project - Drought Risk in the Danube Region. Dostopno na: <http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/dridanube> [26. 7. 2018].
4. European Drought Centre, 2018. Factsheets of EDO indicators. Dostopno na: <http://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1101> [26. 7. 2018].



5. European Drought Centre, 2018a. Situation of Combined Drought Indicator in Europe - 1st ten-day period of July 2018. Dostopno na: <http://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1101> [26. 7. 2018].
6. European Environment Agency (EEA), 2017. Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe - Enhancing coherence of the knowledge base, policies and practices. Dostopno na: <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-adaptation-and-disaster> [18. 7. 2018].
7. IDMP CEE – Integrated Management Programme for central and eastern Europe, 2018. Dostopno na: http://www.droughtmanagement.info/idmp-activities/idmp_cee/ [26. 7. 2018].
8. IPCC, 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, UK, and New York, NY, USA. 582 str. Dostopno na: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf [26. 7. 2018].
9. MKGP, 2017. Načrt razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu v Republiki Sloveniji do leta 2023. Dostopno na: http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/podrocja/Kmetijstvo/Melioracije_in_komasacije/NacrtNavg2017-a.pdf [20. 7. 2018].
10. MKGP, 2018. Program odprave posledic škode v kmetijstvu zaradi suše v letu 2017. Dostopno na: http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/kmetijstvo/podnebne_spremembe_v_kmetijstvu [26. 7. 2018].
11. Sepulcre-Canto, G., Horion, S., Singleton, A., Carrao, H., Vogt, J., 2012. Development of a combined drought indicator to detect agricultural drought in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12: 3519–3531, Dostopno na: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/3519/2012/nhess-12-3519-2012.pdf> [20. 7. 2018].
12. Sušnik, A., 2014. Zasnove kazalcev spremljanja suše na kmetijskih površinah. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. 256 str.
13. Sušnik, A., Gregorič, G., 2017. Kmetijske suše v 21. stoletju. 28. Mišičev vodarski dan 2017. Maribor: Vodnogospodarski biro Maribor: 37-44. Dostopno na: <http://www.mvd20.com/LETO2017/R5.pdf> [20. 7. 2018].
14. Vertačnik, G., Bertalanič, R., 2017. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011. 3. Značilnosti podnebja v Sloveniji. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor. Dostopno na: <http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/Znacilnosti%20podnebja%20splet.pdf> [20. 7. 2018].
15. World Bank, 2016. High and Dry: Climate Change, Water and the Economy. Washington DC: World Bank. Dostopno na: <http://hdl.handle.net/10986/23665> [20. 7. 2018].
16. World Economic Forum, 2015. Global Risks Report. Geneva: World Economic Forum. Dostopno na: <http://reports.weforum.org/global-risks-2015/part-1-global-risks-2015/environment-high-concern-little-progress/> [31. 7. 2018].