

ZASNOVA IN IZVEDBA SUŠNEGA UPORABNIŠKEGA SERVISIA

Aleš Grlj

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za antropološke in prostorske študije, Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana in Center odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije, Aškerčeva ulica 12, 1000 Ljubljana, Slovenija
ales.grlj@zrc-sazu.si

Petra Vovk

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za antropološke in prostorske študije, Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija
petra.vovk@zrc-sazu.si

dr. Žiga Kokalj

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za antropološke in prostorske študije, Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana in Center odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije, Aškerčeva ulica 12, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija
ziga.kokalj@zrc-sazu.si, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1712-0351>

DOI: 10.3986/NN0503

UDK: 004.5:551.577.38

IZVLEČEK

Zasnova in izvedba sušnega uporabniškega servisa

V prihodnosti lahko na območju Slovenije pričakujemo večjo pogostost suš in njihove močnejše negativne učinke. Ta trend zahteva prilagoditev sistemov zaznavanja, analize in ukrepanja ob pojavu suše. V prispevku opisujemo zasnovo in izvedbo sušnega uporabniškega servisa DroughtWatch (<https://www.droughtwatch.eu>). Spletno orodje omogoča pregledovanje in analizo podatkov oziroma kazalnikov, ki so povezani s sušo. Namen orodja je nadgraditev sistemov za spremljanje suše v porečju Donave s cilji blaženja posledic suše in priprave potencialnih uporabnikov na pravočasno reakcijo.

KLJUČNE BESEDE

suša, uporabniški vmesnik, satelitski podatki, naravne nesreče

ABSTRACT

Design and implementation of a Drought User Service

More frequent droughts and their stronger impacts can be expected in the territory of Slovenia in the future. This trend is calling for an adaptation of existing systems of drought detection, analysis and response. In this paper, we present the design and implementation of the DroughtWatch drought user service (<https://www.droughtwatch.eu>). The web tool offers tools for displaying and analysis of the drought related datasets. Its aim is to upgrade the Danube catchment drought monitoring systems and to be used in the process of drought effects mitigation.

KEY WORDS

drought, user interface, satellite data, natural disasters

1 Uvod

V Sloveniji in tudi širše, na območju Podonavja, je v zadnjem desetletju opazen trend povečevanja pogostosti in jakosti suš, zaradi česar postaja suša eden glavnih izzivov na področju upravljanja z vodnimi viri na tem območju. Kljub škodi, ki jo povzroča predvsem v ranljivih sektorjih, kot so to kmetijstvo, energetika, vodni promet in vodooskrba, pa je ocenjevanje posledic suše ter upravljanje z njo v regiji še vedno nezadostno (Sušnik s sodelavci 2017). Sledenje suši marsikje ni sistematično in nima vključenih poenotenih metod za oceno jakosti, tveganj in posledic. Pogost vzrok za takšno stanje je sama narava pojava, ki se razvija počasi, ter nedostopnost podatkov ali slaba kakovost meritev in njihova čezmejna nezveznost.

Z omenjenimi težavami sledenja in upravljanja s sušo smo se ukvarjali v projektu Tveganje za sušo v Podonavju (angleško *Drought Risk in the Danube Region – DriDanube*; <http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/dridanube>). V drugem največjem evropskem porečju živi 80 milijoni ljudi v 14 državah; vanj s kar 75 % površine svojega ozemlja sodi tudi Slovenija. V projektu smo z uporabo najnovejših tehnologij pri sledenju in napovedovanju suše ter z razvojem strategije odziva na sušo in posledično boljšim sodelovanjem med odgovornimi ustanovami in glavnimi odločevalci izboljševali odpornost celotne družbe na pojav suše.

Z namenom premostitve ovir pri deljenju podatkov o suši preko meja posameznih držav, zagotavljanja enovitih podatkov za celotno območje Podonavja in širše ter uporabe do zdaj slabo izkoriščenih podatkov daljinskega zaznavanja in naprednih tehnik obdelave smo razvili sušni uporabniški servis *DroughtWatch*, ki je dosegljiv na naslovu <https://droughtwatch.eu>. Servis je za uporabnike brezplačen, temelji na brezplačni in odprti tehnologiji ter omogoča spremljanje razvoja suše v skoraj realnem času. Slednje pomeni, da se podatki v pregledovalniku posodabljaajo v zelo kratkem časovnem obdobju – večina je posodobljenih tedensko ali vsakih deset dni, nekateri pa celo dnevno. Dnevno posodabljanje omogoča zelo natančen vpogled v najmanjše spremembe vrednosti kazalnikov. Poleg tega lahko uporabnik na preprost način dostopa do celotnega zgodovinskega arhiva podatkov.

V nadaljevanju je opisana zasnova in zmožnosti ter načini uporabe sušnega servisa *DroughtWatch*. V prispevku so opisani tudi dostopni podatki.

2 Ugotavljanje zahtev uporabnikov in razvoj aplikacije

Razvoj aplikacije je bil sestavljen iz treh zaporednih delov, v katerih so sodelovale številne državne hidrološke in meteorološke službe, okoljske agencije, mednarodne in nevladne organizacije ter raziskovalne in izobraževalne ustanove, ki predstavljajo potencialne uporabnike. V prvem delu smo preko spletnega anketnega vprašalnika s 35 vprašanji anketirali potencialne uporabnike o njihovih željah glede uporabnosti servisa. Vprašanja so se nanašala na osnovne informacije o uporabniku, informacije o uporabi in izkušnjah z delom s podatki daljinskega zaznavanja, zlasti s satelitskimi posnetki in iz njih izvedenimi informacijami, sestavne dele načrtovanega sistema, orodja in uporabo (analizo) podatkov.

Odzvalo se je 47 ustanov iz 10 evropskih držav, analizirani rezultati pa so bili prevedeni v prioriteto lestvico zahtev po metodi MoSCoW (*Must have, Should have, Could have, Won't have*), pri kateri so zahteve razdeljene v štiri kategorije (Bittner in Spence 2004):

- Zahteve, ki morajo biti nujno upoštewane: so ključne zahteve od katerih je odvisna uspešnost projekta. Vse zahteve te kategorije morajo biti upoštewane, čeprav jih lahko prestavimo v nižjo kategorijo.

- Zahteve, ki so potrebne za optimalno delovanje: so pomembne, ne pa tudi nujne za doseg rezultata. Običajno te zahteve niso tako časovno kritične kot nujne zahteve, kljub temu, da so (lahko) enako pomembne.
- Zahteve, ki bodo vključene, če čas in investicija to dopuščata: so zaželeni niso pa nujne. Običajno pripomorejo k izboljšanju uporabniške izkušnje in so izvedene ko in če to dopuščajo viri in čas.
- Zahteve, ki v tej fazi ne bodo upoštevane: so v tej fazi prepoznane kot najmanj kritične ali celo kot neprimerne in jih običajno vključimo v poznejših izvedbah.

Iz rezultatov ankete smo oblikovali 18 zahtev, od tega štiri splošne, vezane na dostopnost servisa in podporo uporabnikom. Šest zahtev se nanaša na prikazovane podatke, njihovo kakovost, časovno ločljivost, podlage in dopolnilne podatke. Zahtev glede uporabnosti je osem, nanašajo pa se na načine interakcije uporabnika s servisom (Hasenauer s sodelavci 2017).

Rezultati ankete so bili osnovno vodilo pri oblikovanju grafičnega vmesnika (*front-end*) in izbiri nabora analitičnih orodij. Za oblikovanje grafičnega vmesnika smo uporabili označevalni jezik *HTML5* in kaskadne stilske podloge *CSS3*. Servis je bil napisan v programskem jeziku *JavaScript* (*EcmaScript 2015*), za razvoj pa smo uporabili ogrodje *Aurelia*. Uporaba spletnih zemljevidov je omogočena preko knjižnice *OpenLayers 4.6.4*, za prikazovanje s sušo povezanih podatkov pa skrbi platforma *MapServer 7.0.7*, s katero smo omogočili lasten spletni kartografski servis (*Web Map Service – WMS*). Zaledni sistem (*back-end*) je razvit v programskem jeziku *Python 2.7*, izveden pa je s pomočjo knjižnice oziroma ogrodja za zaledne sisteme *Flask*, ki skrbi za obdelavo naprednih poizvedb uporabnika in vračanje rezultatov poizvedb, na primer orodja za izris grafa časovne vrste ali prikazovalnika zaporedja sličic časovne vrste.

Sistem je nameščen na strežniku oziroma navideznem računalniku (*virtual machine, VM*). Za dostop do grafičnega vmesnika skrbi strežnik *NGINX*, prostorske podatke pa dostavlja že omenjeni *MapServer*. Podatki iz različnih virov se na navidezni računalnik prenašajo samodejno preko protokola *FTP* (*File Transfer Protocol*). Prenos se sproži ob intervalih, ki so določeni za posamezen podatkovni niz (produkt). Sistem podatke po potrebi obdela (transformacije, obrezovanje, pretvorba zapisov) do oblike primerne za uporabo v prikazovalniku.

3 Podatki

Spletni vmesnik omogoča prikazovanje treh tipov podatkov. Prvi tip je kartografska podlaga, pri čemer ima uporabnik na voljo tri možnosti: *Google Maps*, *OpenStreet Map* ter mozaik satelitskih posnetkov *Sentinel-2*, ki ga zagotavlja podjetje *EOX GmbH*. Drugi tip so vektorski sloji meja na različnih ravneh *NUTS* za države *Podonavja*, ki jih pripravlja *Eurostat*. Zadnji tip so rastrski in vektorski podatkovni sloji za preučevanje suše v različni časovni in prostorski ločljivosti, ki jih zagotavljajo različne institucije in ki so osnova za nadgradnjo sistema z opozarjanjem na možno sušo ter analizo njenega stanja in posledic (preglednica 1).

V nadaljevanju opisani kazalniki so na voljo v obliki časovnih vrst. To pomeni, da imamo v pregledovalniku na voljo večje število podatkovnih slojev za posamezen produkt, izračunanih za različne zaporedne datume. Uporabnik lahko tako dostopa do zgodovinskih podatkov za določen datum ali obdobje. Na primer, za kazalnik anomalije vode v prsti (*Soil Water Index Anomalies, SWI*) servis hrani podatke za vsak dan od začetka leta 2007 do danes. Podatki se posodobijo vsak dan, torej imamo vsak dan nov podatkovni sloj, ki opisuje stanje kazalnika za prejšnji dan. Dolžine časovnih vrst in njihova gostota se razlikujejo od kazalnika do kazalnika.

Preglednica 1: Kazalniki, povezani s sušo in vključeni v sušni uporabniški servis.

ime kazalnika	opis	prostorska ločljivost	časovna ločljivost	vir
anomalije NDVI	Odstopanja normiranega diferencialnega vegetacijskega indeksa (NDVI) so pokazatelj relativne fotosintetične aktivnosti rastlinja. Visok NDVI kaže na večjo bujnost in fotosintetično zmogljivost rastlinja, nizke vrednosti pa izražajo stres oziroma zmanjšanje količine klorofila ali spremembe v notranji strukturi rastlin zaradi venenja. Anomalije prikazujejo odstopanje od dolgoletnega povprečja (1998–2016) (Hasenauer s sodelavci 2017).	1 km	10 dni	Tehniška univerza Dunaj (nemško <i>Technische Universität Wien</i>)
anomalije SWI	Kazalnik vode v prsti (<i>Soil Water Index</i>) prikazuje dnevne podatke o vlagi v prsti do globine 40 cm. Kazalnik je izdelan na podlagi mikrovalovnih meritev senzorja ASCAT na satelitu MetOp, podatkov merilnih mest vlage v prsti in je prevzorčen s pomočjo podatkov satelita Sentinel-1. Anomalija SWI je razlika med SWI izračunanim za določen dan in dolgoročnim povprečjem za ta dan. Vrednosti slikovnih točk odražajo odstopanje v odstotkih. Uporablja se kot mera za opisovanje primanjkljaja vode v prsti. Za izračun je uporabljeno povprečje za obdobje med letoma 2007 in 2016 (Hasenauer s sodelavci 2017).	1 km, 12,5 km	1 dan	Tehniška univerza Dunaj (<i>Technische Universität Wien</i>)
SWB	Površinska vodna bilanca (<i>Surface Water Balance</i>), je razmerje med dotokom, izhlapevanjem in odtokom vode na določenem območju (ekosistem, pokrajina) v določenem času. Negativne vrednosti odražajo primanjkljaj vode na določenem območju, pozitivne pa višek oziroma presežek. Vrednosti so ocenjene z numeričnimi meteorološkimi simulacijami razlike padavin in potencialne evapotranspiracije. Simulacije so izvedene z ne-hidrostatskim modelom v srednjem merilu (NMM) s prostorsko ločljivostjo približno 7 km. Dolgoročno povprečje je izračunano za obdobje med letoma 1979 in 2016 (Sušnik s sodelavci 2010; Gregorič in Rožkar 2010).	8 km	10 dni	Agencija Republike Slovenije za okolje
stanje vegetacije	Relativno stanje rastlinja (<i>Relative Vegetation Condition</i>) je tedenski produkt izdelan iz podatkov senzorja MODIS za prikaz vpliva suše na rastlinje. Produkt stanje vegetacije je vegetacijski indeks EVI2. Podoben je NDVI vendar za razliko od slednjega vključuje še moder spekter elektromagnetnega valovanja s katerim lahko zmanjšamo vplive ozadja in atmosferskega šuma na vrednosti. Podobno kot pri NDVI lahko iz produkta sklepamo na vpliv pomanjkanja vode na kmetijske pridelke in travinje (Hasenauer s sodelavci 2017).	7,5 km	7 dni	Raziskovalni inštitut za globalne spremembe (<i>Global Change Research Institute CAS</i>)
ocena posledic suše	Posledice suše na glavnih kmetijskih kulturah in gozdovih, ocenjene s strani poročevalcev na terenu.	vektorski sloj za NUTS 3, LAU	7 dni	Raziskovalni inštitut za globalne spremembe (<i>Global Change Research Institute CAS</i>)

Zasnova in izvedba sušnega uporabniškega servisa

ime kazalnika	opis	prostorska ločljivost	časovna ločljivost	vir
napoved količine pridelka	Napoved relativne količine pridelka se izračunava tedensko na podlagi meritev daljinskega zaznavanja (vegetacijski indeksi, vlažnost tal, evaporativni stres in podobno). Napovedi so na voljo med vegetacijsko sezono, običajno od konca aprila naprej. Napoveduje se relativni pridelek (tj., morebitna pričakovana odstopanja od dolgoletnega povprečja) za pšenico, ječmen, koruzo, sladkorno peso in krompir. Napovedi se izdelujejo z uporabo umetnih nevronske mreže na podlagi meritev.		Vektor NUTS 3 7 dni	Raziskovalni inštitut za globalne spremembe (<i>Global Change Research Institute CAS</i>)
60ATP2m	Povprečna 60-dnevna temperatura 2 m nad tlemi v percentilni lestvici.	7,5 km	10 dni	Agencija Republike Slovenije za okolje
10ATP2m	Povprečna 10-dnevna temperatura 2 m nad tlemi v percentilni lestvici.	7,5 km	10 dni	Agencija Republike Slovenije za okolje
dnevne padavine	Podatki H-SAF 05 o 24-urni akumulirani količini padavin.	10 km	1 dan	Evropska organizacija za uporabo meteoroloških satelitov (<i>European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites</i>)
SWD	Kazalnik primanjkljaja vode v tleh (SWD) temelji na vodno bilančnem modelu mGROWA-SI (ARSO Slovenija).	100 m	1 dan	Agencija Republike Slovenije za okolje
SPI	Standardiziran padavinski indeks predstavlja mero, kaj določena količina padavin skozi izbrano časovno obdobje pomeni glede na normalno oziroma pričakovano količino padavin za to obdobje. Vrednost indeksa SPI okoli 0 predstavlja normalne pričakovane razmere glede količine padavin v izbrani časovni skali glede na dolgoletno povprečje (1981–2010). Vrednost 1 predstavlja približno en standardni odklon viška padavin, vrednost –1 pa približno en standardni odklon primanjkljaja padavin. O suši običajno govorimo pri vrednostih SPI pod –1.	vektorski sloj meteoroloških postaj	1 mesec	Agencija Republike Slovenije za okolje
SPEI	Standardiziran padavinsko-evaporativni indeks. Standardiziran padavinsko evaporativni indeks je po svoji strukturi zelo podoben indeksu SPI (glej pojasnila za indeks SPI), le da poleg padavin upošteva še potencialno evapotranspiracijo; namesto količine padavin torej obravnava površinsko vodno bilanco.	vektorski sloj meteoroloških postaj	1 mesec	Agencija Republike Slovenije za okolje
EDDI	Sušni indeks evaporativnih potreb se izračuna na podoben način kot indeksa SPI in SPEI (glej pojasnila ob obeh omenjenih indeksih), le da se s pomočjo drugih statističnih orodij obravnava samo odstopanje potencialne evapotranspiracije. Vrednosti okoli 0 opisujejo normalne razmere, pozitivne vrednosti nad 0,5 ali 1 pa sušne razmere.	vektorski sloj meteoroloških postaj	1 mesec	Agencija Republike Slovenije za okolje

Servis omogoča vpogled tudi v agregacijo podatkov časovnih vrst, na primer rezultate analiz dolgoletnih opazovanj podnebnih spremenljivk ter rastlinstva. Preglednica 2 prikazuje obdobja s številom dni brez dežja za različne povratne dobe, preglednica 3 pa indeks tveganja suš za različne poljščine. Ti podatki so na voljo v ločenem razdelku.

Preglednica 2: Podatki o obdobjih s številom dni brez dežja.

ime	opis	prostorska ločljivost	časovna ločljivost	vir
število dni brez dežja	Obdobje brez dežja je opredeljeno kot obdobje vsaj 20 zaporednih dni v vegetacijski sezoni (med 1. aprilom in 30. septembrom), ko dnevno pade manj kot 3 mm dežja. Izračuni za pričakovano število dni brez dežja temeljijo na podatkih padavin za 30-letno obdobje med 1981 in 2010, vir podatkov pa so podatkovna baza CarpatClim, DanubeClim in podatkov padavin meteorološke mreže nekaterih državah.	1,5 km	2 leti, 5 let, 10 let, 20 let, 50 let, 100 let	Fakulteta za tehnične znanosti (Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad)

Preglednica 3: Indeks tveganja suš za različne poljščine.

ime	opis	poljščina	stopnja verjetnosti	vir
indeks tveganja suše	Indeks tveganja suše zagotavlja informacije o prostorski porazdelitvi tistih območij, kjer se meteorološka suša pogosto pojavlja kot nevarnost in znatno vpliva na pridelek. Na voljo so karte tveganja za sušo za koruzo, pšenico, ječmen in oljno ogrščico pri različnih stopnjah verjetnosti (5, 10, 20 in 30 %). Metoda ocenjevanja tveganja suše je kvantitativen pristop, algoritem s programom za izračun tveganja RED pa je bil na novo razvit v okviru projekta <i>DriDanube</i> .	ječmen, koruza, oljna ogrščica, pšenica	5 %, 10 %, 20 %, 30 %	Madžarska meteorološka služba (Hungarian Meteorological service)

Pregledovalnik omogoča vključitev novih vsebin, ki bodo povezane s sušo in ki bodo omogočale prikaz stanja suše ter z njo povezanih pojavov. Sistem je namreč zasnovan modularno, zato omogoča hitro in preprosto vključevanje novih podatkov, bodisi v aplikacijo samo ali prek spletnih storitev za prikazovanje in prenos geografskih informacij, na primer WMS, WCS in WFS.

4 Zmožnosti servisa

Sušni uporabniški servis *DroughtWatch* je spletni pregledovalnik, ki uporabniku omogoča analizo in primerjavo prikazanih podatkov. Hiter in preprost dostop do osnovnih orodij je omogočen preko orodjarne. Orodje za poizvedbo omogoča, da uporabnik pridobi vrednosti vključenih produktov na izbrani točki (lokaciji) na zemljevidu. Uporabnik lahko z orodjem za izris časovnih vrst na zaslonu izriše graf časovne vrste za izbrano lokacijo in izbrani časovni interval, izbranega produkta ali produktov. Uporabniki lahko nato podatke prenesejo na osebni računalnik v tekstovnem zapisu (CSV), ter na njih opravljajo analize v lokalnih geografskih informacijskih sistemih (GIS). Sliko grafa je možno shraniti tudi vektorsko. Omogočeno je prekrivanje več slojev ter spreminjanje njihove prosojnosti ter odstiranje izbranega sloja za pregledovanje »nižje ležečih« slojev. Z orodjem za izračun statističnih značilnosti na izbranem območju lahko uporabnik pregleda

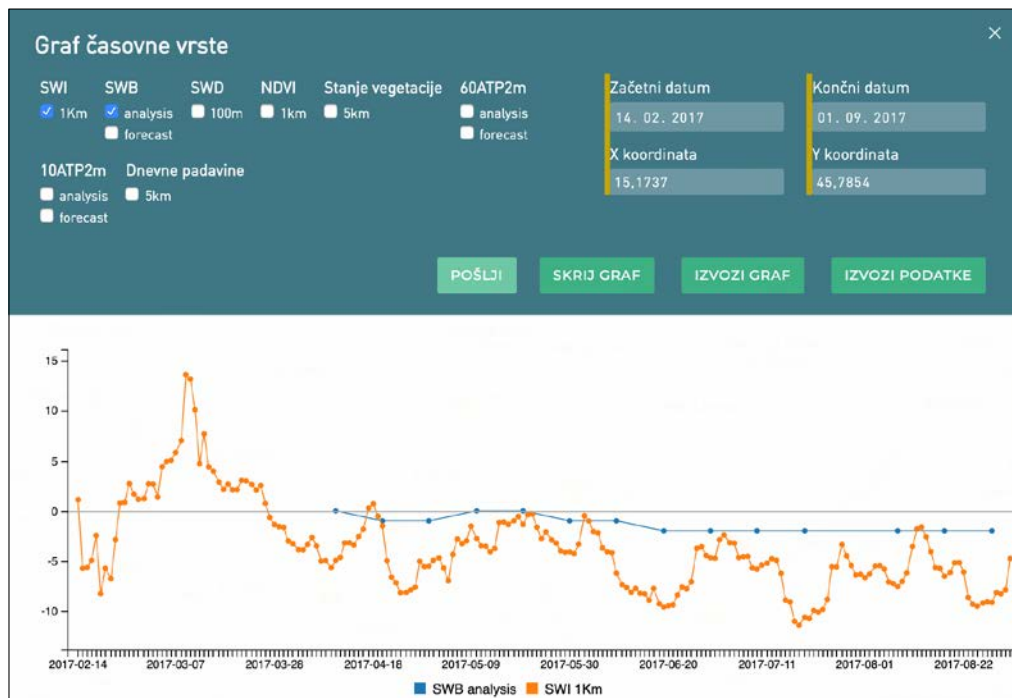
največje, najmanjše in povprečne vrednosti ter vsoto vseh vrednosti in njihov standardni odklon za izbrani produkt. Orodje za prikaz časovnega niza izbranega produkta v izbranem časovnem intervalu (v razponu največ treh mesecev) naniza sličice iz katerih so grafično razvidne spremembe.

4.1 Primer uporabe

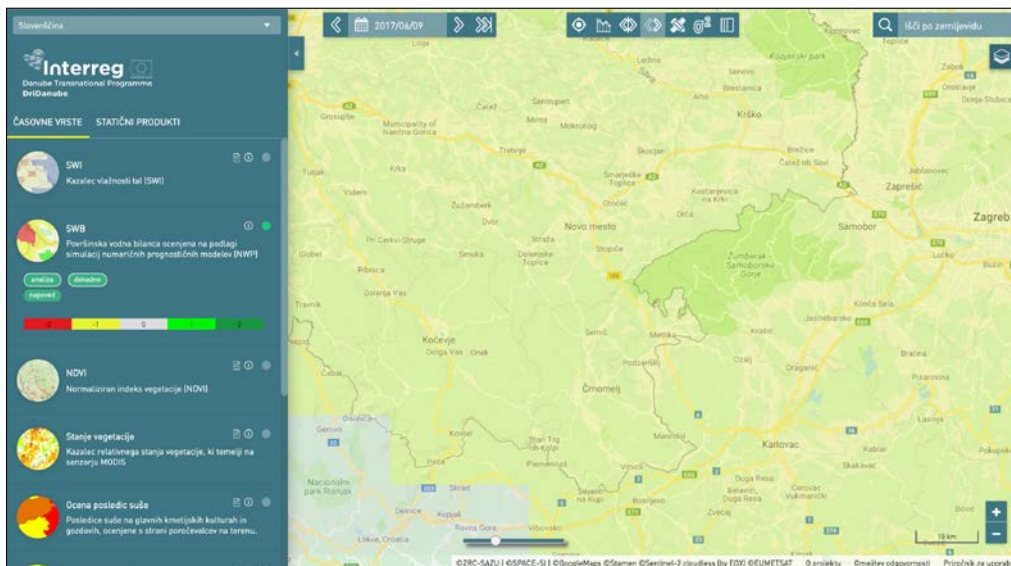
Od decembra 2016 do februarja 2017 je bilo na jugovzhodu Slovenije sušno, malo padavin je bilo tudi v začetku pomladi. Suša se je nato nadaljevala še v času vegetacijske sezone vse do konca septembra (Sušnik, Žun in Oblišar 2018). V nadaljevanju je opisan pregled razvoja suše v okolici Novega mesta od februarja do septembra 2017 s sušnim uporabniškim servisom *DroughtWatch*.

Za pregled suše najprej uporabimo orodje za izris grafa časovne vrste (slika 1) in ga preizkusimo pri pregledu dveh sušnih kazalnikov – kazalnika vode v prsti (SWI) in ravnovesja površinske vode (SWB). S klikom na zemljevid določimo opazovano lokacijo ter izberemo časovni razpon od sredine februarja do septembra. Iz grafa razberemo, da indeks SWI znatno negativno odstopa od dolgoletnega povprečja, že od sredine februarja, z manjšim izboljšanjem v sredini marca. V pozni pomladi padavine občasno namočijo površinski sloj tal in stanje suše kratkotrajno omilijo, vendar vrednosti zaradi hitrega izhlapevanja vseskozi ostajajo negativne (Sušnik, Žun in Oblišar 2018).

V začetku vegetacijske dobe so vrednosti SWB pod povprečjem, saj se gibljejo v percentilnem razredu -1, ki zajema negativna odstopanja do -5 %. V maju se stanje vodne bilance popravi in približa 0 % (slika 1). Sušna kazalnika na območju jugovzhodne Slovenije kažeta na zgodnjo spomladansko sušo, v mesecu maju pa so se razmere omilile (slika 1).

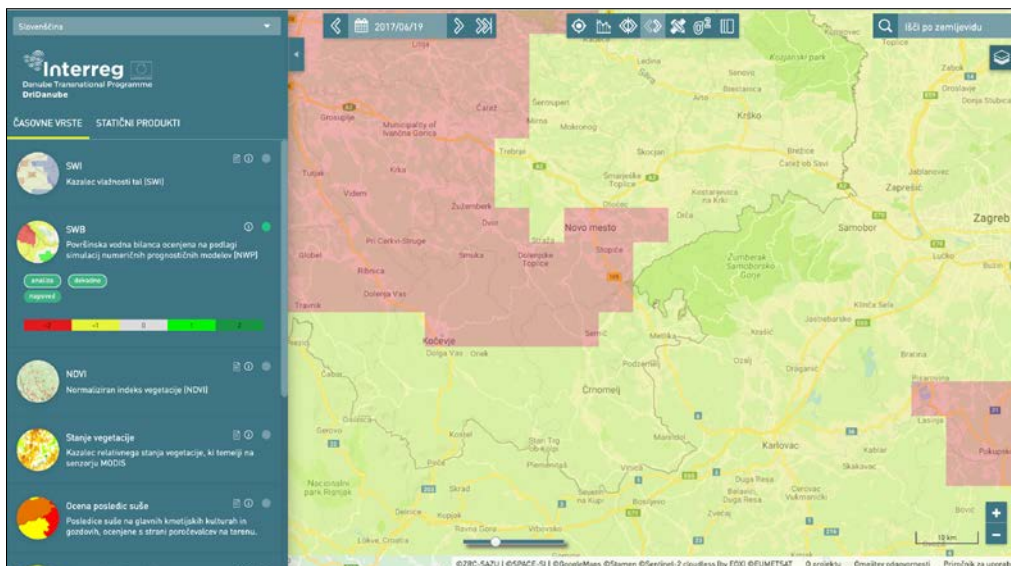


Slika 1: Graf časovne vrste s kazalnikoma SWI in SWB od sredine februarja do začetka septembra 2017 na koordinatah 15,1737, 45,7854 (izbrana točka na JV Slovenije).



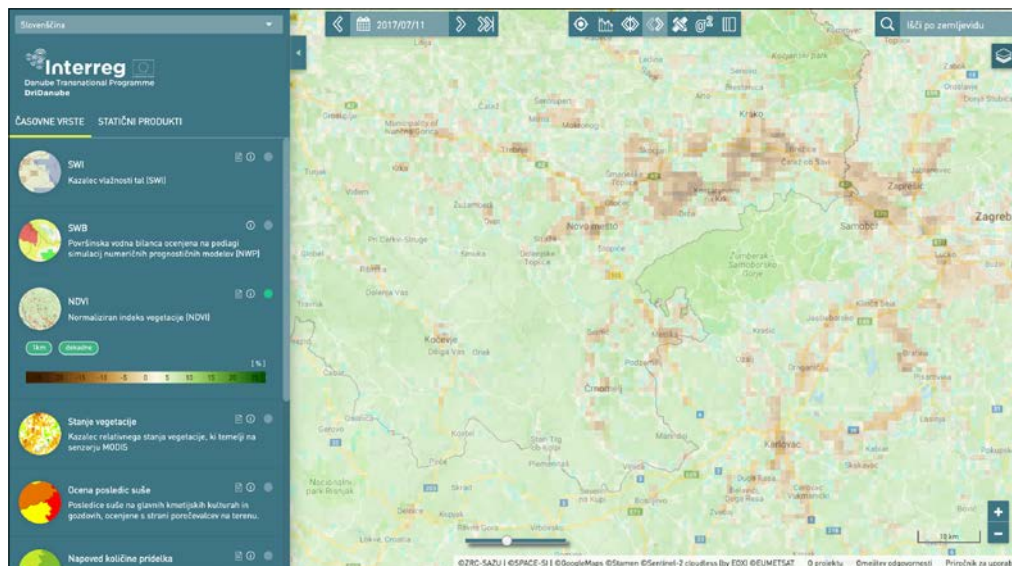
Slika 2: Kazalnik ravnovesja površinske vode (SWB) je v začetku junija na jugovzhodu Slovenije v percentilnem razredu -1, rumene barve.

Poleti so vrednosti indeksa SWI nihale pod povprečjem, povečal se je tudi primanjkljaj površinske vode. Za pregled dogajanja na območju jugovzhodne Slovenije vklopimo indeks SWB (slika 2). Na opazovanem območju je kazalnik v začetku junija še v rumenem odtenku, torej kaže na primanjkljaj, v sredini junija pa se sušne razmere zaostrijo, zato se sloj obarva rdeče (slika 3).

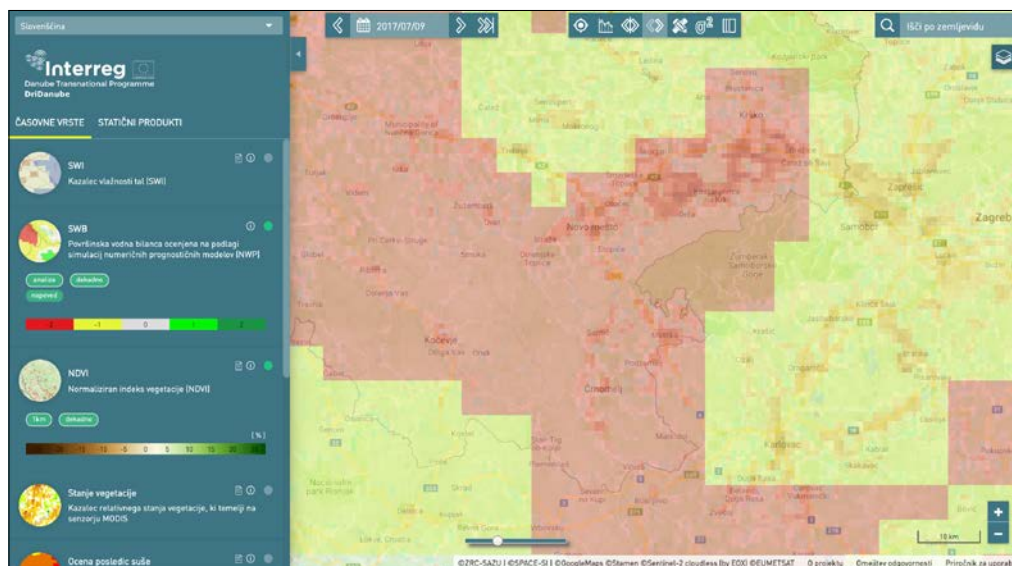


Slika 3: Kazalnik ravnovesja površinske vode (SWB) se v sredini junija obarva rdeče, kar kaže na velik odklon od povprečja.

Z vklopom kazalnika normirani diferencialni vegetacijski indeks (NDVI) preverimo kakšno je stanje vegetacije. Rjava barva indeksa pove, da je v začetku julija v okolici Novega mesta vegetacija že močno poškodovana, saj stanje močno odstopa od dolgoletnega povprečja (slika 4).



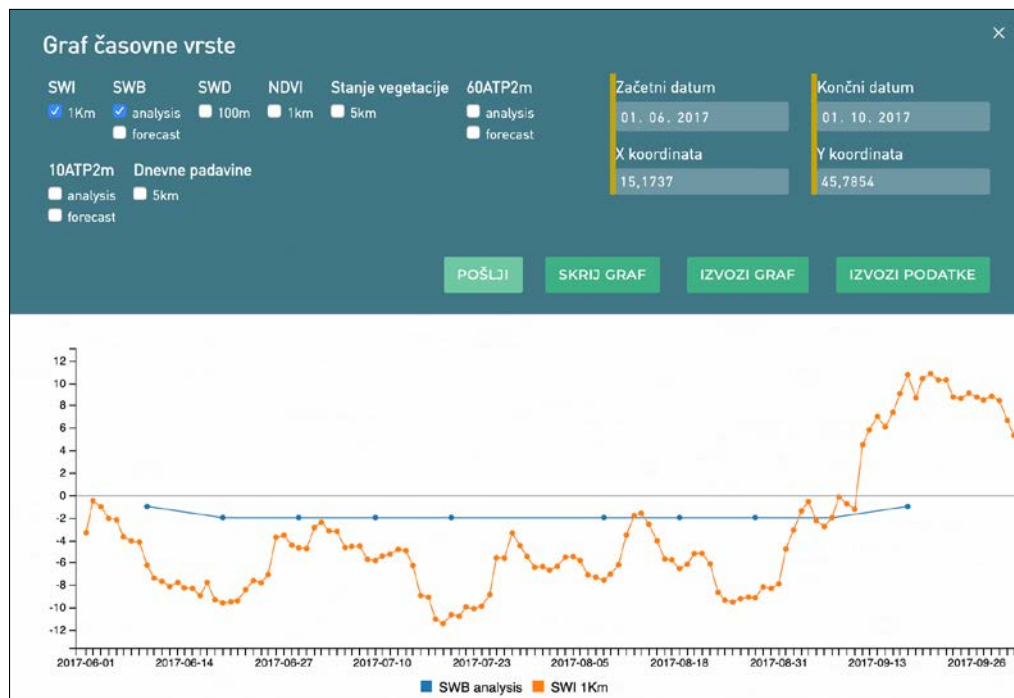
Slika 4: Kazalnik NDVI je na JV območju Slovenije v rjavi barvi, kar kaže na močno poškodovano vegetacijo.



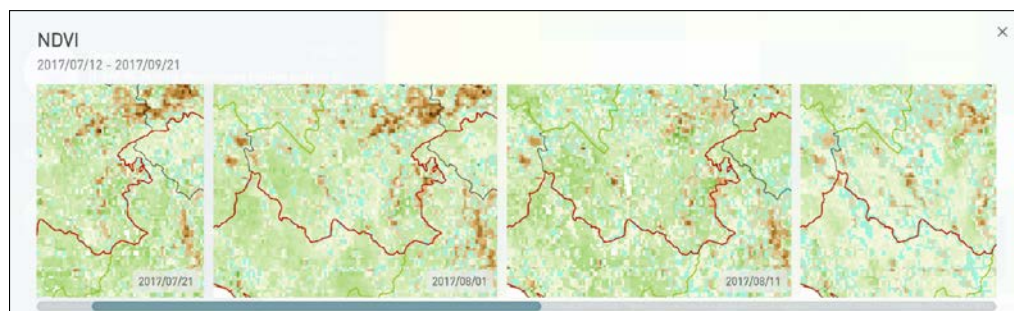
Slika 5: Iz hkrati vklopljenih kazalnikov SWB in NDVI lahko razberemo, da je na stopnjo poškodovanosti rastja vplivalo več dejavnikov in ne le primanjkljaj površinske vode.

Hkrati vklopimo še sloj SWB in nastavimo prosojnost (slika 5). Sočasen pogled na vrednosti SWB in NDVI v tem primeru kaže, da so k veliki poškodovanosti vegetacije, kjer primanjkljaj SWB v poletnih mesecih sicer ni bil tako izrazit kot drugje, pripomogli tudi drugi dejavniki kot so na primer tip tal, izredni vremenski dogodki in drugo (Sušnik, Žun in Oblišar 2018).

Za pregled nadaljnjega razvoja suše izdelamo nov graf za obdobje od junija do oktobra. Razberemo lahko, da so vrednosti SWI ostale negativne vse do konca avgusta in se postopno dvignile na normalno raven šele v prvi polovici septembra (slika 6).



Slika 6: Graf časovne vrste za obdobje v poznem poletju in začetku jeseni 2017.



Slika 7: Prikaz časovnih vrst za kazalnik anomalij NDVI.

Poleg grafa lahko preverimo vrednosti indeksov tudi z orodjem za grafični prikaz časovnih vrst (slika 7). Na tak način smo pogledali kaj se je z indeksom NDVI dogajalo v poznem poletju

2017. V začetku avgusta je območje jugovzhodne Slovenije obarvano rjavo, kar nakazuje na nižjo fotosintetsko aktivnost rastlin. Sušne razmere so dokončno popustile šele konec meseca septembra, ko je opazovano območje obarvano v odtenkih zelene barve.

5 Sklep

Sušni uporabniški servis *DroughtWatch*, ki smo ga razvili, je povečal količino novih in izboljšal dostopnost obstoječih podatkov, ki se uporabljajo pri napovedovanju suše in ukrepih ob njenem nastanku. V kombinaciji s predhodnimi raziskavami (Ceglar s sodelavci 2012) in orodji odgovornim deležnikom omogoča načrtovanje učinkovitejših vzvodov, prostorskih posegov in praks upravljanja s sušo v porečju Donave. Na drugi strani *DroughtWatch* služi kot orodje končnim uporabnikom, na primer kmetom, za sprejemanje odločitev in ukrepanje na terenu. Glavnina podatkov servisa pokriva celotno Podonavje, zaradi njihove narave (satelitski podatki) pa imajo velike zmožnosti širitve, tako v prostorskem kot tudi v vsebinskem smislu. To odpira pristojnim službam različnih regij in držav možnost nove ravni sodelovanja na ravni organske, geografsko celostne in naravno definirane regije enega največjih porečij v Evropi.

Sušni uporabniški servis omogoča dostop do podatkov za zgodnejše zaznavanje suše, boljši vpogled v stanje med samim sušnim dogodkom in s tem zgodnejši in učinkovitejši odziv odgovornih institucij, ki se ukvarjajo s sušno problematiko. Trenutno so v servis vključeni sušni kazalniki, ki obravnavajo stanje tal, vegetacije in podnebja. Del podatkov temelji na satelitskih podatkih, katerih prednost je, da so na voljo skoraj v realnem času, omogočajo opazovanje zelo velikih območij in niso omejeni z državnimi ali drugimi administrativnimi mejami. Smiselno in pomembno je, da se preverjajo s stanjem na terenu in podatki merilnih postaj. Vzporedno z razvojem novega orodja so se za izboljšano spremljanje suše v projektu *DriDanube* vzpostavile nacionalne mreže terenskih poročevalcev. Slednji preko spletnega obrazca tedensko izpolnjujejo poročila o svojih opazovanjih. Po analizi so poročila prenesena v obliko prostorskih podatkov ter prikazana v spletnem orodju *DroughtWatch*. Podatki se zbirajo vedno, ne glede na prisotnost suše ali moče. Na tak način dobimo vpogled v realno stanje med letom in ne samo v obdobjih po razglasitvi suše. Terenski podatki hkrati pomenijo nepogrešljiv vir pri kontroli podatkov izdelanih iz satelitskih posnetkov.

Namen sušnega uporabniškega servisa *DroughtWatch*, to je zagotavljati enak vpogled v stanje suše uporabnikom iz vseh držav regije oziroma tudi celine, je izpolnjen, vendar s tem razvoj servisa ni zaključen. *DroughtWatch* je zasnovan modularno in omogoča razširitev ter nadgradnje. Te so možne v obliki povečanja prostorske pokritosti s podatki in povečanjem števila podatkov ali z novimi analitičnimi orodji. Zaradi uporabe servisa in povpraševanja po vseh navedenih nadgradnjah, bomo v prihodnje nadaljevali tako z zagotavljanjem storitve kot tudi z razvojem. Pri prihodnjih nadgradnjah bomo v prvi vrsti namenili pozornost razvoju naprednejših analitičnih orodij. Z njimi želimo narediti korak naprej od spremljanja suše ter uporabniku omogočiti kratkoročno napovedovanje razvoja pojava, kot je viden na izbranih kazalnikih.

Zahvala: Poglavje je nastalo v okviru projekta Evropskega teritorialnega sodelovanja v Podonavju: Tveganje za sušo v Podonavju (Drought Risk in the Danube Region) ter v okviru projekta Opazovanje suše v visoki ločljivosti z modeliranjem talnih in satelitskih podatkov (J6-0395) in programa Opazovanje Zemlje in geoinformatika (P2-0406), ki ju financira ARRS.

6 Viri in literatura

- Bittner, K., Spence, I. 2004: Use Case Modeling. Boston.
- Ceglar, A., Medved-Cvikl, B., Kajfež-Bogataj, L., Honzak, L., Kobal, M., Eler, K. 2012: Razvoj sistema za spremljanje suš: Od statičnih do porazdeljenih spletnih zemljevidov. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2011–2012, GIS v Sloveniji 11. Ljubljana.
- Hasenauer, S., Mistelbauer, T., Kokalj, Ž., Grlj, A., Hochströger, S., Bucur, A., Bartošová, L. 2017: User Requirements Document including design of interactive user interface Version 1.0. Elaborat. EODC, SPACE-SI, TU Wien. Wien.
- Gregorič, G., Roškar, J. 2010: Application of NWP models in drought monitoring. Proceedings of the BALWOIS conference. Ohrid.
- Sušnik, A., Gregorič, G., Oblišar, G., Žun, M. 2017: Novi pristopi pri sledenju suše v Podonavju – mednarodni projekt DriDanube. Ujma 31.
- Sušnik, A., Roškar J., Gregorič, G., Pogarčar, T., Ceglar, A. 2010: Establishment of agricultural drought monitoring at different spatial scales in southeastern Europe. Acta agriculturae Slovenica 95-3.
- Sušnik, A., Žun M., Oblišar G. 2018: Pogled na kmetijsko sušo leta 2017 prek sušnega uporabniškega servisa projekta DriDanube. Ujma 32.