

# SLEDENJE SUŠE V SLOVENIJI IN PO SVETU

## Drought Monitoring in Slovenia and Worldwide

Tjaša Pogačar\*, Lučka Kajfež Bogataj\*\*, Zalika Črepinšek\*\*\* UDK 551.577.38:551.502(4)

Povzetek	Abstract
<p>V okviru priprave Podlage za slovenski nacionalni akcijski načrt obvladovanja suše smo na Biotehniški fakulteti pripravili pregled sledenja suše po svetu in opis sledenja suše v Sloveniji, večinoma na Agenciji RS za okolje (ARSO). Pregled stanja v naši državi kaže na dobro sledenje suši, ki se je v zadnjih letih močno izboljšalo. Slovenija mora kot vodilna država Centra za upravljanje s sušo v Jugovzhodni Evropi (DMCSEE) določiti smernice, kako v okviru nacionalnega načrta za sušo vzpostaviti tudi dobro sledenje za učinkovito zgodnje obvladovanje suše drugod v Jugovzhodni Evropi.</p>	<p>As part of the Basis for the National Action Plan (NAP) for Drought Management, the Biotechnical Faculty has prepared an overview of global drought monitors and the state of drought monitoring in Slovenia, particularly at the Slovenian Environment Agency (EARS). Slovenia has a good monitoring system which has seen significant improvements over the past years. As the leading partner of the Drought Management Centre for South-Eastern Europe (DMCSEE), Slovenia is expected to prepare the guidelines on how to establish good monitoring for an effective early drought management elsewhere in the SE Europe.</p>

## Uvod

Slovenija je leta 2006 sprejela mandat za organizacijo dela DMCSEE. Center je bil oblikovan in definiran v okviru Konvencije Združenih narodov za boj proti dezertifikaciji in suši (UNCCD) ter Svetovne meteorološke organizacije (WMO). Predstavniki držav so ob tem, ko so mandat za delovanje centra zaupali Sloveniji oziroma meteorološki službi, ki deluje v okviru ARSO, sprejeli Okvirni načrt delovanja DMCSEE, v katerem so navedene naloge, ki jih mora DMCSEE opravljati. Konvencija UNCCD predvideva tudi pripravo akcijskega načrta za obvladovanje suše.

Biotehniška fakulteta je po naročilu ARSO pripravila Podlago za slovenski nacionalni akcijski načrt obvladovanja suše, v okviru tega pa smo pripravili pregled sledenja suše po svetu. Pri tem predstavljamo sedem centrov, ki so Sloveniji v določeni meri lahko v pomoč pri razvijanju DMCSEE. Sledi opis stanja v Sloveniji z vidika agrometeorološkega in hidrološkega sledenja stanja.

## Pregled sledenja suše po svetu

Mesečne ali celo sezonske napovedi imajo veliko stopnjo variabilnosti, kar pomeni, da suše ne moremo vnaprej napovedati, vendar pa nam sprotno spremljanje

pomembnih meteoroloških, hidroloških in hidrogeoloških spremenljivk omogoča vsaj zgodnji vpogled v stanje tal in rastlin, vodotokov ter podtalnice. Kot različne primere prakse na kratko predstavljamo centre za sledenje suše po svetu:

- Avstralski: <http://www.bom.gov.au/climate/drought/>,
- Afriški (ICPAC): <http://www.icpac.net/>,
- Britanski (GDM): <http://drought.mssl.ucl.ac.uk>,
- Južnoameriški: <http://sac.csic.es/spei/map/maps.html>,
- Čilski: <http://sac.csic.es/spei/map/maps.html>,
- Ameriški sušni center (The National Integrated Drought Information System - NIDIS in National Drought Mitigation Center - NDMC): <http://drought.unl.edu/>,
- Evropski (European Drought Observatory - EDO): <http://edo.jrc.ec.europa.eu/>,
- Center za obvladovanje suše v JV Evropi (Drought Management Centre for Southeastern Europe - DMCSEE): <http://www.dmcsee.org/>.

## Avstralski center za sledenje suše

Za Avstralijo spremlja sušne razmere državni Urad za meteorologijo. Enkrat na mesec objavi poročilo o suši s kratkim opisom razmer, in sicer o količini padavin, odstopanju od povprečja ter o stanju vode v zgornji in globlji plasti tal. Prikazujejo tedensko posodobljene informacije o padavinah in sezonske napovedi temperature, padavin ter pretokov rek. Na voljo je zemljevid normaliziranega vegetacijskega indeksa NDVI za eno-, tri- ali šestmesečno obdobje, s prikazom dejanskih vrednosti ali odstopanj od dolgoletnega povprečja. Padavinske razmere kartirajo različno. Pri vseh kartah lahko izberemo regijo v Avstraliji ali celotno državo in obdobje, in sicer 3, 6, 9,

\* Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, [tjasa.pogacar@bf.uni-lj.si](mailto:tjasa.pogacar@bf.uni-lj.si)

\*\* dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, [lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si](mailto:lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si)

\*\*\* dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, [zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si](mailto:zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si)

center	Avstralija	ICPAC	GDM	Južna Amerika	NDMC	EDO	DMCSEE
osnovni kazalniki	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
drugi kazalniki	✗	SPI, sušni indeks	SPI, PDSI	SPEI	SPI, CMI, PDSI	SPI, CDI	SPI
produkti NWP	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
satelitski produkti	NDVI	✗	✗	✗	VegDRI, NDVI	fAPAR, NDWI	✓
podatki s terena	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓
poročanje o vplivih	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓
bilteni	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓

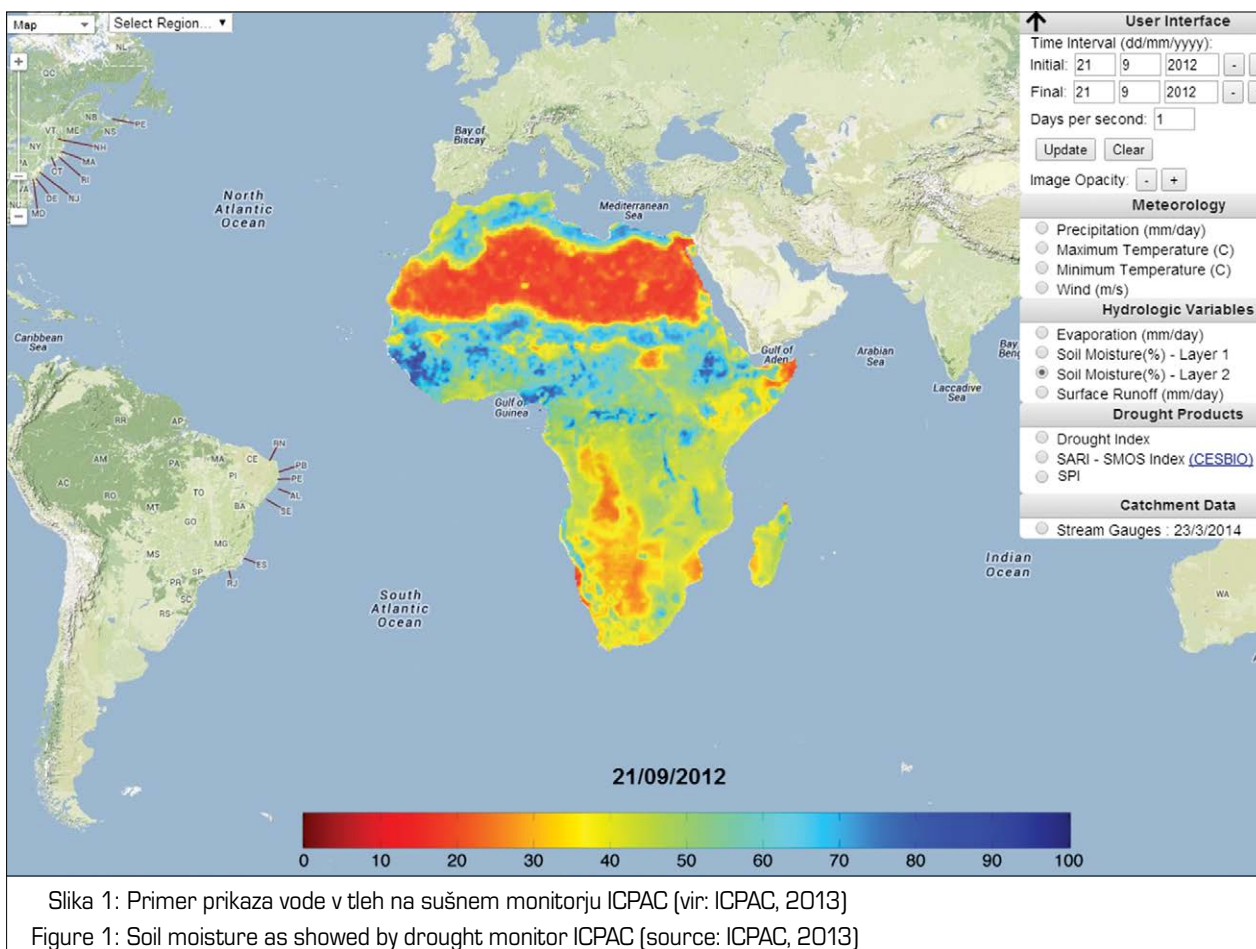
Preglednica 1: Pregled dostopnih produktov po centrih za sledenje suše. Razlaga kazalnikov je v preglednici 2.  
Table 1: Products, used in drought monitors/centres. The explanation is in Table 2.

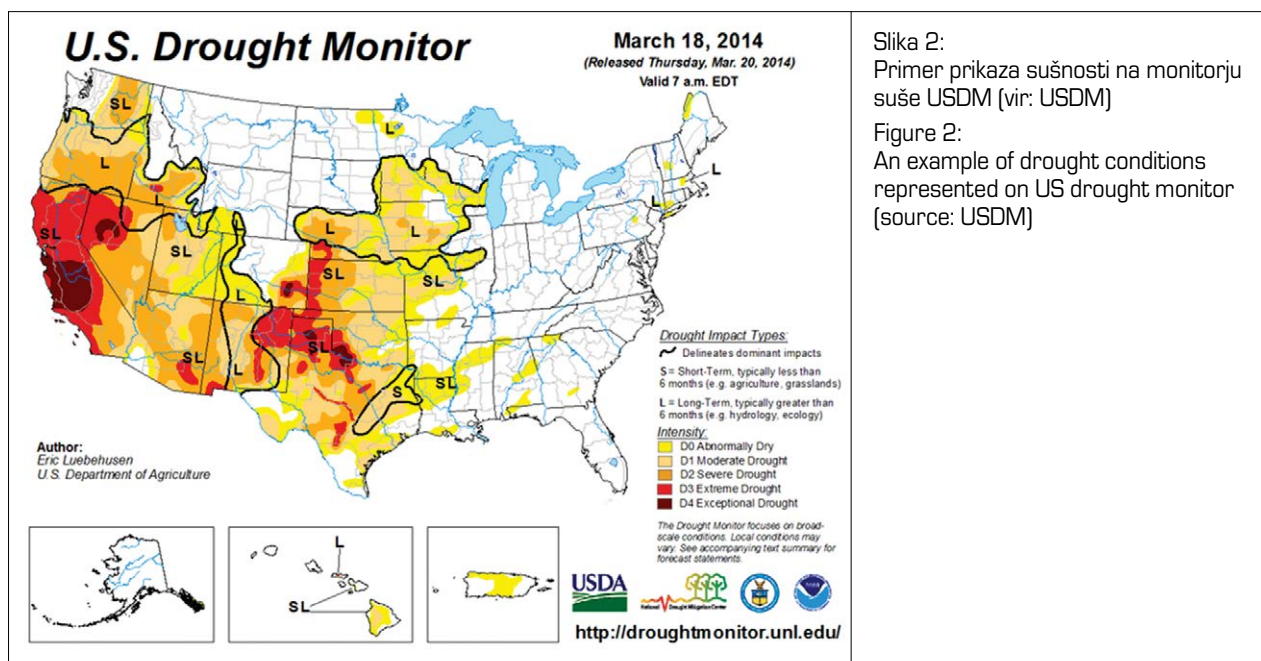
12, 18, 24 ali 36 mesecev. V okviru projekta Australian Water Availability Project – AWAP združujejo modelske podatke in meritve za sledenje stanja in trendov talne vodne bilance.

## Afriški center za obvladovanje suše (ICPAC)

Zaradi pogostih suš in poplav se je 24 držav vzhodne in južne Afrike že leta 1989 odločilo, da v Nairobiju ustanovijo Center za obvladovanje suše, ki bo pokrival Afriški rog. Leta 2003 so na Intergovernmental Authority on Development (IGAD) odločili, da bo center postal specializirana ustanova IGAD, ime pa so spremenili

v IGAD Climate Prediction and Applications Centre (IGAD ICPAC). Pri svojem delu pokriva več držav, in sicer Džibuti, Eritrejo, Etiopijo, Kenijo, Somalijo, Sudan, Ugando, Burundi, Ruando in Tanzanijo. Objavljajo dekadni in mesečni bilten. Njihovo sledenje suše pokriva celotno Afriko (slika 1). Na karti je mogoč prikaz padavin, maksimalne in minimalne temperature zraka, vetra, evaporacije, vode v tleh v dveh plasteh, površinskega odtoka, sušnega indeksa (računajo ga iz primerjave vode v tleh v dveh plasteh z empirično kumulativno porazdelitveno funkcijo, pridobljeno iz podatkov za obdobje 1948–2008), standardiziranega padavinskega indeksa (SPI) in pretokov rek. Pri tem lahko izberemo obdobje za dnevno animacijo, vendar pa niso vsi podatki dostopni do sedanjega časa (delujejo do preteklega leta).





Slika 2:  
 Primer prikaza sušnosti na monitorju suše USDM (vir: USDM)

Figure 2:  
 An example of drought conditions represented on US drought monitor (source: USDM)

## Britanski globalni center za sledenje suše (GDM)

University College London (UCL), natančneje skupina za meteorološka tveganja in sezonske napovedi, upravlja globalni sušni monitor, da opozarja na suše in njihove posledice. Produkti temeljijo na njihovem strokovnem znanju glede ocenjevanja suše, napovedovanja suše ter sprotne sledenja in prikazovanja izrednih vremenskih razmer. Njihova klasifikacija suše temelji na standardiziranem padavinskem indeksu (SPI) in Palmerjevem indeksu sušnosti (PDSI) po razredih, kot jih uporablja NDMC. Gre za jasen prikaz trenutnih sušnih razmer po svetu. Produkti so osveženi vsak mesec, prostorska resolucija pa je 100 kilometrov. Interaktivna karta omogoča uporabniku, da izbere obdobje od enega do 36 mesecev za oceno sušnosti in povečavo na manjša območja. Za izbrano območje je narejen preračun, koliko ljudi živi v ekstremno sušnih razmerah. Zbran imajo pregled novic o suši, ki so jih po svetu objavili mediji za zadnjih nekaj dni po posameznih državah.

## Južnoameriški globalni monitor suše

Sistem za sledenje suše deluje v okviru Regionalnega klimatskega centra za zahodni del Južne Amerike. Temelji na standardiziranem padavinsko-evapotranspiracijskem indeksu SPEI. Sistem je razvil in ga vzdržuje španski National Research Council, ki zagotavlja tudi mesečne podatke za ves svet z resolucijo 0,5°. Omogočeni so iskanje in prikaz časovnih vrst ter tudi prenos podatkov v različnih formatih. Časovna skala kazalnika SPEI je od enega do 48 mesecev. Največja prednost monitorja je časovna dostopnost podatkov, saj je blizu realnega časa, kar je zelo dobro za sledenje suše in zgodnje opozarjanje. Pripravljene imajo tudi karte ranljivosti za nekatere kulture v nekaj državah.

## Ameriški sušni center (NIDIS) in Nacionalni center za obvladovanje suše (NDMC)

NIDIS je bil ustanovljen leta 2006, da spodbudi družbo k aktivnemu odzivu na morebitno sušo in ne le na obstoječe stanje. NIDIS želi biti dinamičen in dostopen informacijski sistem suše, ki uporabnikom zagotavlja možnost, da ugotavljajo morebitne vplive suše in z njo povezana tveganja. Orodja, ki jih ponujajo, potrebujejo za boljšo pripravljenost na izvajanje ukrepov proti suši. NIDIS je hrbtenica nacionalnega zgodnjega opozorilnega sušnega sistema. Produkti, ki so dostopni na spletu, so produkti sodelujočih partnerjev v treh glavnih skupinah:

- trenutno stanje suše in sledenje,
- trenutni sušni vplivi,
- napoved.

Sklop Area drought information zagotavlja spremljanje suše na državni ravni. Vključuje lokalne informacije o suši, nacionalne akcijske načrte in stike, kjer je mogoče dobiti več informacij za vse zvezne države. Produkte daljinskega zaznavanja, in sicer satelitske in radarske podatke ter letalske fotografije, uporabljajo za opis stanja vegetacije z indeksom odziva vegetacije na sušo VegDRI.

Nacionalni center za obvladovanje suše v ZDA je bil ustanovljen leta 1995 na univerzi v Nebraski za pomoč posameznikom in ustanovam pri razvijanju ter implementaciji ukrepov za zmanjšanje socialne ranljivosti na sušo, s poudarkom na pripravljenosti in obvladovanju tveganja namesto obvladovanja kriz. Redno objavljajo novice o suši, naslovnice iz medijev, mesečne povzetke in četrtletne biltene. Razlagajo osnove suše, napovedovanje, klimatologijo, paleoklimatologijo in podnebne spremembe. Poleg metodologije sledenja suše na portalu predstavljajo tudi zelo veliko dokumentacije o načrtovanju obvladovanja suše. Glavni del sledenja suše NDMC je monitor suše

USDM (slika 2). Različne razmere zahtevajo posebne definicije suše, zato se uporabljajo različni kazalniki za njeno odkrivanje in sledenje. USDM združuje več kazalnikov in vplivov. Poleg zemljevidov, ki prikazujejo različne kazalnike, je stanje suše in njenih posledic na naravno okolje po ZDA opisano v besedilu po posameznih regijah.

Poročevalec vplivov suše (NDMC's Drought Impact Reporter) je interaktivno orodje, ki ga je razvil NDMC in zbira, meri ter kartira poročane vplive suše za ZDA. Informacije, vključno z novicami o suši in z znanstvenimi publikacijami, ki jih pregleduje osebje NDMC, prihajajo od različnih virov, kot so tudi uporabniki spletne strani, mediji in člani vladnih agencij, na primer NOAA in USDA. Na interaktivnem zemljevidu (slika 3) je mogoče pregledovanje vplivov suše in poročanj o njih, pri čemer lahko izbiramo zeleno področje vpliva, obdobje, lokacijo in način poročanja. Pogledamo lahko povzetek poročila za vsak prijavljeni vpliv, dodatno pa je mogoče tudi prekrivanje kart z monitorjem suše.

Pripravljajo tudi tedenske meteorološko-vegetacijske biltene z bistvenimi informacijami o razvoju vremena in kmetijskih rastlin po vsem svetu, vključno z natančnimi kartami, grafi in preglednicami aktualnih agrometeoroloških spremenljivk.

## Evropski portal za sledenje suše (EDO)

Na straneh Evropskega portala, ki ga upravlja Joint Research Center (JRC), so dostopne pri suši pomembne informacije, kot so karte različnih kazalnikov suše (pridobljene iz različnih virov, na primer meritev padavin, satelitskih opazovanj in modeliranja stanja vode v tleh).

Različna orodja omogočajo prikazovanje in analiziranje informacij, ki skupaj z občasno objavljenimi novicami o suši dajejo celosten pregled nad razmerami ob sušnem stanju v Evropi. Portal je zelo pregleden, kar omogoča hiter in preprost dostop do iskanih informacij. Na osnovni strani objavljajo karto dekadnega stanja suše v Evropi, ki temelji na kombiniranem kazalniku suše CDI. Ob izjemnih sušah objavijo poročilo z natančnim opisom razmer. Na voljo je iskalnik po novicah o suši, objavljenih v medijih. Kot glavni produkt EDO bi lahko označili pregledne karte, na katerih lahko v različnih časovnih skalah pregledujemo vse dostopne kazalnike suše za Evropo. Pri tem lahko hkrati med seboj primerjamo štiri različne kazalnike ali štiri različne roke.

## Center za upravljanje s sušo v JV Evropi (DMCSEE)

V določeni meri po zgledu EDO in NDMC se v Sloveniji razvija portal DMCSEE. Glavna naloga Centra za upravljanje s sušo v JV Evropi (DMCSEE), ki deluje v okviru Agencije RS za okolje, so dejavnosti pri sledenju in zgodnjem opozarjanju na sušo z zbiranjem podatkov v regiji, z uvedbo uveljavljenih kazalnikov za sušo in z razvojem nove metodologije. S svojim delovanjem pokriva več držav, in sicer Albanijo, Bolgarijo, Bosno in Hercegovino, Črno goro, Grčijo, Hrvaško, Madžarsko, Makedonijo, Moldavijo, Romunijo, Slovenijo, Srbijo ter Turčijo. Na portalu so sproti objavljene novice o suši iz celotne regije. Portal za sušo omogoča izris kart kazalnika SPI (slika 5), percentilov (5. percentil je vrednost, pod katero pade pet odstotkov izmerjenih vrednosti) in padavin za celotno regijo. Karte se posodobijo dvakrat na mesec, mogoč pa je tudi izpis teh podatkov.

Kazalnik	Kratek opis
kombiniran kazalnik suše (CDI)	Sestavljen je iz SPI, anomalije vode v tleh in anomalije fAPAR.
kazalnik vlažnosti poljščin (CMI)	Za ocene razmer vode v tleh na krajši časovni skali za večja območja; temelji na povprečni temperaturi zraka in količini padavin vsak teden.
delež absorbiranega fotosinteznega aktivnega sevanja (fAPAR)	Delež sončnega sevanja, ki ga listje absorbira v spektru med 0,4 in 0,7. Neposredno izraža primarno produkcijo vegetacije, odklon od dolgoletnega povprečja pa je dober kazalnik vpliva suše na vegetacijo.
normaliziran vegetacijski indeks (NDVI)	Pridobljen je iz satelitskih podatkov. Zdrava vegetacija zelo dobro odbija bližnji infrardeči spekter svetlobe, vendar pa redka vegetacija ne predstavlja nujno suše, to je le eden izmed možnih vzrokov.
kazalnik vsebnosti vode v vegetaciji (NDWI)	Pridobljen je iz satelitskih podatkov z uporabo infrardečega kanala (NIR), ki je odvisen od notranje strukture listov v vegetaciji, in kratkovalovnega infrardečega kanala (SWIR), ki je odvisen od sprememb količine vode. Kombinacija izniči variacije zaradi sprememb strukture vegetacije in izboljša rezultate glede vsebnosti vode v vegetaciji.
kazalnik odziva vegetacije na sušo (VegDRI)	Skupaj upošteva satelitska opazovanja stanja vegetacije, klimatske podatke, podatke o rabi tal in značilnosti tal.
Palmerjev indeks sušnosti (PDSI)	Temelji na podatkih o količini padavin, temperaturi zraka in dostopni vodi v tleh. PDSI spremlja obdobja suš in moče na daljši časovni skali.
standardiziran padavinski indeks (SPI)	Mera, kaj določena količina padavin v izbranem obdobju pomeni glede na normalno oziroma pričakovano količino padavin za to obdobje. SPI se računa za različne časovne skale (SPI 1 označuje kazalnik za en mesec).
standardiziran padavinsko-evapotranspiracijski indeks (SPEI)	Temelji na razliki med količino padavin in potencialno evapotranspiracijo po Thornthwaitovi metodi.
Preglednica 2: Osnovni pregled kazalnikov suše	
Table 2: Basic review of drought indices	

Spremenljivka	Kdaj in kdo	Število merilnih mest
padavine	vsak dan (UM)	62* in radar
temperatura zraka	vsak dan (UM)	meritve vseh štirih spremenljivk na isti postaji: 47
sončno obsevanje	vsak dan (UM)	
veter	vsak dan (UM)	
vlažnost	vsak dan (UM)	
voda v tleh	vsak dan (UM)	6
temperatura in stanje tal	vsak dan (UM)	16
fenološki razvoj rastlin	vsak dan (UM)	55
vodostaj	vsak dan (UH)	171
temperatura vode	vsak dan (UH)	83
globina do podzemne vode (medzrnska poroznost + vrtine)	zvezno ali vsak dan (45 postaj od 4- do 6-krat na mesec) (UH)	146 in 46 do leta 2015
temperatura podzemne vode (medzrnska poroznost + vrtine)	vsak mesec (19 postaj zvezno) (UH)	146 in 46 do leta 2015
pretok izvirov	4-krat na leto (UH)	21
* S spremljanjem količine padavin 24 ur na dan, dostopno naslednji dan.		
Preglednica 3: Osnovne spremenljivke, ki jih spremlja ARSO (Urad za meteorologijo – UM, Urad za hidrologijo in stanje okolja – UH) Table 3: Basic variables, monitored by Environmental Agency of the Republic of Slovenia EARS (UM – Meteorological Office, UH – Hydrology and State of Environment Office)		

Vrednost	Opis	Kdaj in kdo
potencialna evapotranspiracija	izračun iz več meteoroloških spremenljivk	vsak dan (UM)
vodna bilanca	izračun kot razlika med količino padavin in potencialno evapotranspiracijo	vsak dan (UM)
standardiziran padavinski indeks SPI	izračun na podlagi dolgoletnih padavinskih nizov	dekadno in ko je treba (UM)
vodna bilanca namakanih in nenamakanih tal	izračun z modelom IRRFIB	vsak dan in ko je treba (UM)
indeks neto namakalne potrebe NIR	izračun z modelom WiniSAREG	ko je treba (UM)
pretok	za izračun pretoka se izvajajo terenske meritve hitrosti vode in geometrije prečnega prereza	1009 meritev na 179 vodomernih profilih (UH)
Preglednica 4: Izvedene spremenljivke, ki jih pripravlja ARSO (Urad za meteorologijo – UM, Urad za hidrologijo in stanje okolja – UH) Table 4: Calculated variables, prepared by EARS (UM – Meteorological Office, UH – Hydrology and State of Environment Office)		

DMCSEE se v EDO vključuje prek medopravnostne infrastrukture z izračunoma, kazalniki SPI in kazalnikom odstopanj vodne bilance (WBA). Od maja 2010 je na portalu v vegetacijskem obdobju, torej od aprila do septembra, vsak mesec dostopen tudi bilten za JV Evropo, ki vsebuje:

- tako imenovani hot spot: glavno informacijo o stanju, če je mogoče z dodanim glavnim grafom oziroma karto, ki je namenjena neposrednemu vpogledu v potencialne sušne okoliščine v času objave;
- dodatne informacije, opise in produkte numeričnih meteoroloških prognostičnih modelov (NWP);
- poročila o vplivih suše: ta del je odvisen od informacij, dostopnih na spletu. Koristna so vsa poročila uporabnikov.

Prav tako potrebujemo zanesljive podatke o padavinah in drugih parametrih ozračja v realnem času za prostorske analize trenutnega stanja. Na njihovi podlagi lahko izdelamo opozorila, kadar objektivno pričakujemo uničujoče delovanje narave (ARSO, 2010a). V Sloveniji potekata sledenje in zgodnje obvladovanje suše na več ravneh, ki pa se med seboj šele začinjajo povezovati, in sicer:

- spremljanje meteoroloških in agrometeoroloških pojavov,
- spremljanje stanja površinskih voda,
- spremljanje stanja podzemnih voda.

V preglednicah 3 in 4 so zbrane spremenljivke ter vrednosti, povezane s sušo, ki jih meri in računa ARSO.

## Sledenje suše v Sloveniji

Če želimo vodo, ki je naša strateška dobrina, zaščititi in z njo dobro gospodariti, potrebujemo kakovostne, točne in podrobne podatke o stanju vodnega okolja v Sloveniji.

Na Oddelku za agrometeorologijo ARSO sta že vzpostavljena agrometeorološki informacijski sistem (SAGMIS) in sledenje vodne bilance. Gre za sledenje vodne bilance kmetijskih rastlin z upoštevanjem vremenske prognoze in za ozaveščanje kmetovalcev. Pri tem je pomemben prehod od osnovnih meteoroloških spremenljivk do kompleksnejših

agrometeoroloških (potencialna evapotranspiracija – količina vode, ki v optimalnih razmerah izhlapi iz rastline in tal, vodna bilanca) ter do sušnih indeksov (SPI) in vodnobilančnih modelov. Za spremljanje agrometeorološke suše namreč ni dovolj spremljati količine padavin in temperature zraka, temveč so potrebni modeli rastlina-tla-podnebnje (kot so IRRFIB, WinISAREG, SIMPEL), ki dinamično sledijo pojavi in razvoju suše v določeni regiji (slika 6).

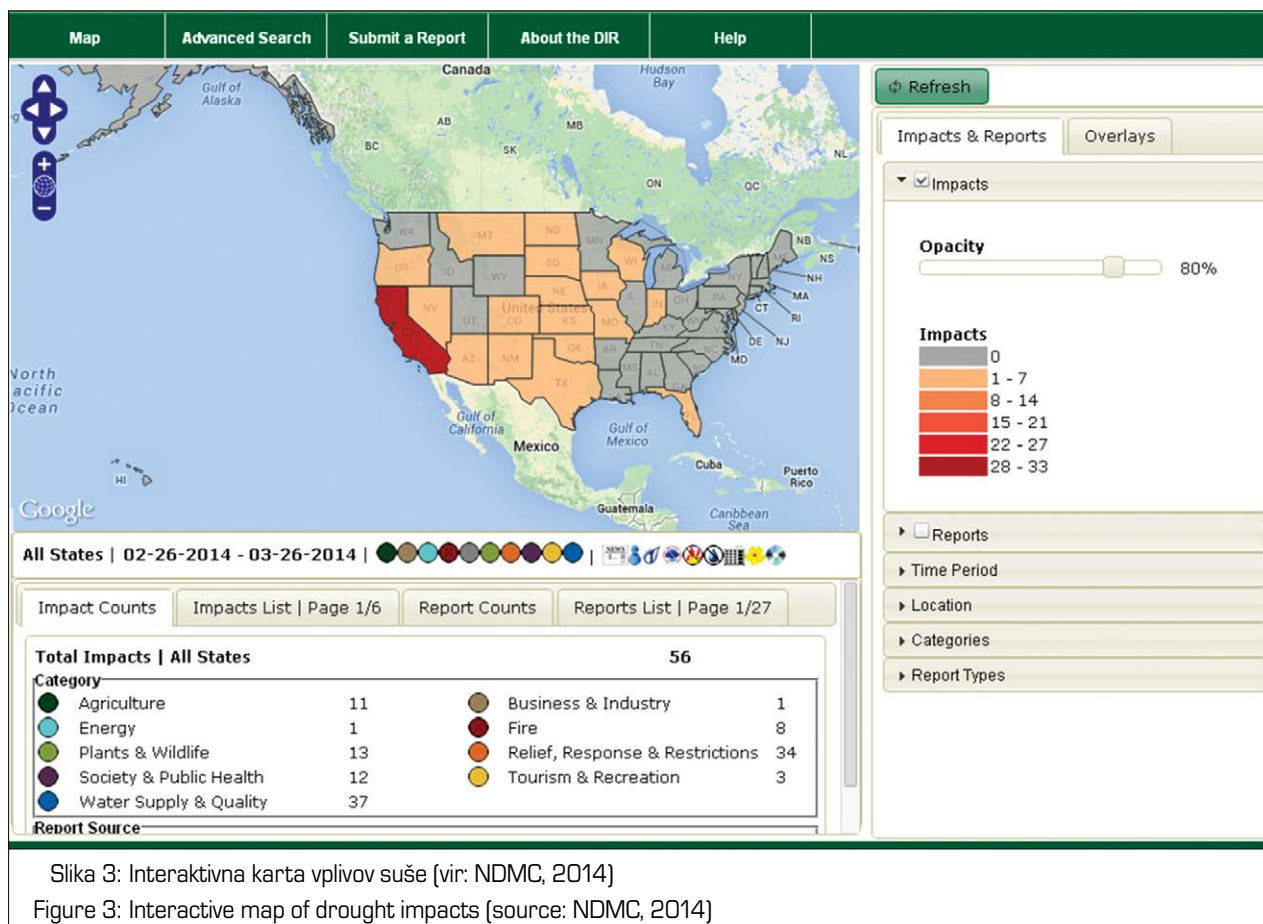
Za sledenje suše je bistvenega pomena, kakšni so meteorološka mreža, tipi opazovanj in dostopnost podatkov. Trenutno je v Sloveniji poleg klasičnih tudi 50 samodejnih postaj, ki pošiljajo izmerjene podatke v realnem času, vendar pa se večkrat zgodi, da pride do izpada podatkov zaradi vremenskih nesreč, na primer strele, močnega vetra, visokega snega, ledu, prekinjene komunikacije itn. Samodejne postaje delujejo šele zadnjih nekaj let, zato podatkov ni mogoče uporabiti tam, kjer potrebujemo dolgoletne nize (na primer SPI).

Sledenje se nadgrajuje v projektu BOBER – Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji, ki poteka znotraj Operativnega programa razvoja okoljske in prometne infrastrukture (OP ROPI) za obdobje 2007–2015. Namen projekta v širšem smislu je z različnih vidikov povečati sposobnosti celostnega proučevanja in spremljanja dejavnikov v vodnem krogu. Pomemben je predvsem vidik uravnoteženega prostorskega načrtovanja (boljše upravljanje voda) in gradnje reprezentativnih merilnih mrež, ki bodo podpirale ocenje-

vanje stanja vodnih teles. Več o projektu je mogoče prebrati v Predstavitvi projekta (ARSO, 2010a).

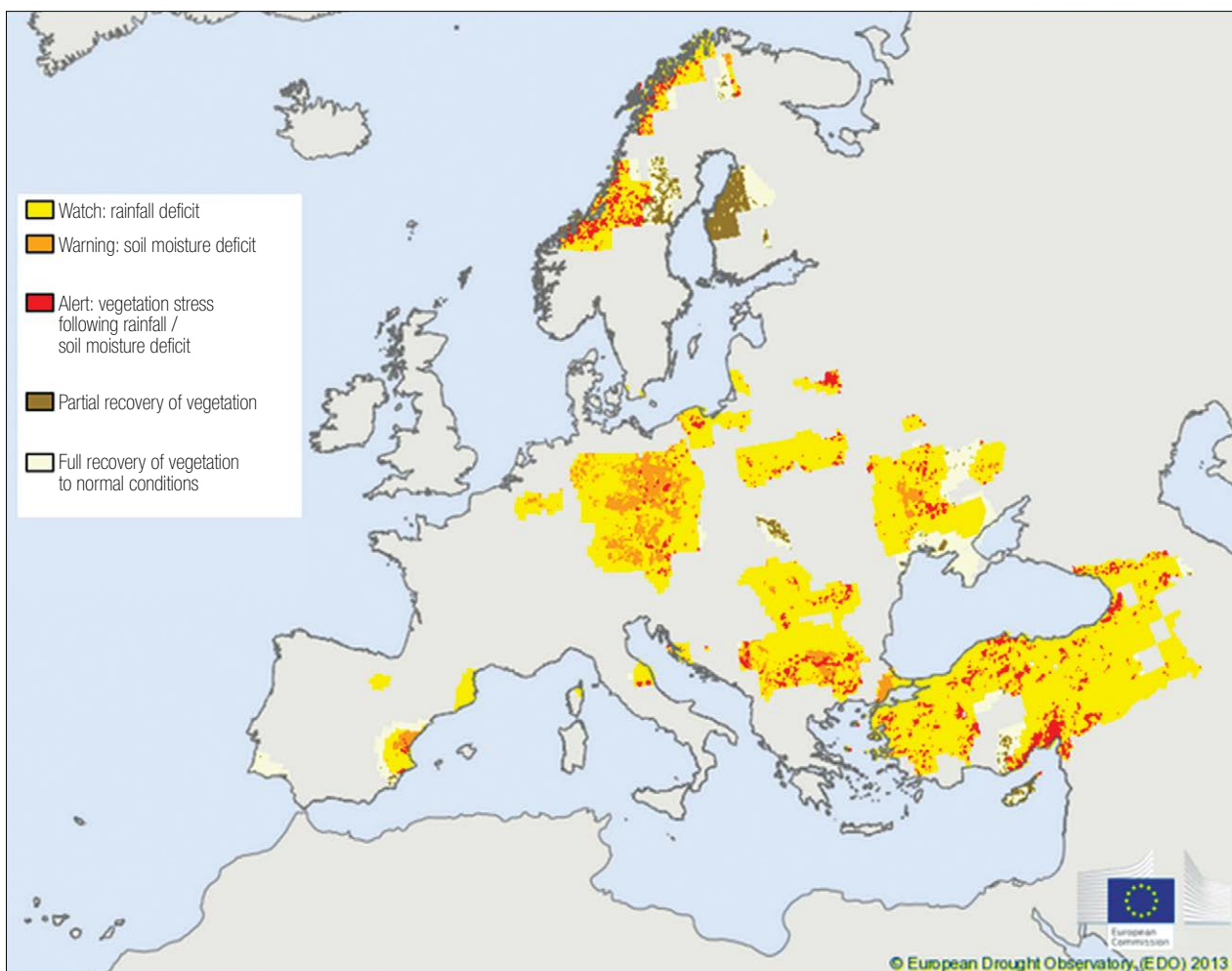
Za proučevanje suše bi potrebovali predvsem več meritev vode v tleh, ki je kazalnik resničnega stanja. Izračuni in modeliranje samo po sebi brez možnosti evalvacije z izmerjenimi vrednostmi nimajo velike dodane vrednosti. V okviru merilne mreže ARSO so zvezne meritve s TDR-merilniki na šestih merilnih mestih v Murski Soboti, Portorožu, Mariboru, na Ptujju, v Biljah in Celju na globinah 10, 20 in 30 cm (slika 7).

Po Sloveniji je tudi več lizimetrov, ki so namenjeni merjenju evapotranspiracije in globinskega odtoka skozi talni profil, kar nam omogoča spremljanje vodne bilance. Vzdrževanje lizimetra zahteva časovni in finančni vložek, zato je delovanje največkrat vezano na trajanje projekta. V Sloveniji so trenutno tri lizimetske postaje, na katerih so tehtalni lizimetri, ki omogočajo natančno izmero evapotranspiracije in vodne bilance. Tako se lahko izmeri količina vode, ki z globinskim pronicanjem zapusti vrhnji profil tal in polni podzemne vodonosnike. Tehtalni lizimetri so na črpališču vodarne Kleče (VO-KA, d. o. o., Ljubljana), laboratorijskem polju Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (dva novejša, eden zastarel) in na Mariborskem vodovodu na Tezmem. Podatke preverjajo in obdelujejo lastniki oziroma upravljavci lizimetskih postaj. Trenutno ni skupne baze, na kateri bi se zbirali podatki s teh postaj. Pri tem se postavlja vprašanje, katera ustanova bi lahko prevzela skrb za podatke lizimetskih meritev.



Slika 3: Interaktivna karta vplivov suše (vir: NDMC, 2014)

Figure 3: Interactive map of drought impacts (source: NDMC, 2014)

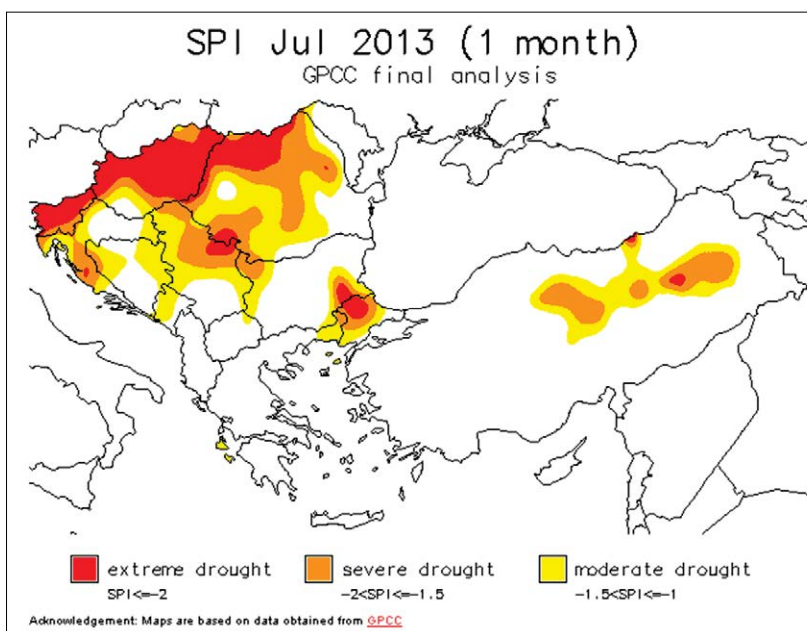


**Combined Drought Indicator**, based on SPI, soil moisture and fAPAR.

- **Watch:** when a relevant precipitation shortage is observed
- **Warning:** when this precipitation translates into a soil moisture anomaly
- **Alert:** when these two conditions are accompanied by an anomaly in the vegetation condition.

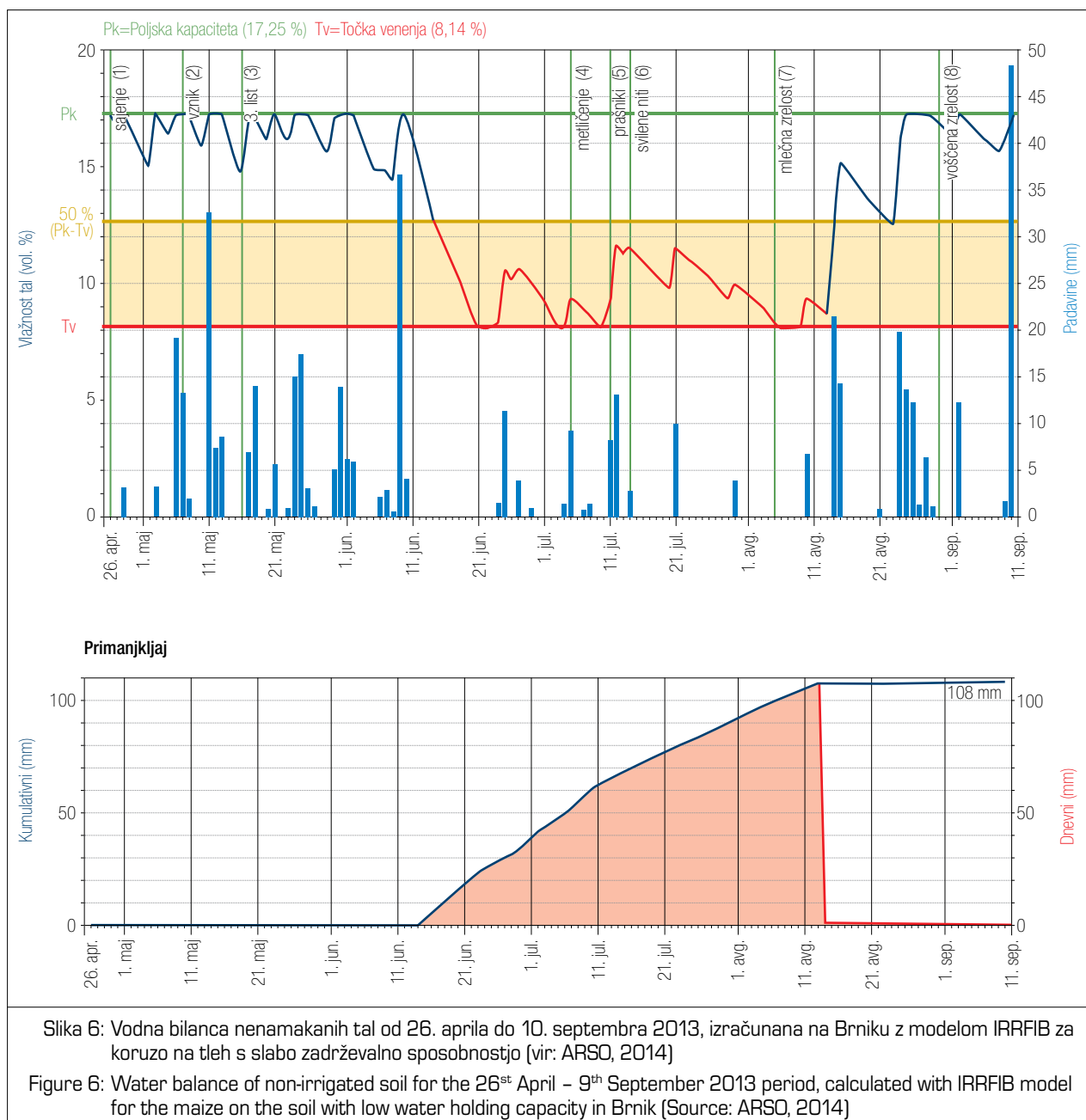
Slika 4: Primer prikaza sušnosti na EDO za prvo dekada marca 2014 (vir: EDO, 2014)

Figure 4: Situation of drought in Europe - 1<sup>st</sup> ten-day period of March 2014 (source: EDO, 2014)



Slika 5: Primer prikaza sušnosti s kazalnikom SPI na DMCSEE (vir: DMCSEE, 2013)

Figure 5: Drought presentation with SPI on DMCSEE (source: DMCSEE, 2013)



Slika 6: Vodna bilanca nenamakanih tal od 26. aprila do 10. septembra 2013, izračunana na Brniku z modelom IRRFIB za koruzo na tleh s slabo zadrževalno sposobnostjo (vir: ARSO, 2014)

Figure 6: Water balance of non-irrigated soil for the 26<sup>th</sup> April - 9<sup>th</sup> September 2013 period, calculated with IRRFIB model for the maize on the soil with low water holding capacity in Brnik (Source: ARSO, 2014)

Sledenje in zgodnje obvladovanje suše se še posebno navezuje na namakanje. V Sloveniji se namaka le malo kmetijskih površin od potencialno primernih 194.935 hektarjev. V ta namen so na Biotehniški fakulteti izvedli Ciljni raziskovalni program CRP V4-0478: Ocena vodnih perspektiv na območju Slovenije in možnost rabe vode v kmetijski pridelavi (BF, 2010), vendar je bila analiza za izračun potrebnih pretokov narejena na podlagi obdobja 1971–2000. Pri tem ARSO opozarja, da je nujna velika previdnost pri načinu izračuna in obdobju, ki ga vzamemo kot referenčno. Stanje voda se namreč zaradi podnebnih sprememb zelo spreminja. Največje zmanjšanje pretokov je opazno v severovzhodni Sloveniji.

Pri namakanju ima pomembno vlogo tudi napovedovanje izhlapevanja in padavin. Z vključevanjem prognoze in podatkov meteoroloških meritev v vodnobilančni model IRRFIB sta omogočeni spremljanje trenutnega stanja na

terenu in vodenje vodne bilance za regije v Sloveniji. Tako lahko zmanjšamo število namakanj in količino namakalne vode ob morebitnih napovedanih padavinah. Ob stabilnih vremenskih razmerah omogoča oceno potencialne vode, ki bo v prihodnjih dneh izhlapela iz rastline, in temu primerno aplikacijo vode. Model se znotraj projekta BOBER nadgrajuje v kompleksnejši sistem, kar pomeni, da bo v prihodnosti mogoče spremljati vodno bilanco in napovedi namakanja za kulture glede na tla, na katerih rastejo, za vso Slovenijo.

Posebna mreža ARSO skrbi za fenološka opazovanja, pri katerih opazovalci na 55 postajah opazujejo pojave razvojnih fenoloških faz izbranih samoniklih (zelišča, trave, grmovnice in drevnine) ter kmetijskih rastlin (posevki, sadno drevje in vinska trta). Pri tem gre pri modeliranju vodne bilance še vedno za vprašanje uporabe povprečnih vrednosti fenoloških podatkov, ker



aktualni niso pravočasno dostopni, sploh niso dostopni ali pa je njihova uporaba preveč zapletena, saj se hkrati pojavlja tudi težava zaradi slabe dostopnosti podatkov o tem, na kateri parceli raste neka kultura.

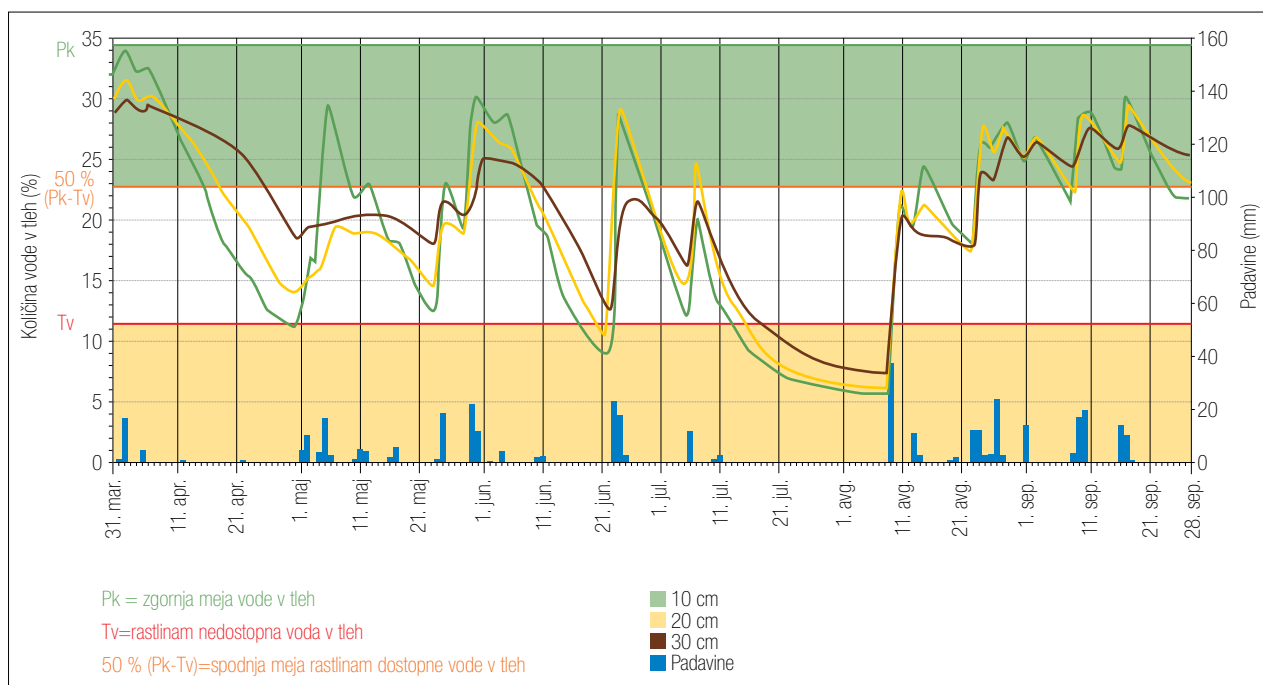
Aktualni meteorološki in agrometeorološki podatki so dostopni na vremenskem portalu. Tu lahko za izbrane postaje vsak dan dostopamo do tabelaričnega prikaza temperatur zraka na višinah dva metra in pet centimetrov, do vodne bilance za pretekli dan, teden in vegetacijsko obdobje ter do temperature in stanja tal za zadnjih deset dni.

Že kar nekaj časa dozoreva zamisel o vzpostavitvi enotnega, večnamenskega agrometeorološkega informacijskega sistema s skupno bazo podatkov vseh sedanjih merilnih postaj, tematskimi modeli in spletnimi prikazovalniki podatkov. Projekt M2-0220 CRP Znanje za mir, v katerem je bil zasnovan sistem napovedovanja in ocenjevanja suše na kmetijskih površinah, ki ga je financirala Uprava RS za zaščito in reševanje (URSZR), je bil eden izmed prispevkov za dopolnitev sedanjega informacijskega sistema Ajda, ki je bil končan januarja 2010 (Vernik in Vrščaj, 2009). V študiji je bilo ugotovljeno, da Slovenija nima kakovostnih fizikalnih podatkov prostora oziroma tal. Ti podatki delno sicer so, vendar z vidika prostorske natančnosti in vsebine pogosto ne ustrezajo potrebam napredne prostorske (GIS) obdelave. Tako so otežene oziroma niso mogoče dejavnosti, kot so poleg drugih tudi ocenjevanje in napovedovanje možnosti pojavljanja suše ter načrtovanje ukrepov zaščite in reševanja. Ustrezno natančni podatki o fizikalnih lastnostih tal, podatki reliefa visoke

ločljivosti in agrometeorološki podatki, ki so na voljo v realnem času, so podatkovni viri, ki omogočajo oceno primernosti prostora za določene kmetijske kulture in tako izogibanje legam, ki niso primerne za gojenje kultur, ranljivih zaradi suše, oziroma se uporabljajo za izračun kapacitete tal za vodo ter skupaj z ustreznimi podatki o rastlinah in z meteorološkimi podatki za izračun vodne bilance tal. Če so agrometeorološki podatki dosegljivi v realnem času, pedološki podatki pa ustrezne prostorske natančnosti, je mogoče vzpostaviti sistem za napovedovanje suš oziroma za lažje in hitrejše ocenjevanje škod ter hitrejšo odpravo posledic suše. Ustrezno natančni podatki tal in agrometeoroloških parametrov torej pomenijo tiste večdisciplinarne informacije prostora, katerih pomembnost močno presega njihovo uporabnost v kmetijstvu. Štejemo jih za strateške informacije oziroma podatkovne baze državnega pomena. Žal v nadaljevanju ni sledilo vzdrževanje operativnega sledenja, ki zahteva operativno službo, ki izvaja tudi vse faze zbiranja, preverjanja in arhiviranja podatkov. Pri tem je od zamisli do uresničitve še dolga pot.

Na ARSO se začena tudi usmerjanje v satelitske tehnike. Pri uporabi satelitskih podatkov za določitev suše je treba:

- pridobiti satelitske meritve,
- izračunati osnovne in napredne satelitske vegetacijske indekse,
- pripraviti model določanja sušnosti za posamezne kulture (potrebni je več satelitskih posnetkov v ustreznih zamikih in ne le posnetek trenutnega stanja).



Slika 7: Prikaz izmerjenih vrednosti dnevne vlažnosti tal na treh globinah in količine padavin v Murski Soboti od 1. aprila do 31. avgusta 2013 (vir: ARSO, 2014)

Figure 7: Measured values of soil moisture content at 10, 20 and 30 cm and precipitation in Murska Sobota for the 1<sup>st</sup> April – 31<sup>st</sup> August 2013 period (Source: ARSO, 2014)

Da bi bila javnost bolje obveščena, se objavlja Dekadni bilten stanja vodne bilance kmetijskih tal v Sloveniji (<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/recent/wb/currentyear/>). Dekadni bilten vsebuje:

- obvestilo z glavnimi poudarki za dekada,
- meteorološke razmere,
- izhlapevanje iz tal in rastlin,
- stanje rastlin,
- vodno bilanco,
- karte odklonov temperatur zraka, padavin, sončnega obsevanja in vodne bilance od dolgoletnega povprečja,
- karte padavinskega indeksa SPI na več časovnih skalah.

## Stanje površinskih voda

»Programe monitoringa voda, ki v Sloveniji potekajo že desetletja, hidrološki monitoring pa celo že več kakor sto let, smo leta 2007 še dopolnili in prilagodili zahtevam direktive o vodah. Zakonodajno področje monitoringa voda zdaj urejata tudi dva pravilnika: Pravilnik o monitoringu površinskih voda in Pravilnik o monitoringu podzemnih voda [Uradni list RS, št. 10/09 in 31/09].« (ARSO, 2010b)

Na Uradu za hidrologijo in stanje okolja izvajajo stalen hidrološki monitoring površinskih tekočih voda, ki obsega meritve višin vodne gladine, hitrosti vode, pretokov, geometrijo merskih prerezov ter meritve temperature vode in vsebnosti suspendiranega materiala v vodi. Nadaljnje informacije so iz Programa hidrološkega monitoringa površinskih voda za leto 2013 (ARSO, 2013), v njem pa so tudi podrobneje opisane. Na mreži vodomernih postaj na rekah spremljajo režim površinskih voda in hidrološke parametre za spremljanje, napovedovanje in obveščanje o hidroloških razmerah, za ugotavljanje količinskega stanja voda in drugo po zahtevi okvirne vodne direktive (Vodna direktiva 60/2000/ES).

Hidrološki monitoring površinskih tekočih voda je leta 2013 potekal na 180 merilnih mestih. Na 131 merilnih mestih je bilo zagotovljeno zvezno spremljanje višine vodne gladine, na 40 so le enkrat ali večkrat potekala dnevna opazovanja vodostajev, na osmih pa so se izvajale le hidrometrične meritve. Z 58 merilnih mest bo omogočen samodejen prenos podatkov v realnem času. Temperatura vode se je spremljala na 83 merilnih mestih. V izjemnih hidroloških razmerah, kot so poplave in suše, se hidrometrično delo z izrednim načrtom meritev lahko razširi tudi zunaj redne mreže vodomernih postaj. Izvajajo tudi redni hidrološki monitoring jezer in morja.

Z arhivskimi hidrološkimi podatki se izvajajo obdobje statistične analize značilnih vrednosti vodostajev, pretokov in temperature vode, krivulje trajanja, izračun povratnih dob, analize trendov višin vodne gladine,

pretokov in temperature vode, sprememb režima površinskih voda ter študije izrednih hidroloških dogodkov in pojavov. Podatki hidrološkega monitoringa površinskih voda se objavljajo v publikacijah ARSO. Po verifikaciji podatkov v podatkovni zbirki so vsi podatki hidroloških parametrov površinskih voda prikazani na spletnih straneh ARSO. Pri tem je mogoč dostop do grafov in preglednic za en dan ter sedem in 30 dni.

## Stanje podzemnih voda

Opis je povzet iz Programa monitoringa stanja voda za obdobje 2010–2015 (ARSO, 2011).

Slovenija ima velike in razmeroma dobro ohranjene zaloge podzemnih voda, iz katerih se oskrbuje približno 97 odstotkov prebivalcev. Podzemne vode so pomembne tudi kot tehnološke vode za industrijo in v kmetijstvu za namakanje, vode iz globljih vodonosnikov pa za zdraviliški turizem in kot mineralne vode. V Sloveniji so trije pomembnejši tipi vodonosnikov, in sicer vodonosniki z medzrnsko poroznostjo v ravninskih delih rečnih dolin, razpoklinski vodonosniki pretežno v dolomitnih plasteh in kraški vodonosniki v plasteh apnenca na Krasu in Notranjskem ter v Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alpah. Slovenija je razdeljena na 21 vodnih teles podzemne vode, ki pomenijo prepoznaven in pomemben del podzemne vode v vodonosniku ali vodonosnikih. Na podlagi monitoringa se za ta vodna telesa ocenjujeta količinsko in kemijsko stanje.

Način in obseg monitoringa podzemnih voda ureja Pravilnik o monitoringu podzemnih voda (Uradni list RS, št. 31/09). Program vključuje spremljanje fizikalno-kemijskih parametrov za oceno kemijskega stanja in hidroloških pojavov, ki vključujejo parametre za oceno količinskega stanja. Program monitoringa količinskega stanja podzemnih voda je primarno usmerjen v zagotavljanje podatkov za oceno količin podzemnih voda oziroma odnosov med odvzemanjem in obnavljanjem podzemnih voda. Mreža merilnih mest mora biti načrtovana tako, da omogoča skladen in izčrpen pregled količinskega stanja podzemne vode in da se zazna pojav dolgoročnih trendov za parametre, na katere vpliva človekova dejavnost (hidrološki: gladina in pretok; fizikalno-kemijski: temperatura, električna prevodnost).

Količinsko stanje podzemnih voda se na podlagi zbranih in strokovno verificiranih podatkov ocenjuje z zaporedjem preizkusov, ki v večletnem obdobju upoštevajo spremembe v napajanju vodonosnikov in vpliv rabe vode na režim podzemne vode. Ocena količinskega stanja podzemnih voda temelji na vodnobilančnem preizkusu, ki izhaja iz ocene letne obnovljive količine podzemne vode in analize trendov gladin in pretokov. Ocena letnih obnovljivih količin podzemne vode je rezultat regionalnega vodnobilančnega modela GROWA-SI, ki je bil za Slovenijo prilagojen in umerjen v okviru sodelovanja Agencije RS za okolje in nemškega raziskovalnega centra Jülich.

Monitoring količinskega stanja podzemnih voda v vodnih telesih s prevladujočo medzrnsko poroznostjo bo v obdobju 2011–2015 potekal na 142 sedanjih merilnih mestih in predvidoma 46 novih merilnih mestih, ki bodo zgrajena ter opremljena z denarjem vodnega sklada in projekta BOBER, skupno torej na 188 merilnih mestih osnovne mreže vodomernih postaj. Monitoring količinskega stanja podzemne vode v vodnih telesih s prevladujočo kraško in razpoklinsko poroznostjo bo v obdobju 2011–2015 potekal na 21 merilnih mestih – izviri (vodostaj, temperatura vode, pretok izvirov) in štirih merilnih mestih – vrtinah (globina do podzemne vode, temperatura vode). V okviru nadaljnje opredelitve skupnega čezmejnega vodnega telesa podzemne vode Karavanke oziroma ocene smeri in hitrosti toka podzemne vode čez državno mejo je v obdobju 2011–2015 predvidenih pet merilnih mest, od katerih eno že deluje. Pri oceni količinskega stanja podzemnih voda se uporabljajo tudi podatki merilnih mest na vodotokih (program monitoringa površinskih voda) za ocenjevanje nizkih pretokov po metodi WUNDT oziroma za ocenjevanje napajanja vodonosnikov in pri umerjanju vodnobilančnega modela GROWA. Za te namene bo hidrološki monitoring v obdobju 2011–2015 potekal na 115 hidroloških merilnih postajah.

Na merilnih mestih z limnigrafii poteka prenos podatkov vsak mesec, na merilnih mestih z digitalnimi zapisovalniki pa vsake tri mesece. Na petih merilnih mestih na izviri Podroteja, Kamniška Bistrica, Veliki Obrh, Krupa in Bilpa potekajo kontrolne meritve in prenosi podatkov vsak mesec, na drugih pa na tri mesece. Podatki štirih samodejnih postaj za podzemne vode so prikazani na spletnih straneh ARSO. Pri tem je mogoč dostop do grafov in preglednic za en dan ter sedem in 30 dni.

## Medsektorsko povezovanje

Urad za meteorologijo ter Urad za hidrologijo in stanje okolja na ARSO sodelujeta pri pripravi biltena Hidrometeorološke razmere in stanje vodnih zalog v Sloveniji. Od junija 2012 izide vsakih 14 dni oziroma dodatno glede na sušne razmere. Objavljen je med novicami na osnovni strani ARSO. Vsebina biltena:

- povzetek stanja,
- meteorološke razmere,
- stanje vodotokov,
- stanje zalog podzemnih voda,
- stanje vodne bilance tal,
- možnosti.

## Sklepne misli

Pregled stanja v Sloveniji kaže na dobro sledenje suše, ki se je v zadnjih letih močno izboljšalo, manjkajo pa z zakonom določeni sprožilci, ki bi določali začetek različnih vrst suše. Slabo so definirani podlage (oziroma jih večinoma ni) za upravljanje vodnih virov, ukrepi za

zagotovitev vodnih potreb in zalog, komunikacija ter ocena stanja po suši. V Sloveniji se večina ukrepov trenutno dogaja po suši, nimamo pa definiranih preventivnih in sprotnih ukrepov. Prostor za združevanje informacij je pripravljen že znotraj ukrepov iz Akcijskega načrta prilagajanja slovenskega kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam za leti 2010 in 2011, ko je FURS postavil agrometeorološki portal, katerega cilj je povezati vsebine MKO, FURS, ARSO, URSZR, KIS in raziskovalnih organizacij. Portal še pripravljajo in polnijo z vsebinami.

Glede na to, da so v celotni JV Evropi že težave zaradi suše in se stanje še slabša, je izrednega pomena, da Slovenija kot vodilna država DMCSEE določi smernice, kako v okviru nacionalnega načrta za sušo pripraviti tudi dobro sledenje za učinkovito zgodnje obvladovanje suše.

## Viri in literatura

1. ARSO, 2010a. Predstavitev projekta Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji. Ljubljana.
2. ARSO, 2010b. Vode v Sloveniji. Ocena stanja voda za obdobje 2006–2008 po določilih okvirne direktive o vodah. Ljubljana.
3. ARSO, 2011. Program monitoringa stanja voda za obdobje 2010–2015. <http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Program%202010%20-%202015.pdf> [14. oktober 2013].
4. ARSO, 2013. Program hidrološkega monitoringa površinskih voda za leto 2013. <http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Program%20hidrolo%C5%A1kega%20monitoringa%20povr%C5%A1inskih%20voda%20za%20leto%202013.pdf> [7. november 2013].
5. ARSO, 2014. Agrometeorološki podatki.
6. BF, 2010. Ciljni raziskovalni program CRP V4-0478: Ocena vodnih perspektiv na območju Slovenije in možnost rabe vode v kmetijski pridelavi. Delovna naloga 3: Možnost rabe tekočih površinskih voda za namakanje kmetijskih površin. Končno poročilo, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 25–73.
7. EDO, 2014. <http://edo.jrc.ec.europa.eu/> [26. marec 2014].
8. ICPAC, 2013. <http://drought.icpac.net/> [13. oktober 2013].
9. NDMC, 2014. <http://droughtreporter.unl.edu/> [26. marec 2014].
10. Vernik, T., Vrščaj, B., 2009. Ciljni raziskovalni program Znanje za varnost in mir 2006–2010: Vzpostavitev sistema multidisciplinarnih informacij prostora za napovedovanje in ocenjevanje škod po naravnih nesrečah v kmetijstvu. Povzetek vsebin projekta. Končno poročilo, Ljubljana.
11. USDM, 2014. <http://droughtmonitor.unl.edu/> [18. marec 2014].