



IZBOLJŠANJE ODZIVA KMETIJSTVA NA PODNEBNE SPREMEMBE S SISTEMOM ZA PODPORO O ODLOČANJU O NAMAKANJU

doc. dr. MATJAŽ GLAVAN¹, dr. ROZALIJA CVEJIČ², LUKA HONZAK³,
URŠA PEČAN⁴, ŠPELA ŽELEZNIKAR⁵, prof. dr. MARINA PINTAR⁶

Povzetek

V okviru projekta LIFE VIVaCCAdapt (2016-2021) z naslovom Prilagajanje na vplive podnebnih sprememb v Vipavski dolini smo vzpostavili pilotni sistem za podporo odločanju o namakanju (SPON) z namenom učinkovitejše rabe vode za namakanje. V projektu sodeluje 35 kmetijskih gospodarstev. Ob finančni podpori Programa razvoja podeželja (ukrep Sodelovanje) in Evropskega inovativnega partnerstva v okviru projekta EIP PRO-PRIDELAVA (2018-2021) z naslovom Povečanje produktivnosti kmetijske pridelave z učinkovito in trajnostno rabo vode ter v sodelovanju z Agencijo Republike Slovenije za okolje (ARSO) bomo SPON prenesli na državno raven. Sodelujemo s šestimi kmetijskimi gospodarstvi iz Dolenjske, Posavja, Savinjske doline, Štajerske in Prekmurja. Sistem SPON temelji na izračunu vodne bilance z modelom IRRFIB (ARSO) ter poda priporočeni čas in obrok namakanja, pri čemer upošteva informacije o vodnozadrževalnih lastnostih tal, trenutni količini vode v tleh, potrebah rastlin po vodi glede na razvojno fazo in vremensko napoved. Dokončna integracija sistema SPON na ravni države bo izvedena do konca leta 2021 v okviru projekta PRO-PRIDELAVA.

Ključne besede: kmetijstvo, podnebne spremembe, sistem za podporo odločanju o namakanju.

Abstract

As part of the LIFE VIVaCCAdapt project (2016-2021) entitled Adaptation to the impacts of climate change in the Vipava Valley, we established a pilot system to support efficient irrigation decision-making (SPON) involving 35 agricultural holdings. With the financial support of the Rural Development Program (Cooperation measure) and the European Innovation Partnership, SPON will be within the EIP PRO-PRODUCTION project (2018-2021) entitled

¹ Doc. dr. Matjaž Glavan, univ. dipl. inž. agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.

² Dr. Rozalija Cvejič, univ. dipl. inž. agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.

³ Luka Honzak, univ. dipl. meteorol., BO – MO, d.o.o.

⁴ Urša Pečan, mag. inž. agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.

⁵ Špela Železnikar, mag. inž. agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.

⁶ Prof. dr. Marina Pintar, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.



Increasing the productivity of agricultural production through efficient and sustainable water use and in cooperation with the Environmental Agency of the Republic of Slovenia transferred to the national level. We cooperate with six agricultural holdings from Dolenjska, Posavje, Savinjska dolina, Štajerska and Prekmurje. The SPON system is based on the calculation of water balance with the IRRFIB model (ARSO) and gives the recommended irrigation time and installment, taking into account information on soil water retention properties, current soil water content, plant water need according to development phase and weather forecast. The final integration of SPON system at the state level will be carried out by the end of 2021 within the PRO-PRODUCTION project.

Keywords: agriculture, climate change, irrigation decision support system.

1. UVOD

Nizka produktivnost kmetijske pridelave v Sloveniji je med drugim tudi posledica prenizke produktivnosti rabe vode. Namakanje na kmetijskih gospodarstvih v Sloveniji večinoma poteka na pamet, brez uporabe informacij o ključnih dejavnikih za pravilno namakanje, tj. lastnosti tal, potrebe rastlin, ki so odvisne od trenutne razvojne faze rastline, ter vremena. Kmetje v Sloveniji praviloma namakajo preveč ali začno namakati prepozno in namakajo v premajhnih obrokih. Oboje negativno vpliva na produktivnost kmetijske pridelave, saj znižuje količino tržnega pridelka in tržno vrednost pridelka glede na vložena produkcijska sredstva. Zaradi tega slovenski kmetje ne dosegajo dovolj visoke konkurenčnosti na prehranskem trgu. Poleg tega neoptimalna oskrba rastlin z vodo v tleh ustvari pogoje, ki zavirajo porabo dodanih rastlinskih hranil ter posledično povzročajo spiranje hranil skozi talni profil na eni strani in čezmerno porabo vode za namakanje na drugi. Majhna produktivnost rabe vode z vidika finančne in okoljske trajnosti kmetijske pridelave ni primerna. Zato je projekt EIP PRO-PRIDELAVA namenjen razvoju nove tehnologije in prakse pridelave sadja (jabolka in češnje), žita (koruze), hmelja, zelenjave (paradižnik, krompir, zelje) ter namiznega grozdja s pomočjo optimizacije rabe vode pri namakanju. Tako bo projekt naslovil prispevek izboljšane produktivnosti kmetijske pridelave k razvoju učinkovite in trajnostne rabe vode.

Namen projekta je v kmetijski praksi promovirati visoko produktivnost kmetijske pridelave s pomočjo trajnostne rabe vode za namakanje na kmetijskem gospodarstvu ter zmanjšanje trenutnih in skupnih odvzemov iz vodnih virov za namakanje. Ključni cilji projekta so štirje.

(i) Vzpostaviti SISTEM ZA PODORO ODLOČANJU O NAMAKANJU (SPON) na državni ravni, ki združuje baze podatkov, relevantne za optimizacijo prakse namakanja. Natančno vodenje namakanja na ravni kmetije ne pomeni avtomatiziranega dodajanja fiksnih obrokov namakanja skozi celotno vegetacijsko sezono. Pri natančnem vodenju namakanja je treba upoštevati dinamiko gibanja rastlinam razpoložljive vode v tleh, ki je odvisna od vodozadrževalnih lastnosti tal in evapotranspiracije rastline, nanjo pa vplivajo še padavine. S spremljanjem količine vode v tleh vemo, koliko vse razpoložljive vode je v tleh in kako blizu smo kritični točki, ki pomeni

sušni stres rastline. Ob upoštevanju tega podatka, razvojne faze rastline in napovedi padavin ter evapotranspiracije natančno opredelimo (izračunamo) obrok namakanja. Ta ne preseže poljske kapacitete (ne povzroča spiranja) in je nad za rastlino kritično točko (nad točko sušnega stresa rastline). S tem uravnavamo izpostavljenost rastline sušnemu stresu in hkrati v tleh zagotavljamo pogoje za optimalno porabo dodanih rastlinskih hranil. Tako delujoč SPON bo na voljo na ARSO, kar bo omogočalo racionalnejšo izrabo obstoječe visoko zmogljive računalniške opreme. SPON, ki omogoča spremljanje rabe vode pri namakanju v realnem času, je predpogoj za odločanje o upravljanju namakanja, hkrati pa nujno orodje za doseganje racionalnejše in trajnejše rabe vode za namakanje.

(ii) Aplikirati SPON na ravni izbranih demonstracijskih kmetij in povečati produktivnost kmetijske pridelave skozi izboljšano prakso namakanja jabolk, češenj, koruze, hmelja, paradižnika, krompirja, zelja ter namiznega grozdja. Tehnična vzpostavitev SPON (vzpostavitev infrastrukture za spremljanje vode v tleh, modeliranje vodne bilance, upoštevajoč vremensko napoved) je le prvi korak. Aplikacija SPON na kmetiji v smislu uporabe napovedi namakanja za vodenje namakalnega sistema je učni proces. Najprej mora pridelovalec razumeti delovanje sistema. Pri tem koraku je pomembno razumevanje delovanja namakalne infrastrukture in pravočasno dovajanje vode v namakalni sistem. Ta korak pridelovalec izvede ob pomoči ostalih projektnih partnerjev (predvsem kmetijsko svetovalne službe in organizacije s področja izobraževanja). Na ta način bo projekt EIP prispeval k izboljšanju praks in tehnologij na področju rastlinske pridelave.

(iii) Dvigniti znanje o pomenu in kompetencah za izvajanje strokovno pravega namakanja na ravni demonstracijskih kmetij in širše (kmetij, ki niso del partnerstva, strokovnjakov, odločevalcev, študentov, laične javnosti). Ob uporabi SPON pridelovalec spremlja rast rastlin in preverja ustreznost oz. optimalnost priporočil, ki izhajajo iz SPON. Pri tem je pomembno sodelovanje s kmeti v učnem procesu, ki vodi iz namakanja na pamet v namakanje na podlagi meritev in je podkrepjeno z opazovanjem rasti rastlin. Pomoč pri pridobivanju novega znanja in prenosu znanj v prakso podpirajo projektni partnerji, predvsem sodelujoča izobraževalna organizacija kot tudi kmetijsko svetovalna služba. Praktične izkušnje pridelovalca in uporabnost SPON so predpogoj za pridruženje novih pridelovalcev v sistem.

(iv) Pripraviti izobraževalne vsebine (video) o strokovno pravilnem namakanju in njegovem pomenu za zvišanje produktivnosti kmetijske pridelave, trajnostno rabo vode in varstvo okolja ter izboljšati prepoznavnost SPON med kmeti, strokovnjaki, odločevalci, študenti, laično javnostjo in drugimi po Sloveniji. Dobro delujoč sistem SPON in pozitivne izkušnje pridelovalcev z demonstracijskih kmetij so predpogoj za dobro promocijo SPON kot tudi pridobivanje novih uporabnikov z razširjanjem rezultatov projekta. Eden od najprimernejših načinov širjenja nove tehnologije in prakse med ostale pridelovalce je način, pri katerem zainteresirani uporabnik nima na voljo samo teoretične predstavitve delovanja sistema, temveč ima možnost spoznati že obstoječega uporabnika in se z njim pogovoriti o njegovih izkušnjah, čemur bodo namenjeni praktični preizkusi tehnologij na demonstracijskih kmetijah. Da bi dosegli širok nabor potencialnih novih uporabnikov, bomo SPON aplikirali na širokem naboru kmetijskih kultur, od zelenjadarskih, poljedelskih, sadjarskih do vinogradniških. Prav tako imajo demonstracijske kmetije različna tla (od lahkih do težkih) in se nahajajo na različno okoljsko obremenjenih



lokacijah, kjer je zmanjšanje negativnih vplivov namakanja na vodno okolje pomemben del razvoja kmetijske prakse v prihodnje. Za namen izobraževanja o strokovno pravilnem namakanju in promociji SPON bo izdelan avdio-video material, ki bo prosto dostopen širokemu krogu zainteresiranih na spletu.

2. MATERIALI IN METODE

2.1 Določitev vodnozadrževalnih lastnosti tal

Vodnozadrževalne lastnosti tal opišemo z dvema točkama: poljska kapaciteta (PK) je največja količina vode, ki jo tla lahko zadržijo, točka venenja (TV) pa je količina vode v tleh, pri kateri rastline trajno uvenejo (Pintar, 2006) (Slika 1). Navadno sta podani kot masni ali volumski delež tal. Pomnoženi z globino tal, ki jo obravnavamo, podata količino vode v obravnavani globini tal. Rastline imajo različno sposobnost črpanja vode in so različno odporne proti suši. Do določene količine vode v tleh, ki ji pravimo kritična točka (KT), rastlina relativno lahko črpa vodo iz tal, pod to količino je rastlina v sušnem stresu. Kritična točka je odvisna od vrste rastline in sorte. KT izračunamo na podlagi faktorja p , ki označuje delež razpoložljive vode (RV), tj. razlika med PK in TV, ki je rastlinam lahko dostopna.

Koncepta poljske kapacitete pri tenziji 33 kPa in točke venenja pri 1500 kPa sta pogosto uporabljena za pojasnjevanje rastlinam dostopne vode v tleh (Evelt et al., 2019). Za potrebe upravljanja namakanja točko venenja tal določimo v laboratoriju. Z uporabo tlačne posode (Richards, 1941) vzorce tal izpostavimo tlaku 1500 kPa in gravimetrično določimo vsebnost vode, ki pri tem ostane v tleh. V praksi pogosto prihaja do razhajanj med laboratorijsko in terensko določenimi vodnozadrževalnimi lastnostmi tal. S splošno razširjenostjo natančnih merilnikov za kontinuirane meritve vsebnosti vode v tleh so postale razlike med laboratorijsko in terensko določeno poljsko kapaciteto ter točko venenja bolj očitne (Evelt et al., 2019). Poljsko kapaciteto tal lahko, po večji količini dodane vode, odčitamo iz grafov kontinuiranih meritev vsebnosti vode v tleh. Stopnja, do katere narašča vsebnost vode, je povezana s količino dodatne vode. Najvišja dosežena vsebnost vode začne hitro upadati, čez čas pa se upadanje vsebnosti vode v tleh upočasni. Presečišče med deloma krivulje s hitrim in počasnim upadanjem vsebnosti vode v tleh predstavlja poljsko kapaciteto lahkih tal (Zotarelli et al., 2010).

2.2 Modeliranje vodne bilance v tleh

Na vodno bilanco zgornjega sloja tal v globini korenin vplivajo evapotranspiracija, površinski odtok in globoko pronicanje na eni strani ter padavine, kapilarni dvig in namakanje na drugi, pri čemer sta v večini primerov glavna elementa padavine in evapotranspiracija. Meritve evapotranspiracije so zaradi številnih dejavnikov, ki vplivajo na ta proces, težavne in nenatančne, zato se pogosto uporabljajo empirične zveze za njen izračun. Potencialno evapotranspiracijo (ETC) izračunamo kot produkt koeficienta rastline (k_c) in referenčne evapotranspiracije (ET_0), pri čemer je koeficient rastline odvisen od rastline in fenofaze, v kateri se nahaja, referenčna evapotranspiracija pa je definirana kot evapotranspiracija z referenčne površine, ki jo pokriva travna ruša, visoka 12 centimetrov (Allen et al., 1998). Standardna metoda za izračun re-

ferenčne evapotranspiracije je Penman-Monteithova metoda, ki temelji na energijski bilanci (Allen et al., 1998).



Slika 1: Vzorčenje tal za določanje vodnozadrževalnih lastnosti tal in prikaz namestitve merilnih naprav za merjenje vsebnosti vode v tleh v nasađu

Časovni potek vodne bilance v tleh simuliramo z vodnobilančnimi modeli. Večina vodnobilančnih modelov za izračun uporablja glavna elementa (padavine in evapotranspiracijo), preostale pa zanemari. Vodnobilančni modeli se uporabljajo na različnih časovnih skalah (urnih, dnevni, mesečnih in letnih), za potrebe namakanja večinoma na dnevni časovni skali. Večina modelov predpostavi, da so tla v celotni globini korenin homogena in jih modelira kot eno plast. Prvi mesečni vodnobilančni modeli so bili razviti v ZDA v 40. letih 20. stoletja za potrebe hidrologije. V kmetijstvu so se prvi vodnobilančni modeli začeli uporabljati v 80. letih 20. stoletja v Avstraliji, na Nizozemskem in ZDA. Večina modelov izračunava vodno bilanco po metodologiji Organizacije ZN za hrano in kmetijstvo (FAO) (Allen et al., 1998). V Sloveniji se je uporaba vodnobilančnih modelov v kmetijstvu začela z letom 1994, ko so na Oddelku za agrometeorologijo Agencije Republike Slovenije za okolje razvili operativno orodje za sledenje vodne bilance kmetijskih rastlin – vodnobilančni model IRRFIB (Sušnik et al., 2006; Sušnik, 2014).

2.3 Model IRRFIB

Vodnobilančni model IRRFIB izračuna obrok namakanja za določeno kulturo ob uporabi vhodnih podatkov o tleh, fenologiji in načinu namakanja ter petdnevne napovedi potencialne evapotranspiracije in količine padavin.

IRRFIB je v osnovi mišljen za neprekinjeno delovanje čez celotno rastno sezono, pri čemer na začetku predpostavimo, da je količina vode v tleh enaka PK. Vnaprej je treba podati datume nastopa posameznih fenofaz, ki se prilagodijo in popravijo v času dejanskega nastopa fenofaze. Dodatno se lahko simulacija popravlja tudi z meritvami količine vode v tleh.



Vodna bilanca (VB) na i-ti dan se izračuna kot

$VB(i) [mm] = VB(i-1) [mm] + padavine(i) [mm] - ETC(i) [mm] + Vv(N) [mm]$,
pri čemer je Vv (N) zaloga vode iz preteklih dni, če je zaradi večje količine padavin nastal presežek vode nad vrednostjo pri PK.

Pri izračunu se upoštevajo še naslednji pogoji: (i) če je VB večja kot količina vode pri PK na določeni globini, se jo nastavi na PK in presežek shrani v Vv; (ii) če je VB nižja od količine vode pri TV na določeni globini, se jo nastavi na TV; (iii) če je VB manjša od količine vode pri KT na določeni globini (rastlina je v sušnem stresu), se ETC zmanjša za polovico.

Koeficient rastleine kc in globino korenin za posamezen dan IRRFIB izračuna iz datuma nastopa trenutne fenofaze ter predvidenega nastopa naslednje z linearno shemo.

IRRFIB lahko izračuna količino vode, potrebne za namakanje, na podlagi različnih kriterijev (t. i. namakalnih strategij), in sicer: (i) namakanje do PK (ko VB pade pod KT, namaka vsak dan z maksimalno količino, dokler ne doseže PK); (ii) namakanje z obrokom (ko VB pade pod KT, namoči z maksimalno količino); (iii) kapljično namakanje (namoči s količino, ki pokriva dnevno izgubo, tj. ETC-padavine). Podrobnejši opis modela je dostopen v Sušnik (2014) in Valher (2016).

2.4 Natančne meritve vsebnosti vode v tleh

Čeprav so merilniki za meritve vsebnosti vode v tleh že opremljeni s tovarniško kalibracijsko funkcijo, ki pretvarja surove vrednosti (npr. mV) v volumsko vsebnost vode, lahko različne talne lastnosti, kot so delež gline in organske snovi, gostota tal in električna prevodnost, vplivajo na točnost meritev (Fares in Alva, 2000; Matula et al., 2016; Provenzano et al., 2015; Sevostianova et al., 2015). Zaradi tega je za zanesljive meritve vsebnosti vode v tleh priporočljiva izvedba talno specifične kalibracije dielektričnih merilnikov (Parvin in Degre, 2016). Vsi merilniki, ki jih uporabljamo v SPON, so bili talno specifično kalibrirani v neporušnem vzorcu tal v laboratoriju (Slika 1).

3. REZULTATI

3.1 SPON

SPON temelji na vodnobilančnem modelu IRRFIB, ki je v osnovi namenjen za kontinuiran zaigon za celotno rastno sezono, zato so bile potrebne določene prilagoditve. Z namenom, da čim manj posegamo v izvorno kodo modela, so bile dodatne funkcionalnosti (minimalni obrok namakanja, učinkovitost namakanja na podlagi tehnologije namakanja ipd.) razvite zunaj modela. V IRRFIB smo implementirali le dve dodatni strategiji namakanja, in sicer (i) namakanje do PK ter (ii) namakanje do 85 % RV, torej do točke, kjer je

$TV + 0,85 * RV$ oz. $TV + 0,85 * (PK - TV)$.

Za vsako kulturo smo določili do sedem fenofaz, ki so pomembne za namakanje. Pripadajoče koeficiente rastleine kc in globine korenin ob nastopu posamezne fenofaze smo privzeli po Pintar (2003, 2006).

Za izračun vodne bilance za določen dan potrebujemo tudi čas nastopa trenutne fenofaze in predviden čas nastopa naslednje fenofaze. Na podlagi Pintar (2003, 2006) smo določili začetek prve fenofaze in dolžino trajanja posameznih fenofaz.

SPON je sestavljen iz podatkovne baze in štirih modulov. V podatkovni bazi so shranjeni podatki o:

- uporabnikih oz. poljih (kultura in lokacija), podatkih o tleh (poljska kapaciteta in točka venenja), namakanju (rastlinjak, zastirka, tehnologija namakanja, minimalni in maksimalni obrok namakanja, strategija namakanja ipd.);
- kulturah, in sicer koeficienti rastleine in efektivna globina korenin za vsako fenološko fazo, faktor p , trajanje posamezne fenofaze;
- vremenski napovedi, meritvah vode v tleh in napovedi namakanja.

Modul »Meritve vode v tleh« pridobi podatke o meritvah vode v tleh (s sondo s strežnika ponudnika opreme), izračuna kalibrirane vrednosti in jih shrani v podatkovno bazo.

Modul »Vremenska napoved« prenese napoved dnevne ET0 in padavin, ki jih ARSO pripravi za 15 regij (<http://www.meteo.si/met/sl/agromet/forecast/>), ter napovedi shrani v podatkovno bazo.

Modul »Program za izračun potreb po namakanju« temelji na modelu IRRFIB. Modul pripravi vhodne datoteke za IRRFIB, ga požene in na podlagi rezultatov modela izračuna priporočilo za namakanje ter ga vpiše v podatkovno bazo. Izračuni se zaženejo vsak dan med rastno sezono po 9. uri zjutraj. Ko so na voljo rezultati, se uporabnikom SPON pošlje elektronsko sporočilo s priporočilom za namakanje. Elektronsko sporočilo je sestavljeno iz treh delov (Slika 2):

- priporočila za namakanje, kjer so v tabelarični obliki podane napovedi ETC in padavin, priporočena količina vode za namakanje za 5 dni v mm in m³ ter trajanje namakanja v h;
- grafa meritev količine vode v tleh za preteklih 5 dni, ki se nahaja v pripombi elektronskega sporočila; na grafu so označene tudi značilne točke (PK, KT, TV);
- fenologije, in sicer trenutne fenofaze z datumom njenega nastopa, naslednje fenofaze s predvidenim datumom začetka, prejšnja fenofaza z datumom njenega začetka ter povezave do spletnega vmesnika, kjer je mogoče spremeniti trenutno fenološko fazo.

Modul spletni vmesnik je razdeljen na štiri področja (Slika 3):

- priporočila za namakanje, kjer so, tako kot v elektronskem sporočilu, v tabelarični obliki podane napovedi ETC in padavin ter priporočena količina vode za namakanje;
- graf meritev količine vode v tleh za prejšnjih 7, 30 oz. 90 dni; na grafu so označene tudi značilne točke tal;
- sprememba fenofaze, kjer lahko uporabnik potrdi ali spremeni datum nastopa trenutne, prejšnje in naslednje fenofaze;
- uporabniške nastavitve, kjer lahko uporabnik pregleda nastavitve o kulturi, lokaciji, podatkih o tleh (PK, KT) ter namakanju (zastirki, tehnologiji namakanja, minimalnem in maksimalnem obroku namakanja, intenziteti namakanja, strategiji namakanja).

Vmesnik je oblikovan na t. i. odzivni način, kar omogoča uporabo na vseh vrstah naprav (računalnik, tablica, telefon).



Priporočilo za namakanje

Datum izdelane priporočila: 18.06.2020

Dan	Padevina (mm)	Evapotranspiracija (mm)	Količina vode za namakanje (mm oz. L/m ²)	Količina vode za namakanje (m ³)	Trajanje namakanja (h)
10.06.2020	1.10	1.79	0.00	0	0.0
11.06.2020	0.80	4.02	5.97	232	1.2
12.06.2020	0.00	5.90	6.54	254	1.3
13.06.2020	0.00	7.33	8.13	316	1.6
14.06.2020	10.80	5.10	0.00	0	0.0

Graf meritev količine vode v tleh

Graf meritev za preteklih 5 dni se nahaja v preporočilu. Za ogled meritev za pretekli mesec uporabite spletni vmesnik.

Fenologija

Trenutna fenofaza

Opis: Razvoj plodov; plodovi 10 - 40 mm; 71 - 74
Datum začetka: 04.05.2020

Naslednja fenofaza

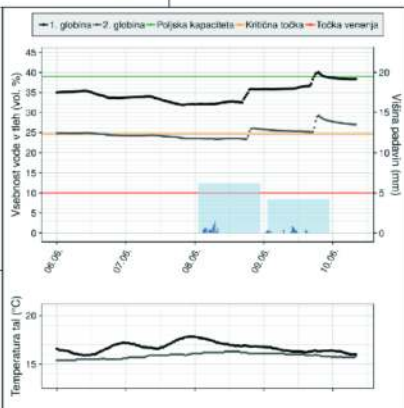
Opis: Plodovi 1/2 - 90% končne velikosti; 75 - 79
Predviden datum začetka: 18.06.2020

Prejšnja fenofaza

Opis: Razvoj socvetij; 51 - 59 in cvetenje; 60-69
Datum začetka: 30.03.2020

Sprememba fenofaze

Za spremembo fenofaze uporabite spletni vmesnik.



Slika 2: Primer elektronskega sporočila sistema SPON s priporočilom za namakanje, ki ga prejme uporabnik.

4. RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

SPON izračuna priporočeni čas in obrok namakanja za pet dni vnaprej, pri čemer upošteva informacije o vodnozadrževalnih lastnostih tal, trenutne meritve količine vode v tleh, potrebe rastline po vodi glede na fenofazo in vremensko napoved.

SPON je bil pripravljen v okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt in ga je 35 kmetovalcev začelo uporabljati že v letu 2019. Nadgradili smo ga v okviru projekta EIP PRO-PRIDELAVA, kjer ga šest pridelovalcev uporablja od letošnjega leta. Za širšo uporabo je treba v podatkovno bazo vnesti le začetek prve fenofaze in dolžino fenofaz po različnih regijah, za kar se lahko uporabi podatke iz Pintar (2003, 2006). Dokončna integracija sistema SPON na ravni države bo izvedena do konca leta 2021.

SPON je pripravljen tako, da posega v izvorno kodo vodnobilančnega modela IRRFIB le minimalno, kar omogoča uporabo SPON tudi v primeru nadgradnje modela IRRFIB.

Pomanjkljivost SPON je enačenje uporabnika in namakalne enote (njiva/sadovnjak), kar pomeni, da en uporabnik ne more imeti več namakalnih površin oz. se mora registrirati za vsako enoto posebej. Poleg tega je SPON v trenutni obliki primeren za manjše število uporabnikov (do nekaj sto), zato bo ob širši uporabi potreboval večjo nadgradnjo.

SPON - Sistem za avtomatsko optimizacijo namakanja

PRO-PRIDELAVA

Spletni vmesnik

Dizajnirano za namakanje

Dan	Padevina (mm)	Evapotranspiracija (mm)	Količina vode za namakanje (mm oz. L/m ²)	Količina vode za namakanje (m ³)	Trajanje namakanja (h)
10.06	1.10	1.79	0.00	0	0.0
11.06	0.80	4.02	5.97	232	1.2
12.06	0.00	5.90	6.54	254	1.3
13.06	0.00	7.33	8.13	316	1.6
14.06	10.80	5.10	0.00	0	0.0

Meritev količine vode v tleh

Sprememba fenološke faze

Upraviteljske nastavitve

Trenutna fenološka faza
Opis: Razvoj plodov; plodovi 10 - 40 mm; 71 - 74
Datum začetka: 04.05.2020

Naslednja fenološka faza
Opis: Plodovi 1/2 - 90% končne velikosti; 75 - 79
Predviden datum začetka: 18.06.2020

Prejšnja fenološka faza
Opis: Razvoj socvetij; 51 - 59 in cvetenje; 60-69
Datum začetka: 30.03.2020

Vireno spreminjanje fenološke faze
Naziv: Za naslednjo fazo se še ni začelo, zaradi se bo šel
Datum: 18.06.2020

Prilagoditev fenološke faze
Naziv: Prilagoditev je za naslednjo fenološko fazo
Datum: 18.06.2020

Slika 3: Modul spletni vmesnik SPON

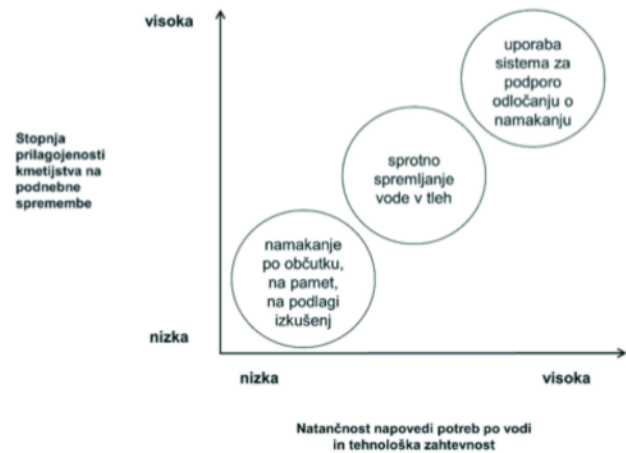


V SPON so možne dodatne izboljšave, npr. implementacija dodatnih strategij v model IRRFIB. SPON bi v vsakdanje aktivnosti pridelovalca, ki so povezane z vodenjem namakanja na kmetiji, bolj vključili z razvojem SPON aplikacije za pametni telefon.

Za kakovostne napovedi je treba ustrezno določiti vodnozadrževalne lastnosti tal: poljsko kapaciteto, ki je zaradi razhajanj med laboratorijsko določbo in terenskim stanjem najtočneje določena iz grafa kontinuiranih meritev vsebnosti vode v tleh, ter točko vnenja, ki je v praksi najbolj zanesljivo določena z uporabo tlačne posode. Velik izziv pri vpeljavi SPON je tudi merilna oprema: za točne meritve vsebnosti vode v tleh moramo preveriti, ali je v danih tleh, ob uporabi izbranega merilnika, potrebna uporaba talno specifične kalibracije; kam merilnike namestiti, da so meritve čim bolj reprezentativne za celotno njivo oz. sadovnjak; kdo bo opremo strokovno vgradil in preverjal, ali deluje pravilno.

Največji izziv je zagotovo izobraževanje pridelovalcev za povečanje zavedanja o strokovno pravilnem namakanju. To v naših podnebni razmerah zajema predvsem čas začetka namakanja, količino vode v obroku ter ohranjanje količine vode v tleh med poljsko kapaciteto (ali malo pod njo) in kritično točko (KT). Dopolnjevanje je treba tudi znanje o lastnostih tal in poznavanje potreb rastlin po vodi v različnih fazah razvoja rastline.

Iz dosedanjih izkušenj v projektu LIFE VIVaCCAdapt in po poročanjih raziskovalcev iz tujine lahko sklenemo, da je uvajanje inovativnih tehnologij v kmetijstvo proces, ki zahteva čas in ne zagotavlja sprememb čez noč. Pri tem je pomembno individualno delo s pridelovalci. Na ta način bodo pridelovalci v nekaj letih (pričakovano je obdobje pet let) postopoma prešli z odločanja o namakanju po občutku na sprotno (dnevno) spremljanje vsebnosti vode v tleh ter bodo začeli v odločanje o namakanju vključevati tudi SPON. S tem bodo prešli s tehnološko manj zahtevnih orodij na tehnološko bolj zahtevna in povečali tudi stopnjo prilagojenosti kmetijstva na podnebne spremembe (Slika 4). Simulacije in izkušnje iz projekta LIFE VIVaCCAdapt kažejo, da so s postopnim uvajanjem SPON v odločanje o namakanju in postopno vpeljavo manjših (85 % kapacitete tal za vodo), a pogostejših obrokov namakanja možni povprečni prihranki vode (25 %) in energije (24 %), prav tako pa se v povprečju zmanjšajo tudi CO₂ emisije (24 %), ki nastajajo zaradi namakanja.



Slika 4: Stopnja prilagojenosti kmetijstva na podnebne spremembe v odvisnosti od natančnosti napovedi potreb po vodi

ZAHVALA

Pripravo prispevka sta omogočila projekt LIFE VIVaCCAdapt (Prilaganje na vplive podnebnih sprememb v Vipavski dolini (LIFE15 CCA/SI/000070)), ki je sofinanciran tako s strani Evropske komisije (60 %) kot Ministrstva za okolje in prostor Republike Slovenije (20 %), ter projekt EIP PRO-PRIDELAVA (33133-1005/2018/19) (Povečanje produktivnosti kmetijske pridelave z učinkovito in trajnostno rabo vode), ki je sofinanciran s strani tako Evropskega kmetijskega sklada za razvoj podeželja (80 %) kot Programa razvoja podeželja Republike Slovenije (20 %). Agenciji Republike Slovenije za okolje se zahvaljujemo za pravico do uporabe modela IRRFIB.

LITERATURA IN VIRI

- Allen, R. G., Perreira, L. S., Raes, D. in Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Food and Agriculture Organization.
- Evelt, S. R., Stone, K. C., Schwartz, R. C., O'Shaughnessy, S. A., Colaizzi, P. D., Anderson, S. K. in Anderson, D. J., 2019. Resolving discrepancies between laboratory-determined field capacity values and field



- water content observations: implications for irrigation management. *Irrig. Sci.* 37, 751–759. <https://doi.org/10.1007/s00271-019-00644-4>
3. Fares, A. In Alva, A. K., 2000. Evaluation of capacitance probes for optimal irrigation of citrus through soil moisture monitoring in an entisol profile. *Irrig. Sci.* 19, 57–64. <https://doi.org/10.1007/s002710050001>
 4. Matula, S., Bat'kova, K. in Legese, W. L., 2016. Laboratory performance of five selected soil moisture sensors applying factory and own calibration equations for two soil media of different bulk density and salinity levels. *Sensors* 16, 1912. <https://doi.org/10.3390/s16111912>
 5. Parvin, N. In Degre, A., 2016. Soil-specific calibration of capacitance sensors considering clay content and bulk density. *Soil Research* 54. <https://doi.org/10.1071/SR15036>
 6. Pintar, M., 2003. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v severovzhodni Sloveniji. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.
 7. Pintar, M., 2006. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v zahodni, osrednji in južni Sloveniji. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.
 8. Provenzano, G., Rallo, G. in Ghazouani, H., 2015. Assessing field and laboratory calibration protocols for the diviner 2000 probe in a range of soils with different textures. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 142, 04015040. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000950](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000950)
 9. Richards, L. A., 1941. A pressure-membrane extraction apparatus for soil solution. *Soil Science* 51, 377–386. <https://doi.org/10.1097/00010694-194105000-00005>
 10. Sevostianova, E., Deb, S., Serena, M., VanLeeuwen, D. in Leinauer, B., 2015. Accuracy of two electromagnetic soil water content sensors in saline soils. *Soil Science Society of America Journal* 79, 1752. <https://doi.org/10.2136/sssaj2015.07.0271>
 11. Sušnik, A., Matajc, I. In Kodrič, I., 2006. Agrometeorological support of fruit production: application in SW Slovenia. *Meteorological Applications*, 13(51): 81–86, doi: 10.1017/S1350482706002581.
 12. Sušnik, A., 2014. Zasnove kazalcev spremljanja suše na kmetijskih površinah. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.
 13. Valher, A., 2016. Primerjava modelov za računanje vodne bilance tal. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko.
 14. Zotarelli, L., Dukes, M. In Morgan, K., 2010. Interpretation of soil moisture content to determine soil field capacity and avoid over-irrigating sandy soils using soil moisture sensors. (1–7) Gainesville, FL: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. Dostopno na: <https://edis.fas.ufl.edu/pdffiles/AE/AE46000.pdf> [27. 7. 2020].