

PILOTNI SISTEM ZA PODORO ODLOČANJU V NAMAKANJU (SPON)

Luka Honzak, univ. dipl. meteorol., BO – MO, d.o.o., Bratovševa ploščad 4, 1000 Ljubljana in Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: luka@bo-mo.si

dr. Rozalija Cvejić, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: rozalija.cvejic@bf.uni-lj.si

Špela Železnikar, mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: spela.zeleznikar@bf.uni-lj.si

doc. dr. Matjaž Glavan, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

Prof. dr. Marina Pintar, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

Povzetek

V okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt (2016-2021) z naslovom Prilagajanje na vplive podnebnih sprememb v Vipavski dolini (LIFE15 CCA/SI/000070) smo vzpostavili pilotni sistem za podporo odločanju o namakanju (SPON) z namenom učinkovitejše rabe vode za namakanje. V projektu sodeluje 35 kmetijskih gospodarstev iz Vipavske doline. SPON bomo v okviru Programa razvoja podeželja, ukrepa Sodelovanje, projekta EIP PRO-PRIDELAVA (2018-2021) z naslovom Povečanje produktivnosti kmetijske pridelave z učinkovito in trajnostno rabo vode v sodelovanju z Agencijo RS za okolje prenesli na državno raven pri čemer sodelujemo s 6 kmetijskimi gospodarstvi iz Dolenjske, Posavja, Savinjske doline, Štajerke in Prekmurja, ki izvajajo različne kmetijske prakse (vrtnarstvo, sadjarstvo, namizno grozdje, poljedelstvo, hmeljarstvo). Sistem SPON temelji na izračunu vodne bilance z modelom Agencije Republike Slovenije za okolje IRRFIB in poda priporočeni čas in obrok namakanja, pri čemer upošteva informacije o vodnozadrževalnih lastnostih tal, trenutno količino vode v tleh,

potrebo rastline po vodi glede na razvojno fazo in vremensko napoved. Pridelovalci projekta ViVaCCAdpat so s testno uporabo sistema začeli v letu 2019. Dokončno integracija na nivoju države bo izvedena do konca leta 2021 v okviru projekta PRO-PRIDELAVA. V prispevku podrobneje opišemo SPON in njegovo delovanje.

Uvod

V Sloveniji imamo nekajdesetletne izkušnje z namakanjem, ki ga zaradi le občasnega pojavljanja suš, manj zaostrenih tržnih razmer in okoljskih zahtev uvajamo precej nesistematično in s premajhno podporo kmetijske stroke. Posledica tega je pomanjkanje znanja in informacij o strokovno pravilnem namakanju med uporabniki namakalnih sistemov. Zaradi tega uporabniki namakalnih sistemov pogosto namakajo po občutku in na podlagi preteklih izkušenj (Cvejić in sod., 2013). Tako so količine vode, dodane v enem obroku, pogosto prevelike in presežejo vodnozadrževalne lastnosti tal, kar vodi v vodne izgube. Po drugi strani pridelovalci v rastni dobi pogosto začno

namakati prepozno (Zupanc in sod., 2016). Prekomerno namakanje vodi tudi v okoljske probleme, saj se pri takšnem namakanju hranila pospešeno izpirajo iz talnega profila, prav tako ostanki sredstev za varstvo rastlin, ki jih morajo kmetje uporabiti pogosteje zaradi povečanega pojava rastlinskih bolezni ob prekomernem namakanju.

Enako slabo za okolje je tudi pojavljanje suše oz. opuščanje namakanja, saj v tem primeru hranila v tleh ostajajo neporabljena oz. se ostanki sredstev za varstvo rastlin v suhih tleh slabše razgrajujejo in oboje večje padavine izperejo v podzemno vodo. Ena od rešitev so sistemi za napoved namakanja - v Sloveniji dva taka že obstajata. Šibka točka sistema v Savinjski dolini je, da meritve količine vode v tleh izvajajo z gravimetrično metodo, ki daje rezultate z dnevним zamikom in zahteva veliko ročnega dela. Poleg tega ne vključuje vremenske napovedi, s čimer se lahko močno racionalizira porabo vode. Napoved namakanja z vodnobilančnim modelom IRRFIB, ki ga operativno poganjajo na Agenciji Republike Slovenije (ARSO), in ga uporabljajo nekatere kmetijsko svetovalne službe, temelji le na modelirani vodni bilanci in ne vključuje meritev količine vode v tleh.

Razvoj sistema za podporo odločanju v namakanju (SPON), ki odpravlja pomanjkljivosti obstoječih rešitev, poteka v okviru prvega slovenskega LIFE projekta s področja prilagajanja podnebnih spremembam, LIFE ViVaCCAdapt z naslovom Prilaganje na vplive podnebnih sprememb v Vipavski dolini (<http://www.life-vivaccadapt.si/>), ki se je začel 1. 7. 2016 in bo potekal do 30. 6. 2021.

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 ter 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 (ET_c) 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 cm (Allen in sod., 1998). Standardna metoda za izračun referenčne evapotranspiracije je Penman-Monteithova metoda, ki temelji na energijski bilanci (Allen in sod., 1998).

Vodnozadrževalne lastnosti tal opišemo z dvema točkama: poljska kapaciteta (PK) je največja koli-

čina vode, ki jo tla lahko zadržijo, točka venenja (TV) pa je količina vode v tleh, pri kateri rastline trajno ovenijo (Pintar, 2006). 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 na sušo. 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), to je razlika med PK in TV, ki je rastlinam lahko dostopna.

Časovni potek vodne bilance v tleh simuliramo z vodnobilančnimi modeli. Večina vodnobilančnih modelov za izračun uporablja glavna elementa (padavine in evapotranspiracijo), ostale 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 v ZDA. Danes obstaja mnogo vodnobilančnih modelov, od bolj preprostih kot npr. AQUACROP, CROPWAT, SIMPEL, do bolj kompleksnih, ki vsebujejo večje število parametrov, kot sta npr. SWAP in WINISAREG. Večina modelov izračunava vodno bilanco po metodologiji Organizacije ZN za hrano in kmetijstvo FAO (Allen in sod. 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 (ARSO) razvili operativno orodje za sledenje vodne bilance kmetijskih rastlin – vodnobilančni model IRRFIB. IRRFIB je bil uporabljen za sledenje vodne bilance nenamakanih rastlin ter ugotavljanje količinskega primanjkljaja vode za kmetijske rastline oziroma sušnega stresa (Sušnik in Valher, 2012; 2013; 2014), kot orodje za analize porabe vode pri kmetijskih rastlinah, medletne variabilnosti pridelka in potreb rastlin po namakanju na različnih tleh ter za številne agrohidrološke razmere (Pintar, 2009; Sušnik in sod., 2006), in v študijah vpliva podnebnih sprememb in variabilnosti suš ter vodnega primanjkljaja (Valher, 2016).

Študije z vodnobilančnimi modeli v Sloveniji med drugim zajemajo tudi ugotavljanje sušnih razmer v Sloveniji z modelom SIMPEL (Ipavec, 2007), analizo vodnega primanjkljaja ter dejanske evapotranspiracije v Evropi z modelom swbEWA (Kurnik, 2014) ter primerjavo modelov IRRFIB in WINISAREG (Valher, 2016).

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 potrebno podati datume nastopa posameznih fenofaz, ki se jih prilagodi in popravi 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:

$$VB(i) [mm] = VB(i-1) [mm] + \text{padavine}(i) [mm] - ET_c(i) [mm] + Vv(N) [mm],$$

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) v kolikor je VB večja kot količina vode pri PK na določeni globini, se jo nastavi na PK in presežek shrani v Vv , (ii) v kolikor je VB nižja od količine vode pri TV na določeni globini, se jo nastavi na TV, (iii) v kolikor je VB manjša od količine vode pri KT na določeni globini (rastlina je v sušnem stresu), se ET_c zmanjša za polovico.

Koeficient rastline k_c in globino korenin za posamezen dan IRRFIB izračuna iz datuma nastopa trenutne fenofaze in 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) in (iii) kapljično namakanje (namoči s količino, ki pokrije dnevno izgubo, t. j. ET_c -padavine).

Podrobnejši opis modela je dostopen v Sušnik (2014) in Valher (2016).

Sistem za podporo odločanju o namakanju (SPON)

SPON temelji na vodnobilančnem modelu IRRFIB, ki je v osnovi namenjen za kontinuiran zagon za celotno rastno sezono, zato so bile potrebne določene prilagoditve. Z namenom, da čim manj posegamo v izvirno kodo modela so bile dodatne funkcionalnosti (minimalni obrok namakanja, učinkovitost namakanja na podlagi tehnologije namakanja itd.) razvite izven modela. V IRRFIB

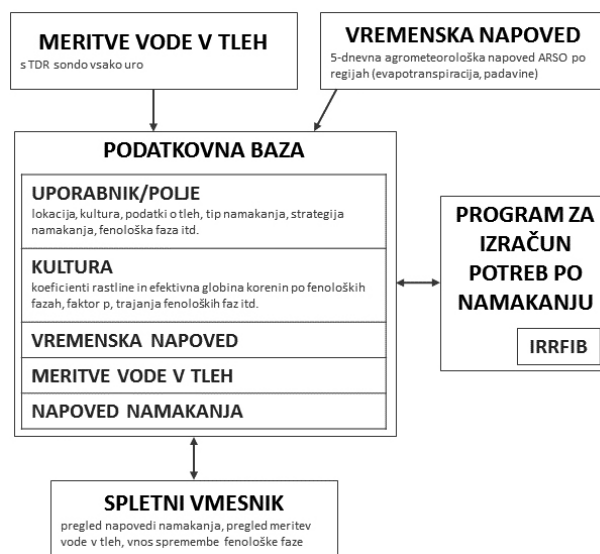
smo implementirali le dve dodatni strategiji namakanja, in sicer (i) namakanje do PK in (ii) namakanje do 85% RV, torej do točke, kjer je $TV+0,85*RV$ oz. $TV+0,85*(PK-TV)$.

Fenofaze ter pripadajoče koeficiente rastline k_c in globine korenin ob nastopu posamezne fenofaze smo privzeli po Pintar (2006), kjer je definiranih 5 razvojnih faz, in sicer: (1) setev, sajenje (do vznika oz. prijema sadik), (2) ozelenitev, razvoj prvih pravih listov, (3) začetek intenzivne rasti in razvoja posevka, (4) začetek zavijanja glav, debeljenje korenov, razvoja plodov in (5) prehod v tehnološko zrelost, postopno spravilo pridelka.

Za izračun vodne bilance za določen dan potrebujemo vedeti čas nastopa trenutne fenofaze in čas nastopa naslednje fenofaze. Zato smo na podlagi Pintar (2006) določili začetek prve fenofaze ter dolžino trajanja posameznih fenofaz.

SPON je sestavljen iz podatkovne baze in štirih modulov (slika 1). V podatkovni bazi so shranjeni podatki o:

- uporabnikih oz. poljih, in sicer: lokacija, kultura, podatki o tleh (PK in TV), tehnologija namakanja (kapljično, mikrorazpršilci - sadje, mikrorazpršilci - vrtnine, razpršilci), najmanjši in največji obrok, ali uporabljajo zastirko, v kolikor je narejena kalibracija merilnika količine vode v tleh parametri kalibracijske krivulje, strategija namakanja, začetek trenutne fenofaze,
- kulturah, in sicer: koeficienti rastline in efektivna globina korenin za vsako fenološko fazo, faktor p , trajanje posamezne fenofaze,
- vremenske napovedi, meritve vode v tleh in napovedi namakanja.



Slika 1: Sestava sistema SPON iz centralne podatkovne baze in štirih modulov

Modul »Meritve vode v tleh« pridobi podatke o meritvah vode v tleh (v primeru projekta LIFE Vi-

VaCCAdapt in EIP PRO-PRIDELAVA s TDR sondo s strežnika ponudnika), izračuna kalibrirane vrednosti, v kolikor je kalibracija podana, in jih shrani v podatkovno bazo. Modul »Vremenska napoved« prenesa napoved dnevne ET_0 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 in ga vpiše v podatkovno bazo. Izračuni se zaženejo vsak dan tekom rastne sezone po 9. uri zjutraj. Ko so na voljo rezultati, se uporabnikom SPON pošlje elektronsko sporočilo s priporočilom za namakanje (slika 2).

Elektronsko sporočilo je sestavljeno iz treh delov:

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

Priporočilo za namakanje

Datum izdanega priporočila: **26.08.2019**

Datum	Padavine (mm)	Evapotranspiracija (mm)	Količina vode za namakanje (L/m^2)	Količina vode za namakanje (m^3/ha)
26.08.2019	9.00	3.76	0.00	0
27.08.2019	0.10	4.90	0.00	0
28.08.2019	0.00	4.09	5.33	53.3
29.08.2019	0.10	4.42	6.29	62.9
30.08.2019	1.40	5.87	6.51	65.1

Graf meritev količine vode v tleh

Graf meritev za preteklih 5 dni se nahaja v priponki. Za ogled meritev za pretekli mesec uporabite [spletni vmesnik](#).

Fenologija

Trenutna fenofaza

Opis: Cvetenje; 60-69
Datum začetka: **08.06.2019**

Naslednja fenofaza

Opis: Debelitev plodov in zorenje; 81-89
Predviden datum začetka: **27.08.2019**

Prejšnja fenofaza

Opis: Intenzivna rast poganjkov 31-39
Datum začetka: **30.03.2019**

Sprememba fenofaze

Za spremembo fenofaze uporabite [spletni vmesnik](#).

© 2018-2019 - BO-MO.d.o.o., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, ARSO Vreme

SPON je bil razvit v okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt (LIFE15 CCA/SI/000070). Več informacij o projektu je na voljo na [spletni strani projekta](#).

Avtorji SPON ne prevzemajo nikakršne odgovornosti za točnost informacij in morebitno škodo, ki bi nastala zaradi odločitev sprejetih na podlagi pridobljenega priporočila za namakanje.

Slika 2: Primer elektronskega sporočila sistema SPON s priporočilom za namakanje

Modul spletni vmesnik je razdeljen na štiri področja, in sicer:

- priporočilo za namakanje, kjer so, tako kot v elektronskem sporočilu, v tabelarični obliki podane napovedi ET_c , padavin ter priporočena količina vode za namakanje,
- graf meritev količine vode v tleh za prejšnji teden oz. mesec; na grafu so označene tudi značilne točke tal,
- sprememba fenofaze, kjer lahko uporabnik vidi datum nastopa trenutne fenofaze in predvidenim datum začetka naslednje ter popravi trenutno fenofazo,
- uporabniške nastavitve, kjer lahko uporabnik pregleda nastavitve o kulturi, lokaciji, podatkih o tleh (PK, KT, TV), zastirki, tehnologiji namakanja, minimalnem in maksimalnem obroku namakanja, strategiji namakanja itd.

Vmesnik je oblikovan na t. i. odzivni način, tako da je mogoča uporaba na vseh vrstah naprav (računalnik, tablica, telefon).

Zaključki

SPON izračuna priporočeni čas in obrok namakanja za 5 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 je trenutno omejen za uporabo na območju Vipavske doline, kjer bo 35 kmetovalcev začelo z njegovo uporabo v letu 2019. Osnova za uporabo na celotnem območju Slovenije je že pripravljena, v podatkovno bazo je potrebno le vnesti začetek prve fenofaze ter dolžino fenofaz po različnih regijah (Pintar, 2003; 2006). Prenos sistema SPON na druga območja se izvaja v okviru projekta PRO-PRIDELAVA, ki se financira iz Evropskega partnerstva za inovacije (EIP), iz ukrepa M16 Sodelovanje v okviru Programa razvoja podeželja Republike Slovenije 2014-2020 (BF-UL, 2019). SPON bo s prenosom na Agencijo Republike Slovenije za okolje na voljo za območje celotne Slovenije konec 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 trenutnega SPON je vezanost na enega proizvajalca merilne oz. telekomunikacijske opreme. Za uporabo na nacionalnem nivoju in delovanju SPON na eni od državnih inštitucij je potrebno določiti standard, po katerem bi lahko SPON zajemal podatke o količini vode v tleh od kateregakoli proizvajalca merilne opreme.

V SPON so možne dodatne izboljšave, kot so modul za modeliranje rasti rastlin, izračun časa namakanja na podlagi informacij o tehničnih lastnos-

ti namakalne opreme, implementacija dodatnih strategij v model IRRFIB, kot je npr. deficitno namakanje. SPON bi v vsakdanje aktivnosti pridelovalca, ki so povezane z vodenjem namakanja na kmetiji, bolje vključili z razvojem SPON aplikacije za pametni telefon.

Velik izziv pri vpeljavi SPON je tudi merilna oprema: od tega, kakšni merilniki vode v tleh so sploh primerni za uporabo v SPON, ali je potrebno merilnike dodatno kalibrirati, kam jih namestiti, da so meritve čim bolj reprezentativne za celotno njivo oz. sadovnjak, do tega, kdo bo opremo strokovno vgradil in preverjal, ali deluje pravilno. Ta strokovno tehnična vprašanja bo razrešil projekt EIP PRO-PRIDELAVA

Zahvala

Pripravo prispevka sta omogočila projekta LIFE ViVaCCAdapt: Prilagajanje na vplive podnebnih sprememb v Vipavski dolini (LIFE15 CCA/SI/000070), ki je sofinanciran s strani Evropske komisije (60 %) in Ministrstva za okolje in prostor Republike Slovenije (20 %) ter projekt EIP PRO-PRIDELAVA financiran s strani Evropskega kmetijskega sklada za razvoj podeželja (80%) in Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano – Republika Slovenija (20%). Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) se zahvaljujemo za pravico do uporabe modela IRRFIB v projektu ViVaCCAdapt in konstruktivno sodelovanje pri prenosu SPON na raven države v projektu PRO-PRIDEAVA.

Citati

- Allen R. G., Perreira L. S., Raes D., Smith M. 1998. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Food and Agriculture Organization: 300 str.
- BF-UL, 2019. PRO-PRIDELAVA. Biotehniška fakulteta, Univerze v Ljubljani. Ljubljana. <http://www.bf.uni-lj.si/oddelek-za-agronomijo/o-oddelku/katedre-in-druge-org-enote/za-agrometeorologijo-urejanje-kmetijskega-prostora-ter-ekonomiko-in-razvoj-podezelja/urejanje-kmetijskega-prostora/eip-sodelovanje/> (14. 10. 2019)
- Cvejić R., Tratnik M., Pintar M. 2013. Raba velikih namakalnih sistemov ter potrebe po celostnih posodobitvah. V: Mišičev vodarski dan 2013. Maribor, Vodnogospodarski biro Maribor: 149-157
- Ipavec (Pogačar) T. 2007. Možni vplivi podnebnih sprememb na vodno bilanco tal v Sloveniji. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: 63 str.
- Kurnik B. 2014. Analiza vpliva podnebja na vodni primanjkljaj v kmetijskih tleh v Evropi. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: 129 str.
- Pintar M. 2003. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v severovzhodni Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
- 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
- Pintar M. 2009. Končno poročilo za pilotno študijo o oceni porabljene količine vode za namakanje površin. Pilotna študija. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije
- Sušnik A., Matajč I., Kodrič I. 2006. Agrometeorological support of fruit production: application in SW Slovenia. *Meteorological Applications*, 13(S1): 81-86, doi: 10.1017/S1350482706002581
- Sušnik A., Valher A. 2012. Spomladanska suša in drugi vremenski vplivi na kmetijske rastline leta 2011. *Ujma*, 26: 55-69
- Sušnik A., Valher A. 2013. Vremensko pogojene težave v kmetijstvu v letu 2012. *Ujma*, 27: 62-70
- Sušnik A., Valher A. 2014. Od mokre pomladi do sušnega poletja 2013. *Ujma*, 28: 75-84
- Sušnik A. 2014. Zasnove kazalcev spremljanja suše na kmetijskih površinah. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 256 str.
- Valher A. 2016. Primerjava modelov za računanje vodne bilance tal. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: 81 str.
- Zupanc V., Miklavčič Bučar M., Podgornik M., Valenčič V., Pintar M., Butinar B. 2016. Water conditions in an olive orchard in south east Slovenia. V: Book of abstracts. International Olive Symposium. Split, Institute for Adriatic Crops