

PRO-PRIDELAVA: SISTEM ZA PODORO ODLOČANJU O NAMAKANJU (SPON)

Matjaž GLAVAN, Luka HONZAK, Luka ŽVOKELJ, Rozalija CVEJIĆ, Vesna ZUPANC, Špela ŽELEZNIKAR, Urša PEČAN, Marina PINTAR



PRO-PRIDELAVA

Povečanje produktivnosti kmetijske pridelave z učinkovito in trajnostno rabo vode



PROGRAM
RAZVOJA
PODEŽELJA



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje



Naslov: PRO-PRIDELAVA: Sistem za podporo odločanju o namakanju (SPON)

Avtorji: Matjaž GLAVAN, Luka HONZAK, Luka ŽVOKEJ, Rozalija CVEJIĆ, Vesna ZUPANC, Špela ŽELEZNIKAR, Urša PEČAN, Marina PINTAR

Izdajatelj: Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani v okviru projekta 33133-1005/2018 – EIP - Povečanje produktivnosti kmetijske pridelave z učinkovito in trajnostno rabo vode (PRO-PRIDELAVA)

Povezava: <https://www.bf.uni-lj.si/sl/raziskave/raziskovalni-projekti/140/povecanje-produktivnosti-kmetijske-pridelave-z-ucinkovito-in-trajnostno-rabo-vode-propridelava>

Idejna zasnova: Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

Avtorja naslovne fotografije: Matjaž Glavan

Avtorja fotografije: Matjaž Glavan, Luka Žvokelj

Grafični elementi:

Gary B. 2016. Types of Soil Moisture Figure 9.8 A block of soil is made up of three components, air, water, soil. The sum of the volume of air and water make up the total pore space in the soil. Volume Metric Soil Water = $V_{water}/(V_{water}+V_{air}+V_{soil})$ Porosity = $(V_{water}+V_{air})/(V_{water}+V_{air}+V_{soil})$.

https://images.slideplayer.com/25/7595140/slides/slide_1.jpg (6.4.2021)

Spruceirrigation. Soil & Watering 101. Evapotranspiration. <https://support.spruceirrigation.com/knowledge-base/evapotranspiration/> (6.4.2021)

Uwe M. 2001. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. 2. Edition, 2001. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. 158 str.

FAO. 1979. Yield response to water. Fao irrigation and drainage paper no. 33, FAO, FAO, Rome, Italy

Oblikovanje: Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

Leto izdaje: 2021



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje



Povečanje produktivnosti kmetijske pridelave z učinkovito in trajnostno rabo vode

Univerza
v Ljubljani
Biotehniška
fakulteta



Kmetija Aleš Turk Kmetija Jožef Ribič Kmetija Ivan Purgaj Kmetija Karlovček – Andraž Rumpret

Projekt 33133-1005/2018 – EIP PRO-PRIDELAVA je financiran s strani Evropskega kmetijskega sklada za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje.

Kazalo	
Kazalo	3
Slike	3
Zakaj se odločiti za Sistem podpore pri odločanju o namakanju (SPON)	4
Strokovno pravilno namakanje	7
Vodna bilanca tal	8
Fenološke faze rastline	8
Vodnozadrževalne lastnosti tal	10
Laboratorijske analize vodnozadrževalnih lastnosti tal	12
Delovanje SPON	14
Namestitev opreme za merjenje količine vode v tleh	17
Uporaba SPON v pridelavi	19
VIRI	20

Slike

Slika 1: Vprašanja, na katera moramo poznati odgovor za strokovno pravilno namakanje.....	5
Slika 2: Postavljen sistem za merjenje vsebnosti vode v tleh.	6
Slika 3: Strokovna podpora za pomoč na terenu pri uporabi sistema SPON.	7
Slika 4: gibanje vode v okolici rastline. (vir: Spruceirrigation).....	8
Slika 5: Fenološke faze rastlin, upoštevane v sistemu SPON, za primer trajne (jablana) in ne trajne (zelje) rastline. (vir: Uwe M. 2001)	9
Slika 6: Spreminjanje vrednosti Kc s spreminjanjem fenoloških faz rastlin (vir: FAO. 1979)	9
Slika 7: Razpoložljivost vode v tleh in njena dostopnost rastlinam (vir: Gary B. 2016)	10
Slika 8: Delovanje sil vezave vode na talne delce.	11
Slika 9: Faktor p je lahko se lahko med rastlinami razlikuje.	11
Slika 10: Laboratorijske analize vodnozadrževalnih lastnosti tal. Richardova tlačna komora (levo) in HYPROP (desno)	12
Slika 11: Graf meritev gibanja vode v tleh z značilnimi točkami točkami.	13
Slika 12: Shema sistema za podporo pri odločanju o namakanju (SPON).	14
Slika 13: Prikaz priporočila za namakanje na spletni strani SPON.....	15
Slika 14: Prikaz grafa meritev količine vode v tleh na spletni strani SPON.....	15
Slika 15: Spremljanje fenološke faze na spletni strani SPON.	16
Slika 16: Prikaz uporabniških nastavitev na spletni strani SPON.....	16
Slika 17: Sestavni deli merilnih postaj	17
Slika 18: Delo na terenu za vzpostavitev sistema SPON. Odvzem vzorcev, vgradnja merilnikov vsebnosti vode v tleh in povezava merilnikov z komunikacijsko napravo.	18
Slika 19: Stroški za vzpostavitev sistema SPON na terenu.	19

Zakaj se odločiti za Sistem podpore pri odločanju o namakanju (SPON)

Nizka produktivnost kmetijske pridelave v Sloveniji je med drugim tudi posledica nizke produktivnosti rabe vode. Namakanje na kmetijskih gospodarstvih večinoma poteka brez uporabe medsebojno povezanih osnovnih informacij za strokovno pravilno namakanje. Za strokovno pravilno namakanje moramo poznati vodnozadrževalne lastnosti in trenutno količino vode v tleh, fenofaze rastline in vremenske razmere v prihodnjih dneh.

Raziskave kažejo, da pridelovalci v Sloveniji pogosto namakajo zgolj po občutku in na podlagi preteklih izkušenj. Na ta način se namakanje izvede prezgodaj ali prepozno, prereditko ali prepogosto, in v premajhnih ali prevelikih namakalnih obrokih (Pintar in sod., 2001; Cvejić in sod., 2020). Zato voda v tleh ni optimalno razporejena skozi rastno dobo rastline in sledijo si obdobja s premajhno ali preveliko količino vode v tleh. Kmetijski svetovalci na terenu opažajo (Brence A, 2021), da neoptimalna oskrba rastlin z vodo, ki je posledica nestrokovnega namakanja, negativno vpliva na:

- zdravstveno stanje rastlin, kar poveča obseg rastlinskih bolezni in s tem zahteva večjo porabo sredstev za varstvo rastlin,
- količino pridelka,
- kakovost in obstojnost pridelka,
- tržno vrednost pridelka in s tem na konkurenčnost pridelave,
- oskrbo rastlin z vodo v tleh, s čimer se zmanjša sprejem hranil v rastlino in povečuje možnost izpiranja hranil v profil tal,
- učinkovitost in razgradnjo sredstev za varstvo rastlin ter povečanje možnosti izpiranja sredstev v tla,
- učinkovitost rabe vode ter ekonomsko in okoljsko trajnost kmetijske pridelave, saj povzroča prekomerno porabo vode za namakanje.

Le strokovno pravilno izvedeno namakanje prinese želene učinke namakanja. Obenem ne povzroča prekomernih negativnih vplivov na okolje in omogoča visoko produktivno ter ekonomsko učinkovito kmetijsko pridelavo. Dejavniki strokovno pravilnega namakanja so prikazani kot odgovori na sliki 1.



Slika 1: Vprašanja, na katera moramo poznati odgovor za strokovno pravilno namakanje.

S prepoznavanjem dejavnikov, ki vplivajo na namakanje in zavedanjem posledic nestrokovnega namakanja, se pojavi težava medsebojno povezati in upoštevati te podatke. Uporabnik namakalnega sistema potrebe po namakanju lahko preračunava sam. Ker je dejavnikov za strokovno pravilno namakanje veliko, si lahko pri izračunu pomagamo z uporabo digitalnega sistema podpore odločanju o namakanju (SPON).

V Sloveniji imamo na področju razvoja nasvetov za namakanje nekaj desetletne izkušnje. Preprostejši nasveti za namakanje, ki temeljijo na izračunu potreb po namakanju na podlagi gravimetrične določitve količine vode v tleh, so že nekaj časa v uporabi v Savinjski dolini, pripravljajo jih Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. Že dalj časa na Agenciji za okolje Republike Slovenije pripravljajo nasvete za namakanje, ki temeljijo na modelskem izračunu vodne bilance z modelom IRRFIB. Pomanjkljivost obeh načinov podajanja namakalnih nasvetov je, da pri določitvi potreb po namakanju ni upoštevana trenutna vsebnost vode v tleh.



Slika 2: Postavljen sistem za merjenje vsebnosti vode v tleh.

SPON je bil nedavno razvit v okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt in pozneje nadgrajen v EIP projektu PRO-PRIDELAVA.

SPON za izračun potreb po vodi upošteva:

1. potrebe rastlin po vodi (kultura, razvojne faze rastlin - fenofaze),
2. vodnozadrževalne lastnosti tal (poljska kapaciteta, točka venenja),
3. trenutno količino vode v tleh (dnevno spremljanje količine vode v tleh z merilnikom vode) in
4. večdnevno napoved evapotranspiracije in količine padavin za vsako lokacijo.

Za optimalno preskrbo rastlin z vodo SPON izračuna in uporabnikom poda informacijo s priporočilom o potrebni količini vode, začetku in trajanju namakanja.

Vodenje strokovno pravilnega namakanja na ravni kmetije ne pomeni dodajanja enakih obrokov namakanja tekom vegetacijske dobe, ampak upošteva časovno dinamiko rastlinam razpoložljive vode v tleh, ki je odvisna od vodnozadrževalnih lastnosti tal, evapotranspiracije in padavin.

Ob upoštevanju vseh omenjenih podatkov lahko natančno opredelimo (izračunamo) obrok namakanja. Le-ta ne sme presegati poljske kapacitete, ki je talno specifična in ne sme pasti pod kritično točko, ki je določena na podlagi lastnosti tal in rastline. S tovrstnim uravnavanjem namakalnih obrokov se sočasno izognemo sušnemu stresu in preveliki količini vode v tleh, ki predstavlja tveganje za izpiranje rastlinskih hranil do podzemne vode. Sistem SPON, ki omogoča napovedovanje količine vode v namakalnem obroku, je osnovno orodje za doseganje racionalnejše in s tem bolj trajnostne rabe vode za namakanje.

Tehnična vzpostavitev SPON obsega vzpostavitev infrastrukture za spremljanje vode v tleh ter modeliranje vodne bilance v tleh ter predstavlja prvi korak. Praktična uporaba SPON na kmetiji v smislu uporabe napovedi namakanja za vodenje namakalnega sistema je učni proces. Pridelovalcu se najprej predstavi sistem SPON in se z njim, tekom uporabe, postopoma seznanja (Slika 3). K učinkoviti rabi SPON pripomore dobro poznavanje delovanja razpoložljive namakalne infrastrukture na pridelovalnih površinah. Tako se lahko zagotovi čim bolj optimalno oskrbo rastlin z vodo.



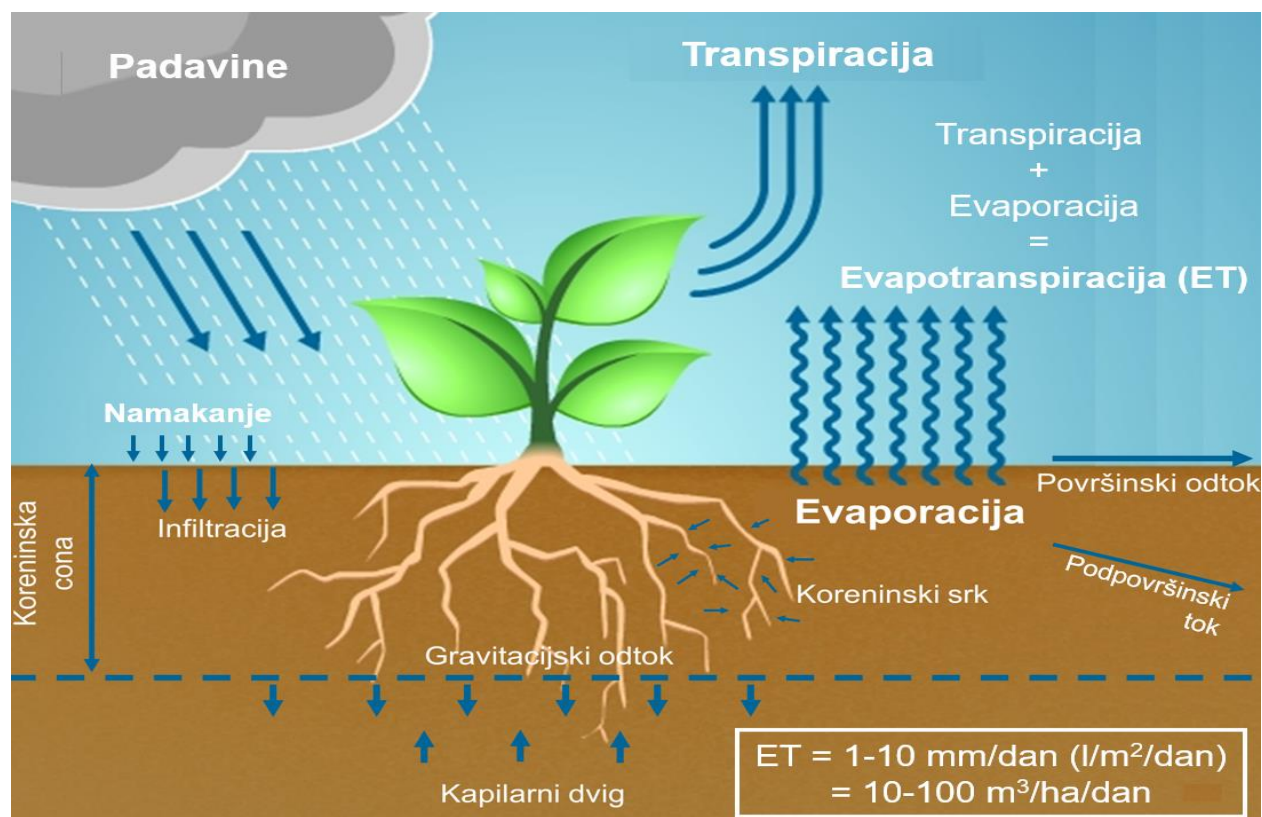
Slika 3: Strokovna podpora za pomoč na terenu pri uporabi sistema SPON.

Strokovno pravilno namakanje

V nadaljevanju so podrobneje obrazloženi osnovni dejavniki, ki jih je potrebno upoštevati pri oblikovanju strokovno pravilnega obroka namakanja.

Vodna bilanca tal

Na vodno bilanco zgornjega sloja tal v globini korenin vpliva več dejavnikov. Oblika in pokrovnost površine vplivata na količino infiltriranih padavin, tekstura in vodnozadrževalne lastnosti na globoko pronicanje ter kapilarni dvig. Vodno bilanco lahko uravnavamo z namakanjem, s katerim neposredno nadomestimo izgubo vode preko evapotranspiracije. Meritve evapotranspiracije so zaradi številnih dejavnikov, ki vplivajo na ta proces, težavne in redko dostopne, zato se za oceno tega člena pogosto uporabljajo izračuni na osnovi energijske bilance (Slik 4).



Slika 4: gibanje vode v okolici rastline. (vir: Spruceirrigation)

Za oceno, koliko vode rastlina potrebuje v določeni fazi rasti, potrebujemo vrednost potencialne evapotranspiracije (ET_c), izračunano kot produkt koeficienta rastline (k_c) in referenčne evapotranspiracije (ET_0).

$$ET_c = ET_0 \times k_c$$

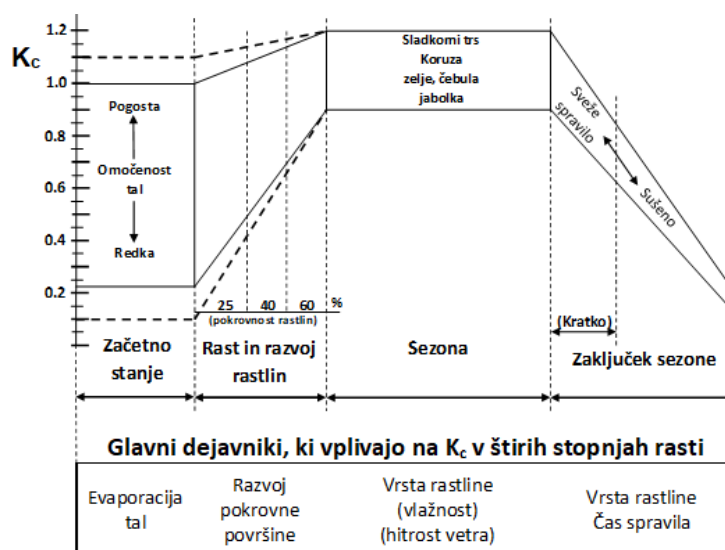
Fenološke faze rastline

Koeficient rastline (K_c) (Slika 5, Slika 6) je odvisen od vrste rastline in fenofaze, v kateri se nahaja. Referenčna evapotranspiracija je definirana kot evapotranspiracija z referenčne površine, ki jo pokriva travna ruša, visoka 12 centimetrov, je dobro oskrbovana z vodo in ima albedo 0,23 ter fiksen površinski koeficient trenja 70 s/m (Allen in sod., 1998).

	Rast in razvoj rastlin					Sezona	
JABLANA							
							
Fenološka faza	Razvoj listov (mišje uho)	Razvoj socvetij	Cvetenje	Razvoj plodov, plodiči 10 - 40 mm	Plodovi 1/2 - 90% končne velikosti	Zorenje plodov	Staranje, začetek mirovanja
BBCH	54 – 56	55 – 59	60 - 69	71 – 74	75 – 79	81 – 89	91 - 99
K_c	0,45	0,58	0,80	1,20	1,10	0,85	0,50
ZELJE							
							
Fenološka faza	Faza sadike 4 do 6 listov	Faza rasti 8 do 12 listov		Faza rasti od 12 listov do zavijanja glave	Formiranje glave	Spravilo	
BBCH	14 – 16	18 – 22		22 – 39	41 – 49		
K_c	0,5	0,8		1,2	1,3		

Slika 5: Fenološke faze rastlin, upoštevane v sistemu SPON, za primer trajne (jablana) in ne trajne (zelje) rastline. (vir: Uwe M. 2001)

Vsaka rastlina ima drugačne potrebe po vodi. Te potrebe se skozi rastno dobo spreminjajo. V nekaterih fenofazah je izjemno pomembno za kakovost in količino pridelka, da rastlina dobi dovolj vode, v drugih je koristno, če jo dobi dovolj, a ne preveč, saj je tako kakovost, skladiščna sposobnost in okus pridelka boljši. Za potrebe sistema SPON smo za vsako kulturo določili do sedem fenofaz, ki najbolj vplivajo na različne zahteve po namakanju. Za izračun vodne bilance potrebujemo čas začetka in trajanje posameznih fenoloških faz ter globino korenin v posameznih fazah razvoja.



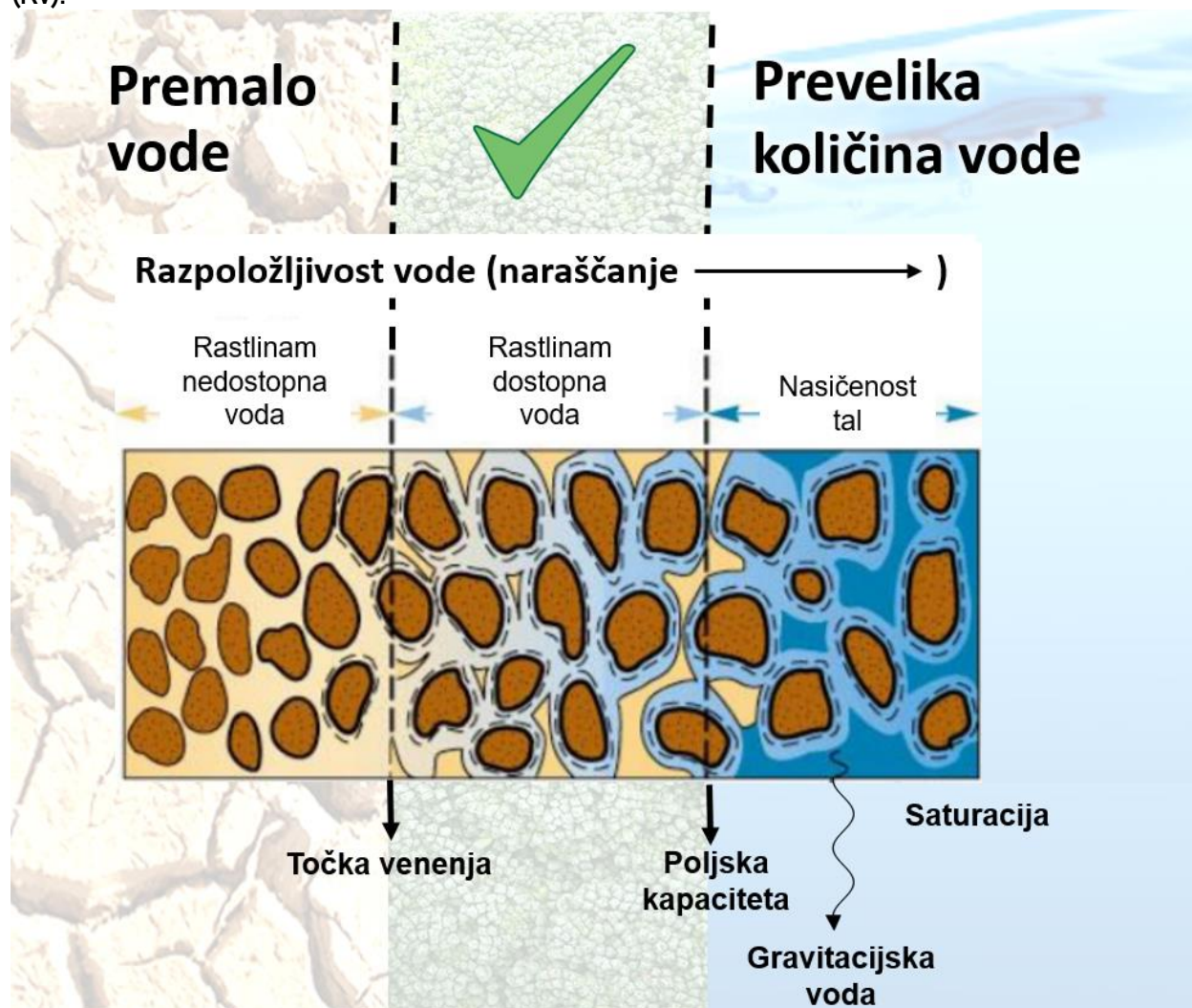
Slika 6: Spreminjanje vrednosti K_c s spreminjanjem fenoloških faz rastlin (vir: FAO. 1979)

Vodnozadrževalne lastnosti tal

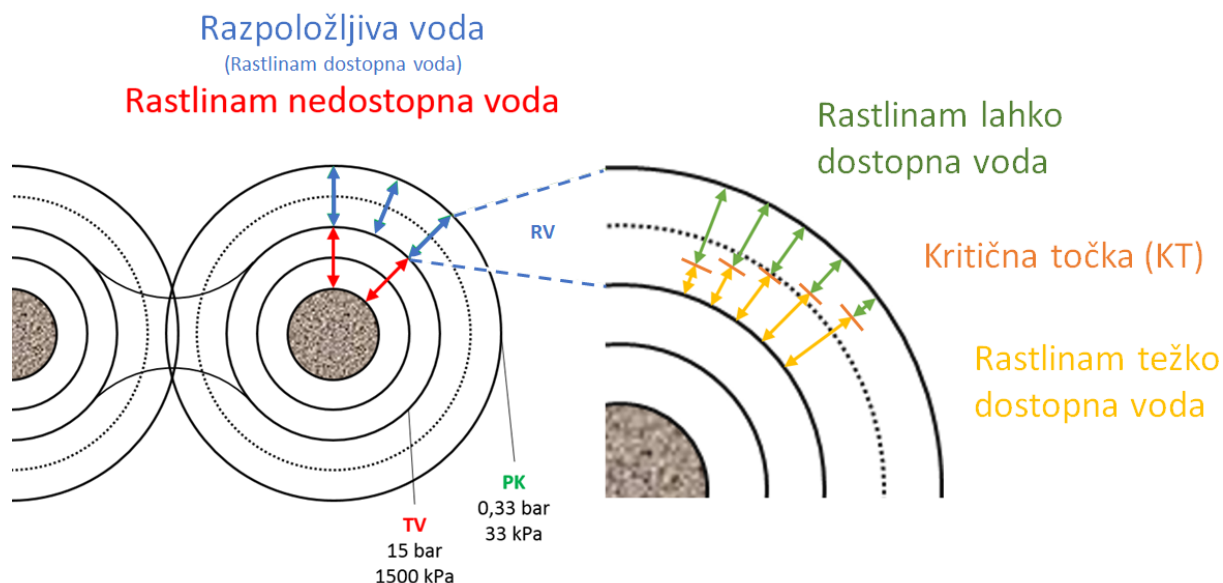
Po obilnem dežju so tla nasičena z vodo, ko gravitacijska voda odteče, so makropore napolnjene z zrakom in mikropore z vodo (Slika 7). Takšno stanje vode v tleh se imenuje poljska kapaciteta in predstavlja največjo količino vode, ki jo tla lahko zadržijo. S sušenjem tal se večja sila vezave za talne delce oziroma tenzija, ki je izraz za negativni tlak.

Kritična točka (KT) predstavlja količino vode pri tenziji/matričnemu potencialu vode v tleh, ko začne rastlina del energije, ki bi jo sicer porabila za oblikovanje pridelka, trošiti za premagovanje tenzije vode (Slika 8). Ko vsebnost vode v tleh pade pod KT, so rastline v sušnem stresu. Sušni stres v prvi vrsti povzroča zaprtje listnih rež in posledično zmanjšano stopnjo fotosinteze. Ker imajo rastline različno sposobnost črpanja vode iz tal in so različno odporne proti suši, je KT vrstno in tudi sortno različna. KT izračunamo na podlagi faktorja p , ki označuje delež lahko dostopne vode (Slika 9).

Ko je vode v tleh relativno malo in je na talne delce vezana s silo 1500 kPa, večina rastlin ni več sposobnih črpati vode in lahko trajno ovenijo. To točko imenujemo točka venenja (TV). Med poljsko kapaciteto in točko venenja je voda v tleh rastlinam dostopna, in jo imenujemo tudi razpoložljiva voda (RV).



Slika 7: Razpoložljivost vode v tleh in njena dostopnost rastlinam (vir: Gary B. 2016)



Slika 8: Delovanje sil vezave vode na talne delce.

Rastlina	faktor p (delež lahko dostopne vode med PK in TV)
Kumare	0,5
Korenček	0,35
Solata	0,3
Paradižnik	0,4
Jagode	0,15
Itd.	

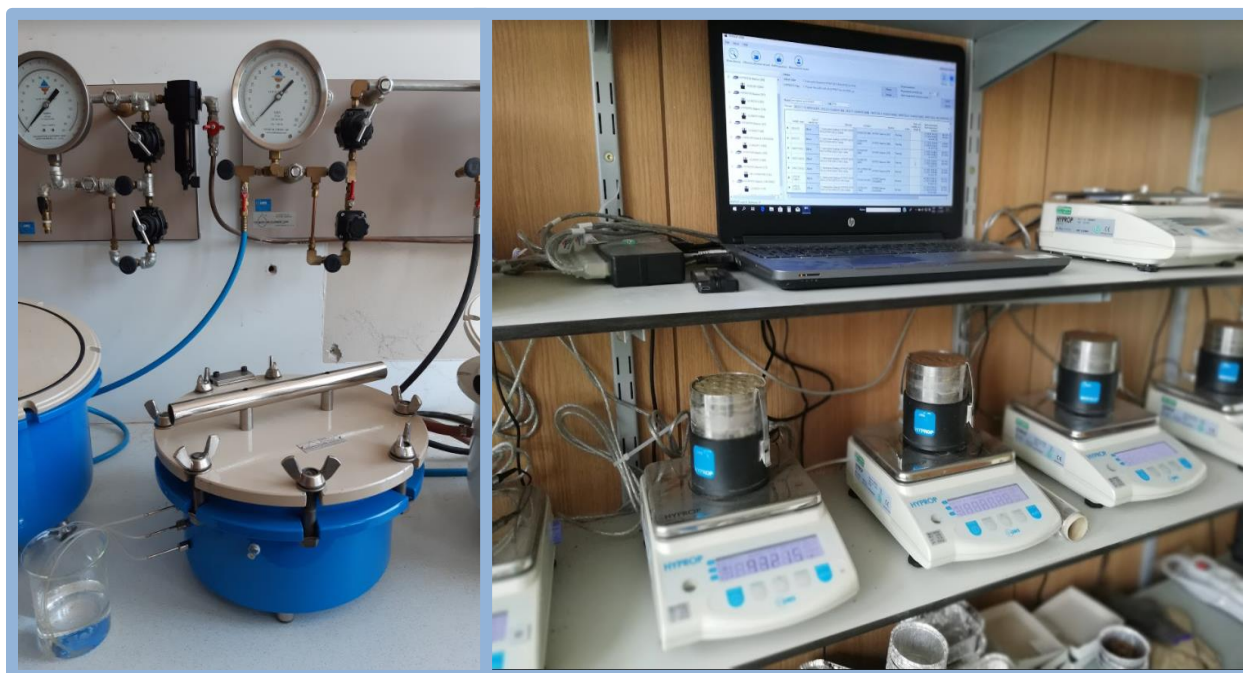
Slika 9: Faktor p je lahko se lahko med rastlinami razlikuje.

Običajno so točke, ki opisujejo vodnozadrževalne lastnosti tal, podane v volumskem odstotku vode (vol. %). Vol. % vode nam pove kakšen je volumen vode v celotnem volumnu tal. Pomnoženo z globino tal, ki jo obravnavamo, dobimo količino vode v obravnavani globini tal. Če imamo v tleh 20 vol.% vsebnosti vode, to pomeni da je v 100 mm tal 20 mm debela plast vode, kar je enako 20 l vode na kvadratni meter v 100 mm debeli plasti tal. Koliko vode tla lahko zadržijo, je najbolj odvisno od teksture tal. Poleg tega na to lastnost vplivajo še organska snov, gostota, poroznost, skelet, struktura.

$$20 \text{ vol. \% vode} = 20 \text{ mm vode} / 100 \text{ mm tal} = 20 \text{ l vode na m}^2 / 100 \text{ mm tal}$$

Laboratorijske analize vodnozadrževalnih lastnosti tal

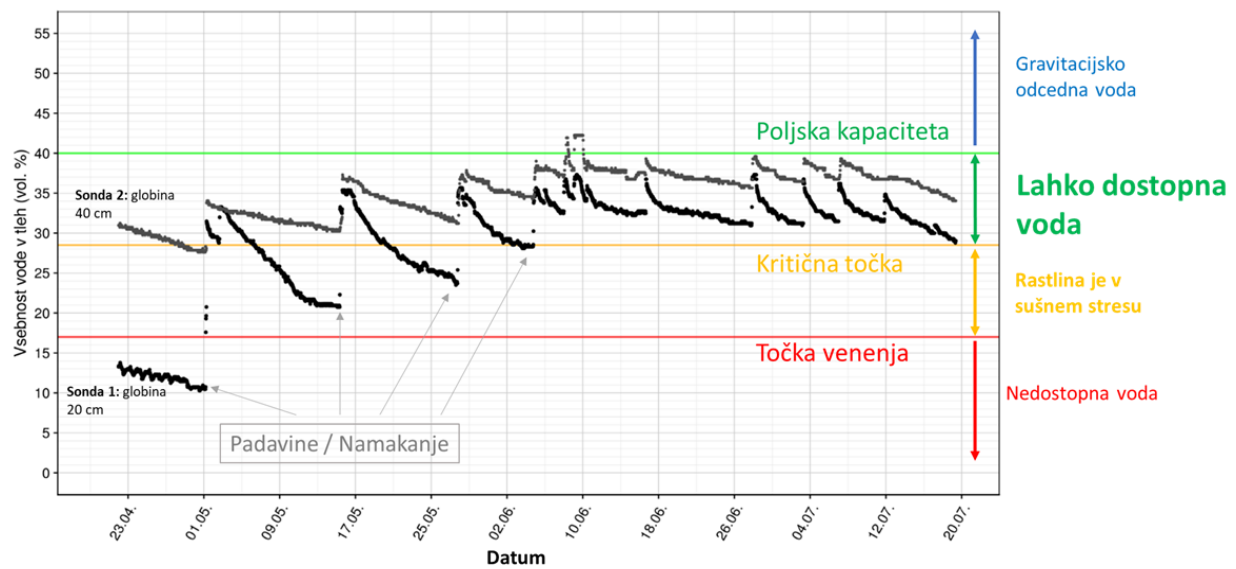
Za potrebe upravljanja namakanja točko venenja (TV) tal določimo v laboratoriju (Slika 10). Z uporabo tlačne posode (Richards, 1941). Porušene in nasičene vzorce tal izpostavimo nadtlaku 1500 kPa in s tem dosežemo, da voda, ki je na vzorce tal vezana z manjšo silo, odteče. Po končanem postopku v tlačni komori, določimo gravimetrično vsebnost vode v vzorcu, ki predstavlja TV. Ko vsebnost vode doseže poljsko kapaciteto, je voda na talne delce vezana z relativno majhno tenzijo. V lahkih peščenih tleh je to okoli 10 kPa in v težkih glinastih tleh, okoli 33 kPa. Za večino rastlin je to najprimernejše stanje, saj imajo korenine na voljo dovolj zraka in vode. Poljsko kapaciteto lahko določimo v laboratoriju z merilnim sistemom HYPROP®, ki temelji na metodi izhlapevanja. Na terenu odvezamemo neporušene vzorce tal s cilindri volumna 250 cm³. V laboratoriju vzorce popolnoma nasičimo z vodo in v njih namestimo dva tenziometra, ki sta povezana z merilno glavo. Vzorec tal z glavo postavimo na tehniko in sočasno neprekinjeno merimo maso in silo vezave vode v tleh v času sušenja vzorca. Po koncu meritev tako dobimo informacijo o vsebnosti vode ob določeni tenziji. Merilno območje je omejeno z območjem delovanja tenziometrov.



Slika 10: Laboratorijske analize vodnozadrževalnih lastnosti tal. Richardova tlačna komora (levo) in HYPROP (desno)

Prav tako lahko poljsko kapaciteto tal odčitamo po večji količini dodane vode, iz krivulje kontinuiranih meritev vsebnosti vode v tleh (Slika 11). Stopnja, do katere narašča vsebnost vode, je povezana s količino dodane vode. V lahkih tleh, 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 tal (Zotarelli et al., 2010).

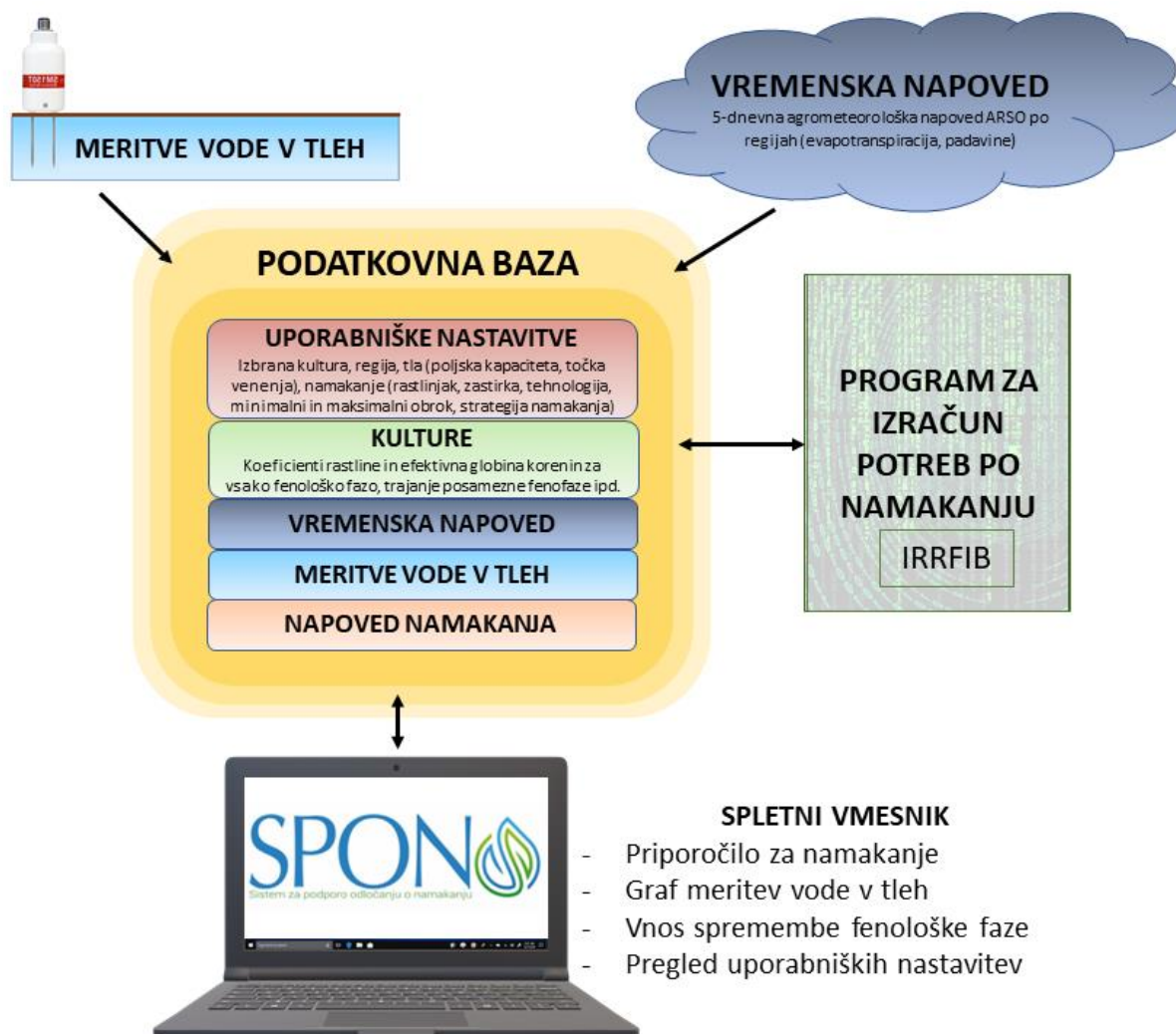
Z namakanjem poskušamo vzdrževati vodo v tleh med kritično točko in poljsko kapaciteto. Sistem SPON podaja priporočila za namakanje nekoliko nižja od potreb za dosežek poljske kapacitete. S tem bolje izkoristimo morebitne padavine, kot če bi namakali do stanja poljske kapacitete. Nekajletne izkušnje pri vpeljavi SPON, pridobljene na izbranih kmetijah v Vipavski dolini v okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt, kažejo, da je na ta način možno doseči vsaj 25% zmanjšanje porabe vode, 24% zmanjšanje porabe energije in 24% zmanjšanje izpustov CO₂, ki nastajajo zaradi namakanja (Cvejić in sod., 2020).



Slika 11: Graf meritev gibanja vode v tleh z značilnimi točkami točkami.

Delovanje SPON

Osnova računskega dela SPON temelji na izračunu vodne bilance z modelom Agencije Republike Slovenije za okolje IRRFIB. SPON poda priporočeni čas in obrok namakanja tako v količini kot v času trajanja namakanja za 5 dni vnaprej, pri čemer upošteva informacije o trenutni količini vode v tleh, vodnozadrževalnih lastnostih tal, potrebo rastline po vodi glede na razvojno fazo, vremensko napoved ter tehnologijo namakanja. SPON združuje baze podatkov, relevantne za optimizacijo prakse namakanja, ki so združene v štiri module (Slika 12).



Slika 12: Shema sistema za podporo pri odločanju o namakanju (SPON).

V podatkovni bazi so shranjeni podatki o:

- uporabniških nastavitvah, in sicer izbrana kultura, regija ter podatki o tleh (poljska kapaciteta in točka venenja) in namakanju (rastlinjak, zastirka, tehnologija namakanja, minimalni in maksimalni obrok namakanja, strategija namakanja ipd.);
- kulturah, kot so koeficienti rastline in efektivna globina korenin za vsako fenološko fazo ter trajanje posamezne fenofaze;
- vremenski napovedi;
- meritvah vode v tleh in napovedi namakanja.

Modul »Meritve vode v tleh« podatke o meritvah vode v tleh, ki jih posredujejo ponudniki opreme, shrani v podatkovno bazo.

Modul »Vremenska napoved« prenese napoved dnevne referenčne evapotranspiracije in padavin, ki jih Agencija za okolje Republike Slovenije 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 vodnobilančnem 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 začenejo vsak dan med rastno sezono po 9:30. uri zjutraj.

Modul »spletni vmesnik« je oblikovan na t. i. odzivni način, tako da je mogoča uporaba na vseh vrstah naprav (računalnik, tablica, telefon). Razdeljen je na štiri področja, in sicer:

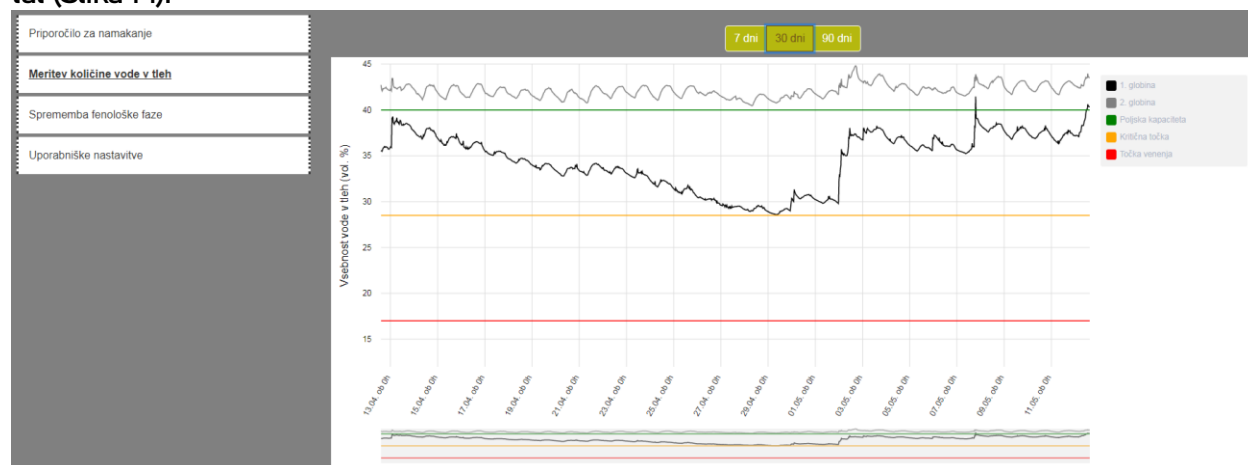
- **Priporočilo za namakanje**, kjer so v tabelarični obliki podane 5-dnevne napovedi potencialne evapotranspiracije, višine padavin ter priporočene količine vode za namakanje dni v mm in m³ ter trajanje namakanja v urah (Slika 13).

Priporočilo za namakanje	Datum	Padavine (mm)	Evapotranspiracija (mm)	Količina vode za namakanje (mm oz. L/m ²)
Meritve količine vode v tleh	05.05.	7.3	4.6	5.3
Sprememba fenološke faze	06.05.	4.2	0.4	8.3
Uporabniške nastavitve	07.05.	1.9	4	10.1
	08.05.	2.8	2.7	14.4
	09.05.	6.9	3.4	1

Datum izdanega priporočila: 05.05.2021

Slika 13: Prikaz priporočila za namakanje na spletni strani SPON.

- **Graf meritev količine vode v tleh 7, 30 ali 90 dni nazaj**; na grafu so označene tudi značilne točke tal (Slika 14).



Slika 14: Prikaz grafa meritev količine vode v tleh na spletni strani SPON.

- **Sprememba fenološke faze**, kjer lahko uporabnik vidi trenutno fenofazo z datumom njenega nastopa, naslednjo fenofazo s predvidenim datumom začetka, prejšnjo fenofazo z datumom njenega začetka ter popravi trenutno fenofazo (Slika 15).

Priporočilo za namakanje Meritev količine vode v tleh Sprememba fenološke faze Uporabniške nastavitve	Trenutna fenološka faza Opis: 4. Datum začetka: 27.03.2021	Vnos spremembe fenološke faze Nazaj - ta fenološka faza se še ni začela, začela se bo čez: 3 dni 5 dni 10 dni
	Prejšnja fenološka faza Opis: 3. Datum začetka: 07.03.2021	Naprej - nastopila je že naslednja fenološka faza: Predvčerajšnjim Včeraj Danes
	Naslednja fenološka faza Opis: 5. Predviden datum začetka: 06.05.2021	Potrdi spremembo

Slika 15: Spremljanje fenološke faze na spletni strani SPON.

- **Uporabniške nastavitve**, kjer lahko uporabnik pregleda nastavitve o kulturi, regiji, podatkih o tleh (poljska kapaciteta, točka venenja), zastirki, tehnologiji namakanja, minimalnem in maksimalnem obroku namakanja, strategiji namakanja itd (Slika 16).

Priporočilo za namakanje Meritev količine vode v tleh Sprememba fenološke faze Uporabniške nastavitve	Kultura: Trenutno izbrana: Kultura1 Zamenjaj kulturo z: Potrdi spremembo	Namakanje: Rastlinjak: Da Zastirka: Ne Tehnologija namakanja: Kapljično Učinkovitost namakanja: 90 % Minimalna količina: 1 mm oz. L/m ² Maksimalna količina: 20 mm oz. L/m ² Strategija namakanja: 1
	Lokacija: Regija: Belokranjska	Meritve: Ponudnik: Ponudnik1
	Podatki o tleh: Poljska kapaciteta: 40 vol. % Točka venenja: 25 vol. % Število dni nad poljsko kapaciteto: 1	

Slika 16: Prikaz uporabniških nastavitev na spletni strani SPON.

Namestitev opreme za merjenje količine vode v tleh

Merilnik vsebnosti vode v tleh na območju namakalnega sistema namestimo na primerno mesto. V trajnih nasadih (npr. sadovnjakih, hmeljiščih) je to v vrsti med rastlinami, pri vrtninah na sredino gredic (če se uporablja mešane posevke izberemo mesto, kjer raste na sušo najobčutljivejša rastlina) in na poljedelskih nasadih, kjer so tla najbolj reprezentativna za celotno površino. Merilniki vsebnosti vode v tleh ne merijo neposredno, temveč merijo relativno dielektričnost tal, ki je v največji meri odvisna od vsebnosti vode v tleh (Slika 17). Dielektričnost s pomočjo kalibracijskih enačb pretvorimo v volumnske odstotke.



Sestavni deli merilnih postaj:

- Dežemer
- Komunikacijska naprava s sončnim panelom
- Merilniki za merjenje temperature in vsebnosti vode v tleh



Slika 17: Sestavni deli merilnih postaj

Merilnik vsebnosti vode v tleh namestimo na globino, kjer je glavna masa korenin kulture, ki jo namakamo, saj moramo tam zagotavljati primerno vsebnost vode, ki je na voljo rastlini. Merilne elektrode merilnika vsebnosti vode v tleh, moramo skrbno namestiti v neporušen del tal. Ob vgradnji moramo paziti, da je stik med merilnimi elektrodami in tlemi tesen, saj so v nasprotnem primeru meritve napačne. V projektu PRO-PRIDELAVA smo uporabili štiri merilne sonde. Število nameščenih sond je odvisno od lastnosti tal, kulture ter želja uporabnika. Prvi trije merilnike smo namestili horizontalno na globini glavne mase korenin in so namenjeni izračunu vsebnosti vode v tleh. Z uporabo treh merilnikov na enaki globini smo preprečili, da bi morebitno nepravilno delovanje ene od treh merilnikov nameščenih v območju korenin vplivalo na izračun nasveta za namakanje v SPON. Četrty merilnik je bil nameščen globlje, pod glavno maso korenin, in pomaga nadzorovati pronicanja vode v globlji del tal.

Merilnike vsebnosti vode v tleh skrbno zasujemo in priključimo na komunikacijsko napravo, ki je vgrajena v robustno vodotesno ohišje, ki kljubuje vremenskim razmeram (Slika 18). Ker so tla v okolici merilnika po vgradnji zrahljana, je potrebno počakati na nekaj večjih padavinskih dogodkov, da se tla posedejo. Šele takrat prikazane vrednosti krivulje na grafu na spletnem vmesniku SPON prikazujejo realne vrednosti vsebnosti vode v tleh. Ta proces pospešimo, če mesto merilnika nekajkrat intenzivno zalijemo.



Slika 18: Delo na terenu za vzpostavitev sistema SPON. Odvzem vzorcev, vgradnja merilnikov vsebnosti vode v tleh in povezava merilnikov z komunikacijsko napravo.

Uporaba SPON v pridelavi

Za priključitev v sistem SPON je najprej potrebno pridobiti informacije o pridelovalni površini. Sem spadajo lokacija površine, laboratorijske analize tal (vodnozadrževalne lastnosti in tekstura), informacije o kulturi (fenološke faze, globina korenin, čas rasti) in popis namakalne opreme. Vsi ti podatki se s pomočjo svetovalcev pripravijo v pravilni obliki in vnesejo v sistem SPON.

Po tem sledi vgradnja opreme za izvajanje meritev vsebnosti vode v tleh. Cena kompleta štirih merilnikov vsebnosti vode v tleh, vključno z komunikacijsko napravo (modem + SIM kartico), dežemerom, solarnim panelom in polnilno baterijo se giblje okoli 1,700.00 EUR (leto 2021) (Slika 19). Sistem lahko deluje tudi samo z enim merilnikom vsebnosti vode v tleh, vendar je v tem primeru lahko nezanesljiv. Cena najosnovnejšega paketa z enim merilnikom vsebnosti vode v tleh, IoT merilnik (modem + SIM), solarnim panelom in polnilno baterijo znaša približno 800.00 EUR. Poleg tega je za posredovanje informacij s komunikacijske naprave v sistem SPON potrebno plačilo mesečne storitve za najem SIM v vrednosti 2.50 EUR. Cene med ponudniki se razlikujejo.

Laboratorijske analize	Cena (brez DDV)
Pedološke analize (Priprava vzorca tal, pH, org.snov, P2O5, K2O in prstni preiskus)	25.00 €
Pedološka analiza (tekstura tal)	25.00 €
Paket analize vodnozadrževalnih lastnosti tal (HYPROP, Richard (TV), poročilo, odvzem vzorcev na terenu)	420.00 €
Oprema za meritve vsebnosti vode v tleh	Cena
Komplet štirih sond, vključno z komunikacijsko napravo (modem + SIM kartico), dežemerom, solarnim panelom in polnilno baterijo	1,700.00 €
STROŠKI SKUPAJ (laboratorijske analize + oprema)	2,170.00 €
mesečne storitve za najem SIM (Mesečni strošek prenosa podatkov v SPON)	2.50 €

Slika 19: Stroški za vzpostavitev sistema SPON na terenu.

Uporaba SPON, kot je trenutno zasnovan, je relativno enostavna za trajne nasade, kjer se merilnike v tleh po vgradnji ne prestavlja in je kultura stalna. Pri netrajnih kulturah, na primer vrtninah in poljščinah, je uporaba SPON nekoliko prilagojena. Rastna doba je v primerjavi z trajnimi kulturami krajša, zaradi česar je potrebno bolj redno slediti njihovim fenološkim fazam. Pri vrtninah je lahko na enem polju več vrst in tudi vrste se lahko med seboj razlikujejo. Zaradi tega je za izračun potreb po namakanju potrebnih več informacij, ki se jih redno posodablja. Poleg tega so merilniki vsebnosti vode v tleh občutljivi na mehanske poškodbe. Ker so pri netrajnih kulturah merilniki, zaradi plitke glavne mase korenin, vstavljeni bližje površja, to pogosto ni dovolj globoko za nemoteno obdelavo tal (oranje, brananje). Da bi preprečili možnost poškodbe je potrebno med vsako obdelavo tal merilnike izkopati in po setvi ali sajenju ponovno pravilno vgraditi v tla. Pri ponovni vgraditvi merilnikov v tla je potrebno paziti, da sonde vgradimo v okolico mesta kjer so bila tla odvzeta za analizo vodnozadrževalnih lastnosti tal..

VIRI

- Allen, R. G., Pereira, 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.
- Brence, A. 2021. "Negativni vplivi strokovnega namakanja". Novo Mesto, Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto. andreja.brence@kgzs-zavodnm.si (osebni vir, junij 2021)
- Cvejić R, Černič-Istenič M, Honzak L, Pečan U, Železnikar Š, Pintar M. Farmers Try to Improve Their Irrigation Practices by Using Daily Irrigation Recommendations—The Vipava Valley Case, Slovenia. *Agronomy*. 2020; 10(9):1238. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091238>
- Glavan, M., Cvejić, R., Honzak, L., Pečan, U., Železnikar, Š. in Pintar, M. 2020. Izboljšanje odziva kmetijstva na podnebne spremembe s sistemom za podporo o odločanju o namakanju. Vodni dnevi 2020. Slovensko društvo za zaščito voda. Str. 62 – 67. <https://sdzv-drustvo.si/wp-content/uploads/2020/10/ZBORNIK-VD-2020-v2.pdf> (24.5.2021)
- 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.



Ukrep:

Sodelovanje iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2014-2020

Podukrep:

16.5 Podpora za skupno ukrepanje za blažitev podnebnih sprememb ali prilagajanje nanje ter za skupne pristope k okoljskim projektom in stalnim okoljskim praksam

Tematika:

Učinkovita in trajnostna raba vode na kmetijskem gospodarstvu

Trajanje projekta 12/2018 — 12/2021

PRO-PRIDELAVA

Povečanje produktivnosti kmetijske pridelave z učinkovito in trajnostno rabo vode



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje

PRO-PRIDELAVA

Povečanje produktivnosti kmetijske pridelave z učinkovito in trajnostno rabo vode

SPON

Sistem za podporo odločanju o namakanju



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje

