



**PRIROČNIK VODI PRIJAZNO NAMAKANJE
KMETIJSKIH POVRŠIN**





Priročnik Vodi prijazno namakanje kmetijskih površin

Avtorji besedila:

Luka Žvokelj, Matjaž Glavan, Matic Noč, Rozalija Cvejič, Marina Pintar, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani
Janko Urbanc, Geološki zavod Slovenije

Tehnična in grafična priprava:

Staška Čertalič, Geološki zavod Slovenije

Avtorji fotografij:

Luka Žvokelj, Matjaž Glavan (vir arhiv CUKPA), Janko Urbanc

Izdajatelj: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Geološki zavod Slovenije

Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta

Prva izdaja

Založnik: Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, Ljubljana

Dostop na spletu: www.geo-zs.si

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v
Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID 145013507
ISBN 978-961-6498-75-3 (PDF)

Izdelano in izdano 2023
Brezplačni izvod



Projekt EIP Vode je financiran iz
Programa razvoja podeželja Republike Slovenije
za obdobje 2014–2020 - ukrep Sodelovanje.



VSEBINA

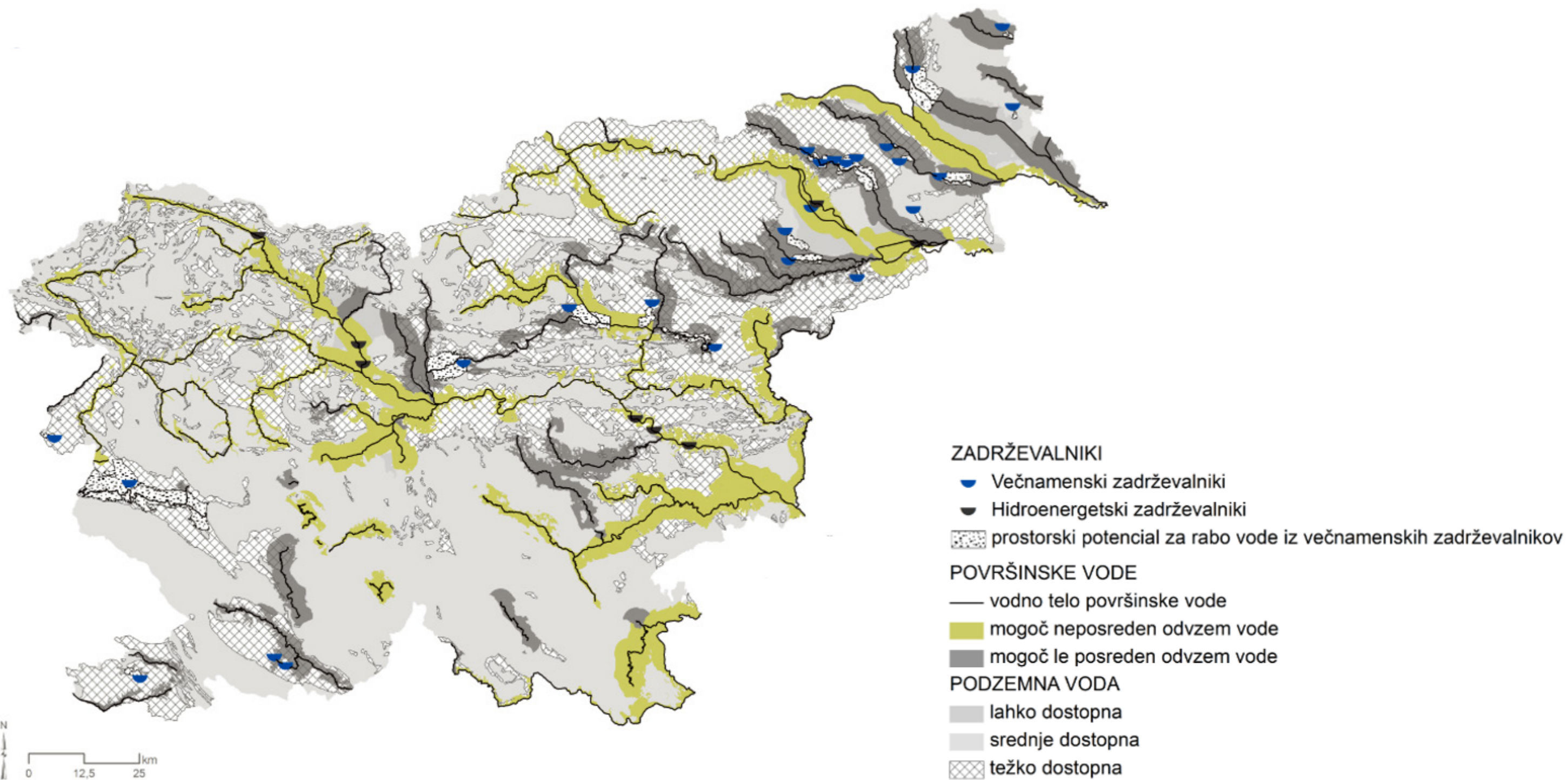
- 5 UVOD
- 8 IZPIRANJE SNOVI IZ TAL
- 11 NAMAKALNI SISTEM
- 12 KAPLJIČNO NAMAKANJE
- 12 NAMAKANJE Z OROŠEVANJE
- 12 DEFICITNO NAMAKANJE
- 15 STROKOVNO PRAVILNO NAMAKANJE
- 19 ZADRŽEVANJE VODE V TLEH
- 21 LABORATORIJSKE ANALIZE VODOZADRŽEVALNIH LASTNOSTI TAL
- 23 POTREBE RASTLIN PO VODI
- 24 VODNA BILANCA TAL
- 25 FENOLOŠKE FAZE RASTLIN
- 27 SISTEMI ZA PODPORO ODLOČANJU O NAMAKANJU
- 28 SPON
- 31 POSKUS NA KMETIJI ZATLER
- 33 MERILNIKI VSEBNOSTI VODE V TLEH
- 33 LIZIMETRI
- 34 REZULTATI POSKUSA
- 36 IZKUŠNJE IN PRIPOROČILA ZA VODI PRIJAZNO NAMAKANJE
- 38 VIRI

UVOD

Namakanje kmetijskih zemljišč je osnoven tehnološki ukrep, katerega namen je zagotoviti optimalno rast in razvoj gojenih rastlin. Gre za dodajanje vode rastlinam v vegetaciji, ko je v tleh primanjkuje. Namakalne sisteme lahko z oroševanjem uporabljamo tudi za preprečevanje spomladanske pozebe. Z namakanjem poskrbimo za stabilno rastlinsko pridelavo in večji delež visoko kakovostnih pridelkov, kar omogoča stabilnejšo oskrbo trga s pridelki. Naravne danosti za razvoj namakanja v Sloveniji so dobre, a obstaja velika prostorska raznolikost. To pomeni, da je dostopnost vode odvisna od bližine površinskega vira, geološke podlage, količine padavin, evapotranspiracije in izgrajene vodne infrastrukture.

Mnenja o vplivu namakanja na kakovost površinskih in podzemnih voda so v strokovni javnosti deljena. Po nekaterih interpretacijah je namakanje kmetijskih površin koristno tudi za kakovost voda, saj v sušnih obdobjih preprečuje, da bi se neizkoriščena hrnila izprala v tla ter naprej v vodonosnike in površinske vode. Na drugi strani pa obstaja bojazen, da večja intenzivnost kmetijstva pod namakanimi površinami pomeni tudi večjo možnost izpiranja hranil v vode.

PREGLED ZADRŽEVALNIKOV, POVRŠINSKIH VODA IN PODZEMNIH VODA PO SLOVENIJI
(Pintar in sod. 2010)



IZPIRANJE SNOVI IZ TAL

Obremenitev vodnih teles s snovmi, ki izvirajo iz kmetijstva ni enakomerna, presežek je pogosto tam, kjer plitva tla ležijo nad podzemno vodo. Ta območja so na spiranje hranil najbolj ranljiva. Dobra kakovost podzemne vode je izjemnega pomena, saj približno 97 % prebivalcem v Sloveniji podzemna voda predstavlja glavni vir pitne vode (Mihoroko in sod., 2019) poleg tega je njeno varovanje pomembno na območjih habitatov odvisnih od podzemnih voda, kjer je standard varovanja še višji območja pa zelo ranljiva (Prelovšek in sod., 2022). Onesnaženje se pojavlja predvsem pod plitvimi rjavimi tlemi v porečjih naših večjih rek (Mura, Drava, Savinja in Sava), kjer se izvaja intenzivno kmetijstvo (hlevsko živinorejo, poljedelstvo in zelenjadarstvo) (Mihelič in sod., 2010) in ni ustrezno urejeno odvajanje odpadnih voda iz gospodinjstev.

Glavni povzročitelji izpiranja hranil v tla so prekomerno gnojenje v velikih obrokih, gnojenje ob neprimernem času v letu (npr. pozno jeseni) ali dolga obdobja nepokritih oziroma neozelenjenih njivskih tal (Di in sod., 2002). Za nitrate velja, da se v večini evropskih držav večinoma izpirajo pozimi oz. izven rastne dobe. Na podlagi dosedanjih raziskav se v Sloveniji velik del nitratov izpere med rastno dobo oziroma ob koncu rastne dobe (Leskošek in Mihelič, 2002). Razlog je v nanosu manjšega števila količinsko večjih obrokov gnojil na začetku rastne dobe, neenakomerni razporejenosti padavin skozi rastno dobo v poletnem obdobju, ko se hranila zaradi pomanjkanja vode v tleh ne porabljajo optimalno. Po spravilu pridelkov pozno poleti oziroma zgodaj jeseni običajno sledijo obilne padavine, ki izperejo hranila iz tal v vodne vire (Curk in sod., 2020).

Okvirna direktiva o vodah (Water Framework Directive - WFD) kot učinkovite ukrepe za zmanjšanje izpiranja snovi v površinske in podzemne vodne vire predvideva vpeljavo in izvajanje prilagojenih kmetijskih praks (WFD, 2021). Te zajemajo strokovno pravilno namakanje, ki poveča dostopnost dodanih hranil v tleh ali sposobnost rastline, da dodana hranila v tleh porabi (ker je rastlina optimalno oskrbljena z vodo in ni v sušnem stresu), povečanje površin poraslih s travinjem, zmanjšanje površin z monokulturami koruze, zmanjšanje gnojilnih norm, setev prezimnih in neprezimnih posevkov, zakasnitev oranja z jeseni na pomlad in s tem skrajšanje obdobja, ko so tla brez rastlinskega pokrova, vzpostavitev varovalnih pasov ob vodotokih in vpeljava ohranitvene oziroma konzervirajoče obdelave tal.



NAMAKALNI SISTEMI

Skladno z zakonom o kmetijskih zemljiščih (ZKZ) je namakalni sistem skup naprav za zagotovitev vode, njeno distribucijo in rabo z namenom zagotoviti rastlinam zadostno količino vode v tleh. Kot namakalni sistemi se štejejo tudi oroševalni sistemi za protislansko zaščito.



V preteklih desetletjih se je v svetu veliko vlagalo ne samo v razvoj namakalnih sistemov, ampak predvsem v modernizacijo in optimiziranje rabe vode in hranil pri namakanju (Cvejić in sod., 2021, Rosa, 2022). Ob dejstvu, da je vse bolj razširjena paradigma pri razvoju namakalnih sistemov čim bolj smotrna uporaba naravnih virov, je vse bolj razširjen tudi razvoj namakalnih sistemov ob uporabi z vodo varčnih tehnologij namakanja (Alcon in sod., 2011; Allan, 1999). Glede na kulturo, ki jo želimo namakati je treba izbrati tudi ustrezno tehnologijo namakanja, ki posamezni kulturi najbolj ustreza. Večkrat se dogaja, da se namaka s tehnologijo, ki je v danih okoliščinah na voljo, čeprav ni najbolj ustreza.

KAPLJIČNO NAMAKANJE

Kapljično namakanje ima veliko prednosti pred ostalimi tehnologijami namakanja in je namakalna tehnika, ki omogoča najintenzivnejšo rastlinsko pridelavo ob najvišji stopnji varovanja okolja. Ideja kapljičnega namakanja je, da rastlini praktično vsak dan dodamo toliko vode, kolikor jo potrebuje. V zelo lahkih, peščenih tleh je potrebno pri nekaterih na sušo občutljivih rastlinah dnevni obrok namakanja celo razdeliti na dva dela. V težjih, glinenih tleh pa lahko rastline namakamo vsak drugi ali tretji dan z ustrezno večjim obrokom (Pintar, 2006). Pri tem namakanju se ne namaka celotne površine, medvrstni prostori ostajajo suhi, mogoče je tudi dodajanje hranil preko namakalnega sistema (fertigacija).

NAMAKANJE Z OROŠEVANJEM

Namakanje z oroševanjem lahko izvajamo z razpršilci, ki so lahko nameščeni kot stabilna, prestavljiva ali mobilna oprema (bobnasti namakalnik). Cilj je čim bolj enakomerno razporediti vodo po celotni namakani površini. Pri tem načinu namakanja damo rastlini čim večji obrok namakanja, kolikor to dopuščajo tla in rastlina (Pintar, 2006). Za namakanje poljščin se v večini primerov uporablja bobenske namakalnike, s katerimi lahko namakamo široke parcele, ob tem pa je potreben visok tlak za njihovo optimalno delovanje. Z bobenskimi namakalniki lahko namakamo tudi vrtnine, pri čemer lahko uporabimo namakalno rampo z nameščenimi več manjšimi razpršilci.

Namakanje s fiksno nameščenimi mikrorazpršilci lahko štejemo pod opremo za lokalizirano namakanje. Zaradi majhnih kapljic so primerni za namakanje vrtnin, ki jim ustreza visoka zračna vlaga (npr. kapusnice). Pri namakanju dreves jih namestimo pod krošnje, omočen je le del površine, zato je poraba vode manjša. Ker ne močimo listja, lahko namakamo vsak dan in vzdržujemo količino vode v tleh v ozkem intervalu.

DEFICITNO NAMAKANJE

Pri tem namakanju gre za namerno ustvarjanje vodnega primanjkljaja v tleh. Ta princip je uporaben takrat, ko so vodne količine omejene ali pa želimo z vodo varčevati in s tem zmanjšati stroške namakanja. Obrok vode dodamo takrat, ko rastlina vodo uporabi najbolj produktivno v smislu povečanja količine in kakovosti pridelka, ekonomske produktivnosti vode in zagotavljanja pridelka. Poleg poznavanja vodnozadrževalnih lastnosti tal in vsebnosti vode v tleh je ključno poznavanje splošnega odziva rastline na vodni deficit v posamezni fenofazi (Pintar in sod., 2010). Poznavanje tega principa namakanja je pomembno tudi za lastnike malih zadrževalnikov, saj le ti pogosto niso dovolj veliki, da bi kmetijske kulture lahko redno in optimalno namakali vso rastno sezono, zato je treba skrbno načrtovati kdaj je namakanje za optimalen razvoj pridelka nujno in kdaj se lahko namakanje opusti brez znatnih učinkov na kakovost in količino pridelka.



STROKOVNO PRAVILNO NAMAKANJE

Le strokovno pravilno izvedeno namakanje prinese zelene učinke namakanja. Hkrati ne povzroča prekomernih negativnih vplivov na okolje in omogoča visoko produktivno ter ekonomsko učinkovito kmetijsko pridelavo.





Namakanje na kmetijskih gospodarstvih večinoma poteka brez uporabe medsebojno povezanih osnovnih informacij o strokovno pravilnem namakanju. Namakanje “na pamet” se običajno začne šele, ko zaznamo presušena tla ali prve znake sušnega stresa na rastlinah, kar je lahko že prepozno za optimalno namakanje. Rastlina v sušnem stresu – posledice za rastlino. Ob pomanjkanju vode v tleh se hranila kopičijo v tleh in je upočasnjena razgradnja fitofarmaceutskih sredstev. Zaradi tega so po koncu rastne sezone snovi v tleh bolj podvržene spiranju v podzemna vodna telesa in s tem povečevanju obremenitev okolja.

Za učinkovito namakanje moramo poznati vodozadrževalne lastnosti tal, trenutno vsebnost vode v tleh, fenofaze rastline in vremenske razmere v prihodnjih dneh. Za strokovno pravilno namakanje je ključno poznavanje naslednjih parametrov:

- Koliko vode potrebuje rastlina. Za določanje potrebe rastline po vodi moramo poznati fenološko fazo rastline, njeno evapotranspiracijo in kritično točko, do katere lahko rastlina brez večjih izgub črpa vodo iz tal.
- Koliko vode zadržijo tla. Vodozadrževalne lastnosti tal so odvisne predvsem od teksture tal, deleža organske snovi v tleh, velikosti in količine zračnih por ter poljske kapacitete in točke venenja.
- Kakšno je stanje na terenu. Sem spadajo velikost namakane površine in vrsta ter postavitev namakalne opreme. Za ugotovitev dejanske vsebnosti vode v tleh potrebujemo ustrezno merilno opremo.

Neupoštevanje naštetih dejavnikov, ki vplivajo na potrebe rastline po vodi, zmanjšuje produktivnost rabe vode in izkoristljivost dodanih hranil.

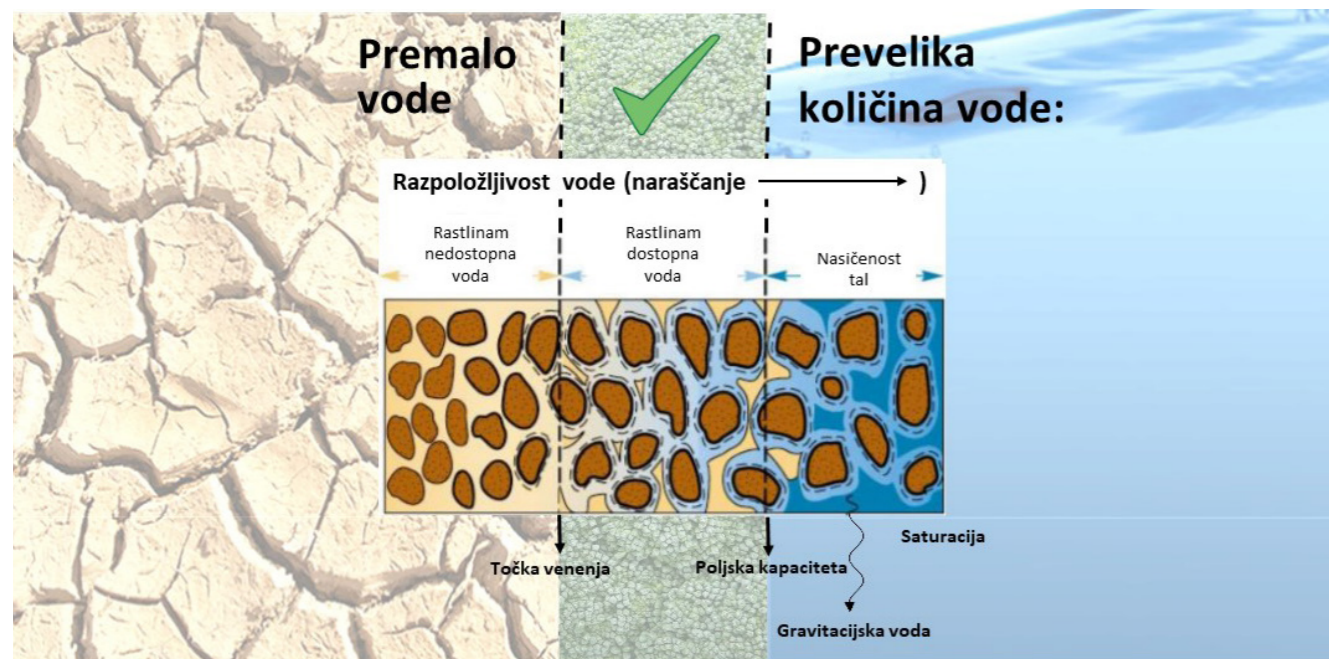
Ob upoštevanju vseh omenjenih parametrov lahko natančno opredelimo (izračunamo) obrok namakanja. Le-ta ne sme presegati poljske kapacitete, ki je specifična glede na vrsto tal in ne sme pasti pod kritično točko, ki je določena na podlagi lastnosti tal in rastline. S tovrstnim uravnavanjem namakalnih obrokov se sočasno izognemo sušnemu stresu in preveliki vsebnosti vode v tleh, ki predstavlja tveganje za izpiranje rastlinskih hranil do podzemne vode.

ZADRŽEVANJE VODE V TLEH



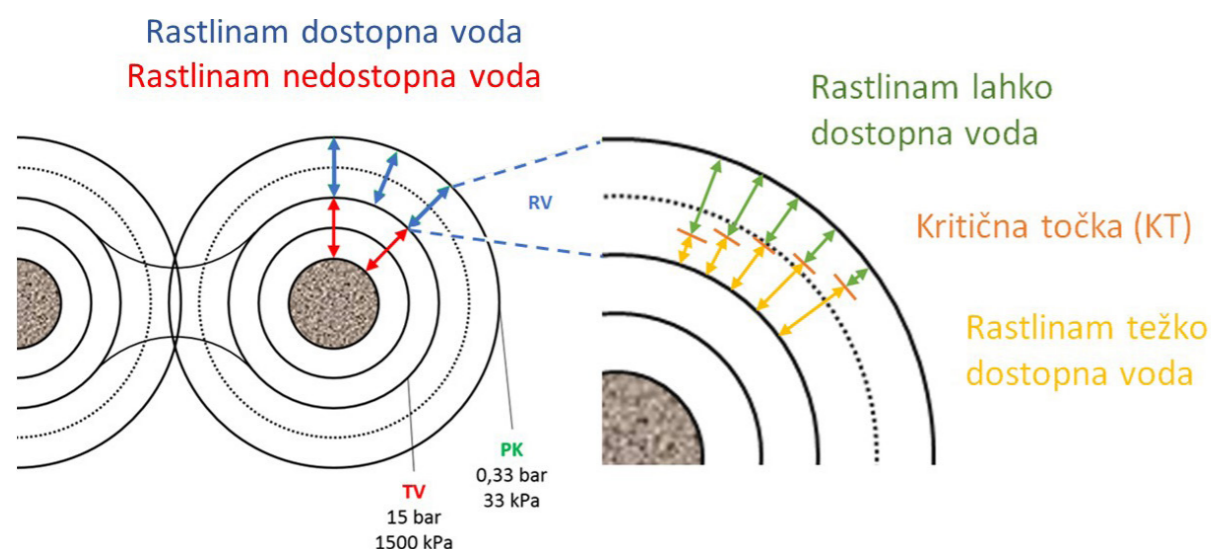
Po obilnem dežju so tla nasičena z vodo. Ko iz tal odteče gravitacijsko odcedna voda, so makropore napolnjene z zrakom in mikropore z vodo. Takšno stanje vode v tleh se imenuje poljska kapaciteta (PK) in predstavlja največjo vsebnost vode, ki jo tla, glede na njihove lastnosti (npr. ali prevladujejo peščeni ali glineni delci in v kakšne talne skupke so združeni), lahko zadržijo. Za večino rastlin je to najprimernejše stanje, saj imajo korenine na voljo dovolj zraka in vode. S sušenjem se večja sila vezave za talne delce, kar otežuje odvzem vode rastlin iz tal. Namesto sile vezave uporabljamo za opis stanja vode v sistemu tla-rastlina-zrak bolj uveljavljen izraz potencial, izražen v kPa. Dogovorjena vrednost za potencial vode v tleh pri stanju PK je – 33 kPa, četudi je v realnosti PK lahko od – 10 do – 33 kPa.

Prikaz razpoložljivosti vode v tleh in njena dostopnost rastlinam (prirejeno po Gary B., 2016)



Ko sila vezave vode na talne delce narastejo do t. i. kritične točke (KT), preidejo rastline v sušni stres. To povzroči zaprtje listnih rež in posledično zmanjša stopnjo fotosinteze, kar se odrazi v manjši rasti rastlin ter manjšem pridelku. Kritična točka (KT) predstavlja količino vode pri tenziji/matričnem potencialu vode v tleh, ko začne rastlina del energije, ki bi jo sicer porabila za oblikovanje pridelka, trošiti za premagovanje tenzije vode. Rastline imajo različno sposobnost odvzema vode iz tal in so različno odporne proti suši, zato je KT vrstno in tudi sortno specifična. KT izračunamo na podlagi faktorja p , ki označuje delež lahko dostopne vode za posamezno rastlino v določenih tleh (npr. za korenček je faktor p 0,35, za kumare 0,50, za solato 0,30, za jagode 0,15, itd.).

Delovanje sil na talne delce (vir: Glavan, 2021)

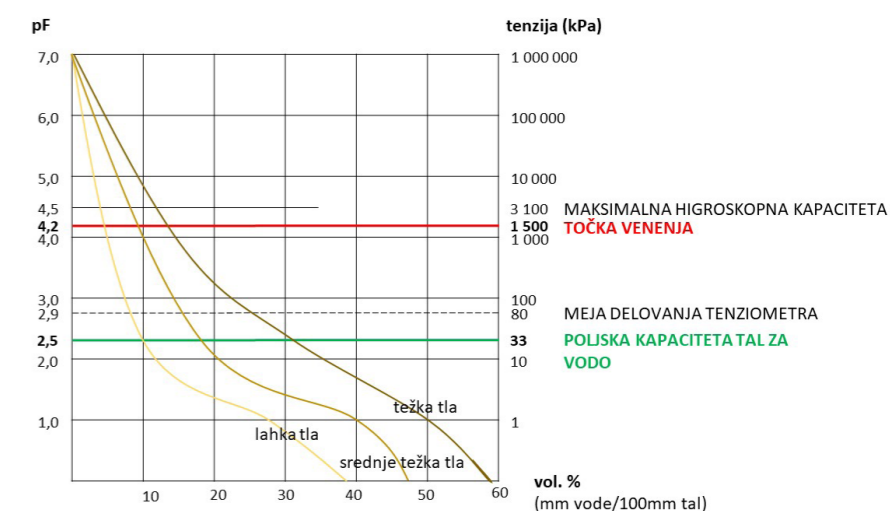


Ko je vode v tleh relativno malo in je potencial talne vode -1500 kPa, večina rastlin ni več sposobnih črpati vode in lahko trajno ovenijo. To točko imenujemo točka venenja (TV). Med poljsko kapaciteto in točko venenja je voda v tleh rastlinam dostopna, in jo imenujemo tudi rastlinam dostopna voda (RDV).

Običajno so točke, ki opisujejo vodozadrževalne lastnosti tal, podane v volumskem odstotku vode (vol. %). Ta nam pove, koliko kubičnih centimetrov vode zadržijo tla v 100 cm³ tal oz. milimetrov vodne plasti v 100 mm tal. Pomnoženo z globino tal, ki jo obravnavamo, dobimo vsebnost vode v obravnavani globini tal. Če imamo v tleh 20 vol. % vode, 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 pa še velikost in delež zračnih por, skelet, nabrekljivost tal in delež organske snovi v tleh.

Prikaz spreminjanja vol. % vode v tleh različnih tipov tal v odvisnosti od tenzije (vir: Pintar M., 2006)



LABORATORIJSKE ANALIZE VODOZADRŽEVALNIH LASTNOSTI TAL

Točko venenja (TV) tal določimo v laboratoriju z uporabo tlačne posode (Richards, 1941). Z vodo nasičene vzorce tal izpostavimo nadtlaku 1500 kPa in s tem dosežemo, da voda, ki je na talne delce vezana z manjšo silo, odteče. Po končanem postopku v tlačni komori, gravimetrično določimo vsebnost vode v vzorcu, ki predstavlja TV.

PK lahko določimo v laboratoriju z uporabimo tlačne posode ali z merilnim sistemom HYPROP®, ki temelji na metodi izhlapevanja. Po slednji metodi na terenu odvmemo 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 tehtnico in sočasno neprekinjeno merimo maso in potencial vode v tleh v času sušenja vzorca. Po koncu meritev tako dobimo informacijo o vsebnosti vode v tleh ob določenem potencialu. Merilno območje je omejeno z območjem delovanja tenziometrov. Prav tako lahko PK tal odčitamo po večji količini dodane vode, iz krivulje kontinuiranih meritev vsebnosti vode v tleh.

Laboratorijska oprema za določevanje vodozadrževalnih lastnosti tal.

HYPROP in Richardova tlačna komora

(vir: Osebni arhiv UL BF)



POTREBE RASTLIN PO VODI



VODNA BILANCA TAL

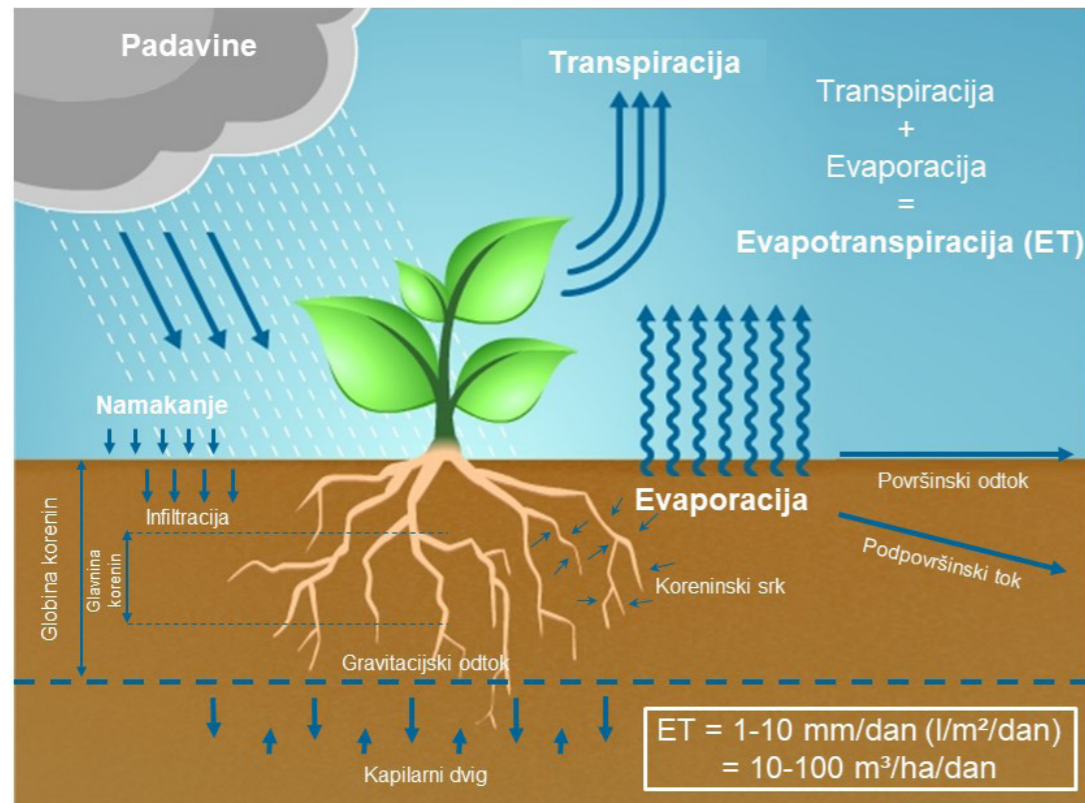
Na vodno bilanco zgornjega sloja tal v globini korenin vpliva več dejavnikov.

Oblika in pokrovnost površine vplivata na količino infiltriranih padavin, tekstura in vodozadrževalne lastnosti na globoko pronicanje ter kapilarni dvig. Vodno bilanco lahko uravnavamo z namakanjem, s katerim neposredno nadomestimo izgubo vode zaradi evapotranspiracije. Meritve evapotranspiracije so zaradi številnih dejavnikov, ki vplivajo na ta proces, težavne in redko dostopne, zato se za oceno tega člena vodne bilance pogosto uporabljajo izračuni na osnovi energijske bilance.

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).

$$ET_c = ET_0 \times k_c$$

Premikanje vode v tleh
(prirejeno po: Spruceirrigation, 2021)

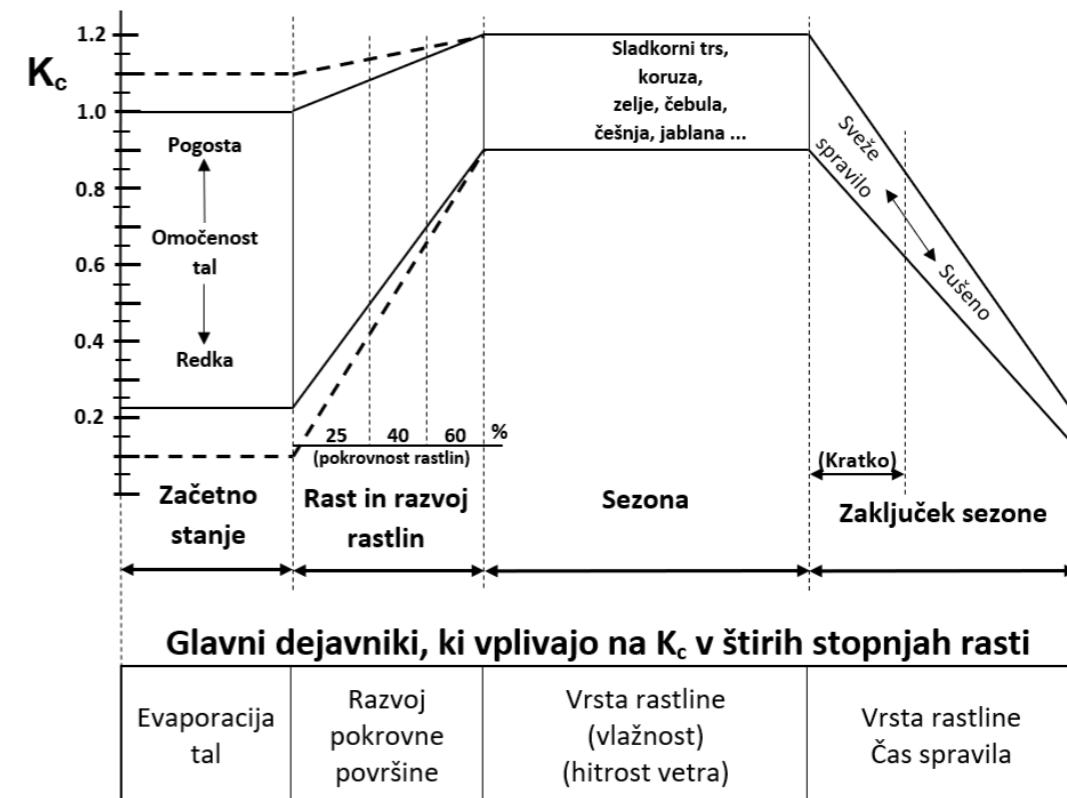


FENOLOŠKE FAZE RASTLINE

Koeficient rastline (k_c) je odvisen od vrste rastline in fenofaze, v kateri se ta nahaja. Referenčna evapotranspiracija je definirana kot evapotranspiracija z referenčne površine, ki jo pokriva travna ruša, visoka 12 centimetrov in je dobro oskrbovana z vodo.

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 izračun vodne bilance potrebujemo čas začetka in trajanje posameznih fenoloških faz ter globino korenin v posameznih fazah razvoja.

Prikaz spreminjanja vrednosti k_c tekom rastne dobe rastline
(prirejeno po Uwe M., 2001).



SISTEMI ZA PODPORO ODLOČANJU O NAMAKANJU

Ustrezen izračun začetka in količine namakalnega obroka predstavlja izziv v usklajenosti podatkov, saj je pri tem potrebno upoštevati vse dejavnike strokovno pravičnega namakanja. Uporabnik namakalnega sistema lahko potrebe po namakanju preračuna sam, vendar je dejavnikov za določitev strokovno pravičnega namakanja veliko, zato si lahko pri izračunu pomaga z uporabo digitalnih orodij za pomoč pri namakanju, kot je sistem podpore odločanju o namakanju (SPON).



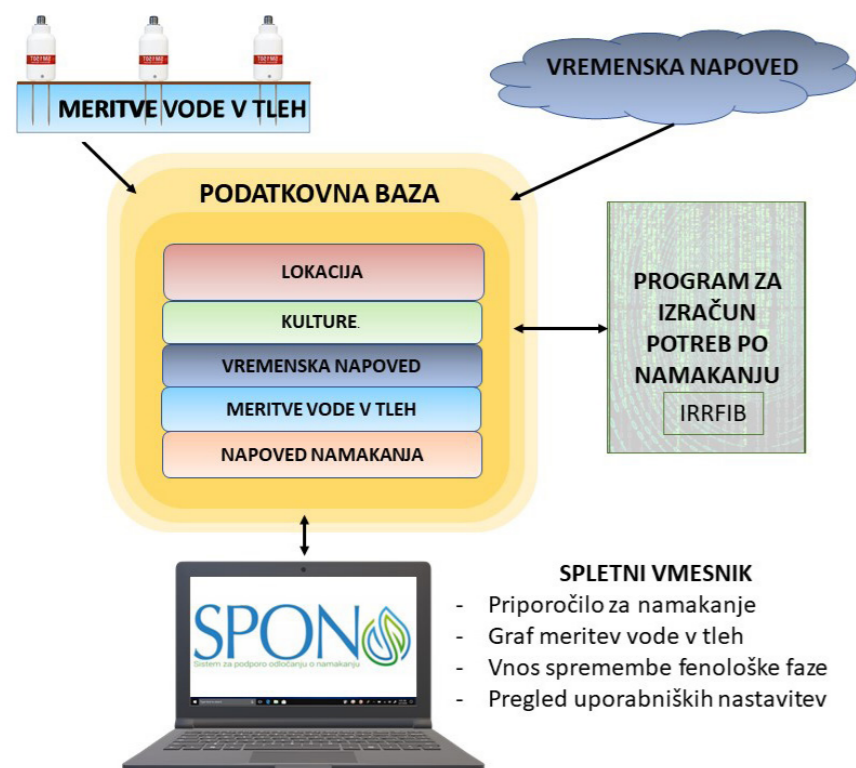
SPON

SPON (Sistem za Podporo O Namakanju) je bil razvit v okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt (2016-2021) in pozneje nadgrajen v EIP projektu PRO-PRIDELAVA (2018-2021). Od leta 2022 naprej je sistem postal državni in ga upravlja ARSO. SPON za izračun potreb rastlin po vodi upošteva: (1) kulturo ter razvojne faze rastlin – fenofaze; (2) vodozadrževalne lastnosti tal (poljska kapaciteta, točka venenja); (3) trenutno vsebnost vode v tleh (dnevno spremljanje vsebnosti vode v tleh z merilnikom vode); (4) večdnevno napoved evapotranspiracije in količine padavin za vsako lokacijo. Za optimalno preskrbo rastlin z vodo SPON izračuna in poda uporabnikom informacijo s priporočilom o potrebni količini vode, začetku in trajanju namakanja. Shema sistema je prikazana na strani 6 in 7.

Z namakanjem se poskuša vzdrževati vodo v tleh med kritično točko in poljsko kapaciteto. Sistem SPON podaja priporočila za namakanje nekoliko nižja od potreb za doseganje poljske kapacitete. S tem se bolje izkoristi morebitne padavine, kot če bi se namakalo do stanja poljske kapacitete (Glavan, 2021). 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 znatno zmanjšanje porabe vode, porabe energije in CO₂, ki nastajajo zaradi namakanja (Cvejić in sod., 2020), medtem ko poraba hranil v povezavi z uporabo SPON še ni bila preverjena.

Shema sistema za podporo odločanju o namakanju (SPON)

(vir: Glavan, 2021).



Z namakanjem se poskuša vzdrževati vodo v tleh med kritično točko in poljsko kapaciteto. Sistem SPON podaja priporočila za namakanje nekoliko nižja od potreb za doseganje poljske kapacitete. S tem se bolje izkoristi morebitne padavine, kot če bi se namakalo do stanja poljske kapacitete (Glavan, 2021). 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 znatno zmanjšanje porabe vode, porabe energije in CO₂, ki nastajajo zaradi namakanja (Cvejić in sod., 2020), medtem ko poraba hranil v povezavi z uporabo SPON še ni bila preverjena.



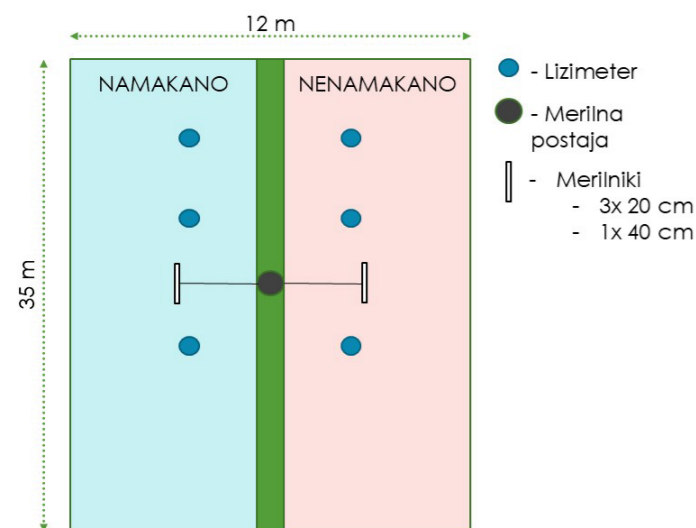
Merilna postaja sistema SPON v sadovnjaku

POSKUS NA KMETIJI ZATLER



Za namen optimizacije namakanja in zmanjšanja spiranja hranil v podzemno vodo je bilo v okviru projekta EIP Vode določeno poskusno polje na obrobju vasi Kleče v občini Ljubljana. Razdeljeno je bilo na namakano in nenamakano površino. Na obeh polovicah so se izvajali enaki agrotehnični ukrepi (gnojenje, obdelava, setev, sajenje, spravilo). V tla na polju je bila vgrajena merilna oprema za merjenje vsebnosti vode v tleh. Namakanje je bilo regulirano s pomočjo sistema za podporo pri odločanju o namakanju (SPON). Vsebnost vode v tleh je bila merjena s po štirimi merilniki na vsaki površini. Podatki o vlagi so bili stalno dostopni po brezžični elektronski povezavi. Na območju smo pod posevki namestili lizimetrov, ki služijo merjenju nitrata v izcedni vodi. V rednih razmakih in tudi obilnejših deževjih so bili iz lizimetrov odvzeti vzorci izcednih voda na katerih se je izvedla analiza količine izpranega nitrata v izcedni vodi.

Shema zastavljenega poskusa



Poskusno polje

Levo - namakana površina, desno - nenamakana površina (23.7.2021)

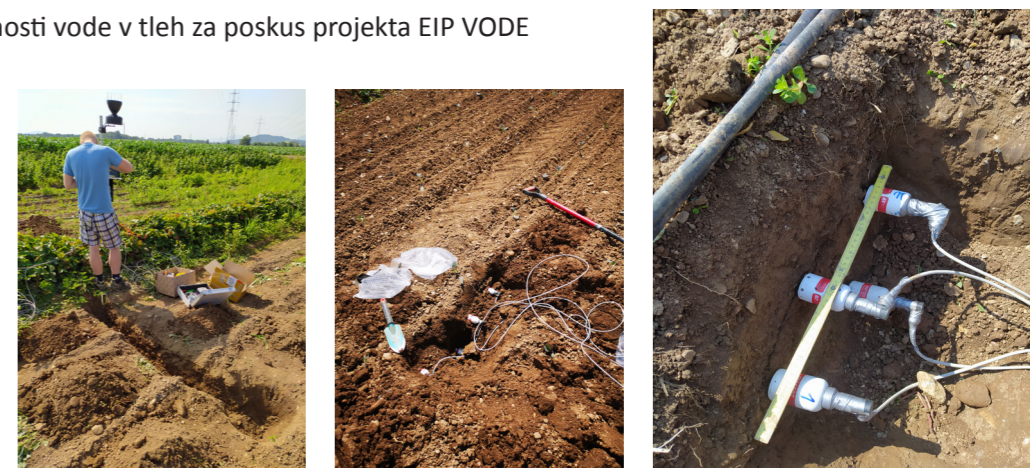


MERILNIKI VSEBNOSTI VODE V TLEH

Merilniki, vsebnosti vode v tleh ne merijo neposredno, temveč merijo relativno dielektričnost tal, ki je v največji meri odvisna od vsebnosti vode v tleh. Dielektričnost s pomočjo kalibracijskih enačb pretvorimo v volumske odstotke.

Merilnike vsebnosti vode v tleh smo namestili na globino 20 cm, kjer je glavna masa korenin kulture, ki jo namakamo, saj moramo tam zagotavljati primerno vsebnost vode, ki je na voljo rastlini. Iz izkušenj deluje sistem najbolje, če imamo na lokaciji vgrajene štiri merilnike. Prvi trije merilniki so nameščeni horizontalno na globino 20 cm, tako preprečimo, da bi morebitno nepravilno delovanje ene od treh merilnikov nameščenih v območju korenin, vplivalo na izračun nasveta za namakanje v SPON. Četrty merilnik je nameščen globlje, pod glavno maso korenin, in pomaga nadzorovati pronicanja vode v globlji del tal.

Vgrajeni merilniki vsebnosti vode v tleh za poskus projekta EIP VODE

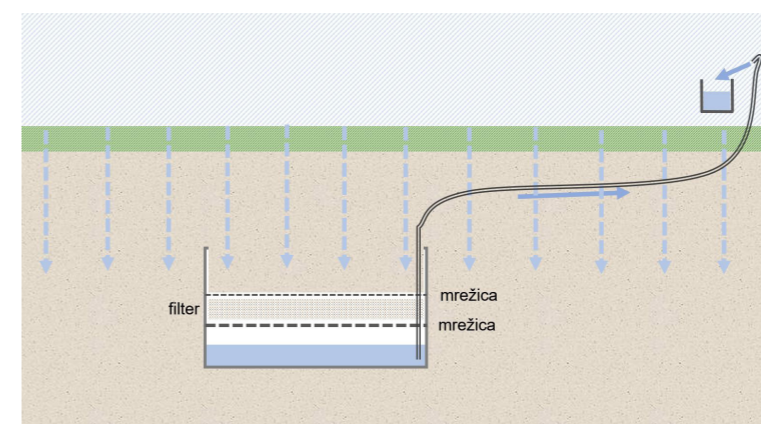


LIZIMETRI

Lizimetri služijo merjenju evapotranspiracije ter količine in kakovosti vode, ki pronica skozi talni profil proti podzemni vodi. V tako zbrani izcedni vodi lahko spremljamo tudi pojavljanje onesnažil in tako spremljamo tudi bilanco in dinamiko le-teh. Pretočni lizimetri (imenovani tudi volumetrični, drenažni, gravitacijski ali kompenzacijski), katerih različica je bila uporabljena v poskusu, napajajo s pomočjo dežja, namakanja ali z uravnavanjem stalne višine vodne gladine ali kombinacijo naštetega (Pintar M, 2003).

Ker so uporabljeni lizimetri majhni (30 L) se lahko zgodi, da ob večjem padavinskem dogodku, ko so hranila najbolj podvržena izpiranju, del vode s preferenčnim tokom steče mimo. Tako lahko na bližnjih lizimetrih ob enakih pogojih eden zbere 20L in drugi 30 L. Ko se lizimeter na polni, lahko ob nadaljnjem pritekanju vode v lizimeter, višek vode prične odtekati iz lizimetra. Predpostavljamo, da vodo, ki odteče, nadomesti voda z podobno koncentracijo nitratov in zaradi tega odtekanja nima vpliva na končno izmerjeno koncentracijo nitratov v zbrani raztopini. Na podlagi prejšnje predpostavke, je koncentracija raztopljenega nitrata v vzorcu vode iz lizimetra ocena za koncentracijo nitratov v vodi, ki je s kmetijske površine odtekla v vodonosnik.

Shema vgrajenega lizimetra za merjenje vsebnosti nitratov v izprani vodi za poskus projekta EIP VODE



REZULTATI POSKUSA NA TESTNEM POLJU

Gibanje vode v tleh in izpiranje nitratov smo spremljali v obdobju treh let od junija 2020 do avgusta 2022. Na grafu spodaj so prikazani rezultati meritev vsebnosti vode v tleh in koncentracije NO₃ skupaj s padavinskimi dogodki in obroki namakanja.

Leto 2020	Leto 2021	Leto 2022
Koncentracija izpranih nitratov je bila pri drugem vzorčenju višja na namakanem površini v primerjavi z namakano.	Opazna večja razlika v vsebnosti vode v tleh med namakano in nenamakano površino.	Opazno povečano izpiranja nitratov iz nenamakani površini v primerjavi z namakanimi.

Razlaga rezultatov

1) Pridelovalec ni bil vključen v sistem SPON in ni pridobil informacij za strokovno pravilno in učinkovito namakanje, tako je namakal na podlagi izkušenj in po občutku.

2) Prvo leto izvajanja poskusa in s tem izvajanja različnih praks namakanja na obeh površinah, zaradi česar ni večjih razlik v zalogah hranil v tleh.

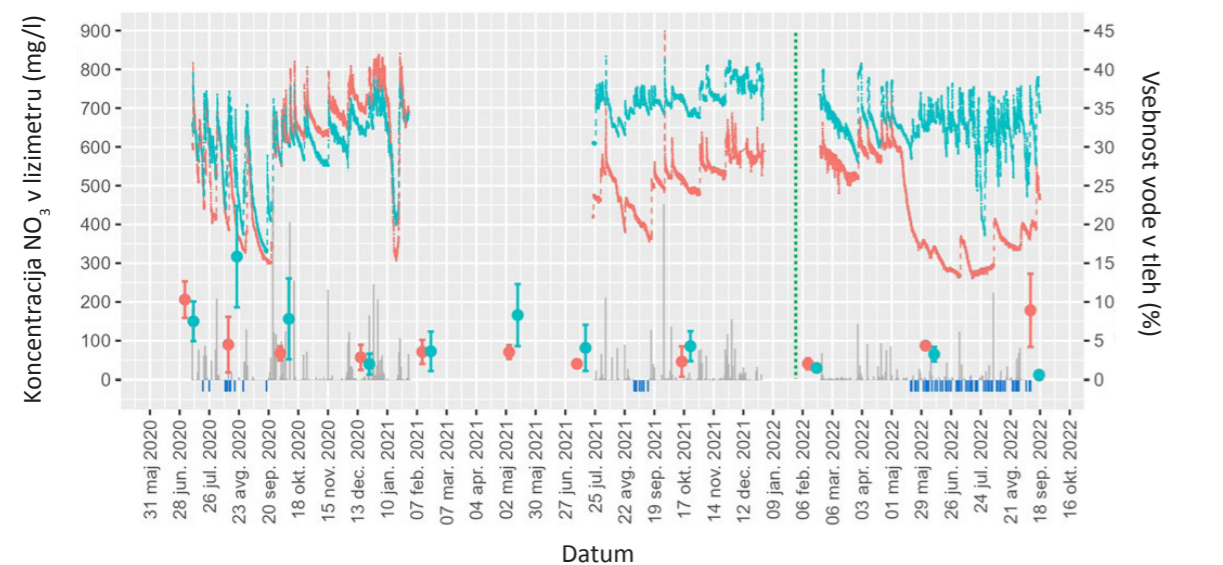
3) Drugo vzorčenje je potekalo takoj po manjši količini padavin in pogostejšem namakanju. Zaradi večje količine vode na namakanem delu se je z izcedno vodo v lizimeter izpral večji delež hranil.

1) Pridelovalec ni bil vključen v sistem SPON in ni pridobil informacij za strokovno pravilno in učinkovito namakanje, tako je namakal na podlagi izkušenj in po občutku.

2) Po obdelavi tal z gredičarjem v tleh porušimo strukturo tal, ki se z namakanjem oziroma padavinami ob aktivni vlogi bioloških procesov v tleh, čez čas ponovno konsolidirajo. V primeru nenamakane površine, za povratne procese primanjkuje vode v tleh, kar pomeni omejeno delovanje glavnih akterjev bioloških procesov (mikro in makro organizmi, bakterije in glive). Tla tako niso sposobna zadržati vode, s tem pa tudi hranil in so z gravitacijskim odtokom pospešeno odtekala v globlje sloje tal.

1) Površina vključena v sistem SPON. Pridelovalec je lahko redno spremljal vsebnost vode v tleh in pridobil nasvet za priporočeno količino namakalnega obroka.

2) V drugi polovici aprila 2022 se je začelo daljše sušno obdobje. To je razvidno iz manjših vsebnosti vode v tleh na nenamakani površini. Na namakani površini se je pridelovalec držal nasvetov sistema SPON in vsebnost vode vzdrževal med kritično točko in poljsko kapaciteto. Po vzorčenju talne raztopine v sredini avgusta 2022, se je izkazalo, da je koncentracija izpranega NO₃ na nenamakani površini nekajkrat večja v primerjavi z namakano.



Legenda

- Vsebnost vode v tleh - namakano
- Vsebnost vode v tleh - nenamakano
- Koncentracija NO₃ v lizimetru - namakano
- Koncentracija NO₃ v lizimetru - nenamakano
- Namakalni obrok
- Padavine
- - - Vzpostavitev Sistema SPON





IZKUŠNJE IN PRIPOROČILA ZA VODI PRIJAZNO NAMAKANJE

V primeru izvajanja strokovno pravilnega namakanja, z upoštevanjem namakalnega nasveta sistema SPON, je velika verjetnost, da se bo zmanjšalo izpiranje nitratov v nižje sloje tal. V primeru, ko se nasvet ne upošteva lahko ob prekomernem namakanju površin pride do povečanega izpiranja nitratov. Enako je izpiranje nitratov večje, če se sploh ne namaka.

Nitrati so se tekom leta 2022 v obdobju sušnega stresa kopičili v tleh zaradi neučinkovitega koriščenja hranil s strani rastlin. Po koncu dolgotrajne suše v letu 2022 so v jesenskem obdobju sledile obilnejše padavine in na nenamakani površini izprale večjo količino nitratov, kot na namakani.

Na namakanem polju, kjer je bila vegetacija v dobrem stanju, se je z izcednimi vodami izprala manjša količina nitratov. Ta rezultat potrjuje našo domnevo, da s strokovno pravilnim namakanjem lahko zmanjšamo izpiranje hranil iz profila tal v podzemne vode in površinske vode.

Opažena je bila tudi večja vsebnost zadržane vode na namakani površini v primerjavi z nenamakano. Rezultati potrjujejo, da:

- namakanje zagotavlja zadostne količine vode za optimalno rast rastlin in s tem ustrezno porabo dodanih gnojil;
- v primeru daljših sušnih obdobjij namakanje pripomore tudi k ohranjanju dobre strukture tal in s tem povečanju sposobnosti tal za zadrževanje vode, ki je bolj dostopna rastlinam.



VIRI

Alcon F., de Miguel M. D., Burton M. 2011. Duration analysis of adoption of drip irrigation technology in south-eastern Spain. *Technological Forecasting & Soil Change*, 78: 991–1001

Allan T. 1999. Productive efficiency and allocative efficiency: why better water management may not solve the problem. *Agriculture Water Management*, 40: 71–75

Curk M., Glavan M., Pintar M. 2018. Postavitev hidrološkega SWAT modela za območje Krškega polja. 29. Mišičev vodarski dan 2018, 178-184.

Cvejić, R., Marsela, P., Pintar, M. 2015. Priročnik za načrtovanje namakanja.

Cvejić, R., Černič Istenič, M., Honzak, L., Pečan, U., Železnikar, Š. in Pintar, M. 2020. Farmers Try to Improve Their Irrigation Practices by Using Daily Irrigation Recommendations—The Vipava Valley Case, Slovenia. 27 str. <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/9/1238/htm>

Cvejić R., Pintar M., Zupanc V. 2021. Advancing irrigation development in the European Union: povezava: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ird.2585> (18.2.2023)

Di H.J., Cameron K.C. 2002. Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 46: 237–256

Glavan M., Honzak L., Žvokelj L., Cvejić R., Železnikar Š., Pečan U., Zupanc V., Pintar M. 2021. Strokovno pravilno namakanje: Sistem za podporo odločanju onamakanju (SPON). Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani v okviru projekta 33133-1005/2018 – EIP - Povečanje produktivnosti kmetijske pridelave z učinkovito in trajnostno rabo vode (PROPRIDELAVA). 24 str.

Johnson S. H., Svendsen M., Gonzalez F. 2002. Options for institutional reform in the irrigation sector. *Washington, The International bank for reconstruction and development of the World Bank*: 45 str.

Larramendy M., Stoneski S. 2019. Pesticides - Use and Misuse and Their Impact in the Environment. First published in London, United Kingdom, 2019 by IntechOpen. ISBN 978-1-83880-048-2. 139 str.

Leskošek M., Mihelič R. 2002. Žveplo kot gnojilo = Sulphur as fertilizer. *Sodob. kmet.*, 2002, let. 35, št. 11-12, str. 488-492.

Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnko S., Vršič S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. ISBN 978-961-6761-09-3. 185 str.

Mihoroko P., Gacin M., Dobnikar Tehkovec M. 2019. Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji. Poročilo za leto 2018. Ljubljana, september. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Ljubljana, Vojkova 1b. 60 str.

Meinzen-Dick R. 2014. Property rights and sustainable irrigation: A developing country perspective. *Agricultural Water Management*, 145: 23–31

Pintar M. 2003. Lizimetri v Sloveniji. Suša v letu 2003. 7 str. <https://mvd20.com/LETO2003/R17.pdf>

Pintar M., Tratnik M., Cvejić R., Bizjak A., Meljo J., Kregar M., Zakrajšek J., Kolman G., Bremec U., Drev D., Mohorko T., Steinman F., Kozelj K., Prešeren T., Kozelj D., Urbanc J., Mezga K. 2010. Ocena vodnih perspektiv na območju Slovenije in možnosti rabe vode v kmetijski pridelavi (V4-0487). Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje RS: 159 str.

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: 55 str.

Prelovšek M., Curk M., Mali N., Mulec J., Petrič M., Pintar M., Urbanc J., Cvejić R. 2022. Raziskave za opredelitev in preprečevanje obremenjevanja vodozbirnega zaledja jelševnišičice in otovskega brega, s posebnim ozirom na habitat črne človeške ribice. 20. Mišičev vodarski dan. 9 str. <https://www.mvd20.com/LETO2022/R16.pdf> (21.2.2023)

Rosa L. 2022. Adapting agriculture to climate change via sustainable irrigation: biophysical potentials and feedbacks. *Environmental Research Letters*, Volume 17, Number 6. 15 str. DOI 10.1088/1748-9326/ac7408. Spletni vir: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac7408> (18.2.2023)

Uradni list RS, št. 27/2016

Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Uradni list RS, št. 113/09, 5/13, 22/15 in 12/17)

WFD. Introduction to the EU water framework directive. European Commission. https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro_en.htm (2.4.2021)

VIRI SLIK:

Pintar M., Tratnik M., Cvejić R., Steinman F., Kompore K., Prešeren T., Kozelj D., Bizjak A., Meljo J., Kregar M., Zakrajšek J., Kolman G., Bremec U., Drev D., Mohorko T., Kodre N., Urbanc J. in Mezga K. 2010. Ocena vodnih perspektiv na območju Slovenije in možnosti rabe vode v kmetijski pridelavi : Ciljni raziskovalni program : končno poročilo. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, 2010. 159 str., 1 graf. pril., ilustr. [COBISS.SI-ID 6264441]

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.

