

BILANCA OBORINSKE VODE U TERESTRIČKIM TLIMA HRVATSKE I KLIMATSKE PROMJENE

RAINFALL WATER BALANCE IN CROATIA TERRESTRIAL SOILS AND CLIMATE CHANGE

Ž. Vidaček i S. Husnjak

SAŽETAK

U radu analiziramo komponente bilance vode u tlu - oborine, gubitak vode iz tla, referentnu i aktualnu evapotranspiraciju, punjenje tla vodom i otjecanje vode iz tla. Objašnjavamo manjak fiziološko aktivne vode u tlu - pedološku sušu, hidropedološke jedinice načina i režima vlaženja tla, stupanj osjetljivost kultura na manjak vode u tlu, kritična razdoblja usjeva na manjak vode u tlu, manjak vode u tlu i vanjske morfološke promjene na kulturama, utjecaj klimatskih promjena na razvojne faze poljoprivrednih kultura i o primjeni dopunskog natapanja poljoprivrednih kultura.

Ključne riječi: tlo, vlaženje tla, bilanca, klimatske promjene, poljoprivredne kulture, dopunsko natapanje

ABSTRACT

In the paper, we analyze the components of the water balance in the soil - precipitation, water loss from the soil, reference and actual evapotranspiration, filling the soil with water and water runoff from the soil, we explain the deficit of physiologically active water in the soil - pedological drought, the hydro-pedological unit of modes and regimes of soil moistening, degree of sensitivity of crops to deficit of water in the soil, critical periods of crops to deficit of water in the soil, deficit of water in the soil and external morphological changes in crops, the impact of climate change on the development stages of agricultural crops and on implementation supplementary irrigation of agricultural crops.

Key words: soil, soil moisture, balance, climate change, crops, supplementary irrigation

UVOD

Klimatske promjene¹ utječu na drastične promjene oborinskog režima, na poplave, oluje, bujice, erozije, klizišta, suše, toplinske valove, požare. Sve češće i žešće javljaju se sušna razdoblja bez oborina, poremećaji ciklusa fenoloških faza, negativni utjecaji na produktivnost tla, prinose kultura i proizvodnju hrane. Od 1976. do 2023. godine skoro je svaka četvrta godina bila sušna u Hrvatskoj. Neke su sušne godine u Hrvatskoj bile u kategoriji elementarnih nepogoda. U 2000. i 2003. godini sve su županije u Hrvatskoj prijavile štetu u vrijednosti od 3,4 milijarde kuna zbog suše. To je bio jedan od mnogih razloga da je Vlada RH u 2004. godini donijela odluku za osnivanje Nacionalnog povjerenstva za projekt natapanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama. Iste je godine Zavod za pedologiju, Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta, završio Hidropedološku kartu RH u mjerilu 1:300 000 u svrhu planiranja i projektiranja održivog gospodarenja vodnim resursima i zemljištem. U hidropedološkoj karti – studiji je, između ostalog, detaljno obrađena problematika vjerojatnosti pojava mjesečnih količina oborina, referentne evapotranspiracije (ET_o) i bilance oborinske vode u tlu s pozicije manjka vode u tlu i otjecanja vode iz tla.

KORIŠTENI MATERIJALI I METODIKA

U ovom radu, relevantni hidropedološki podaci i rezultati izračuna bilance oborinske vode u tlu odnose se na područja meteoroloških postaja Varaždin i Osijek (1980. - 1998.), Pazin, Gospić, i Ploče (1986. - 2000.) iz projekta Hidropedološka karta Republike Hrvatske u mjerilu 1:300 000, Vidaček i sur. 2004. Bilanca oborinske vode u tlu izračunata je prema modificiranom i kalibriranom Palmerovom hidrološkom proračunu, Vidaček, 1981. i korištenjem računalnog programa HIDROKALK, Širić i Vidaček 1998. Referentna evapotranspiracija izračunata je metodom Penman-Monteith, korištenjem računalnog programa FAO 1992, Cropwat-computer program for irrigation planning and management, Irrigation and Drainage paper No. 46, a vjerojatnost pojava oborina utvrđena je prema Hazen-u FAO 1974., Effective rainfall in irrigated agriculture, Irrigation and drainage Paper, No. 25.

¹ “Staklenički plinovi, uključujući ugljični dioksid i metan, glavni su pokretači klimatskih promjena i iz naših aktivnosti praćenja možemo vidjeti da atmosferske koncentracije nastavljaju rasti bez znakova usporavanja”, rekao je Vincent-Henri Peuch, direktor Copernicus službe za nadzor atmosfere.

1. Terestrička tla

Hidropedološkom sistematizacijom, sva **terestrička tla** koja su vlažena procjednom oborinskom vodom razvrstana su u tri hidropedološka tipa prema načinu i režimu vlaženja tla, Tablica 1.

- **Ekscesivno drenirana tla**, vlažena vrlo brzo procjednom oborinskom vodom $K > 4,8$ m/dan
- **Dobro drenirana tla**, vlažena brzo procjednom oborinskom vodom $K = 1,4-4,8$ m/dan
- **Umjereno dobro drenirana tla**, vlažena procjednom oborinskom vodom $K = 0,5-1,4$ m/dan

Tablica 1. Korelacija hidropedoloških i pedoloških sistematskih jedinica terestričkih tala

Table 1 Correlation of hydro-pedological and pedological systematic units of terrestrial soils

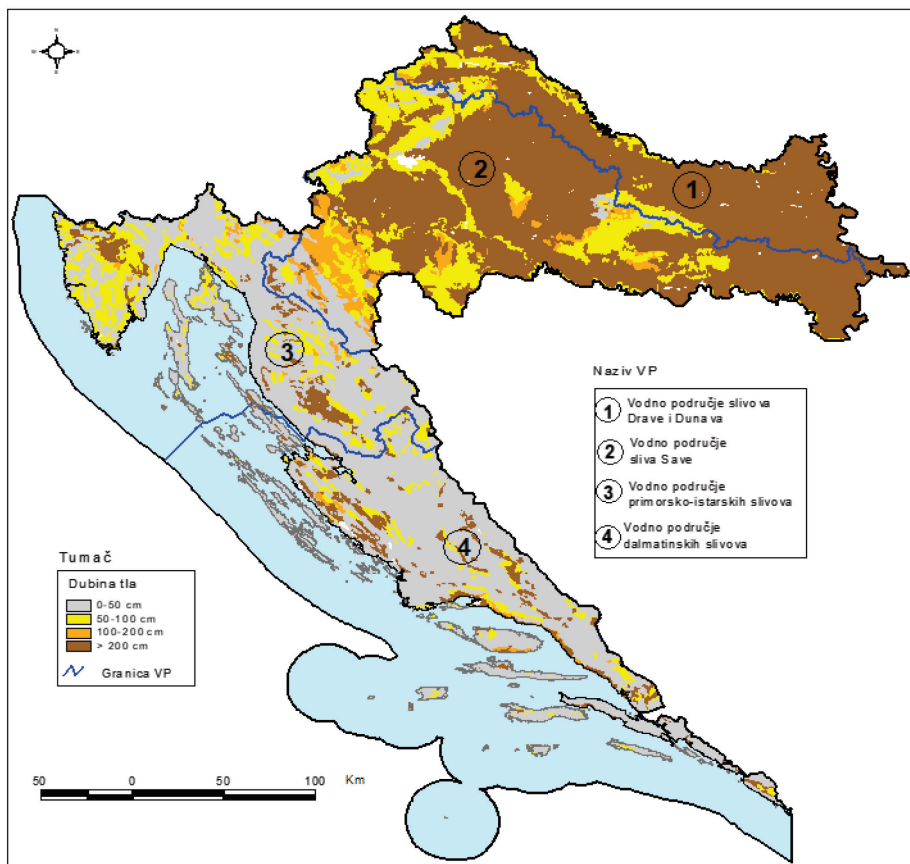
Hidropedološke jedinice - tipovi Hydro-pedological units - types	Sistematika tala Hrvatske - tipovi, Husnjak, 2014. Soil systematics of Croatia - Types, Husnjak 2014
Ekscesivno drenirana tla Excessively drained soils	Plitka skeletna i kamenita tla: kamenjar Plitka tla pjeskovite teksture: sirozem, koluvij neoglejeni, crnica vapnenačko dolomitna, rendzina i ranker; Duboka tla pjeskovite teksture: koluvij neoglejeni, eutrično smeđe, distrično smeđe, lesivirano, smeđe podzolasto i podzol
Dobro drenirana tla Well drained soils	Duboka ilovasta tla: koluvij neoglejeni, černozem, eutrično smeđe, distrično smeđe, smeđe na vapnencu, lesivirano i smeđe podzolasto; Plitka glinasta tla: sirozem, rendzina i ranker
Umjereno dobro drenirana tla Moderately well drained soils	Duboka ilovasta i glinasta i/ili pseudooglejena tla: koluvij neoglejeni, vertisol, eutrično smeđe, distrično smeđe, crvenica i lesivirano tlo

U Hrvatskoj Ekscesivno drenirana tla zauzimaju 1 147 028 ha, Dobro drenirana tla 2 116 148 ha i Umjereno dobro drenirana tla 655 418 hektara, Vidaček i sur. 2004.

2. Relevantna fizikalna obilježja za izračun i interpretaciju bilance oborinske vode u tlu

Tlo je trofazni disperzni sustav čvrste, tekuće i plinovite faze. Optimalni je odnos 50 % čvrstih čestica, 35 % vodene otopine i 15 % zraka u plodnom tlu. Čvrsta faza tla građena je od mineralnih, organomineralnih i organskih čestica ili mehaničkih elemenata. *Krupni pijesak*: velika propusnost, nije vezan, sipak, neplastičan. *Sitni pijesak*: brzo kretanje vode, neplastičan, ne bubri, sitno porozan. *Prah*: sporije kretanje vode, slabo plastičan, slabo bubri, vezan, dobro drži vodu. *Glina*: grubo koloidna frakcija, u kojoj su koloidi ili koloidni sustavi 1 do 100 nm. Tu su i humusni koloidi, velika aktivna površina, električno + ili - nepropusna su za vodu, plastična, jako bubri, vlažna, smanjuje volumen u suhom stanju. **Glinasta tla** sadrže preko 40 % glinaste frakcije, **ilovasta tla** do 28 % glinaste frakcije, a **ilovasti pijesak** do 16 % glinaste frakcije. Ilovasta tla sadrže oko 20 % gline, 30 % praha i 50 % pijeska.

U kontekstu **kapaciteta za vodu i provodljivosti za vodu**, glinasta tla imaju veći kapacitet za vodu i slabu provodljivost. S druge strane, pjeskovita tla imaju neznatni kapacitet za vodu i brzu do ekscesivnu provodljivost za vodu. Ilovasta tla sa značajkama jedne i druge strane mehaničkog sastava najpogodnija su za biljnu proizvodnju. Na slici 1 prikazana je rasprostranjenost pedološko-ekoloških klasa dubine tala Hrvatske: plitka 0 - 50 cm, srednje duboka 50 - 100 cm, duboka 100 - 200 cm i vrlo duboka preko 200 cm. U kontinentalnoj Hrvatskoj pretežno su dublja tla u odnosu na naša krška kamenita i skeletna plitka tla u kojima od obilne kiša manje ostaje u tlu, a veći se dio procijedi u dubinu litosfere.



Slika 1. Klase dubina tla
Figure 1 Soil depth classes
(izrada-made by: Husnjak)

Vodne konstante ravnotežna su stanja u sustavu tlo-voda: Maksimalni kapacitet tla za vodu (MK_v) – saturirano stanje, sve su pore ispunjene vodom. (K_v) retencijski kapacitet tla za vodu ili gornja granica bilju pristupačne vode. Voda u mikro porama (N_v) nepristupačna je (inertna) voda za biljke. (FA_v) je fiziološki aktivna ili korisna voda za biljke, Tablica 2.

Tablica 2. Retencijski kapacitet za vodu, nepokretna voda, fiziološki aktivna voda

Table 2 Retention capacity for water, non-active water, physiologically active water

Hidropedološke jedinice - tipovi Hydropedological units - types	Dubina Depth, cm	*Kv mm	*Nv mm	FAv mm
Klasa 1. Terestrička tla Class 1 Terrestrial soils				
1. Ekscesivno drenirana 1. Excessively drained	0-50	168,5	15,3	153,2
	≥50 cm je stijena			
2. Dobro drenirana 2. Well drained	0-50	162,0	82,0	80,0
	0-100	332,0	166,0	166,0
3. Umjereno dobro drenirana 3. Moderately well drained	0-50	214,5	87,0	127,5
	0-100	400,8	180,5	220,3

*Kv-retencijski kapacitet tla za vodu; Nv-nepokretna voda; FAv fiziološki aktivna voda

*Kv-retention capacity of soil water; Nv-unactive water; FAv physiologically active water

3. Količine i vjerojatnost pojava mjesečnih oborina

U Hrvatskoj, prema Thornthwaiteovoj klasifikaciji klime, baziranoj na odnosu količine vode potrebne za potencijalnu evapotranspiraciju (ETo) i oborinske vode, imamo perhumidnu, humidnu i subhumidnu klimu. U najvećem dijelu nizinskog kontinentalnog dijela Hrvatske prevladava humidna klima, a samo u istočnoj Slavoniji subhumidna klima. U gorskom području prevladava perhumidna klima, a u primorskoj Hrvatskoj pojavljuju se perhumidna, humidna i subhumidna klima. U proljeće, klima je sve toplija, a dani sve duži. Ljeti vlada vruća klima, s rijetkim kišama, sparnim vrućinama i sušnim razdobljima. U jesen vlada hladnija klima s čestom kišom, a dani su sve kraći. Zimi vlada hladna klima s čestim snijegom, zapisali su meteorolozi.

Za većinu, glavni su izvor vode za poljoprivrednu proizvodnju oborine različitih količina, učestalosti, intenziteta i rasporeda u prostoru i vremenu. Golemo značenje imaju oborine ljeti za vrijeme najveće fotosintetske aktivnosti. Važno je da u tlu ima dovoljno fiziološki aktivne vode za evapotranspiraciju u vrijeme kritične potrošnje vode.

U projektiranju sustava za natapanje, 70 – 80 %-tna vjerojatnost oborina, primjereno simulira potrebe vode za dopunsko natapanje kultura, Tablica 3.

Tablica 3. Vjerojatnost mjesečnih oborina

Table 3 Probability of monthly precipitation

Vjerojatnost Probability	Mjesečne oborine s intercepcijom, mm. Monthly precipitation with interception, mm											
	I	II	III	*IV	*V	*VI	*VII	*VIII	*IX	X	XI	XII
Meteorološka postaja Varaždin												
25 %-tna	49	59	69	36	73	117	93	110	121	110	103	81
75 %-tna	19	22	36	77	48	69	45	45	44	47	30	29
Meteorološka postaja Osijek												
25 %-tna	69	48	47	53	81	95	76	79	65	58	94	89
75 %-tna	22	9	26	36	31	54	27	33	32	21	27	21
Meteorološka postaja Pazin												
25 %-tna	94	887	104	94	114	117	102	128	159	197	127	122
75 %-tna	24	36	58	61	52	67	35	56	40	58	55	33
Meteorološka postaja Gospić												
25 %-tna	141	132	109	119	120	117	80	108	168	179	261	216
75 %-tna	62	44	56	86	63	60	45	35	74	109	115	92
Meteorološka postaja Ploče												
25 %-tna	123	103	99	104	69	64	35	58	128	131	211	209
75 %-tna	74	44	40	64	28	16	17	4	35	73	101	68

*I,II,III-X,XI,XII van vegetacijsko razdoblje; *IV-IX vegetacijsko razdoblje

*I,II,III-X,XI,XII outside the vegetation period; *IV-IX vegetation period

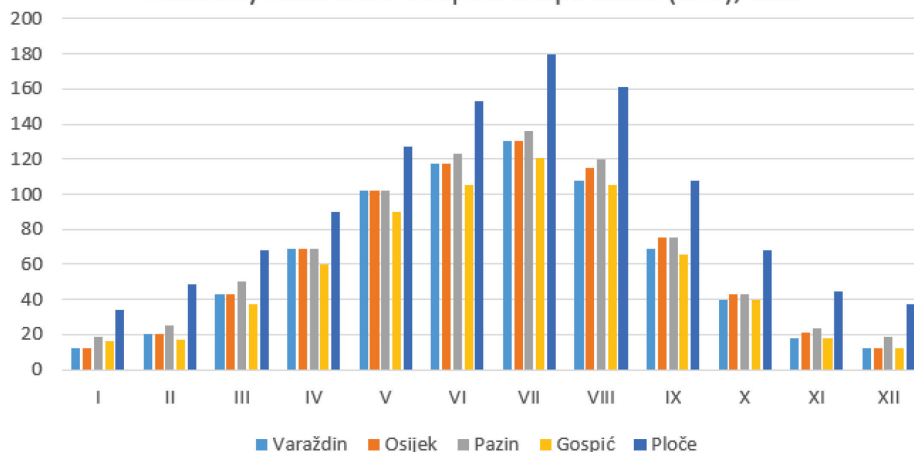
Na području meteorološke postaje Varaždin i šire, 25 %-tne korigirane mjesečne oborine u tijeku vegetacije kreću se od 36 mm do 121 mm, na području Osijeka od 53 mm do 95 mm, na području Pazina od 94 mm do 159 mm, na području Gospića od 80 mm do 168 mm i na području Ploča od 35 mm do 128 mm. Na širem području meteorološke postaje Varaždin, 75 %-tne mjesečne oborine u tijeku vegetacije kreću se od 44 mm do 77 mm, na širem području Osijeka od 27 mm do 54 mm, na širem području Pazina od 35 mm do 67 mm, na širem području Gospića od 35 mm do 86 mm i na širem području Ploča od 4 mm do 64 mm.

4. Mjesečna referentna evapotranspiracija

Evapotranspiracija podrazumijeva dva kompleksna procesa **evaporaciju** i **transpiraciju**. Evaporacija je isparavanje sa slobodnih vodnih površina, golog tla i vode na vegetaciji. Transpiracija je genetska značajka biljaka. O transpiracijskom procesu ovisi transport mineralnih tvari od korijena do svih nadzemnih organa biljaka. Transpiracija povoljno utječe na temperaturu biljaka posebno za ljetnih vrućina održavajući vlažnost biljke na primjerenoj visini. Međutim, za vrijeme žestoke suše transpiracija djeluje nepovoljno na vodni režim tla i produkciju organskih tvari.

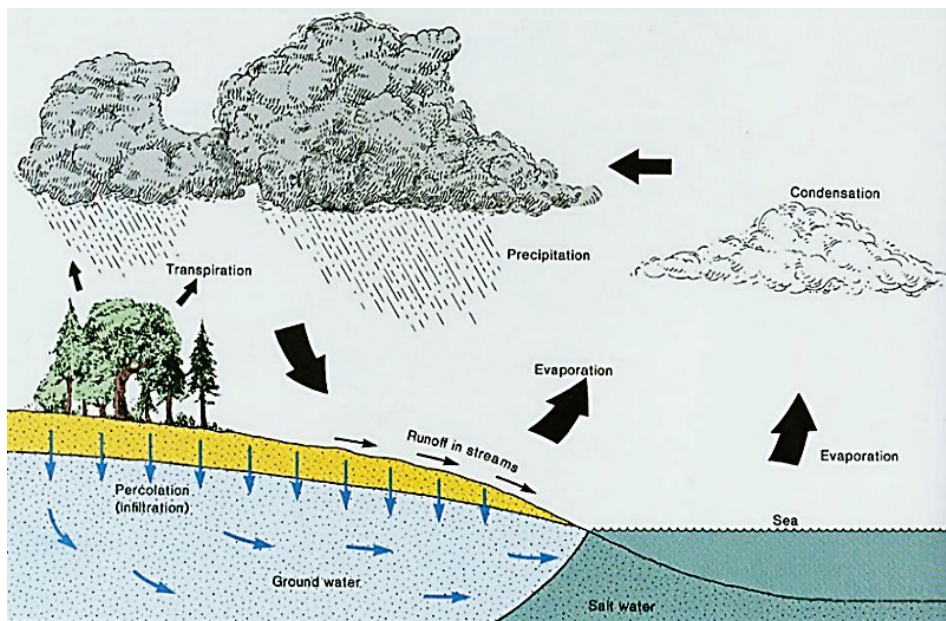
Evapotranspiracija ovisi o značajkama biljke, pokrivenosti tla, razvojnom stadiju usjeva, opskrbljenosti tla vodom i meteorološkim parametrima. *Maksimalna, potencijalna ili referentna evapotranspiracija (ET_o)* odgovara stanju dovoljne količine vode u tlu, maksimalnom porastu biljaka i punoj pokrivenosti tla usjevom. *Aktualna evapotranspiracija (AE)* je stvarna količina potrošene vode evaporacijom iz tla i transpiracijom biljaka. Slijede podaci za referentnu evapotranspiraciju područja meteoroloških postaja Varaždin, Osijek, Pazin, Gospić i Ploče, graf 1.

Graf 1 Mjesečna referentna evapotranspiracija (ET_o), mm
Monthly reference evapotranspiration (ET_o), mm



5. Kruženje vode u prirodi

Neprekidno kruženje vode u prirodi ili hidrološki sustav događa se u atmosferi, hidrosferi i litosferi, uključujući niz pojedinačnih prirodnih pojava: oborine i akumulaciju vode u jezerima, močvarama i morima, infiltraciju-prodiranje vode u tlo i litosferu, otjecanje nadzemnim i podzemnim vodenim tokovima, isparavanje iz tla, biljaka i površinskih voda, kondenzacije vodene pare i stvaranje oblaka, te ponovno oborina, slika 2.



Slika 2. Hidrološki ciklus
Figure 2 Hydrological cycle

(preuzeto iz Plummer, Ch.C., McGeary, D. (1993): *Physical geology*)

Masa vode na Zemlji ostaje poprilično konstantna tokom vremena, uključujući rezervoare leda, slatke vode, slane vode, atmosferske i podzemne vode. Mora i oceani zauzimaju 97 % ili $1320 \times 10^6 \text{ km}^3$ od ukupne količine vode na Zemlji, a koja iznosi $1360 \times 10^6 \text{ km}^3$. Ostatak od 3 % ili $40 \times 10^6 \text{ km}^3$ je slatka voda. Zanimljivo je da od ukupne količine slatke vode 75 % zauzimaju led i snijeg, 24,5 % zauzimaju podzemne vode i 0,5 % zauzimaju ostale vode.

6. Bilanca oborinske vode i manjak vode u tlu

Bilanca vode u tlu matematički je izraz za vodni režim tla. Uključuje ulaz, zadržavanje i izlaz oborinske vode unutar referentne dubine tla. U konkretnom slučaju, izračun bilance oborinske vode u površinskom sloju 0 - 50 cm ilovastog tla je, prema općoj jednadžbi Palmera za stanje dinamičke ravnoteže komponenata bilance vode u tlu:

$$O + G = AE + Pu + OT \quad \text{gdje su u mm}$$

O-oborine; G-gubitak vode iz tla; AE-aktualna evapotranspiracija; Pu-punjenje tla vodom i OT-otjecanje vode

Bilanca oborinske vode i manjak vode² u ilovastom tlu 25 %-tne i 75 %-tne vjerojatnosti pojava, izračunata je za reprezentativna područja meteoroloških postaja Varaždina, Osijeka, Pazina, Gospića i Ploča, pokrivajući dijelove kontinentalne Hrvatske, Istre, Primorja i Dalmacije, Tablice 5., 6., 7., 8. i 9.

Tablica 5. Bilanca oborinske vode u ilovastom tlu

Table 5 Precipitation balance in loamy soil

Meteorološka postaja Weather station	Bilanca oborinske vode u ilovastom tlu Balance of precipitation in loamy soil, mm					
	Dubina Depth, cm	Vjerojatnost Probability	*Komponente Components	Godišnje Per year	Vegetacija Vegetation	Vanvegetacije OutVegetation
Varaždin, razdoblje 1980. - 1998. god.	0 - 50	25 %-tna	Oe	910	489	421
			ETo-AE=M	99	99	0
			OT	263	0	263
	75 %-tna	Oe	455	292	163	
		ETo-AE=M	249	249	0	
		OT	5	0	5	

*Referentna ETo i Aktualna AE evapotranspiracija; Oe-Efektivne oborine; M-manjak vode; OT-otjecanje vode

Reference ETo and Current AE evapotranspiration; Oe-Effective precipitation; M-water deficit; OT-water runoff

² Poznata je činjenica, da nedostatak oborina ne izaziva trenutno sušenje i oštećenja na biljkama, ako biljke imaju dovoljno pristupačne vode u tlu, nego tek kada vlaga tla u rizosfernom sloju padne na razinu trajnog uvenuća bilja, odnosno za vrijeme dužeg trajanja tzv. **ekološke suše** prema Gračanin M., 1977., ili **pedološke suše** Vidaček i Pernar, 2004.

Ž. Vidaček i sur.: Bilanca oborinske vode u terestričkim tlima Hrvatske
i klimatske promjene

Tablica 6. Bilanca oborinske vode u ilovastom tlu

Table 6 Precipitation balance in loamy soil

Meteorološka postaja Weather stations	Bilanca oborinske vode u ilovastom tlu Balance of precipitation in loamy soil, mm					
	Dubina Depth, cm	Vjerojatnost Probability	*Komponente Components	Godišnje Per year	Vegetacija Vegetation	Vanvegetacije OutVegetation
Osijek, razdoblje 1980. - 1998. god.	0 - 50	25 %-tna	Oe	848	449	399
			ETo-AE=M	106	106	0
			OT	194	0	194
		75 %-tna	Oe	337	212	125
			ETo-AE=M	378	347	31
			OT	9	0	9

*Referentna ETo i Aktualna AE evapotranspiracija; Oe-Efektivne oborine; M-manjak vode; OT-otjecanje vode
Reference ETo and Current AE evapotranspiration; Oe-Effective precipitation; M-water deficit; OT-water runoff

Tablica 7. Bilanca oborinske vode u ilovastom tlu

Table 7 Precipitation balance in loamy soil

Meteorološka postaja Weather station	Bilanca oborinske vode u ilovastom tlu Balance of precipitation in loamy soil, mm					
	Dubina Depth, cm	Vjerojatnost Probability	*Komponente Components	Godišnje Per year	Vegetacija Vegetation	Vanvegetacije OutVegetation
Pazin, Razdoblje 1986.-2000. god.	0 - 50	25 %-tna	Oe	1414	684	730
			ETo-AE=M	21	21	0
			OT	629	79	551
		75 %-tna	Oe	575	310	265
			ETo-AE=M	263	263	0
			OT	32	0	32

*Referentna ETo i Aktualna AE evapotranspiracija; Oe-Efektivne oborine; M-manjak vode; OT-otjecanje vode
Reference ETo and Current AE evapotranspiration; Oe-Effective precipitation; M-water deficit; OT-water runoff

Ž. Vidaček i sur.: Bilanca oborinske vode u terestričkim tlima Hrvatske
i klimatske promjene

Tablica 8. Bilanca oborinske vode u ilovastom tlu

Table 8 Precipitation balance in loamy soil

Meteorološka postaja Weather station	Bilanca oborinske vode u ilovastom tlu Balance of precipitation in loamy soil, mm					
	Dubina Depth, cm	Vjerojatnost Probability	*Komponente Components	Godišnje Per year	Vegetacija Vegetation	Vanvegetacije OutVegetation
Gospić Razdoblje 1986.-2000. god.	0 - 50	25 %-tna	Oe	1750	713	1037
			ETo-AE=M	21	21	0
			OT	1084	187	897
		75 %-tna	Oe	840	363	477
			ETo-AE=M	173	173	0
			OT	325	26	299

*Referentna ETo i Aktualna AE evapotranspiracija; Oe–Efektivne oborine; M-manjak vode; OT-otjecanje vode
Reference ETo and Current AE evapotranspiration; Oe-Effective precipitation; M-water deficit; OT-water runoff

Tablica 9. Bilanca oborinske vode u ilovastom tlu

Table 9 Precipitation balance in loamy soil

Meteorološka postaja Weather stations	Bilanca oborinske vode u ilovastom tlu Balance of precipitation in loamy soil, mm					
	Dubina Depth, cm	Vjerojatnost Probability	*Komponente Components	Godišnje Per year	Vegetacija Vegetation	Vanvegetacije OutVegetation
Ploče Razdoblje 1986.-2000. god.	0 - 50	25 %-tna	Oe	1334	459	880
			ETo-AE=M	334	334	0
			OT	556	14	542
		75 %-tna	Oe	563	163	400
			ETo-AE=M	618	606	12
			OT	64	0	64

*Referentna ETo i Aktualna AE evapotranspiracija; Oe–Efektivne oborine; M-manjak vode; OT-otjecanje vode
Reference ETo and Current AE evapotranspiration; Oe-Effective precipitation; M-water deficit; OT-water runoff

7. Stupanj osjetljivosti kultura na manjak vode u tlu

Sirak je neznatno osjetljiv na manjak vode u tlu. **Lucerna, citrusi, vinova loza, soja, šećerna repa, suncokret i pšenica** malo su do umjereno osjetljive kulture na manjak vode u tlu. **Grah, kupus, luk, kukuruz, grašak, rajčica i lubenica** umjereno su do jako osjetljive kulture na nedostatak fiziološki aktivne vode u tlu. **Povrće i krumpir** jako su osjetljive kulture na sušu, Brouwer, C. at all 1989.

8. Osjetljiva - kritična razdoblja usjeva na manjak vode u tlu

Osjetljivo i kritično razdoblje zbog manjka vode u tlu za **lucernu** je odmah poslije košnje, **lucernu sjemensku** cvatnja, **grah** cvatnja i nalijevanje zrna, **kupus** povećanje glava i zrioba, **citrusi** cvatnja i formiranje ploda, **vinova loza** vegetativna faza i cvatnja, **kukuruz** cvatnja i mliječna zrioba, **maslina** prije cvatnje i formiranja prinosa, **luk** povećanje lukovice, **luk sjemenski** cvatnja, **grašak svježi** cvatnja i formiranje prinosa, **grašak suhi** zrioba, **krumpir** stolonizacija i razvoj gomolja, **soja** cvatnja i formiranje prinosa, **sirak** cvatnja i formiranje prinosa, **šećerna repa** prvi mjesec poslije nicanja, **suncokret** cvatnja, **duhan** razdoblje naglog porasta, **rajčica** cvatnja, **lubenica** cvatnja i povećanje ploda i **pšenica** cvatnja, Vidaček 1998.

9. Nedostatak pristupačne vode u tlu i vanjske morfološke promjene na kulturama

Manjak vode u tlu uvjetuje unutarnje fiziološke reakcije i vanjske vidljive morfološke promjene u rastu i razvoju kultura. Najčešći su morfološki znakovi, zbog manjka vode u tlu i nastalog stresa promjene boje lišća, klonulost lišća zbog gubitka turgora-staničnog tlaka, uvijanje listova i položaja listova-kut prema stabljici biljke. **Općenito je tamno zelena boja listova izraziti znak manjka vode u tlu**, slika 3.

Kod **graha, krastavaca i mrkve** listovi su plavi ili/i tamno zeleni, kod **kukuruz**a listovi su ljubičasto do tamno zeleni i uvijeni, kod **paprike** tamno zeleni, **kupusa** s bijelo sivim prevlakama i savijeni. Kod **luka** svijetlo bijele prevlake i savijanih listova. Listovi **rajčice** dobivaju tamno zelenu nijansu, dlačice listova **soje** stoje gotovo vertikalno.

Međutim moramo upozoriti, da navedene morfološke promjene boje ili drugi znakovi na lišću, zbog manjka vode u tlu i biljci, mogu biti i zbog manjka ili viška određenih mikro ili makro hranjiva, biljnih bolesti, štetnika, visoke temperature ili niske relativne vlage zraka, te suhih i toplih vjetrova, Vidaček 1998.

10. Utjecaj klimatskih promjena na razvojne faze biljaka

Razvojne ili fenološke faze³ biljaka početna su vegetativna faza, faza cvjetanja, dozrijevanje plodova, jesenje opadanje lišća i zimsko mirovanje višegodišnjeg bilja. Primijećeno je da povišene jesenske temperature zraka i dovoljno vode u tlu utječu na promjenu godišnjeg ciklusa nekih voćnih vrsta, uključujući ovogodišnju jesensku cvatnju jabuka, šljiva, trešanja, marelica i krušaka.

O navedenom svjedočimo na temelju vlastitih motrenja jesenskog opadanja lišća, ponovnog listanja i cvatnje šljive bistrice i trešnje na području Hrvatskog zagorja, točnije Marije Bistrice. Voćke u okućnici pojedinačnog su uzgoja, na blagoj padini, sjeverozapadne strane i na slabo pseudoglejnom ilovastom tlu. Krajem rujna 2023. godine na temperaturi zraka do 25 °C, otpalo je lišće šljive i trešnje, da bi početkom listopada 2023 godine na temperaturi zraka do 20 °C, spomenute voćke prolistale i procvale, slika 4.



Slika 3. Kukuruz u suši
Picture 3 Maize in drought
(foto Vidaček)



Slika 4. Šljiva u jesenskoj cvatnji,
Picture 4 Plum in autumn bloom
(foto Vidaček)

³ Fenologija (feno- + -logija), znanost o pojavnim oblicima životinja i biljaka koje su uvjetovane godišnjim dobima. U fenološkim promatranjima bilježi se početak i trajanje pojedinih pojava tzv. fenofaza

Stručna javnost u Hrvatskoj promptno reagira na pojavu jesenske cvatnje voćaka, upozoravajući na štetnost pojave jer voćke ulaze oslabljene i nespремne za zimsko mirovanje, sklonije smržavanju, bolestima i napadu štetnika.

Agrokлуб 2023. godine preporuča: „Kada je procvjetalo najviše do jedan posto cvjetova to ne uzrokuje veliku štetu, ali sve preko tog obujma je pod znakom pitanja. Treba znati, da što je jesen toplija, cvatnja je intenzivnija. U slučaju da je veća količina listova na stablu, potrebno je ukloniti zelenu masu, a stablo tretirati bakrom koji usporava procese. Vršne dijelove koji nose cvjetove potrebno je odrezati. U proljeće, prije kretanja vegetacije potrebno je obaviti rezidbu i ukloniti nerodne grane kako bi se uspostavila ravnoteža između rodnosti i rasta“.

ZAKLJUČAK

Terestrička tla vlažena su samo oborinskom vodom. Na području slivova Drave, Dunava i Save dominiraju ilovasta i glinasta tla dubine preko 100 cm, a na vodnom području Primorsko istarskih i Dalmatinskih slivova dominiraju plitka ilovasta i glinasto ilovasta, često kamenita i skeletna tla dubine do 100 cm. Terestrička ekscesivno drenirana ilovasta tla 0 - 50 cm dubine imaju retencijski kapacitet za vodu 168 mm, dobro drenirana pjeskovito ilovasta tla 162 mm, a umjereno dobro drenirana glinasto ilovasta tla 215 mm.

Za područje Hrvatske, maksimalna referentna evapotranspiracija (ETo) je u srpnju. Na području Varaždina i Osijeka je oko 125 mm, Pazina 128 mm, Gospića 120 i Ploča 180 mm.

Za varaždinsko područje, u tijeku vegetacije, utvrđen je mogući manjak oborina 75 %-tne vjerojatnosti pojava 249 mm, za područje Osijeka 347 mm, za područje Pazina 263 mm, za područje Gospića 173 mm i za područje Ploča 606 mm.

Povišene jesenske temperature zraka i dovoljno vode u tlu utječu na štetnu promjenu godišnjeg ciklusa nekih voćnih vrsta, uključujući 2023. jesensku cvatnju jabuka, šljiva, trešanja, marelica i krušaka. Voćke u takvom razvojnom stanju budu oslabljene i nespремne za zimsko mirovanje, sklonije su smržavanju, bolestima i napadu štetnika.

Republika Hrvatska od 2020. godine ima Strategiju prilagodbe klimatskim promjenama za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu. Hrvatska spada u skupinu od tri europske zemlje s najvećim kumulativnim udjelom šteta u milijardama zbog ekstremnih klimatskih nepravilnosti. Strategija prilagodbe, postavlja viziju smanjiti ranjivost prirodnih sustava i društva na negativne utjecaje klimatskih promjena, povećati sposobnost oporavka nakon učinaka klimatskih promjena i iskoristiti potencijalne pozitivne učinke, koji također mogu biti posljedica klimatskih promjena. Strategija prilagodbe određuje prioritetne mjere i koordinirano djelovanje kroz kratkotrajne akcijske planove te praćenje provedbe mjera, NN 127/2019. Smatramo, da u provedbu prioritetnih mjera Strategije, treba uključiti provedbu gospodarski važnu agrotehničku mjeru natapanja poljoprivrednih kultura.

LITERATURA

1. Brouwer, C., Prins, K., Heibloem, M. (1989.): Irrigation water management, Training manual No 4, Irrigation scheduling, FAO, Rome
2. Gračanin, M., Ilijanić, Lj. (1977.): Uvod u ekologiju bilja, Školska knjiga, Zagreb
3. Husnjak, S. (2014.): Sistematika tala Hrvatske, Hrvatska Sveučilišna naklada, Zagreb
4. Širić, M. Vidaček, Ž. (1989.): Hidrokalk, kompjuterski programski paket za proračun bilance oborinske vode u tlu, FPZ-Institut za agroekologiju, Zagreb
5. Vidaček, Ž. (1981.): Procjena proizvodnog prostora i prikladnosti tla za natapanje u Istočnoj Slavoniji i Baranji, dizertacija, Fakultet Poljoprivrednih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu
6. Vidaček, Ž. (1998.): Gospodarenje melioracijskim sustavima odvodnje i natapanja, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagreb i Hrvatsko društvo za odvodnju i natapanje Zagreb, sveučilišni udžbenik, UDK 626.8(075.8)
7. Vidaček, Ž., Bogunović, M., Husnjak, S., Mihalić Aleksandra, Sraka, M., Petošić, D. (2004.): Hidropedološka karta republike Hrvatske, rukopis, Zavod za pedologiju Agronomskog fakulteta, Zagreb.
8. Vidaček, Ž., Pernar, N. (2004.): Ocjena sposobnosti provedbe Konvencije UN o suzbijanju dezertifikacije s prijedlogom NAP-a, rukopis, MZOPU
9. xxx Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu NN 127/2019

10. xxx FAO (1974.): Effective rainfall, Irrigation and drainage Paper, No. 25, Rome
11. xxx FAO (1992.): Cropwat-computer program for irrigation planning and management, Irrigation and Drainage paper, No. 46, Rome
12. xxx https://meteo.hr/podaci.php?section=podaci_vrijeme¶m=oborina
13. xxx https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidrolo%C5%A1ki_ciklus
14. xxx <https://climate.copernicus.eu/notes-editors> Lozinka: ECMWFPress2023.
15. xxx <https://superportal.hr/2022/11/04/sve-cesce-ujesen-cvatu-vocke>
16. xxx <https://www.agroklub.com/vocarstvo/zasto-u-rujnu-cvatu-visnje-ali-i-druge-vocke-sto-mozemo-napraviti/90>

Adresa autora - Author's address:

Prof. dr. sc. Željko Vidaček, dipl. ing. agr.
umirovljeni profesor u trajnom zvanju
e-mail: zvidacek@gmail.com

Primljeno – Received:

29.03.2024.

Revidirano – Revised:

29.05.2024.

Prihvaćeno – accepted:

10.06.2024.

Prof. dr. sc. Stjepan Husnjak, dipl. ing. agr.
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
Zavod za pedologiju, Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska

