

Utjecaj organske tvari tla na raspoloživost vode

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Ukupna količina vode koju tlo može zadržati nakon procjeđivanja oborina (*perkolacija, gravitacijska voda*) i gubitka površinskim otjecanjem na nagnutim parcelama (*runoff*) koju tlo ne može upiti (*infiltracija vode*)

označava se kao njegov *retencijski kapacitet za vodu* (*kapacitet zadržavanja vode; WHC ili water holding capacity*).

[Porozitet i kapacitet nekog tla koji su funkcija teksture i strukture tla](#) (Slika 1.)

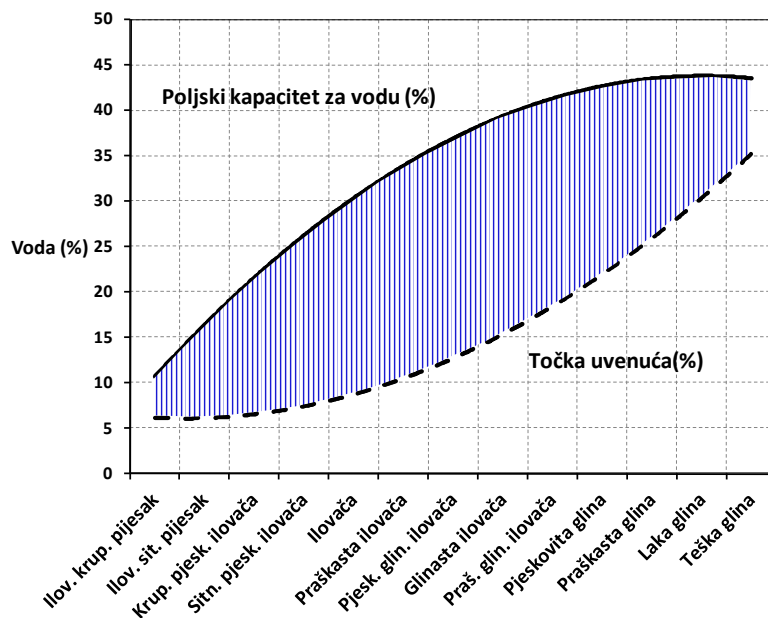
presudni su za njegovu sposobnost zadržavanja vode, ali i velik broj drugih parametara može utjecati na retenciju vode (npr. zbijenost tla, prisutnost nepropusne zone, nagib tla, visina podzemne vode, homogenost soluma itd.). Tla fine teksture, zahvaljujući većoj površini čestica i mnoštvu kapilarnih pora, zadržavaju više vode u odnosu na tla grube teksture, što izvrsno ilustrira

Slika 1. Zbog toga pokretljivost vode u tlu, odnosno njegova hidraulična svojstva, ovise najviše o *teksturi i strukturi tla*, odnosno *ukupnoj poroznosti tla*, dijametru pora i njihove popunjenosti vodom. Što tlo sadrži manje vode, posebice suho, to teže provodi vodu (negativniji potencijal) pa *konduktivitet za vodu* (provodljivost za vodu) raste s vlažnošću tla, premda mnogi pogrešno misle suprotno.

Kapacitet zadržavanja vode (*retencija, WHC*) u tlu ključan je faktor biljne proizvodnje jer utječe na intenzitet *evapotranspiracije* (gubitak vode isparavanjem s površine tla i lišća). Međutim, opće prihvaćeni stav kako na zadržavanje vode snažno utječe sadržaj organske tvari tla, u posljednje vrijeme nekoliko studija dovodi u sumnju. [Naime, meta-analiza 60 objavljenih studija \(više od 50.000 mjerenja na globalnoj razini\) pokazala je kako povećanje organskog ugljika \(OC\) u tlu ima skroman utjecaj na zadržavanje vode u tlu](#), odnosno povećanje mase organskog ugljika tla za 1 % u prosjeku je povećalo kapacitet raspoložive vode (*AWC; available water capacity*) tek za 1,16 %. Najveći učinak je bio na pjeskovitim tlima, dok je učinak na glinovitim bio gotovo zanemariv. Također, rezultati spomenute meta-analize sugeriraju da bi postupni gubitak organske tvari iz tla imao minimalan učinak na hidrološki ciklus pa bi učinak globalnog zatopljenja uz očekivani gubitak OC iz tla uz njegovu nižu sekvestraciju mogao imati znatno manji utjecaj na raspoloživost vode nego što se smatralo do sada.

Čvrsto vjerujem da rezultati ove meta-analize ne odražavaju stvarni utjecaj organske tvari tla na retenciju i raspoloživost vode iz tla jer postoji ogroman broj istraživanja, kako u daljnjoj, tako i bližoj prošlosti, koji su dijametralno suprotni. Naime, tvrdnja kako niti uz najbolji scenarij poljoprivredne prakse nije moguće znatnije povećati kapacitet raspoloživosti vode je potpuno neutemeljena i protivi se ogromnom broju dosadašnjih istraživanja. Radi pojašnjenja navodim neke važne činjenice o vezi organske tvari tla i retencijskog kapaciteta za vodu.

[Značaj humusa u tlu može se promatrati s fizičkog, kemijskog i biološkog aspekta](#). U fizičkom pogledu humus izrazito poboljšava vodozračni režim kao i termička svojstva tla jer pridonosi tamnijoj boji tla (niži *albedo*) koje tada apsorbira veću količinu Sunčeve radijacije. Nezamjenjiva je uloga humusa u nastanku



Slika 1. [Utjecaj teksture tla na raspoloživost vode \(AWC; available water capacity AWC\)](#)

[strukturnih agregata tla](#) i tvorbi povoljne strukture što poboljšava *aeraciju* i *drenažu*. Strukturna tla vežu više vode, manje su podložna eroziji i ispiranju koloidnih čestica te se znatno lakše obrađuju uz znatno dulje vrijeme u kojem se može obrada odvijati. Humus na svoju masu zadržava do 6 puta više vode, čak 10-ak puta više od *zeolita* (koji zadržavaju prosječno 55 g vode na 100 g, a to je svega 165 kg vode u 300 kg ha⁻¹ *zeolita* ili ekvivalent od 0,165 mm oborina) pa tla s više humusa općenito podnose bolje sušu. Naime, humus ([nije određena kemijska tvar, pa čak niti grupa sličnih kemijskih spojeva koji bi se kemijskom analizom lako mogli odrediti pa je razumljivo da u različitim tlima/parcelama posjeduje bitno drugačija kemijska i fizikalna svojstva](#)), dakle vrlo je heterogenog sastava, zadržava vodu prosječno 4 puta više od svoje mase. Otuda tla koja sadrže 2 % humusa, odnosno ~90.000 kg humusa po jednom hektaru do dubine od 30 cm vežu u prosjeku 360.000 kg vode po ha ili 36 mm oborina. Ako bi se povećala koncentracija humusa u tlu s 2 na 3 %, što je moguće postići promjenom poljoprivredne prakse (ali ne brzo i jednostavno), retencija vode u tlu narasla bi na ~540.000 kg ha⁻¹ što odgovara 54 mm oborina (približno jedan do dva obroka navodnjavanja).

[Važno je naglasiti kako retencija vode u tlu ne ovisi samo o sadržaju humusa već i o strukturi i teksturi tla \(odnosno zapremini mikropora, odnosno kapilara\) te je kapacitet za retenciju vode humoznog tla daleko veći \(u prosjeku 5 - 10 puta\) od navedene količine zadržane vode samo humusom. Dakle, porast sadržaja humusa u tlu značajno će umanjiti negativne efekte suše, ovisno o kemijsko-fizikalnim svojstvima tla, rasporedu oborina i potrebi usjeva za vodom u periodu suše.](#)

Recentnim istraživanjima (npr.: [Iizumi & Waqai 2019.](#); [Carminati & Javaux 2020](#) itd.) utvrđeno je kako tla s više organske tvari mogu zadržati više vode u uvjetima *atmosferske suše* (visok difuzni deficit vodene pare u atmosferi) štiteći bolje usjeve od gubitaka uzrokovanih ekstremnim vrućinama i sušom. Osim toga, više studija je pokazalo da je uz više organske tvari u tlu niža višegodišnja varijabilnost prinosa ([Pan et al. 2009](#), [Williams et al. 2016](#)). Brojna istraživanja dokazala su benefit primjene organske tvari u poboljšanju plodnosti tla i da smanjenje sadržaja organske tvari u tlu rezultira povećanjem volumne gustoće tla, njegovim zbijanjem, padom poroznosti i povećanim mehaničkim otporom na obradu, npr. [Globalna meta-analiza odnosa organske tvari tla i prinosa usjeva, E.E. Oldfield et al. 2018.](#)

[Zbijena tla imaju smanjenu sposobnost drenaže](#) (*infiltracija* i *perkolacija* vode, Tablica 1.) i slabije zadržavaju vodu (*retencija*) pa tako kod 25 % vode u tlu, točke trajnog uvenuća od 12 % i dubine zakorjenjivanja od 30 cm tlo sadrži $(25 - 12) \times 30 = 390 \text{ dm}^3 \text{ m}^{-2}$ što odgovara količini od približno 390 mm oborina po kvadratnom metru.

Važno je naglasiti da se sadržaj vode u tlu vrlo brzo mijenja zbog *evapotranspiracije*, ovisno o temperaturi i brzini vjetra, usvajanju vode biljkama i intenzitetu *perkolacije* do podzemne vode. Na teškim, glinastim tlima, količina raspoložive vode je pri istoj vlažnosti tla približno dvostruko niža jer je prosječna točka trajnog uvenuća za pjeskovita tla 5 – 10 %, glinasta tla 10 - 15 %, a glinovita tla 15 - 20 % (ili i više) vode u tlu.

Tablica 1. [Utjecaj teksture na fizikalna svojstva tla](#)

Svojstvo	Krupni pijesak	Sitni pijesak	Prah	Glina
Retencijski kapacitet za vodu	vrlo nizak	srednji	visok	vrlo visok
Kapilarnost	vrlo mala	srednja	dobra	vrlo dobra
Dreniranost	vrlo visoka	umjerena	loša	vrlo loša
KIK	vrlo nizak	nizak	umjeren	visok
Kohezija i plastičnost	nema	vrlo niska	umjerena	visoka
Zbijanje	vrlo slabo	slabo	umjereno	visoko
Prirodna plodnost	vrlo niska	niska	umjerena	visoka
Aeracija	vrlo dobra	umjerena	slaba	vrlo slaba
Relativna temperatura	toplo	svježije	hladno	vrlo hladno
Mogućnost ispiranja polutanata	vrlo visoka	dobra	umjerena	niska

Također, zbijena tla sadrže mnogo manje zraka što vrlo često uzrokuje *anaerobiozu* (nedostatak kisika potreban za disanje korijena).

[FAO također naglašava važnost organske tvari u tlu u opširnom tekstu o otpornosti na sušu i održivu proizvodnju hrane](#), premda navode i sve druge čimbenike koji utječu na sposobnost tla da zadrži vodu, kao što su tekstura tla, njegova dubina, arhitektura (fizička struktura koja uključuje i pore), sadržaj organskih

tvari i biološka aktivnost (*biogenost tla*). Naravno, budući da se radi o edukativnom tekstu opisano je kako odgovarajuće upravljanje tlom može poboljšati kapacitet za vodu, svrstano u tri kategorije i sve su povezane s organskom tvari tla:

1. Poljoprivredna praksa koja povećava prodiranje vode u tlo (npr. obrada, vraćanje organskih materijala u tlo i rotacije s visokim udjelom žetvenih ostataka usjeva te sjetva/sadnja usjeva s dubokim ili gustim korijenjem i dr.).
2. Kontrola evapotranspiracije (npr. adekvatan sklop usjeva, izbjegavanje isušivanje površine tla razbijanjem pokorice, uklanjanje korova i dr.) i
3. Povećanje kapaciteta za skladištenje vlage u tlu (npr. veća proizvodnja biomase radi intenzivnije humifikacije i veće biogenosti, odnosno veće populacije korisnih mikroorganizama koji osiguravaju hranjive tvari biljkama i poboljšavaju sposobnost zadržavanja vode u tlu, pošumljavanje okolnih nepoljoprivrednih površina, primjena organskih gnojiva/humizacija i dr.).

Služba za očuvanje prirodnih resursa Ministarstva poljoprivrede Sjedinjenih Država (USDA-NRCS) [navodi da bi za svakih 1 % povećanja organske tvari \(OM; humusa\) tla, američke oranice mogle pohraniti količinu vode koja se preljeva preko slapova Niagare 150 dana](#). Naime, 1 % humusa tla, prema njihovim proračunima, veže 20.000 galona vode, a to je 75.708,24 litre/akru, odnosno 186.933,92 litre/ha ili ekvivalent od 18,69 mm oborina.

Neka recentna istraživanja ipak sugeriraju kako je učinak OC u tlu skroman te je nejasno jesu li učinci organske tvari tla na zadržavanje vode dovoljno veliki da smanje gubitke prinosa izazvan sušom. Bez obzira na različite rezultate istraživačkih studija o utjecaju organske tvari na sposobnost zadržavanja vode u raspoloživom obliku u tlu, nedvojbeno je veza teksture i strukture tla s njegovom ukupnom poroznošću te kapacitetom zadržavanja vode. Na količinu vode u tlu u zasićenim uvjetima (vodom saturirano tlo, $pF = 0$) najviše utječu sadržaj glinene frakcije i sadržaj organske tvari u tlu pri čemu visoke razine gline i praha rezultiraju većom volumnom gustoćom tla.

I na kraju citirao bih poznatu izreku koju je popularizirao *Mark Twain*: „Postoje laži, proklete laži i statistika“.

U Osijeku, 04. kolovoza 2021. god.

Zahvala [dr. sc. Darku Znaoru](#) što mi je skrenuo pažnju na studiju *B. Minasny & A. B. Mcbratney, 2017, Limited effect of organic matter on soil available water capacity, British Society of Soil Science, European Journal of Soil Science* koja me je potaknula na pisanje ovog članka