

# Erozijski gubitci fosfora na zatravljenom i nezatravljenom tlu vinograda putem kišnih simulacija

---

Čvorišćec, Tea

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:889897>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-04**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



# **EROZIJSKI GUBICI FOSFORA NA ZATRAVLJENOM I NEZATRAVLJENOM TLU VINOGRADA PUTEM KIŠNIH SIMULACIJA**

**DIPLOMSKI RAD**

Tea Čvorišćec

Zagreb, 2020.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Agroekologija – Agroekologija

# **EROZIJSKI GUBICI FOSFORA NA ZATRAVLJENOM I NEZATRAVLJENOM TLU VINOGRADA PUTEM KIŠNIH SIMULACIJA**

DIPLOMSKI RAD

Tea Čvorišćec

Mentor: Doc. dr. sc. Igor Bogunović

Zagreb, 2020.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## **IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Tea Čvorišćec**, JMBAG 1003112215, rođen/a 27.01.1996. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

### **EROZIJSKI GUBICI FOSFORA NA ZATRAVLJENOM I NEZATRAVLJENOM TLU VINOGRADA PUTEM KIŠNIH SIMULACIJA**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

*Potpis studenta / studentice*



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## IZVJEŠĆE O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Tea Čvorišćec**, JMBAG 1003112215, naslova

### **EROZIJSKI GUBICI FOSFORA NA ZATRAVLJENOM I NEZATRAVLJENOM TLU VINOGRADA PUTEM KIŠNIH SIMULACIJA**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

Doc. dr. sc. Igor Bogunović

mentor

potpisi:

Doc. dr. sc. Vilim Filipović

član

Prof.dr.sc. Ivica Kisić

član

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# **Zahvala**

Ovime zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na podršci pri studiranju.

# Sadržaj

1. Erozijska i degradacijska tla u Svijetu i u Hrvatskoj .....	1
2. Čimbenici koji utječu na eroziju tla vodom.....	4
2.1. Utjecaj nagiba.....	4
2.2. Utjecaj načina korištenja tla .....	5
2.3. Utjecaj obrade tla.....	6
2.4. Utjecaj pokrova tla .....	7
2.5. Utjecaj teksture tla .....	8
3. Erozijska tla vodom i gubici fosfora površinskim otjecanjem .....	9
4. Hipoteza i ciljevi .....	10
5. Materijali i metode rada.....	11
5.1. Lokacija, tlo i klima.....	11
5.2. Terenska istraživanja i uzorkovanje .....	11
5.3. Laboratorijska istraživanja.....	12
5.4. Statistička obrada podataka.....	12
6. Rezultati.....	13
6.1. Utjecaj načina upravljanja tлом na svojstva tla .....	13
6.2. Utjecaj načina tla na svojstva površinskog otjecanja.....	13
6.3. Korelacija između istraživanih čimbenika .....	17
7. Diskusija .....	19
8. Zaključak .....	21
9. Literatura.....	22

## Sažetak

Diplomskog rada studentice **Tea Čvorišćec**, naslova  
**EROZIJSKI GUBICI FOSFORA NA ZATRAVLJENOM I  
NEZATRAVLJENOM TLU VINOGRADA PUTEM KIŠNIH  
SIMULACIJA**

Erozija tla vodom smanjuje plodnost tla i povećava kontaminaciju voda. Cilj ovog rada je usporediti dva načina gospodarenja u vinogradima u svrhu određivanja veličine degradacije tla. Hipoteza je da zatravljeni vinograd ima bolju strukturu tla i manje erozijsko otjecanje i gubitak fosfora. Cilj je odrediti agrotehničke mjere koje smanjuju degradaciju tla i gubitak hranjiva na nagnutim zemljištima. Korištene su kišne simulacije (intenzitet 60 mm/sat) radi određivanja razmjera erozijskog odnošenja u vinogradima (obrađeni, zatravljeni) u blizini Orahovice, ali i potencijalnog onečišćenja erodiranim fosforom. Određena su fizikalna svojstva tla te gubitak sedimenta i sadržaj fosfora. Rezultati su pokazali kako je volumna gustoća bila značajno veća na zatravljenom tretmanu, dok je kapacitet tla za vodu ( $P_{kv}$ ) bio značajno manji. Što se tiče vlage tla ( $T_{rv}$ ), nije pronađena značajna razlika između tretmana. Srednja veličina strukturnih agregata (SVSA), postotak stabilnih agregata (UVSA) i organska tvar su (OT) imale više vrijednosti na zatravljenom tretmanu u odnosu na obrađeni. Vrijeme do stvaranja lokvi ( $t_s$ ), gubitak sedimenata i fosfora je bilo značajno veće na zatravljenom tretmanu. Korelacija između varijabli je ukazala da u oba tretmana (zatravljeni i obrađeni) postoji potpuna negativna korelacija između infiltracije ( $I_v$ ) i površinskog otjecanja ( $O_v$ ), te da su gubitak sedimenta i gubitak fosfora u vrlo jakoj korelaciji. Rezultati ovog istraživanja su potvrdili hipotezu da zatravljena površina u vinogradu poboljšava strukturu tla i smanjuje erozijsko otjecanje i gubitak fosfora.

**Ključne riječi: Kišna simulacija, erozija tla, gubitak sedimenta, gubitak fosfora, površinsko otjecanje**



## Summary

### Of the master's thesis – student **Tea Čvorišćec**, entitled **SOIL EROSION AND PHOSPHORUS LOSSES ON GRASS-COVERED AND BARE VINEYARD SOIL UNDER A RAINFALL SIMULATION EXPERIMENTS**

Soil erosion by water reduces soil fertility and increases water contamination. The aim of this work is to compare two soil management in vineyards in order to determine the size of soil degradation. The hypothesis is that the grassed vineyard has a better soil structure and less erosion runoff and loss of phosphorus. The aim is to determine agrotechnical measures that reduce soil degradation and loss of nutrients on inclined lands. Rainfall simulation experiments (intensity 60 mm/hour) were used to determine the extent of erosion in vineyards (tilled, grass-covered) near Orahovica, but also potential pollution by eroded phosphorus. Physical properties of the soil and sediment loss and phosphorus content have been determined. The results showed that the bulk density was significantly higher on the grass-covered treatment, while the soil water capacity ( $P_{kv}$ ) was significantly lower. As for soil moisture ( $T_{rv}$ ), no significant difference was found between treatments. The mean weight diameter (SVSA), the percentage of water stable aggregates (UVSA) and organic matter (OT) had higher values on the grass-covered treatment than at the tilled treatment. The time to ponding ( $t_s$ ), the loss of sediments and phosphorus was significantly greater on the grass-covered treatment. The correlation between variables indicated that in both treatments (grass-covered and tilled) there was a complete negative correlation between infiltration ( $I_v$ ) and runoff ( $O_v$ ), and that sediment loss and phosphorus loss were very strong correlated. The results of this study confirmed the hypothesis that the grass-covered vineyard management improves the soil structure and reduces runoff, erosion and phosphorus loss.

**Key words:** rainfall simulation experiment, soil erosion, sediment loss, phosphorus loss

# 1. Erozijska i degradacijska tla u svijetu i u Hrvatskoj

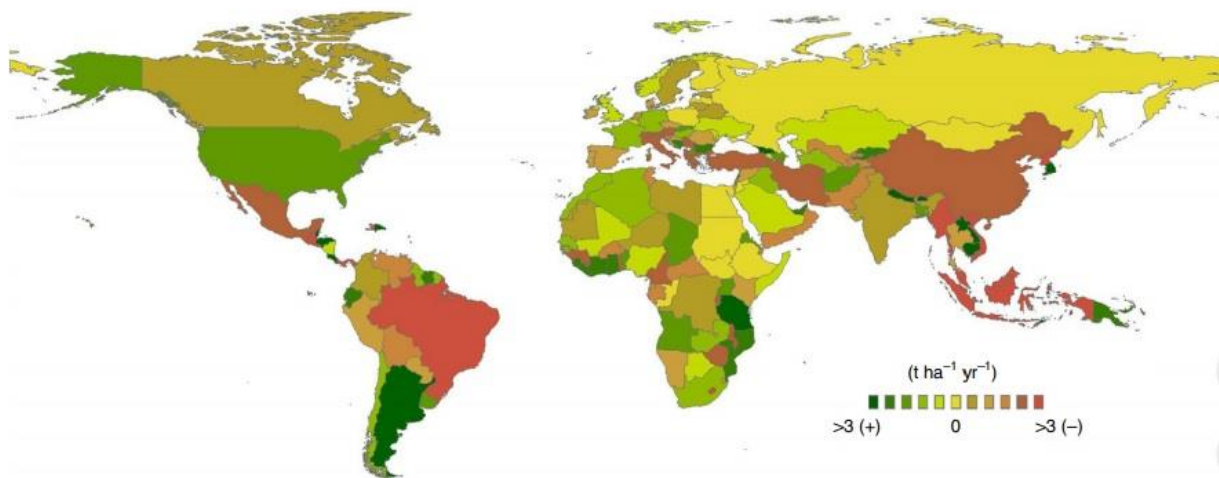
Tlo je, uz vodu i zrak, ključna sastavnica okoliša i ubraja se u uvjetno obnovljive resurse. Proces nastajanja tla je dugotrajan, ovisno o litosferi i pedogenetskim faktorima koji utječu na njezino trošenje. Nasuprot dugotrajnom procesu nastanka, proces onečišćenja i oštećenja tla (posebice antropogenim djelovanjem) neusporedivo je brži. Kako navodi Singh (2004.), degradacija tla je globalni problem. Od ukupno 13,5 milijardi hektara zemljišta kojom raspolaže svjetska populacija, samo je 3,03 milijardi hektara obrađeno (22%), a oko 2 milijarde hektara je degradiranog zemljišta. Glavne prijetnje tlu, kako su identificirane u Tematskoj Strategiji za zaštitu tla iz 2006. (Europska komisija [EC], 2006.), uključuju eroziju, pad sadržaja organske tvari, lokalno i difuzno onečišćenje, površinska pokorica, zbijanje, pad biološke raznolikosti, zaslanjivanje, poplave i klizišta.

Erozija tla se ubraja u jedan od najbitnijih degradirajućih elemenata poljoprivrednih tala, a u našoj zemlji je veoma raširena (S. Husnjak i sur., 2002.). Kako navodi Kisić i sur., (2005.) to je proces kojim se dio čestica tla pod utjecajem prirodnih sila- vode (na nagnutim terenima) i vjetra odvaja od svoje mase, premješta na manju ili veću udaljenost i tako najčešće gubi svoju primarnu namjenu i prirodnu ulogu. Gubitak tla uslijed erozije degradira zemljište i na kraju ga čini neplodnim (Pimentel i sur., 1995.). Erozijska tla najveća je prijetnja plodnosti tla, jer smanjuje sadržaj organske tvari i hraniva i inhibira rast vegetacije, što negativno utječe na ukupnu biološku raznolikost (Scherr, 2000.). Konkretno, erozijska tla mijenja fizikalne, kemijske i biološke karakteristike tla, što dovodi do pada potencijalne poljoprivredne produktivnosti i stvara zabrinutost za sigurnu opskrbu hranom, posebno u kontekstu konstantnog rasta svjetske populacije (Organizacija za hranu i poljoprivredu [FAO], 2015.), (Graves i sur., 2015; Pimentel, 2006.). Erozijska tla je proces koji se odvija u tri faze. Prva faza je odvajanje pojedinih čestica od mase tla. Vodom ili vjetrom se erozijski materijal prenosi i na kraju taloži. Erozijski procesi ovise o svojstvima tla, nagibu tla, količini i intenzitetu padalina, vegetaciji te brzini i učestalosti vjetra. U Republici Hrvatskoj dominantni oblici erozije tla su nastali kao posljedica kiše, a kako navodi Kisić (2016.) to su: plošna, brazdasta, jaružna i bujična i dubinska erozijska tla na kršu te klizišta. Na obradivim površinama se javlja plošna erozijska tla koja ravnomjerno zahvaća gornji dio oraničnog sloja te stvara tokove dubine do nekoliko centimetara, ne mijenjajući izgled tla, te brazdasta erozijska tla koja oblikuje manje brazde u kojima su koncentrirani površinski tokovi vode. Na šumskim površinama zbog uklanjanja vegetacije javlja se jaružna erozijska tla dok se dubinska erozijska tla javlja u kršu kao posljedica poniranja vode u podzemlje.

Štete od erozije tla možemo podijeliti na izravne (smanjivanje sadržaja organske tvari i koncentracija biljnih hranjiva, gubitak gornjeg sloja tla i smanjenje retencijskog kapaciteta tla za vodu, narušavanje strukture tla, smanjenje biološke raznolikosti tla te smanjenje plodnosti u oraničnom sloju) i neizravne (unošenje sedimenta u riječne tokove, uništavanje ili oštećenje cesta i drugih građevina te pojava klizišta), (Kisić i sur., 2005.). Oštećenje tla erozijom danas se ubraja među najozbiljnije globalne probleme na našoj planeti (Bašić, 1994.).

Zdravo tlo temelj je održive poljoprivrede i bitan resurs za osiguravanje ljudskih

potreba u 21. stoljeću, poput hrane, hrane za životinje, vlakana, čiste vode i čistog zraka (Borrelli i sur., 2017.). Porastom stanovništva u svijetu povećavaju se potrebe za većom proizvodnjom hrane i energije. U tom je kontekstu zaštita svjetskih tala i prevencija tla od erozije postaje prioritet sadašnjeg i budućeg gospodarenja tlom. Međutim, erozija tla u svijetu konstantno raste, unatoč tome što mnoge zemlje pokušavaju riješiti ovaj problem ( Borrelli i sur., 2017.). Slika 1. ukazuje na značajan globalni potencijal za ublažavanje erozije tla, posebno u nekim velikim zemljama Azije i Latinske Amerike (poput Brazila i Kine). Karta se temelji na diskontinuitetima erozije tla između svake zemlje i svih njezinih susjeda. Tamnije zelena označava da zemlja ima pozitivniji utjecaj na globalnu stopu erozije tla od svojih susjeda (odnosno ima prigušujući učinak), a tamnocrvena označava da država ima nepovoljan utjecaj na globalnu stopu erozije tla (odnosno ima veće stope erozije).



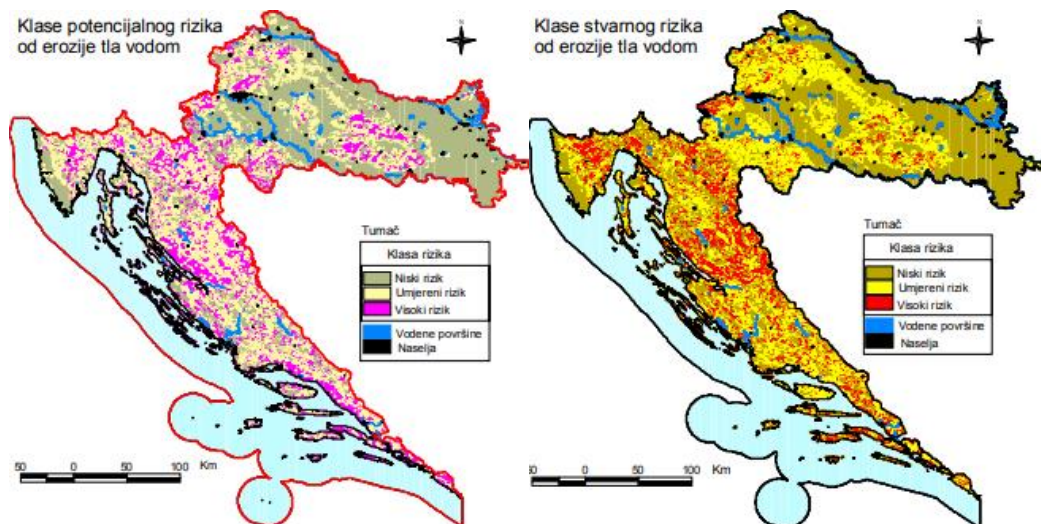
Slika 1: Erozija tla u Svijetu

Izvor: Panagos i sur. (2018.) *Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models*

Ispitivanje Zajedničkog istraživačkog centra Europske komisije (JRC) otkriva da erozija tla vodom, svjetsku ekonomiju košta oko osam milijardi američkih dolara godišnje. Ovo izgubljeno tlo smanjuje globalnu poljoprivredno-prehrambenu proizvodnju za 33,7 milijuna tona, što dovodi do povećanja svjetskih cijena hrane do 3,5%. Studija pokazuje da erozija tla nedvojbeno šteti globalnoj proizvodnji hrane i uzrokuje zabrinutost za sigurnost hrane, posebno u najsiriromašnijim dijelovima svijeta. Erozija tla je također gospodarski problem jer dovodi do povećanih cijena hrane. Erozija vodom vrlo je izražena i ozbiljna prijetnja u Australiji, Novom Zelandu, dijelovima Sjedinjenih Država, Južnoj Europi i Istočnoj Europi (često kao rezultat osnivanja i rada nekadašnjih velikih državnih farmi). Dominantan degradacijski proces u Europi je erozija vodom, a jako ili teško degradiranim tlima smatra se 10% površina (Van Der Knijff i sur., 2000. i Kisić, 2005).

Procjenu rizika od erozije tla vodom u Republici Hrvatskoj metodom kartiranja proveo je Husnjak (2000.) te je izrađena karta potencijalnog i stvarnog rizika od erozije vodom (Slika 2.) gdje se utvrđuje potencijalno visok rizik od erozije na 1 800 265 ha i stvarni visok rizik od erozije tla na 746 475 ha. Najveće površine pripadaju ravninama s nagibom manjim od 3,5%, gdje se erozivno kretanje mase tla ne opaža. Blaži oblici erozije izdvojeni su na 27,2% površine

s nagibom do 8,8%, a na 48,3% površine može se pojaviti pojačana erozija. Na strmim liticama moguće je urušavanje tla. Iskustva istraživanja, kako navodi Kisić (2016.) pokazala su da je na poljoprivrednim površinama uzgajani usjev primarni čimbenik koji utječe na količinu erozijskog nanosa dok je sekundarni čimbenik smjer i način obrade tla.



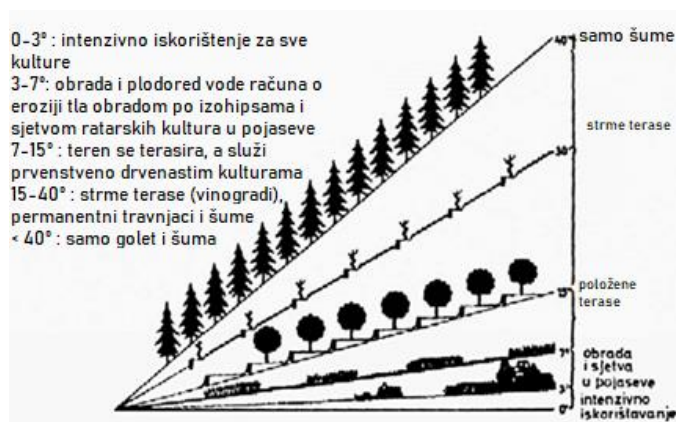
Slika 2: Karta potencijalnog i stvarnog rizika od erozije tla vodom  
Izvor: Husnjak i sur., 2015. Pristup: 31.8.2020.

Erozija tla vodom zasigurno predstavlja najznačajniji i najopasniji proces oštećenja tala u Hrvatskoj. Posljedice erozije tla vodom od bitne su važnosti za sveukupni gospodarski razvoj. Dakle, kontrola i upravljanje erozijom tla su bitni. Iako se erozija tla ne može eliminirati, postoje načini da se prekomjerna erozija i njezini štetni učinci na poljoprivrednu proizvodnju svedu na minimum (Bashir i sur., 2017.).

## 2. Čimbenici koji utječu na eroziju tla vodom

### 2.1. Utjecaj nagiba

U Hrvatskoj, ali i u svijetu, jedan od najvećih problema poljoprivrede je gubitak tla erozijom. Mnogo je istraživanja provedeno istražujući utjecaj nagiba na eroziju tla. Changere i sur. (1997). su proveli istraživanje u SAD-u gdje su proučavali utjecaj nagiba na svojstva tla i eroziju te prinos zrna kukuruza na tri mjesta: na vrhu, u središnjem dijelu i na donjem dijelu padine. Kroz tri godine istraživanja pokazalo se da su erozija tla i gubitak tla najveći na srednjem dijelu padine gdje je najveći nagib. Uočili su i velike razlike u razvoju kukuruza na različitom nagibu. Kukuruz se je najbolje razvijao, imao najbolju proizvodnju biomase, veći unos hranjiva i najveći prinos zrna u donjem dijelu padine na kojem se nalaze najveće količine erodiranih sedimenata. Vrlo slične rezultate dobili su i Verity i Anderson (1990.) u istraživanju utjecaja erozije na svojstva tla koja su važna za plodnost tla i prinos kultura. Ispitivanje je provedeno u Kanadi, a rezultati su prikazani preko odnosa nagiba i lokacije na padini sa prinosom kulture na tom dijelu padine. Prinos je bio najniži na gornjem dijelu padine i postupno je rastao prema srednjem dijelu, te je na donjem dijelu dosegao svoj maksimum. Prema Ritteru (2012) nagib terena i erozija prvenstveno utječu na gubitak vrijednog površinskog sloja tla, koji sadrži najveće količine hranjivih tvari koje izravno utječu na rast i prinos kultura. Organska tvar i mineralna gnojiva se gube erozijskim odnošenjem na donje dijelove padina gdje se akumuliraju. Što je padina duža i strmija, veći je rizik od erozije, a potencijal erozije se dodatno povećava s smanjenjem vegetacijskog pokrova. Na Slici 3. se nalazi prikaz iskorištenja tla prema nagibu te je vidljivo da na nagibima terena do 3° ne postoji opasnost od erozijskih procesa i tlo se koristi za uzgoj svih kultura. Sjetvom u pojaseve ili konturnom obradom (obrada tla po izohipsama) i uzgojem kultura u plodoredu umanjuju se procesi erozije na nagibima od 3 do 7°. Kod nagiba terena između 7 i 15° preporuča se izvođenje terasa, a takva se tla koriste prvenstveno za uzgoj drvenastih kultura. Kod još izraženijih nagiba od 15 do 40° izvode se strme terase za uzgoj vinograda ili se takvi prostori koriste kao permanentni travnjaci i šume. Iznad 40° je golet ili šuma i ne poduzimaju se nikakve mjere zaštite od erozije (Špoljar 2016.).



Slika 3: Shematski prikaz iskorištenja tla prema nagibu terena: Mjere zaštite tla od erozijskih procesa

Izvor: [www.pfos.hr](http://www.pfos.hr) Pristup: 2.9.2020

## 2.2. Utjecaj načina korištenja tla

Antropogeni utjecaj koji za cilj ima stvaranje povoljnog agorekosustava osnovni je razlog promjena fizikalnih i kemijskih svojstava tla. U Tablici 1 prikazani su najčešći načini korištenja zemljišta u Republici Hrvatskoj. 46% zemljišta se koristi kao poljoprivredna površina. Vinogradi zauzimaju skoro 20 tisuća hektara odnosno 0,34% površine tla u Hrvatskoj. O načinu korištenja tla ovisi i utjecaj čovjeka preko redovitih agrotehničkih praksi upotrijebljenih za svako zemljište. Mnogi su se znanstvenici bavili proučavanjem razlika u svojstvima tla pod različitim načinom korištenja i različite utjecaje poljoprivrednih praksi na tlo, pa je tako Grieve (2001.) zaključio da ljudska aktivnost u zadnjih nekoliko desetljeća u Škotskoj značajno utječe na promjene svojstava tla. Prvenstveno se to očitava u pogledu smanjenja reakcije tla, odnosno zakiseljavanja tla. Osim na pH, čovjek utječe i na kvalitetu, promet i količinu organske tvari u tlu, mijenja stabilnost strukturalnih agregata tla i mogućnost za kvalitetnu obradu tla, te utječe na erodibilnost tla. U istraživanju u Kini, znanstvenici Chen i sur. (2019.) došli su do zaključka da je u slivu rijeke Yujiahe glavni izvor erozije tla obradivo zemljište i da je promjena namjene zemljišta od oranica do voćnjaka od 1990. godine značajno smanjila intenzitet erozije tla s jake na srednju razinu odnosno godišnja erozija tla smanjena je za 59,4%. Cerdan i sur. (2006., 2010.) utvrdili su, nakon proučavanja 1350 pokusnih ploha iz dostupne literature, da na obrađenim površinama vinogradi induciraju najveću stopu erozije u Europi. U tom kontekstu J. Rodrigo Comino i sur. (2015.) su usporedili nekoliko istraživanja i došli do zaključka da su stope erozije tla u vinogradima bile najviše u usporedbi s ostalim namjenama zemljišta (šuma, travnjaci, grmlje ili regeneracija).

Tablica 1: Površine u RH prema načinu korištenja zemljišta, Izvor: Kušan, 2005.

\*Poljomozaik uključuje poljoprivredne parcele koje se zbog male površine nisu mogle zasebno izdvojiti (oranice, vrtovi, vinogradi, voćnjaci i maslinici).

Način korištenja zemljišta		Površina		Način korištenja zemljišta		Površina	
Grupa	Podgrupa	Ha	%	Grupa	Podgrupa	Ha	%
Poljoprivredne površine	Oranice	878319	15.46	Makija i grmlje	Makija	156869	2.76
	Vinogradi	19267	0.34		Šikare	21957	0.39
	Voćnjaci	7047	0.12		Grmolika vegetacija	90570	1.59
	Maslinici	5751	0.10	Ukupno		269396	4.74
	Livade	239198	4.21	Močvare i ribnjaci	Trščici	4948	0.09
	Pašnjaci	786236	13.84		Močvare	2384	0.04
	Poljomozaik*	689544	12.14		Ribnjaci	1087	0.02
Ukupno		2625362	46.22	Ukupno		8419	0.15
Šume	Bjelogorica	1917262	33.75	Ostalo	Naselja	714033	12.57
	Crnogorica	56754	1.00		Industrija	6374	0.11
	Mješovite šume	23260	0.41		Gole stijene	6398	0.11
Ukupno		1997276	35.16		Vode	53120	0.94
Ukupno RH		5680378	100	Ukupno		779925	13.73

### 2.3. Utjecaj obrade tla

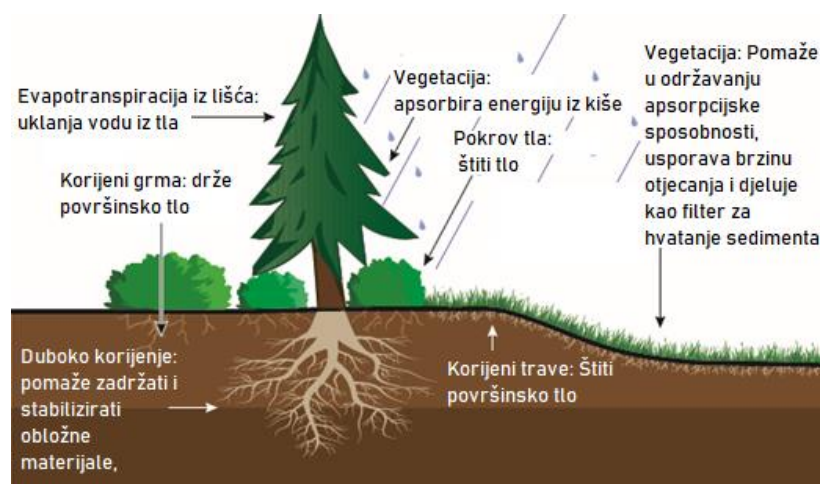
Obrada tla smatra se glavnim uzrokom erozije tla otkako se čovjek počeo baviti poljoprivredom (Brevik i Hartemink, 2010.). Erozija uzrokovana obradom tla ovisi o mehanizaciji kojom se provodi obrada, brzini, dubini i smjeru obrade te o broju prohoda. Erozija koja je izazvana obradom tla utječe na premještanje čestica tla s gornjih dijelova padine u donje dijelove, gdje se čestice akumuliraju. Većina poljoprivrednika (> 90%) u Hrvatskoj godišnje ore tlo, a takva praksa rezultira visokim stopama erozije (Kisić i sur., 2002., 2017.). U istraživanju provedenom u Hrvatskoj na tlima glinaste ilovače, Bogunović i suradnici (2018) utvrdili su da je kod konvencionalne obrade erozija značajno veća u odnosu na druga dva načina obrade koji su bili uključeni u istraživanje, no till i dubinska obrada (deep tillage). Istraživanje je također pokazalo da način obrade i smjer obrade imaju snažan utjecaj na gubitak tla na nagnutim terenima. Poznato je da konturna obrada tla rezultira u značajno manjim gubitcima tla kad usporedimo s obradom tla uz i niz nagib (Chisci i Boschi, 1988; Quinton i Catt, 2004; Stevens i sur., 2009.). Istraživanja koje su proveli Quinton i Catt (2004.) i Stevens i sur. (2009.) pokazuju da konturna obrada tla može umanjiti gubitak tla do 76% u odnosu na konvencionalnu obradu tla. Također je potvrđeno da no-till obrada tla smanjuje eroziju tla.

U svojoj knjizi Kisić (2016.) opisuje provedena dvadesetogodišnja stacionarna mjerenja gubitaka tla erozijom na pri različitim načinima obrade. Istraživanja su provedena na obronačnom pseudogleju središnje Hrvatske na šest pokusnih parcela gdje se na svakoj provodi drugačija obrada tla u pogledu vrste i broja zahvata, dubine i smjera kretanja agregata. Kao temeljni pokazatelj djelotvornosti zahvata obrade je izmjerena količina erozijskog nanosa. Na temelju rezultata svih istraživanja preporučeno je da se u obradi tala sklonih eroziji prakticira obrada okomito na smjer nagiba, a na većim nagibima uzgajaju isključivo usjevi gustog sklopa, odnosno krmni usjevi.

## 2.4. Utjecaj pokrova tla

Vegetacijski pokrov ima važnu ulogu u sprječavanju djelovanja erozije. Duboko proraslo korijenje stabilizira i poboljšava strukturu tla dok korijenje trava pospješuje otpornost površinskog tla od erozije. Vegetacija kontrolira razinu erozije tla svojim krošnjama i korijenjem, ali erozija također utječe na vegetaciju u smislu sastava i strukture biljne populacije na zemljištu. Usjevi koji pružaju puni zaštitni pokrov za veći dio godine (npr. lucerna ili zimski pokrovni usjevi) mogu znatno više smanjiti eroziju nego usjevi koji dulje vrijeme ostavljaju tlo golim, posebno tijekom razdoblja vrlo erozivnih kiša tijekom proljeća i ljeta (Ritter J., 2012.). Gyssels i sur. (2005.) su pregledom iz dotadašnjih istraživanja zaključili da vegetacija značajno kontrolira razinu erozije tla na način da se razina erozije vodom eksponencijalno smanjuje s povećanjem vegetacijskog pokrova. Također, isti pregledni rad otkriva da se brzina vodene erozije s porastom mase korijena isto tako smanjuje eksponencijalno. Da bi se postiglo smanjenje gubitka tla za 50%, potrebna je gustoća korijena od prosječno 5 do 20 kg/m<sup>3</sup>, ali na mnogim poljoprivrednim površinama gustoće ukorjenjivanja su niže od ovih vrijednosti stoga se za smanjenje brzine erozije u područjima osjetljivim na eroziju preporučuje upotreba biljnih vrsta koje razvijaju gustu mrežu korijena (Gyssels i Poesen, 2003.)

Vegetacija apsorbira energiju udarca od kapljica kiše te sprječava stvaranje pokorice tla i usporava površinski protok vode. Seutloali i Beckedahl (2015.) su proveli istraživanje u Južnoj Africi o faktorima koji imaju utjecaj na eroziju vodom i rezultati su pokazali da mali nagib i vegetacija imaju pozitivan utjecaj na sprječavanje erozije i stvaranja brazdi i jaruga. Na slici 4. detaljnije je objašnjeno kako pokrov tla utječe na smanjenje erozije. Primjerice, korijenje stabala pomaže stabiliziranju tla i održavanju horizonata na okupu. Njihove grane također pomažu apsorbirati negativno djelovanje jake kiše, koja bi mogla oštetiti jednogodišnje biljke niskog habitusa i rastresito tlo. Biljke smanjuju stope erozije tla presretanjem kišnih kapi, pojačavajući infiltraciju, transpiriranjem vode u tlu, pružajući dodatnu hrapavost površine i dodavanjem organskih tvari u tlo (Morgan, 1996).



Slika 4: Utjecaj vegetacije na smanjenje erozije

Izvor: <https://graniteseed.com/blog/how-do-plants-help-prevent-erosion/> pristup: 1.9.2020.



## 2.5. Utjecaj teksture tla

Tekstura ili mehanički sastav tla predstavlja relativan odnos mehaničkih čestica tla. Tekstura tla dokazano utječe na potencijalnu edodibilnost tala. Što je tekstura tla grublja, manja je aktivna površina čestica tla što dovodi do manje otpornosti tla na eroziju. Tekstura tla obično se mijenja s dubinom tla, ali se tekstura površinskog horizonta tla smatra najvažnijim faktorom kod erozije vodom. Zbog utjecaja erozije na teksturu, na gornjim dijelovima padine veće su količine praha i gline, dok je veća količina pijeska na donjim dijelovima padine (Bašić i sur., 2002).

Tekstura tla utječe na infiltraciju, brzinu otjecanja te stabilnost agregata (Lado i sur. 2004.). Pjeskovita, pjeskovito ilovasta tla i tla s ilovastom teksturom su manje podložna eroziji od tala praškaste teksture i s većim udjelom gline (Ritter i Eng, 2012.). Sadržaj gline ima veliku ulogu u stabilnosti agregata. Ben - Hur i sur. (1985.) pronašli su tla koja imaju srednji udio gline (10 do 30 %) što rezultira slabim stabilnim agregatima koji su se raspršili pod simuliranim kišama, stvarajući lako erodirajuće tlo koje je stvorilo s površinskom pokoricom i smanjenom poroznosti tla. Tla s manje od 10% sadržaja gline pri utjecaju kišnih kapi nisu imala dovoljno gline da zatvore pore tla i stoga su održavali visoku stopu infiltracije i nizak potencijal erozije. Sadržaj gline iznad 30% pružio je dovoljnu agregatnu stabilnost da se odupre raspršivanju agregata i čepljenju pora tla pri kišnim simulacijama, smanjujući tako odvajanje i kopneni protok, te potencijal erozije. Poesen (1993.) je otkrio da se muljevito ilovasto tlo opire agregatnom raspadu i održava visoku stopu infiltracije. Quansah (1981.) je primijetio da je pijesak, čestica tla s najnižom kohezijom od svih mehaničkih čestica tla, ima najveću stopu disperzije čestica tla uslijed raspršivanja energije kišnih kapi koje padaju na površinu tla, slijedi glina, a zatim ilovača. Transport čestica tla bio je najveći za glinu jer je potrebno manje energije za pomicanje manjih čestica gline od čestica pijeska.

### 3. Erozija tla vodom i gubici fosfora površinskim otjecanjem

Kao primarno sredstvo za izvor voda u okolišu, oborine također mogu imati značajan utjecaj na eroziju. Oborine karakterizira količina, trajanje i intenzitet. Intenzitet padalina obično je najvažniji od čimbenika koji utječu na eroziju. Kako se intenzitet povećava, tako se povećava i kinetička energija kišnih kapi, povećavajući odvajanje i transport tla. Povećanje trajanja kiše povećava erodibilnost tla (Tisdall i sur., 1978.). Tlo postaje saturirano i nakon toga se razvija površinsko otjecanje koje ima potencijal za transport sedimenta i povećanje brzine erozije (Pierzynski i sur., 2005.).

Fosfor (P) se veže za čestice tla, a gubici fosfora vezani s tim česticama obično su povezani s erozijom tla. Erozija tla vodom prvenstveno uklanja sitnije frakcije tla s kojima je fosfor povezan. To dovodi do toga da se fosfor koncentrira u kopnenom toku (Quinton i sur., 2001; Quinton, 2002.). Erozija tla s poljoprivrednih površina i naknadni transport sedimenta i hraniva (posebno fosfora) ozbiljni su problemi koji doprinose zagađenju površinskih voda i ugrožavaju poljoprivrednu održivost (Petersen i sur., 2007.). Mnogo je istraživanja s temom gubitka fosfora u tlima uzrokovano erozijom. U Tablici 2 navedeno ih je nekoliko gdje uspoređeni su načini korištenja tla, a proučavan je utjecaj intenziteta kiše i dodatka kemijskih tvari kako bi se smanjio gubitak P erozijom.

Tablica 2: Istraživanja provedena na temu gubitka fosfora erozijom

Autor	Vrsta tla	Metoda	Rezultati
Meng, Q., Fu, B., Tang, X., & Ren, H. (2007).	Kambisol (Calcic Cambisol), brdsko područje lesne visoravni	Uzorcji vode (250 ml) iza svake erozivne kiše, prikupljeni na sedamnaest poljskih parcela (5 × 20 m) različitih uvjeta. Otopljeni P određen je kalorimetrijski	Pod istim uvjetima znatno veći gubici P su na poljoprivrednim zemljištima nego šumskim ili neplodnim zemljištima. Preporučeno je da poljoprivredna zemljišta s nagibom iznad 15 stupnjeva treba napustiti ili pošumiti.
D. L. Bjorneberg, J. K. Aase, & D. T. Westermann. (2000).	Ilovača (fini, smektitni, mezički ksereretni haplokambidi)	Poliakliramid (PAM) u vodi za navodnjavanje primijenjen kroz oscilirajuću prskalicu (80 mm/h). Usporedba tretmana sa slamom i bez.	Primjena PAM-a značajno je smanjila otjecanje, eroziju i gubitak fosfora kada se nanosi sa slamom pokriveno ili golo tlo. Kombinacija slame i PAM-a je učinkovitije od primjene PAM-a na golo tlo.
Vadas, P. A., Busch, D. L., Powell, J. M., & Brink, G. E. (2015).	(Tama series) umjereno erodirana muljevito glinenasta ilovača	APLE (godišnja procjena gubitka fosfora) Sustav za prikupljanje otjecanja, ultrazvučni senzori, automatski uzorkivač (ISCO 3700)	Godišnji gubitak hranjivih tvari u otjecanju je bio nizak zbog stabilne vegetacije. Oticanje uzrokovano kišom je bilo erozivnije od otjecanja zbog snijega.
Sharpley, A. (1995).	glinovita ilovača, pjeskovita ilovača	Lemunyon and Gilbert index	Indeks P može biti vrijedan alat za prepoznavanje izvora P u vodenim slivovima
A. I. Fraser, T. R. Harrod, P. M. Haygarth (1999)	vrlo porozna tla lagane teksture, bez nepropusnih horizonta	Praćenje brzine protoka površinskih voda Ukupni fosfor je određen digestijom persulfata	Što su kiše većeg intenziteta veće su i razine erozije tla i gubitci fosfora. Kiše manjeg intenziteta koje duže traju mogu rezultirati značajnim gubicima fosfora.
Stevens, C. J., Quinton, J. N., Bailey, A. P., Deasy, C., Silgram, M., & Jackson, D. R. (2009)	Glinasta tla na erodibilnoj padini s kutom koji varira između 2° -6°	spremnici za sakupljanje otjecanja spektrofotometrija (Seal Analytical AQ2 analizator.) Whatman GF / C filtri (pore 1,2 mm)	Minimalna obrada tla nema utjecaj na eroziju i P ali smanjuje troškove obrade. Obrada u različitim smjerovima povećava eroziju i gubitak P. Konturna obrada vidljivo je smanjila eroziju i gubitak P
Bertol, I., Engel, F. L., Mafra, A. L., Bertol, O. J., & Ritter, S. R. (2007).	Glinasta tla (Oxisols)	kišni simulator s rotacijskim diskom	Koncentracija topljivog P u otjecajnoj vodi se eksponencijalno smanjila od 1. do 5. kišne simulacije u no till obradi, a u konvencionalnoj obradi tla ovo smanjenje je bilo linearno i manje evidentno. Kroz 5 godina no till metoda je rezultirala manjim ispiranjem P od konvencionalne obrade

## **4. Hipoteza i ciljevi**

Hipoteza ovog rada je da način gospodarenja tlom utječe na svojstva tla, njegovu erodibilnost i manju degradaciju izraženu kroz gubitak tla i hraniva površinskim otjecanjem. Pretpostavljamo da zatravljena površina vinograda poboljšava strukturu tla, smanjuje erozijsko otjecanje i gubitak fosfora. Cilj ovog rada je usporediti dva načina gospodarenja u trajnim nasadima u svrhu određivanja veličine degradacije tla.

## 5. Materijali i metode rada

### 5.1. Lokacija, tlo i klima

Istraživanje je provedeno nedaleko od Orahovice u Virovitičko-podravskoj županiji u Hrvatskoj (45°52' N, 17°88' E) gdje je prosječna nadmorska visina 240 m, na prosječnom nagibu od 6,5° (Slika 5.). Područje ispitivanja ima umjerenu kontinentalnu klimu s prosječnim godišnjim padalinama od 938 mm gdje svaki mjesec ima najmanje 50 mm padalina. Najviše padalina je zabilježeno tijekom rujna s 104,1 mm, dok je veljača najsušnija s 54,5 mm. Prosječna godišnja temperatura iznosi 11,5 °C, a siječanj je najhladniji s prosječnom temperaturom od 0,9 °C, dok je srpanj najtopliji na 22,2 °C (DHMZ).

Ispitivanje je provedeno na praškasto glinastoj ilovači s vrlo malo organske tvari. Tlo je klasificirano kao Stagnosol (WRB, 2014.) ili pseudoglej (Škorić, 1985). Pseudoglej je zbog svojih fizikalnih i kemijskih značajki vrlo erodibilan (Kisić i sur. 2016.). U Tablici 3 su prikazana svojstva tla istraživanog područja. Vinograd korišten u istraživanjima je star 4 godine, a zadnje dvije godine svaki drugi red vinograda je zatravljen s godišnjom rotacijom, ovisno o rastu loze. Posljednja obrada tla izvedena je otprilike 2 tjedna prije simulacija.

Tablica 3: Svojstva istraživanog tla, prosjek, ekstremi, standardna devijacija, koeficijent varijacije

Svojstvo tla	Mjerna jedinica	Prosjek	Maksimum	Minimum	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije
Nagib	°	6,94	8,00	5,00	1,063	15%
Kapacitet tla za vodu	%	42,03	44,70	37,00	2,297	5%
Vlaga tla	%	35,56	39,20	31,50	1,890	5%
Volumna gustoća tla	g/cm <sup>3</sup>	1,42	1,61	1,31	0,083	6%
Srednja veličina strukturnih agregata	mm	3,08	3,46	2,74	0,281	9%
Postotak stabilnih agregata	%	47,96	65,79	39,47	7,861	16%
pH	-log H <sup>+</sup>	4,86	5,51	3,97	0,369	8%
Organska tvar	%	1,76	2,45	1,43	0,324	18%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tla	mg/kg	221,15	350,12	115,76	69,316	31%

### 5.2. Terenska istraživanja i uzorkovanje

Odabrano je 16 mjesta u vinogradu gdje provedeno je uzorkovanje tla s dubine 0-10 cm u neposrednoj blizini svakog mjesta gdje je provedena kišna simulacija. Za izvođenje 16 kišnih simulacija (8 na zatravljenom, 8 na obrađenom) korišten je UGT Rainmaker Rainfall Simulator (Slika 6.) u trajanju od 30 minuta s intenzitetom padalina od 60 mm/h na kružnim ploham od 0,785 m<sup>2</sup> (metalni obruč promjera 1 m) sa slavinom na koju je povezan plastični spremnik za prikupljanje viška vode. Vrijeme stvaranja lokvi i vrijeme otjecanja mjereni su kronometrom tijekom simulacije kiše. Također je prije svake simulacije izmjeren nagib tla unutar obruča.



Slika 5 (Lijevo) : Lokacija istraživanja (Oraštica)

Slika 6 (Desno): UGT Rainmaker Rainfall Simulator

### 5.3. Laboratorijska istraživanja

Prikupljeni uzorci tla korišteni su za analize kapaciteta tla za vodu ( $P_{kv}$ ), vlage tla ( $T_{rv}$ ) i nakon sušenja na  $105^{\circ}$  tokom 2 dana, izvagani su kako bi se odredila volumna gustoća ( $\rho_v$ ) (Casanova i sur., 2016). Spremnici s površinskim otjecanjem izvagani su i filtrirani kako bi se kvantificiralo otjecanje vode ( $O_v$ ), koncentracija ( $y_s$ ) i gubitak sedimenta ( $S_g$ ). Masa sedimenta se određuje iz mase vode koja je otjecala da bi se dobila samo voda. Koncentracija sedimenta izračunata je dijeljenjem mase sedimenta s masom vode u uzorcima. Za izračun srednje veličine strukturnih agregata (SVSA) bilo je potrebno izdvojiti svaku frakciju kroz sita s različitim veličinom promjera (8 mm, 5 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm), te je nakon toga svaka frakcija izvagana. Dio frakcije se odvojio za izračun postotka stabilnih agregata (UVSA) (Kemper i Rosenau, 1986), dok je ostatak prošao kroz sito promjera 2 mm kao priprema za kemijske analize. Za analizu dostupnog fosfora ( $P_2O_5$ ) u tlima i sedimentima, uzorci su ekstrahirani s amonij-laktat otopinom koja je potom analizirana na spektrofotometru. Organska tvar se odredila metodom prema Walkleyu i Blacku (1934.)

### 5.4. Statistička obrada podataka

Statističke analize provedene su u programu Statistica 12 (StatSoft, Inc. 2013). Identificirane statističke razlike ( $p < 0,05$ ) prema metodi analize varijance (ANOVA) podvrgnute su Tukey LSD post hoc testu. Korelacije svojstava tla i hidroloških čimbenika provedene su koristeći se Spearmanovim koeficijentom korelacije. Koeficijenti korelacije su upotrijebljeni da bi se analizirale jačine povezanosti između varijabli.

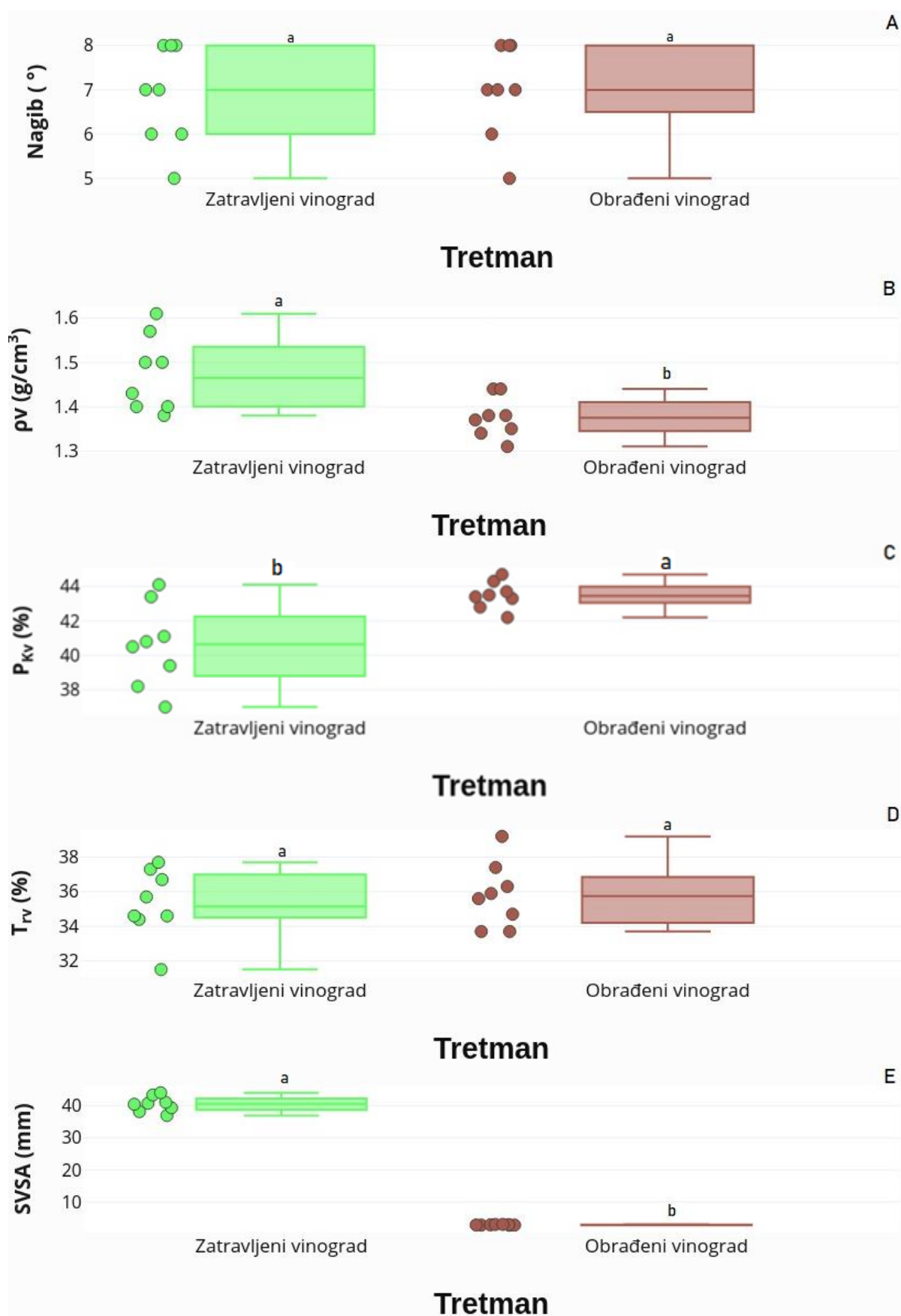
## 6. Rezultati

### 6.1. Utjecaj načina upravljanja tlom na svojstva tla

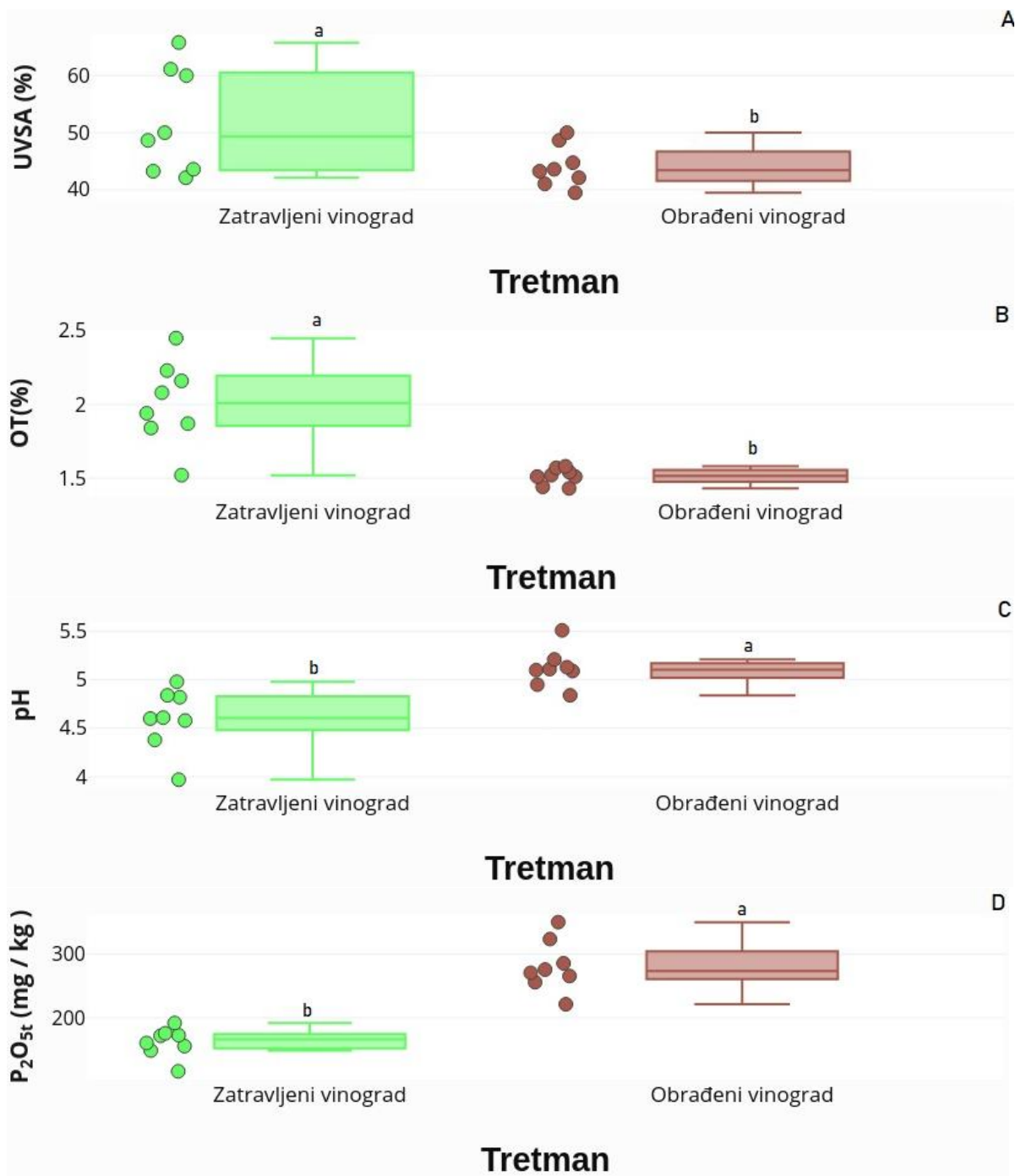
Rezultati su pokazali razlike između različitih načina gospodarenja tlo u vinogradima (Slika 7,8). Između tretmana nije bilo značajne razlike u nagibu (Slika 7, A). Volumna gustoća ( $\rho_v$ ) je bila značajno veća na zatravljenom vinogradu u odnosu na obrađeni (Slika 7, B), dok je kapacitet tla za vodu ( $P_{kv}$ ) bio značajno veći u obrađenom vinogradu. Po pitanju vlažnosti tla ( $T_{rv}$ ) nije bilo značajne razlike u tretmanima (Slika 7, C-D). Također na zatravljenom vinogradu zabilježene su značajno više vrijednosti srednje veličine strukturnih agregata (SVSA) i udjela vodostabilnih agregata (UVSA) (Slika 7, E; Slika 8 A). Značajno veći postotak organske tvari (OT) bio je u neobrađenom odnosno zatravljenom vinogradu (Slika 8 A). Obrađeni vinograd zabilježio je značajno veći pH.(Slika 7, C). Značajno veće vrijednosti fosfora u tlu su zabilježene u obrađenom vinogradu u odnosu na zatravljeni (Slika 7, D).

### 6.2. Utjecaj načina tla na svojstva hidrologiju vinograda

Učinci upravljanja tlom u vinogradima na svojstva površinskog otjecanja sažeti su na slikama 9 i 10. Vrijeme do stvaranja lokvi odnosno do stagnacije vode ( $t_s$ ) značajno je bilo duže na neobrađenom tretmanu (Slika 9,A), dok se tretmani nisu značajno razlikovali u vremenu do otjecanja ( $t_o$ ). Postotak infiltracije ( $I_v$ ) i površinsko otjecanje ( $P_v$ ) nisu zabilježili značajno variranje između tretmana (Slika 9, B-C). Koncentracija sedimenta ( $y_s$ ) i gubitak sedimenta ( $S_g$ ) bili su značajno veći na obrađenom tretmanu (Slika 9, E; Slika 10, A). U zatravljenom vinogradu primjećena je znatno veća koncentracija fosfora u sedimentu (Slika 10, B). Ipak, na slici 10, C možemo primijetiti kako je gubitak fosfora značajno veći na obrađenom tlu u odnosu na zatravljeno tlo.

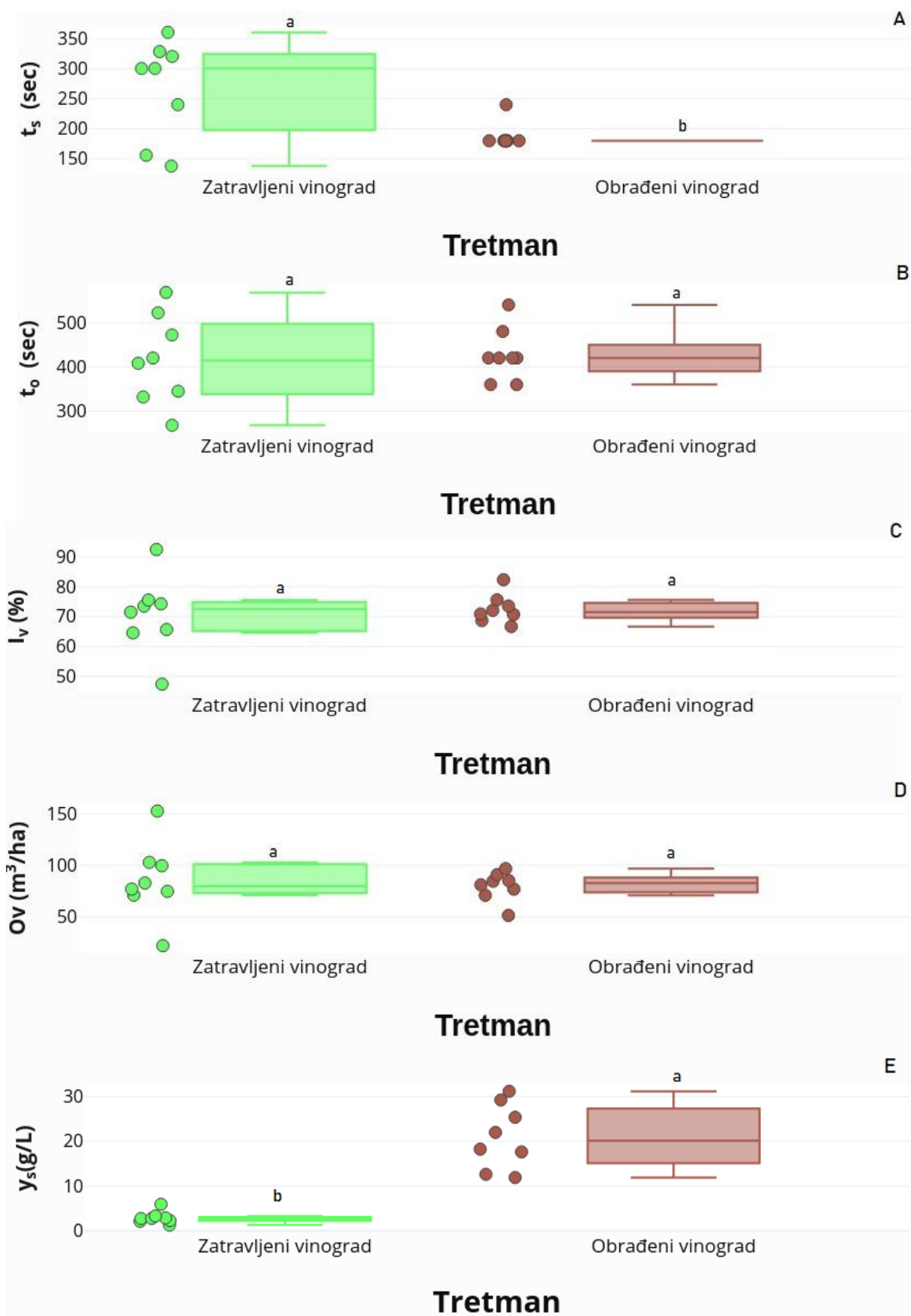


Slika 7: Utjecaj načina upravljanja tлом na svojstva tla A) nagib, B) volumna gustoća, C) kapacitet tla za vodu, D) trenutna vlaga tla, E) srednja vrijednost strukturnih agregata. Različita mala slova predstavljaju signifikantnu razliku između tretmana na razini  $p < 0.05$ .

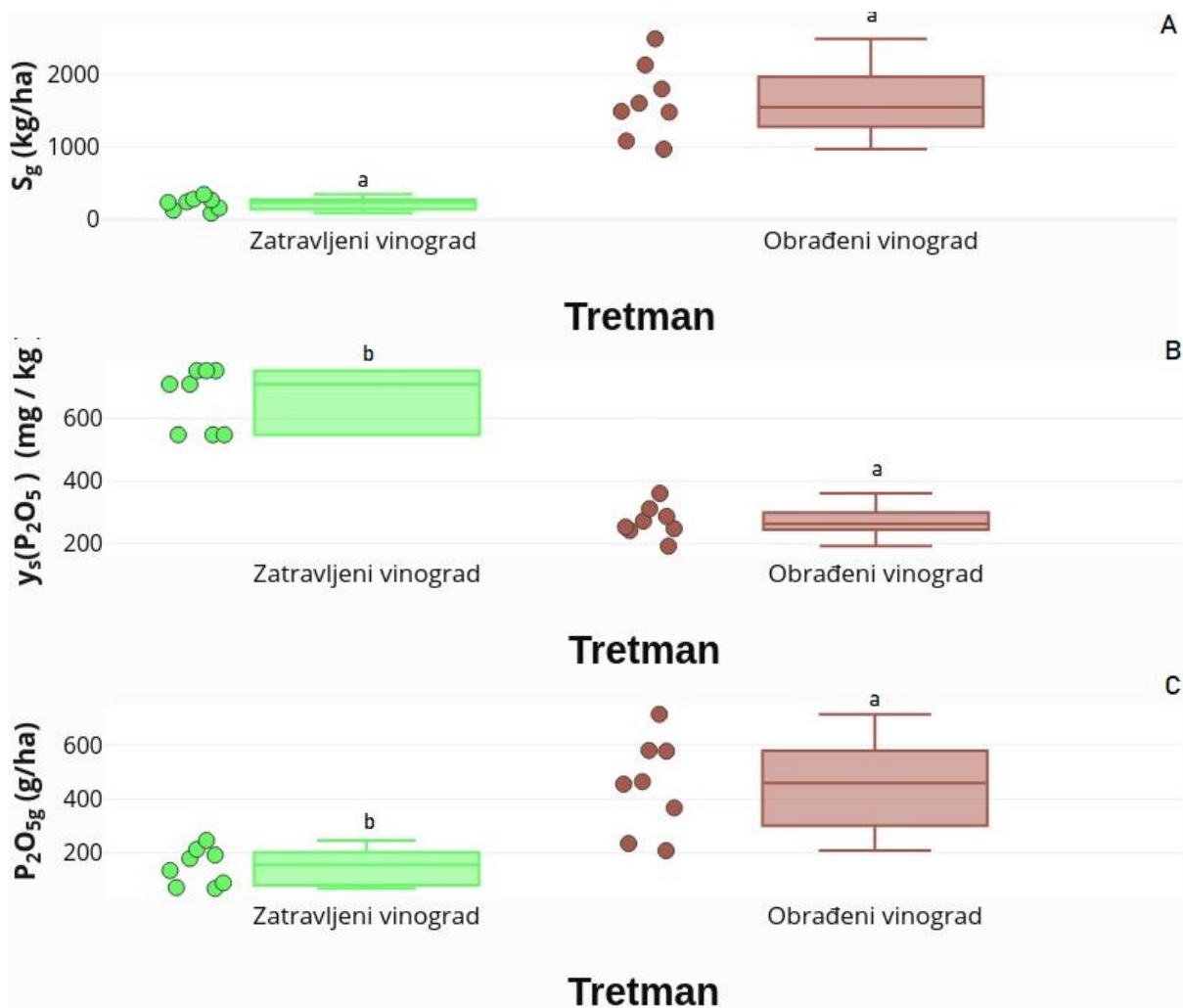


Slika 8: Utjecaj načina upravljanja tlom na svojstva tla A) postotak stabilnih agregata, B) organska tvar, C) pH, D)  $P_2O_5$  u tlu. Različita mala slova predstavljaju signifikantnu razliku između tretmana na razini  $p < 0.05$ .





Slika 9: Utjecaj načina tla na svojstva površinskog otjecanja A) vrijeme do stvaranja lokvi, B) vrijeme do otjecanja, C) infiltracija, D) površinsko otjecanje, E) koncentracija sedimenta. Različita mala slova predstavljaju signifikantnu razliku između tretmana na razini  $p < 0.05$ .



Slika 10: Utjecaj načina tla na svojstva površinskog otjecanja A) gubitak sedimenta, B) koncentracija  $P_2O_5$  u sedimentu, C) gubitak  $P_2O_5$ . Različita mala slova predstavljaju signifikantnu razliku između tretmana na razini  $p < 0.05$ .

### 6.3. Korelacija između istraživanih čimbenika

Na slici 11., možemo vidjeti kako je kapacitet tla za vodu u vrlo jakoj negativnoj korelaciji s volumnom gustoćom i ima jaku negativnu korelaciju s koncentracijom sedimenta, gubitkom sedimenta, gubitkom fosfora i fosforom u tlu i u jakoj pozitivnoj korelaciji je s srednjom vrijednosti strukturnih agregata, postotkom stabilnih agregata i koncentracijom fosfora u sedimentu. Vlaga, Trv ima jaku pozitivnu korelaciju s kapacitetom tla za vodu. Kapacitet tla za vodu, PKv ima vrlo jaku negativnu korelaciju s koncentracijom fosfora u sedimentu i ima jaku negativnu korelaciju s srednjom vrijednosti strukturnih agregata, organskom tvari i vremenom do stvaranja lokvi i jaku pozitivnu korelaciju s koncentracijom sedimenta, gubitkom sedimenta, gubitkom fosfora i fosforom u tlu. Srednja vrijednost strukturnih agregata, SVSA ima vrlo jaku pozitivnu korelaciju s organskom tvari i vremenom do stvaranja lokvi, jaku pozitivnu korelaciju s postotkom stabilnih agregata i koncentracijom fosfora u sedimentu i jaku negativnu korelaciju s koncentracijom sedimenta, gubitkom

sedimenta, gubitkom fosfora i fosforom u tlu. Postotak stabilnih agregata, UVSA ima vrlo jaku pozitivnu korelaciju s organskom tvari i jaku pozitivnu korelaciju s vremenom do stvaranja lokvi i koncentracijom fosfora u sedimentu. Organska tvar je u vrlo jakoj pozitivnoj korelaciji s vremenom do stvaranja lokvi i koncentracijom fosfora u sedimentu i u jakoj negativnoj korelaciji s koncentracijom sedimenta, gubitkom sedimenta i fosforom u tlu. Vrijednost pH je u jakoj pozitivnoj korelaciji s koncentracijom sedimenta, gubitkom sedimenta, gubitkom fosfora i fosforom u tlu i jakoj negativnoj korelaciji s koncentracijom fosfora u sedimentu. Vrijeme do stvaranja lokvi,  $t_s$  je u jakoj negativnoj korelaciji s koncentracijom sedimenta, gubitkom sedimenta, gubitkom fosfora i fosforom u tlu, te u jakoj pozitivnoj korelaciji s koncentracijom fosfora u sedimentu. Infiltracija je u potpunoj negativnoj korelaciji s površinskim otjecanjem. Koncentracija sedimenta, gubitak sedimenta, gubitak fosfora i fosforom u tlu su jakoj i vrlo jakoj pozitivnoj korelaciji dok su svi u negativnoj korelaciji s koncentracijom fosfora u sedimentu.

Variable	Nagib ( ° )	$\rho_v$ (g/cm <sup>3</sup> )	$T_{rv}$ (%)	$P_{kv}$ (%)	SVSA (mm)	UVSA (%)	OT(%)	pH	$t_s$ (sec)	$t_o$ (sec)	$I_v$ (%)	$O_v$ (m <sup>3</sup> /ha)	$y_s$ (g/L)	$S_g$ (kg/ha)	$P_2O_{5g}$ (g/ha)	$P_2O_{5t}$ (mg / kg )	$y_s(P_2O_5)$ (mg / kg )
Nagib ( ° )																	
$\rho_v$ (g/cm <sup>3</sup> )	-0.41																
$T_{rv}$ (%)	-0.12	-0.30															
$P_{kv}$ (%)	0.25	-0.83	0.55														
SVSA (mm)	0.25	0.58	-0.11	-0.59													
UVSA (%)	0.03	0.53	-0.33	-0.48	0.60												
OT(%)	0.05	0.54	-0.09	-0.55	0.80	0.84											
pH	0.16	-0.30	0.22	0.42	-0.16	-0.06	-0.14										
$t_s$ (sec)	0.05	0.69	-0.15	-0.57	0.88	0.67	0.80	-0.04									
$t_o$ (sec)	0.47	-0.11	0.29	0.17	0.41	0.16	0.23	0.39	0.43								
$I_v$ (%)	0.05	-0.16	-0.30	0.20	-0.48	0.06	-0.33	0.22	-0.19	-0.06							
$O_v$ (m <sup>3</sup> /ha)	-0.05	0.16	0.30	-0.20	0.48	-0.06	0.33	-0.22	0.19	0.06	-1.00						
$y_s$ (g/L)	0.12	-0.69	0.11	0.65	-0.68	-0.40	-0.59	0.72	-0.60	0.10	0.36	-0.36					
$S_g$ (kg/ha)	-0.01	-0.63	0.24	0.65	-0.64	-0.43	-0.59	0.66	-0.61	0.13	0.19	-0.19	0.95				
$P_2O_{5g}$ (g/ha)	-0.02	-0.57	0.20	0.55	-0.58	-0.36	-0.45	0.65	-0.52	0.10	0.10	-0.10	0.93	0.94			
$P_2O_{5t}$ (mg / kg )	-0.07	-0.59	0.36	0.75	-0.71	-0.47	-0.69	0.52	-0.66	0.01	0.29	-0.29	0.74	0.77	0.64		
$y_s(P_2O_5)$ (mg / kg )	-0.09	0.75	-0.32	-0.84	0.72	0.55	0.76	-0.50	0.72	-0.02	-0.33	0.33	-0.78	-0.82	-0.62	-0.87	

Slika 11: Korelacija između istraživanih čimbenika

## 7. Diskusija

Rezultati istraživanja u vinogradima ukazuju da je volumna gustoća manja na obrađenom vinogradu u odnosu na zatravljeni. Ovaj rezultat nije neočekivan s obzirom da je važan faktor koji utječe na zbijanje tla i povećanje volumne gustoće prolazak mehanizacije koji zbija tlo i s time dolazi do povećanja volumne gustoće. Utjecaj mehanizacije na zbijanje tla uglavnom ovisi o velikom opterećenju kotača i osovina, tlaku u gumama, intenzitetu prometa i uvjetima vlage u tlu (Nawas i sur. 2013; Duttmann i sur. 2014.). Stoga se visoka volumna gustoća u zatravljenom vinogradu može pripisati nedostatku obrade tla i zbijanju tla uzrokovanom prirodnim slijeganjem i gaženjem mehanizacijom. (Bogunovic i sur., 2018). Na obrađenom vinogradu manja volumna gustoća prvenstveno je obrazloživa obradom provedenom na tom tretmanu. Iz istraživanja možemo utvrditi da su vrijednosti SVSA, UVSA i organska tvar značajno veće na zatravljenom nego na obrađenom tretmanu. Dobro je znano da obrada tla potiče narušavanje strukture tla, tj. smanjuje stabilnost agregata i pospješuje gubitak organske tvari (Bogunovic i sur., 2019.). Bronick i Lal (2005.) istaknuli su da, iako obrada tla kratkotrajno povećava poroznost tla, dugoročno rezultira smanjenjem agregacije tla. Opće je prihvaćeno da tla koja su podvrgnuta čestim i intenzivnim mehaničkim zahvatima trpe pogoršanje strukture što se odražava smanjenjem stabilnosti agregata (Angers i sur. 1993.). Značajno viši postotak stabilnih agregata u zatravljenom tretmanu možemo pripisati višem sadržaju organske tvari pošto je organska tvar jedan od glavnih vezivnih sredstava strukturnih agregata (Tisdall i sur., 1982.) Organska tvar unesena u tlo iz različitih izvora poboljšava stabilnost i strukturu agregata (Milne i Haynes, 2004). Guera (2007.) je utvrdio u svom istraživanju pomoću kišnih simulacija da od različitih izmjerenih svojstava tla, sadržaj organske tvari i udio stabilnih agregata  $> 0,5$  mm imaju glavnu ulogu u erodibilnosti tla. Rezultat intenziteta kiše 50 mm / h pokazao je da tla s manje od 3,5% sadržaja organske tvari imaju nestabilne agregate koji se lakše narušavaju. Infiltracija i površinsko otjecanje su u potpunoj negativnoj korelaciji, kako infiltracija raste tako se smanjuje površinsko otjecanje što rezultira manjim gubitkom sedimenta pa tako i fosfora. Intenzitet i veličina kišnih kapi važni su faktori jer sila udara kišne kapi može urušiti pore tla i odvojiti čestice tla, što može dodatno pospješiti začepljenju pora i povećati otjecanje (Moss, 1991.). Manja koncentracija sedimenta je primjećena u zatravljenom vinogradu gdje je trava usporila udare kapi kiše i tako spriječila jače odvajanje sedimenta. Erozija tla je uobičajeno veća u obrađenim tlima zbog nedostatka vegetacijskog pokrova što doprinosi jačem negativnom utjecaju kišnih kapi na agregate tla i njegovu erodibilnost (Bogunovic i sur. 2020). Kapljice kiše koje udaraju u tlo disperziraju čestice tla, razaraju agregate tla, smanjuju hrapavost površine, te ubrzavaju slijeganje tla i stvaranje pokorice, a samim time potiču eroziju tla. (Butorac i sur., 2006. ). Naprotiv, utjecaj udara kapi kiše zanemariv je kada je tlo prekriveno vegetacijom. (Fernández-Raga i sur., 2017.). Bitno je spomenuti da korijen biljke fizički ojačava i veže tlo, opirući se eroziji (Gyssels i Poesen, 2003.). Također, korijen izlučuje organske eskudate koja povećavaju stabilnost agregata tla i pružaju hranu mnogim organizmima u tlu koji povećavaju poroznost i sami izlučuju vezna sredstva što dodatno povećava agregatnu stabilnost i smanjuje erodibilnost (Traore i sur., 2000.). S obzirom da je suspendirani sediment tipično visok u najfinijim frakcijama poput gline na koju se adsorbiraju hranjive tvari poput dušika i fosfora, smanjenje erozije i otjecanja može smanjiti gubitak plodnosti tih tla (Martínez-Casasnovas i Ramos,

2006.). Većina ukupnih gubitaka fosfora s ratarskih površina u obliku je sedimenta (Gilliam i Sharpley i sur, 1988). Bitno je naglasiti da fosfor koji se veže za čestice tla i transportira ih u niže predjele padina predstavlja ozbiljno ekološko zagađenje. Kada fosfor uđe u površinske vode u znatnim količinama, postaje onečišćivač, što pridonosi pretjeranom rastu algi i druge vodene vegetacije. Budući da erodirani fosfor predstavlja ozbiljan problem okoliša nužno je pronaći strategiju kako bi se smanjio gubitak. Bagagiolo i sur. (2017.) svom istraživanju potvrđuju učinkovitost travnatog pokrivača u sprječavanju gubitaka tla u vinogradima, posebno kada se dogode jači erozivni događaji (npr. tijekom ljetnih oluja visokog intenziteta). Rezultati ovog istraživanja ukazuju da je zatravljivanje vinograda bolja dugoročna agrotehnička praksa u odnosu na klasičnu obradu, budući da poboljšava svojstva tla uz smanjenje erozije i gubitka sedimenta pa možemo utvrditi da postoje značajne koristi od korištenja ovog načina gospodarenja tlom u vinogradima.

## 8. Zaključak

Istraživanje je pokazalo kako zatravljivanje vinograda znatno poboljšava fizikalna svojstva tla i smanjuje eroziju. Vegetacijski pokrov pospješio je fizikalno-kemijske parametre tla fizičkom zaštitom površine tla od negativnog djelovanja kišnih kapi, ali i povoljnim okolišem sa većom količinom organske tvari u tlu. Rezultati istraživanja pokazuju da je agrotehnička praksa gospodarenja vinogradom temeljena na obradi vinogradarskih tla ekološki neodrživa, prvenstveno izražena u vidu narušene strukture te gubitaka tla i hraniva koji se površinski odnose, gube i uzrokuju zagađenje okoliša. Gubici fosfora povezani su s ukupnim gubitkom sedimenta. Važno je napomenuti da su gubici bili znatno manji na zatavljenom tretmanu. Ključno je smanjiti gubitak sedimenta i hraniva poput fosfora kako bi se ublažilo zagađenje okoliša i poboljšale značajke tla.

## 9. Literatura

1. Bagagiolo, G. R., Biddoccu, D., Eugenio, M. E. (2017). Monitoring erosion in sloping vineyards: effectiveness of grass covering in different periods. Conference: Convegno AIAM – SIA.
2. Bashir, S. J., Irshad, A.B., Niaz, A. (2017). Soil and Water Conservation. Institute of Soil and Environmental Sciences, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
3. Bašić, F., (1994). Klasifikacija oštećenja tala Hrvatske. Glasilo Hrvatskog agronomskog društva, 56(3-4), 291-310.
4. Bašić, F., Kisić, I., Nestroy, O., Mesić, M., Butorac, A. (2002). Particle size distribution (texture) of eroded soil material. Journal of Agronomy and Crop Science, 188(5), 311-322.
5. Ben-Hur, M., Shainberg, I., Bakker, D., & Keren, R. (1985). Effect of soil texture and CaCO<sub>3</sub> content on water infiltration in crusted soil as related to water salinity. Irrigation Science, 6(4), 281-294.
6. Bertol, I., Engel, F. L., Mafra, A. L., Bertol, O. J., & Ritter, S. R. (2007). Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff water and sediments under different soil tillage systems during soybean growth. Soil and Tillage Research, 94(1), 142–150.
7. Bjerneberg, D. L., Aase, J. K., Westermann, D. T. (2000). Controlling sprinkler irrigation runoff, erosion, and phosphorus loss with straw and polyacrylamide. Transactions of the ASAE, 43(6), 1545–1551.
8. Bogunovic, I., Fernández, M. P., Kisić, I., & Marimón, M. B. (2019). Agriculture and grazing environments. In *Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection*. Elsevier, 4, 23-70.
9. Bogunovic, I., Pereira, P., Kisić, I., Sajko, K., Sraka, M. (2017). Tillage management impacts on soil compaction, erosion and crop yield in Stagnosols (Croatia). *Catena*, 160, 376-384.
10. Bogunovic, I., Telak, L. J., & Pereira, P. (2020). Experimental Comparison of Runoff Generation and Initial Soil Erosion Between Vineyards and Croplands of Eastern Croatia: A Case Study. *Air, Soil and Water Research*, 13, 1178622120928323.
11. Bogunović, I., Kisić, I. (2017). Compaction of a clay loam soil in pannonian region of Croatia under different tillage systems. *Journal of agricultural science and technology*, 19(2), 475-486.
12. Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8(1), 1-13.
13. Brevik, E., Hartemink, A. (2010). Early soil knowledge and the birth and development of soil science. *Catena*, 83, 23-33.
14. Casanova, M., Tapia, E., Seguel, O., Salazar, O. (2016). Direct measurement and prediction of bulk density on alluvial soils of central Chile. *Chilean journal of agricultural research*, 76(1), 105-113.
15. Cerdan, O., Govers, G., Le Bissonnais, Y., Van Oost, K., Poesen, J., Saby, N., Gobin, A., Vacca, A., Quinton, J., Auerswald, K., Klik, A. Kwaad, F.J.P.M., Raclot, D., Ionita, I., Rejman, J., Rousseva, S., Muxart, T., Roxo, J., Dostal, T. (2010). Rates and spatial

- variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. *Geomorphology*, 122(1–2), 167-177.
16. Changere, A., Lal, R. (1997). Slope position and erosional effects on soil properties and corn production on a Miamain soil of central Ohio. *Journal of sustainable agriculture*, 11, 5-21.
  17. Chen, Z., Wang, L., Wei, A., Gao, J., Lu, Y., Zhou, J. (2019). Land-use change from arable lands to orchards reduced soil erosion and increased nutrient loss in a small catchment. *Science of The Total Environment*, 648, 1097-1104.
  18. Comino, J. R., Brings, C., Lassu T., Iserloh, J. M. (2015). Senciales Rainfall and human activity impacts on soil losses and rill erosion in vineyards (Ruwer Valley, Germany). *Solid Earth*, 6(3), 823-837.
  19. Fraser, A. I., Harrod, T. R., Haygarth, P. M., (1999). The effect of rainfall intensity on soil erosion and particulate phosphorus transfer from arable soils. *Water science and technology*, 39(12), 41-45.
  20. Graves, A. R., Morris, J., Deeks, L. K., Rickson, R. J., Kibblewhite, M. G., Harris, J. A., Truckle, I. (2015). The total costs of soil degradation in England and Wales. *Ecological Economics*, 119, 399–413.
  21. Grieve, I. C. (2001). Human impacts on soil properties and their implications for the sensitivity of soil systems in Scotland. *Catena*, 42(2–4), 361-374.
  22. Gyssels, G., Poesen, J. (2003). The importance of plant root characteristics in controlling concentrated flow erosion rates. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28, 371–84.
  23. Gyssels, G., Poesen, J., Bochet, E., Li, Y. (2005). Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. *Progress in Physical Geography*, 29(2), 189–217.
  24. Husnjak, S. (2000). Procjena rizika erozije tla vodom metodom kartiranja u Hrvatskoj. *Disertacija Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, 138.
  25. Husnjak, S., Bogunović, M. (2002). Opasnost od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu u agrotegijama Hrvatske. *Agronomski glasnik*, 64, 5-6.
  26. JRC - Joint Research Centre. European Commission. Dostupno na: [https://ec.europa.eu/knowledge4policy/organisation/jrc-joint-research-centre\\_en](https://ec.europa.eu/knowledge4policy/organisation/jrc-joint-research-centre_en), Pristup: 5.9.2020.
  27. Kemper, W. D., Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution. *Methods of Soil Analysis: Physical and Mineralogical Methods*, 5, 425-442.
  28. Kisić, I. (2016). Antropogena erozija tla, *Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*.
  29. Kisić, I., Bašić, F., Butorac, A., Mesić, M., Nestroy, O., Sabolić, M. (2005). Erozijska tla vodom pri različitim načinima obrade, *Priručnik. Agronomski fakultet*.
  30. Kisić, I., Bogunović, I., Zgorelec, Ž., Bilandžija, D. (2018). Effects of soil erosion by water under different tillage treatments on distribution of soil chemical parameters. *Soil and water research*, 13(1), 36.
  31. Lado, M., Paz-González, A., Ben-Hur, M. (2004). Organic Matter and Aggregate-Size Interactions in Saturated Hydraulic Conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, 68(1), 234-242.
  32. Meng, Q., Fu, B., Tang, X., Ren, H. (2007). Effects of land use on phosphorus loss in the hilly area of the Loess Plateau, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 139(1-3), 195.
  33. Moss, A. J. (1991). Rain impact on soil crusts: Formation on a granite-derived soil. *Australian Journal of Soil Resources*, 29, 271–280.



34. Nawas, M. F., Bourrie, G., Trolard, F. (2013). Soil compaction and modelling. A review. *Agron Sustain Dev*, 33, 291–309.
35. Panagos, P., Standardi, G., Borrelli, P., Lugato, E., Montanarella, L., Bosello, F. (2018). Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. *Land Degradation & Development*, 29(3), 471-484.
36. Pierzynski, G. M., Sims, J. T., Vance, G. F. (2005). *Soils and Environmental Quality*. Soils and environmental quality. CRC press.
37. Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Blair, R. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science, New Series*, 267(5201), 1117–1123.
38. Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R. (1995). Environmental and Economic Cost of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science*, 267(5201), 1117-1123.
39. Poesen, J., Torri, D. and Bunte, K. (1994). Effects of rock fragments on soil erosion by water at different spatial scales: a review. *Catena*, 23, 141-166.
40. Quansah, C. (1981). The effect of soil type, slope, rain intensity, and their interactions on splash detachment and transport. *European Journal of Soil Science*, 267(5201), 1117-1123.
41. Quinton, J., John, C. (2004). The effects of minimal tillage and contour cultivation on surface runoff, soil loss and crop yield in the long-term Woburn Erosion Reference Experiment on sandy soil at Woburn, England. *Soil Use and Management*, 20, 343 - 349.
42. Ritter, J. (2012). Soil erosion - Causes and effects. Factsheet. Ontario Ministry of Agriculture and Rural Affairs, 12, 572-751.
43. Rodrigo-Comino, J., Bogunovic, I., Hadis, M., Pereira, P., Cerdà, A., Ruiz-Sinoga, J., Ries, J. (2017). The Impact of Vineyard Abandonment on Soil Properties and Hydrological Processes. *Vadose Zone Journal*, 16(12), 1-7.
44. Ruiz-Colmenero, M., Bienes, R., Eldridge, D .J., Marques, M .J. (2013). Vegetation cover reduces erosion and enhances soil organic carbon in a vineyard in the central Spain. *Catena*, 104, 153–160.
45. Sartori, M., Philippidis, G., Ferrari, E., Borrelli, P., Lugato, E., Montanarella, L., Panagos, P. (2019). A linkage between the biophysical and the economic: Assessing the global market impacts of soil erosion. *Land Use Policy*, 86, 299-312.
46. Seutloali, K., Beckedahl, H. (2015). Understanding the factors influencing rill erosion on roadcuts in the south eastern region of South Africa. *Solid Earth*, 6, 633-641.
47. Sharpley, A. (1995). Identifying Sites Vulnerable to Phosphorus Loss in Agricultural Runoff. *Journal of Environment Quality*, 24(5), 947.
48. Sharpley, A. N., Smith, S. J., Williams, J. R. (1988). Nonpoint Source Pollution Impacts of Agricultural Land Use, *Lake and Reservoir Management*, 4(1), 41-49.
49. Škorić, A., Filipovski, G., Čirić, M. (1985). Classification of Yugoslav soils. Academy of Sciences and Arts of Bosnia and Hercegovina, Sarajevo, 78.
50. Špoljar, A. (2016). Procesi degradacije tla (Odabrano poglavlje iz predmeta Konzervacijska poljoprivreda), Visoko gospodarsko učilište u Križevcima.

51. Tisdall, J. M., Cockroft, B., Uren, N.C. (1978). The stability of soil aggregates as affected by organic materials, microbial activity and physical disruption. *Australian Journal of Soil Research*, 16, 9– 17.
52. Tisdall, J. M., Oades, J. M. (1982). Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33, 141-163.
53. Traore, O., Groleau-Renaud, V., Plantureux, S., Tubeileh, A., Bêuf Trembla, V. (2000). Effect of root mucilage and modeled root exudates on soil structure. *European Journal of Soil Science*, 51, 575–581.
54. Vadas, P. A., Busch, D. L., Powell, J. M., Brink, G. E. (2015). Monitoring runoff from cattle-grazed pastures for a phosphorus loss quantification tool. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 199, 124.
55. Verity, G. E., Anderson, D. W. (1990). Soil erosion effects on soil quality and yield. *Can. J. Soil Science*, 70, 471-484.
56. Walkley, A .J., Black, I. A. (1934). Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-38.
57. World Reference Base for Soil Resources. Dostupno na <http://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf> Pristup: 5.9.2020.

## 10 Popis slika, tablica i grafikona

Slika 1: Erozija tla u Svijetu .....	2
Slika 2: Karta potencijalnog i stvarnog rizika od erozije tla vodom .....	3
Slika 3: Shematski prikaz iskorištenja tla prema nagibu terena: Mjere zaštite tla od erozijskih procesa .....	4
Slika 4: Utjecaj vegetacije na smanjenje erozije 0. ....	7
Slika 5 (Lijevo): Lokacija istraživanja (Orahovica).....	12
Slika 6 (Desno): UGT Rainmaker Rainfall Simulator .....	12
Slika 7: Utjecaj načina upravljanja tlom na svojstva tla A ) nagib, B) volumna gustoća, C) kapacitet tla za vodu, D) trenutna vlaga tla, E) srednja vrijednost strukturnih agregata. Različita mala slova predstavljaju signifikantnu razliku između tretmana na razini $p < 0.05$ . 14	14
Slika 8: Utjecaj načina upravljanja tlom na svojstva tla A) postotak stabilnih agregata, B) organska tvar, C) pH, D ) $P_2O_5$ u tlu. Različita mala slova predstavljaju signifikantnu razliku između tretmana na razini $p < 0.05$ . ....	15
Slika 9: Utjecaj načina tla na svojstva površinskog otjecanja A) vrijeme do stvaranja lokvi, B) vrijeme do otjecanja, C) infiltracija, D) površinsko otjecanje, E) koncentracija sedimenta. Različita mala slova predstavljaju signifikantnu razliku između tretmana na razini $p < 0.05$ . 16	16
Slika 10: Utjecaj načina tla na svojstva površinskog otjecanja A) gubitak sedimenta, B) koncentracija $P_2O_5$ u sedimentu, C) gubitak $P_2O_5$ . Različita mala slova predstavljaju signifikantnu razliku između tretmana na razini $p < 0.05$ . ....	17
Slika 11: Korelacija između istraživanih čimbenika .....	18
Tablica 1: Površine u RH prema načinu korištenja zemljišta. ....	5
Tablica 2: Istraživanja provedena na temu gubitka fosfora erozijom .....	9
Tablica 3: Svojstva istraživanog tla, prosjek, ekstremi, standardna devijacija, koeficijent varijacije.....	11

## **Životopis**

Tea Čvorišćec je rođena 27. siječnja 1996. godine u Zagrebu. Završava Osnovnu školu Posavski Bregi te opću gimnaziju „Ivan Švear“ u Ivanić Gradu. Preddiplomski stručni studij sanitarnog inženjerstva upisuje 2014. godine na Zdravstvenom veleučilištu u Zagrebu, a 2017. godine stječe titulu *Baccalaureus* sanitarnog inženjerstva. Iste godine upisuje Specijalistički diplomski studij sanitarnog inženjerstva na Zdravstvenom veleučilištu u Zagrebu i diplomski sveučilišni studij Agroekologija – usmjerenje Agroekologija na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Godine 2020. završava Specijalistički diplomski studij na Zdravstvenom veleučilištu i dobiva titulu diplomirani sanitarni inženjer.