

Utjecaj fizikalno-kemijskih svojstava na retenciju vode u tlu

Rastija, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:239658>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-25**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEKU

Ivan Rastija

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

Utjecaj fizikalno-kemijskih svojstava na retenciju vode u tlu

Završni rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEKU

Ivan Rastija

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

Utjecaj fizikalno-kemijskih svojstava na retenciju vode u tlu

Završni rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEKU

Ivan Rastija

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

Utjecaj fizikalno-kemijskih svojstava na retenciju vode u tlu

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. doc.dr.sc. Vladimir Zebec, mentor
2. doc.dr.sc. Monika Marković, član
3. doc.dr.sc. Vladimir Ivezić, član

Osijek, 2019.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Bilinogojstvo

Završni rad

Ivan Rastija

Utjecaj fizikalno-kemijskih svojstava na retenciju vode u tlu

Sažetak:

Zbog evidentnih klimatskih promjena koje uključuju nepravilnu distribuciju oborina i povećanje temperatura, neophodna hidrotehnička mjera u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji je navodnjavanje. Ključne hidropedološke konstante za određivanje obroka navodnjavanja i potrebne količine vode u tlu su poljski vodni kapacitet, lentokapilarna vlažnost i točka venuća. Stoga je i cilj ovog završnog rada utvrditi utjecaj fizikalno-kemijskih svojstava na retenciju vode u tlu, odnosno izraditi regresijske modele za retenciju vode u tlu. Za potrebe ovoga rada korišteni je 180 oraničnih uzoraka s područja Republike Hrvatske s 8 različitih tipova tala. Na osnovu ulaznih fizikalnih i kemijskih značajki tla koje se koriste za monitoring poljoprivrenog zemljišta izrađeni su regresijski modeli na 4 razine. Povećanjem broja ulaznih varijabli povećava se i preciznost modela na što ukazuje relativno odstupanje od izračunatih i izmjerenih vrijednosti vodnih konstanti tla. Najmanja korelacija utvrđena je u modelu koji uključuje samo jedan ulazni parametar, za poljski vodni kapacitet je iznosila $R^2=0,6586$, za lentokapilarnu vlažnost $R^2=0,6437$, a za točku venuća $R^2=0,6544$.

Ključne riječi: kemijska i fizikalna svojstva tla, regresijski modeli, korelacija, retencija vode

36 stranice, 3 slike, 26 literaturna navoda, 23 grafikona, 4 tablice

Završni rad je pohranjen u: Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Plant production

BSc thesis

Ivan Rastija

The effect of soil physical and chemical properties on water retention in soil

Summary:

Due to the evident climate change, which includes irregular rainfall distribution and rising temperatures, irrigation is a necessary hydrotechnical measure in intensive agricultural production. The key hydrological constants for determining irrigation rations and the required amount of soil water are field water capacity, lentocapillary humidity, and wilting point. Therefore, the aim of this final paper is to determine the influence of physicochemical properties on soil water retention, ie to create regression models for soil water retention. For the purpose of this paper, 180 soil samples from the territory of the Republic of Croatia with 8 different types of soil were used. Based on the input physical and chemical characteristics of the soil used for monitoring agricultural land, regression models were developed at 4 levels. Increasing the number of input variables also increases the accuracy of the model, as indicated by the relative deviation from the calculated and measured values of soil water constants. The smallest correlation was found in a model that included only one input parameter, for field water capacity it was $R^2 = 0,6586$, for lentocapillary humidity $R^2 = 0.6437$, and for wilting point $R^2 = 0.6544$.

Key words: soil physical and chemical properties, regression models, correlation, soil water retention

36 pages, 3 figures, 26 references, 23 charts, 4 tables

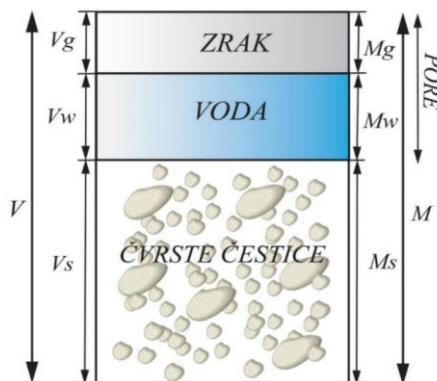
BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Cilj istraživanja	4
2. MATERIJALI I METODE	5
2.1. Terenska istraživanja.....	6
2.1.1. Ektomorfološka svojstva	6
2.1.2. Endomorfološka svojstva	6
2.2. Laboratorijska istraživanja	7
2.2.1. Osnovne kemijske analize uzoraka tla	7
2.2.2. Fizikalna svojstva tla.....	8
2.3. Statistička obrada podataka	10
2.4. Kompjutorski modeli.....	10
3. REZULTATI I RASPRAVA	11
3.1. Kemijska svojstva tla	11
3.2. Fizikalna svojstva tla.....	14
3.3. Kompjutorski modeli proračuna vodnih konstanti tla	22
3.4. Korelacije između izmjerenih i proračunatih vrijednosti	24
4. ZAKLJUČAK.....	29
5. POPIS LITERATURE.....	30

1. UVOD

Tlo je rastresiti sloj zemljine kore sastavljeno od krute, tekuće i plinovite faze (slika 1.), različito je od litološke podloge prema morfološkim, kemijskim, fizičkim i biološkim značajkama te je određeno dubinom dosega procesa pedogeneze (Škorić, 1986.). Vlažnost tla (w) definira se kao odnos mase vode i mase suhog tla. Obično se iskazuje u postocima $w = \text{masa vode}/\text{masa suhog tla}$ odnosno $w = M_w / M_d \cdot 100$ (%).



Slika 1. Trodjelni sastav tla

(<https://repozitorij.gfv.unizg.hr/islandora/object/gfv%3A333/datastream/PDF/view>)

Navodnjavanje predstavlja jednu od najstarijih mjera u poljoprivrednoj proizvodnji, kojom se nadomješta nedostatak vode u tlu umjetnim putem te tako omogućuju optimalne količine vode za rast i razvoj biljaka. U područjima aridne klime, navodnjavanje je neophodna mjera za uspješnu poljoprivrednu proizvodnju. U područjima s dovoljnom količinom padalina, ali njihovom nepovoljnom raspodjelom tijekom vegetacije, potrebno je uvesti navodnjavanje kao dopunsku mjeru. Mjera navodnjavanja najbolje dolazi do izražaja na uređenim poljoprivrednim površinama na kojima postoji uređen sustav odvodnje suvišne vode koji je posljedica prekomjerne količine padalina i njihovog nepovoljnog rasporeda.

Voda se u tlu nalazi vezana različitim silama koje korijenski sustav kod usvajanja mora savladati pa se voda u tlu dijeli na dvije klase - pristupačnu i nepristupačnu. Sama količina vode u tlu najviše ovisi o teksturi i sadržaju organske tvari. Tla finije strukture zbog veće površine čestica i mnoštvu kapilarnih pora, mogu zadržati puno više vode u odnosu na tla grube strukture (Madjar i Šoštarić, 2009.).

Da bi se pobliže razumjela korelacija između tla i vode u tlu, potrebno je poznavati hidropedološke konstante koje označavaju ravnotežna stanja između tla i vode u tlu u određenom trenutku, te su bitne radi boljeg reguliranja sadržaja vode u tlu. Tu se razlikuje maksimalni kapacitet tla za vodu (MK_v), retencijski kapacitet tla za vodu (K_v), poljski kapacitet tla za vodu (PK_v), lentokapilarna vlažnost tla (LK_v) te točka venuća (T_v).

Sadržaj vode koji ostaje u tlu 24 do 48 sati nakon obilnih kiša, navodnjavanja ili plavljenja naziva se poljski vodni kapacitet (kratica PVK, sinonim: retencijski kapacitet tla za vodu). Naziv „poljski“ uveden je zbog toga jer se vodni kapacitet određuje u uvjetima u polju („in situ“). Poljski vodni kapacitet je visoko stanje vlažnosti tla i vrlo pogodno za uzgoj većine ratarskih, povrćarskih, voćarskih i drugih kultura. U prirodnim uvjetima otvorenog polja ovo povoljno stanje vlažnosti tla traje kraće vrijeme jer se tlo suši. Vremenski dulje održavanje vlažnosti tla oko poljskog vodnog kapaciteta moguće je putem sustava za navodnjavanje, a posebno u zatvorenim proizvodnim prostorima (staklenicama i plastenicima). Vrijednosti poljskog vodnog kapaciteta ovise o svojstvima tla, naročito mehaničkog sastava tla. Kod većine naših lakših tala (pjeskovita tla) PVK iznosi 10 % do 20 %, za srednje teška tla (ilovasta tla) 20 % do 30 %, a za teška (glinasta tla) od 30 % do 40 % i više volumnog udjela. Sadržaj vode u tlu kod poljskog vodnog kapaciteta je velik, a sile s kojima se voda drži u tlu (u porama) su male i zato je voda vrlo pristupačna biljkama koje žive „luksuzno“ i u obilju lakopristupačne vode. Sile držanja vode u tlu su male i kreću se od 0,1 bara do 0,3 bara (Madjar i Šoštarić, 2009.).

Sadržaj vode u tlu kod kojega dolazi do usporavanja gibanja vode u kapilarama, te počinje otežana opskrba biljaka s vodom, naziva se lentokapilarna vlažnost tla (kratica LK_v). Ona čini granicu između vezane i slobodne vode i približno iznosi kod većine tala oko 60 % do 70 % vrijednosti poljskog vodnog kapaciteta tla. Lentokapilarna vlažnost je stanje vlažnosti kada biljka počinje trpjeti („žeđati“) zbog nedostatka pristupačnih oblika vode. Biljke doživljavaju početni vodni stres, koji se negativno odražava na njihov urod i kvalitetu ploda. Sadržaj vode u tlu kod lentokapilarne vlažnosti je mali i oskudan, a sile s kojima se voda drži u tlu su povećane i zato je voda teže pristupačna korijenju kulturnih biljaka. Voda se u tlu drži silama između 6 bara i 7 bara (Madjar i Šoštarić, 2009.).

Pravilna procjena količine vode koja se nadomješta ključni je postupak u navodnjavanju, kako ističe Martin (2006.). Često se navodnjava do trenutka u kojem usjevi dostignu naizgled

zadovoljavajuće stanje. Ovakav pristup dovodi do premale ili prevelike količine vode koja se usjevu stavlja na raspolaganje. Također, ovakav pristup izaziva smanjenje prinosa, a prevelika količina dodane vode pospješuje gubitak hraniva iz zone korijena ispiranjem u dublje slojeve tla ili podzemne vode.

Sadržaj vode u tlu pri kojem kulturne biljke nepovratno venu i ugibaju naziva se vlažnost venjenja biljaka (kratica VV, sinonim: točka venuća biljaka). To su prilike kada korijenje u tlu nema na raspolaganju dovoljno vode za održavanje fizioloških procesa. Vode je malo, a ona se drži velikim silama u finim porama ili oko čestica tla - silama koje su iznad 15 bara (1,5 MPa). Kod vlažnosti venjenja u tlu ostaje određena količina vode koja zavisi o vrsti tla i njegovoj strukturi. U pjeskovitim tlima taj sadržaj vode iznosi 3 do 4 % kod srednje teških tala 7 do 8 %, a kod teških, glinastih tala od 13 do 17 % volumnog udjela (Madjar i Šoštarić, 2009.).

Vodni potencijal jest kemijski potencijal vode. Kemijski potencijal je relativna veličina, a predstavlja razliku između potencijala tvari u određenim uvjetima i potencijala vode u standardnim uvjetima. On opisuje slobodnu energiju po jedinici volumena vode u otopini u odnosu na standardno stanje vode. Vodni potencijal može se izraziti kao suma tri najvažnija potencijala: osmotskoga, hidrostatskoga i gravitacijskoga (izraženo u Pa) (Ondrašek, 2015.).

Gravitacijski potencijal u tlu uzrokuje kretanje vode prema dolje ako joj se ne suprotstavi sila jednake jačine. Gravitacijski potencijal jest mjera promjene visine u odnosu na referentnu vrijednost (razina mora, odnosno 0 MPa). Utjecaj gravitacije na vodni potencijal tla najizraženiji je nakon oborina, a s vremenom slabi (Ondrašek, 2015.).

Osmotski potencijal jest utjecaj koncentracije otopljenih tvari na vodni potencijal. Osmotski potencijal mjera je promjene koncentracije u odnosu na referentnu vrijednost (koncentracije otopljenih tvari u čistoj vodi, tj. 0 MPa) (Ondrašek, 2015.).

Hidrostatski potencijal predstavlja učinak hidrostatskoga tlaka te može imati pozitivan ili negativan učinak na vodni potencijal. Pozitivan hidrostatski tlak nastaje u površinskom sloju nakon oborina ili ulaskom vode u stanicu i pritiskom staničnoga sadržaja na staničnu stijenu. Negativna vrijednost hidrostatskoga potencijala javlja se primjerice isparavanjem vode iz lista i tada se naziva tenzija, a to je sila koja omogućuje kretanje vode ksilemom iz korijena prema listovima (Ondrašek, 2015.).

Primjerice, u trenutku potpune saturacije tla vodom (sve mikro/makro pore tla ispunjene su vodom) hidrostatski tlak je 0 MPa. Tijekom vremena, voda se iz mikropora zbog gravitacije procjeđuje u dublje slojeve i isparava iz tla u atmosferu, a granični sloj između zraka i vode postaje sve zakrivljeniji, tj. privlačne sile između čestica tla i vode rastu uz sve negativniji hidrostatski potencijal. Primjerice, u teksturno srednje teškim tlima (ilovače), kad je hidrostatski (vodni) potencijal tla oko 0,033 MPa, sadržaj vode u tlu jednak je poljskom kapacitetu (PKV). S daljnim smanjenjem sadržaja vode u tlu smanjuje se hidrostatski potencijal i pri 0,625 MPa nastupa lentokapilarna vlažnost tla, a pri 1,5 MPa točka venuća (većina poljoprivrednih kultura počinje venuti) (Ondrašek, 2015.).

S obzirom na sve intenzivniju primjenu navodnjavanja posljednjih nekoliko godina u Hrvatskoj, Husnjak (2014.) ističe potrebu za poznavanjem vrijednosti točke venuća i lentokapilarne vlažnosti. Autor navodi da takvih podataka nema (odnosno trebalo bi ih odrediti u laboratoriju, a što iziskuje velike troškove i vrijeme), a da s druge strane postoje podaci o mehaničkom sastavu i sadržaju humusa, u slučaju pozitivne korelacije između tih svojstava i retencije vlage kod 1,5 MPa i 0,625 MPa, postojeći podaci bi se mogli koristiti u procjeni navedenih vodnih konstanti kod projektiranja navodnjavanja. Pretpostavlja se da se s povećanjem, odnosno smanjenjem sadržaja humusa i gline u tlu, povećava, odnosno smanjuje i retencija vlage. Rezultati njegovog istraživanja pokazuju nepostojanje korelacije između sadržaja organske tvari tla i retencije vlage u tlu pri 6,25 i 15 bara, a kao razlog autor navodi niski sadržaj humusa i izrazita kiselost istraživanih uzoraka tla, što ima za posljedicu lošu stabilnost strukturnih agregata koja se direktno odražava na retenciju vlage u tlu. Husnjak (2014.) nadalje navodi da sepovećanjem sadržaja gline povećava se i retencija vlage.

1.1. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja je utvrditi utjecaj fizikalno-kemijskih svojstava na retenciju vode u tlu odnosno izraditi regresijske modele za retenciju vode u tlu, odnosno za točku venuća (15 bara), lentokapilarnu vlažnost (6,25 bara) te za retencijski kapacitet tla za vodu (0,33 bara).

2. MATERIJALI I METODE

Na istraživanom području uzorkovan je oranični sloj tla do dubine od 30 cm, uz utvrđivanje pedogenskih horizonata pomoću sondažnog izvatka tla za svaki pojedinačni uzorak. Sondiranje tla obavljeno je Edelmanovim svrdlom do dubine matičnoga supstrata ili do razine podzemne vode. Sukcesivnim slaganjem sondažnih izvadaka tla uočen je broj i redoslijed genetskih horizonata, koji služe za determinaciju tipa tla na određenom lokalitetu. Svaki pojedini sondažni izvadak tla detaljno je opisan u pripremljeni obrazac (JDPZ, 1967.) tako da je svakom izvatku tla pridružen određeni broj, upisane su točne koordinate te datum sondiranja. Zatim su detaljno opisana ekto i endomorfološka svojstva tla (JDPZ, 1967.) za pripadajuću lokaciju odnosno uzorak tla.

Uzorkovano je tlo s ukupno 180 lokaliteta na kojima su uzeti uzorci iz oraničnog horizonta. Broj uzoraka ovisno o tipu tla prikazan je u tablici 1.

Tablica 1. Broj uzoraka tla ovisno o pedosistematskoj jedinici

Odjel	Klasa	Tip	Podtip/Varijetet	Broj uzoraka	
Automorfna	Eluvijalno -iluvijalna	Lesivirano	-	56	
Hidromorfna	Pseudoglejna	Pseudoglej	-	6	
	Nerazvijena	Aluvij	-	23	
	Semiglejna tla	Fluvijalno livadsko tlo	-	8	
	Glejna	Pseudoglej glej	-	14	
		Ritska crnica	-	6	
		Močvarno glejna	Hipoglej		47
			Amfiglej		20
Ukupno:				180	

Kontrolno kružno uzorkovanje (Lončarić i sur., 2014.) koristilo se za pripremu prosječnoga uzorka s odabranih površina. Svaki prosječni uzorak tla težio je 4 do 5 kg i sačinjen je od dobro izmiješanih pojedinačnih uzoraka ravnomjerno uzetih s proizvodne površine Edelmanovim svrdlom do dubine 30 cm.

2.1. Terenska istraživanja

2.1.1. Ektomorfološka svojstva

Ektomorfološka ili vanjska svojstva tla su reljef, živi i mrtvi pokrov. Reljef svojim formama (isponi, udubine, ravnice), te njihovim horizontalnim i vertikalnim dimenzijama djeluje kako u prošlosti tako i u sadašnjosti, na intenzitet navlaživanja, ispiranja unutar tla i sl. Živi pokrov čini vegetacija koja obrasta tla. Ona može biti rezultat čovjekove djelatnosti kao što su biljke na oranicama, voćnjaci, vinogradi, vrtovi, umjetni travnjaci i sl. Prirodni živi pokrov sačinjavaju livade, makije, šume. Ukoliko su poznata ekološka svojstva pojedinih vrsta i naročito biljnih zajednica, vegetacija nam može pružiti vrijedne informacije o svojstvima tala. Mrtvi pokrivač koji može biti ektomorfološki znak tla, čine uglavnom šljunkoviti odnosno kameni skelet, mrtva organska tvar na površini te tekuće i stajće vode na pedosferi. Ektomorfološka svojstva se utvrđuju radom terenskih ekipa, a upoznaju se iz geomorfoloških, vegetacijskih i geoloških karata, fotografija i skica (Škorić, 1991.).

2.1.2. Endomorfološka svojstva

U endomorfološka svojstva ubrajamo sklop profila tla, boja, tekstura, struktura, sadržaj karbonata u tlu te pedodinamske novotvorevine. Profil je vertikalni presjek tla koji pokazuje sukcesiju horizonata od površine do matičnog supstrata. Sklop tla čine horizonti, njihov broj, slijed, debljina, izraženost i prijelaz jednog u drugi. Dubina upućuje na prostor kojim se biljke koriste kao sidrištem u kojem se učvršćuju svojom rizosferom i kao veću ili manju masu tla koju proraštaju i u kojoj se nalaze uskladištene edafske vegetacijske faktore. Isto tako dubinom se označuje i suma svih debljina pedogenetskih horizonata, ali i dubina do koje čovjek intervenira. Zbog toga se može uvjetno razlikovati: pedološka, ekološka i tehnička dubina. Pedološka dubina je suma svih debljina horizonata soluma. Ekološka dubina je dubina rastresitog sloja koji značajnije naseljavaju organizmi. Tu se u biljnoj proizvodnji podrazumijeva dubina zakorjenjavanja, dakle rizosfera. Tehnička dubina je debljina horizonata i/ili slojeva do koje se tlo tretira za različite specifične namjene (Škorić, 1991.).

2.2. Laboratorijska istraživanja

2.2.1. Osnovne kemijske analize uzoraka tla

Za određivanje pH reakcije tla na tehničkoj vagi odvaži se 10 grama tla koje se prenosi u čašu od 100 ml. Uzorci se zatim preliju s 25 ml destilirane vode, odnosno 1 M KCl ili 0,01 M CaCl₂, te dobro promiješaju staklenim štapićem. Nakon 30 minuta vrši se mjerenje pH vrijednosti (tablica 2.) u suspenziji tla (1:5 w/v), pH-metrom koji je propisno kalibriran standardnim pufernim otopinama poznate pH vrijednosti. (Vukadinović i Bertić, 1988.)

Tablica 2. Granične vrijednosti supstitucijske kiselosti u tlu

Interpretacija	Rezultat
jako kisela	< 4,5
kisela	4,5–5,5
slabo kisela	5,5–6,5
neutralna	6,5–7,2
alkalna	> 7,2

(Škorić, 1982.)

Sadržaj humusa u tlu određen je bikromatnom metodom (*HRN ISO14235:1994.*) koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari tla kalijevim bikromatom. Koncentracija organskog ugljika u uzorcima određena je spektrofotometrijski na spektrofotometru Varian Cary 50, a zatim je preračunata na sadržaj humusa koeficijentom 1,724. Za interpretaciju rezultata sadržaja organske tvari korištene su granične vrijednosti prikazane u tablici 3.

Tablica 3. Granične vrijednosti sadržaja organske tvari u tlu

Interpretacija	Rezultat (%)
vrlo slabo humozno	< 1
slabo humozno	1–3
dosta humozno	3–5
jako humozno	5–10
vrlo jako humozno	> 10

(Škorić, 1982.)

2.2.2. Fizikalna svojstva tla

Kvantitativni odnos pojedinih mehaničkih elemenata predstavlja teksturu odnosno granulometrijski ili mehanički sastav tla. Granulometrijskom analizom tla izdvajamo pojedine skupine (frakcije) mehaničkih elemenata. U istraživanju je primijenjena ISO metoda, koja se zasniva dijelom na principu prosijavanja, a dijelom na principu sedimentacije u mirnoj vodi. Odvagano je 10 g zrakosuhog tla u plastičnu bocu od 500 ml i preliveno s 25 ml 0,4 n otopine $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$, promućkano i ostavljeno da stoji preko noći. Sljedeći dan dodano je 250 ml vode i mućkano 6 sati na rotacijskoj mućkalici. Nakon toga se pristupilo određivanju pojedinih frakcija. Suspenzija tla je nakon mućkanja kvantitativno prenešena u cilindar za sedimentaciju preko garniture sita s otvorima promjera 0,2 i 0,05 mm. Na sitima su ostale dobro isprane čestice pijeska, koje su zatim sa sita prenesene u porculansku zdjelicu, otparene su na vodenoj kupelji, osušene u električnom sušioniku na 105 °C do konstantne mase i odvagane. Postotni udio čestica pijeska izračunavao se prema izrazu:

$$\% \text{ krupnog pijeska (KP)} = \text{masa ostatka na situ (g)} / \text{masa aps. suhog tla (g)} \times 100$$

$$\% \text{ sitnog pijeska (SP)} = \text{masa ostatka na situ (g)} / \text{masa aps. suhog tla (g)} \times 100$$

Kada je suspenzija tla prenesena preko sita u cilindar za sedimentaciju, ostatak do 1000 ml dopunjen je destiliranom vodom. Zatim je cilindar zatvoren čepom i mućkan 1 minutu uvijek u istom smjeru, kako bi se postigla potpuna homogenizacija suspenzije, tako da se u svakih 10 ml suspenzije nalazi 1/100 uzorka odnosno 0,1 g. Potom je cilindar ostavljen da miruje uz skidanje čepa. Po isteku vremena od 4 minute i 44 sekunde pipetom je s dubine od 10 cm odpipetirano 10 ml suspenzije. Suspenzija iz pipete prenesena je u porculanski lončić, otparena na vodenoj kupelji, osušena u električnom sušioniku, ohlađena i odvagana. Frakcija praha i gline izračunata je prema izrazu:

$$\% \text{ praha i gline (Pr+G)} = (a - 0,0068) / 0,1 \times 100$$

gdje je a masa čestica (g) u 10 ml suspenzije, a 0,0068g = masa $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$ u 10 ml suspenzije.

Cilindar sa suspenzijom ostavljen je da miruje te se zatim se nakon 8 sati s dubine 10 cm (odnosno 4 sata s dubine 5 cm) pipetiralo 10 ml suspenzije koja je također otparena, osušena, ohlađena, odvagana te je izračunat sadržaj čestica gline prema izrazu:

$$\% \text{ gline (G)} = (a - 0,0068) / 0,1 \times 100$$

gdje je a masa čestica (g) u 10 ml suspenzije, $0,0068g = \text{masa Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$ u 10 ml suspenzije.

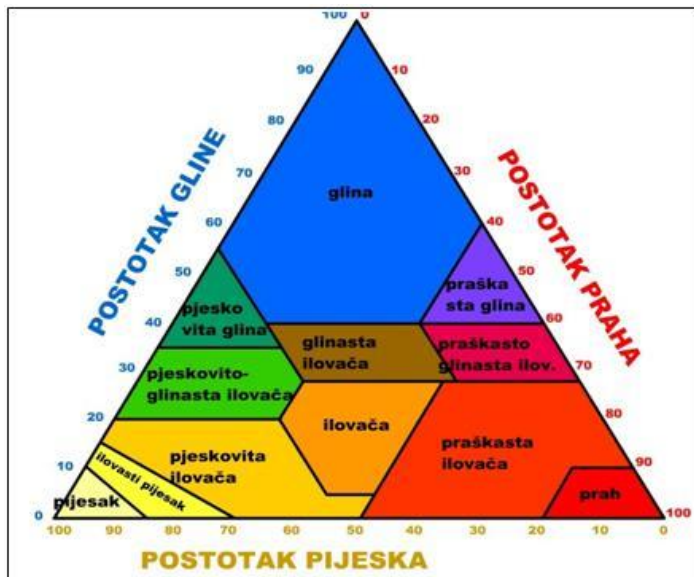
Fracija sitnog praha određena je tako da se od sadržaja (postotka) čestica gline i praha oduzeo sadržaj (postotak) čestica gline prema izrazu:

$$\% \text{ sitnog praha (SPr)} = \% \text{ praha i gline} - \% \text{ gline}$$

Udio čestica krupnog praha izračunat je tako da se od 100 % oduzme zbroj udjela ostalih čestica prema izrazu:

$$\% \text{ krupnog praha (KPr)} = 100 \% - (\% \text{ krupnog pijeska} + \% \text{ sitnog pijeska} + \% \text{ praha} + \% \text{ gline}).$$

Interpretacija kvantitativnog udjela mehaničkih elemenata obavljena je na temelju američke klasifikacije teksture prema teksturnom trokutu (Soil Survey Staff, 1951.) prikazanom na slici 2.



Slika 2. Teksturni trokut ((Soil Survey Staff, 1951.), prilagodio:autor)

Retencija vlage u tlu za vodne konstante određena je na tlačnoj membrani Richardsovom metodom (Richards, 1982).

2.3. Statistička obrada podataka

Rezultati analiza uzoraka tla statistički su obrađeni računalnim aplikacijama SAS for Windows (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), Excel i Minitab za utvrđivanje analize varijance, korelacija i multiregresijskih ovisnosti.

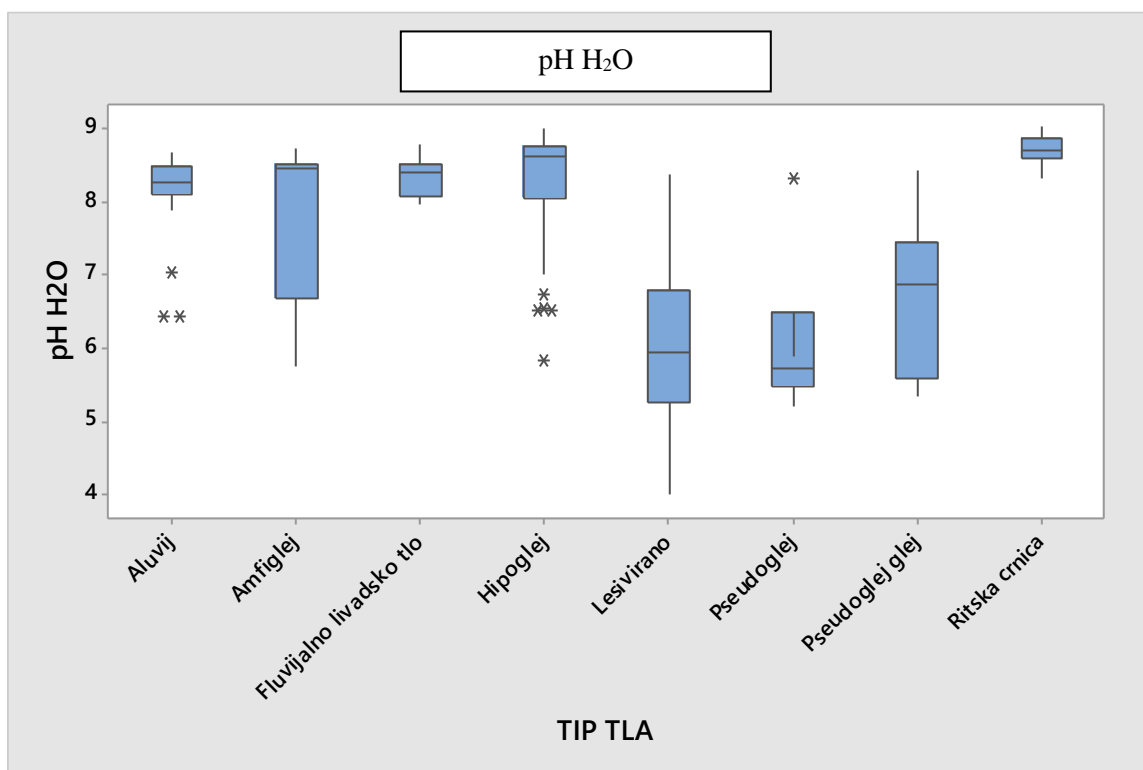
2.4. Kompjutorski modeli

Prikupljanjem dovoljnog broja podataka kreirani su kompjutorski (regresijski) modeli za utvrđivanje retencije vode u tlu pri 0,33, 6,25 i 15 bara.

3. REZULTATI I RASPRAVA

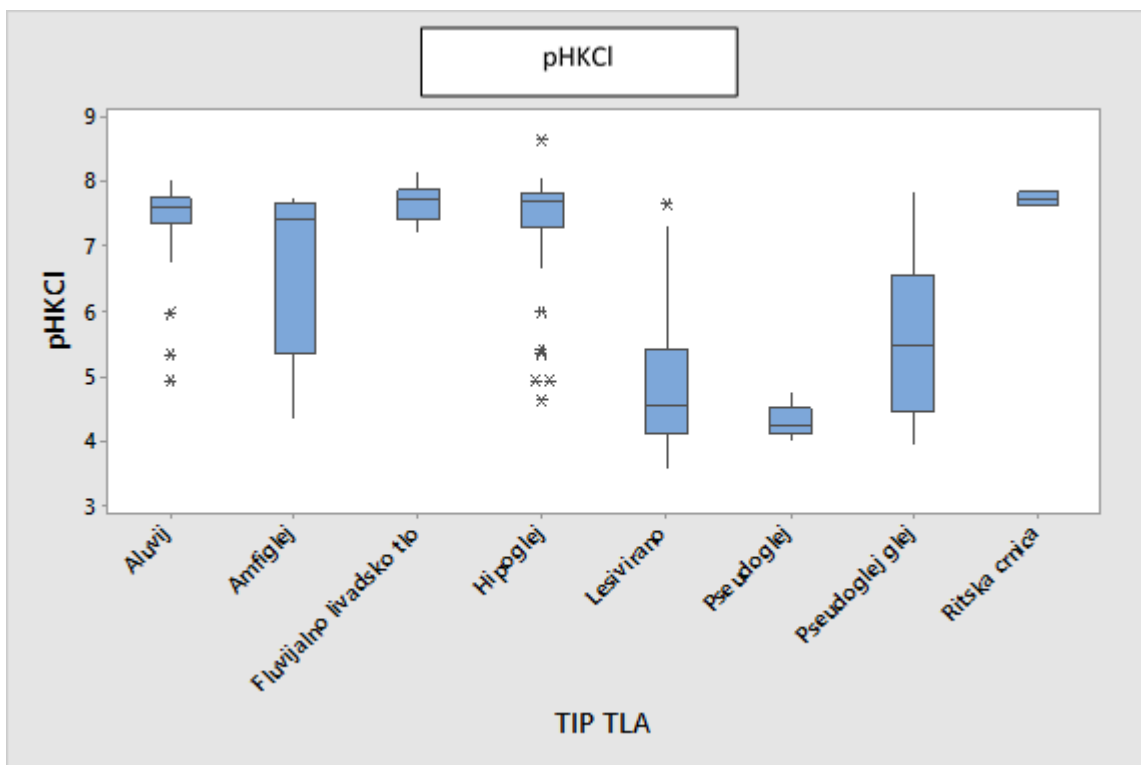
3.1. Kemijska svojstva tla

Od kemijskih svojstava tla korišteni su podaci 180 uzoraka za aktivni aciditet, supstitucijski aciditet i sadržaj humusa.



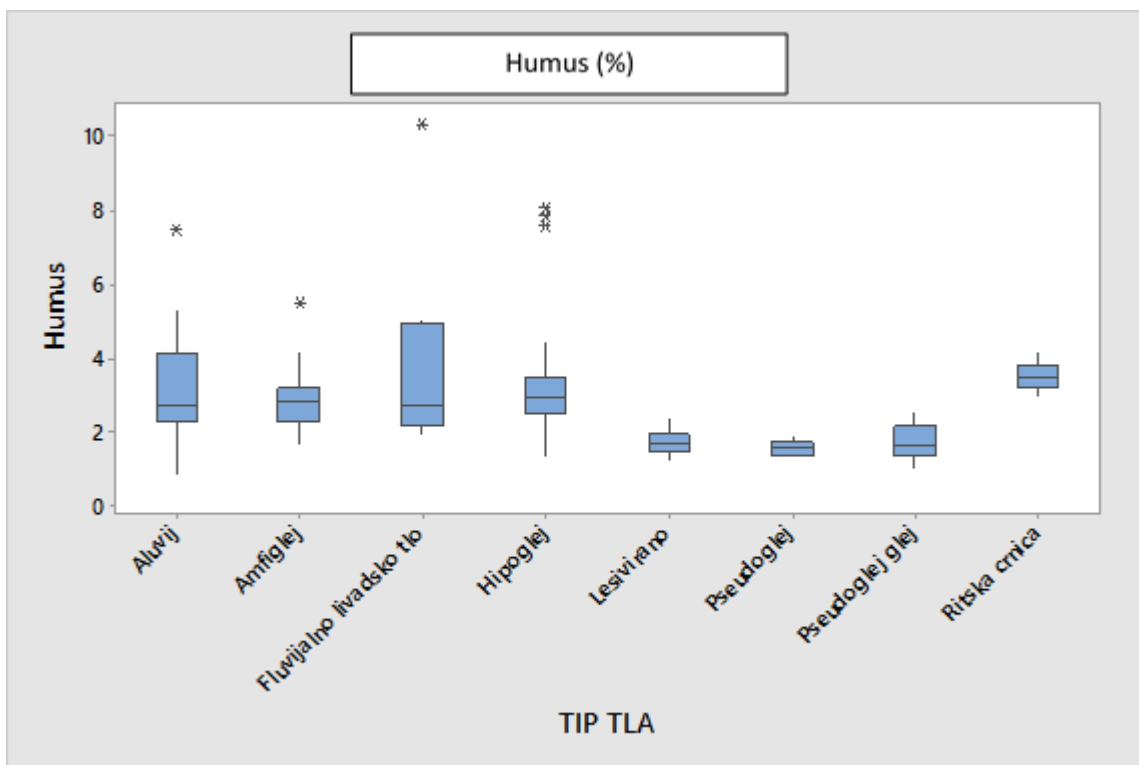
Grafikon 1. Aktivni aciditet

Aktivni aciditet bio je u rasponu od 3.99 kod lesiviranog tla do 8,99 kod hipogleja. Najveća prosječna vrijednost utvrđena je kod ritske crnice (8,70), a najmanja je utvrđena kod lesiviranog tipa tla (5,99). Općenito, više vrijednosti utvrđene su kod aluvija, fluvijalno livadskog, močvarno glejno hipoglejnog i kod ritske crnice, a manje vrijednosti kod lesiviranog, pseudogleja i pseudogleja gleja. Mesić i sur. (2009.) ističu kako kisela tla u Panonskoj podregiji zauzimaju 660.617 ha što predstavlja čak 79,5 % u odnosu na ukupnu površinu kiselih tala u Hrvatskoj. Od ukupne površine kiselih tala u panonskoj regiji autori posebno izdvajaju dva tipa tla - pseudoglej koji zauzima 42 % i lesivirano tlo koje zauzima 40 % površina.



Grafikon 2. Supstitucijski aciditet

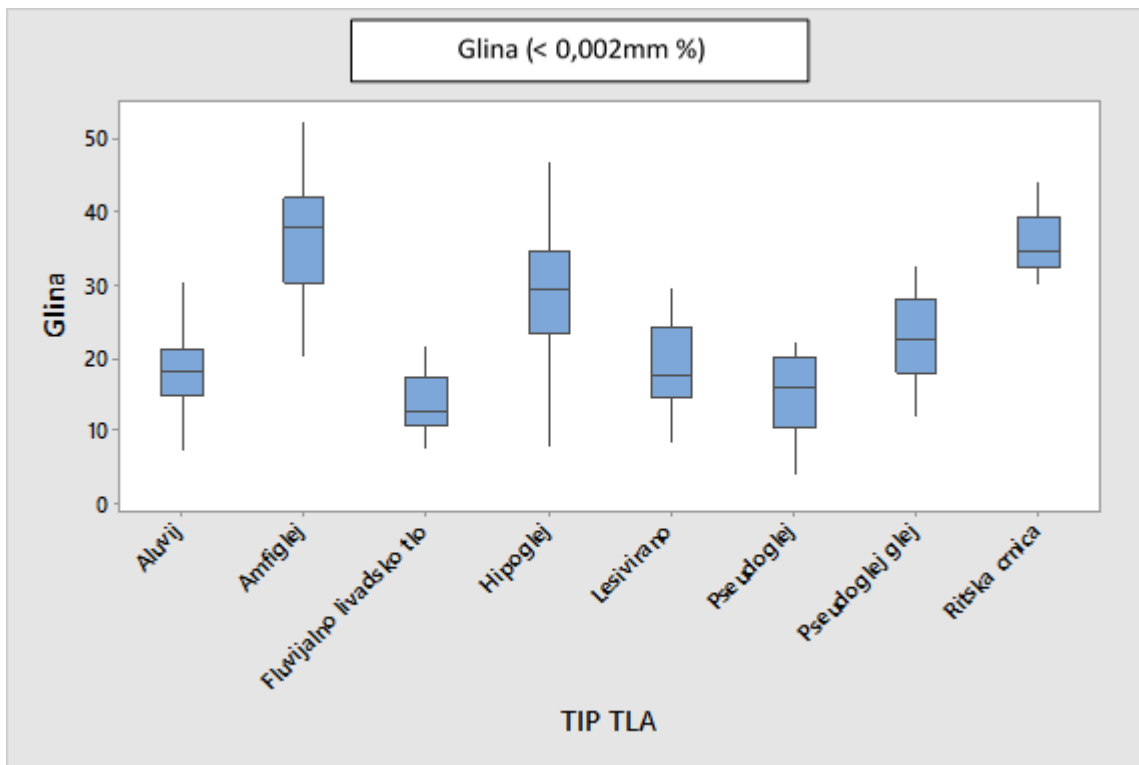
Vrijednosti supstitucijskog aciditeta (pH_{KCl}) su se kretale od 3,54 kod lesiviranog tipa tla do 8,63 kod hipoglejnog tipa tla. Najveća prosječna vrijednost utvrđena je kod ritske crnice (7,73), a najmanja kod pseudogleja (4,29). Više vrijednosti utvrđene su kod aluvija, amfigleja, fluvijalno livadskog tla, hipogleja i ritske crnice, dok su manje vrijednosti utvrđene kod lesiviranog, pseudogleja i pseudoglej gleja. Zebec (2015.) navodi kako su istraživani tipovi tala na području Istočne hrvatske imali izrazito heterogene vrijednosti za supstitucijski aciditet. Isti autor navodi kako je najniža izmjerena vrijednost supstitucijske kiselosti (pH_{KCl}) u oraničnom sloju utvrđena je na močvarno glejnom amfiglejnom tlu (3,27), dok je najveća izmjerena vrijednost utvrđena na eutrično smeđem tlu (7,91). Prema navodima autora grupi jako kiselih tala ($pH < 4,5$) pripada 24,85 % uzoraka tala, (kiselim tlima ($pH 4,5-5,5$) 48 uzoraka (29,09 %), slabo kiselim tlima ($pH 5,5-6,5$) 24 uzorka (14,55 %), 12 uzoraka (7,27 %) pripada grupi neutralnih tala ($pH 6,5-7,2$), a grupi alkalnih ($pH > 7,2$) tala pripada 40 uzoraka (24,24 %) od ukupno 165 analizirana uzorka (Graf 1.).



Grafikon 3. Sadržaj humusa

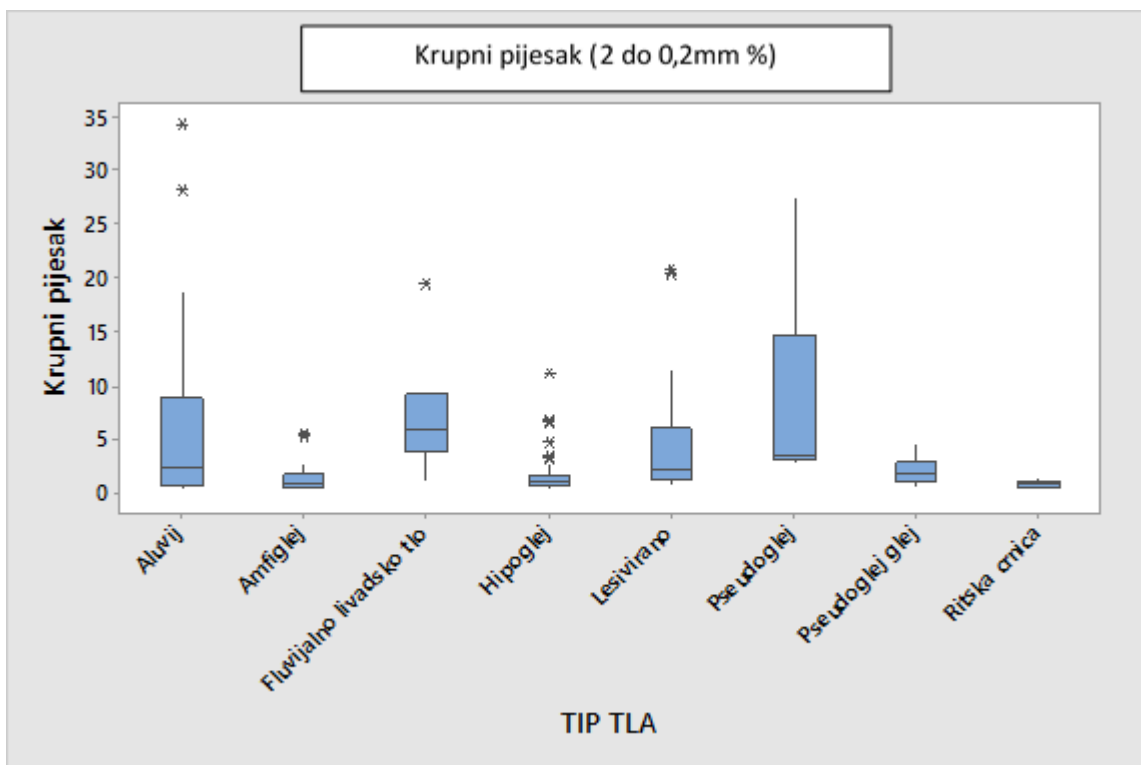
Udio organske tvari u tlu se kretao od 0,81% kod aluvija, pa sve do 10,36% kod fluvijalno livadskog tla. Najveća prosječna vrijednost utvrđena je kod fluvijalno livadskog tla (3,94), a najmanja prosječna vrijednost organske tvari u tlu je izmjerena kod pseudogleja (1,54). Više vrijednosti su utvrđene kod aluvija, amfigleja, fluvijalno livadskog tla, hipogleja te ritske crnice, dok su niže vrijednosti utvrđene kod lesiviranog tipa tla, pseudogleja i pseudoglej gleja. Zebec (2015.) navodi za tla Istočne Hrvatske kako je prosječan sadržaj organske tvari za sve uzorke iznosio je 2,65 % s rasponom od 0,83 % izmjerenim na močvarno glejnom amfiglejnom tlu do 11,80 % na ritskoj crnici. Prosječno najveća vrijednost sadržaja organske tvari zabilježena je na ritskoj crnici (4,94 %), a najmanja na lesiviranom tipičnom tlu (1,87 %). Husnjak (2014.) istražujući utjecaj značajki tla na retenciju vlage u tlu navodi kako rezultati kemijskih analiza pokazuju da su istraživana tla opskrbljena humusom pretežno vrlo slabo (0,1-1%) i slabo (1-3%), pri čemu varira od 0,1 do 2,8 %. Bogunović i sur. (2010.) su pratili sadržaj humusa tijekom tri godine na černozeu, eutričnom smeđem tlu, lesiviranom tlu te pseudogleju. Autori navode kao se sadržaj humusa u černozeu kreće od 2,46 do 4,08 %, u eutričnom smeđem tlu od 0,86 do 3,56 %, u lesiviranom od 1,24 do 2,74 % te u pseudogleju od 2,10 do 3,42 %.

3.2. Fizikalna svojstva tla



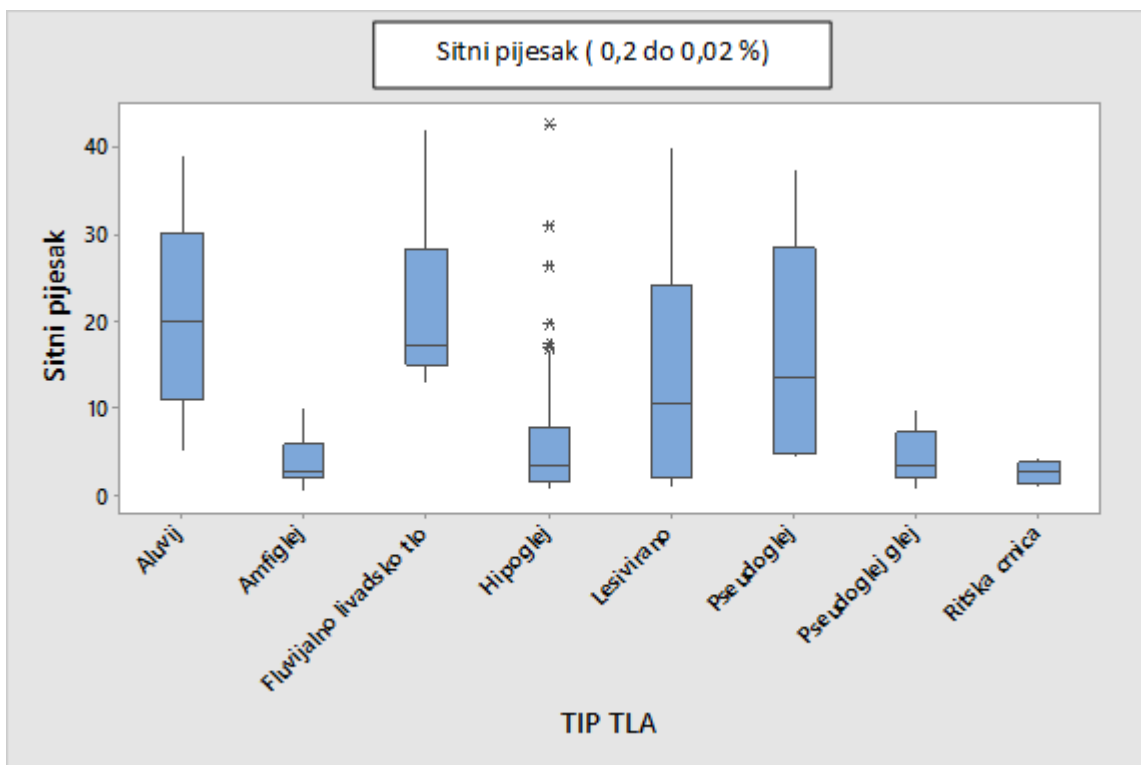
Grafikon 4. Sadržaj čestica gline (%)

Udio gline se kretao od 4,00 % kod aluvija do 52,40 % kod amfigleja. Najveća prosječna vrijednost udjela gline se pokazala kod amfigleja (36,26), a najmanja prosječna vrijednost kod fluvijalno livadskog tla (13,71). Veće vrijednosti su utvrđene kod amfigleja, hipogleja i kod ritske crnice, a manje vrijednosti su kod aluvija, fluvijalno livadskog tla, lesiviranog tla, pseudogleja i pseudoglej gleja. Teksturni, mehanički ili granulometrijski sastav tla jedan je od najvažnijih parametara koji utječe na fizička i kemijska svojstva tla, kao i plodnosti tla u cjelini (Perković i sur., 2013.). Husnjak (2014.) navodi kako je za sadržaj gline utvrđena jaka i pozitivna korelacija prema retenciji vlage u tlu kod 1,5 MPa, ali i kod 0,625 MPa, te da je postojeće podatke glinastih čestica u tlu izraženih u postotku moguće koristiti u procjeni retencije vlage u tlu kod 1,5 MPa te kod 0,625 MPa za praktične potrebe.



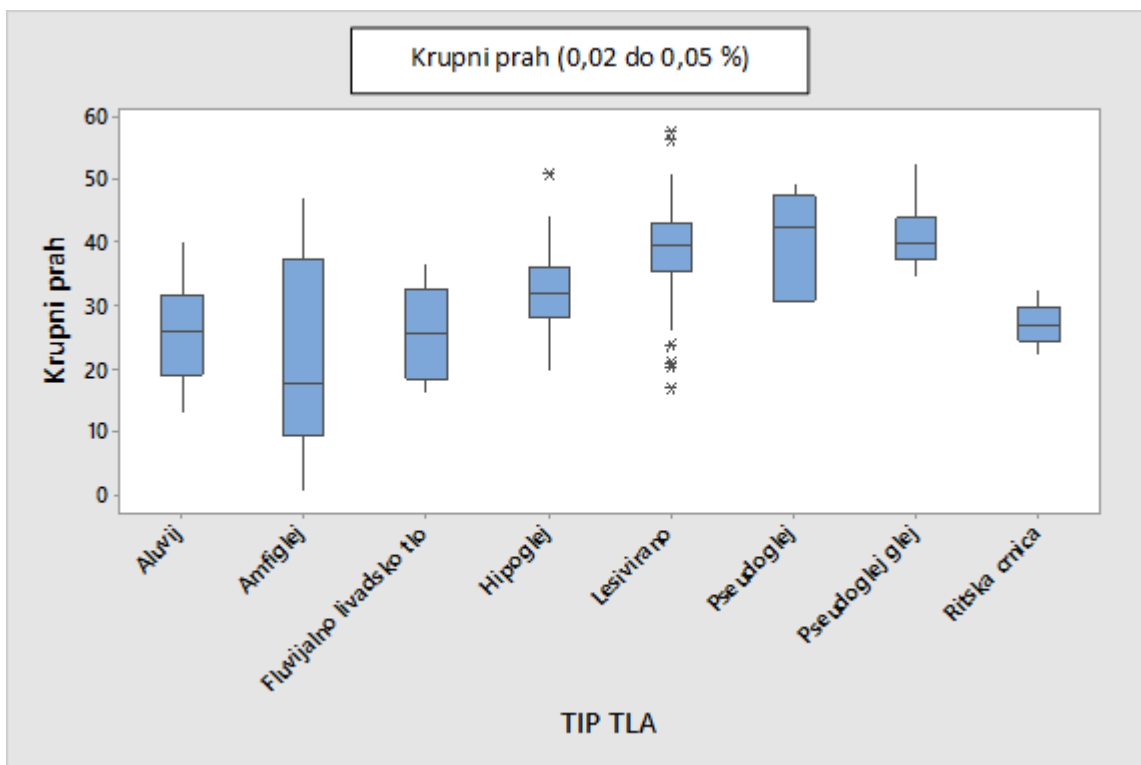
Grafikon 5. Sadržaj čestica krupnog pijeska (%)

Udio krupnog pijeska se kretao od 0,19 kod hipogleja do 34,25 kod aluvija. Najmanja prosječna vrijednost utvrđena je kod ritske crnice (0,69), a najveća kod pseudogleja (8,38). Veće vrijednosti su izmjerene kod aluvija, fluvijalno livadskog tla, lesiviranog tipa tla i pseudogleja, a manje kod amfigleja, hipogleja, pseudoglej gleja i ritske crnice. Zebec (2015.) ističe kako se sadržaj krupnog pijeska kretao od 0,13 % na eutrično smeđem tlu do 26,61 % na aluvijalnom tlu, uz prosjek od 1,84 % na svim istraživanim uzorcima. Nadalje navodi kako je prosječno najmanji sadržaj krupnog pijeska utvrđen na eutričnom smeđem tlu (0,57 %), a najveći na aluvijalnom tlu (3,58 %).



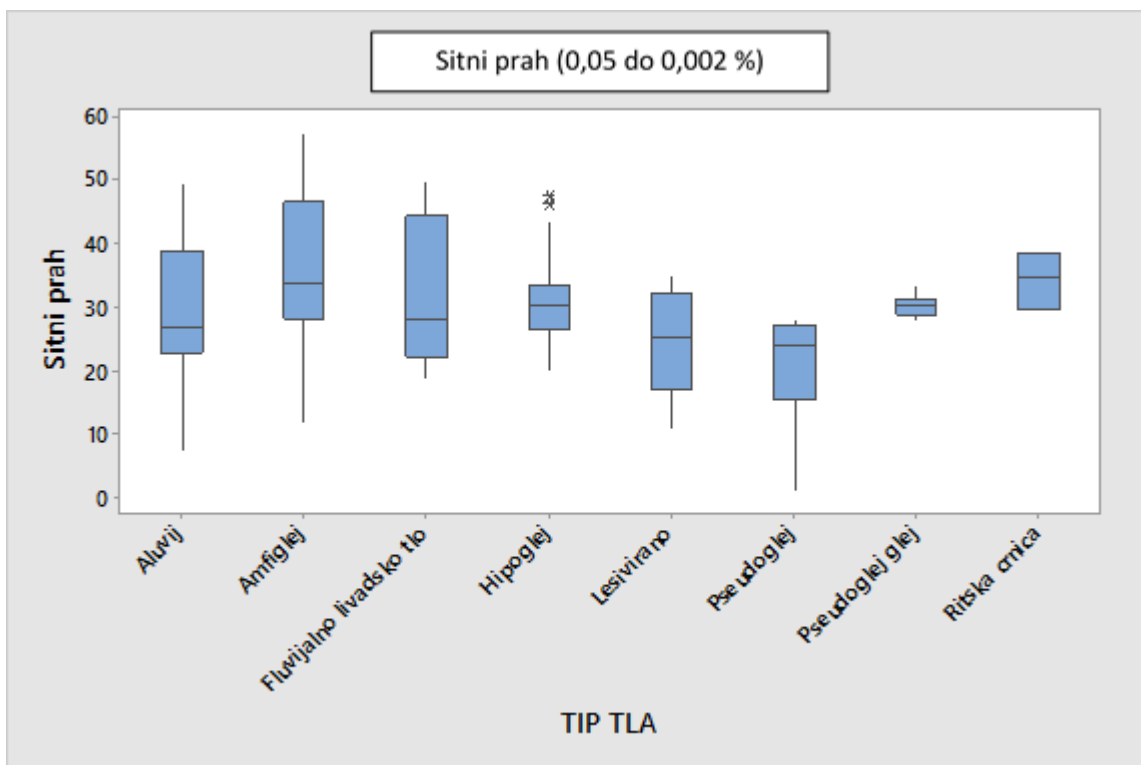
Grafikon 6. Sadržaj čestica sitnog pijeska (%)

Udio sitnog pijeska se kretao od 0,52 % do 42,65 % kod hipogleja. Najveća prosječna vrijednost je utvrđena kod fluvijalno livadskog tla (21,74), a najmanja vrijednost je kod ritske crnice (2,51). Veće vrijednosti pokazuju aluvij, fluvijalno livadsko tlo, lesivirano i pseudoglej, a manje vrijednosti amfiglejš, hipoglejš, pseudoglejš glejš i ritska crnica. Prema Zebecu (2015.) prosječan sadržaj čestica sitnog pijeska na tlima istočne Hrvatske iznosio je 7,81 %, uz raspon od 0,51 % utvrđenih u ritskoj crnici do 60,25 % na aluvijalnom tlu. Prosječno najveći sadržaj sitnog pijeska utvrđen je na aluvijalnom tlu (32,84 %) gdje je bilo i najveće odstupanje od prosjeka od 14,90.



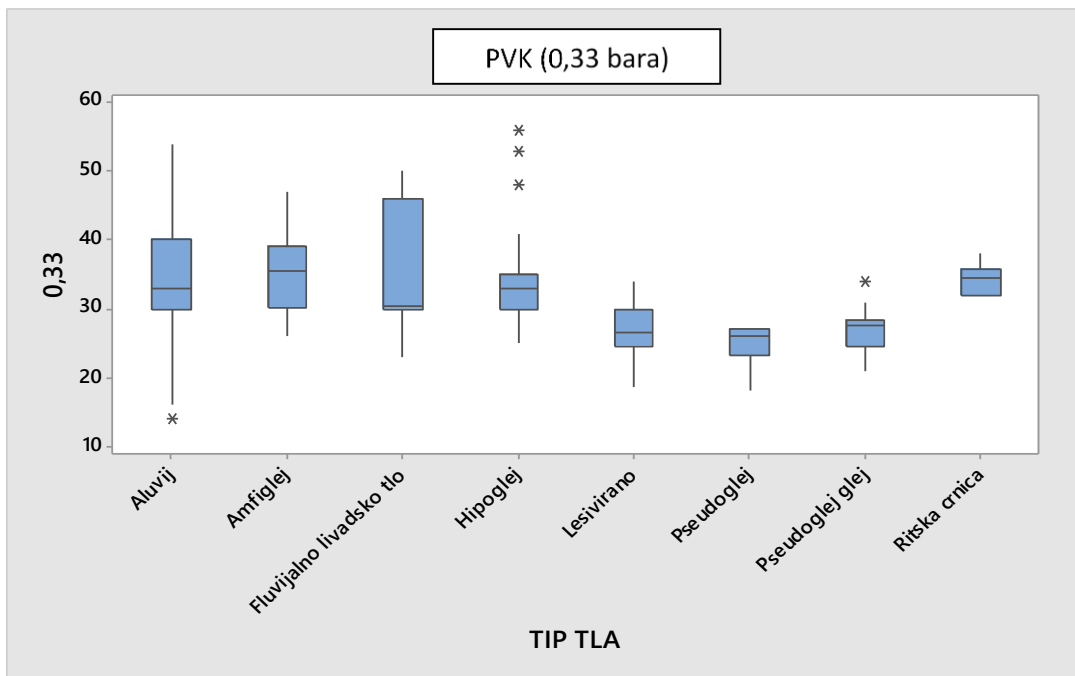
Grafikon 7. Udio čestica krupnog praha (%)

Udio krupnog praha se kretao od 0,55 % kod amfigleja do 52,20 % kod pseudoglej gleja. Najveća prosječna vrijednost utvrđena je kod pseudoglej gleja (40,88), a najmanja prosječna vrijednost je izmjerena kod amfigleja (21,17). Manje vrijednosti krupnog praha pokazuju aluvij, amfigleja, fluvijalno livadsko tlo i ritska crnica, a veće vrijednosti hipogleja, lesivirano tlo, pseudogleja i pseudoglej glej.



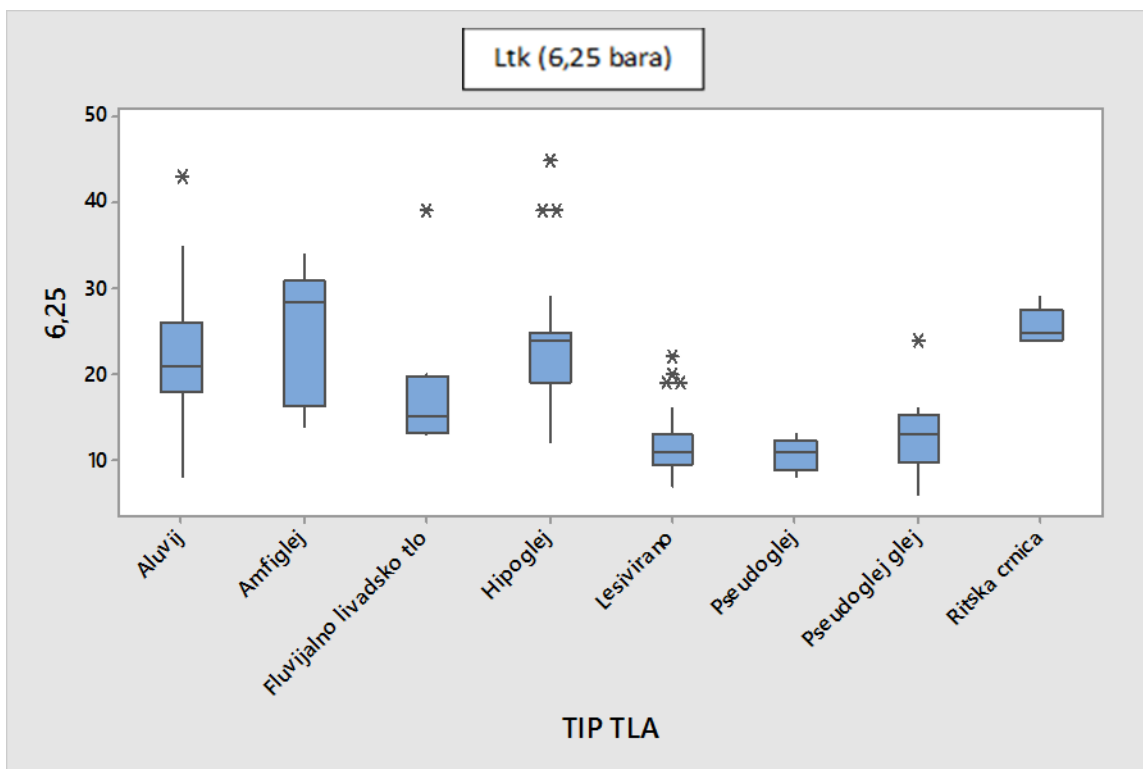
Grafikon 8. Udio čestica sitnog praha (%)

Udio sitnog praha se kretao od 1,10 % kod pseudogleja do 57,14 kod ritske crnice. Najveća prosječna vrijednost utvrđena je kod amfigleja (36,02), a najmanja kod pseudogleja (20,65). Veće vrijednosti su utvrđene kod aluvija, amfigleja, fluvijalno livadskog tla, hipogleja, pseudogleja gleja i ritske crnice, a manje su utvrđene kod lesiviranog tla i kod pseudogleja.



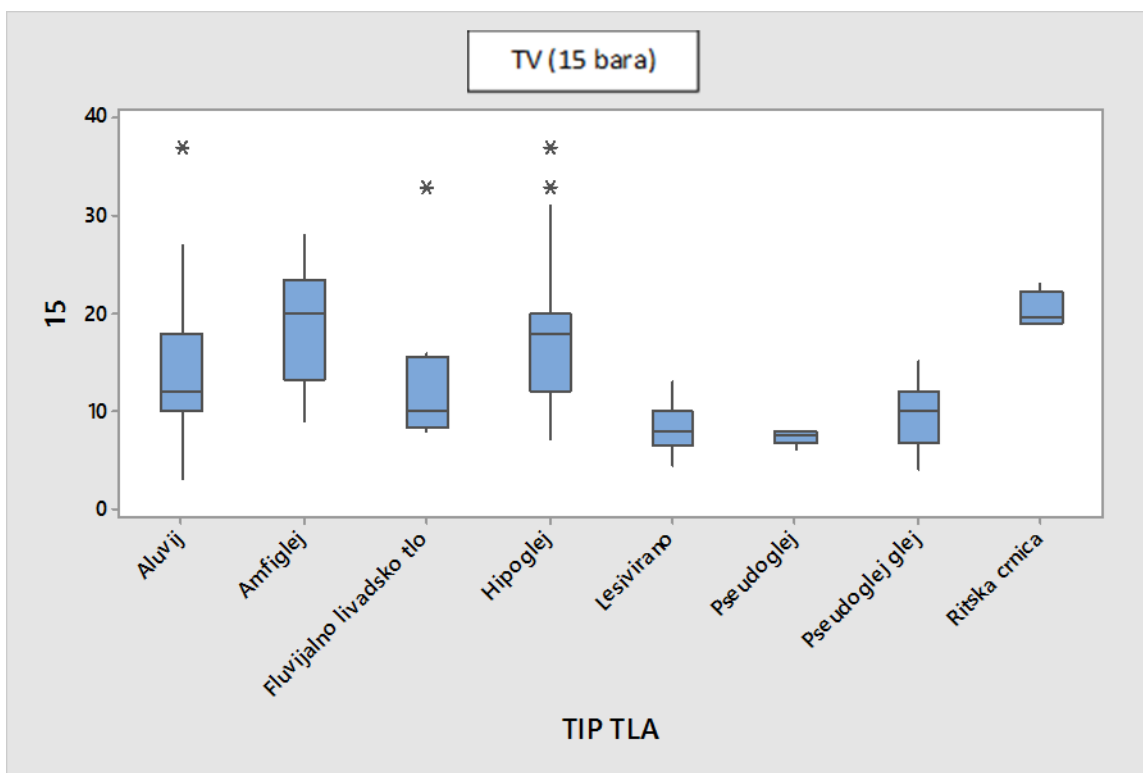
Grafikon 9. Poljski vodni kapacitet (0,33 bara)

Vrijednost poljskog vodnog kapaciteta se kretala od 14,00 kod aluvija do 56,00 kod hipogleja. Najveća prosječna vrijednost izmjerena je kod amfigleja (35,35), a najmanja kod pseudogleja (24,83). Veće vrijednosti su izmjerene su kod aluvija amfigleja, fluvijalno livadskog tla, hipogleja i ritske crnice, a manje kod lesiviranog tla, pseudogleja i pseudoglej gleja. Markoski i sur. (2015.) u istraživanju vodnih konstanti na tlima u Makedoniji navode kako su vrijednosti u oraničnom sloju tla za 0,33 bara imale vrijednosti od 31,23 do 41,48 masenih postotaka.



Grafikon 10. Lentokapilarna vlažnost (6,25 bara)

Vrijednosti lentokapilarne vlažnosti tla su se kretale od 6,00 kod pseudoglej gleja do 45 kod hipogleja. Najveća prosječna vrijednost je utvrđena kod ritske crnice (25,67), a najmanja kod pseudogleja (10,67). Veće vrijednosti su izmjerene kod aluvija, amfigleja, hipogleja i ritske crnice, a manje vrijednosti kod fluvijalno livadskog tla, lesiviranog tla, pseudogleja i pseudoglej gleja. Husnjak i Bosak (2014.) navode kako retencija vlage kod 0,625 MPa varira od 6,8 do 25,4% masenih. Pri tome je 15 uzoraka u intervalu od 6 do 11 %, 15 uzoraka u intervalu od 11 do 16%, 9 uzoraka je u intervalu od 16 do 21 % te 3 uzorka u intervalu od 21 do 26 % masenih. Utvrđeni raspon Markoskog i sur. (2015.) vrijednosti lentokapilarne vlažnosti iznosi 21,7 do 29,92 %.



Grafikon 11. Točka venuća (15 bara)

Vrijednosti točke venuća su se kretale od 3,00 kod aluvija do 37,00 kod hipogleja. Najveću prosječnu vrijednost pokazuje ritska crnica (20,33), a najmanju pseudoglej (7,33). Veće vrijednosti su izmjerene kod amfigleja, hipogleja i ritske crnice, a manje vrijednosti kod aluvija, fluvijalno livadskog tla, lesiviranog tla, pseudogleja i pseudoglej gleja. Husnjak i Bosak (2014.) istražuju utjecaj značajki tla na retenciju vlage u tlu te navode da retencija vlage kod 1,5 MPa varira od 3,4 do 14,4 % masenih. Pri tome je 16 uzoraka u intervalu od 3 do 6 %, 22 uzorka u intervalu od 6 do 9 %, 2 uzorka su u intervalu od 9 do 12 % i 2 uzorka u intervalu od 12 do 15 %.

3.3. Kompjutorski modeli proračuna vodnih konstanti tla

Kompjutorski modeli kreirani su na 4 razine za poljski kapacitet tla za vodu (PVK), lentokapilarnu vlažnost tla (Ltk) i točku trajnog uvenuća (TV). Ulazni podatak za model 1 bio je sadržaj humusa, za model 2 sadržaj humusa i udio čestica gline, za model 3 sadržaj humusa, udio čestica gline i supstitucijski aciditet, a za model 4 sadržaj humusa, udio čestica gline, supstitucijski aciditet i udio sitnog praha.

Model 1

$$0,33 = 20,423 + 4,142 \text{ Humus}$$

$$6,25 = 6,226 + 4,784 \text{ Humus}$$

$$15 = 2,922 + 4,087 \text{ Humus}$$

Model 2

$$0,33 = 16,582 + 3,834 \text{ Humus} + 0,1954 \text{ Glina}$$

$$6,25 = -0,635 + 4,234 \text{ Humus} + 0,3490 \text{ Glina}$$

$$15 = -3,221 + 3,594 \text{ Humus} + 0,3125 \text{ Glina}$$

Model 3

$$0,33 = 14,70 + 3,603 \text{ Humus} + 0,1708 \text{ Glina} + 0,487 \text{ pHKCl}$$

$$6,25 = -5,09 + 3,687 \text{ Humus} + 0,2908 \text{ Glina} + 1,154 \text{ pHKCl}$$

$$15 = -4,793 + 3,401 \text{ Humus} + 0,2919 \text{ Glina} + 0,407 \text{ pHKCl}$$

Model 4

$$0,33 = 12,76 + 3,130 \text{ Humus} + 0,1135 \text{ Glina} + 0,336 \text{ pHKCl} + 0,1883 \text{ Sitni prah}$$

$$6,25 = -5,71 + 3,535 \text{ Humus} + 0,2724 \text{ Glina} + 1,105 \text{ pHKCl} + 0,0605 \text{ Sitni prah}$$

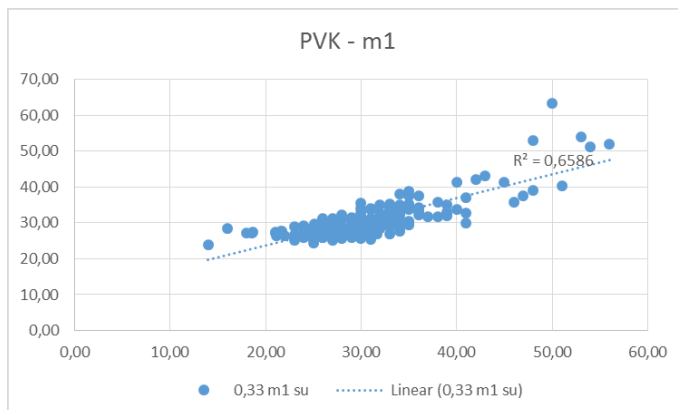
$$15 = -5,306 + 3,276 \text{ Humus} + 0,2768 \text{ Glina} + 0,367 \text{ pHKCl} + 0,0498 \text{ Sitni prah}$$

Tablica 4. Apsolutno i relativno odstupanje vrijednosti vodnih konstanti tla proračunatih modelima od izmjerenih vrijednosti

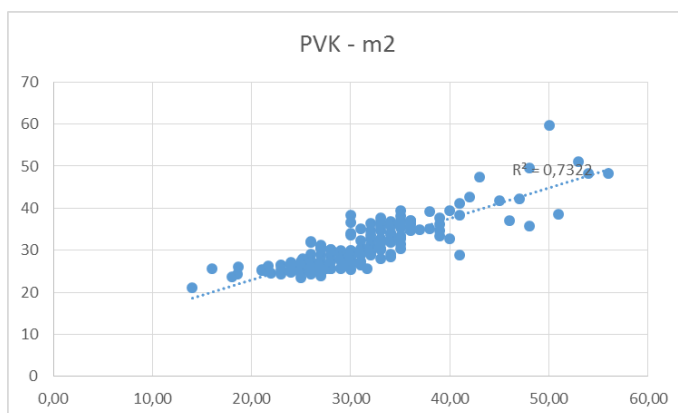
	Odstupanje modela od izmjerenih vrijednosti	PVK (0,33bara)	Ltk (6,25 bara)	TV (15bara)
Model 1	apsolutno (mas %)	3,04	3,71	3,14
	relativno (%)	9,81	20,16	23,56
Model 2	apsolutno (mas %)	2,66	2,70	1,92
	relativno (%)	8,60	14,68	14,43
Model 3	apsolutno (mas %)	2,61	2,37	1,90
	relativno (%)	8,43	12,87	14,24
Model 4	apsolutno (mas %)	2,47	2,35	1,85
	relativno (%)	7,96	12,75	13,90

Na svim razinama proračuna pokazalo se da povećanjem ulaznih varijabli se povećava preciznost modela na što ukazuje relativno odstupanje od izračunatih i izmjerenih vrijednosti vodnih konstanti tla. Kod modela 4 za proračun poljskog vodnog kapaciteta (PVK) apsolutno odstupanje iznosilo je 2,47 mas. %, a relativno 7,96 %, kod lentokapilarne točke 2,35 mas %, a relativno 12,87 %, a kod točke venuća apsolutno 1,85 mas %, a relativno 13,90 %. Najmanje relativno odstupanje od izmjerenih vrijednosti na svim razinama modela pokazuje poljski vodni kapacitet (PVK), zatim lentokapilarna vlažnost (Ltk), a najviše točka venuća (TV). Ove razlike posljedica su prosječnih vrijednosti vodnih konstanti tla. Karalić (2008.) modeliranjem kationskog izmjenjivačkog kapaciteta tla navodi kako je najveće odstupanje uvrđeno kod osnovnog modela kod lakih tala od 29,72 %, dok je najniže odstupanje zabilježeno kod modela za teška tla i to u pet razina (% gline, pH_{H2O}, % humusa, % SPr, % KPr) od 8,36 %. Zebec (2015.) ističe kako su regresijski modeli vrlo su jednostavni i primjenjivi jer mogu dati nove podatke na temelju raspoloživih varijabli. Preciznost modela značajno se povećava uvođenjem većeg broja agrokemijskih svojstva tala, a dopunsku preciznost modela mogu povećati rjeđe raspoloživi podatci o fizikalnim svojstvima tla.

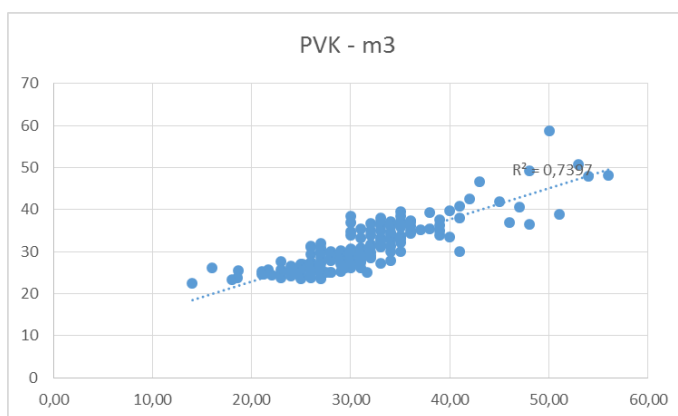
3.4. Korelacije između izmjerenih i proračunatih vrijednosti



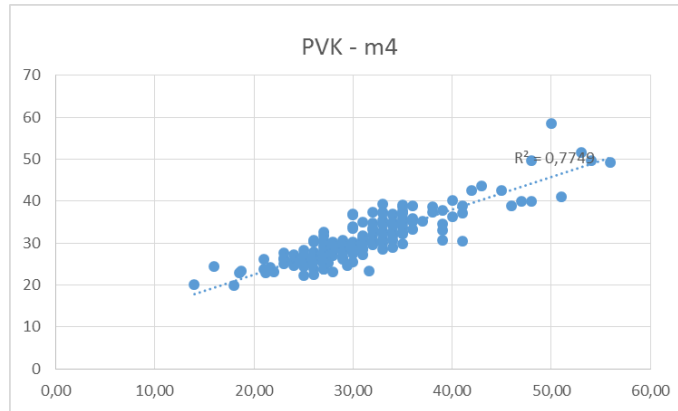
Grafikon 12. Korelacija između izmjerenih i proračunatih vrijednosti poljskog vodnog kapaciteta prema modelu 1



Grafikon 13. Korelacija između izmjerenih i proračunatih vrijednosti poljsko vodnog kapaciteta prema modelu 2

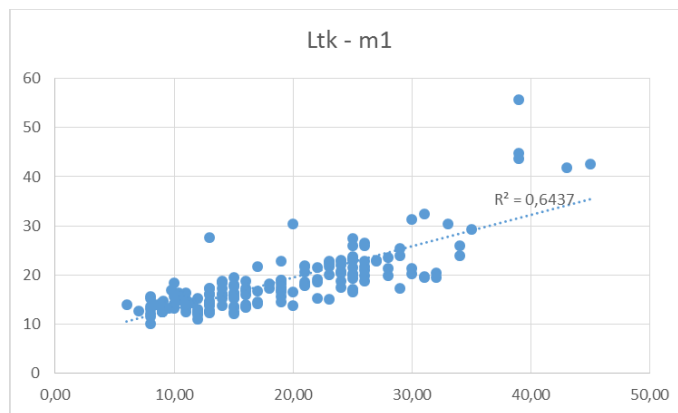


Grafikon 14. Korelacija između izmjerenih i proračunatih vrijednosti poljsko vodnog kapaciteta prema modelu 3

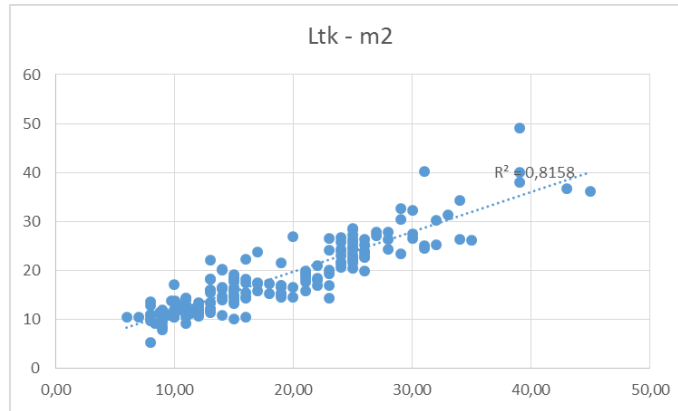


Grafikon 15. Korelacija između izmjerenih i proračunatih vrijednosti poljsko vodnog kapaciteta prema modelu 4

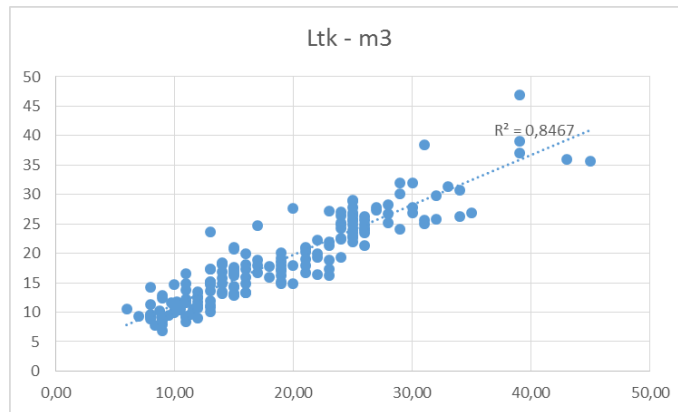
Analogno relativnim i apsolutnim odstupanjima od izmjerenih i proračunatih vrijednosti poljskog kapaciteta tla za vodu najmanja korelacija ($R^2=0,6586$) utvrđena je kod modela 1, a najveća kod modela 4 ($R^2=0,7749$).



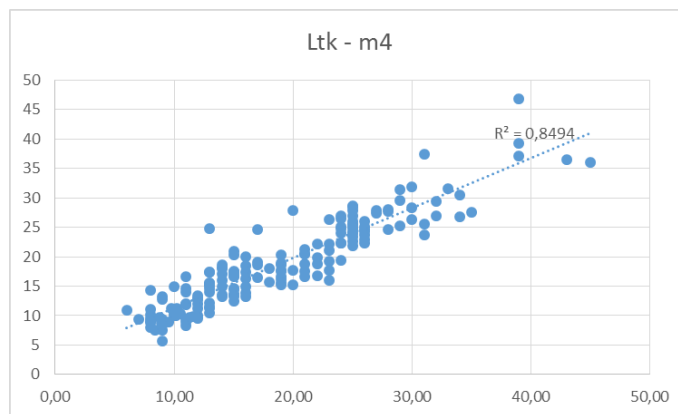
Grafikon 16. Korelacija između izmjerenih i proračunatih vrijednosti lentokapilarne vlažnosti prema modelu 1



Grafikon 17. Korelacija između izmjerenih i proračunatih vrijednosti lentokapilarne vlažnosti prema modelu 2

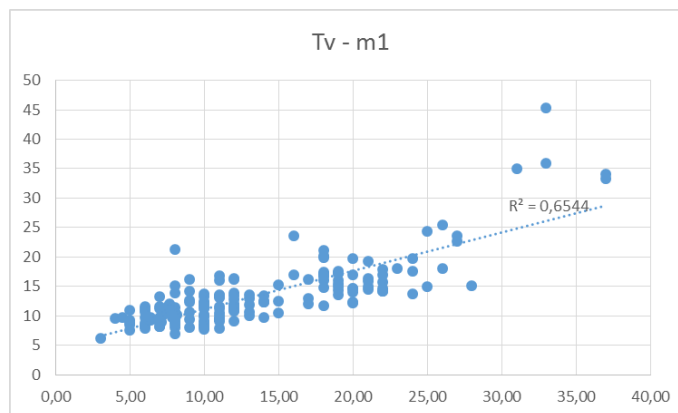


Grafikon 18. Korelacija između izmjerenih i proračunatih vrijednosti lentokapilarne vlažnosti prema modelu 3



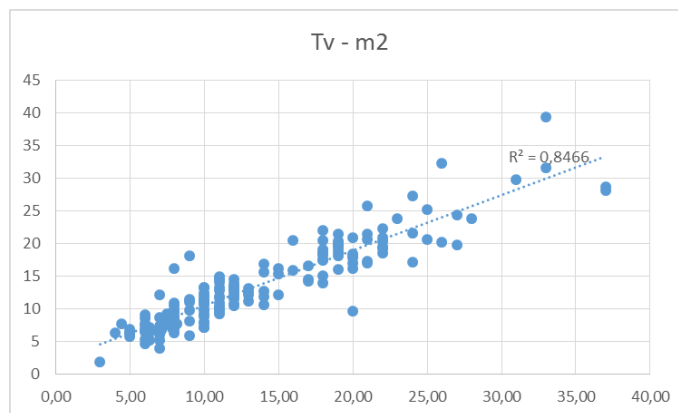
Grafikon 19. Korelacija između izmjerenih i proračunatih vrijednosti lentokapilarne vlažnosti prema modelu 4

Analogno relativnim i apsolutnim odstupanjima od izmjerenih i proračunatih vrijednosti lentokapilarne vlažnosti tla najmanja korelacija ($R^2=0,6437$) utvrđena je kod modela 1, a najveća kod modela 4 ($R^2=0,8494$).

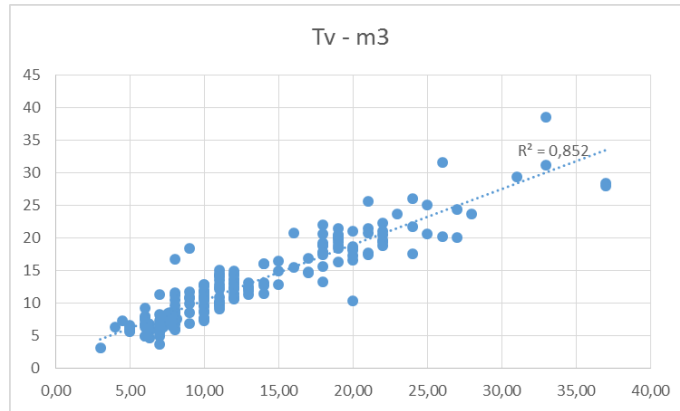


Grafikon 20. Korelacija između izmjerenih i proračunatih vrijednosti točke venuća prema modelu 1

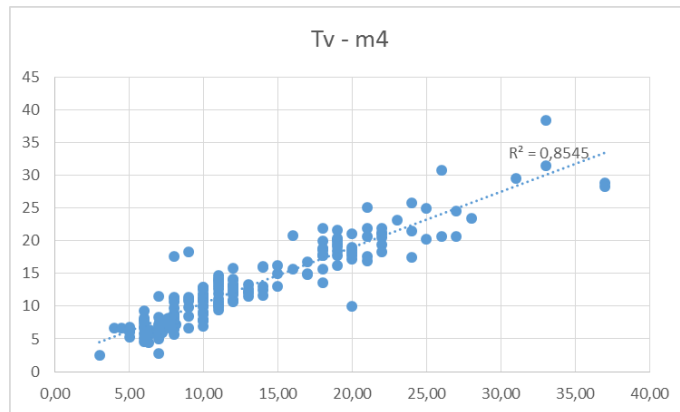
Analogno relativnim i apsolutnim odstupanjima od izmjerenih i proračunatih vrijednosti točke venuća najmanja korelacija ($R^2=0,6544$) utvrđena je kod modela 1, a najveća kod modela 4 ($R^2=0,8545$).



Grafikon 21. Korelacija između izmjerenih i proračunatih vrijednosti točke venuća prema modelu 2



Grafikon 22. Korelacija između izmjerenih i proračunatih vrijednosti točke venuća prema modelu 3



Grafikon 23. Korelacija između izmjerenih i proračunatih vrijednosti točke venuća prema modelu 4

4. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenih istraživanja koja su obuhvaćala 180 oraničnih uzoraka tla te osnovna kemijska i fizikalna svojstva oraničnih horizonata 8 pedosistematskih jedinica s područja cijele Hrvatske proizašli su sljedeći zaključci:

Kod svih uzoraka utvrđena je velika divergentnost kod ulaznih varijabli za izradu modela, što je posljedica različitih pedosistematskih jedinica, odnosno različitog stupnja razvoja tla. Općenito, više vrijednosti aktivnog i supstitucijskog aciditeta utvrđene su kod amfigleja, aluvija, fluvijalno livadskog tla, hipogleja te ritske crnice. Više vrijednosti sadržaja organske tvari utvrđene su kod aluvija, amfigleja, fluvijalno livadskog tla, hipogleja te ritske crnice. Veće vrijednosti sadržaja gline utvrđene su kod amfigleja, hipogleja i kod ritske crnice. Veće vrijednosti sadržaja krupnog praha su utvrđene kod aluvija, amfigleja, fluvijalno livadskog tla, hipogleja, pseudoglej gleja i ritske crnice.

Kod svih vodnih konstantni se pokazalo da se povećanjem broja ulaznih varijabli povećava i preciznost modela na što ukazuje relativno odstupanje od izračunatih i izmjerenih vrijednosti vodnih konstanti tla.

Najviša korelacija utvrđena je u modelu koji uključuje četiri ulazna parametra u proračun, za poljski vodni kapacitet je iznosila $R^2=0,7749$, za lentokapilarnu vlažnost $R^2=0,8494$ a za točku venuća $R^2=0,8545$. Najmanja korelacija utvrđena je u modelu koji uključuje samo jedan ulazni parametar, za poljski vodni kapacitet je iznosila $R^2=0,6586$, za lentokapilarnu vlažnost $R^2=0,6437$, a za točku venuća $R^2=0,6544$.

5. POPIS LITERATURE

1. Belić, M., Nešić, Lj., Čirić, V. (2014.): Praktikum iz Pedologije, Univerzitet u Novom Sadu Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
2. Bogunović, M., Bensa, A., Ćorić, R., Sever, Z., (2010): Dehumizacija glavnih tipova tala kontinentalne Hrvatske, XI. kongres Hrvatskog tloznanstvenog društva, Perspektive gospodarenja tlom u budućnosti, Zagreb.
3. Husnjak, S. (2014.): Sistematika tala Hrvatske, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 373
4. Husnjak S., Bosak M. (2014.): Utjecaj značajki tla na retenciju vlage u tlu, Agronomski glasnik 1-2/2014. ISSN 000-2-1954.
5. JDPZ (1966.): Priručnik za ispitivanje zemljišta – knjiga I: Hemijske metode ispitivanja zemljišta, Jugoslavensko društvo za proučavanje zemljišta, Beograd.
6. JDPZ (1971.): Priručnik za ispitivanje zemljišta, Knjiga V, Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta, JDPZ, Beograd.
7. Karalić, K., Lončarić, Z., Popović, B., Vukadinović, V., Engler, M., (2008.): Specifičnosti modela za utvrđivanje preporuka kalcizacije, 2008. 74-78, Zbornik radova 43. hrvatski i 3. međunarodni simpozij agronoma, Opatija.
8. Lončarić, Z., Rastija, D., Popović, B., Karalić, K., Ivezić, V., Zebec, V. (2014.): Uzorkovanje tla i biljke za agrokemijske i pedološke analize, Poljoprivredni fakultet, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
9. Madjar, S., Šošarić, J. (2009): Navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Sveučilište J. J. Strossmayera Poljoprivredni fakultet Osijek, Osječko-baranjska županija. Kroomopak d.o.o. Valpovo.
10. Martin, C., Edward (2006.): Determining the amount of irrigation water applied to a field. The University of Arizona. College of Agriculture and life sciences. Tuscon, Arizona, 85721.
11. Markoski, M., Mitkova, T., Vasilevski, K., Tomić, Z., Tanaskovil, V. (2015.): Moisture Retention Characteristics in the Soil Formed upon Limestones and Dolomite in the Republic of Macedonia, Agriculturae Conspectus Scientificus, vol 80, No 1., 31-37.
12. Mesić, M., Husnjak, S., Bašić, F., Kisić, I., Gašpar, I. (2009): Suvišna kiselost tla kao negativni čimbenik razvitka poljoprivrede u Hrvatskoj, Agronomski fakultet, Zagreb.

13. Ondrašek, G. (2015.): Voda u agroekosustavima, Zagreb. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
14. Perković, I., Pernar, N. , Bakšić, D. (2013.): Comparison of two sieving and sedimentation methods for determination of particle size distribution – possibilities and limitations of interpretation, Šumarski list, 11–12, 567–574, Zagreb.
15. Racz, Z. (1974): Fizikalna svojstva i dinamika vlage u pseudogleju. Poljoprivredna znanstvena smotra 33(43): 43-57.
16. Richards, L.A. (1982): Soil water and plant growth. Soil physical conditions, New York.
17. Škorić, A. (1985): Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
18. Škorić, A. (1986): Postanak, razvoj i sistematika tla. Udžbenik, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
19. Škorić, A. (1991): Sastav i svojstva tla. Udžbenik, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
20. Tomić, F. (1988): Navodnjavanje. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
21. Vidaček, Ž., Bogunović, M., Škorić, A. (1991.): Possibilities and results of calculation of water balance in soil, Zemljište i biljka, vol. 40 (1), 1-12, Beograd.
22. Vidaček, Ž., Tomić, F., Romić, D. (1993.): Bilanca vode u tlu, "Priručnik za hidrotehničke melioracije" - Kolo II - Knjiga 2, Građevinski fakultet, Rijeka, 159-174.
23. Vukadinović, V., Bertić, B. (1988.): Praktikum iz agrokemije i ishrane bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek.
24. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek.
25. Soil Survey Manual (1951.). U.S. Dept. Agr. Handbook No. 18.
26. Zebec, V. (2015.): Dinamika kalija i usporedba metoda za određivanje pristupačnog kalija u tlima istočne Hrvatske, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.