

# Usporedba metoda za određivanje reakcije tla

---

**Branković, Ivan Šima**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:102089>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-22**



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  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Ivan Šima Branković

Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**USPOREDBA METODA ZA ODREĐIVANJE REAKCIJE TLA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2022.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Ivan Šima Branković

Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**USPOREDBA METODA ZA ODREĐIVANJE REAKCIJE TLA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2022.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ivan Šima Branković

Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**USPOREDBA METODA ZA ODREĐIVANJE REAKCIJE TLA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Domagoj Rastija, predsjednik
2. doc. dr. sc. Vladimir Zebec, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Vladimir Ivezić, član

Osijek, 2022.

*Ovaj diplomski rad posvećujem svojoj obitelji, kolegama i prijateljima koji su mi bili podrška kroz studiranje. Zahvaljujem se roditeljima na ukazanom povjerenju i poticanju.*

*Posebne zahvale upućujem mentoru doc. dr. sc. Vladimiru Zebecu koji je bio podrška tijekom cijelog akademskog obrazovanja i tijekom pisanja ovog diplomskog rada.*

*Zahvale upućujem i dipl. ing. Zoranu Semialjcu te mr. sc. Meri Engler koji su me uputili i bili podrška tijekom odrađivanja pokusa.*

*Upućujem i posebne zahvale svim profesorima i suradnicima fakulteta s kojima sam imao priliku surađivati.*

*Hvala vam svima što ste mi olakšali studiranje i učinili me boljim čovjekom i agronomom.*

*Ivan Šima Branković*

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Cilj istraživanja .....	7
2. PREGLED LITERATURE.....	8
3. MATERIJAL I METODE .....	13
3.1. Terenska istraživanja .....	13
3.2. Laboratorijska istraživanja.....	13
3.2.1. <i>Kemijska svojstva tla</i> .....	14
3.2.1.1. <i>Određivanje pH reakcije tla</i> .....	14
3.2.1.1.1. <i>Metoda određivanja pH reakcije tla u H<sub>2</sub>O – v/v i m/v</i> .....	15
3.2.1.1.2. <i>Metoda određivanja pH reakcije tla u CaCl<sub>2</sub> – v/v i m/v</i> .....	15
3.2.1.1.3. <i>Metoda određivanja pH reakcije tla u KCl – v/v i m/v</i> .....	15
3.2.1.2. <i>Određivanje sadržaja organske tvari</i> .....	16
3.2.1.3. <i>Određivanje kationskog izmjenjivačkog kapaciteta (BaCl<sub>2</sub>)</i> .....	16
3.2.2. <i>Fizikalna svojstva tla</i> .....	17
3.2.2.1. <i>Određivanje teksture tla</i> .....	17
4. REZULTATI .....	19
4.1. Agrokemijska i agrofizikalna svojstva istraživanih tala.....	19
4.2. Utvrđene pH vrijednosti tla po metodi .....	20
4.2.1. <i>Utvrđene pH vrijednosti tla metodom H<sub>2</sub>O v/v</i> .....	20
4.2.2. <i>Utvrđene pH vrijednosti tla metodom CaCl<sub>2</sub> v/v</i> .....	23
4.2.3. <i>Utvrđene pH vrijednosti tla metodom KCl v/v</i> .....	26
4.2.4. <i>Utvrđene pH vrijednosti tla metodom H<sub>2</sub>O m/v</i> .....	29
4.2.5. <i>Utvrđene pH vrijednosti tla metodom CaCl<sub>2</sub> m/v</i> .....	32
4.2.6. <i>Utvrđene pH vrijednosti tla metodom KCl m/v</i> .....	35
4.3. Utvrđene pH vrijednosti na istraživanim tipovima tla .....	38
4.3.1. <i>Utvrđene pH vrijednosti na eutrično smeđem tlu</i> .....	39
4.3.2. <i>Utvrđene pH vrijednosti na lesiviranom tlu</i> .....	40
4.3.3. <i>Utvrđene pH vrijednosti na lesivirano pseudoglejnom tlu</i> .....	41
4.3.4. <i>Utvrđene pH vrijednosti na pseudogleju</i> .....	42
4.3.5. <i>Utvrđene pH vrijednosti na aluvijalnom tlu</i> .....	43
4.3.6. <i>Utvrđene pH vrijednosti na pseudoglej gleju</i> .....	44
4.3.7. <i>Utvrđene pH vrijednosti na ritskoj crnici</i> .....	45

4.3.8. Utvrdene pH vrijednosti na močvarno glejnom hipoglejnom tlu.....	46
4.3.9. Utvrdene pH vrijednosti na močvarno glejnom amfiglejnom tlu.....	47
5. RASPRAVA.....	49
5.1. Kemijska i fizikalna svojstva istraživanih tala.....	49
5.2. Usporedba metoda i podmetoda za mjerenje pH reakcije tla .....	52
6. ZAKLJUČAK.....	58
7. POPIS LITERATURE .....	59
8. SAŽETAK.....	61
9. SUMMARY.....	62
10. POPIS TABLICA .....	63
11. POPIS SLIKA.....	63
12. POPIS GRAFIKONA .....	64

## 1. UVOD

Tlo je samostalna prirodno povijesna tvorevina, tj. tijelo, koje je od izrazitog značenja u današnjem poljodjelstvu i šumarstvu (Martinović, 1997.). Vukadinović i Vukadinović (2018.) navode da su pedogenetski čimbenici svi oni činitelji koji su tijekom geneze, postanka i razvoja tla, utjecali na njegov razvoj i podjelu na sistematske jedinice. Tlo kao heterogeni supstrat čine kemijska, fizikalna i biološka svojstva tla, jedno od najvažnijih svojstava je reakcija, tj. pH vrijednost nekog tla.

pH reakcija tla predstavlja negativan logaritam koncentracije vodikovih iona ( $H^+$ ) u otopini tla (Gimsing i Borggaard, 2001.). Čapka i sur. (2009.) navode da je pH tla jedno od najvažnijih karakteristika tla. Prema Vukadinović i Vukadinović (2018.) pH tla pripada u kemijske karakteristike tla i predstavlja izrazitu važnost u genezi i formiranju tla. Škorić (1986.) navodi da je utjecaj pH tla kroz genezu i evoluciju tla izrazito velik jer svakom intenzivnijom acidifikacijom tla su se aktivirali pedogenetski procesi i tako su nastali razni tipovi tala. Edmeades i Wheeler (1990.) mjerenje pH vrijednosti smatraju kao jedno od najvažnijih svojstava u procjeni pogodnosti nekog zemljišta. Miller i Kissel (2020.) također mjerenje pH vrijednosti smatraju kao jednu od rutinskih i najinformativnijih mjerenja u standardnim analitičkim metodama. Pansu i Gautheyrou (2006.) kao razlog tome navode jednostavnost mjerenja i brzinu implemetacije u bilo kakve okvire analitičkih metoda. Sadvoski (2012.) navodi da je standardan raspon očekivanih vrijednosti pH reakcije 0 -14, ali da se u tloznanstvu i pedologiji koristi 1 – 12. Vukadinović i Vukadinović (2018.) navode da ekstremne pH reakcije tla proizlaze od visokog utjecaja koncentracija soli u tlu, što rezultira kiselim sulfatnim tlima ili visoko alkalnim karbonatnim tlima.

Pansu i Gautheyrou (2006.) navode da mjerenje pH reakcije tla ovisi prije svega o laboratorijskoj jedinici, ali i o namjeni rezultata. U laboratoriju je potrebno odrediti porijeklo uzorka te zatim odabrati metodu koja će najbolje djelovati u takvom mediju radi najbolje ekstrakcije iona. Thunjai i Boyd (2001.) u istraživanju dolaze do zaključka da pH tla zapravo predstavlja samo pH otopine u ravnoteži s tlom. Važnost pH reakcije tla Vukadinović i Vukadinović (2011.) prikazuju kao problem koji je drugi najveći u svijetu, a to je zakišeljavanje tla kroz intenzivnu degradaciju zemljišta. Sve više radova se objavljuje na temu degradacijskih procesa u černozeu koji se intenziviraju porastom ukupno godišnjih količina oborina u nekom području te černozeu prelazi u niže sistematske jedinice.



Prema Pansu i Gautheyrou (2006.) pH karakterizira fizikalno – kemijski okoliš tla na određenom mjestu uzimanja uzorka, što je rezultat trenutnog stanja i ravnoteže različitih komponenata medija. To može biti: 1. mješavina sulfatnih soli s izrazito kiselim tlom (kisela sulfatna tla); 2. niz organskih i anorganskih elemenata kao što su Fe i Al koji će zakiseliti otopinu tla nakon hidrolize; 3. neutralne soli jakih kiselina i jakih baza ili tla sa zasićenim adsorpcijskim kompleksom, ali s niskim koncentracijama  $\text{CaCO}_3$ ; 4. u prisutnosti  $\text{CaCO}_3$  u otvorenom sustavu, te atmosferskom pritiskom  $\text{CO}_2$ , ravnoteža se uspostavlja tek oko 8,4 pH jedinica u suspenziji tla; tlak  $\text{CO}_2$  može doseći puno veći tlak u dubljim slojevima tla što može poremetiti pH reakciju tla; 5. u određenim tipovima tala  $\text{MgCO}_3$  rezultira visokim pH vrijednostima (pH 9); natrijeve karbonatne soli rezultiraju najvišim pH vrijednostima (pH > 10).

Takav sustav i međusobne odnose Fernández i Hoefl (2009.) objašnjavaju kroz utjecaj dvije vrste čimbenika: 1. na ekstremno niske ili visoke vrijednosti će utjecati velika količina visoko kiselih ili bazičnih soli, a u manjoj mjeri i utjecaj anorganske ili organske kiseline i svih spojeva koji u tlu mogu uzrokovati kiselu hidrolizu; 2. u tlu je cjelokupni ekosustav ovisan o tlaku  $\text{CO}_2$  koji je uključen u sve kompleksne izmjene ( $\text{H}^+$  ioni, metalni ioni) koji puferiraju moguće varijacije pH vrijednosti kroz stalne izmjene između tla i otopine.

Pansu i Gautheyrou (2006.) navode da bi se mjerenje pH reakcije trebalo provoditi kroz usporedbu sa uvjetima u kojima je došlo do takve pH reakcije. Dinamikom pH reakcije stvaraju se različite ravnoteže unutar tla koje su nastale pod utjecajem raznih unutarnjih i vanjskih čimbenika. Vukadinović i Vukadinović (2011.) navode da u genezi nekog tla dolazi do promjene količine alkalijskih i zemnoalkalijskih metala na adsorpcijskom kompleksu te da najčešće dolazi do ispiranja kalcijevih lužina. Intenziviranje procesa debazifikacije i acidifikacije dolazi kada godišnje količine oborina pređu 630 mm. S takvom tvrdnjom se slažu i Lasslet i sur. (1987.) koji navode da u njihovom području istraživanja nedvojbeno preplavlivanje tla najviše utječe na ekstremno niske pH vrijednosti tla. Škorić (1986.) navodi da sezonske varijacije vlage mogu utjecati na različita redukcijska i oksidacijska stanja unutar tla, što u konačnici ima direktan utjecaj i na pH takvog tla. Vukadinović i Vukadinović (2011.) opisuju to tako da je organo-mineralna frakcija tla podvrgnuta ispiranju otopinama kiselina u tlu te da frakcije postepeno prelaze u glinene kiseline koje se kasnije lako ispiru dublje slojeve tla. Nakupljanje takvih frakcija u dubljim slojevima tla će

intenzivirati već narušene vodozračne odnose i oksido – redukcijske uvjete tla.

Podrijetlo vodikovih iona te njegova koncentracija u tlu dovodi do podjele pH reakcije na tri kategorije: a) aktualna; b) supstitucijska (izmjenjiva); c) hidrolitička.

Aktualna ili stvarna kiselost nekog tla je prema Gavriiloaiei (2012.) izražena koncentracijom disociranih slobodnih protona u otopini tla ( $H^+$ ,  $OH^-$ ). Mjerenje aktualne kiselosti predstavlja jednu od najuobičajenijih i standardnih analitičkih metoda. Utjecaj stvarne kiselosti je velik na sva kemijska, fizikalna, ali i biološka svojstva tla. Izmjenjiva ili supstitucijska kiselost predstavlja prema Pansu i Gautheyrou (2006.) kiselost koja proizlazi iz protona fiksiranih na adsorpcijskom kompleksu nekog tla, a koji će se izmijeniti sa solima koje sadrže elektronegativnije elemente u odnosu na vodikove (1M KCl). Uz mjerenje aktualne kiselosti tla supstitucijska kiselost je također analitička metoda koja se koristi u laboratorijskim istraživanjima. Prema Vukadinović i Vukadinović (2011.) ona nam predstavlja aktualno stanje adsorpcijskog kompleksa tla čime direktno utječe na produktivnost tog tla. Osim mjerenja u KCl danas se sve više koriste mjerenja i u 0,01M  $CaCl_2$  čije se vrijednosti kreću između KCl i  $H_2O$ . Hidrolitička ili ukupna potencijalna kiselost nekog tla nastaje pri neutralizaciji vodikovih iona sa solima kiselina koje su sposobne zamijeniti se sa gotovo svim ionima  $H^+$  i  $Al^{3+}$ .

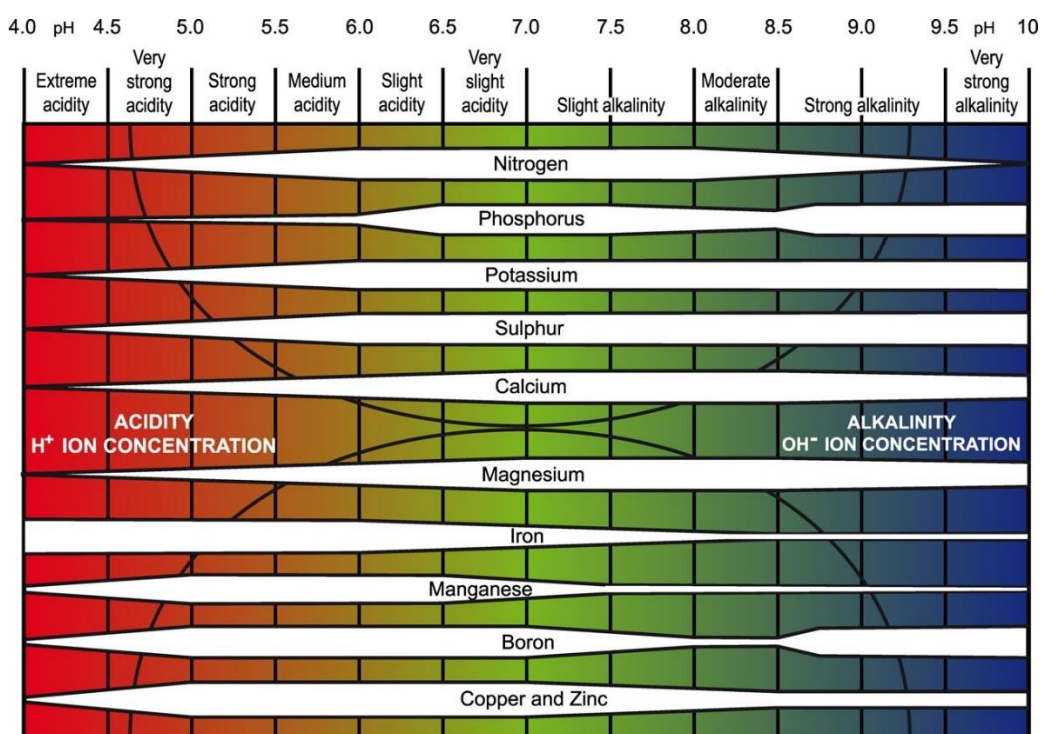
Nakon određivanja pH reakcije i svih analitičkih metoda koje su uključene, dobivene rezultate je potrebno kalibrirati. Kalibriranje vrijednosti predstavlja interpretaciju vrijednosti u rasponu vrijednosti radi lakšeg uvida u stanje tla. Sve vrijednosti se svrstavaju u raspon i svakom rasponu se dodaje opisna vrijednost koja označava tu vrijednost (Tablica 1.).

Tablica 1. Tumačenje rezultata pH reakcije tla  
(izvor: Scheffer i Schachtschabel, 2015.)

pH reakcija tla	pH (1 M KCl)
izrazito kiselo tlo	<4,0
jako kiselo tlo	4,0-4,9
umjereno kiselo tlo	5,0-5,9
slabo kiselo tlo	6,0-6,9
neutralno tlo	7,0
slabo alkalno tlo	7,1-8,0
umjereno alkalno tlo	8,1-9,0
jako alkalno tlo	9,1-10,0
izrazito alkalno tlo	>10,0

Ekstremno niske pH vrijednosti mogu znatno utjecati na fertilnost biljaka, ali i plodnost tla kroz koncentracije  $H^+$ ,  $Al^{3+}$  i  $OH^-$  iona u otopini tla (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Niske pH vrijednosti imaju niz loših utjecaja na biljke i tlo, a njih Fernandez i Hoefft (2009.) definiraju kao: 1. koncentracije topivih metala (aluminija i mangana) mogu biti toksične; 2. koncentracija mikroorganizama transformatora N, S i P može biti smanjena; 3. manjak Ca uz smanjenje vrijednosti KIK-a; 4. simbioza kvržičnih bakterija (fiksatora dušika) u usjevima mahunarki je smanjena; 5. kisela tla uz smanjene koncentracije organske tvari imaju lošiju strukturu (lošija obrada tla); 6. pristupačnost elemenata biljne ishrane je drastično smanjena (Slika 1.). Utjecaj pH vrijednosti na pristupačnost elemenata ovisi o pH reakciji, a većina svih elemenata, ali posebno makroelemenata (N, P i K), ima najbolju pristupačnost pri pH reakciji 5,5 do 7,5 (Slika 1.). Ukoliko vrijednosti padaju ili rastu iznad ovih vrijednosti smanjuje se njihova pristupačnost. Određeni elementi čija je pristupačnost previsoka pri nižim pH koncentracijama ili elementi čija je vrijednost niska u takvom stanju, može se popraviti kalciziranjem tla (povećanje pH vrijednosti). Takvu situaciju Vukadinović i Vukadinović (2011.) objašnjavaju kao neravnotežu između koncentracije kationa i aniona unutar biokemijski – fiziološke konstitucije tvari biljaka. Miller i Kissel (2000.) navode da je pH reakcije vrlo važno svojstvo s pogleda agrotehnike. Korovne vrste biljaka lakše podnose ekstremne pH vrijednosti i lakše će se adaptirati takvim stanjima nego kulturna biljka. Najoptimalnija pH vrijednost za sve kulturne biljke, ali i za ravnotežno stanje svih biokemijskih i fizioloških stanja unutar tla i biljke je 6,5 pH jedinica.

Kod ekstremnih pH reakcija potrebno je pristupiti mjerama popravka takvih vrijednosti. Povećanje pH reakcije se obavlja agrotehničkom mjerom kalcizacija. Povećanje pH vrijednosti je zahtjevniji i dugotrajniji proces zbog narušenog ravnotežnog stanja uslijed niskih pH vrijednosti (Gimsing i Goorgaard, 2001.). Fernandez i Hoefft (2009.) navode da bi kalcizaciju trebalo provoditi ukoliko su pH vrijednosti niže od 5,5 pH jedinica. Materijal kalcizacije može biti proizvoljan, ali je potrebno utvrditi koncentracije i oblik  $CaCO_3$  koji se nalazi u materijalu. Snižavanje pH reakcije bi trebalo provoditi ukoliko su pH vrijednosti niže od 7,5 pH jedinica jer tu dolazi do deficita gotovo svih elemenata, ali posebno makroelemenata. Snižavanje pH reakcije se provodi postepeno uz primjenu fiziološko kiselih gnojiva koji će svojim djelovanjem postepeno uspostaviti ravnotežu aniona i kationa u tlu te tako osigurati optimalne uvjete za biljku, ali i sve makro i mikroorganizme koji obitavaju u tlu u čine ga produktivnim za uzgoj biljaka (Fernandez i Hoefft, 2009.).



Slika 1. Utjecaj reakcije tla na usvajanje elemenata biljne ishrane (izvor: <https://cawood.co.uk/blog/keep-an-eye-on-your-ph-levels-soil-acidity-can-cost-yield/>)

Svaka kulturna biljka ima određeni afinitet prema toleranciji na niske ili visoke pH vrijednosti tla. Važnost monitoringa ovog kemijskog svojstva tla je izrazito bitno, a u Tablici 2. su vidljivi optimalni rasponi pH reakcije za pojedine kulturne biljke.

Tablica 2. Optimalne pH reakcije tla za pojedine usjeve/nasade (izvor: Vukadinović i Vukadinović, 2016.)

Kultura	Optimalan pH	Kultura	Optimalan pH
Krumpir	4,9 - 6,5	Pšenica	6,0 - 8,0
Jagoda	5,0 - 6,5	Soja	5,5 - 7,0
Krastavac	5,3 - 6,8	Zob	5,5 - 7,0
Djetelina	6,0 - 7,5	Rajčica	5,3 - 7,8
Jabuka	5,6 - 7,0	Suncokret	6,5 - 8,5
Ječam	5,5 - 7,0	Raž	5,0 - 7,0

Tijekom geneze i postanka tla, najveći utjecaj su imali pedogenetski procesi pod čijim su se utjecajem razvili različiti tipovi tala. Prema Škoriću (1986.) tipove tala možemo podijeliti u

odjele: automorfna, hidromorfna, halomorfna i subakvalna. Istraživanje se provodi na području istočne Slavonije na ukupno 7 različitih tipova tala, a 2 tipa tla su podijeljena na niže sistematske jedinice (podtip). Tipovi tala koji su uključeni u istraživanje su: eutrično smeđe, lesivirano (lesivirano tipično, lesivirano pseudoglejno), pseudoglej, aluvijalno tlo, pseudoglej glej, ritska crnica, močvarno glejno tlo (hipoglej i amfiglej).

Odjel automorfni tala prema Martinoviću (2000.) predstavljaju tla čiji razvoj i postanak karakterizira samo vlaženje oborinskim vodama, bez dopunskog navlaživanja tla. eutrično smeđe i lesivirano tlo pripadaju u odjel automorfni tala. eutrično smeđe tlo se prostire na 300000 ha u Republici Hrvatskoj, a pripada u klasu Kambičnih tala ili klasu s A – (B) – C horizontom (Škorić, 1986.). Usljed intenzivnije vlažnosti te u uvjetima dobre aeracije, nastaju u tlu specifični procesi koji dovode do stvaranja kambičnog horizonta ((B)). Martinović (1997.) navodi da se u kambičnom horizontu intenzivno troši mineralni dio kemijskim i biološkim trošenjem, čime se mijenja struktura stijene, ali i struktura cijelog tla. Škorić (1977.) navodi da su sva kemijska, biološka i fizikalna svojstva ovog tla vrlo dobra, te da se intenzivno koristi u poljoprivrednoj proizvodnji. lesivirano tlo predstavlja klasu eluvijalno – iluvijalnih tala ili A – E – B – C tla. Prema Škoriću (1986.) ova klasa predstavlja podmakli razvojni stadij odjela automorfni tala, čemu je dokaz prikazana klasna diferencijacija horizonata. Razvoj tala ove klase prema Martinoviću (2000.) opisuju procesi transformacije, ali i pojačana lesivaža (ispiranje) i premještanje vode i njoj otopljenih seskvioksida te koloidnih frakcija gline i humusa. Ovisno o horizontu tako se i mijenjaju određeni uvjeti u tlu, ali općenito uzeta svojstva ovog tipa tla nisu zadovoljavajuća u prirodnom stanju. Potrebno je obaviti određene agrotehničke zahvate kako bi se poboljšala produktivnost ovog tla. Ovisno o intenzitetu pedogenetskih procesa imamo podjele na podtipove od kojih su u istraživanju prisutni lesivirano tipično i lesivirano pseudoglejno tlo.

Odjel Hidromorfni tala obuhvaća sva tla koja imaju vidljive znakove prekomjernog vlaženja (Škorić, 1986.). Dopunska voda može biti: 1. Oborinska; 2. Dopunska (dodatna): 2.1. Slivena; 2.2. Poplavna; 2.3. Podzemna. Ovisno o utjecaju dopunskog vlaženja imamo i razvijene tipove tala koji su svrstani u 6 klasa. Prva klasa je Klasa nerazvijenih hidromorfni tala s građom profila (A) – G ili (A) – C. aluvijalno tlo pripada u ovu klasu, a prema Škoriću (1977.) predstavljaju recentne riječne, morske ili jezerske nanose koji su izraženi kroz slojeve. Svojstva aluvijalnog tla će ovisiti i o flotacionom materijalu od kojeg je nastalo pa

se o određenim svojstvima aluvijalnog tla ne može govoriti. Odjel hidromorfni tala čini i klasa pseudoglejnih tala s pseudoglejem kao jedinim tipom tla unutar klase. pseudoglej je tip tla kojeg prema Martinoviću (2000.) karakterizira građa profila A – Eg – Btg – C. Ovisno o intenzitetu procesa u tlu, ovisit će i svojstva pseudogleja, ali fizikalna svojstva općenito uzeta su loša zbog prisutnost iluvijalnog argiluvčnog horizonta s visokim sadržajima gline. Uz ove dvije klase u istraživanju su prisutni i tipovi tla Glejne klase s građom profila A – G (Škorić, 1986.). Prema Martinoviću (2000.) i Škoriću (1977.) tla ove klase karakteriziraju procesi i morfološki znakovi koji su rezultat dužeg ili kraćeg te trajnog zadržavanja prekomjernih količina vode u dijelu profila ili duž cijelog soluma tla. Ristka crnica ili Humoglej je tlo s dubokim humusnoakumulativnim horizontom i građe Aa – Gso. Prema Škoriću (1986.) problem je prekomjerna podzemna voda čija je amplituda kolebanja 150 cm. močvarno glejna tla su hidromorfna tla koja imaju izražene procese hidrogenizacije i redukcije. Hipoglej je tlo u kojem je do oglejavanja došlo uslijed prekomjerne podzemne vode, a Amfiglej je nastao pod utjecajem i podzemne, ali i poplavne vode (Škorić, 1977.).

### **1.1. Cilj istraživanja**

Cilj ovoga istraživanja je:

1. Usporediti metode određivanja pH reakcije tla u otopinama H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub> i KCl
2. Usporediti utjecaj omjera mase ili volumena tla i volumena otopine H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub> i KCl (v/v, m/v)
3. Prikazati mjerenje pH vrijednosti na 9 sistematskih jedinica tala (tip/podtip).

## 2. PREGLED LITERATURE

Čapka i sur. (2009.) iznose istraživanje gdje na 18 lokacija i 11 tipova tala te 15 nižih sistematskih jedinica mjere pH reakciju. Vrše usporedbu mjerenja pH reakcije u H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub> i KCl. Ponovljivost rezultata izražena kroz standardu devijaciju je iznosila od 0,21% do 3,87% u H<sub>2</sub>O, od 0,19% do 7,74% u KCl i od 0,25% do 4,19% u CaCl<sub>2</sub>. Dobivene korelacije u mjerenjima su jake, vrlo jake i apsolutne. Korelacijski koeficijent mjerenja je iznosio  $r=0.96$  za pH KCl/H<sub>2</sub>O,  $r=0.97$  za pH KCl/CaCl<sub>2</sub> i  $r=0.99$  za pH H<sub>2</sub>O/CaCl<sub>2</sub>.

Đurđević (2014.) navodi da je pH vrijednost tla najvažniji indikator plodnosti nekog tla te da ima izrazito velik utjecaj na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla. Različite kulture imaju i različit afinitet prema reakciji tla, ali za najveći broj kultura su najpogodnije vrlo slabo kisele ili vrlo slabo alkalne reakcije tla.

Edmeades i Wheeler (1990.) uspoređuju dvije metode mjerenja pH reakcije tla na Novom Zelandu. Istraživanje obavljaju na više stotina uzoraka gdje mjerenja vrše u KCl-u i u CaCl<sub>2</sub> te dolaze do zaključka da su vrijednosti u CaCl<sub>2</sub> znatno niže od vrijednosti koje su izmjerene u KCl-u, na određenim tipovima tla. Objašnjavaju to kao utjecaj niza činitelja u tlu te utjecaj adsorpcijskog kompleksa tla koji ima djelovanje kao pufer. Navode da bi primjena određene metode mjerenja reakcije tla trebala ovisiti o tipu tla i ostalim činiteljima.

Fernández i Hoef (2009.) procjenjuju utjecaj određenih svojstava na procjenu plodnosti tla. Na skali od 0 do 100, gdje je 0 nema nikakav značaj, a 100 ima visok značaj u procjeni, vrijednosti reakcije tla izmjerene u vodi imaju 100 ocjeniskih bodova (svojstvo s najvećom pouzdanošću). Reakciju tla smatraju kao najvažnije svojstvo u procjeni plodnosti zemljišta jer o njemu ovise svi ostali činitelji nekog tla. Što je veći otklon vrijednosti reakcije tla od 6,5 pH jedinica, to se i plodnost tla proporcionalno smanjuje.

Gavriloaiei (2012.) istražuje razlike izmjerenih vrijednosti reakcije tla u vodi i određenih otopina soli te provodi određivanje pH vrijednosti u H<sub>2</sub>O, KCl i CaCl<sub>2</sub>. Izmjerene vrijednosti u CaCl<sub>2</sub> su u prosjeku niže za  $0.604 \pm 0.146$  u odnosu na izmjerene vrijednosti u H<sub>2</sub>O, a dok su vrijednosti u KCl niže za  $0.895 \pm 0.104$  pH jedinica u odnosu na pH u H<sub>2</sub>O. Dobiven je jak koeficijent korelacije za vrijednosti u CaCl<sub>2</sub> koji iznosi  $r=0.984$ , a dok u KCl iznosi  $r=0.992$ . Utvrđeno je da su obe otopine su korisne u određivanju.

Gimsing i Borggaard (2001.) istražuju utjecaj pH vrijednosti na određena kemijska svojstva

tla. Obavljaju mjerenja u 0.01 M KCl, 0.1 M KCl and 0.01 M CaCl<sub>2</sub>. Istraživanje je pokazalo da su vrijednosti izmjerene u 0.1 M KCl najpouzdanije u odnosu na sve ostale jer su se kod ostalih odvijali određeni kemijski procesi koji su utjecali na ispravnost podataka.

Kabała i sur. (2016.) istražuju razlike u pH vrijednostima izmjerenih u omjerima 1:5 i 1:2,5. ISO standardi zahtijevaju mjerenje pH reakcije u omjeru 1:5, tj. 5 ml tla na 25 ml otopine. Danas se u većini zemalja Europske unije upotrebljava stara metoda gdje je taj omjer 1:2,5, tj. 10 g tla na 25 ml otopine. Autori utvrđuju određene razlike u mjerenjima gdje su vrijednosti izmjerene u KCl-u najrazličitije.

Kalra (1995.) iznosi istraživanje u kojem su sudjelovala 53 laboratorija iz velikog broja država. Uzimani su uzorci s istih tipova tala, ali iz različitih regija i država tako da se može usporediti utjecaj određenih klimatskih uvjeta na razvoj i postanak tla. Uspoređeni su podatci i došlo se do određenih zaključaka o degradaciji zemljišta i zagađenosti tla u nekim državama.

Laslett i sur. (1987.) prikazuju istraživanje gdje su mjerili pH reakciju tla na više uzoraka. Mjerenja su vršili u dvije otopine i to u H<sub>2</sub>O i CaCl<sub>2</sub>. Minimalne izmjerene vrijednosti u H<sub>2</sub>O su iznosile 4,8 pH jedinica, a najviše vrijednosti 5,82 što su izrazito kisele vrijednosti. Minimalne vrijednosti izmjerene u CaCl<sub>2</sub> su iznosile 4,02 pH jedinica, a dok su maksimalne vrijednosti iznosile 5,04 pH jedinica. Prosječna vrijednost izmjerena u H<sub>2</sub>O iznosi 5,26 pH jedinica, a u CaCl<sub>2</sub> 4,49. Dolaze do zaključka da su vrijednosti izmjerene u CaCl<sub>2</sub> niže od izmjerenih vrijednosti u H<sub>2</sub>O. Nakon obrade rezultata iznose predikcijske modele kretanja jedne vrijednosti u ovisnosti o dužoj na temelju obrađenih rezultata.

Martinović (1997.) navodi osnovne pojmove o tlu i definira tlo kao medij u kojem se biljke ukorijenjuju i dobivaju sve potrebne uvjete za rast i razvoj. Reakcija tla je jedno od svojstava koje je kroz dugi niz godina utjecalo na prmjještanje čestica unutar tla te odvelo klasifikaciju i sistematiku tala u određenom smjeru. Prikazuje tipove tala s njihovim kemijskim, fizikalnim i biološkim značajkama koje su nastale pod utjecajem pedogenetskih proces u tlu.

Martinović (2000.) prikazuje u svojoj knjizi tla u Hrvatskoj s osnovnim značajkama svakog tla. Svako tlo opisuje kroz kemijske, fizikalne i biološke značajke te pH reakciju kao osnovnu kemijsku značajku od velike važnosti. Tipovi tla koji su korišteni u ovome radu za pokus su



također opisani u knjizi te njihova kompletna pedogeneza što će olakšati u interpretaciji određenih rezultata pokusa.

Miller i Kissel (2010.) navode da je mjerenje pH tla jedno od najrutinskijih mjerenja u poljoprivrednoj praksi. Navode da je prema standardnoj metodi potrebno uzeti omjer 1:5, ali oni u istraživanju provode ispitivanje različitih omjera kako bi se izveli određeni zaključci. Istraživanje provode na mjerenju od 120 uzoraka poljoprivrednog tla iz baze podataka. Korelacija između mjerenja u H<sub>2</sub>O i CaCl<sub>2</sub> je izrazito visoka u iznosu od  $r^2 = 0,984$ . Utvrdili su da na njihovim tlima, tlima Sjeverne Amerike, suspenzija voda – tlo dovodi do visokih analitičkih mjerenja. Najpovoljnija metoda mjerenja pH reakcije tla za njihova tla bi bila u CaCl<sub>2</sub> u omjeru 1:1 koja daje najpovoljnije rezultate.

Minasny i sur. (2011.) navode da je pH tla mjerenje koje se najčešće provodi u svrhu porcjene dostupnosti hranjivih tvari za biljke. pH tla se obično mjeri u vodi ili 0,01 M CaCl<sub>2</sub>. Mjerenje pH tla u CaCl<sub>2</sub> obično se preferira jer na njega manje utječe koncentracija elektrolita u tlu i osigurava točnije mjerenje. Navode da je razlika u mjerenju između te dvije metode nastala po utjecajem slobodnih elektrolita u otopini tla. Uočili su da je pH razlika između dviju metoda postala manja s povećanjem električnom provodljivosti (EC). Stoga su razvili modele koji povezuju pH u CaCl<sub>2</sub> i vodi i uključuju. Također utvrđuju da su razlike manje pri pH vrijednostima između 4,5 i 7 te da bi u procjeni vrijednosti reakcije tla trebalo uključiti i električnu provodljivost koja ima visok utjecaj na vrijednosti mjerene u CaCl<sub>2</sub>.

Pansu i Gautheyrou (2006.) iznose različite metode mjerenja pH reakcije tla. Dvije najpoznatije metode u svijetu su pH u H<sub>2</sub>O i KCl. Samim time razlikujemo aktualnu i supstitucijsku kiselost koje predstavljaju ta dva mjerenja. Aktualna kiselost se koristi u iskazivanju vrijednosti svtarnog stanja tla, a supstitucijska ili izmjenjiva kod potreba kalcizacije zbog istiskivanja svih H<sup>+</sup> iona s adsorpcijskog kompleksa. Vrijednosti izmjerene u KCl-u su niže za 1-1,5 pH jedinica u odnosu na H<sub>2</sub>O što ovisi o nizu činitelja tla.

Rastija i sur. (2014.) u svom istraživanju utvrđuju prosječne pH vrijednosti u KCl koje su se kretale u rasponu od 3,74 do 5,16 pH jedinica na jednom setu uzoraka. Na drugom setu uzoraka utvrđena je prosječna pH vrijednost u rasponu od 4,20 do 4,60.

Sadovski (2019.) navode da se u Bugarskoj također pH najčešće mjeri u H<sub>2</sub>O ili KCl. U istraživanje su uključili velik broj uzoraka te na kraju napravili predikcijski model oba

rezultata u ovisnosti jenog o drugom. Korišten je veći broj funkcija kojima je cilj dobiti što pouzdanije mjerenje. Za sva mjerenja i dubine, linearna regresija čini 95,32% varijacije, što vrlo dobro predviđa vrijednosti u KCl. Na 304 uzorka prosječne vrijednosti u H<sub>2</sub>O su iznosile 6,42 pH jedinica, a dok su u KCl-u iznosile 5,5 pH jedinica.

Škorić i sur. (1977.) iznose reviziju i sistematiku tala Slavonije i Baranje. Prikazuju osnovna kemijska i fizikalna svojstva, ali i pH reakcije mjerene u H<sub>2</sub>O i KCl-u. Najdominantniji tipovi tala u Slavoniji su aluvijalno tlo, ritska crnica, pseudoglej s podtipovima i ostali tipovi tla koji su ujedno korišteni i u ovom istraživanju.

Thunjai i sur. (2001.) provode istraživanje gdje uzimaju iste uzorke tla, ali provode različite metode mjerenja pH reakcije kako bi utvrdili koje se metode čine najkorisnije. Suho tlo u omjerima 1:2,5, 1:5 i 1:10 je imalo veća pH očitavanja u odnosu na omjer 1:1. Mjerenja napravljena u KCl-u i CaCl<sub>2</sub> su očekivano imala dosta različita mjerenja od onih u H<sub>2</sub>O. Više pH vrijednosti su dobivene kada je pH mjeren bez prethodnog miješanja otopine tla i vode. Dobiveno je da je 20 min. optimalno vrijeme za dobivanje ispravnih rezultata. U istraživanju je potvrđeno da je i temperatura sušenja imala velik utjecaj na izmjerene pH vrijednosti, ali da je najpouzdanija metoda sušenja na 40°C do 60°C. Veličina čestica nije imala bitan utjecaj na pH vrijednosti.

Vukadinović i Vukadinović (2011.) navode da je pH nekog tla, ujedno i redoks potencijal, određen mineralnim i organskim dijelom tla koji se mijenjao pod utjecajem agroekoloških uvjeta i pedogenetskih procesa. Reakcija tla je niža u prvih 5 cm tla u odnosu na dublje slojeve za čak 0,5 – 1 pH jedinica. Postepeno zakiseljavanje tla, tj. debazifikacija i acidifikacija površinskih dijelova započinje kada je godišnja količina oborina veća od 630 mm.

Vukadinović i Vukadinović (2016.) deifiniraju supstitucijsku ili izmjenjivu kiselost kao svojstvo koje najbolje opisuje stanje adsorpcijskog kompleksa tla. Činjenično potvrđeno, pH je negativan logaritam koncentracije vodikovih iona, samim time je koncentracija vodikovih iona mjerena u KCl-u za čak deset puta veća nego od vrijednosti izmjerene u H<sub>2</sub>O. U današnje vrijeme se sve češće koristi mjerenje i u CaCl<sub>2</sub> što predstavlja vrijednost koja se kreće u rasponu između KCl-a i H<sub>2</sub>O. Takvo mjerenje u CaCl<sub>2</sub> je povoljnije jer manje ovisi o stanju vlažnosti tla i prisutnosti određenih elektrolita u tlu.

Vukadinović i Vukadinović (2018.) navode da je kod procjene pogodnosti zemljišnih resursa pH reakcija jedno od najvažnijih svojstava. Procesima debazifikacije i acidifikacije dolazi do niza problema u oraničnom sloju što uzrokuje ispiranje gline i humusa u dublje slojeve tla. Samim time u tako kiselim uvjetima neki toksični ioni vodika, aluminija i željeza postaju otrovni, tj. toksični za kulturne biljke, ali i krajnje konzumente tih proizvoda.

Zebeć (2015.) u svom istraživanju utvrđuje prosječne vrijednosti supstitucijske kiselosti (pHKCl) istraživanih tala u rasponu od 3,27 do 7,91, sadržaj humusa se kretao od 0,83 do 11,80 %. Prosječan raspon gline u teksturnom sastavu istraživanih tala se kretao u rasponu od 3,40 do 45%.

### 3. MATERIJAL I METODE

#### 3.1. Terenska istraživanja

Terenska istraživanja su provedena u svrhu prikupljanja uzoraka na tlima istočne Slavonije. Uzorci su prikupljeni na 9 tipova tala iz oraničnog horizonta (0-30 cm). Sa svakog tipa tla uzorkovano je po 15 uzoraka što je u konačnici 135 uzoraka tla (Tablica 3.). Nakon odrađenih terenskih istraživanja te utvrđivanja svih ektomorfoloških (mrtvi i živi poktovi, reljef) i endomorfoloških (sklop profila, boja, struktura, tekstura, sadržaj karbonata i specifične pedodinamske tvorevine) svojstava, uzorci su odneseni u laboratorijsku jedinicu gdje su obavljena daljnja istraživanja. Uzimanje uzoraka tla je obavljeno sondom, gdje se sukcesivnim slaganjem sondažnih izvudaka definirao tip tla, tj. broj i redoslijed horizonata što ga i čini. Svaki sondažni izvadak je detaljno opisan u obrazac uzimanja uzoraka kako bi se olakšala determinacija tipa tla (Zebec, 2015.).

Tablica 3. Sistematika i klasifikacija tala u istraživanju

Odjel	Klasa	Tip	Podtip/varijetet	Broj uzoraka
Automorfna	Kambična	Eutrično smeđe	-	15
	Eluvijalno - iluvijalna	Lesivirano	Lesivirano	15
			Lesivirano pseudoglejno	15
Hidromorfna	pseudoglejna	Pseudoglej	-	15
	Nerazvijena	Aluvij	-	15
	Glejna	Pseudoglej glej	-	15
			-	15
		Močvarno glejna	Hipoglej	15
			Amfiglej	15
<b>Ukupno uzoraka (n):</b>				<b>135</b>

#### 3.2. Laboratorijska istraživanja

Nakon odrađenih terenskih istraživanja uzeti uzorci tla se donose u laboratorijsku jedinicu za obradu i standardizaciju uzoraka. Uzorci se zatim rastresu, odstrane se strane primjese te se šalju na sušenje. Nakon sušenja uzorci se prosijavaju kroz sito od 2 mm gdje se odstrani skelet tla i dostavljaju u laboratoriji za daljnja laboratorijska istraživanja.

### 3.2.1. *Kemijska svojstva tla*

#### 3.2.1.1. *Određivanje pH reakcije tla*

Mjerenje pH reakcije tla je jedno od najvažnijih laboratorijskih istraživanja. Prema HRN ISO 10390:2021 metodi pH reakcija tla se određuje na način da se 5 ml tla prelije s 25 ml otopine. Takav način mjerenja se ne prakticira u svim laboratorijskim jedinicama u Hrvatskoj. Najčešća metoda koja se koristi se provodi na način da se 10 g tla prelijeva s 25 ml otopine. Omjer tla i otopine je najbitnije svojstvo kod mjerenja pH reakcije nekog tla. Prema standardnoj HRN ISO 10390:2021 metodi omjer tla i otopine je 1:5 (v/v), što je i pravilno, ali se najčešće koristi omjer 1:2,5 (m/v). Obe metode uključuju jednake koncentracije otopina i cijelokupni postupak, dok se razlikuje samo količina tla (Tablica 4.).

Postupak mjerenja se obavlja prema metodi HRN ISO 10390:2021 gdje je preduvjet prethodno prosijano tlo kroz sito 2 mm. Uzorak tla mora biti zrakosuh i ne smije imati organske primjese kako se ne bi kontaminirala otopina za mjerenje. Svaka metoda mjerenja zahtijeva i određenu otopinu kojom će se tlo preliti, a otopina se mora dobro pripremiti kako bi mjerenja bila ispravna. Ovisno o podmetodi (v/v ili m/v) uzima se određena količina tla i premješta u posude za mjerenje. Kod podmetode v/v uzorak tla se uzima s žlicom poznatog volumena 5 ml (Slika 3.). Uzorak nakon što se zagrabi, poravna se po površini žlice kako bi se dobio točan volumen tla. U slučaju podmetode m/v na tehničkoj vagi se odvaži 10 g zrakosuhog tla i prenese u posudu za mjerenje (HRN ISO 10390:2021).

Nakon pripreme uzorka, tlo prelijevamo s 25 ml otopine koja je propisana metodom. Tlo se prelijeva s 25 ml H<sub>2</sub>O kako bi se dobila aktualna kiselost nekog tla. Kod supstitucijske kiselosti tlo prelijevamo s 25 ml 1M KCl, a uz ove dvije otopine u istraživanju je korištena i metoda prelijevanja s 25 ml 0,01M CaCl<sub>2</sub>. Nakon prelijevanja tla suspenzija otopine i tla se promiješa staklenim štapićem i ostavi stajati 30 min. Tijekom stajanja suspenzije, potrebno je kalibrirati pH-metar u tri točke. Za standardizaciju pH-metra se koriste određene puferne otopine s poznatim pH vrijednostima. Najprije se kalibrira u otopini 4 pH jedinice pa zatim u otopinama 7 i 9 pH jedinica. Nakon kalibracije pH-metra pristupa se mjerenju CRM-a (6,68 pH jedinica) kako bi se ustvrdilo je li kalibracija pravilno provedena. Nakon prethodno odrađenog posla pristupa se mjerenju uzoraka tako da se staklena elektroda uroni u čašicu i pričekava dok se brojčane vrijednosti ne stabiliziraju. Očitavanje je konačno nakon što se vrijednost ne promijeni unutar 10 sekundi za više od 0,02 pH jedinica (ISO 10390:2021).

Tablica 4. Prikaz mjerenja po metodama i podmetodama

Metoda	Podmetoda	Broj uzoraka
pH H <sub>2</sub> O	pH H <sub>2</sub> O v/v (1:5)	135
	pH H <sub>2</sub> O m/v (1:2,5)	135
pH CaCl <sub>2</sub>	pH CaCl <sub>2</sub> v/v (1:5)	135
	pH CaCl <sub>2</sub> m/v (1:2,5)	135
pH KCl	pH KCl v/v (1:5)	135
	pH KCl m/v (1:2,5)	135
<b>Ukupno mjerenja (n):</b>		<b>810</b>

#### 3.2.1.1.1. Metoda određivanja pH reakcije tla u H<sub>2</sub>O – v/v i m/v

Pri mjerenju pH reakcije u H<sub>2</sub>O koristi se destilirana, tj. deionizirana voda. Postupak mjerenja je jednak kao i kod ostalih metoda. Nakon pripreme 5 ml (v/v) ili 10 g (m/v) tla, uzorak prelijemo s 25 ml H<sub>2</sub>O i ostali postupak mjerenja je prethodno opisan u prethodnom poglavlju 3.1. Pri mjerenju alkalnih vrijednosti tla u H<sub>2</sub>O potrebno je više vremena držati elektrodu uronjenu u otopini kako bi se vrijednosti dovoljno stabilizirale i rezultat bio mjerodavan u istraživanju. Potrebno je nakon svakog mjerenja dobro isprati elektrodu kako se ne bi kontaminirao idući uzorak koji će se mjeriti.

#### 3.2.1.1.2. Metoda određivanja pH reakcije tla u CaCl<sub>2</sub> – v/v i m/v

Pri metodi CaCl<sub>2</sub> također je cjelokupni postupak jednak, ali se razlikuje priprema otopine. Po metodi ISO 10390:2021 koristi se 0,01M CaCl<sub>2</sub> koji dobijemo vaganjem 1,47 g čistog CaCl<sub>2</sub> kojeg prelijemo s vodom do oznake na odmjerne tikvici. Otopinu je potrebno pomiješati i ostaviti kako bi se sve dobro homogeniziralo. Za potrebu istraživanja potrebno je osigurati 6,75 l 0,01M CaCl<sub>2</sub> ((135 uzoraka x 2 podmetode) x 25 ml CaCl<sub>2</sub>). Vrijednosti izmjerene u CaCl<sub>2</sub> su u pravilu između vrijednosti koje su izmjerene u H<sub>2</sub>O i KCl.

#### 3.2.1.1.3. Metoda određivanja pH reakcije tla u KCl – v/v i m/v

Priprema otopine 1M KCl se vrši tako da se odvaži 74,5 g čistog KCl i prelije s vodom do oznake 1000 ml na odmjerne tikvici. Potrebno je otopinu dobro promiješati i ostaviti dovoljno vremena kako bi se sav KCl otopio u vodi. Za istraživanje je potrebno pripremiti također 6,75 l 1M KCl ((135 uzoraka x 2 podmetode) x 25 ml KCl). Mjerenja u KCl su najkraćeg vremena jer se elektroda najbrže prilagodi takvoj otopini.



Slika 2. pH metar

#### 3.2.1.2. *Određivanje sadržaja organske tvari*

Sadržaj organske tvari je određen prema metodi HRN ISO 10694:2004 koja podrazumijeva bikromatnu metodu. Metoda podrazumijeva mokro spaljivanje organske tvari s  $K_2Cr_2O_7$  (kalijev bikromat). Postupak podrazumijeva vaganje sitnice tla 0,2 – 0,5 g te prenošenje u erlenmajerovu tikvicu. Nakon prenošenja uzorak se prelije s 1M  $K_2Cr_2O_7$ . Uzorak se prokuha 5 minuta, prenosi u veće tikvice i dopuni do oznake 150 ml. Nakon toga se dosipava fosforna kiselina do pojave zelene boje. Nakon prethodnog postupka pristupa se mjerenju organskog C spektrofotometrom i sadržaj organske tvari se dobije preračunom kroz koeficijent 1,724.

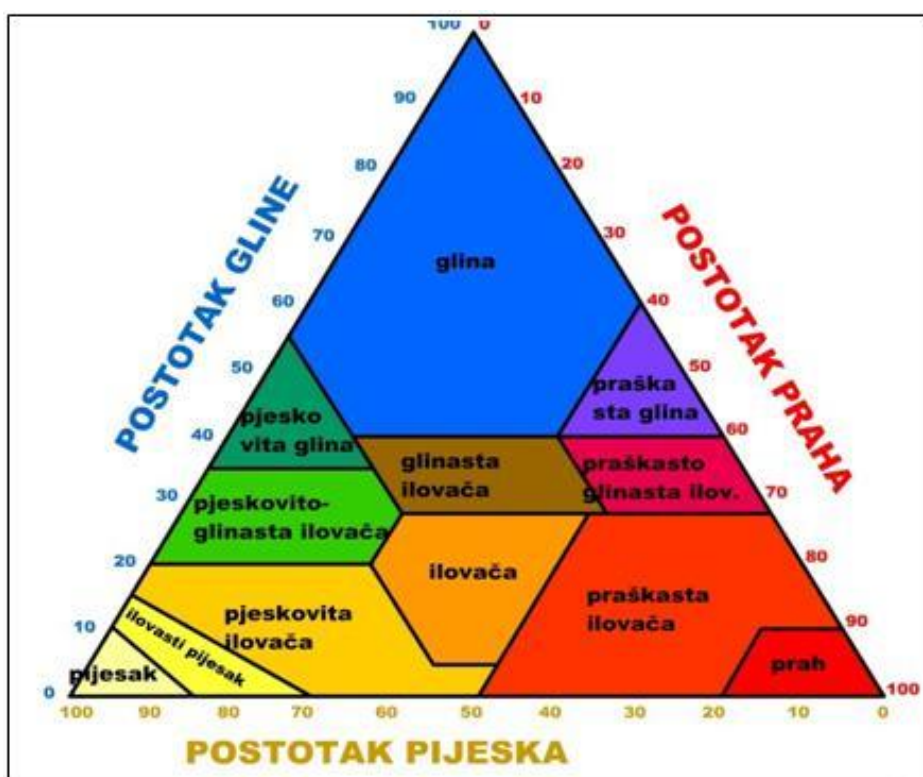
#### 3.2.1.3. *Određivanje kationskog izmjenjivačkog kapaciteta ( $BaCl_2$ )*

Određivanje kationskog izmjenjivačkog kapaciteta (KIK-a) metodom barij klorid ( $BaCl_2$ ) se provodi prema metodi ISO 11260:1994+Cor 1: 1996. Potupak određivanja se provodi u tri koraka. Prvi korak je odvagati 2,5 g zrakosuhog tla u prethodno odvagane posude. Tlo je u tri navrata preliveno s 0,1M  $BaCl_2$  (24,43 g  $BaCl_2$ /1000 ml vode). Nakon mućkanja i mirovanja u ovoj suspenziji su određene koncentracije Na, K, Ca i Mg. Po završetku određivanja pojedinih elemenata ukupna vrijednost KIK-a je određena formulom.

### 3.2.2. Fizikalna svojstva tla

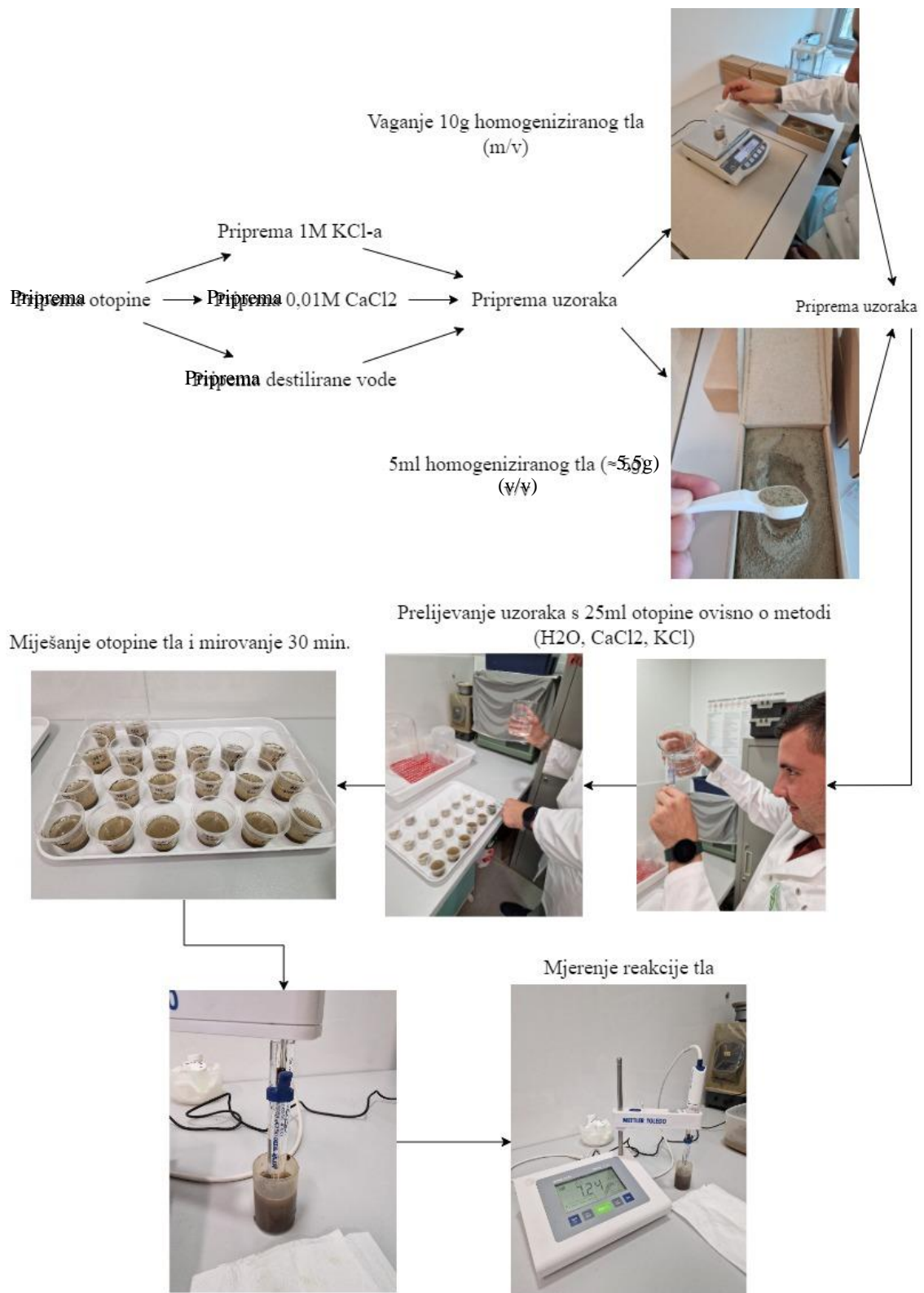
#### 3.2.2.1. Određivanje teksture tla

Tekstura je jedan od bitnih pokazatelja plodnosti tla i ima visok utjecaj na sva fizikalna, kemijska i biološka svojstva u tlu. Tekstura tla je određena po metodi HRN ISO 11277:2011 koja uključuje primjenu  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  koji u suspenziji djeluje kao dispergent, tj. raspršuje čestice tla radi lakšeg raspoljavanja i pojedinog mjerenja. Odvaje se 10 g zrakovitog tla koji se prenese u odmjernu tikvicu od 150 ml. Uzorak se prelije s 25 ml  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  te ostavi stajati neko vrijeme. Prvo se suspenzija prelijeva preko sita veličine 0,2 mm gdje zaostaju čestice krupnog pijeska (0,2 – 2 mm) koje se suše i odvažu. Preostale čestice se određuju pipetiranjem (prah, glina) ili računski (sitni pijesak). Pipetiranjem se određuje količina praha i gline u uzorku tla. Čestice praha i gline se nakon mućkanja od 1 min te mirovanja od 4 min i 48 sec nalaze točno na dubini od 10 cm. Nakon tog vremena pipetiramo uzorak i prenosimo u posudu koju važno i dobijemo odvagom praha i gline. Čestice manje od 0,02 mm (gline) se pipetiraju nakon 4 h s dubine 10 cm i također prenosi u posudu koja se odvaže. Sve odvage se računskim putem preračunaju i dobije se postotni udio svakog mehaničkog elementa u tlu. Udio mehaničkih elemenata je moguće odrediti kroz teksturni trokut (Slika 3.).



Slika 3. Teksturni trokut (izvor: Soil Survey Division Staff, 1993.)





Slika 4. Shematski prikaz metoda za mjerenje reakcije tla

## 4. REZULTATI

### 4.1. Agrokemijska i agrofizikalna svojstva istraživanih tala

Provedenim istraživanjem utvrđene su vrijednosti osnovnih agrokemijskih i agrofizikalnih svojstava u svrhu utvrđivanja utjecaja istih na mjerenje pH vrijednosti nekog tla. Prosječno utvrđena količina humusa na tlima je 2,66%, dok je minimalna vrijednost iznosila 0,83% na močvarno glejnom amfiglejnom tlu, a maksimalna 11,80% na ritskoj crnici. Vrijednosti KIK-a prosječno su iznosile 22,04 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, dok je minimalna vrijednost od 4 cmol (+) kg<sup>-1</sup> utvrđena na pseudogleju, a maksimalna 47,50 cmol (+) kg<sup>-1</sup> na močvarno glejnom amfiglejnom tlu. Minimalne utvrđene vrijednosti gline su iznosile 1,83% na aluvijalnom tlu, a maksimalne 58,86% na močvarno glejnom amfiglejnom tlu.

Tablica 5. Kemijska i fizikalna svojstva istraživanih tala

		Humus	KIK-BaCl <sub>2</sub>	KP	SP	KPr	SPr	G
Svi uzorci	Prosjek	2,66	22,04	1,96	7,76	36,46	30,14	23,67
	Min.	0,83	4,00	0,18	0,51	6,32	7,84	1,83
	Max.	11,80	47,50	26,61	60,25	56,27	40,34	58,86
Eutrično smeđe tlo	Prosjek	2,61	22,59	0,58	2,51	41,58	31,72	23,61
	Min.	1,83	12,64	0,24	0,68	37,91	28,74	16,86
	Max.	3,17	32,12	2,12	9,92	45,69	35,16	29,97
Lesivirano tlo	Prosjek	1,85	12,08	2,64	5,90	40,25	32,33	18,88
	Min.	1,31	5,43	0,64	1,81	27,27	22,96	11,95
	Max.	2,41	22,13	7,86	25,14	46,21	38,56	24,79
Lesivirano pseudoglejno tlo	Prosjek	1,85	16,22	1,83	2,92	44,09	30,89	20,28
	Min.	1,31	11,37	0,51	1,22	35,75	17,43	13,90
	Max.	3,10	29,62	4,57	9,27	56,27	35,37	26,76
Pseudoglej	Prosjek	2,26	9,81	3,00	5,46	43,26	31,77	16,52
	Min.	1,62	4,00	1,67	1,67	37,37	22,54	10,76
	Max.	3,11	14,95	6,25	16,20	47,73	37,35	24,02
Aluvijalno tlo	Prosjek	2,06	22,47	4,49	35,67	33,32	20,01	6,51
	Min.	1,14	15,36	0,40	13,38	15,86	7,84	1,83
	Max.	2,72	31,88	26,61	60,25	44,06	34,31	13,62
Pseudoglej - glej	Prosjek	2,37	17,21	1,81	6,06	38,75	29,57	23,81
	Min.	1,52	6,39	0,47	1,37	29,10	18,88	11,96
	Max.	3,41	28,21	5,08	23,25	49,38	34,90	33,66
Ritska crnica	Prosjek	4,94	37,34	0,60	3,10	27,80	33,58	34,92
	Min.	2,62	26,46	0,18	0,51	10,06	25,63	26,01
	Max.	11,80	44,89	1,61	12,35	39,26	40,34	46,81
Močvarno glejno hipoglejno	Prosjek	2,62	26,09	1,60	4,37	35,24	29,72	29,06
	Min.	2,00	15,52	0,44	1,08	19,92	21,99	22,00
	Max.	3,71	35,70	10,77	25,31	41,55	34,40	38,76
Močvarno glejno amfiglejno	Prosjek	3,43	34,55	1,12	3,87	23,85	31,70	39,46
	Min.	0,83	19,62	0,47	0,88	6,32	21,98	26,25
	Max.	7,03	47,50	2,69	10,46	40,23	37,55	58,86

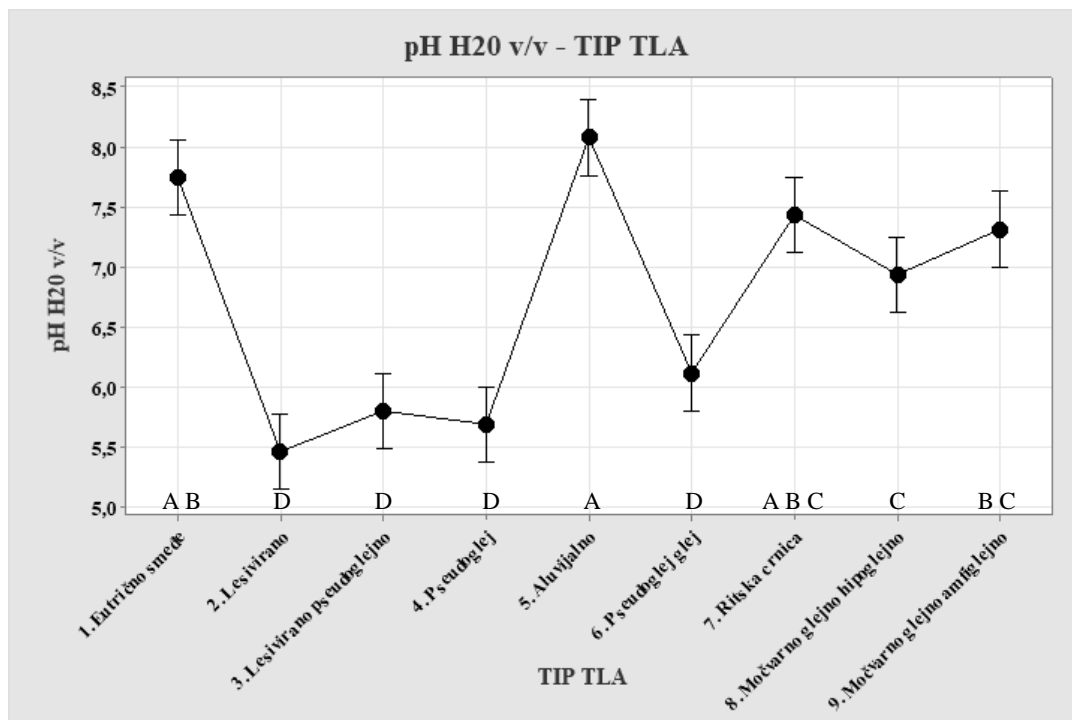
Prosječan teksturni sastav istraživanih tala je iznosio: 1,96% krupni pijesak (KP), 7,76% sitni pijesak (SP), 36,46% krupni prah (KPr), 30,14% sitni prah (SPr) i 23,67% gline (G). Najveća prosječna količina humusa u iznosu 4,94% utvrđena je na ritskoj crnici, a dok je najveća prosječna vrijednost KIK-a utvrđena također na ritskoj crnici u iznosu od 37,34 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Prosječno najviši sadržaj gline je utvrđen na močvarno glejnom amfiglejnom u iznosu od 39,46% (Tablica 5.).

## 4.2. Utvrđene pH vrijednosti tla po metodi

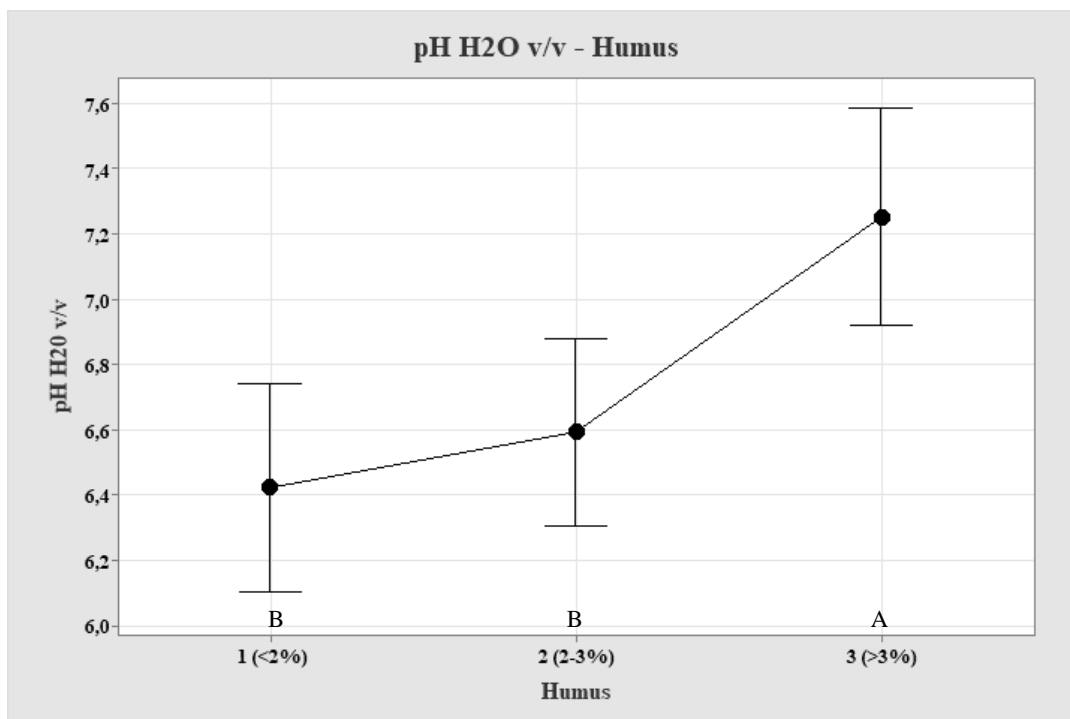
### 4.2.1. Utvrđene pH vrijednosti tla metodom H<sub>2</sub>O v/v

Provedenim istraživanjem, mjereno u H<sub>2</sub>O v/v, utvrđena je prosječna pH vrijednost u iznosu od 6,73 u cijelom setu uzoraka. Minimalna pH vrijednost u iznosu od 4,88 izmjerena je na lesivirano pseudoglejnom tlu, a dok je maksimalna vrijednost u iznosu od 8,6 utvrđena na amfigleju. Najviše prosječne pH vrijednosti izmjerene su na aluvijalnom tlu u iznosu od 8,07 te na eutrično smeđem tlu od 7,75 (Grafikon 1.). Najniže prosječne vrijednosti su utvrđene na lesiviranom tlu u iznosu od 5,46 te na pseudogleju u iznosu od 5,69. Statistički značajno više vrijednosti utvrđene su na aluvijalnom tlu (8,07) u odnosu na močvarno glejno amfiglejno (7,3), močvarno glejno hipoglejno (6,93), lesivirano pseudoglejno (5,8), pseudoglej (5,69), pseudoglej glej (6,62) i lesivirano tlo (5,46), dok u odnosu na eutrično smeđe (7,75) i ritsku crnicu (7,43) nema statistički značajne razlike. Statistički značajno niže vrijednosti utvrđene su na lesiviranom tlu u odnosu na aluvijalno tlo, eutrično smeđe, ritsku crnicu, močvarno glejno amfiglejno i močvarno glejno hipoglejno dok u odnosu na pseudoglej glej, lesivirano pseudoglejno i pseudoglej nema statistički značajne razlike. Utjecaj sadržaja humusa na mjerenje pH vrijednosti u H<sub>2</sub>O v/v iskazan je kroz koeficijent korelacije u iznosu od r=0,27. Statistički značajno više vrijednosti su izmjerene na tlima s više od 3% humusa, a niže na tlima s manje od 2% i u rasponu od 2 do 3%, a između navedenih nižih vrijednosti nema statistički značajne razlike (Grafikon 2.). Koeficijent korelacije pH vrijednosti mjerene u H<sub>2</sub>O v/v i sadržaja gline iznosi r=0,07. Statistički značajno više pH vrijednosti izmjerene su na tlima s više od 27%, a niže na tlima s manje od 20% (Grafikon 3.). Vrijednosti u rasponu 20-27% gline nemaju statistički značajne razlike na navedene vrijednosti. Koeficijent korelacije pH vrijednosti mjerene u H<sub>2</sub>O v/v i KIK-a (BaCl<sub>2</sub>) iznosi r=0,56. Statistički značajno više pH vrijednosti utvrđene su na tlima s vrijednostima KIK-a višim od 25 cmol (+) kg<sup>-1</sup> i u rasponu 15-25 cmol (+) kg<sup>-1</sup> u odnosu na

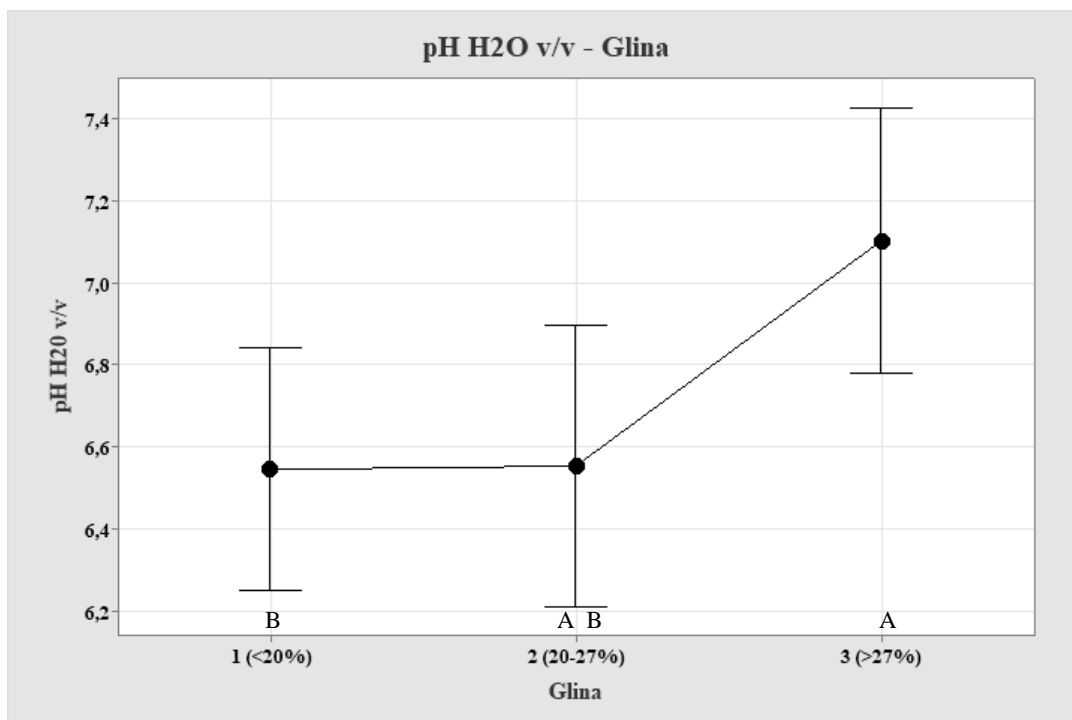
vrijednosti KIK-a koje su niže od  $15 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ , dok između viših vrijednosti od  $25 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  i u rasponu  $15\text{-}25 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  nema statistički značajne razlike (Grafikon 4.).



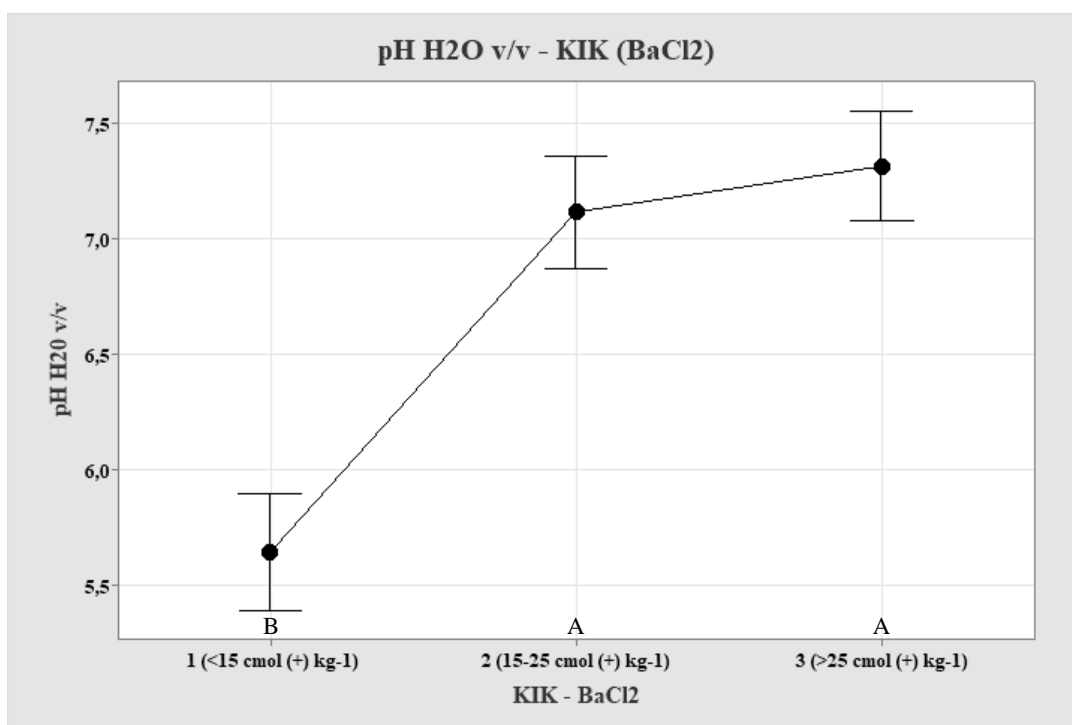
Grafikon 1. Utvrđene pH vrijednosti na tipovima tla metodom H<sub>2</sub>O v/v



Grafikon 2. Utjecaj sadržaja humusa s izmjerenim pH vrijednostima metodom H<sub>2</sub>O v/v



Grafikon 3. Utjecaj sadržaja gline s izmjerenim pH vrijednostima metodom H<sub>2</sub>O v/v

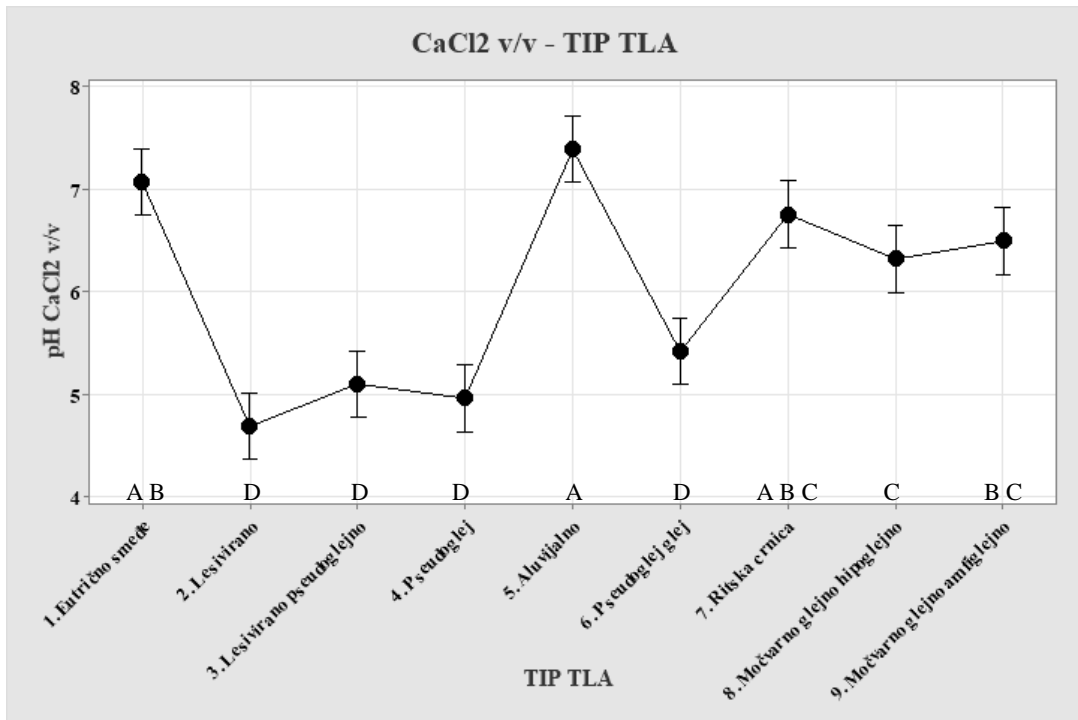


Grafikon 4. Utjecaj vrijednosti KIK-a (BaCl<sub>2</sub>) na izmjerene pH vrijednosti metodom H<sub>2</sub>O v/v

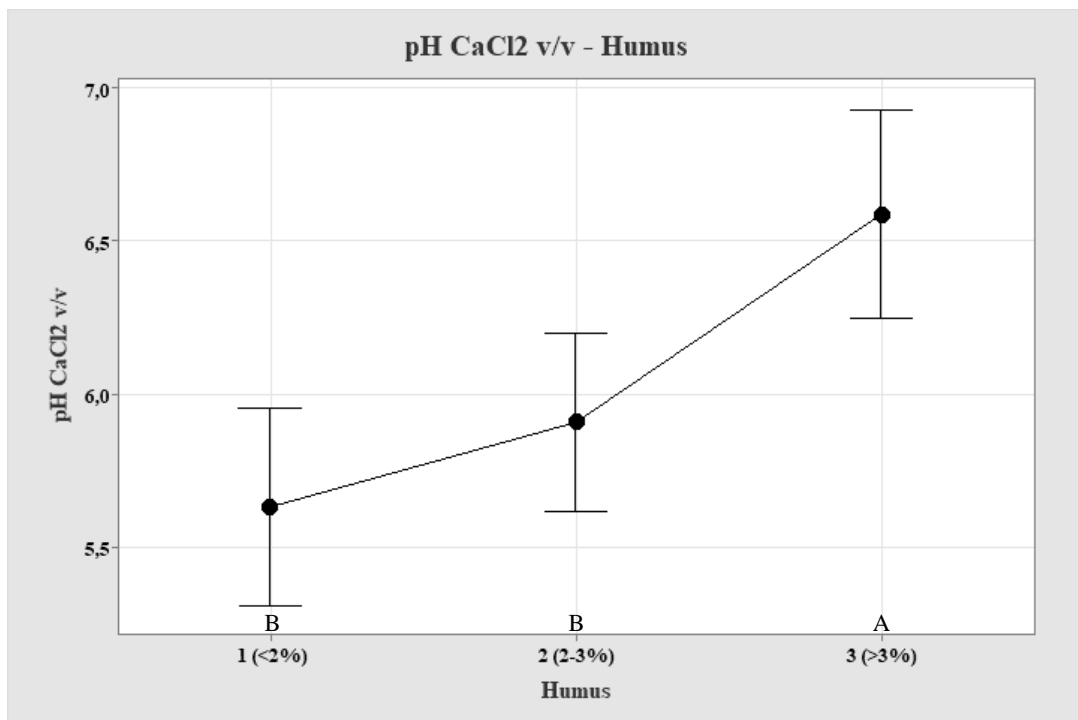
#### 4.2.2. Utvrđene pH vrijednosti tla metodom $\text{CaCl}_2$ v/v

Provedenim istraživanjem mjerenja pH vrijednosti po metodi  $\text{CaCl}_2$  v/v utvrđene su minimalne pH vrijednosti na pseudoglej gleju u iznosu od 4,09, a dok je maksimalna vrijednost iznosila 7,76 utvrđena na močvarno glejno amfiglejnom tlu. Prosječno najniže pH vrijednosti utvrđene su na lesiviranom tlu (4,68) i na pseudogleju (4,96). Najviše prosječne pH vrijednosti izmjerene su na aluvijalnom (7,38) i eutrično smeđem tlu (7,07). Statistički značajno više pH vrijednosti utvrđene su na aluvijalnom tlu u odnosu na močvarno glejno amfiglejno (6,49), močvarno glejno hipoglejno (6,31), pseudoglej glej (5,41), lesivirano pseudoglejno (5,1), pseudoglej i lesivirano tlo, dok u odnosu na eutrično smeđe i ritsku crnicu (6,75) nema statistički značajne razlike (Grafikon 5.). Statistički značajno niže pH vrijednosti su utvrđene na pseudoglej gleju, lesivirano pseudoglejnom, lesiviranom tlu i pseudogleju u odnosu na ostale tipove tala dok između navedenih tipova tala nema statistički značajne razlike u pH vrijednosti.

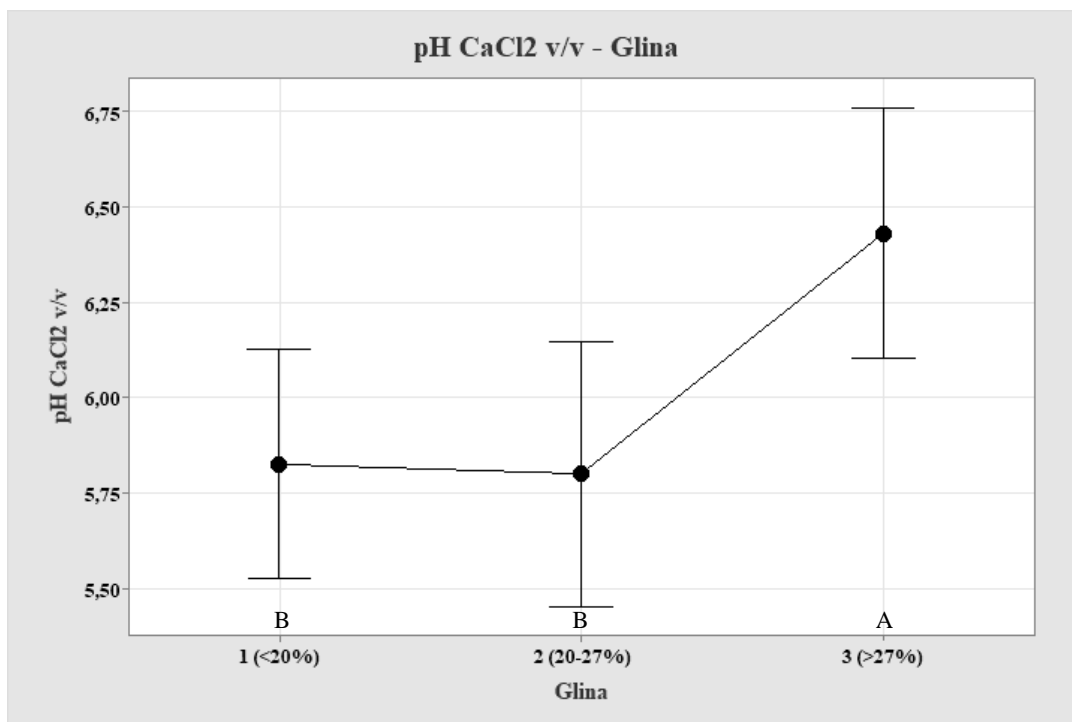
Utjecaj sadržaja humusa u tlu na mjerenje pH vrijednosti po metodi  $\text{CaCl}_2$  v/v iskazan je kroz koeficijent korelacije u iznosu od  $r=0,29$ . Statistički značajno više pH vrijednosti (6,59) izmjerene su na tlima s više od 3% humusa u odnosu na tla sa sadržajem humusa 2-3% (5,91) i manje od 2% (5,63) (Grafikon 6.). Tla s manje od 2% i u rasponu 2-3% imaju statistički značajno niže vrijednosti u odnosu na tla s više od 3%, ali međusobno nemaju statistički značajne razlike u izmjerenim pH vrijednostima. Teksturni sastav tla, tj. sadržaj gline u nekom tlu, ima određeni utjecaj na mjerenje pH vrijednosti po metodi  $\text{CaCl}_2$  v/v iskazan kroz koeficijent korelacije u iznosu od  $r=0,09$ . Tla koja sadrže više od 27% gline imaju statistički značajno više pH vrijednosti (6,43) u odnosu na tla s manje od 20% (5,83) i 20-27% (5,8) gline. Statistički značajno niže pH vrijednosti su izmjerene na tlima čiji je sadržaj manji od 20% ili 20-27% gline, ali međusobno nemaju statistički značajnu razliku u pH vrijednosti. Vrijednosti KIK-a nekog tla također imaju utjecaj na mjerenje pH vrijednosti po metodi  $\text{CaCl}_2$  v/v koji je prikazan kroz koeficijent korelacije u iznosu  $r=0,58$ . Vrijednosti KIK-a više od 25  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  i 15-25  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  imaju statistički značajno više pH vrijednosti u odnosu na vrijednosti KIK-a niže od 15  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ . Statistički značajno niže pH vrijednosti su izmjerene na tlima s KIK-om nižim od 15  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  u odnosu na 25  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  i 15-25  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ , ali oni međusobno nemaju statistički značajnu razliku u pH vrijednostima.



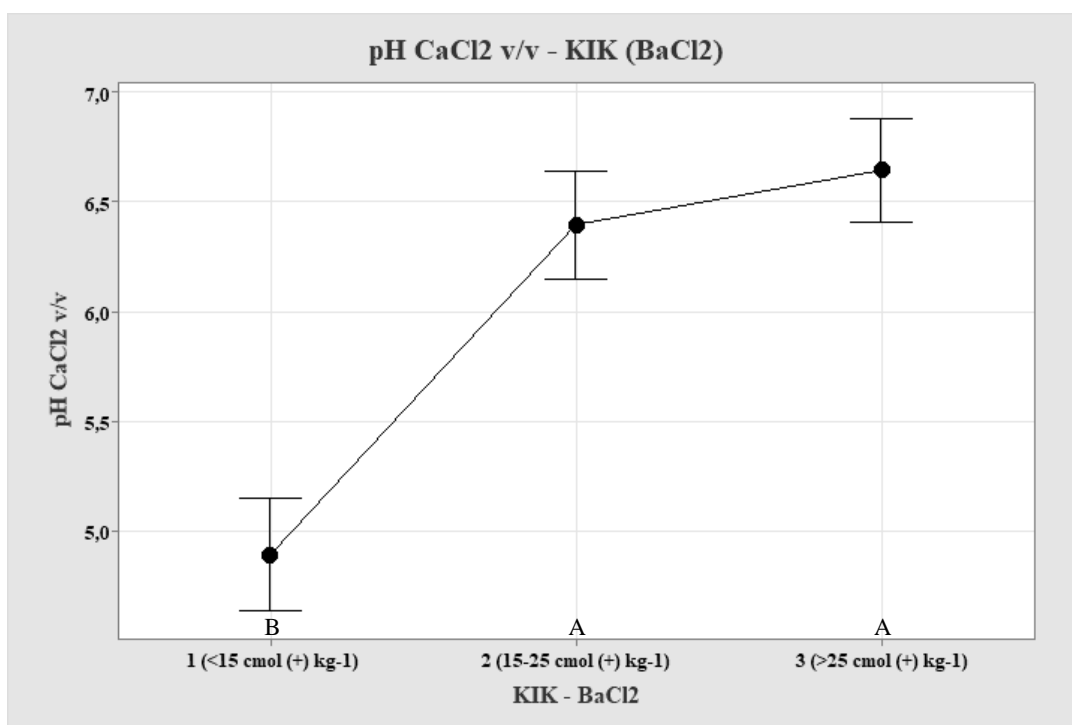
Grafikon 5. Utvrđene pH vrijednosti na tipovima tala metodom CaCl<sub>2</sub> v/v



Grafikon 6. Utjecaj sadržaja humusa na izmjerene pH vrijednosti metodom CaCl<sub>2</sub> v/v



Grafikon 7. Utjecaj sadržaja gline na izmjerene pH vrijednosti metodom CaCl<sub>2</sub> v/v



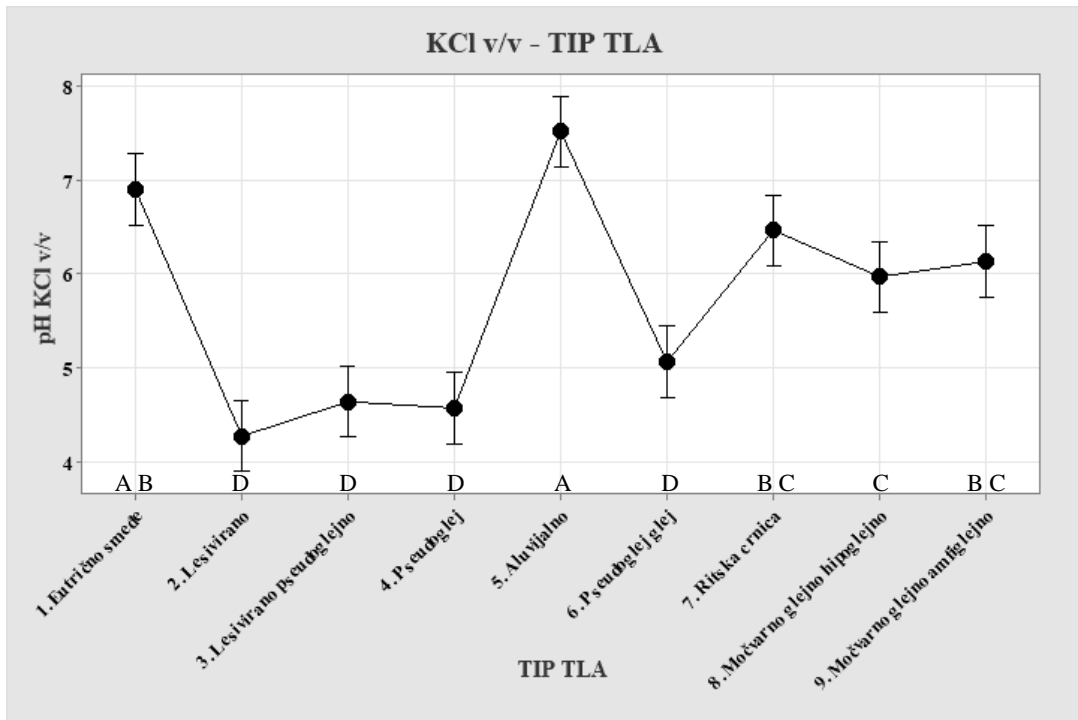
Grafikon 8. Utjecaj vrijednosti KIK-a (BaCl<sub>2</sub>) na izmjerene pH vrijednosti metodom CaCl<sub>2</sub> v/v



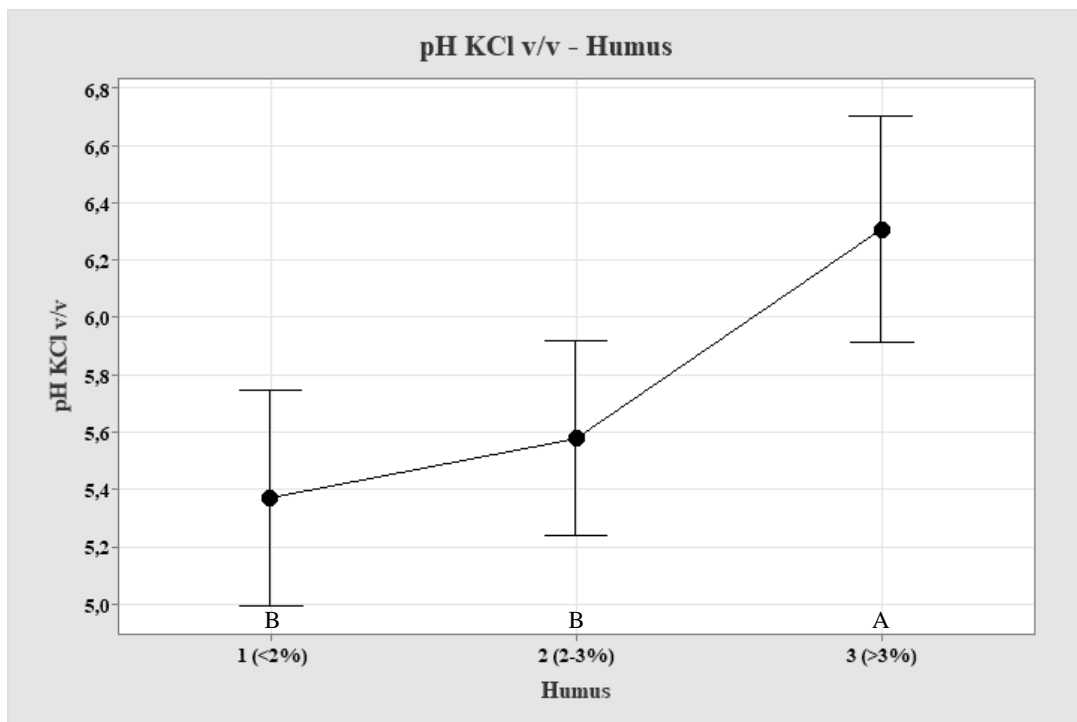
#### 4.2.3. Utvrđene pH vrijednosti tla metodom KCl v/v

Provedenim istraživanjem po metodi KCl v/v utvrđene su najniže pH vrijednosti u iznosu od 3,67 na pseudoglej gleju, a dok je najviša pH vrijednost iznosila 7,83 na aluvijalnom tlu. Prosječno najniže pH vrijednosti utvrđene su na lesiviranom tlu u iznosu od 4,27 te na pseudogleju u iznosu 4,57. Najviše prosječne pH vrijednosti izmjerene su na aluvijalnom tlu u iznosu od 7,51 i na eutrično smeđem tlu od 6,89. Izmjerene pH vrijednosti na aluvijalnom tlu su statistički značajno više u odnosu na ritsku crnicu (6,46), močvarno glejno amfiglejno (6,13), močvarno glejno hipoglejno (5,97), pseudoglej glej (5,06), lesivirano pseudoglejno (4,64), pseudoglej i lesivirano, a u odnosu na eutrično smeđe tlo nema statistički značajne razlike u pH vrijednostima (Grafikon 9.). Izmjerene pH vrijednosti na lesiviranom tlu, pseudogleju, lesiviranom pseudoglejnom i pseudoglej gleju međusobno nemaju statistički značajnu razliku, ali imaju statistički značajno niže pH vrijednosti u odnosu na močvarno glejno amfiglejno, močvarno glejno hipoglejno, ritsku crnicu, eutrično smeđe i aluvijalno tlo.

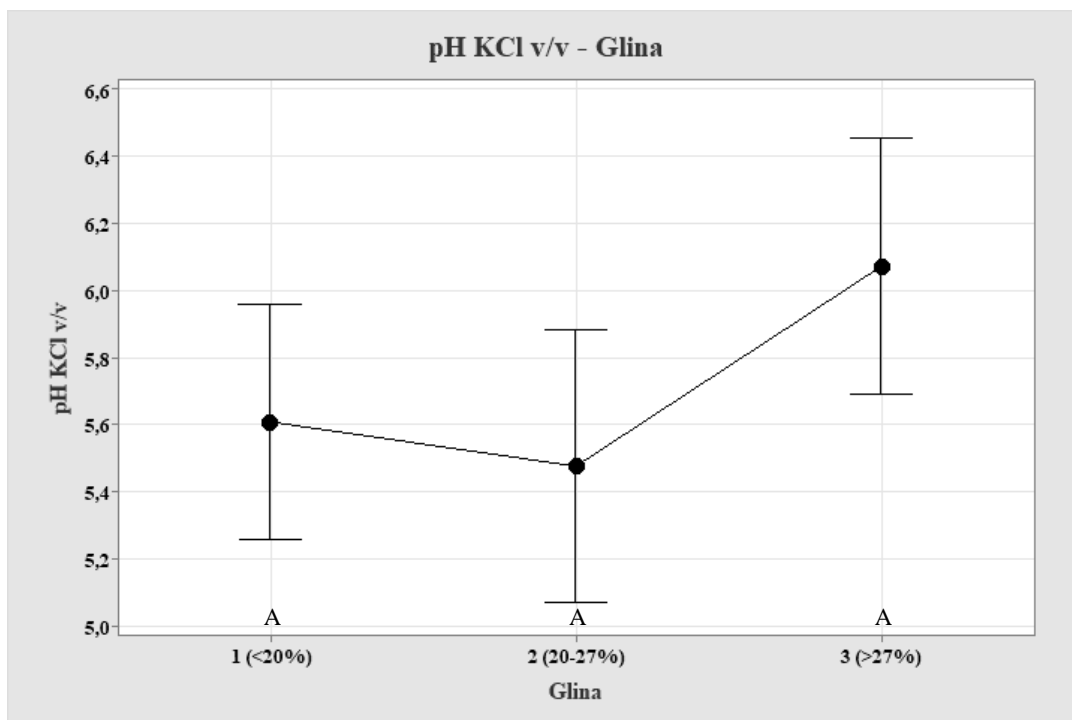
Sadržaj humusa u nekom tlu je u korelaciji s mjerenjem pH vrijednosti, po metodi KCl v/v, u iznosu od  $r=0,26$ . Statistički značajno niže pH vrijednosti izmjerene su na tlima sa sadržajem humusa manje od 2% (5,37) i 2-3% (5,78) u odnosu na tla sa sadržajem humusa višim od 3% (6,31), ali međusobno nemaju statistički značajnu razliku. Tla sa sadržajem humusa višim od 3% imaju i 0,94 više pH vrijednosti u odnosu na tla s manje od 2% humusa, a 0,73 u odnosu na tla s 2-3% humusa (Grafikon 10.). Teksturni sastav tla, prije svega sadržaj gline, gotovo da i nema iznos korelacije na mjerenje pH vrijednosti po metodi KCl v/v, a iznosi  $r=-0,01$ . Prema koeficijentu korelacije vidljivo je da i nema statistički značajne razlike u izmjerenim pH vrijednostima u KCl v/v u odnosu na sadržaj gline nekog tla. Tla sa sadržajem gline višim od 27% (6,01), 20-27% (5,6) te manje od 20% (5,48) nemaju statistički značajne razlike u izmjerenim pH vrijednostima (Grafikon 11.). Koeficijent korelacije KIK-a nekog tla i mjerenja pH vrijednosti u KCl v/v iznosi  $r=0,52$ . Statistički značajno više pH vrijednosti utvrđene su na tlima s KIK-om višim od 25  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  i 15-25  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  u odnosu na tla s KIK-om manjim od 15  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ , dok oni međusobno nemaju statistički značajnu razliku u pH vrijednostima. Tla s KIK-om manjim od 15  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  imaju statistički značajno niže pH vrijednosti u odnosu na tla s KIK-om većim od 25  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  i 15-25  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  (Grafikon 12.).



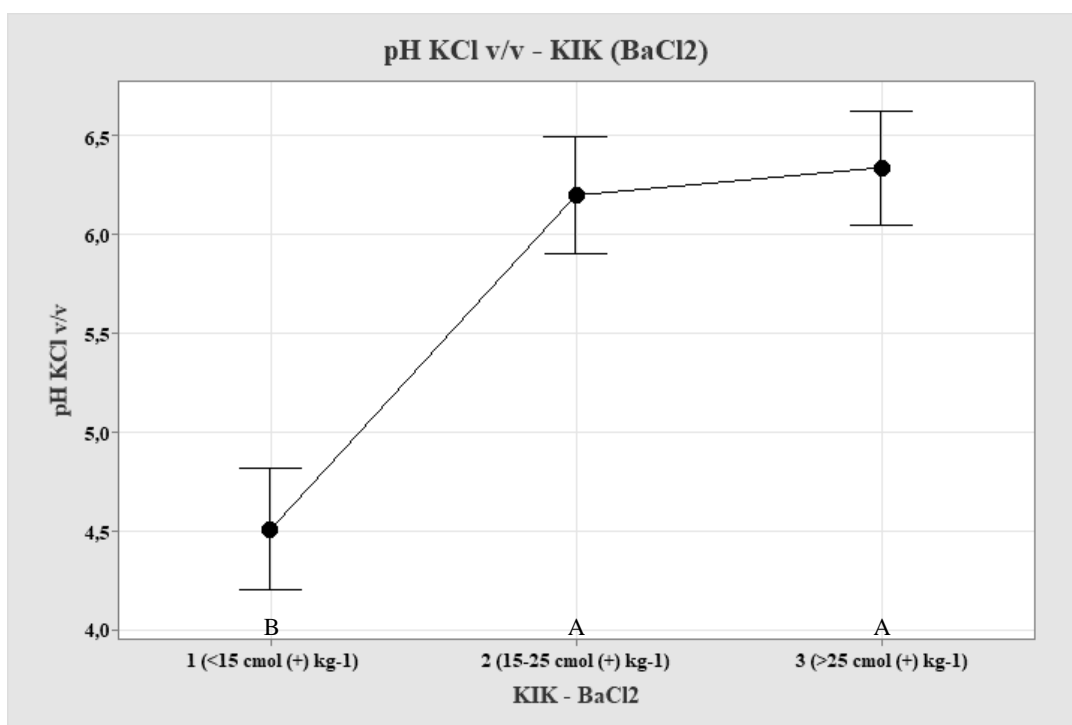
Grafikon 9. Utvrđene pH vrijednosti na tipovima tala metodom KCl v/v



Grafikon 10. Utjecaj sadržaja humusa na izmjerene pH vrijednosti metodom KCl v/v



Grafikon 11. Utjecaj sadržaja gline na izmjerene pH vrijednosti metodom KCl v/v

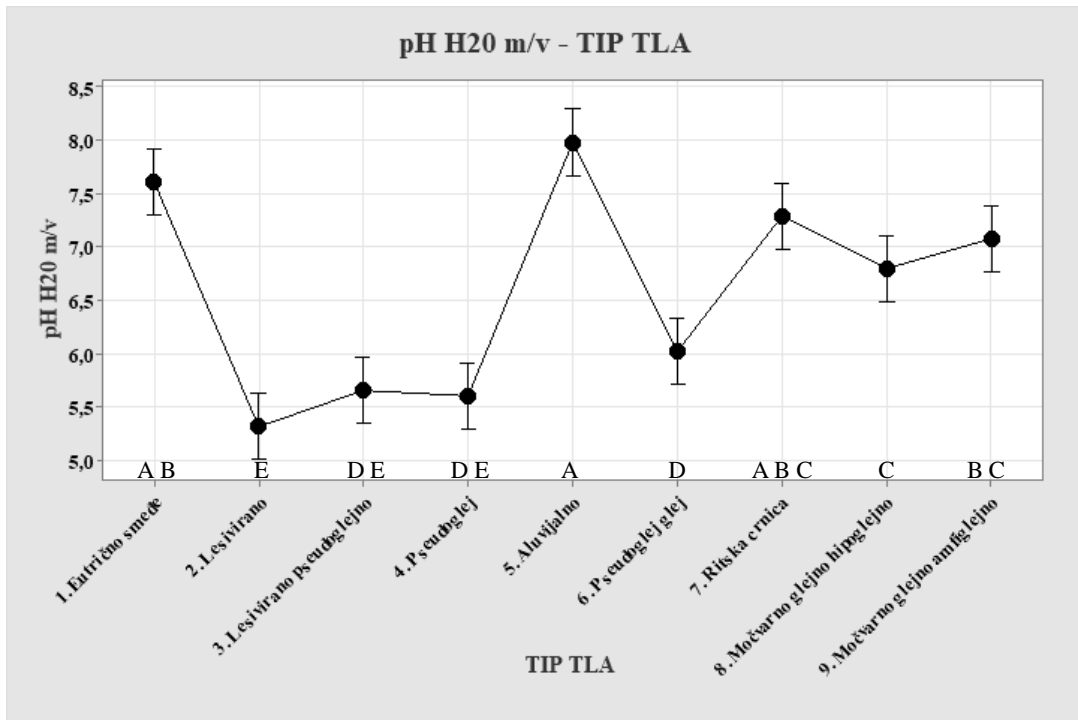


Grafikon 12. Utjecaj vrijednosti KIK-a (BaCl<sub>2</sub>) na izmjerene pH vrijednosti metodom KCl v/v

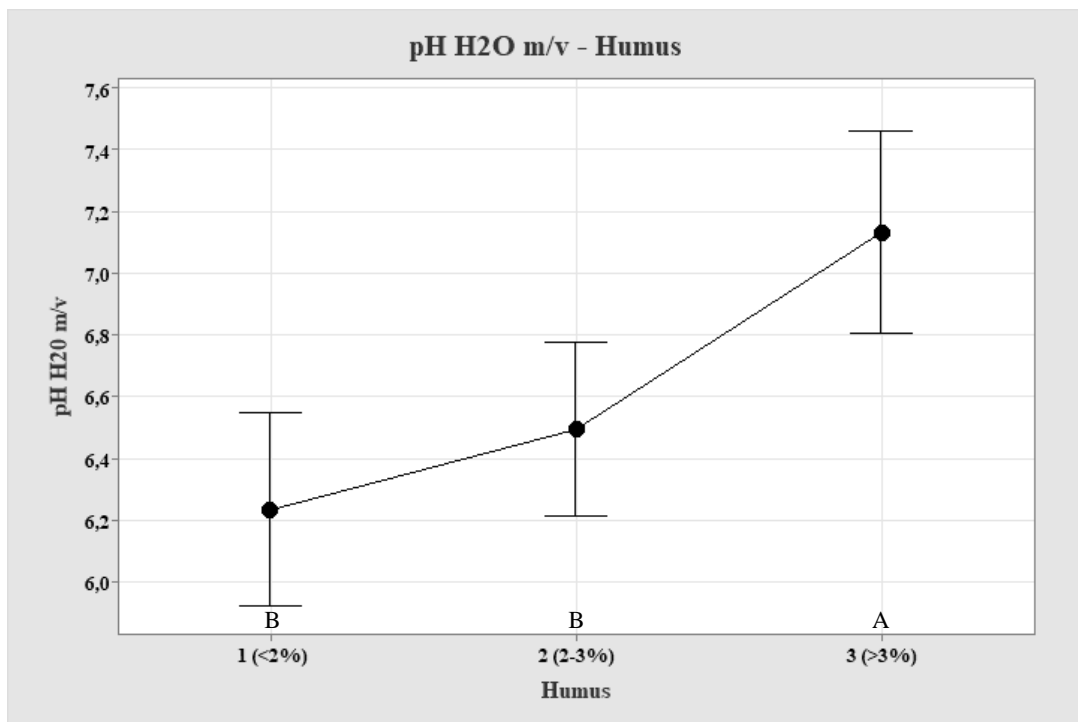
#### 4.2.4. Utvrđene pH vrijednosti tla metodom H<sub>2</sub>O m/v

Provedenim istraživanjem mjerenja pH vrijednosti metodom H<sub>2</sub>O m/v utvrđene su najniže pH vrijednosti na lesivirano pseudoglejnom tlu u iznosu od 4,81, a najviša vrijednost izmjerena je na močvarno glejnom amfiglejnom tlu od 8,41. Prosječno najniže pH vrijednosti izmjerene su na lesiviranom tlu od 5,32 te na pseudogleju u iznosu od 5,61. Najviše prosječne pH vrijednosti izmjerene su na aluvijalnom tlu od 7,98 te na eutrično smeđem tlu u iznosu od 7,61. Statistički značajno više vrijednosti izmjerene su na aluvijalnom tlu u odnosu na močvarno glejno amfiglejno (7,01), močvarno glejno hipoglejno (6,79), pseudoglej glej (6,02), lesivirano pseudoglejno (5,66), pseudoglej i lesivirano tlo, dok u odnosu na eutrično smeđe i ritsku crnicu (7,29) nema statistički značajne razlike u pH vrijednostima (Grafikon 13.). lesivirano tlo ima statistički značajno niže pH vrijednosti u odnosu na sve ostale tipove tala osim pseudogleja i lesivirano pseudoglejnog tla. lesivirano tlo ima niže pH vrijednosti u iznosu od 2,65 pH jedinica u odnosu na aluvijalno tlo.

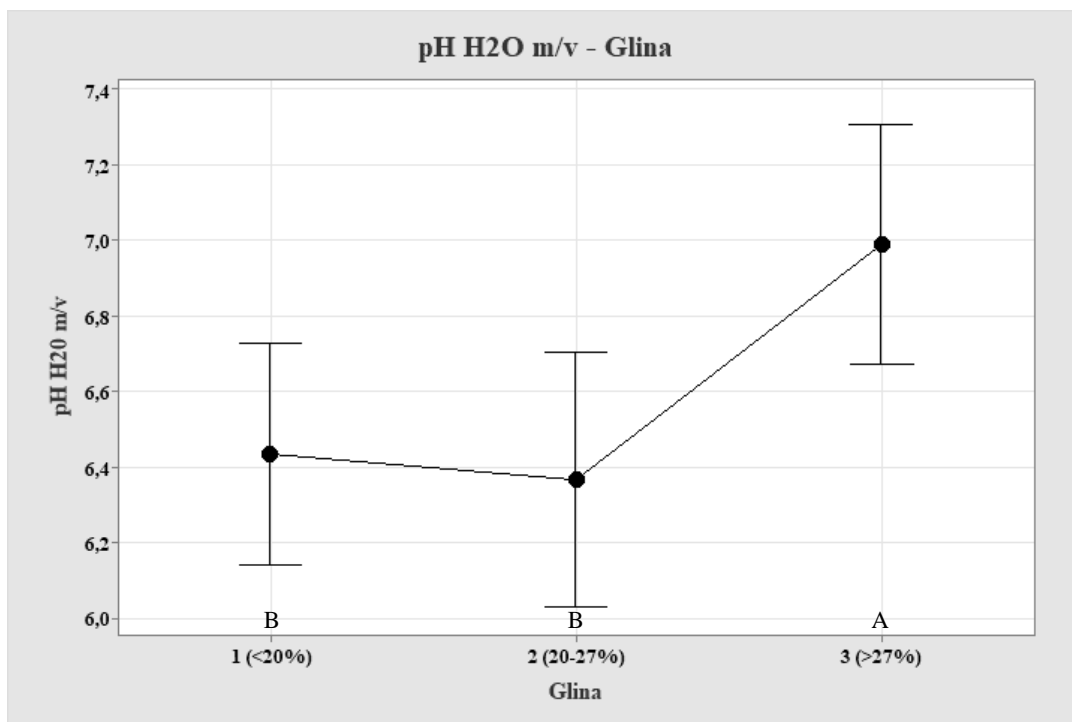
Sadržaj humusa u nekom tlu ima utjecaj na mjerenje pH vrijednosti u H<sub>2</sub>O m/v prikazan kroz koeficijent korelacije koji iznosi  $r=0,28$ . Tla koja sadrže više od 3% humusa imaju statistički značajno više pH vrijednosti (6,17) u odnosu na tla koja imaju 2-3% (5,48) ili manje od 2% (5,26) humusa. Tla koja sadrže manje od 2% ili 2-3% humusa nemaju statistički međusobno značajne razlike, ali imaju statistički značajno niže vrijednosti u odnosu na tla s više od 3% humusa (Grafikon 14.). Utečaj sadržaja gline u nekom tlu na mjerenje pH vrijednosti po metodi H<sub>2</sub>O m/v ima utjecaj iskazan kroz koeficijent korelacije u iznosu od 0,07, tj. gotovo da i nema korelacije. Statistički značajno više pH vrijednosti izmjerene su na tlima koja sadrže više od 27% gline (6,98) u odnosu na tla koja sadrže manje od 20% (6,43) ili 20-27% (6,37) gline (Grafikon15.). Tla s manje od 20% ili 20-27% gline međusobno nemaju statistički značajne razlike, ali imaju statistički značajno niže pH vrijednosti u odnosu na tla s više od 27% gline. KIK nekog tla ima pozitivnu korelaciju na mjerenje pH vrijednosti nekog tla po metodi H<sub>2</sub>O m/v koja iznosi  $r=0,57$ . Tla čiji je KIK viši od 27 cmol (+) kg<sup>-1</sup> ili 20-27 cmol (+) kg<sup>-1</sup> imaju statistički značajno više pH vrijednosti u odnosu na tla s KIK-om manjim od 20 cmol (+) kg<sup>-1</sup> dok međusobno nemaju statistički značajnu razliku u pH vrijednostima. Tla koja imaju KIK niži od 20 cmol (+) kg<sup>-1</sup> imaju i statistički značajno niže pH vrijednosti u odnosu na ostala tla (Grafikon 16.).



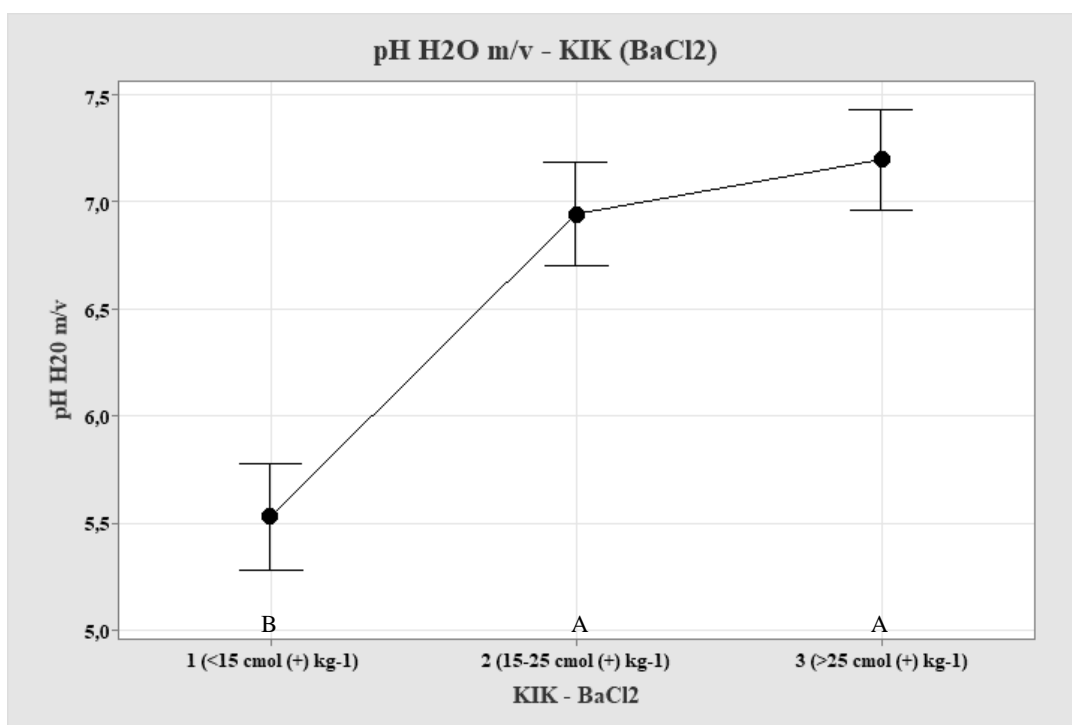
Grafikon 13. Utvrđene pH vrijednosti na tipovima tala metodom H<sub>2</sub>O m/v



Grafikon 14. Utjecaj sadržaja humusa na izmjerene pH vrijednosti metodom H<sub>2</sub>O m/v



Grafikon 15. Utjecaj sadržaja gline na izmjerene pH vrijednosti metodom H<sub>2</sub>O m/v

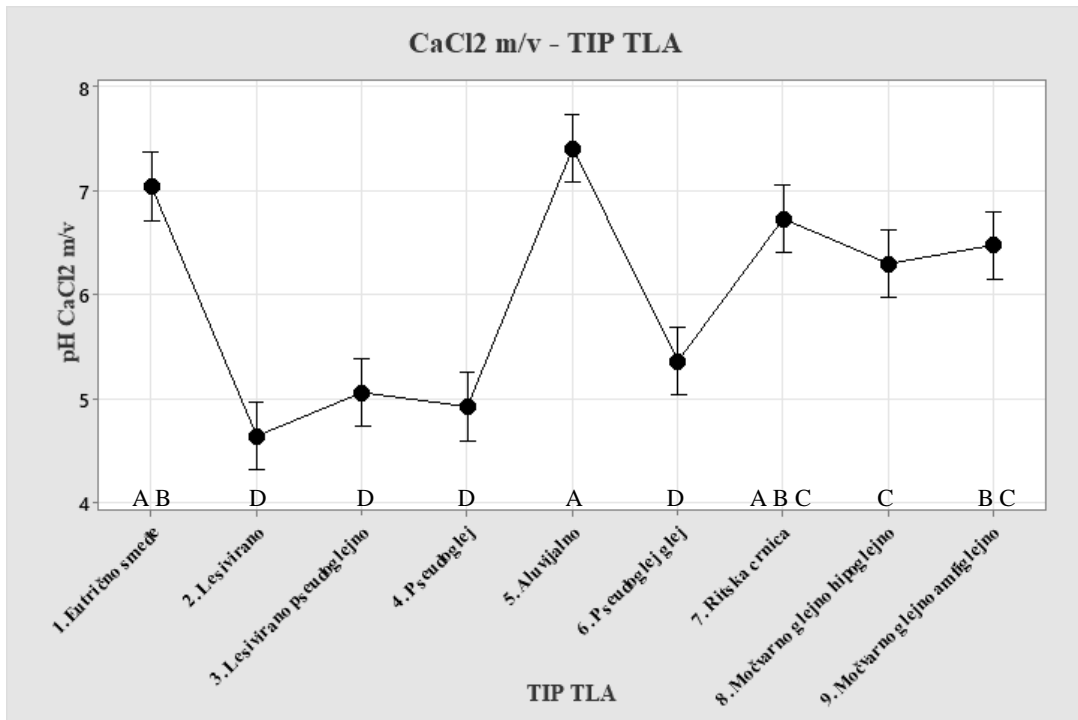


Grafikon 16. Utjecaj vrijednosti KIK-a (BaCl<sub>2</sub>) na izmjerene pH vrijednosti metodom H<sub>2</sub>O m/v

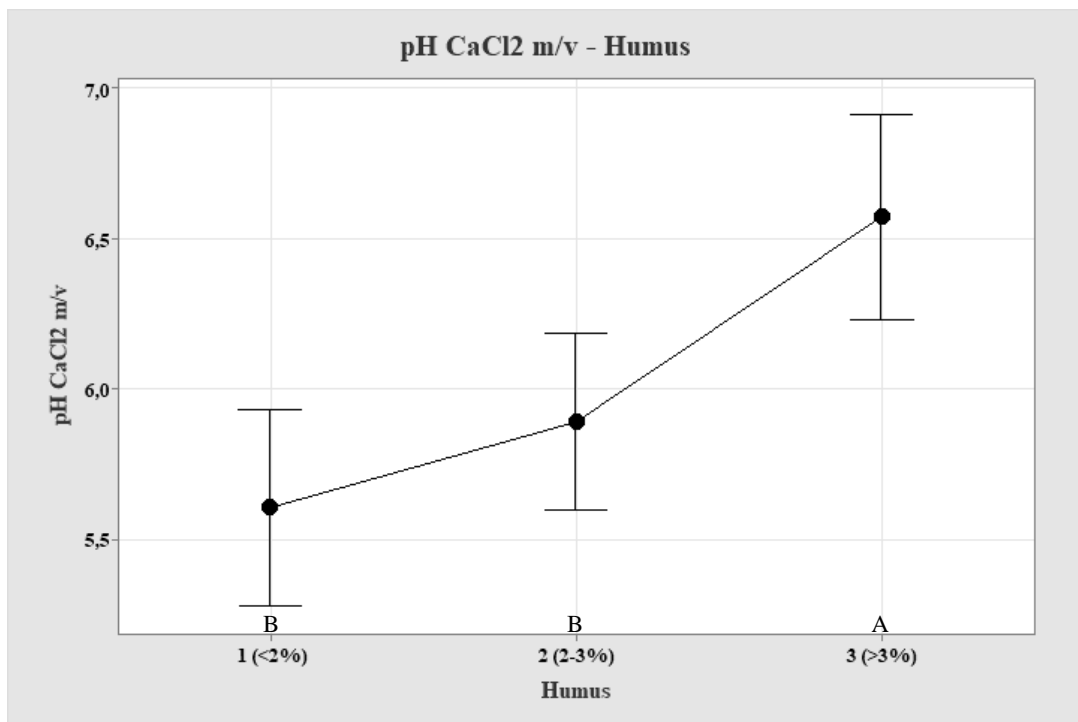
#### 4.2.5. Utvrđene pH vrijednosti tla metodom $\text{CaCl}_2$ m/v

Metodom mjerenja pH vrijednosti u  $\text{CaCl}_2$  m/v u istraživanju su utvrđene minimalne pH vrijednosti izmjerene na pseudoglej gleju u iznosu od 4,01, a dok je maksimalna vrijednost izmjerena na močvarno glejnom amfiglejnom tlu od 7,75. Najviše prosječne pH vrijednosti su izmjerene na aluvijalnom tlu u iznosu od 7,41 te na eutrično smeđem tlu od 7,04. Prosječno najniže pH vrijednosti su izmjerene na lesiviranom tlu od 4,65 te na pseudogleju u iznosu od 4,93. Statistički značajno niže vrijednosti su izmjerene na lesiviranom tlu, pseudogleju, lesiviranom pseudoglejnom (5,06) i pseudoglej gleju (5,37) u odnosu na aluvijalno, eutrično smeđe, ritsku crnicu (6,73), močvarno glejno amfiglejno (6,48) i močvarno glejno hipoglejno tlo (6,3) dok oni međusobno nemaju statistički značajnu razliku u pH vrijednostima (Grafikon 17.). aluvijalno tlo ima statistički značajno više pH vrijednosti u odnosu na močvarno glejno amfiglejno, močvarno glejno hipoglejno, pseudoglej glej, lesivirano pseudoglejno, pseudoglej i lesivirano tlo dok s ostalim tipovima tala nije utvrđena statistički značajna razlika u pH vrijednostima.

Koeficijent korelacije između sadržaja humusa u nekom tlu i izmjerene pH vrijednosti u  $\text{CaCl}_2$  m/v iznosi  $r=0,29$ . Statistički značajno više vrijednosti utvrđene su na tlima čiji sadržaj humusa iznosi više od 3% (6,57) u odnosu na tla čiji sadržaj humusa iznosi 2-3% (5,89) ili manje od 2% (5,61). Tla koja sadrže manje od 2% ili 2-3% humusa međusobno nemaju statistički značajnu razliku, ali imaju statistički značajno niže pH vrijednosti u odnosu na tla s više od 3% humusa (Grafikon 18.). Sadržaj gline u nekom tlu na mjerenje pH vrijednosti u  $\text{CaCl}_2$  m/v prikazan je kroz koeficijent korelacije koji iznosi  $r=0,08$ . Tla koja u teksturnom sastavu sadrže više od 27% gline imaju statistički značajno više pH vrijednosti (6,41) u odnosu na tla s 20-27% (5,81) ili manje od 20% (5,77) gline. Tla koja sadrže manje od 20% ili 20-27% gline imaju statistički značajno niže pH vrijednosti u odnosu na tla s više od 27% gline, ali međusobno nemaju utvrđene statistički značajne razlike u pH vrijednostima (Grafikon 19.). KIK nekog tla ima pozitivnu korelaciju na pH vrijednosti u  $\text{CaCl}_2$  m/v koja iznosi  $r=0,58$ . Statistički značajno više pH vrijednosti su utvrđene na tlima čiji KIK iznosi preko  $25 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  ili  $15-25 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  u odnosu na tla s KIK-om u iznosu manjem od  $15 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ , ali međusobno nemaju statistički značajnu razliku u pH vrijednostima. Tla koja imaju KIK niži od  $15 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  imaju i statistički značajno niže pH vrijednosti u odnosu na tla s KIK-om višim od  $25 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  ili  $25-25 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  (Grafikon 20.).

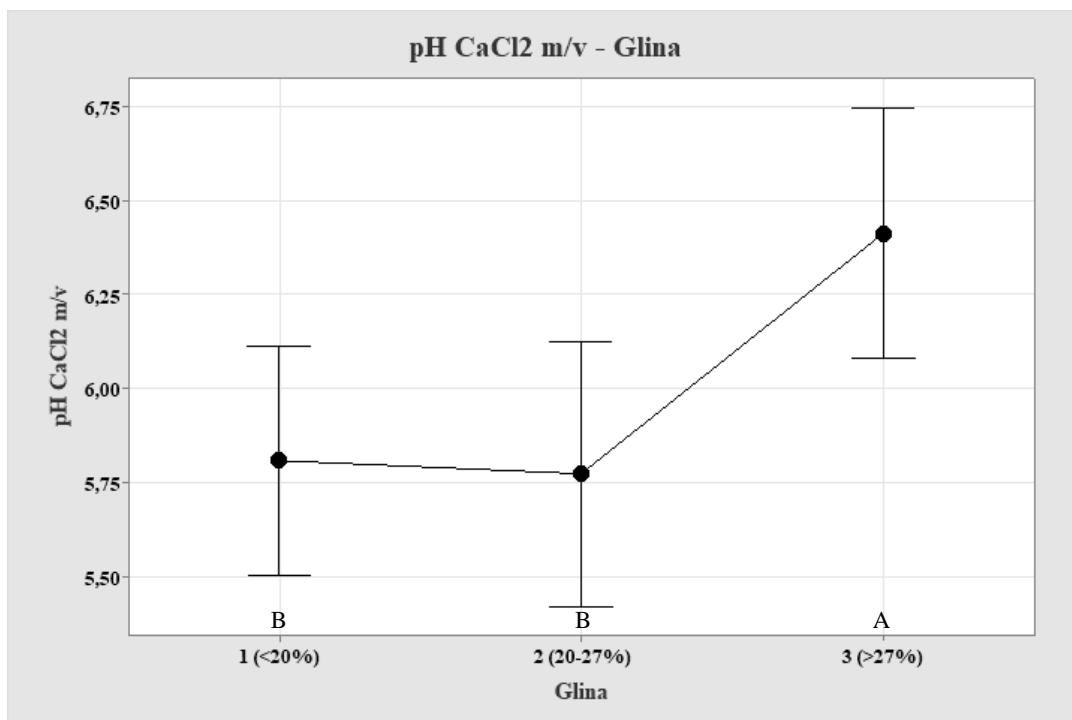


Grafikon 17. Utvrđene pH vrijednosti na tipovima tala metodom CaCl<sub>2</sub> m/v

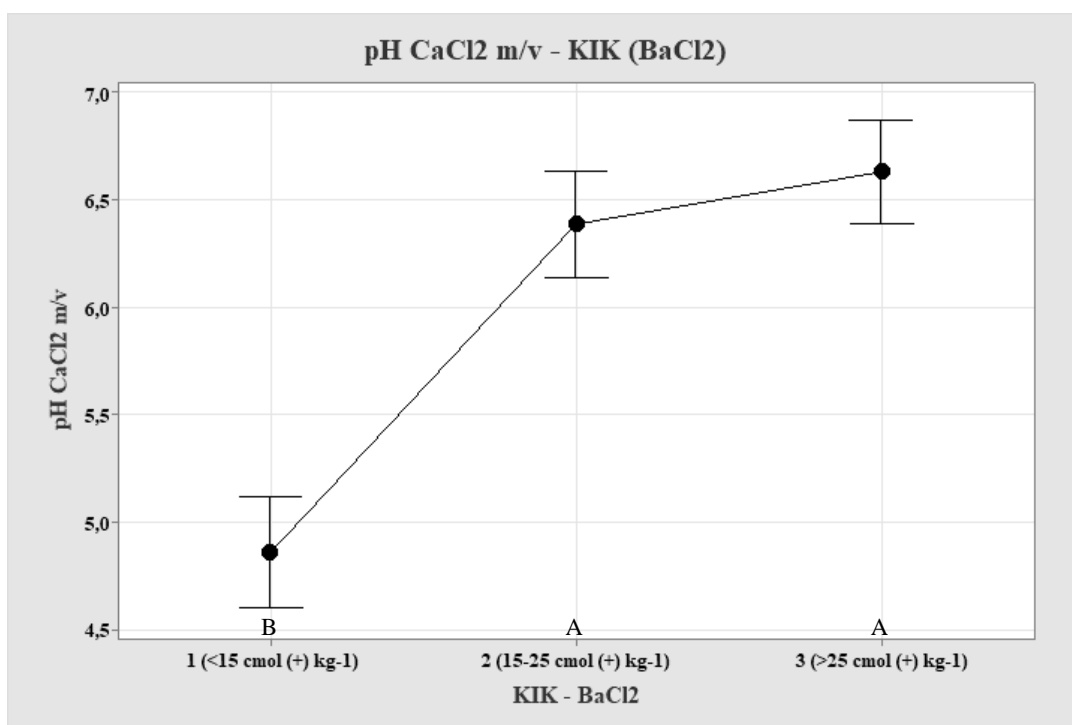


Grafikon 18. Utjecaj sadržaja humusa na izmjerene pH vrijednosti metodom CaCl<sub>2</sub> m/v





Grafikon 19. Utjecaj sadržaja gline na izmjerene pH vrijednosti metodom CaCl<sub>2</sub> m/v

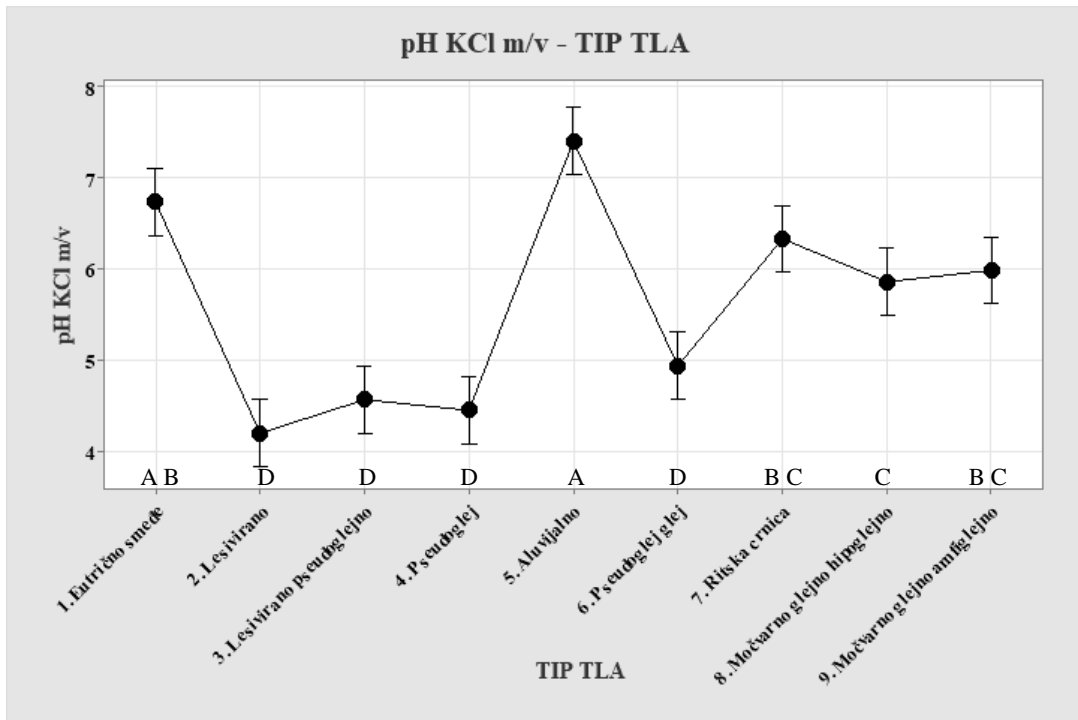


Grafikon 20. Utjecaj vrijednosti KIK-a (BaCl<sub>2</sub>) na izmjerene pH vrijednosti metodom - CaCl<sub>2</sub> m/v

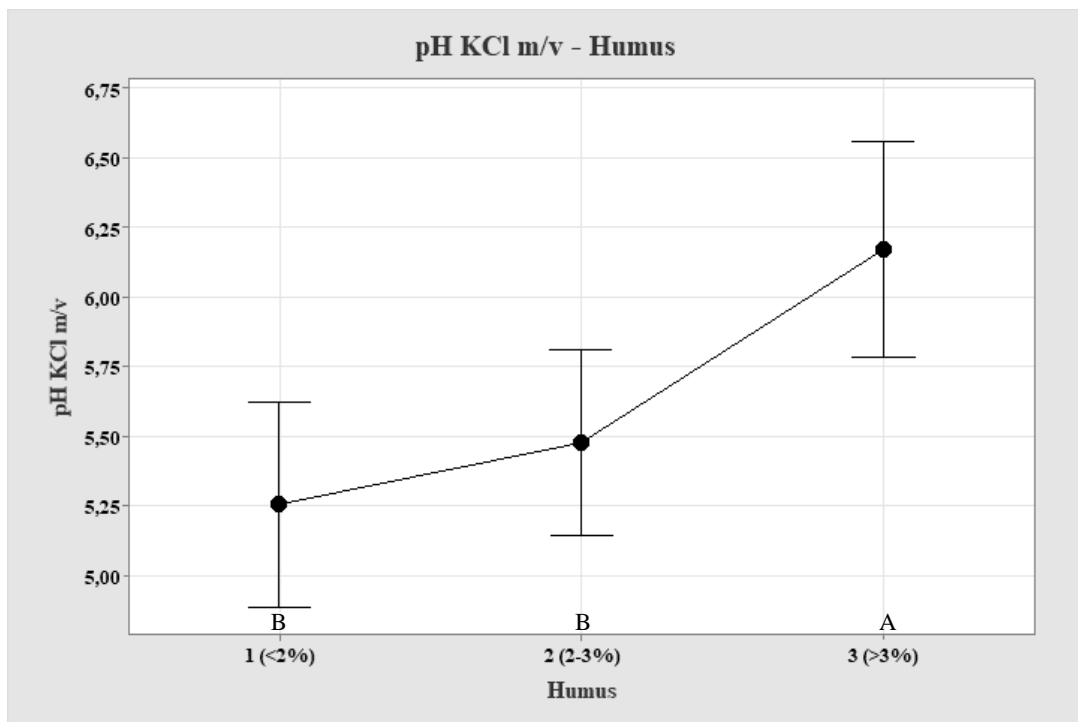
#### 4.2.6. Utvrđene pH vrijednosti tla metodom KCl m/v

U provedenom istraživanju mjerenja pH vrijednosti po metodi KCl m/v utvrđena je minimalna pH vrijednost koja je izmjerena na pseudoglej gleju u iznosu 3,57, a dok je najviša izmjerena vrijednost na aluvijalnom tlu od 7,65. Istraživanjem je utvrđena minimalna prosječna pH vrijednost izmjerena na lesiviranom tlu u iznosu od 4,2 te na pseudogleju od 4,45. Najviše prosječne pH vrijednosti utvrđene su na aluvijalnom tlu od 7,4 te na eutrično smeđem tlu u iznosu od 6,74. Statistički značajno niže pH vrijednosti su utvrđene na lesiviranom tlu, Pseudogleju, lesivirano pseudoglejnom (4,57) te na pseudoglej gleju (4,94) u odnosu na aluvijalno, eutrično smeđe, ritsku crnicu (6,33), močvarno glejno amfiglejno (5,99) i močvarno glejno hipoglejno (5,86), dok između njih nema statistički značajne razlike u izmjerenim pH vrijednostima. aluvijalno tlo ima statistički značajno više vrijednosti u odnosu na ritsku crnicu, močvarno glejno amfiglejno, močvarno glejno hipoglejno, pseudoglej glej, lesivirano pseudoglejno, pseudoglej i lesivirano tlo, osim eutrično smeđeg tla (Grafikon 21.).

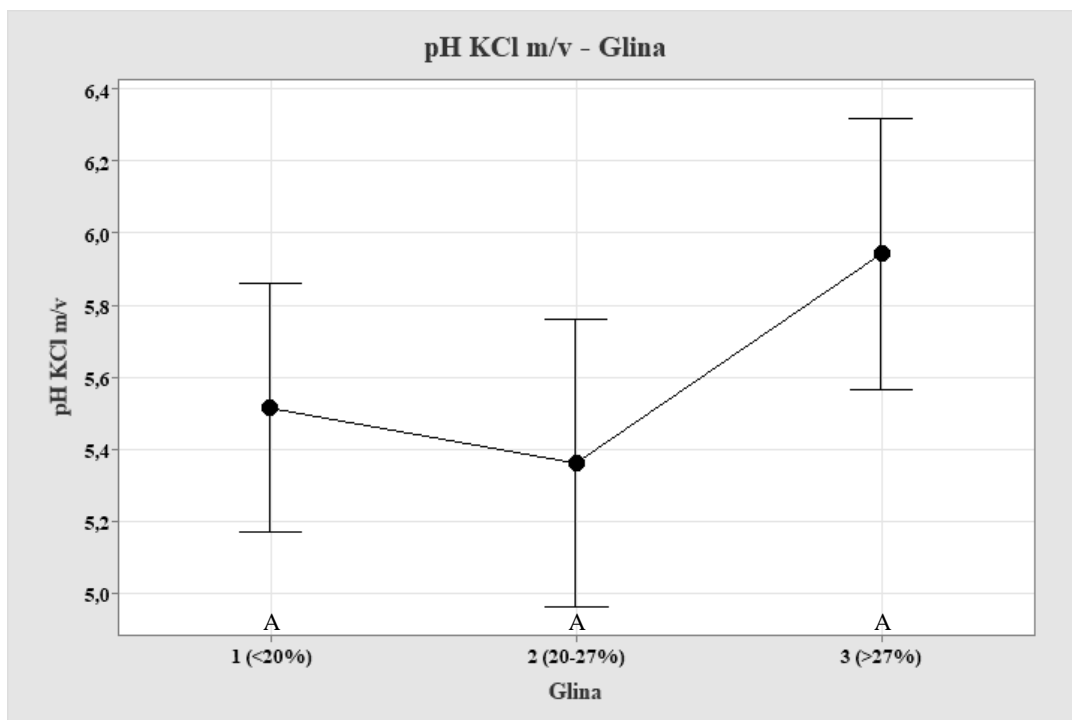
Prosječan sadržaj humusa u tlu je u korelaciji s mjerenjem pH vrijednosti po metodi KCl m/v koja iznosi  $r=0,26$ . Statistički značajno niže vrijednosti su utvrđene na tlima koja sadrže manje od 2% (5,23) ili 2-3% (5,49) humusa u odnosu na tla koja sadrže više od 3% humusa (6,17), dok između njih nije utvrđena statistički značajna razlika u pH vrijednostima (Grafikon 22.). Tla koja sadrže više od 3% humusa imaju i statistički značajno više pH vrijednosti u odnosu na tla s manje od 2% ili 2-3% humusa. Koeficijent korelacije između teksturnog udjela gline u tlu i mjerenja pH vrijednosti po metodi KCl m/v iznosi  $r=-0,02$ . Utvrđeno je kako nema statistički značajne razlike između sadržaja gline i pH vrijednosti nekog tla. Tla koja sadrže manje od 20% (5,53), 20-27% (5,43) ili više 27% (5,94) gline nemaju statistički značajne razlike u izmjerenim pH vrijednostima (Grafikon 23.). Utjecaj vrijednosti KIK-a na mjerenje pH vrijednosti prema metodi KCl m/v je prikazan kroz koeficijent korelacije u iznosu od  $r=0,51$ . Niže vrijednosti koje su statistički značajne su utvrđene na tlima čiji je KIK niži od  $15 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  u odnosu na tla s KIK-om višim od  $25 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  ili  $15-25 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ . Tla koja imaju KIK viši od  $25 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  ili  $15-25 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  imaju i statistički značajno više pH vrijednosti od tla s KIK-om nižim od  $15 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ , ali međusobno nemaju statistički značajne razlike u pH vrijednostima (Grafikon 24.).



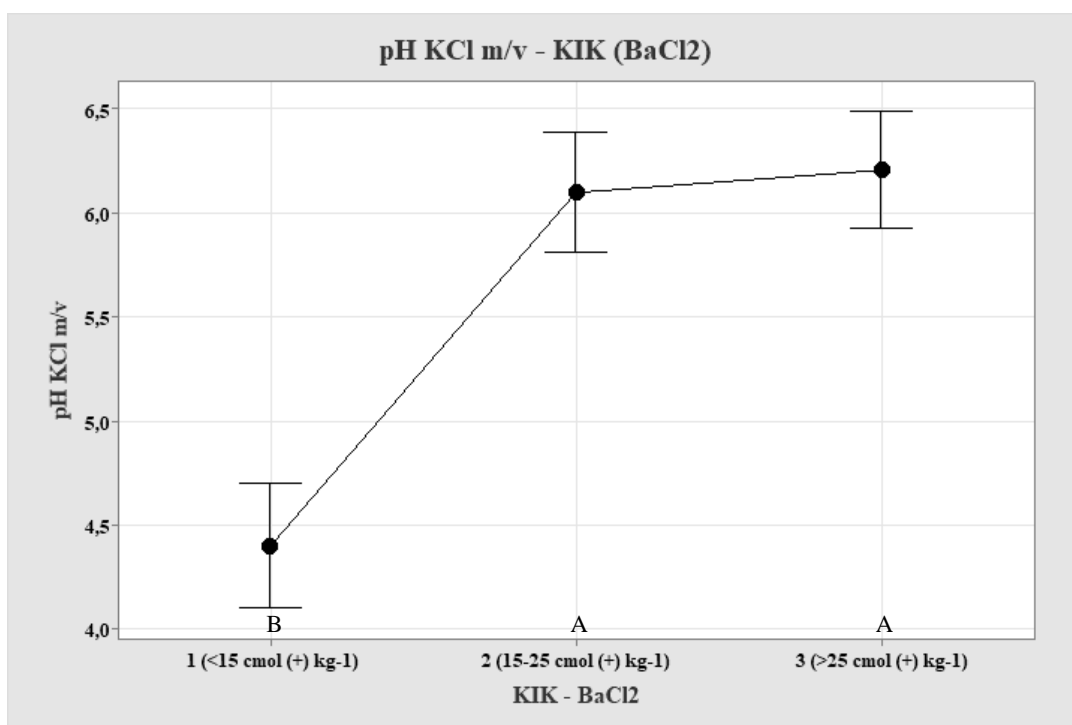
Grafikon 21. Utvrđene pH vrijednosti na tipovima tala metodom KCl m/v



Grafikon 22. Utjecaj sadržaja humusa na izmjerene pH vrijednosti metodom KCl m/v

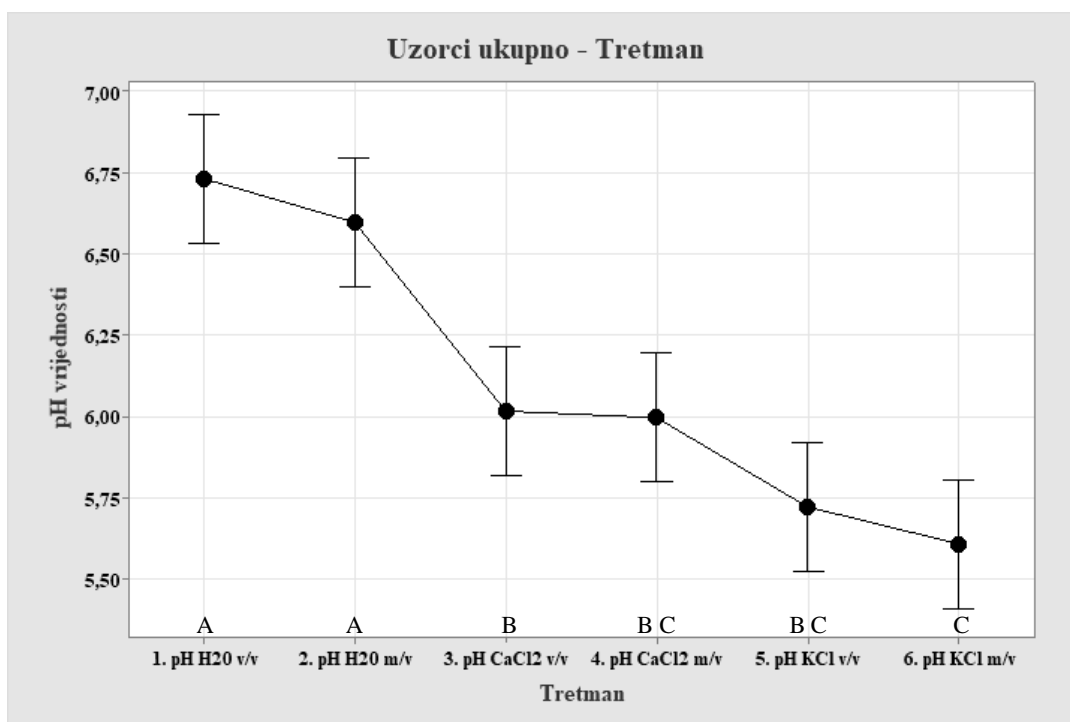


Grafikon 23. Utjecaj sadržaja gline na izmjerene pH vrijednosti metodom KCl m/v



Grafikon 24. Utjecaj vrijednosti KIK-a (BaCl<sub>2</sub>) na izmjerene pH vrijednosti metodom KCl m/v

### 4.3. Utvrđene pH vrijednosti na istraživanim tipovima tla



Grafikon 25. Utvrđene pH vrijednosti cijelog seta uzoraka u odnosu na pojedinu metodu

Istraživanjem koje je provedeno na uzorcima tipova tala utvrđene su statistički značajno više vrijednosti metodom H<sub>2</sub>O v/v i H<sub>2</sub>O m/v u odnosu na metode mjerenja CaCl<sub>2</sub> v/v, CaCl<sub>2</sub> m/v, KCl v/v i KCl m/v. Metoda mjerenja KCl m/v ima statistički značajno niže vrijednosti u odnosu na CaCl<sub>2</sub> v/v, H<sub>2</sub>O m/v i H<sub>2</sub>O v/v dok u odnosu na KCl v/v i CaCl<sub>2</sub> m/v nema statistički značajne razlike u mjerenju (Grafikon 25.). Metoda mjerenja CaCl<sub>2</sub> v/v i CaCl<sub>2</sub> m/v nema statistički značajne razlike međusobno, ali i u odnosu na metodu KCl v/v. Prosječne pH vrijednosti cijelog seta uzoraka po metodama su iznosile: pH 6,73 H<sub>2</sub>O v/v, pH 6,59 H<sub>2</sub>O m/v, pH 6,02 CaCl<sub>2</sub> v/v, pH 5,99 CaCl<sub>2</sub> m/v, pH 5,72 KCl v/v te pH 5,6 KCl m/v. Metoda H<sub>2</sub>O m/v u odnosu na metodu H<sub>2</sub>O v/v je imala prosječno niže vrijednosti za 0,13 pH jedinica. Pri mjerenju metodom CaCl<sub>2</sub> metoda m/v je imala niže vrijednosti za 0,02 pH jedinice u odnosu na metodu v/v. KCl m/v metoda je imala prosječno niže vrijednosti u odnosu na metodu v/v za 0,11 pH jedinica. Mjerenje po metodi H<sub>2</sub>O m/v je imalo prosječno više pH vrijednosti za 0,6 pH jedinica u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v, zatim 0,98 pH jedinica u odnosu na metodu KCl m/v, dok je metoda KCl m/v u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v imala prosječno niže vrijednosti za 0,39 pH jedinica. Metoda H<sub>2</sub>O v/v je imala prosječno više vrijednosti u odnosu na CaCl<sub>2</sub> v/v za 0,73 pH jedinice, u odnosu na KCl v/v za 1,01 pH jedinica, a metoda

KCl v/v u odnosu na CaCl<sub>2</sub> v/v niže u prosjeku za 0,27 pH jedinica. Prosječne razlike između pojedinih metoda i podmetoda na pojedinim tipovima tala vidljive su u daljnjem tekstu (Grafikon 26. – 34.).

Tablica 6. Koeficijenti korelacije i prosječne razlike u pH vrijednostima (u zagradi) metoda i podmetoda mjerenja pH vrijednosti cijelog seta uzoraka

	pH H <sub>2</sub> O v/v	pH KCl v/v	pH CaCl <sub>2</sub> v/v	pH H <sub>2</sub> O m/v	pH KCl m/v	pH CaCl <sub>2</sub> m/v
pH H <sub>2</sub> O v/v	1,00					
pH KCl v/v	0,98 (1,01)	1,00				
pH CaCl <sub>2</sub> v/v	0,98 (0,71)	0,99 (0,29)	1,00			
pH H <sub>2</sub> O m/v	0,98 (0,13)	0,99 (0,87)	1,00 (0,58)	1,00		
pH KCl m/v	0,98 (1,12)	1,00 (0,11)	0,99 (0,41)	0,99 (0,98)	1,00	
pH CaCl <sub>2</sub> m/v	0,98 (0,73)	0,99 (0,27)	1,00 (0,02)	1,00 (0,59)	0,99 (0,38)	1,00

U provedenom istraživanju utvrđene su jake pozitivne korelacije između pojedinih metoda i podmetoda mjerenja pH vrijednosti tla (Tablica 6.) pri čemu je redoslijed vrijednosti H<sub>2</sub>O v/v > H<sub>2</sub>O m/v > CaCl<sub>2</sub> v/v > CaCl<sub>2</sub> m/v > KCl v/v > KCl m/v. Vrijednosti opisane u prethodnom tekstu vezane za vrijednosti i odnose pojedinih metoda mjerenja opisani su u Tablici 7.

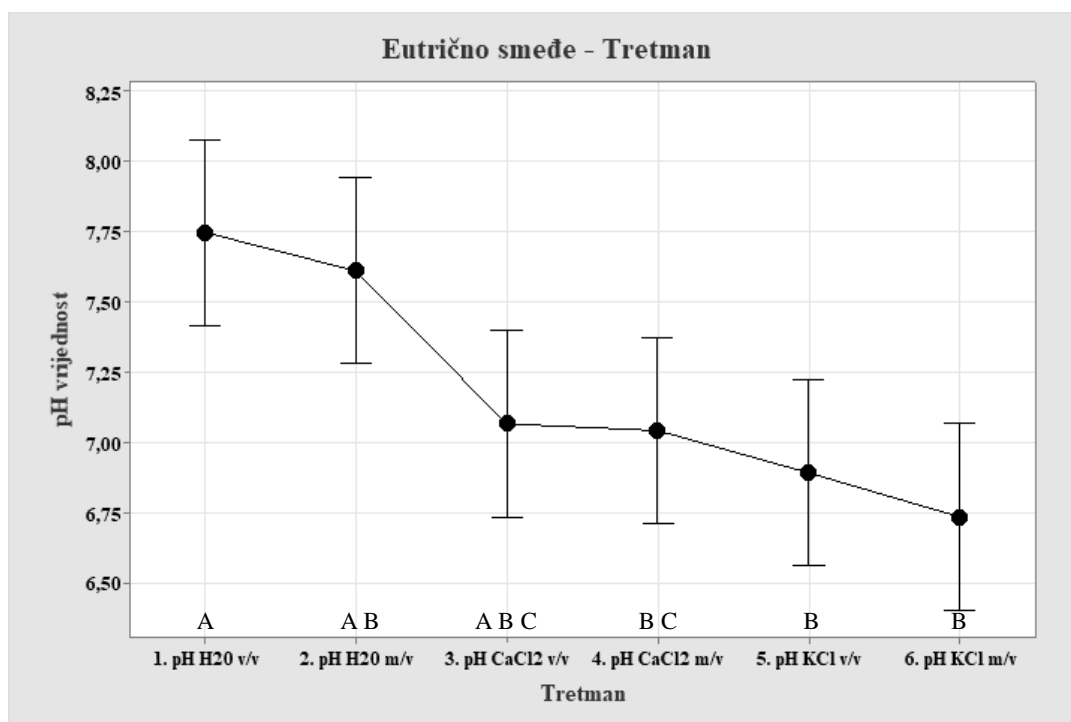
Tablica 7. Prosječno utvrđene pH vrijednosti na cijelom setu uzoraka

	pH H <sub>2</sub> O v/v (1:5)	pH KCl v/v (1:5)	pH CaCl <sub>2</sub> v/v (1:5)	pH H <sub>2</sub> O m/v (1:2,5)	pH KCl m/v (1:2,5)	pH CaCl <sub>2</sub> m/v (1:2,5)
Prosjek	6,73	5,72	6,02	6,60	5,61	6,00
Min.	4,88	3,67	4,09	4,81	3,57	4,01
Max.	8,60	7,83	7,76	8,41	7,65	7,75

#### 4.3.1. Utvrđene pH vrijednosti na eutrično smeđem tlu

Provedenim istraživanjem utvrđene su statistički značajno više vrijednosti pri mjerenju metodom H<sub>2</sub>O v/v u odnosu na metode mjerenja CaCl<sub>2</sub> m/v, KCl v/v i KCl m/v dok u odnosu na metode H<sub>2</sub>O m/v i CaCl<sub>2</sub> v/v nema statistički značajne razlike. Metode mjerenja u KCl m/v i KCl v/v međusobno nemaju statistički značajne razlike, ali i u odnosu na metode CaCl<sub>2</sub> v/v i CaCl<sub>2</sub> m/v dok u odnosu na H<sub>2</sub>O v/v i H<sub>2</sub>O m/v imaju statistički značajno niže vrijednosti u mjerenju pH vrijednosti nekog tla (Grafikon 26.). Metoda mjerenja H<sub>2</sub>O v/v je

imala u prosjeku više vrijednosti u odnosu na  $\text{CaCl}_2$  v/v za 0,68 pH jedinica, u odnosu na  $\text{KCl}$  v/v više za 0,85 pH jedinica, a dok je metoda  $\text{KCl}$  v/v imala u prosjeku niže vrijednosti za 0,17 pH jedinica u odnosu na metodu  $\text{CaCl}_2$  v/v. Pri mjerenju pH vrijednosti metodom  $\text{H}_2\text{O}$  m/v utvrđene su više vrijednosti za 0,54 pH jedinica u odnosu na  $\text{CaCl}_2$  m/v te više vrijednosti za 0,87 pH jedinica u odnosu na metodu  $\text{KCl}$  m/v, a metoda  $\text{KCl}$  m/v je imala u prosjeku niže vrijednosti za 0,33 pH jedinice u odnosu na metodu  $\text{CaCl}_2$  m/v. Vrijednosti mjerene u  $\text{H}_2\text{O}$  v/v su u prosjeku više za 0,14 pH jedinica u odnosu na  $\text{H}_2\text{O}$  m/v,  $\text{CaCl}_2$  v/v u odnosu na  $\text{CaCl}_2$  m/v više za 0,02 pH jedinica te  $\text{KCl}$  v/v više za 0,16 pH jedinica u odnosu na metodu mjerenja  $\text{KCl}$  m/v.

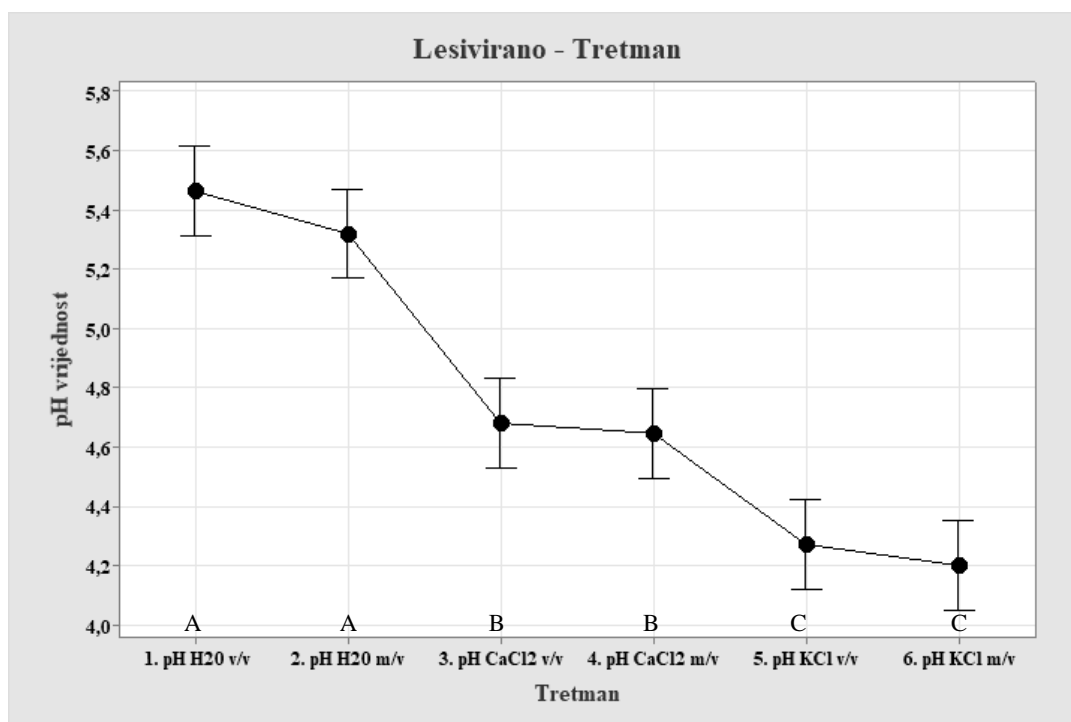


Grafikon 26. Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na eutrično smeđem tlu

#### 4.3.2. Utvrđene pH vrijednosti na lesiviranom tlu

U provedenom istraživanju utvrđene su statistički značajno više vrijednosti u mjerenju  $\text{H}_2\text{O}$  v/v i  $\text{H}_2\text{O}$  m/v u odnosu na  $\text{CaCl}_2$  m/v,  $\text{CaCl}_2$  v/v,  $\text{KCl}$  m/v i  $\text{KCl}$  v/v, ali metode međusobno nemaju statistički značajnu razliku. Vrijednosti mjerene u  $\text{KCl}$  v/v i  $\text{KCl}$  m/v međusobno nemaju statistički značajnu razliku, ali imaju u odnosu na metode mjerenja u  $\text{CaCl}_2$  v/v,  $\text{CaCl}_2$  m/v,  $\text{H}_2\text{O}$  v/v i  $\text{H}_2\text{O}$  m/v (Grafikon 27.). Izmjerene pH vrijednosti metodom  $\text{CaCl}_2$  v/v i  $\text{CaCl}_2$  m/v nemaju statistički značajnu razliku međusobno, ali imaju statistički značajno

niže vrijednosti u odnosu na obe metode mjerenja u H<sub>2</sub>O, a više vrijednosti u odnosu na obe metode mjerenja u KCl. Vrijednosti mjerene u H<sub>2</sub>O v/v su u prosjeku više za 0,14 pH jedinica u odnosu na metodu H<sub>2</sub>O m/v, vrijednosti u CaCl<sub>2</sub> v/v više za 0,03 pH jedinica u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v te KCl v/v više za 0,07 pH jedinica u odnosu na KCl m/v. Vrijednosti izmjerene u H<sub>2</sub>O m/v su u prosjeku više za 0,64 pH jedinice u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v, u odnosu a KCl m/v više za 1,19 pH jedinice, a KCl m/v u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v niže za 0,45 pH jedinica. Pri mjerenju metodom H<sub>2</sub>O v/v utvrđene su više vrijednosti u odnosu na CaCl<sub>2</sub> v/v za 0,8 pH jedinica, u odnosu na KCl v/v za 1,19 pH jedinica, a vrijednosti u KCl v/v su u prosjeku niže za 0,36 pH jedinica u odnosu na CaCl<sub>2</sub> v/v metodu mjerenja.



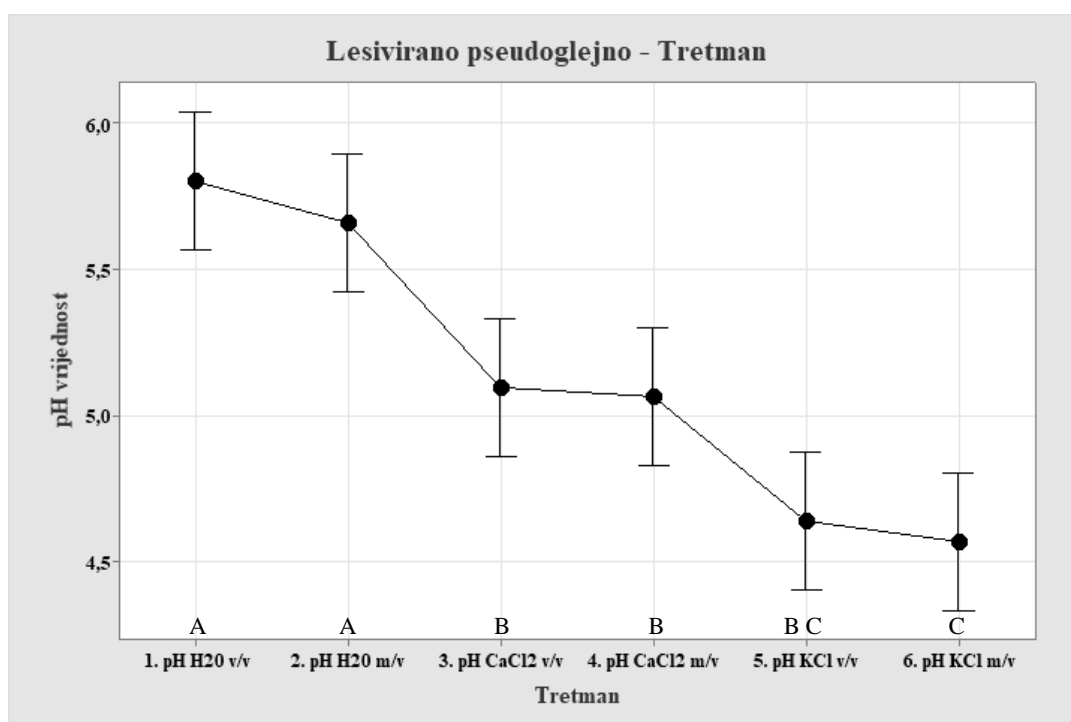
Grafikon 27. Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na lesiviranom tlu

#### 4.3.3. Utvrđene pH vrijednosti na lesivirano pseudoglejnom tlu

Provedenim istraživanjem utvrđene su statistički značajno više vrijednosti u mjerenju metodom H<sub>2</sub>O v/v u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v, CaCl<sub>2</sub> v/v, KCl v/v i KCl m/v. Vrijednosti mjerene u CaCl<sub>2</sub> v/v nemaju statistički značajnu razliku u mjerenju metodama CaCl<sub>2</sub> m/v i KCl v/v, ali imaju niže vrijednosti u odnosu na obe metode mjerenja u H<sub>2</sub>O, a više vrijednosti u odnosu na metode mjerenja u KCl m/v. Metoda mjerenja KCl v/v ima statistički značajno niže vrijednosti u odnosu na obe metode mjerenja u H<sub>2</sub>O i CaCl<sub>2</sub>, osim u odnosu na metodu KCl m/v (Grafikon 28.). Vrijednosti mjerene u H<sub>2</sub>O v/v su u prosjeku bile više za 0,14 pH



jedinica u odnosu na metodu mjerenja u H<sub>2</sub>O m/v, vrijednosti u CaCl<sub>2</sub> v/v više za 0,03 pH jedinice u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v te vrijednosti izmjerene u KCl v/v više za 0,07 pH jedinica u odnosu na KCl m/v. Metoda mjerenja u H<sub>2</sub>O v/v je imala više vrijednosti u odnosu na metodu mjerenja u CaCl<sub>2</sub> v/v za 0,71 pH jedinice, u odnosu na KCl v/v više za 1,16 pH jedinica, a vrijednosti izmjerene u KCl v/v su imale niže vrijednosti u odnosu na vrijednosti u CaCl<sub>2</sub> v/v za 0,46 pH jedinica. Pri mjerenju pH vrijednosti po metodi H<sub>2</sub>O m/v utvrđene su više vrijednosti u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v za 0,56 pH jedinica, u odnosu na KCl m/v više za 1,09 pH jedinica, a dok su vrijednosti mjerene u KCl m/v bile niže za 0,49 pH jedinice u odnosu na metodu mjerenja u CaCl<sub>2</sub> m/v.

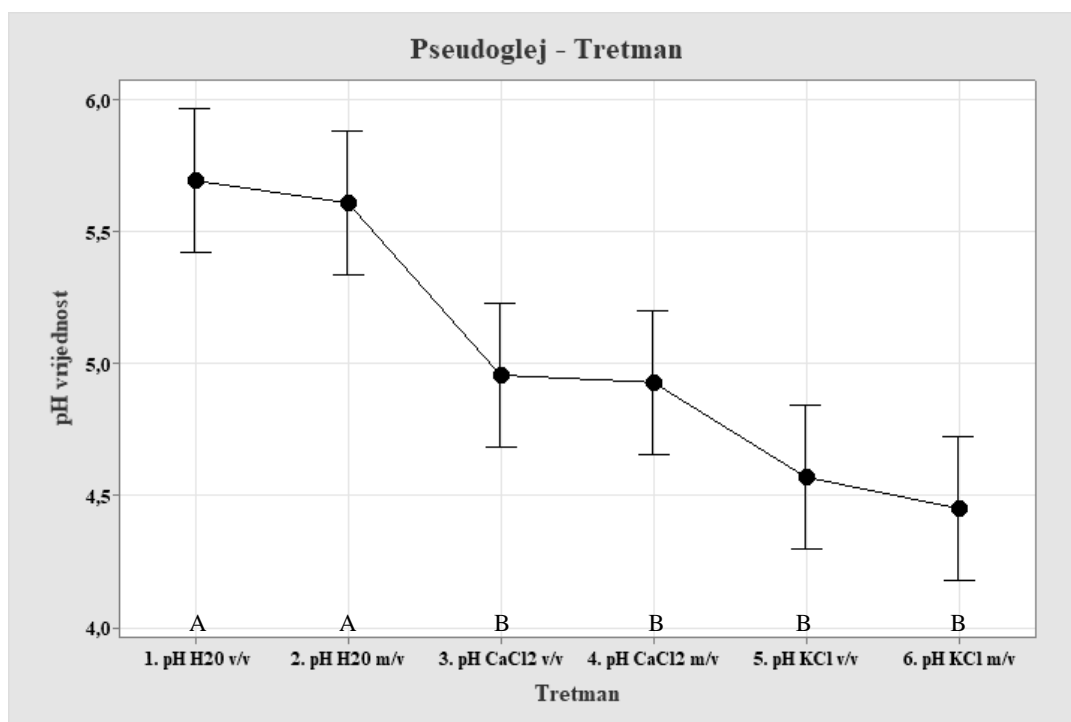


Grafikon 28. Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na lesivirano pseudoglejnom tlu

#### 4.3.4. Utvrđene pH vrijednosti na pseudogleju

Na temelju istraživanja koje je provedeno na pseudogleju utvrđene su statistički značajno više vrijednosti metodom H<sub>2</sub>O v/v u odnosu na CaCl<sub>2</sub> v/v, CaCl<sub>2</sub> m/v, KCl v/v te KCl m/v, a u odnosu na metodu H<sub>2</sub>O m/v nisu utvrđene statistički značajne razlike u pH vrijednostima. Kod metoda mjerenja CaCl<sub>2</sub> v/v i CaCl<sub>2</sub> m/v te KCl v/v i KCl m/v nisu utvrđene statistički značajne razlike niti unutar pojedine metode, a niti međusobno (Grafikon 29.). Vrijednosti izmjerene u H<sub>2</sub>O v/v su više za 0,08 pH jedinica u odnosu na vrijednosti izmjerene u H<sub>2</sub>O

m/v, vrijednosti  $\text{CaCl}_2$  v/v su više u odnosu na vrijednosti  $\text{CaCl}_2$  m/v za 0,03 pH jedinice, a  $\text{KCl}$  v/v vrijednosti su više u odnosu na  $\text{KCl}$  m/v za 0,12 pH jedinice. Pri mjerenju metodom  $\text{H}_2\text{O}$  v/v vrijednosti su više za 0,76 pH jedinica u odnosu na vrijednosti mjerene u  $\text{CaCl}_2$  v/v, u odnosu na  $\text{KCl}$  v/v za 1,12 pH jedinica, dok su vrijednosti mjerene u  $\text{KCl}$  v/v niže u odnosu na vrijednosti mjerene u  $\text{CaCl}_2$  v/v za 0,38 pH jedinice. Slične vrijednosti dobivene su i kod mjerenja pH vrijednosti u  $\text{H}_2\text{O}$  m/v. Vrijednosti mjerene u  $\text{H}_2\text{O}$  m/v su više u odnosu na vrijednosti mjerene u  $\text{CaCl}_2$  m/v za 0,65 pH jedinica, u odnosu na vrijednosti mjerene u  $\text{KCl}$  m/v za 1,15 pH jedinice, a dok su vrijednosti mjerene u  $\text{KCl}$  m/v niže u odnosu na vrijednosti mjerene u  $\text{CaCl}_2$  niže za 0,48 pH jedinice.

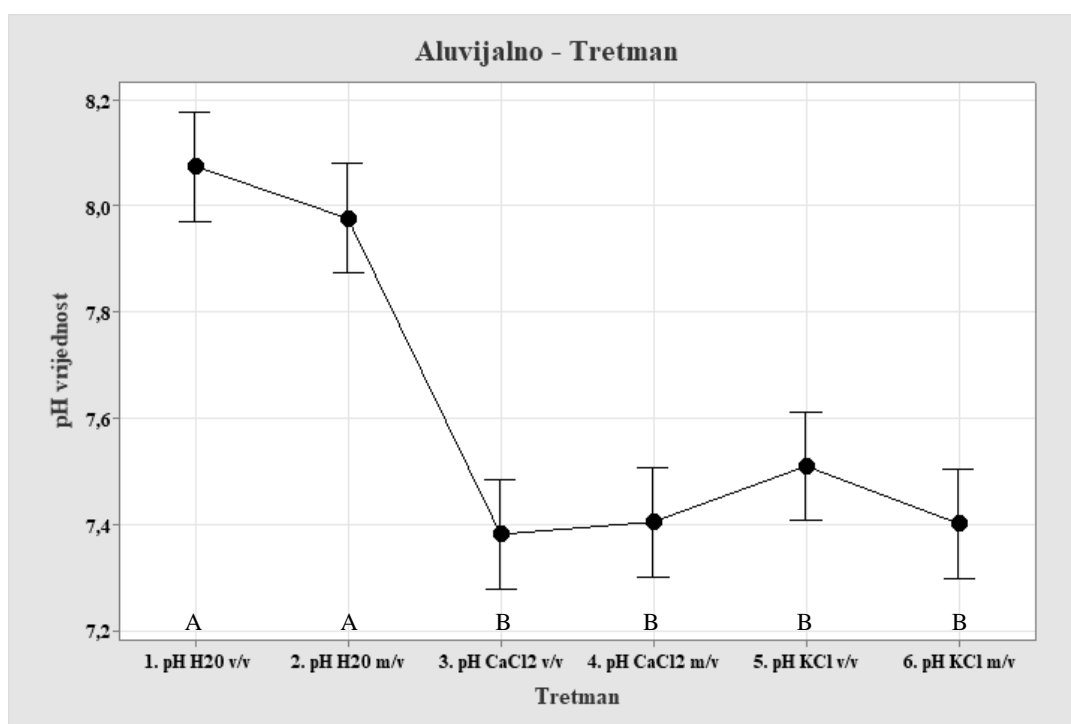


Grafikon 29. Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na pseudogleju

#### 4.3.5. Utvrđene pH vrijednosti na aluvijalnom tlu

Provedenim istraživanjem utvrđene su statistički značajno više vrijednosti pri određivanju pH reakcije metodom  $\text{H}_2\text{O}$  v/v i  $\text{H}_2\text{O}$  m/v u odnosu na ostale metode određivanja. Pri određivanju pH reakcije metodama  $\text{CaCl}_2$  v/v,  $\text{CaCl}_2$  m/v,  $\text{KCl}$  v/v i  $\text{KCl}$  m/v nema utvrđene statističko značajne razlike u pH vrijednostima (Grafikon 30.). Vrijednosti mjerene metodom  $\text{H}_2\text{O}$  v/v su prosječno više za 0,1 pH jedinica u odnosu na vrijednosti mjerene metodom  $\text{H}_2\text{O}$  m/v, a koeficijent korelacije iznosi  $r=0,98$ . Pri određivanju pH reakcije metodom  $\text{CaCl}_2$  m/v vrijednosti su prosječno više za 0,02 pH jedinica u odnosu na vrijednosti

mjerene metodom  $\text{CaCl}_2$  v/v, a koeficijent korelacije iznosi  $r=0,98$ . Vrijednosti pH reakcije metodom KCl m/v su prosječno niže za 0,11 pH jedinica u odnosu na vrijednosti pri metodi KCl v/v, a njihov međusobni koeficijent korelacije iznosi  $r=0,97$ . Vrijednosti mjerene metodom  $\text{H}_2\text{O}$  v/v su prosječno više za 0,69 pH jedinica od vrijednosti  $\text{CaCl}_2$  v/v te 0,56 pH jedinica u odnosu na KCl v/v, a dok su vrijednosti  $\text{CaCl}_2$  v/v prosječno niže za 0,11 pH jedinica u odnosu na KCl v/v. Pri mjerenju  $\text{H}_2\text{O}$  m/v vrijednosti su u prosjeku više za 0,59 pH jedinica u odnosu na  $\text{CaCl}_2$  m/v te 0,57 pH jedinica više u odnosu na KCl m/v, a  $\text{CaCl}_2$  m/v vrijednosti više za 0,01 pH jedinica u odnosu na metodu KCl m/v.

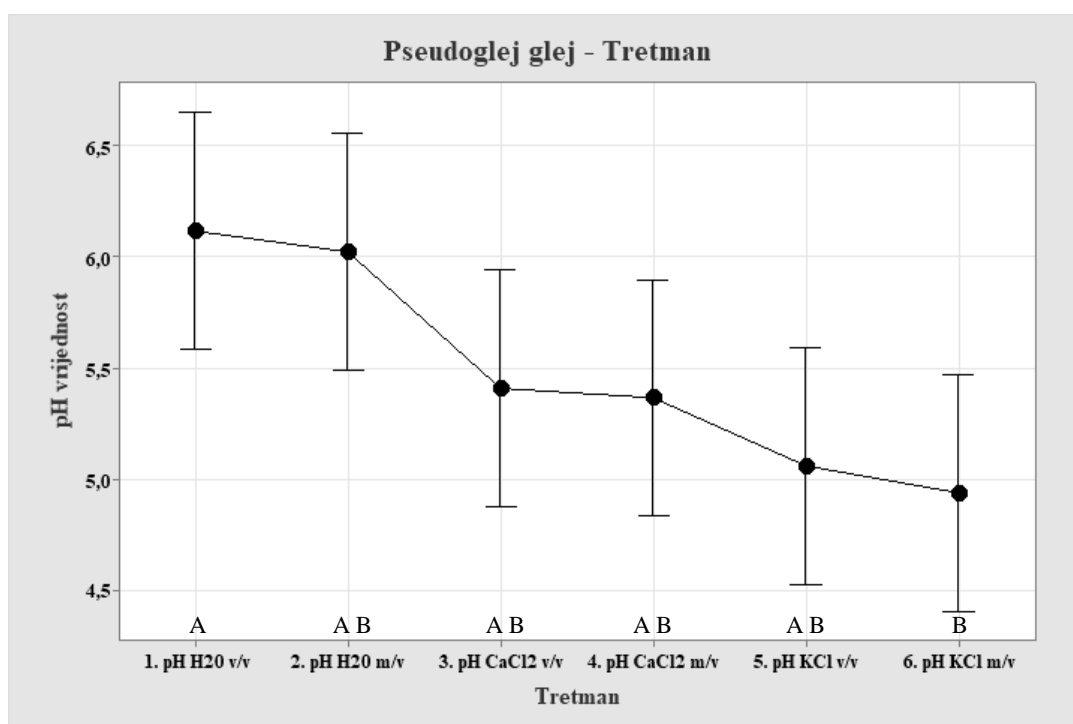


Grafikon 30. Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na aluvijalnom tlu

#### 4.3.6. Utvrđene pH vrijednosti na pseudoglej gleju

U provedenom istraživanju na pseudoglej gleju utvrđene su statistički značajno više vrijednosti mjerene u  $\text{H}_2\text{O}$  v/v u odnosu na samo vrijednosti mjerene u KCl v/v dok u odnosu na  $\text{H}_2\text{O}$  m/v,  $\text{CaCl}_2$  v/v,  $\text{CaCl}_2$  m/v i KCl v/v nema statistički značajne razlike. Isto tako je utvrđeno i za metodu KCl m/v gdje su vrijednosti statistički značajno niže samo u odnosu na metodu  $\text{H}_2\text{O}$  v/v, a u ostalim slučajevima nema statistički značajne razlike u mjerenju pH vrijednosti pseudoglej gleja (Grafikon 31.). Unutar vrijednosti  $\text{H}_2\text{O}$  m/v,  $\text{CaCl}_2$  v/v,  $\text{CaCl}_2$  m/v i KCl v/v nije utvrđena statistički značajna razlika u mjerenju pH vrijednosti. Vrijednosti mjerene u  $\text{H}_2\text{O}$  v/v su više u odnosu na vrijednosti mjerene u  $\text{H}_2\text{O}$  m/v za 0,09 pH jedinica,

vrijednosti  $\text{CaCl}_2$  v/v u odnosu na  $\text{CaCl}_2$  m/v više za 0,043 pH jedinica, a u odnosu  $\text{KCl}$  v/v vrijednosti su više za 0,12 pH jedinica u odnosu na vrijednosti mjerene u  $\text{KCl}$  m/v. Istraživanjem je utvrđeno da su vrijednosti mjerene u  $\text{H}_2\text{O}$  m/v više u odnosu na vrijednosti u  $\text{CaCl}_2$  za 0,61 pH jedinica, u odnosu na  $\text{KCl}$  m/v za 1,08 pH jedinica, a  $\text{KCl}$  m/v vrijednosti niže za 0,43 pH jedinica u odnosu na  $\text{CaCl}_2$  m/v. Vrijednosti mjerene na  $\text{H}_2\text{O}$  v/v su više u odnosu na vrijednosti mjerene u  $\text{CaCl}_2$  za 0,71 pH jedinica, u odnosu na  $\text{KCl}$  v/v za 1,05 pH jedinice, a vrijednosti koje su mjerene u  $\text{KCl}$  v/v su niže u odnosu na vrijednosti mjerene po metodi  $\text{CaCl}_2$  v/v za 0,35 pH jedinica.

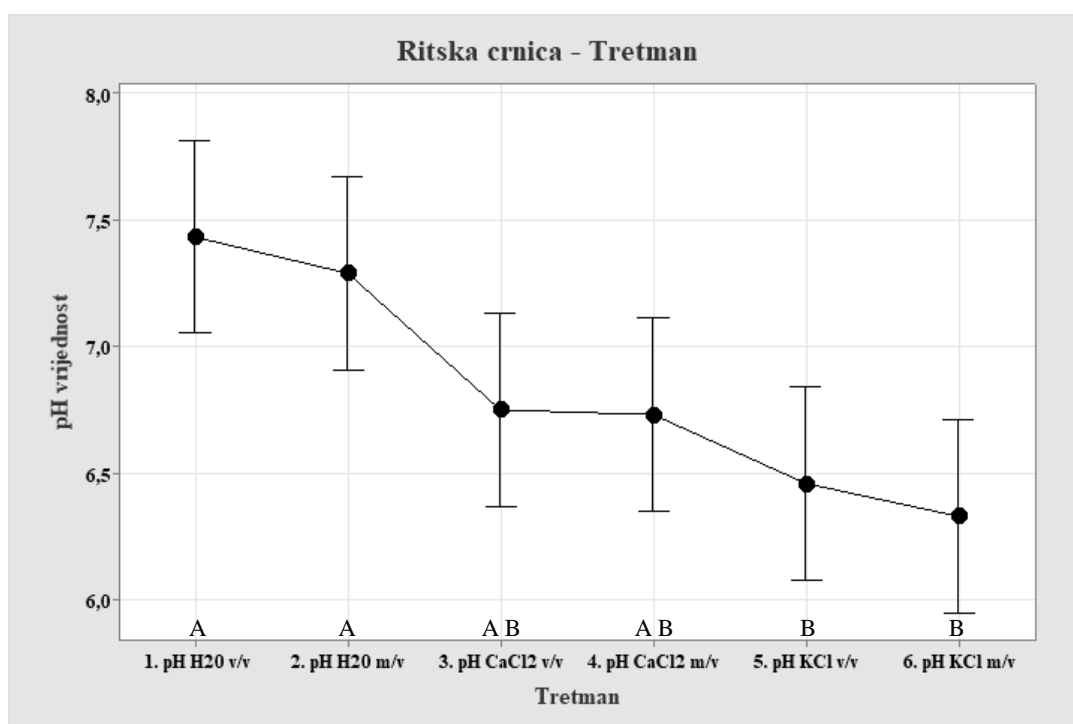


Grafikon 31. Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na pseudoglej gleju

#### 4.3.7. Utvrđene pH vrijednosti na ritskoj crnici

Provedenim istraživanjem mjerenja pH vrijednosti na ritskoj crnici utvrđene su statistički značajno više vrijednosti pri mjerenju pH reakcije metodom  $\text{H}_2\text{O}$  v/v u odnosu na metode  $\text{KCl}$  v/v i  $\text{KCl}$  m/v, dok u odnosu na metodu  $\text{H}_2\text{O}$  m/v,  $\text{CaCl}_2$  v/v i  $\text{CaCl}_2$  m/v nema statistički značajne razlike u mjerenju. Metode  $\text{KCl}$  v/v i  $\text{KCl}$  m/v međusobno nemaju statistički značajne razlike u mjerenju, ali i s metodama  $\text{CaCl}_2$  m/v i  $\text{CaCl}_2$  v/v dok imaju statistički značajno niže vrijednosti u odnosu na  $\text{H}_2\text{O}$  v/v i  $\text{H}_2\text{O}$  m/v. Vrijednosti mjerene u  $\text{CaCl}_2$  nemaju statistički značajne razlike u mjerenju (Grafikon 32.). Vrijednosti mjerene u  $\text{H}_2\text{O}$  v/v su više za 0,14 pH jedinica u odnosu na vrijednosti u  $\text{H}_2\text{O}$  m/v,  $\text{KCl}$  v/v vrijednosti su više

u odnosu na KCl m/v za 0,13 pH jedinica, a vrijednosti CaCl<sub>2</sub> v/v više u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v za 0,02 pH jedinica. Metoda mjerenja H<sub>2</sub>O v/v je prosječno viša u odnosu na CaCl<sub>2</sub> v/v za 0,68 pH jedinica, u odnosu na KCl v/v više za 0,97 pH jedinica, a dok su vrijednosti u KCl v/v niže u odnosu na vrijednosti u CaCl<sub>2</sub> v/v za 0,27 pH jedinica. Pri određivanju pH reakcije metodom H<sub>2</sub>O m/v vrijednosti su prosječno više u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v za 0,54 pH jedinica, u odnosu na KCl m/v za 0,97 pH jedinica, a vrijednosti u KCl m/v su u prosjeku niže u odnosu na vrijedosti mjerene u CaCl<sub>2</sub> m/v za 0,42 pH jedinica pri određivanju pH reakcije na ritskoj crnici.

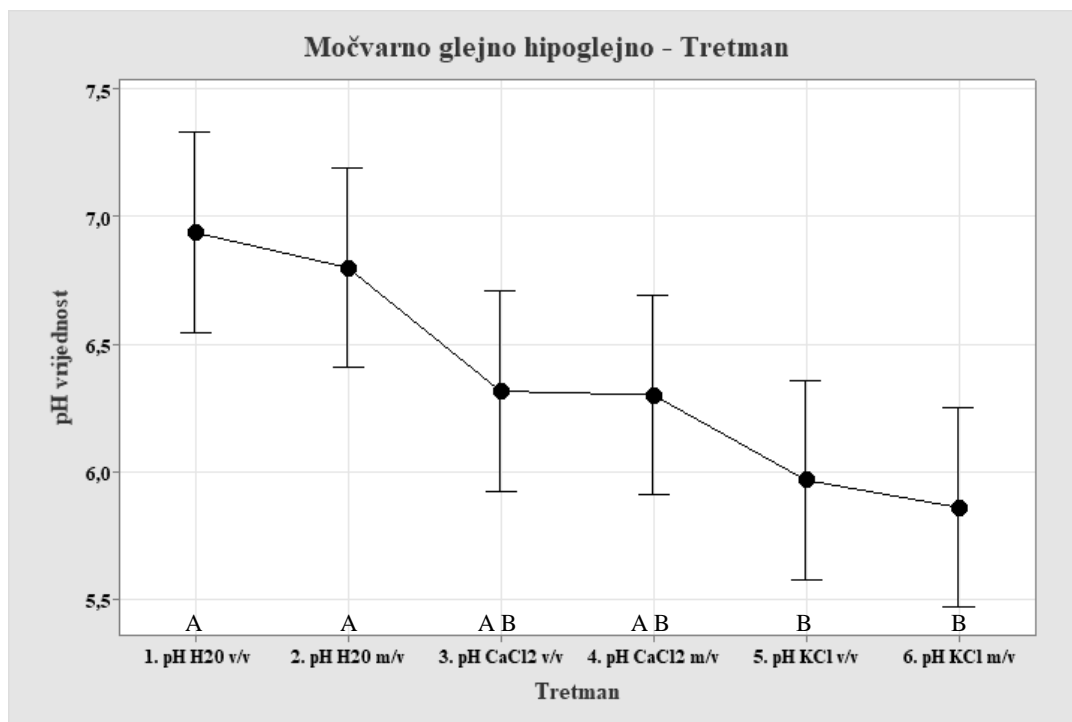


Grafikon 32. Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na ritskoj crnici

#### 4.3.8. Utvrđene pH vrijednosti na močvarno glejnom hipoglejnom tlu

U provedenom istraživanju nisu utvrđene statistički značajne razlike u mjerenju pH vrijednosti metodama CaCl<sub>2</sub> v/v i CaCl<sub>2</sub> m/v u odnosu na sve ostale metode mjerenja. Vrijednosti mjerene u H<sub>2</sub>O v/v nisu imale statistički značajne razlike vrijednosti u odnosu na H<sub>2</sub>O m/v, ali su imali statistički značajno više vrijednosti u odnosu na metode mjerenja u KCl m/v i KCl v/v. Metodom mjerenja u KCl v/v utvrđene su statistički značajno niže vrijednosti u odnosu na metode H<sub>2</sub>O m/v i H<sub>2</sub>O v/v dok u odnosu na metode mjerenja u CaCl<sub>2</sub> v/v i CaCl<sub>2</sub> m/v nisu utvrđene statistički značajne razlike u mjerenju pH vrijednosti (Grafikon 33.). Vrijednosti H<sub>2</sub>O v/v su u prosjeku bile više za 0,14 pH jedinica u odnosu na

H<sub>2</sub>O m/v, vrijednosti u CaCl<sub>2</sub> v/v u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v više za 0,01 pH jedinica te KCl v/v u odnosu na KCl m/v više za 0,11 pH jedinica. Metodom mjerenja H<sub>2</sub>O v/v vrijednosti su u prosjeku bile više za 0,64 pH jedinica u odnosu na CaCl<sub>2</sub> v/v, u odnosu na KCl v/v više za 0,97 pH jedinica, a KCl v/v u odnosu na CaCl<sub>2</sub> v/v niže za 0,33 pH jedinice. Kod mjerenja metodom H<sub>2</sub>O m/v vrijednosti su u prosjeku više za 0,49 pH jedinica u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v, u odnosu na KCl m/v više za 0,95 pH jedinica, a vrijednosti mjerene u KCl m/v u prosjeku niže za 0,44 pH jedinice u odnosu na metodu CaCl<sub>2</sub> m/v.

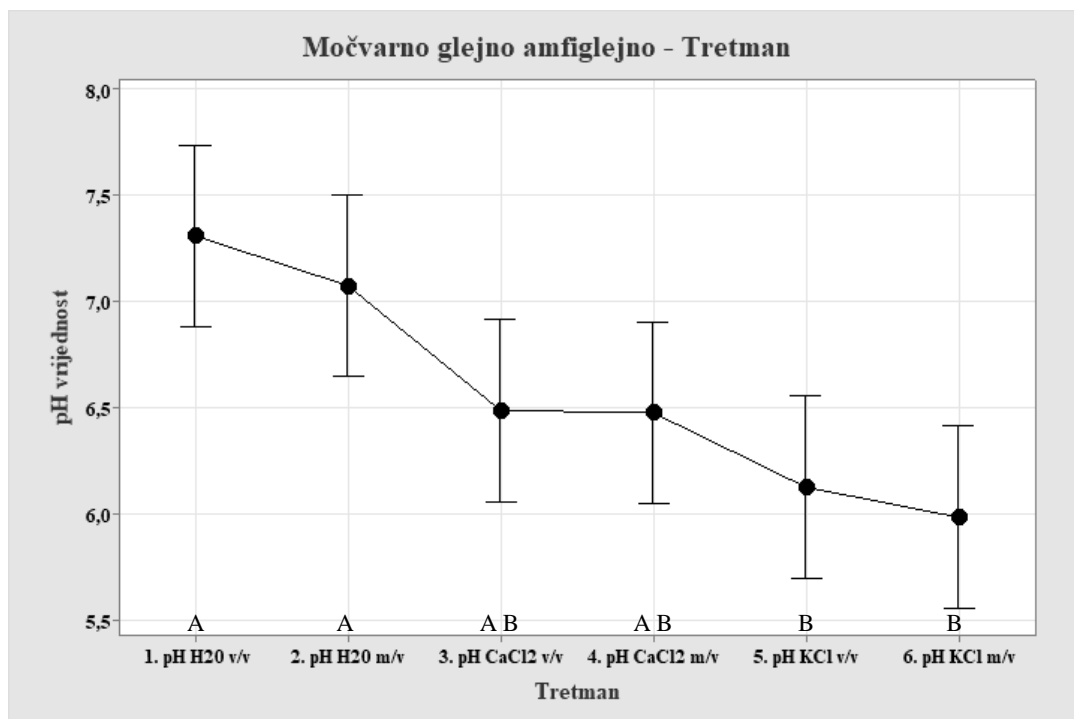


Grafikon 33. Utvrđene pH vrijednosti izmjerene orazličitim metodama na močvarno glejnom hipoglejnom tlu

#### 4.3.9. Utvrđene pH vrijednosti na močvarno glejnom amfiglejnom tlu

Mjerenje pH vrijednosti po metodi H<sub>2</sub>O v/v je imalo statistički značajno više vrijednosti u odnosu na vrijednosti mjerene u KCl v/v i KCl m/v, ali u odnosu na metode mjerenja H<sub>2</sub>O m/v, CaCl<sub>2</sub> v/v i CaCl<sub>2</sub> m/v nisu utvrđene statistički značajne razlike u mjerenju pH vrijednosti nekog tla. Metoda mjerenja KCl v/v je imala statistički značajno niže vrijednosti u mjerenju u odnosu na H<sub>2</sub>O v/v i H<sub>2</sub>O m/v dok u odnosu na CaCl<sub>2</sub> v/v i CaCl<sub>2</sub> m/v nije utvrđena statistički značajna razlika. Metoda mjerenja CaCl<sub>2</sub> m/v i CaCl<sub>2</sub> v/v nisu imale statistički značajne razlike u mjerenju međusobno, ali i na sve ostale metode (Grafikon 34.). Vrijednosti mjerene u H<sub>2</sub>O m/v su u prosjeku bile više za 0,58 pH jedinica u odnosu na CaCl<sub>2</sub>

m/v te u odnosu na KCl m/v za 1,09 pH jedinica, a KCl m/v je imao u prosjeku niže vrijednosti za 0,5 pH jedinica u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v. Metoda mjerenja H<sub>2</sub>O v/v je u prosjeku imala niže vrijednosti za 0,83 pH jedinice u odnosu na CaCl<sub>2</sub> v/v te u odnosu na KCl v/v za 1,18 pH jedinica, a metoda KCl v/v je u prosjeku imala niže vrijednosti u odnosu na CaCl<sub>2</sub> v/v za 0,35 pH jedinica. Metoda mjerenja H<sub>2</sub>O v/v je imala više vrijednosti u odnosu na H<sub>2</sub>O m/v za 0,23 pH jedinice, KCl v/v u odnosu na KCl m/v za više za 0,14 pH jedinice te CaCl<sub>2</sub> v/v u odnosu na CaCl<sub>2</sub> m/v više za 0,01 pH jedinica.



Grafikon 34. Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na močvarno glejno amfiglejnom tlu

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Kemijska i fizikalna svojstva istraživanih tala

Eutrično smeđe tlo prema Škoriću (1986.) pripada u odjel automorfnih tala. U istraživanju je utvrđen prosječan sadržaj humusa 2,61%, a Zebec (2015.) u svom istraživanju navodi prosječno utvrđen sadržaj humusa na eutrično smeđem tlu u rasponu od 2,45 do 2,65%. Škorić (1986.) navodi da se prosječan sadržaj humusa na eutrično smeđem tlu kreće u rasponu 2-6%, a Škorić (1977.) navodi prosječan sadržaj humusa 2,3%. Prosječno utvrđen sadržaj gline u istraživanju iznosi 23,61%. Škorić (1977.) navodi da eutrično smeđa tla u prosjeku sadrže 26,4% gline, a da se vrijednosti kreću u rasponu od 1,6 do 40,2%. Škorić (1986.) navodi da teksturni sastav ovog tla, prije svega veći sadržaj gline, može dovesti do javljanja smoničnih ili vertičnih varijeteta eutrično smeđeg tla. Zebec (2015.) u svom istraživanju utvrđuje prosječan raspon sadržaja gline u iznosu 27,2 do 28,2%. Prosječan iznos KIK-a u istraživanju je iznosio 22,59 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, a Zebec (2015.) u istraživanju utvrđuje prosječan raspon KIK-a od 16,74 do 18,18 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Prosječan sadržaj humusa u provedenom istraživanju na lesiviranom tlu iznosi 1,85%. Škorić (1986.) navodi da prosječan sadržaj humusa na oranicama iznosi oko 2%, a Zebec (2015.) u svom istraživanju utvrđuje prosječan sadržaj humusa od 1,06 do 1,79%. Škorić (1977.) navodi da je prosječan sadržaj humusa lesiviranog tla 2,1%, a da se vrijednosti kreću u rasponu od 1,6 do 16%, ovisno o vegetaciji i ostalim činiteljima. Teksturni sastav lesiviranog tla, prije svega gline, prema Škoriću (1977.) iznosi 22,4%, a vrijednosti se kreću u rasponu 9,8 do 25,4%. Škorić (1986.) navodi da Eluvijalni lesivirani E horizont je u odnosu na ostale teksturno lakši (isprana glina) te ima nešto nepovoljniju graškastu strukturu u odnosu na ostale horizonte. Zebec (2015.) u svom istraživanju utvrđuje prosječan sadržaj gline od 23,2 do 26,42%, a prosječan iznos KIK-a od 14,53 do 18,55 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. lesivirano tipično tlo prema Škoriću (1986.) nastaje u uvjetima umjereno humidne klime i ilovastog mehaničkog sastava, a ukoliko tlo sadrži nešto više glinenih čestica ili je ubrzano ispiranje kolida, Bt horizont postaje više obogaćen glinom i dolazi do burnijih procesa pseudooglejavanja gdje nastaje podtip lesivirano pseudoglejno tlo. U istraživanju na ovom podtipu tla je utvrđen prosječan sadržaj humusa u iznosu 1,85%. Zebec (2015.) navodi u istraživanju prosječan sadržaj humusa u rasponu od 1,49 do 2,46 %. Škorić (1977.) navodi da lesivirano pseudoglejno tlo u prosjeku sadrži 2,3% humusa, ali se te vrijednosti kreću u rasponu 1,0 do 16%. Prosječno



utvrđen sadržaj gline u istraživanju iznosi 20,28%, a Zebec (2015.) utvrđuje vrijednosti sadržaja gline u rasponu 19,4-22,47%. Martinović (1997.) navodi da je prosječan sadržaj gline ovog podtipa tla 19,4%, ali da se te vrijednosti mogu kretati u rasponu 9,7-26,5%. pseudoglej je tlo koje prema Škoriću (1986.) pripada u odjel Hidromorfni tala, klasu pseudoglejnih tala. Prosječan sadržaj humusa u istraživanju iznosi 2,26%, dok Škorić (1977.) navodi da je prosječan sadržaj humusa u pseudogleju 2,8%, ali da se vrijednosti kreću u rasponu 1,2-12,7%. Zebec (2015.) u svom istraživanju navodi prosječan sadržaj humusa u iznosu 1,32-2,6%. Škorić (1986.) navodi da humusa kod pseudogleja ima samo u tankom površinskom sloju i da je loših karakteristika, kiseo je i bogat fulvokiselinama. Prosječan sadržaj gline u istraživanju iznosi 16,52%. Zebec (2015.) u istraživanju utvrđuje prosječan sadržaj gline u rasponu 12,2-24,6%, a Škorić (1977.) navodi da je prosječan sadržaj gline u pseudogleju 17,4%, ali se vrijednosti kreću u rasponu 8,4-30,01%. Prosječan iznos KIK-a u istraživanju iznosi 9,81 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, a Zebec (2015.) u istraživanju iznosi prosječan raspon vrijednosti 5,15-8,47 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Rezultat tako niskih vrijednosti KIK-a Škorić (1986.) objašnjava kao rezultata teksturno lakših, ispranih, siromašnih humusom i glinom površinskih horizonata koji su u visokoj korelaciji s iznosima KIK-a. aluvijalno tlo je tlo koje prema Martinoviću (1997.) pripada u najheterogenije tipove tla. Nema stalne karakteristike, nego one prije svega ovise o vrsti flotacionig nanosa od kojeg je tlo i nastalo. Prosječan sadržaj humusa u istraživanju iznosi 2,06%. Škorić (1977.) navodi da je prosječan sadržaj humusa aluvijalnog tla 2,9%, a vrijednosti se kreću u rasponu 0,8-9,1%, a dok Martinović (2000.) navodi da aluvijalno tlo sadrži u prosjeku 3,6% humusa, ali da se vrijednosti kreću u rasponu 2,1 pa do čak 57,6% humusa. Zebec (2015.) u istraživanju iznosi vrijednosti sadržaja humusa u rasponu 1,61-2,3%. Škorić (1986.) navodi da glavna razlika Aluvijalnih tala proizlazi u teksturnom sastavu tla. U istraživanju je prosječno utvrđen sadržaj gline u iznosu 6,51%, a heterogenost teksturnog sastava potvrđuje Škorić (1977.) koji navodi da je prosječan sadržaj gline 23,2%, ali uz širok raspon kretanja vrijednosti 6,3-48,6%. Zebec (2015.) navodi u istraživanju da aluvijalno tlo sadrži u prosjeku od 11,40 do 13,20% gline, a Martinović (2000.) navodi također da je prosječan sadržaj gline u aluvijalnom tlu 24,8%, ali da se vrijednosti kreću u rasponu 8,8 do 35,4%. Pseudoglej glej je prvo tlo u klasi glejnih tala. Martinović (2000.) navodi da predstavlja prijelaz između pseudooglejavanja i hipooglejavanja. Istraživanjem je utvrđen prosječan sadržaj humusa 2,37%. Martinović (1997.) navodi da je prosječan sadržaj humusa u pseudoglej gleju 2,7%,

ali se vrijednosti kreću u rasponu 1,1 do 8,1% humusa. Zebec (2015.) navodi u istraživanju kretanje vrijednosti u rasponu 1,31-1,61% humusa. Prosječno utvrđen sadržaj gline u istraživanju iznosi 23,81%. Škorić (1977.) navodi da je prosječan sadržaj gline u pseudoglej gleju 21,9% uz raspon kretanja vrijednosti 10,2-37,1% gline, a Martinović (1997.) navodi da je prosječan sadržaj gline 35,7%, uz kretanje vrijednosti 13,9-38,8%. Zebec (2015.) navodi prosječan sadržaj gline u rasponu 23,40-23,70%, a vrijednosti KIK-a 14,44 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Ritska crnica ili humoglej prema Škoriću (1986.) ima prosječan sadržaj humusa 3-6%, a dok glinene forme imaju i do 8%. Prosječno utvrđen sadržaj humusa u istraživanju je 4,94% uz raspon kretanja vrijednosti 2,62-11,8%. Škorić (1997.) navodi da Ritske crnice u prosjeku sadrže 4,1% humusa uz raspon kretanja vrijednosti 0,4-11,4%, a Martinović (2000.) navodi prosječan sadržaj humusa 5,9% uz raspon kretanja vrijednosti 1,0-31,5%. Zebec (2015.) navodi u istraživanju prosječan sadržaj humusa 3,33 - 7,48%. Teksturni sastav Ritskih crnica u istraživanju je prosječno 34,92% gline, a Zebec (2015.) navodi u istraživanju prosječno 30,3-33,9% gline. Škorić (1977.) navodi da Ritske crnice u prosjeku sadrže 38,5% gline uz kretanje vrijednosti 19,1-71,1%. Prosječno utvrđene vrijednosti humusa na močvarno glejnom hipoglejnom tlu iznose 2,62%. Škorić (1977.) navodi da su prosječne vrijednosti humusa 3,8%, a vrijednosti se kreću u rasponu 1,5 do 18% humusa, a Zebec (2015.) u istraživanju navodi prosječne vrijednosti u rasponu 2,06-6,61% humusa. Prosječan sadržaj gline je iznosio 29,06%, a KIK 26,09 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Zebec (2015.) u istraživanju navodi da su se vrijednosti gline kretale u rasponu 25,9-32,5%, a vrijednosti KIK-a 2,06-6,61 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Škorić (1977.) navodi da hipoglejno tlo u prosjeku sadrži 29,9% gline, a vrijednosti se kreću u rasponu 5,7-50,5%. Istraživanjem su utvrđene prosječne vrijednosti humusa na močvarno glejnom amfiglejnom tlu u iznosu 3,43% gdje je utvrđena i najniža vrijednost humusa 0,83% u setu uzoraka. Škorić (1977.) navodi da Amfiglej u prosjeku sadrži 5,2% humusa, a vrijednosti se kreću u rasponu 1,1-22,5% humusa. Zebec (2015.) navodi da su se vrijednosti humusa na amfigleju kretale u rasponu 0,83 pa do čak 13,12% humusa. Prosječni sadržaj gline na amfigleju prema Škoriću (1977.) iznosi 37,2 uz kretanje vrijednosti 19-84,4%. U istraživanju je utvrđen sadržaj gline u prosjeku 39,46%. Zebec (2015.) u svom istraživanju prikazuje prsoječne vrijednosti sadržaja gline 27,9-36%, a vrijednosti KIK-a u rasponu 29,88-37,61 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. U istraživanju je utvrđen prosječan KIK u iznosu 34,55 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Škorić (1986.) navodi da glejna tla karakterizira visok sadržaj gline, saturacija i teška propusnost tla koji su rezultat prekomjernog sadržaja gline.

## 5.2. Usporedba metoda i podmetoda za mjerenje pH reakcije tla

Mjerenje pH reakcije ovisi o nizu činitelja, što je potvrđeno i u ovom istraživanju. U ovisnosti o porijeklu uzoraka, tj. jesu li uzorci kiseli, neutralni ili lužnati, ovisit će i pouzdanost rezultata mjerenja. Gavriiloaiei (2012.) navodi nekoliko čimbenika koji su u istraživanju utjecali na pouzdanost rezultata: vodena suspenzija, izmjenjivi kationi ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^{2+}$  i  $\text{Al}^{3+}$ ) te  $\text{Al}^{3+}$  i  $\text{Mn}^{3+}$  ioni ekstrahirani s metodom 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ . Čapka i sur. (2009.) upravo iz tog razloga uzorke dijele na uzorke kiselog, približno neutralnog i alkalnog porijekla. Rezultati ovog istraživanja koji će koristiti radi usporedbe i rasprave su vidljivi u Tablici 7. Očekivano pravilan raspored vrijednosti metoda je prema Čapka i sur. (2009.) dobiven na kiselim tlima gdje su prosječne pH vrijednosti na pseudogleju u  $\text{H}_2\text{O}$  (1:5) iznosile 6,53 pH jedinica, u  $\text{CaCl}_2$  (1:5) 5,63, a u  $\text{KCl}$  (1:5) 4,97. Prema navedenom je vidljivo kako su vrijednosti dobivene u  $\text{CaCl}_2$  više od vrijednosti u  $\text{KCl}$ , a niže od vrijednosti izmjerene u  $\text{H}_2\text{O}$ . Kako su pH vrijednosti više, tako se i smanjuje razlika između metoda mjerenja  $\text{KCl}$  i  $\text{CaCl}_2$ , gdje u jednom trenutku od očekivano viših vrijednosti u  $\text{CaCl}_2$  u odnosu na  $\text{KCl}$  bude obrnuto. Čapka i sur (2009.) utvrđuju to na jednom od lokaliteta gdje je prosječna pH vrijednost u  $\text{H}_2\text{O}$  (1:5) iznosila 8,01, u  $\text{KCl}$  (1:5) 7,11 te u  $\text{CaCl}_2$  (1:5) 6,97. Rezultati ovog istraživanja su u korelaciji s istraživanjem Čapka i sur (2009.) gdje su rezultati metode  $\text{CaCl}_2$  aluvijalnog tla niži u odnosu na rezultate mjerene u  $\text{KCl}$ . Lasslet i sur (1987.) su dobili rezultate gdje je srednja pH vrijednost mjerena metodom  $\text{H}_2\text{O}$  (1:5) iznosila 5,26 uz raspon vrijednosti 4,80-5,82 pH jedinica, a metodom  $\text{CaCl}_2$  (1:5) 4,49 uz raspon vrijednosti 4,02-5,04. Miller i Kissel (2020.) u svom istraživanju iznose rezultate mjerenja gdje su vrijednosti u  $\text{H}_2\text{O}$  (1:5) prosječno iznosile 6,49 dok su vrijednosti mjerene u  $\text{CaCl}_2$  (1:5) prosječno iznosile 6,1. Minasny i sur. (2011.) objašnjavaju niže vrijednosti u metodi  $\text{CaCl}_2$  kao zamjenu  $\text{Ca}^{2+}$  iz otopine s  $\text{H}^+$  i  $\text{Al}^{3+}$  ionima iz otopine tla, od čega proizlaze niže vrijednosti u odnosu na  $\text{H}_2\text{O}$ . Također navode da bi uz mjerenje pH vrijednosti, ovim metodama, bilo poželjno imati rezultate električnog konduktiviteta tla koji ima visoku korelaciju s mjerenjem pH vrijednosti. Miller i Kissel (2020.) navode da je razlog zbog kojeg u kiselijim tlima dolazi do većeg razilaženja vrijednosti u odnosu na neutralna tla, veća količina lako pristupačnog  $\text{Al}^{3+}$  snižavanjem pH reakcije tla. Minasny i sur. (2011.) u istraživanju su utvrdili prosječne vrijednosti u  $\text{H}_2\text{O}$  (1:5) u iznosu 7,19 uz raspon vrijednosti od 3,6 do 9,9, a u  $\text{CaCl}_2$  (1:5) metodi 6,26 uz raspon vrijednosti od 3,3 do 8,8. Sadovski (2019.) u istraživanju predstavlja rezultate mjerenja metodom  $\text{H}_2\text{O}$  (1:2,5) koji su u prosjeku

iznosili 6,42 uz raspon vrijednosti od 4 do 8,6 te u KCl (1:2,5) u prosjeku 5,49 uz raspon vrijednosti od 2,9 do 7,8.

Cilj ovog istraživanja nije bio samo usporediti metode mjerenja H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub> i KCl nego i razlike u vrijednostima kod različitih odnosa otopine i tla. Prema standardnim ISO metodama i normama, pravilno je mjeriti pH vrijednost u omjeru 1:5, tj. 5 ml tla na 25 ml ekstrakcijske otopine. U većini zemalja EU pa i Hrvatskoj koristi se metoda s omjerom 1:2,5. Kabala i sur. (2016.) predstavljaju istraživanje gdje upravo uspoređuju omjere pri mjerenju pH vrijednosti. Predstavljaju rezultate istraživanja gdje je metodom H<sub>2</sub>O (1:2,5) utvrđena prosječna pH reakcija u iznosu 5,12 uz raspon vrijednosti od 3,39 do 8,13 dok je po metodi H<sub>2</sub>O (1:5) na istim uzorcima tla utvrđena prosječna pH vrijednost u iznosu 5,22 uz raspon vrijednosti od 3,47 do 8,21. Izmjerene pH vrijednosti metodom H<sub>2</sub>O (1:5) u istraživanju Kabala i sur. (2016.) su više u odnosu na H<sub>2</sub>O (1:2,5) za u prosjeku 0,1 pH jedinica. U ovom provedenom istraživanju, na svim uzorcima, vrijednosti izmjerene u H<sub>2</sub>O v/v (1:5) su više za 0,13 pH jedinica u odnosu na vrijednosti H<sub>2</sub>O m/v (1:2,5). Sličnu usporedbu u svom istraživanju iznose i Thunjai i sur. (2001.) gdje su pH vrijednosti mjerene u H<sub>2</sub>O (1:2,5) u prosjeku iznosile 4,23 na kiselim tlima, 7,31 na neutralnim tlima i 7,93 na alkalnim tlima. Isti uzorci mjereni po metodi H<sub>2</sub>O (1:5) imali su u prosjeku pH vrijednosti: 4,42 na kiselim tlima, 7,51 na neutralnim tlima i 8,28 na alkalnim tlima. Miller i Kissell. (2020.) dolaze do zaključka da što je omjer tla i ekstrakcijske otopine uži da će i pH vrijednosti biti niže, a što je taj omjer širi, proporcionalno tome će i pH vrijednosti biti više. Kabala i sur. (2016.) iznose istraživanje uspoređujući i metodu KCl, gdje su pH vrijednosti mjerene u KCl (1:2,5) u prosjeku iznosile 4,27 uz raspon vrijednosti od 2,65 do 7,53 pH jedinica, a vrijednosti mjerene u KCl (1:5) u prosjeku 4,37 uz raspon vrijednosti od 2,75 do 7,73 pH jedinica. Kabala i sur. (2016.) dolaze do zaključka da su pH vrijednosti mjerene u KCl (1:5) više za 0,1 pH jedinica u odnosu na one mjerene u KCl (1:2,5). U ovom istraživanju utvrđeno je da su prosječne pH vrijednosti mjerene u metodi KCl v/v (1:5) više za 0,11 pH jedinica u odnosu na vrijednosti mjerene u KCl m/v (1:2,5). Thunjai i sur (2001.) iznose rezultate istraživanja mjerene metodom CaCl<sub>2</sub> (1:2,5) gdje su prosječne pH vrijednosti iznosile: 4,21 na kiselim tlima, 6,36 na neutralnim tlima i 8,13 na alkalnim tlima, a metodom KCl (1:2,5) prosječne pH vrijednosti su iznosile: 3,94 na kiselim tlima, 6,36 na neutralnim tlima te 7,95 na alkalnim tlima u istom setu uzoraka. Thunjai i sur. (2001.) također dolaze do zaključka da pH vrijednosti mjerene metodama CaCl<sub>2</sub> u alkalnim tlima su niže u odnosu na vrijednosti

mjerene u metodi KCl. U ovom istraživanju je utvrđeno da razlika unutar metoda CaCl<sub>2</sub> v/v (1:5) i CaCl<sub>2</sub> m/v (1:2,5) gotovo i ne postoji jer iznosi svega u prosjeku 0,02 pH jedinica. Na temelju deskriptivne statistike i korelacije ove dvije metode, na svim tipovima tala nema razilaženja rezultata i vrijednosti su uvijek gotovo indentične, a iznose  $\pm 0,02$  pH jedinica. U istraživanju su utvrđene vrijednosti CaCl<sub>2</sub> niže u odnosu na KCl vrijednosti samo na aluvijalnom tlu. Korelacije između metoda KCl v/v u odnosu na Mg-aa na aluvijalnom tlu iznosi  $r=-0,73$ , a u odnosu KCl m/v na Mg-aa iznosi  $r=-0,82$ . Prethodno navedena tvrdnja, da kod neutralnih tala dolazi do razilaženja uslijed Mg<sup>2+</sup> ovime je potvrđena. Izmjerene vrijednosti u CaCl<sub>2</sub> v/v su niže za 0,13 pH jedinica u odnosu na KCl v/v, dok su na svim ostalim tipovima vrijednosti obrnuto. Vrijednosti koeficijenta korelacije su vidljive u Tablici 6., iz čega se može zaključiti pozitivna korelacija između svih metoda i podmetoda mjerenja. Nešto niže korelacije su utvrđene na aluvijalnom i močvarno glejnom amfiglejnom tlu. Čapka i sur. (2009.) utvrđuju koeficijente korelacije između metoda mjerenja, a one u prosjeku iznose: H<sub>2</sub>O/CaCl<sub>2</sub> od 0,75 do 0,99 u kiselim, neutralnim i alkalnim tlima, a KCl/H<sub>2</sub>O od 0,28 do 0,91. Prosječna razlika između metoda H<sub>2</sub>O i KCl iznosi  $1,00 \pm 0,01$  pH jedinica. Gimsing i Goorgaard (2001.) u istraživanju utvrđuju prosječnu razliku unutar ovih metoda u iznosu 1,51 pH jedinica. Utjecaj humusa na mjerenje pH vrijednosti je jednak kod svih tipova tala. Vidljivo je kako s povećanjem humusa više od 3% raste i pH vrijednost, uz statistički značajno veće vrijednosti u odnosu na tla s nižim sadržajem humusa.

Prosječna pH vrijednost mjerena metodom H<sub>2</sub>O (1:2,5) na eutrično smeđem tlu prema Škoriću (1977.) iznosi 6,6 uz raspon vrijednosti od 5,3 do 7,5 pH jedinica. Martinović (2000.) navodi da eutrično smeđe tlo, ovisno o bioklimatu, ima prosječnu pH vrijednost mjerenu metodom H<sub>2</sub>O u rasponu od 5,5 do 6,4. Prosječna pH vrijednost ovog tipa tla prema Martinoviću (1997.) iznosi 4,9 mjereno u H<sub>2</sub>O, a metodom KCl iznosi 4,2. U istraživanju na eutrično smeđem tlu Zebec (2015.) utvrđuje prosječnu pH vrijednost metodom H<sub>2</sub>O u iznosu 6,78 dok metodom KCl iznosi 4,85. Škorić (1986.) navodi da će različite matične stijene karbonatošću i različitim sadržajem baza, količinom i kvalitetom produkata trošenja, klima i bioklimat bitno utjecati i na različita pH svojstva unutar eutrično smeđeg tipa tla.

Škorić (1977.) navodi da prosječna pH vrijednost lesiviranog tla, mjerena u H<sub>2</sub>O (1:2,5), iznosi 5,4 uz raspon vrijednosti od 4,2 do 6,2. Martinović (2000.) navodi prosječnu pH vrijednost lesiviranog tla u iznosu 5,1 na šumskim površinama te 5,7 na ratarskim

površinama dok Martinović (1997.) navodi prosječne pH vrijednosti mjerene metodom H<sub>2</sub>O u iznosu od 4,8 dok u KCl iznosi 3,5. Prosječna pH vrijednost lesiviranog tla u istraživanju Zebec (2015.) iznosi 6,42 mjereno u H<sub>2</sub>O dok metodom KCl iznosi 5,44. Škorić (1986.) navodi da je ispiranje gline najpovoljnije u uvjetima pH od 4,5 do 6,5 što je karakteristično kod ovog tipa tla. Perkolacijom oborina kroz solum tla, dolazi do postepenih procesa debazifikacije i acidifikacije uslijed čega nastaju niske pH vrijednosti kao na lesiviranom tlu. Škorić (1986.) navodi da su pH vrijednosti unutar prvih 0-30 cm najniže u odnosu na ostalu dubinu tla.

Prosječna pH vrijednost lesivirano pseudoglejnog tla prema Škoriću (1997.) iznosi 5,3 uz raspon vrijednosti od 4,2 do 5,8 mjereno metodom H<sub>2</sub>O (1:2,5). Martinović (2000.) navodi da lesivirano pseudoglejno ima prosječnu pH vrijednost, metodom H<sub>2</sub>O, u iznosu od 4,8 do 5,2 ovisno o bioklimatu u kojem se nalazi. Zebec (2015.) u istraživanju utvrđuje prosječnu pH vrijednost metodom KCl u iznosu 4,89 dok u H<sub>2</sub>O iznosi 6,18. Škorić (1986.) navodi da ovakav podtip nastaje uslijed veće količine glinenih čestica u iluvijalnoj zoni koje se ispiru i talože u eluvijalnoj zoni pri čemu nastaje lesivirano pseudoglejno tlo. Također, navodi da je oranični sloj izblijeđen, teksturno osiromašen, ispranih baza i zbog čega dolazi do burnih procesa acidifikacije.

Prosječna pH vrijednost mjerena metodom H<sub>2</sub>O (1:2,5) na pseudogleju prema Škoriću (1977.) iznosi 5,8 uz raspon vrijednosti od 4,5 do 7,2. Pseudoglej je tlo koje prema Martinoviću (2000.) ima prosječnu pH vrijednost mjerenu metodom H<sub>2</sub>O u iznosu od 4,8 do 6,1 što ovisi o bioklimatu u kojem se nalazi, dok prema Martinoviću (1997.) ima prosječnu pH vrijednost mjerenu metodom H<sub>2</sub>O u iznosu od 5,6 dok u KCl iznosi 4,7. Zebec (2015.) u istraživanju utvrđuje prosječnu pH vrijednost metodom H<sub>2</sub>O u iznosu 4,96 dok metodom KCl iznosi 3,76. Škorić (1986.) navodi da pseudoglej također karakterizira pseudooglejavanje, tj. izmjena suhe i mokre faze, gdje tijekom mokre faze dolazi do zadržavanja vode u solumu tla i postepene acidifikacije i debazifikacije površinskih horizonata. Vrijednosti će ovisiti i o matičnom supstratu koji će omogućiti bolje ili lošije procjeđivanje vode te samim time rezultirati i niže ili više izmjerene pH vrijednosti na pseudogleju.

Škorić (1977.) navodi da prosječna pH vrijednost aluvijalnog tla u H<sub>2</sub>O (1:2,5) iznosi 7,6 uz raspon vrijednosti od 6,4 do 8,2. aluvijalno tlo prema Martinoviću (2000.) ima prosječnu pH

vrijednost mjerenu u H<sub>2</sub>O u iznosu od 7,3 do 8,0 dok Martinović (1997.) navodi da prosječna pH vrijednost metodom H<sub>2</sub>O iznosi 7,6. U istraživanju Zebec (2015.) utvrđena je prosječna pH vrijednost mjerena metodom H<sub>2</sub>O u iznosu od 8,62 dok je u KCl iznosila 7,48. Ovisnost flotacionog materijala Škorić (1986.) objašnjava kao jednu od najvažnijih karakteristika kemijskih karakteristika aluvijalnog tla. Karbonatan ili nekarbonatan, zaslanjen ili alkaliziran flotacioni materijal će i rezultirati nižim ili višim pH vrijednostima. Aluvijalna tla Slavonije i Baranje su većinom karbonatna i imaju neutralne do alkalne pH reakcije.

Prema Škoriću (1997.) pseudoglej glej ima prosječnu pH vrijednost mjerenu u H<sub>2</sub>O (1:2,5) u iznosu 5,7 uz raspon vrijednosti od 5,0 do 6,8. Martinović (2000.) navodi da pseudoglej glej ima prosječnu pH vrijednost u iznosu 5,1 dok Martinović (1997.) navodi prosječnu pH vrijednost mjerenu metodom H<sub>2</sub>O u iznosu od 4,6 dok u KCl iznosi 3,9. Zebec (2015.) u istraživanju utvrđuje prosječnu pH vrijednost metodom H<sub>2</sub>O u iznosu 6,45 dok je metodom KCl iznosila 5,30. Pseudoglej glej prema Škoriću (1986.) ima gotovo jednake uvjete postanka kao i pseudoglej, intenzitet acidifikacije i debazifikacije je visok u površinskim horizontima, ali uz veće taloženje gline u Bt gotizontu koji postepeno prelazi u glejni horizont.

Ritska crnica prema Škoriću (1977.) ima prosječnu pH vrijednost mjerenu metodom H<sub>2</sub>O (1:2,5) u iznosu 7,3 uz raspon vrijednosti od 5,2 do 8,3. Martinović (2000.) navodi da ritska crnica ima prosječnu pH vrijednost mjerenu metodom H<sub>2</sub>O u iznosu od 7,0 do 7,3 ovisno o bioklimatu gdje se tlo nalazi, a Martinović (1997.) navodi da metodom H<sub>2</sub>O prosječna pH vrijednost iznosi 6,0 uz raspon vrijednosti od 5,7 do 6,3. U istraživanju Zebec (2015.) utvrđena je prosječna pH vrijednost mjerena metodom H<sub>2</sub>O u iznosu od 8,53 dok je metodom KCl iznosila 7,24. Škorić (1986.) navodi da se ritske crnice formiraju na lesu ili praporu te da uslijed karbonatnosti kroz cijeli solum tla nastaju i neutralne do alkalne pH reakcije. U ovisnosti o količini baza, karbonata i količini oborina ovisit će i pH reakcija Ritske crnice.

Močvarno glejno hipoglejno tlo prema Škoriću (1977.) ima prosječnu pH vrijednost mjerenu metodom H<sub>2</sub>O (1:2,5) u iznosu 7,0 uz raspon vrijednosti od 5,4 do 8,6. Martinović (2000.) navodi da močvarno glejno hipoglejno tlo u prosjeku ima pH vrijednost, mjerenu metodom H<sub>2</sub>O, u iznosu od 6,6 do 6,7 dok Martinović (1977.) navodi da je prosječna pH vrijednost ovog tla 5,9 uz raspon vrijednosti od 4,7 do 6,8. Zebec (2015.) utvrđuje prosječnu pH vrijednost metodom H<sub>2</sub>O u iznosu od 8,66 dok metodom KCl iznosi 7,55. močvarno glejno

hipoglejno tlo specifično čini samo hidromorfizam i oglejavanje podzemnom vodom. Vrsta podzemne vode, tj. zaslanjenost ili alkaliziranost te vrsta matičnog supstrata će manje ili više utjecati na pH vrijednosti ovog tipa tla.

Močvarno glejno amfiglejno tlo prema Škoriću (1977.) ima prosječnu pH vrijednost u iznosu 6,8 uz raspon vrijednosti od 5,1 do 8,5. Močvarno glejno amfiglejno tlo prema Martinoviću (2000.) ima prosječnu pH vrijednost metodom H<sub>2</sub>O u iznosu od 6,1 do 8,1 što ovisi o bioklimatu gdje se tlo nalazi. Martinović (1997.) navodi da ovaj tip tla ima prosječnu pH vrijednost mjerenu metodom H<sub>2</sub>O u iznosu od 5,6 dok u KCl iznosi 4,6. U istraživanju Zebec (2015.) utvrđena je prosječna pH vrijednost metodom H<sub>2</sub>O u iznosu od 8,34 dok je metodom KCl iznosila 7,43. Škorić (1986.) navodi da ovaj tip tla je uvjetovan i podzemnom i površinskom vodom te će vrsta podzemne, ali i karakteristike samog tla, utjecati na niže ili više pH vrijednosti ovoga tipa tla.



## 6. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja i istraživanjem utvrđenih rezultata, može se zaključiti:

1. Utvrđena agrofizikalna i agrokemijska svojstva sistematskih jedinica su izrazito heterogena sa širokim rasponom vrijednosti po svojstvima.
2. Razlike u pH vrijednostima u mjerenju metodama v/v (1:5) i m/v (1:2,5) su prosječno iznosile: H<sub>2</sub>O metodom 0,13 pH jedinica, CaCl<sub>2</sub> metodom 0,02 pH jedinica te KCl metodom 0,11 pH jedinica.
3. Vrijednosti izmjerene u omjeru 1:5 (v/v) su više u odnosu na one izmjerene u omjeru 1:2,5 (m/v), uz slijed veličina vrijednosti H<sub>2</sub>O v/v > H<sub>2</sub>O m/v > CaCl<sub>2</sub> v/v > CaCl<sub>2</sub> m/v > KCl v/v > KCl m/v.
4. Raspon pH vrijednosti je ovisio o tipu tla te ostalim agrokemijskim i agrofizikalnim svojstvima sistematske jedinice tla.
5. Koeficijent korelacije između metoda mjerenja pH reakcije je iznosio  $r \approx 0,98$  te su metode međusobno kompatibilne.
6. Idući korak u statističkoj obradi podataka je izračun regresijskih modela, gdje se uz određeni postotak sigurnosti, može predvidjeti vrijednost mjerenja jedne metode u ovisnosti o drugoj metodi mjerenja te validacija istih

## 7. POPIS LITERATURE

1. Čapka, D., Kisić, I., Zgorelec, Ž., Mesić, M., Jurišić, Z. (2009.): Determination of Soil pH in Dominant Soil Types in the Republic of Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus (ACS)*. 74(1), 13-19
2. Đurđević, B. (2014.): Praktikum iz ishrane bilja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
3. Edmeades, D. C., Wheeler, D.M. (1990.): Measurement of pH in New Zealand soils: an examination of the effect of electrolyte, electrolyte strength, and soil:solution ratio, *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 33:1, 105-109
4. Fernández, F. G., Hoef, R. G. (2009.): Managing soil pH and crop nutrients. *Illinois agronomy handbook*, 24, 91-112.
5. Gavrioloaiei, T. (2012). The influence of electrolyte solutions on soil pH measurements. *Rev. Chim*, 63(4), 396-400
6. Gimsing, A., Borggaard, O. K. (2001.): Effect of KCl and CaCl<sub>2</sub> as Background Electrolytes on the Competitive Adsorption of Glyphosate and Phosphate on Goethite. *Clays and Clay Minerals - CLAYS CLAY MINER.* 49. 270-275
7. HRN ISO 10694 (2004.): Soil Quality – Determination of Organic and Total Carbon After Dry Combustion –Elementary Analysis
8. HRN ISO 11277 (2011.): Soil quality -- Determination of particle size distribution in mineral soil material. Method by sieving and sedimentation (ISO 11277:1998+Cor 1:2002)
9. HRN ISO 10390 (2021.): Soil, treated biowaste and sludge – Determination of pH. Third edition 2021-04
10. Kabała, C., Muszyńska, E., Gałka, B., Łabuńska, D., Mańczyńska, P. (2016): Conversion of Soil pH 1:2.5 KCl and 1:2.5 H<sub>2</sub>O to 1:5 H<sub>2</sub>O: Conclusions for Soil Management, Environmental Monitoring, and International Soil Databases. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(2), 647-653
11. Kalra, Y. P. (1995.): Determination of pH of soils by different methods: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 78(2), 310-324.
12. Laslett, G. M., McBratney, A. B., Pahl, P., & Hutchinson, M. F. (1987.): Comparison of several spatial prediction methods for soil pH. *Journal of Soil Science*, 38(2), 325-341.
13. Martinović, J. (1997.): Tloznanstvo u zaštiti okoliša. Priručnik za inženjere. Državna uprava za zaštitu okoliša, Zagreb, 15 - 35
14. Martinović, J. (2000.): Tla u Hrvatskoj. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb, 120 - 184
15. Miller, R. O., & Kissel, D. E. (2010.): Comparison of soil pH methods on soils of North America. *Soil Science Society of America Journal*, 74(1), 310-316.
16. Minasny, B., McBratney, A. B., Brough, D. M., & Jacquier, D. (2011.): Models relating soil pH measurements in water and calcium chloride that incorporate electrolyte

- concentration. *European Journal of Soil Science*, 62(5), 728-732.
17. Pansu, M., Gautheyrou, J. (2006.): *Handbook of Soil Analysis Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*. Maur des Fossés, France
  18. Rastija, D., Zebec, V., Rastija, M. (2014.): Impacts of liming with dolomite on soil pH and phosphorus and potassium availabilities. In 13th Alps-Adria Scientific Workshop. Villach, Ossiacher See, Austria, 63 ,193-196
  19. Sadovski, A.N. (2019.): Study on pH in water and potassium chloride for Bulgarian soils. *EURASIAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE (EJSS)*, 8(1), 11 – 16
  20. Scheffer F, Schachtschabel, P. (2015.). *Soil Science*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp: 123-172
  21. Soil Survey Division Staff (1993.): *Soil survey manual*. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.
  22. Škorić, A., sur. (1977.): *Tla Slavonije i Baranje*. Izdavački zavod Jugoslavenske akademije, Zagreb
  23. Škorić, A. (1986.), *Postanak, razvoj i sistematika tla*, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
  24. Škorić (1991.) '*Sastav i svojstva tla; Pedološko i biljnoekološko značenje*', Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.
  25. Thunjai, T., Boyd, C.E., Dume, K. (2001.): Pond Soil pH Measurement. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32(2), 141-152
  26. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): *Ishrana bilja*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
  27. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2016.): *Tlo, gnojidba i prinos. Što uspješan poljoprivrednik mora znati o tlu, usjevima, gnojidbi i tvorbi prinosa*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
  28. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2018.): *Zemljišni resursi. Vrednovanje poljoprivrednih zemljišnih resursa*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
  29. Zebec, V. (2015.): *Dinamika kalija i usporedba metoda za određivanje pristupačnog kalija u tlima istočne Hrvatske*. Doktorska disertacija. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek

## 8. SAŽETAK

Reakcija tla ili pH vrijednost pripada u najvažnija agrokemijska svojstva nekog tla te predstavlja najčešću analitičku metodu mjerenja. Pokazatelj je produktivnosti tla i važno je mjerilo procjene fizikalno-kemijskog stanja tla. Istraživanje je provedeno mjerenjem pH reakcije tla u H<sub>2</sub>O, KCl i CaCl<sub>2</sub> otopinama. Provedena je usporedba standardne ISO metode mjerenja pH reakcije tla u omjeru tla i otopine 1:5 (5ml tla/25ml otopine) s najčešće primjenjivanim omjerom 1:2,5 (10g tla/25ml otopine). Istraživanje je provedeno na ukupno 135 uzoraka tla, tj. 15 uzoraka sa svakog od 9 tipova tala (eutrično smeđe, lesivirano, lesivirano pseudoglejno, pseudoglej, aluvijalno, pseudoglej-glej, ritska crnica, močvarno glejno hipoglejno i močvarno glejno amfiglejno tlo) s područja Istočne Hrvatske uključujući samo oranične horizonte (0-30 cm). Uzorci tla (135) osim na pH vrijednosti, analizirani su također na: organska tvar, sadržaj gline te KIK (BaCl<sub>2</sub> metoda) pri čemu je utvrđen utjecaj pojedinog svojstva na pH reakciju tla. Prosječno utvrđene vrijednosti sadržaja humusa na svim istraživanim tipovima tala su iznosile su od 0,83 do 11,80%, KIK-a (BaCl<sub>2</sub>) od 4 do 47,50 cmol (+) kg<sup>-1</sup> te gline od 1,83 do 58,86%. Najniža pH vrijednost izmjerena je na pseudoglej-gleju metodom KCl m/v u iznosu 3,57 dok je najviša vrijednost izmjerena na močvarno glejnom amfiglejnom tlu metodom H<sub>2</sub>O m/v u iznosu 8,60. Utvrđene pH vrijednosti metodom v/v (1:5) su iznosile: H<sub>2</sub>O od 4,88 do 8,60, CaCl<sub>2</sub> od 4,09 do 7,76 te KCl od 4,09 do 7,76. dok su utvrđene pH vrijednosti metodom m/v (1:2,5) iznosile: H<sub>2</sub>O od 4,81 do 8,41, CaCl<sub>2</sub> od 4,01 do 7,75 te KCl od 3,57 do 7,65. Razlike u pH vrijednostima u mjerenju metodama v/v (1:5) i m/v (1:2,5) su prosječno iznosile: H<sub>2</sub>O metodom 0,13 pH jedinica, CaCl<sub>2</sub> metodom 0,02 pH jedinica te KCl metodom 0,11 pH jedinica. Prosječno utvrđene pH vrijednosti su se kretale redoslijedom: H<sub>2</sub>O v/v > H<sub>2</sub>O m/v > CaCl<sub>2</sub> v/v > CaCl<sub>2</sub> m/v > KCl v/v > KCl m/v. Koeficijent korelacije između metoda i podmetoda mjerenja pH reakcije iznosi r=>98, a utjecaj ostalih agrokemijskih i agrofizikalnih svojstava je ovisio o metodi mjerenja te o samim svojstvima sistematske jedinice tla. Metode mjerenja su međusobno kompatibilne te je idući korak u statističkoj obradi podataka izrada regresijskih modela te njihova validacija.

## 9. SUMMARY

Soil reaction or pH value belongs to the most important agrochemical properties of a soil and is the most common analytical method of measurement. It is an indicator of soil productivity and is an important criterion for assessing the physical and chemical condition of the soil. The research was carried out by measuring the pH reaction of the soil in H<sub>2</sub>O, KCl and CaCl<sub>2</sub> solutions. A comparison was made between the standard ISO method of measuring soil pH reaction in a soil-solution ratio of 1:5 (5ml of soil/25ml of solution) with the most commonly used ratio of 1:2.5 (10g of soil/25ml of solution). The research was carried out on a total of 135 soil samples, with 15 samples from each of 9 types of soil (eutric cambisol, luvisol, luvic pseudogley, pseudogley, fluvisol, pseudogley-gley, humic gleysol, eugleyic hypogley and eugleyic amphigley) from the area Eastern Croatia including only arable horizons (0-30 cm). Soil samples (135), in addition to pH values, were also analyzed for: organic matter, clay content and KIK (BaCl<sub>2</sub> method), whereby the influence of individual properties on soil pH reaction was determined. The average determined values of organic matter content on all investigated soil types ranged from 0.83 to 11.80%, KIK (BaCl<sub>2</sub>) from 4 to 47.50 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, and clay from 1.83 to 58.86%. The lowest pH value was measured on the pseudogley-gley using the KCl m/v method in the amount of 3.57, while the highest value was measured on the eugleyic amphigley soil using the H<sub>2</sub>O m/v method in the amount of 8.60. The pH values determined using the v/v (1:5) method were: H<sub>2</sub>O from 4.88 to 8.60, CaCl<sub>2</sub> from 4.09 to 7.76 and KCl from 4.09 to 7.7. while the pH values determined using the m/v (1:2.5) method were: H<sub>2</sub>O from 4.81 to 8.41, CaCl<sub>2</sub> from 4.01 to 7.75 and KCl from 3.57 to 7.65. Differences in pH values measured by the v/v (1:5) and m/v (1:2.5) methods averaged: H<sub>2</sub>O method 0.13 pH units, CaCl<sub>2</sub> method 0.02 pH units and KCl method 0.11 pH unit. The average determined pH values are ranged in the following order: H<sub>2</sub>O v/v > H<sub>2</sub>O m/v > CaCl<sub>2</sub> v/v > CaCl<sub>2</sub> m/v > KCl v/v > KCl m/v. The correlation coefficient between the methods and submethods of measuring the pH reaction is r=>98, and the influence of other agrochemical and agrophysical properties depended on the measurement method and on the properties of the systematic soil unit. The measurement methods are mutually compatible, and the next step in statistical data processing is the development of regression models and their validation.

## 10. POPIS TABLICA

Broj tablice	Naziv tablice	Broj stranice
Tablica 1.	Tumačenje rezultata pH reakcije tla (izvor: Scheffer i Schachtschabel, 2015.)	3
Tablica 2.	Optimalne pH reakcije tla za pojedine usjeve/nasade (izvor: Vukadinović i Vukadinović, 2016.)	5
Tablica 3.	Sistematika i klasifikacija tala u istraživanju	13
Tablica 4.	Prikaz mjerenja po metodama i podmetodama	15
Tablica 5.	Kemijska i fizikalna svojstva istraživanih tala	19
Tablica 6.	Koeficijenti korelacije i prosječne razlike u pH vrijednostima (u zagradi) metoda i podmetoda mjerenja pH vrijednosti cijelog seta uzoraka	39
Tablica 7.	Prosječno utvrđene pH vrijednosti na cijelom setu uzoraka	39

## 11. POPIS SLIKA

Broj slike	Naziv slike	Broj stranice
Slika 1.	Utjecaj reakcije tla na usvajanje elemenata biljne ishrane (izvor: <a href="https://cawood.co.uk/blog/keep-an-eye-on-your-ph-levels-soil-acidity-can-cost-yield/">https://cawood.co.uk/blog/keep-an-eye-on-your-ph-levels-soil-acidity-can-cost-yield/</a> )	5
Slika 2.	pH metar	16
Slika 3.	Teksturni trokut (izvor: Soil Survey Division Staff, 1993.)	17
Slika 4.	Shematski prikaz metoda za mjerenje reakcije tla	18

## 12. POPIS GRAFIKONA

Broj grafikona	Naziv grafikona	Broj stranice
Grafikon 1.	Utvrđene pH vrijednosti na tipovima tla u H <sub>2</sub> O v/v	21
Grafikon 2.	Utjecaj sadržaja humusa na izmjerene pH vrijednosti u H <sub>2</sub> O v/v	21
Grafikon 3.	Utjecaj sadržaja gline na izmjerene pH vrijednosti u H <sub>2</sub> O v/v	22
Grafikon 4.	Utjecaj vrijednosti KIK-a (BaCl <sub>2</sub> ) na izmjerene pH vrijednosti u H <sub>2</sub> O v/v	22
Grafikon 5.	Utvrđene pH vrijednosti na tipovima tala u CaCl <sub>2</sub> v/v	24
Grafikon 6.	Utjecaj sadržaja humusa na izmjerene pH vrijednosti u CaCl <sub>2</sub> v/v	24
Grafikon 7.	Utjecaj sadržaja gline na izmjerene pH vrijednosti u CaCl <sub>2</sub> v/v	25
Grafikon 8.	Utjecaj vrijednosti KIK-a (BaCl <sub>2</sub> ) na izmjerene pH vrijednosti u CaCl <sub>2</sub> v/v	25
Grafikon 9.	Utvrđene pH vrijednosti na tipovima tala u KCl v/v	27
Grafikon 10.	Utjecaj sadržaja humusa na izmjerene pH vrijednosti u KCl v/v	27
Grafikon 11.	Utjecaj sadržaja gline na izmjerene pH vrijednosti u KCl v/v	28
Grafikon 12.	Utjecaj vrijednosti KIK-a (BaCl <sub>2</sub> ) na izmjerene pH vrijednosti u KCl v/v	28
Grafikon 13.	Utvrđene pH vrijednosti na tipovima tala u H <sub>2</sub> O m/v	30
Grafikon 14.	Utjecaj sadržaja humusa na izmjerene pH vrijednosti u H <sub>2</sub> O m/v	30
Grafikon 15.	Utjecaj sadržaja gline na izmjerene pH vrijednosti u H <sub>2</sub> O m/v	31
Grafikon 16.	Utjecaj vrijednosti KIK-a (BaCl <sub>2</sub> ) na izmjerene pH vrijednosti u H <sub>2</sub> O m/v	31
Grafikon 17.	Utvrđene pH vrijednosti na tipovima tala u CaCl <sub>2</sub> m/v	33
Grafikon 18.	Utjecaj sadržaja humusa na izmjerene pH vrijednosti u CaCl <sub>2</sub> m/v	33
Grafikon 19.	Utjecaj sadržaja gline na izmjerene pH vrijednosti u CaCl <sub>2</sub> m/v	34

Grafikon 20.	Utjecaj vrijednosti KIK-a ( $\text{BaCl}_2$ ) na izmjerene pH vrijednosti u $\text{CaCl}_2$ m/v	34
Grafikon 21.	Utvrđene pH vrijednosti na tipovima tala u KCl m/v	36
Grafikon 22.	Utjecaj sadržaja humusa na izmjerene pH vrijednosti u KCl m/v	36
Grafikon 23.	Utjecaj sadržaja gline na izmjerene pH vrijednosti u KCl m/v	37
Grafikon 24.	Utjecaj vrijednosti KIK-a ( $\text{BaCl}_2$ ) na izmjerene pH vrijednosti u KCl m/v	37
Grafikon 25.	Utvrđene pH vrijednosti cijelog seta uzoraka u odnosu na pojedinu metodu	38
Grafikon 26.	Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na eutrično smeđem tlu	38
Grafikon 27.	Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na lesiviranom tlu	40
Grafikon 28.	Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na lesivirano pseudoglejnom tlu	41
Grafikon 29.	Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na pseudogleju	42
Grafikon 30.	Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na aluvijalnom tlu	43
Grafikon 31.	Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na pseudoglej gleju	44
Grafikon 32.	Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na ritskoj crnici	45
Grafikon 33.	Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na močvarno glenjnom hipoglejnom tlu	46
Grafikon 34.	Utvrđene pH vrijednosti izmjerene različitim metodama na močvarno glenjnom amfiglejnom tlu	47



## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku  
Sveučilišni diplomski studij bilinogojstva, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

Diplomski rad

### Usporedba metoda za određivanje reakcije tla

Ivan Šima Branković

**Sažetak:** Reakcija tla ili pH vrijednost pripada u najvažnija agrokemijska svojstva nekog tla te predstavlja najčešću analitičku metodu mjerenja. Pokazatelj je produktivnosti tla i važno je mjerilo procjene fizikalno-kemijskog stanja tla. Istraživanje je provedeno mjerenjem pH reakcije tla u H<sub>2</sub>O, KCl i CaCl<sub>2</sub> otopinama. Provedena je usporedba standardne ISO metode mjerenja pH reakcije tla u omjeru tla i otopine 1:5 (5ml tla/25ml otopine) s najčešće primjenjivanim omjerom 1:2,5 (10g tla/25ml otopine). Istraživanje je provedeno na ukupno 135 uzoraka tla, tj. 15 uzoraka sa svakog od 9 tipova tala (eutrično smeđe, lesivirano, lesivirano pseudoglejno, pseudoglej, aluvijalno, pseudoglej-glej, ritska crnica, močvarno glejno hipoglejno i močvarno glejno amfiglejno tlo) s područja Istočne Hrvatske uključujući samo oranične horizonte (0-30 cm). Uzorci tla (135) osim na pH vrijednosti, analizirani su također na: organska tvar, sadržaj gline te KIK (BaCl<sub>2</sub> metoda) pri čemu je utvrđen utjecaj pojedinog svojstva na pH reakciju tla. Prosječno utvrđene vrijednosti sadržaja humusa na svim istraživanim tipovima tala su iznosile su od 0,83 do 11,80%, KIK-a (BaCl<sub>2</sub>) od 4 do 47,50 cmol (+) kg<sup>-1</sup> te gline od 1,83 do 58,86%. Najniža pH vrijednost izmjerena je na pseudoglej-gleju metodom KCl m/v u iznosu 3,57 dok je najviša vrijednost izmjerena na močvarno glejnom amfiglejnom tlu metodom H<sub>2</sub>O m/v u iznosu 8,60. Utvrđene pH vrijednosti metodom v/v (1:5) su iznosile: H<sub>2</sub>O od 4,88 do 8,60, CaCl<sub>2</sub> od 4,09 do 7,76 te KCl od 4,09 do 7,76. dok su utvrđene pH vrijednosti metodom m/v (1:2,5) iznosile: H<sub>2</sub>O od 4,81 do 8,41, CaCl<sub>2</sub> od 4,01 do 7,75 te KCl od 3,57 do 7,65. Razlike u pH vrijednostima u mjerenju metodama v/v (1:5) i m/v (1:2,5) su prosječno iznosile: H<sub>2</sub>O metodom 0,13 pH jedinica, CaCl<sub>2</sub> metodom 0,02 pH jedinica te KCl metodom 0,11 pH jedinica. Prosječno utvrđene pH vrijednosti su se kretale redoslijedom: H<sub>2</sub>O v/v > H<sub>2</sub>O m/v > CaCl<sub>2</sub> v/v > CaCl<sub>2</sub> m/v > KCl v/v > KCl m/v. Koeficijent korelacije između metoda i podmetoda mjerenja pH reakcije iznosi r=>98, a utjecaj ostalih agrokemijskih i agrofizikalnih svojstava je ovisio o metodi mjerenja te o samim svojstvima sistematske jedinice tla. Metode mjerenja su međusobno kompatibilne te je idući korak u statističkoj obradi podataka izrada regresijskih modela te njihova validacija.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** doc. dr. sc. Vladimir Zebec

**Broj stranica:** 65

**Broj grafikona i slika:** 34 grafikona i 4 slike

**Broj tablica:** 6

**Broj literaturnih navoda:** 29

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** pH reakcija tla, tla Istočne Hrvatske, metode H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub>, KCl

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof. dr. sc. Domagoj Rastija, predsjednik
2. doc.dr.sc. Vladimir Zebec, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Vladimir Ivezić, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnici fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek

Graduate thesis

University Graduate Studies, Plant production, course Plant nutrition and soil science

### Comparison of methods for determining soil reaction

Ivan Šima Branković

**Abstract:** Soil reaction or pH value belongs to the most important agrochemical properties of a soil and is the most common analytical method of measurement. It is an indicator of soil productivity and is an important criterion for assessing the physical and chemical condition of the soil. The research was carried out by measuring the pH reaction of the soil in H<sub>2</sub>O, KCl and CaCl<sub>2</sub> solutions. A comparison was made between the standard ISO method of measuring soil pH reaction in a soil-solution ratio of 1:5 (5ml of soil/25ml of solution) with the most commonly used ratio of 1:2.5 (10g of soil/25ml of solution). The research was carried out on a total of 135 soil samples, i.e. 15 samples from each of 9 types of soil (eutric cambisol, luvisol, luvisol pseudogley, pseudogley, fluvisol, pseudogley-gley, humic gleysols, eugleyic hypogley and eugleyic amphigley) from the area Eastern Croatia including only arable horizons (0-30 cm). Soil samples (135), in addition to pH values, were also analyzed for: organic matter, clay content and KIK (BaCl<sub>2</sub> method), whereby the influence of individual properties on soil pH reaction was determined. The average determined values of organic matter content on all investigated soil types ranged from 0.83 to 11.80%, KIK (BaCl<sub>2</sub>) from 4 to 47.50 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, and clay from 1.83 to 58.86%. The lowest pH value was measured on the pseudogley-gley using the KCl m/v method in the amount of 3.57, while the highest value was measured on the eugleyic amphigley soil using the H<sub>2</sub>O m/v method in the amount of 8.60. The pH values determined using the v/v (1:5) method were: H<sub>2</sub>O from 4.88 to 8.60, CaCl<sub>2</sub> from 4.09 to 7.76 and KCl from 4.09 to 7.7. while the pH values determined using the m/v (1:2.5) method were: H<sub>2</sub>O from 4.81 to 8.41, CaCl<sub>2</sub> from 4.01 to 7.75 and KCl from 3.57 to 7.65. Differences in pH values measured by the v/v (1:5) and m/v (1:2.5) methods averaged: H<sub>2</sub>O method 0.13 pH units, CaCl<sub>2</sub> method 0.02 pH units and KCl method 0.11 pH unit. The average determined pH values are ranged in the following order: H<sub>2</sub>O v/v > H<sub>2</sub>O m/v > CaCl<sub>2</sub> v/v > CaCl<sub>2</sub> m/v > KCl v/v > KCl m/v. The correlation coefficient between the methods and submethods of measuring the pH reaction is r=0.98, and the influence of other agrochemical and agrophysical properties depended on the measurement method and on the properties of the systematic soil unit. The measurement methods are mutually compatible, and the next step in statistical data processing is the development of regression models and their validation.

**Thesis performed at:** Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek

**Mentor:** Assoc. Vladimir Zebec, Ph.D.

**Number of pages:** 65

**Number of figures:** 34 figures and 4 photos

**Number of tables:** 6

**Number of references:** 29

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** pH reaction of soil, soil of Eastern Croatia, H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub>, KCl methods

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. Prof. Domagoj Rastija, Ph.D., president
2. Assoc. Vladimir Zebec, Ph.D., mentor
3. Assoc. prof. Vladimir Ivezić, Ph.D., member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek Josip Juraj Strossmayer University, Vladimira Preloga 1.