

# Utvrđivanje kationskog izmjenjivačkog kapaciteta tala Istočne Hrvatske amonij acetat metodom

---

**Branković, Ivan Šima**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:278698>

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

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



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI

Ivan Šima Branković

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Utvrđivanje kationskog izmjenjivačkog kapaciteta tala Istočne Hrvatske  
amonij acetat metodom**

Završni rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI

Ivan Šima Branković

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Utvrđivanje kationskog izmjenjivačkog kapaciteta tala Istočne Hrvatske  
amonij acetat metodom**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. doc.dr.sc Vladimir Zebec, mentor
2. prof.dr.sc. Zdenko Lončarić, član
3. izv.prof.dr.sc. Brigita Popović, član

Osijek, 2020.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

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

Završni rad

### Utvrđivanje kationskog izmjenjivačkog kapaciteta tala Istočne Hrvatske amonij acetat metodom

#### Sažetak:

Kationski izmjenjivački kapacitet (KIK) važno je mjerilo u pedologiji za procjenu fizikalno-kemijskog stanja tla, što može biti dobar pokazatelj kakvoće i produktivnosti tla. Laboratoriji obično ne provode izravno mjerenje KIK-a. Umjesto toga, često se KIK izračunava na temelju količina baznih kationa ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  i  $\text{Na}^+$ ) ekstrahiranih u standardnim analizama tla (npr. amonijev acetat). Istraživanje je provedeno na 60 lokacija i 4 tipa tla (eutrično smeđe, lesivirano, aluvijalno tlo i ritska crnica) u istočnoj Hrvatskoj, uključujući samo oranične horizonte (dubina 0-30 cm). Uzorci tla (60) analizirani su na sljedeće parametre: pH, organska tvar, sadržaj gline, bazni kationi ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  i  $\text{Na}^+$ ), hidrolitička kiselost i KIK. Agrokemijska i agrofizikalna svojstva unutar pojedinih pedosistematskih jedinica su bila izrazito heterogena sa širokim rasponom vrijednosti po svim svojstvima. Prosječne utvrđene vrijednosti KIK-a kretale su se od 15,50 do 36,39  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ , sadržaj humusa od 1,97 do 4,94 %, supstitucijska kiselost od 4,22 do 7,48 pH jedinica a sadržaj čestica gline od 7,14 do 34,92%. Sastav kationa na adsorpcijskom kompleksu je  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$ . Utvrđivanje vrijednosti KIK-a bi trebao postati važna analitička metoda u kontroli plodnosti tla kao i u monitoringu stanja poljoprivrednog zemljišta.

#### Ključne riječi: kationski izmjenjivački kapacitet, amonij acetat metoda, tla Istočne Hrvatske

54 stranice, 7 slika, 38 grafova, 6 tablica, 23 literaturna navoda

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

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

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

BSc thesis

Ivan Šima Branković

### Determination of cation exchange capacity in East Croatia soils by ammonium acetate method

**Summary:** The cation exchange capacity (CEC) or sum of exchangeable cations are an essential measurement in soil science to estimate the physico-chemical state of a soil, which may be a good indicator of soil quality and productivity. Soil testing laboratories do not usually provide a direct measure of CEC. Instead, often the CEC is calculated based on the quantities of base cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Na}^+$ ) extracted in the standard soil test (e.g. ammonium acetate). The study was conducted on 60 locations and 4 soil types (Eutric Cambisol, Luvisol, Fluvisol and Humic Gleysols) in Eastern Croatia including only topsoil horizon (depth 0-30 cm). The soil samples (60) were analyzed for the following parameters: pH, organic matter, clay content, base cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Na}^+$ ), hydrolytic acidity and CEC. Agrochemical and agrophysical properties were extremely heterogeneous with a wide range of values across all properties. Average determined CEC values ranged from 15.50 to 36.39  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ , organic matter content from 1.97 to 4.94%, exchangeable acidity from 4.22 to 7.48 pH units and clay from 7.14 to 34.92 %. The composition of the cations on the adsorption complex is  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$ . Determining the value of CEC should become an important analytical method in controlling soil fertility as well as in monitoring the condition of agricultural land.

#### Key words:

54 pages, 7 photos, 38 figures, 6 tables, 23 references

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

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
1.1. Cilj istraživanja .....	8
2. MATERIJALI I METODE RADA .....	9
2.1. Terenska istraživanja.....	9
2.1.1. Ektomorfološka svojstva .....	9
2.1.2. Endomorfološka svojstva .....	9
2.2. Laboratorijska istraživanja .....	10
2.2.1. Osnovne kemijske analize uzoraka tla .....	10
2.2.2. Fizikalna svojstva tla .....	12
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....	17
3.1. Osnovna agrokemijska svojstva tla.....	17
3.1.1. Osnovna agrokemijska svojstva tla – eutrično smeđe tlo.....	17
3.1.2. Osnovna agrokemijska svojstva tla – lesivirano tlo .....	24
3.1.3. Osnovna agrokemijska svojstva tla – aluvijalno tlo.....	30
3.1.4. Osnovna agrokemijska svojstva tla – ritska crnica.....	35
3.2. Fizikalna svojstva tla.....	41
3.2.1. Granulometrijski sastav – eutrično smeđe tlo.....	41
3.2.2. Granulometrijski sastav - lesivirano tlo.....	42
3.2.3. Granulometrijski sastav – aluvijalno tlo.....	43
3.2.4. Granulometrijski sastav – ritska crnica .....	44
3.3. Kationski izmjenjivački kapacitet .....	45
3.3.1. Kationski izmjenjivački kapacitet tla – eutrično smeđe tlo.....	46
3.3.2. Kationski izmjenjivački kapacitet tla – lesivirano tlo .....	47
3.3.3. Kationski izmjenjivački kapacitet tla - aluvijalno tlo.....	47
3.3.4. Kationski izmjenjivački kapacitet tla – ritska crnica.....	48
4. ZAKLJUČAK .....	51
5. LITERATURA .....	52

# 1. UVOD

Tlo je gornji, rastresiti sloj Zemljine kore koji se sastoji od krute, tekuće, plinovite i žive faze. Samom izloženosti prirodi i uvjetima koji vladaju, tlo se neprestano mijenja održavajući povoljnu strukturu i pristupačnost neophodnih hranjivih elementa za rast i razvoj biljaka. Činitelji tvorbe tla pod kojima tlo nastaje i razvija se jesu matični supstrat, živi organizmi, klima, reljef, vrijeme i djelatnost čovjeka (Martinović, 2000.).

Martinović (1997.) prema Gračaninu i Ilijaniću (1977.) navodi kako među ekološki značajnim svojstvima tla pripada i njegova sposobnost da u manjoj ili većoj mjeri veže, odnosno zadržava tvari s kojima dolazi u dodir i to je njegova sorptivna sposobnost.

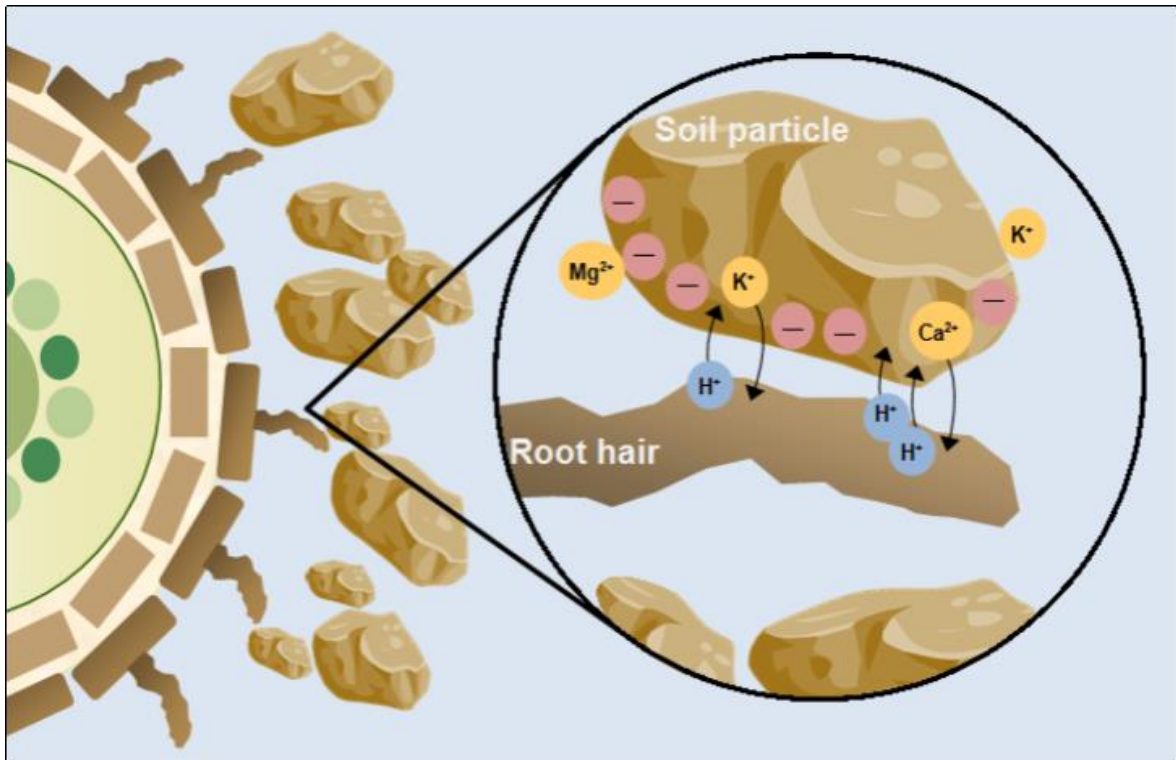
Kako navode autori Vladimir i Vesna Vukadinović (2016.) krutu, tj. mineralnu frakciju tla čine primarni mineralni koji čine ~80% ukupne krute faze tla, a zatim sekundarni minerali ili minerali gline (~20) koji zajedno sa humusom ~2% čine najvažniji dio tla, odnosno organomineralni kompleks tla. Kationi su pozitivno nabijeni ioni kao što su: kalcij ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnezij ( $\text{Mg}^{2+}$ ), kalij ( $\text{K}^+$ ), natrij ( $\text{Na}^+$ ), vodik ( $\text{H}^+$ ), aluminij ( $\text{Al}^{3+}$ ), željezo ( $\text{Fe}^{2+}$ ), mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ ), cink ( $\text{Zn}^{2+}$ ) i bakar ( $\text{Cu}^{2+}$ ).

Ketterings i sur. (2007.) definiraju kationski izmjenjivački kapacitet kao sposobnost tla da zadrži te ione, a izražava se u  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  tla. Ti se kationi prema istom autoru u tlu drže za negativno nabijene čestice gline i organske tvari uz pomoć elektrostatskih sila, tj. sposobnosti da negativno nabijene čestice privlače one pozitivno nabijene.

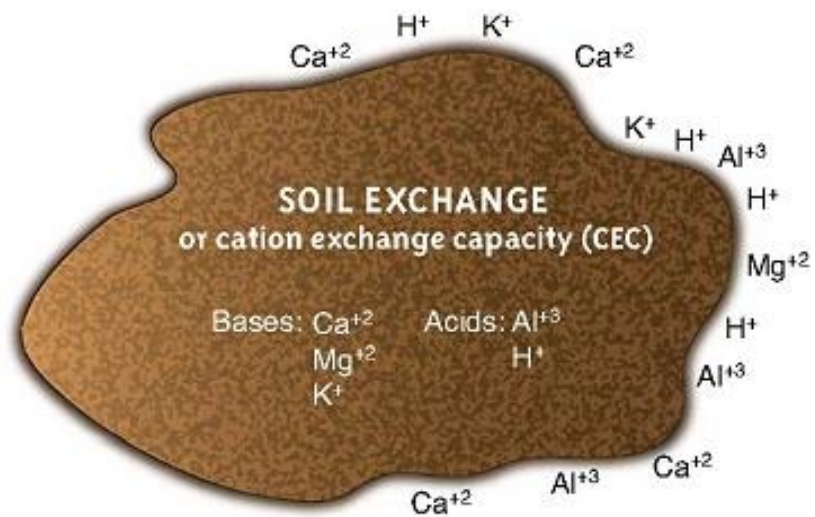
Važnu povezanost između tipa tla i KIK-a, odnosno njegovog adsorpcijskog kompleksa u svom radu opisuje Mutavidžić Pavlović (2014.) gdje navodi da kod nekih tipova tala adsorpcijski kompleks može biti zasićen bazama (npr. Ca, Mg, K), pa to u konačnici može imati povoljan utjecaj na fizikalna i ostala svojstva tla (npr. struktura i stabilnost agregata). Kod kiselijih tipova tala, gdje prevladavaju  $\text{H}^+$  ili  $\text{Al}^{3+}$  ioni (slika 2.), može doći do poremećaja u pH tla, odnosno nepovoljnog utjecaja na kemijska i biološka svojstva tla gdje dolazi do negativnog, tj. neželjenog utjecaja na biljku. Autor navodi kako upravo ti ioni mogu zauzimati veći udio u organskoj i mineralnoj frakciji tla (glina i humus).

Autori Vladimir i Vesna Vukadinović (2016.) navode kako je adsorpcijski kompleks nekog neutralnog tla (pH 7) popunjen u većini slučajeva s  $\text{Ca}^{2+}$  ionima kojih ima čak oko 80%, zatim  $\text{Mg}^{2+}$  (10-15%), a ostatak zauzimaju  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  i neki drugi ioni (slika 1.). Stoga autori navode kako je upravo stupanj popunjenosti adsorpcijskog kompleksa bazama, prvenstveno

Ca, Mg, K i Na, jedno od najvažnijih mjerila koje se može koristiti u ishrani bilja u današnjoj intenzivnoj poljoprivredi.



Slika 1. Prikaz kationa i njihova izmjena na adsorpcijskom kompleksu tla  
(izvor: <https://www.lsuagcenter.com/profiles/aiverson/articles/page1563205546102>)



Slika 2. Adsorpcijski kompleks tla i prikaz kationa  
(izvor: <https://www.soils4teachers.org/chemistry>)

Anionska sorpcija uvjetovana je pozitivnim nabojem različitih oksida u tlu, humusnih tvari i minerala gline i to samo kod niskih pH vrijednosti. Sorpcija ovisi o naboju sorbiranih kationa i aniona. Tako npr. veću sposobnost sorpcije imaju anioni većeg naboja kao  $\text{PO}_4^{3-}$ , dok se slabije sorbira  $\text{SO}_4^{2-}$ , a pogotovo  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{Cl}^-$ . Iznimka su jedino  $\text{OH}^-$  ioni čija je sposobnost sorpcije čak veća i od sorpcije  $\text{PO}_4^{3-}$  iona. Sorpcija kationa analogna je sorpciji aniona, tj. jače se sorbira  $\text{Ca}^{2+}$  ion nego npr.  $\text{Na}^+$  uz iznimku  $\text{H}^+$  iona (Mutavdžić Pavlović, 2017.).

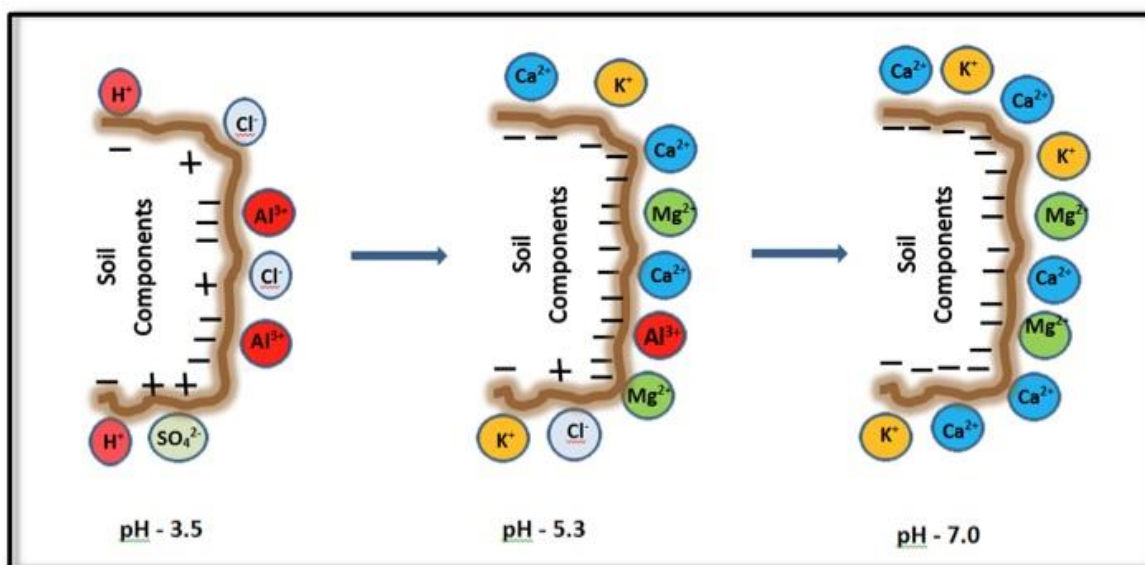
Meier i Kahr (1999.) ističu da takva različitost u naboju između čestica, uzrokuje migraciju molekula i kationa kroz „glinene barijere“ u prirodi. Utvrđena veličina kationskog izmjenjivačkog kapaciteta nekog tla (KIK-a), kako se još naziva i zasićenost tla bazama, sa stajališta pedologije i ishrane bilja ima izrazito veliku važnost. Koloidi nekoga tla adsorbiraju katione i zamjenjuju ih s kationima iz otopine tla, te ih tim postupkom čine lako pristupačnim za biljku te omogućuju nesmetan rast i razvoj (slika 1.). Na sam KIK utječe niz čimbenika, pa samim time i fizikalna i kemijska svojstva tla.

Ketterings i sur. (2007.) navode kako organska tvar može imati čak 4 do 50 puta veći KIK od gline. Izvor takvog negativnog naboja u organskoj tvari je različit od minerala gline; disocijacija organske kiseline, tj. razdvajanje na manje jedinice, uzrokuje neto negativan naboj organske tvari tla, te takav negativan naboj je uravnotežen kationima tla. Sam proces disocijacije organske kiseline ovisi o pH tla, te iz toga proizlazi da će stvarni KIK tla biti ovisan o pH nekog tla. S obzirom na vrstu i količinu organske tvari tla, tla s neutralnim pH (pH~7) će imati veći KIK nego tla s npr. pH~5. Drugim riječima, KIK je proporcionalan s porastom pH reakcije tla, čemu je dokaz i slika 3., gdje je upravo to i na slikovit način prikazano.

Ciesielski i Sterckeman (1997.) navode kako KIK može biti dobar pokazatelj prisutnosti količine organske tvari i minerala gline u nekom tlu, što znači da tla bogatija glinom imaju veći kapacitet nego tla bogata pijeskom, što je usko povezano s mogućnošću upijanja i zadržavanja vode. Iz toga proizlazi da tla s većim KIK-om će biti manje podložna ispiranju kationa iz tla. Pravilnim poznavanjem ovoga svojstva može se zaključiti da na pjeskovitim tlima treba biti oprezan s dodavanjem kalija jer preveliko jednokratno dodavanje kalija, koji je kation, u pjeskovita tla može rezultirati velikim ispiranjem u dublje slojeve tla. Stoga se preporučuje obročno dodavanje kalija u manjim količinama.



Bitna povezanost KIK-a s poljoprivrednom praksom opisali su u svom znanstvenom radu autori Sumner i Miller (1996.). Isti autori ističu da će manji KIK s vremenom rezultirati intenzivnijem opadanjem pH reakcije tla. Zaključak tome je da pjeskovita tla trebaju biti češće kalcizirana u odnosu na tla bogata glinom. Također ustvrđuju da tla s većim KIK-om trebaju veću količinu vapna kako bi se pH doveo do željene razine u odnosu na pjeskovita, koja ga trebaju manje.



Slika 3. Ovisnost KIK-a o pH nekog tla

(izvor: <https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=C1040>)

Eutrično smeđe tlo (eutrični kambisol) je tlo s pH reakcijom  $\geq 5.5$ . To su tla zadovoljavajuće plodnosti, u ovisnosti o starosti, pa do samog antropogenog utjecaja. Najplodniji tipovi ovakvih tala su na lesu ili praporu, te na aluvijalnim nanosima (Vladimir i Vesna Vukadinović, 2016.). Prema Škoriću i sur. (1985.) nastaje na supstratima koji su bogati bazama, te na neutralnim i bazičnim eruptivnim stijenama. Navode kako je zasićenost bazama ovakvih tala 50%, što je važno mjerilo kod određivanja vrijednosti KIK-a. Danas se javljaju problemi na ovakvim tlima uslijed neadekvatnog rukovanja ovakvim tlima, tj. nepravilne obrade, ishrane, te ostalih važnih zahvata u intenzivnoj proizvodnji.

Lesivirano tlo (slika 4.) su Vladimir i Vesna Vukadinović (2016.) definirali kao tlo u kojem su glina i prah isprani iz gornjih slojeva u donji vodonepropustan horizont, te su umjerene do slabe plodnosti. Plodnost ovakvih tala u potpunosti ovisi o intenzitetu procesa lesiviranja, tj. spuštanja čestica u donje slojeve. Ona tla kod kojih je došlo do većeg spuštanja praha i gline, takva su tla uglavnom manje plodna jer u zonama gdje se nalazi korijen biljke

nalazimo smanjenu količinu humusa, te opadanja vrijednosti KIK-a upravo zbog njegove direktne povezanosti s teksturom tla.

Ritske crnice ili humogleji (slika 5.) prema Škoriću i sur. (1985.) imaju molični hidromorfni humusni horizont. Naziva se još i močvarno tlo koje ima visok utjecaj podzemnih voda, što ga čini izrazito plodnim tlom i pogodnim za uzgoj. Glavni preduvjeti uzgoja na ovakvim tlima je poznavanje njihovog teksturnog sastava, te primjene adekvatne obrade (prvenstveno dubina i vrijeme osnovne obrade tla). Ovakva tla mogu biti izrazito plodnija i u odnosu na černoze, samo što je prije same intenzivne proizvodnje na ritskim crnicama potrebno obaviti melioracijske zahvate kako bi se osigurao pravilan vodo-zračni režim. Problem kod ovakvih tala se javlja tijekom ekstremnih uvjeta, tj. prevelike vlažnosti kada se javlja otežan prolazak mehanizacije, a tijekom jakih ljetnih suša i tijekom jeseni može doći do nemogućnosti obrade zbog glinastih formi u horizontima.



Slika 4. Lesivirano tlo

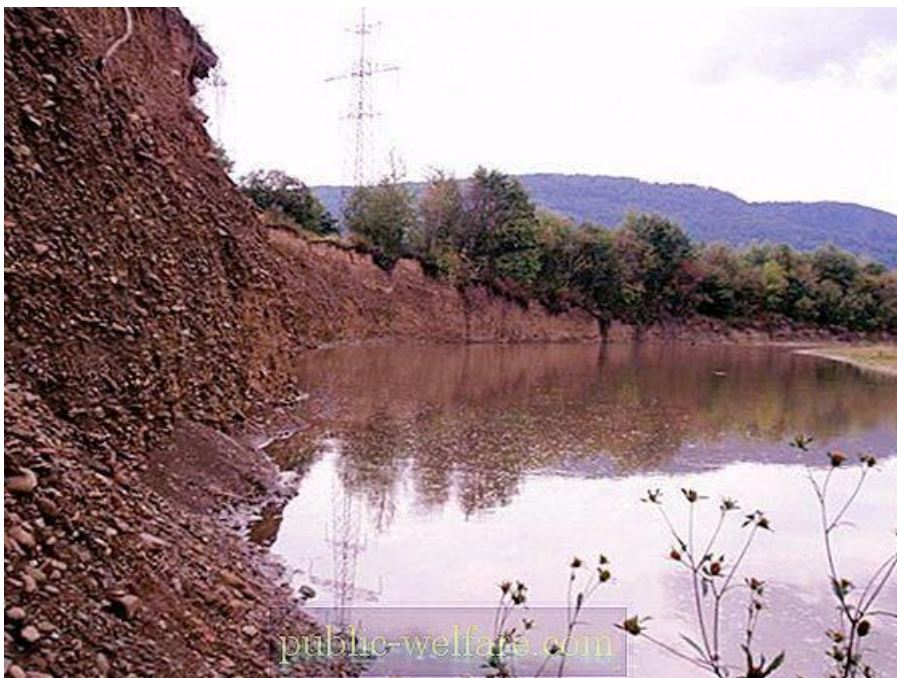
(izvor: <http://os-akanizlica-pozega.skole.hr/upload/os-akanizlica-pozega/images/static3/3017/File/KLASIFIKACIJA%20TALA%20HRVATSKE.pdf>)



Slika 5. Ritska crnica (izvor:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/Horizonti\\_zemlji%C5%A1ta.gif](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/Horizonti_zemlji%C5%A1ta.gif))

Aluvijalna tla (Slika 6.) prema Vladimiru i Vesni Vukadinović (2016.) su mlada, rastresita i pretežno plodna tla nastala na sedimentim nanosima rijeka. Karakterizira ih nanos skeleta i pijeska što može biti problem za intenzivnu poljoprivredu zbog posljedica suše tijekom ljetnih mjeseci. Neophodno je provesti pravilne melioracijske zahvate kako bi se omogućila nesmetana proizvodnja tijekom cijele godine.



Slika 6. Aluvijalno tlo

(izvor: <https://hr.public-welfare.com/3926750-alluvial-soils-characteristics-and-classification>)

Japundžić-Palenkić (2016.) prema Jones (2001.) ističe bitnu povezanost između KIK-a i teksture tla. Kao što je i opisano u prethodnom tekstu, a i navedeno u Tablici 1. KIK raste proporcionalno s udjelom glinastih čestica, a obrnuto proporcionalno s udjelom pijeska u nekome tlu.

Tablica 1. Ovisnost KIK-a o teksturi tla (izvor: Japundžić-Palenkić, (2016.))

<b>Tekstura</b>	<b>KIK (cmol (+) kg<sup>-1</sup>)</b>
Pjeskovita	1-8
Ilovasta pjeskulja	9-12
Pjeskovita ili praškasto-ilovasta	13-20
Ilovasta	21-28
Glinasto-ilovasta	29-40
Glinasta	>40

Također Japundžić-Palenkić (2016.) prema Leinweber i sur. (1993.) ustvrđuje da KIK opada s porastom teksturnih frakcija što je vidljivo u Tablici 2. Poznato je da gledajući veličinu strukturnih agregata možemo odrediti i njihovu aktivnu površinu. U nekom određenom volumenu, glina ima veću aktivnu površinu u odnosu na pijesak, pa se samim time i povećava njen kationsko izmjenjivački kapacitet, a sve čestice zajedno čine kationsko izmjenjivački kompleks nekog tla.

Tablica 2. Ovisnost KIK-a o veličini strukturnih agregata (izvor: Japundžić-Palenkić, (2016.))

<b>Tekstura</b>	<b>KIK (cmol (+) kg<sup>-1</sup>)</b>
Fina + srednja glina	48,9-81,3
Krupna glina	36,7-74,9
Fini prah	20,2-58,7
Srednji prah	6,3-34,5
Krupni prah	1,2-12,8
Pijesak	1-15,6

Danas se u istraživačkom i laboratorijskom radu u pedologiji i ishrani bilja koriste različite metode za određivanje kationsko izmjenjivačkog kapaciteta nekog tla. KIK će biti različit u odnosu na tip tla, ali i unutar istog tipa tla uzetog na više lokacija jer je u potpunosti ovisan o nizu kemijskih i fizikalnih karakteristika tla. Aprile i Lorandi (2012.) navode kako se metode za određivanje KIK-a mogu svrstati u izravne i neizravne, tj. direktne i indirektne. Metoda direktnog određivanja obuhvaća zasićenje adsorpcijskog kompleksa tla referentnim kationom, nakon čega slijedi detaljna ekstrakcija i analiza. Glavna razlika indirektne metode od direktne je da se indirektna metoda temelji na analizi i daljnjem zbrajanju izmjenjive baze ekstrahirane u otopini s kontroliranim pH. Bilo koja od metoda ima određene zahtjeve prema količini rada uloženog da bi se dobili rezultati, ali i u konačnici ovisnost o točnosti i pouzdanosti dobivenih rezultata. Sumner i Miller (1996.) prema Bache (1976.); Rhoades (1982.); Uehara & Gillman, (1981.) navode kako je danas u potpunosti jasno i razumljivo da je KIK definiran i prilagođen svrsi u koju će se rezultati primijeniti i specifičnostima raznih tipova tala.

Metode određivanja KIK-a su različite. U svijetu postoji niz metoda kojima je moguće odrediti KIK, ali svaka od njih ima neke svoje određene prednosti i nedostatke. U svijetu se prema Ross i Ketterings (2011.) koriste najčešće:

1. BaCl<sub>2</sub> metoda - ekstraktant barijev-klorid, pH vrijednost 8,2
2. AA metoda (amonij-acetat metoda) ekstraktant amonijev-acetat, pH 7,0
3. AA EDTA (amonij-acetat-etilen-diaminotetra-acetat metoda, ekstraktanti: amonijev - acetat i octena kiselina, pH 4,65
4. AL metoda (amonij-laktat metoda, ekstraktant amonijevlaktat, pH 3,75
5. metoda Mehlich - ekstraktanti: amonijev-nitrat, amonijev-fluorid i nitratna kiselina, pH vrijednost 2,5

### **1.1. Cilj istraživanja**

Cilj rada je na temelju provedenog terenskog i laboratorijskog istraživanja utvrditi kationski izmjenjivački kapacitet tala na području Istočne Hrvatske. Nadalje cilj rada je odrediti utjecaj tipa tla te fizikalno-kemijskih svojstava na kationski izmjenjivački kapacitet.

## **2. MATERIJALI I METODE RADA**

### **2.1. Terenska istraživanja**

#### *2.1.1. Ektomorfološka svojstva*

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

#### *2.1.2. Endomorfološka svojstva*

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

## 2.2. Laboratorijska istraživanja

### 2.2.1. Osnovne kemijske analize uzoraka tla

#### 2.2.1.1. Određivanje pH reakcije tla

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

Tablica 3. Granične vrijednosti supstitucijske kiselosti u tlu (Škorić, 1982.)

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

#### 2.2.1.2. Određivanje sadržaja organske tvari (humusa) u tlu

Sadržaj humusa u tlu određen je bikromatnom metodom (HRN ISO14235:1994.) koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari tla kalijevim bikromatom. Koncentracija organskog ugljika u uzorcima određena je spektrofotometrijski na spektrofotometru Varian Cary 50, a zatim je preračunata na sadržaj humusa koeficijentom 1,724. Za interpretaciju rezultata sadržaja organske tvari korištene su granične vrijednosti prikazane u tablici 4.

Tablica 4. Granične vrijednosti sadržaja organske tvari u tlu (Škorić, 1982.)

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

#### 2.2.1.4. Određivanje sadržaja karbonata u tlu

Sadržaj karbonata u tlu određen je Scheiblerovim kalcimetrom u svim istraživanim uzorcima čije vrijednosti supstitucijske kiselosti prelaze 5,5 pH jedinica. Sadržaj karbonata određen je

volumetrijskom metodom (*HRN ISO10693:2004.*) mjerenjem volumena CO<sub>2</sub> koji se iz karbonata tla razvija djelovanjem 10 %-tne HCl (klorovodične kiseline).

Očitana je količina razvijenog CO<sub>2</sub> na skali graduirane cijevi te je količina CaCO<sub>3</sub> izračunata formulom:

$$\% \text{ CaCO}_3 = (\text{ml CO}_2 * F * 2,274 * 100) / \text{mg tla}$$

Za preračunavanje CO<sub>2</sub> u CaCO<sub>3</sub> u prethodnoj jednadžbi koristi se faktor 2,274, a faktor F je težina 1 ml CO<sub>2</sub> pri temperaturi i tlaku provođenja analize, a iščitava se iz tablice (Lončarić, 2005.). Za interpretaciju rezultata sadržaja karbonata u tlu korištene su granične vrijednosti prema Škorić (1982.) prikazane u tablici 5.

Tablica 5 . Granične vrijednosti sadržaja karbonata u tlu (Škorić, 1982.)

Interpretacija	Rezultat (%)
slabo karbonatna	< 8
srednje karbonatna	8-25
jako karbonatna	> 25

#### 2.2.1.5. Određivanje hidrolitičke kiselosti tla

Hidrolitička kiselost tla utvrđuje se neutralizaciji tla višebaznim solima, pri čemu se vodikovi atomi ne zamjenjuju lužinama kod iste pH vrijednosti sredine. Najčešća primjena hidrolitičke kiselosti je kod utvrđivanja potreba za kalcijacijom ili kada je potrebno poznavati ukupnu potencijalnu kiselost nekog tla. Hidrolitička kiselost izražava se u mmol 100g<sup>-1</sup> ili cmol (+) kg<sup>-1</sup> i predstavlja nezasićenost adsorpcijskog kompleksa lužnatim ionima. S 50 ml 1 M CH<sub>3</sub>COONa prelije se 20 grama zrakosuhog tla te se mućka na rotacijskoj mućkalici jedan sat i filtrira (ukoliko je filtrat mutan filtrira se dva puta). Zatim se otpipetira 10-25 ml filtrata, ugrije do ključanja da bi se uklonio CO<sub>2</sub>, dodaju se 1–2 kapi fenolftaleina i vruće filtrira s 0,1 M NaOH do pojave crvenkaste boje. (Vukadinović i Bertić, 1988.)

#### 2.2.1.6. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom

Pristupačni fosfor određen prema AL metodi odnosi se na frakciju topivu u vodi te u slabim kiselinama. Pristupačni fosfor u tlu određen je AL metodom ekstrakcijom tla s amonij laktatom (pH vrijednost ekstraktanta 3,75). Od dobivenog filtrata otpipetira se 10 ml u tikvicu od 100 ml, zatim se doda 9 ml 8 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i destilirane vode do pola tikvice. Tikvice



se zagrijavaju na vodenoj kupelji te se doda 10 ml 1,44% amonij- molibdata i 2 ml 2,5% askorbinske kiseline. Nakon 30 minuta grijanja tikvica na vodenoj kupelji razvija se kompleks plave boje. Zatim se ohlade i nadopune destiliranom vodom do oznake. Mjerenje koncentracije  $P_2O_5$  u uzorcima i standardima vrši se na spektrofotometru na 680 nm (Vukadinović i Bertić, 1988.). Postupak identičan postupku s uzorcima provodi se paralelno sa standardima. Osnovni standard je zajednički za određivanje fosfora i kalija jer sadrži 0,1 mg  $P_2O_5$ /ml i 0,1 mg  $K_2O$ /ml. Serija radnih standarda priprema se pipetiranjem po 0, 1, 5, 10, 20, 30, 40 i 50 ml osnovnog standarda u odmjerne tikvice od 200 ml i nadopuni se do oznake AL-otopinom. Takvi standardi predstavljaju količinu od 0,1, 5, 10, 20, 30, 40 i 50 mg  $P_2O_5$ /100 g tla i istu količinu  $K_2O$ . Rezultat se izražava u mg  $P_2O_5$  na 100 grama tla.

#### 2.2.1.7. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem

Pristupačnost kalija utvrđuje se direktno iz ekstrakta tla emisijskom tehnikom na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru (AAS – u) kod 766,5 nm uz prethodnu kalibraciju uređaja standardnim otopinama koncentracija unutar kojih se nalaze koncentracije uzoraka. Rezultat se izražava u mg  $K_2O$  na 100 grama tla. Granične vrijednosti kalija i fosfora prikazane su u tablici 6.

Tablica 6. Granične vrijednosti AL  $K_2O$  i AL  $P_2O_5$  na tlima istočne Hrvatske (Vukadinović i Vukadinović, 2011.)

Razred raspoloživosti	AL- $P_2O_5$ mg/100g tla		AL- $K_2O$ mg/100g tla		
	pH <6	pH >6	lako	srednje	teško
(A) jako siromašno	<5	<8	<8	<12	<15
(B) siromašno	5-12	8-16	9-15	13-19	16-24
(C) dobro	13-20	17-25	16-25	20-30	25-35
(D) visoko	21-30	26-45	26-35	30-45	36-60
(E) ekstremno visoko	>30	>45	>35	>45	>60

#### 2.2.2. Fizikalna svojstva tla

##### 2.2.2.1. Higroskopna vlaga

Određivanje higroskopne vlage tla obavljeno je metodom sušenja do konstantne mase. Staklene posudice sa brušenim poklopcem se osuše na 105 °C do konstantne mase i izvažuju. Zatim se u njih odvažuje 2,00 - 10,00 g zračno suhog uzorka tla, ovisno o teksturi i humoznosti.

Nakon toga se stavljaju u električni sušionik, ali poklopci na posudicama moraju ostati koso položeni da se omogući nesmetan gubitak vlage iz uzorka tla. Sušenje se odvija na 105 °C u trajanju od 3 sata. Zatim se uzorci prenose u vakuum eksikator, hlade i važu. Potom se stave u električni sušionik i suše 1 sat, pa se opet hlade i važu. Postupak se ponavlja dok dva uzastopna mjerenja ne budu ista, odnosno dok se ne postigne konstantna masa. Prilikom serijskih određivanja obično se zračno suhi uzorak tla suši na 105 °C neprekidno 5 sati, jer se smatra da se za navedeno vrijeme isparila sva higroskopna vlaga, odnosno da se postigla konstantna masa. Nakon isteka vremena posudice se prenose u vakuum eksikator na hlađenje i važu. Vrijednost higroskopne vlage se dobije na slijedeći način:

$$H_y (\% \text{ mas.}) = \frac{b - c}{c - a}$$

$H_y$  = higroskopna vlaga tla, % mas.

a = masa staklene posudice sa poklopcem, g.

b = masa staklene posudice sa poklopcem i zračno suhog uzorka tla, g.

c = masa staklene posudice sa poklopcem i apsolutno suhog uzorka tla, g.

#### 2.2.2.2. Teksturni sastav tla

Kvantitativni odnos pojedinih mehaničkih elemenata predstavlja teksturu odnosno granulometrijski ili mehanički sastav tla. Granulometrijskom analizom tla izdvajamo pojedine skupine (frakcije) mehaničkih elemenata. U istraživanju je primijenjena ISO metoda, koja se zasniva dijelom na principu prosijavanja, a dijelom na principu sedimentacije u mirnoj vodi. Odvagano je 10 g zrakosuhog tla u plastičnu bocu od 500 ml i preliveno s 25 ml 0,4 n otopine  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$ , promućkano i ostavljeno da stoji preko noći. Sljedeći dan dodano je 250 ml vode i mućkano 6 sati na rotacijskoj mućkalici. Nakon toga se pristupilo određivanju pojedinih frakcija. Suspenzija tla je nakon mućkanja kvantitativno prenešena u cilindar za sedimentaciju preko garniture sita s otvorima promjera 0,2 i 0,06 mm. Na sitima su ostale dobro isprane čestice pijeska, koje su zatim sa sita prenesene u porculansku zdjelicu, otparene su na vodenoj kupelji, osušene u električnom sušioniku na 105 °C do konstantne mase i odvagane. Postotni udio čestica pijeska izračunavao se prema izrazu:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Udio čestica krupnog praha izračunat je tako da se od 100 % oduzme zbroj udjela ostalih čestica prema izrazu: % krupnog praha (KPr) = 100 % - (% krupnog pijeska + % sitnog pijeska + % praha + % gline).

Interpretacija kvantitativnog udjela mehaničkih elemenata obavljena je na temelju američke klasifikacije teksture prema tekturnom trokutu (Soil Survey Staff, 1951.) prikazanom na slici 7.



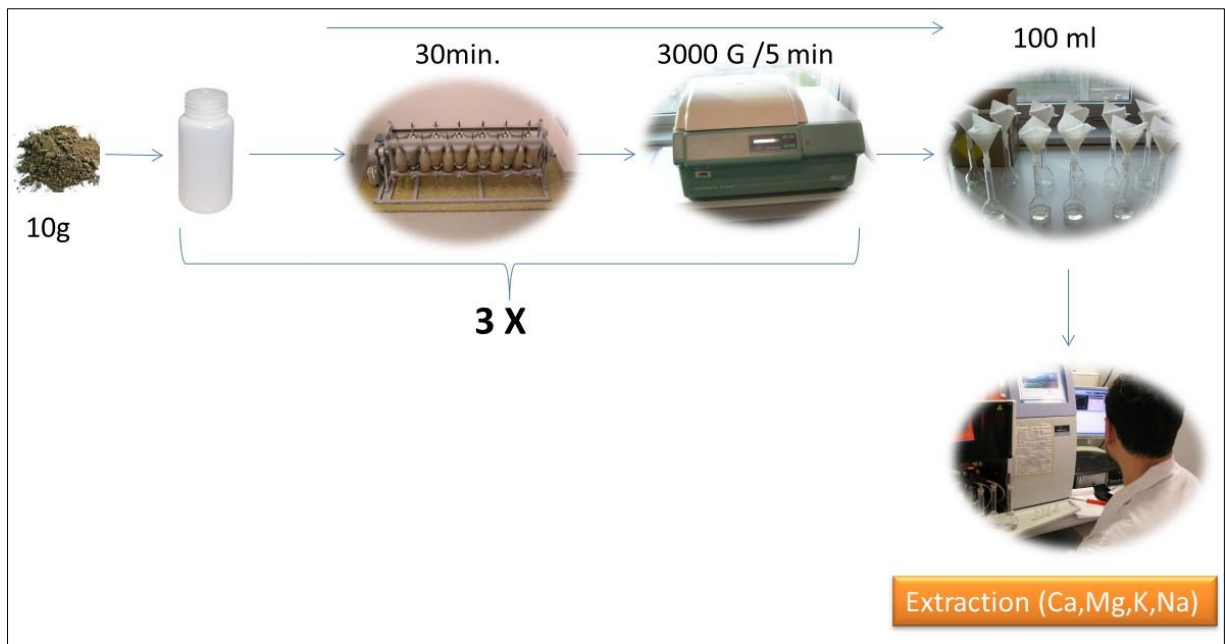
Slika 7. Teksturni trokut ((Soil Survey Staff, 1951.)

### 2.2.2.3. Kationski izmjenjivački kapacitet – AA metodom (amonij-acetat)

Koncentracija lako pristupačnih baznih kationa utvrđena je metodom ekstrakcije tla s 1 M amonijevim acetatom (AA) uz trostruko centrifugiranje tla (Jones, 2001.). Metoda je provedena na sljedeći način: 10 g tla preliveno je s 50 ml otopine za ekstrakciju te mućkano na rotacijskoj mućkalici 30 minuta, nakon toga uzorci su centrifugirani 5 minuta te je supernatant profiltriran u odmjernu tikvicu od 100 ml. Postupak je ponovljen još dva puta dodavanjem 20 ml ekstrakcijskog sredstva te su odmjerene tikvice nadopunjene do oznake od 100 ml. Koncentracija elemenata dobivena je supstitucijom s  $\text{NH}_4^+$  kationom iz otopine amonijevog acetata te se zatim određuje koncentracija u otopini mjerenjem na atomskom adsorpcijskom spektrofotometru Perkin Elmer Analyst 200 te su utvrđene koncentracije izražene su kao mg elementa  $\text{kg}^{-1}$  tla. Vrijednost KIK-a utvrđena je preračunavanjem kationa u ekvivalentnu vrijednost (mg elementa  $\text{kg}^{-1}$  tla podjeljeni s ekvivalentnom atomskom masom) i zbrajanjem Ca, Mg, K i Na prema formuli:

$$KIK \text{ (cmol (+) kg}^{-1}\text{)} = \frac{Ca \text{ (mg100g}^{-1}\text{)}}{40,08/2} + \frac{Mg \text{ (mg100g}^{-1}\text{)}}{24,305/2} + \frac{K \text{ (mg100g}^{-1}\text{)}}{39,098} + \frac{Na \text{ (mg100g}^{-1}\text{)}}{22,99} + \frac{Hk \text{ (mg100g}^{-1}\text{)}}{1}$$

Na kiselim tlima zbroju je pribrojana vrijednost hidrolitičke kiselosti tla (cmol(+)kg<sup>-1</sup> tla).



Slika 7. Shematski prikaz AA metode (izvor: Zebec 2014.)

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Osnovna agrokemijska svojstva tla

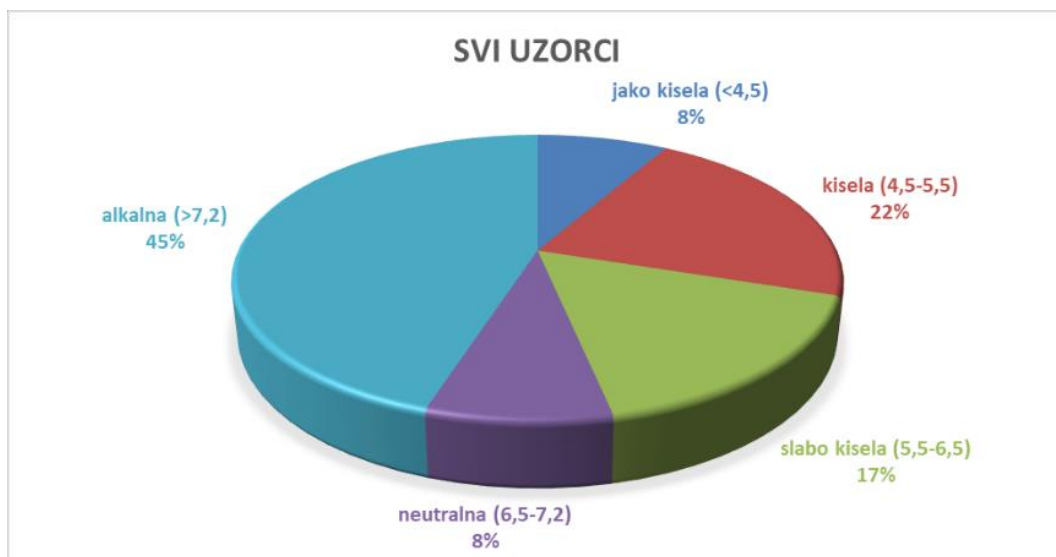
Istraživanje je provedeno za osnovna agrokemijska svojstva tla: pH reakcija tla, opskrbljenost tla humusom, fiziološki aktivnim kalijem, fiziološki aktivnim fosforom, karbonatima te hidrolitička kiselost za svaki od istaživanih uzoraka.

##### 3.1.1. Osnovna agrokemijska svojstva tla – eutrično smeđe tlo

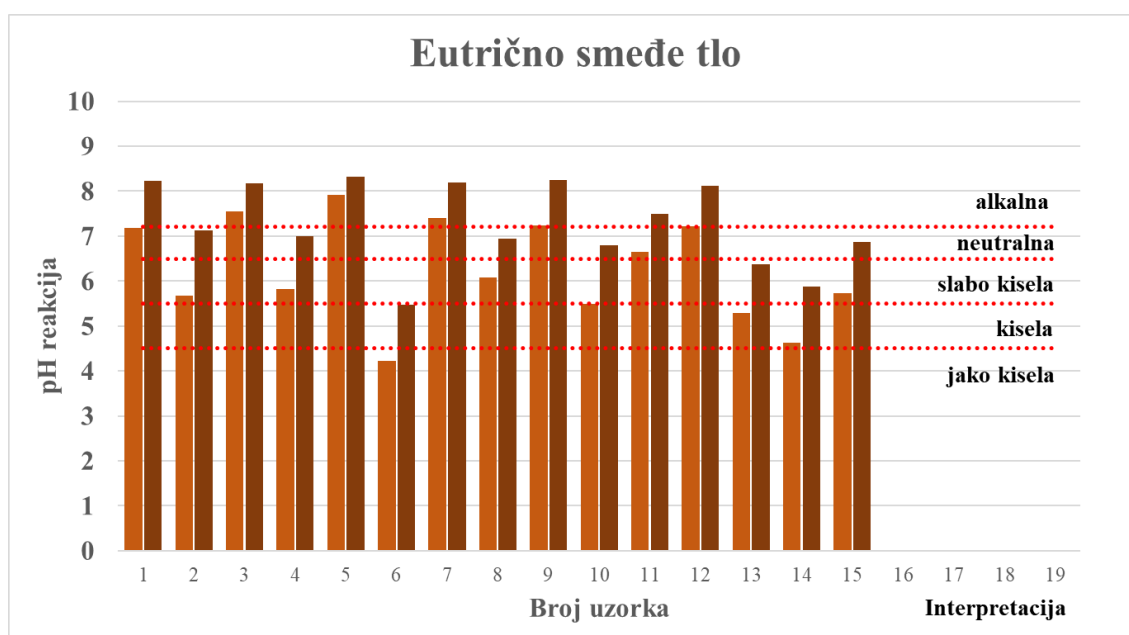
###### 3.1.1.1. pH reakcija tla – eutrično smeđe tlo

Za svaki od navedenih tipova tala je provedeno istraživanje kiselosti, tj pH reakcije tla. Prosječna aktualna kiselost svih uzoraka iznosi 7,34 dok minimalna iznosi 4,77, a maksimalna 8,51 pH jedinice. Supstitucijska kiselost, u prosjeku za sve uzorke iznosi 6,30 što je prema ocjeni slabo kiselo. Maksimalna supstitucijska kiselost iznosi 7,91 (alkalno), a minimalna 3,69 što je jako kiselo. Sva klasifikacija se provodi na temelju graničnih vrijednosti supstitucijske kiselosti u tlu (Škorić, 1982.), prikazanih u tablici 1. Na grafikonu 1. prikazano je kako 45% uzoraka tla spada u alkalna tla, tj, tla s pH vrijednosti većom od 7,2 što je i najviše. Odmah nakon alkalnih tala slijede ih kisela tla, tj. tla s pH vrijednosti 4,5-5,5 kojih ima 22%. Slabo kiselih tala s pH reakcijom 5,5-6,5 u uzorcima ima 17%. Podjednako ima jako kiselih i neutralnih tala kojih ima po 8%.

Najniža vrijednost supstitucijske kiselosti je pH 4,22 (jako kisela), prikazana na grafikonu 2., a najviša utvrđena vrijednost je pH 7,91 (alkalna) gdje vidimo iznimno veliku razliku unutar istog tipa tla. Prosječan pH eutrično smeđeg tla iznosi 6,27 što ga gledano prosjek svrstava u slabo kisela tla. Prema Vladimiru i Vesni Vukadinović (2016.) ovaj tip tla ima pH  $\geq 5.5$ . Za razliku od supstitucijske minimalna aktualna kiselost eutrično smeđeg tla iznosi 5,48, dok maksimalna iznosi 8,47. Prosječna aktualna kiselost eutrično smeđeg tla iznosi 7,36. U istraživanju Martinović (1997.) utvrđuje na uzorcima eutrično smeđeg tla aktualnu kiselost u iznosu od pH 4,9 (kiselo), dok supstitucijska iznosi 4,2 (jako kiselo). Također Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) navodi kako prosječna aktualna kiselost uzoraka eutrično smeđeg tla iznosi 6,5. Nadalje slične rezultate navodi Škorić (1977.) u istraživanju provedenom na 36 uzoraka eutrično smeđeg tla, gdje utvrđuje kako minimalna vrijednost aktualne iznosi 5,5 dok maksimalna vrijednost iznosi 8,1. Uspoređujući dobivene rezultate istraživanja možemo vidjeti izraženu heterogenost unutar istog tipa tla u ovisnosti o ostalim utjecajima kao što su klima, reljef, te sam antropogeni utjecaj čovjeka.

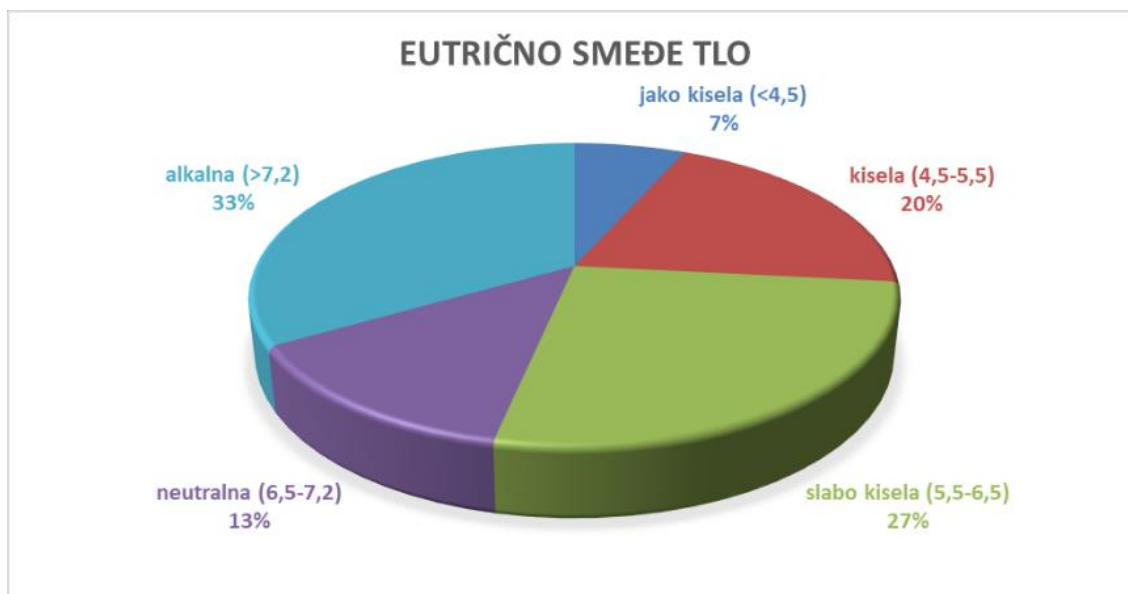


Grafikon 1. Klasifikacija pH reakcije svih uzoraka tala



Grafikon 2. Aktualna i supstitucijska kiselost- eutrično smeđe tlo

Na istraživanim uzorcima eutrično smeđeg tla utvrđeno je kako 33% uzoraka pripada grupi alkalnih tala, te 27% grupi slabo kiselih tala. Nadalje je utvrđeno kako u grupu neutralnih tala pripada 13% uzoraka, u grupu kiselih 20%, a u grupu jako kiselih tala pripada 7% uzoraka eutrično smeđeg tla (grafikon 3.).

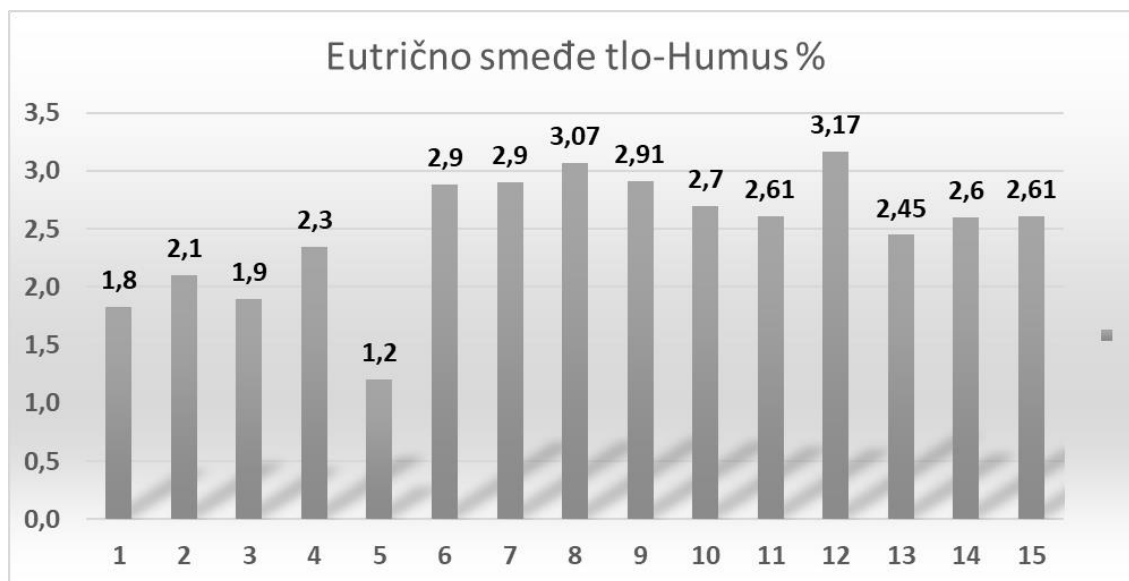


Grafikon 3. Klasifikacija pH reakcije eutričnog smeđeg tla

### 3.1.1.2. Opskrbljenost tla humusom – eutrično smeđe tlo

Vrbek i Pilaš (2011.) opisuju eutrično smeđe tlo, kao tip tla koji u prosjeku ima 4-7% humusa. U provedenom istraživanju utvrđeno je kako prosječna vrijednost humusa iznosi 2,48% (grafikon 4.) iz čega se da zaključiti da intenziviranjem poljoprivredne proizvodnje dolazi i do trošenja zaliha humusa iz tla. Najniža utvrđena vrijednost humusa iznosi 1,2% što je izrazito malo, a najviša 3,17 što je možemo reći zadovoljavajuća količina humusa u nekom tlu. U istraživanju Martinović (1997.) utvrđuje kako eutrično smeđe tlo u prosjeku sadrži 3,2% humusa, dok eutrično semiglejno sadrži u prosjeku 2,0% humusa. Nadalje Martinović (2000.) prikazuje kako eutrično smeđe tlo u prosjeku sadrži 3,3% humusa korišteno u poljodjelstvu, a dok takvo tlo pod šumom sadrži čak 8,7% humusa. Slične rezultate prikazuje Škorić (1977.) na uzetih 34 uzoraka lesiviranog tla gdje utvrđuje kako minimalna vrijednost humusa iznosi 1,0%, dok maksimalna iznosi 3,4%, a prosječna vrijednost je 2,0%.





Grafikon 4. Udio humusa (%) u uzorcima eutričnog smeđeg tla

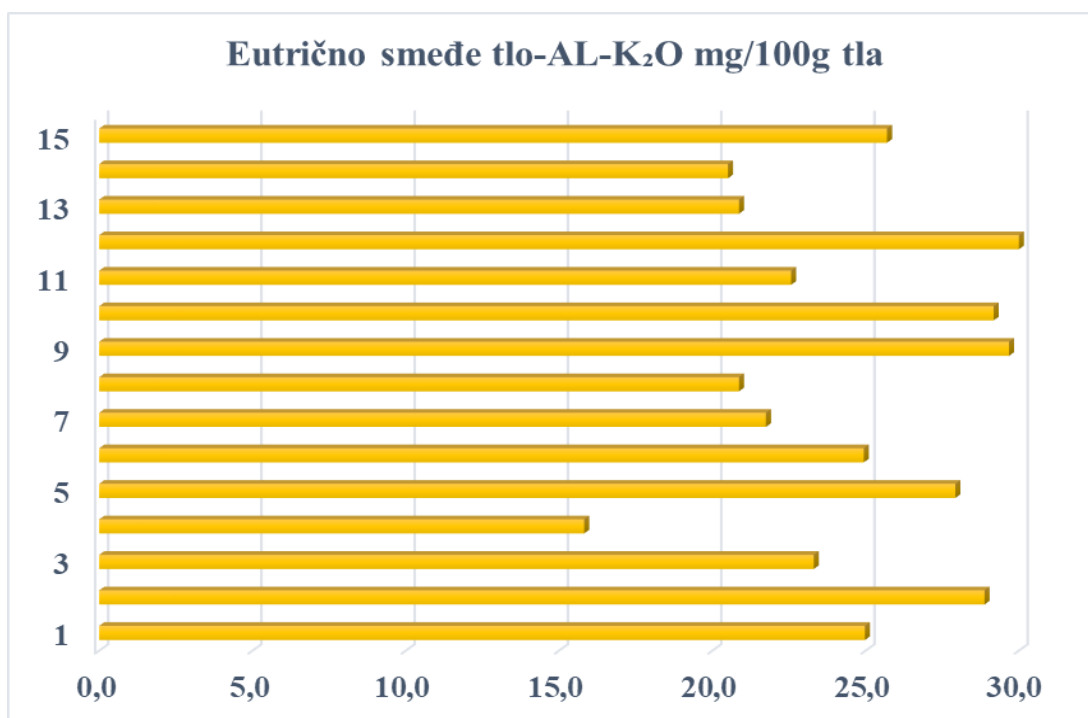
### 3.1.1.3. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem – eutrično smeđe tlo

Najniža utvrđena količina fiziološki aktivnog kalija na uzorcima eutrično smeđeg tla (grafikon 5.) iznosi 15,8 mg  $K_2O/100$  g tla, što je prema graničnim vrijednostima za fiziološko aktivni kalij (tablica 5) siromašno (B). Maksimalna vrijednost iznosi 30,9 mg  $K_2O/100$  g tla što spada u klasu visoko opskrbljenih tala kalijem. Prosječna utvrđena vrijednost fiziološki aktivnog kalija na uzorcima eutrično smeđeg tla iznosi 14,5 mg  $K_2O/100$  g tla što ga svrstava u klasu siromašnih tala. Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) utvrđuje kako u prosjeku eutrično smeđe tlo sadrži 13,5 mg  $K_2O/100$  g tla, dok Martinović (2000.) utvrđuje na uzorcima eutrično smeđeg tla kako imaju 18,4 mg  $K_2O/100$  g tla. Nadalje Škorić (1977.) prikazuje kako na 23 uzorka eutrično smeđeg tla minimalna vrijednost iznosi 6,4 mg  $K_2O/100$  g tla, a maksimalna 19,2 mg  $K_2O/100$  g tla. Srednja vrijednost iznosi 12,1 mg  $K_2O/100$  g tla.

### 3.1.1.4. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom - eutrično smeđe tlo

Prosječna utvrđena vrijednost fiziološki aktivnog fosfora (grafikon 6.) na uzorcima eutrično smeđeg tla iznosi 14,897 mg  $P_2O_5/100g$  tla što ga prema graničnim vrijednostima prikazanim u tablici 5 svrstava u klasu siromašnih tala. Najviša vrijednost na uzorcima eutrično smeđeg tla iznosi 47,14 mg  $P_2O_5/100g$  tla što ga svrstava u klasu ekstremno visoko opskrbljenih tala fiziološki aktivnim fosforom. Suprotno tome najniža vrijednost iznosi 2,78 mg  $P_2O_5/100g$  po čemu pripada u klasu jako siromašno opskrbljenih tala prema graničnim vrijednostima.

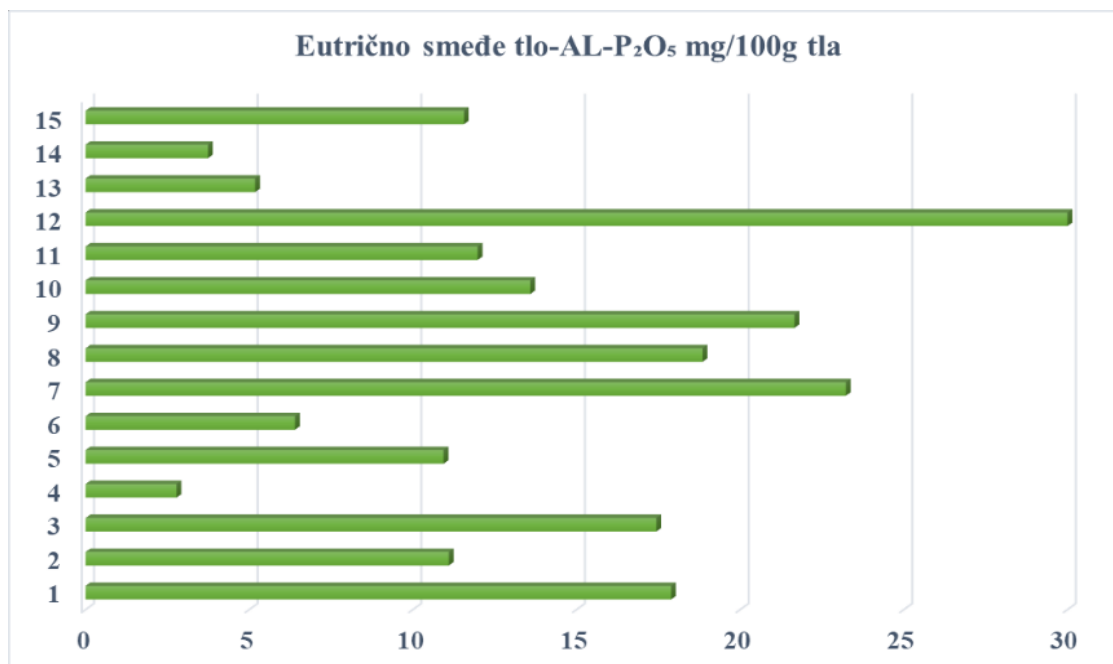
Martinović(1997.) prema Škoriću (1977.) prikazuje kako u prosjeku eutrično smeđe tlo sadrži 2,4 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g tla, dok Martinović (2000.) prikazuje kako u prosjeku eutrično smeđe tlo sadrži 10 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla. Nadalje Škorić (1977.) prikazuje na 28 uzoraka eutrično smeđeg tla prosječnu vrijednost od 10,7 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla.



Grafikon 5. Opskrbljenost eutrično smeđeg tla fiziološki aktivnim kalijem

### 3.1.1.5. Opskrbljenost tla karbonatima – eutrično smeđe tlo

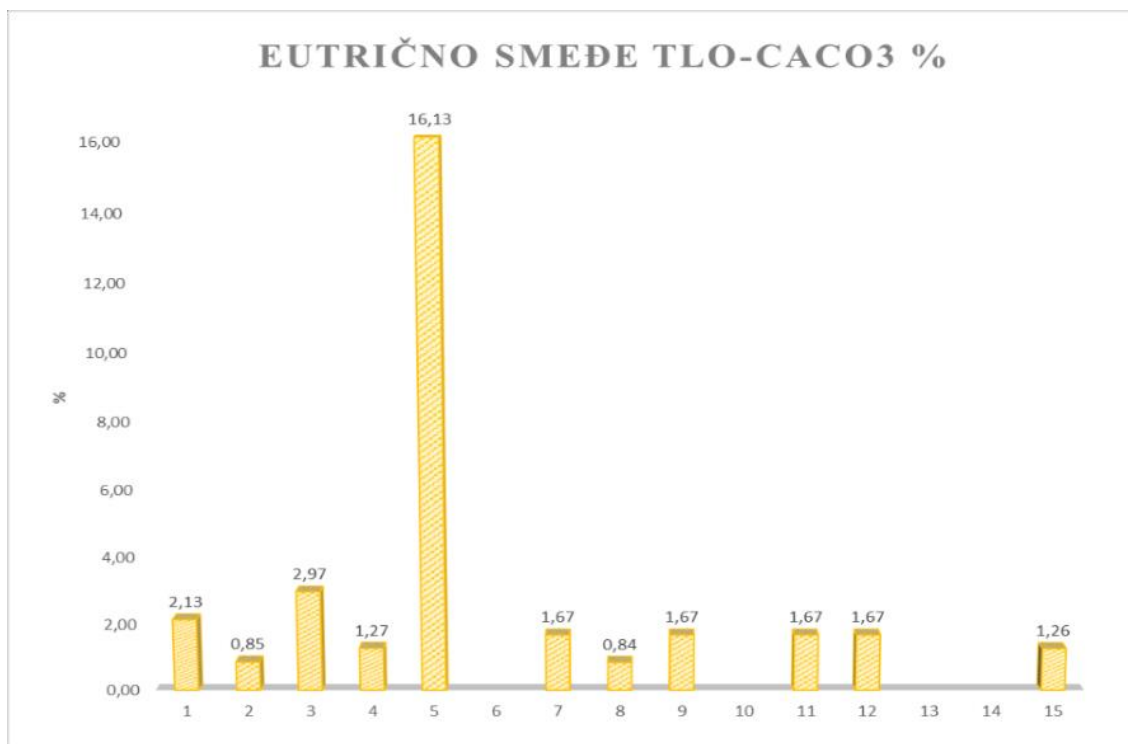
Rezultati prikazani na grafikonu 7. prikazuju kako 4 uzorka, od ukupno 15 uopće nemaju prisutnih karbonata, odnosno CaCO<sub>3</sub> u tlu. Najviša vrijednost utvrđena na uzorcima eutrično smeđeg tla iznosi 16,3% što prema vrijednostima u tablici 3 ovo tlo svrstava u klasu srednje karbonatnih tala. Srednja utvrđena vrijednost iznosi 2,92% što je slabo karbonatno, te isto tako je i najniža vrijednost koja iznosi 0,84%. Martinović (1997.) utvrđuje kako prosječan sadržaj karbonata na eutrično smeđem tlu na dubini od 0-20 cm iznosi 4,92%. Dok također isti autor, ali prema Škoriću (1997.) navodi kako na istraživanim uzorcima nije bilo pristunih karbonata.



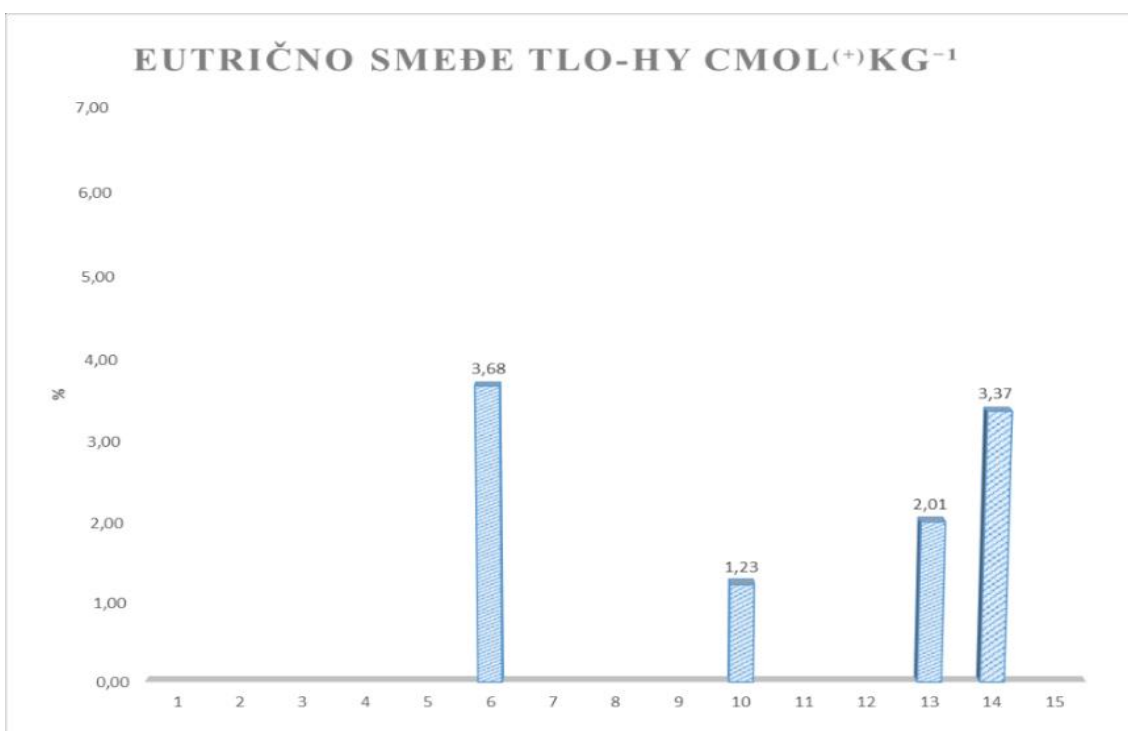
Grafikon 6. Opskrbljenost eutrično smeđeg tla fiziološki aktivnim fosforom

### 3.1.1.6. Hidrolitička kiselost – eutrično smeđe tlo

Rezultati istraživanja hidrolitičke kiselosti na uzorcima eutrično smeđeg tla (grafikon 8.) prikazuju kako 4 uzoraka od ukupno 15 nemaju utvrđenu vrijednost karbonata. Srednja vrijednost hidrolitičke kiselosti iznosi  $2,57 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ , dok najviša iznosi  $3,68 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ . Najniža utvrđena vrijednost hidrolitičke kiselosti koja je izmjerena je  $1,23 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ . Škorić (1977.) utvrđuje na 11 uzetih uzoraka eutrično smeđeg tla minimalnu vrijednost u iznosu od  $3,0 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ , a dok maksimalna vrijednost iznosi čak  $23,0 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ . Srednja vrijednost iznosi  $9,2 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ .



Grafikon 7. Opskrbljenost eutrično smeđeg tla karbonatima

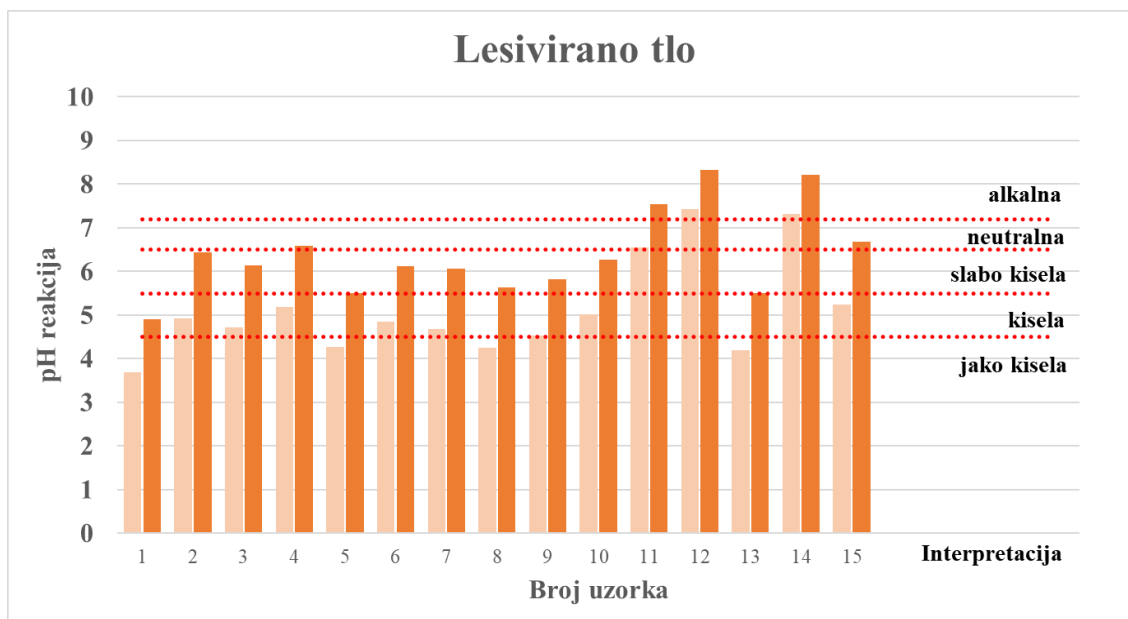


Grafikon 8. Hidrolitička kiselost eutrično smeđeg tla

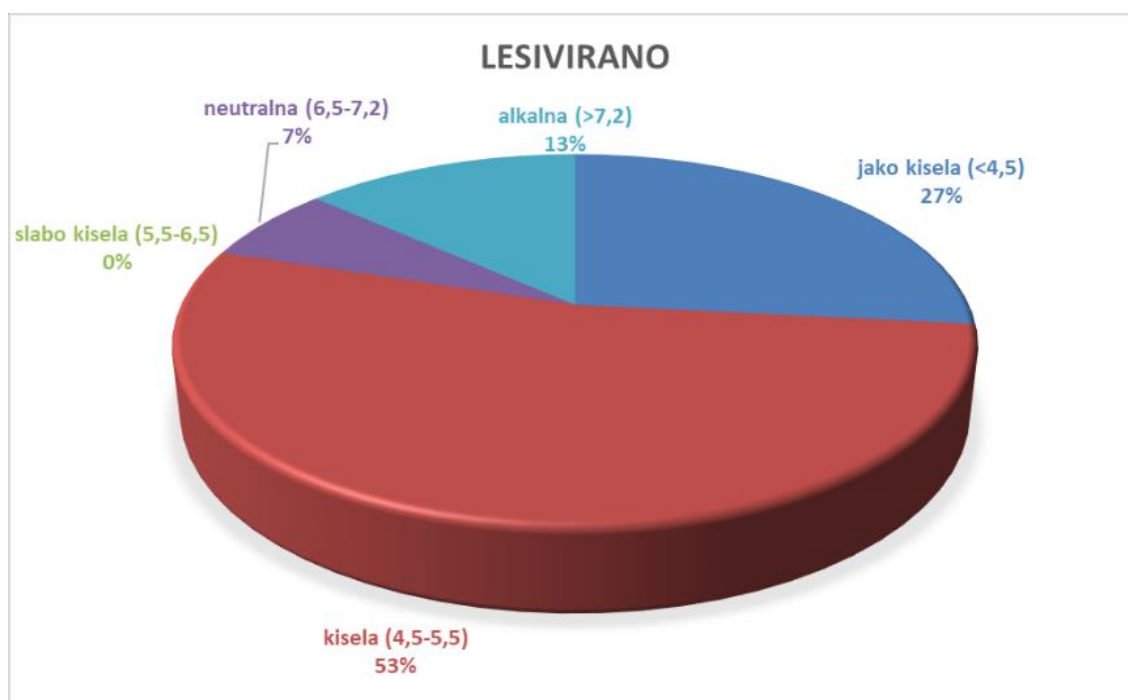
### *3.1.2. Osnovna agrokemijska svojstva tla – lesivirano tlo*

#### *3.1.2.1. pH reakcija tla – lesivirano tlo*

Prosječna pH vrijednost (grafikon 9.) istraživanih uzoraka lesiviranog tla iznosi 5,1 pH jedinice. Zebec i sur. (2017.) na provedenom istraživanju utvrđuju srednju pH vrijednost lesiviranog tla 4,22 u KCl-u. Najniža dobivena supstitucijska pH vrijednost, prikaza na grafikonu 9, iznosi 3,69 (jako kisela), a najviša 7,43 (alkalna). Također Zebec i sur. (2017.) prema Rastiji (2006.), utvrđuju kako niske pH vrijednosti zabilježene na lesiviranom tlu mogu biti posljedica već uznapredovalih procesa debazifikacije u tlu, te pojačane acidifikacije površinskih horizonata tla zbog descedentnoga kretanja vode uz utvrđene količine oborina za to područje više od 700 mm godišnje. Husnjak i sur. (2010.) utvrdili su prosječnu pH vrijednost u KCl-u na lesiviranom tlu koja se kreće u rasponu od 4,22 (jako kiselo) do 7,18 (neutralno). Martinović (1997.) utvrđuje aktualnu kiselost na uzorcima lesiviranog tla u iznosu od pH 6,8 (neutralno), dok supstitucijska iznosi pH 5,8 (slabo kiselo). Nadalje Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) prikazuje kako prosječna aktualna kiselost lesiviranog tla iznosi 5,9, dok Martinović (2000.) prikazuje prosječnu aktualnu kiselost lesiviranog tla u iznosu od 6,0. Slične rezultate prikazuje i Škorić (1977.) na uzetih 10 uzoraka lesiviranog tla gdje utvrđuje kako minimalna vrijednost aktualne kiselosti iznosi 4,9, dok maksimalna vrijednost iznosi 6,5. Na grafikonu 10 prikazano je kako jako veliki postotak, čak 53%, što je više od pola uzetih uzoraka lesiviranog tla, pripada u grupu kiselih tala. Najveći utvrđeni postotak jako kiselih tala je potvrđen upravo kod ovog tipa tla i iznosi 27% što je izrazito puno i predstavlja glavni problem kod uzgoja na ovakvom tipu tla. Nadalje u grupu alkalnih tala pripada 13%, u grupu neutralnih 7%, a slabo kiselih tala nemamo.



Grafikon 9. Aktualna i supstitucijska kiselost- lesivirano tlo

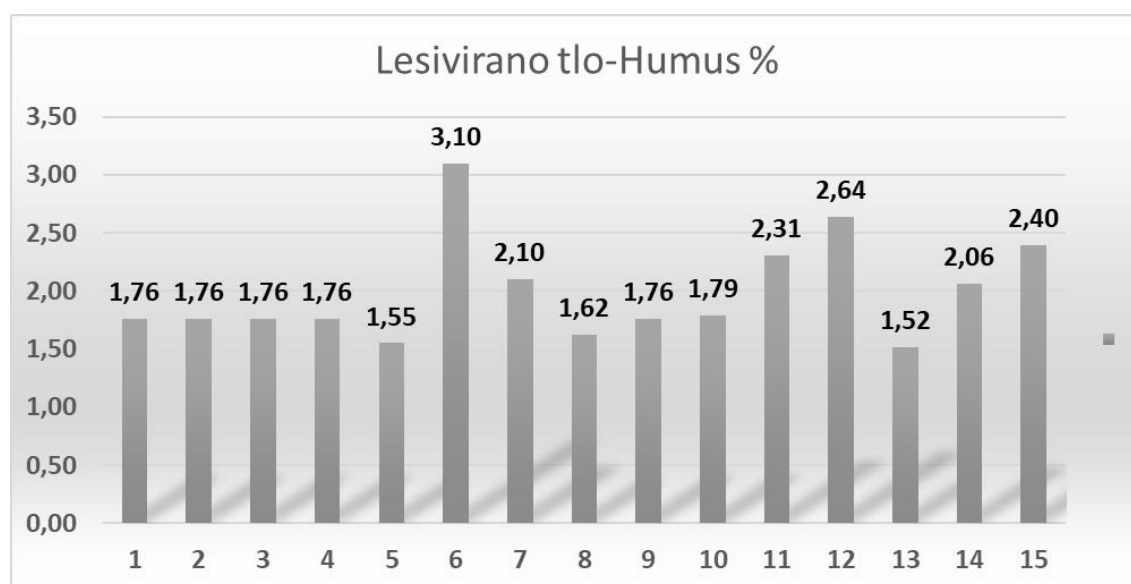


Grafikon 10. Klasifikacija pH reakcije lesiviranog tla

#### 3.1.2.2. Opskrbljenost tla humusom – lesivirano tlo

U provedenom istraživanju utvrđeno je kako najniža vrijednost humusa (grafikon 11.) na uzorcima lesiviranog tla 1,52% što je prema граниčnim vrijednostima prikazanim u tablici 2.

slabo humozno, dok najviša iznosi 3,10% što je dosta humozno. Zebec i sur (2017.) na provedenom istraživanju lesiviranog tla utvrđuju prosječnu vrijednost humusa koja iznosi 1,97%. U provedenom istraživanju utvrđena je prosječna vrijednost sadržaja humusa u iznosu od 1,99% gdje nema nekog velikog odstupanja. U prosjeku istraživani uzorci lesiviranog tla spadaju u klasu slabo humoznih tala. U svom istraživačkom radu Husnjak i sur. (2010.) utvrđuju sadržaj humusa na uzorcima lesiviranog tla u rasponu od 0,6% (vrlo slabo humozno), pa sve do maksimalne u iznosu od 1,1% (slabo humozno). Rezultati poput ovih nam pokazuju kako općenito lesivirana tla možemo svrstati u grupu slabo humoznih tala, tj. prema graničnim vrijednostima iz tablice 2, tla s rasponom humusa 1-3%. Nadalje Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) prikazuje kako u prosjeku lesivirano tlo sadrži 2,1% humusa, dok Martinović (2000.) prikazuje kako lesivirano tlo korišteno u poljodjelstvu u prosjeku sadrži 2,6% humusa, a ono koje je korišteno u šumarstvu sadrži čak 5,2% humusa. Slične rezultate prikazuje Škorić (1977.) na 12 uzetih uzoraka lesiviranog tla gdje utvrđuje minimalnu vrijednost humusa u iznos od 1,2%, a dok maksimalna vrijednost iznosi čak 2,4%. Prosječna vrijednost humusa na uzorcima iznosi 1,7%.

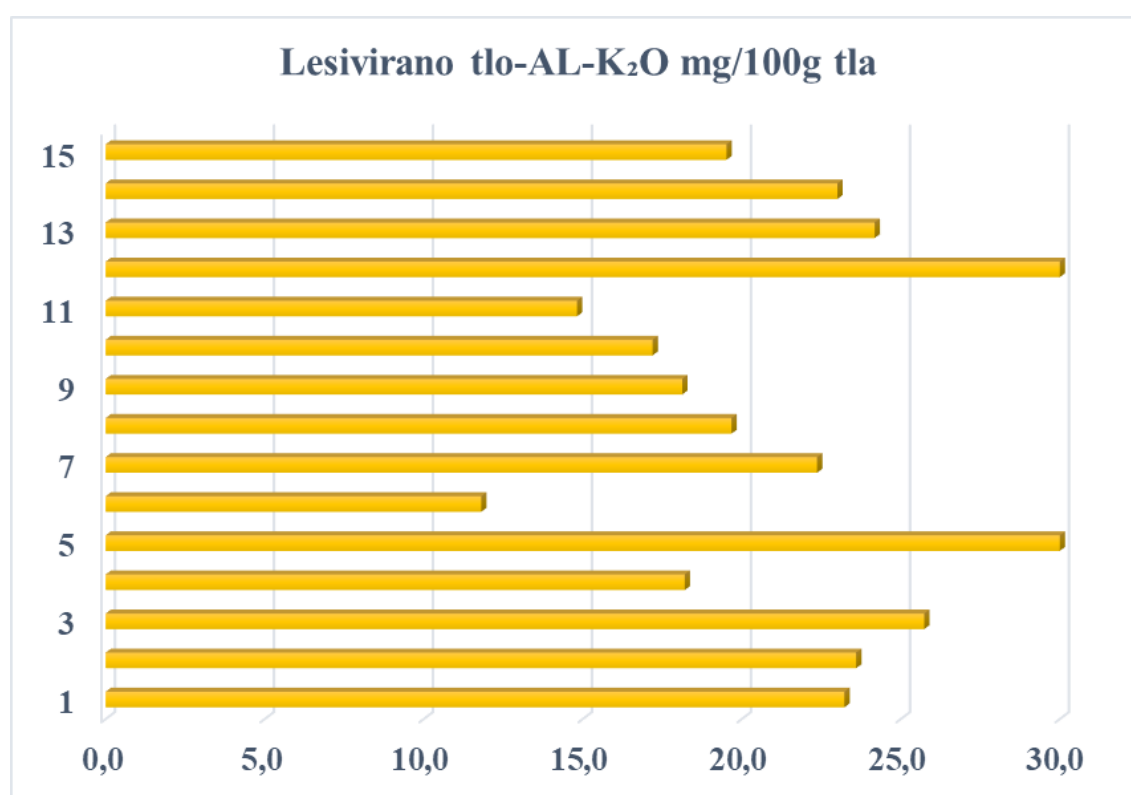


Grafikon 11. Udio humusa (%) u uzorcima lesiviranog tla

### 3.1.2.3. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem – lesivirano tlo

Fiziološko aktivni kalij istraživan na uzorcima lesiviranog tla (grafikon 12.) ima utvrđenu prosječnu vrijednost od 21,6 mg K<sub>2</sub>O/100g tla što ga prema graničnim vrijednostima u tablici

5. svrstava u klasu dobro opskrbljenih tala kalijem. Usporedbe radi Zebec i sur (2017.) na istraživanim uzorcima lesiviranog tla prikazuju prosječnu vrijednost od 21,4 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla. Najniža utvrđena vrijednost iznosi 11,8 mg K<sub>2</sub>O/100g tla što ga svrstava u klasu jako siromašnih tala kalijem, a najviša vrijednost iznosi 31,3 mg K<sub>2</sub>O/100g tla što je klasa visoko opskrbljenih tala kalijem. Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) prikazuje kako u prosjeku lesivirano tlo sadrži 14,2 mg K<sub>2</sub>O/100g tla, dok Martinović (2000.) prikazuje kako lesivirano tlo u prosjeku sadrži 11,7 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla. Slične rezultate prikazuje Škorić (1977.) na 6 uzoraka lesiviranog tla gdje utvrđuje minimalnu vrijednost u iznosu od 1,1 mg K<sub>2</sub>O/100g tla, a dok maksimalna vrijednost iznosi čak 16,2 mg K<sub>2</sub>O/100g tla. Srednja tj. prosječna vrijednost iznosi 10,8 mg K<sub>2</sub>O/100g tla.



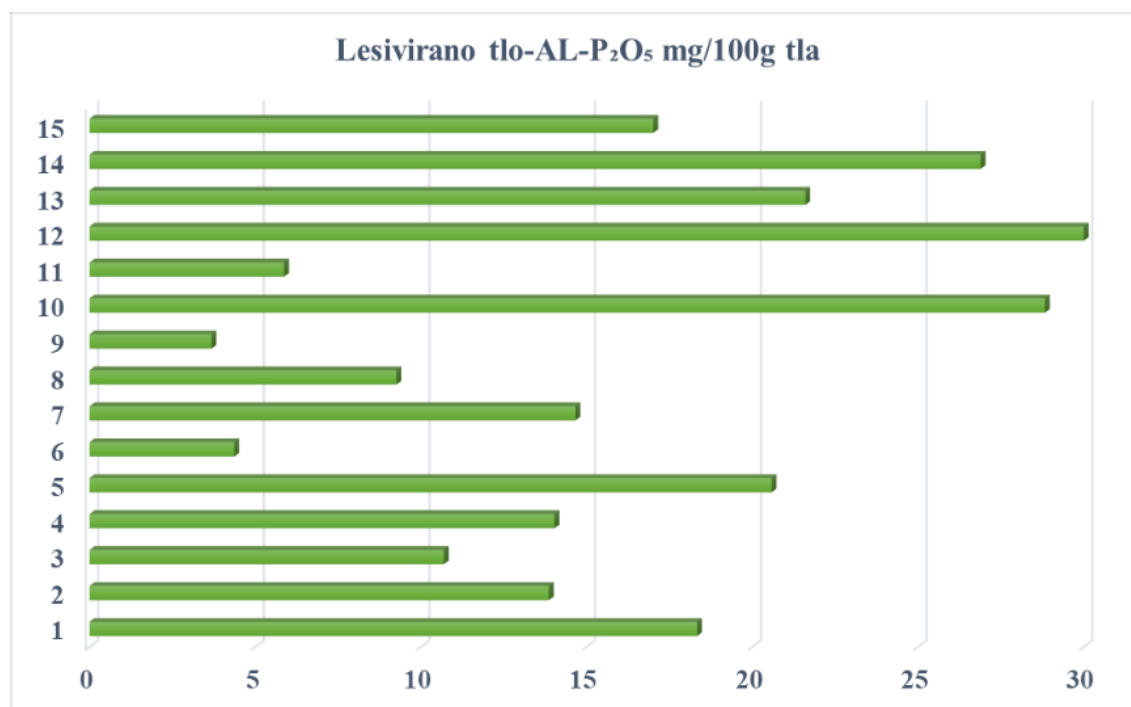
Grafikon 12. Opskrbljenost uzoraka lesiviranog tla fiziološki aktivnim kalijem

#### 3.1.2.4. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom- lesivirano tlo

Istraživanjem dokazana najniža vrijednost fiziološki aktivnog fosfora na lesiviranom tlu (grafikon 13.) iznosi 3,68 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla što je prema graničnim vrijednostima prikazanim u tablici 5. jako siromašno tlo fosforom jer je prosječna pH vrijednost 5,1. Srednja vrijednost fosfora iznosi 18,51 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g tla što je dobro opskrbljeno tlo fiziološki aktivnim fosforom. Najviša vrijednost iznosi 68,04 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla što je



ekstremno visoko. Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) prikazuje kako u prosjeku lesivirano tlo sadrži 8,8 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla, dok Martinović (2000.) prikazuje kako lesivirano tlo sadrži 5 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla. Slične rezultate prikazuje Škorić (1977.) na 12 uzoraka lesiviranog tla gdje utvrđuje minimalnu vrijednost u iznosu od 4,0 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla, a dok maksimalna vrijednost iznosi čak 36,3 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla. Srednja tj. prosječna vrijednost iznosi 12,9 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla.

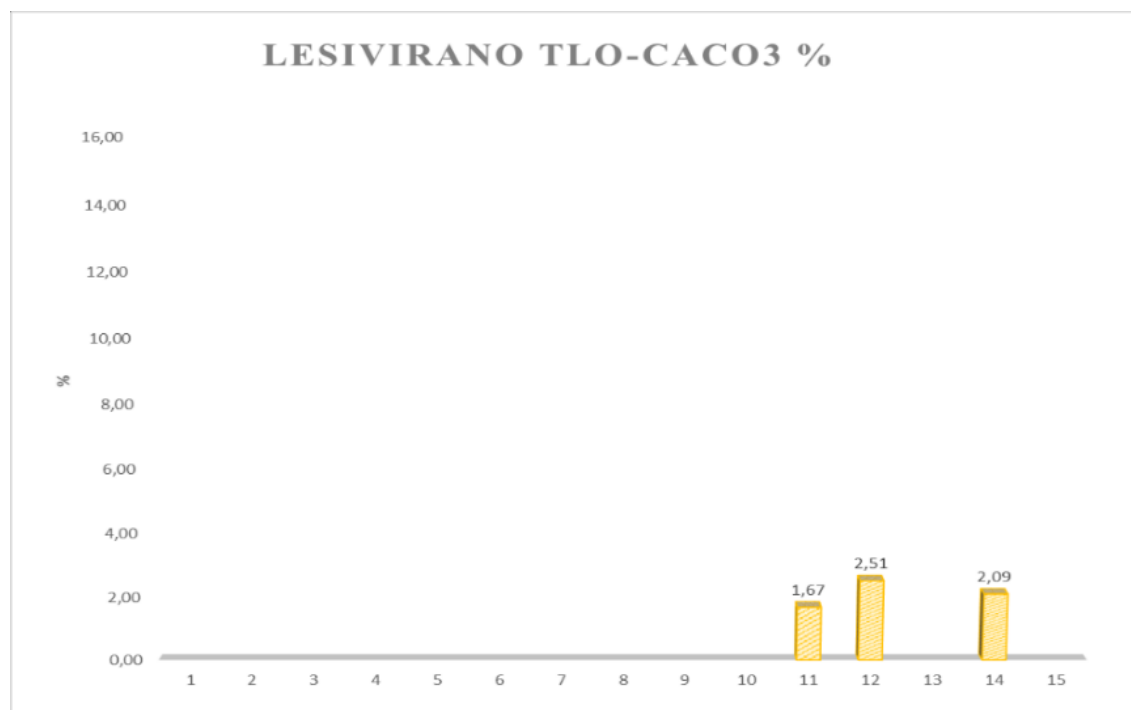


Grafikon 13. Opcrbljenost uzoraka lesiviranog tla fiziološki aktivnim fosforom

### 3.1.2.5. Opcrbljenost tla karbonatima – lesivirano tlo

Rezultati prikazani na grafikonu 14. prikazuju kako samo 3 uzorka, od ukupno 15 uzetih uzoraka imaju prisutne karbonate (CaCO<sub>3</sub>) u tlu. Najviša izmjerena vrijednost koja je utvrđena na uzorcima eutrično smeđeg tla iznosi 2,51% što prema vrijednostima u tablici 3. ovo tlo svrstava u slabo karbonatna tla. Srednja utvrđena vrijednost iznosi 2,09% što je slabo karbonatno, te isto tako je i najniža vrijednost koja iznosi 1,53%. Prema rezultatima možemo zaključiti kako lesivirano tlo spada u slabo karbonatna tla. Zebec i sur. (2017.) na istraživanim uzorcima lesiviranog tla utvrđuju vrijednost od 0,1% karbonata u tlu što je također prema graničnim vrijednostima slabo karbonatno. Istraživanjem Husnjak i sur. (2010.) utvrđuju vrijednost karbonata u rasponu od 0,0% (slabo karbonatno) sve do 5,5% (slabo karbonatno). Martinović (1997.) na uzorcima lesiviranog tla utvrđuje karbonate u

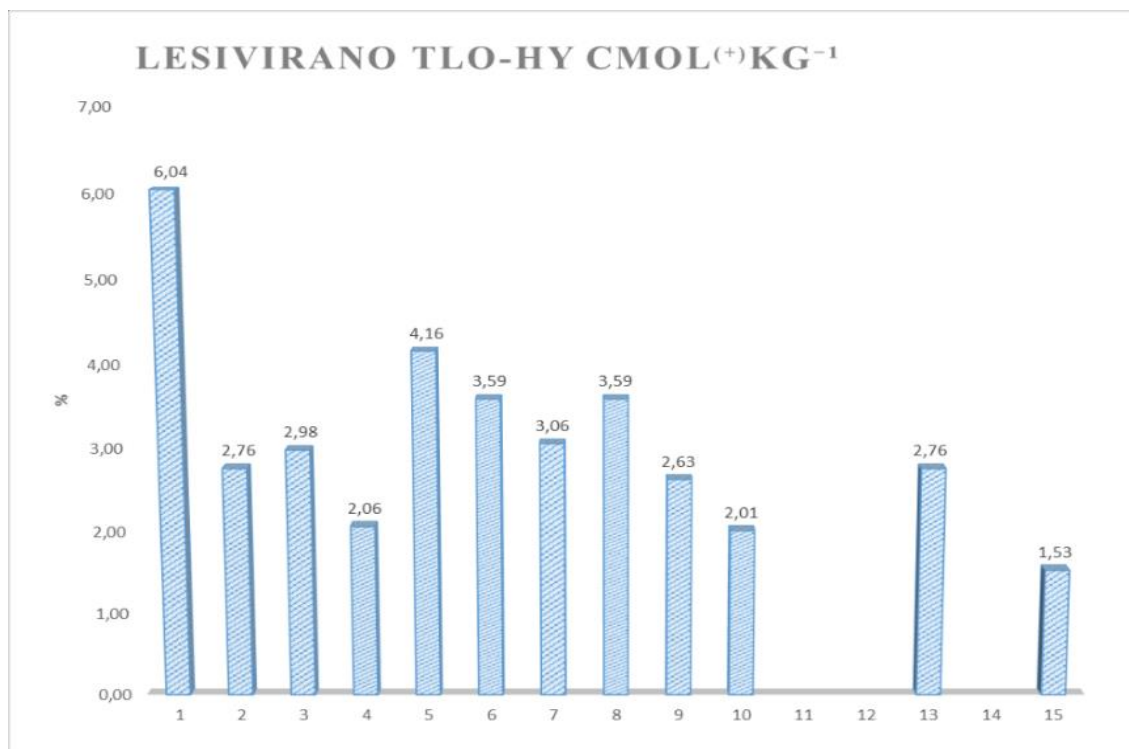
iznosu od 0,0%, odnosno nema prisutnih karbonata u niti jednom od istraživanih horizonata tla.



Grafikon 14. Opskrbljenost uzoraka lesiviranog tla karbonatima

### 3.1.2.6. Hidrolitička kiselost – lesivirano tlo

Rezultati istraživane hidrolitičke kiselosti na uzorcima lesiviranog tla (grafikon 15.) prikazuju kako 3 uzoraka od ukupno 15 uzetih uzoraka nemaju izmjerene vrijednost. Srednja vrijednost hidrolitske kiselosti iznosi  $3,10 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ , dok najviša iznosi  $6,04 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ . Najniža utvrđena vrijednost hidrolitske kiselosti koja je izmjerena na uzorcima lesiviranog tla je  $1,53 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ . Usporedbe radi Zebec i sur. (2017) na svojim uzorcima lesiviranog tla utvrđuju prosječnu vrijednost hidrolitske kiselost  $4,65 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ . Nadalje Škorić (1977.) utvrđuje minimalnu vrijednost hidrolitske kiselosti na 11 uzoraka u vrijednosti od  $3,0 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ , a dok maksimalna vrijednost iznosi  $23,0 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ . Srednja vrijednost hidrolitske kiselosti iznosi  $9,2 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ .



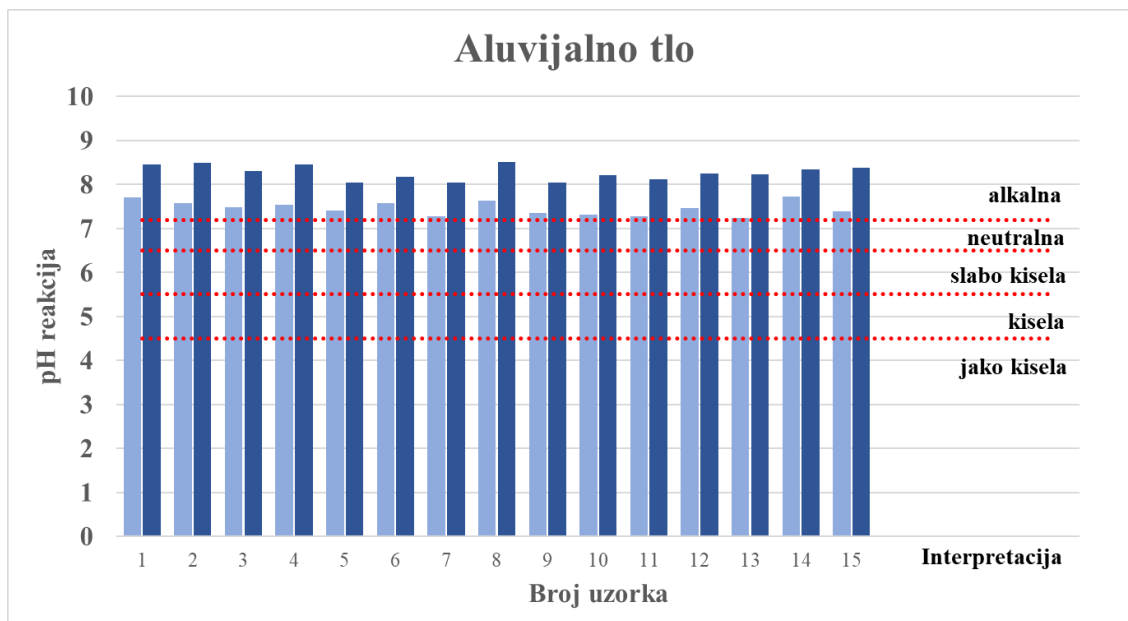
Grafikon 15. Hidrolitička kiselost uzoraka lesiviranog tla

### 3.1.3. Osnovna agrokemijska svojstva tla – aluvijalno tlo

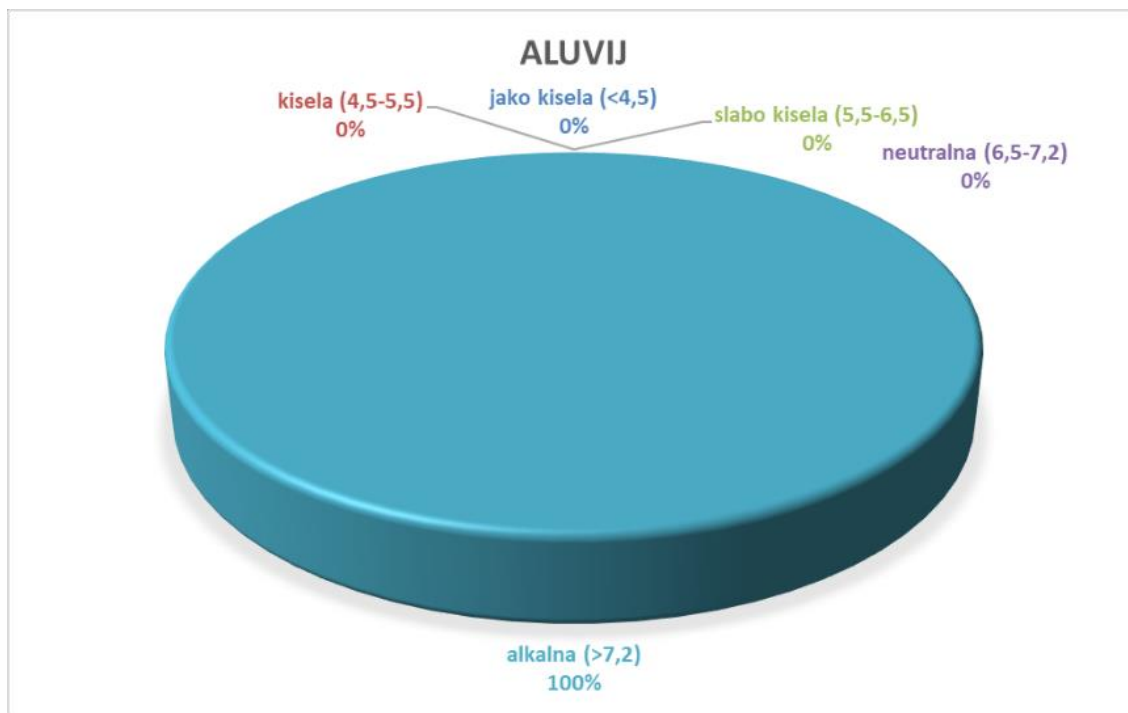
#### 3.1.3.1. pH reakcija tla – aluvijalno tlo

Najniža vrijednost supstitucijske kiselosti, odnosno vrijednosti mjere u KCl-u, na istraživanim uzorcima iznosi 7,23 (alkalna). Najviša pH vrijednost, prikazana na grafikonu 16., iznosi 7,72 (alkalna). Zebec i sur. (2017.) na istraživanim uzorcima tla utvrđuju kako je prosječna pH vrijednost 7,48. Na provedenom istraživanju utvrđeno je kako prosječna vrijednost iznosi 7,46. Husnjak i sur. (2010.) utvrdili su prosječnu supstitucijsku kiselost na istraživanim uzorcima u rasponu od 5,14 (kiselo), pa sve do maksimalne u iznosu od 6,44 (slabo kiselo). Nadalje Martinović (1997.), prema Škoriću (1977.) prikazuje kako prosječna aktualna kiselost ispitivanih uzoraka aluvijalnog tla iznosi 7,6, dok Martinović (2000.) prikazuje kako aluvijalno tlo korišteno u poljodjelstvu ima aktualnu kiselost u iznosu od 7,4, a ako je korišteno u šumarstvu 7,6. Slične rezultate prikazuje Škorić (1977.) na 53 uzeta uzorka gdje utvrđuje kako je minimalna aktualna kiselost 6,7, a dok najviša iznosi 8,3 gdje je dobiven prosjek od 7,7.

Najzanimljivija klasifikacija uzoraka je upravo kod aluvijalnog tipa tla. U uvodu opisane karakteristike ovoga tla, potvrđuju i dobiveni rezultati. Od svih uzoraka tla, njih 15, utvrđena su samo alkalna tla, tj. tla s većim pH vrijednostima od 7,2, prikazano na grafikonu 17.



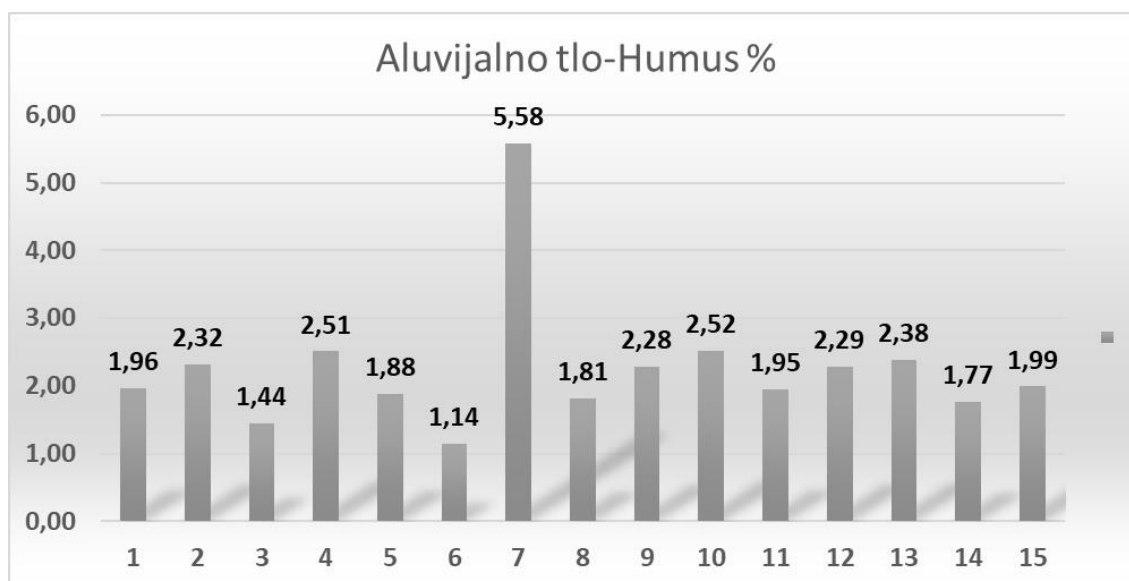
Grafikon 16. Aktualna i supstitucijska kiselost- aluvijalno tlo



Grafikon 17. Klasifikacija pH reakcije aluvijalnog tla

### 3.1.3.2. Opskrbljenost tla humusom – aluvijalno tlo

Zebeć i sur. (2017.) na uzorcima aluvijalnog tla utvrđuju prosječan sadržaj humusa od 2,30% što je prema tablici 2. slabo humozno tlo. Prosječna vrijednost na istraživanim uzorcima aluvijalnog tla iznosi 2,25% što spada u klasu slabo humoznih tala. Najniža utvrđena vrijednost humusa na istraživanim uzorcima (grafikon 18.) iznosi 1,14% što je slabo humozno, dok najviša iznosi čak 5,58% što je jako humozno tlo. U svom istraživanju Husnjak i sur. (2010.) utvrdili su prosječan sadržaj humusa u rasponu od 0,0% (vrlo slabo humozno), pa sve do vrijednosti od 3,8% što je dosta humozno. Nadalje Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) prikazuje kako u prosjeku aluvijalno tlo sadrži 2,9% humusa, dok Martinović (2000.) utvrđuje kako aluvijalno tlo u prosjeku sadrži 1,5% humusa ako je tlo korišteno u poljodjelstvu, a ako je korišteno u šumarstvu sadrži 4,7% humusa. Škorić (1977.) utvrđuje na 48 uzoraka aluvijalnog tla kako minimalna vrijednost humusa iznosi 0,8%, a dok maksimalna vrijednost humusa iznosi 6,1%.

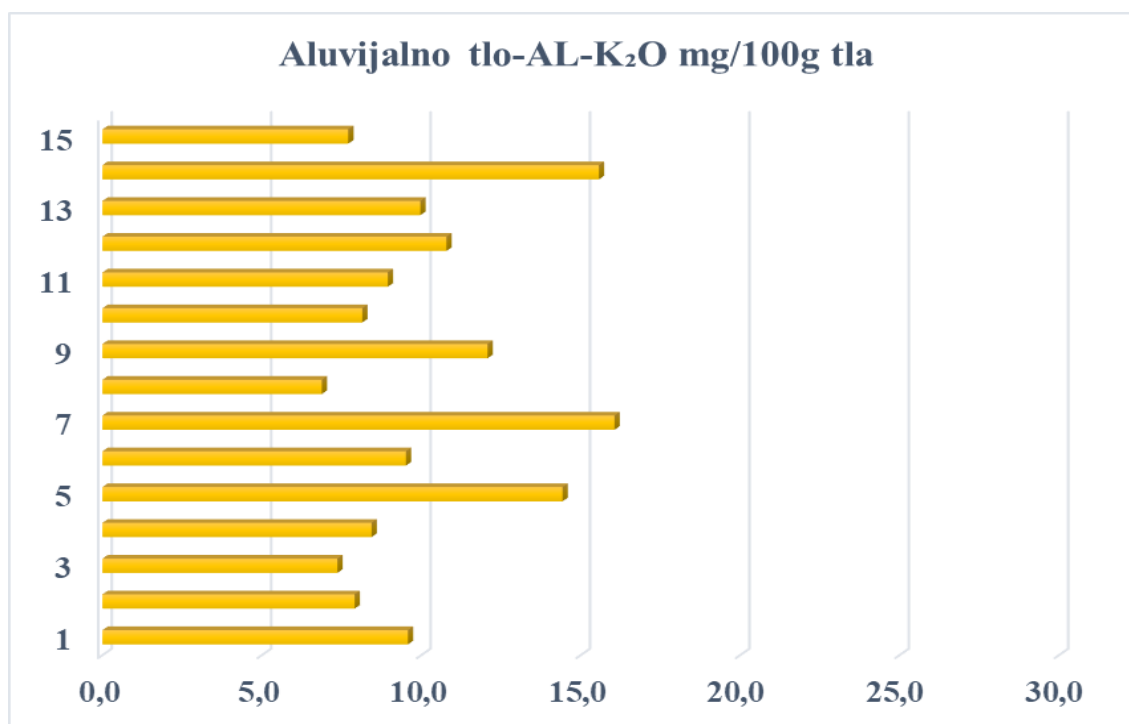


Grafikon 18. Udio humusa (%) u uzorcima aluvijalnog tla

### 3.1.3.3. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem – aluvijalno tlo

Fiziološki aktivan kalij istraživana na uzorcima aluvijalnog tla (grafikon 19.) pokazuje svoju prosječnu vrijednost u iznosu od 10,2 mg K<sub>2</sub>O/100g tla što ga prema graničnim vrijednostima u tablici 5. svrstava u klasu siromašno opskrbljenih tala kalijem. Usporedbe radi Zebeć i sur (2017.) na svojim uzorcima lesiviranog tla prikazuju prosječnu vrijednost

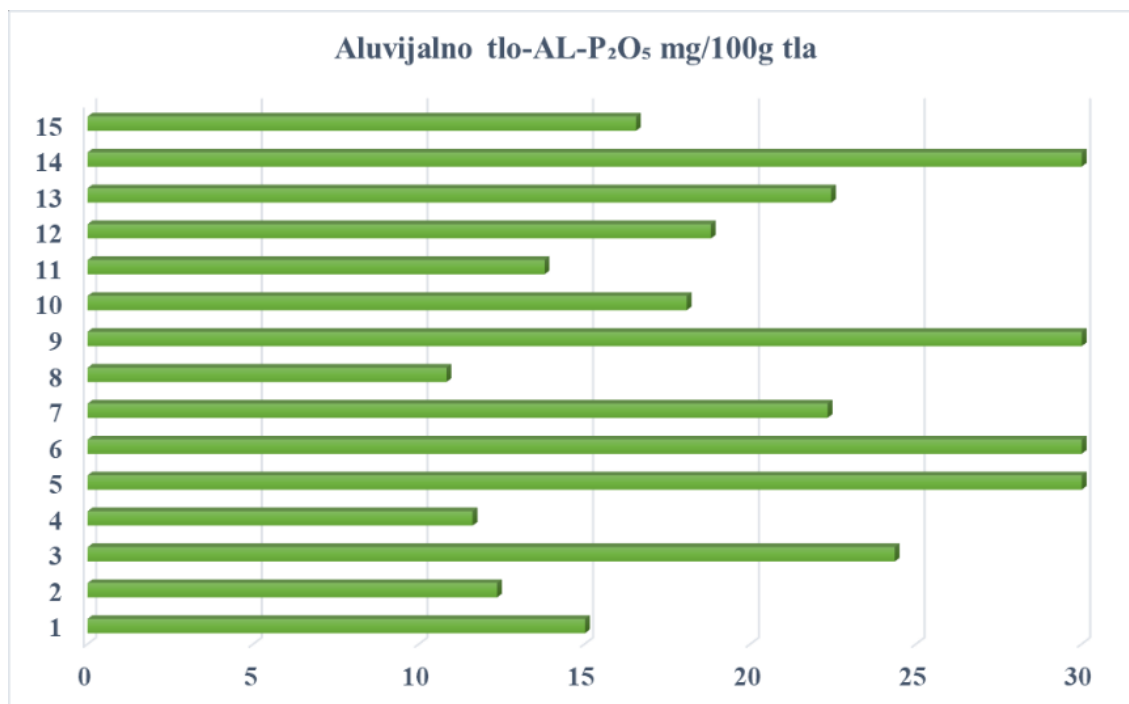
od 8,02 mg  $K_2O/100$  g tla što je također siromašna opskrbljenost. Najniža utvrđena vrijednost iznosi 6,9 mg  $K_2O/100$  g tla što ga svrstava u jako siromašna tla kalijem, a najviša vrijednost iznosi 16,1 mg  $K_2O/100$  g tla što je siromašno opskrbljeno tlo kalijem. Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) utvrđuje kako u prosjeku aluvijalno tlo u prosjeku sadrži 8,8 mg  $K_2O/100$  g tla. Škorić (1977.) prikazuje kako minimalna vrijednost iznosi 1,9 mg  $K_2O/100$  g tla, a maksimalna 19,5 mg  $K_2O/100$  g tla.



Grafikon 19. Opskrbljenost uzoraka aluvijalnog tla fiziološki aktivnim kalijem

#### 3.1.3.4. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom – aluvijalno tlo

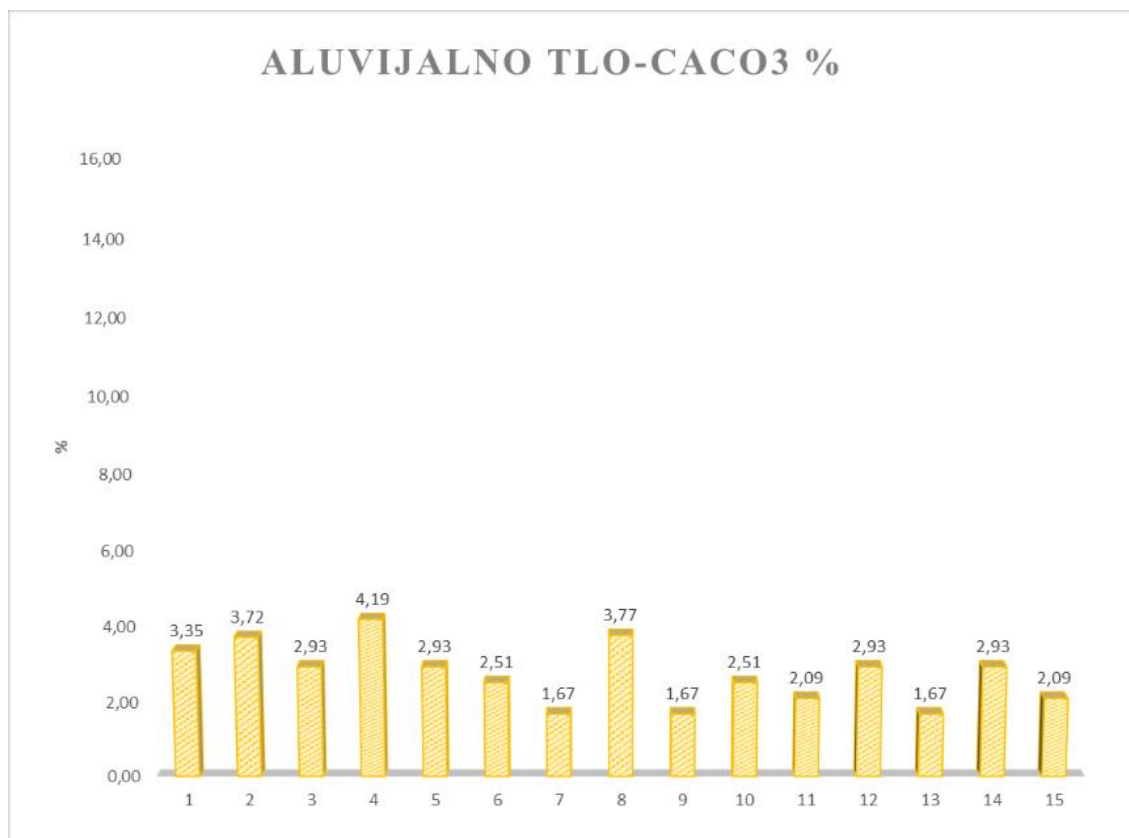
Istraživanjem dokazana najniža vrijednost fiziološki aktivnog fosfora na aluvijalnom tlu (grafikon 20.) iznosi 10,83 mg  $P_2O_5/100$  g tla što je prema graničnim vrijednostima prikazanim u tablici 5. siromašno tlo fosforom jer je prosječna pH vrijednost istraživanih uzoraka 7,1. Srednja vrijednost fosfora iznosi 23,56 mg  $P_2O_5/100$  g tla što je dobro opskrbljeno tlo fiziološki aktivnim fosforom. Najviša izmjerena vrijednost iznosi 48,26 mg  $P_2O_5/100$  g tla što je ekstremno visoka opskrbljenost tla fosforom. Nadalje Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) prikazuje kako u prosjeku uzorci aluvijalnog tla sadrže 5,7 mg  $P_2O_5/100$  g tla. Slične rezultate prikazuje Škorić (1977.) gdje utvrđuje da minimalna vrijednost iznosi 0,57 mg  $P_2O_5/100$  g tla, a dok maksimalna iznosi 17,17 mg  $P_2O_5/100$  g tla.



Grafikon 20. Opskrbljenost uzoraka aluvijalnog tla fiziološki aktivnim fosforom

### 3.1.3.5. Opskrbljenost tla karbonatima – aluvijalno tlo

Uspoređujući ostale uzorke tala gdje svega par uzoraka ima prisutnost karbonata u tlu, kod aluvijalnog tla je utvrđena prisutnost u svakom uzetom uzorku što se povezuje i s prosječnom pH vrijednosti od 7,1. Najniža utvrđena vrijednost karbonata na istraživanim uzorcima aluvijalnog tla (grafikon 21.) iznosi 1,67% što je prema graničnim vrijednostima iz tablice 3. slabo karbonatno tlo. Najviša vrijednost iznosi 4,14% što također spada u slabo karbonatna tla. Zebec i sur. (2017.) na svojim uzorcima aluvijalnog tla utvrđuju prosječnu vrijednost karbonata u iznosu od 3,8%. U provedenom istraživanju utvrđena je vrijednost koja u prosjeku iznosi 2,73% što oba rezultata svrstava u slabo karbonatna tla. U istraživanju Husnjak i sur. (2010.) nisu utvrdili prisutnost karbonata na aluvijalnom tlu što nam govori kako imamo velikih oscilacija unutar istog tipa tla, samo na različitim lokacijama, dok Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) prikazuje kako u prosjeku aluvijalno tlo sadrži 12,1% karbonata. Nadalje Škorić (1977.) utvrđuje kako minimalna vrijednost na 43 uzorka aluvijalnog tla iznosi 1,2%, a dok maksimalna vrijednost iznosi čak 26,6%. Uspoređujući sve rezultate istraživanja navedenih autora možemo uvidjeti heterogenost tala u ovisnosti o klimatskim uvjetima, reljefu i svim ostalim činiteljima kao što je i sam utjecaj čovjeka koji svojom obradom može značajno utjecati na stanje samoga tla.



Grafikon 21. Opskrbljenost uzoraka aluvijalnog tla karbonatima

### 3.1.4. Osnovna agrokemijska svojstva tla – ritska crnica

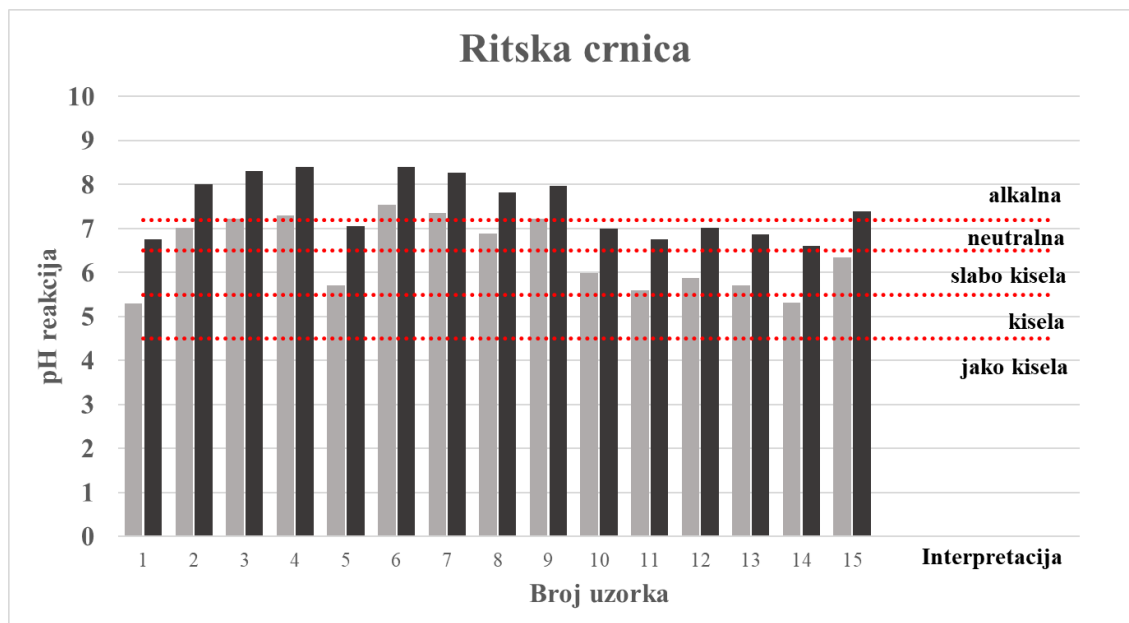
#### 3.1.4.1. pH reakcija tla – ritska crnica

Srednja pH vrijednost supstitucijske kiselosti na uzorcima ritske crnice iznosi 6,53, dok Zebec i sur. (2017.) na svojim uzorcima utvrđuju srednju vrijednost 6,42. Najviša izmjerena pH vrijednost istraživanih uzoraka ritske crnice, vidljiva na grafikonu 22., iznosi 5,30 (kisel), a dok najviša iznosi 7,54 (alkalna). Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) utvrđuje kako prosječna aktualna kiselost ispitivanih uzoraka aluvijalnog tla iznosi 7,3. Nadalje Martinović (2000.) prikazuje kako ritska crnica u prosjeku ima aktualnu kiselost tla korištenog u poljodjelstvu 7,3, a ako je tlo korišteno u šumarstvu 7,0. Škorić (1977.) utvrđuje kako minimalna aktualna kiselost na 104 uzorka ritske crnice iznosi 5,2, a maksimalna vrijednost 8,3.

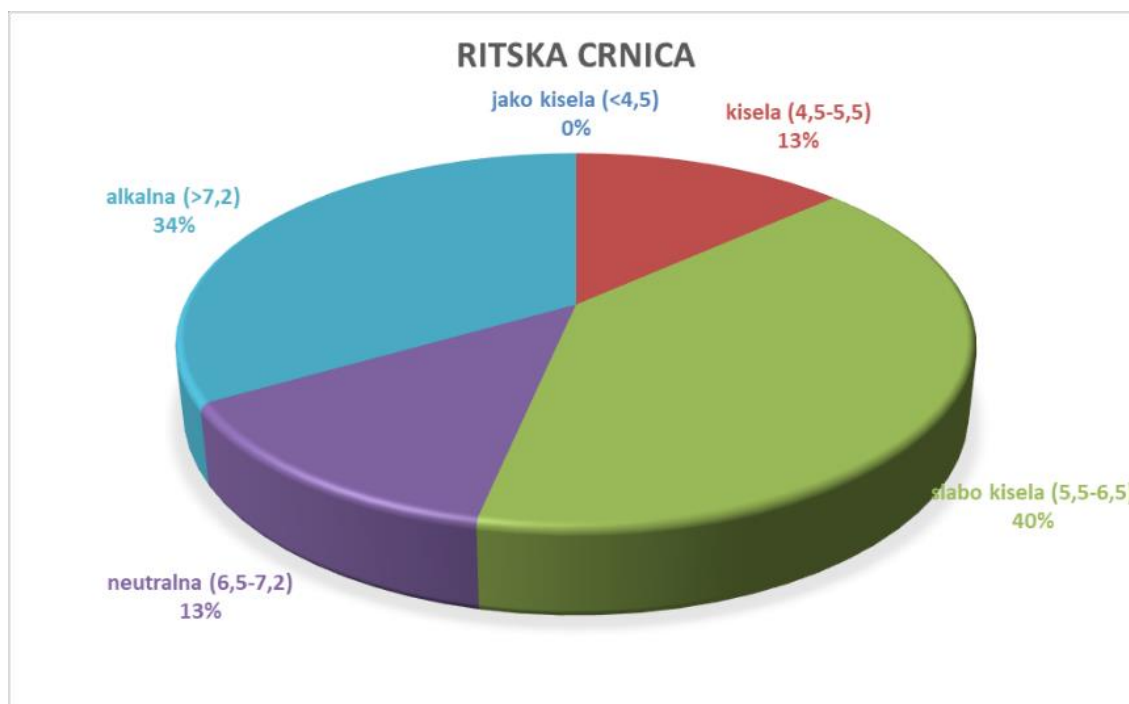
Kod prikupljenih uzoraka ritske crnice vidimo kako najveći broj, prikazan na grafikonu 23., pripada u grupu slabo kiselih tala (40%). Nakon slabo kiselih slijede ih alkalna u iznosu od 34%. Kiselih i neutralnih tala utvrđeno je podjednako i ima ih po 13%, dok kiselih tala na provedenom istraživanju nema utvrđeno.



Kasnije će se kod rezultata KIK-a pokazati kako upravo ovakva povoljna pH reakcija tla može značajno utjecati na takvo svojstvo.



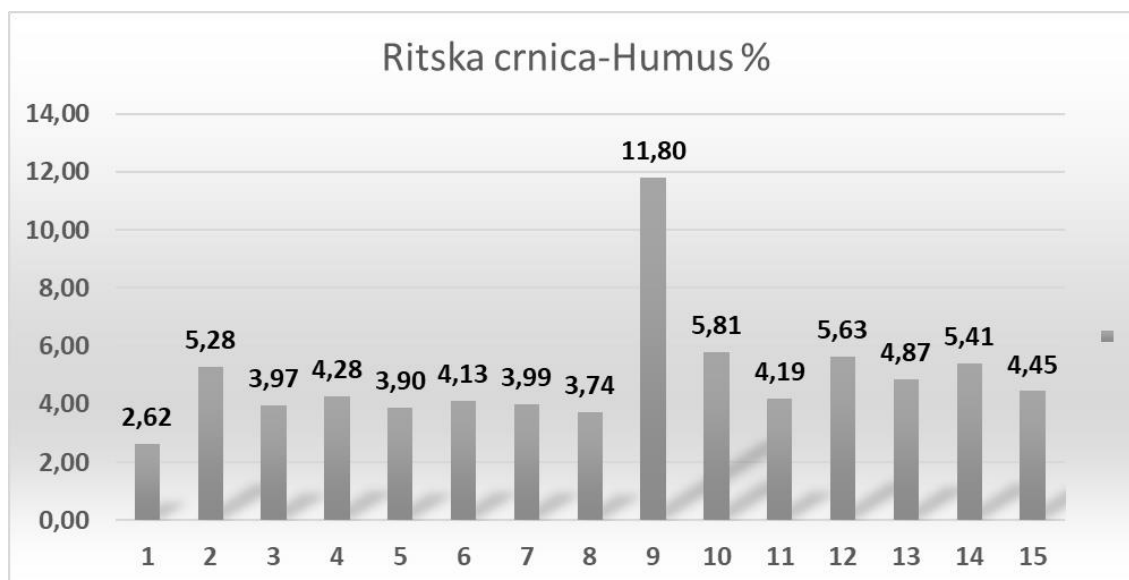
Grafikon 22. Aktualna i supstitucijska kiselost- ritska crnica



Grafikon 23. Klasifikacija pH reakcije ritske crnice

### 3.1.4.2. Opskrbljenost tla humusom – ritska crnica

Prosječan sadržaj humusa u uzorcima ritske crnice iznosi 4,63% što je prema graničnim vrijednostima prikazanim u tablici 2. dosta humozno tlo. Zebec i sur. (2017.) na svojim uzorcima ritske crnice utvrđuju prosječan sadržaj humusa od 4,94% što je također dosta humozno tlo na granici sa jako humoznim tlima. Najniža utvrđena vrijednost humusa na uzetim uzorcima (grafikon 24.) iznosi 2,62% što je vrlo slabo humozno tlo, a dok najviša iznosi čak 11,80% što je vrlo jako humozno tlo. Slične rezultate prikazuje Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) gdje utvrđuje kako ritska crnica u prosjeku sadrži 4,1% humusa, dok Martinović (2000.) prikazuje kako ritska crnica u prosjeku sadrži 4,0% humusa ako je tlo korišteno u poljodjelstvu, a ako je tlo korišteno u šumarstvu sadrži 5,9% humusa. Nadalje Škorić (1977.) na 80 uzoraka ritske crnice utvrđuje minimalnu vrijednost u iznosu od 0,4% humusa, a dok maksimalna vrijednost iznosi čak 11,4% humusa.

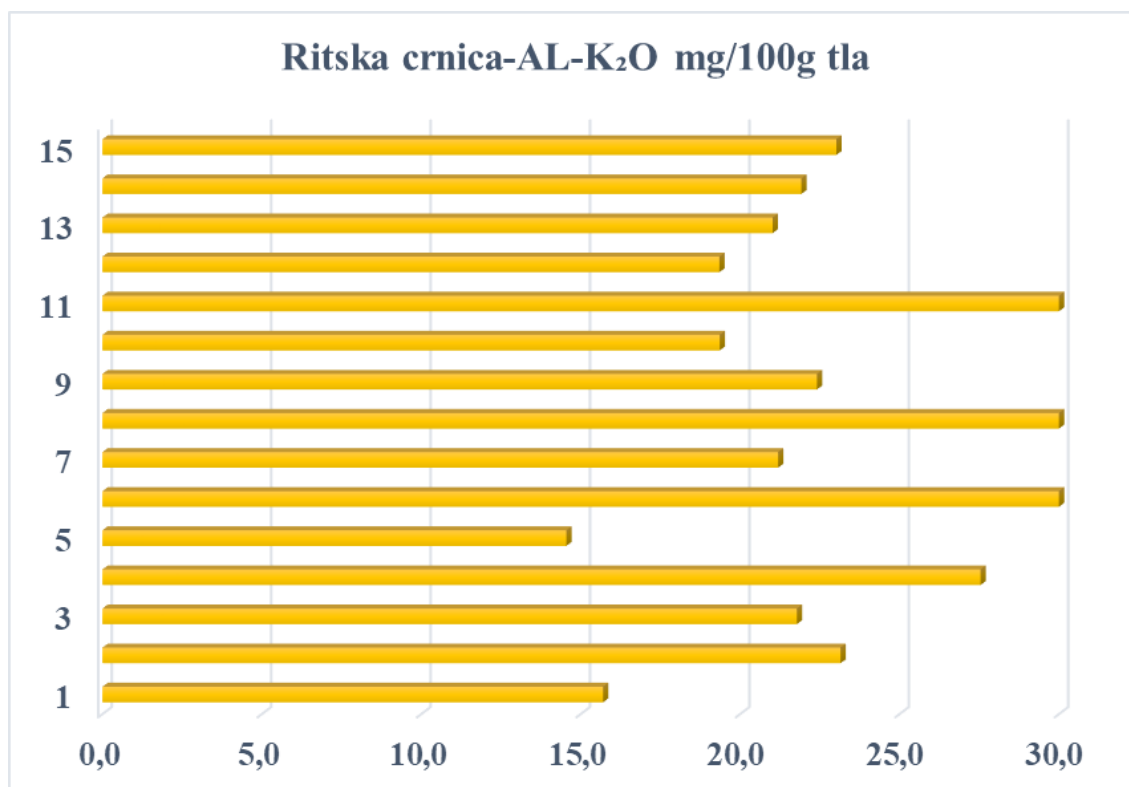


Grafikon 24. Udio humusa (%) u uzorcima ritske crnice

### 3.1.4.3. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem – ritska crnica

Fiziološki aktivni kalij (AL-K<sub>2</sub>O) istraživao na uzorcima ritske crnice (grafikon 25.) daje nam rezultate svoje prosječne vrijednosti od 23,5 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla što ga prema graničnim vrijednostima u tablici 5. svrstava u siromašno opskrbljena tla kalijem. Ako usporedimo rezultate koje su dobili Zebec i sur (2017.) na svojim uzorcima ritske crnice gdje prikazuju svoju prosječnu vrijednost od 18,2 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla što je također siromašna opskrbljenost. Najniža utvrđena vrijednost iznosi 14,6 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla što ga svrstava u jako siromašna

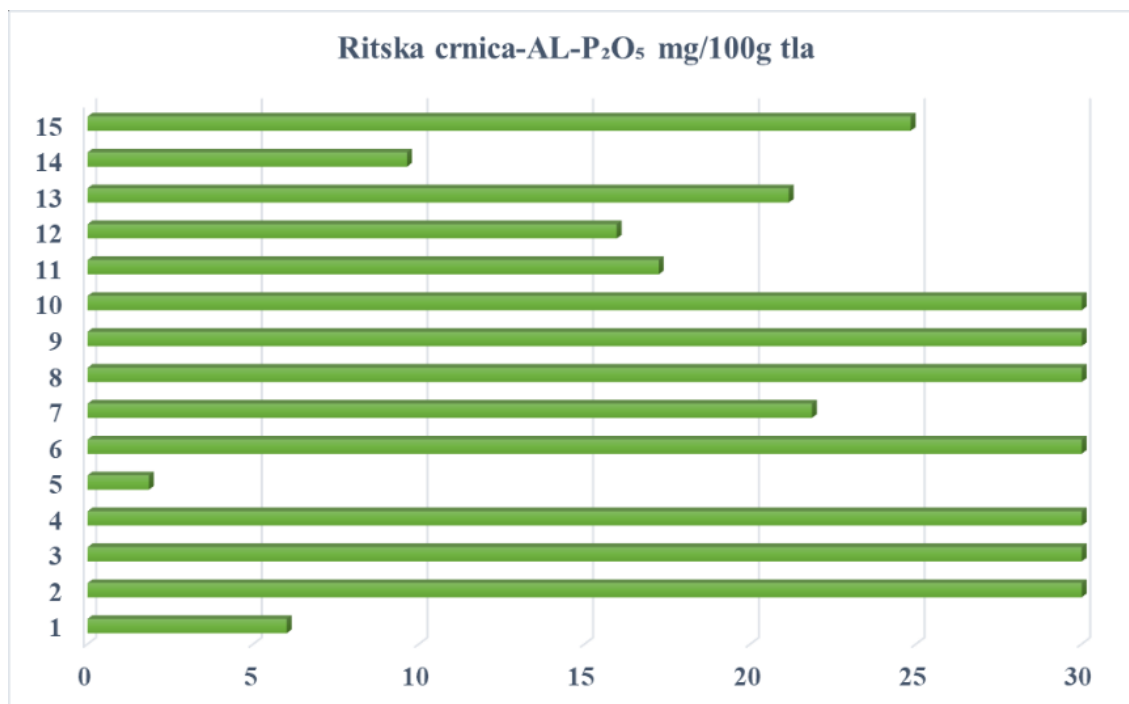
tla kalijem, a najviša vrijednost iznosi 35,9 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla što je dobro opskrbljeno tlo kalijem. Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) prikazuje kako ritska crnica u prosjeku sadrži 10,7 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla. Škorić (1977.) na 69 uzoraka ritske crnice utvrđuje minimalnu vrijednost u iznosu od 0,2 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla, a dok maksimalna vrijednost iznosi 40 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla.



Grafikon 25. Opskrbljenost uzoraka ritske crnice fiziološki aktivnim kalijem

#### 3.1.4.4. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom – ritska crnica

Rezultati opskrbe ritske crnice fiziološki aktivnim fosforom (grafikon 26.) pokazuju nam kako je najniža utvrđena vrijednost samo 1,85 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla što je prema graničnim vrijednostima prikazanim u tablici 5., uzimajući u obzir prosječnu pH vrijednost uzoraka u iznosu od 6,53, jako siromašno tlo fosforom. Najviša vrijednost iznosi 53,8 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla što je opet ekstremno visoka opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom. Srednja vrijednost u uzorcima ritske crnice iznosi 28,59 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla. Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) prikazuje kako u prosjeku ritska crnica sadrži 8,3 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla. Nadalje Škorić (1977.) na 70 uzoraka ritske crnice utvrđuje minimalnu vrijednost u iznosu od 0,0 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla, a dok maksimalna vrijednost iznosi 40,0 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla.



Grafikon 26. Opskrbljenost uzoraka ritske crnice fiziološki aktivnim fosforom

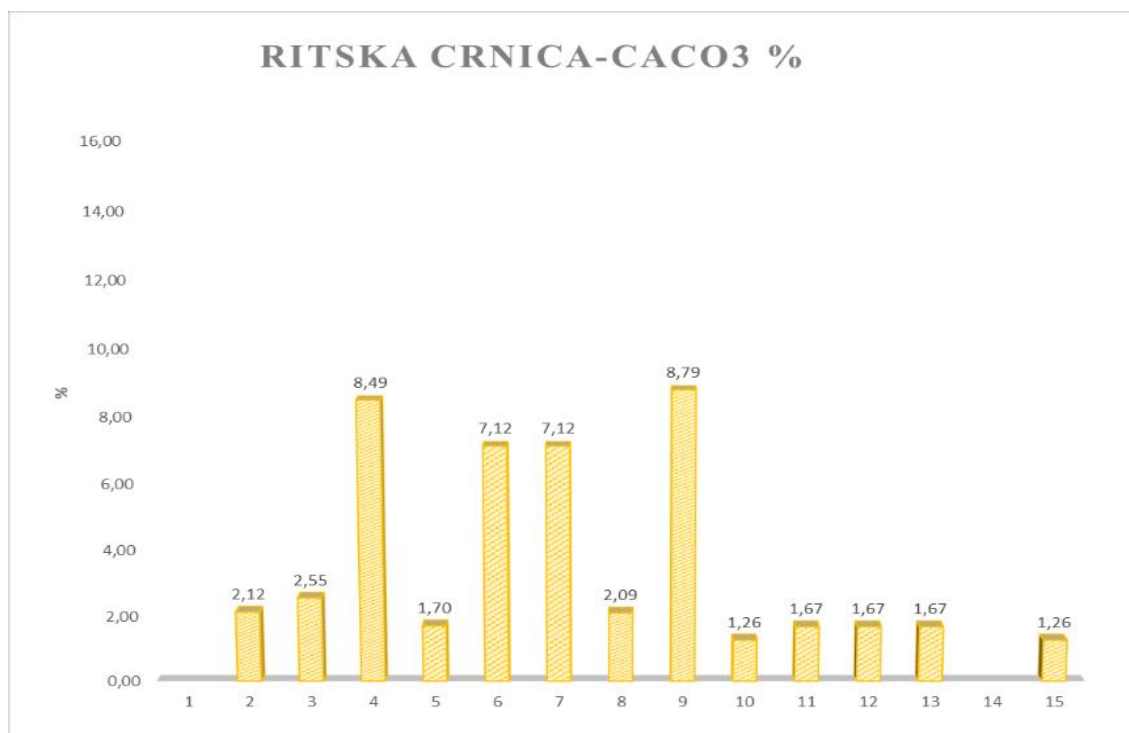
#### 3.1.4.5. Opskrbljenost tla karbonatima – ritska crnica

Zebeć i sur. (2017.) su na svojim uzorcima ritske crnice utvrdili prosječan sadržaj karbonata u iznosu od 5,28% što je slabo karbonatna vrijednost. Istraživani uzorci ritske crnice sadrže karbonate u iznosu od 3,65% što je također slabo karbonatno. Najniža vrijednost prikaza na grafikonu 27. iznosi 1,26% što je slabo karbonatno, dok najviša iznosi čak 8,79% što je srednje karbonatno tlo. Martinović (1997.) prema Škoriću (1977.) utvrđuje kako ritska crnica u prosjeku sadrži 7,4% karbonata. Nadalje Škorić (1977) na 35 uzoraka ritske crnice utvrđuje minimalnu vrijednost u iznosu od 1,7%, a dok maksimalna vrijednost iznosi 32,7%.

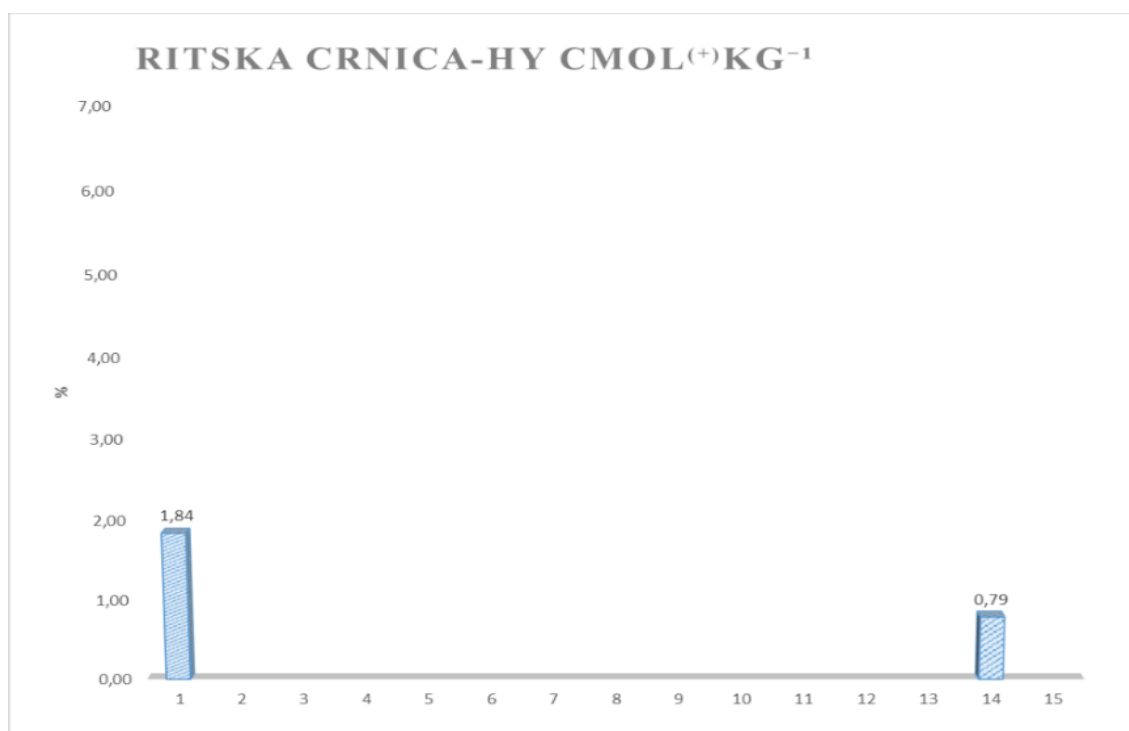
#### 3.1.4.6. Hidrolitička kiselost – ritska crnica

Na uzorcima ritske crnice istraživane za hidrolitičku kiselost (grafikon 28.) samo 2 uzorka od ukupnih 15 pokazuju vrijednosti hidrolitičke kiselosti. Najviša vrijednost iznosi 1,84 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, a najniža izmjerena 0,79 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Prosječna vrijednost hidrolitičke kiselosti na istraživanim uzorcima iznosi 1,32 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Nadalje Škorić (1977.) utvrđuje na 6 uzoraka ritske crnice minimalnu vrijednost hidrolitičke kiselosti u iznosu od 9,5 cmol (+)

kg<sup>-1</sup>, a dok maksimalna vrijednost iznosi 18,4 cmol (+) kg<sup>-1</sup> . Prosječna vrijednost hidrolitičke kiselosti iznosi 15,5 cmol (+) kg<sup>-1</sup>.



Grafikon 27. Opskrbljenost uzoraka ritske crnice karbonatima

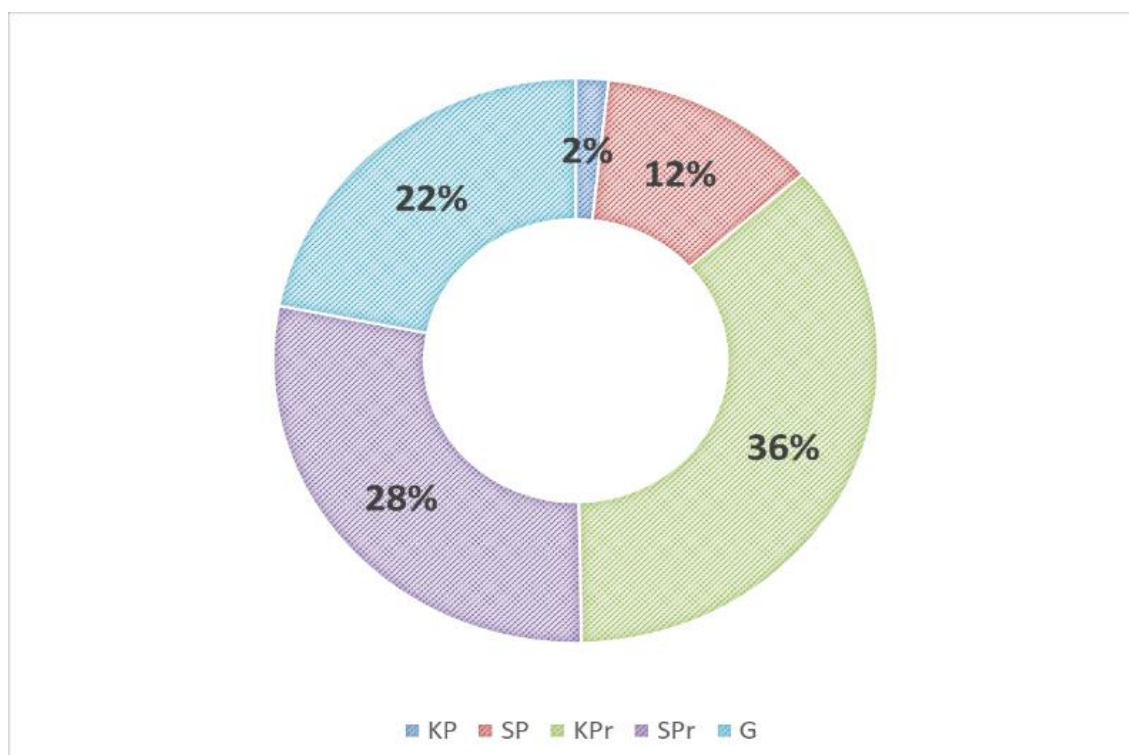


Grafikon 28. Hidrolitička kiselost uzoraka ritske crnice

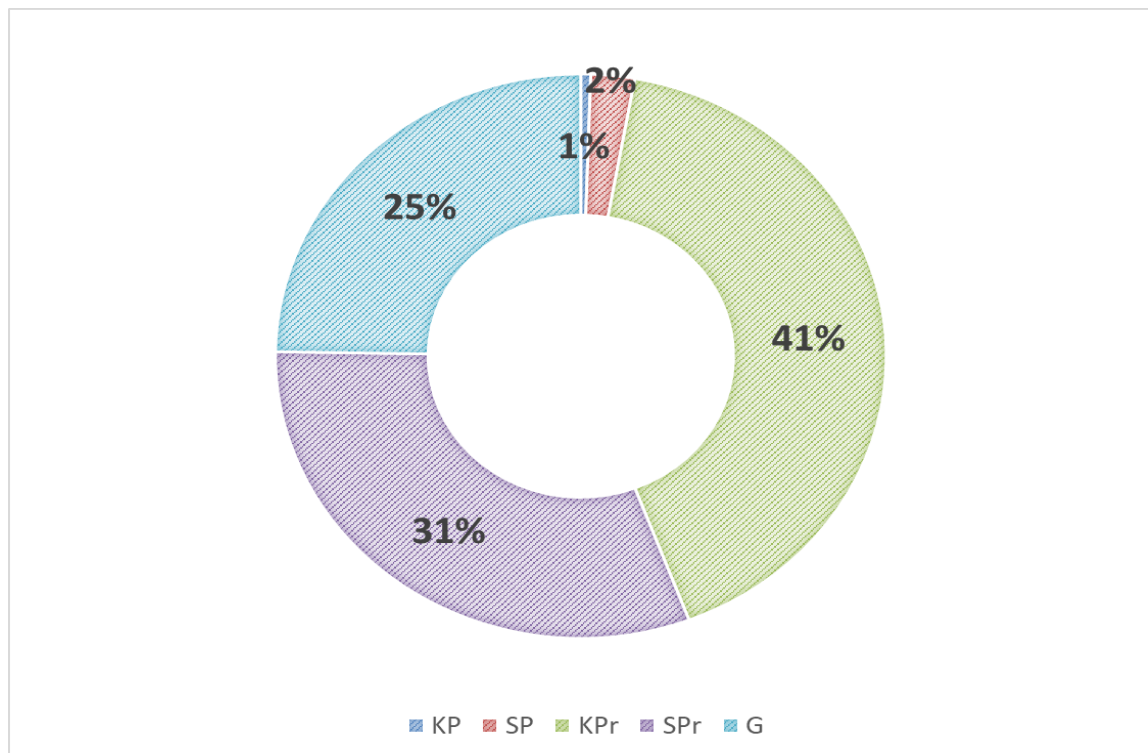
## 3.2. Fizikalna svojstva tla

### 3.2.1. Granulometrijski sastav – eutrično smeđe tlo

Na provedenom istraživanju utvrđeno je kako u prosjeku svi uzorci (grafikon 29.) imaju 2% krupnog pijeska, 12% sitnog pijeska, 22% gline, 28% sitnog praha, te 36% krupnog praha. Zebec i sur. (2017.) koji su proveli istraživanje na tipovima aluvijalno tlo, lesivirano tlo te ritska crnica utvrdili su kako prosječni granulometrijski sastav tih uzoraka iznosi: 33,9% krupni prah, 29,74% sitni prah, 20,42% glina, 13,55% sitni pijesak i 2,29% sitni pijesak.



Grafikon 29. Prosječan granulometrijski sastav svih istraživanih uzoraka tla



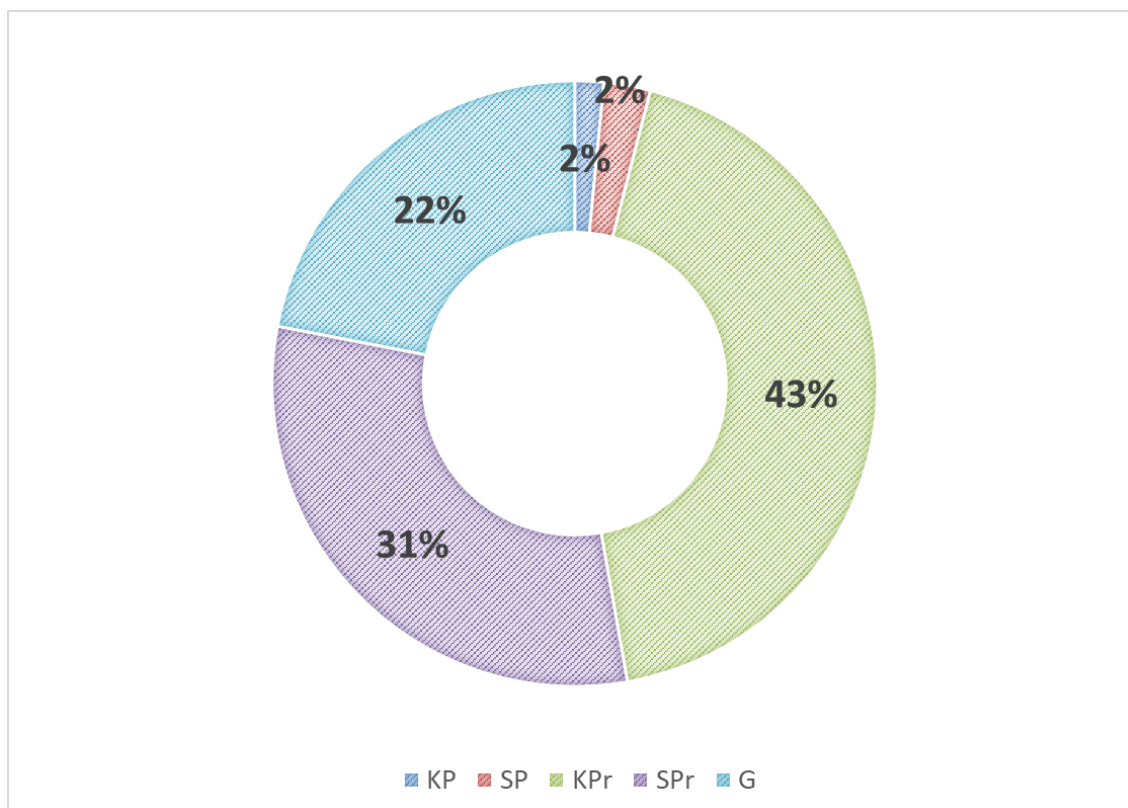
Grafikon 30. Prosječan granulometrijski sastav istraživanih uzoraka eutrično smeđeg tla

Uzorci granulometrijskog sastava eutrično smeđeg tla (grafikon 30.) prikazuju kako samo 1% u svom sastavu imaju krupnog pijeska, a 2% sitnog pijeska. U svom sastavu imaju još u prosjeku 25% gline, 31% sitnog praha, te 41% krupnog praha što je prikazano na grafikonu 30. Martinović (1997.) utvrđuje prosječan granulometrijski sastav na uzorcima eutrično smeđeg tla na pijesku u sastavu od 31% pijeska, 28% praha, te gline čak 41% na dubini 5-30 cm. Također isti autor, ali na drugoj lokaciji utvrđuje granulometrijski sastav u iznosu od 48% pijeska, 31% praha, te čak 21% gline na dubini tla 0-14 cm. Nadalje Martinović (2000.) u prikazuje kako uzeti uzorci eutrično smeđeg tla sadrže 22,4% gline, te 31,5% praha. Slične rezultate prikazuje Škorić (1977.) gdje utvrđuje na 18 uzoraka eutrično smeđeg tla minimalnu vrijednost gline u iznosu od 6,3% dok maksimalna vrijednost iznosi čak 48,6, a srednja vrijednost gline iznosi 23,2%

### 3.2.2. Granulometrijski sastav - lesivirano tlo

Zebeć i sur. (2017.) u svom istraživanju granulometrijskog sastava lesiviranog tla dobili su rezultate: 40,47% krupni prah, 32,62% sitni prah, 19,22% glina, 5,19% sitni pijesak i 2,51% krupni pijesak. Istraživani uzorci lesiviranog tla prikazuju prosječan granulometrijski sastav

u iznosu od (grafikon 31.) su kako u prosjeku sadrže po 2% krupnog i sitnog pijeska. U sastavu također imaju 22% gline, 31% sitnog praha, te 43% krupnog praha. Martinović (1997.) na svojim uzorcima lesiviranog tla utvrđuje prosječan granulometrijski sastav u iznosu od 42% pijeska, 42% praha, te 16% gline na dubini tla 10-35 cm, dok Martinović (2000.) prikazuje kako lesivirano tlo u prosjeku sadrži 19,5% gline, te 31,3% praha. Nadalje Škorić (1977.) utvrđuje na 8 uzoraka lesiviranog tla prosječnu vrijednost gline u iznosu od 20,01%, dok minimalna vrijednost iznosi 11,0%, a maksimalna 22,8%.



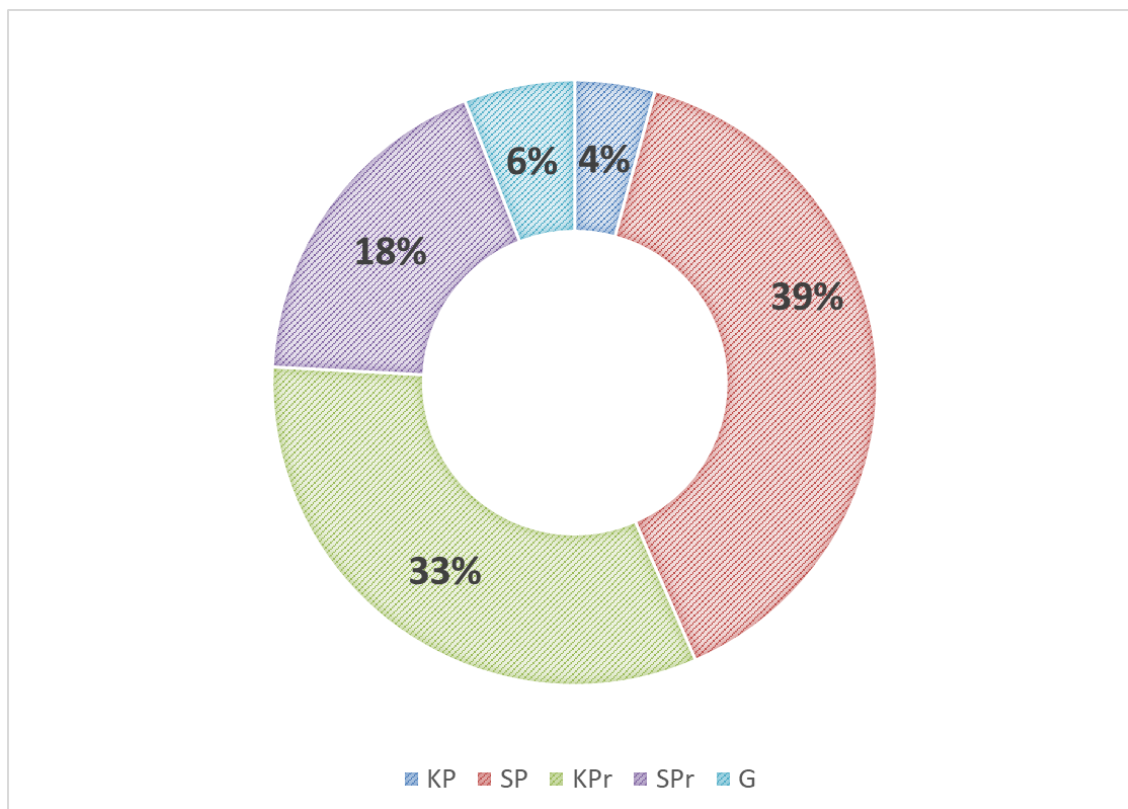
Grafikon 31. Prosječan granulometrijski sastav istraživanih uzoraka lesiviranog tla

### 3.2.3. Granulometrijski sastav – aluvijalno tlo

Na uzorcima aluvijalnog tla istraživanim za granulometrijski sastav (grafikon 32.) utvrđeno je kako 4% imamo krupnog pijeska, te 6% gline. Nakon toga slijedi sitni prah kojeg ima 18%, 33% krupnog praha, te 39% sitnog pijeska. Zebec i sur. (2017.) na svojim uzorcima aluvijalnog tla utvrdili su granulometrijski sastav u vrijednostima od: krupni pijesak 3,77%, sitni pijesak 32,37%, krupni prah 33,71%, sitni prah 23,02% i glina 7,14%. Martinović (2000.) prikazuje kako aluvijalno tlo u prosjeku sadrži 17,7% gline i 27,1% praha. Škorić (1977.) na 54 uzorka aluvijalnog tla utvrđuje minimalnu vrijednost gline u iznosu od 6,3%,



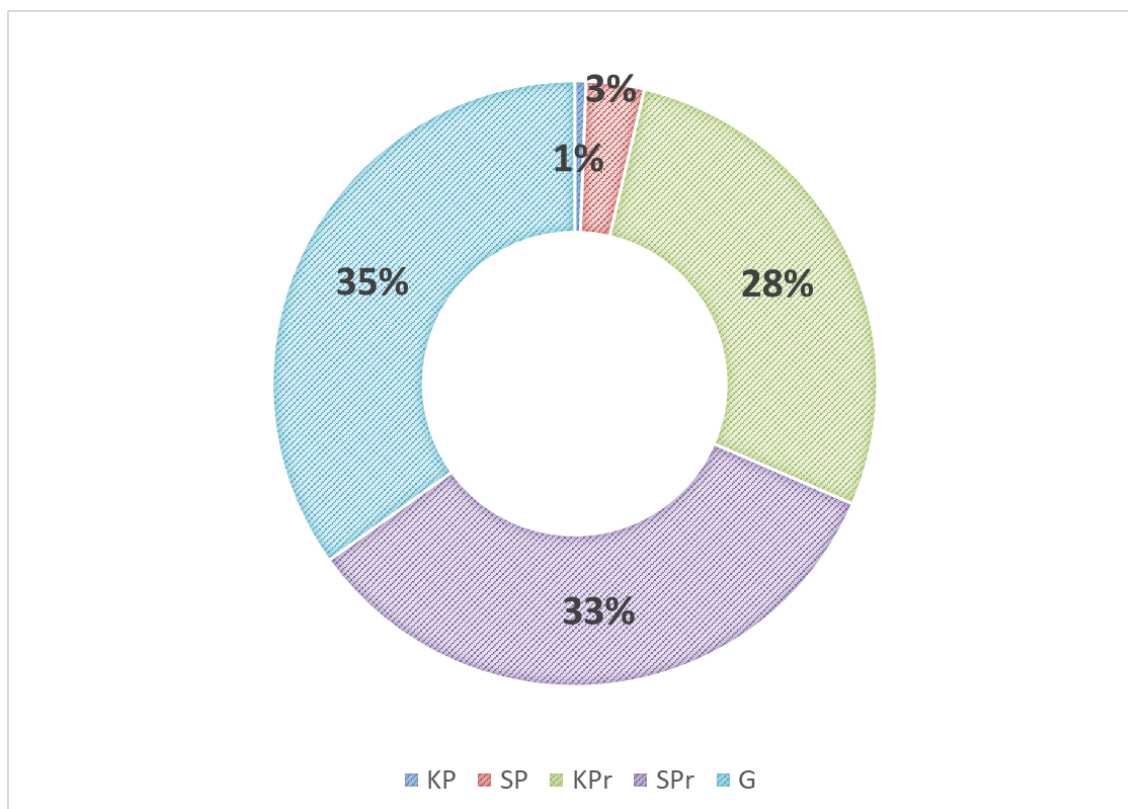
dok maksimalna vrijednost iznosi 48,6%, a srednja ili prosječna vrijednost 23,2%. Znajući kako će kasnije veličina strukturnih agregata utjecati na vrijednost KIK-a možemo odmah pretpostaviti da će aluvijalno tlo imati nešto niže vrijednosti upravo zbog sitnog pijeska koji umanjuje te vrijednosti.



Grafikon 32. Prosječan granulometrijski sastav istraživanih uzoraka aluvijalnog tla

#### 3.2.4. Granulometrijski sastav – ritska crnica

Prosječan granulometrijski sastav istraživanih uzoraka ritske crnice (grafikon 33.) pokazuje rezultate u iznosu od 1% krupnog pijeska, 3% sitnog pijeska, 28% krupnog praha, 33% sitnog praha, te čak 35% gline. Martinović (2000.) prikazuje kako ritska crnica u prosjeku sadrži 40,3% gline ako je tlo korišteno u poljodjelstvu, a ako je korišteno u šumarstvu 33,1%, dok praha 34% ako je korišteno u poljodjelstvu, a 33,2% u šumarstvu. Nadalje Škorić (1977.) na 99 uzoraka ritske crnice prikazuje prosječan sadržaj gline u iznosu od 38,5%, dok minimalna vrijednost iznosi 19,1%, a maksimalna čak 71,1% gline.



Grafikon 33. Prosječan granulometrijski sastav istraživanih uzoraka ritske crnice

### 3.3. Kationski izmjenjivački kapacitet

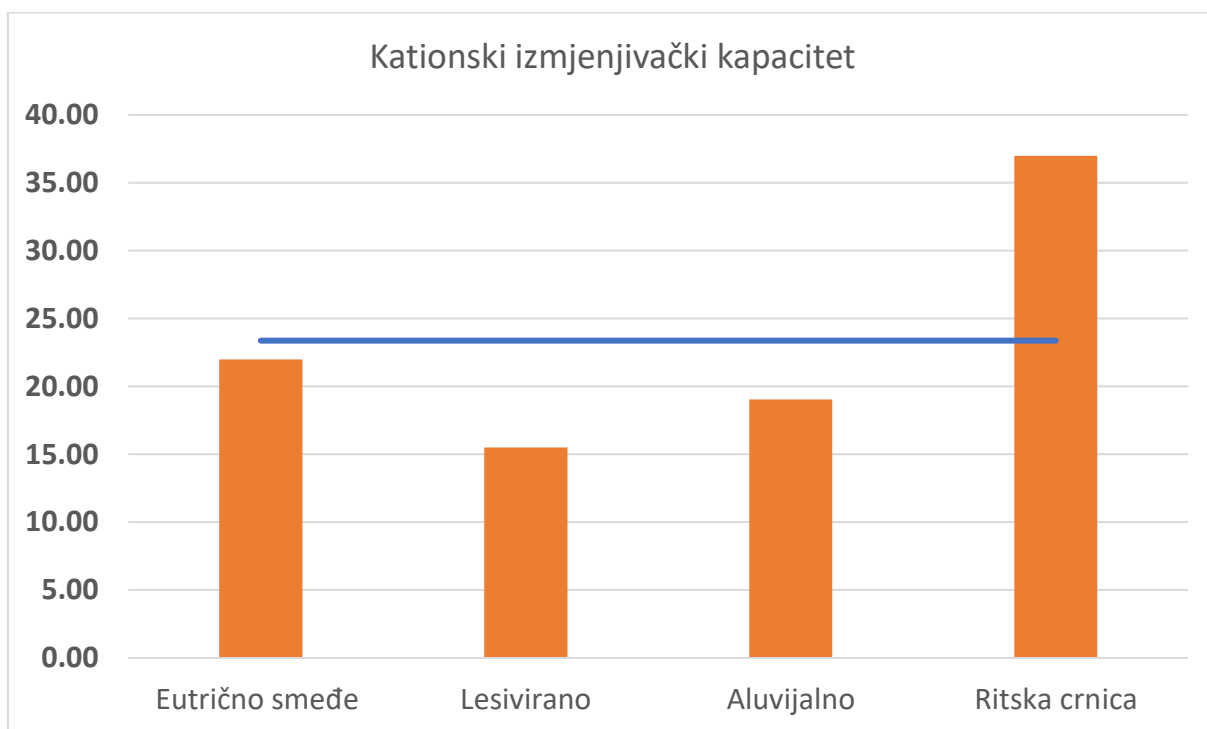
Najniže vrijednosti KIK-a zabilježene su na uzorcima lesiviranog tla i iznose 7,23 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, dok su najviše vrijednosti zabilježene na uzorcima ritske crnice i iznosili su čak 55,87 cmol (+) kg<sup>-1</sup> što je izrazito visoko.

Aprile i Lorandi (2011.) u svom istraživanju navode kako visoke vrijednosti KIK-a mogu ukazivat na visok sadržaj gline, malu propusnost i dobru dreniranost tla. Dok niske vrijednosti upućuju na tla teksturno glinasto-pjeskovita do pjeskovita, te takva tla imaju izrazito veliku propusnost. Također autori navode kako kod tala s niskim vrijednostima KIK-a možemo imati problema kod prevelike količine oborinske vode gdje može doći do ispiranja onih kationa koji se nalaze u slobodnoj formi unutar gornjeg horizonta. Samim time takva hranjiva odlaze izvan dohvata korijena biljke i postaju nepristupačna.

Skinner i sur. (2001.) navode kako tla s većim udjelom KIK-a imaju boju od tamno smeđe do crne zbog visokog sadržaja lignina unutar organske tvari, ali da to ne mora biti mjerilo plodnosti nekog tla. U svom istraživanju Tomašić i sur. navode kako su najniže vrijednosti

KIK-a zabilježili na tlima koja imaju nisku pH vrijednost, a obrnuto proporcionalno pH vrijednosti je povećana hidrolitska kiselost tla. Takav slučaj je kod nas na lesiviranom tlu koji upravo i bilježi najmanju pH vrijednost od 3,69 što je jako kiselo, a iznos maksimalne hidrolitske kiselosti uopće izmjerene na uzorcima je 6,04 cmol (+) kg<sup>-1</sup>.

Na grafikonu 34. prikazane su prosječne vrijednosti KIK-a za svaki tip tla, te usporedba sa prosječnim KIK-om od svih tipova tala. Možemo zaključiti kako ritska crnica ima najviši KIK koji u prosjeku iznosi 36,98 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, dok lesivirano tlo ima najniži prosječan KIK u iznosu od 14,16 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Prosječna vrijednost KIK-a za eutrično smeđe tlo iznosi 23,58 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, dok za aluvijalno tlo iznosi 21,03 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Prosječna vrijednost KIK-a za sve tipove tala iznosi 23,93 cmol (+) kg<sup>-1</sup> gdje se može zaključiti da samo ritska crnica ima u prosjeku veću vrijednost od svih uzoraka, čemu je dokaz i minimalna izmjerena vrijednost KIK-a na ritskoj crnici u vrijednosti od 27,55 cmol (+) kg<sup>-1</sup>.



Grafikon 34. Prosječne vrijednosti KIK-a ovisno o tipu tla

### 3.3.1. Kationski izmjenjivački kapacitet tla – eutrično smeđe tlo

Rezultati prikazani na grafikonu 35. pokazuju nam kako je minimalna vrijednost kationskog izmjenjivačkog kapaciteta na uzorcima eutrično smeđeg tla 11,38 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, a dok maksimalna vrijednost iznosi 39,19 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Prosječna vrijednost na uzorcima eutrično smeđeg tla iznosi 23,58 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Tomašić i sur. (2010.) utvrđuju prosječan KIK za

svoje uzorke eutrično smeđeg tla u vrijednosti od 13,8 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Eutrično smeđe tlo ima drugi po redu najveći u prosjeku KIK što je i opravdano gledajući ostale parametre koji utječu upravo na vrijednost KIK-a. Eutrično smeđe tlo uz pH vrijednost u prosjeku od 6,35 mjerene u KCl-u, te prosječne vrijednosti humusa od 2,57% ima zadovoljavajući i KIK. Također uz granulometrijski sastav od čak 25% gline koja ima izrazito velik utjecaj na KIK, ovakvi rezultati su bili i očekivani.

### *3.3.2. Kationski izmjenjivački kapacitet tla – lesivirano tlo*

Minimalna vrijednost KIK-a na uzorcima lesiviranog tla, prikazanim na grafikonu 36., iznosi 7,23 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, a dok maksimalna vrijednost iznosi 27,02 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Prosječna vrijednost KIK-a mjerena na uzorcima lesiviranog tla iznosi cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Upravo uzorci lesiviranog tla pokazali su najnižu izmjerenu vrijednost KIK-a i to 7,23 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Povoljan granulometrijski sastav od 43% krupnog praha, 31% sirnog praha, te 22% gline koja ima velik utjecaj na KIK, ne mogu zamijeniti negativan utjecaj niske pH vrijednosti koja je izmjerena na uzorcima lesiviranog tla. Upravo takva niska pH vrijednost uz povećano hidrolitsku kiselost doveli su do ovakvih rezultata. Najniže vrijednosti karbonata su izmjerene na lesiviranom tlu koje su u prosjeku iznosile 1,89%. Tomašić i sur. (2010.) utvrđuju kako najniže vrijednosti CaCO<sub>3</sub> u tlu su bile povezane upravo s najnižim pH vrijednostima na tom tlu, što je i kod nas slučaj. Vukadinović i Vukadinović (2016.) navode kao moguće mjere poboljšanja ovakvog stanja povoljne agrotehničke mjere, a prvenstveno se pod time smatra duboko oranje kako bi se popravili vodo-zračni odnosi, pomiješali horizonti te tako dio glinenih čestica (uključujući Ca i Mg) podignuli i gornje slojeve tla te tako donekle smanjili kiselost ovakvog tla.

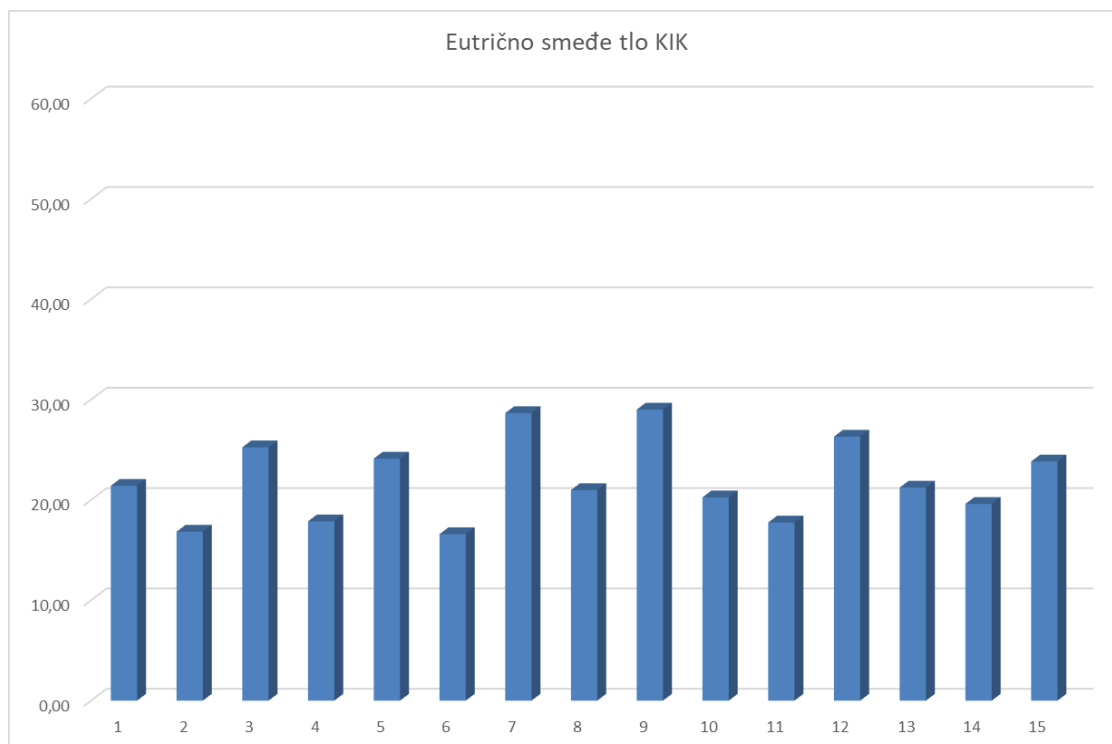
### *3.3.3. Kationski izmjenjivački kapacitet tla - aluvijalno tlo*

Na uzorcima aluvijalnog tla utvrđena je minimalna vrijednost KIK-a (grafikon 37.) u iznosu od 14,12 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, a dok suprotno tome maksimalna iznosi 29,10 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Prosječna vrijednost KIK-a na uzorcima aluvijalnog tla iznosi 21,03 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Tomašić i sur. (2010.) na svojim uzorcima aluvijalnog tla utvrđuju prosječan KIK u vrijednosti od 11,5 cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Na uzorcima aluvijalnog tla KIK je u skladu i s ostalim kemijskim i fizikalnim značajkama tla. Povišena količina karbonata je povezana i s prosječnom pH vrijednosti, koja je najviša od svih uzoraka, u iznosu od 7,44 mjereno u KCL-u. Količina humusa u iznosu od

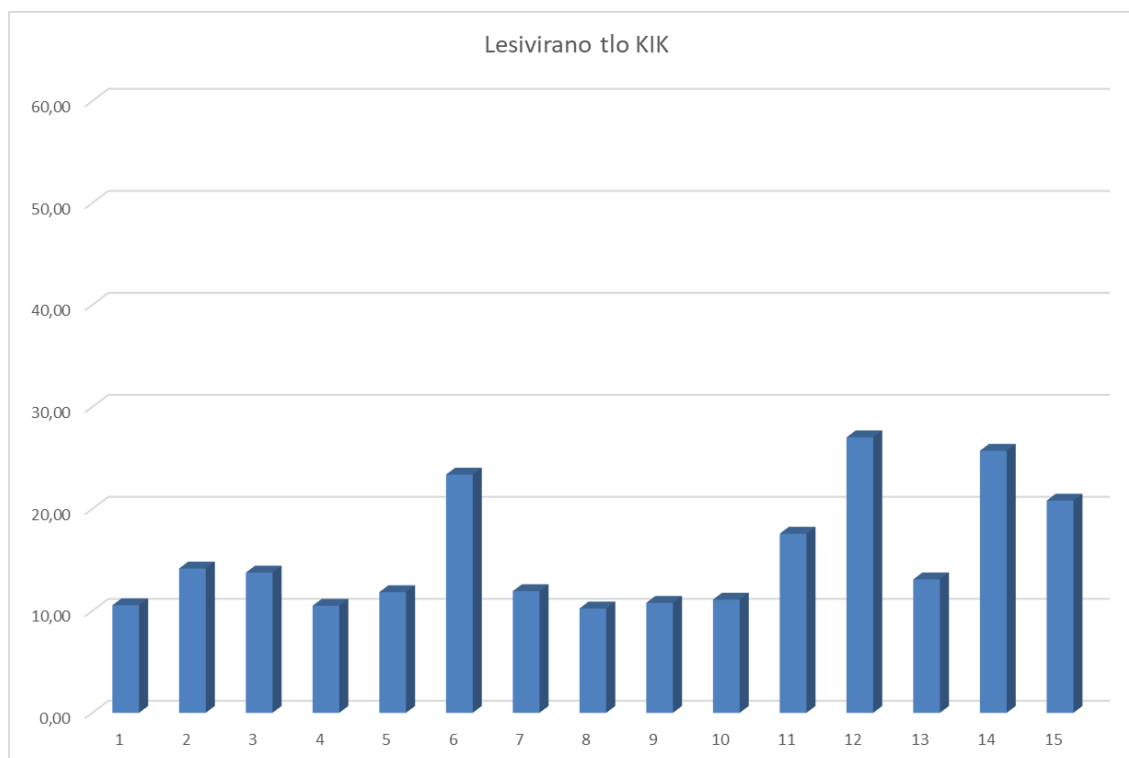
2,43% također pogoduje vrijednosti KIK-a. Stoga se može reći kako na uzorcima aluvijalnog tla imamo zadovoljavajuće vrijednosti KIK-a, ali pronalazimo izrazito niske vrijednosti  $K_2O$  što su u istraživanju Cieselski i Sterckeman (1997.) objasnili kao razlog jer kalij pri pH vrijednostima do 6,5 okupira najfinije čestice gline, a s povećanjem pH smanjuje se i njegova vrijednost zbog jačeg privlačenja magnezija na koloide tla, te se kao takav kalij lako ispere iz tla.

#### *3.3.4. Kationski izmjenjivački kapacitet tla – ritska crnica*

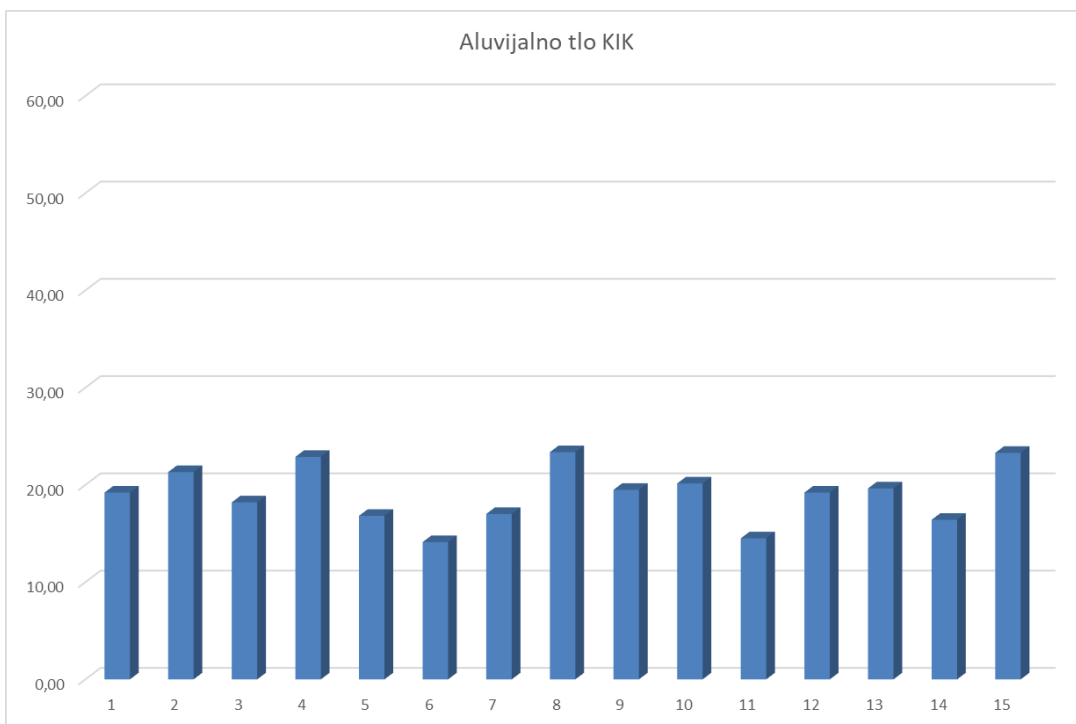
Istraživanje provedeno na uzorcima ritske crnice za KIK (grafikon 38.) dali su minimalne vrijednosti u iznosu od  $cmol (+) kg^{-1}$ , a dok maksimalne vrijednosti iznose  $55,87 cmol (+) kg^{-1}$ . Prosječna vrijednost KIK-a na uzorcima ritske crnice iznosi  $36,98 cmol (+) kg^{-1}$ . Ritska crnica je pokazala u prosjeku najkvalitetnije rezultate od svih ostalih tala. Prosječna pH vrijednost tla je 6,42 mjerena u KCl-u što je za veliki broj kultura idealna kiselost za uzgoj. Prosječna količina humusa, tj. organske tvari je visokih 4,94% jer se uzima da je prosjek svih tala u Hrvatskoj otprilike 4%. Granulometrijski sastav ritske crnice također ide u prilog vrijednostima KIK-a jer od svih čestica u sastavu ima najviše gline (35%) što upravo i pogoduje najvećoj izmjerenoj vrijednosti KIK-a i to čak od  $55,87 cmol (+) kg^{-1}$ . Najbolji uzorak od svih, po svim parametrima je upravo uzet sa ritske crnice. Supstitucijska kiselost iznosila je 7,23 (alkalno), fiziološki aktivan fosfor  $51,57 mg P_2O_5/100g$  tla, fiziološki aktivan kalij  $22,41 mg K_2O/100g$  tla, te humusa čak 11,8% (vrlo jako huzmozno).



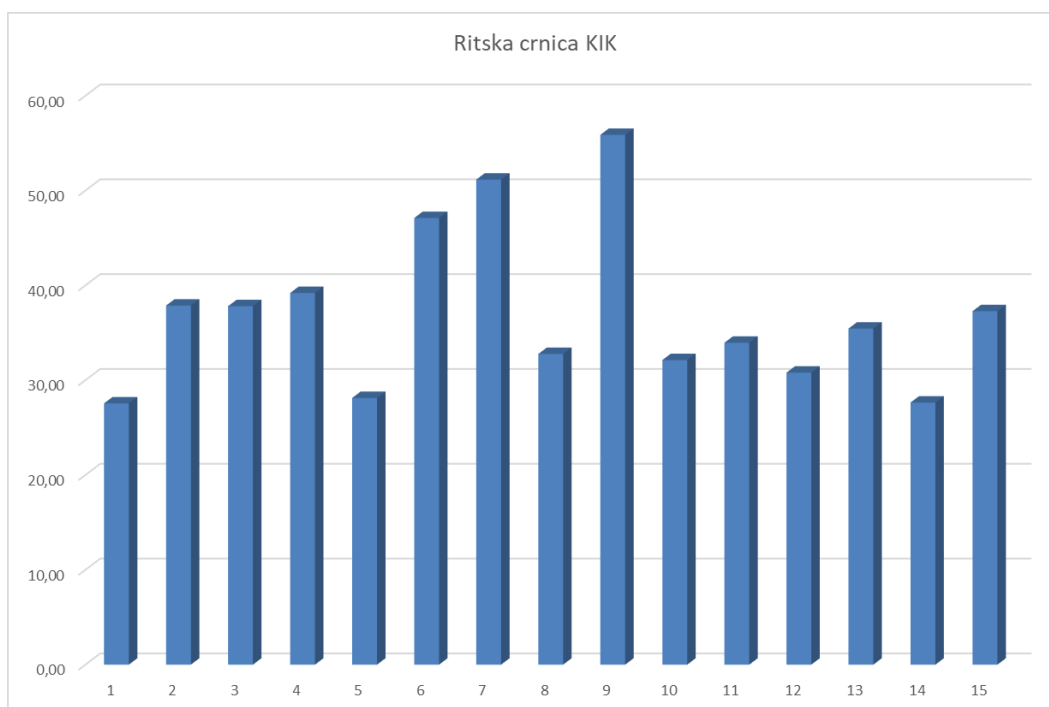
Grafikon 35. Kationski izmjenjivački kapacitet uzoraka eutrično smeđeg tla



Grafikon 36. Kationski izmjenjivački kapacitet uzoraka lesiviranog tla



Grafikon 37. Kationski izmjenjivački kapacitet uzoraka aluvijalnog tla



Grafikon 38. Kationski izmjenjivački kapacitet uzoraka ritske crnice

## 4. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja i utvrđenih rezultata može se zaključiti:

1. Agrokemijska i agrofizikalna svojstva unutar pojedinih pedosistematskih jedinica su bila izrazito heterogena sa širokim rasponom vrijednosti po svim svojstvima.
2. Prosječne utvrđene vrijednosti KIK-a kretale su se od 15,50 do 36,398 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, sadržaj humusa od 1,97 do 4,94 %, supstitucijska kiselost od 4,22 do 7,48 pH jedinica a sadržaj čestica gline od 7,14 do 34,92%
3. Vrijednosti KIK-a ovise o tipu tla, odnosno o fizikalno kemijskim svojstvima tla
4. Intenziviranjem poljoprivrede KIK bi trebao postati važna analitička metoda u kontroli plodnosti tla kao i u monitoringu stanja poljoprivrednog zemljišta



## 5. LITERATURA

1. Aprile, F., Lorandi, R. (2012.), Evaluation of Cation Exchange Capacity (CEC) in Tropical Soils Using Four Different Analytical Methods, Journal of Agricultural Science, Brazil
2. Ciesielski, H., Sterckeman T. (1997.), A comparison between three methods for the determination of cation exchange capacity and exchangeable cations in soils, Agronomie, EDP Sciences
3. Husnjak, S., Halamić, J., Šorša, A., Rubinić, V., (2010.), Pedološke, geološke i geokemijske značajke lokacija uključenih u projekt geokemijskog kartiranja poljoprivrednog zemljišta i pašnjaka u Republici Hrvatskoj, Izvorni znanstveni članak, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju, Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Zagreb, 173-190
4. Japundžić-Palenkić, B. (2016.), doktorska disertacija, Usporedba metoda određivanja kationskog izmjenjivačkog kapaciteta tala istočne hrvatske, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Osijek
5. Ketterings, Q., Reid, S., Rao R. (2007.), Cation Exchange Capacity (CEC), Nutrient Management Spear Program, Cornell Nutrient Analysis Laboratory, Cornell Universtiy Cooperative Extension
6. Lončarić (2005.) 'Agrokemija', Praktikum za studente, Poljoprivredni fakultet , Osijek.
7. Martinović, J. (1997.), Tloznantsvo u zaštiti okoliša, Priručnik za inženjere, Državna uprava za zaštitu okoliš, Zagreb, 288
8. Martinović, J. (2000.), Tla u Hrvatskoj, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb, 269
9. Meier, L., Kahr, G. (199.), Determination of the cation exchange capacity (CEC) of clay minerals using the complexes of copper ion with triethylenertamine and tetrathxlenepentamine, Department of Materials, Institute of Polymers, ETH, CH-8092 Zurich, Switzerland, Laboratory for Clay Mineralogy IGT, ETH, CH-8093 Zurich, Switzerland

10. Mutavdžić Pavlović, D. (2014.), *Kemijski i biokemijski procesi u tlu i sedimentu*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Diplomski studij Primijenjena kemija, Zagreb, 32
11. Ross, D.S., Ketterings, Q. (2011.), *Recommended Methods for Determining Soil Cation Exchange Capacity, Recommended Soil Testing Procedures for the Northeastern United States*
12. Skinner, M.F., Zabowski, D., Harrison, R., Lowe, A., Xue, D., (2001.), *Measuring the cation exchange capacity of forest soils*, New Zealand Forest Research Institute, Private Bag 3020, Rotorua, New Zealand, College of Forest Resources, Box 352100, University of Washington, Seattle, WA 98195
13. Sumner, M.E., Miller, W.P. (1996.), *Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients*, University of Georgia, Athens, Georgia
14. Škorić, A., i sur. (1977.), *Tla Slavonije i Baranje, Projektni savjet pedološke karte S.R. Hrvatske*, Izdavački zavod Jugoslavenske akademije Zagreb, Gundulićeva 24, 256
15. Škorić (1982.) *'Priručnik za pedološka istraživanja'*, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb
16. Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić M., (1985.), *Klasifikacija tala Jugoslavije, Posebna izdanja, knjiga 13, Akademija nauka i umjetnost BiH, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka*, Sarajevo
17. Škorić, A. (1986.), *Postanak, razvoj i sistematika tla*, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
18. Škorić (1991.) *'Sastav i svojstva tla; Pedološko i biljnoekološko značenje'*, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.
19. Tomašič, M., Zgorelec, T., Jurišić, A., Kisić, I. (2010.), *Cation Exchange Capacity of Dominant Soil Types in the Republic of Croatia*, University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department of General Agronomy, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia
20. Vukadinović i Bertić (1998.) *'Prktikum iz agrokemije i ishrane bilja'*, Poljoprivredni fakultet, Osijek.

21. Vukadinović i Vukadinović (2011.) 'Ishrana bilja', Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
22. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2016.), Tlo, gnojidba i prinosi, Što uspješan poljoprivrednik mora znati o tlu, usjevima, gnojidbi i tvorbi prinosa, Osijek, 282
23. Zebec, V., Semialjac, Z., Marković, M., Tadić, V., Radić, D., Rastija, D. (2006.) Utjecaj fizikalnih i kemijskih svojstava različitih tipova tla na optimalno stanje vlažnosti za obradu, Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Poljoprivredni institut Osijek,