ADSORPCIJSKI KOMPLEKS U TLIMA ISTOČNE SLAVONIJE

Čolik, Barbara

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josip Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:092927

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

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

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Barbara Čolik, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

ADSORPCIJSKI KOMPLEKS U TLIMA ISTOČNE SLAVONIJE

Diplomski rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Barbara Čolik, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

ADSORPCIJSKI KOMPLEKS U TLIMA ISTOČNE SLAVONIJE

Diplomski rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Barbara Čolik, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

ADSORPCIJSKI KOMPLEKS U TLIMA ISTOČNE SLAVONIJE

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. izv. prof. dr. sc. Irena Jug, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović, mentor
3. doc. dr. sc. Boris Đurđević, član
4. prof. dr. sc. Bojan Stipešević, zamjenski član

Osijek, 2017.

SADRŽAJ

1 UVOD…….. 1

2 PREGLED LITERATURE…….. 2

2.1. Kationski izmjenjivački kapacitet……. 2

2.2. Tla Istočne Slavonije…… 9

2.2.1. Sirozem (Regosol)……. 9

2.2.2. Černozem…… 11

2.2.3. Lesivirano tlo……. 14

2.2.4. Rigolano tlo (Rigosol)…….. 18

2.2.5. Pseudoglej……. 20

3. MATERIJAL I METODE…… 24

3.1. Određivanje teksture tla…… 24

3.2. Određivanje reakcije tla……. 25

3.3. Određivanje hidrolitičke kiselosti……. 27

3.4. Određivanje sadržaja humusa u tlu bikromatnom metodom……. 28

3.5. Određivanje kapaciteta adsorpcije kationa (KIK)……. 29

4. REZULTATI…… 30

5. RASPRAVA…… 34

6. ZAKLJUČAK……. 38

7. POPIS LITERATURE…… 39

8. SAŽETAK……. 42

9. SUMMARY…… 43

10. POPIS TABLICA…… 44

11. POPIS SLIKA……. 45

12. POPIS GRAFIKONA…….. 46

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

1. UVOD

Tlo je dinamično prirodno tijelo smješteno na granici između atmosfere, biosfere, hidrosfere i geosfere. Prema Arnoldu (2006.) tlo je, kako ga danas shvaćamo, koncept ljudskog uma, stvoren sa svrhom iznalaženja optimalnog načina korištenja u proizvodnji hrane i samim tim jedan od najvrjednijih prirodnih resursa.

Osman (2014.) navodi da se čak 96 % ljudske hrane dobiva iz tla. Osim toga ono ima i niz drugih funkcija: mikroorganizmi tla proizvode veliki broj antibiotika, sudjeluje u pročišćavanju vode, pruža mehaničku potporu živim organizmima i našoj infrastrukturi, utječe na niz hidroloških procesa (infiltracija, perkolacija, odvodnja). Prema nekim procjenama samo 11 – 12 % Zemljine površine je pogodno za proizvodnju hrane, a čak 33 % ima previše ograničenja da bi se uopće uključilo u proizvodnju hrane.

Od površina koje su pogodne za poljoprivrednu proizvodnju veliki dio je niske plodnosti i to najčešće zbog neadekvatnog načina gospodarenja te su izložene različitim oblicima degradacija. Osman (2014.) citirajući Oldemana i suradnike upozorava da je oko 17 % svjetskih poljoprivrednih površina degradirano ljudskim intervencijama. Da bi se problem riješio izuzetno je važno usvojiti nova znanja i primijeniti ih u praksi. Međutim, ništa od toga ne bi bilo moguće bez podataka o fizikalnim, biološkim i kemijskim svojstvima tala.

Situacija nije bitno drugačija ni na području Republike Hrvatske, odnosno njene žitnice - Istočne Slavonije. Veliki je udio oranica koje su u većoj ili manjoj mjeri izložene kontinuiranim procesima antropogene degradacije u vidu: zbijanja uslijed loše primjene agrotehničkih mjera, smanjivanja sadržaja organske tvari, zakiseljavanja, siromašne opskrbljenosti hranivima. Sve to na kraju rezultira niskim prinosima i lošom kvalitetom.

Za odabir adekvatnih mjera popravke potrebno je poznavati niz kemijskih svojstava: pH vrijednost, sadržaj organske tvari, količinu raspoloživih hraniva, sastav adsorcijskog kompleksa tala.

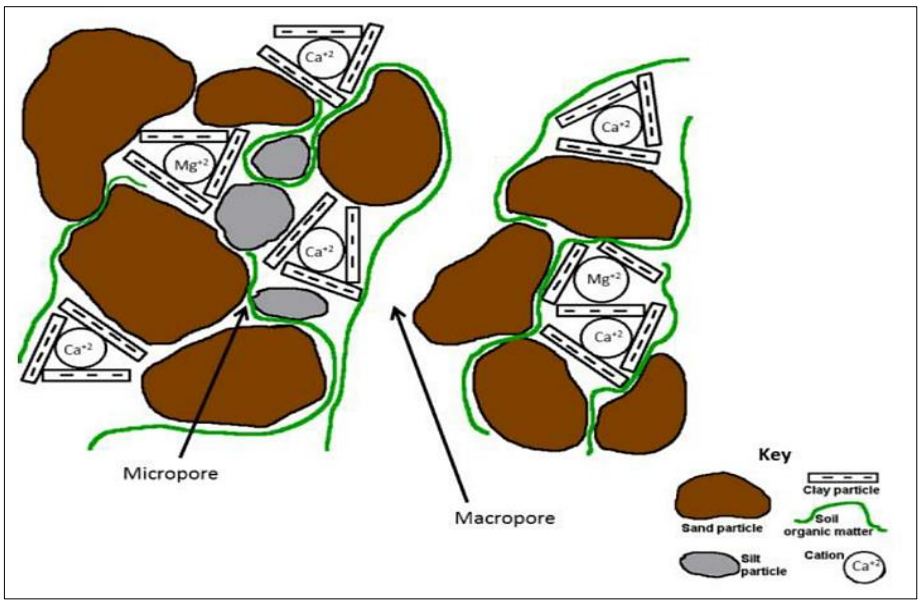
Stoga je cilj izrade ovog rada odrediti neke parametre plodnosti poljoprivrednih tala u različitim tipovima tala Istočne Slavonije. Obradit će se KIK, sadržaj organske tvari i gline korištenjem statističkih metoda kako bi se mogla uočiti njihova ovisnost.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Kationski izmjenjivački kompleks tla (KIK)

Kationski izmjenjivački kapacitet (KIK) predstavlja količinu negativnog naboja u tlu koji se nalazi na površini sekundarnih alumosilikata i organske tvari. Naziv „kationski izmjenjivački kapacitet“ podrazumijeva da ioni negativnog naboja privlače suprotne ione, odnosno ione pozitivnog naboja (Cresser i sur., 1993.). U sastav adsorpcijskog kompleksa tla ulazi veliki broj kationa, ali sa stajališta poljoprivredne proizvodnje važni su elementi biljne ishrane: kalij (K^+), kalcij (Ca^{2+}) i magnezij (Mg^{2+}). Osim njih, značajan utjecaj na svojstva tla imaju i drugi kationi adsorpcijskog kompleksa (AK), kao što su: natrij (Na^+), amonijev ion (NH_4^+) te u kiseloj sredini vodik (H^+) i aluminij (Al^{3+}).

Primarni čimbenici koji utječu na KIK su sadržaj gline i organske tvari u tlu.



Slika 1. Koncept adsorpcije kationa na aktivnu površinu gline https://www.researchgate.net/publication/270286841_The_Earth_Its Soil Water and Atmosphere/figures?lo=1

Tlo je mješavina čestica pijeska, praha, gline i organske tvari. Čestice gline i organska tvar tla nositelji su negativnog naboja. Te negativno nabijene čestice privlače i zadržavaju na sebi one pozitivnog naboja (Slika 1.). Na taj način kationi neutraliziraju negativan naboj čestica gline i organske tvari. Zato se KIK promatra kao ukupan broj kationa koje tlo može adsorbirati ili kao ukupni broj negativnih naboja u jedinici mase tla neutraliziranih

izmjenjivim kationima. Što je izmjereni KIK tla veći time je veći i njegov negativni naboj što znači da može privući i zadržati veći broj kationa.

Kationi AK su neprekidno u pokretu i izmjenjuju se s ionima iz otopine tla. Zbog toga se između adsorbiranih iona i onih iz otopine tla uspostavlja ravnoteža, koja može biti narušena dodavanjem ili uklanjanjem iona iz otopine, ali se ubrzo ponovno uspostavlja.

Prilikom vlaženja tla dio izmjenjivih kationa disocira u otopinu, zbog čega na česticama tla ostaju nepopunjeni negativni naboji. Kako se broj tih naboja povećava, raste i sila kojom oni privlače preostale katione. Tako dio kationa postaje fiksiran na čestice tla. Ako je koncentracija otopljenih iona velika vjerojatno će doći do konstantne neutralizacije negativnog naboja na površini čestice tla.

Zamjena se obično odvija kada u otopinu tla dospiju novi kationi. Kada oni dođu u dodir s aktivnom površinom čestice tla uspostavlja se izmjena s adsorbiranim kationima. Treba naglasiti kako se izmjena kationa uvijek odvija u ekvivalentnim količinama (naboj za naboj). To znači da će se uvijek dva jednovalentna kationa zamijeniti za dva jednovalentna kationa ili jedan dvovalentni.

Većina izmjenjivih kationa u tlu porijeklom je iz mineralne komponentne tla. To su Al^{3+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} i Na^{+}. Amonijev ion, koji uglavnom potječe iz organske tvari tla, češće se može naći u tlima gnojenim mineralnim gnojivima. Porijeklo H^{+} iona može biti u uskoj vezi s kiselim oborinama. Dolaskom u tlo on se nakuplja i zamjenjuje ostale katione koji s vodom perkoliraju u tlo, a sve dovodi do acidifikacije (zakiseljavanja) tala. Acidifikacija uzrokuje promjene u stabilnosti minerala gline pa se u kiselim tlima javlja i Al^{3+} kao dio izmjenjivačkog kompleksa tla.

Svi kationi AK ne vežu se na površinu čestice tla jednakim silama. Koji kation će imati prednost pri vezivanju ovisi o nekoliko čimbenika. Prvi je sila kojom čestica privlači katione, drugi je koncentracija kationa (ukupno i u ovisnosti o drugim kationima) te prisustvo aniona koji utječu na koncentraciju kationa u otopini tla.

Zbog razlike u valencijama i promjeru kationa oni se na čestice tla vežu silama različite jačine. Kationi s tankim hidratacijskim omotačem mogu doći bliže adsorpcijskoj površini, a kationi više valencije imaju i veću sposobnost adsorpcije. Kako na adsorpciju utječe tip adsorpcijskog (izmjenjivačkog) materijala te anioni u otopini tla govori se o adsorpcijskom afinitetu (Resulović i sur., 2008.) kationa koji se može prikazati na sljedeći način:

$$H^{+} > Al^{3+} > Ca^{2+} = Mg^{2+} > K^{+} = NH_4^{+} > Na^{+}$$

Pretpostavlja se da H^+ ion ima jak afinitet zbog stvaranja snažnih veza s kisikovim ionima na površini minerala i organske tvari. Sve druge razlike u afinitetu kationa uglavnom se temelje na razlikama u valenciji (Hazelton i Murphy, 2007.).

Ioni koji se slabo vežu za česticu tla lako se otpuštaju pa se i lako mogu zamijeniti s kationima većeg afiniteta. Ukoliko je koncentracija dva kationa na AK ista tada će onaj većeg afiniteta biti zastupljeniji na AK, a drugi će dominirati u otopini tla.

Anioni mogu stvarati veze s kationima AK i tako utjecati na njihovu pristupačnost. Zbog toga ti kationi ne sudjeluju u izmjeni, a ujedno se otvara mjesto na AK drugim kationima.

Obično se KIK izražava u miliekvivalentima izmjenjivih kationa u 100 g tla (mekv 100 g^{-1}) ili u centimolima pozitivnog naboja po kilogramu tla ($cmol^{(+)}$ kg^{-1}).

Adsorpcijski kompleks tla ima ulogu pufera kod promjena pH vrijednosti, raspoloživosti hraniva i koncentraciji kalcija, kao i promjenama u strukturi tla.

Niske vrijednosti KIK-a znače da je tlo slabo otporno na promjene kemijskih svojstava uzrokovane načinom korištenja. Tla koja imaju KIK < 3 $cmol^{(+)}$ kg^{-1} obično su slabo produktivna i sklonija acidifikaciji.

U tlu su najzastupljeniji kationi kalcija, magnezija, kalija i natrija te u jako kiselim tlima aluminijevi ioni. Ostali, kao što su mangan, željezo, bakar i cink, nisu u dovoljno visokim koncentracijama pa se za potrebe izračuna KIK-a uzimaju vrijednosti najzastupljenijih. Njihove koncentracije daju približnu vrijednost efektivnog KIK-a, a pojedinačno se mogu izraziti kao postotni udio, koji je puno praktičniji podatak od koncentracije pojedinih kationa izražene u $cmol^{(+)}$ kg^{-1} (Tablica 1.).

Tablica 1. Koncentracija izmjenjivih kationa ($cmol^{(+)}$ kg^{-1}) (Hazelton i Murphy, 2007.)

Kation	**Jako niska**	**Niska**	**Umjerena**	**Visoka**	**Vrlo visoka**
Na	0 - 0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 0,7	0,7 - 2,0	> 2
K	0 - 0,2	0,2 - 0,3	0,3 - 0,7	0,7 - 2,0	> 2
Ca	0 - 2,0	2,0 - 5,0	5,0 – 10,0	10,0 – 20,0	> 20
Mg	0 - 0,3	0,3 - 1,0	1,0 – 3,0	3,0 – 8,0	> 8

Za mnoge biljke poželjan je udio kalcija na AK 65 - 80%, magnezija 10 - 15%, kalija 1 - 5%, natrija 0 - 1% te alumininja < 5 % (Hazelton i Murphy, 2007.).

Pjeskovita tla i jako kisela tla obično imaju vrlo niske vrijednosti izmjenjivog kalcija i magnezija što se odražava na ograničen rast biljaka. Vrijednosti adsorbiranog (izmjenjivog) kalija < 0,2 $cmol^{(+)}\ kg^{-1}$ znače moguću reakciju biljke na dodatak kalijevog gnojiva posebice tamo gdje se kalij iznosi u velikim količinama (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Izmjenjivi aluminij postaje važan u tlima kada je pH(H_2O) < 5,5 ili pH(KCl) < 4,7. Razlog je što aluminij može biti toksičan za korijenje biljaka i jedan je od glavnih razloga zašto kiselost tla može utjecati na rast biljaka.

Vrijednosti KIK-a u poljoprivrednim tlima kreću se u granicama od 5 do 200 $cmol^{(+)}\ kg^{-1}$, a najčešće je to od 15 do 45 $cmol^{(+)}\ kg^{-1}$ tla. Tla s više humusa i gline, prema Vukadinović i Vukadinović (2011.), u pravilu imaju više vrijednosti KIK-a u odnosu na lakša i slabo humozna tla. Isti autori navode primjer ruskih černozema u kojima je prosječan KIK 56 $cmol^{(+)}\ kg^{-1}$ i lakih pjeskovitih tala Dravskog rita u Baranji s KIK-om oko 10 $cmol^{(+)}\ kg^{-1}$.

Na veličinu KIK-a značajan utjecaj ima tekstura: više čestica pijeska i manje gline znači niže vrijednosti KIK-a i obrnuto. Ovo se može povezati s utjecajem teksture na neka druga svojstva, npr. na brzinu upijanja vode u tlo (Tablica 2.).

Tablica 2. Utjecaj teksture tla na intenzitet infiltracije vode u tlo i njegov kapacitet sorpcije (Vukadinović i Vukadinović, 2011.)

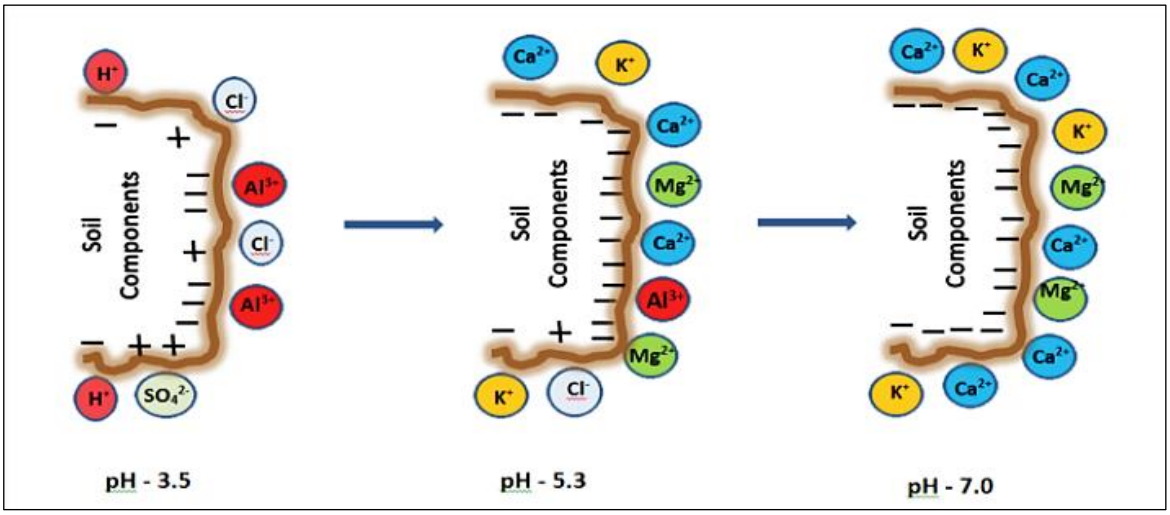
Tekstura	***Intenzitet infiltracije (mm h^{-1})***		***KIK***
	bez vegetacije	***tlo pod vegetacijom***	***($cmol^{(+)}\ kg^{-1}$)***
Glina	0 - 5	5 - 10	> 30
Glinasta ilovača	5 - 10	10 - 20	15 - 25
Ilovača	10 - 15	20 - 30	15 - 20
Pjeskovita ilovača	15 - 20	30 - 40	5 - 15
Pijesak	20 - 25	40 - 50	5

Reakcija tla ima veliki utjecaj na KIK. Tako je najniži KIK pri pH 3,5 – 4.0. Kod niskog pH mogu se pojaviti pozitivni naboji na površini minerala tla na koje se vežu (Sonon i sur., 2014.).

Saturacija (zasićenost) bazama je postotak KIK-a zasićen kalijem, kalcijem, magnezijem i natrijem.

$$ZB = (K + Ca + Mg + Na) \times 100 / KIK$$

Na zasićenost bazama može utjecati promjenjivost naboja glinenih minerala tla te interpretacija rezultata može biti otežana. (Hazelton, Murphy, 2007.)



Slika 2. Utjecaj pH na KIK (izvor: Sonon i sur., 2014.)

Ovisno o pH tla zasićenost bazama može biti manja ili približno jednaka iznosu KIK-a. Obično vrijedi pravilo da je pri pH manjem od 7 zasićenost bazama manja od KIK-a, dok je pri pH većem od 7 jednaka KIK-u jer je tada, kako navode Sonon i sur. (2014.), površina minerala gline i organske tvari popunjena kationima (Slika 2.).

Adsorpcija kationa u velikoj mjeri ovisi o tipu minerala gline koji su u tlu. Sposobnost adsorpcije kationa sekundarnih minerala gline je vrlo različita.

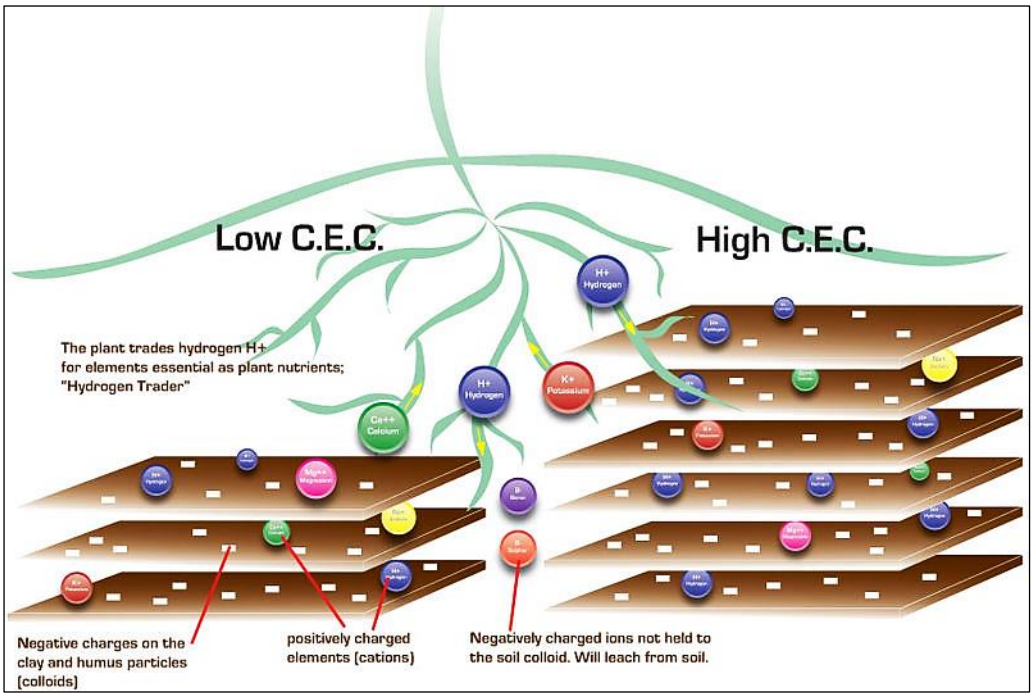
Kaoliniti, koji su građeni iz jednog sloja tetraedara silicija i jednog sloja oktaedara aluminija međusobno čvrsto povezanih kisikom zbog čega se ne mogu razmicati, imaju sposobnost sorpcije samo 3 - 15 $cmol^{(+)}$ kg^{-1}. Kod njih se električni naboj nalazi samo na površini.

Montmoriloniti, koji su građeni od dva sloja tetraedara silicija između kojih je umetnut jedan sloj oktaedara aluminija, što uzrokuje višak negativnog naboja imaju KIK 80 - 120 $cmol^{(+)}$ kg^{-1}.

Vermikuliti mogu biti dioktaedarske ili trioktaedarske građe te dio aluminija može biti zamijenjen magnezijem što povećava negativan naboj. KIK je od 120 do 150 $cmol^{(+)}$ kg^{-1}.

Iliti su po građi slični montmorilonitima, ali dio silicija je zamijenjen aluminijem, višak naboja neutralizira se vezanjem kalija pa im je sposobnost sorpcije znatno manja i iznosi 20

- 50 $cmol^{(+)}$ kg^{-1}. Za usporedbu valja napomenuti kako KIK humusa iznosi 100 - 300 $cmol^{(+)}$ kg^{-1} (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).



Slika 3. Shematski prikaz tla sa niskim i visokim KIK-om
https://www.superior.net.nz/pages/8-3/Understanding-the-Science

Kationi vezani (sorbirani) na sekundarne minerale gline ne ispiru se iz tla, ali mogu se lako mijenjati s drugim kationima što je vrlo važno u mineralnoj ishrani bilja. Sekundarni minerali s organskim koloidnim dijelom tla sprječavaju ispiranje hraniva iz zone korijenskog sustava (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Adsorpcijski kompleks tla čine mineralna i organska koloidna frakcija koja je negativnog naboja. Kako se koncentracija otopine tla smanjuje raste sorpcija dvovalentnih kationa na račun jednovalentnih. U slučaju kada se povećava koncentracija vodene faze povećava se i sorpcija jednovalentnih kationa. Zbog toga se u tlima kada su vlažna bolje sorbiraju dvovalentni kationi, a u sušim uvjetima jednovalentni.

Uzrok postojanja negativnih naboja na mineralima gline je njihova građa do koje dolazi zamjenom dijela silicija sa aluminijem što se naziva izomorfna supstitucija. Tako nastali naboj na površini minerala gline ne mijenja se s promjenom pH. Negativan naboj na česticama organske tvari uzrokovan je disocijacijom organskih kiselina. Taj naboj ovisi o pH tla i još ga se naziva pH-ovisnim kapacitetom izmjene kationa (Ketterings i sur., 2007.)

Koliko čvrsto je neki sorbirani ion vezan na adsorpcijskom kompleksu ovisi o svojstvu koloida, odnosno tijela sorpcije (vrsta minerala gline, struktura humusnih frakcija), kapacitetu sorpcije (sadržaj gline i humusa) i svojstvima iona (valencija i radijus hidratiziranog iona). Viševalentni ioni čvršće se vežu zbog većeg broja naboja. Manje hidratizirani ioni se većom silom drže na adsorpcijskom kompleksu jer su slabije neutralizirani slojem molekula vode (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

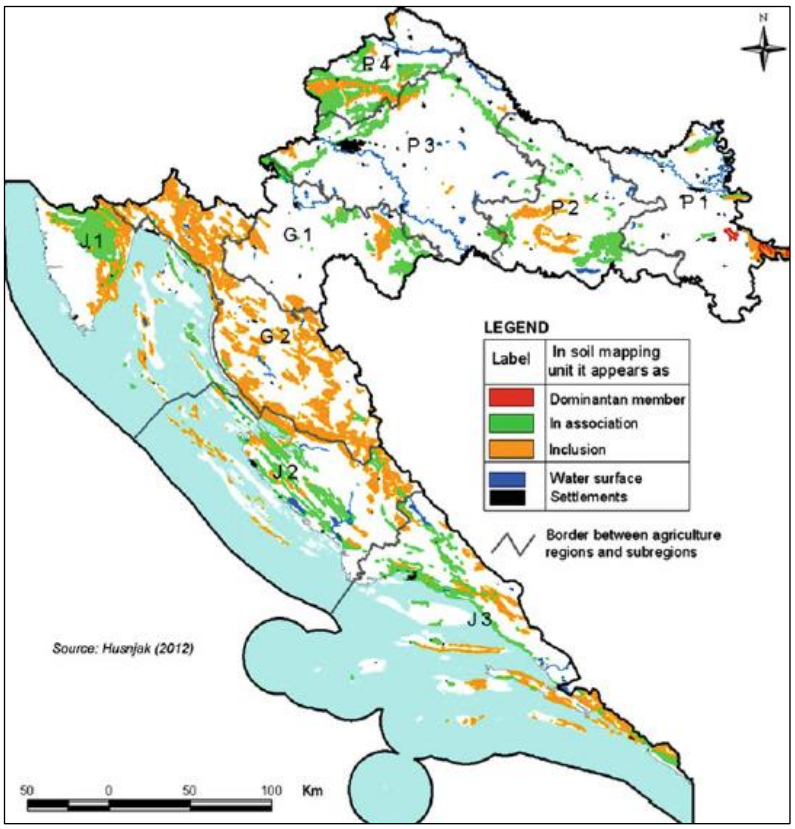
2.2. Tla istočne Slavonije

Slavonija je: "…povijesno-geografska regija u istočnom dijelu Hrvatske, između Save na jugu i Drave na sjeveru (hrvatsko međurječje), odnosno rijeke Ilove na zapadu, državne granice na istoku, te Bosuta i Vuke na jugoistoku. Zajedno s Baranjom i Srijemom dio je geografske regije Istočne Hrvatske." (Hrvatska enciklopedija). Istočni dio regije čine lesni ravnjaci i aluvijalne nizine uz velike rijeke (Sava, Drava, Bosut i Vuka). Na ovom teritoriju može se pronaći nekoliko tipova tala čija je geneza, a i kasnija evolucija vezana za matične supstrate kao što su les, pijesci i gline.

2.2.1. Sirozem (Regosol)

Sirozemi su nerazvijena automorfna tla koja se u istočnoj Slavoniji razvijaju na rastresitim supstratima (najčešće na lesu). Građa profila je (A) - C. S obzirom na to da nastaju erozijom prethodnih tala lako se uočavaju u prostoru ako se na površini pojavi matični supstrat u vidu svjetlijih zona (Slika 5).

Iako je nerazvijeni horizont plitak (ponekad i < 10 cm) koriste se u poljoprivrednoj proizvodnji, jer nerazvijeni horizont, (A), produbljen rastresitim C horizontom može osiguarti povoljne agroekološke uvjete za uzgoj ratarskih kultura, voćarskih vrsta i vinove loze.



Slika 4. Rasprostranjenost sirozema (Izvor: Bašić, 2013.)

Škorić (1986.) napominje da može doći do ograničavanja rasta korijena ako nije dovoljno duboka trošina matičnog supstrata ili su fizikalno-mehanička svojstva tala loša.

U poljoprivrednoj proizvodnji najveću vrijednost imaju sirozemi nastali na lesu kao rastresitom i dubokom supstratu, ilovaste teksture, povoljnog kapaciteta za vodu i mineraloškog sastava. Mogu se pronaći na Vukovarskim lesnim terasama, obroncima Baranjskog brda te obroncima Fruške gore oko Iloka (Slika 4.).

Kemijska svojstva ovog tipa ovisna su isključivo o tipu matičnog supstrata. Tako sirozemi na lesu imaju pH 7,8 – 8,5 s dominacijom Ca^{2+} i Mg^{2+} iona u adsoprcijskom kompleksu. Uz sadržaj humusa oko 1 % svrstavaju se u vrlo slabo humozna tla.



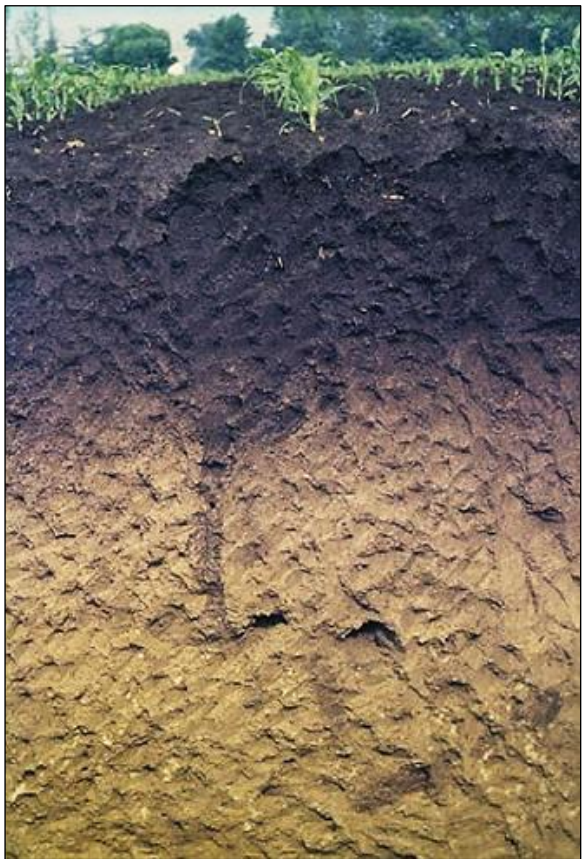
Slika 5. Sirozem u Baranji (foto: Vukadinović)

Sirozemi korišteni u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji dobrih su proizvodnih svojstava jer su rastresiti što omogućava nesmetan rast korijena u dubinu, a izostaje zadržavanje vode i zbijanje. Na sirozemima istočne Slavonije mogu se vidjeti plantažni voćnjaci i vinogradi.

Slabija produktivnost ovog tipa tla može se, kako navode Vukadinović i Vukadinović (2011.), riješiti kontinuiranom gnojidbom mineralnim gnojivima (prvenstveno dušičnim i fosfornim) uz obvezu uvođenja organske gnojidbe, koja dodatno popravlja fizikalno-mehanička svojstva.

2.2.2. Černozem

Černozem je u hrvatskoj klasifikaciji (Škorić, 1986.; Husnjak, 2014.) svrstan u odjel automorfnih tala, klasa humusno akumulativna tla. Građa profila je: Amo - AmoC - C (Slika 6.).



Slika 6. Profil tipičnog černozema (Bašić, 2013.)

Odlika černozema je postojanje humusno akumulativnog, A, horizonta moličnog karaktera. To znači da je dobro humificirana organska tvar tla izmiješana s mineralnim dijelom tvoreći organomineralni kompleks (Škorić, 1977.). Geneza černozema vezana je za specifično klimatsko područje. To su regije s kontinentalnom klimom koju obilježavaju hladne i suhe zime te suha i topla ljeta. Iako, kako navode Vukadinović i Vukadinović (2011.), područje istočne Slavonije ima veću količinu oborine od tipične ukrajinske ipak postoje izvrsni preduvjeti za njegov postanak i razvoj. Prosječna godišnja količina oborine je 600 - 650 mm, temperatura u prosjeku 10 - 11 °C, a evaporacija oko 710 mm. Černozem je naziv dobio na temelju crne boje površinskog, obradivog sloja. Njegov postanak je vezan za bujnu stepsku i livadno-stepsku travnu vegetaciju koja se u proljeće brzo razvija zbog zaliha zimske vlage, a dolaskom suhog i toplog ljeta rast se usporava i staje. Nagomilavanje velikih količina organske tvari omogućava suha klima u ljetnim mjesecima i niske temperature zimi, jer se tada značajno usporava njena mineralizaciju. Procesi intenzivne humifikacije i akumulacije humusa odvijaju se u vlažnijim periodima godine.

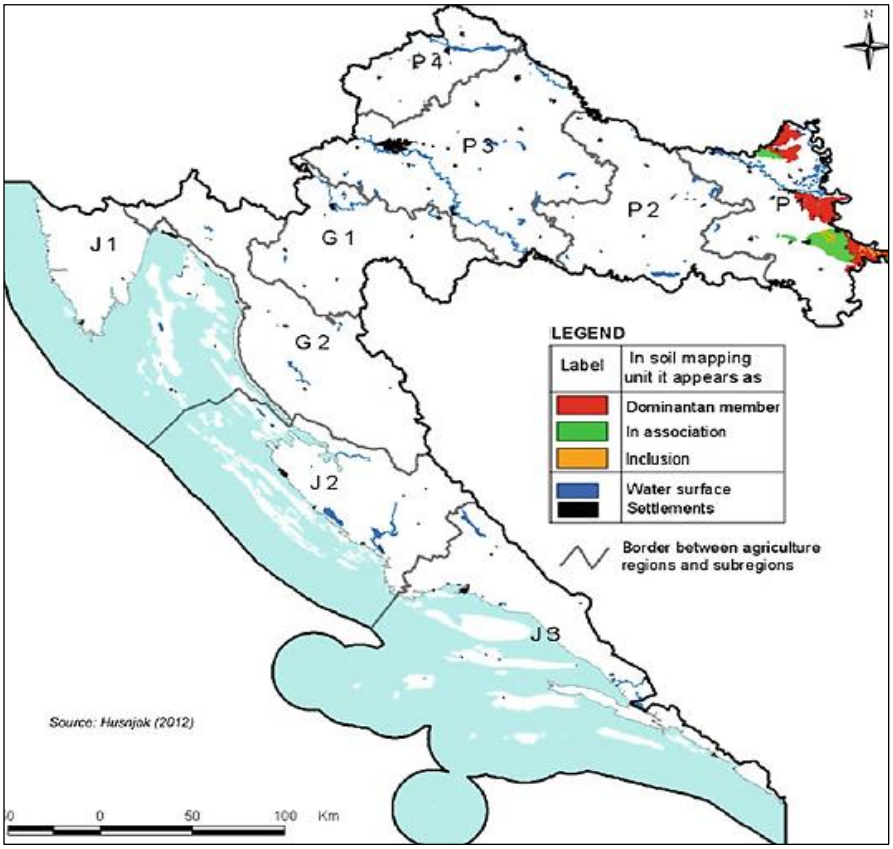
Matični supstrati su les, aluvijalni nanosi i pijesak.

Černozemi su se razvili u Hrvatskoj jedino na području Istočne Slavonije (Slika 7.). To su lokacije oko Dalja, Erduta (Slika 8.), Borova, Vukovara, Iloka, Belog Manastira.

Najzastupljeniji je tipični černozem na lesu, a ukupna površina koju zauzima je oko 50 450 ha (Husnjak, 2014.).

Geografske pozicije na kojima se može naći su: lesni platoi visine 90 -120 m nad morem, lesne terase (75 - 90 m nadmorske visine) i stare riječne terase (oko 70 m nad morem).

S obzirom da su černozemi tla izvrsnih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava ocjenjuju se kao visoko produktivna. Imaju dobre vodno zračne odnose, omjer makro i mikro pora u rasponu od 1 : 1 do 3 : 2, teksturu ilovastu do glinasto ilovastu, a strukturu mrvičastu do graškastu. Može se zaključiti, kao što navodi Husnjak (2014.), da su černozemi propusna, rahla i dobro aerirana tla.



Slika 7. Zone černozema u RH (Bašić, 2013.)

Kemijska svojstva su različita za pojedine varijetete. Reakcija tla je u granicama pH 7,5 – 8,5 (karbonatni černozemi) ili oko pH 7 (nekarbonatni černozemi). KIK je visok s vrijednostima 30 – 35 cmol $^{(+)}$ kg^{-1} što se može dovesti u vezu s ilitnom grupom minerala gline. U sastavu adsorpcijskog kompleksa dominiraju Ca^{2+} i Mg^{2+} ioni, a zasićenost bazama je kod karbonatnih černozema 90 – 95 %, a kod nekarbonatnih ili izluženih malo niža (80 – 90 %).

Sadržaj organske tvari je, kako navodi Škorić (1986.), u granicama 4 – 6 % blagog humusa.

Iako ih se može svrstati u najplodnija tla prinosi na černozemima mogu značajno varirati. Razlog je najčešće suša tijekom ljetnih mjeseci, koja je karakteristična za nizinsko područje Slavonije (barem jedan mjesec tijekom ljeta). Intenzivnim iskorištavanjem u poljoprivrednoj proizvodnju uz vrlo malo ulaganja plodnost černozema posljednjih desetljeća je opala.



Slika 8. Lesni plato u okolici Erduta (foto: Vukadinović)

Pri tom je najviše izražen pad sadržaja humusa i hraniva, narušava se struktura, a problem erozije postaje sve češći. Iz tog razloga Vukadinović i Vukadinović (2011.) ističu potrebu uvođenja stajskog gnoja, plodored s višegodišnjim travama jer će se tako usporiti procesi pogoršavanja fizikalnih svojstava i mineralizacije organske tvari.

2.2.3. Lesivirano tlo

Građa profila lesiviranog tla je: A - E - B - C (Slika 10.). U hrvatskoj klasifikaciji (Škorić, 1986.) lesivirano tlo ili luvisol je u klasi eluvijalno-iluvijalnih tala. Za njih su karakteristični procesi premještanja seskvioksida, koloidnih frakcija gline i humusnih tvari utjecajem vode u dublje dijelove profila. Proces premještanja (ispiranja) naziva se *eluvijacija*, a proces nakupljanja istih komponenti u dubljim dijelovima *iluvijacija*.

Matični supstrat na području istočne Slavonije su sedimentne stijene (les i lapori) te nešto rjeđe trošine neutralnih i bazičnih metamorfnih i eruptivnih stijena (Husnjak, 2014.). Reljef



Slika 9. Tipičan reljef u kojem se razvija lesivirano tlo (foto: Vukadinović)

na kojem nastaju uglavnom je zaravnjen do blago valovit teren nizinskog i brežuljkastog područja (Slika 9.) u zoni 100 - 700 m nadmorske visine.

Nastaju najčešće u humidnoj do semihumidnoj klimi sa oko 700 mm oborina i temperaturom od 8 - 11°C (Resulović i sur., 2008.). Za klimu su karakteristična kraća izrazito sušna razdoblja pri čemu se u tlu stvaraju mikropukotine čime je omogućeno intenzivno otjecanje gravitacijske vode i ispiranje čestica gline. Često se javlja i višak oborinskih voda koje, procjeđujući se kroz solum, postupno ispiru i baze iz adsorpcijskog kompleksa. Eluvirane baze zamjenjuju H^+ ioni što označava procese debazifikacije i acidifikacije, odnosno

zakiseljavanja tla. Ispiranje glinene frakcije najjače je u uvjetima pH 4,5 - 6,5 (Škorić, 1986.). Zbog toga se ispod A horizonta javlja uočljiva blijeda sivo-žućkasta zona (E horizont) iz koje su isprani glina, humus i seskvi oksidi. Oni se nakupljaju u eluvijalnom horizontu (B). Ako tlo ima povećan sadržaj gline ili dođe do pojačanog ispiranja koloidnih čestica tada se u Bt horizontu nakuplja puno gline, može doći do začepljenja pora, usporene infiltracije i kraćeg zadržavanja oborinske vode u tlu. U iluvijalnoj zoni tada se javlja pseudooglejavanje, koje se morfološki manifestira kroz mazotine željeza rđaste boje.

A i E horizonti su rahle konzistencije, ilovaste teksture, a B horizont je glinasto ilovaste teksture i vrlo često zbijen.

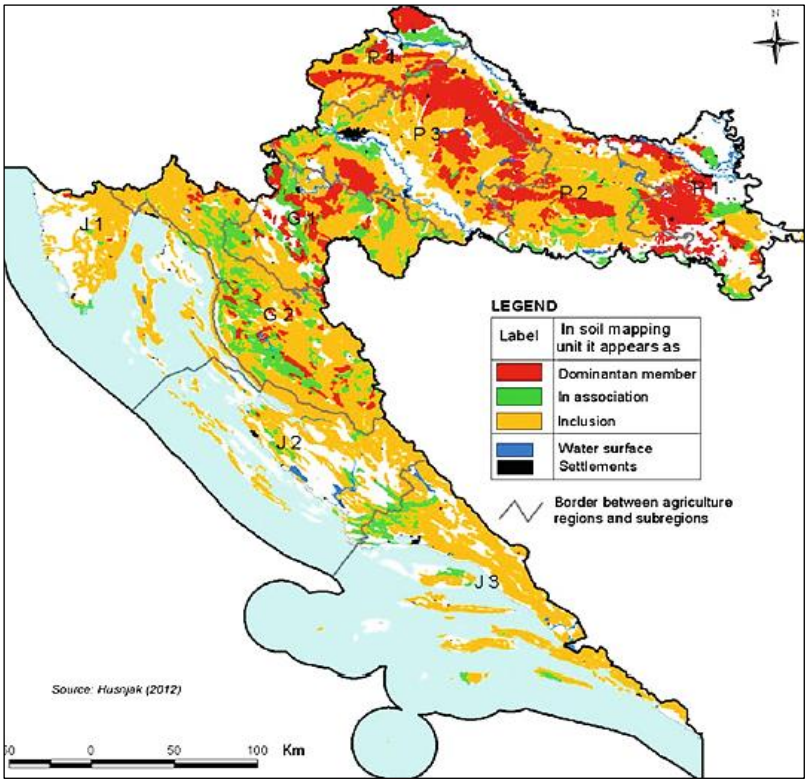


Slika 10. Profil lesiviranog tla (foto: Vukadinović)

Iako je procjeđivanje vode neometano može se dogoditi na zaravnjenom reljefu da voda kratkotrajno stagnira na slabije propusnom iluvijalnom horizontu. Na starijim fluvijalnim terasama s udubljenim formama terena može se povremeno pojaviti podzemna voda na dubini od 1 do 2 m.

U profilu lesiviranog tla lako je uočljivo razdvajanje horizonata prema teksturi pa su svojstva svakog horizonta vrlo specifična. Humusno akumulativni horizont je slabo zasićen bazama, a njegova debljina ovisi o vrsti vegetaciji na površini tla. Pod šumskom vegetacijom je debljine 5 - 7 cm, a pod travnom vegetacijom i do 15 cm. O vegetaciji također ovisi i količina humusa pa tako tla s prirodnom vegtacijom sadrže 4 %, a oranice 2 %. C : N odnos se kreće u granicama 12 – 20.

Eluvijalni horizont je debljine 20 do 30 cm. Zbog procesa eluvijacije tekstura je puno lakša (ispiranje gline), a struktura stabilna graškasta do orašasta. Reakcija tla je pH 5 – 6, stupanj zasićenosti bazama (V) je 30 - 50 %, a KIK mali (Škorić, 1986.). Iluvijalni horizont je debljine 30 - 50 cm, teksturno teži (praškasto glinasta ilovača do glinasta ilovača), smeđe boje. Reakcija je u granicama pH 6 do 6,5, a zasićenost bazama čak 50 do 70 %. Opskrbljenost kalijem je osrednja, a fosforom vrlo niska.



Slika 11. Rasprostranjenost lesiviranih tala u RH
(Husnjak, 2014.)

Lesivirano tlo zauzima najveće površine u RH (11,75% ukupne kopnene površine), može se naći na cijelom području Hrvatske, a najviše u panonskoj regiji (Husnjak, 2014.).

Najzastupljeniji su varijeteti na lesu i pleistocenskim ilovinama te na vapnencu i dolomitima. Kao dominantan tip javlja se na području lesnih zaravni Slavonije i Baranje, na području Slavonskog gorja, Bilogore, Moslavačke gore, gornjeg Međimurja, Hrvatskog zagorja, Vukomeričkih gorica, Korduna, Banovine i Ličkog polja (Slika 11.).

Proizvodnji potencijal ovih tala varira od niskog do umjereno visokog. Na njega utječu stjenovitost, dubina soluma, površina homogene cjeline, nagib terena, kemijska svojstva i dr. (Husnjak, 2014.).

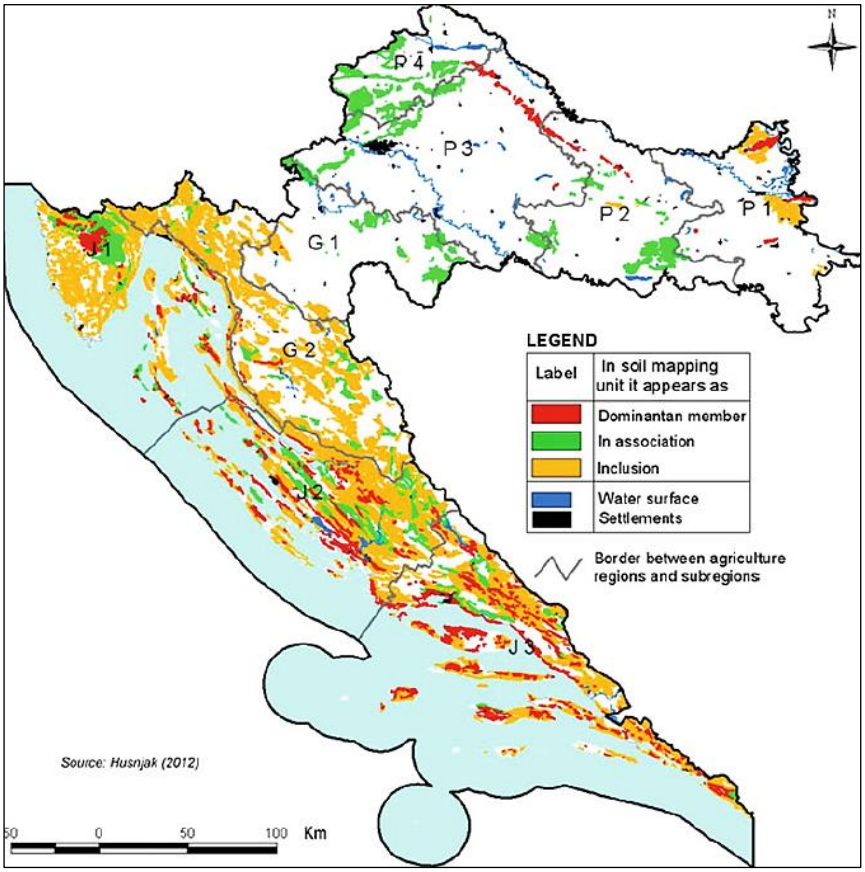
Lesivirana tla zahtijevaju mjere popravke (melioracije) u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji kako bi se ublažio učinak nepovoljnih svojstava. Potrebno je osigurati optimalnu opskrbu biljaka vodom, kisikom i hranivima te neometan razvoj korijena. Stoga se preporuča u ratarskoj proizvodnji duboko oranje i podrivanje (razbijanje zbijenih slojeva), a za trajne nasade rigolanje kako bi se eliminirali mogući problemi u procjeđivanju vode. S obzirom na slabu opskrbljenost hranivima potrebne su povećane doze dušičnih i fosfatnih gnojiva, eventualno kalcizacija, a za kaliofilne kulture i unošđenje većih doza kalijevih gnojiva (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

2.2.4. Rigolano tlo (Rigosol)

U klasu antropogenih tala, nastalih vrlo jakim utjecajem čovjeka, nalaze se rigolana tla. Ona su do te mjere izmijenjena djelovanjem čovjeka da se više ne može ustanoviti kojem tipu automorfnih tala su pripadala.

Zauzimaju, kako to navodi Husnjak (2014.), 3.9 % površine Hrvatske. Na Slici 12. vidljivo je da su dominantni tipovi u Srijemskom, Baranjskom i Požeškom vinogorju.

Proces geneze koji obilježava ovaj tip tla je nastanak P horizonta dubokom obradom kojom se miješaju barem dva (Bašić, 2013.) horizonta. Obično je riječ o rigolanju na dubini od 50 do 100 cm tako da nastane horizont tamnije boje.



Slika 12. Rasprostranjenost rigolanih tala u RH
(Bašić, 2013.)

Građa profila ovog tla je P - C što znači da antropogenizirani, P, horizont leži na rastresitom matičnom supstratu. Svojstva rigosola ovise o tipu tla od kojeg je nastao kako i svojstvima horizonata koji su obradom pretvoreni u P horizont.

Zajedničko svojstvo im je, prema Bašiću (2013.), povišena koncentracija hraniva potrebnih biljkama i viši pH u odnosu na prirodna tla.

Obično se može naći u vinogorjima, jer se prije sadnje drvenastih kultura (voćnjaci, vinogradi) treba obaviti i rigolanje ako postoji nepropustan sloj.

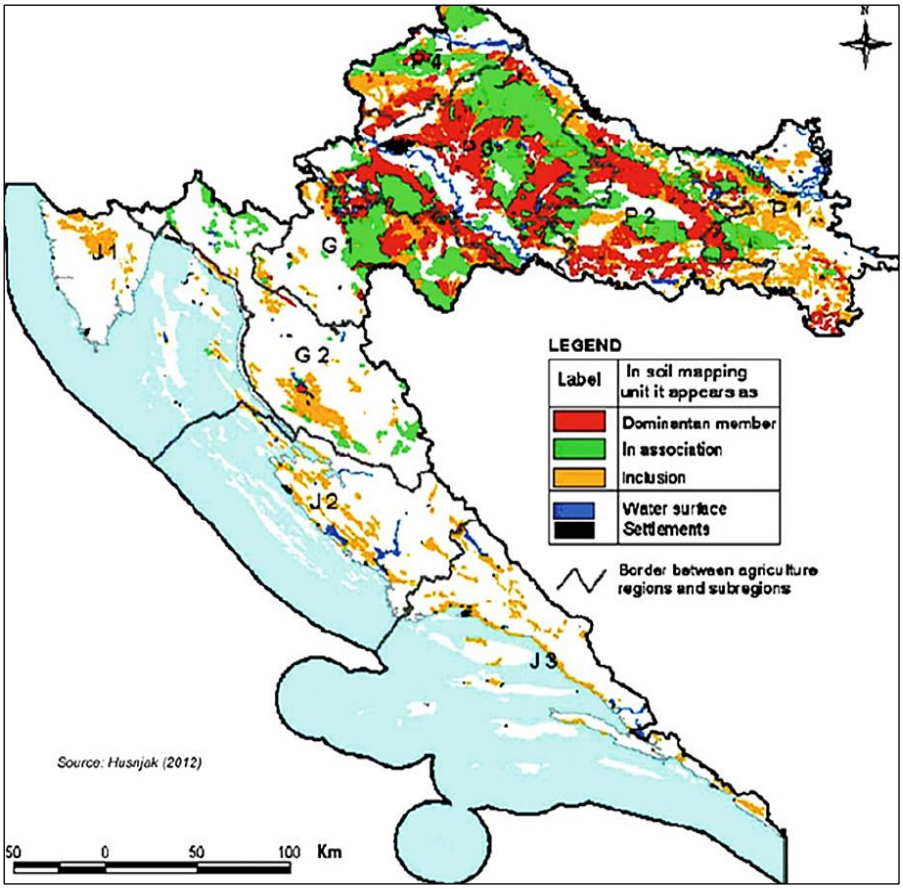
Prema Husnjaku (2014.), rigolana tla su ona koja imaju duboku do vrlo duboku ekološku dubinu, povoljnih fizikalno-kemijskih svojstava u antropogenom horizontu. Najčešće su ilovaste do praškasto glinasto ilovaste teksture. Struktura im je mrvičasta do graškasta, a pošto su vodno zračni odnosi povoljni i kapacitet tla za vodu i zrak je dobar. Reakcija tla je najčešće slabo kisela do kisela.

Zbog svega navedenog može se zaključiti da su to tla vrlo vioskog proizvodnog potencijala što omogućava intenzivnu proizvodnju.

2.2.5. Pseudoglej

Karakteristika pseudogleja je prekomjerno vlaženje površinskih dijelova soluma stagnirajućom oborinskom vodom. Zadržavanje vode u dijelu soluma uzrokuje, prema Škoriću (1986.), pojavu teksturno težeg i slabije propusnog sloja koji zaustavlja normalnu infiltraciju vode. On se može javljati na dubini od 25 do 50 cm. Stagniranje vode ovisi o reljefu i stupnju humidnosti klime područja. Iz tih razloga voda se može zadržavati kratko, srednje ili dugo (Husnjak, 2014.).

Područje na kojem pseudoglej nastaje uglavnom ima humidnu klimu u kojoj se javlja višak oborina, a ponekad klimatski uvjeti u semihumidnoj klimi mogu pogodovati nastanku i razvoju pseudogleja. U oba slučaja višak oborinske vode javlja se u izrazito vlažnom jesenskom te zimsko-proljetnom razdoblju nakon čega slijedi sušno ljetno razdoblje.



Slika 13. Rasprostranjenost pseudogleja u RH (Bašić, 2013.)

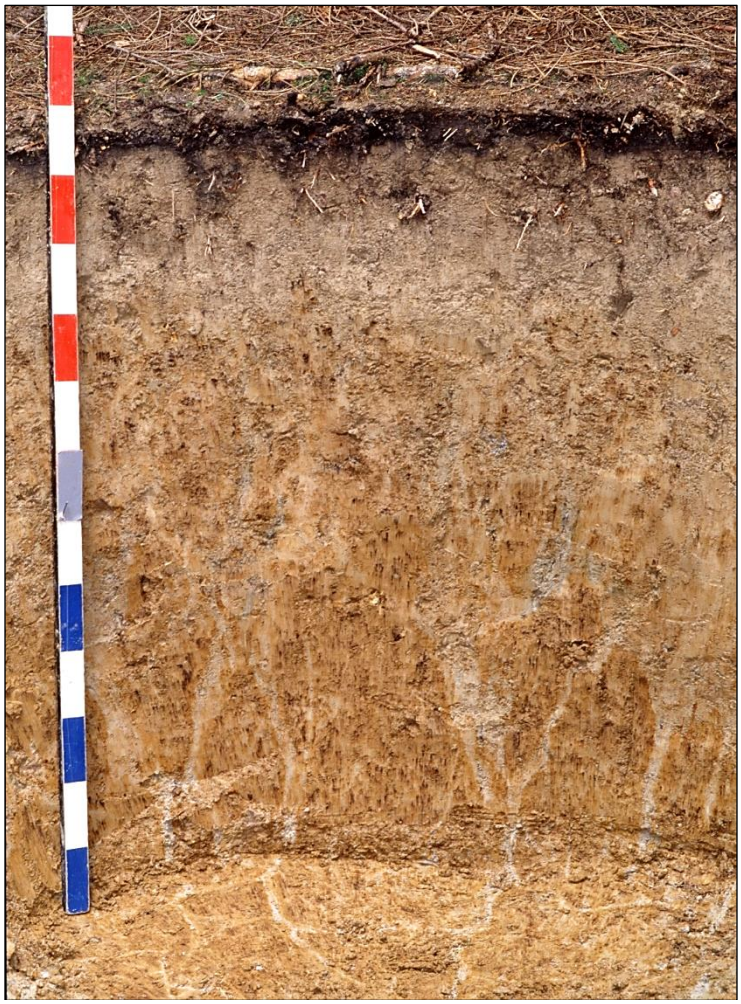
U Hrvatskoj pseudoglej dominira u brežuljkastim područjima zapadne Slavonije i centralne Hrvatske (Slika 13.). Reljef je blago valovit do 500 m nadmorske visine. Na takvim terenima onemogućeno je ili suzdržano veće površinsko i bočno otjecanje. Najviše se razvija na

pleistocenskim zaravnima s nagibom do 3%, a manji dio se razvija na brežuljcima s blagim padinama nagiba 3 - 8%.

Građa pseudoglejnih tala je: A – Eg – Bg – C (Slika 14.).

Nepropusni horizont može nastati na nekoliko načina. Jedno od objašnjenja je da daljnjim ispiranjem gline u lesiviranim tlima i njenom taloženje u Bt horizontu u vlažnom stanju dolazi do začepljivanja pora što otežava procjeđivanje vode ili ga potpuno zaustavlja. Takve pseudogleje Husnjak (2014.) naziva *sekundarnim pseudoglejima*.

Druga mogućnost je nanošenje lakšeg materijala na staro kompaktno tlo čime nastaje dvoslojna građa kod koje staro tlo sprječava procjeđivanje vode pa se ona zadržava u



Slika 14. Profil pseudogleja
https://www.dbges.de/en/system/files/fotogalerie/image16.jpg

površinskom dijelu novonastalog tla. Osim toga teška, glinasta tekstura nekih tala dubinom cijelog soluma, slaba drenaža i zbijenost mogu uzrokovati zadržavanje vode (Škorić, 1986.).

Husnjak (2014.) objašnjava da primarni pseudoglej nastaje na slojevitim matičnim supstratima. Potpovršinski sloj težeg mehaničkog sastava, praškasto glinaste ilovaste do praškasto glinaste teksture, s nepovoljnim vodozračnim odnosima i slabom propusnošću za vodu na kojem se nalazi sloj lakšeg mehaničkog sastava pjeskovito ilovaste do ilovaste teksture, koji je dobro aeriran i propustan za vodu doći će do razvoja procesa pseudooglejavanja. U takvim uvjetima slabije propusni sloj poprima ulogu iluvijalnog pseudoglejnog horizonta, a lakši sloj poprima ulogu eluvijalnog horizonta. Ovakvo tlo nije nastalo kao rezultat pedogeneze nego zbog specifične slojevite građe matičnog suspstrata. (Husnjak, 2014.)

Vegetacija ima utjecaj na razvoj specifične „mramorirane“ morfologije tla. Odumiranjem i mineralizacijom korijenja voda ulazi u nastale pore gdje stagnira. U kombinaciji s taninskim ostacima odumrlog hrastovog korijenja nastaju specifične izdužene sive zone koje obilježavaju ovaj tip tla (Husnjak, 2014.).

Zbog izmjene mokre faze, koja obuhvaća razdoblje kada je sadržaj vode iznad kapaciteta za vodu, te suhe faze kada je sadržaj vode ispod toče venuća, dolazi do učestale izmjene redukcijsko-oksidacijskih procesa. Upravo ta izmjena je, kako navodi Škorić (1986.), glavno evolucijsko obilježje pseudoglejnih tala. U vlažnoj fazi zadržava se oborinska voda u površinskom dijelu soluma, dolazi do redukcije Fe i Mn spojeva na dvovalentne spojeve. Oni su topivi u vodi i difuzno se kreću te izbljeđuju površine agregata i stijenke oko korijena. U takvim uvjetima pojačano se troše minerali. U sušnom ljetnom periodu nema oborina, a povećava se evapotranspiracija i tlo se suši. Suprotno od procesa u vlažnoj fazi sada se javljaju oksidacijski procesi te se željezni i manganovi spojevi izlučuju u vidu rđastih mrlja i mazotina te mrkih i crnih konkrecija. Zbog takve smjene procesa u tlu se javljaju izbijeljele sive zone u kombinaciji sa smeđim, rđastim zonama s konkrecijama pa tlo ima karakterističan mramorirani izgled. Procesi pseudooglejavanja javljaju se u zoni iluvijanog horizonta, a u slučaju veće količine stagnirajuće vode moguće je i u eluvijalnom.

Pseudogleji u gornjem dijelu profila su kisele reakcije (pH 5,0 - 5,5), malog KIK-a (< 20 $cmol^{(+)}\ kg^{-1}$) i slabo zasićeni bazama (20 – 50 %). U Bg horizontu malo je niža koncentracija H^+ iona pa je kiselost manja, KIK viši, kao i zasićenost bazama. Bašić (2013.) ističe kako u pseudoglejima mogu biti povećane koncentracije Al^{3+} iona u otopini ili na AK, ponekad čak u fitotoksičnim količinama.

To su tla siromašna fosforom iz razloga što slobodni fosfati grade Al i Fe-fosfate, jer je slabo izražen humat efekt. Opskrbljenost kalijem je najčešće < 10 mg 100 g^{-1} tla (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Pseudogleji su tla niske plodnosti zbog nepovoljnih svojstava, neuređenog vodno zračnog režima i toplinskih svojstava. Potrebne su različite mjere popravke: drenaža i rigolanje za rješavanje problema suvišnih voda, melioracijska gnojidba s fosfornom i kalijevom gnojidbom, organska gnojidba, kalcizacija.

Prema istraživanju Wessemael-a (1992.) na tlima mediteranskog područja pokazalo se da je efektivni KIK i zasićenost bazama najveća u organskim horizontima dok je u mineralnim puno niža. Osim toga, došao je do zaključka da je 90 – 40 % KIK-a u mineralnom horizontu porijeklom iz organske tvari.

Tomašić i suratvrdili suradnici proveli su istraživanje na 18 lokacija na 11 najzastupljenijih tipova tala u Hrvatskoj. Na pseudogleju su utvrdili u oraničnom sloju KIK 10,5 te pH 6,56. Zastpljenost kationa Mg bila je 1,53; Ca 6,70 te K 0,38. Dok je zasićenost bazama izmjerena 82%. U podoraničnom horizontu izmjeren je KIK od 4.40 te pH od 5.29. Kationi Mg bili su 1.27, Ca 2.99 te K 0.18. zasićenost bazama bila je 101%. U Kneževu na uzorcima černozema u oraničnom sloju utvrđen je KIK18.1 te pH 6.69. Zastupljenost kationa Mg bila je 3.19, Ca 20,2 te K 2.96. zasićenost bazama bila je 146%. U podoraničnom sloju utvrđen je KIK od 20.2 te pH 6,97. Zatupljenost kationa bila je za Mg 2.96, za Ca 20.5 te za K 1.70. zasićenost bazama bila je 124%. Uzorci regosola uzeti su na lokaciji Molve 14 i izmjereni su sljedeći parametri: u oraničnom sloju KIK 7.42 i pH 4.85. Kationi Mg 1.28, Ca 4.51 i K 0.35. zasićenost bazama bila je 83%. Na istoj lokaciji u podoraničnom horizontu utvrđen je KIK od 7.52 i pH 4.89. Kationi Mg 1.20, Ca 4.95 i K 0.25. zasićenost tla bazama bila je 85%. Također utvrđene su korelacije između pH tla i zasićenosti bazama. Istraživanje je pokazalo da postoji jaka korelacije kod kiselih i neutralnih tala, te slaba korealcija kod alkalnih tala.

3. MATERIJAL I METODE

Uzorci tla, uzeti tijekom terenskog dijela istraživačkog rada su osušeni, usitnjeni u mlinu za tlo i pohranjeni u odgovarajućem prostoru. Fizikalno-kemijske analize tla obavljene su u Laboratoriju za kontrolu plodnosti tla Zavoda za kemiju, biologiju i fiziku tla (Poljoprivredni fakulteti u Osijeku) standardnom metodologijom (Resulović, 1969., Vukadinović i Bertić, 1989., Škorić, 1992., Mitrikeski i Mitkova, 2001., Dugalić i Gajić, 2005., Pernar i sur., 2013., Đurđević, 2014.).

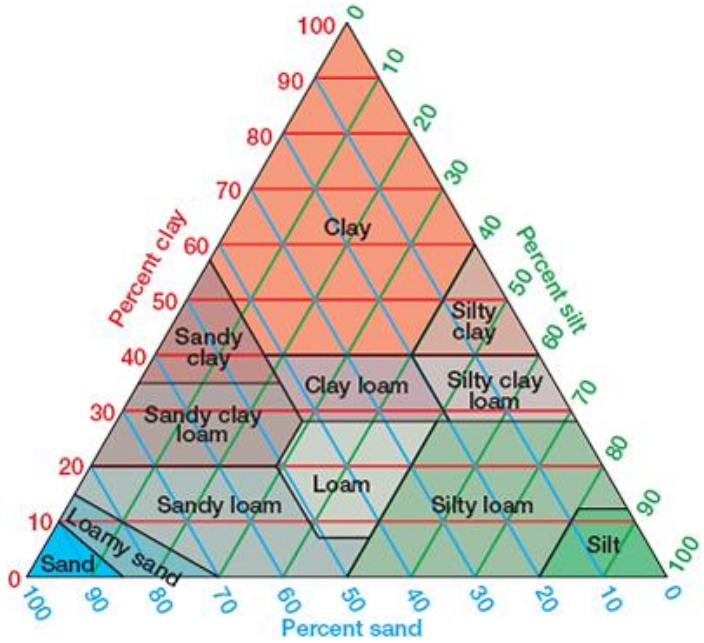
3.1. Određivanje teksture tla

Tekstura ili mehanički sastav tla predstavlja kvantitativni udio mehaničkih elemenata ili čestica tla. Za određivanje mehaničkoga sastava korištena je internacionalna B, odnosno pipet metoda, koja je kombinacija prosijavanja uzoraka i njihove sedimentacije u mirnoj vodi (Škorić, 1992.; Mitrikeski i Mitkova, 2001.).

Postupak: potrebno je odvagati 10 g zračno suhog tla u plastičnu bocu volumena 500 ml i preliti s 25 ml natrijevog pirofosfata. Suspenzija se promućka i ostavi mirovati preko noći. Idućeg dana doda se 250 ml destilirane vode i mućka 6 sati na rotacijskoj mućkalici. Nakon toga suspenzija se kvantitativno prenosi u cilindar za sedimentaciju preko sita s otvorima promjera 0,20 mm i 0,05 mm (Dugalić i Gajić, 2005.). Pomoću boce ispiralice čestice pijeska sa sita prenesu se u zasebne porculanske zdjelice, koje se stavljaju na vodenu kupelj zbog otparavanja vode. Po završetku postupka uzorke je potrebno sušiti u električnoj sušnici na 105 °C do postizanja konstantne mase (minimalno 5 sati) te vagati nakon hlađenja u vakuum eksikatoru. Nakon ispiranja sita preostala suspenzija prenosi se u cilindar za sedimentaciju, on se dopuni destiliranom vodom do 1 000 ml i pristupa se određivanju frakcije gline i praha.

Cilindar za sedimentaciju sa suspenzijom mućka se 1 minutu (uvijek u istom smjeru: lijevo-desno ili gore-dolje), spušta na stol 2 - 3 sekunde prije isteka predviđenog vremena, vadi čep i ostavi mirovati. Za to vrijeme u cilindru se odvija taloženje mehaničkih elemenata. Nakon 4' 48" s dubine od 10 cm pipetira se 10 ml uzorka, prenese u porculanski lončić, otpari na vodenoj kupelji, suši u električnoj sušnici na 105 °C do konstantne mase, hladi i važe te izračunava frakcija praha i gline.

Za frakciju gline ponovi se postupak mućkanja 1 minutu. Međutim, uzorak ostaje mirovati 8 sati, jer je to vrijeme potrebno za taloženje najveće koncentracije čestica gline na 10 cm



Slika 15. Teksturni trokut za određivanje teksturnih klasa

(Izvor: http://mgh-images.s3.amazonaws.com/9780321871770/508902-12-2IE1.png)

dubine. Po isteku tog vremena radi se postupak pipetiranja kao i za frakciju gline i praha. Frakcije praha i sitnog pijeska dobiju se računskim putem.

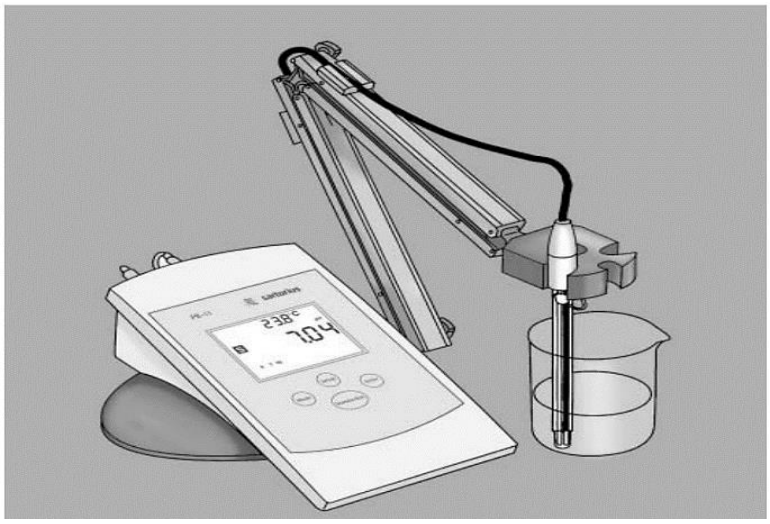
Sadržaj pojedinih frakcija izražava se u postocima (%), a teksturna klasa svakog uzorka može se, između ostalog, odrediti pomoću teksturnog trokuta (Slika 15).

3.2. Određivanje reakcije tla

Reakcija tla može biti kisela, neutralna ili alkalna. Izražava se kroz pH-vrijednost koja predstavlja negativan dekadski logaritam koncentracije H^+ iona u otopini tla. Poznavanje reakcije tla, prema Dugaliću i Gajiću (2005.), od velike je važnosti za razumijevanje pedogenetskih procesa i njihovog intenziteta, aktivnosti mikroorganizama te rast i razvoj biljaka.

Određivanje pH-vrijednosti može biti kolorimetrijskim i elektrokemijskim metodama. U pravilu kolorimetrijske metode, utemeljene na promjeni boje suspenzije, se koriste tijekom terenskih istraživanja.

Postupak elektrometrijskog određivanja pH-vrijednosti (Đurđević, 2014.) u deioniziranoj vodi i 1 mol dm^{-3} KCl-u je slijedeći: u dvije staklene čaše volumena 100 ml treba odvagati po 10 g zračno suhog uzorka tla prosijanog kroz sito s otvorima promjera 2 mm. Jedan



Slika 16. Digitalni pH-metar (Izvor: http://fan-tasy.org/wp-content/uploads/2016/08/Sartorius-Basic-PH-Meter.jpg)

uzorak se prelije s 25 ml deionizirane vode (aktualna kiselost), a drugi s 25 ml 1 mol dm^{-3} KCl-a (supstitucijska ili izmjenjiva kiselost).

Tablica 3. Ocjena reakcije tla (Soil Survey Division Staff, 1993.)

Reakcija tla	pH-vrijednost
Ultra kisela	< 3,5
Ekstremno kisela	3,5 - 4,4
Izrazito kisela	4,5 - 5,0
Jako kisela	5,1 - 5,5
Umjereno kisela	5,6 - 6,0
Slabo kisela	6,1 - 6,5
Neutralna	6,6 - 7,3
Slabo alkalna	7,4 - 7,8
Umjereno alkalna	7,9 - 8,4
Izrazito alkalna	8,5 - 9,0
Vrlo jako alkalna	> 9,0

Zatim se uzorci lagano promiješaju staklenim štapićem i ostave mirovati sljedećih 20 do 30 minuta, nakon čega se kombinirana elektroda pH-metra (Slika 16.) uroni u suspenziju i očita vrijednost na ekranu.

Na kraju je potrebno donijeti ocjenu reakcije (pH vrijednosti) za svaki uzorak na temelju graničnih vrijednosti, kao što je prikazano u Tablici 3.

3.3. Određivanje hidrolitičke kiselosti

Hidrolitička (potencijalna) kiselost tla javlja se u reakciji tla s otopinom hidrolitički alkalnih soli (soli jakih baza i slabih kiselina), kao što su natrijev acetat ili kalcijev acetat. Tijekom reakcije dolazi do zamjene H^+ iona adsorpcijskog kompleksa tla s baznim ionima acetata, a nastaje i octena kiselina. Njena količina utvrdi se titracijom. Kemijska reakcija je sljedeća:

$$CH_3COONa + H_2O \rightarrow CH_3COOH + NaOH$$

$$AK - H + NaOH + CH_3COOH \rightarrow AK - Na + H_2O + CH_3COOH$$

Količina octene kiseline nastale tijekom reakcije odgovara sadržaju lako izmjenjivih H^+ i Al^{3+} iona adsorpcijskog kompleksa tla.

Jedinice u kojima se izražava hidrolitička kiselost tla su: mekv 100 g^{-1} tla (miliekvivalenti po 100 g tla) ili $cmol^{(+)}\,kg^{-1}$ (centimol naboja po kilogramu). Vrijednosti hidrolitičke kiselosti tla koriste se u izračunu potrebne količine kalcizacijskog materijala i veličine KIK-a (kapaciteta adsorpcije kationa) kod kiselih tala.

Postupak: u plastičnu bocu za izmućkavanje treba odvagati 20 g zračno suhog tla, preliti s 50 ml Na-acetata i mućkati na rotacijskoj mućkalici 1 sat. Suspenzija se profiltrira kroz dvostruki naborani filter papir u Erlenmayerovu tikvicu volumena 250 ml. Zatim se 25 ml bistrog filtrata prenese u Erlenmayerovu tikvicu, zagrijava do vrenja radi uklanjanja CO_2, doda 1 - 2 kapi fenolftaleina i vruće titrira s 0,1 mol dm^{-3} NaOH do pojave ljubičaste boje. Za izračun je potrebno očitati utrošak NaOH i uvrstiti u sljedeću formulu:

$$Hk = \frac{a \cdot k \cdot 10 \cdot 1{,}75}{m} \ \left[cmol^{(+)}\,kg^{-1}\ tla\right]$$

a = utrošak (0,1 mol dm^{-3}) NaOH; ***k*** = faktor lužine; ***m*** = alikvotna masa tla;

1,75 (ili 3,25) = faktor za korekciju *(*Vukadinović i Bertić, 1989.)

3.4. Određivanje sadržaja humusa u tlu bikromatnom metodom

Za određivanje humusa u tlu koristi se metoda mokrog spaljivanja organske tvari kalijevim bikromatom (bikromatna metoda). Kemijska reakcija se odvija prema jednadžbi:

$$3\ C_{org.} + 2\ K_2Cr_2O_7 + 8\ H_2SO_4 \rightarrow 3\ CO_2 + 2\ Cr_2(SO_4)_3 + 2\ K_2SO_4 + 8\ H_2O$$

Tijekom kemijske reakcije narančasta boja otopine kalijevog bikromata (prisustvo Cr^{6+}) prelazi u zelenu (Cr^{3+}) što omogućava spektrofotometrijsko mjerenje organskog ugljika na 585 nm (Vukadinović i Bertić, 1989.).

Postupak: u čašu volumena 250 ml odvaže se 1 g zračno suhog uzorka, prelije s 30 ml 0,33 M $K_2Cr_2O_7$ i 20 ml koncentrirane H_2SO_4. Istovremeno se pripremi osnovni standard tako što se u odmjernu tikvicu od 100 ml odvaže 10 g dehidrirane glukoze i nadopuni do markice destiliranom vodom. Nakon toga se u seriju staklenih čaša volumena 250 ml otpipetira 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,5 - 1,0 i 2,0 ml osnovnog standarda. Uzorci i standardi se zajedno stavljaju u sušionik i griju 90 minuta na temperaturi 98 - 100 °C. Nakon hlađenja ih je potrebno preliti s 80 ml destilirane vode. Kada istekne 24 sata vrši se mjerenje spektrofotometrom na 585 nm.

Tablica 4. Ocjena humoznosti tla po Gračaninu (citat: Škorić, 1992.)

Humus (%)	Ocjena humoznosti
< 1	vrlo slabo humozno
1 – 3	slabo humozno
3 – 5	dosta humozno
5 – 10	jako humozno
> 10	vrlo jako humozno

Očitanja standarda na spektrofotometru služe za izradu kalibracijske krivulje iz koje se izračuna količina ugljika u uzorcima, a zatim se preračuna na postotni sadržaj humusa.

Granične vrijednosti prikazane u Tablici 4. služe za procjenu opskrbljenosti istraživanih tala humusom.

3.5. Određivanje kapaciteta adsorpcije kationa (KIK)

Uobičajena metoda za određivanje kapaciteta adsorpcije kationa u tlu je metoda izmjene kationa na adsorpcijskom kompleksu tla s amonijevim kationima iz otopine CH_3COONH_4. Pošto se utvrđuje sposobnost zamjene na adsorpcijskom kompleksu, kapacitet za adsorpciju naziva se kationski izmjenjivački kapacitet (CEC ili KIK).

Postupak: pripremiti 1M CH_3COONH_4 te pH vrijednost otopine podesiti na 7 dodavanjem amonijaka ili octene kiseline. Nakon toga treba odvagati 10 g zračno suhog tla, preliti s 50 ml 1M CH_3COONH_4, promiješati i ostaviti stajati 24 sata kako bi se izvršila zamjena kationa s adsorpcijskog kompleksa tla. Potom se uzorak centrifugira 5 min i profilitrira u odmjernu tikvicu od 100 ml. Tlo, preostalo u kivetama, treba preliti s 20 ml 1M CH_3COONH_4, promućkati, ponovno centrifugirati i filtrirati u istu odmjernu tikvicu. Cijeli postupak se još jednom ponovi. Na kraju se odmjerna tikvica do markice nadopuni s 1M CH_3COONH_4. Koncentracija kationa mjeri se na AAS-u apsorpcijskom tehnikom za Ca^{2+} (na 422,7 nm) i za Mg^{2+} (na 202,6 nm), a emisijskom koncentracija K^+ (na 404,4 nm) i Na^+ (na 589,0 nm).

KIK se izražava u centimolima naboja po kilogramu tla ($cmol^{(+)}\ kg^{-1}$) ili u mekv 100 g^{-1} tla. Kod izračuna prvo se koncentracija Ca, Mg, K i Na mora preračunati u ekvivalentnu vrijednost koje se zatim zbroje. Ako je uzorak tla kisele reakcije treba dodati i njegovu vrijednost hidrolitičke kiselosti (Vukadinović i Bertić, 1989.), a procjena KIK-a se vrši kao je predočeno u Tablici 5.

Tablica 5. Ocjena KIK-a (Hazelton, Murphy, 2007.)

Ocjena	KIK (cmol (+)/kg)
Jako nizak	< 6
Nizak	6 - 12
Umjeren	12 - 25
Visok	25 - 40
Vrlo visok	> 40

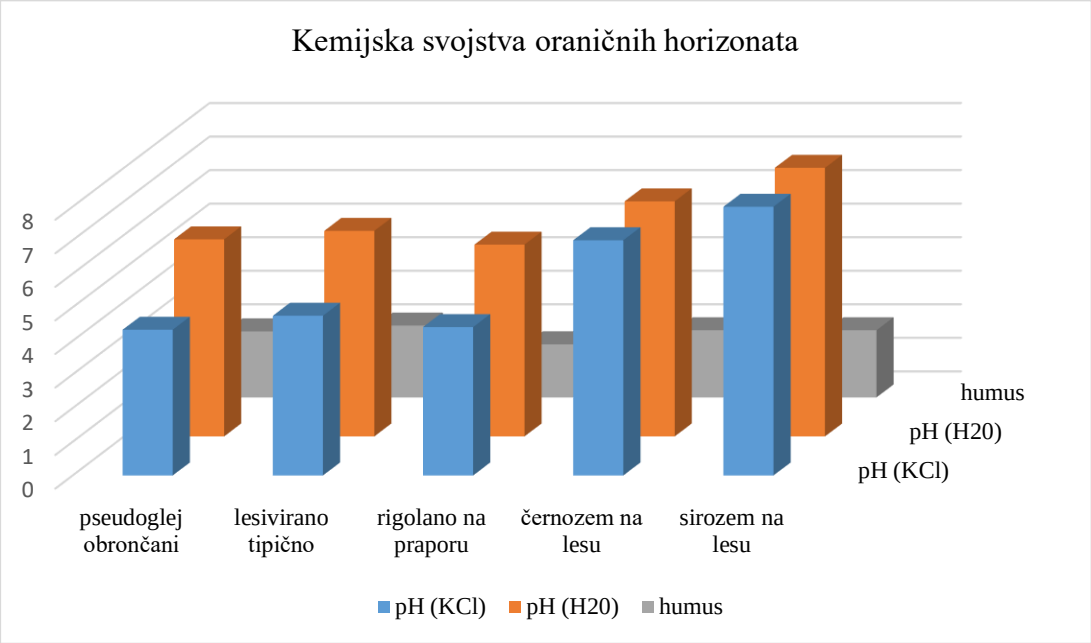
4. REZULTATI

Prema rezultatima kemijske analize uzoraka tala iz oraničnog (0 - 30 cm) i podoraničnog (30 - 60 cm) sloja vidljivo je da su pseudoglej, lesivirano i rigolano tlo izrazito kisele reakcije s pH 4,33 - 4,79 u oraničnom sloju. U oraničnom sloju černozem ima neutralnu reakciju (pH 7), a sirozem umjereno alkalnu (pH 8) (Grafikon 1.).

Sadržaj humusa u oba sloja i u svim tipovima tala je nizak (Grafikoni 1. i 2.). Svi uzorci su u slabo humozni u oraničnom sloju (1,58 - 2 % humusa) (Grafikon 1.).

Prema srednjim vrijednostima najniži sadržaj gline u oraničnom horizontu zabilježen je kod černozema 23%, a najveći kod rigolanog tla 26,91 % (Tablica 5.).

Grafikon 1. Kemijska svojstva oraničnih horizonata



Do 30 cm dubine tla vrijednost KIK-a kretala se od 23,033 $cmol^{(+)}\,kg^{-1}$ kod pseudogleja do 104 $cmol^{(+)}\,kg^{-1}$ kod černozema (Tablica 5.).

Vrijednost Hk (hidrolitička kiselost) kretala se od 3,38 što je ultra kiselo kod lesiviranog tla do 5,091 kod pseudogleja što je jako kiselo (Tablica 5.)

Tablica 5. Statistički pokazatelji prosječnih vrijednosti kemijskih indikatora u oraničnim horizontima

Tip tla		*Glina (%)*	*Humus (%)*	*KIK ($cmol^{(+)}kg^{-1}$)*	*Hk ($cmol^{(+)}kg^{-1}$)*
Pseudoglej	n	10	10	10	10
	x	26,47	1,965	23,033	5,091
	SD	6,844539	0,336361	8,291098	1,825264
	Kv%	25,85772	17,11762	35,99661	35,85275
	min	19,04	1,6	14,88	2,45
	max	42,17	2,67	41,27	8,31
Lesivirano	n	10	10	10	10
	x	23,127	2,137	25,2202	3,384
	SD	4,441326	0,54659	4,153336	0,716584
	Kv%	19,20407	25,5773	16,46829	21,17566
	min	14,23	1,36	19,09	2,06
	max	27,78	3,08	31,19	4,2
Rigolano na praporu	n	10	10	10	10
	x	26,913	1,579	24,892	4,289
	SD	5,323209	0,400595	6,809446	1,272323
	Kv%	19,77932	25,3702	27,35596	29,69248
	min	21,74	1,07	16,5	2,41
	max	35,83	2,24	36,46	6,96
Černozem	n	10	10	10	10
	x	23	2	104	0
	SD	3,56918	0,54067	64,8803	0,38896
	Kv%	15,62	25,9811	62,4677	316,228
	min	17	1	31	0
	max	28	3	217	1
Sirozem	n	11	11	11	11
	x	28	2	43	0
	SD	8,546284	0,574143	15,34092	0
	Kv%	277,2329	21,28	434,982	0
	min	14	2	40	0
	max	37	3	73	0

Tumač kratica: n- broj uzoraka, x- srednja vrijednost, SD- standardna devijacija, Kv% - koeficijent varijacije, min- minimalna vrijednost, max – maksimalna vrijednost, KIK – kapacitet izmjene kationa, Hk - hidrolitička kiselost

U podoraničnom horizontu zabilježene su ekstremno kisele reakcije kod pseudogleja, lesiviranog i rigolanog tla s pH 4,24 - 4,80 pH (Grafikon 2.).

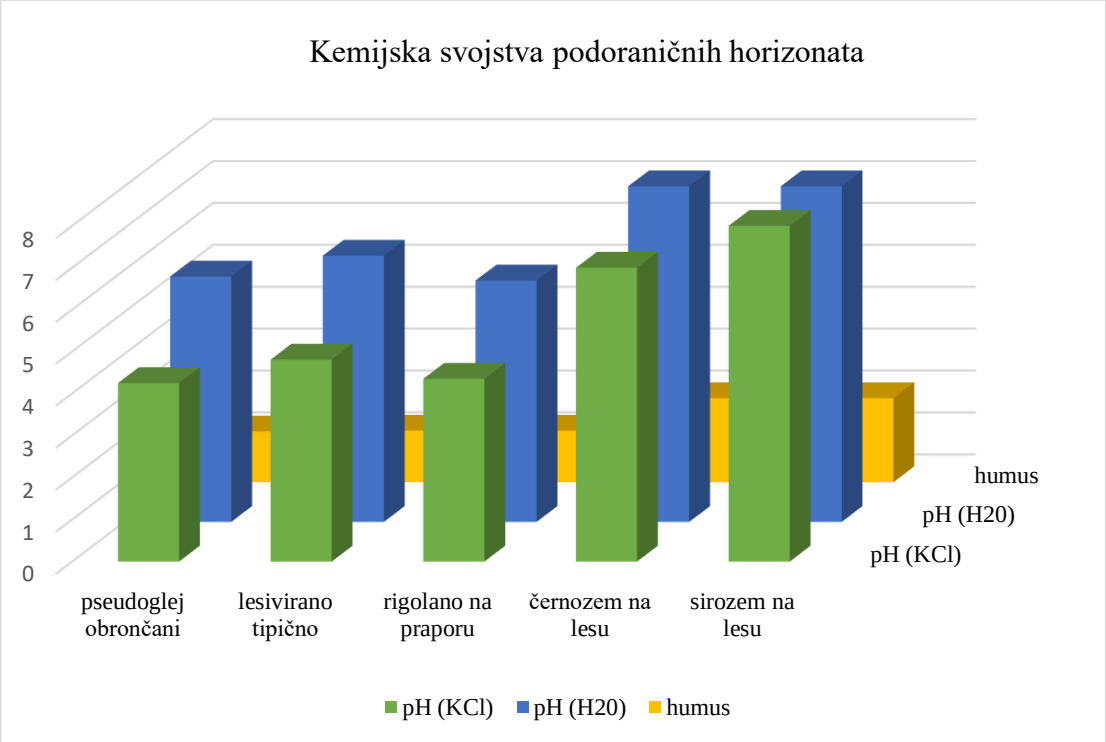
Istraživana tla su slabo humozna, a sadržaj humusa kretao se od 1,20 % kod pseudogleja do 2 % kod černozema i sirozema (Grafikon 2.).

Prema srednjim vrijednostima najveći sadržaj gline izmjeren je u pseudogleju (30,33 %), a najniži kod černozema (21 %) (Tablica 6.).

Vrlo visok KIK izmjeren je kod černozema (cmol$^{(+)}$ kg^{-1}, a umjeren kod pseudogleja, 17,94 cmol$^{(+)}$ kg^{-1} (Tablica 6.).

Hidrolitička kiselost je od 4,45 cmol$^{(+)}$ kg^{-1} kod pseudogleja, do 2,51 cmol$^{(+)}$ kg^{-1} kod lesiviranog tla.

Grafikon 2. Kemijska svojstva podoraničnih horizonata



Tablica 6. Statistički pokazatelji prosječnih vrijednosti kemijskih indikatora u podoraničnim horizontima

Tip tla		*Glina (%)*	*Humus (%)*	*KIK ($cmol^{(+)}kg^{-1}$)*	*Hk ($cmol^{(+)}kg^{-1}$)*
Pseudoglej	n	10	10	10	10
	x	30,338	1,205	17,941	4,458
	SD	6,179086	0,323805	6,937986	1,23998
	Kv%	20,36748	26,67183	38,67112	27,81472
	min	23,96	0,64	10,93	2,89
	max	42,58	1,59	33,36	5,95
Lesivirano	n	10	10	10	10
	x	27,019	1,226	19,0052	2,5169
	SD	4,464954	0,28949	3,498751	0,809107
	Kv%	16,52524	23,61256	18,40944	32,14696
	min	17,53	0,73	13,31	1,17
	max	33,4	1,74	23,57	3,81
Rigolano na praporu	n	10	10	10	10
	x	27,548	1,226	19,28	3,686
	SD	5,84464	0,339221	5,478142	0,927855
	Kv%	21,2162	27,66895	28,4136	25,17242
	min	21,64	0,78	12,62	2,28
	max	38,65	1,74	28,9	4,9
Černozem	n	10	10	10	10
	x	21	2	64	0
	SD	3,99	0,325749	40,79693	0,11068
	Kv%	18,72834	18,47695	63,9975	316,2278
	min	15	1	20	0
	max	28	2	125	0
Sirozem	n	11	11	11	11
	x	26	2	27	0
	SD	6,722734	0,567216	8,589167	0
	Kv%	262,3286	18,07	271,9961	0
	min	18	1	27	0
	max	35	3	46	0

Tumač kratica: n- broj uzoraka, x- srednja vrijednost, SD- standardna devijacija, Kv% - koeficijent varijacije, min- minimalna vrijednost, max – maksimalna vrijednost, KIK – kapacitet izmjene kationa, Hk - hidrolitička kiselost

5. RASPRAVA

Prema Škoriću (1986.) u *pseudoglejnim tlima* može se očekivati kisela reakcija s pH vrijednostima od 5,0 - 5,5, nizak KIK i koncentracije aluminijevih iona čak i u fitotoksičnim količinama. Tomašić i sur. (2013.) zabilježili su u svojim istraživanjima slabo kiselu reakciju (pH 6,56) i nisku vrijednost KIK-a od 10,5 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ tla u oraničnom sloju. U sloju 30 – 60 cm koncentracija H^+ iona je viša pa je i reakcija jako kisela (pH 5,29). KIK je sa vrijednošću KIK 4,40 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ tla, prema Hazelton i Murphy (2007.), jako nizak.

Rezultati kemijske analize istraživanih pseudogleja pokazala umjereno kiselu reakciju do dubine 60 cm, jer je pH 5,86 u oraničnom i pH 5,84 u podoraničnom horizontu. Prosječne vrijednosti KIK-a su umjerene: 23,03 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ u oraničnom sloju (umjeren KIK) i 17,94 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ u podoraničnom sloju. Ne treba zanemariti da se radi o 10 uzoraka uzetih na različitim lokacijama. KIK je u granicama 14,88 – 41,27 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ na dubini do 30 cm, a u dubljim slojevima je od 10,93 do 33,36 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ (Tablica 5. i 6.).

Prema sadržaju humusa ti pseudogleji su slabo humozni s prosječnom vrijednosti 1,965 % do 30 cm dubine. Možda je dobro naglasiti da je raspon rezultata od 1,6 – 2,67 % što govori su pseudogleji istočne Slavonije siromašni organskom tvari.

Hidrolitička kiselost j eu rasponu od 2,45 do 8,31 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ (prosjek 5,091) u površinskih 30 cm, a u podoraničnom sloju nije velika razlika jer je prosječna vrijednost Hk 4,458 $cmol^{(+)}kg^{-1}$.

Kada se govori o *černozemu* uvijek je prvo na umu kako se radi o tlu najboljih proizvodnih sposobnosti. U klasifikaciji (Škorić, 1986., Husnjak, 2014.) je opisan kao tlo slabo alkalne reakcije sa 20 – 30 % gline te kapacitetom adsorpcije kationa 30 - 35 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ tla. Tomašić i sur. (2013.) su u površinskih 30 cm analizom dobili da je KIK 18,1 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ tla, a pH 6,69. U podoraničnom sloju KIK je iznosio 20,2 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ tla, a pH 6,97.

Rezultati prikazani u tablicama 5. i 6. pokazuju da je prosječna vrijednost KIK-a iznosila 104 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ u oraničnim (31 – 217 $cmol^{(+)}kg^{-1}$) i 64 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ u podoraničnim slojevima (u rasponu 20 – 125 $cmol^{(+)}kg^{-1}$).

Sadržaj gline u oraničnom sloju je 23%, a a u podoraničnom 21%. Prema istraživanjima Ubović i Dozet za černozem zabilježen je pH 7,39 što je približno dobivenim rezultatima od pH 8 u oba sloja.

Vrijednosti pH kod *sirozema* su u granicama pH 7,8 - 8,5, a srednja vrijednost u oba sloja je 8. Udio humusa je 2 % što je nešto više od pretpostavke da ga je u sirozemu manje od 1%.

KIK je jako visok u oraničnim slojevima (40 – 73 $cmol^{(+)}kg^{-1}$), a u dubljem sloje je od 27 do 46 $cmol^{(+)}kg^{-1}$ (Tablice 5. i 6.).

Utvrđene su korelacije između KIK-a i humusa, KIK-a i gline za oranični i podoranični horizont.

U oraničnom horizontu pseudogleja utvrđena je jaka korelacija između KIK-a i gline, te slaba negativna veza između KIK-a i humusa, isto je utvrđeno i za podoranični horizont. (Tablica 7.)

Kod lesiviranog tla u oraničnom horizontu utvrđena je slaba veza KIK-a i humusa te jako slaba negativa veza KIK-a i gline. Za razliku od toga u podooraničnom horizontu zabilježena je jaka veza između KIK-a i humusa te jako slaba negativna veza između KIK-a i gline. (Tablica 7.)

U oraničnom horizontu rigolanog tla utvrđena je izuzetno jaka veza između KIK-a i gline te slaba negativna veza između KIK-a i humusa, a isto je utvrđeno i u podoraničnom horizontu. (Tablica 7.)

Kod černozema utvrena je jaka negativna veza između KIK-a i glinu oba horizonta, te srednje jaka veza KIK-a i humusa u oraničnom horizintu i slaba veza u podoraničnom horizontu. (Tablica 7.)

Korelacija između KIK-a i humusa u oraničnom horizontu sirozema je srednje jaka, dok je korelacija između KIK-a i gline veoma jaka negativna. U podoraničnom sloju korelacija između KIK-a i humusa je slaba, a između KIK-a i gline jaka negativna. (Tablica 7.)

Korelacija između pH i humusa u oraničnom horizontu obrončanog pseudogleja je slaba, a između pH i gline nema povezanosti. Također nije utvrđena nikakva povezanost između pH i humusa i pH i gline u podoraničnom horizontu. (Tablica 8.)

U oraničnom horizontu tipičnog lesiviranog tla korelacija između Ph i hummusa je jako slaba, a između pH i gline je utvrđena jaka negativna veza. U podoraničnom horizontu utvrđena je jaka veza između ph i humusa i jaka negativna korelacija između pH i gline. (Tablica 8.)

Tablica 7. Korelacije KIK – humus i KIK – glina u oraničnom i podoraničnom horizontu

		Oranični horizont	**Podoranični horizont**
Pseudoglej obrončani	KIK – humus	-0,3366	-0,39
	KIK - glina	0,93	0,85
Lesivirano tipično	KIK – humus	0,36	0,59
	KIK – glina	-0,25	-0,17
Rigolano na praporu	KIK – humus	-0,34	-0,34
	KIK – glina	0,93	0,84
Černozem na lesu	KIK – humus	0,42	0,13
	KIK – glina	-0,55	-0,41
Sirozem na lesu	KIK – humus	0,50	0,36
	KIK – glina	-0,75	-0,51

Također su utvrđene i korelacije između pH i humusa te pH i gline u oraničnom i podoraničnom horizontu.

Tablica 8. Korelacije pH – humus i pH – glina u oraničnom i podoraničom horizontu

		Oranični horizont	**Podoranični horizont**
Pseudoglej obrončani	pH – humus	0,37	0,03
	pH - glina	0,05	-0,006
Lesivirano tipično	pH – humus	0,15	0,72
	pH – glina	-0,59	-0,56
Rigolano na praporu	pH – humus	0,29	-0,007
	pH – glina	0,29	-0,005
Černozem na lesu	pH – humus	0,45	-0,25
	pH – glina	-0,62	-0,80
Sirozem na lesu	pH – humus	-0,004	0,13
	pH – glina	-0,15	-0,13

Kod rigolanog tla na praporu utvrđene su slabe veze u oraničnom horizontu , dok u podoraničnom horizontu nema povezanosti između pH i humusa niti između pH i gline. (Tablica 8.)

Korelacija između pH i humusa u oraničnom horizontu černozema na lesu je srednje jaka, a korelacija između pH i gline jaka negativna. U podoraničnom horizontu utvrđene su jako slaba negativna veza između pH i humusa te veoma jaka negativna veza između pH i gline. (Tablica 8.)

U oraničnom horizontu sirozema na lesu nije utvrđena povezanost između pH i humusa, a veza između pH i gline je jako slaba. Isto tako je i u slučaju podoraničnog horizonta. (Tablica 8.)

6. ZAKLJUČAK

Povećana potreba za hranom u svjetskim razmjerima značajno je ubrzala degradacijske procese na obradivim površinama. Iz tog razloga sve je veći udio proizvodnih površina koje su niske plodnosti. Sve takve površine traže dodatna ulaganja kroz adekvatne mjere koje imaju za cilja podizanje razine njihove produktivnosti. Da bi ulaganja postala isplativa potrebno je provoditi kontinuirana istraživanja i prikupljati podatke o fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima tala.

U radu su obrađeni podaci dugogodišnjih istraživanja na području istočne Slavonije. Pri tom je odabrano 5 tipova tala (sirozem, lesivirano tlo, černozem, pseudoglej i rigolano tlo) na 10 različitih lokacija. S obzirom na veliko područje koje pokrivaju istraživanja uzete su prosječne vrijednosti za pojedine tipove tala.

Obrada rezultat je pokazala da su pseudogleji, lesivirana tla i rigolana izrazito kisele reakcije u oraničnom sloju (pH 4,33 – 4,79). Černozemi su imali neutralnu reakciju, a sirozemi umjereno alkalnu. Tla su slabo humozna (1,58 – 2 % humusa).Što se tiče sadržaja gline on je najveći kod rigolanog tla (26,91 %) u oraničnom sloju.

U oraničnom sloju vrijednost KIK-a kretala se od 23,033 cmol/kg kod pseudogleja do 104 cmol/kg kod černozema (tablica 8.). Hidrolitička kiselost kretala se od 3,38 što je ultra kiselo kod lesiviranog tla do 5,091 kod pseudogleja što je jako kiselo.

Analiza korelacijskih veza pokazala je kod černozema jaku negativna veza između KIK-a i gline u oba horizonta, te srednje jaku vezu KIK-a i humusa u oraničnom horizintu i slaba vezu u podoraničnom horizontu.

U oraničnom horizontu rigolanog tla utvrđena je izuzetno jaka veza između KIK-a i gline te slaba negativna veza između KIK-a i humusa, a isto je utvrđeno i u podoraničnom horizontu.

U oraničnom horizontu tipičnog lesiviranog tla korelacija između pH i hummusa je jako slaba, a između pH i gline je utvrđena jaka negativna veza. U podoraničnom horizontu utvrđena je jaka veza između pH i humusa i jaka negativna korelacija između pH i gline.

7. POPIS LITERATURE

1. Arnold, R. W. (2006.): Concepts of soils. In: Soils: Basic Concepts and Future Challenges. Certini, G., Scalenge, R. (edit.). Cambridge University Press. 1-10.
2. Bašić, F. (2013.): The Soils of Croatia. World Soils Book Series. Springer.
3. Bloom, P. R. (1981.): Phosphorus adsorption by an aluminium peat complex. Soil Sci. Arm. J.45.
4. Cresser, M., Killham, K., Edwards, T. (1993.): Soil Chemistry and its Applications. Cambridge University Press.
5. Dugalić, G. J., Gajić, B. A. (2005.): Pedologija – praktikum. Agronomski fakultet Čačak. Čačak.
6. Đurđević, B. (2014.): Praktikum iz ishrane bilja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku. http://ishranabilja.com.hr/literatura.html.
7. Foukalova, J., Pospišilova, L., Janček, M. (2008.): Relations between soil respiration, humus quality and cation exchange capacitx in selected subtypes of chernozem in south Moravia region. ACTA universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis. LVI(1).
8. Gajić, B., Dugalić, G., Djurović, N. (2006.): Comparison of soil organic matter content, aggregate composition and water stability of gleyc fluvisol from adjacent forest and cultivated areas. Agronomy Research. 4(2): 499-508
9. Mitrikeski J., Mitkova, T. (2001.): Praktikum po pedologija. Univerzitet „Sv. Kiril i Metodij“ – Skopje, Zemjodelski fakultet. Skopje.
10. Hazelton, P., Murphy; P (2007.): Interpreting soil test results : what do all the numbers mean?. NSW Department of Natural Resources. CSIRO Publishing.
11. Hrvatska enciklopedija (http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=56610) pristup (23.09.2017.)
12. Husnjak, S. (2014.): Sistematika tala Hrvatske. Hrvatska sveučilišna naklada. Zagreb.
13. Ketterings, Q., Reid, S., Rao; R. (2007.): Cation Exchange Capacity (CEC). Cornell Univerity Cooperative Exstension. 2007.

14. Osman, K. T. (2014.): Soil Degradation, Conservation and Remediation. Springer. 1-23

15. Pernar, N. Bakšić, D., Perković, I. (2013.): Terenska i laboratorijska istraživanja tla - priručnik za uzorkovanje i analizu. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatske šume d.o.o.

16. Resulović, H. (1969.): Pedološki praktikum. Univerzitet u Sarajevu. Sarajevo.

17. Resulović, H., Čustović, H., Čengić, I. (2008.): Sistematika tla/zemljišta, nastanak, svojstva i plodnost. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu. Bemus, Sarajevo.

18. Soil Survey Division Staff (1993.): Soil Survey Manual – Agricultural Handbook No. 18. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture.

19. Sonon, L., Kissel, D., Saha, U. (2014.): Cation Exchange Capacity and Based Saturation. UGA Exstension Circular. 1040.

20. Škorić, A. (1977.): Tla Slavonije i Baranje. Projektni savjet pedološke karte SR Hrvatske. Posebna izdanja, knjiga 1. Zagreb.

21. Škorić, A. (1986.): Postanak, razvoj i sistematika tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Posebna izdanja Poljoprivredne znanstvene smotre. Zagreb.

22. Škorić, A. (1992.): Priručnik za pedološka istraživanja. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet poljoprivrednih znanosti – Zagreb. Zagreb.

23. Tomašić, M., Zgorelec, Ž., Jurišić, A., Kisić, I. (2013.): Cation Exchange Capacity of Dominant soil Types in the Republic of Croatia. Journal of Central european Agriculture.14(3): 937-951

24. Vukadinović, V., Bertić, B. (1989.): Praktikum iz agrokemije i ishrane bilja. Sveučilište u Osijeku, BTZNC, Poljoprivredni fakultet Osijek. Osijek.

25. van Wesemael, B. (1992.): Adsorption complex, pH relationships in some acid mediterranean forest soil profiles. University of Amsterdam. Amsterdam.

26. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

27. Zdruli, P., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (2004.): Organic Matter in the Soils of Southern Europe. European soil Bureau Tehnical Report, EUR 21083 EN. Luxembourg.

28. Zhangurov, E. V., Tonkonogov, V. D., Zaboeva, I. V. (2008.): Automorphic Soils of the Central and Southern Timal Ridge. Eurasian Soil Science. Pleiades Publishing, Ltd, 41(12).

Jedinica s interneta:

1. http://pedologija.com.hr/literatura/
2. http://www.pfos.hr/upload/documents/OBsK-_07%20Osnovne%20znacajke%20tla.pdf
3. https://www.fkit.unizg.hr/_download/repository/skripta-Kem_i_biokem_procesi.pdf
4. https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ay/ay-238.html
5. http://www.soilquality.org.au/factsheets/cation-exchange-capacity
6. http://www.edinburghgardenschool.com/2014/10/soil-colloids/
7. https://www.dbges.de/en/system/files/fotogalerie/image16.jpg

8. SAŽETAK

U radu su obrađeni podaci dugogodišnjih istraživanja na području istočne Slavonije. Odabrano je 5 tipova tala (sirozem, lesivirano tlo, černozem, pseudoglej i rigolano tlo) na 10 različitih lokacija. Kod obrade rezultata uzete su u obzir prosječne vrijednosti pojedinih tipova u površinskim (0 – 30 cm) i podpovršinskim (30 – 60 cm) slojevima S obzirom na veliko područje koje pokrivaju istraživanja uzete su prosječne vrijednosti za pojedine tipove tala. Analiza je pokazala da su pseudogleji, lesivirana tla i rigolana izrazito kisele reakcije u oraničnom sloju (pH 4,33 – 4,79). Černozemi su imali neutralnu reakciju, a sirozemi umjereno alkalnu. Tla su slabo humozna (1,58 – 2 % humusa).Što se tiče sadržaja gline on je najveći kod rigolanog tla (26,91 %) u oraničnom sloju. U oraničnom sloju vrijednost KIK-a kretala se od 23,033 cmol/kg kod pseudogleja do 104 cmol/kg kod černozema. Hidrolitička kiselost kretala se od 3,38 što je ultra kiselo kod lesiviranog tla do 5,091 kod pseudogleja što je jako kiselo.

9. SUMMARY

This thessis usess data of a long-term research in he area of Eastern Slavonija. 5 soil tyes were chosen (regosol, luvisol, chernozem, pseudogley and rigosol) on 10 different locations. In the data analasis average values of certain tipes in surface (0-30 cm) and subsurface (30-60 cm) layer were taken into account. Considering the large area covered by the survey, average values were taken for each type of soil. Analysis showed that pseudogley, luvisol and rigosol have very acidic reaction in surface layer (pH 4,33 – 4,79). Chernozems had neutral reaction and regosol moderate. The soils are low in humus (1,58 – 2% humus. Content of clay is highest in rigosol (26,91%) in surface layer. In the surface layer value of CEC ranged from 23,33 cmol/kg in pseudogley to 104 cmol/kg in chernozem. Hydrolytic acidity ranged from 3,38 which is ultra acidic to 5,091 in luvisol and pesudogley which is very acidic.

10. POPIS TABLICA

Tablica	Opis tablice
1	Koncentracija izmjenjivih kationa (cmol(+) kg-1) (Hazelton i Murphy, 2007.)
2	Utjecaj teksture tla na intenzitet infiltracije vode u tlo i njegov kapacitet sorpcije (Vukadinović i Vukadinović, 2011.)
3	Ocjena reakcije tla (Soil Survey Division Staff, 1993.)
	Ocjena humoznosti tla po Gračaninu (citat: Škorić, 1992.)
5	Ocjena KIK-a (Hazelton, Murphy, 2007.)
6	Statistički pokazatelji prosječnih vrijednosti kemijskih indikatora u oraničnim horizontima
7	Statistički pokazatelji prosječnih vrijednosti kemijskih indikatora u podoraničnim horizontima
8	Statistički pokazatelji prosječnih vrijednosti kemijskih indikatora u podoraničnim horizontima
9	Korelacije KIK – humus i KIK – glina u oraničnom i podoraničnom horizontu
10	Korelacije pH – humus i pH – glina u oraničnom i podoraničom horizontu

11. POPIS SLIKA

Slika	Opis slike
1	Koncept adsorpcije kationa na aktivnu površinu gline https://www.researchgate.net/publication/270286841_The_Earth_Its_Soil_Water_and_Atmosphere/figures?lo=1
2	Utjecaj pH na KIK (izvor: Sonon i sur., 2014.)
3	Shematski prikaz tla sa niskim i visokim KIK-om (https://www.superior.net.nz/pages/8-3/Understanding-the-Science)
4	Rasprostranjenost sirozema (Izvor: Bašić, 2013.)
5	Sirozem u Baranji (foto: Vukadinović)
6	Profil tipičnog černozema (Bašić, 2013.)
7	Zone černozema u RH (Bašić, 2013.)
8	Lesni plato (okolica Erduta) (foto: Vukadinović)
9	Tipičan reljef u kojem se razvija lesivirano tlo (foto: Vukadinović
10	Profil lesiviranog tla (foto: Vukadinović)
11	Rasprostranjenost lesiviranih tala u Hrvatskoj (izvor: Husnjak, 2014.)
12	Rasprostranjenost rigolanih tala u RH (Bašić, 2013.)
13	Rasprostranjenost pseudogleja u RH (Bašić, 2013.)
14	Profil pseudogleja https://www.dbges.de/en/system/files/fotogalerie/image16.jpg
15	Teksturni trokut za određivanje teksturnih klasa (Izvor: http://mgh-images.s3.amazonaws.com/9780321871770/508902-12-2IE1.png)
16	Digitalni pH-metar (Izvor: http://fan-tasy.org/wp-content/uploads/2016/08/Sartorius-Basic-PH-Meter.jpg)

12. POPIS GRAFIKONA

Grafikon	Opis grafikona
1	Kemijska svojstva oraničnih horizonata
2	Kemijska svojstva podoraničnih horizonata

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

ADSORPCIJSKI KOMPLEKS U TLIMA ISTOČNE SLAVONIJE

Barbara Čolik

Sažetak

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Mentor: izv. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović

Broj stranica: 48
Broj grafikona i slika: 2 grafikona, 16 slika
Broj tablica: 10
Broj literaturnih navoda: 36
Broj priloga:0
Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi:
adsorpcijski kompleks, tipovi tala

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. izv. prof. dr. sc. Irena Jug, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović, mentor
3. doc. dr. sc. Boris Đurđević, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku**,** Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

BASIC DOCUMENTATION CARD
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek **Graduate thesis**
Faculty of Agriculture
University Graduate Studies Plant production, course Soil fertility and soil science

SOIL ADSORPTION COMPLEX IN THE EASTERN SLAVONIA

Barbara Čolik

Abstract:

Key words:

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor:

Number of pages: 48
Number of figures: 2 graphs, 16 images
Number of tables: 16
Number of references: 36
Number of appendices: 0
Original in: Croatian

Key words:
Soil adsorption complex, soil types

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. izv. prof. dr. sc. Irena Jug, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović, mentor
3. doc. dr. sc. Boris Đurđević, član

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1