Poljoprivredno onečišćenje tla fosfatima na području Osječko-baranjske županije

Varžić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2014

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:863675

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

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

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Ivan Varžić, apsolvent

Diplomski studij, Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

POLJOPRIVREDNO ONEČIŠĆENJE TLA FOSFATIMA NA PODRUČJU OSJEČKO-BARANJSKE ŽUPANIJE

Diplomski rad

Osijek, 2014. godina

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Ivan Varžić, apsolvent

Diplomski studij, Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

POLJOPRIVREDNO ONEČIŠĆENJE TLA FOSFATIMA NA PODRUČJU OSJEČKO-BARANJSKE ŽUPANIJE

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof.dr.sc. Irena Jug, predsjednik

2. doc.dr.sc. Boris Đurđević, mentor

3. doc.dr.sc. Ivan Plaščak, član

Osijek, 2014. godina

SADRŽAJ

1. Uvod 1
2.Pregled literature 2
2.1. Tlo 2
2.2. Onečišćenje tla 3
2.3. Zaštita tla 6
2.4. Fosfati 7
2.4.1. Fosfor u tlu 8
2.4.2. Fosfor u biljkama 10
2.5. Utjecaj fosfata na tlo i okoliš 10
3. Materijal i metode 13
3.1. Uzorkovanje zemljišta 13
3.2. Osnovne kemijske i fizikalne analize uzoraka 13
3.2.1. pH reakcija tla 13
3.2.2. Određivanje biljci lako pristupačnog fosfora (AL-P_2O_5) 15
3.2.4. KIK (kationsko izmjenjivački kapacitet tla) 15
3.3. Kriging 15
4. Rezultati i rasprava 17
5. Zaključak 27
6. Popis literature 28
7. Sažetak 31
8. Summary 32
9. Popis tablica 33
10. Popis slika 34
11. Popis grafikona 35
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA 36
BASIC DOCUMENTATION CARD 37

1. Uvod

Onečišćenje okoliša danas je jedan od najvećih problema u svijetu. Naročito je veliki u slučaju onečišćenja tla i voda, jer su to najveća i nezamjenjiva bogatstva. Danas u svijetu gotovo da i ne postoji zemlja koja nije pogođena sa nekim oblikom zagađenja. Gotovo da i ne postoje tla i vode koje nisu onečišćene sa različitim pesticidima, nitratima, naftnim derivatima, teškim metalima, radioaktivnim tvarima, otpadima urbanih naselja i dr. Površinski rastresiti sloj zemljine kore sastoji se od mineralnih i organskih materija, a čovjek svojim utjecajem konstantno ga ugrožava i zagađuje raznim otpadnim materijalima i otrovnim supstancama kao što su kemijska sredstva, pesticidi, umjetna gnojiva i drugo. Zbog svega navedenog trebala bi biti obavezna kontrola onečišćenja tla kako bi se spriječilo daljnje prekomjerno i nekontrolirano onečišćenje tala koje ima za posljedicu onečišćenje voda kao i onečišćenje zraka, tj. globalno gledajući onečišćenje čitavog okoliša. U Hrvatskoj također kao i u ostalim dijelovima svijeta postoji značajan problem zagađenja zbog kojeg se vode razne rasprave i donose razni propisi kako bi se spriječilo daljnje uništavanje okoliša. Prioritet su programi i projekti održivog gospodarenja tlom i zemljištem s naglaskom primjene kontrolirane konvecionalne i aktualne alternativne poljoprivredne proizvodnje, vodeći računa o ograničenoj proizvodnosti i ranjivosti tla, stupnju namjenske pogodnosti tla i zemljišta, prihvatljivim hidro i agromelioracijskim mjerama, te stabilnim i ne pod svaku cijenu visokim prinosima poljoprivrednih kultura. (Udovičić, 2009.). Nadalje, vrlo je važno očuvanje stabilnosti šumskih eko sustava, generalni pad procesa humizacije kojim dolazi do pada koncentracije humusa u šumskim tlima i šumski požari koji se nažalost najvećim dijelom događaju u obalnom području, prioritetni su zadaci strategije i operativnog plana održivog gospodarenja šumskim tlom. U jedan od vodećih problema i prijetnji kada je u pitanju onečišćenje tla možemo svrstati poljoprivrednu proizvodnju, koja svojim raznim aktivnostima koje ju prate može vrlo negativno utjecati na stanje tla, a osobito se to odnosi na velike količine umjetnih gnojiva, kao i na kemijska sredstva koja se koriste u zaštiti ratarskih kultura. (Glavač, 1999.)

Zbog svega navedenog, primarni cilj ovog diplomskog rada je proučavanje i istraživanje onečišćenja tala fosfatima na području Osječko baranjske županije. Istraživat ćemo koliko i kako fosfati djeluju na stanje tla, također ćemo pokušati utvrditi kolika je njihova zastupljenost na određenim tlima Osječko baranjske županije.

2.Pregled literature

2.1.Tlo

Tlo je kao višenamjenski resurs i prirodno dobro koje je značajno za različite djelatnosti, a moguće ga je definirati s više aspekata i značaja na različitim područjima: geološki, ekološki, tržišno-gospodarski, poljoprivredno-šumski, fiziološki i gospodarski. Možemo ga definirati na različite načine, a opće prihvaćena definicija tla glasi: Tlo je rastresit sloj na površini Zemlje, smješten između litosfere i atmosfere, nastao od matične stijene pod utjecajem čimbenika pedogeneze djelovanjem procesa pedogeneze. Tlo je namijenjeno za brojne ljudske aktivnosti, a od toga najgori utjecaj na tlo ima prenamjena tla u svrhu nekih drugih aktivnosti, a koje ne služe za proizvodnju hrane i sirovina za proizvodnju hrane. Samo prenamjenom tla u neke druge svrhe ono se trajno isključuje iz svake prirodne namjene, a pored toga veliki problem nalazi se u tome što tlo na kojem se vrši biljna proizvodnja postiže najniže cijene, a opće je poznato da je tlo ograničen resurs na kojem se proizvodi preko 95% hrane ili sirovina za hranu. (Kisić, 2012.)

Slika 1. Oranično tlo

Preuzeto sa: http://www.agroportal.hr/search/cijena-oranice-u-slavoniji/ (05.03.2014.)

2.2. Onečišćenje tla

Razvojem tehnike i tehnologije čovjek je pedosferu doveo u stanje relativno velike onečišćenosti, čime je znatno oštetio, a ponegdje i ugrozio životnu sredinu. Onečišćenje možemo podijeliti na kvalitativne i kvantitativne promjene fizikalno, kemijskih i bioloških svojstava okoliša, a pod okoliš ubrajamo vodu, zrak i tlo. Zbog velikog i ubrzanog razvoj industrijske proizvodnje, demografske eksplozije ljudske populacije i primjene raznih agrokemijskih postupaka u poljoprivrednoj proizvodnji, tj. konvencionalnoj proizvodnji hrane, u posljednjih stotinjak godina došlo je do velikog onečišćenja okoliša koje nažalost i dalje traje. (Sofilić, 2014.)

Postoji nekoliko glavnih onečišćivača koji svojim prisustvom u okolišu ne samo da štetno djeluju na njega samog, nego i ozbiljno ugrožavaju sigurnost i zdravlje ljudske populacije. Među te glavne izvore onečišćenja mogli bi ubrojiti pesticide, umjetne radionuklide, teške kovine, naftu, elektronski smog, a posebno je važno istaknuti i vrlo negativan čovjekov utjecaj kada je u pitanju uništavanje okoliša sa različitim negativnim i štetnim postupcima. . (Fanuko, 2005.)

Slika 2. Primjer lošeg postupanja sa okolišem

Preuzeto sa: http://www.pd-kamenjak.hr/odsjeci/o_ekolozi.htm (07.03.2014.)

Nažalost, posljedice koje se javljaju kao rezultat lošeg gospodarenja tlom nisu lako uočljive, tj. manifestiraju se na uniforman način, pa ih zbog toga nije lako identificirati. Problem onečišćenja tala do 60-ih godina 20. Stoljeća gotovo da i nije postojao. Ta činjenica bila je opravdavana sa mišljenjima da su sva onečišćenja i nesreće koje su se događale kao posljedica ljudskih aktivnosti bile prihvaćane kao normalne pojave. Tek se u posljednjem desetljeću, zahvaljujući zakonskim odredbama kojima se za osnivanje bilo kojeg industrijskog pogona zahtijeva izrada studije utjecaja na okoliš, obavljena detaljna istraživanja o tome koliko su tla opterećena teškim metalima i drugim ekološki štetnim tvarima. Postoje mnogi čimbenici koji utječu na stanje tla a neki od njih su: poljoprivreda, erozija zemljišta, smanjivanje šuma, demografska ekspanzija, urbanizacija, industrija, promet, rudarstvo, dezertifikacija i dr.

Slika 3. Prikaz primjene kemijskih sredstava u poljoprivrednoj proizvodnji

Preuzeto sa: http://www.poljoprivredni-forum.biz/t9p120-sjetva-repe (08.03.2014.)

Ovaj rad fokusirat će se isključivo na onečišćenja tla iz poljoprivredne proizvodnje tj. fosfatima. Svaki oblik poljoprivredne proizvodnje, uključujući i sve mjere koje je potrebno obaviti kako bi se ostvario željeni prinos određene kulture, izravna je intervencija u prirodi, čime se često narušavaju i mijenjaju, ovisno o intenzitetu poljoprivrede, procesi u prirodnim ekosustavima. Dakle, moglo bi se reći da najveća ograničenja u razvoju čovječanstva nisu samo neobnovljivi izvori energije, rudna bogatstva koja se stalno mijenjaju, već i onečišćenje i oštećenje tala. (Fanuko, 2005.)

Poljoprivreda u Republici Hrvatskoj, kao i u drugim zemljama ima negativan utjecaj na stanje okoliša. U prirodnim se tlima u gornjih 10 cm tla nalazi 70-90 % organske tvari, dok se kod preoranih tala nalazi manje od 20 % organske tvari, a na dubini 15-25 cm nalazi se još 60% organske tvari. (Onečišćenje i zaštita tla, 2014.)

Loše stanje okoliša je posljedica neracionalnog pristupa obradi zemlje, odnosno rezultat je pogrešne primjene različitih agrotehničkih postupaka. Masovna i nekontrolirana upotreba raznih kemijskih sredstava i umjetnih gnojiva dovodi do velikih onečišćenja, kako samoga tla tako i podzemnih i površinskih voda. Poseban problem predstavlja taloženje pesticida u tlu i biljkama, čime se narušava mikrobiološka ravnoteža i aktivnost tla, te se smanjuje prinos kultura koje se siju narednih godina. To je naročito izraženo kod primjene perzistentnih herbicida, kojima se na velikim poljoprivrednim površinama može znatno smanjiti prinos pšenice, šećerne repe i drugih kultura. Također, duža upotreba umjetnih gnojiva negativno utječe na kvalitetu površinskih i podzemnih voda. Potrošnja umjetnih gnojiva po jedinici poljoprivrednih površina u hrvatskoj zaostaje za potrošnjom u zemljama s razvijenom poljoprivredom, ali je problem u tome što je upotreba umjetnih gnojiva vrlo često nekontrolirana neracionalna i zbog toga je ujedno i vrlo štetna. Tlo u poljoprivrednoj proizvodnji ima veliku funkciju i kao neobnovljivi izvor zahtijeva veliku pažnju i maksimalnu brigu o plodnosti, eroziji, strukturi i onečišćenju. Sve te činjenice lošeg utjecaja mnogih čimbenika na stanje tla, razlog je to zbog kojih se uvode brojne zakonske regulative kako bi se utjecalo na smanjenje onečišćenja tala, a o tome će biti više riječi u sljedećim poglavljima. (Onečišćenje i zaštita tla, 2014.)

2.3. Zaštita tla

Onečišćenje, koje u današnje vrijeme predstavlja jedan od najvećih problema u svijetu nemoguće je potpuno odstraniti, ali velikim trudom i svijenim poznavanjem ovoga problema se uvelike može smanjiti, kako u svim granama ljudskog društva tako i u poljoprivrednoj proizvodnji. Zaštita tla od onečišćenja uključuje veliki broj faktora kako bi se što više uspjelo smanjiti postojeća onečišćenja i sprječavanje daljnjeg velikog onečišćenja koje za posljedice ima smanjenje plodnosti, organske tvari u tlu, iscrpljivanje hraniva u tlu, pogoršanje strukture tla, nakupljane otrovnih tvari u tlu, povećanje erozije itd. smanjenje onečišćenja također može i izravno djelovati na biološku aktivnost tla. (Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, 2009.)

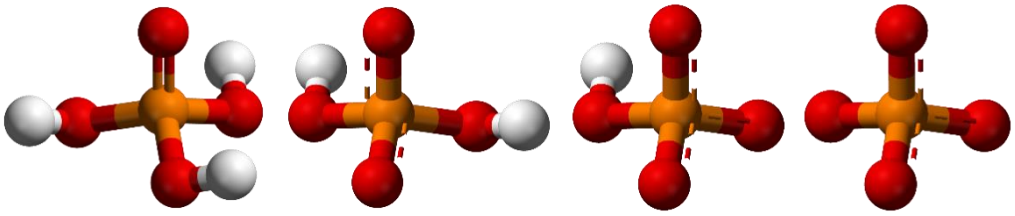
Tlo sadrži mnogo živih organizama kao što su bakterije, gljive, sitne životinje, itd. čija je uloga presudna za održavanje života u tlu kao i upravo je to pokazatelj kompletnog stanja tla. Važnu ulogu u tlu imaju gliste i poželjan je što veći broj glista u tlu. Populacija glista može biti smanjena prekomjernim korištenjem kemijskih tvari za zaštitu bilja, a također i prekomjerna količina gnojovke i gnojnice koje sadrže veliki sadržaj dušika u obliku amonijaka može smanjiti broj glista u tlu, što nikako nije dobro za život u tlu i njegovu održivost. Zbog toga je važno da se primjena stajskog gnoja izvrši na pravilan način i u povoljnim vremenskim prilikama kao i u povoljnom stanju tla za te radnje. Preduvjeti za povećanje biološke aktivnosti tla su primjena zrelog stajskog gnoja, pravilan plodored i uključivanje trava u plodored, zaoravanje žetvenih ostataka, jer jedino takvim načinom se mogu omogućiti razvoj mikroorganizama i drugih živih organizama u tlu koji su nezaobilazni u uspješnoj proizvodnji poljoprivrednih usjeva. Jedan od problema u današnjoj poljoprivrednoj proizvodnji je spaljivanje žetvenih ostataka jer dolazi do smanjenja organske tvari u tlu i smanjuje se biološka aktivnost tla. Zbog štetnog djelovanja spaljivanja žetvenih ostataka, oni se trebaju oranjem unositi u tlo jer se tako obogaćuje tlo sa organskom tvari i potrebnim hranivima, a i smanjuje se štetno djelovanje spaljivanja na okoliš. (Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, 2009.)

Jedan od preduvjeta za smanjenje daljnjeg nekontroliranog onečišćenja svih vrsta tala, je uvođenje programa po kojemu će biti moguća kontrola svih osobina tala, pa tako i

stupnja zagađenja određenog tla. Nažalost, za razliku od mnogih europskih država, u Hrvatskoj do danas nije uspostavljen sustav trajnog motrenja tala unatoč zalaganja znanstvene i stručne javnosti za taj slučaj. Upravo takvi sustavi omogućavaju povećanje poljoprivredne proizvodnje i također pružaju potrebne odgovore kako najučinkovitije zaštititi poljoprivredno tlo od brojnih negativnih utjecaja. Unatoč tome što se do danas nije uspio izraditi sustav trajnog motrenja tala u Hrvatskoj, pojedini znanstvenici su u sklopu svojih znanstvenih projekata obrađivali problematiku vezanu u trajno motrenje tla, ali motrenje tla koje bi uključivalo čitavo područje Hrvatske za sada nije započeto. Zavod za tlo je 2006. Godine proveo projekt „Izrada Programa trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot projektom“ i zahvaljujući ovom projektu u kojemu su sudjelovali brojni znanstvenici i stručne osobe, značajno se doprinijelo stjecanju iskustva i novih saznanja, te se značajno olakšala izrada ovog važnog projekta. Jedan od preduvjeta za stvaranje sustava trajnog motrenja tla je prepoznavanje pritisaka na tlo koji se odnose na oštećenje i onečišćenje tla. Kao glavni pritisci na tlo u zemljama Europske unije prepoznati su erozija, plavljenje, smanjenje organske tvari, prenamjena zemljišta, onečišćenje, smanjenje biodiverziteta tla, salinizacija, zbijanje tla. (Agencija za zaštitu okoliša, 2006.)

2.4. Fosfati

Fosfati su soli i esteri fosforne kiseline. U organskoj kemiji pod fosfatima (ili organofosfatima) se podrazumijeva ester fosforne kiseline. Fosfati su vrlo značajni u biokemiji i kemiji, a samim time i za poljoprivrednu proizvodnju tj. ishranu bilja. Anion PO_4^{3-} kao i njegovi kondenzati (polimeri) i organofosfati nazivaju se fosfati PO_4^{3-} a molarna masa iznosi 94,973 g.mola^{-1}.

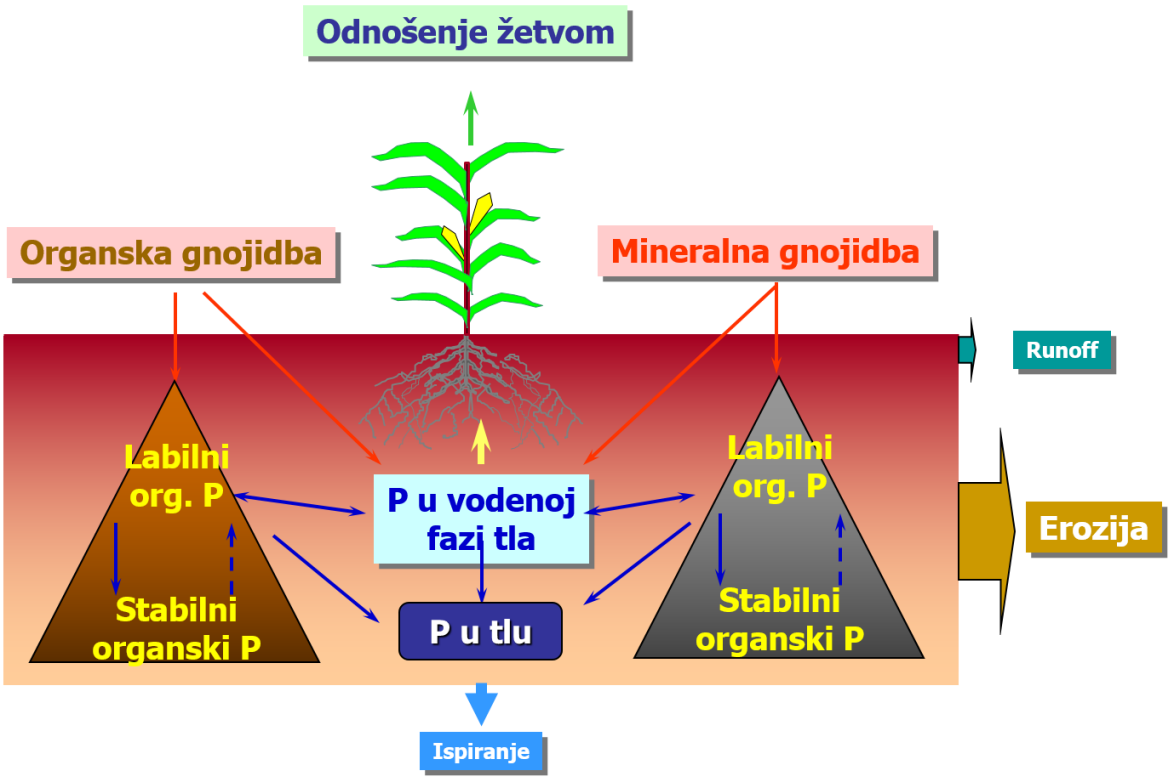


H_3PO_4 Fosforna kiselina | $H_2PO_4^-$ Dihidrogen fosfat | HPO_2^- Hidrogen fosfat | PO_4^{3-} Fosfat

Oblici fosfata

Slika 4. Oblici fosfata

Ciklus fosfora sastoji se iz razgradnje fosfornih spojeva u tlu, njihovog usvajanja biljaka i ponovnog nastanka minerala tla. Poznato je čak oko 170 minerala koji sadrže fosfor, a najveći „spremnik“ fosfora su sedimentne stijene (slika 4.). U većini slučajeva fosfor se u tlu javlja u dva oblika i to kao organski i anorganski, a oba oblika predstavljaju važne izvore fosfora za biljke i mikrobiološku aktivnost. (Lyons i sur., 1998.). Fosfor u tlu se vrlo sporo premješta tako da gubljene fosfora nije izraženo, ali značajni gubitci fosfora u tlu mogu biti značajniji na lakim tlima u vidu erozije, ispiranja i površinskog ispiranja (slika 4.).



Slika 5. Ciklus fosfora

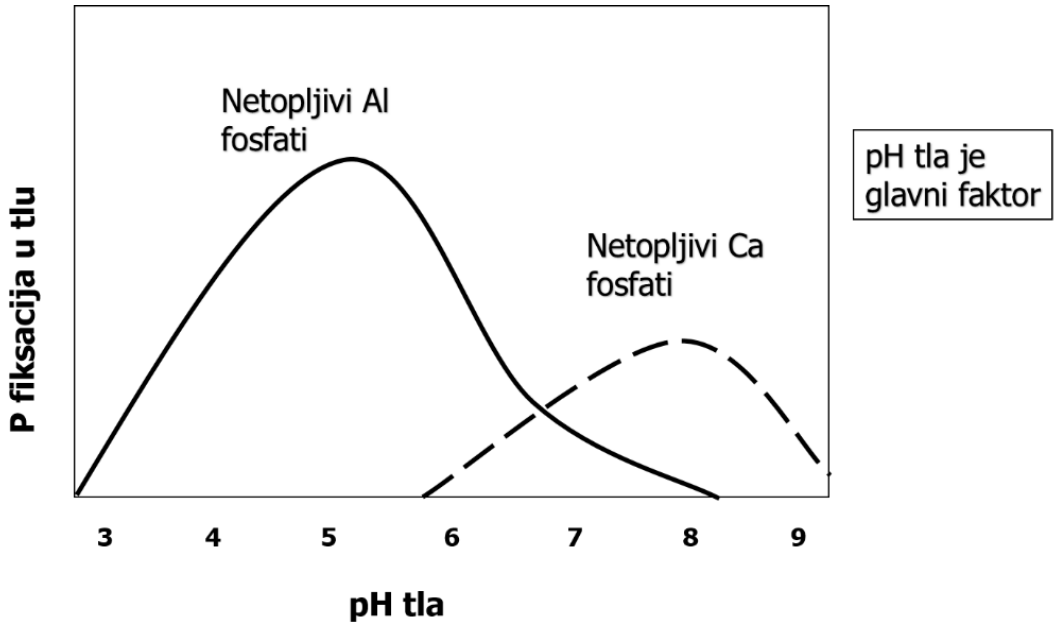
2.4.1. Fosfor u tlu

Fosfor u tlu nastaje kao rezultat razgradnje matičnih stijena. Ulazi u sastav velikog broja različito topljivih minerala, ali se nalazi i vezan u organskoj tvari tla. U litosferi mu je sadržaj vrlo promjenjiv, a može biti od 0,002 do 0,15 %. Fosfor može biti organski i anorganski vezan, a većina poljoprivrednih tala sadrže između 40 i 80 % anorganski vezanog fosfora i 20 do 60 % organski vezanog fosfora. Oba oblika dijele se u više grupa

koje obuhvaćaju raznolike spojeve fosfora. Podjela je načinjena na temelju topljivosti tih spojeva u različitim otapalima.

Neorganski oblici podijeljeni su na:

a) Vodotopljivi fosfati- čine najmanji dio fosfora u tlu. U vodenoj fazi tla nalazi se u prosjeku manje od 1 kg/ha fosfora
b) Fosfor topljiv u kiselinama- ovisno o tome dali su spojevi s fosforom topljivi u slabim ili jakim kiselinama, ovaj oblik fosfora dijelimo u dvije podgrupe. Prva grupa predstavlja one spojeve koji se razlažu u slabim kiselinama, vrlo su heterogena grupa i imaju veliki značaj u ishrani bilja. Druga grupa predstavlja fosforne spojeve koji su topljivi u jakim kiselinama, obuhvaćaju tercijarne fosfate, a to je fosfor koji se svrstava u teško raspoložive rezerve tla.
c) Fosfor topljiv u lužnatim otopinama- frakcija koja zaostaje u tlu nakon tretmana s kiselinama i djelomično je topljiva u lužnatoj sredini.
d) Teško topljivi fosfor- fosfor koji je potpuno neraspoloživ za ishranu bilja, grupa spojeva čiji se sadržaj neznatno mijenja u nekom tlu.



Grafikon 1. Raspoloživost fosfora (fiksacija) ovisno o pH vrijednosti tla

Organski fosfor tla akumulira se u tlu pretežito nakon razgradnje biljnih ostataka, ali jedan dio organskog fosfora nastaje kao posljedica mikrobioloških procesa u tlu. Ukoliko organska tvar sadrži manje od 0,2 % fosfora u mineralizaciji, može doći do problema, jer tada biljke privremeno ostaju uskraćene za fosfor, jer sav oslobođeni fosfor koriste mikroorganizmi za svoje potrebe, a to traje sve do ugibanja mikroorganizama. Organske frakcije fosfora kao i njen sadržaj uvelike ovise o tipu tla. Za ishranu bilja povoljnija je frakcija topljiva u kiselinama, zbog toga što brže podliježe procesu mineralizacije. Pristupačnost fosfora vrlo je kompliciran pojam, a osnovni faktor koji ga određuje je pH reakcija tla (disocijacija ortofosforne kiseline). Zbog toga što je raspoloživost fosfora važan faktor koji utječe na plodnost tla, neophodna je potreba za održavanjem i prilagođavanjem pH vrijednosti tla. (Vukadinović i Vukadinović Vesna, 2011.)

2.4.2. Fosfor u biljkama

Biljke fosfor usvajaju isključivo u anionskom obliku, kao $H_2PO_4^-$ i HPO_4^{2-}, a ugrađuju ga u organsku tvar bez redukcije. Koncentracija fosfora u biljkama prosječno iznosi od 0,3 do 0,5 %. Najveća potreba za fosforom biljke imaju na samom početku vegetacije prilikom intenzivnog razvoja korijenova sustava, kao i kod prijelaza iz vegetativne u reprodukcijsku fazu života. Što se tiče pokretljivosti fosfora u biljkama, ona je dobra u oba smjera. (Vukadinović i Vukadinović Vesna, 2011.; Kastori i Maksimović, 2008.

2.5. Utjecaj fosfata na tlo i okoliš

Gnojidba je važna agrotehnička mjera u poljoprivrednoj proizvodnji, kojom možemo osigurati veće prinose. Gnojidbom se značajno utječe na plodnost tla, i kao takva agrotehnička mjera, najviše povećava vrijednost uloženog rada i sredstava u proizvodnji kulturnog bilja. Fosfatna gnojiva su također neizostavna kada se govori u poljoprivrednoj proizvodnji, a nažalost poznato je da ona uvijek sadrže određenu količinu radioaktivnih elemenata, ali ipak treba naglasiti da je takav tip onečišćenja oranica iz gnojiva vrlo spor i dugotrajan proces. (Vukadinović i Vukadinović Vesna, 2011.)

Tla koja su sklona fiksaciji fosfora traže velike količine fosfornih gnojiva kako bi se uklonili učinci fiksacije. Ukoliko se količina pristupačnog fosfora kreće u povoljnom

rasponu, dovoljno je primijeniti količinu fosfora koja se iznosi usjevom. Visoka razina pristupačnog fosfora smatra se koncentracija od 10^{-4} M u otopini tla, dok je koncentracija fosfora od oko 10^{-6} M u otopini tla preniska da bi biljka imala na raspolaganju dovoljno fosfora. U tlima sa visokim sadržajem pristupačnog fosfora, gnojiva se mogu primjenjivati svake 2 godine, bez opasnosti od pada prinosa. Kada se u tlima dio pokretnog fosfora podvrgava fiksaciji, količine koje se primjenjuju trebale bi biti 10 – 50 % od onih koje se odnose usjevom (Butorac i sur., 1989.).

Zapadne razvijene zemlje poput Velike Britanije, SAD-a, Kanade, Francuske i Njemačke, te Kine i zemlje u razvoju moraju polagati više pozornosti na problem eutrofikacije jezera zbog kontinuiranog i rastućeg gubitka fosfora iz tla putem površinskog otjecanja. Na području jezera Tai u Kini, proizvodnja riže i korištenje fosfornih gnojiva imaju dugu povijest. Riža se na tom području uzgaja na oko 500 000 hektara. U posljednjih godina, primjena fosfornih gnojiva na tlima riže je u porastu kako bi se poboljšao urod riže i drugih usijava po jedinici površine. Ispuštanje otpadnih voda koje sadrže fosfor je također važan izvor fosfora u poljoprivrednim tlima. Povećanje unosa fosfora u poljoprivrednim tlima u ovom području postao važan problem za okoliš, jer je došlo do eutrofikacije jezera Tai. S obzirom na to da se istraživanjem pokušao pokazati odnos između kvalitete vode u jezeru i lokalne poljoprivredne proizvodnje prema trenutnom statusu fosfora u tlu, a došlo se do zaključka da je jezero Tai pogođeno eutrofikacijom, potrebno je odrediti maksimalnu količinu fosfornih gnojiva koja se smije primjenjivati kako bi se ova vrsta zagađenja jezera smanjila na mimimum. (Ahl, 1988; Edwards i Withers, 1998; Fisher i sur., 1998.)

Nakon 30 do 40 godina intenzivnog korištenja gnojiva u nizinskim područjima zapadne Jave u Indoneziji, uključujući stijene, koncentracija olova i kadmija u tlima gdje su korištena fosfatna gnojiva je i dalje ispod toksične razine, međutim, ovi elementi su ponekad prisutni, tako da je potrebno njihovo stalno praćenje i kontroliranje. (Sofyan i sur., 1997.)

Plantaže čaja na području zapadne Jave u Indoneziji (Sofyan i sur., 1997). Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj ispušnih plinova automobila na onečišćenje tla. Razina onečišćenja tla olovom, većinom koji je produciran izgaranjem benzina, ovisila je o udaljenosti poljoprivrednog tla od glavne ceste. Međutim, na udio kadmija u tlu nije utjecala udaljenost od glavne ceste, a to pokazuje da udio kadmija u tlu nije posljedica od zagađenja zraka ispušnim plinovima automobila, nego bi mogao biti rezultat visoke primjene fosfatnih gnojiva na tom području.

Nadalje, fosfati stvaraju velike ekološke probleme, jer kada dođu do površinskih voda, a naročito kada se pojavljuju u velikim količinama, oni potiču bujanje algi koje ugrožavaju opstanak flore i faune. Pa zbog toga prisustvo fosfata u vodama može bitno narušiti ekološku ravnotežu, povećanjem proliferacije algi, a taj fenomen naziva se eutrofikacija. Eutrofikacija je proces obogaćivanja vode nutrijentima. Ona može nepovoljno utjecati na pogodnost korištenja vodnih resursa za neke druge potrebe. (Kovačević i sur., 2012.)

Kada se fosfatno gnojivo primjenjuje na tlu, počinje se pojavljivati niz kemijskih reakcija koji se odvijaju u tlu. Prilikom otapanja gnojiva, oslobađaju se soli, koje reagiraju s ionima tla, kao što su željezo, aluminij i kalcij, te tvore netopljive spojeve koji fosfor čine nedostupnim za biljke. Ovaj problem je naročito prisutan u kiselim tlima (gdje su problem željezo i aluminij), ili u jako alkalnim tlima (gdje je kalcij problem). Te reakcije se mogu pojaviti u kratkom vremenskom razdoblju, pa čak i u roku od nekoliko sati. (Hall, 2008.)

3. Materijal i metode

U sklopu projekta Osječko-baranjske županije i Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku pod nazivom „Analiza tla kao temelj gnojidbe i povećanja produktivnosti proizvodnje“ te projekata između Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku s osječkom i županjskom šećeranom Kandit Premijer d.o.o., odnosno Sladorana d.d. i Hrvatskim centrom za poljoprivredu, hranu i selo na području istočne Hrvatske u razdoblju od 2003. do 2009. (sedam godina) prikupljeno je 17.405 uzoraka tla (sl. 5.).

3.1.Uzorkovanje zemljišta

Uzorci tla su uzimani agrokemijskom i hidrauličnom automatskom sondom, prosječno s 25 uboda po uzorku, a dubina uzimanja uzoraka iznosila je 0-30 cm. Geografska pozicija svakog pojedinog uzorka i nadmorska visina (apsolutna) određena je GPS uređajem (greška mjerenja <=5m)

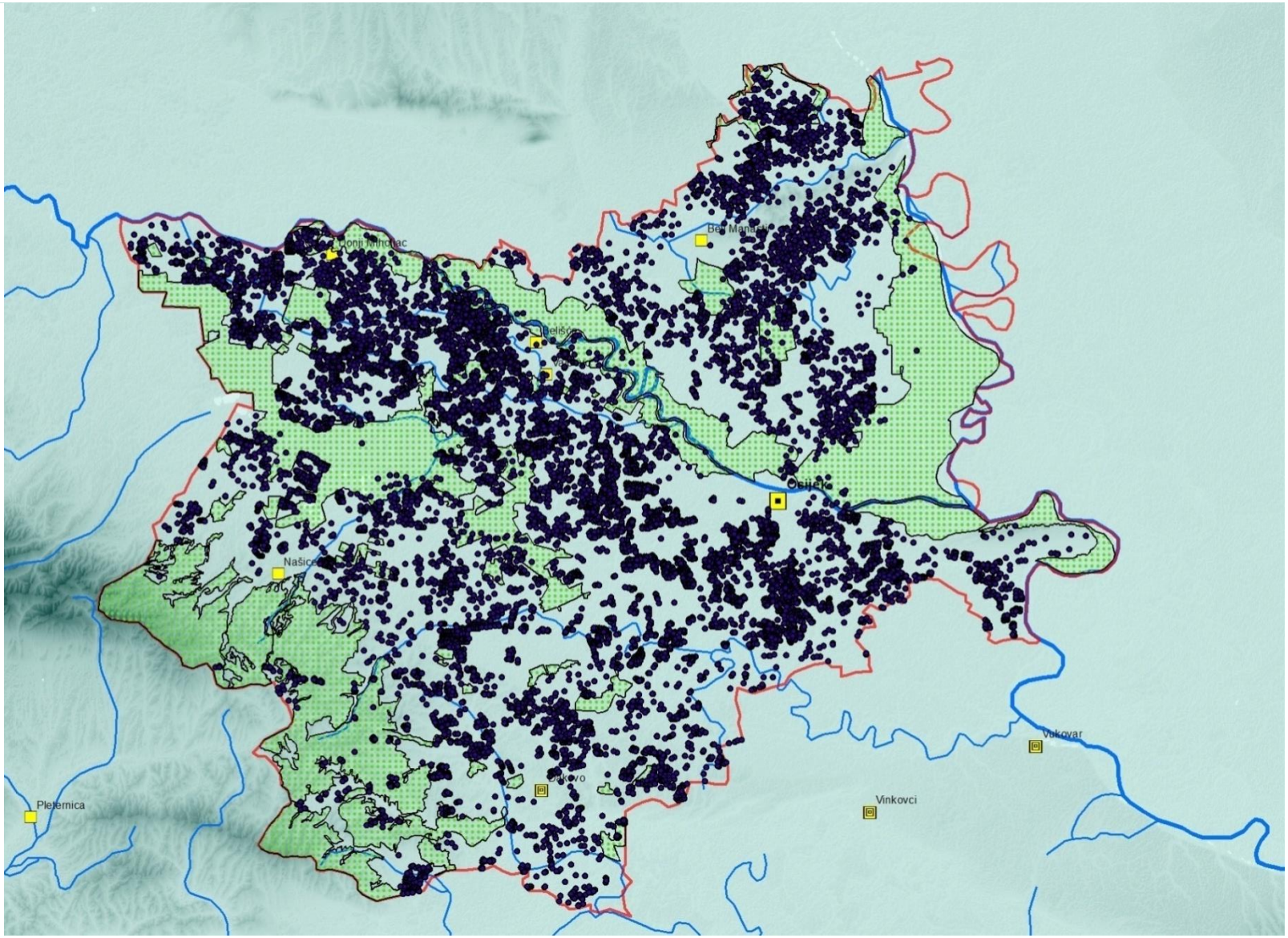
Uzorci tla uzimani su nakon žetve ili berbe (od 20. lipnja do 30. rujna), prije bilo kakve gnojidbe sve do pripreme tla za novi usjev. Na manjim, homogenim parcelama, veličine od 0 do 5 ha uziman je jedan prosječni uzorak. Ako je parcela bila heterogena (tip tla, predkultura, nagib terena) ili fizički podijeljena (cesta, kanal, prteni put) uzimalo se toliko prosječnih uzoraka koliko je bilo različitih cjelina (slika 5.).

3.2. Osnovne kemijske i fizikalne analize uzoraka

Uzorci tla uzeti agrokemijskom sondom (0-30 cm) sušeni su na temperaturi od 40^0C, usitnjeni u mlinu za tlo te analizirani u laboratoriju na sljedeća kemijska svojstva tla:

3.2.1. pH reakcija tla

U zrakosuhim uzorcima tla utvrđena je aktualna i supstitucijska kiselost tla elektrometrijski, pH-metrom, a hidrolitska ili potencijalna kiselost tla aktivirana je alkalnim hidrolitskim solima (Na-acetat ili Ca-acetat) pri čemu dolazi do zamjene H+ (i Al+) iona s adsorpcijskog kompleksa tla alkalnim ionima iz acetata (Vukadinović i Bertić, 1988).



Slika 6. Lokacije uzoraka tla s izdvojenim šumskim predjelima

3.2.2. Određivanje biljci lako pristupačnog fosfora (AL-P_2O_5)

Lako pristupačni fosfor u tlu određen je prema Egner-Riehm-Domingu AL metodom (Egner i sur., 1960.) ekstrakcijom tla s amonij laktatom.

3.2.3. Određivanje koncentracije organske tvari tla (humus)

Humus je određen bikromatnom metodom (Vukadinović i Bertić, 1988.) koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari tla kalijevim bikromatom u sumpornoj kiselini. Koncentracija organskog ugljika u uzorcima određena je spektrofotometrijski.

3.2.4. KIK (kationsko izmjenjivački kapacitet tla)

Kapacitet adsorpcijskog kompleksu tla izražen u $cmol^{(+)} \cdot kg^{-1}$ proračunat je empirijskom formulom pomoću računalnog programa ALR_{xp} (Vukadinović i sur., 2001) i to po formuli:

$$\boldsymbol{KIK_{\mathbf{cmol(+)\cdot kg-1}}} = \frac{\boldsymbol{humus\%} \times \boldsymbol{KIK_{hum}}}{\mathbf{100}} + \frac{\boldsymbol{glina\%} \times \mathbf{50}}{\mathbf{100}}$$

KIK_hum = 150 IF pH (KCl) <4.5

KIK_hum = 200 IF pH (KCl) >=4.5 AND <5.5

KIK_hum =250 IF pH (KCl) >=5.5

3.3. Kriging

Za obradu svih podataka o tlu korišteni su sljedeći računalni programi: ArcMap v9,3 i OziExplorer v3,96,2a. Vizualizacija i prostorna predikcija poljoprivrednog zemljišta Osječko–baranjske županije temeljena je na geostatističkoj metodi kriginga (Đurđević 2010.). Kriging nosi naziv prema inženjeru, geologu Krigeu koji je prvi metodu opisao i upotrijebio prilikom procjene koncentracije rudače u ležištima zlata. Procjena krigingom temelji se na upotrebi postojećih, tzv. kontrolnih točki, čiji je utjecaj na procjenu okolnog prostora izražen odgovarajućim težinskim koeficijentima ovisno o međusobnoj udaljenosti, grupiranju i njihovoj vrijednosti.

Vizualizacija Osječko-baranjske županije proračunata je uobičajenom kriging metodom (*ordinary kriging*) pomoću aplikacije ArcMap v9,3, a za procjenu je korišteno najčešće dvanaest susjednih točaka (minimalno 6). Formiran je sferičan semiovariogram s uključenim *nugget efektom* (sl. 6). Krigingom kreirane tematske karte pogodnosti prvo su vektorizirane, a zatim je uz pomoću GIS-alata „izrezano“ (*clipping*) i prezentirano samo područje Osječko-baranjske županije. Kriging je primijenjen za cijelo područje istočne Hrvatske, ali zbog slabe gustoće uzoraka na rubovima proučavanog područja primijenjen je *clipping*, a prikazano je samo područje Osječko-baranjske županije.

Treba posebno naglasiti da se kriging smatra naprednom interpolacijskom geostatističkom metodom za procjenu vrijednosti regionalizirane varijable u točkama odabrane mreže (Malvić, 2005.), a procjena krigingom se smatra pouzdanom i nepristranom, jer je varijanca razlike između stvarnih i procijenjenih vrijednosti u odabranim točkama u okviru prihvatljive pogreške (Miloš, 2000.).

Input datasets	
⊟ **Dataset**	**Baza_9U_Features**
Location	C:\Baza\OSBA_usjevi_2009
Type	Feature Class
Data field	RP_T2M
Points	16753
⊟ **Method**	**Kriging**
Type	Ordinary
Output type	Prediction
⊟ **Dataset #**	1
Trend type	None
⊟ **Searching neighborhood**	Standard
Type	Standard
Neighbors to include	12
Include at least	6
Sector type	Four and 45 degree
Angle	0
Major semiaxis	0.21430805823514526
Minor semiaxis	0.21430805823514526
⊟ **Variogram**	Semivariogram
Number of lags	12
Lag size	0.033428
Nugget	305.66734833444866
Measurement error	0
⊟ **Model type**	Spherical
Range	0.21430805823514526
Anisotropy	No
Partial sill	177.34055718938362

Slika 7. Kriging – sažetak metode

4. Rezultati i rasprava

Rezultati istraživanja sadrže podatke dobivene na temelju analiza 17.405 uzoraka tla prikupljenih na području istočne Hrvatske tijekom sedam godina (od 2003. do 2009.) istraživanja.

4.1. Kemijska analiza tla

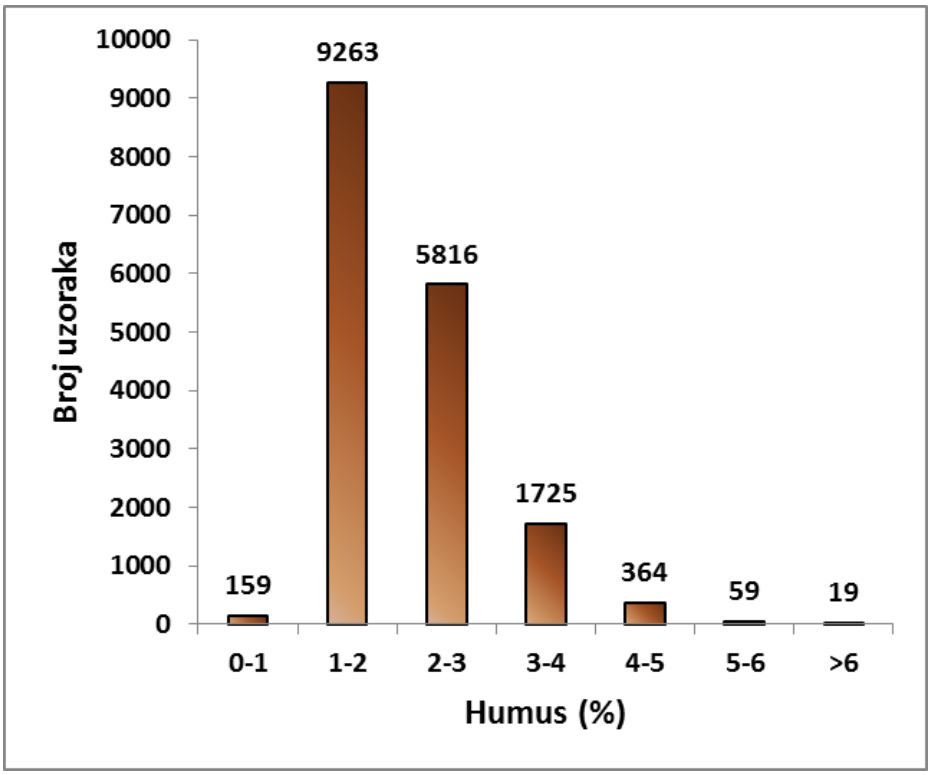
Prosječna pH vrijednost tla u vodi iznosila je 6,50, a pH u KCl-u 5,61. Najviša izmjerena vrijednost pH (H2O) reakcije tla iznosila je 9,30, a najniža 3,94. Koeficijent varijacije za pH u KCl-u iznosio je 16,99%. Ekstremno kisela reakcija tla utvrđena je kod 228 analiziranog uzorka (1,31%) od 17.405; jako kisela kod 3.897 (22,39%) uzorka; kisela kod 4.576 uzoraka (26,29%); neutralna kod 4.500 (25,85%); slabo alkalna reakcija tla kod 4.150 uzorka (23,89%), a alkalna reakcija tla utvrđena je kod 53 uzorka tla (0,30%) (graf. 3.).

Poznato je kako i koliko niske vrijednosti pH reakcije tla utječu raspoloživost fosfora u tlu, što potvrđuje i više autora (Adeoye, 1985; Bell, 1996.). Niska pH reakcija tla značajno utječu na raspoloživost i pokretljivost fosfata u tlu. Topivi fosfor u tlu reagira sa glinom, željezom i aluminijevim spojevima, a fiksacijom se pretvara u manje pristupačne oblike te je pokretljivost fosfora u tlu vrlo mala i biljke uglavnom ne usvajaju više od 20 % dodanog fosfora nakon gnojidbe tj. tijekom prve godine vegetacije (Griffit, 2008.). Zbog navedenih činjenica i ispiranje fosfata je smanjeno te na takvim tlima nema neposredne opasnosti od kontaminacije tala fosfatima.

Tablica 1. Kemijska svojstva tla

	pH KCl	**pH_H_2O**	**humus%**	**KIK**	**AL-P_2O_5**
$\bar{x}$	5.61	6.50	2.13	13.39	19.27
Sd	1.20	1.10	0.75	2.13	10.71
Kv%	21.37	16.99	35.18	15.89	55.57
Min.	3.37	3.94	0.32	9.49	0.40
Max.	8.20	9.30	6.92	26.05	50.00

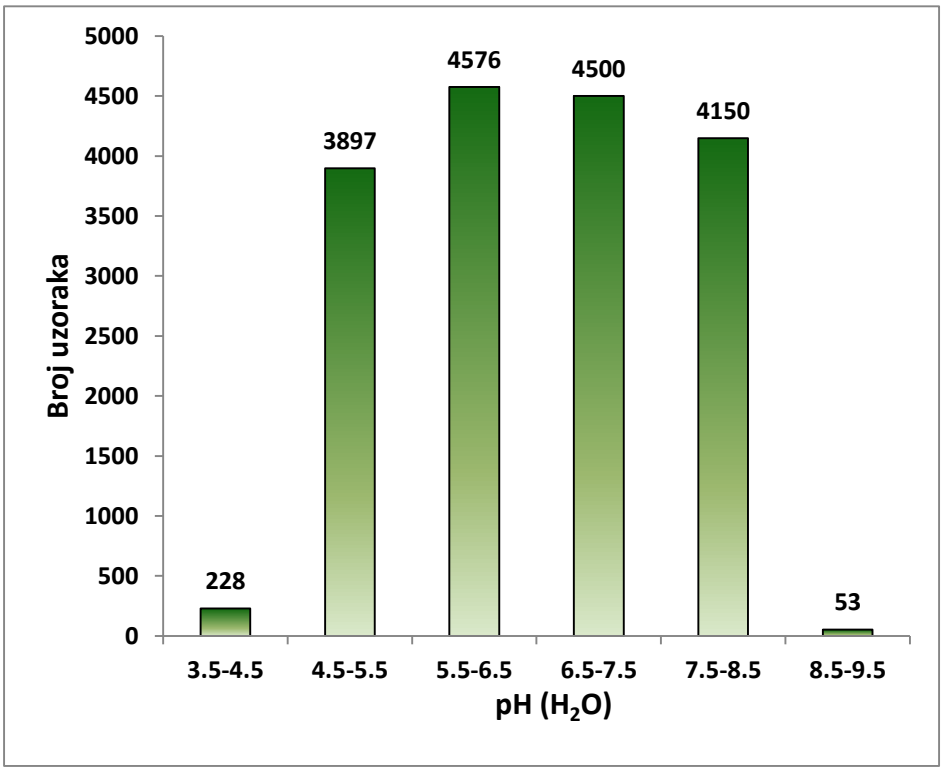
Prosječna koncentracija humusa u tlu iznosila je 2,13% s visokim koeficijentom varijacije od 35,18%. Najmanja izmjerena vrijednost humusa u tlu iznosila je 0,32% a najveća 6,92% (tablica 1.). U klasi tala vrlo siromašnih humusom nalazilo se 159 uzorka tla (0,91%); 9.263 uzorka (53.22%) nalazilo se u klasi tala siromašnih humusom; 5.816 uzoraka (33,41%) pripadalo je osrednje siromašnoj klasi; a dobro opskrbljena klasa sadržavala je 1.725 uzoraka tla (9,91%); 364 uzorka (2,09%) nalazilo se u klasi visoke opskrbljenosti tla humusom; 59 uzoraka tla (0,33%) nalazilo se u klasi vrlo visoke opskrbljenosti humusom, a iznimno visoka opskrbljenost tla humusom izmjerena je kod 19 uzoraka tla (0,1%), (graf. 2.).



Grafikon 2. Sadržaj humusa u tlu

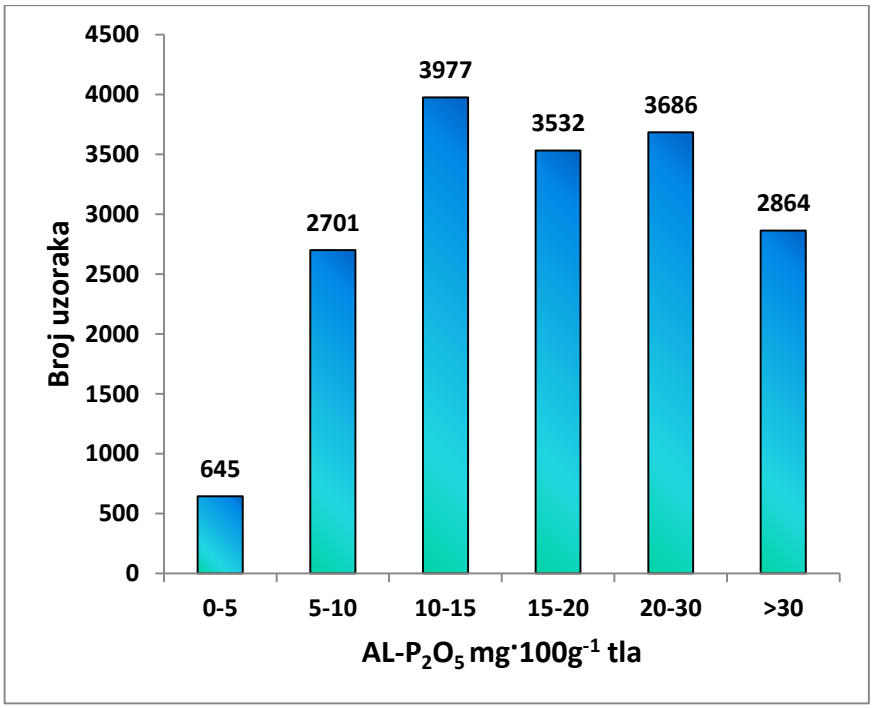
Prosječne vrijednosti lako pristupačnog fosfora iznosile su za AL-P_2O_5 19,27 mg·100g^{-1} tla s visokim koeficijentom varijacije 55,57%. Najniža koncentracija fosfora iznosila je 0,40 mg·100g^{-1} tla, dok je najveća iznosila 50 mg·100g^{-1} tla. Od ukupno 17.405 uzoraka tla 2.864 uzorka (16,45%) pripadalo je bogato opskrbljenoj klasi fosfora; 3.686 uzoraka (21,17%) pripadalo je klasi vrlo dobre opskrbljenosti fosforom, klasi dobre opskrbljenosti 3.532 uzorka (20,29%); klasi osrednje opskrbljenoj fosforom pripadalo je 3.977 uzoraka tla

(22,89%); klasa niske opskrbljenosti tla fosforom sadržavala je 2.701 uzoraka (15,51%), a 645 uzoraka tla (3,70%) pripadalo je klasi nedovoljne opskrbljenosti fosforom (graf. 4.).

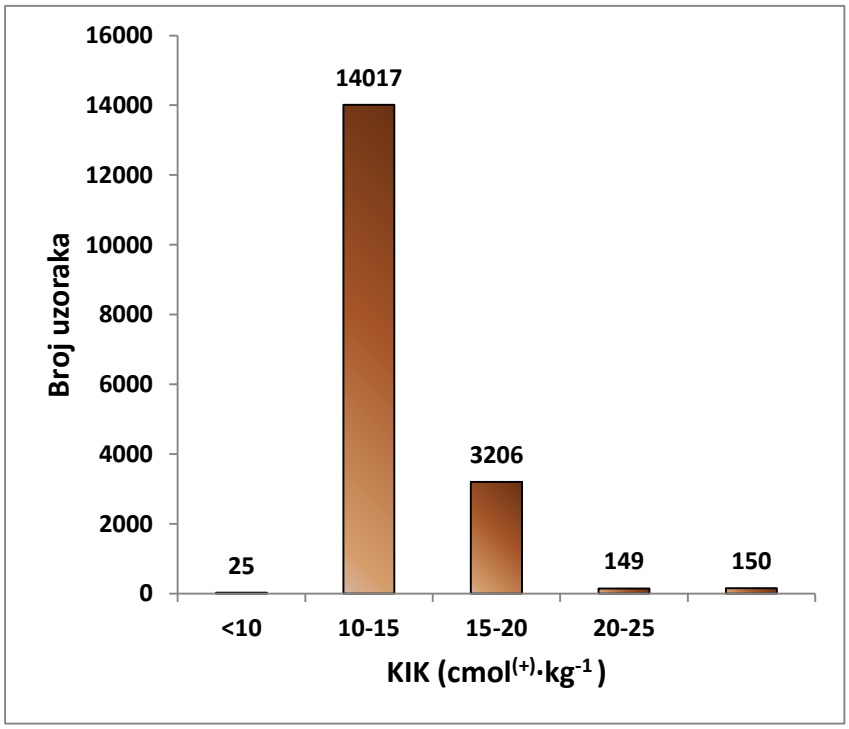


Grafikon 3. pH (H_2O) u analiziranim uzorcima

Značajan utjecaj na mogućnost ispiranja fosfata ima i KIK. Što je viša vrijednost KIK-a, viši je i postotak humusa i gline pa je analogno tome ispiranje fosfata smanjeno. Niske vrijednosti KIK-a ispod 10 cmol·(+) kg^{-1} ukazuju na niski sadržaj koloidne frakcije u tlu (gline i organske tvari) uz povećan udio pijeska i praha (Martel i sur., 1978; Manrique i sur., 1991) (graf. 5.), na takvim tlima lako može doći do ispiranja fosfata kao i erozije osobito na nagnutim terenima. Kationsko izmjenjivački kapacitet tla (KIK) iznosio je od 9,49 do 26,05 cmol(+)·kg^{-1} s koeficijentom varijacije 15,89% i prosječnom vrijednosti od 13,39 cmol(+)·kg^{-1}. Od analiziranih 17.405 uzoraka tla samo je njih 25 (0,14%) imalo vrijednosti KIK-a manju od 10 cmol·(+) kg^{-1}.



Grafikon 4. Sadržaj fosfora u uzorcima tla



Grafikon 5. Vrijednosti KIK-a u uzorcima tla

4.2. Geostatistička analiza i vizualizacija rezultata

GIS alati znatno olakšavaju prostornu analizu i omogućuju predviđanje za dijelove zemljišta na kojima ima manje, ili čak nema podataka. Stogu su GIS alati prikladan izbor za vizualizaciju i statističku obradu velikog broja prostorno kodiranih podataka koji se obrađuje u ovom diplomskom radu (Jurišić, 1999.).

Tla zapadnog i jugozapadnog djela Osječko-baranjske županije, od Đakova prema Našicama, uglavnom su kisele reakcije, te na takvim tlima ispiranje fosfora je minimalno (sl. 7.). U dijelu Županije, istočno od Osijeka, uglavnom su neutralna i karbonatna tla s izuzetkom jednog manjeg djela Baranje (sl. 7.).

Tablica 2. Procjena kiselosti pH (KCl) Osječko-baranjske županije

pH (KCl)	**bez šuma (ha)**
3,0-3,5	0
3,5-4,5	37.245,61
4,5-5,5	110.100,82
5,5-6,5	85.727,11
6,5-7,5	68.383,18
7,5-8,5	0
Županija	**301.456,71**

Detaljnom geostatističkom analizom provedenoj na području Osječko-baranjske županije nije utvrđeno područje naše Županije koje se može okarakterizirati kao siromašno u fosforu (<10 $mg \cdot 100^{-1}g$), ali je stoga krigingom procijenjeno kako ima 127.737,82 ha (42,37%) dobre opskrbe (>20 $mg \cdot 100^{-1}g$) fosforom,(tab. 3., sl. 8.). Sadržaj lako pristupačnog fosfora u tlu iznosio je u prosjeku za AL-P_2O_5 19,27 $mg \cdot 100g^{-1}$ tla, (tablica 1.). Niži sadržaj fosfor u tlu vidljiv je isto kao i kod niske pH reakcije tla na područjima zapadnih i jugozapadnih dijelova Osječko-baranjske županije, također mogu se uočiti crvena područja (10,0-15,0 $mg \cdot 100^{-1}g$) koja su vidljiva na lakšim tlima (nizak KIK i sadržaj organske tvari) gdje je povećana opasnost od ispiranja fosfora koja se nalaze uz tok rijeke Drave. Prekomjerna gnojidba fosfornim gnojivima na takvim tlima može dovesti do značajnog ispiranja fosfata u vodotokove. Jedna od negativnih reakcija takvog ispiranja

fosfora je i eutrofikacija tj. burna pojava algi. Odumiranjem algi troši se ogromna količina kisika za njihovu razgradnju što može dovesti do izumiranja drugih organizama u vodi. Opasnosti od eutrofikacije najviše doprinose detergenti s polifosfatima, a samo 3% zagađenja otpada na poljoprivredna obradiva tla. Također, fosfatna gnojiva uvijek sadrže određenu količinu radioaktivnih elemenata (nizovi ^{238}U i ^{40}K), ali to je vrlo spor proces koji ne mijenja fizikalna i kemijska svojstva tla. Ako zbrojimo cjelokupnu primjenu fosfata na svijetu radioaktivna detekcija bi bila ispod prirodnog fona tla (Vukadinović i Vukadinović, 2011.)

Tablica 3. Opskrbljenost tla fosforom na području Osječko – baranjske županije

AL-P_2O_5	**bez šuma (ha)**
0,0-5,0	0
5,0-10,0	0
10,0-15,0	32.524,34
15,0-20,0	141.194,54
20,0-25,0	106.868,96
25,0-30,0	19.301,08
30,0-50,0	1.567,78
Županija	**301.456,70**

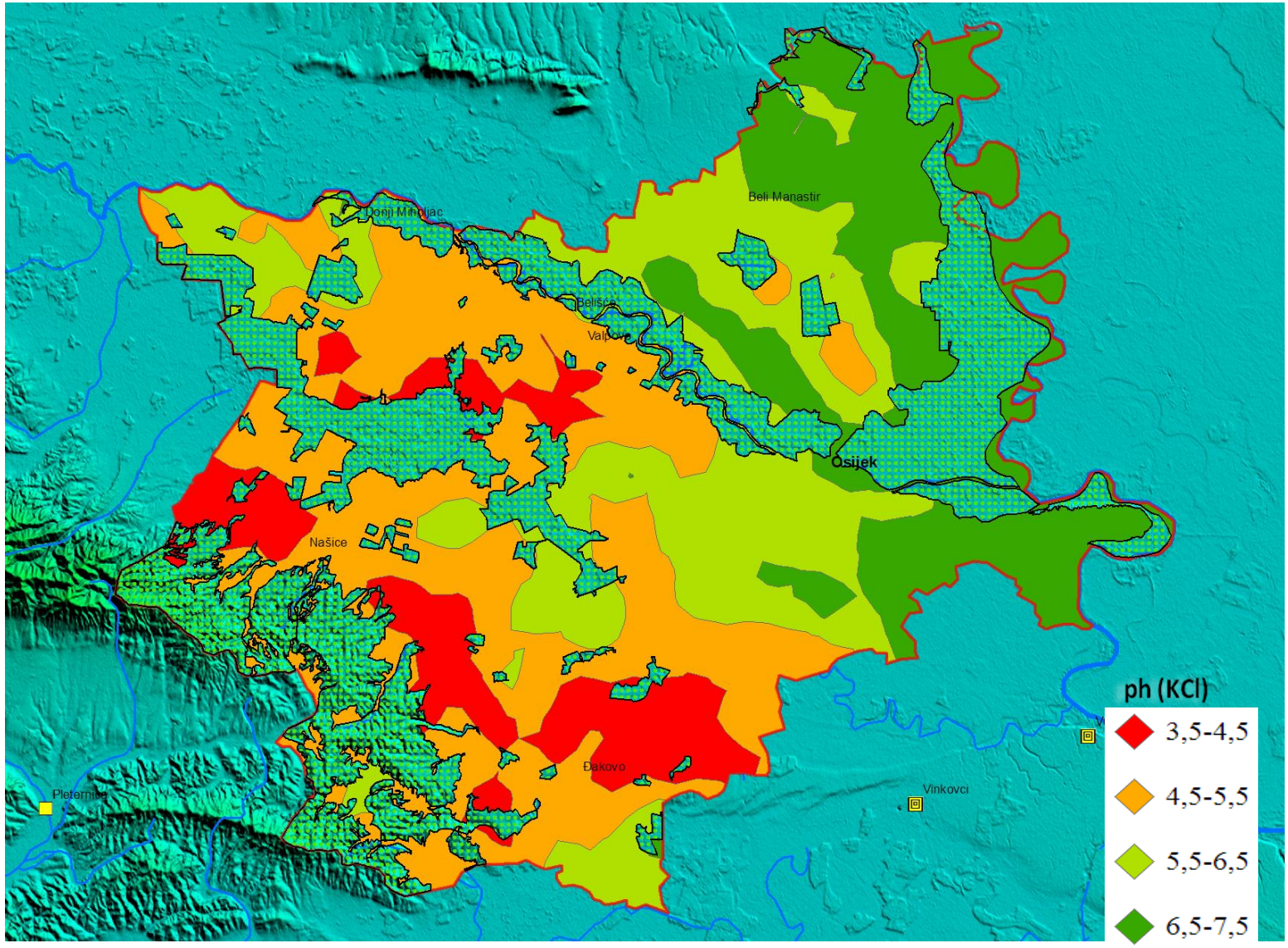
Koncentracija humusa u tlu značajno opada prema zapadu te jugozapadu. Južno od Osijeka nalaze se zemljišta koja su dobro opskrbljena humusom, a dobru opskrbljenost imaju i najsjeverniji dijelovi Baranje. Mogu se također uočiti manji izdvojeni dijelovi zemljišta (južno od Đakova) koji su dobro opskrbljeni humusom, što može biti i posljedica dobrog gospodarenje tlom (sl. 9.). Krigingom je utvrđena površina od 105.984,35 ha (35,16%) koja pripada klasi tala siromašnih humusom, a od ukupno 301.455,40 ha samo 13.461,04 ha (4,46%) (12.042,72 + 1.418,32) procijenjeno je kako ime više od 3% humusa (tab. 4. sl. 9.). Između sadržaja ugljika u tlu i organske frakcije fosfora postoji uska korelacijska veza. Organski oblici su fosfolipidi, nukleinske kiseline i heksafosforni ester inozitolafitin. Mineralizacija je vrlo značajna za održavanje pristupačnog fosfora u zemljištu u određenom nivou. Intenzitet mineralizacije organskog fosfora značajno zavisi od temperature i količine svježe organske tvari u tlu kao neophodnom izvoru energije za razvoj mikroorganizama. Iz mladih biljnih dijelova više se oslobađa mineralnog fosfora, dok pri razlaganju starijeg materijala veći dio oslobođenih fosfata koriste mikroorganizmi

(Dalal, 1977.) tako da na temelju sadržaja organske tvari ne možemo sa sigurnošću utvrditi koliko se može „aktivirati“ mineralnog fosfora. Također, organski fosfor tla se ne otapa u vodi što dokazuje njegovu malu reaktivnost.

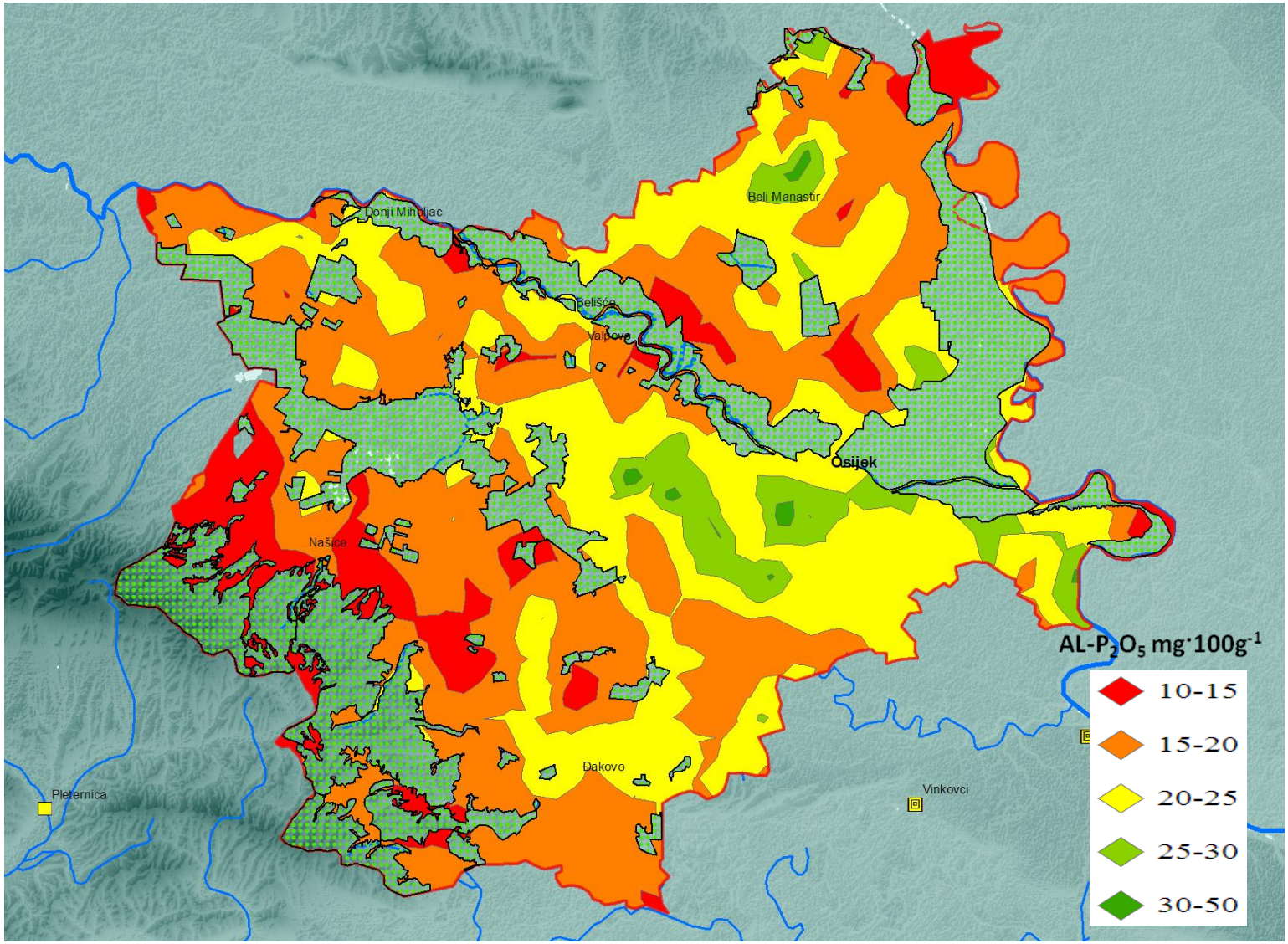
Tablica 4. Predikcija koncentracije humusa u tlu krigingom na području Osječko-baranjske županije

Humus %	**bez šuma (ha)**
0,0-0,5	0
0,5-1,0	0
1,0-1,5	0
1,5-2,0	105.984,35
2,0-2,5	133.316,54
2,5-3,0	48.693,46
3,0-3,5	12.042,72
3,5-4,0	1.418,32
Županija	**301.455,40**

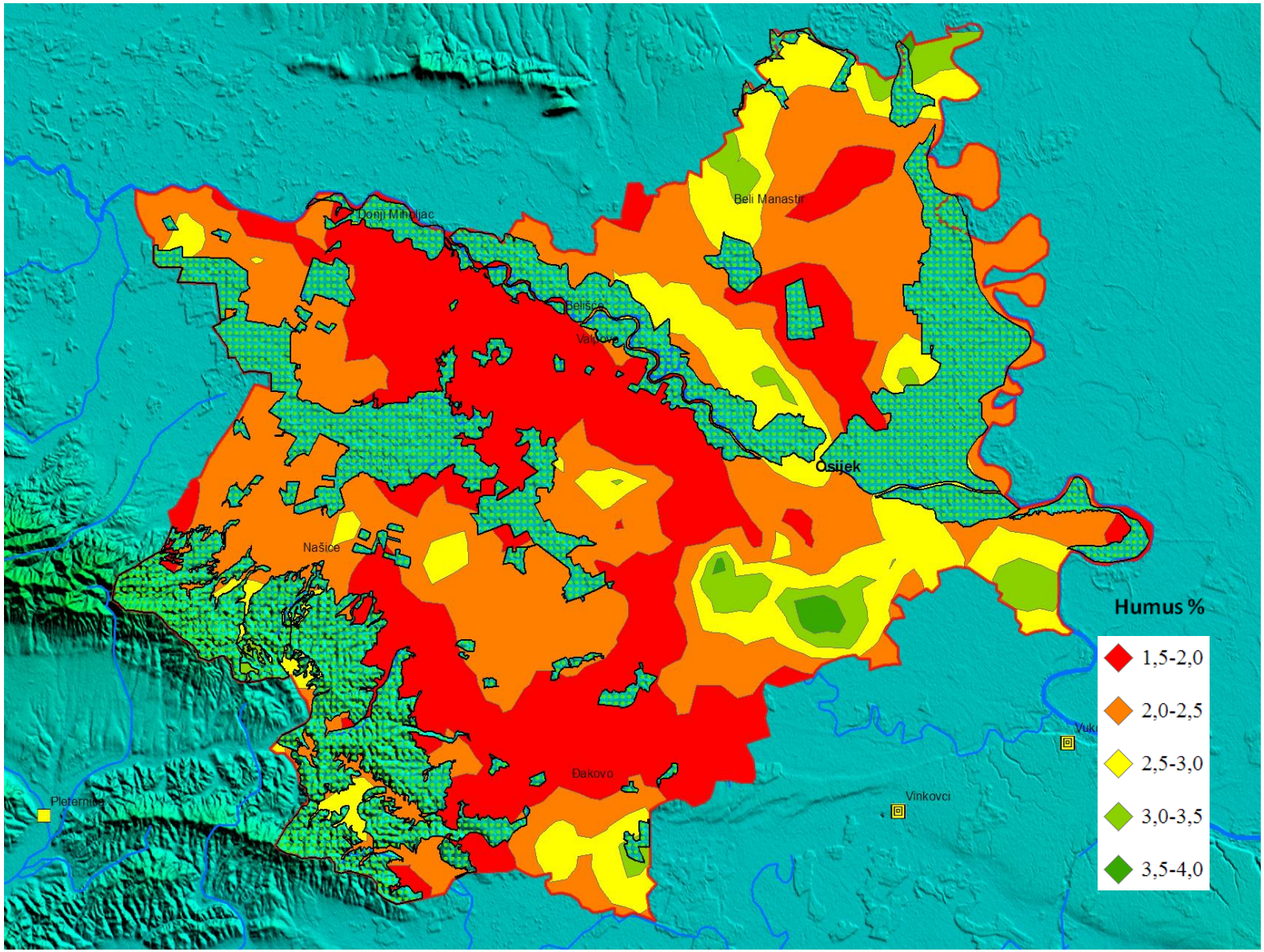
Slično kao i kod mineralizacije dušika, vrlo je važan omjer između ugljika i fosfora u organskoj tvari. Do imobilizacije fosfora, pri razlaganju organskog materijala, dolazi ako je omjer C:P veći od 300:1, a mineralizacija počinje pri omjeru 200:1. Značaj organskog fosfora u velikoj mjeri će zavisiti od prirode organskog materijala koji se mineralizira. A smatra se i da količina raspoloživog fosfora pretežno ovisi od sadržaja anorganskog fosfora u tlu (Vukadinović, V. i Vukadinović, Vesna, 2011.).



Slika 8. Predikcija kiselosti tla na području Osječko-baranjske županije



Slika 9. Predikcija sadržaja fosfora u tlu na području Osječko-baranjske županije



Slika 10. Predikcija koncentracije humusa u tlu na području Osječko-baranjske županije

5. Zaključak

Na području Osječko-baranjske županije u sklopu projekta pod nazivom „Analiza tla kao temelj gnojidbe i povećanja produktivnosti proizvodnje“ kroz razdoblje od sedam godina (2003-2009) analizirano je 17.405 uzoraka tla.

Koristeći se suvremenom geostatističkom metodom kriginga podatci dobiveni kemijskim analizama uzoraka tla iskorišteni su za predikciju i vizualizaciju zagađenosti tla fosfatima.

Niži sadržaj fosfor u tlu (od 10,0-15,0 $mg \cdot 100^{-1}g$) zapažen je na područjima zapadnih i jugozapadnih dijelova Osječko-baranjske županije koja su uglavnom kisele reakcije s nešto malo neutralnih tala. Na takvim tlima ispiranje fosfata je minimalno i ne može predstavljati ozbiljan problem. Ekstremno visoke koncentracije fosfora nisu zabilježene. Detektirana su područja uz tok rijeke Drave (lagana tla - nizak KIK i sadržaj gline) gdje je povećana opasnost od ispiranja fosfata. Na takvim tlima gnojidba fosfornim gnojivima mora biti umjerena uz obaveznu analizu tla uz korištenje naprednih sustava navodnjavanja (npr. kap po kap).

Ovim diplomskim radom uočena su moguća područja Osječko-baranjske županije koja bi mogla biti izložena zagađenju fosfatima. Za detaljnu studiju zagađenja tla i voda potrebno je provesti opsežna istraživanja uz niz analiza tla i vode.

6. Popis literature

1. Adeoye, K. B. And Singh L. (1985): The effect of bulk application of lime under two tillage depths on soil pH and crop yield. Plant Soil 85:295-297.
2. Agencija za zaštitu okoliša, (2006): Priručnik za trajno motrenje tala Hrvatske, Zagreb
3. Ahl, T., (1988): Background yield of phosphorus from drainage area athmosphere: an empirical approach. Hydrobiologia 170, 35 – 44
4. Bell, P. F. (1996): Predicting liming needs of soybean using soil pH, aluminum and manganese soil tests. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27:2749-2764.
5. Butorac, A., Bašić, F., Vajnberger, A., Mihalić, V. (1989): Istraživanje efikasnosti gnojidbe na zalihu za šećernu repu na hipogleju u plodoredu ozima pšenica-šećerna repa-kukuruz. Polj. Znan. Smotra 54: 149-165.
6. Dalal, R. C. (1977): Sol Organic Phosphorus. University of New England, Australia.
7. Đurđević, B. (2010): Ekspertni model procjene pogodnosti zemljišta za usjeve. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
8. Edwards, A. C., Withers, P. J. A. (1998): Soil phosphorus management and water quality: a UK perspective. Soil Use and Management 14, 124 – 130.
9. Egner, H., Riehm, H., Domingo, W. R. (1960): Untersuchungen über die chemisce Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nahrstoffzustandes der Boden 2. Chemische Extractionsmetoden zu Phosphor – und Kaliumbestimmung. K. Lantbr. Hogsk. Annlr. W. R. 26, 199-215.
10. Fanuko, N., (2005): Ekologija. Veleučilište u Rijeci. Udžbenik
11. Fisher, E., Thornton, B., Hudson, G., Edwards, A. C., (1998). The variability in total and extractable soil phosphorus under a gazed pasture. Plant and Soil 203, 249-255.
12. Glavač, V., (2001): Uvod u globalnu ekologiju. Zagreb, Hrvatska sveučilišna naklada, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Pučko otvoreno učilište.
13. Griffit, B. (2008): Efficient Fertilizer Use – Phosphorus. Dostupno na: http://www.rainbowplantfood.com/agronomics/efu/phosphorus.pdf
14. Hall, R., (2008): Soil Essentials, Managing your farm's primari asset, Landlinks Press.
15. Jurišić, M., Hengl, T., Duvnjak, V., Martinić, I. (1999): Agroekološki i zemljišni informacijski sustav. Strojarstvo (0562-1887) 41 (1999), 5-6; 223-231.

16. Kastori, R., Maksimović, I., (2008): Ishrana biljaka. Vojvođanska akademija nauka i umetnosti, Novi Sad. 235 p.
17. Kisić, I., (2012): Sanacija onečišćenog tla. Agronomski fakultet Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
18. Kovačević, A., (2012): Deterdženti bez fosfata – napredak za okoliš. Centar za ekologiju i energiju, Tuzla. Projekt.
19. Lyons J. B., Gorres J. H. and Amador J. A. (1998): Spatial temporal variability of phosphate retention in riparian forest soils. J. of Environmental quality 27: 895-903.
20. Malvić, T. (2005): Kriging, geostatistička interpolacijska metoda. 2. Izanje. Zagreb. http:/www.mapconsult.net
21. Manrique, L. A., Jones, C. A., Dyke, P. T. (1991): Predicting cation exchange capacity from soil pysical and chemical properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 787-794.
22. Martel, Y. A., De kimpe, C. R., Laverdiere, M. R. (1978): Cation exchange capacity of clay-rich soils in relation to organic matter, mineral composition, and surface area. Soil Sci. Am.J. 42: 764-767.
23. Miloš, B. (2000): Geostatističke analize pedoloških podataka 1. Mjerenje prostornog varijabiliteta svojstava tla semivariogramima. Poljoprivredna znanstvena smotra – ACS (1331-7768) 65, 4; 219-228
24. Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, (2009): Načela dobre poljoprivredne prakse. Zagreb.
25. Onečišćenje i zaštita tla, (2014): http:/www.unizd.hr/portals/4/nastavni_mat/2_godina/zastita_ok/zastita_okolisa_predavanje_8.pdf
26. Sofilić, T., (2014): Onečišćenje i zaštita tla. Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet Sisak.
27. Sofyan, A., Murjaya, dan Subowo., (1997): Indetifikasi status dan jangkauan pencemaran Lead dan Cadmium dalam tanah dan tanaman the. Laporan Akhir P5SL. (In Bahasia Indonesia).
28. Udovičić, B., (2009): Čovjek i okoliš. Kigen, Zagreb.
29. Vukadinović, V., Bertić, B. (1988): Praktikum iz agrokemije i ishrane bilja. Poljoprivredni fakultet Osijek.

30. Vukadinović, V., Lončarić, Z., Bertić, B., Teklić, T. (2001): Al – calculator for crop fertilization recommendation „on line“. Proceedings: Fertilizer, Food Securoty and Enviromental Protection. Peking 2001: 249-250.
31. Vukadinović Vladimir i Vukadinović Vesna (2011): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Udžbenik.

7. Sažetak

Onečišćenje okoliša danas je jedan od najvećih problema u svijetu. Jedan od vodećih problema i prijetnji kada je u pitanju onečišćenje tla je i poljoprivredna proizvodnja. Cilj ovog diplomskog rada je proučavanje i istraživanje onečišćenja tala fosfatima na području Osječko baranjske županije. Rezultati istraživanja sadrže podatke dobivene na temelju analiza 17.405 uzoraka tla prikupljenih na području istočne Hrvatske tijekom sedam godina (od 2003. do 2009.) istraživanja. Za obradu svih podataka o tlu korišteni su sljedeći računalni programi: ArcMap v9,3 i OziExplorer v3,96,2a. Podatci dobiveni kemijskim analizama uzoraka tla iskorišteni su za predikciju i vizualizaciju zagađenosti tla fosfatima. Niži sadržaj fosfora u tlu (od 10,0-15,0 $mg \cdot 100^{-1}g$) zapažen je na područjima zapadnih i jugozapadnih dijelova Osječko-baranjske županije. Ekstremno visoke koncentracije fosfora nisu zabilježene. Detektirana su područja uz tok rijeke Drave (lagana tla - nizak KIK i sadržaj gline) gdje je povećana opasnost od ispiranja fosfata. Ovim diplomskim radom uočena su moguća područja Osječko-baranjske županije koja bi mogla biti izložena zagađenju fosfatima.

Ključne riječi: onečišćenje, fosfati, ispiranje, poljoprivredna proizvodnja

8. Summary

Environmental pollution is one of the greatest problems the world faces today. When we are talking about soil pollution, agricultural production is definitely the biggest threat. The main goal of this paper is to examine and research effects of phosphate treatment in contaminated soil in Osijek-Baranja County. Research results contain data obtained on the analyses of 17 405 soil samples collected in eastern Croatia during seven years of this research (since 2003 to 2009). The programs that were used to process all the data about soil are ArcMap v9,3 i OziExplorer v3,96,2a. Data given by chemical analyses of soil samples were used to predict and visualize contaminated soil affected by phosphates. Lower contention ratio of phosphor (10,0-15,0 $mg \cdot 100^{-1}g$) was found in the western and southwestern areas of Osijek-Baranja County. Extremely high concentrations of phosphor weren't recorded. The possible risk of washing away the phosphor was found in the areas along the river Drava (light soil – low CEC and clay content). In this paper were observed areas in Osijek-Baranja County which could be affected by the phosphate pollution.

Key words: pollution, phosphates, washing away, agricultural production

9. Popis tablica

Tablica 1. Kemijska svojstva tla 17
Tablica 2. Procjena kiselosti pH (KCl) Osječko-baranjske županije 21
Tablica 3. Opskrbljenost tla fosforom na području Osječko – baranjske županije 22
Tablica 4. Predikcija koncentracije humusa u tlu krigingom na području Osječko-baranjske županije 23

10. Popis slika

Slika 1. Oranično tlo 2
Slika 2. Primjer lošeg postupanja sa okolišem 3
Slika 3. Prikaz primjene kemijskih sredstava u poljoprivrednoj proizvodnji 4
Slika 4. Oblici fosfata 7
Slika 5. Ciklus fosfora 8
Slika 6. Lokacije uzoraka tla s izdvojenimšumskim predjelima 14
Slika 7. Kriging – sažetak metode 16
Slika 8. Predikcija kiselosti tla na području Osječko-baranjske županije 24
Slika 9. Predikcija sadržaja fosfora u tlu na području Osječko-baranjske županije 25
Slika 10. Predikcija koncentracije humusa u tlu na području Osječko-baranjske županije 26

11. Popis grafikona

Grafikon 1. Raspoloživost fosfora (fiksacija) ovisno o pH vrijednosti tla 9
Grafikon 2. Sadržaj humusa u tlu 18
Grafikon 3. pH (H_2O) u analiziranim uzorcima 19
Grafikon 4. Sadržaj fosfora u uzorcima tla 20
Grafikon 5. Vrijednosti KIK-a u uzorcima tla 20

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

Poljoprivredno onečišćenje tla fosfatima na području Osječko-baranjske županije

Ivan Varžić

Sažetak

Onečišćenje okoliša danas je jedan od najvećih problema u svijetu. . U jedan od vodećih problema i prijetnji kada je u pitanju onečišćenje tla možemo svrstati poljoprivrednu proizvodnju. Cilj ovog diplomskog rada je proučavanje i istraživanje onečišćenja tala fosfatima na području Osječko baranjske županije. Rezultati istraživanja sadrže podatke dobivene na temelju analiza 17.405 uzoraka tla prikupljenih na području istočne Hrvatske tijekom sedam godina (od 2003. do 2009.) istraživanja. Za obradu svih podataka o tlu korišteni su sljedeći računalni programi: ArcMap v9,3 i OziExplorer v3,96,2a. Podatci dobiveni kemijskim analizama uzoraka tla iskorišteni su za predikciju i vizualizaciju zagađenosti tla fosfatima. Niži sadržaj fosfora u tlu (od 10,0-15,0 $mg \cdot 100^{-1}g$) zapažen je na područjima zapadnih i jugozapadnih dijelova Osječko-baranjske županije. Ekstremno visoke koncentracije fosfora nisu zabilježene. Detektirana su područja uz tok rijeke Drave (lagana tla - nizak KIK i sadržaj gline) gdje je povećana opasnost od ispiranja fosfata. Ovim diplomskim radom uočena su moguća područja Osječko-baranjske županije koja bi mogla biti izložena zagađenju fosfatima.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: doc.dr.sc. Boris Đurđević

Broj stranica: 37

Broj grafikona i slika: 5, 10

Broj tablica: 4

Broj literaturnih navoda: 31

Broj priloga: -

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: onečišćenje, fosfati, ispiranje, poljoprivredna proizvodnja

Datum obrane: 03.04.2014.

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof.dr.sc. Irena Jug

2. doc.dr.sc Boris Đurđević

3. doc.dr.sc. Ivan Plaščak

Rad je pohranjen u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek **Graduate thesis**

Faculty of Agriculture

University Graduate Studies, Plant production

Agryculture soils phosphates pollution in Osijek Baranja County

Ivan Varžić

Abstract:

Environmental pollution is one of the greatest problems the world faces today. When we are talking about soil pollution, agricultural production is definitely the biggest threat. The main goal of this paper is to examine and research effects of phosphate treatment in contaminated soil in Osijek-Baranja County. Research results contain data obtained on the analyses of 17 405 soil samples collected in eastern Croatia during seven years of this research (since 2003 to 2009). The programs that were used to process all the data about soil are ArcMap v9,3 i OziExplorer v3,96,2a. Data given by chemical analyses of soil samples were used to predict and visualize contaminated soil affected by phosphates. Lower contention ratio of phosphor (10,0-15,0 $mg \cdot 100^{-1}g$) was found in the western and southwestern areas of Osijek-Baranja County. Extremely high concentrations of phosphor weren't recorded. The possible risk of washing away the phosphor was found in the areas along the river Drava (light soil – low CEC and clay content). In this paper were observed areas in Osijek-Baranja County which could be affected by the phosphate pollution.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: Boris Đurđević, PhD

Number of pages: 37

Number of figures: 5, 10

Number of tables: 4

Number of references: 31

Number of appendices: -

Original in: Croatian

Key words: pollution, phosphates, washing away, agricultural production

Thesis defended on date: 03.04.2014.

Reviewers:

1. Irena Jug, PhD

2. Boris Đurđević, PhD

3. Ivan Plaščak, PhD

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.