

**IZVEŠTAJ O OCENI DOKTORSKE DISERTACIJE**

**I PODACI O KOMISIJI**

Odlukom Nastavno naučnog veća Fakulteta ekološke poljoprivrede od 28.01.2020. zavedene pod brojem NEP 04/20 imenovana je Komisija za ocenu doktorske disertacije **Vesne Radovanović** pod nazivom **Mogućnost dobijanja nutritivno vrednih proizvoda od kvinoje (*Chenopodium quinoa* Will.) korišćenjem zagađenih voda** u sastavu:

1. Dr Danka Radić, docent, Fakultet ekološke poljoprivrede, Univerzitet Edukons, Sremska Kamenica, predsednik Komisije
2. Dr Dejana Panković, redovni profesor, Univerzitet Edukons, Fakultet ekološke poljoprivrede, Sremska Kamenica, Mentor i
3. Dr Branka Žarković, vanredni profesor, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, član Komisije.

**II OSNOVNI PODACI O KANDIDATU I DISERTACIJI**

Vesna Radovanović je rođena u Beogradu 15. septembra 1982. godine, gde je završila osnovnu školu. Nakon završene XIII Beogradske gimnazije upisala je Hemijski fakultet Univerziteta u Beogradu školske 2001/02 godine. Diplomirala je 23. septembra 2008. godine na studijskoj grupi dipl. hemičar za životnu sredinu. Iste godine je na Poljoprivrednom fakultetu u Beogradu, upisala doktorske studije, modul Melioracije zemljišta. Školske 2018/2019 nastavila je doktorske studije na Fakultetu ekološke poljoprivrede, Univerziteta Educons, Sremska Kamenica. Izradu disertacije odobrilo je Nastavno naučno veće Fakulteta ekološke poljoprivrede i Senat Univerziteta davanjem saglasnosti na predlog teme pod naslovom: „Mogućnost dobijanja nutritivno vrednih proizvoda od kvinoje (*Chenopodium quinoa* Will) korišćenjem zagađenih voda“. Položila je sve ispite predviđene planom studijskog programa: Poljoprivredne nauke.

Radno iskustvo

Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu

Od 2008 do 2010. godine stručni saradnik;

Od 2010 do 2016. godine asistent.

Na Katedri za Agrohemiju i fiziologiju biljaka vodila je praktičnu nastavu iz predmeta: Agrikulturna hemija, Hemija i mikrobiologija voda i Zagađivači zemljišta i voda. Učestvovala je na projektu: „Ispitivanje mogućnosti korišćenja kontaminiranih voda za gajenje alternativnih, zdravstveno bezbednih žita“, Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa tehnološkog razvoja (2011-2019). Oblasti istraživanja su: hemija voda, hemija i zaštita životne sredine, hemija makroelemenata i toksičnih metala u zemljištu, bonitiranje voda i zaštita od zagađivanja.

**Bibliografija****M21a - Rad u međunarodnom časopisu**

1. Milić, S., Ninkov, J., Zeremski, T., Latković, D., Šeremešić, S., **Radovanović, V.**, Žarković B. (2019): „Soil fertility and phosphorus fractions in a calcareous chernozem after a long-term field experiment“. Geoderma, Vol 339, No 1, pp. 9-19.

**M23 - Rad u međunarodnom časopisu**

1. **Radovanović, V.**, Životić, Lj., Žarković, B., Đorđević A. (2017): „Soil-to-plant bio-accumulation factor as indicator of trace metal implementation into the food chain“. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Vol. 12, No. 2, pp. 457 - 462.

Doktorska disertacija dipl. hem. Vesne Radovanović, napisana je na 197 strana teksta i uključuje 62 tabele i 55 slika. Ispred osnovnog teksta napisan je rezime sa ključnim rečima na srpskom i engleskom jeziku. Doktorska disertacija sadrži šest poglavlja i to: Uvod (str. 3-5), Pregled literature (str. 5-34), Materijal i metode rada (str. 35-52), Rezultati i diskusija (str. 53-157), Zaključak (str. 158-159) i Literatura (str. 161-192).

Na kraju teksta disertacije nalazi se Spisak tabela i slika, kao i Biografija kandidata i obavezne izjave.

**III PREDMET I CILJ DOKTORSKE DISERTACIJE**

Ispitivanja upotrebe otpadnih voda u poljoprivredi uglavnom se fokusiraju na kratkoročni efekat kvaliteta tih voda na rast i razvoj gajenih biljaka, dok se malo pažnje posvećuje promenama u pogledu plodnosti i hemijskih osobina zemljišta. Takođe, malo se pažnje poklanja i uticaju kontaminanata na proizvodnju zdravstveno bezbedne hrane.

Zbog svega toga, ispitivanje kvaliteta voda za navodnjavanje predstavlja veoma važan segment prilikom procene određene poljoprivredne prakse. Ako se prilikom navodnjavanja koristi voda koja nije odgovarajućeg kvaliteta nastaje potencijalni rizik narušavanja proizvodne sposobnosti zemljišta, akumulacije zagađivača u zemljišta i njihovog usvajanja od strane gajenih biljaka. To zatim dovodi do smanjenja prinosa, kvaliteta i nutritivnih svojstava proizvoda, a konzumiranje takvih proizvoda može predstavljati i potencijalni rizik po ljudsko zdravlje.

Jedan od glavnih ciljeva ovog istraživanja je da se izvrši ispitivanje kvaliteta voda za navodnjavanje, i obavi procena uticaja dugoročnog navodnjavanja potencijalno zagađenom vodom na kvalitet zemljišta. Cilj je i da se u tim uslovima ispita uticaj navodnjavanja kontaminiranim vodom na rastenje i razviće, prinos i kvalitet prinosa biljke kvinoja.

Pored ispitivanja kvaliteta voda za navodnjavanje, predviđena su određivanja hemijskih svojstava zemljišta pre postavljanja ogleada, kao i posle berbe navednih useva. Posebna pažnja posvećena je određivanju ukupnog sadržaja potencijalno toksičnih metala u zemljištu i sadržaju njihovih pristupačnih oblika. Predviđenim ispitivanjima treba da se utvrdi da li se vode kontaminirane toksičnim metalima mogu koristiti za navodnjavanje ratarskih useva bez njihovog prethodnog prečišćavanja. Takođe, određivanjem distribucije ispitivanih elemenata u korenu, stablu, listu i

semenu biljke kvinoja treba da se sagleda otpornost ove kulture prema stresu izazvanom povišenim koncentracijama toksičnih elemenata. Takođe, cilj je i ispitivanje uticaja potencijalno kontaminiranih voda na nutritivna svojstva kvinoje.

#### **IV OSNOVNE HIPOTEZE**

Prema postavljenoj hipotezi očekuje se da će ova istraživanja doprineti razumevanju efekata navodnjavanja kontaminiranom vodom na osobine zemljišta. Poznato je da kvinoja ispoljava veliku toleranciju prema stresnim uslovima spoljašnje sredine (suši, solima, teškim metalima) i da je otpornija na zagađenja životne sredine od većine drugih ratarskih kultura. Shodno tome, uz odgovarajuću agrotehniku, od izabranih alternativnih žita se očekuju dobri rezultati, u pogledu proizvodnih potencijala i kvaliteta proizvoda (posebno nutritivnih svojstava) i na degradiranom zemljištu sa ispitivanog lokaliteta.

Na osnovu toga se očekuje i da će ova istraživanja omogućiti razvijanje nove tehnologije proizvodnje kvinoje i to u uslovima korišćenja potencijalno kontaminiranih voda toksičnim metalima za navodnjavanje useva. Ispitivanja u kontrolisanim uslovima mogla bi da doprinesu razumevanju fizioloških procesa koji su u osnovi otpornosti kvinoje na kontaminante iz vode.

#### **V METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA**

Ispitivanja su obuhvatila analizu zemljišta, vode za navodnjavanje i biljnog materijala.

Biljna kultura kvinoja je ispitana u oba eksperimentalna sistema i to i u uslovima polja i u kontrolisanim uslovima. U uslovima polja se u toku gajenja primenila odgovarajuća agrotehnika (obrada zemljišta, đubrenje, način setve, nega useva i žetva). Pratio se razvoj biljaka i na kraju ogleda je izvršena analiza prinosa i njihova nutritivna vrednost.

U kontrolisanim uslovima su se u toku vegetativne i generativne faze pratili parametri razvoja biljaka, koji mogu da doprinesu razumevanju usvajanja i transporta kontaminanata, kao i njihovo dejstvo na rastenje, razviće, prinos i kvalitet biljaka.

Metode koje su se koristile u istraživanjima obuhvatile su određivanje: aktivne kiselosti zemljišta, sadržaj kalcijum-karbonata volumetrijskom metodom sa Šajblerovim kalcimetrom; sadržaj humusa dihromatnom metodom Tjurina u modifikaciji Simakova; hidrolitičke kiselosti u bezkarbonatnim zemljištima metoda Kapena; sumu razmenljivo-adsorbovanih baznih katjona, metodom Kapena, totalni kapacitet adsorpcije katjona, računskim putem; stepen zasićenosti bazama računskim putem; ukupan azot po semimikro-Kjeldalu; sadržaj pristupačnog kalijuma i fosfora, Al-metodom po Egner-Rejmu-Domingu i metodom po Olsenu; određivanje ukupnih količina makro i mikroelemenata razaranjem sa koncentrovanom azotnom kiselinom metodom induktivno kuplovane plazme ICP – OES.

Laboratorijska ispitivanja vode obuhvatila su određivanje: pH – potenciometrijski na aparatu WTW pH/oxi 340i; električnu provodljivost – konduktometrijski na aparatu WTW Cond. 315i; hemijsku potrošnju kiseonika (HPK) – metoda sa kalijum dihromatom; karbonata i bikarbonata – titracijom sa 0,01 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; hlorida – metoda po Mohr-u; natrijuma – plamenofotometrijski;

kalcijuma i magnezijuma – metoda titracije sa kompleksonom III; amonijačni, nitritni i nitratni azot – fotometrijska metoda na aparatu Spectroquant Nova 60.

U uslovima polja pored analize elemenata ispitivani su sledeći parametri: rastenje biljaka (na osnovu merenja biomase); prinos i nutritivna vrednost zrna.

U kontrolisanim uslovima su praćeni vlažnost zemljišta (TETA probom) u sve tri ispitivane varijante i fiziološki procesi na osnovu merenja sadržaja hlorofila i flavonoida (Dualex aparatom); parametri rastenja i razvića biljaka (faza ontogeneze, visine biljaka i biomase), distribucija elemenata u korenu, stablu listovima i zrnu; zdravstvena ispravnost zrna (mikroorganizmi, mikotoksini, toksični metali); nutritivna vrednost zrna (sadržaj proteina, ulja, makro i mikroelemenata).

Rezultati su prikazani u odgovarajućim tabelama, a za njihovu obradu primenjena je adekvatna statistička analiza: analiza varijanse, LSD test i korelaciona analiza.

**VI STRUKTURA I KRATAK OPIS SADRŽAJA PO POGLAVLJIMA**

U uvodnom poglavlju dat je polazni okvir disertacije, kao i cilj i značaj istraživanja.

U drugom poglavlju dat je osvrt na opasne i štetne materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje, koje mogu da oštete ili promene proizvodnu sposobnost poljoprivrednog zemljišta i kvalitet vode za navodnjavanje. Takođe, opisan je i značaj kvinoje, njene biološke osobine kao i specifični uslovi uspevanja. Gajenje kvinoje povezano je sa proizvodnjom zdravstveno bezbedne hrane, izabrana je za kulturu koja će osigurati izvor hrane u 21. veku (FAO, 2006), a 2013-a godina je u svetu proglašena kao „godina kvinoje“ (FAO, 2013). To je učinjeno i zbog njenih veoma značajnih nutritivnih svojstava. Prema sadržaju proteina, minerala i drugih nutritivno vrednih jedinjenja, ova kultura po svojim kvalitetima prevazilazi i pšenicu i mleko.

U trećem poglavlju detaljno su opisani materijal i metode koje su primenjene za izradu doktorske disertacije. Ispitivanja u okviru ove disertacije su izvršena u 2 eksperimentalna sistema. Prvi eksperimentalni sistem je obuhvatio ispitivanja u prirodnim uslovima na lokalitetu deponije pepela termoelektrane Nikola Tesla u Obrenovcu. Na tom lokalitetu su urađene dve varijante ogleada sa navedenom kulturom i to navodnjavanje sa nekontaminiranom vodom i navodnjavanje vodom iz kanala koji se proteže duž eksperimentalne parcele. Drugi eksperimentalni sistem je obuhvatio ispitivanja gajenja biljaka u kontrolisanim uslovima. Ogled je urađen u fitokomori Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. U okviru ovog ogleada primenjeno je navodnjavanje nekontaminiranom vodom, (kontrolna serija), ispitivanom vodom iz kanala i veštački kontaminiranom vodom u koju su dodati toksični metali.

U četvrtom poglavlju opisani su rezultati istraživanja zajedno sa diskusijom, osvrćući se na fizička i hemijska svojstva zemljišta, ukupni sadržaj i pristupačnost elemenata u tragovima i procenu zagađenosti zemljišta. Za procenu potencijalnog rizika ispitivan je kvalitet vode iz kanala kroz osnovne parametre, makro i mikroelementi i analiza sedimenta. Takođe, prikazana je analiza biljnog materijala koja je obuhvatila određivanje sadržaja elemenata, bioakumulaciju metala i kvalitet prinosa.

U ogledu u kontrolisanim uslovima praćen je rast i razviće biljaka, a izvršena su i fiziološka merenja, određen je sadržaj elemenata, faza formiranja i sazrevanje semena, bioakumulacija kadmijuma i olova i mikrobiološki pokazatelji zdravstvene ispravnosti semena.

Nutritivna vrednost semena, plodnost zemljišta, kvalitet vode iz kanala i analiza biljnog materijala određeni su i u ogledu u kontrolisanim uslovima.

U petom poglavlju izložena su zaključna razmatranja, kao i predlozi za dalja istraživanja. Generalni zaključak je, da je proizvod dobijen u uslovima stresa visokih koncentracija olova i kadmijuma zdravstveno bezbedan, kako u hemijskom tako i u mikrobiološkom smislu i visoke nutritivne vrednosti. Rezultati ukazuju da se kontaminirane vode, primenjivane u ovom radu, mogu koristiti za navodnjavanje kvinoje bez njihovog prethodnog prečišćavanja. Na osnovu

prikazanih rezultata može se zaključiti da je kvinoja ekskluder za kadmijum i olovo.  
U šestom poglavlju dat je spisak trenutno dostupne, aktuelne i raspoložive naučne građe, koja je poslužila za izradu doktorske disertacije.

**VII OSTVARENI REZULTATI I NAUČNI DOPRINOS**

Rezultati do kojih se došlo istraživanjima realizovanim u doktorskoj disertaciji pod nazivom „Mogućnost dobijanja nutritivno vrednih proizvoda od kvinoje (*Chenopodium quinoa* Will.) korišćenjem zagađenih voda“ **imaju akademski i praktični značaj.**

Akademski značaj se ogleda u načinu na koje je istraživanje postavljeno i realizovano, što je i u skladu sa prijavom disertacije. Praktični značaj se ogleda u činjenici da se zahvaljujući istraživanjima došlo do značajnih rezultata koji ukazuju da se kontaminirane vode, u opsegu koncentracija primenjivanih u ovom radu, mogu koristiti za navodnjavanje kvinoje bez njihovog prethodnog prečišćavanja. Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da je kvinoja ekskluder za kadmijum i olovo.

Ostvareni rezultati istraživanja su sledeći:

Vrednosti ukupnog sadržaja elemenata u tragovima (As, Cd, Co, Cr, Ni, Pb i Zn) u zemljištu, ispitivanih u okviru oglada u polju, izuzev Ni, niže su od vrednosti maksimalno dozvoljenih koncentracija pripisanih za poljoprivredna zemljišta. Međutim, određivanjem koeficijenta kontaminacije (Cf), koji je veći od jedinice (izuzev Cr, Pb) ukazano je da postoji antropogeni uticaj na kvalitet zemljišta ispitivane lokacije. Srednje vrednosti Cf pokazuju srednji stepen zagađenja za As (2,48), Cd(2,25), Co(1,68) i Zn(1,38), dok vrednosti za Ni (3,72) ukazuju na znatan stepen antropogenog uticaja.

Sveobuhvatna procena uticaja otpadnih voda za navodnjavanje, koja je korišćena direktno, bez prečišćavanja, na ispitivani kvalitet zemljišta u pogledu sadržaja elemenata u tragovima, sagleda se kroz indeks kontaminacije (PLI). Srednje vrednosti PLI (1,33-1,54) ukazuju na osetan antropogeni uticaj koji je najizraženiji u drugoj istraživačkoj godini. Druga godina je prema zvaničnim klimatskim podacima bila godina sa najnižim vrednostima za količinu padavina, stoga je i ispoljen najveći uticaj korišćenja voda za navodnjavanje koje prolaze kroz pepelište termoelektrane ispitivane lokacije na akumulaciju potencijalno toksičnih elemenata.

Prosečni godišnji sadržaj elemenata u vodi iz kanala ukazao je na statistički značajne razlike na nivou značajnosti 0,01 za sadržaj kalcijuma, hroma i sumpora između prve i druge godine, kao i za sadržaj kadmijuma između prve i treće istraživačke godine. Na nivou značajnosti 0,05 statistički značajne razlike utvrđene su za sadržaj arsena i to između prve i druge, kao i između prve i treće posmatrane godine. Rezultati ukazuju na značajna variranja u sadržaju posmatranih elemenata tokom tri istraživačke godine.

Procena potencijalnog rizika kroz analizu sedimenta ispitivanog kanala ukazala je na visoke vrednosti za sadržaj Ni, kao i As čiji sadržaj se nalazi znatno iznad MDK utvrđenih nacionalnom Uredbom i po tom parametru možemo smatrati sediment izuzetno zagađenim, sa neophodnim oprezom u čuvanju radi sprečavanja rasprostiranja u životnu okolinu.

Vrednost particionog koeficijenta (log Kd) elemenata u tragovima ispitivanog kanala najniži je za sadržaj bora (0,45- 0,78), na osnovu čega se sagledava da se bor više nalazi u



rastvorenoj frakciji, tako da je njegov sadržaj u vodi iz kanala iznad vrednosti pripisanih za vode koje se koriste za navodnjavanje.

Nejednaka distribucija elemenata, koren > list > stablo > seme, zapaža se kako u poljskim uslovima tako i u ogledu u kontrolisanim uslovima. Jaka pozitivna korelacija koja je utvrđena između sadržaja kadmijuma i olova u supstratu i biljci ukazuje da bioakumulacija od strane kvinoje zavisi od koncentracije elemenata u zemljištu.

Bioakumulacija metala od strane kvinoje, u dve posmatrane godine, ukazala je da uglavnom postoje statistički značajne razlike između kontrole i tretmana u obe godine, kao i vrednosti između tretmana za posmatrane elemente, što ponovo upućuje na zavisnost bioakumulacije od koncentracije elemenata u zemljištu.

Rezultati su pokazali da kvinoja usvaja potencijalno toksične metale iz zemljišta sa oskudnom translokacijom ka nadzemnim delovima, naročito ka semenu.

**Naučni doprinos doktorske disertacije** ogleda se u načinu formulisanja kao i testiranju mogućnosti navodnjavanja useva kontaminiranom vodom. Kvalitet voda za navodnjavanje je veoma važan po ljudsko zdravlje, kao i za kvalitet i prinos žitarica, zbog svog uticaja na životnu sredinu. Kontaminanti se preko sistema „kontaminirana voda-zemljište-biljka“ mogu uključiti u lance ishrane i tako dovesti do značajnih zdravstvenih problema. Stoga se u mnogim zemljama primenjuje kontrola kvaliteta vode za navodnjavanje. Korišćenje kontaminiranih voda u zemljama EU je ograničeno na osnovu EU Direktive (Water Framework Directive), koja uključuje veoma strogu kontrolu kvaliteta i bezbednosti hrane, i to u saradnji sa Evropskom agencijom za bezbednost hrane. Navodnjavanje otpadnim vodama može značajno doprineti procesu nagomilavanja toksičnih metala u zemljištu. Postojanost zagađivača u zemljištima je znatno veća nego u ostalim delovima biosfere, i kontaminacija zemljišta, naročito toksičnim metalima, praktično je trajna. Poznavanje sadržaja i ponašanja metala u poljoprivrednim zemljištima je od velikog značaja sa tačke gledišta proizvodnje kvalitetne i zdravstveno bezbedne hrane. Razumevanju tog procesa doprinose različite metode i pristupi ispitivanjima otpornosti biljaka na kontaminante, kao i procesima usvajanja elemenata iz kontaminiranih zemljišta i njihovog prenošenja preko korena do nadzemnih delova i organa biljaka koji se koriste u ishrani. U našoj zemlji se navodnjavanja useva kontaminiranom vodom primenjuje na žitima koja tek počinju da se gaje (kvinoja), ili su zastupljena na veoma malim površinama (heljda, krupnik). Ove vrste su, prema dosadašnjim saznanjima tolerantnije na lošije uslove životne sredine od većine ratarskih biljaka. Pored toga, odlikuju se velikom nutritivnom vrednošću glavnog proizvoda, zrna koje se koristi za spremanje skrobno-belančevinaste hrane. Zahvaljujući istraživanjima u ovoj disertaciji došlo se do rezultata koji ukazuju, da je proizvod dobijen u uslovima stresa visokih koncentracija olova i kadmijuma zdravstveno bezbedan, kako u hemijskom tako i u mikrobiološkom smislu i visoke nutritivne vrednosti.

**VIII ZAKLJUČAK KOMISIJE**

Polazeći od stavova sadržanih u članovima 20. i 21. kao i uvažavajući najviše akademske i etičke standarde zaključujemo sledeće:

- Doktorska disertacija kandidata Vesne Radovanović **sadrži istraživanja koja su vrlo aktuelna**, jer se značajna pažnja posvetila jednom od glavnih ciljeva, a to je da se izvrši ispitivanje uticaja dugoročnog navodnjavanja s potencijalno zagađenom vodom na kvalitet zemljišta kao i rasteenje i razviće, odnosno prinos i kvalitet prinosa biljke kvinoja.
- Dosadašnji rezultati i publikacije kandidata dipl. hem. Vesne Radovanović **pokazuju njenu naučnu kompetentnost za izradu predmetne disertacije.**
- Komisija smatra da je doktorska disertacija napisana u skladu sa datim obrazloženjem u prijavi teze. Takođe, Komisija konstatuje da je tekst doktorske disertacije pre stavljanja na uvid u javnost prošao detekciju plagijarizma (**doktorska disertacija je prošla test na plagijarizam sa 9 %**) i da Mentor poseduje zvanični izveštaj.

Na osnovu svega navedenog, Komisija **pozitivno ocenjuje podnetu doktorsku disertaciju kandidata Vesne Radovanović, dipl. hem.,** pod nazivom:

**„Mogućnost dobijanja nutritivno vrednih proizvoda od kvinoje (*Chenopodium quinoa* Will.) korišćenjem zagađenih voda“**

i **predlaže** Nastavno naučnom veću Fakulteta ekološke poljoprivrede i Senatu Univerziteta Edukons u Sremskoj Kamenici da **usvoje** podnetu disertaciju i **prihvate** ovaj Izveštaj i na osnovu njega **zakažu i odrede** datum javne odbrane.

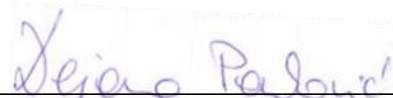
POTPISI ČLANOVA KOMISIJE

1. 

Dr Danka Radić, docent, **predsednik Komisije**

Fakultet ekološke poljoprivrede, Univerzitet Edukons, Sremska Kamenica

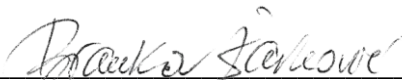
Uža naučna oblast: Ekološka mikrobiologija

2. 

Dr Dejana Panković, redovni profesor, **Mentor**

Fakultet ekološke poljoprivrede, Univerzitet Edukons, Sremska Kamenica

Uža naučna oblast: Biotehničke nauke

3. 

Dr Branka Žarković, vanredni profesor, **član Komisije**

Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu

Uža naučna oblast: Agrikulturna hemija