Određivanje toka vode i pronosa nitrata u tlu pomoću procjednih lizimetara

Gusić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:782161

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

ODREĐIVANJE TOKA VODE I PRONOSA NITRATA U TLU POMOĆU PROCJEDNIH LIZIMETARA

DIPLOMSKI RAD

Ana Gusić

Zagreb, rujan, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Melioracije

ODREĐIVANJE TOKA VODE I PRONOSA NITRATA U TLU POMOĆU PROCJEDNIH LIZIMETARA

DIPLOMSKI RAD

Ana Gusić

Mentor:

doc. dr. sc. Vilim Filipović

Zagreb, rujan, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Ana Gusić**, JMBAG 0178100619, rođena 19.08.1994. u Splitu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

ODREĐIVANJE TOKA VODE I PRONOSA NITRATA U TLU POMOĆU PROCJEDNIH LIZIMETARA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni Izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studentice

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Ana Gusić**, JMBAG 0178100619, naslova

ODREĐIVANJE TOKA VODE I PRONOSA NITRATA U TLU POMOĆU PROCJEDNIH LIZIMETARA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1. Doc. dr. sc. Vilim Filipović mentor _____
2. Doc. dr. sc. Ivan Mustać član _____
3. Doc. dr. sc. Vedran Rubinić član _____

Zahvala

Zahvaljujem svom mentoru Vilimu Filipoviću na suradnji i pomoći prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Hvala svim prijateljima i kolegama te drugim ljudima koji su bili uz mene kroz cijelo fakultetsko razdoblje te ga na bilo koji način olakšali i uljepšali. Hvala A. i L., što ste bili uz mene.

Najveća hvala mojim roditeljima na strpljenju, razumijevanju i podršci tokom cijelog školovanja.

SADRŽAJ

1 UVOD 1

1.1 Cilj rada ili Cilj istraživanja 2

2 PREGLED LITERATURE 3

2.1 Tok vode u tlu 3

2.1.1. Procjena kretanja vode 6

2.2 Primjena lizimetarske tehnologije 7

2.3 Pronos nitrata u tlu 11

3 MATERIJALI I METODE 15

3.1 Lokacija istraživanja i pedološke značajke 15

3.1.1. Klimatske značajke 16

3.1.2. Pedološke značajke 21

3.1.3. Određivanje kemijskih i fizikalnih svojstava tla na pojedinim lokacijama 22

3.2 Analiza procjedne vode 30

4 REZULTATI I RASPRAVA 32

4.1 Sadržaj dušičnih spojeva 32

4.2 Rezultati količine i kakvoće procjedne vode 42

4.3 Analiza poljoprivredne proizvodnje 47

5 ZAKLJUČAK 53

6 POPIS LITERATURE 55

7 ŽIVOTOPIS 59

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Ana Gusić**, naslova

ODREĐIVANJE TOKA VODE I PRONOSA NITRATA U TLU POMOĆU PROCJEDNIH LIZIMETARA

Postizanje što većih prinosa poljoprivrednih kultura podrazumijeva korištenje većih količina mineralnih gnojiva kako bi se maksimalno iskoristili fizikalni, kemijski i biološki potencijali tla. Najveću opasnost za kakvoću tla i vode predstavljaju dušična gnojiva, a posebno nitratni oblik dušika. Terensko istraživanje provedeno je u razdoblju 2016. - 2018. na šest lokacija na području Bić polja s ciljem određivanja toka vode i pronosa nitrata primjenom procjednih lizimetara na različitim tipovima tala. Pri tome će se uz pomoć analize poljoprivredne proizvodnje utvrditi potencijalna opasnost od onečišćenja podzemnih voda nitratima. U tu svrhu izvršena je detaljna fizikalna i kemijska analiza uzoraka tla. Praćena je dinamika koncentracija dušičnih spojeva (NO_3-N i NH_4-N) u procjednoj vodi, monitoring količine i kakvoće procjedne vode, te analiza poljoprivredne proizvodnje. Tijekom istraživanog razdoblja na lokacijama postavljenih lizimetara uzgajane su različite ratarske kulture: zob, uljana repica, pir, ozimi ječam, šećerna repa, lucerna, soja, suncokret. Koncentracija nitratni dušika u perkolatu procjednih lizimetara u razdoblju od 3 godine su varirali od 2,63 do 16,13 mg NO_3-N/l, a koncentracija ukupnog dušika u perkolatu kretala se od 2,70 do 16,16 mg N/l te su uglavnom prelazile MDK tijekom 2016. i 2017. godine. Koncentracija dušika iz amonijaka je varirala od 0,02 do 0,14 mg NH_4-N/l. Maksimalno ispiranje dušika putem procjedne vode iz tla isprano oko 17,5 kg N/ha ili 12,0 %, te 0,421 kg P/ha ili 0,49 % od količine koja je dodana putem gnojidbe što je utvrđeno tijekom 2016. godine. Dobiveni rezultati upućuju na opasnost od pronosa dušičnih spojeva do podzemne vode u slučajevima povećane primjene mineralnih gnojiva nakon čega su prisutne povećane količine oborina.

Ključne riječi: nitrati, lizimetar, pronos nitrata, tok vode

Summary

Of the master's thesis – student **Ana Gusić,** entitled

DETERMINATION OF WATER FLOW AND NITRATE TRANSPORT IN SOIL USING ZERO TENSION LYSIMETER

Achieving the highest possible yield of agricultural crops means using large amounts of mineral fertilizers in order to maximize the physical, chemical and biological potentials of the soil. The largest threat to the quality of soil and water is represented by nitrogen fertilizers, and especially the nitrate form. The research was conducted in the period from 2016 to 2018 at six locations in the area of Bić field with the aim of determining water flow and nitrate transport by installing lysimeters on different soil types. Potential threat of groundwater pollution with nitrates will be determined by the analysis of agricultural production. For this purpose, a detailed physical and chemical analysis of soil samples was performed. The dynamics of nitrogen compounds concentrations (NO_3-N and NH_4-N) in leachate, monitoring of the quantity and quality of leachate, and analysis of agricultural production were monitored. During the research period, different field crops were grown on the locations of the installed lysimeters: oats, oilseed rape, spelled, winter barley, sugar beet, alfalfa, soybean, sunflower. The concentration of nitrate nitrogen in zero tension lysimeters over a period of 3 years varied from 2.63 to 16.13 mg NO_3-N / l, and the concentration of total nitrogen in percolate ranged from 2.70 to 16.16 mg N / l and have largely exceeded the MDK during 2016 and 2017. The nitrogen concentration from the ammonia varied from 0.02 to 0.14 mg NH_4-N / l. Maximum leaching of nitrogen through leachate from the soil washed about 17.5 kg N / ha or 12.0%, and 0.421 kg P / ha or 0.49% of the amount added through fertilization, which was determined during 2016. The obtained results indicate the danger of transport of nitrogen compounds to groundwater in cases of increased application of mineral fertilizers, after which there is an increased amount of precipitation.

Keywords: nitrates, lysimeter, nitrate transport, water flow

1 UVOD

Posljednjih nekoliko desetljeća sve se veća pozornost posvećuje zaštiti okoliša i kontroli onečišćenja. Istovremeno, sve veći je broj potencijalno štetnih tvari koje se primjenjuju ciljano u poljoprivrednoj praksi. Poljoprivreda se svrstava prvenstveno u difuzne izvore onečišćenja tla i voda. Prema podatcima Ujedinjenih naroda, odnosno Ekonomske komisije za Europu (UN/ECE, 1993.) najčešća onečišćenja voda u poljoprivrednoj proizvodnji događaju se uslijed prekomjerne i nestručne uporabe dušičnih i fosfornih gnojiva. (Petošić i sur., 2011.). Prvenstveno je dušik, kao najvažniji nutrijent koji se koristi za ishranu bilja, element koji se dodaje u tlo u velikim količinama (Mengel i sur., 2006., Stevenson, 1982.). Takva rasprostranjenost neminovno vodi u potencijalno štetni utjecaj poljoprivredne proizvodnje. Tako se na poljoprivrednim tlima dušična gnojiva počesto koriste u količinama koje biljke nisu u mogućnosti u potpunosti usvojiti. Zbog navedenog može doći (a često i dolazi) do ispiranja nitrata u dublje slojeve tla i/ili podzemne vode, a što je usko povezano s tokom vode u tlu. Takve supstance se mogu procjeđivanjem transportirati u dublju zonu tla te posljedično dospjeti do podzemnih voda. Iako je većina sredstava koja se primjenjuju u poljoprivrednoj proizvodnji korisna u površinskom sloju tla, zbog ispiranja u dublje slojeve tla i podzemne vode te supstance mogu uzrokovati ozbiljna onečišćenja. Sve veća upotreba dušičnih gnojiva nedvojbeno je pospješila poljoprivrednu proizvodnju, ali s druge strane ima štetan učinak na kakvoću vode. S porastom upotrebe dušičnih gnojiva rastu koncentracije dušičnih spojeva, ponajviše nitrata, u podzemnim vodama (Keeney D.R., 1989.). Velik problem je ispiranje dušika u obliku nitrata i nitrita, koji se u tlo unose mineralnim gnojivima. Nagomilavanje nitratnog dušika ($N\text{-}NO_3$) u tlu ima velik utjecaj na pojačano ispiranje i kontaminaciju okolnih vodotoka i podzemnih voda, a nakupljanje u hrani štetno djeluje na ljude i životinje. U Hrvatskoj je određena granična vrijednost nitrata u podzemnoj vodi propisana Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće i iznosi 50 mg L^{-1}, koja je također granična vrijednost propisana Nitratnom direktivom u zemljama EU. Da bi se osigurala zaštita i prevencija onečišćenja pitke vode potrebno je razviti i unaprijediti monitoring kako površinskih tako i podzemnih voda na lokacijama gdje postoji velika opasnost od onečišćenja. Monitoring je proces s „definiranom svrhom opetovanog motrenja jednog ili više elemenata okoliša u skladu s programom definiranim u prostoru i vremenu, uz korištenje usporedive metodologije praćenja okoliša i sakupljanja podataka“ (Šurmanović i sur., 2003.). Zajednički cilj svih tipova monitoringa je dobiti što kvalitetnije uzorke koji će biti reprezentativni i odgovarati stvarnim uvjetima kvalitete podzemne vode s njegove izvorne lokacije (Herzog i sur., 1991.). Praćenje (monitoring) kakvoće tla i voda na područjima korištenim za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju predstavlja važnu metodu kontrole i prevencije onečišćenja okoliša. Potreba za monitoringom vodnog režima poljoprivrednih tala i kakvoće vode u Bid-Bosutskom polju, proizašla je kao rezultat neophodnih mjera zaštite okoliša. Tok i kakvoća vode u tlu mogu se odrediti pomoću terenskih procjednih lizimetara. Oni na taj način omogućuju praćenje transportnih procesa u tlu uz primjenu agrotehničkih operacija (obrada, gnojidba, primjena zaštite bilja).

1.1 Cilj rada ili Cilj istraživanja

Cilj rada je odrediti tok vode i pronos nitrata primjenom procjednih lizimetara na različitim tipovima tala. Analizom poljoprivredne proizvodnje će se utvrditi potencijalna opasnost od onečišćenja podzemnih voda nitratima.

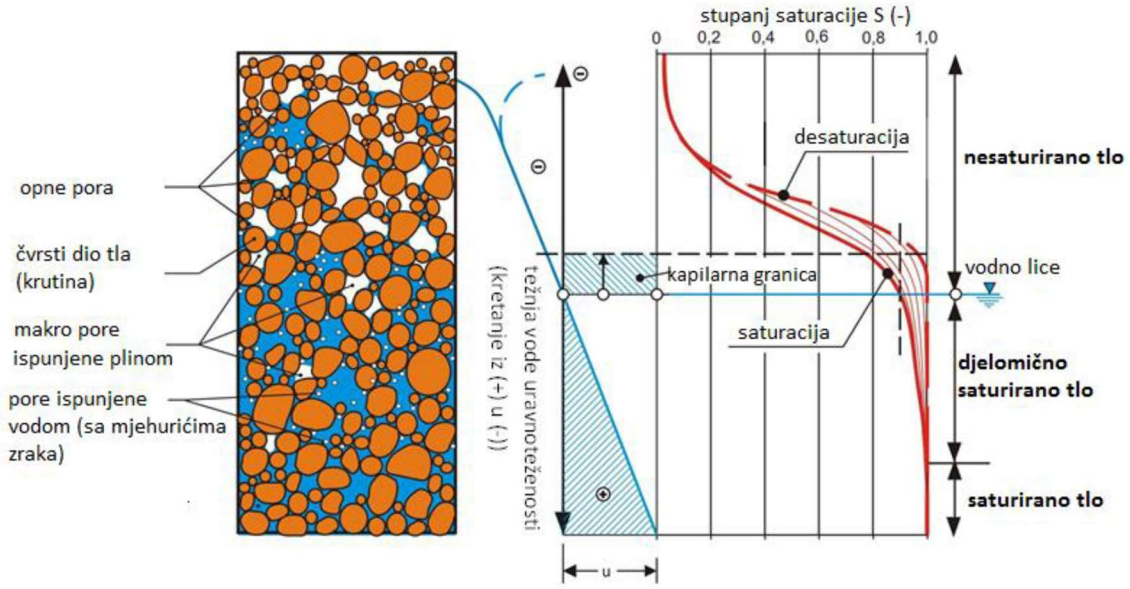
2 PREGLED LITERATURE

2.1 Tok vode u tlu

Kretnje vode u tlu je ključan proces koji utječe na kvalitetu i količinu vode i okoliša. Sve se više posvećuje pozornost razvoju novih tehnologija uz korištenje numeričkih modela za procjenu ponašanja voda i zagađenja podzemnih voda uzrokovano poljoprivrednom proizvodnjom (Filipović, 2013.).

Tlo definiramo kao medij sastavljen od čvrste (čestice tla), tekuće (voda) i plinovite faze (zraka) (Hillel, 2013.). Između čestica tla postoji porozni prostor (pore tla) različitog oblika i dimenzija u kojem se nalazi voda i zrak (plin). Porozni prostor predstavlja prirodnu zalihu za vodu i zrak, a ovisi o tipu tla i njegovim fizikalnim značajkama. Porozni prostor ili pore tla dijelimo na mikro pore (kapilarne pore) u kojima se zadržava voda i makro pore (ne-kapilarne pore) u kojima se nalazi zrak, dok se voda u njima može zadržati samo kraće vrijeme (Jury i Horton, 2014.).

Infiltracija je proces ulaska vode kroz površinu tla (Or i Wraith, 1997.). Infiltracijom se tlo vlaži od površine prema dubljim slojevima djelovanjem sile gravitacije i kapilarnih sila. S obzirom na to da se voda u tlu skladišti u porama, najveća infiltracija je u početku procesa kada je tlo suho i pore su prazne, a s vremenom se smanjuje. Infiltracija ovisi o fizikalnim značajkama tla i trenutnom stanju vlažnosti tla. Kada voda potpuno ispuni porozni prostor, kažemo da je tlo vodom saturirano (zasićeno). Djelomično saturirano tlo je ono tlo kada voda ne ispunjava potpuno njegov porozni prostor.



Slika 2.1.1. Struktura tla s obzirom na sustav pora (lijevo); stupnjevi saturacije vodom profila tla (presjek) (desno)

(Izvor: Mešić, 2018. prilagođeno prema http://blog.hj-koehler.de/boden-unter-wasser/)

Tok podzemnih voda dijeli se na tok u saturiranoj sredini i na tok u nesaturiranoj sredini. Tok u nesaturiranoj sredini primarno je vertikalan, a tok u saturiranoj sredini primarno je horizontalan (Gjetvaj, 2006.). Na Slici 2.1.1. prikazan je presjek tla s vodom u uravnoteženom stanju na koji djeluje atmosferski tlak. Granica na kojoj se dijeli ne saturirana i saturirana zona se zove vodno lice (Mustać, 2015.). Ispod granice vodnog lica, sve pore u tlu su ispunjene vodom (saturiranost iznosi 100%). Takvo područje nazivamo područjem potpunog zasićenja (saturirana zona tla).

Iznad granice vodnog lica nalaze se pore koje mogu biti ispunjene vodom u potpunosti ili djelomično. U toj zoni stupanj saturiranosti kreće se između 0 i 100%. To područje tla nazivamo kapilarnom zonom. Iznad kapilarne zone nalazi se područje adhezijske vode gdje se voda veže za čvrste čestice tla u tankom sloju, a dijelimo ga na područje membranske vode i hidroskopne vlage. U području adhezijske vode, pore tla ispunjene su mješavinom zraka i vodene pare pa područje iznad kapilarnog područja nazivamo i ne saturiranom zonom tla (Mustać, 2015.). Različit oblik krivulja poznat je i pod pojmom „histereze“ (Dirksen, 1999.).

Voda u tlu sadrži različitu količinu potencijalne i kinetičke energije. Iako se voda u tlu kreće relativno sporo, njena kinetička energija je zanemariva. Potencijalna energija, koja se određuje prema položaju samog tijela u polju sila te unutarnjem stanju tvari, najbitnija je pri karakteriziranju stanja vode u tlu.

Voda u tlu teži uravnoteženosti, te se iz toga razloga kreće iz područja gdje je njena potencijalna energija veća u ono gdje je manja (Slika 2.1.1.) (Or i Wraith, 1997.).

Vodni potencijal tla iskazujemo kao potencijalnu energiju po jedinici volumena vode u uzorku tla. Ukupni vodni potencijal nekog tla je zbroj četiriju potencijala: gravitacijskog, matričnog, osmotskog i tlačnog. Gravitacijski potencijal je posljedica gravitacijskog polja dok se matrični potencijal odnosi na kapilarne i adsorpcijske sile u tlu (Dirksen, 1999.).

Tok vode u tlu može biti stacionaran (ujednačen tok bez promjene karakteristika toka s vremenom), nestacionaran ali saturiran, te nesaturiran i nestacionaran koji je i najčešći tok u prirodnim uvjetima. Većina modela za simuliranje toka vode u nesaturiranoj zoni tla bazira se na Richardsovoj jednadžbi toka vode (Filipović, 2015., Farthing i Ogden, 2018.):

$$\frac{\partial \theta(h)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{k(h)\partial k}{\partial z} + \frac{\partial k(h)}{\partial z}\right) - S(h)$$

gdje je: θ – relativna količina vode u tlu, [L^3 L^{-3}]*,

h – vodni potencijal tla (pressure head), [L]*,

K – hidraulička vodljivost nesaturiranoga tla, [LT^{-1}]*,

z – vertikalna koordinata (pozitivan smjer prema gore), [L]*,

t – vrijeme, [T]*,

S – voda koju biljka usvaja korijenom, [T^{-1}]*.

(* M – mass (g, kg itd.), L – length (mm, cm itd.) i T – time (s, min itd.). Zbog mogućnosti variranja jedinica naveden je uobičajen opis formula.)

Richardsova jednadžba bazira se na jednadžbi kontinuiteta i Darcyevom zakonu. Jednadžba kontinuiteta izražava promjenu u relativnoj količini vode u zadanom volumenu tla kao posljedici prostorne promjene toka vode, a izražava se sljedećom jednadžbom:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial q_z}{\partial z}$$

Darcyev zakon primijenjen na djelomično saturirano tok opisuje hidrauličku vodljivost kao funkciju relativne količine vode u tlu $K=K(\theta)$, što znači da će malo smanjenje količine vode u tlu dovesti do značajnog smanjenja hidrauličke vodljivosti K, i opisuje se jednadžbom:

$$q_z = -K\frac{\partial H}{\partial z}$$

gdje je: H – suma vodnoga potencijala tla (h) i gravitacijskog potencijala tla (z)

qz – specifični protok (eng. flux density), [LT^{-1}]

Richardsova jednadžba parcijalno je diferencijalna i nelinearna zbog θ-H-K odnosa koji se javlja u prirodi odnosno u tlu. U takvom kompleksnom sustavu rubni uvjeti podložni su neregularnim promjenama. Ako poznajemo odnos između θ -H-K parametara, numeričkim modelom možemo riješiti jednadžbu za različite površinske rubne uvjete (Filipović, 2015.).

2.1.1. Procjena kretanja vode

Gibanje ili kretanje vode može biti kroz nezasićeno (nesaturirano) i skroz zasićeno (saturirano) tlo. Brzina i smjer gibanja ovisi o nekoliko faktora: agregatnom stanju vode, količine vode u tlu, teksturi, strukturi i porozitetu tla, sadržaju organske tvari u tlu i silama koje uzrokuju gibanje. Voda u tlu se može gibati u svim smjerovima: descedentno, ascedentno i lateralno. Sami smjer gibanja ovisi o djelovanju kohezivnih sila u kapilarama tla. Prilikom prirodnog vlaženja tla oborinama ili dodavanjem vode navodnjavanjem, voda se giba prema dolje (descedentno). Kada se giba prema gore (ascedentno), tlo se vlaži kapilarno od podzemne vode, a kada se voda giba lateralno (bočno) tlo se vlaži u svim smjerovima (Filipović, 2015.).

Na svom putu iz tla preko korijena, stabljike i lista pa sve do atmosfere, voda prolazi različite organske i anorganske medije. Mehanizmi transporta vode ovise o vrsti medija kroz koji voda prolazi. Osnovni procesi kretanja vode su: difuzija, osmoza, maseno strujanje te prijenos vode kroz staničnu membranu (vodeni proteinski kanalići).

Vodni potencijal jest kemijski potencijal vode koji predstavlja razliku između potencijala vode u standardnim uvjetima i potencijala tvari u određenim uvjetima. On opisuje slobodnu energiju po jedinici volumena vode u otopini u odnosu na standardno stanje vode.

Gravitacijski potencijal u tlu uzrokuje kretanje vode prema središtu Zemlje ako joj se suprostavi sila jednake jačine. Utjecaj gravitacije na vodni potencijal tla najizraženiji je netom nakon oborina ili navodnjavanja i s vremenom postupno slabi.

Osmotski (koncentracijski) potencijal predstavlja utjecaj koncentracije otopljenih tvari na vodni potencijal. Otopljene tvari razrjeđuju vodu te samim time smanjuju slobodnu energiju vode. Otapanje tvari u vodi snižava vodni potencijal što znači da ima negativan učinak na ukupni vodni potencijal.

Hidrostatski potencijal predstavlja učinak hidrostatskoga tlaka. Hidrostatski potencijal može imati pozitivan ili negativan učinak na vodni potencijal. Pozitivan hidrostatski tlak nastaje u površinskom sloju tla nakon oborina ili ulaskom vode u stanicu te povećava vodni potencijal. Negativan tlak nastaje: procjeđivanjem (oborinske) vode u potpovršinske horizonte tla, nakon duljeg izostanka oborina ili navodnjavanja te isparavanjem vode iz lista. Negativan tlak smanjuje vodni potencijal (Ondrašek i sur., 2015.).

2.2 Primjena lizimetarske tehnologije

Procjedni lizimetri se mogu koristiti kao uređaji za sakupljanje vode i opisivanje toka vode u heterogenim tlima. Lizimetri se klasificiraju prema različitim kriterijima, kao što su tip uzorka tla koji se koristi (monolitni ili rekonstruirani), načinu prikupljanja perkolata (perkolat koji se prikuplja gravitacijski ili perkolat koji se prikuplja pomoću vakuuma), te na temelju mjerenja količine istjecanja vode (Dugas i sur., 1990., Kohnke i sur., 1940.). U Tablici 2.2.1. prikazan je pregled različitih klasifikacija lizimetara. Navedeni se lizimetri ne razlikuju u potpunosti i mogu biti različito klasificirani, ovisno o kriterijima.

Tablica 2.2.1. Prikaz klasifikacije lizimetara te njihov kratak opis

(Izvor: prilagođeno prema Filipović V., 2012.)

KLASIFIKACIJA	**KRATAK OPIS**
Na temelju sakupljanja perkolata	
Procjedni lizimetar sa gravitacijskim prikupljanjem perkolata (Zero tension lysimeter)	Lizimetar s gravitacijskim prikupljanjem perkolata. Nije potrebna primjena sila za prikupljanje uzoraka.
Procjedni lizimetar s primjenom vakuuma (Low – tension lysimeter)	Za uzorkovanje je potrebno primjeniti vakuum.
Vakuumski lizimetar	Lizimetar koji je konstruiran da bi omogućio ravnotežu između sustava uzorkovanja i okolnog tla; zbog toga je potrebna sila za uzorkovanje – vakuum.
Na temelju materijala ispune	
Monolitni lizimetri	Neporušeni/porušeni uzorak tla je iskopan te je umetnut u konstrukciju lizimetra na način da kućište obuhvaća cijeli uzorak. Uzorkovanje je moguće uz ili bez primjene (sile) vakuuma.
„Ebermayer“ lizimetar	*In situ* lizimetar koji nema stranica za odvanje uzoraka od okolnog tla.

Na temelju mjerenja količine vode	
Lizimetar s mjernim instrumentom „Weighing lysimeter“	Lizimetar je postavljen izravno na opremu za mjerenje (vaga) ili se može oprema za vaganje postaviti prilikom uzorkovanja. Perkolat se može skupiti sa ili bez primjene sile (vakuuma).
Lizimetar bez mjernog instrumenta „Nonweighing lysimeter“	Lizimetri bez opreme za vaganje. U ovu skupinu mogu se svrstati svi navedeni tipovi osim prethodnog.

Lizimetri su najčešće konstruirani kao kružni (Slika 2.2.1.) ili pravokutni (Slika 2.2.2.) te mogu varirati u veličini s obzirom na potrebe istraživanja. Veličina i oblik lizimetra trebaju biti izabrani kako bi uzorci bili reprezentativni s obzirom na materijal punjenja (tlo, supstrat). Ako je materijal jako heterogenog sastava ili je granulacija čestica velika, lizimetar mora biti dovoljno velik da bi sadržavao reprezentativan uzorak materijala. Kružne su površene najčešće korištene za „manje“ lizimetre (Cronan, 1978., McLay i sur., 1992.). U istraživanjima koja uključuju uzgajanje usjeva na površini, zbog načina sjetve u redovima, preporuka je da se koriste pravokutni lizimetri (Howell i sur., 1991.).

S obzirom na oblik i veličinu lizimetara koji su bili korišteni kako bi se zadovoljili kriteriji određenog istraživanja ustanovljene su velike varijacije.



Slika 2.2.1. Kružni lizimetar

(Izvor: http://www.iac.ethz.ch)



Slika 2.2.2. Pravokutni lizimetar

(Izvor: http://www.soilprot.ethz.ch)

Sustav odvodnje na dnu lizimetra trebao bi učinkovito odvoditi perkolat od istraživanog materijala do točke uzorkovanja. Oblik odvodnog sustava varira i generalno je prilagođen eksperimentalnim uvjetima istraživanja. Odvodni je sustav moguće oblikovati tako da se spriječe saturirani uvjeti na dnu lizimetra ili da se omoguće uvjeti promjenjive razine podzemne vode (Cameron i sur., 1990., Corwin i LeMert, 1994.). Kod velikih lizimetara, koji se koriste za otpadne produkte, dno lizimetra napravljeno je od nepropusnog materijala (Hjemar, 1990.) s drenažnim slojem. Procjedni lizimetri (eng. zero tension lysimeters) prikupljaju gravitacijsku vodu koja se nalazi u velikim porama tla (Hansen, 1998.). U lizimetrima u kojima je potrebno primijeniti vakuum (silu) ili koji su u ravnotežnom stanju obzirom na okolni sustav tla, moguće je uzorkovanje iz sitnijih pora uspostavljanjem dobrog kontakta između ispitivanog materijala i točke uzorkovanja primjenom sile vakuuma (isisavanja).

Svrha lizimetarskih eksperimenata kao i istraživaog materijala jest određivanje koje su metode za uzorkovanje i materijal ispune prikladni. Metode uzorkovanja i materijali punjenja usko su povezani te Grebet i Cuenca (1991.) navode tri metode:

- „Ebermayerova metoda“: Testni materijal ostavljen je in situ bez stranica koje bi odvajale okolno tlo od istraživanog uzorka tla. Cijev za prikupljanje perkolata postavljena je ispod tla te je povezana sa posudom za uzorkovanje.

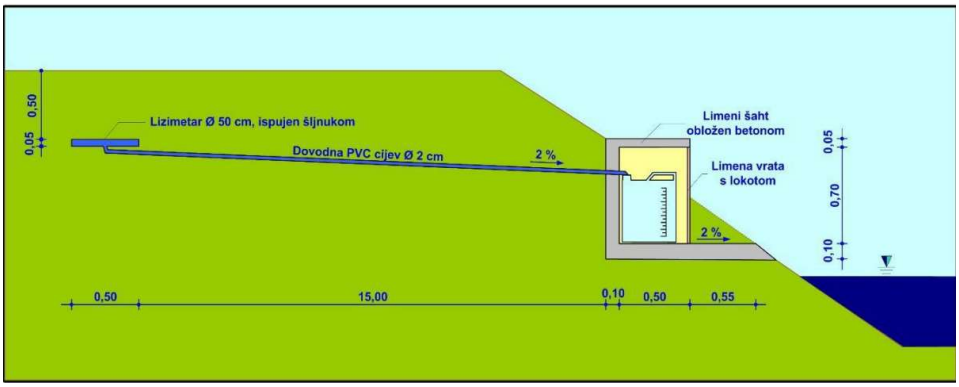
- „Metoda punjenja tlom u porušenom stanju“. Kolona je ispunjena istraživanim materijalom, koji je uklonjen s njegove originalne lokacije. „Metoda punjenja tlom u porušenom stanju“ podrazumijeva uzimanje porušenog uzorka tla, koji može duže vrijeme biti izložen izmjenama suhih i vlažnih uvjeta. Uzorci uzeti na taj način pomažu u procjeni općeg uzorka procjeđivanja u lizimetrima koji su slični poljskim uvjetima, ali ne mogu reprezentativno prikazati promjene koje se javljaju u porozitetu i gustoći tla (Corwin i LeMert, 1994., Grebet i Cuenca, 1991., McLay i sur., 1992.). Lizimetri koji sadrže porušene uzorke tla (homogenizirane i pomiješane) kritizirani su nasuprot lizimetara koji su postavljeni u neporušenom stanju, zbog činjenice da takvo uzorkovanje i priprema uzoraka u porušenom

stanju uništava strukturu tla i utječe na nestajanje različitih prirodnih varijacija (horizonata) (Aderhold i Nordmeyer, 1995., McLay i sur., 1992.).

- „Metoda monolita“ (neporušen uzorak): Monolitni blok – uzorak u neporušenom/porušenom stanju umetnut je u lizimetar koji ga odvaja od okolnog tla. U pedologiji se monolitni lizimetri smatraju najprikladnijima, stoga je znatan broj istraživanja proveden vezan za uzorkovanje i transport neporušenih uzoraka tla (Cameron i sur., 1992., Persson i Bergström, 1991.). Monolitni lizimetri s neporušenim tlom predstavljaju najreprezentativnije poljske uvjete, posebice zbog toga što je sustav makropora u tlu ostao netaknut. McLay i sur. (1992.) nakon provedenog istraživanja strukture tla prilikom procjeđivanja sulfata korištenjem dviju vrsta monolitnih lizimetara postavljenih u porušenim i neporušenim uvjetima (uzorcima tla), zaključili su da postoje znatne razlike u rezultatima dobivenim na neporušenim i porušenim uzorcima tla. Dobiveni rezultati potvrđuju da monolitni lizimetri u neporušenom stanju predstavljaju najpouzdaniju procjenu procjeđivanja u stvarnim poljskim uvjetima.

Prilikom uzimanja neporušenih uzoraka tla potrebno je uzeti u obzir prostornu varijabilnost fizikalnih i kemijskih parametara. Dokazano je da prostorna varijabilnost različitih parametara tla (pH, teksturni sastav, porozitet i struktura) može biti vrlo velika i može imati ogroman utjecaj na rezultate lizimetarskih istraživanja (Parsons i sur., 1995., Schoen i sur., 1999.a., Simmonds i Nortcliff, 1998.).

Najveći potencijalni problem u lizimetarskim istraživanjima predstavlja preferencijalni tok vode koji se javlja uz stranice lizimetara. Pri korištenju lizimetara za istraživanja transporta onečišćivača i za kalibraciju modela potrebno je pozorno pristupiti. Preferencijalni tok uz stranice lizimetara nastaje zbog promjena u poroznosti na rubovima lizimetara. Uz stranice lizimetra nastaje prostor ispunjen zrakom koji omogućuje brži tok vode i onečišćivača te tako povećava hidrauličku provodljivost (vodopropusnost). Zbog toga rezultati koje dobijemo na kraju nisu reprezentativni poljskim uvjetima (Cameron i sur., 1990., Corwin, 2000.). Preferencijalni tok uz stijenke lizimetara može se dokazati izravnim i neizravnim metodama (Corwin i sur., 2000.). Izravne metode uključuju: 1) upotrebu bojila, 2) sakupljanje vode uz stijenke, 3) upotrebu obilježavala (trasera, npr. tricij, bromid). Upotrebom bojila procjenjuje se prisustvo toka vode uz stijenke lizimetra. Za razliku od ove, ostale dvije metode omogućuju kvantitativnu procjenu toka. Najučestalija neizravna metoda je primjena modela transporta onečišćivača, koji uzima u obzir i preferencijalne tokove (Corwin i LeMert, 1994.). Ebermeyerov lizimetar (Slika 2.2.3.) se ugrađuje u otvoreni pedološki profil u kojem se na određenoj dubini iskopa i dodatni prostor za ugradnju lizimetra tako da sloj tla iznad lizimetra ostane u neporušenom stanju. Nekoliko je radova objavljeno u kojima se uspoređuju rezultati dobiveni lizimetarskim istraživanjima s onima provedenim u laboratorijskim uvjetima. Za razliku od laboratorijskih eksperimenata lizimetarske se studije koriste za simuliranje stvarnih poljskih uvjeta te se kao takve sve češće primjenjuju za kalibraciju i verifikaciju modela toka vode i transporta onečišćivača (Jiang i sur., 2010.).



Slika 2.2.3. Shematski prikaz Ebermeyerovog lizimetra i pripadajuće opreme

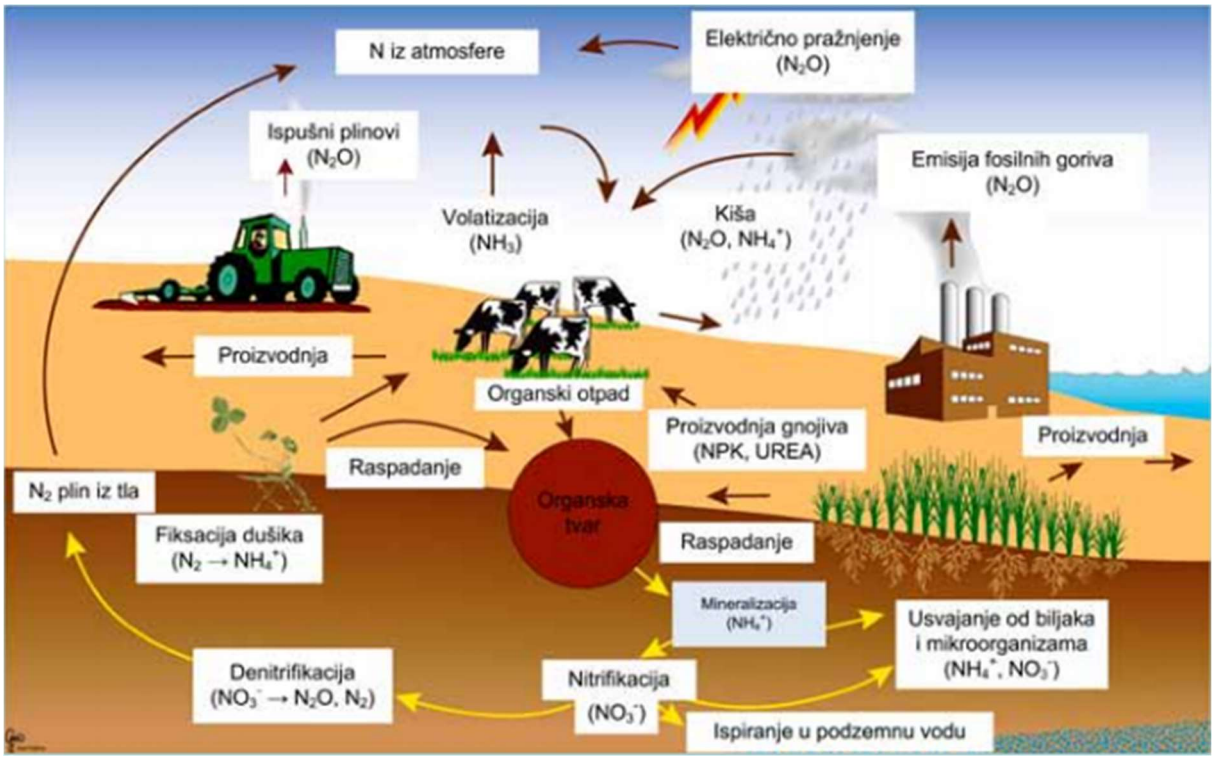
(Izvor: repozitorij.agr.unizg.hr)

2.3 Pronos nitrata u tlu

U današnje vrijeme u svrhu povećanja proizvodnje na poljoprivrednim površinama, koriste se znatne količine dušičnih gnojiva koje biljke ne mogu u potpunosti usvojiti.

Nitrati, kao produkti razgradnje dušičnih gnojiva, nemaju mogućnost vezanja na adsorpcijski kompleks tla, te posljedično tome najčešće dolazi do njihovog ispiranja u dublje slojeve tla i u podzemnu vodu. U literaturi nalazimo podatak da 97 – 98% dušika se ispire u obliku nitrata (Hooda i sur., 2000., Filipović V., 2013.).

Dušik je jedan od esencijalnih i najčešće korištenih elemenata za ishranu biljaka, no neki njegovi oblici (nitratni dušik) u većim koncentracijama mogu uzrokovati zdravstvene probleme kod djece i odraslih (Wolfe i Patz, 2002.). Zbog navedenog je vrlo važno razumjeti procese koji se javljaju u ciklusu kruženja dušika kao što su: nitrifikacija, denitrifikacija, ispiranje nitrata ili volatizacija amonijaka. Nitratni ioni, kao anioni, nemaju sposobnost vezanja na adsorpcijski kompleks tla te su zbog toga podložni ispiranju u dublje slojeve tla i podzemnu vodu.



Slika 2.3.1. Ciklus dušika i produkti njegove razgradnje koji utječu na kvalitetu podzemnih i površinskih voda

(Izvor: http://www.waikato.ac.nz/wfass)

Ciklus dušika je uvjetovan različitim fizikalnim, kemijskim i biološkim procesima (Follett, Hattfield, 2001., Galloway, 1998.). Izvori dušika za biljke mogu biti organski (stajski gnoj, gnojovka) i anorganski (mineralna gnojiva), simbiozna fiksacija atmosferskog dušika kod nekih biljaka, električno pražnjenje u atmosferi i organska tvar u tlu (Bielek, 1984.). Azam i sur. (1995.) navode kako od ukupnog dušika dodanog u tlo oko 50% uzima biljka, oko 25% se veže u tlu i oko 25% se gubi putem ispiranja, denitrifikacije i drugih mehanizama. Zbog navedenog, vrlo je važno razumjeti procese koji se javljaju u ciklusu kruženja dušika kao što su: nitrifikacija, denitrifikacija, ispiranje nitrata ili volatizacija amonijaka (Slika 2.3.1). Općenito, najznačajniji procesi u ciklusu dušika koji utječu na koncentraciju nitrata u tlu i vodi su nitrifikacija i denitrifikacija.

Nitrifikacija je proces biološke oksidacije amonijevih iona. Odvija se u dva stupnja; prvo do nitrita, a zatim u nitrate. Za proces su nužne kemoautotrofne bakterije koje koriste anorganski ugljik kao izvor staničnog ugljika, pospješuju reakcije koje se mogu opisati sljedećim formulama:

$$NH_3 + 1.5O_2 + Nitrosomans \rightarrow NO_2^- + H_2O + H^+$$

$$NO_2^- + 0.5O_2 + Nitrobacter \rightarrow NO_3^-$$

$$NH_3 + O_2 \rightarrow NO_2^- + 3H^+ + 2e^-$$

$$NO_2^- + H_20 \rightarrow NO_2^- + 2H^+ + 2e^-$$

Tako nastali nitrati su biljci pristupačni, utječu na rast biljke ili u tlu mogu biti reducirani procesom denitrifikacije. Denitrifikacija je proces redukcije nitrata u plinovite oblike (N_2O i N_2). Redukcija se odvija u nekoliko stupnjeva.

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \vdash N_2O \rightarrow N_2$$

Denitrifikacija se odvija u uvjetima gdje je slaba prisutnost kisika te bakterije koriste kisik iz drugih izvora. Zbog visoke koncentracije kisika u atmosferi, denitrifikacija se odvija u anaerobnim okolišnim uvjetima gdje potrošnja kisika premašuje zalihe i gdje su na raspolaganju dovoljne zalihe nitrata (Canter, 1997.).

Volatizacija je prisutna kod svih dušičnih gnojiva na bazi amonijaka (urea, NPK) (Jones, 2006.). Gubitci mogu značajno varirati i ovise o mnogim okolišnim faktorima.

$$NH_4^- + OH \rightarrow NH_3 + H_2O$$

Urea je gnojivo koje se sve češće posljednjih godina koristi u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji zbog svoje pristupačne cijene i visokog sadržaja dušika (N). Međutim, primjena na površinu tla može dovesti do procesa volatizacije u obliku NH_3 (Bussink, Oenema, 1998., Mahler, Hamid 1994.). Nakon primjene, urea se vrlo brzo razgrađuje do amonijaka jer je vrlo topiva u vodi (Wahl i sur., 2006.).

Nitratni ioni, kao anioni, nemaju sposobnost vezanja na adsorpcijski kompleks tla te su zbog toga podložni ispiranju u dublje slojeve tla i podzemnu vodu (Mkandawire, 2008., Wendland i sur., 2005.), a iz podzemne vode mogu biti uklonjeni samo procesima redukcije (Appelo i Postma, 2005.).

Jedan od najvažnijih faktora koji utječe na koncentraciju nitrata u podzemnim vodama su količina i raspored oborina te u velikoj mjeri mogu utjecati na proces ispiranja nitrata. Povećanjem količine oborina povećava se koncentracija nitrata (Mesić i sur., 2007.). Promjene u načinu korištenja tla mogu utjecati na povećanje ili smanjenje ispiranja dušika, kao naprimjer procesom mineralizacije organske tvari (Mesić i sur., 2002.).

Pojedinim istraživanjima utvrđene su razlike u koncentraciji nitrata na različitim dubinama (1 – 4 m, 7 – 15 m i 10 – 21 m) (Pauwels i sur., 2000.).

Procjeđivanje onečišćivala uvelike ovisi o vremenskoj varijabilnosti oborina. Oborine utječu na brzinu procjeđivanja nitrata i procese razgradnje gnojiva te se s povećanjem oborina povećava i koncentracija dušika u podzemnim vodama. U humidnijim područjima je to izraženije kako višak vode utječe i na povišenje razine podzemne vode (Mustać i sur., 2011.).

Humidna područja su vrlo važna zbog svoje sposobnosti transformacije i zadržavanja onečišćivala (Burt, 1995., Trepel, 2004.). Upravo takve tipične reljefne formacije s visokim razinama podzemnih voda javljaju se na području Bić polja (istočna Hrvatska). Istraživanja na području Bić polja opisuju procese dinamike podzemnih voda koja se u nekim razdobljima godine dizala do površine terena te njihovu interakciju s obližnjim vodotocima (Sava, Bić) (Mustać i sur., 2011.).

Razlike u procesima kretanja onečišćenja su značajne i specifične kako prostorno tako i vremenski. Tako postoji značajna razlika između zimskog perioda kada nema usjeva i perioda kada je na tlu uzgajana poljoprivredna kultura. Jednako tako postoje razlike između suhog i vlažnog dijela godine (Kadlec i Knight, 1996.).

Vremenska varijabilnost koncentracija nitrata u podzemnoj vodi uvelike ovise o raznim faktorima koji variraju tijekom godine, poput: aktivnosti na poljoprivrednim površinama, navodnjavanju, rasporedu i intenzitetu oborina, prihrani vodonosnika, uzgajanoj kulturi, unosu dušika, itd. (Hallberg, 1987., Haycock i Burt, 1993., Kelly, 1997., Macpherson, 1998.).

3 MATERIJALI I METODE

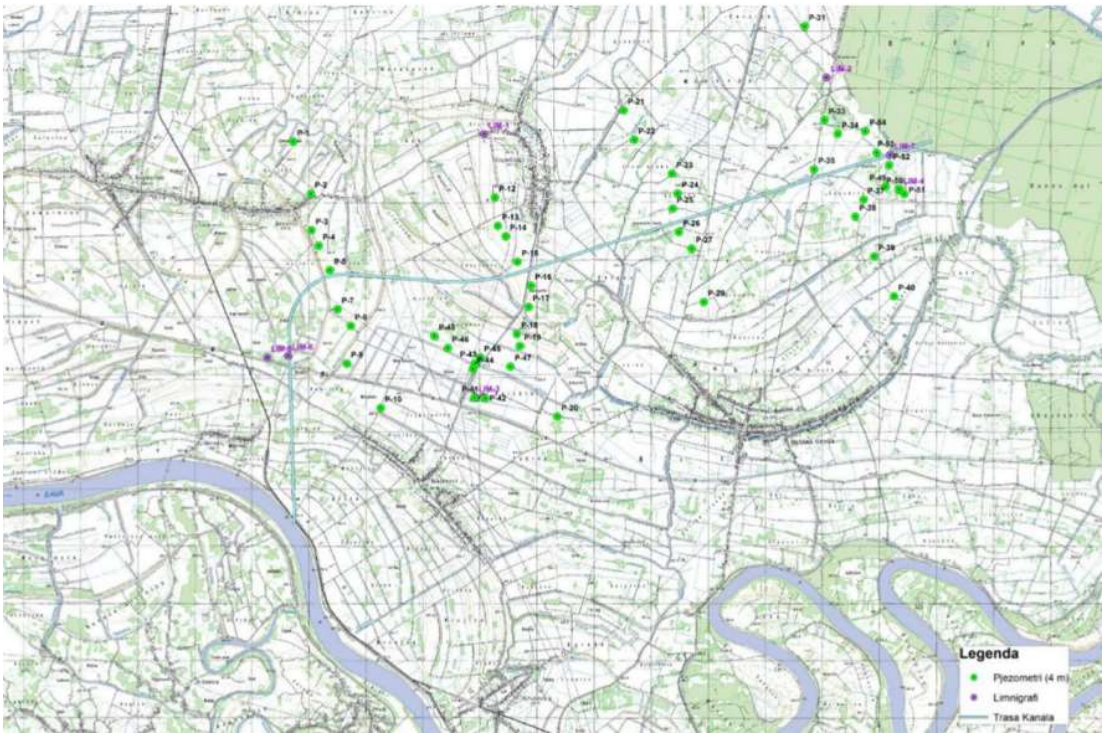
Terensko istraživanje je postavljeno na području Bić polja gdje su na šest lokacija postavljeni procjedni lizimetri (u dva ponavljanja). Na navedenim lokacijama izvršene su detaljne fizikalne i kemijske analize uzoraka tla koje uključuju: pH, humus, dušik, teksturni sastav tla i vodopropusnost. Uzorci procjedne vode su prikupljeni nakon oborina, dostavljeni u Zavod za melioracije i analizirani na dušične spojeve: NO_3-N i NH_4-N. Spojevi su određeni spektrofotometrijski primjenom metode segmentiranog protoka na ionskom analizatoru vode. Na navedenom području će se analizirati rezultati količine i kakvoće procjedne vode obzirom na pravilnik o Zdravstvenoj ispravnosti vode za piće. Uz navedeno će se analizirati poljoprivredna proizvodnja, a u radu će se koristiti podatci prikupljeni tijekom razdoblja 2016. – 2018. godine.

3.1 Lokacija istraživanja i pedološke značajke

Istraživanje je postavljeno na području Bić polja u istočnoj Hrvatskoj (18°15’ i 19° 00’ I, 44°45’ i 45°20’S) (Slika 3.1.1.). Područje istraživanja prostire se u zoni tipičnog dolinskog reljefa s prosječnom nadmorskom visinom 83,8 m. Za razdoblje od 1981. do 2016. godine, prosječna količina godišnjih oborina za m. p. Gradište, kod Županje (45°09' N i 18°42' E) je iznosila 682,7 mm, a srednja godišnja temperatura zraka bila je 11,8°C. Potencijalna evapotranspiracija izračunata je na temelju klimatskih podataka s meteorološke postaje Gradište na dnevnoj bazi primjenom programa CROPWAT (Smith, 1991.). Lokacije istraživanja i klimatski parametri prikazani su na slici 3.1.1. Na ovom području se već više godina sustavno prati kakvoća podzemnih i procjednih voda u sklopu projekta „Monitoring vodnog režima i kakvoće vode poljoprivrednih tala na području melioracijskog kanala za navodnjavanje Bić-bosutskog polja“, koji financiraju Hrvatske vode, a istraživanja provodi Agronomski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu.

Bić-Bosutsko polje geomorfološki pripada Panonskoj nizini te se većim dijelom nalazi u RH, a manjim dijelom u Srbiji. Ukupna površina nizinskog dijela je 2843 km^2 . Tlo, klima i povoljan raspored oborina omogućavaju kvalitetnu poljoprivrednu proizvodnju. Prema svojim obilježjima, Bić-Bosutsko polje je izrazito poljoprivredno područje, gdje čak 75% stanovništva živi u ruralnim sredinama, pretežito se baveći poljoprivredom. U strukturi zemljišnih površina prevladavaju oranice, voćnjaci, vinogradi i šume. Na oraničnim površinama se u glavnom uzgajaju ratarske kulture: pšenica, kukuruz, soja, ječam, zob, suncokret i šećerna repa. Vrlo snažno se razvija već tradicionalno zatupljeno stočarstvo, ponajviše uzgoj krava i svinja, koje sve više preuzima sva suvremena obilježja kao što je to slučaj u razvijenijim zemljama (intenzivnost, brojnost grla, veličina i okrupljenost posjeda). Obzirom na usvojeni Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj (NAPNAV), u 2005. godini definirana su četiri

nacionalna pilot - projekta navodnjavanja na području RH, među kojima je i nacionalni pilot projekt navodnjavanja Bić-Bosutskog polja (Petošić, Mustać, Filipović, 2017.).



Slika 3.1.1. Karta istraživanog područja s lokacijama motrenja podzemnih voda

(Izvor: Petošić i sur., 2018.)

3.1.1. Klimatske značajke

Područje istraživanja nalazi se na prijelazu iz semiaridne u semihumidnu umjerenu kontinentalnu klimu (Petošić i sur., 2002). Prosječna količina godišnjih oborina u razdoblju od 1981. do 2018. godine za meteorološku postaju Gradište kod Županje iznosi 682,7 mm, dok na vegetacijsko razdoblje, travanj-listopad, otpada prosječno 439 mm, što čini 64,3% ukupnih prosječnih godišnjih količina oborina (Grafikon 3.1.1.1., 3.1.1.2., 3.1.1.3.). Vrijednost srednje godišnje temperature zraka (za isto vremensko razdoblje i istu meteorološku postaju) iznosi 12,4°C (Grafikon 3.1.1.4.). Prosječna vrijednost relativne vlage zraka (za razdoblje od 1981. do 2018. godine) za meteorološku postaju Gradište iznosi 74,2%. U analiziranom razdoblju maksimalna mjesečna količina oborina iznosi 257,4 mm i to u lipnju 2018, a najmanja 0,2 mm u mjesecu listopadu 1995. U 2016. godini u prosjeku je najviše oborina palo u mjesecu lipnju (77,7 mm) a najmanje u veljači (38,3 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka u prosjeku je najveća u srpnju (22,2°C) a najmanja u siječnju (0,8°C). Srednja mjesečna relativna vlaga zraka bila je najveća u mjesecu prosincu (85%) dok je u travnju bila najmanja (66%). Prosječno najviše oborina tijekom 2017. godine palo je u mjesecu lipnju (76,7 mm) a najmanje u veljači (38,5 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka iste godine u prosjeku je

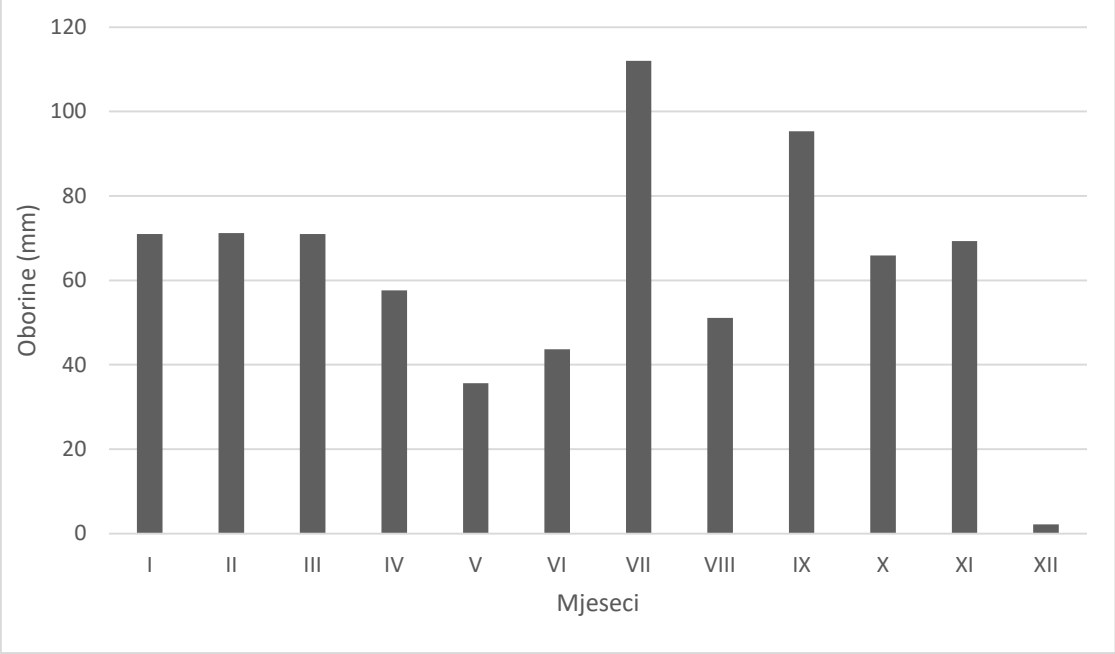
najveća u srpnju sa 22,3°C, a najmanja u siječnju (0,7°C). U prosjeku 2018-te godine najviše je oborina palo u mjesecu lipnju (81,5 mm) a najmanje u veljači (39,3 mm). Srednja mjesečna temperatura zraka u prosjeku je najveća u srpnju (22,3°C) a najmanja u siječnju (0,8°C).

Oborine

Suma godišnjih oborina u 2016. godini iznosila je 745,9 mm, što je 63,2 mm više od višegodišnjeg razdoblja za promatrano razdoblje (Tablica 3.1.1.1.). Raspored oborina po mjesecima tijekom 2016. godine bio je prilično neravnomjeran, s maksimumom u srpnju (112,0 mm) te minimumom u prosincu (2,2 mm).

Tablica 3.1.1.1. Godišnji hod mjesečnih oborina (mm), za m.p. Gradište u 2016. godini

Godina	Mjeseci												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2016.	71	71,2	71	57,6	35,6	43,7	112	51,1	95,3	65,9	69,3	2,2	745,9



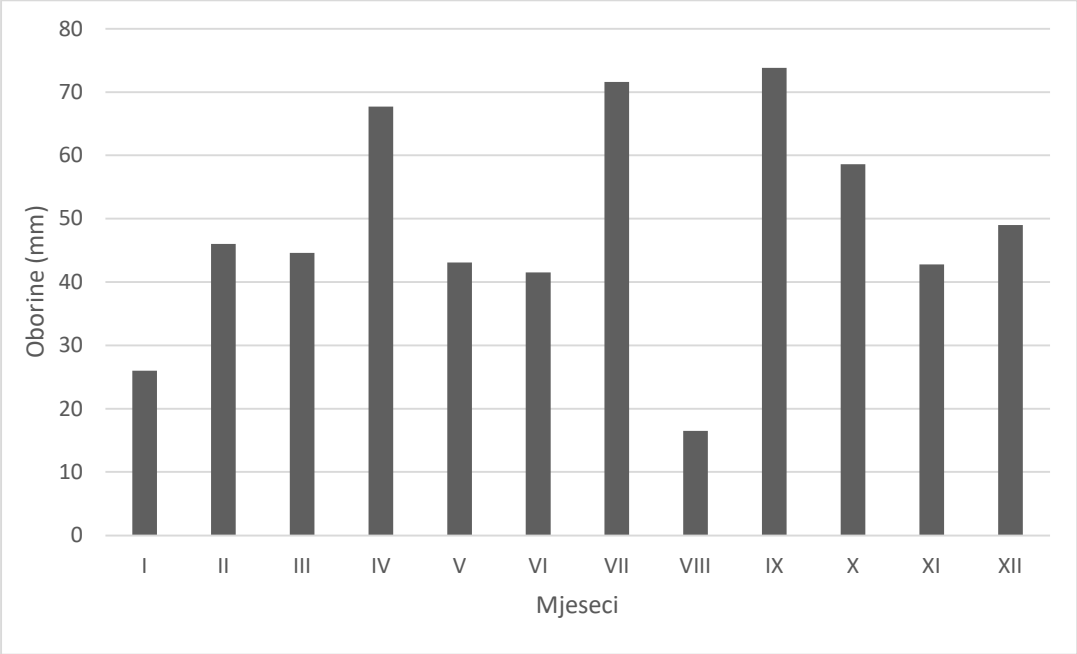
Grafikon 3.1.1.1. Godišnji hod mjesečnih oborina (mm) za meteorološku postaju Gradište u 2016. godini

(Izvor: Petošić i sur., 2017.)

Tijekom 2017. godine suma godišnjih oborina bila je manja za 165,5 mm u odnosu na prošlu godinu (Tablica 3.1.1.2.). Raspored je također bio prilično neravnomjeran, s maksimumom u kolovozu (71,6 mm) i minimumom u siječnju (27 mm).

Tablica 3.1.1.2. Godišnji hod mjesečnih oborina (mm), za m.p. Gradište u 2017. godini

Godina	Mjeseci												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2017.	27	46	44,6	67,7	43,1	41,5	71,6	16,5	73,8	58,6	42,8	47,2	580,4



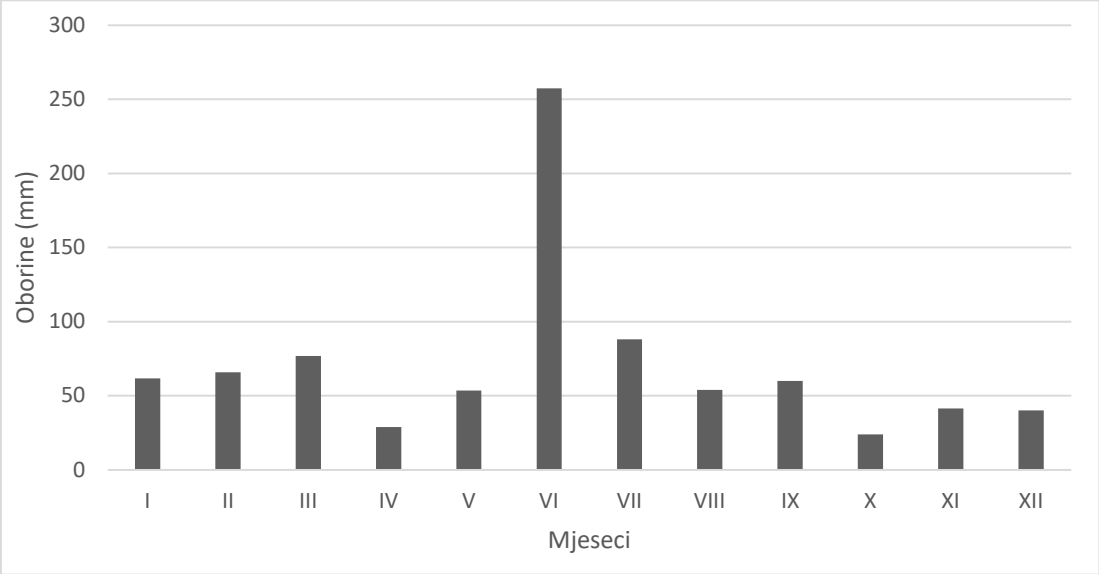
Grafikon 3.1.1.2. Godišnji hod mjesečnih oborina (mm) za meteorološku postaju Gradište u 2017. godini

(Izvor: Petošić i sur., 2018.)

Suma godišnjih oborina u 2018. godini iznosila je 851,8 mm što je za 271,4 mm više u odnosu na prethodnu godinu i 169,1 mm više od višegodišnjeg prosjeka promatranog razdoblja (Tablica 3.1.3.). Maksimum oborina zabilježen je u lipnju (257,4 mm) što je znatno više od prethodne dvije godine, te minimum u listopadu (24 mm).

Tablica 3.1.3. Godišnji hod mjesečnih oborina (mm), za m.p. Gradište u 2018. godini

Godina	Mjeseci												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2018.	61,7	65,9	76,9	28,9	53,4	257,4	88,1	54	59,9	24	41,5	40,1	851,8



Grafikon 3.1.1.3. Godišnji hod mjesečnih oborina (mm) za meteorološku postaju Gradište u 2018. godini

(Izvor: Petošić i sur., 2019.)

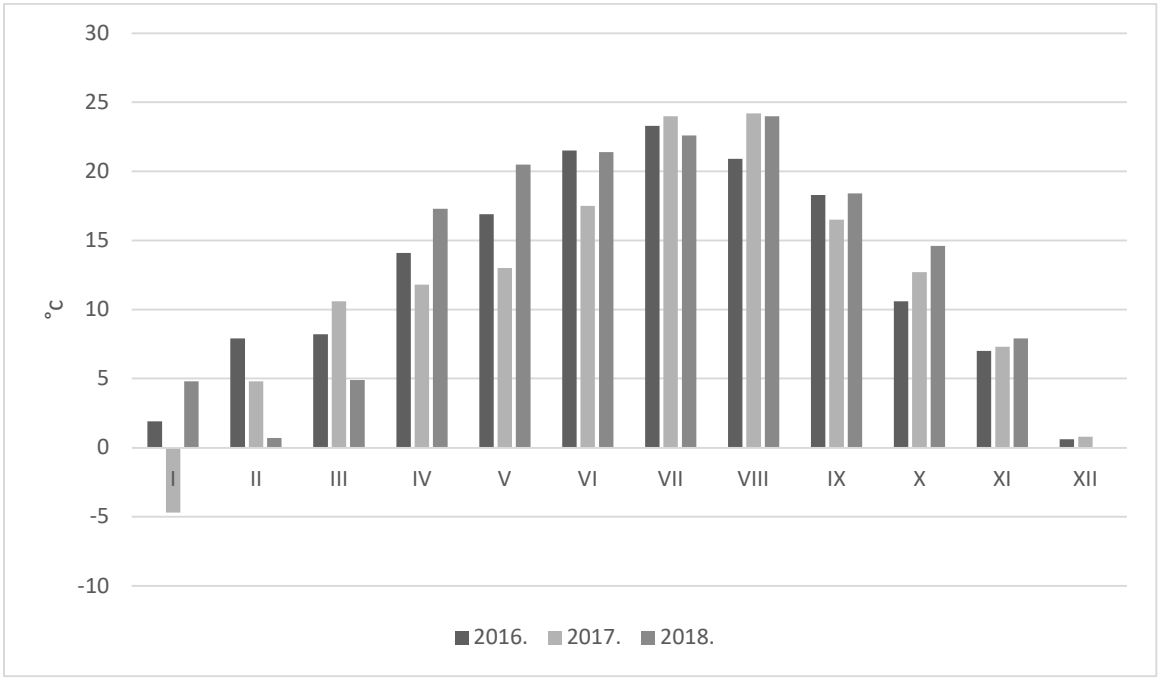
Temperatura

Srednja godišnja temperatura zraka u 2016. godini iznosila je 12,6°C, i bila je za 0,2°C viša od višegodišnjeg prosjeka za promatrano razdoblje. Kolebanje vrijednosti srednje mjesečne temperature zraka kretalo se od 0,6°C u prosincu do 23,3°C u srpnju. Tijekom 2017. godine srednja godišnja temperatura zraka bila je za 1,1°C niža nego prethodne godine. Najniža vrijednost zabilježena je u siječnju (-4,7°C), a najviša u kolovozu (24,2°C). Srednja godišnja temperatura zraka u 2018. godini bila je za 0,9°C veća od prosjeka i za 1,8°C viša od temperature prethodne godine (Tablica 3.1.4.). Kolebanje vrijednosti se kretalo od 0,7°C u veljači do 24°C u kolovozu.

Tablica 3.1.1.4. Srednja godišnja temperatura zraka (°C) za m.p. Gradište za razdoblje od 2016. – 2018. godine

(Izvor: prilagođeno prema Petošić i sur., 2018.)

GODINA	**MJESECI**												**SREDNJA TEMPERATURA**
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2016.	1,9	7,9	8,2	14,1	16,9	21,5	23,3	20,9	18,3	10,6	7,0	0,6	12,6
2017.	-4,7	4,8	10,6	11,8	13,0	17,5	24,0	24,2	16,5	12,7	7,3	0,8	11,5
2018.	4,8	0,7	4,9	17,3	20,5	21,4	22,6	24,0	18,4	14,6	7,9	2,3	13,3



Grafikon 3.1.1.4. Godišnji hod srednje temperature zraka (°C) za meteorološku postaju Gradište u razdoblju 2016. - 2018. godine

(Izvor: prilagođeno prema Petošić i sur., 2018.)

3.1.2. Pedološke značajke

Pedosistematske jedinice tla na području istraživanja se može svrstati u red hidromorfnih tala te su klasificirane kako slijedi: močvarno glejno, hipoglejno, mineralno, nekarbonatno tlo na lokacijama 1, 2 i 6; semiglejno, nekarbonatno, pseudoglejno, glinasto ilovasto tlo na lokaciji 3; močvarno glejno, amfiglejno, mineralno, vertično, karbonatno tlo na lokacijama 4 i 5 (Petošić i sur., 2017.). Na navedenim lokacijama izvršene su detaljne fizikalne i kemijske analize uzoraka tla. Znatan dio hidromorfnih tala nalazi se u Slavoniji gdje dominira ratarsko-stočarska proizvodnja s učestalim primjenama visokih doza mineralnih gnojiva (70 kg N ha^{-1} do 365 kg N ha^{-1} u obliku ureje ili NPK) po jedinici površine (Petošić i sur., 2011.).

Uzorkovanje tla na svim lokacijama tijekom 2016. godine obavljeno je 21.09.2016. godine. Za 2017. godinu uzorkovanje je obavljeno 23.06.2017., a za posljednju godinu istraživanje, 2018. godinu, uzorkovanje tla je obavljeno 12.10.2018. godine.

3.1.3. Određivanje kemijskih i fizikalnih svojstava tla na pojedinim lokacijama

Osnovna fizikalna i hidropedološka svojstva tla na motrenim lokacijama (1-6) prikazana su u prethodnim godišnjim, a i petogodišnjim izvještajima (Tablica 3.1.3.1.).

Tablica 3.1.3.1. Teksturni sastav tla, kapacitet tla za vodu, volumna gustoća, hidraulička vodljivosti i retencija vode u tlu.

(Izvor: Petošić i sur., 2018.)

Lokacije	Dubina (cm)	Pijesak%	Prah%	Glina%	Relativni kapacitet tla za vodu ($cm^3\ cm^{-3}$)	Volumna gustoća tla $g\ cm^{-3}$	Hidraulička vodljivost $cm\ dan^{-1}$	Retencija vode pri tlaku (kPa):		
								33	625	1500
1	**0-40**	13	65	22	0,38	1,59	11	0,34	0,22	0,20
	40-75	4	63	33	0,37	1,57	15	0,34	0,22	0,20
	75-105	14	54	32	Nije mjereno					
	105-150	5	69	26						
2	**0-30**	9	67	24	0,36	1,56	17	0,33	0,17	0,16
	30-75	2	61	37	0,37	1,55	12	0,39	0,31	0,28
	75-130	8	72	20	Nije mjereno					
	130-200	13	69	18						
3	**0-40**	6	60	34	0,37	1,49	14	0,35	0,22	0,19
	40-90	6	60	34	0,38	1,55	9	0,34	0,22	0,19
	90-130	6	63	31	Nije mjereno					
	130-170	10	67	23						
4	**0-25**	3	56	41	0,40	1,47	12	0,41	0,32	0,29
	25-80	2	57	41	0,41	1,46	10	0,35	0,22	0,20
	80-110	4	64	32	Nije mjereno					
	110-150	5	69	26						
5	**0-30**	5	54	41	0,42	1,37	12	0,39	0,28	0,22
	30-70	3	54	43	0,41	1,55	14	0,37	0,27	0,21
	70-100	3	54	43	Nije mjereno					
6	**0-30**	5	75	20	0,43	1,56	16	0,29	0,22	0.17
	30-70	7	73	20	0,44	1,39	12	0,29	0,22	0,17
	70-100	9	60	31	Nije mjereno					
	100-150	12	72	16						

Lokacija 1. (Babina Greda-Kladavac)

Nalazi se uz cestu između naselja Babina Greda i Kladavac, odnosno na udaljenosti oko 3,75 km od Babine Grede u pravcu Kladavca. Lokacija je smještena na hidromelioriranoj proizvodnoj jedinici (tabli) veličine oko 30 ha. Korisnik ovog zemljišta je Željko Knežević iz Babine Grede, ul. bana J. Jelačića 61. Parcela (zemljište) se koristi kao oranica za proizvodnju osnovnih ratarsko - industrijskih i/ili krmnih kultura. Korisnik, zbog znatne veličine (površine) parcele, tijekom godine uzgaja više poljoprivrednih kultura. Na površini lokacije 1 tijekom 2016. godine uzgajane kulture bile su zob i uljana repica. Tlo na ovoj lokaciji je hidromeliorirano drenažom iz močvarno glejnog, hipogleja. Osnovna kemijska svojstva tla na lokaciji 1 tijekom 2016. godine prikazana su u Tablici 3.1.3.2.

Tablica 3.1.3.2. Osnovna kemijska svojstva tla na lokaciji 1 tijekom 2016., 2017. i 2018. godine

(Izvor: prilagođeno prema Petošić i sur., 2018.)

Godina	Datum uzorkovanja	Dubina cm	pH		Humus %	N %	mg/100g	
			H_2O	1M - KCl			P_2O_5	K_2O
2016.	21.09	0 – 30	8,03	7,65	2,06	0,17	52,6	36,0
		30 – 60	8,00	7,60	1,99	0,14	14,5	20,3
	Prosjek	0-60	8,01	7,62	2,02	0,15	33,5	28,2
2017.	23.06	0 – 30	8,12	7,54	1,31	0,14	7,00	9,54
		30 – 60	8,19	7,55	1,10	0,10	4,95	8,29
	Prosjek	0-60	8,16	7,55	1,20	0,12	5,97	8,91
2018.	12.10.	0 – 30	8,10	7,50	1,95	0,16	29,00	12,00
		30 – 60	8,15	7,54	1,13	0,12	7,32	8,30
	Prosjek	0-60	8,13	7,52	1,54	0,14	18,16	10,15

Temeljem pokazatelja u Tablici 3.1.3.2. može se zaključiti da je tlo u površinskom horizontu od 0 – 30 cm dubine, na lokaciji 1 tijekom 2016. godine imalo osrednje alkaličnu reakciju u 1 M-KCl-u (7,65). Sadržaj humusa je u površinskom horizontu iznosio oko 2,06% (slabo humozno tlo). Opskrbljenost površinskog horizonta tla s dušikom (0,17%) bila je dobra. Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim fosforom je bila 52,6 mg P_2O_5 / 100 g (vrlo bogata). Opskrbljenost kalijem je bila također, vrlo bogata (36,0 mg K_2O / 100 g tla). Tijekom 2017. godine tlo je u površinskom horizontu od 0 – 30 cm dubine, imalo bazičnu reakciju u 1 M-KCl-u (7,54). Sadržaj humusa je u površinskom horizontu iznosio oko 1,31% (slabo humozno tlo). Opskrbljenost površinskog horizonta tla s dušikom (0,14%) bila je dobra.

Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim fosforom je bila 7,00 mg P_2O_5 / 100 g (slabo opskrbljeno). Opskrbljenost kalijem je bila također, slaba (9,54 17 mg K_2O / 100 g tla). Tijekom 2018. godine tlo u površinskom horizontu od 0 – 30 cm dubine, je imalo alkaličnu reakciju u 1 M-KCl-u (7,52). Sadržaj humusa je u površinskom horizontu iznosio oko 1,95% (slabo humozno tlo). Opskrbljenost površinskog horizonta tla s dušikom (0,16%) bila je dobra. Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim fosforom je bila 29,00 mg P_2O_5 / 100 g (vrlo bogata). Opskrbljenost kalijem je bila umjerena (12,0 mg K_2O / 100 g tla).

Lokacija 2. (Babina Greda – Konjsko)

Smještena je na istom potezu između naselja Babina Greda – Kladavac. U odnosu na lokaciju 1, smještaj ove lokacije nalazi se oko 1,25 km dalje u pravcu sjeveroistoka, odnosno prema vodotoku Konjskom. Udaljenost lokacije 2 od ovog vodotoka iznosi oko 500 m. Trasa dovodnog Melioracijskog kanala prolazi sredinom područja, između lokacija 1 i 2. Lokacija 2 također, je smještena na hidromelioriranoj parceli površine oko 20 ha. Korisnik parcele na lokaciji 2 od 2016. godine je obiteljsko gospodarstvo V. Lešića, Bošnjaci, Savska 19. Tijekom 2016. godine uzgajana kultura na parceli bio je pir. Tlo na ovoj lokaciji je hidromeliorirano drenažom iz hipogleja. U Tablici 3.1.3.3. prikazana su osnovna kemijska svojstva tla tijekom 2016. godine.

Tablica 3.1.3.3. Osnovna kemijska svojstva tla na lokaciji 2 tijekom 2016., 2017. i 2018. godine

(Izvor: prilagođeno prema Petošić i sur., 2018.)

Godina	Datum uzorkovanja	Dubina cm	pH		Humus %	N %	mg/100g	
			H_2O	1M - KCl			P_2O_5	K_2O
2016.	21.09	0 – 30	8,09	7,38	1,91	0,17	22,8	8,32
		30 – 60	7,96	7,30	1,65	0,15	11,1	5,40
	Prosjek	0 - 60	8,02	7,34	1,78	0,16	16,9	6,86
2017.	23.06	0 – 30	7,98	7,11	2,88	0,20	43,4	11,2
		30 – 60	7,98	7,12	2,62	0,19	38,3	11,6
	Prosjek	0 - 60	7,98	7,12	2,75	0,20	40,8	11,4
2018.	12.10.	0 – 30	8,10	7,30	2,42	0,18	29,00	8,00
		30 – 60	7,98	7,20	2,31	0,15	17,14	7,13
	Prosjek	0 - 60	8,04	7,25	2,36	0,17	23,07	7,56

Temeljem navedenih pokazatelja u Tablici 3.1.3.3. je vidljivo da je obradivi horizont tla (0 – 30) na lokaciji 2 tijekom 2016. godine imao srednje alkaličnu reakciju s prosječnom vrijednošću pH u 1 M-KCl-u od 7,38. Tlo je odgovaralo klasi slabo humoznih tala sa sadržajem humusa u površinskom horizontu od 1,91%. Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim fosforom i kalijem tijekom 2016. god. je bila bogata i slaba (22,08 mg P_2O_5 / 100 g tla, 8,32 mg K_2O / 100 g tla). Opskrbljenost tla s dušikom je bila dobra (0,17%). Tijekom 2017. godine obradivi horizont tla (0 – 30) na lokaciji 2 je imao praktično neutralnu reakciju s vrijednošću pH u 1 M-KCl-u od 7,11. Tlo je odgovaralo klasi slabo humoznih tala sa sadržajem humusa u površinskom horizontu od 2,88%. Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim fosforom i kalijem tijekom 2017. god. je bila vrlo bogata i umjerena (43,4 mg P_2O_5 / 100 g tla, 11,2 mg K_2O / 100 g tla). Opskrbljenost tla s dušikom je bila na granici dobre i bogate (0,20%). Tijekom 2018. godine zapažamo da je obradivi horizont tla (0 – 30) na lokaciji 2 imao alkaličnu reakciju s prosječnom vrijednošću pH u 1 M-KCl-u od 7,25. Tlo je odgovaralo klasi slabo humoznih tala sa sadržajem humusa u površinskom horizontu od 2,42%. Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim fosforom i kalijem tijekom 2018. god. je bila vrlo bogata i slaba (29,00 mg P_2O_5 / 100 g tla, 8,00 mg K_2O / 100 g tla). Opskrbljenost tla s dušikom je bila dobra (0,17%).

Lokacija 3. (Gundinci – Jasinje)

Motrenje stanja tla na lokaciji 3, smješteno je na poljoprivrednoj parceli, koja je u vlasništvu Kokanović Matije, Gundinci, M. Gubca 153. Parcela se nalazi u neposrednoj blizini asfaltne ceste Gundinci-Sikirevci. Lokacija 3 udaljena je od mjesta Gundinaca oko 2,0 km, a od kanala Jasinja oko 500 m, te stare farme "Jasinje Sikirevci" oko 1000 m. Na parceli (tabli) na kojoj se vrši monitoring tla izvršeni su i hidromelioracijski zahvati blažeg intenziteta odvodnje (parcela je djelomično drenirana). Tlo se koristi kao oranica, za uzgoj ratarsko – industrijskih kultura. Tijekom 2016. godine, uzgajana kultura bio je ozimi ječam (stočni). Tlo na ovoj parceli (tabli) determinirano je kao hidromeliorirano drenažom iz livadskog pseudooglejenog tla. Osnovna kemijska svojstva tla tijekom 2016. godine na lokaciji 3 prikazana su u Tablici 3.1.3.4.

Tablica 3.1.3.4. Osnovna kemijska svojstva tla na lokaciji 3 tijekom 2016., 2017. i 2018. godine

(Izvor: prilagođeno prema Petošić i sur., 2018.)

Godina	Datum uzorkovanja	Dubina cm	pH		Humus %	N %	mg/100g	
			H_2O	1M - KCl			P_2O_5	K_2O
2016.	21.09	0 – 30	7,76	7,07	3,03	0,18	45,10	17,30
		30 – 60	7,20	7,01	1,76	0,12	16,20	12,20
	Prosjek	0 - 60	7,48	7,04	2,39	0,15	30,65	14,75
2017.	23.06	0 – 30	7,46	6,48	2,97	0,18	44,5	16,0
		30 – 60	7,53	6,42	2,36	0,13	30,4	13,5
	Prosjek	0 - 60	7,49	6,45	2,66	0,16	37,5	14,7
2018.	12.10.	0 – 30	7,70	6,80	2,86	0,17	30,01	10,10
		30 – 60	7,75	6,83	2,27	0,13	15,7	7,25
	Prosjek	0 - 60	7,72	6,82	2,56	0,15	22,85	8,67

Analizom pokazatelja iz Tablice 3.1.8. se može zaključiti da je na lokaciji 3 obradivi horizont tla tijekom 2016. godine imao praktično neutralnu reakciju, pri čemu je vrijednost pH u 1M-KCl-u iznosila oko 7,07. Sadržaj humusa u površinskom horizontu (0 – 30 cm) je u prosjeku iznosio 3,03% (dosta humozno tlo). Opskrbljenost tla dušikom bila je dobra (0,18%). U istom horizontu tlo je bilo vrlo bogato opskrbljeno s fosforom (45,1 mg P_2O_5 / 100 g tla). Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim kalijem bila je dobra (17,3 mg K_2O / 100 g tla). Tijekom 2017. godine obradivi horizont tla imao je slabo kiselu do praktično neutralnu reakciju, pri čemu je vrijednost pH u 1M-KCl-u iznosila oko 6,48. Sadržaj humusa u površinskom horizontu (0 – 30 cm) je u prosjeku iznosio 2,97% (slabo do dosta humozno tlo). Opskrbljenost tla dušikom bila je dobra (0,18%). U istom horizontu tlo je bilo vrlo bogato opskrbljeno s fosforom (44,5 mg P_2O_5 / 100 g tla). Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim kalijem bila je dobra (16,0 mg K_2O / 100 g tla). Tijekom 2018. godine obradivi horizont tla je imao praktično neutralnu reakciju, pri čemu je vrijednost pH u 1M-KCl-u iznosila oko 6,82. Sadržaj humusa u površinskom horizontu (0 – 30 cm) je u prosjeku iznosio 2,86% (slabo humozno tlo). Opskrbljenost tla dušikom bila je dobra (0,17%). U istom horizontu tlo je bilo vrlo bogato opskrbljeno s fosforom (30,01 mg P_2O_5 / 100 g tla). Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim kalijem bila je umjerena (10,10 mg K_2O / 100 g tla).

Lokacija 4. (Gundinci – Dobrovo)

Oko 1500 m od mjesta Gundinaca u pravcu sjevero-istoka smještena je lokacija 4. Udaljenost lokacije 4 od vodotoka Dobrovo iznosi oko 250 m. Monitoring tla vrši se na privatnoj parceli u vlasništvu Kokanović Kate, Gundinci, ul. Zagrebačka 126. Parcela na kojoj se vrši motrenje stanja tla djelomično je hidromeliorirana (jedan oblik nepotpune otvorene kanalske mreže). Tlo na ovoj lokaciji determinirano je kao močvarno glejno hipoglejno, mineralno. Tijekom 2016. godine uzgajane kulture bile su, uljana repica i ozimi ječam. Osnovna kemijska svojstva tla na lokaciji 4 koja su utvrđena tijekom 2016. godine, prikazana su u Tablici 3.1.3.5.

Tablica 3.1.3.5. Osnovna kemijska svojstva tla na lokaciji 4 tijekom 2016., 2017. i 2018. godine

(Izvor: prilagođeno prema Petošić i sur., 2018.)

Godina	Datum uzorkovanja	Dubina cm	pH		Humus %	N %	mg/100g	
			H_2O	1M - KCl			P_2O_5	K_2O
2016.	21.09	0 – 30	6,93	5,90	1,80	0,17	24,5	8,34
		30 – 60	7,0	6,10	1,50	0,12	8,5	5,11
	Prosjek	0 - 60	6,96	6,0	1,65	0,14	16,5	6,75
2017.	23.06	0 – 30	6,54	5,16	3,36	0,20	13,8	8,65
		30 – 60	6,57	5,24	3,10	0,14	10,1	8,54
	Prosjek	0 - 60	6,55	5,20	3,23	0,17	11,9	8,59
2018.	12.10.	0 – 30	7,10	6,02	2,97	0,19	17,0	8,65
		30 – 60	7,25	6,10	2,25	0,12	11,5	8,01
	Prosjek	0 - 60	7,17	6,06	2,61	0,16	14,07	8,33

Prema pokazateljima iz Tablice 3.1.9. vidljivo je da se tlo u površinskom horizontu (0-30 cm) tijekom 2016. godine odlikovalo: slabo kiselom reakcijom; slabom zastupljenošću organske tvari (1,80 %), dobrim sadržajem dušika (0,17%), bogatom opskrbljenošću s fosforom i slabom opskrbljenošću s kalijem (24,5 mg P_2O_5 / 100 g tla, i 8,34 mg K_2O / 100 g tla). Tijekom 2017. godine, tlo je u površinskom horizontu (0-30 cm) obilježila: kisela reakcija; dostatni sadržaj humusa (3,36%), dobra opskrbljenost dušikom (0,20%), umjerena opskrbljenost s fosforom i slaba opskrbljenost s kalijem (13,8 mg P_2O_5 / 100 g tla, i 8,65 mg K_2O / 100 g tla). Tijekom 2018. godine tlo se u površinskom horizontu (0-30 cm) odlikovalo: slabo kiselom reakcijom (6,02); osrednjom zastupljenošću organske tvari (2,97 %), dobrim sadržajem dušika (0,19%), dobrom opskrbljenošću s fosforom i slabom opskrbljenošću s kalijem (17,00 mg P_2O_5 / 100 g tla, i 8,65 mg K_2O / 100 g tla).

Lokacija 5. (Gundinci-crpilište)

Ova se lokacija nalazi neposredno uz cestu Gundinci-Sikirevci. Udaljenost ove lokacije od prethodno planiranog Crpilišta Babina Greda-Gundinci, odnosno od zdenca Z-1, iznosi oko 200 m. Lokacija je smještena na tabli (parceli) koju obrađuje Fabijan Marinić iz Gundinaca, M. Gubca 157. Parcela (zemljište) se koristi kao oranica, a tijekom 2016. godine uzgajana kultura bio je ozimi ječam. Tlo je hidromeliorirano drenažom iz amfigleja. Osnovna kemijska svojstva tla u površinskom horizontu 0-30 cm i podpovršinskom horizontu od 30 – 60 cm dubine tijekom 2016. godine prikazana su u Tablici 3.1.3.6.

Tablica 3.1.3.6. Osnovna kemijska svojstva tla na lokaciji 5 tijekom 2016., 2017. i 2018. godine

(Izvor: prilagođeno prema Petošić i sur., 2018.)

Godina	Datum uzorkovanja	Dubina cm	pH		Humus %	N %	mg/100g	
			H_2O	1M - KCl			P_2O_5	K_2O
2016.	21.09	0 – 30	7,05	6,28	2,76	0,19	38,4	19,1
		30 – 60	7,15	6,40	1,92	0,10	9,5	10,2
	Prosjek	0 - 60	7,10	6,34	2,34	0,14	23,9	14,6
2017.	23.06	0 – 30	6,48	5,52	2,71	0,19	36,2	18,8
		30 – 60	6,64	5,49	2,42	0,11	29,9	15,6
	Prosjek	0 - 60	6,56	5,50	2,56	0,15	33,0	17,2
2018.	12.10.	0 – 30	6,0	4,9	2,72	0,18	25,0	13,20
		30 – 60	6,3	5,15	2,39	0,12	17,10	9,80
	Prosjek	0 - 60	6,15	5,02	2,55	0,15	21,05	11,50

Temeljem navedenih pokazatelja u Tablici 3.1.3.6. tijekom 2016. godine, prema reakciji tla u 1M-KCl-u (6,28) u površinskom, obradivom (0-30 cm) horizontu, tlo je bilo slabo kiselo. Sadržaj humusa iznosio je oko 2,76%, što odgovara klasi slabo humoznog tla. Tlo je u istom horizontu bilo dobro opskrbljeno s dušikom (0,19%). Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim fosforom (38,4 mg P_2O_5 / 100 g tla) bila je vrlo bogata, a opskrbljenost s fiziološki aktivnim kaljem bila je dobra (19,1 mg K_2O / 100 g tla). Tijekom 2017. godine prema reakciji tla u 1M-KCl-u (5,52) u površinskom, obradivom (0-30 cm) horizontu tlo je bilo slabo kiselo do kiselo (granica). Sadržaj humusa iznosio je oko 2,71%, što odgovara klasi slabo humoznog tla. Tlo je u istom horizontu bilo dobro opskrbljeno s dušikom (0,19%). Opskrbljenost tla s

fiziološki aktivnim fosforom (36,2 mg P_2O_5 / 100 g tla) bila je vrlo bogata, a opskrbljenost s fiziološki aktivnim kaljem bila je dobra (18,8 mg K_2O / 100 g tla). Tijekom 2018. godine prema reakciji tla u 1M-KCl-u (4,90) u površinskom, obradivom (0-30 cm) horizontu tlo je bilo kiselo. Sadržaj humusa iznosio je oko 2,72%, što odgovara klasi slabo humoznog tla. Tlo je u istom horizontu bilo dobro opskrbljeno s dušikom (0,18%). Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim fosforom (25,00 mg P_2O_5 / 100 g tla) bila je bogata, a opskrbljenost s fiziološki aktivnim kaljem bila je umjerena (13,20 mg K_2O / 100 g tla).

Lokacija 6. (Gundinci-kanal)

Ova se lokacija nalazi neposredno ispod sela Gundinaca, a udaljena je od Melioracijskog kanala oko 500 m. Lokacija motrenja smještena je na parceli koja je u vlasništvu Pave Kadića, Gundinci, Zagrebačka ulica 25. Parcela (zemljište) se koristi kao oranica, a tijekom 2016. godine uzgajana kultura bila je pšenica. Tlo je močvarno glejno-hipoglejno. Osnovna kemijska svojstva tla u površinskom horizontu 0-30 cm i podpovršinskom horizontu od 30 – 60 cm dubine tijekom 2016. godine prikazana su u Tablici 3.1.3.7.

Tablica 3.1.3.7. Osnovna kemijska svojstva tla na lokaciji 6 tijekom 2016., 2017. i 2018. godine

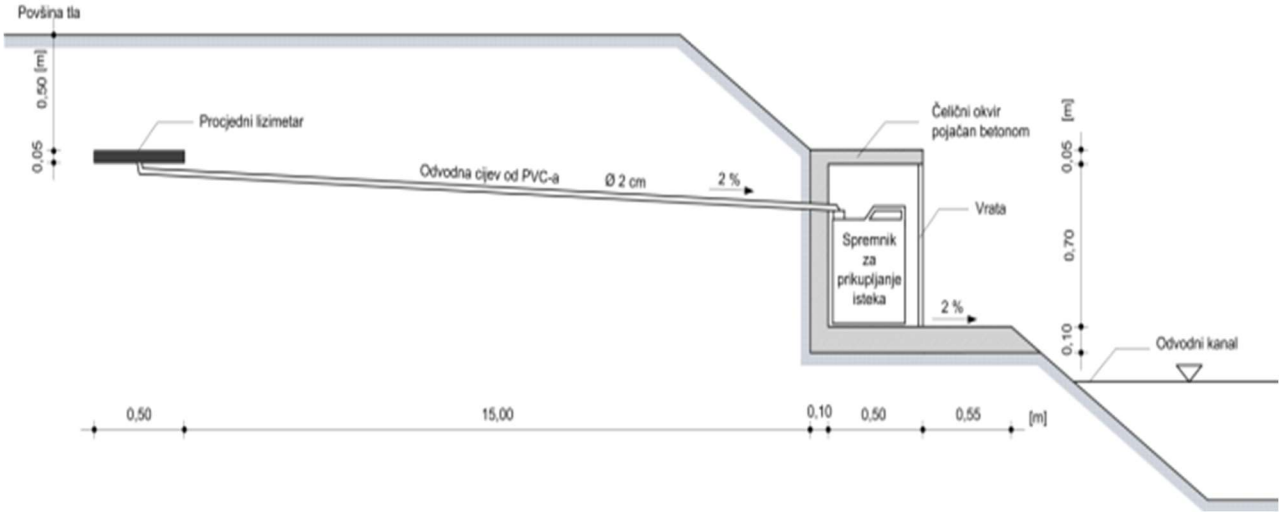
(Izvor: prilagođeno prema Petošić i sur., 2018.)

Godina	Datum uzorkovanja	Dubina cm	pH		Humus %	N %	mg/100g	
			H_2O	1M - KCl			P_2O_5	K_2O
2016.	21.09	0 – 30	8,01	7,38	2,07	0,16	12,82	10,1
		30 – 60	8,10	7,45	1,06	0,11	3,70	6,3
	Prosjek	0 - 60	8,05	7,41	1,56	0,14	8,26	8,2
2017.	23.06	0 – 30	8,18	7,46	1,71	0,15	8,97	8,98
		30 – 60	8,05	7,39	2,15	0,10	12,60	10,40
	Prosjek	0 - 60	8,11	7,42	1,93	0,13	10,78	9,69
2018.	12.10.	0 – 30	8,10	7,45	1,65	0,13	12,0	8,60
		30 – 60	8,35	7,40	2,10	0,11	12,30	9,20
	Prosjek	0 - 60	8,22	7,24	1,87	0,12	12,15	8,90

Analizom pokazatelja iz Tablice 3.1.3.7. se može zaključiti da je na lokaciji 6 tijekom 2016. godine, prema reakciji tla u 1M-KCl-u (7,38) u površinskom, obradivom (0-30 cm) horizontu, tlo bilo alkalične reakcije. Sadržaj humusa iznosio je oko 2,07%, što odgovara klasi slabo humoznog tla. Tlo je u istom horizontu bilo dobro opskrbljeno s dušikom (0,16%). Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim fosforom (12,82 mg P_2O_5 / 100 g tla) bila je umjerena. Također i opskrbljenost s fiziološki aktivnim kaljem bila je umjerena (10,1 mg K_2O / 100 g tla). Tijekom 2017. godine prema reakciji tla u 1M-KCl-u (7,46) u površinskom, obradivom (0-30 cm) horizontu tlo je bilo bazične reakcije. Sadržaj humusa iznosio je oko 1,71%, što odgovara klasi slabo humoznog tla. Tlo je u istom horizontu bilo dobro opskrbljeno s dušikom (0,15%). Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim fosforom (8,97 mg P_2O_5 / 100 g tla) bila je slaba. Opskrbljenost s fiziološki aktivnim kaljem bila također slaba (8,98 mg K_2O / 100 g tla). Tijekom 2018. godine prema reakciji tla u 1M-KCl-u (7,45) u površinskom, obradivom (0-30 cm) horizontu tlo je bilo alkalične reakcije. Sadržaj humusa iznosio je oko 1,65%, što odgovara klasi slabo humoznog tla. Tlo je u istom horizontu bilo dobro opskrbljeno s dušikom (0,13%). Opskrbljenost tla s fiziološki aktivnim fosforom (12,00 mg P_2O_5 / 100 g tla) bila je umjerena. Opskrbljenost s fiziološki aktivnim kaljem bila je slaba (8,60 mg K_2O / 100 g tla).

3.2 Analiza procjedne vode

Monitoring i kakvoća procjedne vode u zoni prve dionice dovodnog Melioracijskog kanala tijekom 2016. god. vršen je posredstvom lizimetara. Za potrebe ovih istraživanja ugrađeno je ukupno 12 procjednih lizimetara, 2 na svakoj lokaciji. Mjerenja su vršena na različitim dubinama već prikazanim u Tablici 3.1.3.1. Na Slici 3.2.1. prikazana je shema i način ugradnje lizimetra. Lizimetri na šestoj lokaciji (L-11 i 12) instalirani su u listopadu 2014. godine. U procjednoj vodi (perkolatu) kod svih lizimetara (ukupno 12) tijekom 2016. god. analizirani su: nitrati, amonijak, fosfati. Uzorkovanje vode iz lizimetara tijekom 2016. godine izvršeno je tijekom mjeseci: siječnja, veljače, ožujka, travnja, svibnja, srpnja, 6 listopada i prosinca, dakle ukupno 8 puta, pri čemu je ukupno analizirano 96 (8x12) uzoraka procjedne vode. Prema projektnom zadatku za provođenje monitoringa na dovodnom Melioracijskom kanalu za navodnjavanje Bić-Bosutskog polja u razdoblju 2014.- 2018. godine, kompletna analiza vode (podzemne, procjedne i površinske) na svim uzorcima u 2017. godini izvršena je u Zavodu za javno zdravstvo Brodsko-posavske županije, a analize tla i mulja u laboratorijima Agronomskog fakulteta u Zagrebu (Petošić, Mustać, Filipović 2016.).



Slika 3.2.1. Shema načina ugradnje lizimetra

4 REZULTATI I RASPRAVA

4.1 Sadržaj dušičnih spojeva

Dušik je, kao biljno hranjivo, ključan za visoke prinose u biljnoj poljoprivrednoj proizvodnji. Količina dušika u pristupačnim oblicima u tlu je mala, s druge strane većina poljoprivrednih kultura za ostvarenje visokih prinosa zahtjeva tijekom vegetacije znatne količine dušika. Dušik se u tlu slabo zadržava, a ispran u podzemnu vodu u obliku nitrata predstavlja sve veći problem njenog onečišćenja. Ispiranje nitratnog dušika iz tla ovisi o količini NO_3 - i/ili NO_3-N u tlu i o količini vode koja se procjeđuje kroz masu tla. Sustav uzgoja bilja također ima vrlo bitan utjecaj na gubitke dušika iz tla. Svaka primjena dušika u količini većoj od potrebne, dovodi do zadržavanja dijela dušika u profilu tla pa se, čim nastupi razdoblje s većim količinama oborina, može očekivati njegovo pojačano ispiranje.

Tijekom 2016. godine na svim lokacijama (1 - 6), kontinuirano je analiziran (motren) sadržaj dušika (nitratnog, amonijskog i ukupnog) u procjednoj vodi (perkolatu) lizimetara (Tablica 4.1.1.). Rezultati analiza dušika u procjednoj vodi tijekom 2016. godine, prikazani su u tablicama u prilogu izvješća (Tablice 4.1.1. do 4.1.6.). Vrijednosti koncentracija NO_3-N, NH_4-N i ukupnog dušika u perkolatu lizimetara po lokacijama (1 - 6) tijekom 2016. godine prikazane su i u Grafikonima 4.1.1., 4.1.2., 4.1.3. Na temelju dobivenih pokazatelja i cjelovitih analiza sadržaja dušika u perkolatu lizimetara po lokacijama motrenja tijekom 2016. godine, dolazimo do zaključka:

- po lokacijama motrenja tijekom 2016. godine sadržaj dušika u perkolatu lizimetara kretao se je različito s obzirom na tip tla, uzgajanu kulturu, količinu i vrijeme gnojidbe, te količinu procijeđene vode (perkolata);

- srednje godišnje vrijednosti koncentracije dušika iz nitrata (mg NO_3-N/l) u perkolatu lizimetara po lokacijama praćenja (1-6) tijekom 2016. godine (Tablica 4.1.1.) bile su sljedeće: lokacija 1 (7,85), lokacija 2 (7,38), lokacija 3 (16,13), lokacija 4 (8,40), lokacija 5 (7,97) i lokacija 6 (9,61);

- srednje godišnje vrijednosti koncentracije dušika iz amonijaka (mg NH_4-N/l) tijekom 2016. godine, po lokacijama praćenja bile su sljedeće: lokacija 1 (0,050), lokacija 2 (0,030), lokacija 3 (0,028), lokacija 4 (0,048), lokacija 5 (0,046) i lokacija 6 (0,030);

- srednje godišnje vrijednosti koncentracije ukupnog dušika u perkolatu (mg N/l) po istraživanim lokacijama, kretale su se kako slijedi: lokacija 1 (7,92), lokacija 2 (7,45), lokacija 3 (16,16), lokacija 4 (8,49), lokacija 5 (8,06) i lokacija 6 (9,66). Treba istaknuti da su srednje godišnje vrijednosti koncentracije dušika iz nitrata i ukupnog dušika u procjednoj vodi lizimetara (perkolatu) samo na lokaciji 3 tijekom 2016. godine, bile iznad vrijednosti MDK (maksimalno dozvoljene koncentracije), prema „Pravilniku“ o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (11,0 mg N/l);

• maksimalne koncentracije dušika iz nitrata, kao i ukupnog dušika u perkolatu lizimetara kod svih lokacija praćenja (1-6) tijekom 2016. godine bile su veće od vrijednosti maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK), prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (N.N. 47/2008);

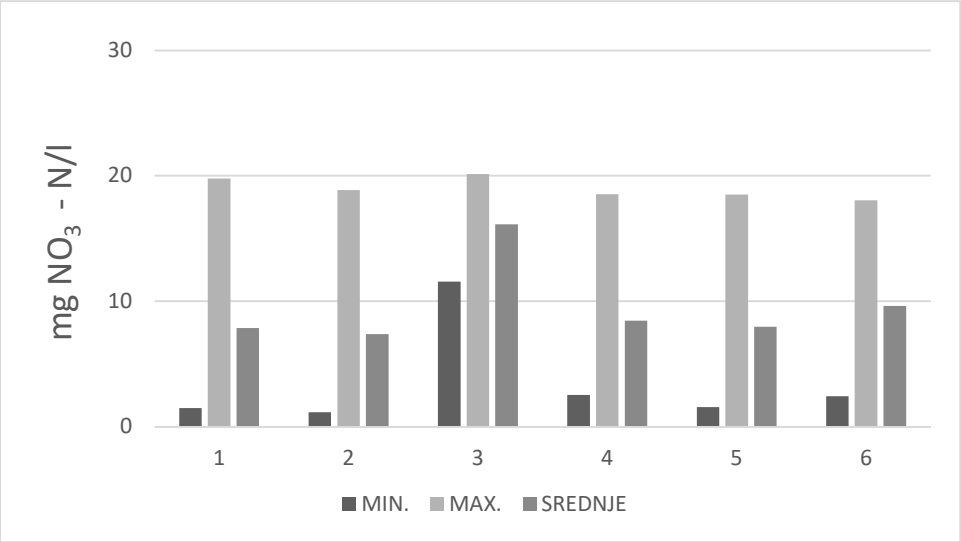
• prema Uredbi o klasifikaciji voda (N.N. 77/98 i 137/08), procjedna voda (perkolat) iz lizimetara po lokacijama motrenja (1 - 6), ovisno o sadržaju ukupnog dušika (mg N/l), tijekom 2016. godine kretala se je najčešće u rasponu vrijednosti koje odgovaraju drugoj do četvrtoj (II-IV) kategoriji ekološke kakvoće (Grafikon 4.1.1.);

• prema sadržaju dušika iz amonijaka (NH_4-N) procjedna je voda i tijekom 2016. godine na lokacijama motrenja najčešće odgovarala prvoj (I) vrsti ekološke kakvoće (Grafikon 4.1.2.);

• srednje koncentracije dušika iz amonijaka u procjednoj vodi lizimetara (perkolatu), na svim motrenim lokacijama, tijekom 2016. godine, bile su znatno niže od maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK), prema „Pravilniku“ (0,50 mg NH_4-N/l);

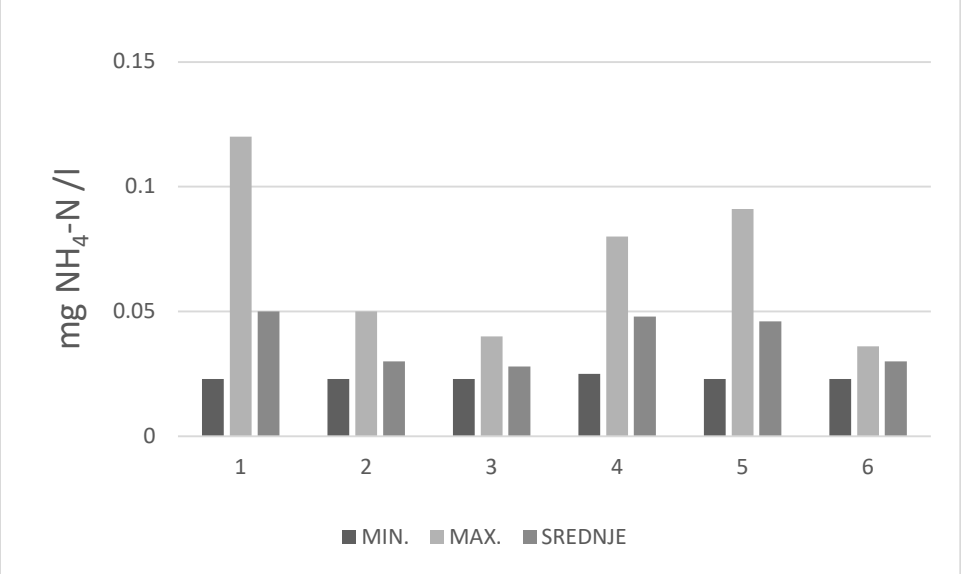
Tablica 4.1.1. Koncentracije dušika u procjednoj vodi lizimetara (perkolatu) tijekom 2016. godine (Izvor: Petošić i sur., 2017.)

LOKACIJA	**NO_3 – N**			**NH_4-N (N)**			**UKUPNI DUŠIK**		
	mg/l								
	MIN.	MAX.	SREDNJE	MIN.	MAX.	SREDNJE	MIN.	MAX.	SREDNJE
1.	1,49	19,78	7,85	0,023	0,120	0,050	1,51	19,81	7,92
2.	1,16	18,85	7,38	0,023	0,050	0,030	1,46	18,88	7,45
3.	11,55	20,12	16,13	0,023	0,040	0,028	11,58	20,14	16,16
4.	2,53	18,52	8,44	0,025	0,080	0,048	2,62	18,56	8,49
5.	1,55	18,49	7,97	0,023	0,091	0,046	1,57	18,94	8,06
6.	2,42	18,05	9,61	0,023	0,036	0,030	2,45	18,07	9,66



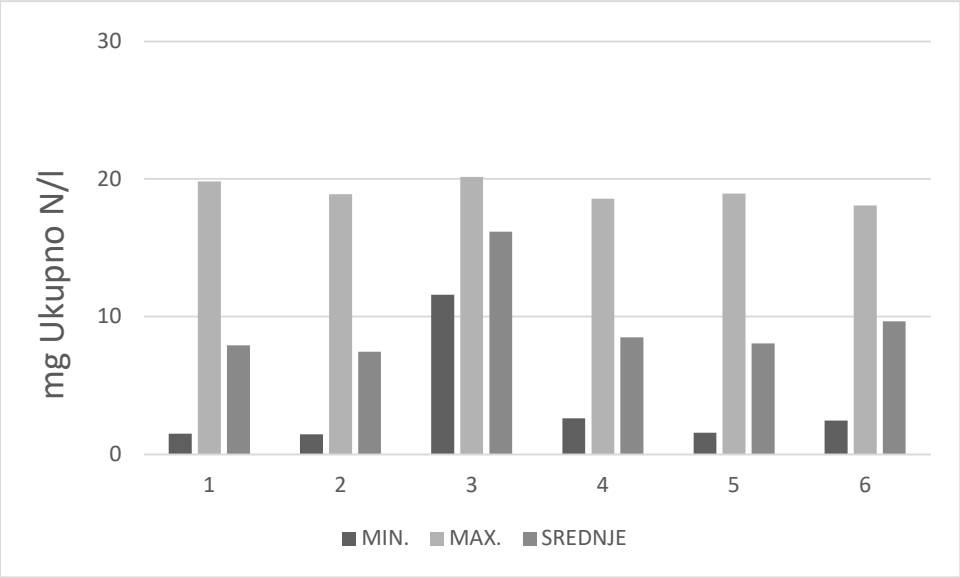
Grafikon 4.1.1. Koncentracija NO_3 – N u perkolatu lizimetara tijekom 2016. godine

(Izvor: Petošić i sur., 2017.)



Grafikon 4.1.2. Koncentracija NH_4 – N u perkolatu lizimetara tijekom 2016.godine

(Izvor: Petošić i sur., 2017.)



Grafikon 4.1.3. Koncentracija ukupnog dušika u perkolatu lizimetara tijekom 2016.godine

(Izvor: Petošić i sur., 2017.)

Rezultati analiza dušika u procjednoj vodi tijekom prve polovice 2017. godine, prikazani su u Tablici 4.1.2. Zbog suhoće tla u drugoj polovici 2017. godine nije bilo perkolata. Vrijednosti koncentracija NO_3-N, NH_4-N i ukupnog dušika u perkolatu lizimetara po lokacijama (1 - 6) tijekom 2017. godine prikazane su i u Grafikonima 4.1.4, 4.1.5. i 4.1.6. Temeljem dobivenih pokazatelja i analiza sadržaja dušika u perkolatu lizimetara po lokacijama motrenja tijekom prve polovice 2017. godine, može se zaključiti sljedeće:

- sadržaj dušika u perkolatu lizimetara po lokacijama motrenja tijekom 2017. godine kretao se je različito s obzirom na tip tla, uzgajanu kulturu, količinu i vrijeme gnojidbe, te količinu procijeđene vode (perkolata);

- srednje vrijednosti koncentracije dušika iz nitrata (mg NO_3-N/l) tijekom prve polovice 2017. godine u perkolatu lizimetara po lokacijama praćenja (1 - 6) (Tablica 4.1.2.) bile su kako slijedi: lokacija 1 (12,97), lokacija 2 (2,63), lokacija 3 (7,95), lokacija 4 (13,85), lokacija 5 (11,05) i lokacija 6 (10,15);

- srednje vrijednosti koncentracije dušika iz amonijaka (mg NH_4-N/l) tijekom prve polovice 2017. godine, po lokacijama motrenja bile su sljedeće: lokacija 1 (0,10), lokacija 2 (0,07), lokacija 3 (0,06), lokacija 4 (0,10), lokacija 5 (0,14) i lokacija 6 (0,10);

- srednje vrijednosti koncentracije ukupnog dušika u perkolatu (mg N/l) po istraživanim lokacijama, kretale su se kako slijedi: lokacija 1 (13,0), lokacija 2 (2,70), lokacija 3 (8,03), lokacija 4 (13,94), lokacija 5 (11,19) i lokacija 6 (10,25); Valja naglasiti da su srednje vrijednosti koncentracije dušika iz nitrata i ukupnog dušika u procjednoj vodi lizimetara (perkolatu) na lokacijama 1, 4 i 5 tijekom prve polovice 2017. godine, bile iznad vrijednosti MDK (maksimalno dozvoljene koncentracije), prema „Pravilniku“ o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (11,0 mg N/l), što je znatno nepovoljnije u odnosu na prethodnu 2016. godinu;

- maksimalne koncentracije dušika iz nitrata, kao i ukupnog dušika u perkolatu lizimetara kod svih lokacija praćenja osim lokacije 2, tijekom prve polovice 2017. godine bile su veće od vrijednosti maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK), prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (N.N. 47/2008);

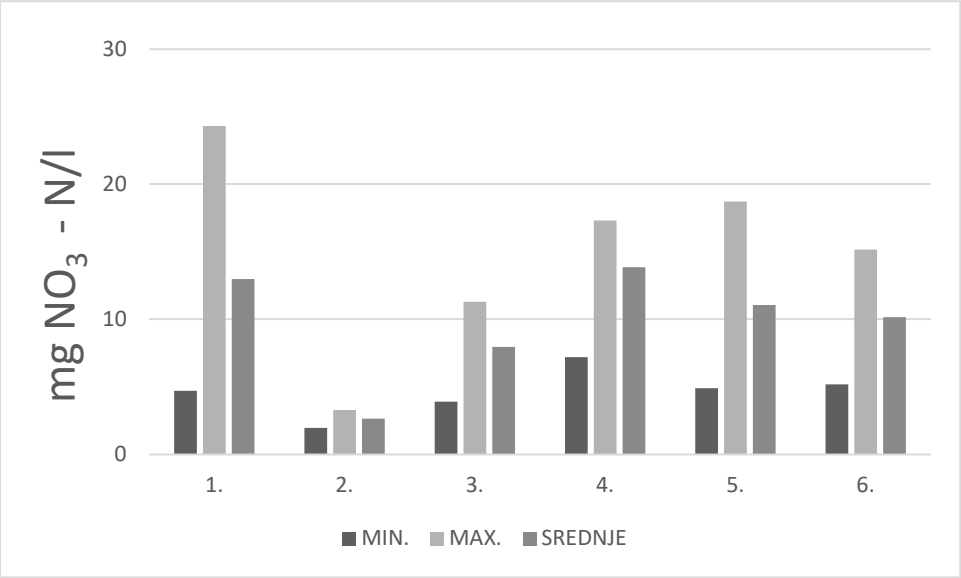
- prema Uredbi o klasifikaciji voda (N.N. 77/98 i 137/08), procjedna voda (perkolat) iz lizimetara po lokacijama motrenja (1-6) ovisno o sadržaju ukupnog dušika (mg N/l) tijekom prve polovice 2017. godine kretala se je najčešće u 60 rasponu vrijednosti koje odgovaraju drugoj do petoj (II-V) kategoriji ekološke kakvoće (Grafikon 4.1.4.);

- prema sadržaju dušika iz amonijaka (NH_4-N) procjedna je voda i tijekom prve polovice 2017. godine na lokacijama motrenja najčešće odgovarala prvoj (I) i/ili drugoj (II) vrsti ekološke kakvoće (Grafikon 4.1.5.);

- srednje koncentracije dušika iz amonijaka u procjednoj vodi lizimetara, Tablica 4.1.2., na svim motrenim lokacijama, tijekom prve polovice 2017. godine bile su znatno niže od maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) prema „Pravilniku“ (0,50 mg NH_4-N/l);

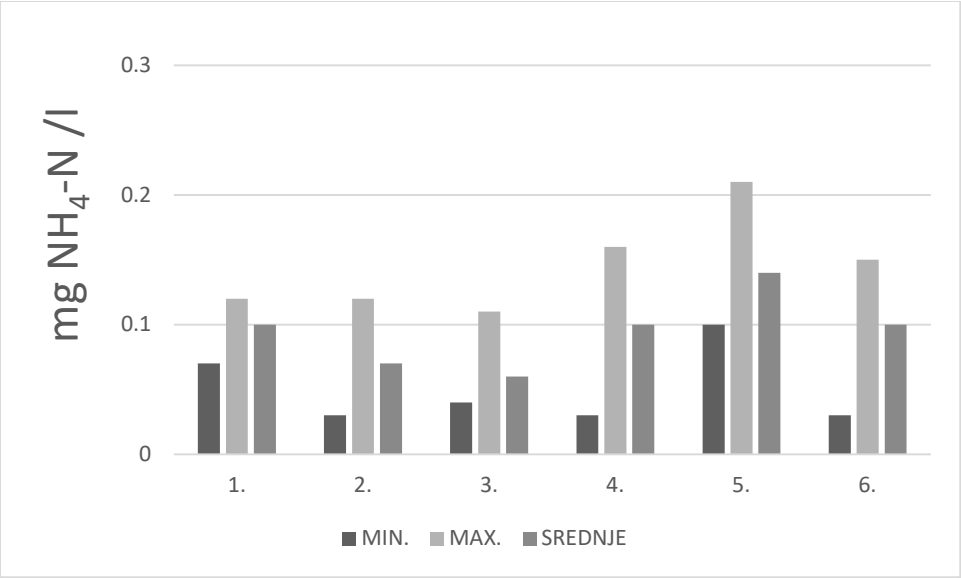
Tablica 4.1.2. Koncentracije dušika u procjednoj vodi lizimetara (perkolatu) tijekom prve polovice 2017. godine
(Izvor: Petošić i sur., 2018.)

LOKACIJA	**NO_3 – N**			**NH_4-N (N)**			**UKUPNI DUŠIK**		
	mg/l								
	MIN.	MAX.	SREDNJE	MIN.	MAX.	SREDNJE	MIN.	MAX.	SREDNJE
1.	4,70	24,3	12,97	0,07	0,12	0,10	4,70	24,40	13,00
2.	1,95	3,28	2,63	0,03	0,12	0,07	1,98	3,40	2,70
3.	3,90	11,30	7,95	0,04	0,11	0,06	4,01	11,34	8,03
4.	7,20	17,30	13,85	0,03	0,16	0,10	7,30	17,46	13,94
5.	4,90	18,70	11,05	0,10	0,21	0,14	5,00	18,91	11,19
6.	5,18	15,15	10,15	0,03	0,15	0,10	5,30	15,18	10,25



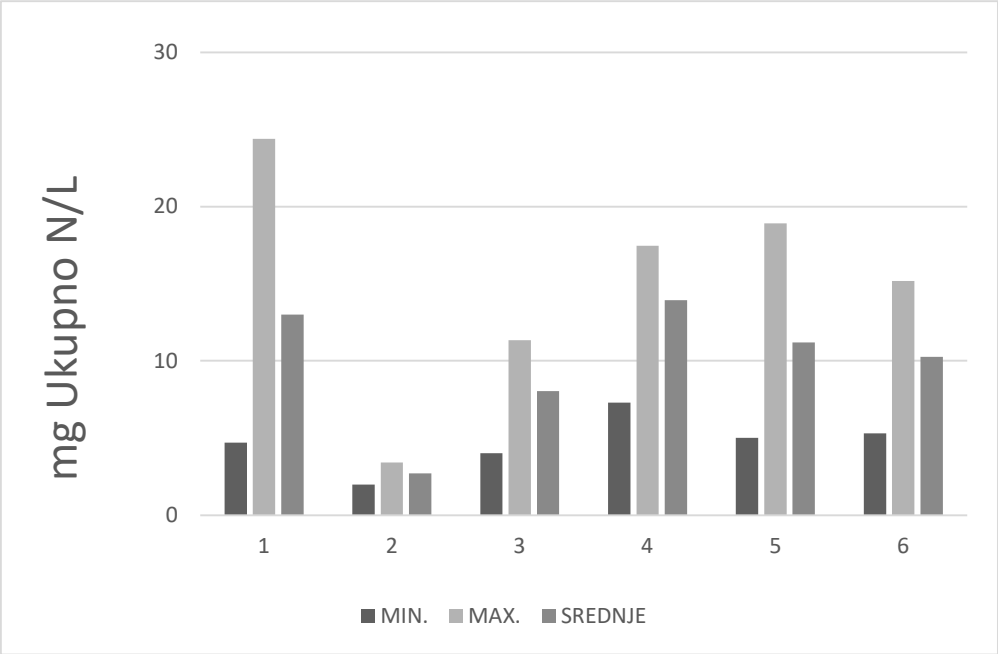
Grafikon 4.1.4. Koncentracija NO_3 – N u perkolatu lizimetara tijekom 2017. godine

(Izvor: Petošić i sur., 2018.)



Grafikon 4.1.5. Koncentracija NH_4– N u perkolatu lizimetara tijekom 2017. godine

(Izvor: Petošić i sur., 2018.)



Grafikon 4.1.6. Koncentracija ukupnog dušika u perkolatu lizimetara tijekom 2017. godine

(Izvor: Petošić i sur., 2018.)

Tijekom 2018. godine na svim lokacijama (1-6), kontinuirano je analiziran (motren) sadržaj dušika (nitratnog, amonijskog i ukupnog) u procjednoj vodi (perkolatu) lizimetara (Tablica 4.1.3.). Vrijednosti koncentracija NO_3-N, NH_4-N i ukupnog dušika u perkolatu lizimetara po lokacijama (1-6) tijekom 2018. godine prikazane su i u Grafikonima 4.1.7, 4.1.8. i 4.1.9. Temeljem dobivenih pokazatelja i analiza sadržaja dušika u perkolatu lizimetara po lokacijama motrenja tijekom 2018. godine, može se zaključiti sljedeće:

- sadržaj dušika u perkolatu lizimetara po lokacijama motrenja tijekom 2018. godine kretao se je različito s obzirom na tip tla, uzgajanu kulturu, količinu i vrijeme gnojidbe, te količinu procijeđene vode (perkolata);

- srednje vrijednosti koncentracije dušika iz nitrata (mg NO_3-N/l) tijekom 2018. godine u perkolatu lizimetara po lokacijama praćenja (1 - 6) (Tablica 4.1.3.) bile su kako slijedi: lokacija 1 (2,70), lokacija 2 (4,36), lokacija 3 (1,43), lokacija 4 (7,88), lokacija 5 (5,50) i lokacija 6 (7,48);

- srednje vrijednosti koncentracije dušika iz amonijaka (mg NH_4-N/l) tijekom 2018. godine, po lokacijama motrenja bile su sljedeće: lokacija 1 (0,02), lokacija 2 (0,05), lokacija 3 (0,04), lokacija 4 (0,03), lokacija 5 (0,03) i lokacija 6 (0,03);

- srednje vrijednosti koncentracije ukupnog dušika u perkolatu (mg N/l) po istraživanim lokacijama, kretale su se kako slijedi: lokacija 1 (2,73), lokacija 2 (2,41), lokacija 3 (1,44), lokacija 4 (7,91), lokacija 5 (5,52) i lokacija 6 (7,60); Valja naglasiti da srednje vrijednosti koncentracije dušika iz nitrata i ukupnog dušika u procjednoj vodi lizimetara (perkolatu) na lokacijama motrenja (1-6) tijekom 2018. godine, nisu bile iznad vrijednosti MDK

(maksimalno dozvoljene koncentracije), prema „Pravilniku“ o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (11,0 mg N/l), što je znatno povoljnije u odnosu na prethodnu 2017. godinu;

- maksimalne koncentracije dušika iz nitrata, kao i ukupnog dušika u perkolatu lizimetara kod svih lokacija praćenja, tijekom 2018. godine bile su također manje od vrijednosti maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK), prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (N.N. 47/2008);

- prema Uredbi o klasifikaciji voda (N.N. 77/98 i 137/08), procjedna voda (perkolat) iz lizimetara po lokacijama motrenja (1 - 6) ovisno o sadržaju ukupnog dušika (mg N/l) tijekom 2018. godine kretala se je najčešće u rasponu vrijednosti koje odgovaraju prvoj (I) do trećoj (III) kategoriji ekološke kakvoće (Grafikon 4.1.7.);

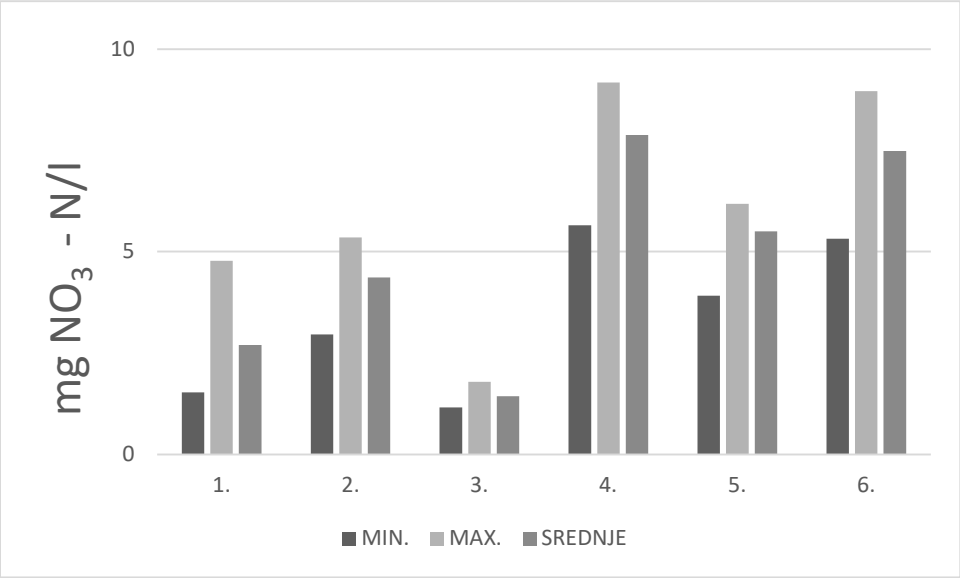
- prema sadržaju dušika iz amonijaka (NH_4-N) procjedna je voda tijekom 2018. godine na lokacijama motrenja najčešće odgovarala prvoj (I) vrsti ekološke kakvoće (Grafikon 4.1.8.);

- srednje koncentracije dušika iz amonijaka u procjednoj vodi lizimetara na svim motrenim lokacijama, tijekom 2018. godine bile su također znatno niže od maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) prema „Pravilniku“ (0,50 mg NH_4-N/l);

Tablica 4.1.3. Koncentracije dušika u procjednoj vodi lizimetara (perkolatu) tijekom 2018. godine

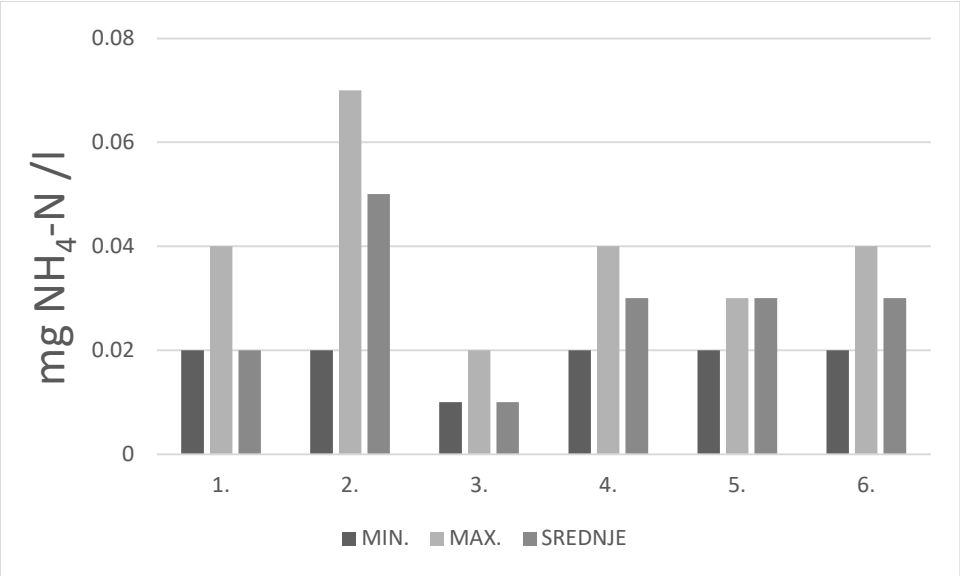
(Izvor: Petošić i sur., 2019.)

LOKACIJA	**NO_3 – N**			**NH_4-N**			**UKUPNI DUŠIK (N)**		
	mg/l								
	MIN.	MAX.	SREDNJE	MIN.	MAX.	SREDNJE	MIN.	MAX.	SREDNJE
1.	1,53	4,77	2,70	0,02	0,04	0,02	1,55	4,81	2,73
2.	2,96	5,35	4,36	0,02	0,07	0,05	3,01	5,64	4,41
3.	1,16	1,79	1,43	0,01	0,02	0,01	1,17	1,80	1,44
4.	5,65	9,17	7,88	0,02	0,04	0,03	5,68	9,20	7,91
5.	3,91	6,18	5,50	0,02	0,03	0,03	3,94	6,20	5,52
6.	5,32	8,96	7,48	0,02	0,04	0,03	5,35	8,98	7,60



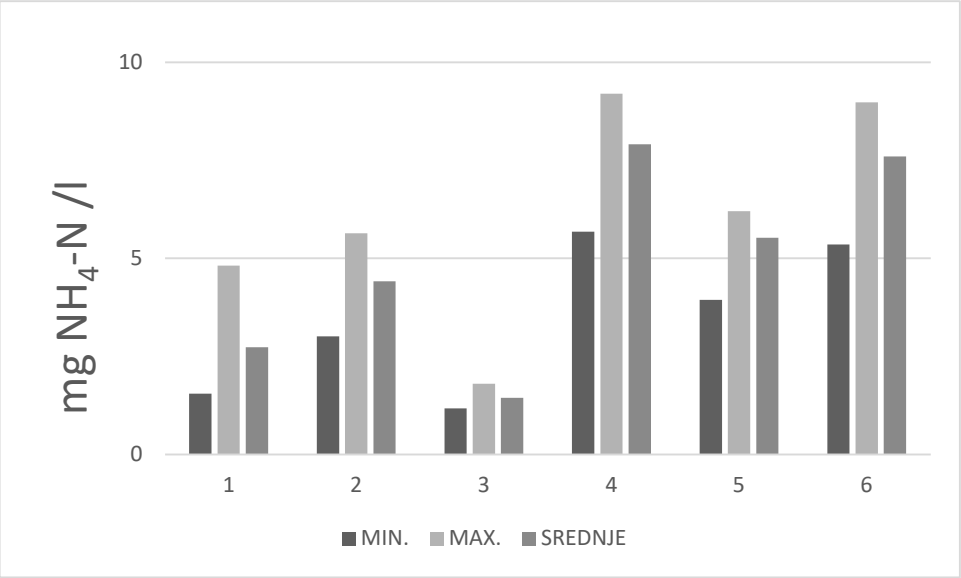
Grafikon 4.1.7. Koncentracija NO_3 – N u perkolatu lizimetara tijekom 2018 godine

(Izvor: Petošić i sur., 2019.



Grafikon 4.1.8. Koncentracija NH_4 – N u perkolatu lizimetara tijekom 2018 godine

(Izvor: Petošić i sur., 2019.)



Grafikon 4.1.9. Koncentracija ukupnog dušika u perkolatu lizimetara tijekom 2018 godine

(Izvor: Petošić i sur., 2019.)

4.2 Rezultati količine i kakvoće procjedne vode

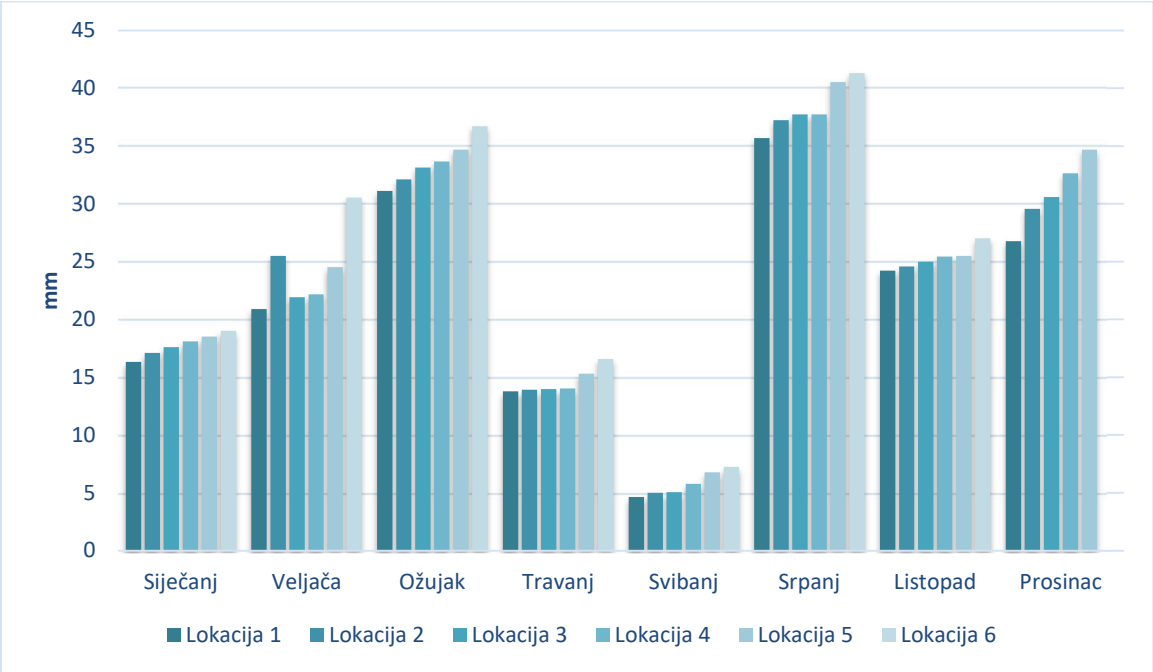
Tijekom 2016. godine pomoću lizimetarskih istraživanja motren je prodor mogućih polutanata (onečišćivača) iz poljoprivredne proizvodnje (kao što su teški metali, dušik, fosfor) prema podzemnim vodama talnog vodonosnog akvifera u profilu ponajviše do 4 m dubine, a potom i prema dubokom, bogatom, vodonosniku pitke vode na području dovodnog Melioracijskog kanala. Monitoring je vršen na ukupno 12 lizimetara tzv. Ebermeiyerovog tipa. Lizimetri su postavljeni na ukupno 6 lokacija, pri čemu onda. dva lizimetra u paru čine jednu lokaciju praćenja. Točne lokacije lizimetara označene su na karti područja u prilogu izvješća. Sve lokacije, uključujući i meta podatke, pohranjene su u postojeću GIS bazu podataka. Lizimetarske lokacije se tako podudaraju s lokacijama na kojima se prati i stanje poljoprivrednih tla. Tijekom 2016. godine na spomenutim su lokacijama uzgajane različite kulture: lokacija 1 - zob i uljana repica, lokacija 2 - pir, lokacija 3 - ozimi ječam-stočni, lokacija 4 - uljana repica i ozimi ječam, lokacija 5 - ozimi ječam te lokacija 6 - pšenica.

U Tablici 4.2.1. prikazan je odnos između količine oborina i procijeđene vode iz lizimetara (perkolata) po lokacijama praćenja tijekom 2016. godine. U Tablici 4.2.1. i Grafikonu 4.2.1. prikazana je dinamika i količina procijeđene vode (perkolata) iz lizimetara po istraživanim lokacijama tijekom 2016. godine. Izmjerene količine procijeđene vode (perkolata) po lokacijama, prikazane su kao prosječne vrijednosti dobivene s dva lizimetara u paru. Npr. na lokaciji 1., sve su vrijednosti prikazane kao prosjek lizimetara (L1 + L2)/2., na lokaciji 2. prosjek (L3 + L4)/2 itd. Analizom prikazanih vrijednosti vidimo da je tijekom 2016. godine, najveća količina procijeđene vode iz lizimetara izmjerena na lokaciji 6 (214,65 mm), a potom slijede: lokacija 5 (200,52 mm), lokacija 4 (189,54 mm), lokacije 2 i 3 (185,02 mm) i lokacija 1 (173,44 mm). Količina procijeđene vode (perkolata), dobivena na temelju prosjeka svih lizimetara (12), odnosno lokacija (6), iznosila je u 2016. godini 191,40 mm, što čini 25,66 % u odnosu na ukupno pale oborine u 2016. godini (745,9 mm). Zavisno dakle od lokacije, količina procijeđene vode iz lizimetara tijekom 2016. godine kretala se je u rasponu vrijednosti od 173,44 mm (1) do 214,65 mm (6), što iznosi 23,25 do 28,77% vrijednosti od ukupno palih oborina (745,9 mm) (Petošić i sur., 2017.).

Tablica 4.2.1. Količina oborina i vode procijeđene iz lizimetara (perkolata) u mm tijekom 2016. godine

(Izvor: Petošić i sur., 2017.)

Pokazatelj	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
Oborine	71,0	71,2	71,0	57,6	35,6	43,7	112,0	51,1	95,3	65,9	69,3	2,2	745,9
Procijeđeno	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
Lokacija 1	16,32	20,91	31,11	13,77	4,64		35,70			24,22		26,77	173,44
Lokacija 2	17,09	25,50	32,13	13,92	4,99		37,23			24,58		29,58	185,02
Lokacija 3	17,59	21,93	33,15	13,97	5,05		37,74			24,99		30,60	185,02
Lokacija 4	18,10	22,18	33,66	14,02	5,76		37,74			25,44		32,64	189,54
Lokacija 5	18,51	24,53	34,68	15,30	6,78		40,54			25,50		34,68	200,52
Lokacija 6	19,02	30,55	36,72	16,57	7,24		41,31			27,03		36,21	214,65
Srednja vrijednost	17,77	24,27	33,57	14,59	5,74		38,37			25,36		31,74	191,40



Grafikon 4.2.1. Količina procijeđene vode (perkolata) u mm iz lizimetara tijekom 2016. godine

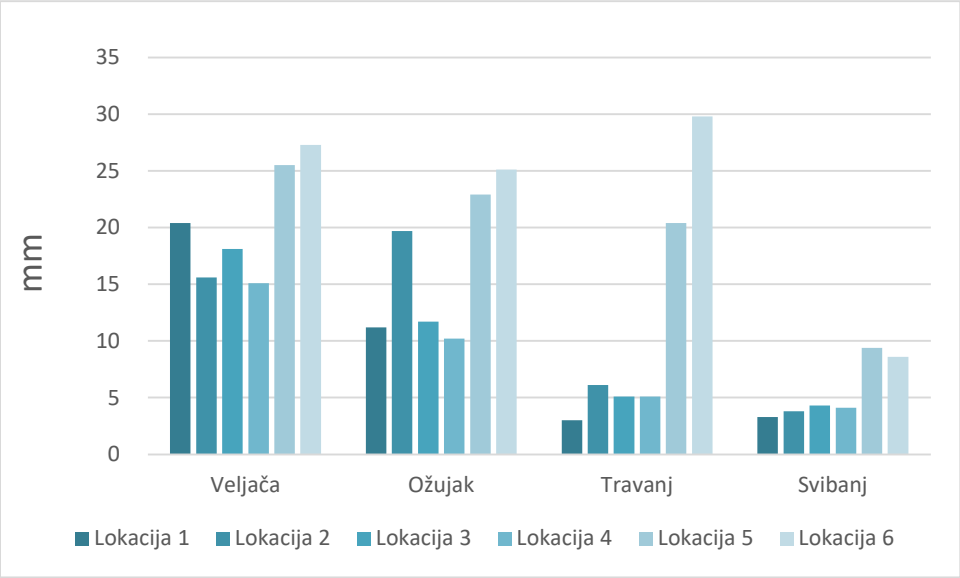
(Izvor: Petošić i sur., 2017.)

Potrebno je napomenuti da je godina 2017. bila poprilično specifična s obzirom na ukupnu količinu procijeđene vode (perkolat), koja je bila vrlo mala prvenstveno zbog aridnosti klime, odnosno znatno manjih količina oborina i visokih temperatura zraka. U Tablici 4.2.2. prikazan je odnos između količine oborina i procijeđene vode iz lizimetara (perkolata) po lokacijama praćenja tijekom 2017. godine. U Grafikonu 4.2.2. prikazana količina procijeđene vode (perkolata) iz lizimetara po istraživanim lokacijama tijekom 2017. godine. Izmjerene količine procijeđene vode (perkolata) po lokacijama, prikazane su kao prosječne vrijednosti dobivene s dva lizimetara u paru. Analizom prikazanih vrijednosti vidimo da je tijekom 2017. godine najveća količina procijeđene vode iz lizimetara izmjerena na lokaciji 6 (90,8 mm), a potom slijede: lokacija 5 (78,2 mm), lokacija 2 (39,2 mm), lokacija 3 (39,2 mm), lokacija 1 (37,9 mm) i lokacija 4 (34,5 mm). Količina procijeđene vode (perkolata) dobivena na temelju prosjeka svih lizimetara (12), odnosno lokacija (6), u 2017. godini iznosi 53,3 mm, što čini 9,18 % u odnosu na ukupno pale oborine iste te godine (580,4 mm). Zavisno dakle o lokaciji, količina procijeđene vode iz lizimetara tijekom 2017. godine kreće se u rasponu vrijednosti od 34,5 mm(lokacija 4) do 90,8 mm (lokacija 6), što iznosi 5,90 do 15,64% vrijednosti od ukupnih oborina (580,4 mm) (Petošić i sur., 2018.).

Tablica 4.2.2. Količina oborina i vode procijeđene iz lizimetara (perkolata) u mm tijekom 2017. godine

(Izvor: Petošić i sur., 2018.)

Pokazatelj	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**Σ**
Oborine	27,0	46,0	44,6	67,7	43,1	41,5	71,6	16,5	73,8	58,6	42,8	47,2	580,4
Procijeđeno	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
Lokacija 1		20,4	11,2	3,0	3,3								37,9
Lokacija 2		15,6	13,7	6,1	3,8								39,2
Lokacija 3		18,1	11,7	5,1	4,3								39,2
Lokacija 4		15,1	10,2	5,1	4,1								34,5
Lokacija 5		25,5	22,9	20,4	9,4								78,2
Lokacija 6		27,3	25,1	29,8	8,6								90,8
Srednja vrijednost		20,3	15,8	11,6	5,6								53,3



Grafikon 4.2.2. Količina procijeđene vode (perkolata) u mm iz lizimetara tijekom 2017. godine

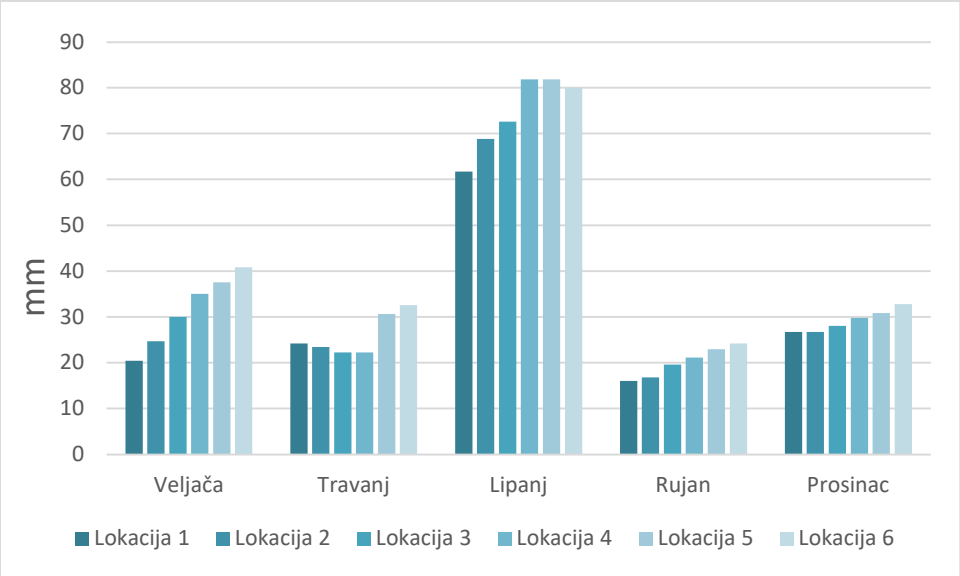
(Izvor: Petošić i sur., 2018.)

U Tablici 4.2.3. prikazan je odnos količine oborina i procijeđene vode iz lizimetara (perkolata) po lokacijama praćenja tijekom 2018. godine. U Tablici 4.2.3 i Grafikonu 4.2.3. prikazana je dinamika i količina procijeđene vode (perkolata) iz lizimetara po istraživanim lokacijama tijekom 2018. godine. Izmjerene količine procijeđene vode (perkolata) po lokacijama prikazane su kao prosječne vrijednosti dobivene s dva lizimetara u paru. Analizom prikazanih vrijednosti vidljvo je da tijekom 2018. godine najveća količina procijeđene vode iz lizimetara izmjerena na lokaciji 6 (210,4 mm). Iza nje slijede lokacija 5 (203,6 mm), lokacija 4 (189,9 mm), lokacija 3 (172,4 mm) lokacija 2 (160,4 mm) i lokacija 1 (149,0 mm). Količina procijeđene vode (perkolata) dobivena na temelju prosjeka svih lokacija (6) odnosno lizimetara (12) u 2018. godini iznosila je 180,9 mm. To čini 21,23 % u odnosu na ukupno pale oborine u 2018. godini (851,8 mm). Zaključujemo da ovisno od lokacije, količina procijeđene vode iz lizimetara tijekom 2018. godine kretala se u rasponu vrijednosti od 149,00 mm (1) do 210,4 mm (6). Od ukupno palih oborina (851,8 mm) to iznosi 17,9 do 24,6 % ukupne vrijednosti.

Tablica 4.2.3. Količina oborina i vode procijeđene iz lizimetara (perkolata) u mm tijekom 2018. godine

(Izvor: Petošić i sur., 2019.)

Pokazatelj	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**Σ**
Oborine	61,7	65,9	76,9	28,9	53,4	257,4	88,1	54,0	59,9	24,0	41,5	40,1	851,8
Procijeđeno	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**Mm**	**mm**	**mm**	**mm**
Lokacija 1		20,4		24,2		61,7			16,0			26,7	149,0
Lokacija 2		24,7		23,4		68,8			16,8			26,7	160,4
Lokacija 3		30,0		22,2		72,6			19,6			28,0	172,4
Lokacija 4		35,0		22,2		81,8			21,1			29,8	189,9
Lokacija 5		37,5		30,6		81,8			22,9			30,8	203,6
Lokacija 6		40,8		32,6		80,0			24,2			32,8	210,4
Srednjak		31,4		25,8		74,4			20,1			29,1	180,9



Grafikon 4.2.3. Količina procijeđene vode (perkolata) u mm iz lizimetara tijekom 2018. godine

(Izvor: Petošić i sur., 2019.)

4.3 Analiza poljoprivredne proizvodnje

Analiza rezultata: 2016. godina

Temeljem lizimetarskih istraživanja vezanih za problematiku utjecaja poljoprivredne proizvodnje na ispiranje dušika i fosfora, te dobivenih rezultata tijekom 2016. godine može se zaključiti sljedeće:

- u istraživanjima i tijekom 2016. godine analizirana je tradicionalna poljoprivredna proizvodnja na ukupno šest (6) temeljnih kultura: zob, uljana repica (2x), pir, ozimi ječam (stočni), ozimi ječam (2x), pšenica (Tablica 4.3.1.);

- gnojidba navedenih kultura bila je kako slijedi: lokacija *1*-zob, uljana repica; 100 kg/ha NPK (08:20:30), 150 kg/ha NPK (15:15:15), 70 kg/ha KAN, lokacija 2-pir; 300 kg/ha NPK (0:20:30), 200 kg/ha KAN, lokacija 3-ozimi ječam (stočni); 175 kg/ha NPK (15:15:15), 175 kg/ha KAN, lokacija 4-uljana repica, ozimi ječam; 200 kg/ha KAN, 300 NPK (0:20:30), 100 kg/ha ureje, lokacija 5-ozimi ječam; 100 kg/ha KAN, 3000 l/ha gnojovke, 400 kg/ha NPK (16:20:30) i lokacija 6-pšenica; 260 kg/ha ureje;

- tijekom 2016. godine putem procjedne vode iz lizimetara (perkolatom) po lokacijama motrenja (Slika 4.3.1.), odnosno uzgajanim kulturama isprano je dušika (kg N/ha) kako slijedi: lokacija 1 – zob, uljana repica (11,10), lokacija 2 – pir (9,13), lokacija 3 – ozimi ječam (stočni) (29,45), lokacija 4 – uljana repica, ozimi ječam (16,94), lokacija 5 – ozimi ječam (18,78) i lokacija 6 – pšenica (19,86);

- tijekom 2016. godine putem procjedne vode iz lizimetara (perkolatom) po lokacijama motrenja, odnosno uzgajanim kulturama isprano je fosfora (kg P/ha) kako slijedi: lokacija 1 – zob, uljana repica (0,682), lokacija 2 – pir (0,302), lokacija 3 – ozimi 95 ječam (stočni) (0,552), lokacija 4 – uljana repica, ozimi ječam (0,517), lokacija 5 – ozimi ječam (0,402) i lokacija 6 – pšenica (0,076);

- može se generalno zaključiti da su uzgajane kulture na području istraživanja tijekom 2016. godine u prosjeku gnojene s oko 145,0 kg N/ha i 85,0 kg P/ha; od čega je u prosjeku putem procjedne vode iz tla isprano oko 17,5 kg N/ha ili 12,0 %, te 0,421 kg P/ha ili 0,49 % od količine koja je dodana putem gnojidbe;



Slika 4.3.1. Karta područja dovodnog Melioracijskog kanala s lokacijama motrenja poljoprivredne proizvodnje

(Izvor: Petošić i sur., 2018.)

Tablica 4.3.1. Prikaz uzgajanih kultura, gnojidbe i prinosa tijekom 2016. godine

(Izvor: Prilagođeno prema Petošić i sur., 2017.)

SMJEŠTAJ	OZNAKA LOKACIJE	UZGAJANE KULTURE	GNOJIDBA DUŠIKOM (kg/ha)	GNOJIDBA FOSFOROM (kg/ha)	PRINOS / UROD (t/ha)	DATUM SJETVE	DATUM ŽETVE
Babina greda - Kladavac	1.	ZOB ULJANA REPICA	49,40	42,50	4,5 /	15.03.2016, 10.10.2016.	16.07.2016. /
Babina greda - Konjsko	2.	PIR	54,00	60,00	3,30	5.10. 2015.	03.07.2016.
Gundinci – Jasinje	3.	OZMI JEČAM (STOČNI)	323,40	151,25	6,0	01.10. 2015.	15.06.2016.
Gundinci – Dobrovo	4.	ULJANA REPICA OZIMI JEČAM	100,00	60,00	2,50 /	03.09. 2015. 10.10.2016.	07.07.2016. /
Gundinci – Crpilište	5.	OZMI JEČAM	222,00	105,00	5,0	12.10. 2015.	10.07.2016.
Gundinci – Jasinje	6.	PŠENICA	120,00	0,00	4,35	29.10. 2015.	15.07.2016.

Analiza rezultata: 2017. godina

Temeljem lizimetarskih istraživanja vezanih za problematiku utjecaja poljoprivredne proizvodnje na ispiranje dušika i fosfora, te dobivenih rezultata tijekom 2017. godine može se zaključiti sljedeće:

- u istraživanjima i tijekom 2017. godine analizirana je tradicionalna poljoprivredna proizvodnja na ukupno šest (6) temeljnih kultura: soja, uljana repica (2x), lucerna, ozimi ječam, šećerna repa i kukuruz (Tablica 4.3.2.);

- gnojidba navedenih kultura bila je kako slijedi: lokacija 1-uljana repica; 250 kg/ha NPK (15:15:15), 70 kg/ha ureje, lokacija 2-soja; bez primjene gnojiva, lokacija 3-lucerna; bez primjene gnojiva, lokacija 4-ozimi ječam, uljana repica; 150 kg/ha ureja, 250 kg/ha KAN, 300 kg/ha NPK (0:20:30), 150 kg/ha ureje, lokacija 5-šećerna repa; 200 kg/ha KAN, 150 kg/ha KAN, 300 kg/ha NPK (0:10:40) i lokacija 6-kukuruz; 500 kg/ha NPK (15:15:15), 150 kg/ha ureje, 150 kg/ha KAN;

- tijekom 2017. godine putem procjedne vode iz lizimetara (perkolatom) po lokacijama motrenja, odnosno uzgajanim kulturama isprano je dušika (kg N/ha) kako slijedi: lokacija 1 – uljana repica (6,30), lokacija 2 – soja (0,94), lokacija 3 – lucerna (3,70), lokacija 4 – ozimi ječam (5,05), lokacija 5 – šećerna repa (9,87) i lokacija 6 – kukuruz (8,68);

- može se generalno zaključiti da su uzgajane kulture na području istraživanja tijekom 2017. godine u prosjeku gnojene s oko 150,0 kg N/ha i 90,0 kg P/ha; od čega je u prosjeku putem procjedne vode iz tla isprano oko 6,72 kg N/ha ili 4,71 %, te 0,426 kg P/ha ili 0,51 % od količine koja je dodana putem gnojidbe;

Tablica 4.3.2. Prikaz uzgajanih kultura, gnojidbe i prinosa tijekom 2017. godine

(Izvor: Prilagođeno prema Petošić i sur., 2018.)

SMJEŠTAJ	**OZNAKA LOKACIJE**	**UZGAJANE KULTURE**	**GNOJIDBA DUŠIKOM (kg/ha)**	**GNOJIDBA FOSFOROM (kg/ha)**	**PRINOS / UROD (t/ha)**	**DATUM SJETVE**	**DATUM ŽETVE**
Babina greda - Kladavac	1.	ULJANA REPICA	150	108	3,5	27.10.2016.	24.06.2017.
Babina greda - Konjsko	2.	SOJA	/	/	2.80	25.04.2017.	01.10.2017.
Gundinci – Jasinje	3.	LUCERNA	100	50	3,75	2016.	Tri otkosa tijekom 2017. godine
Gundinci – Dobrovo	4.	OZIMI JEČAM ULJANA REPICA	210	120	6,0 /	15.10.2016. 07.09.2017.	10.06.2017. /
Gundinci – Crpilište	5.	ŠEĆERNA REPA	115	90	40,0	20.03.2017.	20.11.2017.
Gundinci – Jasinje	6.	KUKURUZ	185	75	6,20	03.05.2017.	11.10.2017.

Analiza rezultata: 2018. godina

Temeljem lizimetarskih istraživanja vezanih za problematiku utjecaja poljoprivredne proizvodnje na ispiranje dušika i fosfora iz poljoprivrednih tala na motrenim lokacijama, te dobivenih rezultata tijekom 2018. godine može se zaključiti sljedeće:

- u istraživanjima i tijekom 2018. godine analizirana je tradicionalna poljoprivredna proizvodnja pri čemu je u uzgoju bilo ukupno šest (6) temeljnih kultura: soja (2x), tritikale, lucerna, uljana repica, pšenica (2x) i suncokret (Tablica 4.3.3.);

- gnojidba navedenih kultura bila je kako slijedi: lokacija 1-soja; 250 kg/ha NPK (15:15:15), lokacija 2-soja, tritikale; 100 kg/ha ureje, NPK 300 kg/ha NPK (0:20:30) lokacija 3-lucerna; nema primjene gnojiva, lokacija 4-uljana repica, pšenica; 200 kg/ha KAN, 300 kg/ha NPK (0:20:30), 150 kg/ha ureje, lokacija 5-suncokret; 100 kg/ha KAN, 300 kg/ha NPK (15:15:15) i lokacija 6-soja, pšenica; 300 kg/ha NPK (15:15:15), 100 kg/ha KAN, 300 kg/ha NPK (0:20:30), 70 kg/ha ureje;

- tijekom 2018. godine iz tla je putem procjedne vode iz lizimetara (perkolatom) po lokacijama motrenja, odnosno uzgajanim kulturama isprano dušika (kg N/ha) kako slijedi: lokacija 1 – soja (3,58), lokacija 2 – soja, tritikale (6,44), lokacija 3 – lucerna (2,40), lokacija 4 – uljana repica, pšenica (15,2), lokacija 5 – suncokret (10,4) i lokacija 6 – soja, pšenica (16,3);

- tijekom 2018. godine iz tla je putem procjedne vode iz lizimetara (perkolatom) po lokacijama motrenja, odnosno uzgajanim kulturama isprano fosfora (kg P/ha) kako slijedi: lokacija 1 – soja (0,14), lokacija 2 – soja, tritikale (0,29), lokacija 3 – lucerna 95 (0,25), lokacija 4 – uljana repica, pšenica (0,62), lokacija 5 – suncokret (0,37) i lokacija 6 – soja, pšenica (0,46);

- može se generalno zaključiti da su uzgajane kulture na lokacijama motrenja tijekom 2018. godine u prosjeku gnojene s oko 80,0 kg N/ha i 60,0 kg P/ha; od čega je u prosjeku putem procjedne vode iz tla isprano oko 9,07 kg N/ha ili 11,3 %, te 0,35 kg P/ha ili 0,58 % od količine koja je dodana putem gnojidbe;

Tablica 4.3.3. Prikaz uzgajanih kultura, gnojidbe i prinosa tijekom 2016. godine

(Izvor: Prilagođeno prema Petošić i sur., 2016.)

SMJEŠTAJ	OZNAKA LOKACIJE	UZGAJANE KULTURE	GNOJIDBA DUŠIKOM (kg/ha)	GNOJIDBA FOSFOROM (kg/ha)	PRINOS / UROD (t/ha)	DATUM SJETVE	DATUM ŽETVE
Babina greda - Kladavac	1.	SOJA	38,0	38,0	1,5	10.05.2018.	02.10.2018.
Babina greda - Konjsko	2.	SOJA TRITIKALE	46,0	60,0	3,8 /	25.04.2018. 15.10.2018.	20.09.2018. /
Gundinci – Jasinje	3.	LUCERNA	/	/	8,70	2016.	Dva otkosa tijekom 2018. godine
Gundinci – Dobrovo	4.	ULJANA REPICA PŠENICA	125,0	60,0	3,10 /	06.09.2017. 22.10.2018.	15.06.2018. /
Gundinci – Crpilište	5.	SUNCOKRET	72,0	45,0	3,40	08.04.2018.	20.08.2018.
Gundinci – Jasinje	6.	SOJA PŠENICA	105,0	105,0	4,10	12.04.2018. 30.10.2018	10.09.2018. /

5 ZAKLJUČAK

U radu je izvršena analiza procjedne vode kao i određivanje toka vode na 6 lokacija na području Bić Bosutskog polja. Analiziran je sadržaj i koncentracija nitrata koji se unose u tlo putem gnojiva tijekom razdoblja 2016. do 2018. godine.

Tijekom razdoblja istraživanja na svim lokacijama (1-6) kontinuirano je motren sadržaj dušika (nitratnog, amonijskog, ukupnog) u perkolatu lizimetara. Vrijednosti koncentracije NO_3-N, NH_4-N i ukupnog dušika u perkolatu lizimetra su varirale tijekom motrenja u periodu od 3 godine s obzirom na tip tla, uzgajanu kulturu, količinu i vrijeme gnojidbe, te količinu perkolata. Dušik iz nitata u tlu kretao se od 2,63 mg NO_3-N/l izmjeren 2017. godine na lokaciji 2 do čak 16,13 mg NO_3-N/l 2016. godine na lokaciji 3. Što se tiče koncentracije dušika iz amonijaka najniža srednja godišnja vrijednost je izmjerena 2018. godine na lokaciji 1 i iznosi 0.02 mg NH_4-N/l, a najviša 2017. godine na lokaciji 5 s izmjerenih 0,14 mg NH_4-N/l. Koncentaracija ukupnog dušika najniža je bila 2017. godine na lokaciji 2 s iznosom od 2,70 mg N/l, a najviša na lokaciji 3 izmjerena 2016. godine od 16,16 mg N/l.

Srednje godišnje vrijednosti koncentracije dušika iz nitrata i ukupnog dušika u procjednoj vodi lizimetara (perkolatu) samo na lokaciji 3 tijekom 2016. godine, bile iznad vrijednosti MDK (maksimalno dozvoljene koncentracije), dok su tijekom prve polovice 2017. godine srednje vrijednosti koncentacije dušika iz nitrata i ukupnog dušika u perkolatu kod svih lokacija praćenja osim lokacije 2, bile iznad vrijednosti MDK (11,0 mg N/l), što je znatno nepovoljnije u odnosu na prethodnu 2016. godinu. Valja naglasiti da srednje vrijednosti koncentracije dušika iz nitrata i ukupnog dušika u procjednoj vodi lizimetara nisu bile iznad vrijednosti MDK (maksimalno dozvoljene koncentracije), prema „Pravilniku“ o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (N.N. 47/2008), što je znatno povoljnije u odnosu na prethodnu 2017. godinu.

Dobiveni pokazatelji, a koji se odnose na količinu i dinamiku dušika u procjednoj vodi osmatranih lizimetara (perkolatu) tijekom 2018. godine za razliku od prethodnih godina ne ukazuju na mogućnost jačeg onečišćenja podzemnih voda dušikom iz pravca poljoprivredne proizvodnje na širem području dovodnog Melioracijskog kanala za navodnjavanje Bić-Bosutskog polja. Razlog tomu je što su se tijekom 2018. godine u gnojidbi uzgajanih kultura korištene znatno manje količine dušika.

Prema Uredbi o klasifikaciji voda (N.N. 77/98 i 137/08), procjedna voda (perkolat) iz lizimetara po lokacijama motrenja (1-6), ovisno o sadržaju ukupnog dušika (mg N/l), tijekom 2016. godine kretala se je najčešće u rasponu vrijednosti koje odgovaraju drugoj do četvrtoj (II-IV) kategoriji ekološke kakvoće, 2017. godine od druge do pete (II-V), te 2018. godine od prve do treće (I-III) kategorije ekološke kakvoće.

Analizom prikazanih vrijednosti vidimo da je tijekom 2016., 2017. i 2018. godine, najveća količina procijeđene vode iz lizimetara izmjerena na lokaciji 6 (214,65 mm, 90,8 mm i 210,4 mm). Količina procijeđene vode (perkolata), dobivena na temelju prosjeka svih lizimetara (12), odnosno lokacija (6), iznosila je u 2016. godini 191,40 mm, što čini 25,66 % u odnosu

na ukupno pale oborine u 2016. godini (745,9 mm), u 2017. godini 53,3 mm, što čini 9,18 % u odnosu na ukupno pale oborine u 2017. godini (580,4 mm) i 2018. godini iznosila je 180,9 mm. To čini 21,23 % u odnosu na ukupno pale oborine u 2018. godini (851,8 mm).

Uzgajane kulture na području istraživanja su bile: zob, uljana repica, soja, lucerna, ozimi ječam, kukuruz, pšenica, suncokret te su tijekom 2016. godine u prosjeku gnojene s oko 145,0 kg N/ha i 85,0 kg P/ha; od čega je u prosjeku putem procjedne vode iz tla isprano oko 17,5 kg N/ha ili 12,0 %, te 0,421 kg P/ha ili 0,49 % od količine koja je dodana putem gnojidbe. Tijekom 2017. godine u prosjeku gnojene s oko 150,0 kg N/ha i 90,0 kg P/ha; od čega je u prosjeku putem procjedne vode iz tla isprano oko 6,72 kg N/ha ili 4,71 %, te 0,426 kg P/ha ili 0,51 % od količine koja je dodana putem gnojidbe. tijekom 2018. godine u prosjeku gnojene s oko 80,0 kg N/ha i 60,0 kg P/ha; od čega je u prosjeku putem procjedne vode iz tla isprano oko 9,07 kg N/ha ili 11,3 %, te 0,35 kg P/ha ili 0,58 % od količine koja je dodana putem gnojidbe.

6 POPIS LITERATURE

1. Appelo, C.A.J., Postma, D., (2005.): Geochemistry, groundwater and pollution, 2nd ed. A. A. Balkema Publisher, Leiden, The Netherlands, 649 pp.
2. Azam, F., Mulvaney, R.L., Simmons, F.W. (1995.): Effects of ammonium and nitrate on mineralization of nitrogen from leguminous residues. Biology and Fertility of Soils, 20, 1, 49-52.
3. Burt T.P. (1995): The Role of Wetlands in Runoff Generation from Headwater Catchments, in Hughes J.M.R., Heathwaite A.L. (eds.): Hydrology and Hydrochemistry of British Wetlands. John Wiley & Sons, Inc., New York.
4. Bussink D W, Oenema O. (1998.): Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: a review. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 51: 19-33.
5. Canter, L. W. (1997.): Nitrates in groundwater. Norman, Oklahoma, Lewis publishers, Boca Raton, New York, Tokyo.
6. Dirksen Christiaan. (1999): Soil physics measurements. Catena Verl. GeoEcology paperback.
7. Farthing M.W. i Ogden F.L. (2018): Numerical Solution of Richards' Equation: A Review of Advances and Challenges. Soil Science Society of America Journal. 81:1257–1269.
8. Filipović V. (2015): Modeliranje pronosa tvari u nesaturiranoj zoni tla. U: Voda u agroekosustavima (Ondrašek G., Petošić D., Tomić F., Mustać I., Petek M., Lazarević B., Bubalo M.). Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 281-302, 303-319.
9. Filipović V., Thomas W., Lana F., Schwen A., Bristow K.L., Zechmeister-Boltenstern S., Leitner S. (2018): Inverse estimation of soil hydraulic properties and water repellency following artificially induced drought stress. J. Hydrol. Hydromech. 66(2): 170–180
10. Husnjak S. (2014): Sistematika tala Hrvatske. Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb.
11. Filipović, V. (2013): Numerical Modeling of Water Flow and Contaminant (Nitrates) Transport in Agriculture: Review. Agriculturae Conspectus Scientificus, 78 (2):79-84.
12. Follett, R., Hatfield J. (2001.): Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management. Elsevier, 520 p.
13. Gjetvaj G. (2006): Skripte iz hidraulike. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
14. Hallberg G.R. (1987): The impacts of agricultural chemicals on groundwater quality. GeoJournal 15: 283–295.
15. Haycock N.E., Burt T.P. (1993.): Role of floodplain sediments in reducing the nitrate concentratioon of subsurface run-off: a case study in the Cotswolds. UK. Hydrogeological Process 7: 287–295.
16. Herzog B., Pennino J., and Nielsen, G. (1991): Groundwater sampling. In Nielsen, DM. Practical handbook of groundwater minitoring, Lewis publishers (an imprint of CRC Press), Chelsea, MI.

17. Hillel D. (2013): Fundamentals of Soil Physics. Elsevier Inc.
18. Hooda P.S., Edwards A.C., Anderson, H.A., Miller A. (2000.): A review of water quality concerns in livestock farming areas. Science of The Total Environment 250: (1–3), 143– 167.
19. Hrvatske vode (2008): Strategija upravljanja vodama. Zagreb: 20-27
20. Jiang S., Pang L., Buchan G. D., Šimůnek J., Noonan M., Close M. J. (2010): Modeling water flow and bacterial transport in undisturbed lysimeters under irrigations of dairy shed effluent and water using HYDRUS-1D. Water Research 44: (4), 1050-1061.
21. Jones, C. (2006.): Ammonia Volatilization: Process, Amounts, and Yield Effects. MABA/MGEA Convention. Montana State University. USA.
22. Jury W.A. i Horton R. (2014): Soil Physics, 6th edition.
23. Kadlec R.H., Knight R.L. (1996.): Treatment Wetlands. CRC Press, Boca Raton. FL
24. Kelly W.R. (1997.). Heterogeneities in ground-water geochemistry in a sand aquifer beneath an irrigated Field. Journal of Hydrology 198: 154–176
25. Keeney, D. R. (1989). Biotechnology and sustainable agriculture: The issue of "misguided resistance." Iowa Groundwater Association Newsletter
26. Macpherson G.L. (1998.). Nitrate loading of shallow groundwater, prairie vs cultivated land, northeastern Kansas, USA. In: Arehart G.B., Hulston A.R. (eds.), Water-Rock Interaction. 165–168, Balkema, Rotterdam.
27. Mahler, R.L., Hamid, A. (1994.): Evaluation of water potential, fertilizer placement and incubation time on volatilization losses of urea in two northern Idaho soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1532-2416, 25, 11-12, 1991 – 2004.
28. Mengel, K., Hutsch B., Kane, Y. (2006.): Nitrogen fertilizer application rates on cereal crop according to available mineral and organic soil nitrogen. Europ. J. Agronomy, 24, 343 – 348.
29. Mesić M., Bašić F., Grgić Z., Igrc-Barčić J., Kisić I., Petošić D., Posavi M., Romić, D., Šimunić, I. (2002.): Procjena stanja, uzorka i veličine pritiska poljoprivrede na vodne resurse i more na području Republike Hrvatske. Studija
30. Mesić M., Bašić F., Kisić I., Butorac A., Gašpar I. (2007.): Influence of mineral nitrogen fertilization on corn grain yield and nitrogen leaching. Cereal Research Communications 35: (2), 773–776.
31. Mešić M. (2018): Utjecaj repelentnosti tla opožarenih područja na infiltraciju i tok vode. Agronomski fakultet, Zagreb
32. Mkandawire, T., (2008.): Quality of groundwater from shallow wells of selected villages in Blantyre District, Malawi. Phys. Chem. Earth 33 (8–13), 807–811.
33. Mustać I. (2015): Modeliranje pronosa tvari u nesaturiranoj zoni tla. U: Voda u agroekosustavima (Ondrašek G., Petošić D., Tomić F., Mustać I., Petek M., Lazarević B., Bubalo M.). Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 256-280.
34. Mustać I., Petošić D., Gjetvaj G., Filipović V. (2011.): Groundwater Dynamics in Drained Soils of the Bid-field District. Agriculturae Conspectus Scientificus 76: (1), 41– 47

35. Narodne novine (47/2008): Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće
36. Narodne novine (79/1998, 137/2008): Uredba o klasifikaciji voda
37. Or D. i Wraith J.M (1997).:Agricultural and Environmental Soil Physics. Utah State University Logan.
38. Pauwels H., Lachassagne P., Bordenave P., Foucher J.C., Martelat A. (2000.): Temporal variability of nitrate concentration in a schist aquifer and transfer to surface waters, Applied Geochemistry 583–596.
39. Petošić D., Kovačević V., Mustać I., Filipović V., Dujlović D. (2011): Utjecaj poljoprivrede na kakvoću procjednih voda na području melioracijskog kanala za navodnjavanje bid-bosutskog polja. Hrvatske vode 19 (78), 241-250.
40. Petošić D., Mustać L., Filipović V. (2017): Monitoring vodnog režima poljoprivrednih tala i kakvoće vode na području dovodnog melioracijskog kanala za navodnjavanje bid-bosutskog polja za 2016. godinu. Studija, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. Zagreb.
41. Petošić D., Mustać L., Filipović V. (2018): Monitoring vodnog režima Poljoprivrednih tala i kakvoće vode na području dovodnog melioracijskog kanala za navodnjavanje bid-bosutskog polja za 2017. godinu. Studija, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. Zagreb
42. Petošić D., Mustać L., Filipović V. (2019): Monitoring vodnog režima poljoprivrednih tala i kakvoće vode na područja dovodnog melioracijskog kanala za navodnjavanje bid-bosutskog polja za 2018. godinu. Studija, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. Zagreb
43. Petošić D., Mustać I., Filipović V., Maurović N. (2019): Kontinuirano praćenje vodnog režima tala i kakvoće voda u agroekosustavima na području melioracijskog kanala za navodnjavanje bid-bosutskog polja. Grafički zavod Hrvatske d.o.o, Zagreb. 923-932
44. Smith M. (1991): CROPWAT: Manual and Guidelines, FAO of UN, Rome, Italy
45. Stevenson, F.J. (1982.): Origin and Distribution of Nitrogen in Soil: Nitrogen in Agricultural Soils. Madison, American Society of Agronomy: 1 – 42.
46. Šurmanović D., Artuković M., Jokić M., (2003): Uloga monitoringa kakvoće voda u vodno gospodarskom planiranju. 3 Hrvatska konferencija o vodama, Osijek, 28.- 31. svibnja 2003. str 673-682.
47. Trepel M. (2004.): Zur Wirkung von Niederungen im Landschaftswasser- und -stoffhaushalt. Naturschutz Landschaftsforschung 43: 53–64.
48. Wahl, M., Kirsch, R., Brockel, U., Trapp, S., Bottlinger, M. (2006.): Caking of urea prills. Chem. Eng. Tech. 29:674-678.
49. Wendland F., Bogena H., Goemann H., Hake J.F., Kreins P., Kunkel R. (2005.): Impact of nitrogen reduction measures on the nitrogen loads of the river Ems and Rhine (Germany). Physics and Chemistry of the Earth 30: (8–10), 527–541.
50. Wendland, F., Bogena, H., Goemann, H., Hake, J.F., Kreins, P., Kunkel, R. (2005.): Impact of nitrogen reduction measures on the nitrogen loads of the river Ems and Rhine (Germany). Phys. Chem. Earth, 30 (8–10), 527–541.

51. Wolfe, A.H., Patz, J.A. (2002.): Reactive nitrogen and human health: acute and long-term implications. Ambio, 31 (2), 120-125

7 ŽIVOTOPIS

Ana Gusić rođena je 19. kolovoza 1994. u Splitu. Pohađala OŠ Ostrog u Kaštel Lukšiću, nakon toga upisala je Zdravstvenu školu Split u Splitu. Godine 2014./2015. upisala Agronomski fakultet u Zagrebu smjer Hortikultura. Godine 2018. postala je sveučilišna prvostupnica inženjerka Hortikulture. U jesen 2018./2019. upisala je diplomski studij Melioracije na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Tijekom studija je uspješno stjecala radno iskustvo u tvrtkama raznih djelatnosti. Posjeduje certifikat B2 razine engleskog jezika. Služi se Microsoft Office paketom. Tijekom srednjoškolskog i fakultetskog obrazovanja radila je niz poslova preko Student servisa.