

Utjecaj suše na dinamiku podzemnih voda na području Biđ-Bosutsko polje

Kutleša, Dora

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:684561>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Utjecaj suše na dinamiku podzemnih voda na području Biđ-bosutskog polja

DIPLOMSKI RAD

Dora Kutleša

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Agroekologija

Utjecaj suše na dinamiku podzemnih voda na području Biđ-bosutskog polja

DIPLOMSKI RAD

Dora Kutleša

Mentor:

doc. dr. sc. Ivan Mustać

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Dora Kutleša**, JMBAG 0178104691, rođen/a 01.06.1996. u Zagrebu ,
izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

Utjecaj suše na dinamiku podzemnih voda na području Biđ-bosutskog polja

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor 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 studenta / studentice



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZVJEŠĆE O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Dora Kutleša**, JMBAG 0178104691, naslova

Utjecaj suše na dinamiku podzemnih voda na području Biđ-bosutskog polja

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana
_____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. doc. dr. sc. Ivan Mustać mentor

2. doc. dr. sc. Vilim Filipović član

3. doc. dr. sc. Vedran Rubinić član

Zahvala

Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Ivanu Mustaću na pomoći i brojnim savjetima tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem dečku i prijateljima koji su mi bili podrška tijekom studiranja i uljepšali studentske dane.

Posebnu zahvalu upućujem svojoj obitelji koja mi je omogućila studiranje u drugom gradu te pružila podršku i vjeru u moj uspjeh.

Hvala!

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Cilj rada.....	3
1.2. Metode i materijali.....	3
2. KARAKTERISTIKE BIĐ-BOSUTSKOG POLJA.....	4
2.1. Geografske i geomorfološke karakteristike područja istraživanja.....	4
2.2. Poljoprivredna obilježja područja istraživanja.....	5
2.3. Hidrološke karakteristike područja istraživanja	6
2.4. Pedosistematske jedinice područja.....	9
3. REZULTATI VLASTITIH ISTRAŽIVANJA.....	11
3.1. Klimatske karakteristike područja istraživanja.....	11
3.1.1. Oborine (mm)	11
3.1.2. Temperatura zraka (°C).....	11
3.2. Dinamika vodostaja rijeke Save na području istraživanja	13
3.3. Dinamika razine podzemne vode na području istraživanja	13
3.3.1. Dinamika razine podzemnih voda na amfiglejnem tlu	14
3.3.2. Dinamika razine podzemnih voda na semiglejnem tlu.....	15
3.3.3. Dinamika razine podzemnih voda na humoglejnom tlu	17
3.3.4. Dinamika razine podzemnih voda na hipoglejnom tlu	18
3.3.5. Dinamika razine podzemnih voda na hidromelioriranom tlu	19
4. MJERE UPRAVLJANJA POLJOPRIVREDNOM PROIZVODNOM U UVJETIMA DULJIH SUŠNIH PERIODA ODNOSNO SUŠE	21
4.1. Odabir i način postupanja s biljnim vrstama u cilju postizanja zadovoljavajućeg i kvalitetnog prinosa	21
4.2. Upravljanje tlom i očuvanje vlage u njemu.....	22
4.3. Organiziranje navodnjavanja tijekom postojećeg nedostatka vlage i upravljanje sustavom navodnjavanja s ciljem smanjenja utjecaja suše.....	24
5. Zaključak	28
6. Popis literature.....	30

7. Životopis.....	33
-------------------	----

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Dora Kutleša**, naslova

Utjecaj suše na dinamiku podzemnih voda na području Biđ-bosutskog polja

U usporedbi s drugim hidrometeorološkim događajima koji se pojavljuju u Hrvatskoj, smatra se da sušna razdoblja uzrokuju najveće ekonomske gubitke, osobito u poljoprivrednom sektoru. Sušna razdoblja u trajanju od nekoliko mjeseci sve su češća, čak i na lokacijama na kojima do sada nisu zabilježena. Na području Biđ-Bosutskog polja smještenog na istoku kontinentalne Hrvatske, višegodišnja istraživanja pokazala su zamjetno kontinuirano sniženje razine podzemnih voda. Duže djelovanje suša moglo bi negativno utjecati na plodnost tla i poljoprivrednu proizvodnju te s vremenom ostaviti posljedice na okoliš i socioekonomske prilike države. S obzirom da se zadnjih desetak godina pojava duljih sušnih perioda bilježi sve češće, javila se potreba za praćenjem razina podzemnih voda na području Biđ-Bosutskog polja.

Ključne riječi: sušna razdoblja, Biđ-Bosutko polje, podzemne vode, poljoprivredna proizvodnja

Summary

Of the master's thesis – student **Dora Kutleša**, entitled

Influence of drought on groundwater dynamics in the area of Biđ-Bosut field

Compared to other hydrometeorological events that occur in Croatia, dry periods are considered to cause the greatest economic losses, especially in the agricultural sector. Droughts lasting several months are becoming more frequent, even in locations where they have not been recorded so far. In the area of Biđ-Bosut field located in the east of continental Croatia, many years of research have shown a noticeable continuous decrease in groundwater levels. Prolonged droughts could negatively affect soil fertility and agricultural production and, over time, have consequences for the environment and the country's socio-economic situation. Since the occurrence of longer droughts has become more frequent in the last ten years, there is a need to monitor groundwater levels in the area of Biđ-Bosut field.

Keywords: dry periods, groundwater, Biđ-Bosut field, agricultural production

1. Uvod

Suša je prirodni oblik nestašice vode koja se javlja u skoro svim klimatskim područjima i uglavnom je povezana sa smanjenjem količine oborine tijekom duljeg vremenskog razdoblja. Sušni periodi zabilježeni su na mjestima gdje su karakteristične iznadprosječne temperature zraka, niže razine površinskih i podzemnih voda, niska relativna vlaga zraka te jaki vjetrovi (**Mishra i sur. 2010**).

Kao ekstremni klimatski događaj, suša može povremeno prekinuti prirodni ritam godišnjih doba. Njezina prostorna raširenost i intenzitet mijenjaju se kroz mjesece, godišnja doba i godine. Neke od karakteristika suše su; produljeni izostanak ili naglašeni nedostatak oborine, period neočekivano suhog vremena u kojem nedostatak oborine uzrokuje ozbiljnu hidrološku neravnotežu te nedostatak vode za potrebe opskrbe, ljudske djelatnosti te okoliša. S obzirom na način na koji suša utječe na okoliš, postoji više oblika od koji se u literaturama najčešće spominju; meteorološka, agronomska, hidrološka i socio-ekonomska suša (**Bonacci 2019**).

Temeljni razlog zbog koji se javljaju razdoblja sušnih perioda je smanjene količine oborina u odnosu na višegodišnji prosjek ili potpunog izostanka oborine u određenom vremenskom razdoblju. Takav oblik naziva se meteorološkom sušom (**Internet 2**). Ona se može naglo razviti i naglo prestati. Nedostatak vode iz atmosfere dalje se prenosi kroz hidrološki ciklus uzrokujući sve ostale oblike suše.

Manjak oborina u duljem vremenskom razdoblju utječe na površinske i podzemne zalihe vode. Nedovoljno prihranjivanje podzemnih akvifera, razina vode u otvorenim vodotocima ili prirodnih i umjetnih jezera utječe na znatni pad razine podzemne vode i time uzrokuje pojavu hidrološke suše (**Prusec i Tropan 1995**).

Agrotehnička ili poljoprivredna suša zasniva se na potrebi biljaka za vodom. Javlja se kao kratkoročan manjak vode u površinskom sloju tla tijekom kritičnog razdoblja u razvoju biljaka (**Ožanić i sur. 2003**). Početak agronomske suše može zaostajati za meteorološkom sušom, ovisno o stanju površinskog sloja tla. Visoke temperature zraka, niska relativna vlažnost zraka i vjetar pojačavaju negativne posljedice agronomske suše.

Suše predstavljaju ekstremne klimatske događaje koji mogu uzrokovati značajno veće negativne posljedice i na značajno širim prostorima od ostalih prirodnih katastrofa, izazivajući tako poremećaje u sustavu poljoprivredne proizvodnje.

Sociološko-ekonomska suša povezuje neravnotežu u potražnji i opskrbi vodom s elementima meteorološke, hidrološke i agronomske suše za potrebe gospodarstva i društva (**Bonacci 2019**).

U novije vrijeme sve se češće razmatra pojam ekološke suše. Ona se povezuje s nedostatkom vode koji uzrokuje stres u ekosustavima te negativno utječe na život biljaka i životinja (**Bonacci 2015**). Dugoročno i globalno gledano, najveći rizik koji sušna razdoblja predstavljaju za okoliš odnosi se na stvaranje ekološke neravnoteže. Nestanak jedne vrste, obično one najosjetljivije na sušna razdoblja, vrlo često i brzo izaziva lančane posljedice u razaranju hranidbenog lanca, što naposljetku uzrokuje značajno smanjenje biološke raznolikosti i osiromašuje okoliš. (**Ožanić i sur. 2003**).

Većina prirodnih katastrofa (npr. potresi, klizišta, poplave, požari, itd.) pojavljuju se naglo i bez najave. Traju kratko i obuhvaćaju određeno područje. Nasuprot njima, suše nastupaju polako, postepeno se razvijaju, dugog su vijeka te zahvaćaju velike prostore (**Bonacci 2019**).

Pojam suše svakako treba razlikovati od pojma suhoće koji se odnosi na stalno svojstvo prirodno suhe (aridne) klime. Suho ili sušno područje smatra se prostorom koji je stalno, sezonski ili povremeno pod utjecajem zamjetnog nedostatka vlage (**Bonacci 2015**).

Na području Republike Hrvatske, suša je najviše prisutna tijekom toplijeg dijela godine, u jadranskoj regiji i istočnom djelu panonske Hrvatske (**Perčec Tadić i sur. 2014**). Na području Biđ-bosutskog polja, u istočnoj Slavoniji, provedena su istraživanja na temelju kojih je ustanovljeno sniženje razine podzemne vode (**Mustać i sur. 2020**).

Zbog sve češćih i izraženijih klimatskih promjena, atmosferski procesi se mijenjaju i tako uzrokuju promjene u hidrološkom ciklusu. Kada se u duljem vremenskom razdoblju smanji količina oborina u odnosu na višegodišnji prosjek ili dođe do potpunog izostanka, utjecaj nedostatka oborina počinje se širiti komponentama hidrološkog ciklusa, sve do zaliha podzemne vode. Unutar hidrološkog ciklusa, podzemna voda zadnja reagira na pojavu suše. Smanjenje rezervi podzemne vode vrlo je česti i opasni oblik suše (hidrološke suše), a definira se kao sniženje razine podzemne vode ispod njene dugoročne prosječne razine (**Bonacci 2019**). Kada nastupe periodi relativno kraćih sušnih perioda, sustavi podzemnih voda mogu ublažiti nedostatak infiltracije oborina. Budući da se razina podzemne vode ne spušta neposredno nakon nepovoljnih klimatskih prilika, promjena režima vode se ne događa uvijek, ali kad do toga dođe, često slijede duga razdoblja koja obilježava značajan pad razine vode. Negativnom promjenom režima podzemne vode, smanjuje se utjecaj na prihranjivanje profila tla, što praćeno dužim beskišnim razdobljem izaziva nedostatak vode u tlu (**Romić i Tomić 1993**).

1.1. Cilj rada

Cilj rada bio je prikazati kako sve učestaliji sušni periodi utječu na promjenu vodnog režima u poljoprivrednim tlima na području Biđ-bosutskog polja te utvrditi trendove sniženja razine podzemne vode i glavnog recipijenta područja – rijeke Save. Shodno tome navedeni su neki od načina upravljanja i organiziranja poljoprivredne proizvodnje s ciljem suzbijanja negativnih utjecaja sve duljih i češćih sušnih perioda.

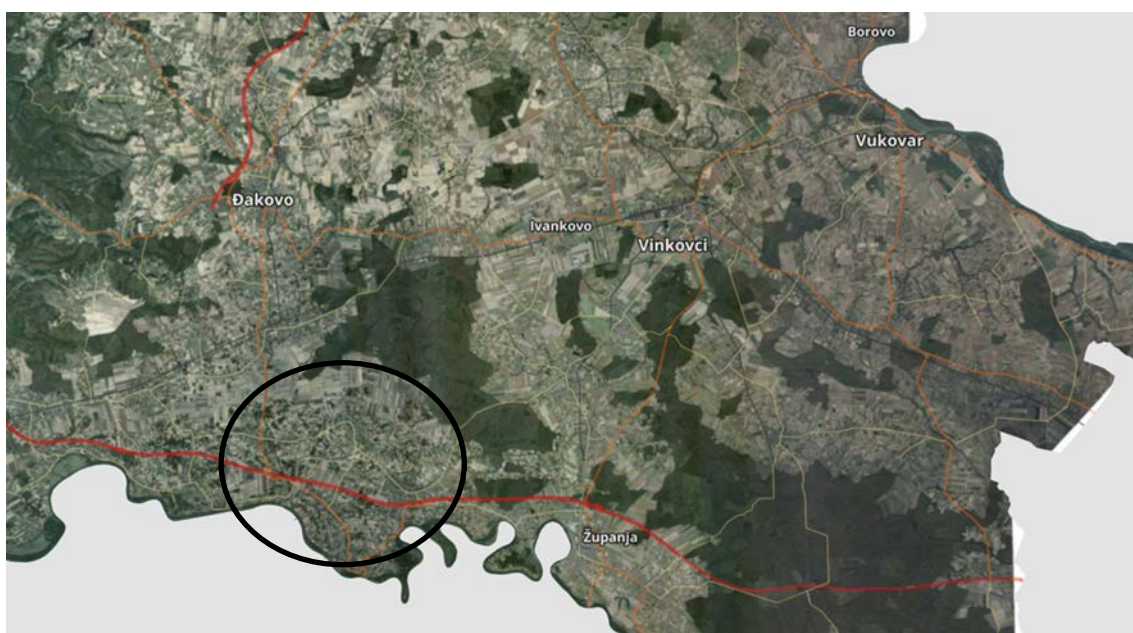
1.2. Metode i materijali

Za analizu klimatskih parametara koristili su se podaci s meteorološke postaje Gradište kod Županje. Praćenje dinamike (razine) podzemnih voda vršilo se pomoću 50 pjezometara dubine 4 m, 5 limnigrafa dubine 4 m i 5 pjezometara dubine 15 m, na 5 pedosistematskih jedinica (tipova tala) – semiglejno tlo, hipoglejno tlo, humoglejno tlo, amfiglejno tlo te hidromeliorirano tlo. Na pjezometrima su mjerenja vršena ručno svakih 10 dana, a limnigrafi su bilježili dnevne vrijednosti razine podzemne vode jedan put dnevno. Podaci o vodostaju rijeke Save prikupljeni su s vodomjerne postaje Sava-Slavonski Šamac.

2. KARAKTERISTIKE BIĐ-BOSUTSKOG POLJA

2.1. Geografske i geomorfološke karakteristike područja istraživanja

Biđ-bosutsko polje nalazi se svojim većim dijelom u Istočnoj Slavoniji, a manjim u Zapadnom Srijemu, na lijevoj obali rijeke Save. To je geografska cjelina koju omeđuju sa zapada - Dilj gora, s istoka - Fruška gora i s juga - Đakovački ravnjak, Vukovarski ravnjak te korito Save (**Maričić i Šreng 2016**). Polje je dobilo ime po glavnim recipijentima koji prolaze područjem; vodotocima Biđu i Bosutu. Ukupna slivna površina Biđ-bosutskog polja iznosi 3415 km²; od toga se u Hrvatskoj nalazi 2890 km², a ostatak sliva od 525 km² pripada Vojvodini. Dio Biđ-bosutskog polja koji se nalazi u Hrvatskoj obuhvaća prostor triju županija; Vukovarsko-srijemske, Brodsko-posavske i Osječko-baranjske županije (**Obarčanin i sur. 2020**). Slika 1 prikazuje smještaj Biđ-bosutskog polja u Republici Hrvatskoj.

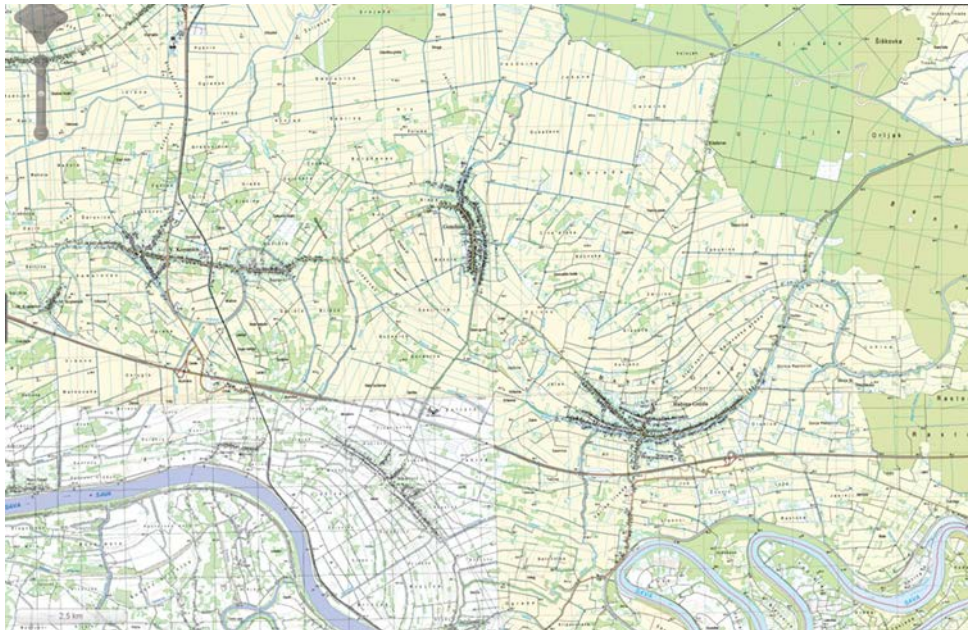


Slika 1. Smještaj Biđ-Bosutskog polja u Republici Hrvatskoj

Izvor: <https://geoportal.dgu.hr/>, Geoportal

Kao glavne karakteristike područja izdvajaju se ravni reljef, mali padovi vodotoka koji obiluju meandrima, ali i antropogeni utjecaj. U geomorfološkom smislu, dio reljefa Biđ-bosutskog polja koji se nalazi na teritoriju Hrvatske pripada prostoru Istočno-hrvatske nizine, koja se nalazi na južnom dijelu regije Panonske nizine. Na prostoru Biđ-bosutskog polja zastupljena je mikroregija Srednja Posavina Slavonskog međuriječja, te mikroregije Istočno-hrvatske ravnice: Vinkovačko-vukovarska lesna zaravan, Bosutska Posavina i Đakovačka lesna zaravan. Kraj je izrazito ravan s najzastupljenijim visinskim rasponom nadmorske visine od 80-90 m. Najviša točka

brdskog sliva je 239,00 m n.m., a najniža u depresiji Spačvanskog bazena iznosi 79,00 m n.m. (**Obarčanin i sur. 2020**).

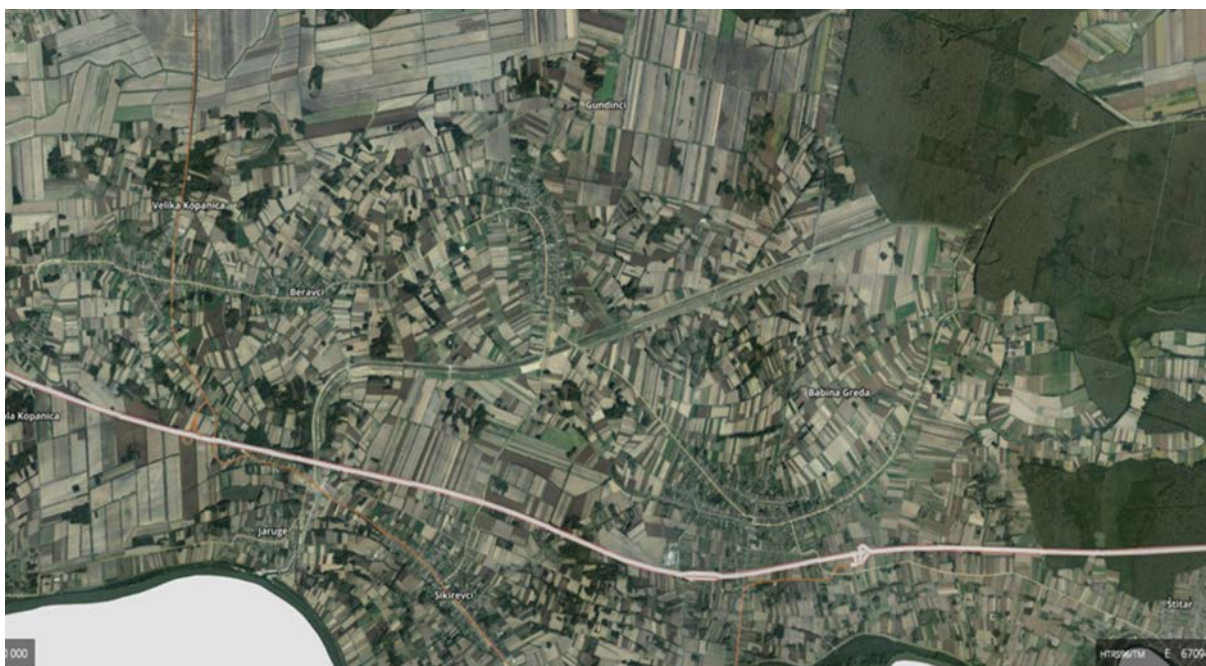


Slika 2. Topografski prikaz Biđ-Bosutskog polja
Izvor: <http://preglednik.arkod.hr/> , ARKOD preglednik

2.2. Poljoprivredna obilježja područja istraživanja

Naseljavanje ovog kraja te razvoj poljoprivrede i stočarstva u njemu nisu bili laki s obzirom na teške uvjete kakvi su vladali u šumama i močvarama s brojnim insektima i pratećim zarazama. U prirodnom stanju ovaj prostor je bio izložen stalnim poplavnim vodama rijeke Save, a javljale su se i bujične poplave uzrokovane jakim kišama. U posljednjim stoljećima, organiziranim djelovanjem ljudske zajednice uspostavio se sustav i stanje kakvo je danas. Proučavano poljoprivredno područje, smješteno u kontinentalnoj Hrvatskoj karakterizira relativno ravna obradiva površina, smještena između rijeka Save i Drave, obrađena uglavnom žitaricama i uljaricama. Uzimajući u obzir prosječne klimatske pokazatelje i raspoložive poljoprivredne površine, prostor Biđ-bosutskog polja je izrazito pogodan za razvoj poljoprivrede. Od nekadašnjeg prirodno močvarnog, livadnog i šumskog krajolika danas prevladava poljoprivredno zemljište (oko 60%) i šumsko područje (oko 30%) (**Maričić i Šreng 2016**).

Na prostoru više od 70% stanovništva živi u ruralnim sredinama, pretežito se baveći poljoprivredom. U strukturi zemljišnih površina prevladavaju oranice, voćnjaci, vinogradi i šume. Na oranicama se uglavnom uzgajaju ratarske kulture: pšenica, kukuruz, soja, suncokret i šećerna repa. Vrlo snažno se razvija već tradicionalno zastupljeno stočarstvo; najviše uzgoj krava i svinja. Tlo i klima omogućili su kvalitetnu poljoprivrednu proizvodnju, međutim, promjenjivi raspored oborina tijekom godine predstavlja ograničavajući faktor razvitka (**Marušić 2017**). Na slici 3 prikazana je rasprostranjenost poljoprivrednih parcela na Biđ-bosutskom polju.



Slika 3. Prikaz poljoprivrednih parcela na području Biđ-bosutskog polja
Izvor: <https://geoportal.dgu.hr/> , Geoportal

2.3. Hidrološke karakteristike područja istraživanja

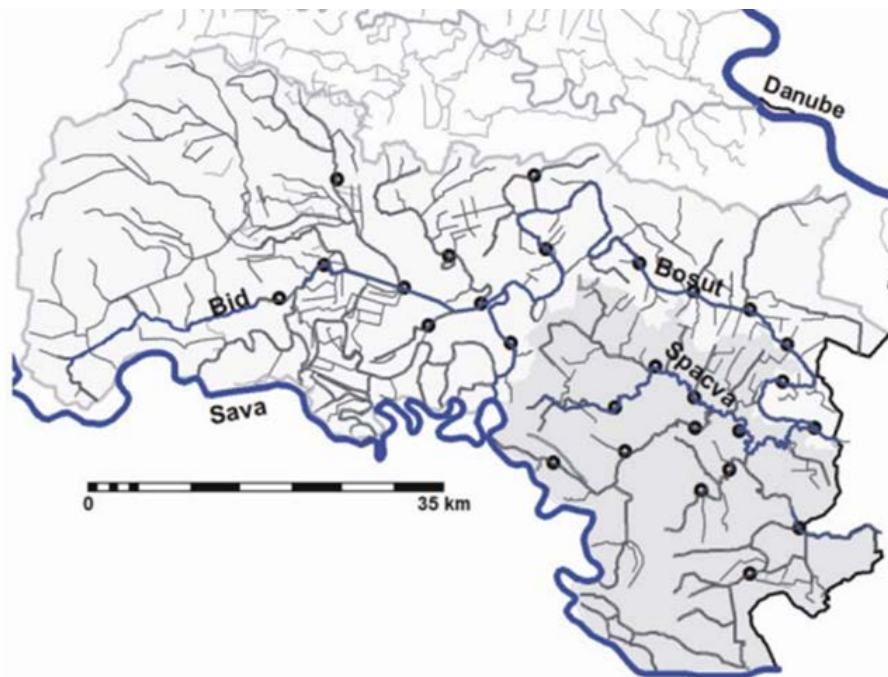
Biđ-bosutsko polje je najveća hidrotehničko-melioracijska cjelina u Republici Hrvatskoj, ali i među vodećima po poljoprivrednim potencijalima (**Tusić i sur. 2016**).

Sliv Biđ-bosutskog polja najistočniji je sliv na području Hrvatske, a prostire se u savskoj nizini. S južne strane granica je rijeka Sava, a sa sjeverne razvodnica rijeke Vuke i dijelom rijeke Dunav. Zapadna granica je granica razvodnice Zapadnog lateralnog kanala, dok je istočna granica razvodnica potoka Šarkudin u Vojvodini. Ukupna površina iznosi 3 432 km², od čega na brdski sliv otpada 436 km² koji je izgradnjom Zapadnog lateralnog kanala odvojen od nizinskog dijela i čije su vode usmjerene u rijeku Savu. Direktni savski sliv iznosi 220 km² te sliv Biđa i Bosuta 2 776 km².

Kroz dugogodišnje razdoblje na području je došlo do velikih hidrografskih promjena; od prirodnih vodotoka do guste kanalske mreže. Postojeća hidrografska mreža je oslonjena na središnji recipijent i provodnik; rijeku Bosut, koja ima najizraženije korito. Ona nastaje ispod savskog nasipa iz dva sabirna kanalića i prihranjuje se procjednim vodama. Nakon kratkog toka spaja se s duljom i izdašnjom rijekom Biđ, ali daljnji tok zadržava ime Bosut (**Maričić i Šreng 2016**). Rijeka Biđ duga je 57,4 km, a rijeka Bosut 132,4 km i one u zajedničkom toku čine najduži lijevi pritok Save. Oba vodotoka teku paralelno sa Savom, u koju je usmjerena odvodnja cjelokupnog područja. Ukupni uzdužni pad područja iznosi oko 11,5 metara, što odgovara prosječnom padu 0,65%. Bosut ima vrlo veliko korito dubine 5 - 8 m i širine 50 - 60 m, s dubinom vode 2 - 4 m.

U donjem toku rijeka Bosut prima pritoke Studvu i Spačvu sa vrlo razvijenom hidrografskom mrežom. Ove dvije pritoke prolaze najnižim dijelom Biđ-Bosutskog polja, pa u tim prostranim depresijama, koje se nalaze u velikom bazenu Spačvanskih šuma, često dolazi do razlijevanja vode. Navedene depresije i veliki profil glavnog recipijenta predstavljaju osnovne karakteristike područja **(Maričić i Šreng 2016)**.

Sliv rijeke Bosut čini značajna hidrografska mreža površinskih vodotoka. Bosut se puni površinskim vodama iz niza kanala kojima se odvede površinske vode i duž kojih se prazne podzemne vode u lijevom zaobalju Save. Izvorišta brojnih desnih pritoka Bosuta rezultat su podzemne veze između Save i Bosuta, pri čemu se punjenje i pražnjenje može vremenski izmjenjivati. Takva hidrografska mreža ima veliku ulogu u rješavanju problema zaliha podzemnih voda i njihove iskoristivosti u osiguranju naselja vodom **(Tusić i sur. 2016)**.



Slika 4. Prikaz rasporeda hidrografske mreže na području Biđ-Bosutskog polja

Izvor: Peršić V., Kočić A., Horvatić J. (2013.). Water quality and algal growth potential of watercourses draining agricultural and forested catchments in eastern Croatia (Middle Danube Basin). *Fundam. Appl. Limnol.* Vol. 182/1, 31–46 Article. Stuttgart

Rijeka Sava najveći je vodotok Brodsko-posavske županije te se smatra i najbogatijim izvorom vode za navodnjavanje na tom području **(Obarčanin i sur. 2020)**. Ukupna duljina rijeke Save iznosi 940 km, od kojih 175 kilometara prolazi kroz Brodsko-posavsku županiju.

Rijeka Bosut počinje teći od savskog nasipa kod Županje prema Cerni i taj dio se naziva Stari Bosut. Nastavak od Cerne je rijeka Bosut i predstavlja glavni vodotok Biđ-bosutskog polja. Glavne pritoke s lijeve strane su vodotoci Šarkudin, Boris, Boris Iliinački, Savak, Kosanovica, Selo Bosut, Vidor, Nevkoš, Dren, Rakovac, Jauk i Biđ. S desne strane ulijevaju se vodotoci Studva, Bajakovo, Spačva, Golubovac i Lukno-Laze. Ušće u Savu predstavlja ustava i crpna stanica Bosut. Visina voda u Bosutu je često niža od voda rijeke Save pa zbog ograničenih kapaciteta povremeno dolazi do zadržavanja voda u retenciji Spačvanskog bazena.

Najveći dio godišnjih suma oborina koje dopijevaju na površinu tla, upijanjem prodiru u zemljišne pore, površinskih i podpovršinskih slojeva. Neke količine vode prodiru i u dublje zemljišne horizonte. Dio oborina otjecanjem po površini, naročito u zimskim mjesecima, evakuira se u obližnje depresije.

Sava i njene desne pritoke (Ukrina, Bosna, Drina) usječene su u najplići vodonosni horizont, gdje podzemne i površinske vode dolaze u direktan kontakt. Utjecaj na dinamiku podzemnih voda ima i pojava izvorišta u lijevom zaobalju Save koji utječu na formiranje tokova Berave, Spačve i Studve. Isti tokovi predstavljaju dren podzemnih voda, ali daju i mogućnost odvodnje dijela oborina koje se ne procijede u dublje slojeve ili se ne izgube evapotranspiracijom. Sjeverno od izvorišta ovih tokova nestaje direktni utjecaj rijeke Save na dinamiku podzemnih voda, a njeno prihranjivanje se obavlja putem infiltracije oborina koje se procjeđuju do saturiranog medija u površinskom pokrivaču.

Kako bi se prostor zaštitio od velikih voda i omogućili uvjeti za intenzivniju poljoprivrednu proizvodnju, postupno se gradio sustav zaštita uz rijeku Savu. Nakon zaštite naseljenih mjesta nasipima, započele su aktivnosti zaštite od brdskih voda kroz izgradnju obodnih kanala.

Postupna gradnja sustava zaštite od velikih voda prvotno se odvijala kroz lokalnu zaštitu naseljenih mjesta uz rijeku Savu izgradnjom nasipa. Sava je zatim spajana u linijski obrambeni sustav cijele nizine. Stalnim održavanjem i dogradnjom postignut je sustav zaštite. Nakon uspostave obrane od Save započele su aktivnosti zaštite od brdskih voda. Tako je došlo do izgradnje zapadnog i istočnog obodnog (lateralnog) kanala, kojima se sa obronaka voda prevodi do Save. Time je ostvarena zaštita od vanjskih voda kao jedan od preuvjeta za intenzivniju poljoprivrednu proizvodnju **(Marušić 2017)**.

Provedenim zahvatima promijenio se vodni režim; smanjujući učestalost i intenzitet plavljenja. Uz postignute pozitivne efekte osjetili su se i negativni; odsijecanjem brdskog dijela sliva uslijedila su razdoblja sa premalim količinama vode koja je potrebna za poljoprivrednu proizvodnju. Problem je postao sve složeniji jer promjene režima površinskih voda utječu i na režim podzemnih voda.

2.4. Pedosistematske jedinice područja

Temeljem hidropedoloških istraživanja provedenih tijekom 2000. godine na poljoprivrednim površinama istraživanog područja determinirano je pet pedosistematskih jedinica tala, kako slijedi: semiglejno tlo, hipoglejno tlo, humoglejno tlo, amfiglejno tlo i hidromeliorirano tlo (**Petošić i Mustać 2010**).

1. Semiglejno tlo

Semiglejni razred tala obilježava vlaženje podzemnom vodom u zoni ispod 0,75 m dubine, uz uvjet da se podzemna voda najmanje povremeno javlja i u zoni između 0,75 i 1,0 m dubine tla (**Husnjak 2014**). Unutar tog razreda postoji samo jedan tip tla; livadsko fluvijalno tlo. Nastaje na području riječnih dolina, a razvija se iz fluvijalnoga tla nakon izostanka poplava. U površinskom dijelu profila u uvjetima automorfnog načina vlaženja te na matičnom supstratu od slojevitih fluvijalnih nanosa formiran je najčešće molični humusno akumulativni horizont.

2. Hipoglejno tlo

Prema **Husnjaku (2014)**, hipoglejno tlo nastaje na fluvijalnim nanosima središnjih područja dolina većih rijeka. Obilježava ga vrlo plitki, plitki i srednje plitki način vlaženja, odnosno vlaženje podzemnom vodom koja dopire u zonu iznad 0,75 m dubine, a vrlo često sve do površine. Humusno akumulativni horizont uglavnom je hidromorfnog obilježja, s obzirom na to da se razgradnja izvorne odumrle organske tvari odvija najčešće u uvjetima prekomjernog vlaženja suvišnom vodom. Od ostalih obilježja ističu se dubina humusno akumulativnog Aa horizonta, koja iznosi do 50 cm, zatim pretežno ilovasti do glinasto ilovasti teksturni sastav, slabo kisela do kisela reakcija tla te sadržaj humusa koji može varirati od nekoliko postotaka pa do 30 %.

3. Humoglejno tlo (ritska crnica)

Humoglej nastaje na području povremeno plavljenih priterasnih terena i širih mikrodepresija na prvoj terasi iznad poloja velikih riječnih dolina, s matičnim supstratom koji čine fluvijalni nanosi i pretaloženi lesni materijali. Karakterizira je specifični hipoglejni način vlaženja; vlaženje podzemnom vodom koja učestalo dopire do površine i koleba sve do 4,0 m dubine. Humusno akumulativni horizont koji je hidromorfnog obilježja i metalno crne boje, dubok je više od 0,5 m. Od ostalih obilježja ističe se pretežno glinasto ilovasti do glinasti teksturni sastav te neutralna do slabo kisela reakcija tla (**Husnjak 2014**).

4. Amfiglejno tlo

Prema **Husnjaku (2014)**, razred amfiglejnih tala karakterizira podjednako vlaženje visokim podzemnim vodama koje učestalo dopiru unutar zone od 0,5 do 1,0 m dubine

te s druge strane, dugotrajno i vrlo dugotrajno vlaženje stagnirajućim površinskim (oborinskim, slivenim i poplavnim) vodama u gornjem dijelu profila. Veći dio tih tala topogeno je uvjetovano te zauzima najniže riječne terase, odnosno prostorno široke mikrodepresije i mezodepresije koje su povremeno plavljene rjeđim ili češćim poplavama.

Amfiglej nastaje na području najnižih središnjih zona riječnih dolina s matičnim supstratom koji čine srednje slojeviti holocenski fluvijalni nanosi. Takvo tlo obraslo je tipičnim hidrofilnim biljnim zajednicama. Karakterizira ga amfiglejni način vlaženja unutar 1,0 m dubine tla; u gornjem dijelu profila javlja se prekomjerno vlaženje dugotrajno i vrlo dugotrajno stagnirajućim površinskim vodama, a u donjem dijelu profila; u zoni dubine od 0,5 do 1,0 m, vlaženje srednje plitkim i srednje dubokim podzemnim vodama. Na površini se nalazi hidromorfni humusno akumulativni horizont.

5. Hidromeliorirano tlo

Osnovno ograničenje koje onemogućava intenzivno korištenje većega dijela hidromorfni tala je često prekomjerno vlaženje rizosferne zone suvišnom podzemnom ili/i stagnirajućom vodom. Da bi se stvorili uvjeti za intenzivnije korištenje takvih tala u oraničnoj biljnoj proizvodnji, gradili su se hidromelioracijski sustavi osnovne i detaljne odvodnje. Danas takva tla karakterizira znatno smanjenje prekomjernog vlaženja ili njegovo potpuno uklanjanje iz rizosferne zone (**Husnjak 2014**). Zbog toga se takva tla, koja su promjenom režima vlaženja izgubila najbitnije svojstvo koje ih je obilježavalo, svrstavaju u razred antropogenih tala jer su promjene nastale ljudskom aktivnošću.

Svojstva dreniranih tala ovisna su o svojstvima izvornih pedosistematskih jedinica tla, ali i o vrsti i intenzitetu primijenjenih dopunskih agromelioracijskih zahvata (učestalost podrivanja ili krtičenja, primjena kalcifikacije u kiselih tala, primjena meliorativne organske i mineralne gnojidbe,...) Građa pedološkoga profila ovisna je o građi izvorne pedosistematske jedinice. U površinskom dijelu konvencionalnim dubokim oranjem formiran je antropogeni horizont, pa je posljedično režim vlaženja unutar rizosferne zone izmijenjen tako da dominira automorfno vlaženje.

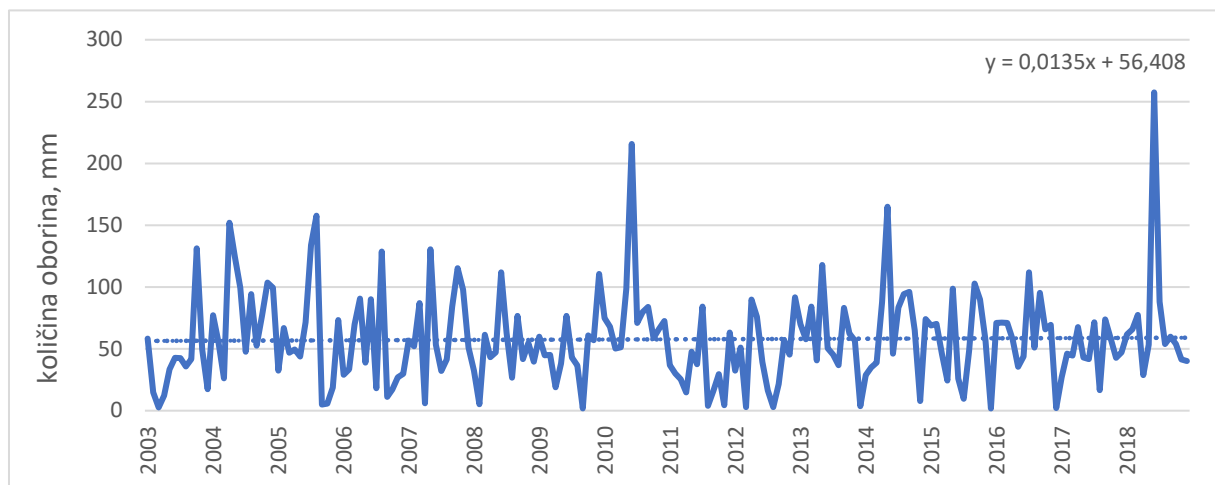
3. REZULTATI VLASTITIH ISTRAŽIVANJA

3.1. Klimatske karakteristike područja istraživanja

S obzirom na geografske osobine i smještaj na prostoru tipične panonske ravnice područje karakterizira umjereno kontinentalna klima (**Tusić i sur. 2016**). Za prikaz osnovnih klimatskih pokazatelja na području Biđ-bosutskog polja, korišteni su podaci s najbliže meteorološke postaje m.p. Gradište.

3.1.1. Oborine (mm)

Temeljem analize višegodišnjih meteoroloških podataka (2003-2018) utvrđena je prosječna godišnja količina oborina (694 mm). Najviše godišnje oborine zabilježene su 2004. godine (1009,4 mm), a najniže vrijednosti javile su se tijekom 2011. godine (393,6 mm). Na grafikonu 1 može se primijetiti vrlo blagi trend povećanja godišnjih količina oborina (0,162 mm godišnje) što je u skladu s istraživanjima Perčec i suradnika iz 2014. godine.



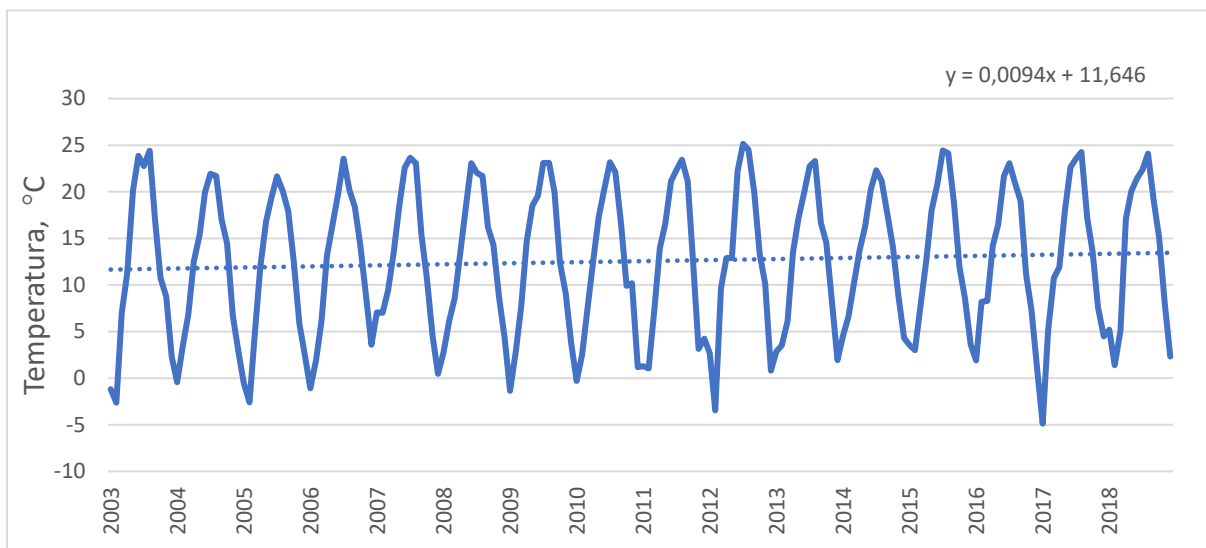
Grafikon 1. Srednje mjesečne količine oborina na području istraživanja (2003-2018)

Izvor: podaci preuzeti od Državnog hidrometeorološkog zavoda

3.1.2. Temperatura zraka (°C)

Na grafikonu 2 prikazane su srednje mjesečne temperature zraka za područje istraživanja. Uzevši u obzir višegodišnji niz podataka (2003-2018), najviša temperatura zabilježena je u srpnju 2012. godine (25,14 °C), a najniža u siječnju 2017. godine (-4,88 °C). Najmanja prosječna godišnja vrijednosti zabilježena je 2005. godine (11 °C), a najviša 2018. (13,7 °C). Iz vrijednosti trenda prikazane na grafikonu 2 može se očekivati povišenje temperature od 0,11 °C godišnje. U slučaju da se takav trend

povišenja nastavi, za pedeset godina može se očekivati povišenje temperature za 5,5 °C.



Grafikon 2. Srednje mjesečne temperature zraka na području istraživanja (2003-2018)

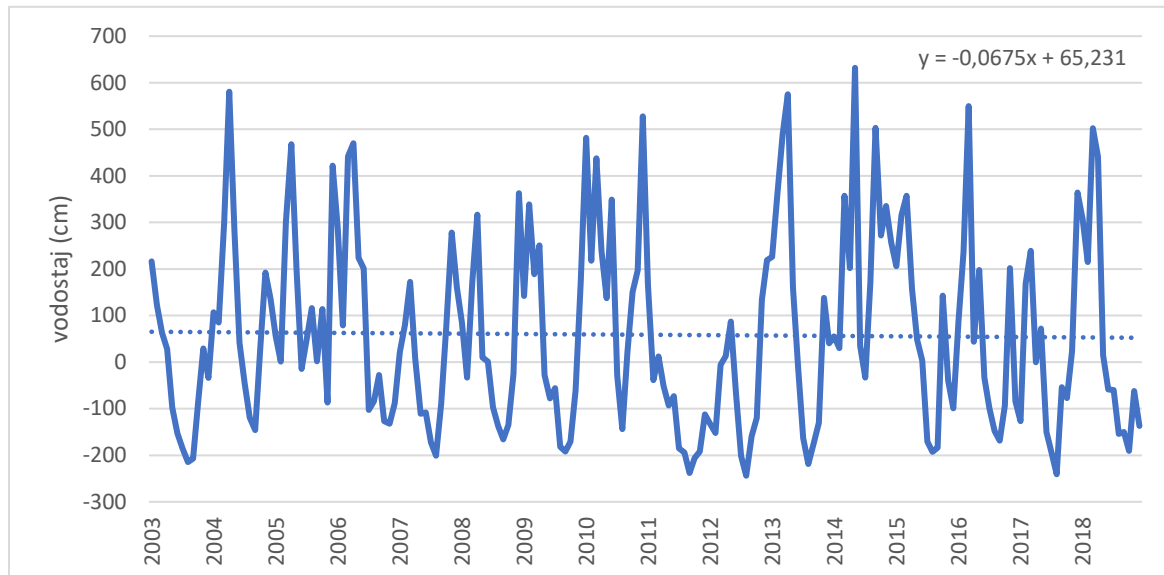
Izvor: podaci preuzeti od Državnog hidrometeorološkog zavoda

U istočnom dijelu Slavonije, problem sa oborinama leži u njihovom rasporedu, a ne količini. Najizraženiji nedostatak vode javlja se tijekom toplijeg dijela godine, uglavnom tijekom srpnja i kolovoza, međutim u zadnjih desetak godina, sve se više javlja i u lipnju i rujnu.

Uz količinu oborina, kao važan klimatski parametar ističe se temperatura zraka. Sve je češća pojava ekstremnih minimalnih i maksimalnih temperaturnih vrijednosti. Tijekom toplijeg dijela godine, dolazi do podudaranja ekstremno visokih temperatura sa manjkom vode, što dodatno opterećuje uzgoj kultura.

3.2. Dinamika vodostaja rijeke Save na području istraživanja

Za prikaz podataka o vodostaju rijeke Save korišteni su podaci s vodomjerne postaje Sava-Slavonski Šamac.



Grafikon 3. Srednje mjesečne razine vodostaja rijeke Save; (vp Sava-Slavonski Šamac; 2003-2018)

Izvor: <https://hidro.dhz.hr/>, DHMZ – Sektor za hidrologiju

Grafikon 3 prikazuje srednje mjesečne vrijednosti hoda vodostaja rijeke Save (vp Sava-Slavonski Šamac). Tijekom višegodišnjeg razdoblja (2003-2018), najviša srednja vrijednost zabilježena je 2014. godine (229,5 cm iznad površine), a najmanja 2011. godine (102,5 cm ispod površine). Iz vrijednosti trenda prikazane na grafikonu 3 vidljivo je godišnje sniženje vodostaja rijeke Save od 0,81 cm godišnje.

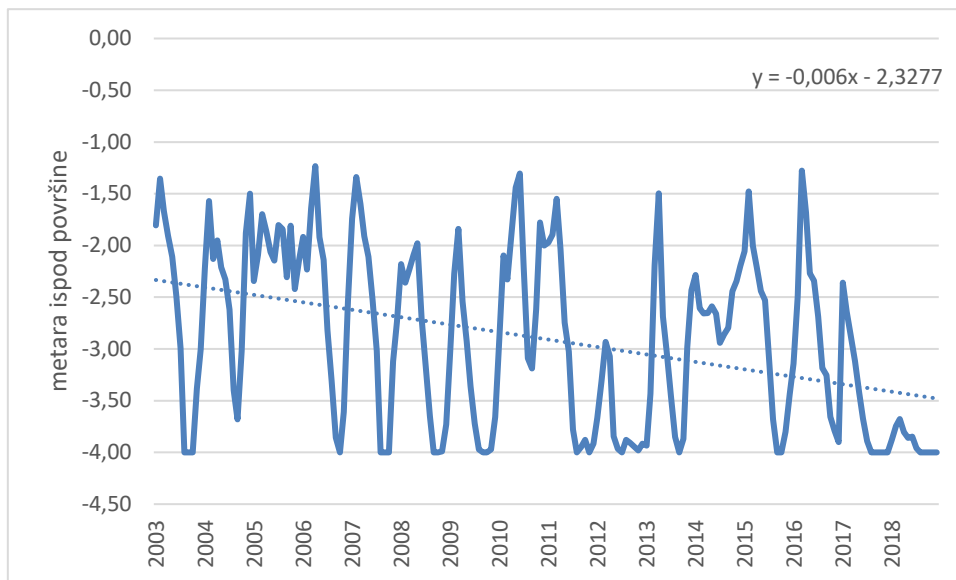
U zadnjih deset godina zabilježena je minimalna i maksimalna razina vodostaja koja je ikad izmjerena na vodomjernoj postaji Sava-Slavonski Šamac; najniži vodostaj zabilježen je u kolovozu 2012. godine (260 cm ispod površine), a najviši u svibnju 2014. godine (891 cm iznad površine) (**Internet 3**).

3.3. Dinamika razine podzemne vode na području istraživanja

Tijekom višegodišnjeg monitoringa na području Biđ-bosutskog polja (2003-2018), pratile su se razine podzemnih voda pomoću pjezometara dubine četiri metra i na pet pedosistematskih jedinica – semiglejno tlo, hipoglejno tlo, humoglejno tlo, amfiglejno tlo te hidromeliorirano tlo. S obzirom da su pjezometri dosegali dubinu do 4 m, podaci koji su prikazani na grafovima prikazuju najdublje vrijednosti do 4 m dubine. Mjesta na

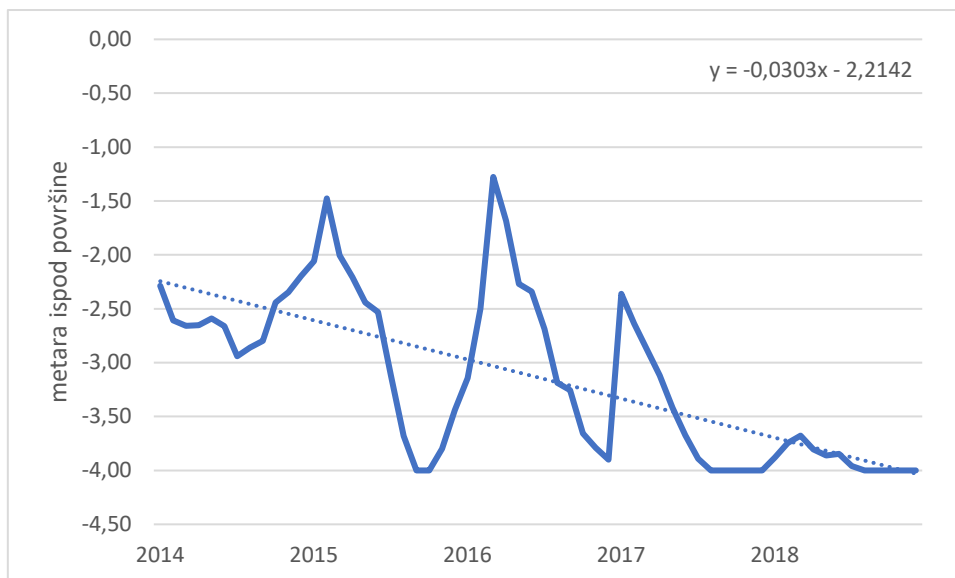
grafovima gdje linije dodiruju granicu od 4 m, ukazuju na to da su prave vrijednosti spuštanja razine podzemne vode dosezale i dublje.

3.3.1. Dinamika razine podzemnih voda na amfiglejnom tlu



Grafikon 4. Dinamika razine podzemne vode na amfiglejnom tlu (2003-2018)

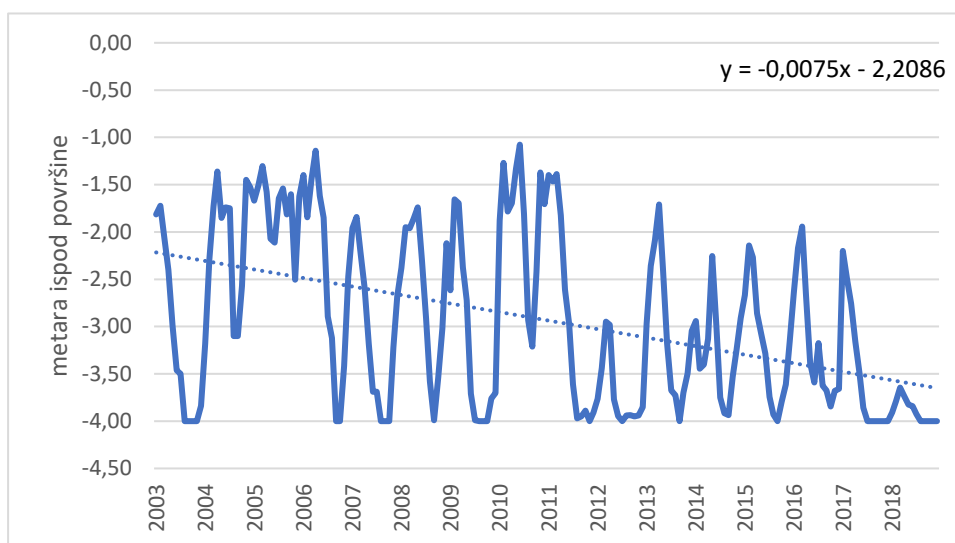
Dinamika mjesečne razine podzemne vode na amfiglejnom tlu na području istraživanja prikazana je na grafikonu 4. Tijekom razdoblja istraživanja (2003-2018) najviša razina podzemne vode na amfiglejnom tlu izmjerena je u travnju 2006. godine (1,23 m ispod površine terena), a najniže razine (dublje od 4 m ispod površine) povremeno su bilježene tokom čitavog istraživanog perioda. Iz vrijednosti trenda prikazane na grafikonu 4 može se izračunati godišnje sniženje razine podzemne vode od 7,2 cm.



Grafikon 5. Dinamika razine podzemne vode na amfiglejnem tlu (2014-2018)

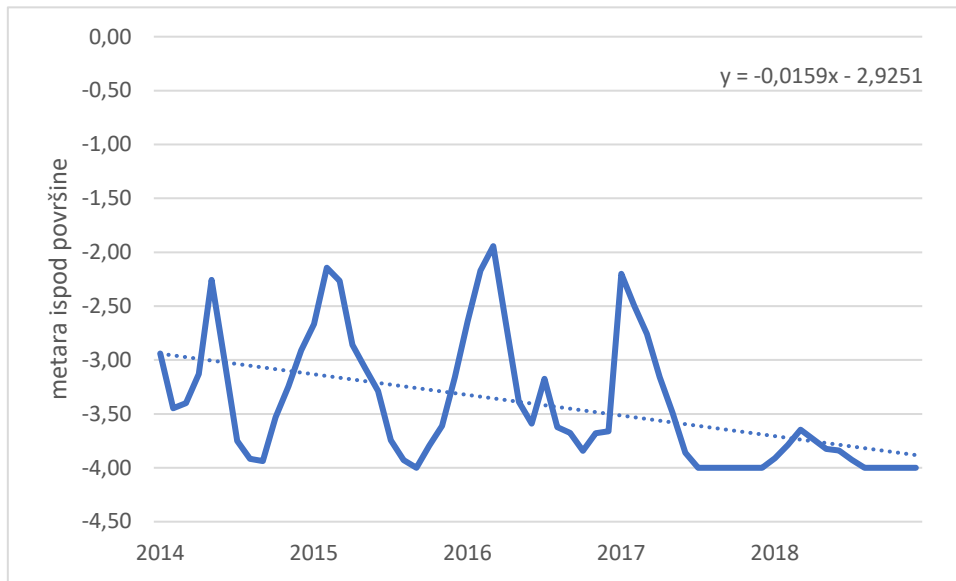
Unutar zadnjih pet godina istraživanja (2014-2018), najviša razina podzemne vode na amfiglejnem tlu zabilježena je u ožujku 2014. godine (1,28 m ispod površine terena), a najniže razine (dublje od 4 m ispod površine) su povremeno bilježene tokom perioda istraživanja. Na grafikonu 5, iz vrijednosti trenda može se izračunati godišnje sniženje razine podzemne vode u vrijednosti od 36,4 cm.

3.3.2. Dinamika razine podzemnih voda na semiglejnem tlu



Grafikon 6. Dinamika mjesečne razine podzemne vode na semiglejnem tlu (2003-2018)

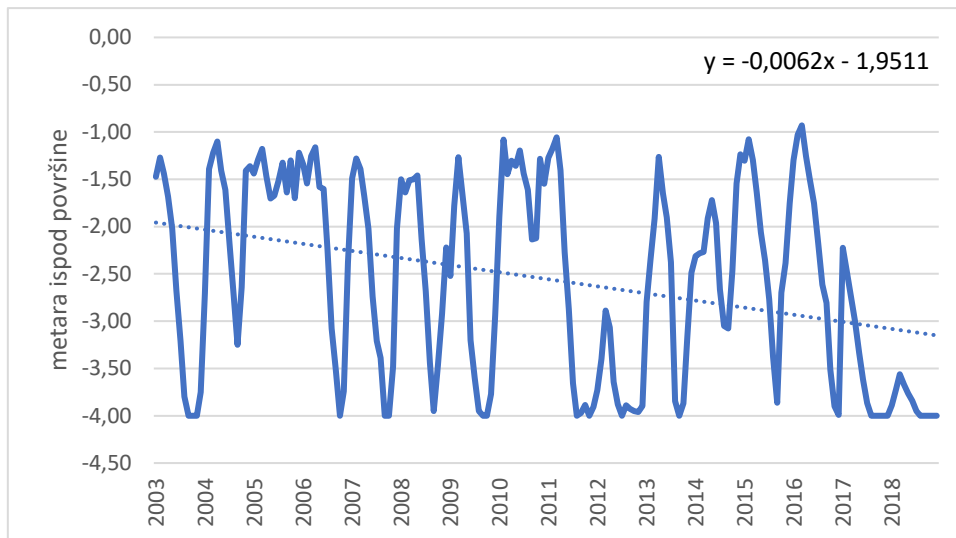
Dinamika mjesečne razine podzemne vode na semiglejnom tlu na području istraživanja prikazana je na grafikonu 6. Tijekom razdoblja istraživanja (2003-2018) najviša razina podzemne vode na semiglejnom tlu izmjerena je u lipnju 2010. godine (1,08 m ispod površine terena), a najniže razine (dublje od 4 m ispod površine) povremeno su bilježene tokom čitavog istraživanog perioda. Iz vrijednosti trenda koja je prikazana na grafikonu 6, može se izračunati godišnje sniženje razine podzemne vode od 9 cm.



Grafikon 7. Dinamika mjesečne razine podzemne vode na semiglejnom tlu (2014-2018)

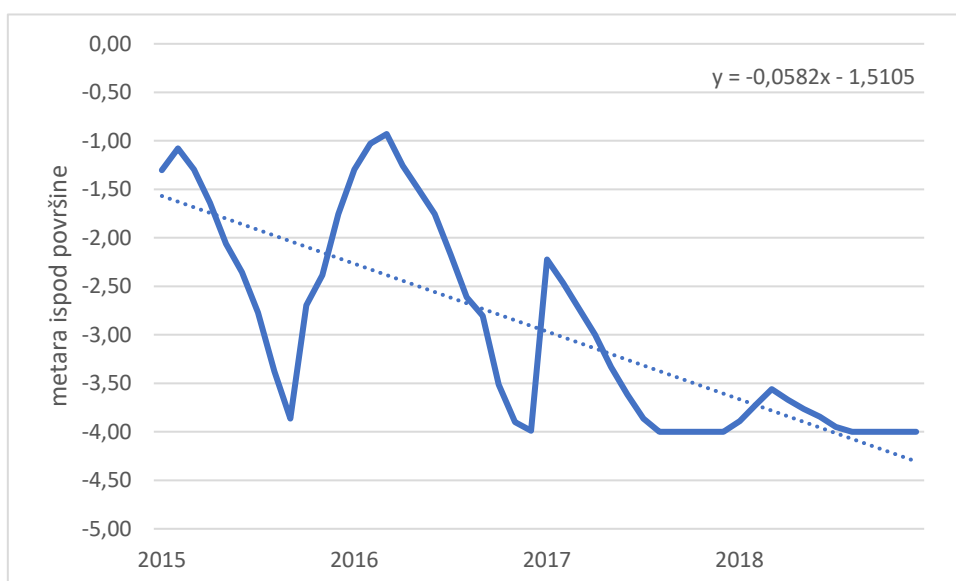
Unutar zadnjih pet godina istraživanja (2014-2018), najviša razina podzemne vode na semiglejnom tlu zabilježena je u ožujku 2016. godine (1,94 m ispod površine terena), a najniže razine (dublje od 4 m ispod površine) su povremeno bilježene tokom perioda istraživanja. Na grafikonu 7, iz vrijednosti trenda može se izračunati godišnje sniženje razine podzemne vode u vrijednosti od 19,1 cm.

3.3.3. Dinamika razine podzemnih voda na humoglejnom tlu



Grafikon 8. Dinamika razine podzemne vode na humoglejnom tlu (2003-2018)

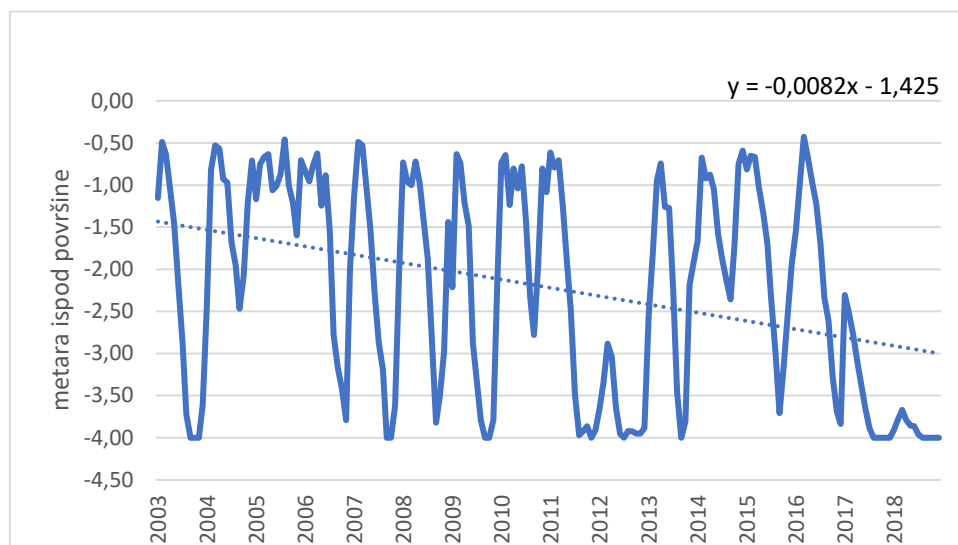
Dinamika mjesečne razine podzemne vode na humoglejnom tlu na području istraživanja prikazana je na grafikonu 8. Tijekom razdoblja istraživanja (2003-2018) najviša razina podzemne vode na humogljenom tlu izmjerena je u ožujku 2016. godine (0,93 m ispod površine terena), a najniže razine (dublje od 4 m ispod površine) povremeno su bilježene tokom čitavog istraživanog perioda. Iz vrijednosti trenda prikazane na grafikonu 8 se može izračunati godišnje sniženje razine podzemne vode od 7,4 cm.



Grafikon 9. Dinamika razine podzemne vode na humoglejnom tlu (2014-2018)

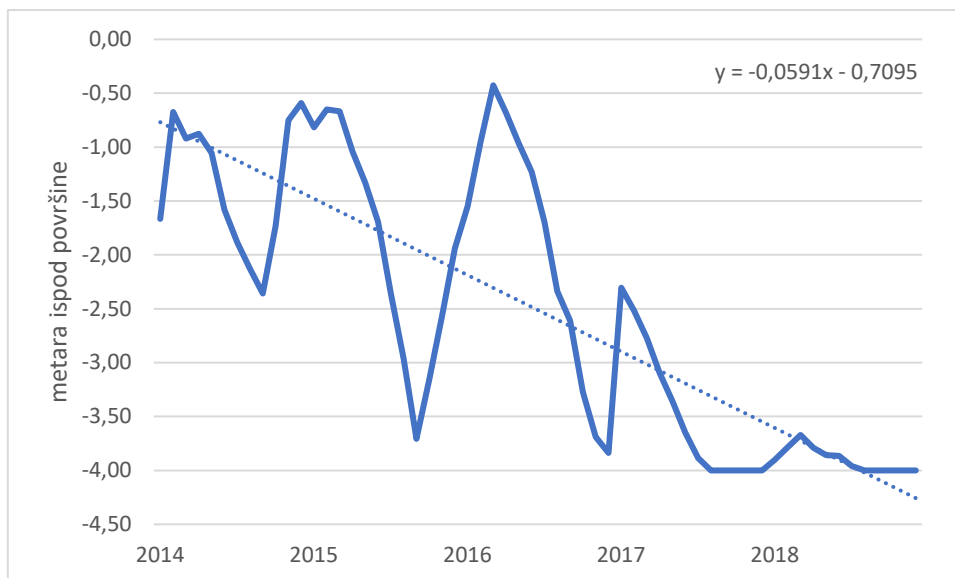
Unutar zadnjih pet godina istraživanja (2014-2018), najviša razina podzemne vode na humoglejnom tlu zabilježena je u ožujku 2016. godine (0,93 m ispod površine terena), a najniže razine (dublje od 4 m ispod površine terena) su povremeno bilježene tokom perioda istraživanja. Na grafikonu 9, iz vrijednosti trenda može se izračunati godišnje sniženje razine podzemne vode u vrijednosti od 69,8 cm.

3.3.4. Dinamika razine podzemnih voda na hipoglejnom tlu



Grafikon 10. Dinamika razine podzemne vode na hipoglejnom tlu (2003-2018)

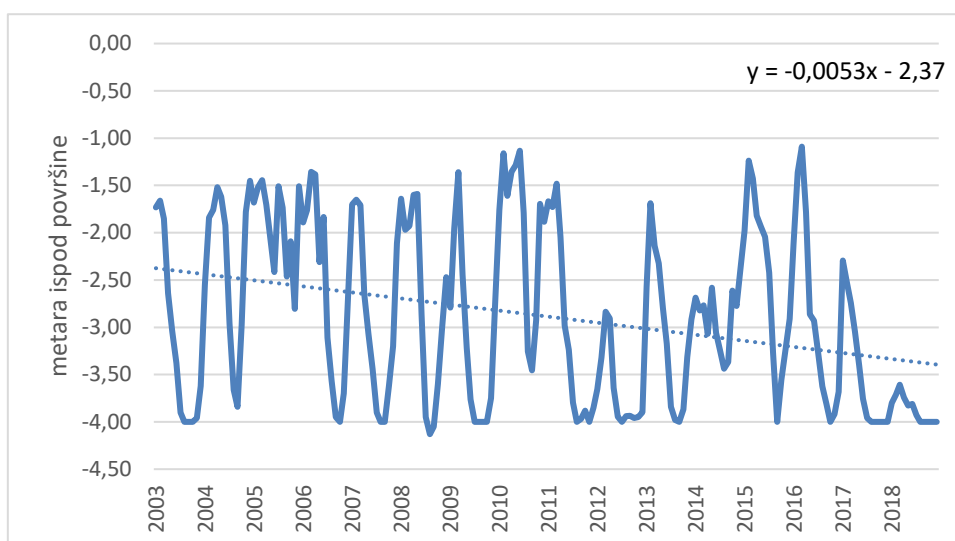
Dinamika mjesečne razine podzemne vode u hipoglejnom tlu na području istraživanja prikazana je na grafikonu 10. Tijekom razdoblja istraživanja (2003-2018) najviša razina podzemne vode na hipoglejnom tlu izmjerena je u ožujku 2010. godine (0,43 m ispod površine terena), a najniže razine (dublje od 4 m ispod površine terena) povremeno su bilježene tokom čitavog istraživanog perioda. Iz vrijednosti trenda prikazanog na grafikonu 10 može se izračunati godišnje sniženje razine podzemne vode od 9,8 cm.



Grafikon 11. Dinamika razine podzemne vode na hipoglejnom tlu (2014-2018)

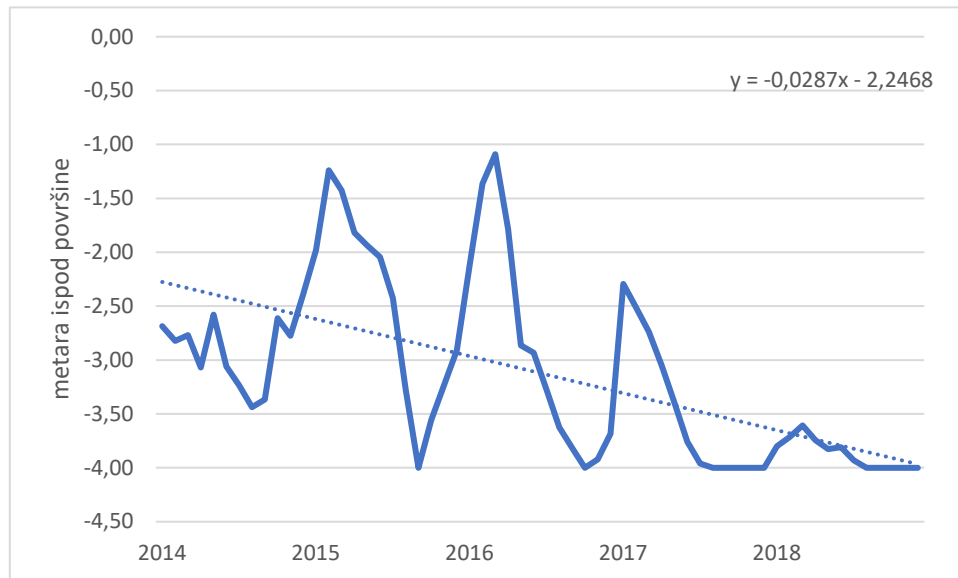
Unutar zadnjih pet godina istraživanja (2014-2018), najviša razina podzemne vode na hipoglejnom tlu zabilježena je u ožujku 2010. godine (0,43 m ispod površine terena), a najniže razine (dublje od 4 m ispod površine terena) su povremeno bilježene tokom perioda istraživanja. Na grafikonu 11, iz vrijednosti trenda može se izračunati godišnje sniženje razine podzemne vode u vrijednosti od 70,9 cm.

3.3.5. Dinamika razine podzemnih voda na hidromelioriranom tlu



Grafikon 12. Dinamika razine podzemne vode na hidromelioriranom tlu (2003-2018)

Dinamika mjesečne razine podzemne vode na hidromelioriranom tlu na području istraživanja prikazana je na grafikonu 12. Tijekom razdoblja istraživanja (2003-2018) najviša razina podzemne vode na hidromelioriranom tlu izmjerena je u ožujku 2016. godine (-1,09 m ispod površine terena), a najniže razine (dublje od 4 m ispod površine terena) povremeno su bilježene tokom čitavog istraživanog perioda. Iz vrijednosti trenda koja je prikazana na grafikonu 12, može se izračunati godišnje sniženje razine podzemne vode od 6,4 cm.



Grafikon 13. Dinamika razine podzemne vode na hidromelioriranom tlu (2014-2018)

Unutar zadnjih pet godina istraživanja (2014-2018), najviša razina podzemne vode u hidromelioriranom tlu zabilježena je u ožujku 2016. godine (1,09 m ispod površine terena), a najniže razine (dublje od 4 m ispod površine terena) su povremeno bilježene tokom perioda istraživanja. Na grafikonu 13, iz vrijednosti trenda može se izračunati godišnje sniženje razine podzemne vode u vrijednosti od 34,4 cm.

4. MJERE UPRAVLJANJA POLJOPRIVREDNOM PROIZVODNjom U UVJETIMA DULJIH SUŠNIH PERIODA ODNOSNO SUŠE

Suša je jedan od abiotičkih stresova zbog kojeg gubici u proizvodnji usjeva dostižu visoke vrijednosti. **Šimunić i sur. (2007)** navode da se suše u Hrvatskoj pojavljuju u prosjeku svake četvrte godine, a ovisno o intenzitetu i dužini trajanja mogu smanjiti prinos poljoprivrednih kultura i do 90%.

Količina kapilarno podignute vode koja se diže do zone korijenovog sustava, a koju biljka može upotrijebiti ovisi o svojstvima tla, ali i o dubini podzemne vode. Podzemna voda može kapilarnim dizanjem izravno utjecati na stanje vlažnosti u agroekološkom profilu tla. U slučaju pojave suše dolazi do narušavanja strukture i nepovoljne vlažnosti tla, pri kojoj biljke potrebnu vodu mogu vrlo teško osigurati. Neko vrijeme biljka u tim uvjetima preživljava, a kasnije počinje venuti i naposljetku ugiba.

Posljedice dugotrajnih suša mogu biti višestruke; smanjenje poljoprivredne proizvodnje, stočne hrane i smanjenje kapaciteta vodocrpilišta. Dolazi do pomora organizama koji žive u vodi, a određene količine opasnih tvari mogu doći u vodotok. U gorim slučajevima može doći do stradanja (sušenja) višegodišnjih nasada i uginuća stoke.

Prilikom gospodarenjem zemljištem u uvjetima suše potrebno je obratiti pozornost na određene aspekte poljoprivredne proizvodnje;

1. odabir i način postupanja s biljnim vrstama u cilju postizanja zadovoljavajućeg i kvalitetnog prinosa,
2. upravljanje tlom i očuvanje vlage u njemu,
3. organiziranje navodnjavanja tijekom postojećeg nedostatka vlage i upravljanja sustavom natapanja s ciljem smanjenja utjecaja suše.

4.1. Odabir i način postupanja s biljnim vrstama u cilju postizanja zadovoljavajućeg i kvalitetnog prinosa

Oplemenjivanje bilja, kao jedna od grana poljoprivrede, bavi se selekcijom genotipova biljnih vrsta tolerantnih na vodni stres. S oplemenjivačke točke gledišta, tolerantnost genotipova na nedostatak vode u tlu može se opisati kao sposobnost zadržavanja visokog prinosa, bez obzira na nepovoljne okolinske uvjete. To je kompleksna odlika koja se može postići ako genotip posjeduje; mehanizam za izbjegavanje suše, mehanizam za smanjenje dehidracije ili mehanizam za tolerantnost na dehidraciju. Najpogodniji s agronomskog stajališta je mehanizam tolerantnosti na dehidraciju koji omogućuje biljkama rast i u uvjetima vodnog stresa (**Kereša i sur. 2008**).

Poljoprivredna proizvodnja koja ne posjeduje sustave za navodnjavanje u potpunosti ovisi o klimi i raspoloživoj vlažnosti tla. Uzevši u obzir klimatske promjene, takva će se proizvodnja vjerojatno susretati sa sve stresnijim uvjetima (tj. vodnim stresom). Kako bi se održala stabilnost prinosa, na svojim proizvodnim površinama, poljoprivrednici bi svakako trebali pozornost usmjeriti prema odabiru kultura koje posjeduju mehanizme tolerantnosti na sušu. **(Ožanić i sur. 2003)**

Prema **Idowu i sur. (2012)**, potrebno je izbjegavati uzgoj kultura koje imaju visoke potrebe za vodom (npr. lucerna i kukuruz). Alternativa je prijelaz na usjeve koji troše manje vode i bolje podnose sušu. Važno je napomenuti da neki usjevi mogu trošiti manje vode, ali možda neće biti tolerantni na sušu.

Pri odabiru sorata, preporučaju se one koje ranije sazrijevaju **(Idowu i sur. 2012)**. Sorte koje rano dozrijevaju i podnose sušu također mogu pomoći uzgajivačima da se lakše nose sa nepovoljnim klimatskim prilikama. Osim toga, datumi sadnje mogu se prilagoditi tako da biljke ne prolaze kroz kritične faze rasta tijekom razdoblja ekstremnih vrućina i vjetrova. Iako sorte koje kasnije sazrijevaju imaju veće prinose, tijekom suše može doći do gubitka u prinosu zbog nedovoljne količine vode tijekom kritičnih faza rasta.

Pojačana otpornost biljaka prema visokim temperaturama može donekle utjecati na stabilnost prinosa, međutim samo adekvatne agrotehničke mjere mogu umanjiti štete koje su nastale zbog duljih sušnih perioda i visokih temperatura.

4.2. Upravljanje tlom i očuvanje vlage u njemu

Suša može ostaviti utjecaj na fizičke, kemijske i mikrobiološke parametre plodnosti tla **(Internet 1)**. U slučaju nedostatka vode, tlo može postati suho i u kombinaciji sa neracionalnim načinom obrade promijeniti strukturu. Tlo postaje previše zbijeno i ograničen/onemogućen je rast i razvoj korijena te vertikalne distribucije vode. Voda je glavni medij za prijenos hranjivih tvari od tla do biljke, pa je jedan od očiglednih učinaka suše na zdravlje tla, nedostatak nutrijenata potrebnih za uzgoj kultura. Na obradivim površinama može doći do prekomjernog oslobađanja nitrata koje usjevi neće moći iskoristiti zbog nedostatka vlage koja omogućuje prijenos nutrijenata do biljke. Povećanje temperature tla u kombinaciji s nedostatkom vlage u tlu utječe na mijenjanje mikrobiološke aktivnosti tla te preradu i kruženje hranjivih tvari. Promjene temperature tla tijekom sušnih uvjeta mogu utjecati na razgradnju organske tvari u tlu i povećati oslobađanje ugljikovog dioksida. Takav pomak u biološkim i kemijskim procesima tijekom vegetacije može utjecati na mnoge druge aktivnosti u tlu koji su bitne za uspješnost usjeva.



Slika 6. Utjecaj suše na strukturu tla

Izvor: <https://news.cornell.edu/stories/2020/04/aalt-future-droughts-may-eclipse-those-past>

Kako bi se u tlu uspjela sačuvati voda (vlaga tla), potrebno je odabrati odgovarajući sustav obrade koji će imati učinkovito djelovanje na štednju vode, pozitivno djelovati na visinu uroda te očuvati povoljno stanje tla (**Vukadinović i Vukadinović 2016**).

U svrhu sprječavanja štetnih efekata od suše, primjenjuje se pravovremena i adekvatna obrada tla kojoj je cilj očuvanje vode. Takva se obrada oslanja na infiltraciju oborina u tlo, skladištenje vode u zoni korijena, sprječavanje površinskog otjecanja i kontrolu gubitaka evapotranspiracijom. Neke od primarnih mjera koje su uključene u takav način obrade su; konzervacijska obrada, podrivanje, sprječavanje zbijanja, te formiranja nepropusnih slojeva za vodu. Primarna obrada tla povećava retencijski kapacitet tla za vodu, ali i omogućuje duboko prodiranje korijena do dubljih, vlažnijih slojeva tla. Kao redovne mjere dobrog gospodarenja tla koje mogu ublažiti utjecaj suše ubrajaju se; upotreba konturne obrade, zatravnjivanje pojaseva između obrađenih površina, kontinuirana smjena uzgajanih biljaka /plodored i izbjegavanje prekomjernog gaženja poljoprivrednom mehanizacijom. Preporuča se i terasiranje nagnutih terena, organska gnojidba, sideracija (zelena gnojidba), sjetva pokrovnih usjeva, malčiranje te ranija sjetva proljetnih usjeva, a kasnije ozimih.

U usporedbi s konvencionalnom poljoprivredom, pokazalo se da reducirana obrada i izostanak obrade pomažu u očuvanju vlage u tlu u sušnim područjima (**Internet 6**). Reducirana obrada tla podrazumijeva smanjenje dubine i ukupne površine poljoprivrednog zemljišta koje se intenzivno obrađuje. Obrada se pojednostavljuje i primjenjuje rjeđe te se smanjuje broj radnih zahvata. Kod takvog načina obrade nema urušavanja uspostavljenog kapilariteta tla, a na vrlo plitku dubinu unose se žetveni ostaci, stvarajući tako malč koji sprječava ispiranje i gubitak vode iz tla.

Osim pozitivnog utjecaja na zadržavanje vlage u tlu, reducirani sustavi obrade tla utječu na povećanje sadržaja organske tvari u tlu, kao važne komponentne za mnoge funkcije i procese tla.

U sušnijim klimatskim uvjetima izuzetno važna je uravnotežena gnojidba. Potrebno je napomenuti utjecaj količine humusa na procese u tlu. Usjevi uzgajani na tlu s većim sadržajem humusa bit će manje izloženi negativnim posljedicama suše, za razliku od tla s manjim sadržajem humusa (**Internet 4**). Unos organske tvari poboljšat će strukturu tla i omogućiti veći retencijski kapacitet tla za vodu. Posebno je važna gnojidba kalijem jer povećava zadržavanje i učinkovitije korištenje vode, ali i uravnotežena gnojidba dušikom, fosforom (utjecaj na bolji rast korijena) i ostalim biogenim elementima. Kao vrlo korisna preporuka pri nepovoljnim klimatskim prilikama navodi se primjena folijarne gnojidbe. Folijarna gnojidba je dodatna ishrana biljaka putem lista. Ona ne može zamijeniti ishranu putem tla, ali je u sušnim prilikama učinkovita i opravdana.

Odabir sustava obrade ovisit će i o kulturi, odnosno o njezinim zahtjevima u uvjetima u kojima se uzgaja. Akumulacija vode u tlu za kulture u uzgoju u tekućoj godini započinje odmah nakon berbe/žetve prethodne kulture. Uspješnost sustava ponajviše će ovisiti o količini žetvenih ostataka kojima se prekriva obradiva površina; više žetvenih ostataka rezultirat će većom količinom vode u tlu.

Rezultati agrotehničkih zahvata ovise o fizikalno-kemijskim svojstvima tla, geomorfologiji, klimi i vrsti oruđa koje se primjenjuje u obradi, stoga ne postoji univerzalno rješenje kako očuvati vodu u tlu za period kada je biljkama najpotrebnija te postići visok prinos i u sušnim godinama (**Vukadinović i Vukadinović 2016**).

Važno je naglasiti da se dobra agrotehnika u prevenciji zaštite od suše najčešće znatno razlikuje od uobičajene prakse lokalnih poljoprivrednika. Međutim, temeljna načela za očuvanje vode u tlu imaju opće značajke, bez obzira na veličinu poljoprivredne površine, oruđa za obradu ili lokalnih agroekoloških uvjeta. Iako je obrada tla samo mali segment sustava poljoprivredne proizvodnje, ako je prilagođena zahtjevima poljoprivredne površine može imati pozitivan utjecaj na nepovoljne klimatske prilike.

4.3. Organiziranje navodnjavanja tijekom postojećeg nedostatka vlage i upravljanje sustavom navodnjavanja s ciljem smanjenja utjecaja suše

Na području istočne Slavonije (tako i na području Biđ-bosutskog polja), nedostatak vode javlja se tijekom toplijeg dijela godine, dok se tijekom zimskog perioda gotovo uvijek javlja suvišak. Takav raspored oborina ne odgovara uzgoju jer u fazi kada je biljci potrebno najviše vode, ona može nedostajati. U takvim uvjetima potrebno je

sačuvati višak vode iz hladnijeg dijela godine i racionalno njime gospodariti u toplijem dijelu godine. Viši i sigurniji prinosi mogu se ostvariti izgradnjom odgovarajućih sustava za navodnjavanje koji će osigurati dovoljne količine vode u tlu u svim stadijima razvoja kultura. (**Šimunić i sur. 2007**)

Iako je Hrvatska po vodnim resursima među bogatijim zemljama, kako bi se povećala otpornost na klimatske promjene potrebno je unaprijediti postojeću hidrotehničku infrastrukturu. Na taj način moguće je osigurati vodu u sušnim periodima i rasteretiti sustav u uvjetima viška vode.

Na području Biđ-bosutskog polja, poljoprivredna proizvodnja se uglavnom obavlja na hidromorfnim tlima u kojima se podzemna voda povremeno ili trajno zadržava u profilu tla unutar jednog metra od površine terena. Takvo je područje u prošlosti imalo problema s poplavama i viškom vode u tlu, pa biljni proizvođači nisu imali potrebu za sustavima navodnjavanja. Međutim, u posljednjih desetak godina sve su učestalija razdoblja s vrlo niskom razinom podzemne vode, povremeno i dublje od 4 m, što rezultira sve naglašenijim manjkom vlage u tlu za uspješnu biljnu proizvodnju. Edukacija korisnika poljoprivrednih površina opisanog područja s naglaskom na stabilnu poljoprivrednu proizvodnju uz primjenu sustava navodnjavanja zasigurno bi dovela do unapređenja biljne proizvodnje (**Mustać i sur. 2020**).

Hidromelioracijske mjere osiguranja zaliha vode nastoje postići ravnotežu između režima vode u prirodi i potreba za vodom. Sukladno tome, na određenim se područjima u određeno vrijeme želi osigurati određena količina vode odgovarajuće kvalitete. Prilikom usklađivanja režima vode često dolazi do prostorne i vremenske neusklađenosti. Problem vremenske neusklađenosti rješava se složenim hidromelioracijskim mjerama koje podrazumijevaju izgradnju objekata za prikupljanje, skladištenje i distribuciju vode te obuhvaćaju provedbu mjera zaštite voda od zagađivanja. Objekti za prikupljanje i skladištenje vode (sabirni i dovodni kanali, površinske akumulacije, bazeni i spremnici te upojni bunari i podzemne akumulacije) omogućuju da se voda prikupi kada se pojavljuje na nekom području i sačuva za uporabu tijekom vremenskog razdoblja kad je inače nema. Prostorna neusklađenost vodnog režima rješava se izvedbom objekata za distribuciju voda (odvodni i dovodni kanali, ispusti, crpne postaje, ustave, zapornice, razvodne komore i ostalo,..), dok se provedbom mjera zaštite od zagađenja vode i primjenom uređaja za pročišćavanje otpadnih voda osigurava poželjna/potrebna kvaliteta vode.

Iako svi hidrotehnički objekti nisu direktno povezani s borbom protiv negativnog djelovanja suše, činjenica je da se osiguranjem zaliha vode za slučajeve čestih malovodnih razdoblja smanjuju negativni učinci suša. Na taj se način hidromelioracijske mjere osiguranja zaliha vode smatraju i preventivnim postupcima zaštite od takvih nepogoda.

Zahvaljujući izgradnji dovodnog melioracijskog kanala na području Biđ-bosutskog polja, stvoreni su uvjeti za navodnjavanje poljoprivrednih površina i stabilniju biljnu proizvodnju. Osiguranjem vode za navodnjavanje omogućava se viši stupanj

uspješnosti poljoprivredne proizvodnje koja u današnje vrijeme zbog sve češćih i duljih sušnih perioda može biti konkurentna jedino uz primjenu suvremene tehnologije i adekvatnih sustava navodnjavanja (**Internet 5**).

Iako rijeka Sava može osigurati dovoljne količine vode za navodnjavanje, neodgovorno i neekonomično gospodarenje moglo bi negativno utjecati na vodostaj rijeke Save te dovesti u pitanje održivost takve prakse.

Postojeća mreža odvodnih kanala na području istraživanja (izgrađena 60-tih i 70-tih godina prošlog stoljeća) uz određene modifikacije (postavljanje ustava za zadržavanje vode) mogla bi poslužiti i za zadržavanje oborinskih voda te dodatno doprinijeti zalihama dostupne vode za navodnjavanje (**Mustać i sur. 2020**). Na taj bi se način, u slučaju ekstremnih oborina, odvodni kanali mogli koristiti kao oblik sustava za zadržavanje oborina. Također, moguće je i korištenje otpadnih voda uz korištenje odgovarajućih sustava za obradu otpadnih voda.

S obzirom da se navodnjavanjem nadoknađuje nedostatak oborina potrebnih za opskrbu biljaka vodom, potreba za navodnjavanjem na nekom području ovisi o količini oborina i njihovom rasporedu tijekom vegetacijskog razdoblja. Na područjima s kontinentalnom klimom, gdje se javljaju dovoljne godišnje količine oborina, ali nepovoljnog rasporeda, navodnjavanje se može primijeniti kao dopunska mjera tijekom sušnih perioda. (**Šimunić 2013**).

Izbor metode, načina i sustava navodnjavanja ovisi o više čimbenika: uzgajanoj kulturi, veličini i obliku parcele, konfiguraciji terena, klimatskim prilikama te količini i kvaliteti vode koja nam je na raspolaganju (**Josipović i sur. 2013**). Svakako je uputno korištenje lokaliziranih sustava navodnjavanja gdje se voda pod manjim tlakom dovodi na poljoprivrednu površinu te se vlaži samo jedan dio površine, odnosno samo područje u kojem se razvija glavnina mase korijena. Preporučljivo je provoditi navodnjavanje tijekom ranog jutra ili kasne večeri kako bi se izbjegli gubitci uslijed isparavanja vode.

Negativni učinci navodnjavanja mogu nastupiti ako se navodnjavanje primjenjuje bez prethodnog poznavanja potreba biljaka za vodom i ako se primjenjuje voda upitne/neodgovarajuće kakvoće. Ako se biljkama dodaje veće količine vode nego što je potrebno, može se povećati ispiranje hraniva iz obradivog horizonta u dublje slojeve, ali i ispiranje aktivnih tvari iz sredstava koja se koriste u zaštiti bilja. Isprane tvari mogu prouzročiti onečišćenje podzemnih voda. Također, višak dodane vode može prouzročiti negativne posljedice u samom tlu; zakiseljavanje tla, disperziju strukturnih agregata, smanjenje sposobnosti infiltracije, a na nagnutim terenima može doći do erozije – irigacijska erozija. Prekomjernim dodavanjem vode može se prouzročiti zamočvarenje tala, odnosno stvaranje nepovoljnih anaerobnih uvjeta.

Navodnjavanjem, općenito se postiže stabilnija poljoprivredna proizvodnja koja podrazumijeva više i kvalitetnije prinose, ali je bitno naglasiti da se visoka učinkovitost može očekivati samo uz pravilnu primjenu odgovarajućeg sustava navodnjavanja te pravilnog doziranja vode za navodnjavanje (**Šimunić 2013; Ondrašek i sur.2015**).

Postoje i mjere kojima čovjek može pozitivno utjecati na razinu podzemne vode. Prihranjivanje podzemnih voda postupak je koji se bazira na prikupljanju oborina i površinskih voda tijekom vlažnih perioda te njihovom skladištenju (npr. utisni zdenci ili infiltracijske zone) u vodonosnik. Vrlo je važno poštivati dinamičku ravnotežu između prihranjivanja i crpljenja podzemnih voda jer su brojni antropogeni zahvati i intenzivna agrotehnika utjecali na sniženje razine podzemne vode u mnogim područjima. Cilj prihranjivanja je obnoviti prirodna svojstva infiltracije vode s površine u podzemlje, a potom i zadržati infiltriranu količinu vode u podzemlju. Postoji nekoliko metode umjetnog prihranjivanja kao što su; potpovršinsko izravno prihranjivanje, izgradnja površinskih građevina koje pospješuju prihranjivanje podzemnih voda (npr. infiltracijski bazeni i kanali) i utisni zdenci. Uspjeh procesa prihranjivanja vodonosnika vrlo je osjetljiv proces jer zavisi od niza čimbenika te stoga traži interdisciplinarni pristup **(Bonacci 2019)**.

5. Zaključak

Na temelju hidropedoloških istraživanja promatranog područja provedenih tijekom 2000. godine definirano je pet pedosistematskih jedinica tala; semiglejno tlo, hipoglejno tlo, humoglejno tlo, amfiglejno tlo i hidromeliorirano tlo.

Temeljem analize višegodišnjih meteoroloških podataka (2003-2018), na istraživanom području utvrđena je prosječna godišnja količina oborine (694 mm). Najviše godišnje oborine zabilježene su 2004. godine (1009,4 mm), a najniže vrijednosti javile su se tijekom 2011. godine (393,6 mm). Iz vrijednosti trenda srednjih mjesečnih količina oborina izračunato je povećanje količine padalina od 0,16 mm godišnje.

Na području istraživanja u periodu od 2003. do 2018. godine najviša temperatura zabilježena je u srpnju 2012. (25,14 °C), a najniža u siječnju 2017. (-4,88 °C). Također iz vrijednosti trenda srednjih mjesečnih temperatura izračunato je povišenje temperatura za 0,11°C godišnje, što u razdoblju od 50 godina iznosi povišenje temperature za čak 5,5 °C.

Rijeka Sava kao glavni recipijent područja u periodu istraživanja (2003-2018) bilježi sniženje razine vodostaja od 0,81 cm godišnje.

Na području istraživanja u periodu od 2003. do 2018. godine izračunate su godišnje vrijednosti sniženja razine podzemne vode kako slijedi; amfiglejno tlo 7,2 cm, semiglejno tlo 9 cm, humoglejno tlo 7,4 cm, hipoglejno tlo 9,8 cm te hidromeliorirano tlo 6,4 cm.

Na istom istraživanom području u periodu od 2014. do 2018. godine izračunate su godišnje vrijednosti sniženja razine podzemne vode kako slijedi: amfiglejno tlo 36,4 cm, semiglejno tlo 19,1 cm, humoglejno tlo 69,8 cm, hipoglejno tlo 70,9 cm te hidromeliorirano tlo 34,4 cm. Iz navedenog je vidljivo kako trend godišnjeg sniženja razine podzemne vode na svim istraživanim tipovima tala u posljednjih pet godina istraživanja ubrzava i postaje sve izraženiji.

U svrhu ublažavanja posljedica dugih sušnih perioda preporučuju se slijedeće mjere;

1. odabir i način postupanja s biljnim vrstama s ciljem postizanja zadovoljavajućeg i kvalitetnog prinosa (odabir sorti tolerantnijih na nedostatak vode; izbjegavanje uzgoj kultura koje imaju visoke potrebe za vodom (lucerna i kukuruz); odabir sorata koje ranije sazrijevaju i sl.) ;
2. upravljanje tlom i očuvanje vlage u njemu (odabir odgovarajućeg sustava obrade tla; pravovremena obrada tla; konzervacijska obrada tla; sprečavanje zbijanja tla; konturna obrada tla i sl.);
3. organiziranje navodnjavanja tijekom postojećeg nedostatka vlage i upravljanja sustavom navodnjavanja s ciljem smanjenja utjecaja suše (korištenje lokaliziranih

sustava navodnjavanja; odabir doba dana za navodnjavanje (ujutro i navečer); optimalni obroci navodnjavanja u svrhu sprječavanja ispiranja hranjiva i sl.).

6. Popis literature

1. Bonacci, O. (2015). Suše - nekoć i danas. Hrvatske vode : časopis za vodno gospodarstvo, 23 (92), 133-141
2. Bonacci, O. (2019). Hidrološki vidovi prihranjivanja krških vodonosnika u: Nacionalna radionica Interreg Central Europe Deepwater-Ce
3. Bonacci, O. (2019). SUŠA -Drought.
4. Husnjak, S. (2014). Sistematika tala Hrvatske. Hrvatska sveučilišna naklada.
5. Idowu, O. & Marsalis, Mark & Flynn, R.P.. (2012). Agronomic Principles to Help with Farming During Drought Periods - Guide A-147. Nex Mexico State University
6. Josipović M., Kovačević V., Rastija D., Tadić L., Šoštarić J., Plavšić H., Tadić Z. Dugalić K., Marković M., Dadić T., Šrenf Ž., Ljekar Ž.(2013). Priručnik o navodnjavanju za polaznike edukacijskog projekta IRRI (Urednik Josipović M.) Poljoprivredni institut Osijek / Irrigation handbook for participants of IRRI educational project. Agricultural Institute Osijek
7. Kereša, S., Barić, M., Horvat, M. i Habuš Jerčić, I. (2008). Mehanizmi tolerantnosti biljaka na sušu i njihova genetska osnova kod pšenice. Sjemenarstvo, 25 (1), 35-45. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/26062>
8. Maričić S., Šrenf Ž. (2016). Velike vode Pobosuća. U: Mehić, A. & Jašarević, E. (ur.). Proceedings of the First B&H Water Congress
9. Marušić, J. (2017). Stručni prikaz: Višenamjenski kanal Dunav-Sava. Preduvjet za poboljšanje vodnog režima Bosuta. Hrvatske vode, 25 (101), 177-188. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/186171>
10. Mishra, A. K, & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. Journal of hydrology, 391, 202-216. doi: 10.1016/j.jhydrol.2010.07.012
11. Mustać, I.; Filipović, V.; Filipović, L.; Ondrašek, G.; Petošić, D. (2020). Agricultural Management Strategies for Countering Drought Conditions in Eastern Croatia. Drought - Detection and Solutions, Ondrašek, Gabrijel (ur.). London: IntechOpen, str. 93-107 doi:10.5772/intechopen.88503
12. Obarčanin E., Dadaček N., Žaja I., Kalaica M. (2020). Sustav javnog navodnjavanja Biđ. Predinvesticijska studija. Vodoprivredno-projektni biro d.d.
13. Ondrašek G, Petošić D, Mustać I, Filipović V, Petek M, Lazarević B, Bubalo M. (2015). Voda u agroekosustavima. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet 344 p. ISBN 978-953-7878-42-9

14. Ožanić, N.; Kos, Z.; Marušić, J.; Bonacci, O.; Gereš, B.; Tomić F.; Petošić, D.; Rubinić, J.; Karleuša, B. (2003). Priručnik za hidrotehničke melioracije. GRAĐEVINSKI FAKULTET Sveučilišta u Rijeci. Rijeka 99.-132.
15. Perčec Tadić, M., Gajić-Čapka, M., Zaninović, K. i Cindrić, K. (2014). Drought Vulnerability in Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 79 (1), 31-38. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/120753>
16. Petošić D., Mustać I. (2010). Značajke vodnog režima i kakvoće poljoprivrednih tala na području Višenamjenskog kanala Dunav-Sava. Zagreb: Monografije Sveučilišta u Zagrebu-Agronomski fakultet. 2010. ISBN 978-953-6135-92-9
17. Prusec, S., Tropan, Lj. (1995). Mjere i postupci u prevladavanju kriznog stanja u uvjetima suše. Hrvatsko hidrološko društvo: OKRUGLI STOL O SUŠI - Zbornik radova
18. Romić, D., Tomić, F. (1993). Utjecaj promjene režima podzemnih voda na pojavu suše u Prekodravlju. 121-130 str. Zbornik radova; Okrugli stol o suši. Zagreb
19. Šimunić, I. (2013). Uređenje voda, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, ISBN 978-953-169-249-6
20. Šimunić, I., Husnjak, S. i Tomić, F. (2007). Utjecaj suše na smanjenje prinosa poljoprivrednih kultura. *Agronomski glasnik*, 69 (5), 343-354. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/26578>
21. Tusić Ž., Karačić D., Brkić B., Obarčanin E., Biočić Z., Bašić., Andrić A., Malus D., Kralj K. (2016). Nacionalni pilot projekat navodnjavanja Biđ-Bosutskog polja. Sustavi navodnjavanja poljoprivrednih površina na području Biđ-Bosutskog polja. Hrvatske vode. Zagreb
22. Vukadinović V., Vukadinović V. (2016). Tlo, gnojidba i prinos; Što uspješan poljoprivrednik mora znati o tlu, usjevima, gnojidbi i tvorbi prinosa. Poljoprivredni fakultet. Osijek. ISBN 978-953-58897-0-0

Internetski izvori;

Internet 1. [Al-Kaisi M.](#) (2017). How Drought Affects Soil Health. Iowa State University of Science and Technology. Iowa.
<https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2017/08/how-drought-affects-soil-health> - pristup 19.06.2021

Internet 2. DHMZ – Državni hidrometeorološki zavod

https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracjenje¶m=spi&el=saznajite_vise – pristup 15.06.2021

Internet 3. DHMZ – Sektor za hidrologiju.
<http://hidro.dhz.hr/> - pristup 10.06.2021

Internet 4. Gospodarski list – Preporuke za ratare u razdoblju suše
<https://gospodarski.hr/rubrike/preporuke-za-ratare-u-razdoblju-suse/> - pristup 15.6.2021.

Internet 5. Hrvatske vode - Navodnjavanje na Biđ-Bosutskom području – šansa da slavonski poljoprivrednici ojačaju proizvodnju
<https://www.voda.hr/hr/novosti/navodnjavanje-na-bid-bosutskom-podrucju-sansa-da-slavonski-poljoprivrednici-ojacaju> - pristup 15.06.2021

Internet 6. Jug, D. Odabrani nastavni materijal za studente diplomskog studija –Bilinogojstvo; smjer: Biljna proizvodnja. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/01_Odabrani%20tekstovi%20iz%20obrade%20tla.pdf – pristup 26.06.2021

7. Životopis

Dora Kutleša rođena je 01.06.1996. godine u Zagrebu. Završila je Opću Gimnaziju Karlovac, koju je pohađala u periodu od 2011. do 2015. godine. Redovna je studentica Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Završila je preddiplomski studij agroekologije 2019. godine i nastavila diplomski studij na istom usmjerenju. Aktivno govori engleski jezik, a njemački jezik koristi pasivno. Služi se Microsoft Office paketom i Geografskim informacijskim sustavom (GIS). Kroz osnovno i srednjoškolsko obrazovanje bila je aktivan član Atletskog kluba Karlovac.