УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Департман за Уређење вода

Немања Ненадовић
дипл. инж. пољопривреде

КВАЛИТЕТ ВОДЕ РЕКЕ ДРИНЕ И ЊЕНИХ ДЕСНИХ ПРИТОКА СА АСПЕКТА НАВОДЊАВАЊА

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2023.

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Департман за Уређење вода

Кандидат
Немања Ненадовић, дипл.инж.пољ.

Ментор
Проф. др Милица Вранешевић

КВАЛИТЕТ ВОДЕ РЕКЕ ДРИНЕ И ЊЕНИХ ДЕСНИХ ПРИТОКА СА АСПЕКТА НАВОДЊАВАЊА

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2023.

КОМИСИЈА ЗА ОЦЕНУ И ОДБРАНУ МАСТЕР РАДА

_____

др Милица Вранешевић, ванредни професор, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет - ментор

_____

др Радован Савић, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет – председник комисије

_____

др Бошко Благојевић, ванредни професор, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет – члан комисије

КВАЛИТЕТ ВОДЕ РЕКЕ ДРИНЕ И ЊЕНИХ ДЕСНИХ ПРИТОКА СА АСПЕКТА НАВОДЊАВАЊА

РЕЗИМЕ

Због све учесталијих и дуготрајнијих сушних периода, као и због пораста броја становништва, наводњавање је постало неопходна мера. Да би наводњавање било ефикасно и да би се постигао жељени принос, неопходно је обезбедити и квалитетну воду за наводњавање. Квалитет воде игра важну улогу у одржавању здравља биљака и спречавању штете на усевима. Вода са високим садржајем соли и минерала, као и са примесама хемикалија и тешких метала, може довести до стреса код биљака, оштећења земљишта и опреме за наводњавање, што може довести до смањеног приноса и квалитета усева. Стога је битно испитивати квалитет воде пре употребе. На основу одређених параметара, пољопривредници ће моћи да прилагоде своје наводњавање и примене неопходне мере како би се осигурало здравље биљака и постигао оптималан принос. У овом раду извршена је оцена квалитета воде Дрине, Јадар и Лим. Применом ФАО класификације, са аспекта заслањивања и токсичности најучесталија је I класа, а у погледу утицаја инфилтрације и бикарбоната II класа. Према USSL класификацији, највише се појављује C2 – S1, а према категоризацији по Нејгебауеру I класа квалитета. Додатном „општом“ оценом квалитета воде, методологијом SWQI најчешће су се појављивале I, II и на реци Јадар III класа, што указује да вода може да се користи за наводњавање, али уз периодичну контролу квалитета.

Кључне речи: квалитет воде, наводњавање, класификација, Дрина, Јадар, Лим.

IRRIGATION WATER QUALITY OF DRINA RIVER WITH ITS RIGHT TRIBUTARY

SUMMARY

Due to increasingly frequent and long-lasting dry periods, as well as due to population growth, irrigation has become a necessary measure. In order for irrigation to be effective and to achieve the desired yield, it is necessary to provide high-quality irrigation water. Water quality plays an important role in maintaining plant health and preventing crop damage. Water with a high salt and mineral content, as well as impurities of chemicals and heavy metals, can lead to stress on plants, damage to soil and irrigation equipment, which can lead to reduced crop yield and quality. Therefore, it is important to test the quality of the water before use. Based on certain parameters, farmers will be able to adjust their irrigation and apply the necessary measures to ensure plant health and achieve optimal yield. In this thesis, the water quality of Drina, Jadar and Lim was evaluated. Applying the FAO classification, from the aspect of salinization and toxicity, the most common is class I, and in terms of the impact on infiltration and bicarbonate, class II. According to the USSL classification, C2 – S1 is the most common, and according to the Neugebauer categorization, quality class I. In the additional "general" assessment of water quality, using the SWQI methodology, classes I, II appeared most often, and on the river Jadar, the III class appears most often, which indicates that the water can be used for irrigation, but with periodic quality control.

Key words: water quality, irrigation, classification, Drina, Jadar, Lim.

САДРЖАЈ:

1. УВОД..... 1

2. ЗАДАТАК И ЦИЉ РАДА..... 4

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА..... 5

3.1. ОПИС АНАЛИЗИРАНИХ ЛОКАЛИТЕТА..... 6

3.1.1. Дрина..... 8

3.1.2. Јадар..... 11

3.1.3. Лим..... 13

3.2.МЕТОДИ И КЛАСИФИКАЦИЈЕ ЗА ОЦЕНУ КВАЛИТЕТА ВОДЕ..... 14

3.2.1. Параметри квалитета воде..... 15

3.2.2. USSL класификација..... 19

3.2.3. ФАО класификација..... 23

3.2.4. Класификација по Нејгебауеру..... 28

3.2.5. Метод индекса квалитета воде – SWQI..... 29

4. КОРИШЋЕЊЕ QGIS У ОЦЕНИ КВАЛИТЕТА ВОДЕ..... 32

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА..... 34

5.1. Квалитет воде реке Дрине..... 34

5.2. Квалитет воде реке Јадар..... 39

5.3. Квалитет воде реке Лим..... 43

6. ЗАКЉУЧАК..... 47

7. ЛИТЕРАТУРА..... 50

1. УВОД

Порастом броја становништва повећава се потреба за храном, међутим, ресурси за њену производњу су све угроженији. Због климатских промена, дуготрајни сушни периоди су све учесталији, што ограничава производњу и спречава успостављање потребних количина хране. Уз то, земљиште као основни ресурс за производњу хране је угрожено због интензивног искоришћавања. Ова егзистенцијална питања се тичу свих нас и зато је неопходно да првенствено будемо свесни актуелних, али и будућих проблема, и да пронађемо најбоље начине и улажемо напора у решавање ових проблема.

Да би се биљке развиле потребна је вода, уколико ње нема довољно долази до великих ограничења у пољопривредној производњи. Падавине су такође веома битне за пољопривредну производњу. Падавине су често просторно и временски неравномерно распоређене, а у периодима када су најпотребније њих има најмање. Дефицит падавина представља велики проблем, који је услед климатских промена све израженији. Неопходно је вршити интензивнију биљну производњу уз додатну хидротехничку меру наводњавање, како би се задовољиле потребе становништва, али и домаћих животиња за храном. Недостатак воде неопходне за правилан раст и развој биљака могуће је надокнадити спровођењем мере наводњавања и тиме повећати приносе биљне производње по јединици површине. Увођењем ове мере постижу се многобројни позитивни ефекти, међутим ако се за наводњавање користи вода неадекватног квалитета, може доћи до низа проблема како у вези приноса гајених биљака и земљишта као ресурса, тако и код коришћене опреме за наводњавање.

Наводњавање представља хидротехничку меру за побољшање физичких особина земљишта додавањем воде, како би се постигла оптимална влага у периоду вегетације и тако постигао оптималан принос. Наводњавање се спроводи током једног дела вегетације или током целог вегетационог периода. Одговарајуће управљање системом за наводњавање подразумева пажљиво разматрање свих фактора који утичу на резултат његове примене. Адекватно коришћење пружа читав низ позитивних ефеката, док неадекватна пракса може довести до озбиљног проблема. Неки од проблема који се јављају услед примене воде неповољног

квалитета јесу, смањење квалитета и приноса усева, нарушавање плодности земљишта, оштећење опреме за наводњавање, погоршање квалитета подземних и површинских вода. Крајњи резултат примене неодговарајућег квалитета воде може довести до вишеструких проблема, повећавања трошкова и смањења профита, док у најгорем случају може доћи до трајних последица.

Комуналне и индустријске отпадне воде испуштају се у реципијент без претходног пречишћавања, а на веома малом броју постројења углавном се пружа само примарно пречишћавање. Спирање и отицање са пољопривредних површина представља значајан извор загађења, као и воде са депонија, итд. Из ових разлога квалитет вода је у све лошијем стању. Наведени разлози указују на то да континуално праћење и оцена квалитета воде са аспекта наводњавања све више постаје неопходност како би се спречило могуће нежељено дејство.

Око 15-17% обрадивих површина у свету се наводњава, а са њих се обезбеђује око 40-50% биљне производње (Савић и сар., 2013). Наводњавањем се обезбеђује недостатак влаге и регулише водно-ваздушни, топлотни и хранивни режим, са циљем постизања високих приноса у биљној производњи (Миљковић, 2005). Културе које се гаје у условима наводњавања дају и до 2,5 пута веће приносе у односу на оне без наводњавања (Белић и сар.,2011). Када узмемо ове факторе у обзир, долазимо до закључка да је због пораста популације и актуелних климатских промена, јасно да наводњавање постаје мера чији је значај све израженији. Наводњавање постаје неопходно у подручјима са недовољним количинама падавина и ограниченим земљишним капацитетима.

Када гледамо само наводњавање и његову главну ставку, а то је вода, веома је битно одредити одговарајуће количине воде које ће се користити, време заливања, а од велике важности је и њен квалитет. Сам квалитет воде се одражава на висину и квалитет приноса, на својства земљишта, опрему за наводњавање, али и на квалитет подземних и површинских вода, а путем ланца исхране може имати утицај и на животиње и човека (Белић и сар., 2013; Bauder et al., 2011; Capra & Scicolone, 1998; Fipps, 2003; Nishanthiny et al., 2010; Савић и сар. 2010). Према томе, уколико вода не задовољава одређене услове, може довести до озбиљних нежељених последица. Проблем заслањивања земљишта у системима за наводњавање

уочен је у ранијим испитивањима Драговића и сар. (1994) Миљковића (1988), Нејгебауера (1949), и Хаџића и сар. (1989).

Да би се штета коју може да има неповољан састав воде свела на минимум, потребно је редовно пратити стање квалитета воде за наводњавање. Оцена квалитета воде за наводњавање би требала да буде неопходна мера у циљу спречавања неповољних утицаја како на природне ресурсе, тако и на гајене биљке и опрему за наводњавање (Joshi et al., 2009). Оцену употребљивости воде у сврхе наводњавања неопходно је вршити анализом параметара који имају директан утицај на наводњаване биљке и земљиште, као и на опрему за наводњавање. Развијене су бројне класификације намењене у ову сврху, за различите услове, међутим уобичајено се користе класификације познате у свету као што су ФАО класификација (Ayers and Westcot, 1985) и класификација америчке лабораторије за заслањена земљишта – USSL (Richards, 1954), а природним условима у Србији, прилагођена је категоризација вода по Нејгебауеру. Наведеним класификација могуће је извршити адекватну оцену квалитета воде, односно дефинисати степен њене употребљивости за наводњавање и тиме спречити потенцијалне негативне последице.

Методологија која је у широкој употреби за оцену квалитета воде према њеној намени, у зависности од степена чистоће, јесте методологија Serbian Water Quality Index (SWQI). Ова методологија није развијена са аспекта наводњавања, него дефинише квалитет према свим наменама, у оквиру којих се налази и примена у пољопривреди. Дакле, SWQI методологију можемо дефинисати као "општу" оцену квалитета воде.

2. ЗАДАТАК И ЦИЉ РАДА

Већина водних ресурса је изложена сталним утицајима различитих загађивача, што се одражава на квалитет, а тиме и на употребљивост вода. Неопходно је пратити квалитет воде са аспекта наводњавања како би се могле предузети одговарајуће мере у циљу спречавања могућих негативних последица, а повећања позитивних ефеката. У Војводини, као и у другим деловима Србије наводњавање није развијено у мери у којој може бити и којој би требало да буде с обзиром на природне и друштвене услове. На територији северног дела Србије, земљишта непогодна за наводњавање заступљена су са свега 1% (Бенка, 2006), а уз то, водни ресурси су количински задовољавајући, што чини да Србија има повољне услове за интензивнији развој и примену наводњавања (Савић и сар. 2013.)

У нашим прописима нема посебних одредби везаних за специфичне потребе наводњавања, нити је дефинисана и одређена класификација којом би се вршила оцена употребљивости воде у ове сврхе. Показатељи квалитета воде за наводњавање, као и граничне вредности дефинисане класификацијом треба да буду у складу са наменом те воде, како би се могао реално оценити њен утицај на природне ресурсе. Задатак овог рада је да се анализом свих утицајних фактора, који утичу на квалитет воде, испита могућност интезивирања пољопривредне производње и добијања висококвалитетних приноса уз већу сигурност. Оваква производња доноси корист и добит појединцу, али и целом систему, што ће свакако да подстиче повећање површина под системима за наводњавање.

Србија има квалитетно земљиште, са великим потенцијалом за успешну пољопривредну производњу. Да би приноси били већи и квалитетнији, уз повећану сигурност производње, неопходно је коришћење система за наводњавање. Када узмемо у обзир намену система за наводњавање и све могуће проблеме које он може да донесе, веома је битно узети у обзир сам квалитет воде. Циљ овог рада је одређивање степена погодности употребе површинских вода на територији југозападне и западне Србије за потребе наводњавања, уз могућност ширења ове мере и бољег коришћења понуђених ресурса.

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Спроведено истраживање обухвата следеће локације, односно осматрачке станице: Лешница, Пријепоље, Бадовинци, Бајина Башта које се налазе на рекама које рад обухвата, а то су Дрина и њене притоке Лим и Јадар (Табела 1).

Табела 1. *Списак анализираних мерних станица са основним подацима*

Назив станице	**Река**	**Слив**	**Координате**
Бадовинци	Дрина	Сава	44° 47' 05" 19° 21' 20"
Бајина Башта	Дрина	Сава	43°58' 30" 19° 32' 48"
Лешница	Јадар	Дрина	44° 38' 00" 19°16' 42"
Пријепоље	Лим	Дрина	43° 22' 57" 19° 38' 36"

Квалитет воде за наводњавање дефинисан је анализом бројних специфичних својстава воде значајних са агрономског, еколошког и техничког аспекта. За оцену квалитета површинских вода, извршена је детаљна анализа следећих параметара: калцијум, магнезијум, натријум, калијум, хлориди, сулфати, бикарбонати, нитрати, електропроводљивост, суви остатак, pH вредност, температура воде, засићеност воде кисеоником, суспендоване материје, укупни оксиди азота, ортофосфати и амонијум јон. Истраживања су спроведена коришћењем фонда података Републичког хидрометеоролошког завода и Агенције за заштиту животне средине (*Резултати испитивања квалитета површинских и подземних вода*), преузимањем података о концентрацијама параметара, као и о анализираним мерним станицама.

Квалитет воде за наводњавање је оцењен у периоду од 2011. до 2020. године анализом наведених параметара. Класификације ФАО, Америчке лабораторије за заслањена земљишта (USSL) и Нејгебауер су примењене за оцену квалитета воде, а такође је извршена и општа оцена квалитета воде методом SWQI. Ови приступи дефинишу квалитет површинских вода југозападне и западне Србије, као и услове под којима се могу користити за наводњавање.

3.1. ОПИС АНАЛИЗИРАНИХ ЛОКАЛИТЕТА

Западна Србија обухвата подручје између реке Саве на северу, Колубаре, Љига и Дичине на истоку, Западног Поморавља и Старовлашког краја на југу и реке Дрине на западу. Површина ове области износи око 6.500 км2. Регија је подељена на неколико мањих подручја: Мачва, Посавина, Подриње, Поцерина, Ваљевска Подгорина, Јадар, Рађевина, Тамнава, Лешница и Азбуковица (Слика 1).

Слика 1. *Западна и централна Србија*

Геолошки састав овог подручја обухвата стене различитих старости и порекла. Планине су грађене од палеозојских шкриљаца, мезозојских кречњака и серпентина. Такође постоје и вулканске стене. Ниже делове карактеришу неогенски језерски седименти и наноси река.

Северни део Западне Србије карактерише шири простор и равничарски карактер, док је јужни део ужи и има планинских карактеристика. У смеру ка југу, регија прелази у равницу

и надморска висина се смањује, а планине се постепено проређују. Ова равница простира се између десне обале реке Саве и доњег тока реке Дрине. (Водопривредна основа Србије, 2001).

Клима ове регије је умерено континентална, са утицајем субпланинске климе на јужном делу. Просечна годишња температура износи око 11°C. Најхладнији месец је јануар, док је јул најтоплији. Годишња просечна количина падавина је мало већа у односу на остале делове земље због близине извора влаге на западу. Количина падавина расте када се крећемо ка југу: Шабац 634 мм, Лозница 840 мм, а на планинама преко 1.000 мм.

У Западној Србији постоји разноликост површинских и подземних вода. Реке попут Дрине, Колубаре, Градца и Јадра су богате водом. На кречњачким теренима се појављују извори, док су долине често испуњене језерима и кратким понорима.

У северном делу регије, земљиште је ниско и често подводно, подложно плављењу подземних и површинских вода. Ту се јављају и мочварна подручја, при чему је најпознатија Засавица, познати природни резерват. Јужни део ове регије обухвата предиван мозаик зелених шума, ливада и пашњака. Земљиште у овом делу је више, добро дренирано, али је истовремено изложено ерозији и испирању (Стеван П. и сар., 2014). Можемо пронаћи чернозем, алувијално и мочварно земљиште, као и гајњаче, смонице и рендзине.

Пријепоље и шира околина (Пријепољски крај) обухватају средње Полимље, што је углавном брдско-планински регион, што се огледа и у просечној надморској висини од око 1200 м. Најнижа тачка у овом подручју је ушће Милешевке у Лим, на надморској висини од 440 м, док високе планине које се уздижу изнад Лиме достижу висину од 1734 м, као што је врх Катунић на Јадовнику.

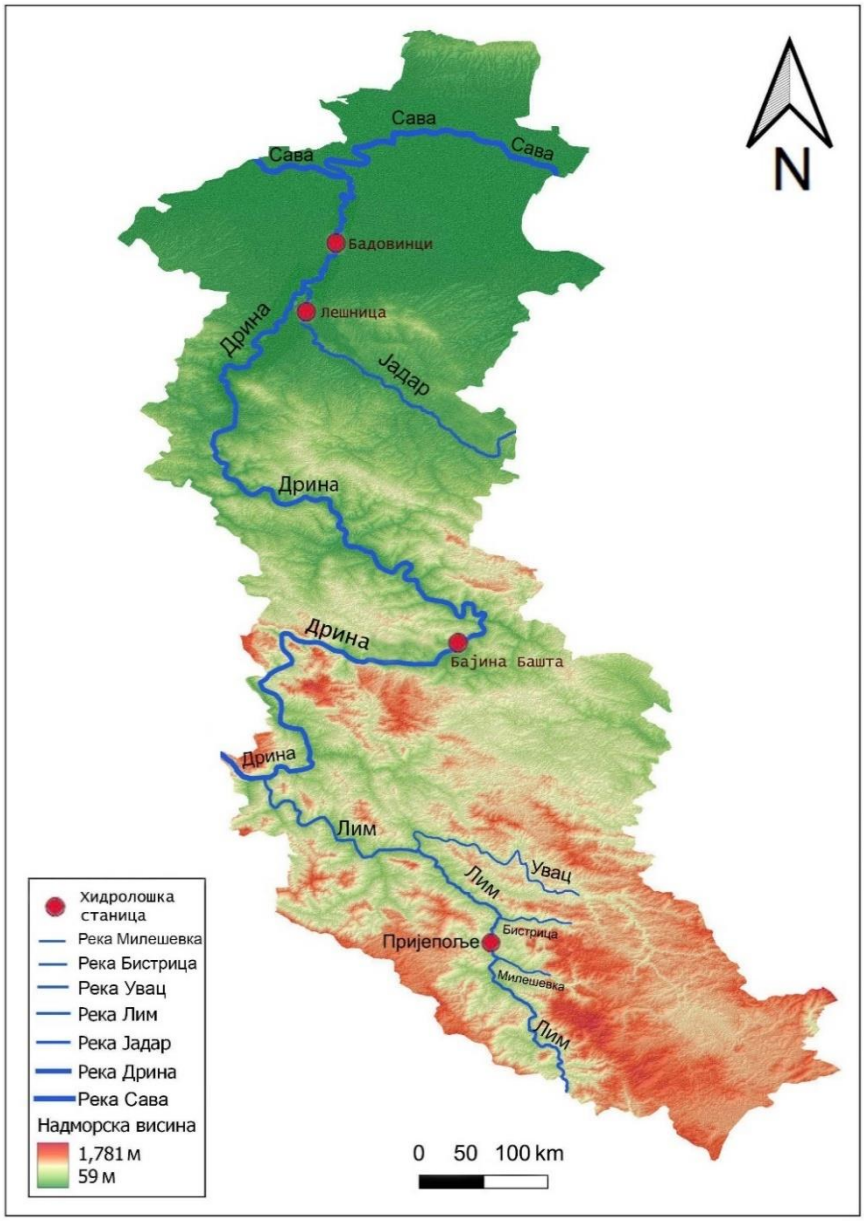
Пријепоље се сместило на додиру маритимних и континенталних ваздушних маса. Од мора је ваздушном линијом удаљено 140 км, а од Панонске низије 160 км. Међутим, између Јадранског мора и Панонске низије испречили су се високи планински венци чија висина местимично прелази и преко 2500 м. Они спречавају дубље продирање континенталних и

маритимних утицаја на простору пријепољског краја. Стога се Пријепоље може убрајати у градове са умереном – континенталном климом која је знатно модификована рељефним утицајем. Средишња годишња температура је око 9,3°C. Средње најнизе температуре ваздуха су у јануару око -2,8°C, док су средње највише у јулу са око 19,1°C (Прохаска и сар. 2004).

Старо језгро Пријепоља, развило се на алувијалним равнима и речним терасама десне обале Лима на месту на ком се у њега улива Милешевка. Данас се Пријепоље развило око Лима, чија га долина пресеца правцем југоисток – северозапад, и његових притока Милешевке и Сељашнице.

3.1.1. Дрина

Дрина, која има дужину од 346 км, простире се на површини од 19.570 км2. Она припада сливу Црног мора и настаје када се реке Тара и Пива споје код Шћепан Поља (на надморској висини од 470 м), формирајући типичну долинску реку Дрину с многим променама у правцу. Слив обухвата југозападни и западни део Србије, северни део Црне Горе и источни део Босне и Херцеговине (Слика 2). Река тече из југа према северу и има много притока. Веће притоке с леве стране су Сутјеска, Бистрица, Прача и Дрињача, док су са десне стране Ћехотина, Лим, Рзав, Љубовића и Јадар. Дрина је највећа притока реке Саве, која се улива близу Сремске Раче. Најдужи кањон Дрине протеже се од Жепе до Клотијевца (24 км). Интензивна ерозија у кречњачким масивима створила је дубоке и уске кањоне који су готово непроходни. Ширина реке варира од 15 м на месту познатом као Тијесно до 200 м код Перућца и Зворника. Већи градови кроз које протиче Дрина су Фоча, Горажде, Вишеград, Бајина Башта, Зворник и Лозница (Прохаска и сар. 2004).



Слика 2. *Ток реке Дрине са њеним десним притокама и мерним станицама*

Река Дрина има типичан водни режим који се карактерише снегом и кишом, с примарним врхунцем водостаја у априлу и секундарним у децембру. Већи део реке пролази кроз планинска подручја, а њен горњи ток се налази у високим планинама Динарида, што резултира обилним падавинама и топљењем снега и високим протоцима. Река има укупан пад од око 2000 метара на дужини од отприлике 500 км (извор се налази на приближно 2000 метара надморске висине, док је ушће на око 80 метара). Поред Тара и Пиве, река Лим је

најзначајнија притока Дрине. Дрина је најводоноснија притока реке Саве с просечним протоком од 395 м³/с на ушћу. Дужина тока Дрине, од споја Таре и Пиве до ушћа, износи 346 км. Висока концентрација растворeног кречњака даје водама Дрине карактеристичну зелену боју. Посебно у доњем току, Дрина формира бројне меандре који пролазе кроз уске кањоне и долине, због чега се сматра једном од најлепших река на Балкану. Ток Дрине може се поделити у четири природне целине: изворишни токови (Тара и Пива), горњи ток, средњи ток и доњи ток. Најважнија притока Дрине је река Лим, која се улива с десне стране (Leščešen et al., 2015).

Квалитет воде за наводњавање реке Дрине анализиран је на две мерне станице: Бадовинци и Бајина Башта. Локације анализираних мерних профила приказане су на сликама 3 и 4.

Слика 3. *Локација мерне станице Бадовинци, Дрина*

Слика 4. *Локација мерне станице Бајина Башта, Дрина*

3.1.2. Јадар

На територији општине Лозница пролази Јадра у дужини од 35 км. Укупна дужина реке Јадра је 79 км, а површина слива износи 878 км². Пад реке од извора на надморској висини од 470 м до ушћа у Дрину на надморској висини од 103 м износи 367 м. Слив реке Јадра има асиметричан облик, с израженијом и пространијом левом страном у односу на десну. Због тога, највећи притоци се сливају с леве стране, као што су Ликодра (дужина 27 км), Пецка (дужина 24 км) и Коренита (дужина 23 км), док је најдужа и најзначајнија десна притока Церница са својих 20 км тока (Ивковић М. и сар., 2012).

На Јадру се налазе хидролошке станице Лешница (основана 1926. године) и Завлака (у функцији од 1959. године). Високи водостај се обично јавља у фебруару и мају као резултат топљења снега и пролећних киша. Ниски водостај и проток су уобичајени у августу и

октобру због мањих количина падавина, високих температура ваздуха и повећане испаравања током летњих месеци.

Током периода високих вода, просечан проток на хидролошкој станици Лешница се креће између 15 и 18 м³/с, док током периода ниских вода износи између 3 и 4,5 м³/с. Просечан проток Јадра је 8,75 м³/с. Најнижи забележени проток Јадра икада је био у првом делу октобра 1961. године (0,19 м³/с), док је апсолутни максимум забележен 20. децембра 1968. године (157 м³/с) (Јовановић М. и сар. 2009).

Квалитет воде за наводњавање реке Јадар анализиран је на једној мерној станици, Лешница. Локација анализираног мерног профила приказана је на слици 5.

Слика 5. *Локација мерне станице Лешница, Јадар*

3.1.3. Лим

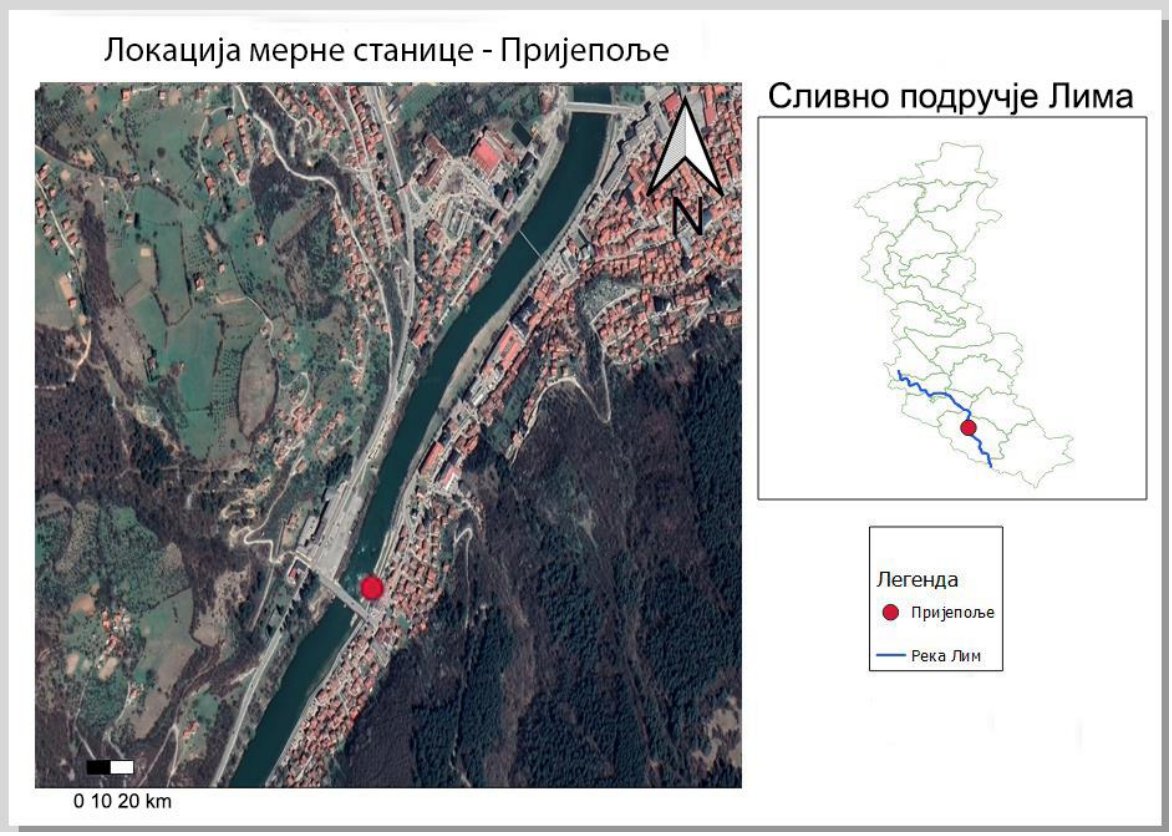
Река Лим протеже се кроз Црну Гору, Србију и Босну и Херцеговину у дужини од 220 км и улива се у Дрину. Њен извор налази се у Плавском језеру у Црној Гори, а улива се у Дрину између Горажда и Вишеграда. Дуж реке Лим налазе се две хидроелектране, Поптећ (54 MW) и Бистрица (104 MW), између којих се налази вештачко акумулационо Потпећко језеро. Река сама формира комплексну долину која се састоји од клисура и котлини које се измењују (Прохаска С. и сар., 2004).

Лим настаје у плавско-гусињској котлини и тече ка северозападу кроз клисуру Сутјеску, излази у Беранску котлину, прелази у Тивранску клисуру, отвара се Бјелопољска котлина, а затим улази у Дубраковачку клисуру која се на крају претвара у кањон дугачак 11 км с високим литицама до 550 м.

Након Куманичке клисуре, река улази у Бродаревску котлину, а затим се обале поновно сужавају, да би се отвориле у Пријепољском пољу, где се придружује речица Милешевка. Након Пријепоља, следи нова клисура која се протеже до ушћа реке Увац. У овом делу, Лим је преграђен и формирано је вештачко акумулационо Потпећко језеро запремине 44.000.000 м^3, на којем се налазе две хидроелектране, од којих једна користи језеро као акумулацију, а друга као компензациони базен.

Лим тече према сливу Дрине преко Проклетија, док на истоку тече према сливу Ибра, Мокре, Смиљевице, Турјака, Пискавице и Крстача. Након ушћа Увца, река Лим се спушта низводно у великим кривинама до долине Дрине и улива се у Дрину код места Међђа. На ушћу у Дрину, река Лим је широка 90 м, а дубина досеже до 5 м. Ширина и дубина реке варирају дуж тока: код Бијелог Поља, ширина је 45 м, а дубина 2 м; код Пријепоља, ширина је 60 м, а дубина до 2 м. У неколико делова кањона, ширина реке је само 3 м (Прохаска С. и сар., 2004).

Квалитет воде за наводњавање реке Лим анализиран је на једној мерној станици, Пријепоље. Локација анализираног мерног профила приказана је на слици 6.



Слика 6. *Локација мерне станице Пријепоље, Лим*

3.2. МЕТОДИ И КЛАСИФИКАЦИЈЕ ЗА ОЦЕНУ КВАЛИТЕТА ВОДЕ

Оцењивање квалитета воде се обавља анализирањем параметара који утичу на њен квалитет за одређеног корисника. На пример, анализирају се параметри који могу имати негативан утицај на здравље потрошача, као што је састав воде за пиће. Такође, квалитет воде која се користи за наводњавање може имати негативан утицај на земљиште, опрему за наводњавање и биљке које се користе за исхрану људи и животиња. Закон о водама (Сл. Гласник РС, бр. 30/2010, 93/2012 и 101/2016) прописује да вода која се користи за наводњавање пољопривредних култура мора да испуњава одређене услове у погледу квалитета, узимајући у обзир тип земљишта, начин наводњавања и пољопривредну културу. Ипак, у прописима Републике Србије не постоји класификација квалитета воде која би узела у обзир параметре који имају директан утицај на агрономски аспект. Постоји "општа" оцена

квалитета воде која се користи за *заштиту и побољшање квалитета површинских и подземних вода класификацијом водних тела* (члан 111 Закона о водама) применом *правилника о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода* (Сл. Гласник РС, бр. 74/2011). Граничне вредности загађујућих супстанци у површинским и подземним водама и седименту, као и рокови за њихово достизање дефинисани су *уредбом* (Сл. Гласник РС, бр. 50/2012). У оквиру наведеног, вода се може класификовати у пет класа, од којих прве четири могу да се користе, између осталог и за наводњавање, док последњу класу није могуће употребљавати ни у једну сврху.

Неопходно је да се оцени вода за наводњавање, да се класификује у складу са могућим утицајима које може проузроковати, односно према параметрима који имају директан утицај на цео систем наводњавања. Критеријуми за оцењивање могу бити еколошки, агрономски, технички и економски, а граничне вредности тих параметара треба да буду дефинисане у складу са истим. У овом раду извршена оцена применом ФАО класификације, класификације USSL, категоризације вода по Нејгебауеру и „општа“ оцена квалитета воде, методом SWQI. Не постоји једна универзална метода и из тога разлога се ради више класификација. Резултати исте воде при употреби различитих класификација могу да се разликују, јер су критеријуму често локалног карактера, па је стога разлика разумљива. Поред тога, различите класификације обухватају мањи или већи обим параметара.

3.2.1. Параметри квалитета воде

Параметри квалитета воде који су анализирани за потреба класификација воде за наводњавање су следећи: натријум, магнезијум, калцијум, калијум, хлориди, нитрати, бикарбонати, укупни оксиди азота, електропроводљивост, суви остатак, pH вредност, температура воде, засићеност воде кисеоником, петодневна биолошка потражња кисеоника, суспендоване материје, ортофосфати и амонијум јон се издваја.

Натријум (Na^+) се издваја као један од кључних параметара квалитета воде за наводњавање, пре свега због могућег негативног утицаја на земљиште, али и на саме

пољопривредне културе. У сувишним концентрацијама утиче на процесе деградације структуре земљишта и нарушава његово водоно-ваздушне карактеристике, тј. првенствено утиче на инфилтрационе спосопбности, нарочито уколико је његова концентрацију односу на присутни калцијум и магнезијуме велика. Тај однос се изражава углавном преко вредности SAR (Sodium Adsorption Ratio) која одсликава релативну активност водорастворљивог натријума у адсорпционим рекацијама са земљиштем. Такође, при високим концентрацијама у води, испољава токсичност, а већина дрвећа и вишегодишњих дрвенастих биљака осетљива је и на мале количине. Симптоми токсичности јављају се углавном у каснијим фазама развоја, јер је период акумулације овог катјона до токсичног нивоа релативно дуг, а манифестују се у виду опекотина или сушења ткива на спољним ивицама, према лисном центру. Биљкама осетљивим на натријум припадају орах, лимун, наранџа, авокадо, бресква, пасуљ, грашак, кукуруз итд. (Ayers & Westcot, 1985; Миљковић, 2005; Hopkins et al., 2007; Белић и сар., 2011). Промене натријума су значајне у површинским водама због утицаја отпадних вода, а широко се примењују у многим индустријама и у домаћинству.

Магнезијум (Mg^{++}) је двовалентни катјон чији се садржај у водама често занемарује, осим што фигурише у обрасцу за SAR вредност. Међутим соли мегнезијума су водорастворне и испољавају токсичне ефекте на биљке. Поред тога, магнезијум јон има велику моћ хидратације па утиче на распон приступачне влаге и пептизацију земљишнх колоида (Миљковић, 2005).

Калцијум (Ca^{++}) је пети најзаступљенији елемент у природним водотоцима (Obiefuna & Sheriff, 2011). Исто као и магнезијум, неопходан је биљни елемент, али у повећаним количинама утичу на деловање минералних ђубрива преко свог утицаја на промену pH вредности земљишта. Калцијум може да ограничи производњу изазивајући недостатак неопходних елемената као што су фосфор, гвожђе, цинк, магнезијум, и др. (Al-Shammiri et al., 2005). Калцијум има важну улогу у стабилизацији структуре земљишта. Додавање калцијума у земљиште може да помогне у смањењу компактности земљишта и побољшању пропусности ваздуха и воде кроз земљиште. Ово може да побољша раст и развој корена биљака, што може допринети бољој усвојљивости воде и хранљивих материја. Додавање калцијума у земљиште може такође да помогне у контроли киселиности земљишта.

Kalijum(K^+) може неповољно да утиче на структуру земљишта иако је биогени елемент. Такође, високе концентрације могу имати токсичан утицај на биљке (Белић и сар., 2011), стога је битно балансирати његову концентрацију. Превелика количина калијума у земљишту може довести до pH вредности која није погодна за раст биљака, а такође може утицати и на усвајање других хранљивих материја попут магнезијума и калцијума. Због тога је важно пажљиво прилагођавати количину и начин примене калијума у земљишту, узимајући у обзир потребе биљака и карактеристике земљишта.

Азот Проблеме могу да проузрокују нитрати и амонијачни азот (NO_3-N и NH_4-N). Високе концентрације штетно делују на производњу осетљивих биљака (на азот), док је за неосетљиве благотворан. У превеликим дозама изазива сувишан пораст надземне масе биљака у односу на корен, па се смањује отпорност биљака на сушу. Азот утиче и на водни режим биљака, јер оне интензивније транспиришу, тј. троше више воде за стварање суве материје уколико су обилније снабдевене овим елементом. Поред тога, висока концентрација може да изазове и сувишан развитак алги које запушавају цевоводе, емитере, вентиле и др. (Стојићевић, 1996).

Хлориди (Cl^-) најчешће испољавају ефекат токсичности на биљке. Они се не адсорбују у земљиште, већ се крећу са водом, па их коренов систем усваја, крећу се кроз биљк и акумулирају у листове. Токсично дејство се испољава у облику опекотина или одумирања ткива. Такви листови рано опадну и настаје дефолијација биљака (Ayers & Westcot, 1985).

Анјон сулфати (SO_4^-) ограничава усвајање калцијума вероватно што се њиме таложи (Миљковић, 2005). Његово је присуство свакако важно због односа са осталим елементима, а при високим концентрацијама може да испољи токсично дејство.

Бикарбонати (HCO_3) у води, приликом наводњавања орошавањем могу се наталожити на плодовима и листовима у виду белих талога, што смањује продајну вредност производа. Тај бели талог није подложан каснијем испирању заливањем. Такође, може узорковати запуштање делова опреме. Поред тога, у високим концентрацијама може да ограничи усвајање појединих елемената, као нпр. цинка (Ayers & Westcot, 1985).

Електропроводљивост (електрични кондуктивитет – ЕС) је параметар који указује на концентрацију соли у води, и у директној је вези са сумом катјона и анјона, односно има чврсту корелацију са сувим остатком (С.О.). Један је од најважнијих критеријума за оцену квалитета воде за наводњавање. Повишене вредности ЕС указују на могуће неповољне последице по биљке, земљиште и опрему. Проблем се јавља уколико концентрација на том нивоу узрокује губитак приноса. При одређеним присуству соли, биљка није у могућности да усвоји довољну количину воде из земљишног раствора што резултује водним стресом. Некада ефекти могу бити и „невидљиви“, јер се одражавају смањењем приноса на читавом пољу (Ayers & Westcot, 1985). Повећане концентрације могу довести до поремећаја у минералној исхрани, до дисбаланса биљног хормона, до стварања слободних радикала који оштећују ћелијске мембране итд. (Marschner, 1995). Дугорочно заливање заслањеном водом повећава салинитет земљишта. Како је електропроводљивост у директној вези са садржајем катјона и анјона, последице високе вреености ЕС јесу све оне које засебни елементи могу проузроковати, односно њихов међусобни однос. Међутим, и ниске вредности могу проузроковати проблеме, тј. могу довести до слабе пропустљивости земљишта због велике количине „чисте воде“ која раствара и одстрањује калцијумове и друге растворљиве соли у тлу. Такође, може довести до корозије опреме (Ayers & Westcot, 1976).

pH вредност као индикатор киселости и алкалности ретко представља проблем сам по себи. Међутим, уколико је ван „нормалних“ граница, указује на присуство одређених врста водорастворних соли и специфичних јона, и такву воду неопходно је детаљно испитати. Могућ распон pH вредности је широк, а за нормалан раст и развој биотичког света истиче се распон вредности од 6,5 до 8,4. Сем тога, реакција средине утиче на растварање (pH испод 8,4), односно на таложење соли (pH изнад 8,4) (Белић и сар., 2011; Миљковић, 2005).

Поред, већ дефинисаних утицаја параметара неопходних за оцену квалитета за наводњавање, од преосталих параметара значајније се истичу температура воде и суспендоване материје, што свакако не умањује значај осталим, општих показатеља који својим карактеристикама и интеракцијом са другим параметрима представљају важан део целокупног стања квалитета.

Температура воде која је оптимална при наводњавању је око 29-30°C, док су минималне око 19,а максималне око 34 степена (Вучић, 1976). Ниске температуре код већине култура

успоравају раст и смањују принос и до 15%, а поред тога свакако је могућ температурни шок у летњим месецима.

Суспемдоване материје у води за наводњавање имају неповољан утицај на технологију наводњавања и на водопропустљивост земљишта. Када се налазе веће количине погоршава се фунционалност појединих елемената, а нарочито је могуће запушавање емитера при наводњавању капањем, при чему долази до неуједначене дистрибуције воде у пољу. Такође, могуће је таложење материја на лишћу наводњаваних биљака. Приликом заливања потапањем или из бразда, вода која стално тече носећи велике количине суспендованих наноса може да проузрокује проблеме водопропустљивости земљишта. Тако може да се проузрокује појава покорице која отежава клијање и ницање биљака (Стојићевић, 1996).

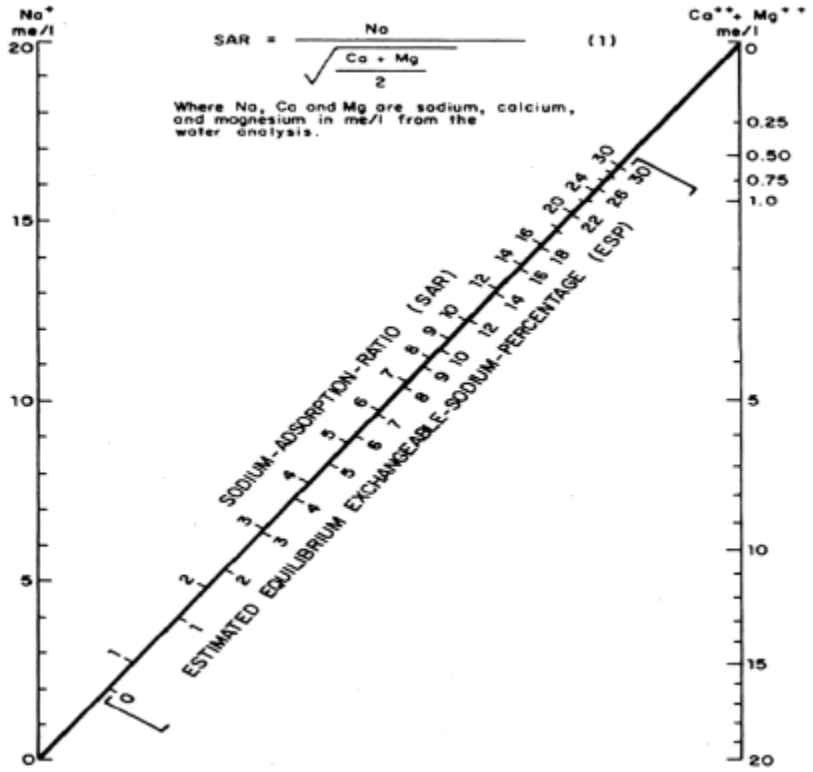
Може се закључити да сви параметри у сувише високим, али и ниским концентрацијама испољавају негативан утицај на целокупан систем за наводњавање. Стога, важно је правилно дефинисати њихове граничне вредности и у складу са њима вршити оцену квалитета воде за наводњавање, на основу које ће се предузимати мере минимизације потенцијалних проблема, односно максимизације добити, како економски тако и еколошки.

3.2.2. USSL класификација

Класификација Америчке лабораторије за заслањена земљишта (USSL) (Richards, 1954) разматра опасност од процеса заслањивања и алкализације. Оцена се врши преко вредности електропроводљивости која показује укупну концентрацију соли у води и путем вредности SAR као показатељ релативне активности натријума у измењивим реакцијама у адсорптивном комплексу земљишта, тачније показатеља потенцијалне адсорпције натријума. Ако у води преовладава натријум над калцијумом и магнезијумом, опасност од алкализације је већа, и обрнуто. Према томе, овом класификацијом се утврђује апсолутни и релативни садржај појединих јона. Вредност SAR рачуна се према обрасцу:

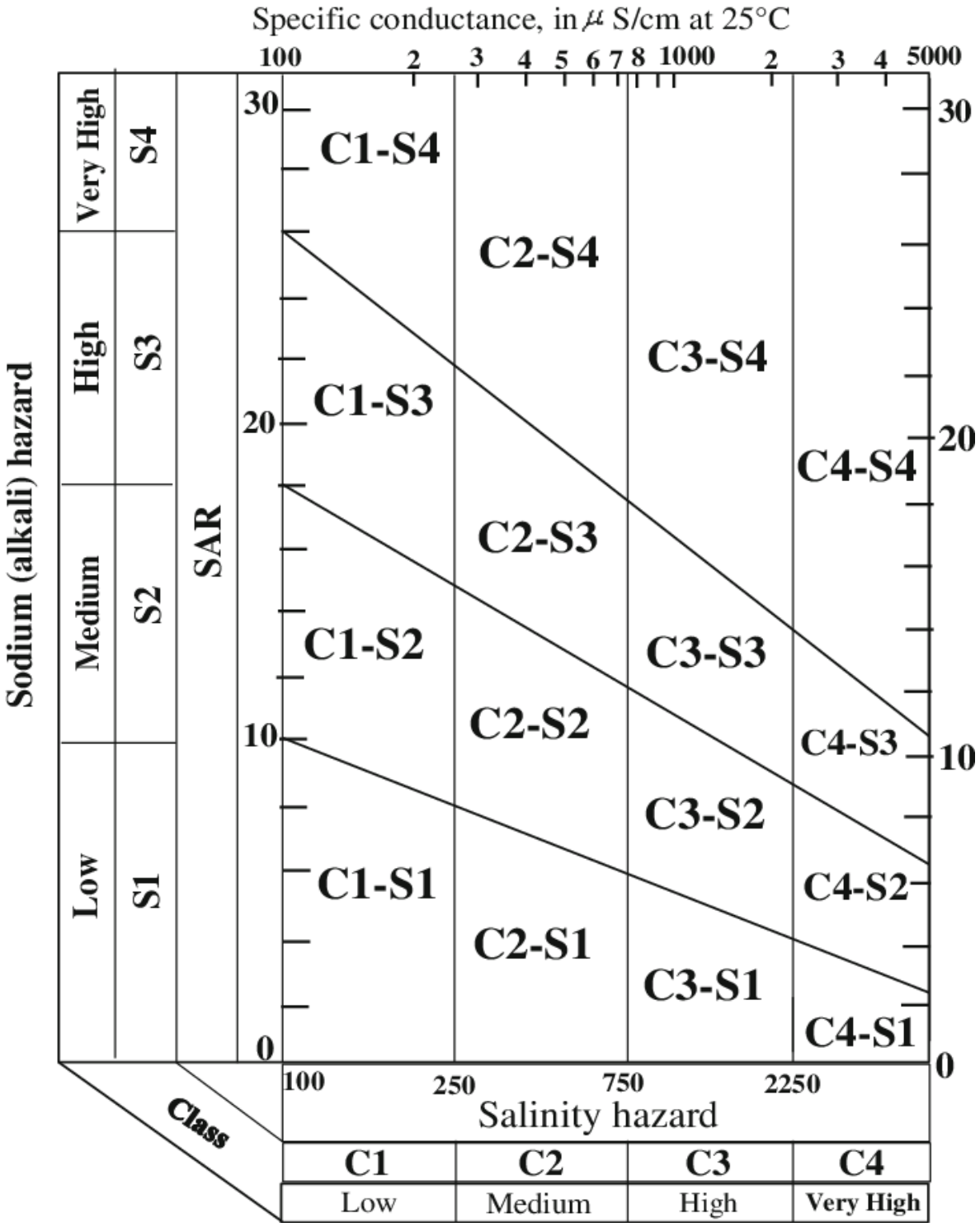
$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Садржај катјона изражен је у meq/l. Одређивање вредности SAR могуће је и номограмом (Слика 7).



Слика 7. *Номограм за одређивање SAR вредности (Richards,* 1954)

Користећи вредности EC i SAR, помоћу дијаграма (Слика 8) одређује се класа воде за наводњавање. Вода се према опасности од заслађивања класификује у класе C1 до C4, односно у класе S1 do S4 са аспекта алкализације. Већа вредност индекса указује на већу вредност EC i SAR, тј. на већу опасност примене воде за наводњавање. Свакако, оцена квалитета воде треба да се врши узимајући у обзир гајене биљке и земљиште, као и уз прилагођавање климатским условима.



Слика 8. *Дијаграм за класификацију воде за наводњавање (Richards,* 1954*)*

Оцена употребљвости се описује кроз класе „C“ од мало слане до врло слане воде и „S“ од малог до врло високог садржаја јона натријума (Табела 2).

Табела 2. *Оцена употребљивости воде за наводњавање по klasifikaciji US Saliniti laboratory (Vučić, 1976)*

Класа воде	Основна својства воде	Употребљивост воде
Опасност од заслањивања		
C1	Мало слана вода	Може се употребити за наводњавање већине биљака на већини земљишта, са незнатним изгледом да ће се проблем заслањивања развити. Извесна испирања су потребна али она се иначе спроводе под нормалним условима наводњавања, изузев код земљишта екстремно ниске водопропустљивости.
C2	Средње слана вода	Може се употребити за наводњавање ако постоје услови за испирање средњег интезитета. Биљке средње толерантности према солима могу се гајити у већини случајева без посебних мера за сузбијање заслањивања.
C3	Слана вода	Не може се користити на ограничено дренираним земљиштима. Чак и код довољне дренираности потребне су посебне мере за спречавање заслањивања а такође је потребан и избор биљака високе толерантности према солима.
C4	Врло слана вода	Није погодна за наводњавање под нормалним условима али се може употребити под специјалним околностима. Земљиште мора бити пропустљиво и добро дренирано, при заливању вода мора да се додаје у сувишку који ће обезбедити испирање а треба вршити и избор култура врло толерантних према солима.

Tabela 2. *Наставак*

Класа воде	Основна својства воде	Употребљивост воде
Опасност од алкализације		
S1	Мали садржај Na	Може бити употребљена за наводњавање већине земљишта са малом опасношћу да ће се појавити штетни ниво адсорбованог Na. Међутим, биљке осетљиве према Na (нпр. коштичаво воће) могу акумулирати знатне количине.
S2	Средњи садржај Na	Представља приметну опасност од алкализације за земљишта која имају висок капацитет адсорпције, посебно у условима слабог испирања и одсуства гипса у земљишту. Вода може да се употреби у земљишту грубе текстуре или органоминералним земљиштима добре пропустљивости.
S3	Висок садржај Na	Може довести до штетног нивоа адсорбованог Na код већине земљишта и захтева специјалне мере – добру дренажу, испирање, додавање органиских материја. Код земљишта која садрже гипс не може доћи до појаве штетног нивоа адсорбованог Na. Хемијска поправна средства могу се применити ради субституисање адсорбованог Na, изузев оних чија практична примена није могућа код врло слане воде.
S4	Врло висок садржај Na	Углавном је незадовољавајућа за сврхе наводњавања, изузев код сланих, а можда и средње сланих вода где растварање калцијумових соли из земљишта или примена гипса и других поправних средстава омогућавају употребу оваквих вода.

3.2.3. ФАО класификација

ФАО класификација (Ayers & Westcot, 1985) разматра потенцијалне проблеме употребе воде за наводњавање и дефинише могуће потребе за рестрикцијом воде везане за:

1. Салинитет
2. Степен, тј. брзину инфилтрације воде у земљиште
3. Специфичне токсичне јоне
4. Остале ефекте (NO_3-N, HCO_3, pH)

Заслањеност се разматра са становишта приступачности воде биљкама, као и са аспекта толеранције појединих култура на соли. При томе се анализира укупна концентрација соли

у води у mg/l или се њен садржај изражава преко електропроводљивости (EC) у деци – Сименсима по метру (dS/m).

Могући инфилтрациони проблеми анализирају се преко здруженог утицаја садржаја соли (преко вредности EC) и садржаја, тј. утицаја натријума (преко вредности SAR), јер је брзина инфилтрације воде у земљиште обрнуто пропорционална степену његове заслађености и алкализације.

Од токсичних јона разматрају се натријум, хлор и бор, тј. њихов утицај на принос осетљивих усева код којих чак и ниске вредности могу узроковати проблеме (углавном вишегодишњи засади). Утицај Na^+ и Cl^- дефинисан је различитим граничним вредностима зависно од технике наводњавања.

Остали проблеми који се разматрају односе се на разне утицаје NO_3-N, HCO_3 и одређене вредности pH, као што су редукција приноса, смањење тржишне вредности услед наслага на плодовима и листовима, повећавање трошкова одржавања и поправке опреме услед корозије и сл., разни проблеми везани за абнормалну вредност pH итд. Упутство за процену квалитета воде за наводњавање приказано је у табели 3.

Употреба воде прве категорије, тј. воде "без ограничења за употребу", не представља уобичајен извор проблема за земљиште или биљке, и може се безбедно користити за наводњавање свих врста биљака на свим земљиштима.

Како би се постигли пуни ефекти, важно је изабрати одговарајуће биљне врсте приликом коришћења воде „са ограничењима благог до умереног степена“, а такође је потребно да се повећа опрезност у управљању системом за наводњавање. Оваква вода може да се примењује на лаким, средње лаким и тешким земљиштима која имају добру природну дренажу са дубоким новоом подземне воде. Код тежих земљишта нижих филтрациоих способности, неопходна је вештачка дренажа. У аридним и семи-аридним подручјима неопходно је испирање соли из активне ризосфере земљишта. Посебну пажњу потребно је посветити избору биљне врсте, јер се не могу наводњавати на соли осетљиве и средње осетљиве биљне врсте.

Табела 3. *Водич процене квалитета воде за наводњавање (Ayers & Westcot,* 1985*)*

Могући проблеми током наводњавања	Јединица	Потребе за рестрикцијом употребе воде Без	Умерено	Могуће
Салинитет (утицај салинитета на приступачност воде биљкама)				
EC или	dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
Суви остатак	mg/l	<450	450-2000	>2000
Инфилтрација (утицај соли на инфилтрацију воде у земљишту)				
SAR=0-3 a EC je	dS/m	>0.7	0.7-0.2	<0.2
3-6		>1.2	1.2-0.3	<0.3
6-12		>1.9	1.9-0.5	<0.5
12-20		>2.9	2.9-1.3	<1.3
20-40		>5.0	5.0-2.9	<2.9
Специфични токсични јони				
Натријум (Na)				
Површинско наводњавање	SAR	<3	3-9	>9
Вештачка киша	meq/l	<3	>3	
Хлор (Cl)				
Површинско наводњавање	meq/l	<4	4-10	>10
Вештачка киша	meq/l	<3	>3	

Трећој категорији припада вода са „високим степеном ограничења употребе“. Може се користити на лаким и средње лаким земљиштима малог капацитета адсорпције, са високом филтрационом способношћу. Потребна су стална испирања соли и редовне анализе квалитета воде. У таквим условима гаје се биљне врсте толерантне на соли.

Квалитети ове класификације огледају се и у томе што дају препоручене вредности параметара укључених у анализу (Табела 4), затим релативну осетљивост биљака на измењиви натријум, толерантност биљака на укупну заслањеност земљишта (Табела 4.1.), а поред тога даје и водич за потребан обим анализа код локализованог наводњавања (Табела 4.2.). Такође, овом класификацијом може се одредити и потребна количина воде за испирање штетних соли, зависно од квалитета воде за наводњавање и заслањености земљишта.

Табела 4. *Препоручене вредности параметара квалитета воде за наводњавање (Ayers & Westcot,* 1985*)*

Параметар	Симбор	Јединица	Пожељне вредности у води за наводњавање
САЛИНИТЕТ			
Укупан садржај соли			
Електропроводљивост	EC	dS/m	0 - 3
Суви остатак	S.O.	mg/l	0 - 2000
Катјони и анјони			
Калцијум	Ca^{++}	meq/l	0 - 20
Магнезијум	Mg^{++}	meq/l	0 - 5
Натријум	Na^{+}	meq/l	0 – 40
Карбонати	CO_3-	meq/l	0 – 0,1
Бикарбонати	HCO_3-	meq/l	0 – 10
Хлориди	Cl^{-}	meq/l	0 - 30
Сулфати	SO_4^{-}	meq/l	0 - 20
НУТРИЈЕНТИ			
Нитрат	NO_3-N	mg/l	0 – 10
Амонијум	NH_4-N	mg/l	0 – 5
Фосфат	PO_4 - P	mg/l	0 – 2
Калијум	K^{+}	mg/l	0 – 2
ТОКСИЧНОСТ			
Бор	B	mg/l	0 – 2
Киселост	pH	1 - 14	6 – 8.5
Адсорбовани натријум	SAR	meq/l	0 - 15

„Проблем“ ове класификације јесте тај што вода која је сврстава у прву категорију према заслађивању, може припадати само другој категорији са аспекта утицаја соли на инфилтрационе способности земљишта, и обрнуто, зато што вода са ниском вредношћу EC може бити узрок погоршавања, смањења брзине инфилтрације.

Табела 4.1. *Толерантност неких биљака према салинитету земљишта (Ayers & Westcot,* 1985*)*

Толерантност	EC (mS/cm)	Биљка	Толерантност	EC (mS/cm)	Биљка
Велика	18	Жути звездан		10	Кромпир
	16	Шећерна репа		10	Мрква
	16	Сирак		10	Црни и бели лук
	16	Јечам		10	Грашак
	12	Цвекла		6	Сунцокрет
	12	Кељ	Мала	4	Пасуљ
	12	Спанаћ		4	Крушка
Средња	10	Раж		4	Јабука
	10	Пшеница		4	Шљива
	10	Овас		4	Кајсија
	10	Кукуруз		4	Бресква
	10	Винова лоза		4	Јагода
	10	Тиквице		4	Ротквица
	10	Парадајз		4	Целер
	10	Паприка		3	Боранија
	10	Купус		2	Сточни грашак

Табела 4.2. *Физичка, хемијска и биолошка својства воде код локализованог наводњавања (Ayers & Westcot,* 1985*)*

Физичка својства	Хемијска својства	Биолошка својства
Неорганске материје Песак Грашак Глина Органске материје Акватичне биљке (фитопланктон алге) Акватичне животиње (пужеви, зоопланктон) Бактерије Делови резане пласике Остаци мазива, уља	Земни алкали Тешки метали Катјони Калцијум Магнезијум Гвожђе Анјони Карбонати Хидроксиди Силкати Сулфиди Хранива Фосфати Амонијум Гвожђе Бакар Цинк Манган	Алге Бактерије Микробиолошке активности Гвожђе Сумпор Манган Ситни акватични организми Јаја пужева Ларве

Код примене ФАО класификације нарочиту пажњу треба посветити токсичном деловању јона Na^+ и Cl^- код наводњавања кишењем биљке. У том делу се препоручује наводњавање током ноћи пошто се на тај начин редукује или елиминише токсично дејство фолијарном адсорпцијом. Истраживања су показала да се таквим начином наводњавања токсично дејство (садржај Na^+ и Cl^- у биљној маси) своди на ниво површинског наводњавања тј. знатно мању вредност. Поред тога, топао и сув ветар је основни узрок повећавања концентрације, адсорпције и одлагања. Важну улоги има правилно подешавање распркивача такође утиче на токсичан утицај. Неопходно је правилно одредити однос времена влажења и сушења између два пролаза распркивача.

3.2.4. Класификација по Нејгебауеру

Класификација по Нејгебауеру потиче још из 1949. године и у широкој је употреби. Основа ове класификације је степен заслађивања изражен преко сувог остатка (mg/l), као показатељ опасности од заслађивања, и однос збира концентрације калцијума и магнезијума према натријуму (и калијуму, за Ia класу), за процену опасности од алкализације (Табела 5).

Табела 5. *Класификација воде по Нејгебауеру (Vučić,* 1976*)*

Класа воде	Подкласа	Услови	Употребљивост воде
I	а б	S.O. < 700mg/l (Ca+Mg):(Na+K)> 3 S.O. < 700mg/l (Ca+Mg):Na > 3	Беспрекорна вода
II		S.O. < 700mg/l (Ca+Mg):Na > 1	Добре воде за наводњавање
III	а б	S.O. < 700-3000mg/l (Ca+Mg):Na > 3 S.O. < 700-3000mg/l (Ca+Mg):Na > 1	Воду коју треба испитати
IV	а б ц д,е	S.O. < 700mg/l (Ca+Mg):Na < 1 S.O. < 700-3000mg/l (Ca+Mg):Na < 1 S.O. < 3000mg/l (Ca+Mg):Na > 3 S.O. < 3000mg/l	Воде непогодне за наводњавање

Према овој класификацији, вода је према употребљивости за наводњавање разврстана у четири класе: I класа (подкласе а и б) – „беспрекорна вода“; II класа – „добре воде“; III класа (а и б) – „воде које треба испитати“ и IV класа (а, б, ц и д) – „воде непогодне за наводњавање

Сматра се да је употребљивост вода за наводњавање оцењена пре класификацији Нејгебауера, у случају да се не располаже обимнијим хемијским анализама, коректна и за препоруку.

3.2.5. Метод индекса квалитета воде – SWQI

Због пораста количине и расположивости података о друштвеној, економској и животној средини потребно је у креирању одговарајућих политика унети смисао у ове податке како би се омогућило доношење најбољих могућих одлука. Уобичајени начин да се избегне мноштво података је да се употребе индекси и индикатори као алат за добијање информација. На тај начин су индекси и индикатори средства предвиђена да смање велику количину података на разумљиву меру, задржавајући суштинско значење о питањима која карактеришу дате податке. Различити корисници имају различите приступе у предузимању активности у домену заштите животне средине и одрживог развоја. Својства индикатора треба да се подударају са потребама њихових корисника и имају лако разумљиве циљеве. Добра "веза" корисник-индикатор ефикасно преноси одговарајуће информације што омогућава кориснику да доноси најбоље могуће одлуке.

Стручњаци у научним и образовним установама очекују од индикатора животне средине поуздане аналитичке вредности. Водопривредна и инспекција заштите животне средине у примени законских одредби, такође, користи индикаторе физичко-хемијског и биолошког квалитета вода добијене поузданим аналитичким поступцима. Са друге стране, јавност не захтева тачне већ описне индикаторе, нпр. да ли је квалитет воде "висок" или "низак". Зато индикатор животне средине намењен јавности треба да буде описан, јасан, лак за разумевање и инспиративан, тако да поспешује активност циљне групе у очувању животне средине. Важно је напоменути да се при креирању описних индикатора увек "жртвује" извесна прецизност изворног нумеричког индикатора животне средине.

У агенцији за заштиту животне средине (www.sepa.gov.rs) развијен је индикатор животне средине за област вода, заснован на методи Water Quality Index (WQI, 1976), при којој се анализира десет физичко-хемијских и микробилошких параметара (Табела 6). Овом методологијом вода се разврстава у пет класа које су дефинисане описним и нумеричким индикатором у зависности од квалитета (Табела 7), према степену чистоће и намени. Воде сврстане у прве четири класе, између осталих намена, могу да се употребљавају и за наводњавање.

Индекс квалитета воде рачуна се према релацији:

$SWQI = \sum qi \times wi$

Где је: qi – квалитативни коефицијент,

wi – тежински коефицијент,

Табела 6. *SWQI параметри и њихове максималне вредности (www.sepa.gov.rs)*

Параметар (јединица мере)	**Максимална вредност (qi x wi)**
Засићеност кисеоником	18
БПК-5 (mg/l)	15
Амонијум (mg/l)	12
pH вредност	9
Укупни оксиди азота (mg/l)	8
Ортофосфати (mg/l)	8
Суспендоване материје (mg/l)	7
Температура (°C)	5
Електропроводљивост (µS/cm)	6
E. Coli (МПН/ 100 ml)	12
$SWQI = \sum qi \times wi$	100

Методом Water Quality Index (WQI) десет одабраних параметара (засићеност кисеоником, БПК5, амонијум јон, pH вредност, укупни азот, ортофосфати, суспендовне материје, температура, електропроводљивост и колиформне бактерије) својим квалитетом (qi) репрезентују особине површинских вода сводећи их на један индексни број. Удео сваког од десет параметара на укупни квалитет воде нема исти релативни значај, зато је сваки од њих добио своју тежину (wi) и број бодова према уделу у угрожавању квалитета. Сумирањем

производа (qi x wi) добија се индекс 100 као идеалан збир удела квалитета свих параметара. У случају када недостаје податак о квалитету за неки параметар вредност аритметички измереног WQI коригује се множењем индекса са вредношћу 1/x, где је x збир аритметички измерених тежина доступних параметара.

Индикатори квалитета површинских вода методом Serbian Water Quality Index добијени су компарацијом показатеља квалитета према нашој старој класификацији и оригиналној методи WQI (Табела 6) (Уредба о класификацији вода међурепубличких водотока, међудржавних вода и вода обалног мора Југославије, Сл. Лист СФРЈ 6/78.).

Табела 7. *Индикатори квалитета површинских вода (SWQI), са припадајућом бојом за ознаку квалитета водотока (www.sepa.gov.rs)*

	Нумерички индикатор	**Описни индикатор**	Боја
Serbian Water Quality Index	100 – 90	Одличан	
	84 – 89	Веома добар	
	72 – 83	Добар	
	39 – 71	Лош	
	0 – 38	Веома лош	
	Нема података*		

*није било мерења или је недовољан број параметара за израчунавање SWQI

Методом SWQI пет индикатора квалитета површинских вода су разврстани према њиховој намени и степену чистоће (Табела 6):

Одличан - воде које се у природном стању уз филтрацију и дезинфекцију, могу употребљавати за снабдевање насеља водом и у прехрамбеној индустрији, а површинске воде и за гајење племенитих врста риба.

Веома добар и *Добар* - воде које се у природном стању могу употребљавати за купање и рекреацију грађана, за спортове на води, за гајење других врста риба (cyprinidae), или које се уз савремене методе пречишћавања могу употребљавати за снабдевање насеља водом за пиће и у прехрамбеној индустрији.

Лош - воде које се могу употребљавати за наводњавање, а после савремених метода пречишћавања и у индустрији, осим прехрамбеној.

Веома лош - воде које својим квалитетом неповољно делују на животну средину, и могу се употребљавати само после примене посебних метода пречишћавања.

4. КОРИШЋЕЊЕ QGIS У ОЦЕНИ КВАЛИТЕТА ВОДЕ

QGIS (Quantum Geographic Information System) је софтвер за геопросторно анализирање и мапирање, који се све више користи у пољопривреди и водопривреди. Овај програм пружа корисницима алате за прикупљање, организовање, анализу и визуелизацију просторних података, чиме им омогућава да доносе информисане одлуке у пољопривредној и водопривредној индустрији.

Прва компонента ГИС-а су просторни подаци, који представљају информације везане за локацију и геометрију објеката на Земљи. Ови подаци могу обухватити различите типове информација, укључујући границе територија, топографске карактеристике, путеве, хидрографију, насеља и пољопривредне парцеле. Просторни подаци се често прикупљају коришћењем ГПС технологије, сателитских снимака, аерофотограметрије или ручног уноса.

Друга компонента ГИС-а је софтверски део, он пружа алате за складиштење, организацију, управљање и анализу просторних података, као и за креирање картографских приказа. Такође, омогућава интеграцију са другим софтверским апликацијама и базама података, што корисницима омогућава да ефикасно користе просторне информације у својим радним процесима.

Трећа компонента ГИС-а је анализа просторних података. Ова функционалност омогућава корисницима да примене различите методе анализе и статистике на просторне податке, идентификују обрасце, везе и трендове, као и да доносе информисане одлуке на основу резултата анализе.

Уз помоћ ГИС-а, могуће је извршити просторну анализу над подацима о квалитету вода и пољопривреди, што пружа могућности за разумевање и оптимизацију процеса у овим секторима.

Могућности примене ГИС-а у водопривреди и пољопривреди су бројне. У водопривреди, ГИС може бити коришћен за праћење и управљање водним ресурсима, идентификацију водних токова и акумулација, планирање система за наводњавање, анализу поплавних подручја, праћење квалитета вода, као и за процену утицаја различитих фактора на водне екосистеме.

У пољопривреди, ГИС пружа могућности за оптимизацију управљања земљиштем, планирање усева, анализу плодности земљишта, прецизно наводњавање, праћење и управљање усевима, као и идентификацију подручја са специфичним пољопривредним потенцијалом. ГИС такође може бити коришћен за анализу промене коришћења земљишта, праћење ерозије тла и процену утицаја пољопривреде на животну средину.

Коришћење ГИС-а у водопривреди и пољопривреди омогућава нам да стекнемо дубље разумевање сложених просторних веза и процеса који утичу на ове секторе. Помаже у ефикасном планирању и управљању природним ресурсима, побољшава продуктивност и одрживост пољопривредне производње, доприноси бољој заштити вода и унапређује одрживи развој руралних подручја.

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

5.1. Квалитет воде реке Дрине

Минималне, максималне и просечне вредности анализираних параметара квалитета воде, добијене на основу узорака захватаних са две мерне станице дуж тока Дрине, у току вегетационог периода од 2011. до 2020. године приказане су у табели 87 (Бадовинци и Бајина Башта). Треба напоменути да је БПК$_5$ мерен само у току 2011 године.

Табела 8. *Минималне, максималне и просечне вредности анализираних параметара на мерним профилима Дрине, вегетациони период* 2011-2020

МС	**Бадовинци**			**Бајина Башта**		
Параметар	**Мин.**	**Макс.**	**Просек**	**Мин.**	**Макс.**	**Просек**
Температура (^oC)	9.5	25.5	17.94	6.7	20.3	15.21
pH vrednost	7.39	8.56	8.11	7.57	8.56	8.09
EC(μS/cm)	248	330	289.67	7.8	372	287.70
Засићеност кисеоником(%)	88	128	99.23	78	140	99.80
БПК$_5$ (mg/l)	0.6	1.2	0.10	1	2.3	0.18
Суспендоване материје (mg/l)	1	181	13.67	1	20	3.93
Укупни оксиди азота (mg/l)	0.38	3.9	1.17	0.33	6.3	1.16
Ортофосфати (mg/l)	0.005	0.07	0.02	0.005	0.044	0.01
Амонијум (mg/l)	0.01	0.18	0.06	0.005	0.42	0.06
Cl^-(mg/l)	1	13.3	5.16	1	18.9	5.21
NO_3-N(mg/l)	0.2	1	0.50	0.2	0.8	0.46
HCO_3(mg/l)	160	241	181.57	0.1	234	181.20
Na^+(mg/l)	0.6	21.6	3.14	0.3	12.5	2.71
Ca^{++}(mg/l)	36	77.2	52.85	0.5	62	51.96
Mg^{++}(mg/l)	2.9	19	7.22	4	16	7.60
K^+(mg/l)	0.1	4.7	1.11	0.3	4	1.18

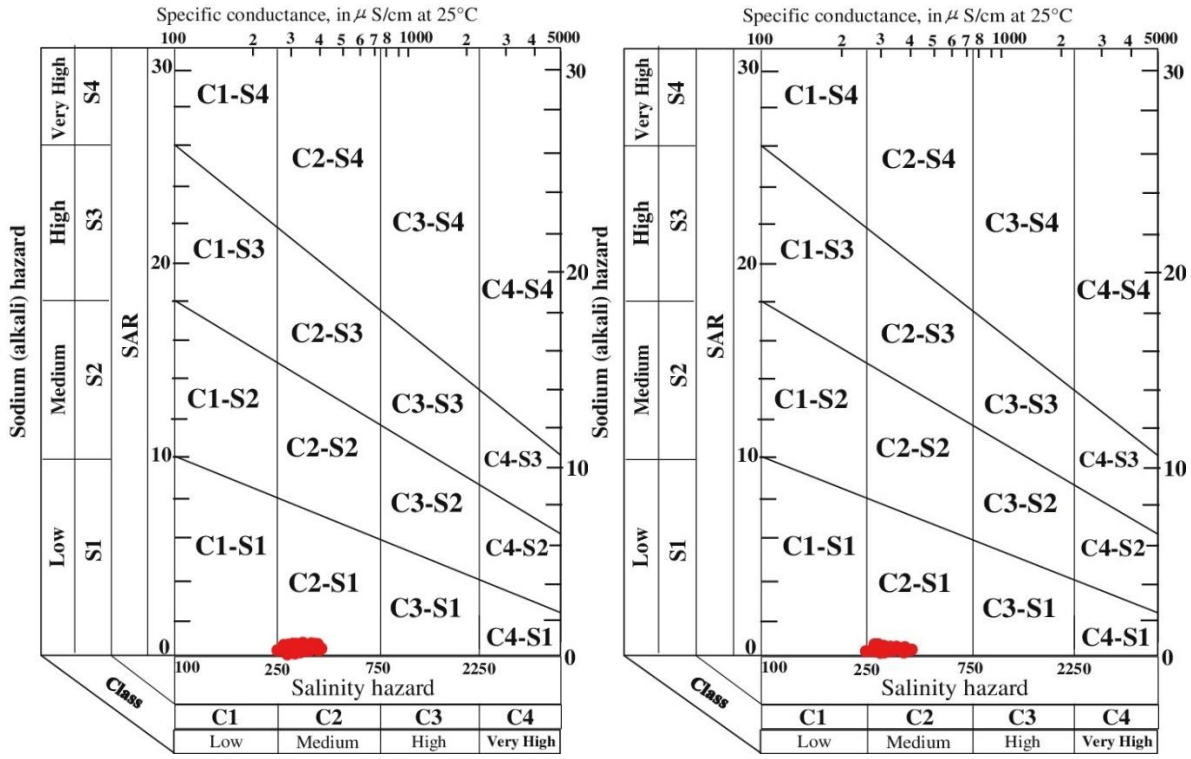
Према ФАО класификацији, река Дрина може да се употребљава без ограничења на мерним станицама Бадовинци и Бајина Башта (Табела 9). Апсолутно сви узорци припадају класи воде без ограничења у употреби (I класа) са аспекта приступачности

воде биљкама и токсичног деловања Na^+ и Cl^-. Такође, првом класом одликују се и са аспекта утицаја нитрита. Са аспекта утицаја соли на инфилтрациону способност земљишта, вода Дрине на испитаним мерним станицама (Бадовинци и Бајина Башта) може се користити без до умереног степена ограничења. Применом ФАО класификације, може се закључити да су разлике у квалитету воде дуж тока Дрине веома мале.

Табела 9. *Процентуална заступљеност појединих класа воде реке Дрине према ФАО класификацији, вегетациони период* 2011-2020

Могући проблем	**Класа**	**Бадовинци**	**Бајина Башта**
Салинитет	I	100%	100%
Инфилтрација	II	100%	100%
Токсичност Na^+	I	100%	100%
Токсичност Cl^-	I	100%	100%
Утицај NO_3-	I	100%	100%
Утицај HCO_3-	I	55.08%	56.67%
	II	44.92%	43.33%

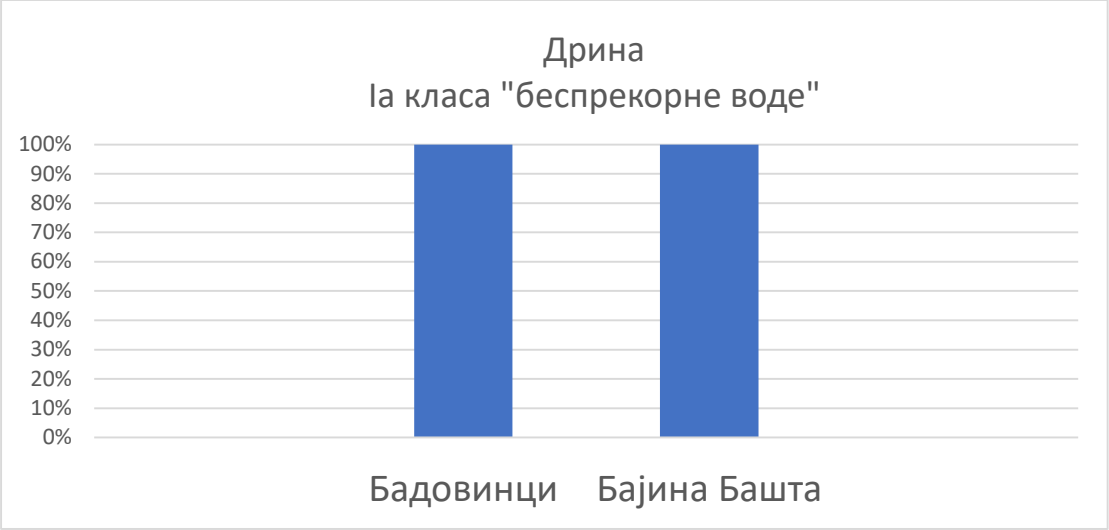
Према критеријумима датим USSL класификацијом, вода реке Дрина дуж посматраног тока у посматраном периоду одражава квалитет класе C2 – S1. То значи да је вода „средње слана са малим садржајем натријума“. Само један анализирани узорак на мерним станицама Бадовинци и Бајина Башта спада у класу C1 – S1 (Слика 9). Такође, може се уочити да су на свим профилима вредности коефицијента адсорпције натријума ближе доњој граници дефинисаној у оквиру класе S1.



а) Бадовинци б) Бајина Башта

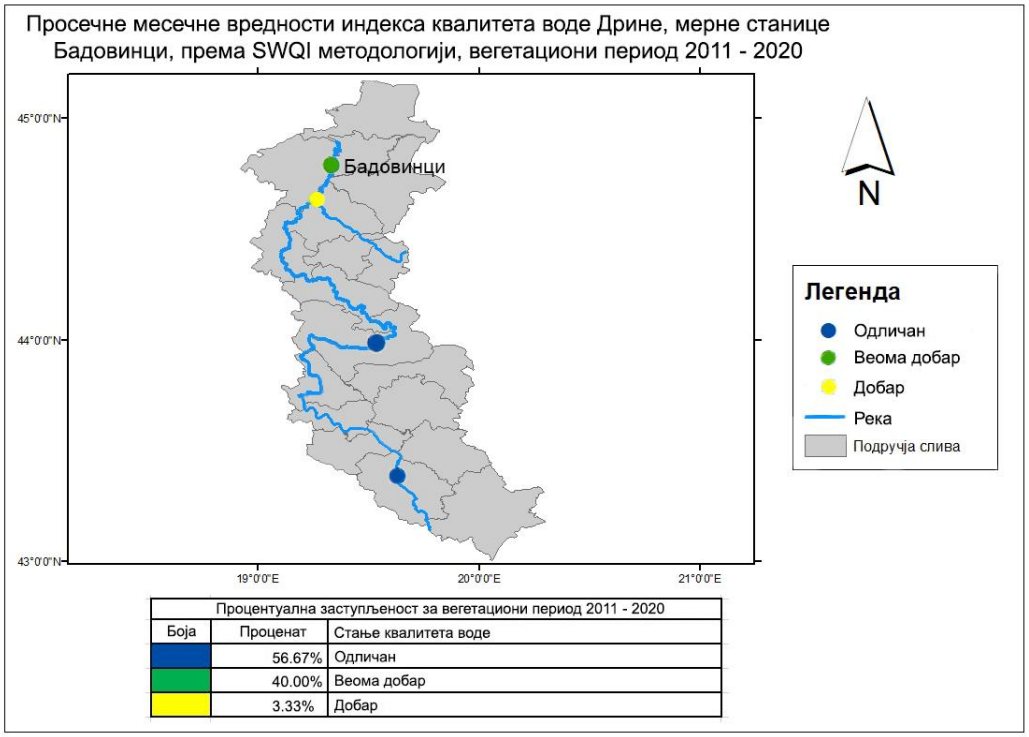
Слика 9. *Класе воде Дрине према USSL класификацији: а) Бадовинци б) Бајина Башта; вегетациони период* 2011-2020

Према класификацији по Нејгебауеру, сви узорци воде на два мерна профила припадају најбољој, Ia класи, (Слика 10) тј. вода реке Дрине код Бадовинца и Бајине Баште је „беспрекорна“ за наводњавање.



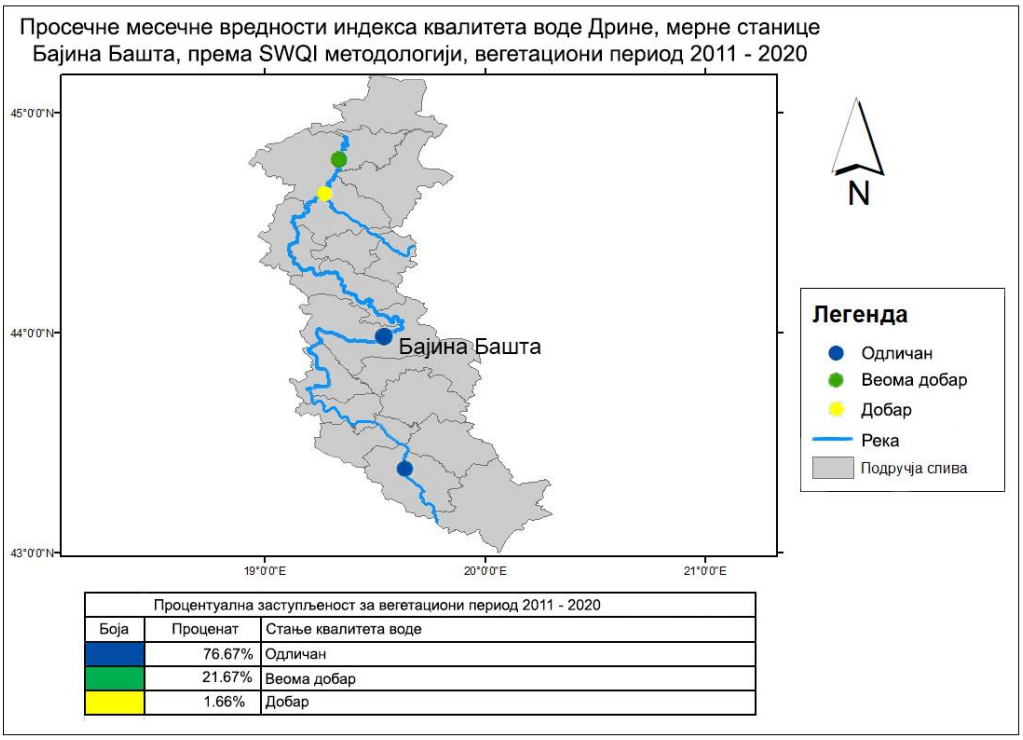
Слика 10. *Класа воде реке Дрине према класификацији по Нејгебауеру, мерне станице Бадовинци и Бајина Башта, вегетациони период* 2011-2020

Резултати добијени применом SWQI методологије указују на то да је квалитет воде одговарао опсегу од прве („одличан“) до треће („добар“) класе (Слика 11). У оквиру ових класа, могућа је употреба воде за наводњавање. Највише узорака у вегетационом периоду са мерне станице Бадовинци припада класи „одличан“ (56.67%), на другом месту је класа „веома добар“ (40.00%) и трећој класи „добар“ припада свега (3.33%). На мерној станици Бајина Башта (Слика 12) забележена је слична ситуација, првој класи „одличан“ припада (76.67%), другој класи „веома добар“ (21.67%), док трећој класи „добар“ припада (1.66%).



Процентуална заступљеност за вегетациони период 2011 - 2020		
Боја	Проценат	Стање квалитета воде
	56.67%	Одличан
	40.00%	Веома добар
	3.33%	Добар

Слика 11. *Процентуална заступљеност појединих класа воде реке Дрине према SWQI методологији, Бадовинци, вегетациони период* 2011-2020



Процентуална заступљеност за вегетациони период 2011 - 2020		
Боја	Проценат	Стање квалитета воде
	76.67%	Одличан
	21.67%	Веома добар
	1.66%	Добар

Слика 12. *Процентуална заступљеност појединих класа воде реке Дрине према SWQI методологији, Вајина Башта, вегетациони период* 2011-2020

За ове две мерне станице може се закључити да је класа воде у већем делу „одличан“ поготово у Бајиној Башти, потом следи класа „веома добар“, док се класа „добар“ најмање појављује. Просечне месечне вредности индекса квалитета вода приказане су у табели 10.

Табела 10. *Просечне месечне вредности индекса квалитета воде Дрине, према SWQI методологији, вегетациони период* 2011-2020

Месец	Април	Мај	Јун	Јул	Август	Септембар
Бадовинци	90	88	89	89	88	92
Бајина Башта	93	93	90	92	91	91

5.2. Квалитет воде реке Јадар

Оцена квалитета воде реке Јадар извршена је на једном мерном месту, на локалитету Лешница. Минималне, максималне и просечне вредности квалитета воде приказане су у табели 11. Треба напоменути да је БПК$_5$ мерен само у току 2011 године.

Табела 11. *Минималне, максималне и просечне вредности анализираних параметара на мерном профилу реке Јадар, вегетациони период* 2011-2020

МС	**Лешница**		
Параметар	**Мин.**	**Макс.**	**Просек**
Температура (^oC)	6.9	29.3	19.10
pH vrednost	7.08	8.59	8.06
EC(μS/cm)	275	579	416.88
Засићеност кисеоником(%)	76	162	107.27
БПК$_5$ (mg/l)	0.8	2	0.13
Суспендоване материје (mg/l)	1	368	44.30
Укупни оксиди азота (mg/l)	0.54	6.6	2.28
Ортофосфати (mg/l)	0.005	0.104	0.03
Амонијум (mg/l)	0.01	0.22	0.07
Cl^-(mg/l)	5	21.1	9.80
NO_3-N(mg/l)	0.2	3.2	1.15
HCO_3(mg/l)	140	339	229.70
Na^+(mg/l)	1.9	16.1	7.10
Ca^{++}(mg/l)	48	89.8	69.45
Mg^{++}(mg/l)	4	25	11.49
K^+(mg/l)	0.9	8.5	2.40

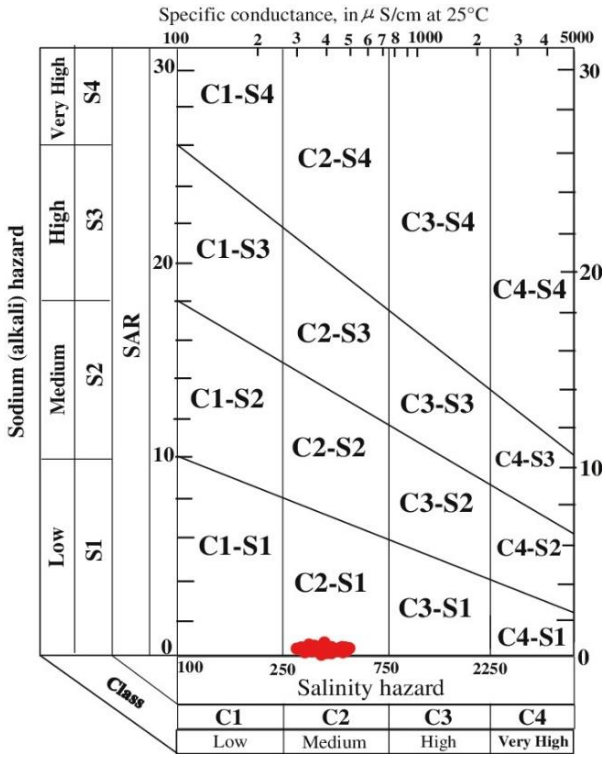
Сви узорци сакупљени на мерној станици Лешница класификовани су у прву или другу класу квалитета према критеријумима ФАО класификације (Табела 12). Вода реке Јадар може се користити без ограничења у односу на опасност од заслађивања, токсичност Na^+ и Cl^-, као и утицај нитрата. Код утицаја бикарбоната, превлађује друга класа (95.00%), што захтева умерену рестрикцију при употреби воде.

Табела 12. *Процентуална заступљеност појединих класа воде реке Јадар према ФАО класификацији, вегетациони период* 2011-2020

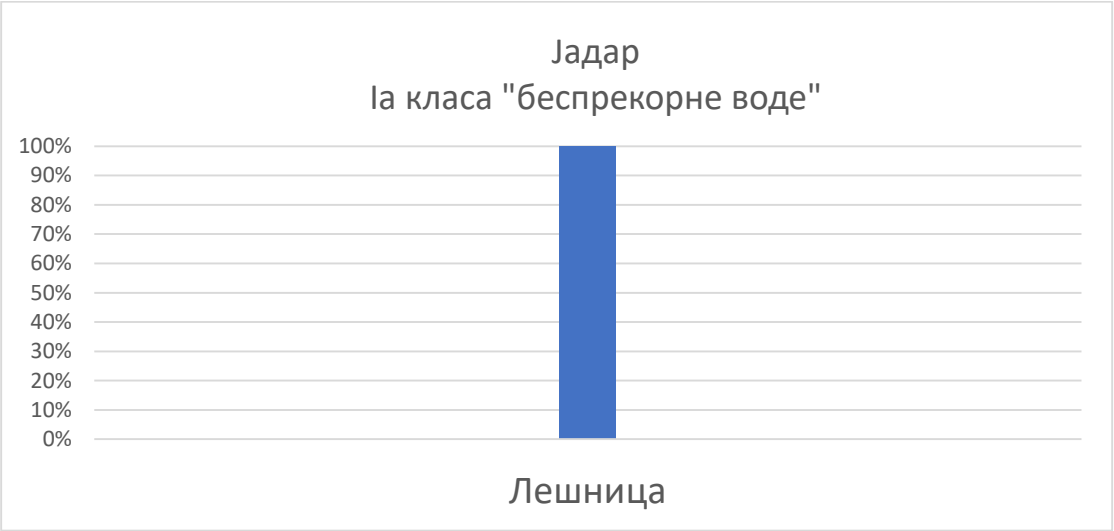
Могући проблем	**Класа**	**Лешница**
Салинитет	I	100%
Инфилтрација	II	100%
Токсичност Na^+	I	100%
Токсичност Cl^-	I	100%
Утицај NO_3-	I	100%
Утицај HCO_3-	I	5.00%
	II	95.00%

Узорци сакупљени на мерној станици Лешница током вегетационог периода припадају класи C2 - S1 према USSL критеријумима. Ова класификација показује да је река Јадар "средње слана, са малим садржајем натријума". Опасност од заслађивања је приближно једнака опасности од алкализације у класи S1, како је приказано на слици 13.

Сви узорци, према класификацији Нејгебауера, припадају најбољој класи Ia. Тачније, вода реке Јадар код Лешнице се показала као "беспрекорна" за наводњавање, што је приказано на слици 14.

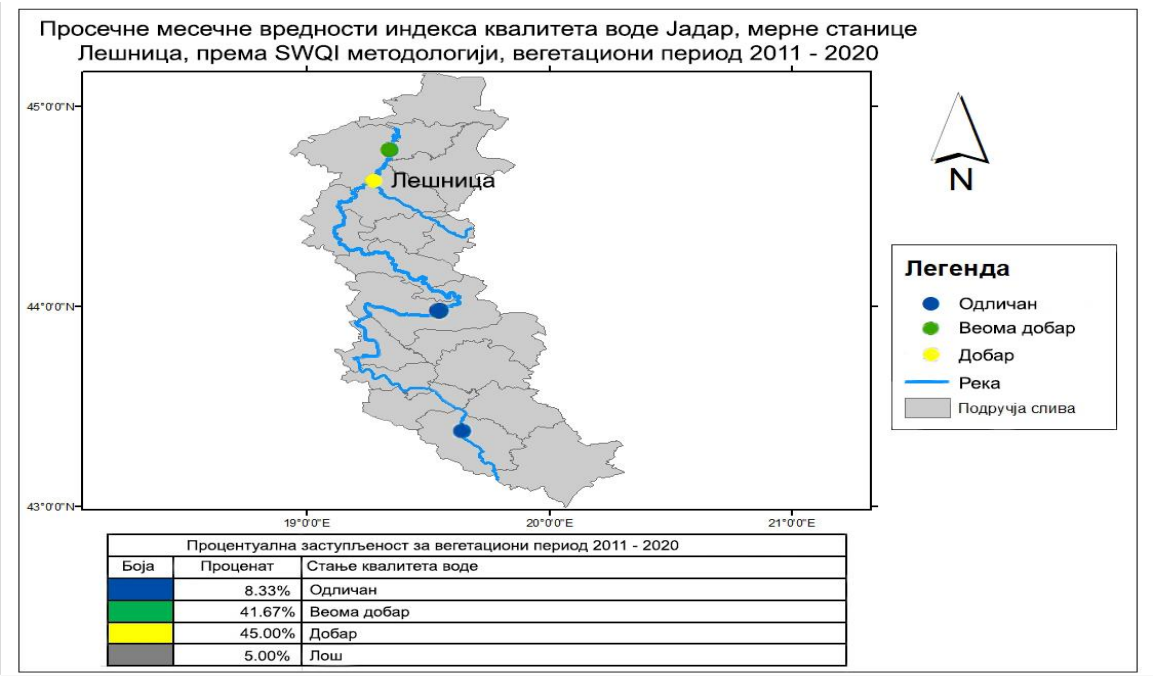


Слика 13. *Класе воде Јадра према USSL класификацији, мерна станица Лешница, вегетациони период* 2011-2020



Слика 14. *Класа воде реке Јадар према класификацији по Нејгебауеру, мерне станице Лешница, вегетациони период* 2011-2020

Методологија SWQI указује на појаве „одличан“ до „лош“ квалитета, с тим да у скоро свакој години преовладава „веома добар“ и „добар“ квалитет, 2012. године је квалитет воде у току целог вегетационог периода био „добар“, док су се у свим осталим годинама у току вегетационог периода мењали поменути квалитети (Слика 15).



Слика 15. *Процентуална заступљеност појединих класа воде реке Јадар према SWQI методологији, Лешница, вегетациони период* 2011-2020

Просечне вредности индекса квалитета воде за вегетациони период 2011-2020 приказане су у табели 13, на основу којих се може закључити да је квалитет воде нешто лошији у периоду сезоне наводњавања.

Табела 13. *Просечне месечне вредности индекса квалитета воде Јадар, према SWQI методологији, вегетациони период* 2011-2020

Месец	Април	Мај	Јун	Јул	Август	Септембар
Лешница	81	81	80	83	82	87

5.3. Квалитет воде реке Лим

Оцена квалитета воде реке Лим је такође извршена на једном мерном месту, на локалитету Пријепоље. Минималне, максималне и просечне вредности квалитета воде приказане су у табели 14. Треба напоменути да је БПК$_5$ мерен само у току 2011 године.

Табела 14. *Минималне, максималне и просечне вредности анализираних параметара на мерном профилу реке Лим, вегетациони период* 2011-2020

МС	**Пријепоље**		
Параметар	**Мин.**	**Макс.**	**Просек**
Температура (°C)	5.4	23.2	15.70
pH vrednost	7.8	8.65	8.26
EC(µS/cm)	210	391	266.87
Засићеност кисеоником(%)	89	133	104.68
БПК$_5$ (mg/l)	1	1.7	0.15
Суспендоване материје (mg/l)	1	291	14.82
Укупни оксиди азота (mg/l)	0.25	5.6	0.99
Ортофосфати (mg/l)	0.006	0.142	0.03
Амонијум (mg/l)	0.01	0.24	0.07
Cl^-(mg/l)	1	15.4	5.88
NO_3-N(mg/l)	0.1	1	0.45
HCO_3(mg/l)	123	189	164.15
Na^+(mg/l)	0.7	7.9	3.15
Ca^{++}(mg/l)	28	60.6	47.69
Mg^{++}(mg/l)	3	19	7.41
K^+(mg/l)	0.1	3.3	1.05

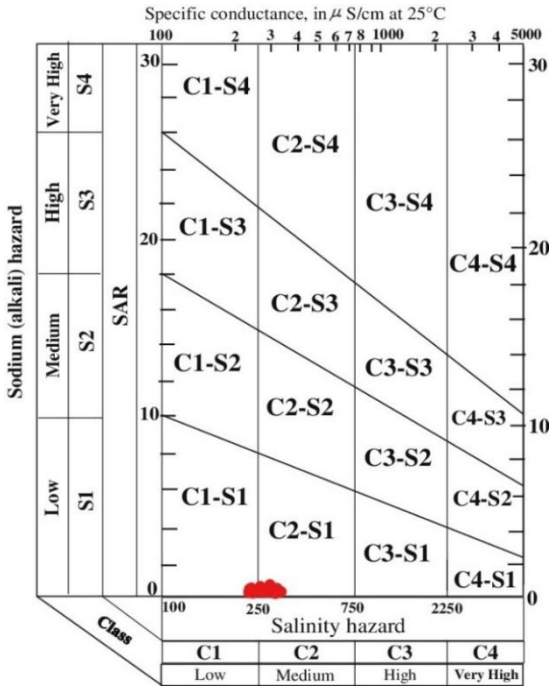
Узорци сакупљени на мерној станици Пријепоље подједнако су класификовани у прву или другу класу квалитета, користећи критеријуме ФАО класификације (Табела 15). Вода из реке Лим је безбедна за употребу у односу на опасност од заслађености, токсичност Na+ и Cl-, као и утицај нитрата. Када је у питању утицај бикарбоната, прва класа квалитета преовладава (95,00%), показујући да није потребно ограничавати употребу воде.

Табела 15. *Процентуална заступљеност појединих класа воде реке Лим према ФАО класификацији, вегетациони период* 2011-2020

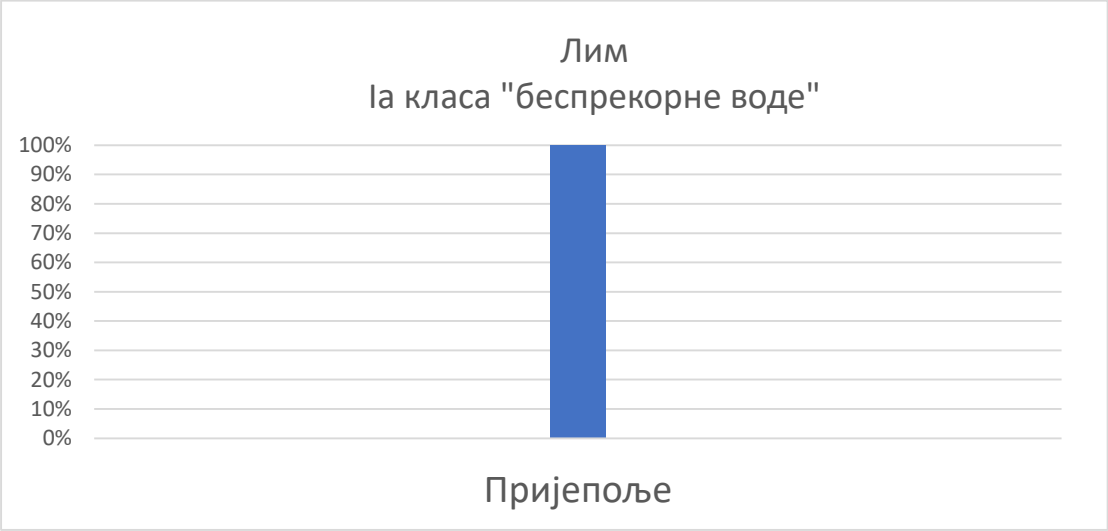
Могући проблем	**Класа**	**Пријепоље**
Салинитет	I	100%
Инфилтрација	II	100%
Токсичност Na^+	I	100%
Токсичност Cl^-	I	100%
Утицај NO_3-	I	100%
Утицај HCO_3-	I	95.00%
	II	5.00%

Класификацијом USSL, на узорцима воде реке Лим уочене су класе C2 – S1 (71.67%) и класа C1 – S1 (28.33%), што је приказано на слици 16. Може се закључити да вода реке Лим код Пријепоља већински припада класи C2 – S1 што значи да је "средње слана, са ниским садржајем натријума", док се повремено појављује нижи ниво заслађеноси.

Сви узорци воде из реке Лим код Пријепоља, припадају најбољој класи Ia, према Нејгебауер класификацији, приказано на слици 17, што значи да је вода „беспрекорна“ за наводњавање.



Слика 16. *Класе воде reke Лим према USSL класификацији, мерна станица Пријепоље, вегетациони период* 2011-2020



Слика 17. *Класа воде реке Лим према класификацији по Нејгебауеру, мерне станице Пријепоље, вегетациони период* 2011-2020

Код узорака реке Лим уочена је појава три класе од „одличан“ до „добар“ квалитета. „Одличан“ квалитет карактерише највећи број узорака 65%, а 30% је „веома добар“ квалитет, док се квалитет „добар“ јавља у 5% узорака, што можемо видети на слици 18.

Слика 18. *Процентуална заступљеност појединих класа воде реке Лим према SWQI методологији, Пријепоље, вегетациони период* 2011-2020

Просечне вредности индекса квалитета воде за вегетациони период 2011-2020 на мерној станици Пријепоље приказане су у табели 16, на основу којих се може закључити да је квалитет воде у већем делу „одличан“ сем у месецу август када је „веома добар“.

Табела 16. *Просечне месечне вредности индекса квалитета воде реке Лим, према SWQI методологији, вегетациони период* 2011-2020

Месец	Април	Мај	Јун	Јул	Август	Септембар
Пријепоље	91	93	90	91	88	90

6. ЗАКЉУЧАК

Порастом броја становништва повећава се потреба за храном, међутим, ресурси за њену производњу су све угроженији. Због климатских промена, дуготрајни сушни периоди су све учесталији, што ограничава производњу и спречава успостављање потребних количина хране. Уз то, земљиште као основни ресурс за производњу хране је угрожено због интензивног искоришћавања и мањег коришћења.

За развој биљака је потребна вода, ако је нема довољно, пољопривреда се ограничава. Киша је такође битна за пољопривреду, али често је неравномерно распоређена и када је најпотребнија најмање је има. Дефицит кише је проблем који постаје већи услед климатских промена. Наводњавање је неопходно за интензивнију биљну производњу како би се задовољиле потребе људи и животиња за храном. Недостатак воде може се надокнадити наводњавањем и тиме повећати производњу по јединици површине. Ово је позитивна мера, али ако се користи неодговарајућа вода за наводњавање може доћи до низа проблема како у вези приноса гајених биљака и земљишта као ресурса, тако и код коришћене опреме за наводњавање.

За потребе наводњавања вода се мора оценити у складу са њеним својствима која директно утичу на систем наводњавања. Будући да у законима Републике Србије не постоји методологија за оцену квалитета воде у ове сврхе, за овај рад користе се класификације које су адекватне за оцену намене воде у систему наводњавања. За оцену квалитета воде за наводњавање користе се ФАО класификација, класификација Америчке лабораторије за заслањена земљишта (USSL) и категоризација воде по Нејгебауеру. Ове класификације користе се да би се одредио квалитет воде на основу водног тела и критеријума. Генерално се може закључити да су анализиране воде западног дела Србије погодне за наводњавање.

Према различитим критеријумима ФАО класификације, констатовано је да се са аспекта утицаја соли на приступачност воде биљкама, воде свих токова могу употребљавати без ограничења (I класа). У погледу утицаја воде на пермеабилност земљишта, постоји умерена опасност код свих водотока (II класа). Приликом употребе друге класе квалитета, неопходна је добра природна, али и вештачка дренажа, као и дубок ниво подземне воде. Према токсичном утицају Na^+ и Cl^- опасности нема (I klasa). Нема проблеме са повишеном

концентрацијом нитрата NO_3- ни на једном анализираном локалитету. Утицај бикарбоната HCO_3- је неповољнији и разликује се по локалитетима. Са аспекта проблема које може изазвати опсег је „без потреба за рестрикцијом употребе воде“ до „умерена потреба за рестрикцијом употребе воде“. На мерним станицама Бадовинци и Бајина Башта бикарбонати припадају за нијансу више I класи. На мерној станици Лешница потребна је „умерена рестрикција употребе воде“ јер 95% анализираних узорака припада II класи. Мерна станица Пријепоље припада већински I класи, 95% анализираних узорака.

Према USSL класификацији, највише се појављује класа C2 – S1, тј. „средње слана вода, са ниским садржајем натријума“. Вода овог квалитета може се користити за наводњавање уз потребе испирања земљишта као и уз одабир биљних врста средње толерантних на соли, које могу да се гаје без нарочитих мера за сузбијање заслањености. Само по један анализирани узорак на мерним станицама Бадовинци и Бајина Башта спада у класу C1 – S1, тј. „мање слана вода, са ниским садржајем натријума“. На мерној станици Лешница нема појаве других класа осим C2 – S1. Код анализираног подручја на мерној станици Пријепоље уочене су две класе, C2 – S1 (71.67%) и C1 – S1 (28.33%), што значи да се повремено појављивала „мање слана вода, са ниским садржајем натријума“.

Категоризацијом по Нејгебауеру вода је на свим мерним станицама окарактерисана као „беспрекорна“.

Иако методологија SWQI није развијена са аспекта наводњавања, него дефинише квалитет према свим наменама, она може бити примењена и у оквиру пољопривреде. Што се тиче квалитета воде применом овог метода констатовано је да се највише појављује „одличан“ квалитет (I класа), потом „веома добар“ квалитет (II класа), „добар“ квалитет (III класа) и „лош“ квалитет, који се појављује само једном у току 2012. и 2016. године на реци Јадар. Од свих анализираних станица најбољи квалитет је на мерној станици Пријпоље (Лим), затим на мерним станицама Бајина Башта и Бадовинци (Дрина), док се на мерној станици Лешница (Јадар) појављује најлошији квалитет.

Све поменуте станице и њихови квалитети су и више него довољно добри за наводњавање, али је примећено да се у свакој години сам квалитет погорша у току вегетационог периода, што значи да би и сама провера квалитета воде у току овог периода требала бити учесталија.

Све поменуте методе за анализирање квалитета воде и саму успешност наводњавања могу деловати скупо, али уколико се примене ови методи и детаљно размотре сви фактори долази се до закључка да се овакав тип анализа вишеструко исплати.

С обзиром на климатске промене које утичу на падавине и температуре, систем за наводњавање постаје све важнији. Коришћењем система за наводњавање можете контролисати количину воде коју добијају биљке, што је кључно у условима све већег недостатка воде.

Укратко, пољопривредна производња без система за наводњавање може бити ризична и мање продуктивна, док коришћење система за наводњавање осигурава оптималан раст и развој биљака и повећава количину произведеног усева.

Баш из ових разлога поред самог наводњавања исто тако је битно и извршити анализе воде, јер ако вода није одговарајућег квалитета ни приноси неће бити високи.

Такође, поред воде најдрагоценији природни ресурс је земљиште. Може доћи до деградације земљишта услед константног заливања водом неодговарајућег састава. Неповољан састав такође може имати и на сам систем за наводњавање, што доводи до додатних трошкова одржавања и поправке. Најбитније је да уколико је лош састав воде, завршни производ завршава у организму човека или животиње, и на тај начин може доћи до последица по њихово здравље. Сви ове чињенице јасно говоре о томе колико је вода битна као ресурс, не само у наводњавању него за цело човечанство и зато је веома битно редовно вршити контролу и оцену квалитета воде, јер тиме можемо спречити већу штету или је свести на минимун, а и поправити сам квалитет воде.

Добијени резултати указују на добар квалитет површинских вода на подручју западне и југозападне Србије, иако системи за наводњавање у нашој земљи нису у толикој употреби с обзиром на потенцијал које наше земљиште и вода поседује, чиме се значајно може унапредити пољопривредна производња.

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Al-Shammiri, M., Al- Saffar, A., Bohamad, S., Ahmed, M. (2005): Waste water quality and reuse in irrigation in Kuwait using microfiltration technology in treatment. Desalination, 185 (1-3), 213-225.
2. Ayers R. S., Westcot D. W. (1976): Water quality for agriculture, Rome Food and Agriculture Organization of the United Nations
3. Ayers R. S., Westcot D. W. (1985): Water quality for agriculture, Food and agriculture Organization of the United Nations, Rome
4. Агенција за заштиту животне средине http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&akcija=showXlinked
5. Bauder T. A., Waskom R. M., Davis J. G. (2007): Irrigation water quality criteria, 1-3, Colorado State University, USA
6. Belić, S., Belić, A., Vranešević, M. (2013): Water quality as a limiting factor for irrigated agriculture, IAHS Publ. 361 (2013) 243-249.
7. Белић С., Белић А., Максимовић И., Савић Р., Вранешевић М. (2011): Употребљивост вода за наводњавање. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад.
8. Бенка П. (2006): Дигитализација карата дренажних карата земљишта и погодности земљишта за наводњавање, ЈВП Воде Војводине, Нови Сад
9. Водопривредна основа Србије, Институт за водопривреду "Јарослав Черни" 2001, Београд, 369 стр
10. Вучић Н. (1976): Наводњавање пољопривредних култура. Пољопривредни факултет, Нови Сад
11. Драговић С., Хаџић В., Максиновић Л., Нешић Љ., Белић М. (1994): Утицај квалитета воде за наводњавање земљишта у системима за наводњавање у Војводини. Савремена пољопривреда, бр. 6, Нови Сад, 132-135
12. Закон о водама. Службени гласник РС., 30/2010, 93/2012, 101/2016 https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_vodama.html

13. Ивковић М., Плавшић Ј., Владиковић Д., Јеринић Ј. (2012): Примена модела ХБВ за хидролошку прогнозу на сливу реке Јадар, Водопривреда, 44, 257-263
14. Јовановић, М., Тодоровић, А., Родић, М. (2009): Картирање ризика од поплава. Водопривреда, 41, 31-45
15. Joshi D. M., Kumar A., Agrawal N., Assesment of the Irrigation Water Quality of River Gang in Haridwar District, Rasajan Journal Chem. 2:2 (2009) 285-292
16. Leščešen, I., Pantelić, M., Dolinaj, D., Stojanović, V., Milošević, D. (2015): Statistical Analysis of Water Quality Parameters of the Drina River (West Serbia), 2004-11. Polish Journal of Environmental Studies, 24(2), 555-561.
17. Marschner, H. (1995): Mineral nutrition of higher plantsm Ed., Academic Press, London
18. Миљковић Н. (2005): Мелиоративна педологија. Универзитет у Новом Саду, пољопривредни факултет, Департман за уређење вода, ЈВП Воде Војводине
19. Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде. (2001): Водопривредна основа Републике Србије. Институт за пољопривреду „Јарослав Черни“, Београд.
20. Нејгебауер В. (1949): Употребљивост површинских и подземних вода за наводњавање и њихова класификација у природним приликама Војводине.
21. Nishanthiny S. C., Thushyanthy M., Barathithasan T., Saravanan S. (2010): Irrigation water quality based on hydro chemical analysis, Jaffna, Sri Lanka. Am Eurasian J Agric Environ Sci, 7 (1), 100-102.
22. Obiefuna, G. I., Sheriff, A. (2011): Assessment of shallow ground water quality of Pindiga Gombe Area, Yola Area, NE, Nigeria for irrigation and domestic purposes. Research Journal of Environmental and Earth Sciences, 3(2), 131-141.
23. Прохаска С., Симић З., Орлић А., Ристић В., (2004): Основне хидрографскохидролошке карактеристике слива Дрине и хидрометеоролошки подаци, издавач: Водопривреда, 36, 21-38.
24. Прохаска С., Ђукић Д., Бартош Дивац В., Тодоровић,Н., Божовић Н. (2014): Карактеристике јаких киша које су проузроковале честу појаву поплава на територији Србије у периоду април-септембар 2014. године. Водопривреда, 46, 15-26.

25. Резултати испитивања квалитета површинских и подземних вода. Министарство пољопривреде и заштите животне средине/ Агенција за заштиту животне средине, Београд http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=5000&id=13&akcija=showExternal
26. Richards L. A. (1954): Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agriculture Handbook No. 60. United States Department of Agriculture, Riverside, California
27. Савић Р., Белић А., Ондрашек Г., Радовић Ј. (2010): Неки еколошки проблеми одржавања мелиорационих канала. Агрознање, вол. 11, бр. 2, 71-77
28. Савић Р., Пејић Б., Ондрашек Г., Вранешевић М., Бездан А. (2013): Искоришћеност природних ресурса Војводине за наводњавање. Агрознање, вол. 14, бр. 1, 133-142
29. Стојићевић, Д. (1996): Наводњавање пољопривредног земљишта. Партенон, Београд.
30. Fipps G. (2003): Irrigation water quality standards and salinity management strategies. Texas Cooperative Extension, USA
31. Hopkins, B. G., Horneck, D.A., Stevens, R. G., Ellsworth, J. W., & Sullivan, D. M. (2007): Managing irrigation water quality for crop production in the Pacific Northwest.
32. Capra A., Scicolone B. (1998): Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. Journal of Agricultural Engineering Research, 70(4), 355-365
33. Хаџић В., Драговић С., Нешић Љ., Белић М. (1989): Сони режим у неким хидроморфним земљиштима у условма наводњавања. Југословенски симпозијум „Наводњавање као чинилац производње хране“, Суботица, стр. 313-319