

Usporedba kvalitete vode na upustu i ispustu šaranskih ribnjaka

Tomljanović, Vedrana

Professional thesis / Završni specijalistički

2017

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:204:465679>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-28**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**USPOREDBA KVALITETE VODE NA UPUSTU I ISPUSTU
ŠARANSKIH RIBNJAKA**

ZAVRŠNI SPECIJALISTIČKI RAD

Vedrana Tomljanović dipl.ing.agr.

Zagreb, listopad, 2017.

AGRONOMSKI FAKULTET

Poslijediplomski specijalistički studij
ribarstvo

**USPOREDBA KVALITETE VODE NA UPUSTU I ISPUSTU
ŠARANSKIH RIBNJAKA**

ZAVRŠNI SPECIJALISTIČKI RAD

Vedrana Tomljanović dipl.ing.agr.

Mentor: Izv.prof.dr.sc. Marija Bujan

Mentor: Prof.dr.sc. Tomislav Treer

Zagreb, listopad, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, Vedrana Tomljanović, JMBAG 1906984396212, rođena 19.06.1984. u Kutini, izjavljujem da sam samostalno izradila završni specijalistički rad pod naslovom:

USPOREDBA KVALITETE VODE NA UPUSTU I ISPUSTU ŠARANSKIH RIBNJAKA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga završnog specijalističkog 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 završni specijalistički 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 završnog specijalističkog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studentice

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI ZAVRŠNOG SPECIJALISTIČKOG RADA

Završni specijalistički rad studentice Vedrane Tomljanović, JMBAG 1906984396212, naslova

USPOREDBA KVALITETE VODE NA UPUSTU I ISPUSTU ŠARANSKIH RIBNJAKA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|------------------------------|--------|-------|
| 1. | Doc.dr.sc. Daniel Matulić | član | _____ |
| 2. | Izv.prof.dr.sc. Marija Bujan | mentor | _____ |
| 3. | Dr.sc. Rozelinda Čož-Rakovac | član | _____ |

Zahvala

Zahvaljujem direktoru Ribnjačarstva Poljana d.d. Mr.sc. Milanu Božiću dr.vet.med. na ustupanju podataka za izradu završnog specijalističkog rada.

Sažetak

Završni specijalistički rad studentice Vedrane Tomljanović, naslova

USPOREDBA KVALITET VODE NA UPUSTU I ISPUSTU ŠARANSKIH RIBNJAKA

Tehnologija uzgoja riba u šaranskim ribnjacima temelji se na punjenju ribnjaka vodom na upustima u proljeće te ispuštanju vode uz izlov ribe na ispustima u jesen. Pri tome se mijenja kvaliteta vode. Provedena su istraživanja kako bi se pojasnio ovaj problem. Cilj ovog istraživanja utvrditi razlike u pojedinim parametrima kemijske kvalitete vode na upustu i ispustu ribnjaka. Istraživanja su provedena na Ribanjačarstvu Poljana d.d., ribnjaku II površine 158 ha nasađenom u polikulturi. Analizirat će se podaci mjerenja provedenih na upustu u ovaj ribnjak iz sliva Ilova-Toplica te na ispustu iz njega u četverogodišnjem razdoblju (srpanj 2002., studeni 2003., ožujak 2005., studeni 2006.). Razlike u kvaliteti vode utvrđena su na temelju sljedećih parametara: temperatura vode ($^{\circ}\text{C}$), boja, miris, vidljiva otpadna tvar, suspendirana tvar (mg L^{-1}), žareni ostatak (mg L^{-1}), otopljeni kisik (mg L^{-1}), BPK5 ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$), KPK ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$), ukupni fosfor (mg L^{-1}), amonijak (mg L^{-1}), nitrati (mg L^{-1}), željezo (mg L^{-1}), masti i ulja (mg L^{-1}), mineralna ulja (mg L^{-1}), fenoli (mg L^{-1}), elektroprovodljivost (mS cm^{-1}), i pH vrijednost.

Ključne riječi: kemija vode, ribnjačarstvo, ciprinikultura, ulazna i izlazna voda

Summary

Of the final specialist work - student Vedrane Tomljanović, entitled

WATER QUALITY COMPARISON AT THE INFLOW AND OUTFLOW OF THE CARP FISH-FARMS

Culture technology on carp farms is based on the filling with water on inflows in spring and emptying them in autumn. During that time the water quality is changing. Several investigations were performed to explain this problem. The aim of the research is to determine the differences between water quality on inflow and outflow at the fish pond. The investigation will be performed at the fish pond II of the Fish farm Poljana, stocked in polyculture and with the area of 158 ha. This pond gets the water from the basin of the rivers Ilova-Toplica. The following water parameters obtained in July 2002, November 2003, March 2005 and November 2006 will be analysed: temperature ($^{\circ}\text{C}$), colour, odor, visible waste matter, suspended solids (mg L^{-1}), annealed rest (mg L^{-1}), dissolved oxygen (mg L^{-1}), BOD5 ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$), COD ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$), total phosphorus (mg L^{-1}), ammonia (mg L^{-1}), nitrates (mg L^{-1}), iron (mg L^{-1}), fats and oils (mg L^{-1}), mineral oils (mg L^{-1}), phenols (mg L^{-1}), conductivity (mS cm^{-1}), and pH value.

Key words: water chemistry, fish farm, cypriniculture, inflow and outflow water

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Hipoteza i cilj istraživanja	2
3. Materijali i metode	3
3.1. Plan i metodologija istraživanja	3
3.2. Ribnjačarstvo Poljana d.d.	3
3.3. Ribnjak II. – „cvajer“	3
3.4. Opskrba vodom Ribnjačarstva Poljana d.d.....	4
3.5. Parametri za utvrđivanje kvalitete vode	6
3.5.1. Temperatura vode	6
3.5.2. Boja	7
3.5.3. Miris	7
3.5.4. Vidljiva suspendirana tvar.....	7
3.5.5. Otopljeni kisik	7
3.5.6. Biološka potrošnja kisika.....	8
3.5.7. Kemijska potrošnja kisika.....	8
3.5.8. Ukupni fosfor	8
3.5.9. Amonijak i amonijev ion	8
3.5.10. Nitrati	9
3.5.11. Željezo	9
3.5.12. Masti, ulja i mineralna ulja.....	9
3.5.13. Fenoli	9
3.5.14. Elektroprovodljivost.....	10
3.5.15. pH vrijednost.....	10
3.5.16. Alkalitet CaCO ₃	10
4. Rezultati	11
4.1. Rezultati istraživanja - prikaz po godinama.....	11
4.1.1. 2002. godina	11
4.1.2. 2003. godina	14
4.1.3. 2005. godina	17
4.1.4. 2006. godina	20
4.2. Sumirani rezultati od 2002. – 2006. godine	23
4.2.1. Temperatura vode	23
4.2.2. Otopljeni kisik	24
4.2.3. Biološka potrošnja kisika.....	24
4.2.4. Kemijska potrošnja kisika.....	25

4.2.5. pH vrijednost.....	25
4.2.6. Amonijev ion.....	26
4.2.7. Nitrati.....	26
4.2.8. Ukupni fosfor	27
4.2.9. Željezo.....	27
4.2.10. Fenoli	28
4.2.11. Alkalitet CaCO ₃	28
4.2.12. Masti i ulja.....	29
4.2.13. Mineralna ulja.....	29
4.2.14. Žareni ostatak	30
4.2.15. Suspendirana tvar	30
5. Rasprava.....	31
6. Zaključci.....	33
7. Literatura	34
Životopis.....	36

1. Uvod

Tehnologija uzgoja riba u šaranskim ribnjacima temelji se na punjenju ribnjaka vodom na upustima u proljeće te ispuštanju vode uz izlov ribe na ispustima u jesen (Antalfi i Tölg, 1974, Treer i sur., 1995). Punjenje i ispuštanje vode u rastilištima riblje mlađi odvija se u kraćem periodu u proljeće (Debeljak i sur., 1979). Za vrijeme uzgojne sezone ribnjaci se gnoje, kako bi se potakao razvoj prirodne hrane. Osim gnoja dodaje se i dopunska hrana, najčešće u obliku žitarica. U intenzivnom uzgoju koristi se i peletirana hrana. Pri tome se nužno odvija eutrofikacija vode ribnjaka, što potencijalno može onečistiti vodu prilikom ispusta u matične vodotoke. No, uneseni gnoj i hrana kroz biokemijske procese prelaze u izgradnju tijela riba, koje se na kraju izlovljavaju te se na taj način iznose iz ribnjaka. Uz to, dolazi i do taloženja organske tvari na dnu ribnjaka. Provedeno je više istraživanja kako bi se pojasnio ovaj problem.

Vesetickova i sur. (2012) su ustanovili da se kod slabe kvalitete ulazne vode ona pri izlasku iz ribnjaka znatno popravlja (manje količine dušičnih i fosfornih spojeva, kao i bolji režim kisika), dok kvalitetna ulazna voda pri izlasku iz ribnjaka ima povećanu ukupnu količinu ugljika i otopljenih tvari. Autori zaključuju da ribnjačke vode mogu imati važnu ulogu u održavanju balansa hranjivih tvari. Kanclerz (2005) je utvrdila da ispusna voda iz ribnjaka ima manje količine dušičnih spojeva i povoljniji režim kisika, dok je povećana količina fosfata. Veću količinu fosfora, kao i organskih tvari ustanovili su i Vallod i Sarrazin (2010). Za vrijeme zime, kada je metabolizam riba znatno usporen, one se u gustom nasadu drže u malim ribnjacima - zimnjacima. Za to se vrijeme parametri kvalitete vode znatnije ne mijenjaju (Stibranyiova i Adamek, 1998).

Uz razlike u kemijskoj kvaliteti ulazne i izlazne vode, proučava se i razlika u makrobentosnim zajednicama. Vsetickova i Adamek (2013) su uspoređivali utjecaj kvalitete ulazne vode i intenziteta uzgoja u ribnjaku na saprobnost izlazne vode. Pokazali su se slični rezultati kao i kod kemijskih promjena. Lošija saprobnost ulazne vode popravlja se na izlasku iz ribnjaka te je i bioraznolikost izlazne vode bila veća, dok se suprotno događalo ukoliko je kvaliteta ulazne vode bila bolja.

2. Hipoteza i cilj istraživanja

Hipoteza ovog istraživanja je da se pojedini parametri kvalitete vode prolaskom kroz ribnjak mijenjaju, no da voda na ispustu nije bitno lošije kvalitete, a u nekim segmentima je i kvalitetnija od one na upustu. Stoga je cilj ovoga istraživanja utvrditi razlike u pojedinim parametrima kemijske kvalitete vode na upustu i ispustu ribnjaka.

3. Materijali i metode rada

3.1. Plan i metodologija istraživanja

Istraživanje će se provoditi na Ribnjačarstvu Poljana d.d, ribnjaku II, površine 158 ha nasadenom u polikulturi (710 - 1216 jedinki ha⁻¹, tj. 310 - 400 kg ha⁻¹) s dominacijom dvogodišnjeg šarana (*Cyprinus carpio*) s udjelom od 72 do 84 %. Analizirat će se podaci mjerenja provedenih na upustu u ovaj ribnjak iz sliva Ilova-Toplica te na ispustu iz njega u četverogodišnjem razdoblju. Razlike u kvaliteti vode utvrdit će se na temelju sljedećih parametara Zavoda za kemiju Veterinarskog instituta u Križevcima: temperatura vode (°C), boja, miris, vidljiva otpadna tvar, suspendirana tvar (mg L⁻¹), žareni ostatak (mg L⁻¹), otopljeni kisik (mg L⁻¹), BPK5 (mg O₂ L⁻¹), KPK (mg O₂ L⁻¹), ukupni fosfor (mg L⁻¹), amonijak (mg L⁻¹), nitrati (mg L⁻¹), željezo (mg L⁻¹), masti i ulja (mg L⁻¹), mineralna ulja (mg L⁻¹), fenoli (mg L⁻¹), elektroprovodljivost (mS cm⁻¹), i pH vrijednost.

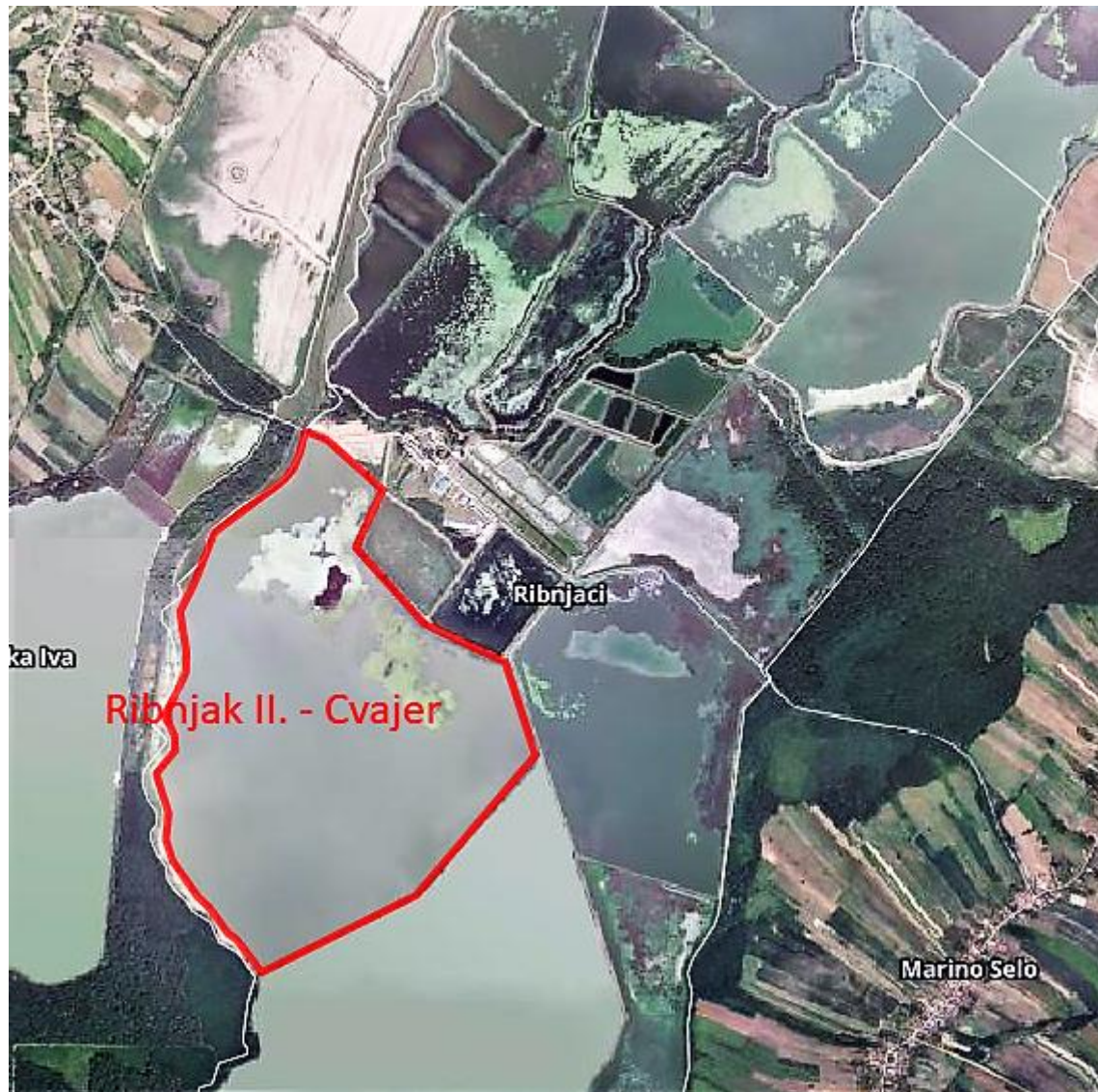
3.2. Ribnjačarstvo Poljana d.d.

Ribnjačarstvo Poljana d.d. smješteno je na srednjem toku rijeke Ilove u njenom lijevom zaobalju. Prostire se na 1 350 hektara poljoprivrednog zemljišta. Osnovano je 1902. godine mađarskim kapitalom. Osnovao i projektirao ga je ing. Josip Ivančić. Ribnjačarstvo Poljana d.d. građeno je u nekoliko etapa. Prva gradnja započeta je 1902. godine i izgrađeno je 950 ha ribnjaka. 1960. godine nastavlja se izgradnja i izgrađeno je novih 200 ha ribnjaka te je 1974. izgrađeno dodatnih 100 ha ribnjaka koje danas tvore tehnološku cjelinu od oko 1300 ha. Od te godine postoje i prvi pisani podaci o uzgoju ribe, i od tada se u kontinuitetu odvija uzgoj ribe sve do danas. Površine su uređene za uzgoj svih kategorija i vrsta toplovodne slatkovodne ribe. Danas se uzgoji oko 1 100 tona ribe svih vrsta i dobnih kategorija. Uzgoj je koncipiran tako da se odvija u jednom zatvorenom ciklusu, a proces teče od mrijesta do gotovog proizvoda. Za potrebe tehnološkog procesa poduzeće ima izgrađeno vlastito mrjestilište, mješaonicu riblje hrane, ima velike skladišne kapacitete, kolnu vagu kao i veliki vozni park. U ukupnom uzgoju ribe na uzgoj šarana otpada oko 90 %, a 10 % otpada na ostale vrste ribe. Od ostalih vrsta uzgaja se bijeli amur, bijeli i sivi tolstolobik, som, patuljasti somić, smuđ, štika, linjak, srebrni karas, zlatni karas i od početka 2017. godine moruna. Nekoliko godina uzgajala se jegulja. Za uzgoj se potroši oko 2 000 tona žitarica. U Ribnjačarstvu Poljana zaposleno je 45 zaposlenika (Bojčić i sur., 2002; podaci Ribnjačarstva Poljana d.d.).

3.3. Ribnjak II. – „cvajer“

Ribnjak II. (naziv u ribnjačarstvu - cvajer) površine je 158 hektara i služi za uzgoj konzumne ribe (slika 1.). Nasađuje se u polikulturi sa dominacijom dvogodišnjeg šarana. Prosječna dubina ribnjaka II je 1,5 m. Izlovljava se krajem studenog ili početkom prosinca svake godine, i ponovno se puni vodom krajem prvog mjeseca. Ribnjak II. Izrazito je dobrog boniteta. Bogat

je prirodnom hranom odnosno zooplanktonom. Količina kisika se u ljetnim mjesecima tj. mjesecima intenzivne hranidbe kreće od 2,5 do 5,0 mg L⁻¹, dok je u zimskim mjesecima znatno viša. Ribnjak II. puni se vodom iz toka rijeka Ilove, Toplice i Čavlovice. Nasad ribe u praćenom razdoblju se kretao od 709 - 1 216 komada odnosno sa 310 - 400 kg po hektaru. U završnom periodu tj. završetku tova količina ribe kreće se od 1 000 – 1 200 kg ha⁻¹.



Slika 1. Ribnjak II. Ribnjačarstva Poljana d.d. (izvor: <https://geoportal.dgu.hr/>)

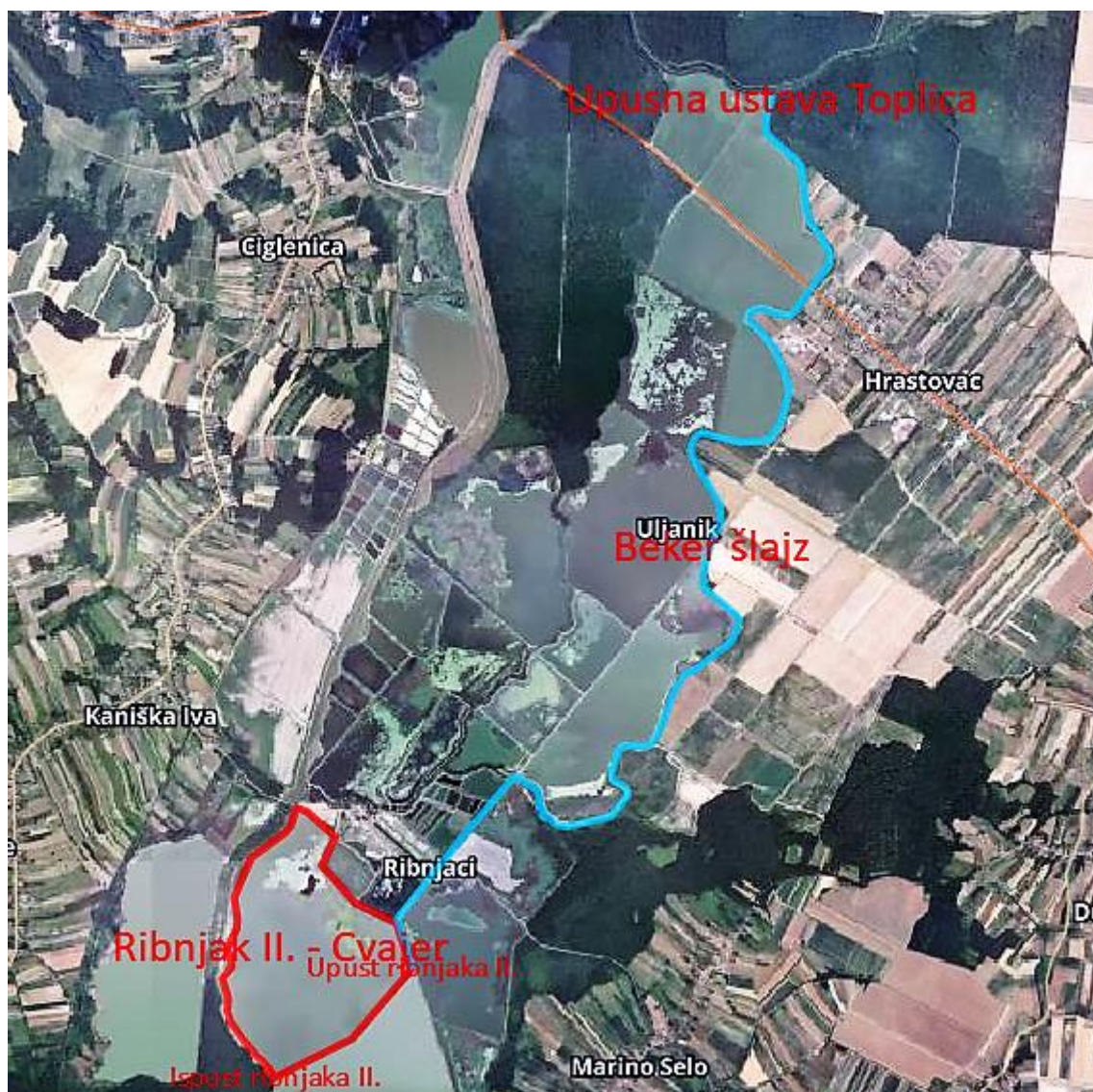
3.4. Opskrba vodom Ribnjačarstva Poljana d.d.

Velika poplavna linija na srednjem toku rijeke Ilove omogućila je izgradnju ribnjaka Ribnjačarstva Poljana d.d. koje se nalazi na lijevom zaobalju rijeke Ilove. Za potrebe punjenja proizvodnih površina te za potrebe zimovnika i osvježanja vode potrebno je godišnje od 15 – 17 milijuna m³ vode. Usporedno s gradnjom ribnjaka građen je i sustav snabdijevanja vodom. Ribnjaci Ribnjačarstva Poljana d.d. pune se vodom gravitacijski, kao i većina ribnjaka u

Republici Hrvatskoj. Da bi se ostvario složeni sustav snabdijevanja vodom prvotno je izvedena ustava na rijeci Toplici koja je usporavala rijeku na najsjevernijoj točki ribnjaka VIII. na koti uspora do maksimalno 108,7 m.n.m.. Usporedno s obodnim nasipom VIII. ribnjaka iskopan je glavni upusni kanal položen u smjeru sjever – jug koji završava kod upusta vode u ribnjak I. i II. Iskopom glavnog dovodnog kanala od cca 5000 m svi ribnjaci koji se nalaze na lijevoj strani rijeke Toplice dobili su odgovarajuću mogućnost punjenja. Da bi sustav mogao u potpunosti funkcionirati na početku izgrađenog kanala izgrađena je upusna ustava čija je funkcija bila, njenim otvaranjem ili zatvaranjem, određivanje količine vode u napusnom kanalu. Zbog dužine i pada terena na kraju VIII. ribnjaka i početku VII. ribnjaka izgrađena je ustava „Beker šlajz“ koja je zadržavala uspor vode na 108,20 m.n.m.. Nizvodno gdje glavni dovodni kanal presijeca potok Čavlovicu da bi se zadržao potrebni uspor vode nizvodno i nivo od 107,60 m.n.m. za punjenje ostalih ribnjaka nizvodno i održavanja zimovnika izgrađena je ustava koja ima funkciju zadržavanja spomenutog uspora kako u potoku tako i na upusnom kanalu. Uspor vode od 107,60 m.n.m. dovoljan je za potrebe osvježenja vode u zimovnicima iz toga razloga što je izgrađena četvrta ustava koja se otvara samo u slučaju punjenja ribnjaka I i II. Upuštanje vode u ribnjake koji su izgrađeni na desnoj strani rijeke Toplice ili se nalaze u pojasu koji tvore rijeke Ilova i Toplica vrši se na način tako da je na rijeci Ilovi na 25+236 km izgrađena ustava koja ima funkciju uspora vode. Ovakav složeni sustav snabdijevanja vodom imao je i dosta manjkavosti. 1970. godine sustav se nadograđuje i izgrađuju se nove vodne građevine koje su i danas u funkciji. Današnji sustav napuštanja vode Ribnjačarstva Poljana d.d. sastoji se od nekoliko glavnih građevina i to su:

- Usporni prag na rijeci Ilovi na 29+800 km s kotom preljeva 109,08 m.n.m.
- Spojni kanal Ilova- Toplica u dužini od 1 700 m koji ima funkciju evakuiranja visokih voda u inundacijski pojas nizvodno u rijeku Ilovu, a s druge strane iz njega se uzima sva potrebna količina vode
- Upusna ustava Toplica na 0+045 km na početku dovodno lateralnog kanala „Toplica – Čavlovica“ služi da se otvaranjem ili zatvaranjem regulira potrebna količina vode
- Dovodno lateralni kanal „Toplica-Čavlovica“ na 8+616 km kapaciteta $10 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$ te ima funkciju snabdijevanja ribnjaka dovoljnom količinom vode te primanje oborinskih voda. Kanal je izgrađen po trasi koja ide najnižom točkom terena i u pravcu juga veže se na ustavu „Beker šlajz“ na 4+893 km i dalje u pravcu juga ide uz obalni nasip novosagrađenog R4H ribnjaka i dalje se veže na postojeći stari sustav napuštanja ribnjaka vodom.

Izgradnjom novog sustava opskrbe vodom Ribnjačarstva Poljana d.d. (slika 2.) srušene su stare ustave na rijeci Ilovi i Toplici, izgrađen je inundacijski pojas na rijeci Ilovi u dužini od 15 km, izgrađena je nova ustava „Beker šlajz“ te se osiguralo dodatnih 2 milijuna metara kubnih „rezervne“ vode i sigurnija opskrba vodom (podaci Ribnjačarstva Poljana d.d. – Željko ing. Kučiš).



Slika 2. Dovodni kanal Ribnjačarstva Poljana d.d. (izvor: <https://geoportal.dgu.hr/>)

3.5. Parametri za utvrđivanje kvalitete vode

3.5.1. Temperatura vode

Temperatura vode ovisi o godišnjem dobu. Većina hidrobionata su poikilotermni organizmi te temperatura utječe na njihove fiziološke procese kao što su metabolizam, resorpcija, fotosinteza. Temperaturni optimum nije jednak za sve organizme i usko je vezan uz vrstu. Također, temperatura ima značajan učinak i na mogućnost otapanja i fiziološko djelovanje plinova (Bogut i sur.2006., Bojčić i sur. 1982.). Temperaturna tolerancija pojedinih organizama nije fiksna te se može mijenjati ovisno o temperaturi okoliša. Najzastupljenija riba u slatkovodnom uzgoju - šaran (*Cyprinus carpio*) podnosi široki raspon temperatura. Za razmnožavanje i sazrijevanje šaranskih gonada potrebna je temperatura od 22 °C do 24 °C,

dok za razvoj podnose i niže temperature (Treer i sur., 1995.). Poželjne temperature za uzgoj su od 20 – 28 °C (Bogut i sur.,2006.; Bojčić i sur.,1982.)

3.5.2. Boja

Boja vode ovisi o prisutnosti otopljenih i suspendiranih tvari te o sastavu i količini akvatičnog bilja. Koloidni spojevi trovalentnog željeza, manganovih spojeva i humusnih tvari najčešće uzrokuju obojenost površinskih boja. Nagle promjene boje nastaju zbog zagađenja vode. Ribnjaci često imaju svijetlozelenu do smaragdno-zelenu boju koja je uzrokovana prisustvom algi (Bogut i sur. 2006.). Boja se vizualno određuje prema standardnim skalama, a opisno se definira intenzitet obojenja. Boja vode bez vezanog željeza i mangana je žućkasta, a može biti slabo žućkasta, žućkasta, žuta, žutosmeđa, smeđa, žućkasto-zelena, zelena (Piria, 2006).

3.5.3. Miris

Miris vode ovisi o temperaturi vode i o kemijskom sastavu suspendiranih tvari u vodi. Pojavu intenzivnog mirisa mogu uzrokovati truljenje organske tvar, mirisi ulja pojedinih algi i mikroorganizama, prisustvo anorganskih i organskih spojeva (Bogut i sur., 2006.). Miris vode može biti zemljani, pljesnivi, truležasti, riblji, kemijski. Kemijski miris vode može biti po sumpornim tvarima, kloru, mineralnim uljima, amonijaku, fenolu, klorfenolu, katranu. Površinske vode u kojima su prisutne velike količine planktona razvija se miris zemlje, miris ribe, miris krastavaca, miris ribljeg ulja, miris trave (Piria, 2006)

3.5.4. Vidljiva suspendirana tvar

Sve tvari koje se nalaze u vodi su ili otopljene ili suspendirane u njoj. Suspendirane tvari imaju sposobnost taloženja (Bogut i sur., 2006.). Suspendirana tvar se određuje tako da se odredi ostatak suhe tvari nakon žarenja ispranog ostatka.

3.5.5. Otopljeni kisik

Kisik je najvažniji otopljeni plin u vodi i nužan je za sve anaerobne organizme uključujući i one nastanjene u vodama. Promjene količine dostupnog kisika uvelike utječu na sve životne cikluse. Količina kisika u vodi ovisi o temperaturi, sadržaju soli, miješanju stupca vode te biološkim procesima fotosinteze i respiracije. Prilikom povećanja temperature vode smanjuje se topljivost kisika. Tako da ista količina kisika otopljenog u vodi, pri različitim temperaturama ne odgovara i istom postotku zasićenosti (Treer i sur., 1995). U razdoblju intenzivne fotosinteze dolazi do supersaturacije kisikom u vodi, dok će se količina kisika smanjivati u vrijeme intenzivne razgradnje ili dekompozicije. Smanjenje količine kisika najčešće je znak jače organske razgradnje. Također, prisutnost anorganskih tvari u vodi može uzrokovati smanjenu količinu kisika jer troše kisik za svoju oksidaciju (Bogut i sur., 2006.). Optimalna količina kisika u vodi je veća od 5 mg L⁻¹, dok su dopuštene granice od 3 mg L⁻¹ na više. Količina kisika od samo 0,5 mg L⁻¹ izaziva ugibanje riba (Bojčić i sur., 1982).

3.5.6. Biološka potrošnja kisika (BPK)

Biološka potrošnja kisika definira se kao količina kisika u mg L^{-1} koja se troši za biokemijske procese u toku 5 dana. Određuje se tako da se odredi trenutna količina otopljenog kisika, a u drugoj posudi količina kisika preostala nakon nekoliko dana. Najčešće se uzorak drži na $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ kroz 5 dana te se ponovno mjeri količina preostalog kisika (Piria i Tomljanović, 2006).

3.5.7. Kemijska potrošnja kisika (KPK)

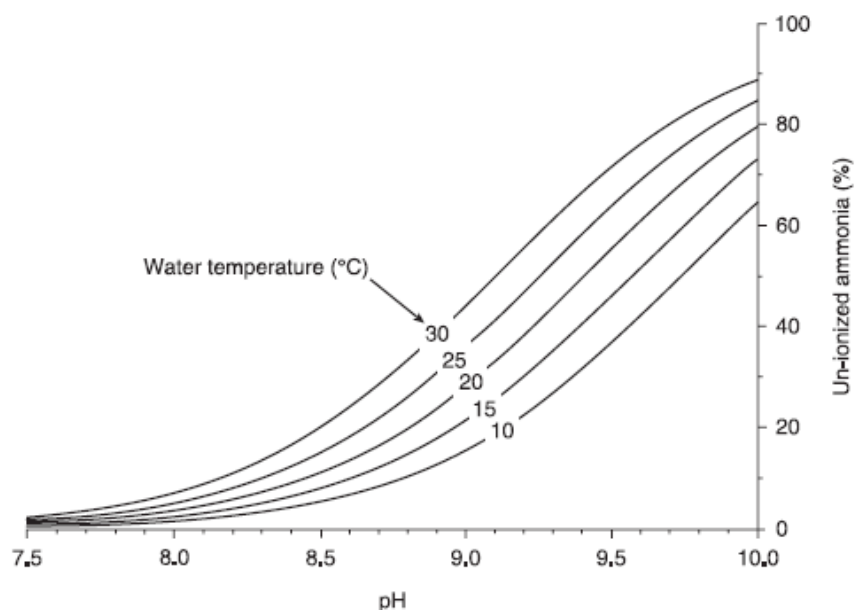
Kemijskom potrošnjom kisika utvrđuje se količina kisika, upotrijebljenog u oksidansu da bi se oksidirale tvari prisutne u vodi. S obzirom da se oksidiraju i anorganske tvari KPK pokazuje ukupno onečišćenje. Pošto se u većini slučajeva ribnjaci opskrbljuju istom dovodnom vodom, KPK može pokazati razliku u organskom onečišćenju između pojedinih ribnjaka uzrokovano razlikama u hranidbi (Treer i sur.,1995.: Bogut i sur., 2006.).

3.5.8. Ukupni fosfor

Fosfor se u vodi nalazi u različitim oblicima, najčešće kao ortofosfat (PO_4^{3-}). Ima znatnu ulogu u metabolizmu biosfere te u usporedbi s drugim nutrijentima ima najmanju abundanciju. Forme organskog fosfora uključuju otopljeni organski fosfor i partikularni fosfor. Suma svih frakcija fosfora, uključujući anorgansku i organsku frakciju, naziva se ukupnim fosforom čija je vrijednost čest pokazatelj produkcije ekosustava. Fosfor u vodu dospijeva ispiranjem tla tretiranog mineralnim gnojivima, truljenjem organske tvari i taloženjem iz atmosfere. Količina fosfora koristi se kao klasifikacija kopnenih voda s obzirom na njihovu produktivnost (oligotrofne, mezotrofne, eutrofne i hipereutrofne) (Treer i sur.,1995.: Bogut i sur., 2006.).

3.5.9. Amonijak i amonijev ion

Amonijak (NH_3) se redovito javlja u vodi kao produkt životinjskih i bakterijskih metaboličkih procesa. Amonijak je vrlo toksičan i opasan za akvatične organizme. U vodi je ekstremno topljiv tako da se odmah spaja s njom i disocira u bezopasni amonijev ion (NH_4^+). Postotak disociranog i nedisociranog amonijaka ovisi o pH vrijednosti i temperaturi (Slika 3.), tako da se pri višim temperaturama i pri višim pH vrijednostima u vodi može naći letalna količina amonijaka. Amonijev ion i amonijak indikatori su mikrobne razgradnje organske tvari koja sadrži dušik. Naglo povećanje koncentracije amonijaka u vodi znak je onečišćenja. Dopuštene vrijednosti amonijevog iona u ribnjacima su do $2,0\text{ mg L}^{-1}$, dok su granične vrijednosti više od $3,0\text{ mg L}^{-1}$. Optimalno je da slobodnog amonijaka u vodi nema, no gornja granica je $0,1\text{ mg L}^{-1}$ sve iznad uzrokuje uginuća ribe. (Treer i sur.,1995.: Bogut i sur., 2006.).



Slika 3. Količina amonijaka ovisno o temperaturi vode i pH vrijednosti –
(izvor: <http://www.thefishsite.com/articles/1593/managing-ammonia-in-fish-ponds/>)

3.5.10. Nitrati

Nitrati (NO_3^-) nastaju u procesu oksidacije amonijaka. Proces se naziva nitrifikacija i u proces su uključene bakterije *Nitrosomonas* i *Nitrobacter*. Nitrifikacija se odvija u dva koraka uz prisustvo kisika, a gase ovako:

- 1) $2\text{NH}_4^+ + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NH}_2\text{OH} + 2\text{H}^+$
- 2) $2\text{NH}_2\text{OH} + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2^-$
 $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3^-$

Nitrati dominiraju u vodama bogatim kisikom. Dopuštene vrijednosti u ribnjacima su do 10 mg L^{-1} , dok su granične vrijednosti veće od 15 mg L^{-1} (Bogut i sur., 2006)

3.5.11. Željezo

Željezo se kao biogeni element u ribnjacima nalazi u potrebnim količinama od 1 do 2 mg L^{-1} . Veće količine od 5 mg L^{-1} ugrožavaju zdravstveno stanje ribe te su nepoželjne. Vode vrlo bogate željezom nisu pogodne za uzgoj ribe (Bogut i sur., 2006).

3.5.12. Masti, ulja i mineralna ulja

Masti i ulja mogu biti biljnog i životinjskog podrijetla ili mineralnog podrijetla. Mineralna ulja su nafta i naftni derivati. U literaturi se ti spojevi nazivaju ekstraktivne tvari i ubrajaju se još i smole, voskovi i steroli. Životinjske i biljne masti dospijevaju u vodu iz gradskih i seoskih domaćinstava i iz gotovo svih tvornica prehrambenih proizvoda i klaonica (Bogut i sur., 2006).

3.5.13. Fenoli

Fenoli su organski spojevi koji su vrlo čest polutant. To su aromatski spojevi s jednom ili više hidroksilnih skupina na aromatskom prstenu. Fenoli se nalaze u otpadnim vodama

kemijske industrije, rafinerije nafte, plinara i petrokemijske industrije. Najčešće prisutni fenoli u otpadnim vodama su pirokatehol, krezol, ksilenol, timol, α -naftol, β -naftol. Ponekad sudjeluju u procesima samopročišćavanja voda jer imaju baktericidnu funkciju. Koncentracija od $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ u vodi uzrokuje ugibanje ribe. Maksimalna dozvoljena koncentracija fenola u vodi iznosi $0,001 \text{ mg L}^{-1}$ (Bogut i sur., 2006).

3.5.14. Elektroprovodljivost

Vodena otopina provodi struju zbog otapanja elektrolita koji disociraju u anione i katione. Svako povećanje vodljivosti znak je povećanog sadržaja elektrolita u vodi. Određivanje vodljivosti vrši se na $20 \text{ }^\circ\text{C}$ u termostatima. U plitkim onečišćenim vodama određivanje električne vodljivosti služi kao pokazatelj sadržaja anorganskih soli. Vodljivost se izražava i μS i optimalne razine za mrjestilišta su od $1\ 000 - 2\ 700$, a granična vrijednost za uzgoj u ribnjacima je do $6\ 000 \mu\text{S}$ (Bogut i sur.,2006.).

3.5.15. pH vrijednost

Koncentracija vodikovih iona izražava se kao pH vrijednost, koja je negativan Logaritam molarne koncentracije vodikovih iona. Koncentracija vodikovih iona uglavnom ovisi o omjeru koncentracija slobodnog ugljikovog dioksida i bikarbonatnih iona te se kreće u rasponu od 6 do 9. Utjecaj na pH vrijednost ribnjaka ima sadržaj i količina humusnih tvari, bazičnih karbonata, hidroksida, anorganskih soli koje podliježu hidrolizi, o potrošnji ugljikovog dioksida. U procesu fotosinteze slobodni H^+ ioni asociraju na HCO_3^- i CO_3^{2-} što dovodi do smanjenja slobodnog vodikovog iona što rezultira povećanjem pH vrijednosti. Procesima respiracije oslobađa se ugljikov dioksid što za posljedicu ima smanjenje pH vrijednosti. Smanjenje pH vrijednosti negativno utječe na reprodukciju i abundanciju akvatičnih organizama. Smanjenje pH vrijednosti također utječe i na razvoj fitoplanktona i zooplanktona, što ima negativan utjecaj na prirast ribe. Fauna također postaje manje raznolika. pH vrijednost iznad 9 kroz duže razdoblje ima negativan učinak na zdravlje, rast i reprodukciju riba. Iznimno kratko podizanje pH vrijednosti na 10 pomaže kod suzbijanja bolesti ihtioftirijaze (Treer i sur., 1995.; Bogut i sur.,2006.)

3.5.16. Alkalitet

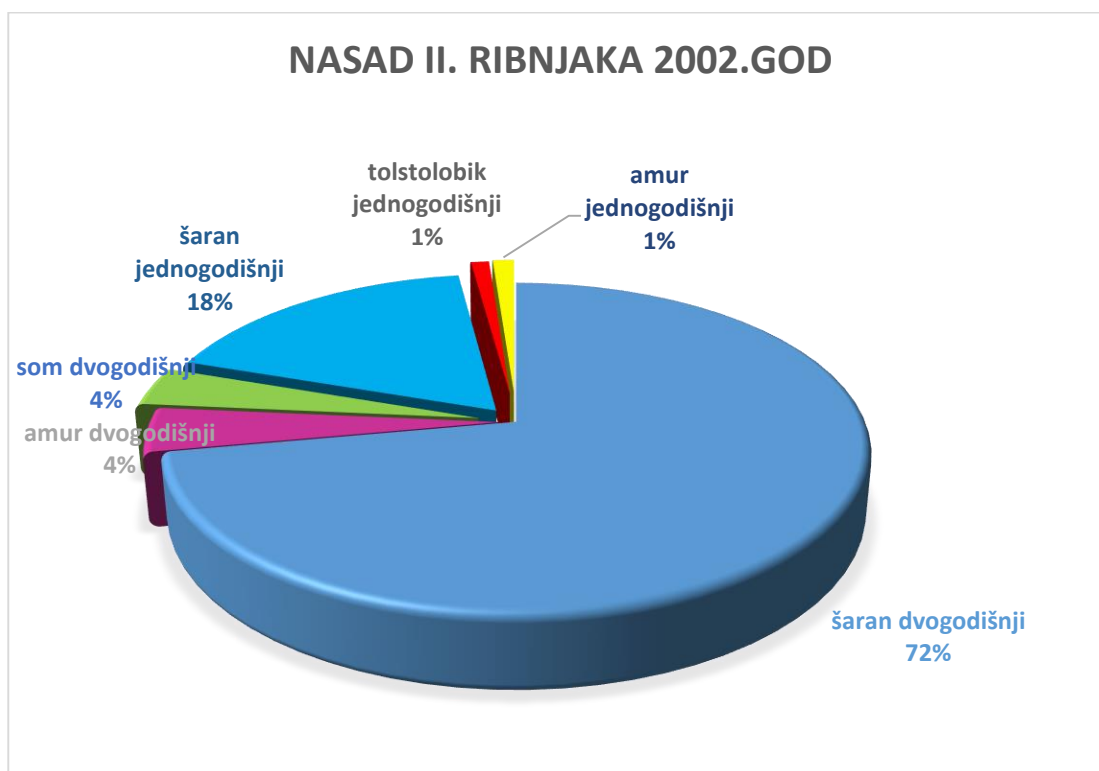
Alkalitetom vode nazivamo prisutnost tvari koje reagiraju s jakim kiselinama, dakle s vodikovim ionima. Većina kopnenih voda sadrži bikarbonatni alkalitet. Stoga alkalitet nekog uzorka vode odražava sadržaj karbonatnih i bikarbonatnih iona otopljenih u vodi. Promjenom količine ugljikovog dioksida mijenja se i pH vrijednost. Jakost ovih promjena određena je kapacitetom vode da apsorbira kiseline ili baze (Bogut i sur.,2006.).

4. Rezultati

4.1. Rezultati istraživanja – prikaz rezultata po godinama

4.1.1. 2002. godina

2002. godine ribnjak II je bio nasađen u polikulturi sa 178 010 komada ribe ukupne mase 56 610,00 kg (slika 4.), s dominacijom dvogodišnjeg šarana (72,11 %) u količini od 56 065 komada odnosno 40 100,00 kg, prosječne mase 0,715 kg. Jednogodišnji šaran bio je zastupljen sa 17,62 % odnosno 100 365 komada prosječne mase 0,098 kg odnosno ukupno 9 800,00 kg. Nasad dvogodišnjeg amura iznosio je 4,33 %, odnosno 2 830 komada prosječne mase 0,852 kg odnosno 2 410,00 kg. Dvogodišnji som bio je zastupljen s 3,78 %, ukupne mase 2 100 kg, odnosno 2 340 komada prosječne mase 0,897 kg. Amur jednogodišnji bio je zastupljen s 1,17 % ukupne mase 650 kg, odnosno 14 445 komada prosječne mase 0,045 kg. Jednogodišnji sivi tolstolobik bio je zastupljen s 0,99 % ukupnog nasada što iznosi 550 kg odnosno 1 965 komada prosječne mase 0,280 kg.



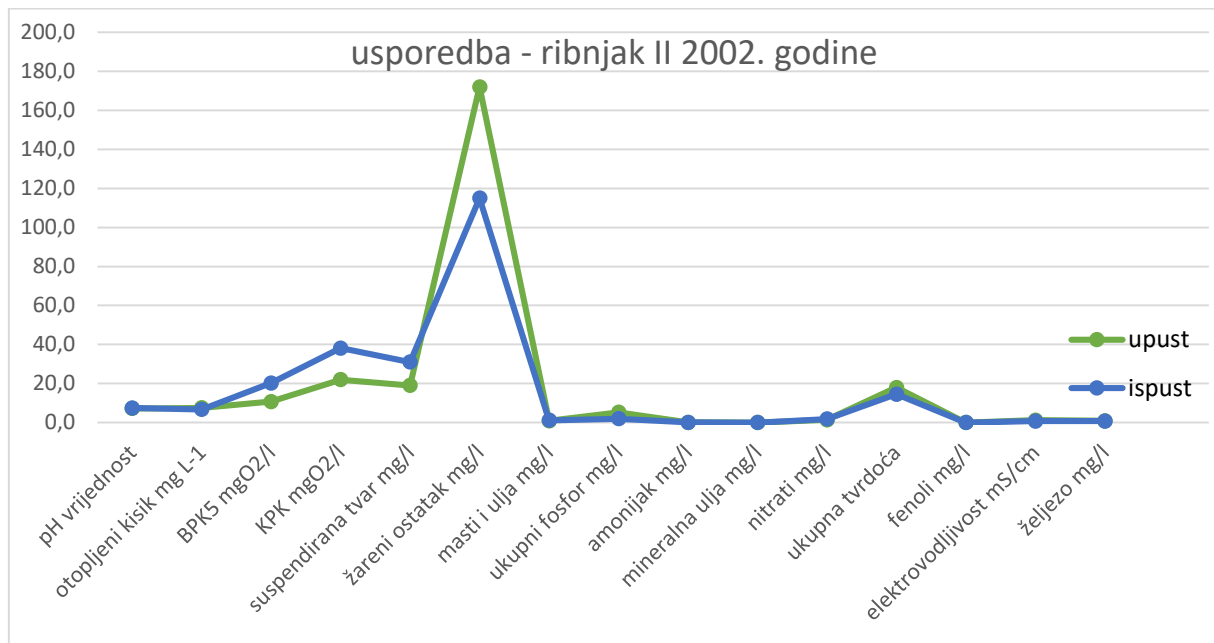
Slika 4. Nasad ribe ribnjaka II. 2002. godine (Podaci -Ribnjačarstvo Poljana d.d.)

Zavoda za kemiju Veterinarskog instituta u Križevcima je uzeo uzorke za analiza. Analiza vode je vršena također na Zavodu za kemiju Veterinarskog instituta u Križevcima. Rezultati analize prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Rezultati mjerenja ulazne i izlazne vode ribnjaka II. 2002. godine
(Podaci - Ribnjačarstvo Poljana d.d.)

	ulaz vode	izlaz vode
temperatura vode °C	27,0	26,0
temperatura zraka °C	28,0	29,0
boja	sivo-žuta	sivo-žuta
miris	slabo primjetljiv	slabo primjetljiv
vidljiva otpadna tvar	žutosmeđi talog	sivi
pH vrijednost	7,2	7,4
otopljeni kisik mg L ⁻¹	7,550	6,700
BPK5 mgO ₂ L ⁻¹	10,750	20,200
KPK mgO ₂ L ⁻¹	21,950	38,100
suspendirana tvar mg L ⁻¹	19,000	31,000
žareni ostatak mg L ⁻¹	172,000	115,000
masti i ulja mg L ⁻¹	0,890	1,120
ukupni fosfor mg L ⁻¹	5,240	1,960
amonijak mg L ⁻¹	0,060	0,016
mineralna ulja mg L ⁻¹	0,000	0,000
nitрати mg L ⁻¹	1,400	1,760
ukupna tvrdoća °dH	17,920	14,460
fenoli mg L ⁻¹	0,000	0,000
elektrovodljivost mS cm ⁻¹	1,229	0,739
željezo mg L ⁻¹	0,860	0,680

Razlike u rezultatima odnosno kvaliteti vode su prikazani na slici 5 .

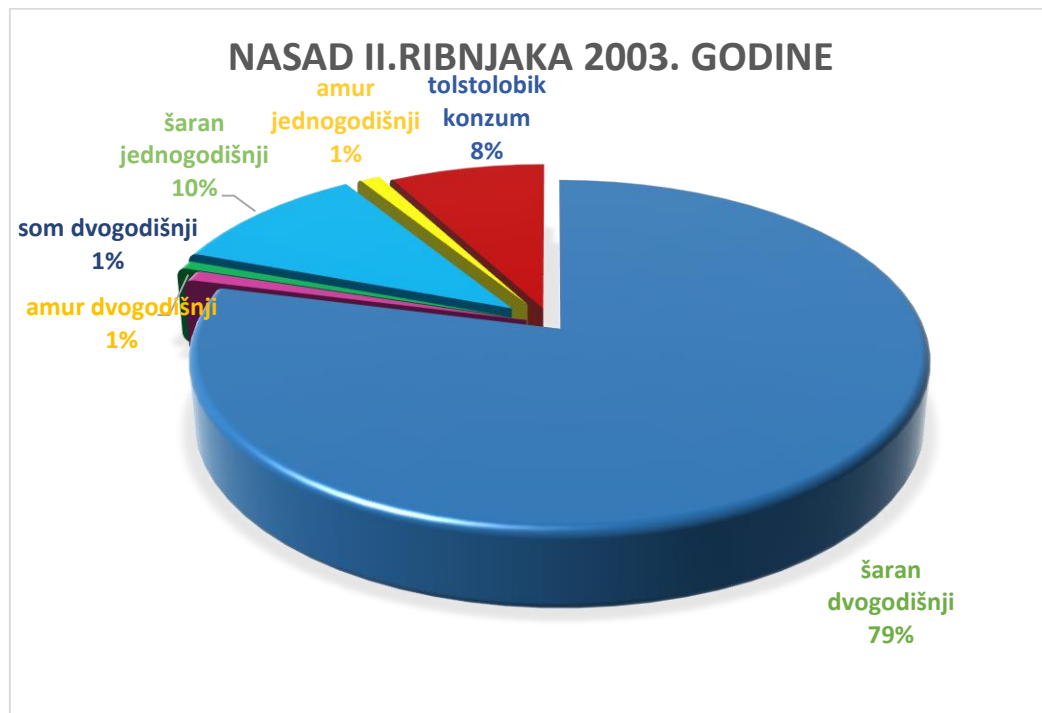


Slika 5. Usporedba dobivenih rezultata mjerenja ulazne i izlazne vode iz ribnjaka II. 2002. godine

pH vrijednost, otopljeni kisik, količina masti i ulja, amonijak, mineralna ulja, ukupna tvrdoća, elektrovodljivost i količina željeza ne pokazuju veće razlike između ulazne i izlazne vode. BPK je veći u ispusnoj vodi i iznosi 20,20 mg L⁻¹ dok je u ulaznoj vodi manji i iznosi 10,75 mg L⁻¹. KPK je također veća u ispusnoj vodi i iznosi 38,10 mg L⁻¹ dok u ulaznoj vodi iznosi 21,95 mg L⁻¹. Suspendirana tvar je veća u ispusnoj vodi za 12,0 mg L⁻¹. Žareni ostatak je veći u ulaznoj vodi i iznosi 172,0 mg L⁻¹, dok izlazna voda ima 115,0 mg L⁻¹. Ukupni fosfor veći je u ulaznoj vodi i iznosi 5,240 mg L⁻¹ dok je u ulaznoj vodi nešto manji i iznosi 1,960 mg L⁻¹.

4.1.2. 2003. godina

2003. godine ribnjak II bio je nasađen u polikulturi (slika 6.), ukupno je bilo nasađeno 192 155 komada ribe ukupne težine 63 310,00 kg. Dvogodišnji šaran bio je zastupljen sa 78,98 % ukupnog nasada odnosno 83 000 komada prosječne mase 0,602 kg odnosno ukupno 50 000,00 kg. Jednogodišnji šaran bio je nasađen u količini od 98 285 komada ukupne mase 6 600,00 kg odnosno prosječne mase 0,067 kg što iznosi 10,42 % ukupnog nasada. Konzumni sivi tolstolobik bio je nasađen s 5 000,00 kg, prosječne mase 2,604 kg, odnosno 1 920 komada što iznosi 7,90 % ukupnog nasada. Jednogodišnji amur nasađen je s ukupno 7 580 komada prosječne mase 0,086 odnosno 650 kg što je 1,03 % ukupnog nasada. Dvogodišnji amur bio je nasađeno sa 740 komada prosječne mase 0,797 kg, odnosno 590,00 kg što je 0,93 % ukupnog nasada. Dvogodišnji som nasađen je sa 630 komada prosječne mase 0,746 kg odnosno ukupno 470,00 kg što iznosi 0,74 % ukupnog nasada



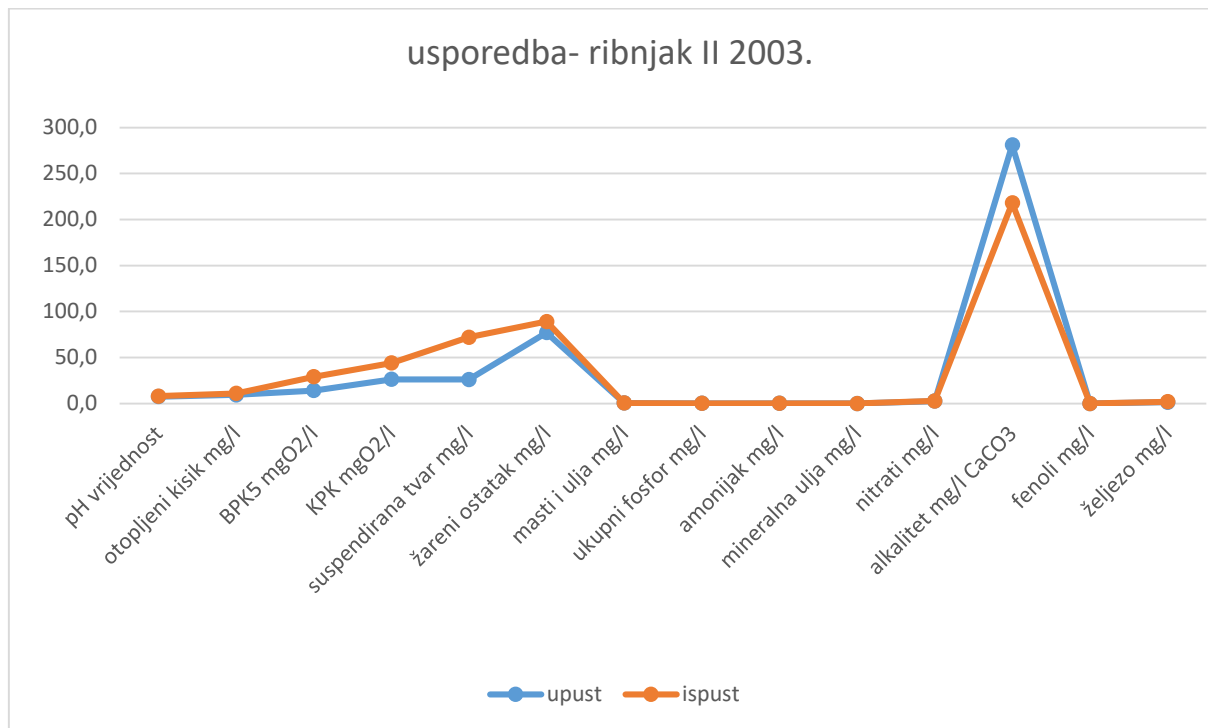
Slika 6. Nasad ribnjaka II., 2003. godine (podaci - Ribnjačarstva Poljana d.d.)

Uzorci za analizu uzeto je u studenom 2003. godine Zavod za kemiju Veterinarskog instituta u Križevcima. Analiza je vršena također na Zavoda za kemiju Veterinarskog instituta u Križevcima. Rezultati analize prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Rezultati analize ulazne i izlazne vode iz ribnjaka II 2003. godine (podaci - Ribnjačarstvo Poljana d.d.)

	Ulaz vode	izlaz vode
temperatura vode °C	10,0	12,0
temperatura zraka °C	10,0	10,0
boja	slabo obojena	sivkasta
miris	slabo primjetljiv	slabo primjetljiv
vidljiva otpadna tvar	sivi	sivi
pH vrijednost	7,5	8,0
otopljeni kisik mg L ⁻¹	9,250	10,810
BPK5 mgO ₂ L ⁻¹	14,000	29,000
KPK mgO ₂ L ⁻¹	26,200	44,000
suspendirana tvar mg L ⁻¹	26,000	72,000
žareni ostatak mg L ⁻¹	77,000	89,000
masti i ulja mg L ⁻¹	0,520	0,540
ukupni fosfor mg L ⁻¹	0,162	0,189
amonijak mg L ⁻¹	0,060	0,105
mineralna ulja mg L ⁻¹	0,000	0,000
nitрати mg L ⁻¹	2,560	2,700
alkalitet mg CaCO ₃ L ⁻¹	281,000	218,000
fenoli mg L ⁻¹	0,000	0,000
željezo mg L ⁻¹	1,400	1,900

Razlike u rezultatima odnosno kvaliteti ulazne i izlazne vode prikazane su na slici 7.



Slika 7. Usporedba dobivenih rezultata mjerenja ulazne i izlazne vode iz ribnjaka II. 2003. godine

pH vrijednost, otopljeni kisik, količina masti i ulja, amonijak, ukupni fosfor, mineralna ulja, količina fenola, količina nitrata i količina željeza ne pokazuju veće razlike između ulazne i izlazne vode. BPK je veći u ispusnoj vodi i iznosi $29,00 \text{ mg L}^{-1}$ dok je u ulaznoj vodi manji i iznosi $14,00 \text{ mg L}^{-1}$. KPK je također veći u ispusnoj vodi i iznosi $44,00 \text{ mg L}^{-1}$ dok u ulaznoj vodi iznosi $26,62 \text{ mg L}^{-1}$. Suspendirana tvar je veća u ispusnoj vodi za $46,0 \text{ mg L}^{-1}$. Žareni ostatak je nešto veći u ispusnoj vodi i iznosi $89,0 \text{ mg L}^{-1}$, dok je kod ulazne vode $77,0 \text{ mg L}^{-1}$. Alkalitet je veći u ulaznoj vodi i iznosi $281,0 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ dok je u ispusnoj vodi manji i iznosi $218,0 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$.

4.1.3. 2005. godina

2005. godine ribnjak II bio je nasađen u polikulturi (slika 8.), ukupno je bilo nasađeno 177 190 komada ribe ukupne težine 50 990,00 kg. Dvogodišnji šaran bio je zastupljen s 80,41 % ukupnog nasada odnosno 82 000 komada prosječne mase 0,500 kg, odnosno ukupno 41 000,00 kg. Jednogodišnji šaran bio je nasađen u količini od 88 700 komada ukupne mase 4 400,00 kg odnosno prosječne mase 0,050 kg što iznosi 8,63 % ukupnog nasada. Jednogodišnji sivi tolstolobik bio je nasađen sa 150 kg, prosječne mase 0,190 kg, odnosno 790 komada što iznosi 0,29 % ukupnog nasada. Dvogodišnjeg amura bilo je nasađeno 4 900 komada prosječne mase 1,100 kg, odnosno 5 390,00 kg što je 10,57 % ukupnog nasada. Jednogodišnjeg soma bilo je nasađeno 800 komada prosječne mase 0,063 kg odnosno ukupno 50,00 kg što iznosi 0,10 % ukupnog nasada.



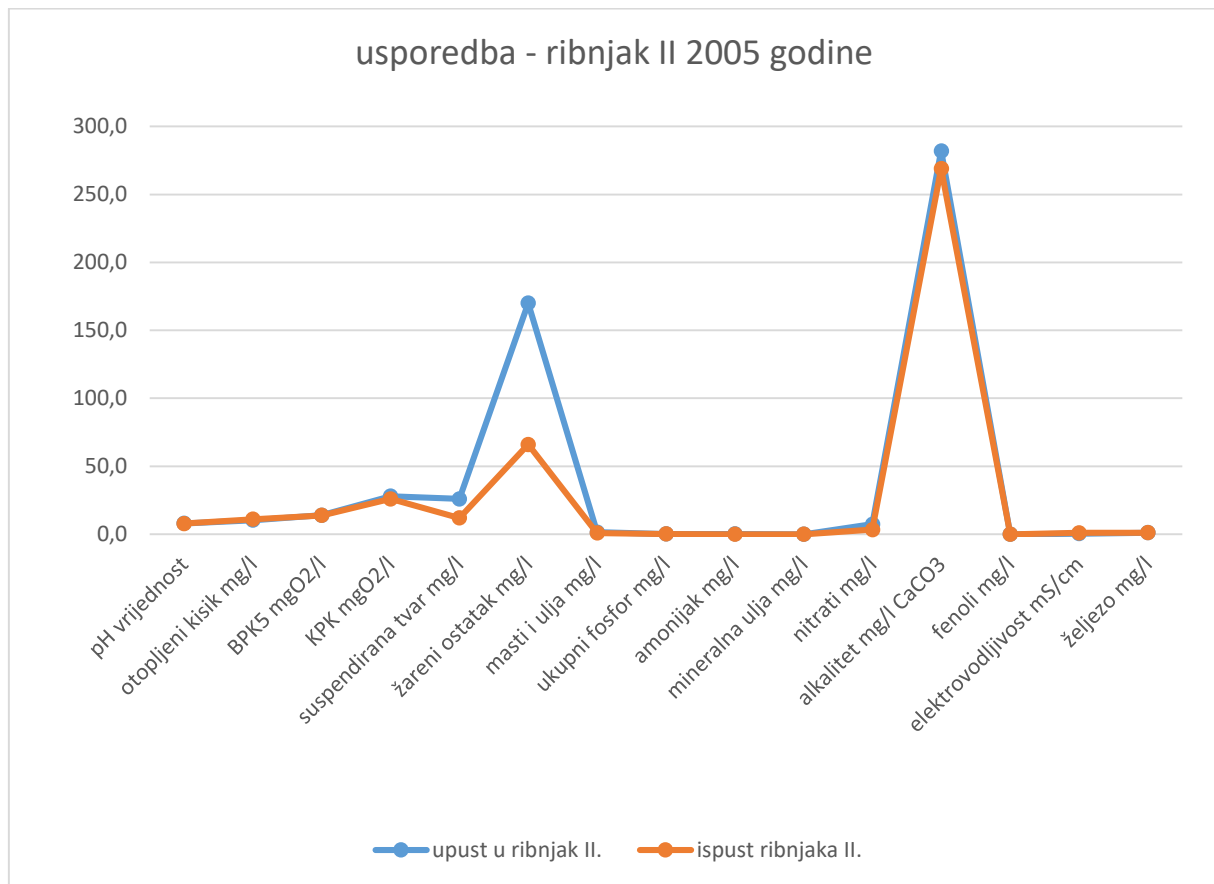
Slika 8. Nasad ribnjaka II. 2005. godine (podaci – Ribnjačarstvo Poljana d.d.)

Uzorci za analizu uzeti su u ožujku 2005. godine. Uzorke je uzeo Zavoda za kemiju Veterinarskog instituta u Križevcima. Analiza je vršena također na Zavoda za kemiju Veterinarskog instituta u Križevcima. Rezultati analize prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. Rezultati analize ulazne i izlazne vode iz ribnjaka II 2005. godine
(podaci - Ribnjačarstvo Poljana d.d.)

	ulaz vode	izlaz vode
temperatura vode °C	14,0	13,0
temperatura zraka °C	17,0	6,0
boja	sivkasta	sivkasta
miris	primjetan	primjetan
vidljiva otpadna tvar	sivi	sivi
pH vrijednost	8,0	7,9
otopljeni kisik mg L ⁻¹	10,280	11,070
BPK5 mgO ₂ L ⁻¹	14,000	13,800
KPK mgO ₂ L ⁻¹	28,000	26,000
suspendirana tvar mg L ⁻¹	26,000	12,000
žareni ostatak mg L ⁻¹	170,000	66,000
masti i ulja mg L ⁻¹	1,490	0,930
ukupni fosfor mg L ⁻¹	0,170	0,150
amonijak mg L ⁻¹	0,154	0,012
mineralna ulja mg L ⁻¹	0,001	0,010
nitriti mg L ⁻¹	7,400	3,400
alkalitet mg CaCO ₃ L ⁻¹	282,0	269,000
fenoli mg L ⁻¹	0,001	0,000
elektrovodljivost mScm ⁻¹	0,475	1,002
željezo mg L ⁻¹	1,076	1,079

Razlike u rezultatima odnosno kvaliteti ulazne i izlazne vode prikazane su na slici 9.

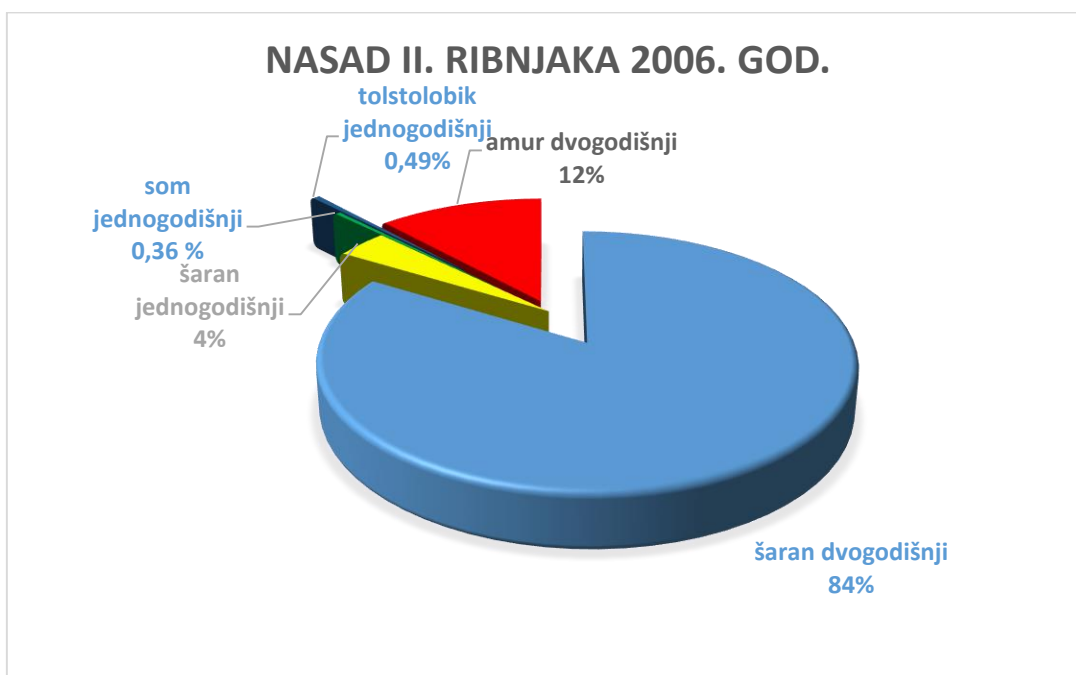


Slika 9. Usporedba dobivenih rezultata mjerenja ulazne i izlazne vode iz ribnjaka II. 2005. godine

pH vrijednost, otopljeni kisik, BPK, KPK, količina masti i ulja, amonijak, ukupni fosfor, mineralna ulja, amonijak, količina fenola, elektrovodljivost, ukupna količina fosfora i količina željeza ne pokazuju veće razlike između ulazne i izlazne vode. Suspendirana tvar je veća u ulaznoj vodi i iznosi 26 mg L^{-1} dok je količina suspendirane tvari u izlaznoj vodi 12 mg L^{-1} . Žareni ostatak je veći u ispusnoj vodi i iznosi $170,0 \text{ mg L}^{-1}$, dok je kod ulazne vode $66,0 \text{ mg L}^{-1}$. Nitrati su veći u ulaznoj vodi i iznose $7,40 \text{ mg L}^{-1}$ dok su u izlaznoj vodi $3,40 \text{ mg L}^{-1}$. Alkalitet je veći u izlaznoj vodi i iznosi $282,0 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ dok je u ulaznoj vodi manji i iznosi $269,0 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$.

4.1.4. 2006. godina

2006. godine ribnjak II bio je nasađen u polikulturi (slika 10.), ukupno je bilo nasađeno 112 090 komada ribe ukupne težine 48 985,00 kg. Dvogodišnji šaran bio je zastupljen s 83,70 % ukupnog nasada odnosno 67 170 komada prosječne mase 0,610 kg, odnosno ukupno 41000,00 kg. Jednogodišnji šaran bio je nasađen u količini od 36 000 komada ukupne mase 1800,00 kg odnosno prosječne mase 0,050 kg što iznosi 3,67 % ukupnog nasada. Jednogodišnji sivi tolstolobik bio je nasađen s 240,00 kg, prosječne mase 0,110 kg, odnosno 2 180 komada što iznosi 0,49 % ukupnog nasada. Dvogodišnjeg amura bilo je nasađeno 5 550 komada prosječne mase 1,040 kg, odnosno 5 550,00 kg što je 11,78 % ukupnog nasada. Jednogodišnjeg soma bilo je nasađeno 1 190 komada prosječne mase 0,147 kg odnosno ukupno 175,00 kg što iznosi 0,36 % ukupnog nasada.



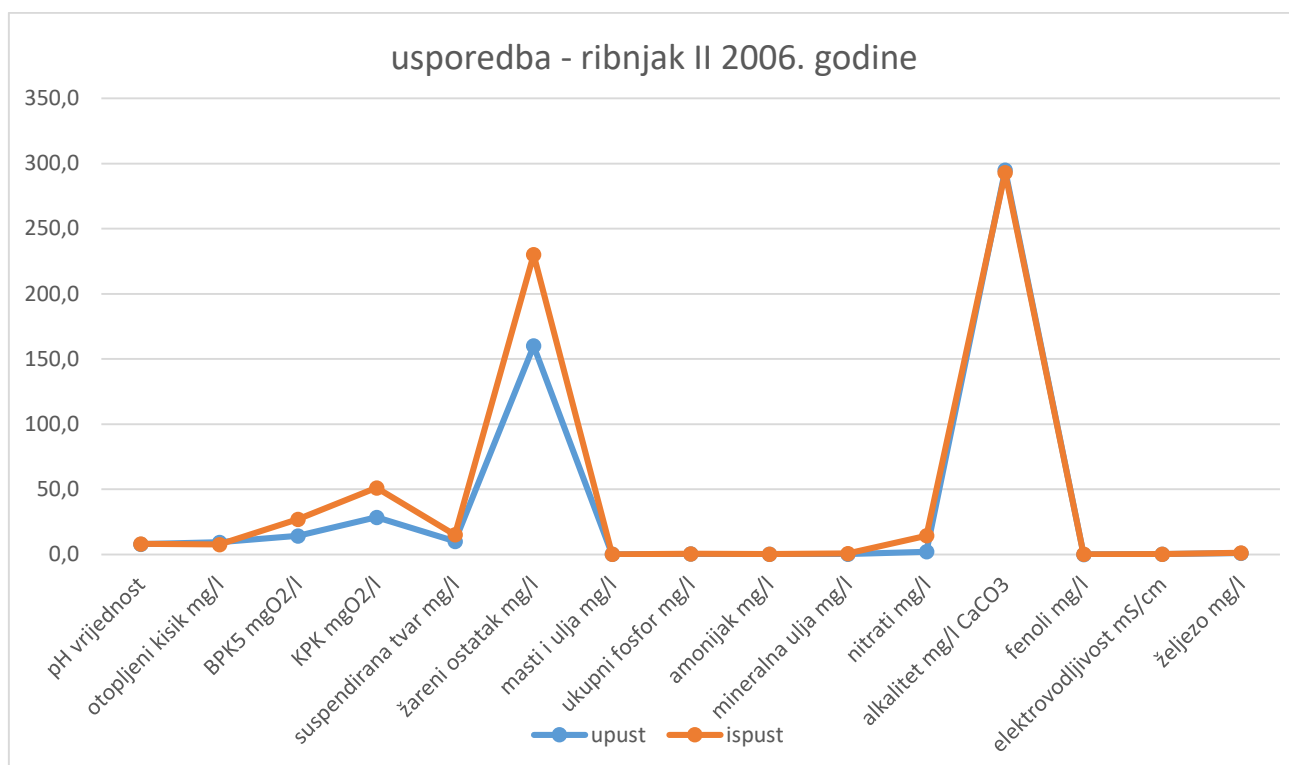
Slika 10. Nasad ribnjaka II. 2005. godine (podaci – Ribnjačarstvo Poljana d.d.)

Uzorci za analizu uzeti su u studenom 2006. Uzorke je uzeo Zavoda za kemiju Veterinarskog instituta u Križevcima. Analiza je vršena također na Zavoda za kemiju Veterinarskog instituta u Križevcima. Rezultati analize prikazani su u tablici 4.

Tablica 4. Rezultati analize ulazne i izlazne vode iz ribnjaka II 2006. godine (podaci - Ribnjačarstvo Poljana d.d.)

	ulaz	izlaz
temperatura vode °C	12,0	12,0
temperatura zraka °C	12,0	10,0
boja	Sivo-žuta	Sivo-žučkasta
miris	slabo primjetljiv	slabo primjetljiv
vidljiva otpadna tvar	siva	slab talog
pH vrijednost	7,8	8,1
otopljeni kisik mg L ⁻¹	9,330	7,600
BPK5 mgO ₂ L ⁻¹	14,200	27,000
KPK mgO ₂ L ⁻¹	28,500	51,000
suspendirana tvar mg L ⁻¹	10,000	15,000
žareni ostatak mg L ⁻¹	160,000	230,000
masti i ulja mg L ⁻¹	0,100	0,110
ukupni fosfor mg L ⁻¹	0,302	0,465
amonijak mg L ⁻¹	0,200	0,210
mineralna ulja mg L ⁻¹	0,200	0,635
nitriti mg L ⁻¹	2,000	14,300
alkalitet mg CaCO ₃ L ⁻¹	295,000	293,000
fenoli mg L ⁻¹	0,001	0,010
elektrovodljivost mScm ⁻¹	0,148	0,210
željezo mg L ⁻¹	0,900	1,200

Razlike u rezultatima odnosno kvaliteti ulazne i izlazne vode prikazane su na slici 11.



Slika 11. Usporedba dobivenih rezultata mjerenja ulazne i izlazne vode iz ribnjaka II. 2006. godine

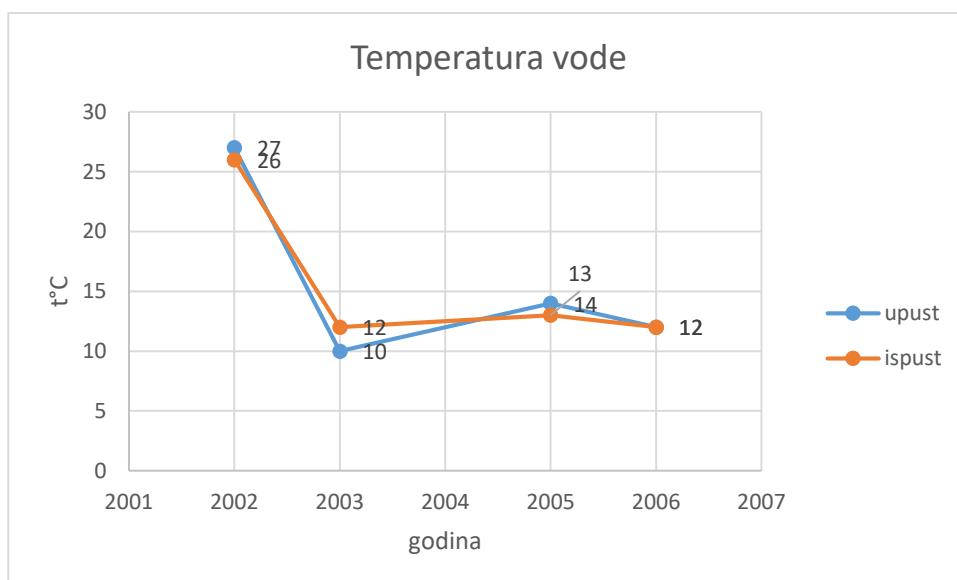
pH vrijednost, količina ukupnog fosfora, elektrovodljivost, količina ukupnog željeza i količina ukupnog amonijaka ne pokazuju velike razlike. Kisik je viši u ulaznoj vodi i iznosi $9,33 \text{ mg L}^{-1}$, dok je u izlaznoj vodi kisik $7,60 \text{ mg L}^{-1}$. BPK je viša u izlaznoj vodi i iznosi $27,00 \text{ mg L}^{-1}$. KPK je viša u izlaznoj vodi i iznosi $51,00 \text{ mg L}^{-1}$ dok je u ulaznoj vodi $28,52 \text{ mg L}^{-1}$. Suspendirana tvar je veća u izlaznoj vodi i iznosi $15,00 \text{ mg L}^{-1}$ dok je količina suspendirane tvari u ulaznoj vodi $10,00 \text{ mg L}^{-1}$. Žareni ostatak je veći u ispusnoj vodi i iznosi $230,0 \text{ mg L}^{-1}$, dok je kod ulazne vode $160,0 \text{ mg L}^{-1}$. Mineralna ulja su veći u izlaznoj vodi i iznose $0,635 \text{ mg L}^{-1}$ dok su u ulaznoj vodi $0,20 \text{ mg L}^{-1}$. Nitrati su viši u izlaznoj vodi i iznose $14,30 \text{ mg L}^{-1}$ dok su kod upusne vode $2,0 \text{ mg L}^{-1}$. Fenoli su veći u izlaznoj vodi i iznose $0,010 \text{ mg L}^{-1}$. dok su u ulaznoj vodi manji i iznose $0,001 \text{ mg L}^{-1}$.

4.2. Sumirani rezultati od 2002. – 2006. godine

Istraživanje je provedeno u srpnju 2002. godine, studenom 2003. godine, ožujku 2005. godine i studenom 2006. godine. U nastavku su prikazani rezultati po pojedinim parametrima praćenim kroz navedeno razdoblje.

4.2.1. Temperatura vode

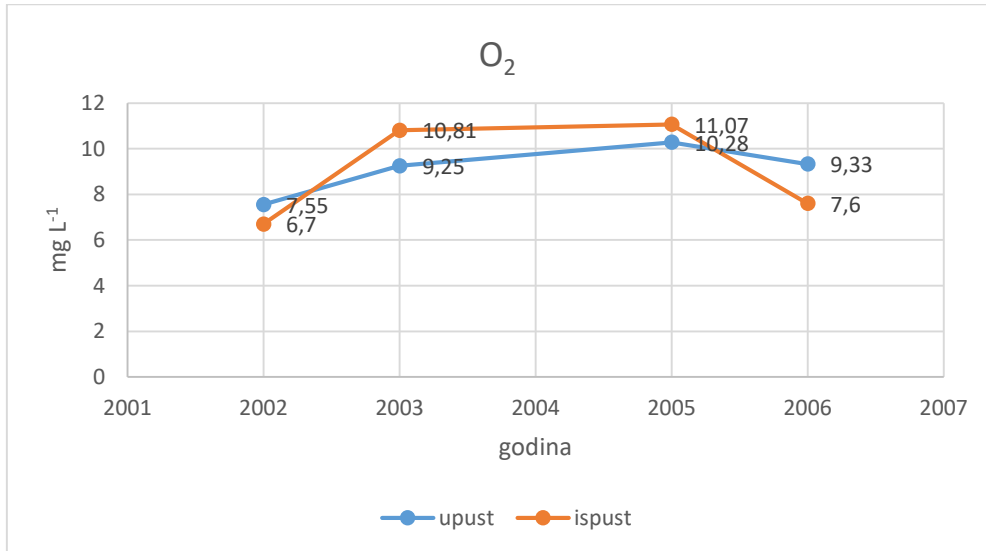
Slika 12. prikazuje razlike u temperaturi između upusne i ispusne vode kroz praćeno razdoblje. 2002. godine uzorci su uzeti u srpnju te je visoka temperatura zraka uzrok visokih temperatura vode. Ispusna voda je hladnija za 1°C zbog veće površine vode te veće dubine vode u odnosu na dovodni kanal. Razlika između temperatura upusne vode i ispusne vode je od -2 do +1°C.



Slika 12. Temperatura vode kroz praćeno razdoblje

4.2.2. Otopljeni kisik

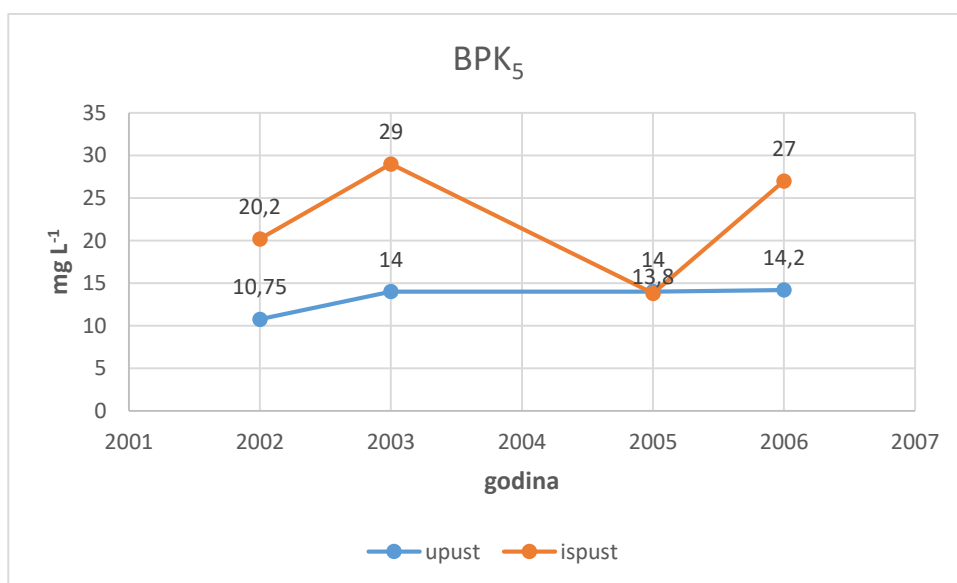
Količina otopljenog kisika (Slika 13.) varira od 6,7 mg L⁻¹ do 11,07 u ispusnoj vodi. Dok je u upusnoj vodi od 7,55 do 10,28 mg L⁻¹. Razlike manje količine kisika u ispusnoj vodi 2002. godine uzrokovane su većom gustoćom nasada i velikom količinom zooplanktona koji se nalazi u ribnjaku (Adamek i sur., 2016.).



Slika 13. Količina kisika u praćenom razdoblju

4.2.3. Biološka potrošnja kisika

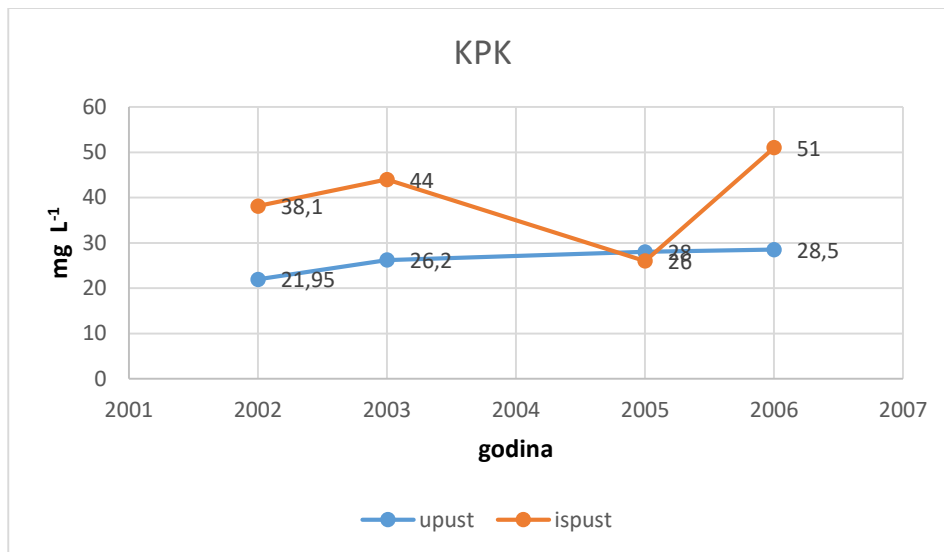
Razlike u biološkoj potrošnji kisika (BPK₅) prikazane su na slici 14. Kroz cijelo praćeno razdoblje veća aktivnost, veća gustoća nasadenosti, veća aktivnost zooplanktona i fitoplanktona te jača razgradnja organske tvari uzrokovale su veću BPK u ribnjaku II nego u upusnoj vodi. Razlike se kreću od +0,2 do +15 mg L⁻¹. Slične rezultate su dobili i Vsetickova i sur. 2012. godine.



Slika 14. Biološka potrošnja kisika u praćenom razdoblju

4.2.4. Kemijska potrošnja kisika

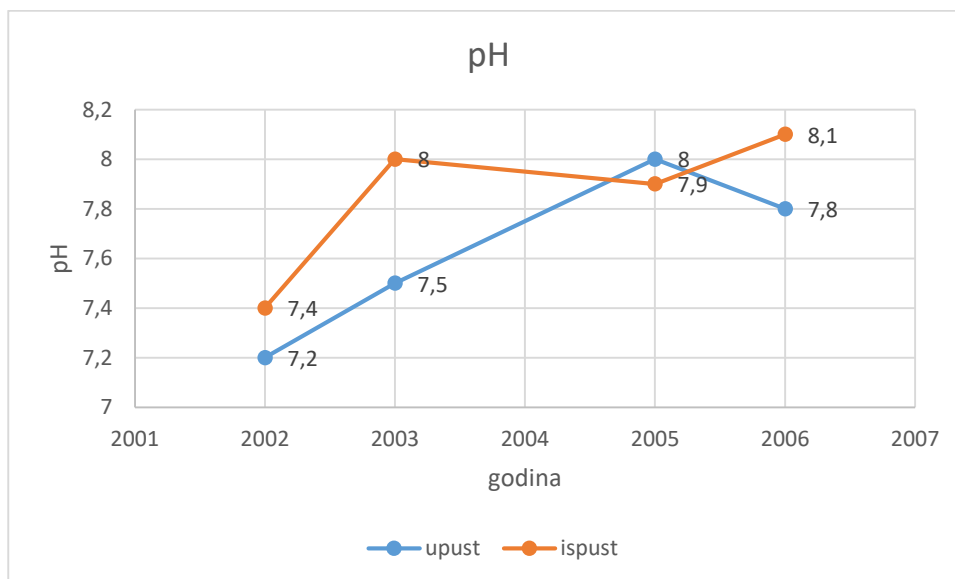
Kemijska potrošnja kisika (KPK) je također viša u ispusnoj vodi, osim 2005. godine kada je za 2 mg L⁻¹ niža. U ostalim godinama KPK je bio viši u ispusnoj vodi za od 16,18 do 22,5 mg L⁻¹ (slika 15.).



Slika 15. Kemijska potrošnja kisika kroz praćeno razdoblje

4.2.5. pH vrijednost

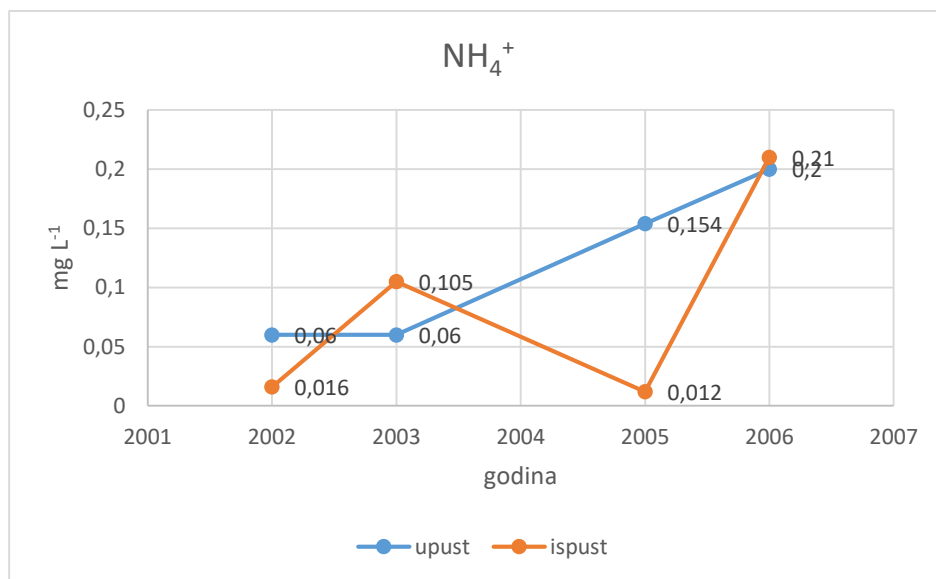
pH vrijednost izlazne vode (slika 16.) nešto je viša u odnosu na upusnu vodu osim 2005. godine kada je manja za 0,1. Razlog više pH vrijednosti u odnosu na upusnu vodu ustanovili su sa sličnim rezultatima Vsetickova i sur. (2012. godine), a kao razlog su ustanovili pojačani razvoj zelenih algi.



Slika 16. pH vrijednost ulazne i izlazne vode u praćenom razdoblju

4.2.6. Amonijev ion

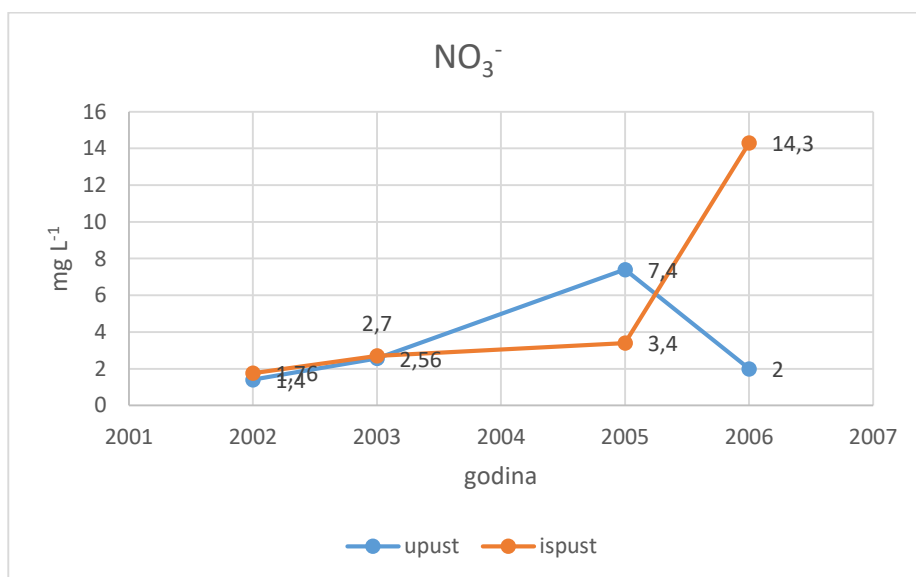
Količina amonijevog iona (NH_4^+) prikazana je na slici 17. Tokom praćenog razdoblje količine i razlike amonijevog iona u ispusnoj vodi u odnosu na upusnu vodu su bile niže osim 2005. godine gdje je količina amonijevog iona u ispusnoj vodi veća za $0,045 \text{ mg L}^{-1}$.



Slika 17. Količina amonijevog iona u praćenom razdoblju

4.2.7. Nitrati

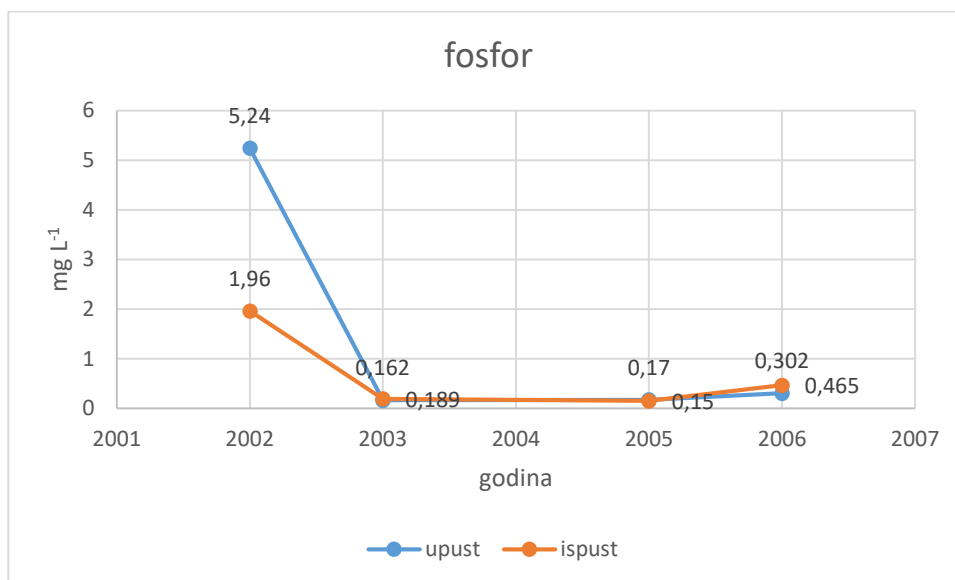
Količina nitrata (NO_3^-) u praćenom razdoblju je u ispusnoj vodi veća, osim 2005. godine kada je količina nitrata veća u upusnoj vodi za $4,0 \text{ mg L}^{-1}$ (slika 18.)



Slika 18. Količina nitrata u praćenom razdoblju

4.2.8. Fosfor

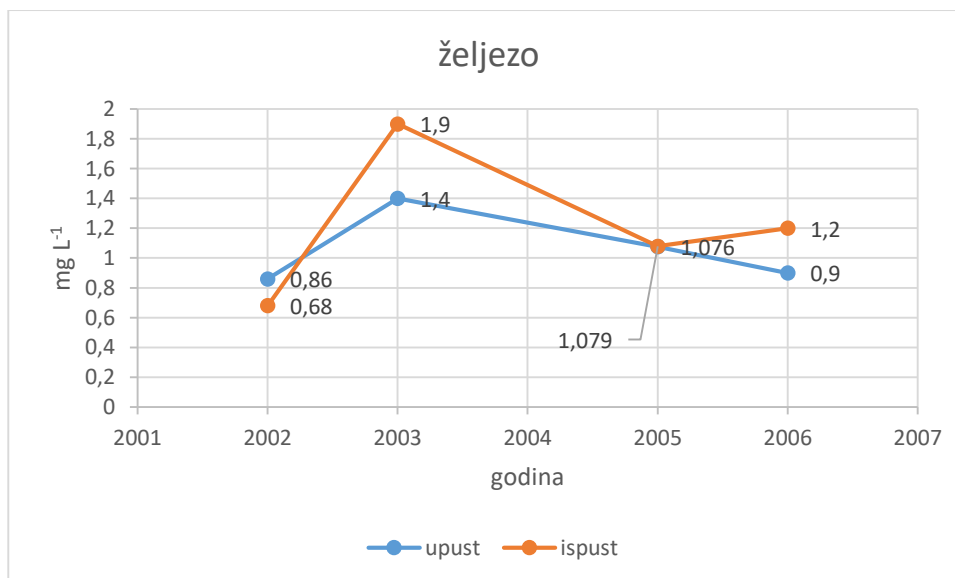
Količina fosfora (slika 19.) tokom istraživanog razdoblja neznatno varira osim 2002. godine kada je količina fosfora bila više u upusnoj vodi i iznosila je $5,24 \text{ mg L}^{-1}$ a u ispusnoj vodi količina fosfora iznosila je $1,96 \text{ mg L}^{-1}$.



Slika 19. Količina fosfora u praćenom razdoblju

4.2.9. Željezo

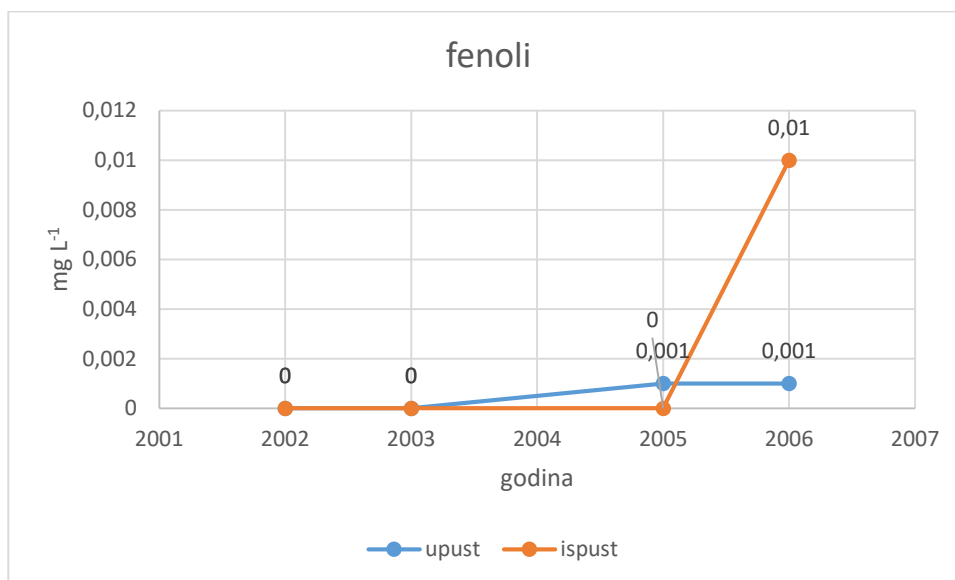
Količina željeza (Slika 20.) u istraživanom razdoblju varira. 2003., 2005. i 2006. godine viša je u ispusnoj vodi dok je 2002. godine količina fosfora viša u upusnoj vodi.



Slika 20. Količina željeza u istraživanom razdoblju

4.2.10. Fenoli

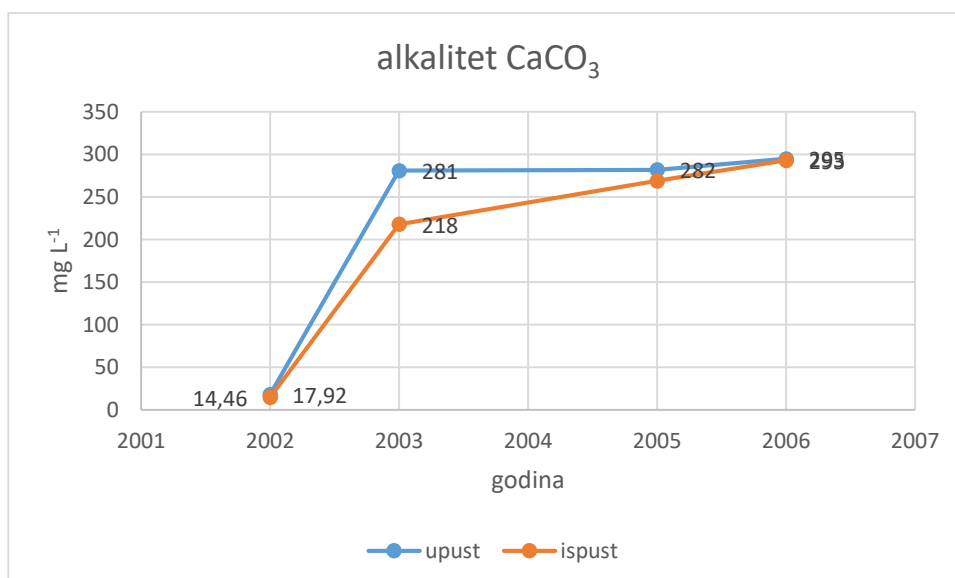
Fenoli (Slika 21.) se ne pojavljuju u vodi sve do 2005. godine dok su izmjereni u ulaznoj vodi u količini od 0,001 mg L⁻¹. 2006 godine količina fenola u izlaznoj vodi je za 0,009 mg L⁻¹ viša nego količina fenola u ulaznoj vodi.



Slika 21. Količina fenola u istraživanom razdoblju

4.2.11. Alkalitet CaCO₃

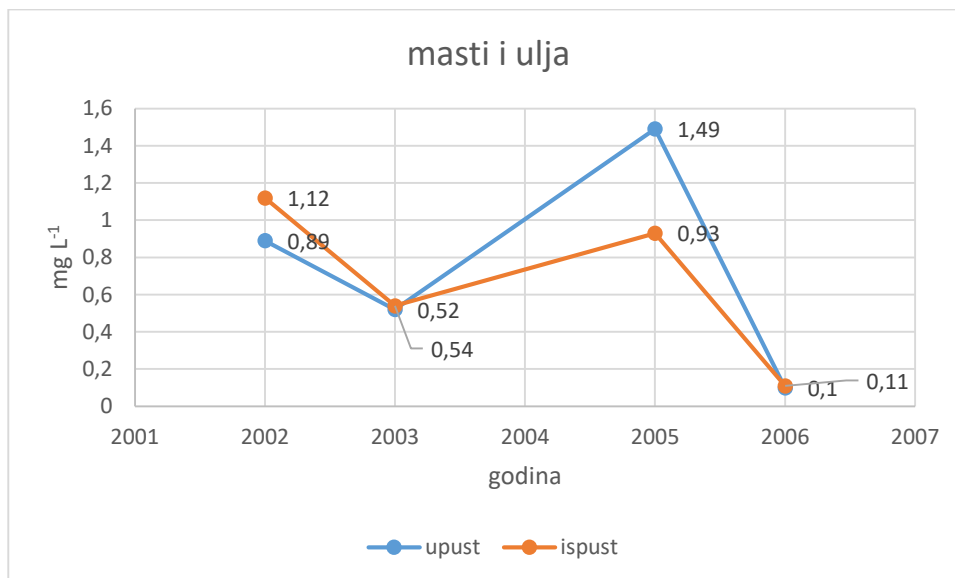
Tokom cijelog mjenog razdoblja alkalitet (slika 22.) je niži u ispusnoj vodi. Najveća razlika izmjerena je 2003. godine kada je alkalitet u upusnoj vodi iznosio 281 mg CaCO₃ L⁻¹, a u ispusnoj vodi 218 mg CaCO₃ L⁻¹.



Slika 22. Alkalitet tokom istraživanog razdoblja

4.2.12. Masti i ulja

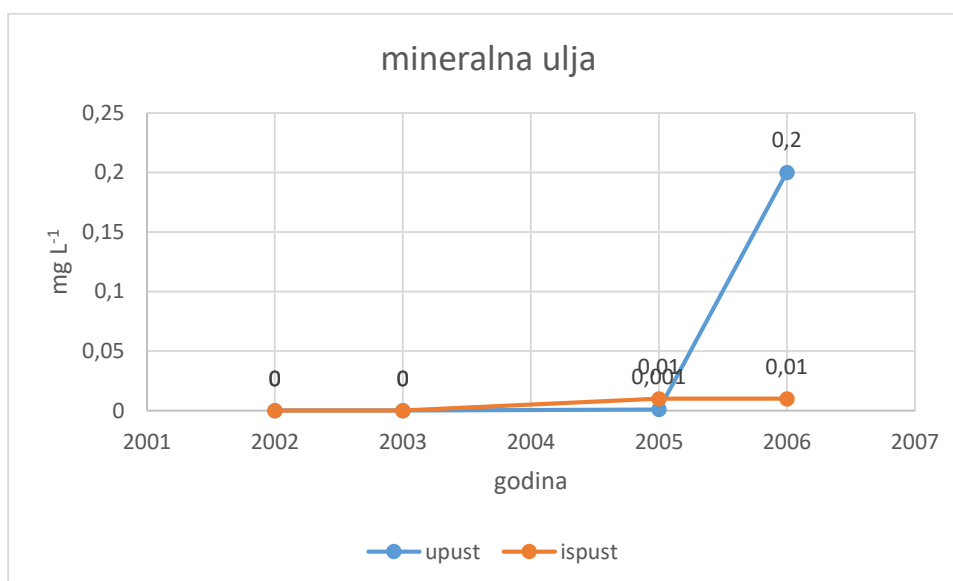
Količina masti i ulja (slika 23.) u istraživanom razdoblju varira od $-0,56 \text{ mg L}^{-1}$ u ispusnoj vodi (2005. godine) u odnosu na upusnu vodu, do sadržaja viših količina masti i ulja (2002., 2003., 2006. god.) u odnosu na upusnu vodu od $+0,01$ do $+0,23 \text{ mg L}^{-1}$.



Slika 23. Količina masti i ulja u praćenom razdoblju

4.2.13. Mineralna ulja

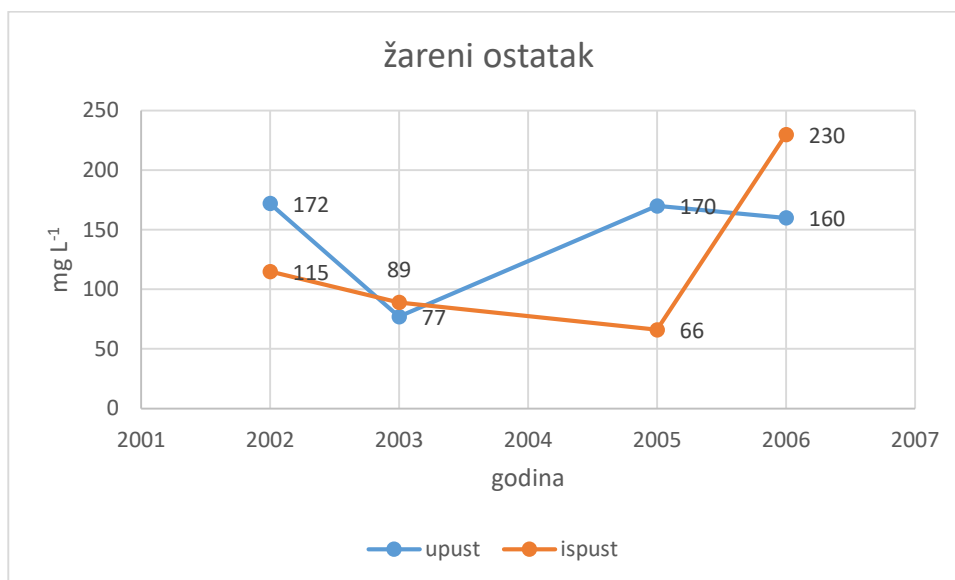
Mineralnih ulja (slika 24.) 2002. – 2004. nije bilo u vodi, 2005. godine u ispusnoj vodi je bilo $0,009 \text{ mg L}^{-1}$ više nego u upusnoj vodi, a 2006. godine količina mineralnih ulja je u ispusnoj vodi bila manja za $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ u odnosu na upusnu vodu.



Slika 24. Količina mineralnih ulja u istraživanom razdoblju

4.2.14. Žareni ostatak

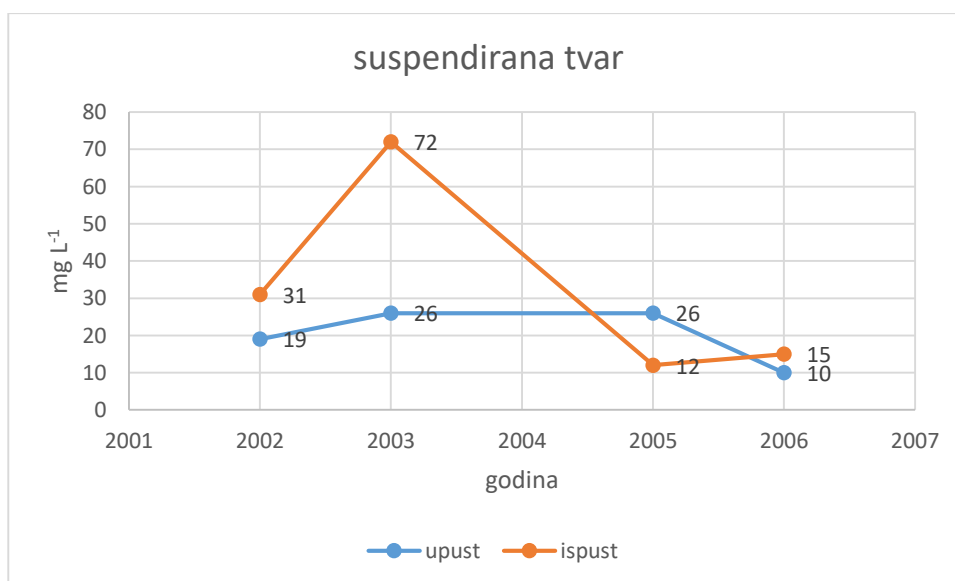
Količina žarenog ostatka (slika 25.) je varijabilna. 2002. godine u ispusnoj vodi je bila za 57 mg L^{-1} manja nego u ulaznoj vodi. 2003. godine ispusna voda ima količinu žarenog ostatka višu za 12 mg L^{-1} . 2005. godine upusna voda ima sadržaj žarenog ostatka veći za 104 mg L^{-1} . dok 2006. godine izlazna voda ima za 70 mg L^{-1} manju količinu žarenog ostatka



Slika 25. Količina žarenog ostatka u istraživanom razdoblju

4.2.15. Suspendirana tvar

Količina suspendirane tvari (slika 26.) je u ispusnoj vodi za $5 - 46 \text{ mg L}^{-1}$ viša u odnosu na ispusnu vodu izuzev 2005. godine kada je suspendirana tvar manja u ispusnoj vodi za 14 mg L^{-1} .



Slika 26. Količina suspendirane tvari u istraživanom razdoblju

5. Rasprava

Vsetickova i sur. (2012) ustanovili su da se kod slabe kvalitete ulazne vode ona pri izlasku iz ribnjaka znatno popravlja. Kvaliteta vode znatno ovisi i o godišnjem dobu odnosno temperaturi vode.

Iz rezultata je vidljivo da ukupna količina otopljenog kisika, pH vrijednost, biološka razgradnja kisika i kemijska razgradnja kisika ovise o temperaturi vode. U toplijim mjesecima razgradnja organske tvari je viša i ta razgradnja uzrokuje manju količinu otopljenog kisika i viši BPK. Također, razliku između veće potrošnje kisika u ribnjacima nego u upusnoj vodi uzrokuju veći biološki procesi uzrokovani gušćim nasadom, dodatnom hranidbom, gnojdbom te rastom količine fitoplanktona i zooplanktona. To je vidljivo iz podatka o količini kisika II. ribnjaka mjerenog u srpnju 2002. godine i rezultata mjerenja 2003., 2005., i 2006. godine kada su uzorci uzeti u ožujku (2005. godine) i studenom (2006. i 2003. godine) gdje je vidljiva razlika/manjak kisika u količini kisika od 0,9 do 4,37 mg L⁻¹ u ljetnim mjesecima. Razlika u KPK i BPK₅ vidljiva je između upusne i ispusne vode što je rezultat gustoće nasada ribe i svih tehnoloških postupaka koji se provode u ribnjaku – hranidba i gnojdba, a koji se u dovodnim kanalima ne obavljaju, također količina ribe koja se nalazi u tokovima rijeka znatno je manja nego nasadi ribe u proizvodnim ribnjacima.

Više pH vrijednosti kod viših temperatura rezultat su brzog rasta fitoplanktona koji se odvija u toplim mjesecima (Adamek i sur., 2016.). Koncentracije fosfora, amonijaka i nitrata posljedica su povećane dodatne hranidbe u akvakulturi. Također bioturbacija i aktivnost tj. ponašanje dominantne vrste u uzgoju šarana pospješuje koncentracije organskih materijala i mineralnih soli (Vsetickova i sur., 2012.).

Bioturbacija je odgovorna i za povećanje BPK i KPK u ispusnoj vodi. S obzirom da je ribnjak II. nasađen u polikulturi u količini od 709 – 1 216 komada odnosno s 310 - 400 kg ribe po ha bioturbacija je izražena što se vidi po većoj količini BPK i KPK.

Količina masti i ulja te mineralnih ulja se smanjuje u odnosu na ulaznu vodu što ribnjak predstavlja kao „pročistač voda“. Alkalitet ulazne vode se smanjuje prolaskom kroz ribnjak. Prema uredbi o klasifikaciji voda NN 77/98 vodotok odnosno ulaz vode u ribnjak II spada između II. i IV. kategorije vrste vode. Voda na izlazu iz ribnjaka odgovara vodopravnoj dozvoli odnosno sadrži manju koncentraciju štetnih tvari propisanih vodopravnom dozvolom, a odnose se na BPK₅ koji mora biti manji od 25 mg L⁻¹, a to je slučaj u ribnjaku II osim 2006. i 2003. godine gdje je povećanje za 2 odnosno 4 mg L⁻¹. KPK ne smije prelaziti 125 mg L⁻¹ što je slučaj u istraživanom ribnjaku gdje je KPK iznosio najviše 51 mg L⁻¹ 2006. godine.

Suspendirane tvari ne smije biti više od 30 - 60 mg L⁻¹ dok su u ribnjaku II u istraživanom razdoblju koncentracije suspendirane tvari manje od dopuštenih vrijednosti osim 2003 godine kada je količina suspendirane tvari 71 mg L⁻¹.

Dušika u amonijskom obliku ne smije biti više od 15 mg L⁻¹, a izmjerene koncentracije amonijevog iona u istraživanom razdoblju su manje od dopuštenih. Fašaić K. (1996.) je proveo slično istraživanje na ribnjacima Jelas.

Količina nasada po hektaru i sastav hranidbe također je veoma slično današnjem uzgoju u Ribnjačarstvu Poljana d.d. Rezultati istraživanja Fašaića (1996.) slični su rezultatima istraživanja na Ribnjačarstvu Poljana d.d. gdje je također dobiveno povećanje količine BPK₅,

KPK i količine suspendirane tvari. Alkalitet je u oba istraživanja smanjen u odvodnoj vodi i razlog tome različiti intenzitet bioprodukcije i količine ribe u ribnjacima (Fašaić, 1996.).

Ukupnom analizom ulaznih i izlaznih kemijskih parametara vode u ispusnoj vodi su povećane koncentracija BPK₅, KPK, suspendirane tvari i količine željeza, smanjen alkalitet, koncentracija masti i ulja, mineralnih ulja, dok su ostali parametri varijabilni i nema značajnih odstupanja. Prema tome ispusna voda iz Ribnjačarstva Poljana d.d. s proizvodnjom od 1 000 do 1 200 kg ribe po hektaru i hranidbom žitaricama te uz sve tehnološke procese ne uzrokuje značajne promjene u kvaliteti vode u istraživanom razdoblju.

Ovo istraživanje je u skladu s istraživanjima koje je napravio Fašaić (1996.) te koje navodi u svojem istraživanju, a koji smatraju da je onečišćenje tokova rijeka vodom iz ribnjaka praktički bespredmetan.

6. Zaključci

Na osnovi dobivenih rezultata istraživnog razdoblja može se zaključiti:

- Količina otopljenog kisika u vodi ovisi o temperaturi vode, količini organskih tvari, količini ribe, zooplanktona i fitoplanktona te je u ljetnim mjesecima niža u odnosu na upusnu vodu.
- pH vrijednost ovisi o količini algi i količini raspadanja organske tvari te malo povišena u ispusnoj vodi iz ribnjaka
- BPK₅ i KPK i suspendirana tvar su viši u ispusnoj vodi
- Količina masti i ulja, mineralnih ulja i alkalitet se smanjuje prolaskom kroz ribnjak
- Amonijak, nitrati i fosfor su posljedica bioloških procesa u vodi
- Bioturbacija je odgovorna i za povećanje BPK i KPK u ispusnoj vodi
- Upusna voda spada u II. - IV. kategorije voda
- Ispusna voda iz ribnjaka prema klasifikaciji vode spada u I. – IV. Kategorije, a prema BPK₅ u V. kategoriju voda.
- Kemijska kvaliteta ispusne vode i vode na upustu u ribnjak u istraživnom razdoblju ne pokazuje značajne nepovoljne razlike

7. Literatura

1. Adamek Z., Mrkovova M., Zukal J., Roche K., Mikl L., Šlapansky L., Janač M., Jurajda P. (2016): Environmental quality and natural food performance at feedingsites in a carp (*Cyprinus carpio*) pond. *Aquacult Int* (2016) 24: 1591-1606
2. Antalfi Antal, Tölg István (1974): *Abc ribnjačarstva*. Glas Slavonije, Osijek & Kornatexport import, Zagreb, 248 pp
3. Bogut I., Horvath L., Adamek Z., Katavič I. (2006): *Ribogojstvo*. Poljoprivredni fakultet, Osijek 23-29
4. Bogut I., Novoselić D., Pavličević J. (2006): *Biologija riba*. Poljoprivredni fakultet, Osijek, 484-527
5. Bojčić C., Debeljak Lj., Vuković T., Kršljanin B., Apostolski K., Ržaničanin B., Turk M., Volek S., Drecun Đ., Habeković D., Hristić Đ., Fijan N., Pažur K., Bunjevac I., Marošević Đ. (1982): *Slatkovodno ribarstvo*. Jumena, Zagreb 59-83
6. Bojčić C., Kučiš Ž., Božić M. (2002): *100 godina Ribnjačarstva Poljana 1902-2002*, Ribnjačarstvo Poljana d.d., Ribnjaci
7. Debeljak Lj., Fašaić K., Pleić D. (1979): Intenzifikacija uzgoja mladunaca šarana primjenom mineralnih i organskih gnojiva. *Ribarstvo*, 34: 77-82
8. Fašaić K. (1996): Promjena kemijske kakvoće izlazne vode iz šaranskih ribnjaka u odnosu na dotočnu vodu: *Ribarstvo*, 54, (4); 181-192
9. Geoportal (2017) <<https://geoportal.dgu.hr/>> Pristupljeno 22.07.2017.
10. Kanclerz J. (2005): The impact of carp fish ponds on quality of outflow water from the catchment. VII National Polish Scientific Conference on Complex and Detailed Problems of Environmental Engineering, 22: 823-832
11. Narodne novine (2017) <http://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1998_06_77_1037.html>
12. Piria M., Tomljanović T. (2006): *Hidrokemija – skripta za vježbe*, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu; 13-14
13. Piria M., Tomljanović T. (2006): *Hidrokemija, skripta za vježbe*, Agronomski fakultet, Zagreb 31-34
14. Podaci Ribnjačarstva Poljana d.d. Pristupljeno 27.07.2017.
15. Stibranyiova I., Adamek Z. (1998): The impact of winter storage of live carp on discharge water quality. *Journal of Applied Ichthyology-Zeitschrift fur Angewandte Ichthyologie*, 14: 91-95
16. The fish site: Managing Amonia in Fish ponds (2013) <http://www.thefishsite.com/articles/1593/managing-ammonia-in-fish-ponds/>
17. Treer T., Safner R., Aničić I., Lovrinov M. (1995): *Ribarstvo*. Globus, Zagreb, 464 pp, 28-48
18. Uredba o klasifikaciji voda NN 77/98 (1998)
19. Vallod D., Sarrazin B. (2010): Water quality characteristics for draining an extensive fish farming pond. *Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiques*, 55: 394-402
20. Vodopravna dozvola Ribnjačarstva Poljana d.d. (2004.) ur.br:2177-01/2-05-04-2, Pakrac
21. Vsetickova L., Adamek Z., Rozkosny M., Sedlacek P. (2012): Effects Of Semi-Intensive Carp Pond Farming On Discharged Water Quality. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, 42: 223-231

22. Vsetickova L., Adamek Z. (2013):The impact of carp pond management upon macrozoobenthos assemblages in recipient pond canals. *Aquaculture International*, 21: 897-925

Životopis

Vedrana (Vrebac) Tomljanović rođena je 19. lipnja 1984. godine. Osnovnu školu pohađala je u Garešnici, a srednju školu završava na Zdravstvenom učilištu u Zagrebu. Godine 2010. diplomirala je na Agronomskom Fakultetu sveučilišta u Zagrebu. Diplomski rad s temom „Kontrolirani mrijest soma (*Siluris glanis*) na Ribnjačarstvu Poljana d.d.“ obranila je na Zavodu za ribarstvo, pčelarstvo i specijalnu zoologiju. Prvo radno iskustvo u struci stječe na Ribnjačarstvu Lipovljani kao voditelj proizvodnje. Kraće vrijeme je radila na ribnjačarstvu PP Orahovice, a danas radi kao tehnolog-biolog na Ribnjačarstvu Poljana d.d.

Kontakt podaci:

e-mail: vedrana.vrebac@bj.htnet.hr

mob: 00385-98/9357-648

00385-98/9827-680