



Sveučilište u Zagrebu

Veterinarski fakultet

Ivana Sabolek

**UČINKOVITOST PRIMJENE PRIPRAVKA
EFEKTIVNIH MIKROORGANIZAMA EM-1®
U ŠARANSKOM RIBNJAČARSTVU**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

Veterinarski fakultet

Ivana Sabolek

UČINKOVITOST PRIMJENE PRIPRAVKA EFEKTIVNIH MIKROORGANIZAMA EM-1® U ŠARANSKOM RIBNJAČARSTVU

DOKTORSKI RAD

Mentori:

dr. sc. Mario Ostović, izvanredni profesor
dr. sc. Ivana Tlak Gajger, redovita profesorica

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

Faculty of Veterinary Medicine

Ivana Sabolek

EFFICACY OF USING EM-1® EFFECTIVE MICROORGANISMS IN CARP FISH FARMING

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisors:

Mario Ostović, PhD, Associate Professor

Ivana Tlak Gajger, PhD, Professor

Zagreb, 2024



Sveučilište u Zagrebu
VETERINARSKI FAKULTET

I Z J A V A

Ja, Ivana Sabolek, potvrđujem da je moj doktorski rad izvorni rezultat
mojega rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima
do onih navedenih u radu.

(potpis studenta)

Zagreb, 2024.

Doktorski rad izrađen je u:

Zavodu za higijenu, ponašanje i dobrobit životinja

Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

i

Zavodu za biologiju i patologiju riba i pčela

Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Predstojnik: *izv. prof. dr. sc. Mario Ostović*

Predstojnik: *izv. prof. dr. sc. Krešimir Matanović*

Doktorski rad predan je na ocjenu Fakultetskom vijeću Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja akademskog stupnja doktora znanosti iz znanstvenog područja Biomedicina i zdravstvo, polja Veterinarska medicina, grane Animalna proizvodnja i biotehnologija.

Zahvale

Veliku zahvalnost dugujem mojim dragim mentorima izv. prof. dr. sc. Mariu Ostoviću i prof. dr. sc. Ivani Tlak Gajger na znanstvenom i stručnom usmjeravanju, kontinuiranoj i iskrenoj podršci, strpljenju, nesebičnoj pomoći te svakoj toploj riječi. Hvala i na svim konstruktivnim raspravama, dugim razgovorima i što ste bili uz mene i u teškim i u lijepim trenucima u ovih šest godina.

Zahvaljujem i svim djelatnicima Zavoda za higijenu, ponašanje i dobrobit životinja na svim savjetima, podršci i pomoći u dosadašnjem radu te prilikom izrade ovog doktorskog rada.

Zahvaljujem akademiku Željku Cvetniću, dr. sc. Damiru Pavličeku, dr. sc. Vesni Jaki Tkalec, Tiani Novosel, mag. appl. chem. i teh. sur. Petri Košutić, kao i svim djelatnicima Hrvatskog veterinarskog instituta – Veterinarskog zavoda Križevci, na pomoći u provođenju istraživanja, kao i na svakoj pomoći i savjetima. Zadovoljstvo je raditi s takvim ljudima.

Velika hvala Nedjeljku Jovanoviću, dipl. ing., iz tvrtke Efektivni mikroorganizmi originalna tehnologija Rijeka d. o. o., koji je svojim savjetima i iskustvom uvelike doprinio u razvoju ideje i provođenju ovog istraživanja.

Zahvaljujem Mladenu Previću, mag. oec. i svim djelatnicima Ribnjačarstva Končanica d. d. što su mi omogućili provedbu istraživanja prilagodbom proizvodnje te na svim savjetima i pomoći.

Zahvaljujem dragoj prof. dr. sc. Anamariji Ekert Kabalin na statističkoj analizi podataka, susretljivosti, svakom savjetu, kao i na svakoj toploj riječi i osmijehu.

Velika hvala dragoj prof. Dijani Savić na svakom savjetu, nesebičnoj pomoći i podršci.

Hvala kolegicama i prijateljicama Aneti, Moniki i Lidiji s kojima sam dijelila lijepe i teške trenutke u pisanju ovog doktorskog rada. Moj doktorat je završen, ali vjerujem da će se naše prijateljstvo nastaviti. Zahvaljujem i svim svojim prijateljicama i prijateljima koji su uvijek uz mene.

Velika hvala mojem dragom Dejanu na razumijevanju, strpljivosti te bezuvjetnoj ljubavi i podršci.

Posebnu zahvalnost iskazujem svojoj mami, baki i bratu na podršci, strpljivosti, ljubavi i usmjeravanju na pravi put. Hvala vam što se radujete svakom mom uspjehu.

Najveća hvala ide mojem tati koji mi je najveći životni oslonac i inspiracija. Tata, hvala ti na usmjeravanju, riječima ohrabrenja, svim dugim razgovorima i razumijevanju, a najviše ti hvala što uvijek vjeruješ u mene.

I na kraju, hvala dragom Bogu na svim predivnim ljudima kojima me okružio.

Ivana

SAŽETAK

UČINKOVITOST PRIMJENE PRIPRAVKA EFEKTIVNIH MIKROORGANIZAMA EM-1® U ŠARANSKOM RIBNJAČARSTVU

Onečišćenje voda jedan je od najozbiljnijih ekoloških problema diljem svijeta. Primjenom inovativnih i održivih tehnologija u sektoru akvakulturne proizvodnje omogućuje se razvoj proizvoda veće dodane vrijednosti, jačanje otpornosti sektora te se smanjuje negativan utjecaj uzgoja životinja koje žive u vodi na okoliš. Ekološki prihvatljiv i relativno jeftin način poboljšanja kvalitete vode je uporaba biološki aktivnih tvari, kao što su efektivni mikroorganizmi. Cilj doktorskog rada bio je utvrditi kako primjena pripravka efektivnih mikroorganizama EM-1® u šaranskom ribnjačarstvu utječe na organoleptičke, fizikalno-kemijske i mikrobiološke pokazatelje kvalitete vode, mikrobiološke pokazatelje kvalitete sedimenta, prirast i mortalitet riba, te utvrditi povezanosti između istraživanih pokazatelja. Istraživanje je provedeno na dva ribnjaka, kontrolnom i pokusnom, u komercijalnim uvjetima proizvodnje, na ribnjačarstvu Končanica d.d., Končanica, Bjelovarsko-bilogorska županija. U prvom dijelu istraživanja koji je trajao 105 dana u ljetno-jesenskom razdoblju u svaki ribnjak naseljeno je 7.000 mlađa običnog šarana (*Cyprinus carpio*) u monokulturi. Drugi dio istraživanja trajao je 45 dana u zimsko-proljetnom razdoblju i u ribnjake je naseljeno oko 1.500 jedinki miješane konzumne ribe. U prvom dijelu istraživanja EM-1® u vodi ribnjaka primijenjen je u obliku glinenih kugli, a u drugom dijelu u obliku tekućine. Uzorci vode i sedimenta uzimani su svaka dva tjedna kada su također mjerene masa i dužina riba. Kvaliteta sedimenta te prirast i mortalitet riba praćeni su samo u prvom dijelu istraživanja. Analiza podataka provedena je referentnim programom Statistica v. 14.1.0.8. Rezultati istraživanja pokazali su da su se primjenom EM-1® u obliku glinenih kugli u vodi ribnjaka značajno smanjili ($p < 0,05$) alkalitet, koncentracija isparnog ostatka, kemijska potrošnja kisika, utrošak kalijeva permanganata, koncentracija otopljenog kisika i zasićenost vode kisikom, koncentracije amonija, nitrata, ukupnog fosfora, magnezija, natrija, kalija, klorida, ortofosfata, ulja i masti, ukupnih ugljikovodika, fenola, elemenata aluminijskog, barijskog, bakrenog, berilijevog, borovog, manganskog, uranijevog, vanadijskog i željeznog te broj ukupnih koliforma u vodi i sedimentu ribnjaka, a značajno se povećali ($p < 0,05$) mutnoća vode, koncentracije suspendirane i taložive tvari, koncentracije kalcija, sulfata, elemenata arsena i stroncija, ukupan broj bakterijskih kolonija na 36 °C i 22 °C, kao i prirast šaranskog mlađa. Primjena EM-1® u tekućem obliku rezultirala je značajnim smanjenjem ($p < 0,05$) mutnoće vode, koncentracije otopljenog kisika i zasićenosti

vode kisikom, koncentracije ukupnih ugljikovodika te elemenata aluminijskog, bora i stroncija, a značajnim povećanjem ($p < 0,05$) koncentracija suspendirane tvari, nitrita, ukupnog fosfora, kalija, klorida, sulfata te ukupnog broja bakterijskih kolonija na 36 °C i 22 °C. Iz rezultata doktorskog rada može se zaključiti da EM-1® primijenjen u vodi šaranskog ribnjaka utječe na kvalitetu vode i sedimenta, povećavajući prirast mlađa.

Ključne riječi: efektivni mikroorganizmi (EM-1®), šaranski ribnjak, onečišćenje voda, kvaliteta vode, prirast

EXTENDED ABSTRACT

EFFICACY OF USING EM-1® EFFECTIVE MICROORGANISMS IN CARP FISH FARMING

Aquaculture production is continuously developing, expanding and intensifying due to the significant increase in human population and increased demand for food, being the fastest-growing sector of food production in the world. Good water quality is essential for providing sufficient amounts of drinking water, protection of aquatic organisms, and preservation of biodiversity. Nowadays, water pollution has become a global threat. Some substances such as heavy metals pose a serious risk to aquatic ecosystems and human health due to their toxicity, persistence and high bioaccumulation potential. The major sources of water pollution are industries, untreated wastewater from households and livestock production, and pesticides and fertilizers used in crop production. On the other hand, aquaculture wastewater with a high load of organic matter, nutrients, drug residues and other substances can negatively impact the environment. The intensification of aquaculture production is based on the increased stocking density and nutritionally complete pelleted feeds resulting in decreased water quality, and deterioration of hygienic conditions in ponds and stressed fish. Such conditions contribute to the occurrence and spread of diseases. Once the disease occurs, it is difficult to treat. Therefore, it is important to take measures, such as maintaining good water quality and suitable environmental conditions, along with appropriate nutrition to prevent visible signs of diseases.

Efforts have been invested to develop new methods of aquaculture wastewater treatment due to numerous limitations imposed by conventional methods. The application of sustainable technologies, new knowledge and innovative solutions in the aquaculture sector enables development of products with greater added value, strengthening the sector's resilience and reducing the negative impact of aquaculture on the environment.

Microorganisms are ubiquitous in the environment and are part of every ecosystem. They are an integral part of the biological cycle and are very important for various processes in the environment. Microorganisms are most often identified with infections and various diseases. However, they can also be useful for humans, animals and plants. Bioremediation is an environmentally friendly and relatively inexpensive method of removing pollutants from the environment using microbiological processes. Effective microorganisms (EM) are a liquid, mixed culture of microorganisms that are beneficial to nature, including humans, animals, plants and other microbial species. The EM technology has been developed by Dr. Teruo Higa,

Professor of Horticulture at the University of Ryukyusu, Okinawa, Japan. It is known that EM contains more than 80 species of anaerobic and aerobic microorganisms such as photosynthetic bacteria, lactic acid bacteria, actinomycetes and yeasts, but its exact composition is kept secret. Nowadays, the EM technology is used and shows great potential in crop production, forestry, livestock production, aquaculture, beekeeping, environmental protection, and human and veterinary medicine. Effective microorganisms stimulate natural decomposition of organic compounds that pollute water by producing bioactive substances that act on putrefaction pathogens and the formation of harmful gases. In this way, EM restores the natural balance of the aquatic system with beneficial and sustainable effects. Effective microorganisms are used for water bioremediation in either their original liquid or solid form, i.e., balls made of clay/soil/loess, EM and Bokashi. Bokashi is a mixture of rice bran, molasses and EM, which is added to increase the bioactivity of the balls.

Previous studies have demonstrated that the application of EM initiates positive changes in the lake by increasing decomposition of organic matter and diversity of phytoplankton, while reducing chemical oxygen demand (COD), concentrations of suspended substance, total nitrogen and total phosphorus, and turbidity. Moreover, it has been shown that the use of EM reduces alkalinity, concentrations of total dissolved solids and pesticides, COD and biochemical oxygen demand during five days (BOD₅), but increases total heterotrophic bacterial and yeast population in wastewaters. It has also been proven that EM can inhibit the growth of pathogenic microorganisms in wastewater. Furthermore, the application of EM has been shown to reduce the concentrations of heavy metals in different types of water and to remove unpleasant odours from harbour sediment. Finally, it has been indicated that EM can be used in bioremediation of oil-polluted seawater.

The use of antibiotics in aquaculture has resulted in the development of antibiotic resistance, microdysbiosis, and accumulation of antibiotic residue in aquatic products being harmful for human consumption. Previous research has revealed the potential of EM to increase resistance to pathogens and reduce mortality in aquatic organisms. Effective microorganisms can be used in aquaculture as either feed or water additives. It has been shown that the application of EM in shrimp farming enhances growth performance and immune response, while reducing oxidative stress. In addition, the use of EM has been demonstrated to reduce the levels of ammonia, nitrate and BOD₅ in shrimp farm wastewaters. In tilapia and catfish farming, applied EM has also been shown to increase fish growth. However, there is no strict consensus on the impact of EM in carp fish farming. Some studies report on positive effects of EM, while others found no effect on carp growth performance and fish farm water quality.

The aim of the doctoral thesis was to determine how the use of EM in carp fish farming affects organoleptic, physico-chemical and microbiological parameters of water quality, microbiological parameters of sediment quality and fish growth, and to determine correlations among study parameters. Study results are supposed to upgrade the knowledge about the impact of EM on carp farm water quality and productivity. Some parameters of water quality under the study, including oils and fats, total hydrocarbons and phenols, and the effect of EM on these parameters have not been previously investigated in carp fish farming. The study is also important for including the results on the effect of EM on microbiological parameters of the quality of fish pond water and sediment. The scientific contribution of the study is finally based on the fact that in recent years, great efforts have been made to find new solutions of aquaculture wastewater treatment, which will reduce its negative impacts on the environment and health of other animals and humans, strengthening production resilience.

The study was conducted in commercial production conditions at Končanica d.d. fish farm, Končanica, Bjelovar-Bilogora County, Croatia. Total area of the fish farm is 1,474 ha, of which 943 ha are used in the production where common carp (80%), grass carp, grey and white walleye, catfish, perch, pike and tench are grown. The study included two fish ponds, control and experimental ponds, area 3,800 m² and depth 1.2-2 m each, irrigated from the Ilova river. The ponds are located near arable lands and roads. All necessary agrotechnical measures were taken prior to letting water into the ponds. The study was divided into two parts. In the first part of the study, each fish pond was populated with 7,000 common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles. Prior to settlement, carp juveniles were selected, i.e., all other fish species except for carp were removed. The first part of the study took 105 days in the summer-autumn period (from July to October 2022) until the juvenile fish catch. The second part of the study took 45 days in the winter-spring period (from February to April 2023), when fish ponds were populated with ~1,500 commercial-size fish. In the first part of the study, EM-1® (EKO EM PLUS, Efektivni Mikroorganizmi originalna tehnologija Rijeka d.o.o., Rijeka, Croatia) was added manually into experimental fish pond water in the form of 1,000 clay balls a week after juvenile fish settlement. The clay balls were made by mixing liquid EM-1® and clay (ratio 1:3), and rolling the mixture in Bokashi bran (Efektivni Mikroorganizmi originalna tehnologija Rijeka d.o.o., Rijeka, Croatia). The balls were stored in the air, away from direct sunlight, until they had completely dried (about a month). In the second part of the study, 80 L of liquid EM-1® was added manually into experimental fish pond water two weeks after fish settlement. In the first part of the study, the fish were, along with natural feed, fed once a day for six days a week, while in the second part of the study, they were not fed.

Water quality was determined in both parts of the study, while sediment quality and fish growth were monitored only in the first part of the study. Water samplings were performed every two weeks, eight and four times in total in the first and in second part of the study, respectively. Each time, three composite samples were taken at nine sites, i.e., eight sites along the edges and in the middle of the fish ponds. Sediment samplings were performed in the same way. The samples were transported to the laboratory in controlled conditions. All analyses were conducted in the Laboratory for Analytical Chemistry and Residues, Croatian Veterinary Institute, Križevci Veterinary Institute, Križevci, Croatia, using standard laboratory methods. The values of the following organoleptic, physico-chemical and microbiological parameters were measured in water samples: turbidity, pH, alkalinity, suspended substance, settleable substance, evaporation residue, COD, potassium permanganate (KMnO₄) consumption, BOD₅, dissolved oxygen and oxygen saturation, anions (nitrite, nitrate, chloride, sulphate, fluoride, bromide, orthophosphate), cations (ammonium, sodium, potassium, calcium, magnesium), total nitrogen and total phosphorus, oils and fats, total hydrocarbons and phenols, elements aluminium, arsenic, copper, barium, beryllium, boron, zinc, lithium, cadmium, cobalt, tin, chromium, manganese, nickel, lead, selenium, silver, strontium, thallium, uranium, vanadium, iron and mercury, and total heterotrophic bacterial colony counts at 36 °C and 22 °C, and total coliform count. In the sediment samples, total coliform count was determined. Water temperature was measured in the fish ponds at the sampling sites. Fish growth was also assessed at two-week intervals by measuring body mass and length of 100 fish from each pond.

The data collected were analysed by use of the reference Statistica v. 14.1.0.8 software. The Student's T-test (comparison of values between the control and experimental ponds by study days) and one-way ANOVA with Tukey HSD test on *post hoc* analysis (comparison of values within the control and experimental ponds by study days) were employed on data analysis. These tests were used for quantitative variables (small samples) following previous checking for variance equality and normality of data distribution by use of probability plots. Correlations among investigated parameters were determined by Spearman rank order correlations. In all analyses, the level of $P < 0.05$ was considered statistically significant.

In water of both fish ponds throughout both parts of the study, the presence of cadmium, cobalt, tin, chromium, nickel, lead, selenium, silver, thallium and mercury was not detected. The study showed that the application of EM-1® in the form of clay balls resulted in a significant reduction ($P < 0.05$) of alkalinity, the concentration of evaporation residue, COD, KMnO₄ consumption, the concentration of dissolved oxygen and oxygen saturation, the concentrations of ammonium, nitrate, total phosphorus, magnesium, sodium, potassium,

chloride, orthophosphate, oils and fats, total hydrocarbons, phenols, elements aluminium, barium, copper, beryllium, boron, manganese, uranium, vanadium and iron, and total coliform count in pond water and sediment, while it significantly increased ($P<0.05$) water turbidity, the concentrations of suspended and settleable substances, the concentrations of calcium, sulphate, elements arsenic and strontium, and total heterotrophic bacterial colony counts at 36 °C and 22 °C. The use of EM-1® as clay balls significantly improved ($P<0.05$) the carp juvenile growth indices. The application of liquid EM-1® resulted in a significant reduction ($P<0.05$) of water turbidity, the concentration of dissolved oxygen and oxygen saturation, and the concentrations of total hydrocarbons and elements aluminium, boron and strontium, while it significantly increased ($P<0.05$) the concentrations of suspended substance, nitrite, total phosphorus, potassium, chloride, sulphate, and total heterotrophic bacterial colony counts at 36 °C and 22 °C.

The results of the study suggest that EM-1® applied into the water of the carp fish pond influences the quality of water and sediment, while increasing the growth performance of juvenile carp.

Key words: effective microorganisms, carp fish pond, aquaculture, water quality, fish growth

POPIS PRILOGA

SLIKE

Slika 1. Sastav vrsta u akvakulturnoj proizvodnji u svijetu u 1997. i 2017. godini te kretanje proizvodnje od 1997. do 2017. godine

Slika 2. Ukupna proizvodnja u akvakulturi u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2015. do 2020. godine, u tonama

Slika 3. Mogući uzroci poremećaja zdravstvenog stanja riba

Slika 4. Ribnjak obrađen vaponom

Slika 5. Kontrolni ribnjak napunjen vodom

Slika 6. Pokusni ribnjak napunjen vodom

Slika 7. Mlađ šarana nakon sortiranja

Slika 8. Kugle prilikom sušenja

Slika 9. Osušene kugle

Slika 10. Polaganje kugli u pokusni ribnjak

Slika 11. Uliveni pripravak efektivnih mikroorganizama EM-1® u ribnjaku

Slika 12. Uzorak vode iz kontrolnog ribnjaka (lijevo) i pokusnog ribnjaka (desno) uzeti prilikom trećeg uzorkovanja u drugom dijelu istraživanja

Slika 13. Mlađ šarana prilikom pokusnog izlova

Slika 14. Mutnoća vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 15. Mutnoća vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 16. Temperatura vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 17. Temperatura vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 18. pH-vrijednost vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 19. pH-vrijednost vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 20. Alkalitet vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 21. Alkalitet vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 22. Koncentracija suspendirane tvari u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 23. Koncentracija suspendirane tvari u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 24. Vrijednost taložive tvari u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 25. Vrijednost taložive tvari u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 26. Koncentracija isparnog ostatka u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 27. Koncentracija isparnog ostatka u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 28. Kemijska potrošnja kisika (KPK) u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 29. Utrošak KMnO_4 u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 30. Utrošak KMnO_4 u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 31. Biokemijska potrošnja kisika tijekom pet dana (BPK_5) u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 32. Biokemijska potrošnja kisika tijekom pet dana (BPK_5) u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 33. Koncentracija otopljenog kisika u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 34. Koncentracija otopljenog kisika u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 35. Zasićenost vode kisikom u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 36. Zasićenost vode kisikom u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 37. Koncentracija amonija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 38. Koncentracija nitrita u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 39. Koncentracija nitrata u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 40. Koncentracija nitrata u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 41. Koncentracija ukupnog dušika u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 42. Koncentracija ukupnog dušika u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 43. Koncentracija ukupnog fosfora u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 44. Koncentracija ukupnog fosfora u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 45. Koncentracija kalcija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 46. Koncentracija kalcija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 47. Koncentracija magnezija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 48. Koncentracija magnezija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 49. Koncentracija natrija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 50. Koncentracija natrija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 51. Koncentracija kalija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 52. Koncentracija kalija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 53. Koncentracija klorida u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 54. Koncentracija klorida u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 55. Koncentracija sulfata u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 56. Koncentracija sulfata u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 57. Koncentracija fluorida u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 58. Koncentracija fluorida u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 59. Koncentracija bromida u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 60. Koncentracija ortofosfata u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 61. Koncentracija ulja i masti u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 62. Koncentracija ulja i masti u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 63. Koncentracija ukupnih ugljikovodika u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 64. Koncentracija ukupnih ugljikovodika u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 65. Koncentracija fenola u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 66. Koncentracija fenola u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 67. Koncentracija aluminija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 68. Koncentracija aluminija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 69. Koncentracija arsena u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 70. Koncentracija arsena u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 71. Koncentracija bakra u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 72. Koncentracija bakra u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 73. Koncentracija barija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 74. Koncentracija barija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 75. Koncentracija berilija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 76. Koncentracija berilija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 77. Koncentracija bora u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 78. Koncentracija bora u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 79. Koncentracija cinka u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 80. Koncentracija cinka u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 81. Koncentracija litija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 82. Koncentracija litija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 83. Koncentracija mangana u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 84. Koncentracija mangana u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 85. Koncentracija stroncija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 86. Koncentracija stroncija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 87. Koncentracija uranija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 88. Koncentracija uranija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 89. Koncentracija vanadija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 90. Koncentracija vanadija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 91. Koncentracija željeza u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 92. Koncentracija željeza u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 93. Ukupni broj bakterijskih kolonija na temperaturi od 36 °C u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 94. Ukupni broj bakterijskih kolonija na temperaturi od 36 °C u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 95. Ukupni broj bakterijskih kolonija na temperaturi od 22 °C u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 96. Ukupni broj bakterijskih kolonija na temperaturi od 22 °C u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 97. Broj ukupnih koliforma u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 98. Broj ukupnih koliforma u sedimentu kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 99. Masa ribe u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

Slika 100. Dužina ribe u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

TABLICE

Tablica 1. Proizvodnja u marikulturi u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2018. –2022., u tonama

Tablica 2. Proizvodnja u slatkovodnoj akvakulturi u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2018. – 2022., u tonama

Tablica 3. Povoljne vrijednosti pokazatelja kvalitete vode za slatkovodne ribe

Tablica 4. Glavni onečišćivači voda podrijetlom iz poljoprivrede

Tablica 5. Utjecaj teških metala na zdravlje riba i ljudi

Tablica 6. Standardne i interne laboratorijske metode korištene u istraživanju

Tablica 7. Značajnosti razlika u mutnoći vode između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja

Tablica 8. Značajnosti razlika u mutnoći vode između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja

Tablica 9. Značajnosti razlika u vrijednostima fizikalno-kemijskih pokazatelja kvalitete vode između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja

Tablica 10. Značajnosti razlika u vrijednostima fizikalno-kemijskih pokazatelja kvalitete vode između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja

Tablica 11. Značajnosti razlika u vrijednostima mikrobioloških pokazatelja kvalitete vode između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja

Tablica 12. Značajnosti razlika u vrijednostima mikrobioloških pokazatelja kvalitete vode između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja

Tablica 13. Značajnosti razlika u broju ukupnih koliforma u sedimentu između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja

Tablica 14. Značajnosti razlika u masi i dužini ribe između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja

Tablica 15. Povezanost mutnoće, temperature, pH-vrijednosti i alkaliteta vode s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Tablica 16. Povezanost koncentracije suspendirane tvari, taložive tvari i isparnog ostatka u vodi s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Tablica 17. Povezanost utroška KMnO_4 , kemijske potrošnje kisika, biokemijske potrošnje kisika tijekom pet dana, koncentracije otopljenog kisika u vodi i zasićenosti vode kisikom s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Tablica 18. Povezanost koncentracije amonija, nitrata, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u vodi s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Tablica 19. Povezanost koncentracije kalcija, magnezija, natrija i kalija u vodi s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Tablica 20. Povezanost koncentracije (polu)metala u vodi s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Tablica 21. Povezanost broja bakterija u vodi i sedimentu s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Tablica 22. Povezanost mase i dužine ribe s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Tablica 23. Povezanost mutnoće, temperature, pH-vrijednosti i alkaliteta vode s drugim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Tablica 24. Povezanost koncentracije suspendirane tvari, taložive tvari i isparnog ostatka u vodi s drugim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Tablica 25. Povezanost utroška KMnO_4 , biokemijske potrošnje kisika tijekom 5 dana, koncentracije otopljenog kisika u vodi i zasićenosti vode kisikom s drugim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Tablica 26. Povezanost koncentracije nitrita, nitrata, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u vodi s drugim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Tablica 27. Povezanost koncentracije kalcija, magnezija, natrija i kalija u vodi s drugim istraživanim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Tablica 28. Povezanost koncentracije (polu)metala u vodi s drugim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Tablica 29. Povezanost broja bakterija u vodi s drugim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA.....	2
2.1. Akvakulturna proizvodnja.....	2
2. 1. 1. Akvakultura u svijetu.....	2
2. 1. 2. Akvakultura u Republici Hrvatskoj.....	4
2. 1. 2. 1. Marikultura u Republici Hrvatskoj.....	6
2. 1. 2. 2. Slatkovodna akvakultura u Republici Hrvatskoj.....	7
2.2. Šaran.....	8
2. 2. 1. Uzgoj šarana.....	8
2.3. Kvaliteta vode u šaranskim ribnjacima.....	11
2. 3. 1. Boja vode.....	13
2. 3. 2. Mutnoća i prozirnost.....	13
2. 3. 3. Svjetlost.....	13
2. 3. 4. Gustoća vode.....	14
2. 3. 5. Temperatura vode.....	14
2. 3. 6. Otopljeni kisik.....	14
2. 3. 7. Ugljikov dioksid.....	15
2. 3. 8. Hranjive tvari.....	15
2. 3. 9. Amonijak.....	16
2. 3. 10. Salinitet.....	17
2. 3. 11. Elektrovodljivost.....	17
2. 3. 12. pH-vrijednost.....	17
2. 3. 13. Alkalitet.....	18
2. 3. 14. Tvrdoća vode.....	18
2.4. Onečišćenje voda.....	18
2. 4. 1. Utjecaj teških metala na zdravlje riba i ljudi.....	21
2. 4. 2. Utjecaj akvakulture na okoliš.....	23
2. 5. Korisni mikroorganizmi u akvakulturi.....	24
2. 6. Efektivni mikroorganizmi.....	25
2. 6. 1. Uporaba efektivnih mikroorganizama u akvakulturi.....	27
3. OBRAZLOŽENJE TEME.....	30
4. MATERIJAL I METODE.....	31

4. 1. Materijal.....	31
4. 1. 1. Opis ribnjaka.....	31
4. 1. 1. Ribe.....	33
4.2. Metode.....	34
4. 2. 1. Primjena efektivnih mikroorganizama.....	34
4. 2. 2. Uzimanje uzoraka vode i sedimenta.....	37
4. 2. 3. Pokazatelji kvalitete vode i sedimenta.....	39
4. 2. 4. Prirast riba.....	41
4. 2. 5. Statistička analiza podataka.....	42
5. REZULTATI	43
5. 1. Organoleptički pokazatelji kvalitete vode.....	43
5. 2. Fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete vode.....	45
5. 3. Mikrobiološki pokazatelji kvalitete vode.....	102
5. 4. Mikrobiološki pokazatelji kvalitete sedimenta.....	106
5. 5. Masa i dužina ribe.....	107
5. 6. Povezanosti između istraživanih pokazatelja.....	109
6. RASPRAVA	122
7. ZAKLJUČCI	141
8. POPIS LITERATURE	142
9. ŽIVOTOPIS S POPISOM OBJAVLJENIH DJELA	173

1. UVOD

Akvakulturna proizvodnja kontinuirano se razvija, širi i intenzivira kao posljedica značajnog porasta ljudske populacije i povećane potrebe za hranom (SUBASINGHE i sur., 2009.) te je najbrže rastući sektor proizvodnje hrane u svijetu (GUILLEN i sur., 2019.; MAIR i sur., 2023.). Prema najnovijim projekcijama Odjela za ekonomska i socijalna pitanja Ujedinjenih naroda svjetska bi populacija trebala doseći 8,5 milijardi do 2030., 9,7 milijardi do 2050. i 10,4 milijardi do 2100. godine (UNDESA, 2022.), što će rezultirati još jačim intenziviranjem akvakulturne proizvodnje (FAO, 2022.).

Potrošnja proizvoda akvakulture i ribarstva u svijetu porasla je s prosječnih 9,9 kg po stanovniku tijekom šezdesetih godina prošlog stoljeća na rekordnih 20,5 kg u 2019. godini i iznosila je 20,2 kg u 2020. godini (FAO, 2022.). EMENIKE i sur. (2022.) navode da se akvakulturnom proizvodnjom osigurava gotovo 50 % ribe u prehrani ljudi i da 3,2 milijarde ljudi diljem svijeta ribom zadovoljavaju oko 20 % prosječnih dnevnih potreba za bjelančevinama životinjskog podrijetla. Predviđa se da će se udio ribe u prehrani ljudi u svijetu podrijetlom iz uzgoja povećati na 58 % do 2028. godine (TOM i sur., 2021.). Proizvodi akvakulture i ribarstva osobito su važni u zemljama u razvoju jer su najjeftiniji izvor makronutrijenata i mikronutrijenata (PRADEEPKIRAN, 2019.). Primjerice, u Sjevernoj Africi i Gani ribom se u prehrani ljudi podmiruje čak 63 % bjelančevina životinjskog podrijetla (FINEGOLD, 2009.). Također, u sektoru akvakulture i ribarstva u 2020. godini u svijetu bilo je zaposleno 58,5 milijuna ljudi, od toga 35 % u akvakulturi (FAO, 2022.).

Količina i kvaliteta vode osnovni su preduvjet, a vrlo često i ograničavajući čimbenik u akvakulturi (VUČEMILO i TOFANT, 2009.). Onečišćenje voda postalo je globalna prijetnja, kako za vodene ekosustave tako i za ljudsko zdravlje (CHAUDHRY i MALIK, 2017.; BASHIR i sur., 2020.). Glavni izvori onečišćenja voda su štetne tvari iz industrija, nepročišćene otpadne vode iz kućanstava, kao i stočarske proizvodnje, te pesticidi i gnojiva koja se koriste u poljoprivredi (MATEO-SAGASTA i sur., 2017.). S druge strane, velike količine otpadnih voda nastaju i u akvakulturi, koje mogu imati negativan utjecaj na okoliš i ljudsko zdravlje (MARTINEZ-PORCHAS i MARTINEZ-CORDOVA, 2012.; GORMAZ i sur., 2014.). Osim toga, sve češća pojava bolesti i rezistencija na antibiotike iziskuju nove načine prevencije bolesti riba i drugih u vodi uzgajanih organizama (VERSCHUERE i sur., 2000.; DEFOIRDT i sur., 2011.).

Primjenom održivih tehnologija te novih znanja i inovativnih rješenja u sektoru akvakulture omogućuje se razvoj proizvoda veće dodane vrijednosti, uz prilagodbu klimatskim promjenama i jačanje otpornosti sektora (MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE, 2022.).

2. PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA

2. 1. Akvakulturna proizvodnja

Akvakultura je dio ribarstva koji se bavi uzgojem organizama koji žive u vodi korištenjem tehnika osmišljenih da povećaju njihovu proizvodnju putem prirodnog kapaciteta okoliša, gdje organizmi ostaju u vlasništvu fizičke ili pravne osobe tijekom svih faza uzgoja i proizvodnje, do i uključujući fazu izlova (UREDBA (EU) 1380/2013.). Akvakultura obuhvaća uzgoj u slatkoj vodi i marikulturu.

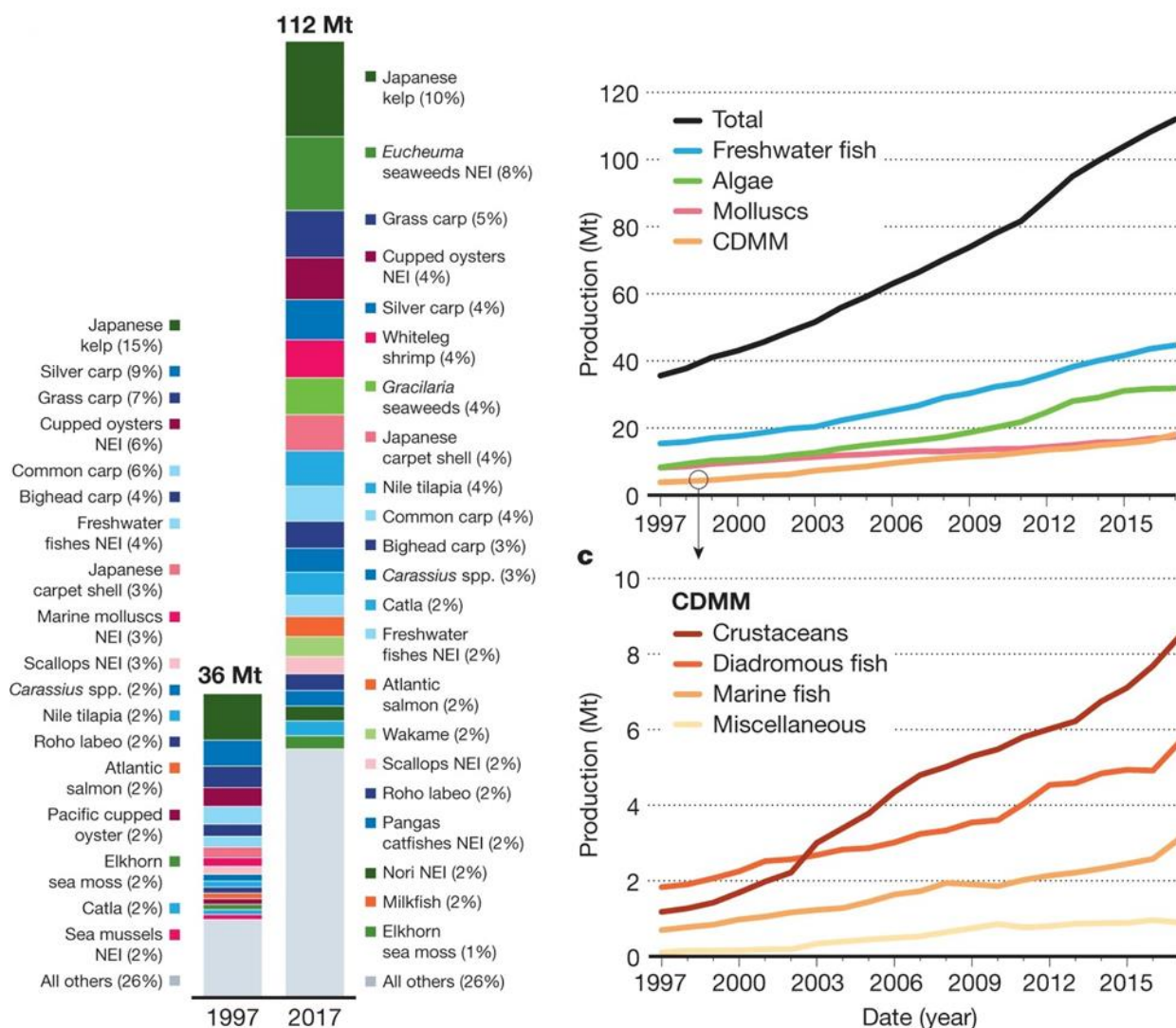
Uzgoj slatkovodne ribe podrazumijeva uzgoj toplovodnih (šaranskih, ciprinidnih) i hladnovodnih (pastrvskih, salmonidnih) vrsta (ANONIMNO, 2022.a).

Marikultura se odnosi na kontrolirani uzgoj organizama koji žive u morskoj i bočatoj vodi. Prema organizmu koji se uzgaja razlikuje se više vrsta marikulture. U Hrvatskoj su najzastupljeniji uzgoj ribe (piscikultura) te školjaka (konkilikultura), osobito uzgoj kamenica (ostreikultura) i dagnji (mitilikultura) (ANONIMNO, 2022.b).

2. 1. 1. Akvakultura u svijetu

Potrošnja proizvoda akvakulture u svijetu značajno se povećava. Prosječna godišnja stopa rasta proizvodnje u akvakulturi u svijetu iznosila je 6,7 % tijekom posljednja tri desetljeća. U 2020. godini akvakulturna proizvodnja u svijetu dosegla je rekordnih 122,6 milijuna tona, od toga 87,5 milijuna tona životinja i 35,1 milijuna tona bilja, s procijenjenom vrijednošću od 281,5 milijarde USD (FAO, 2022.). Kako bi se zadovoljila sve veća potražnja za proizvodima akvakulture, BOYD i sur. (2022.) predviđaju da će svjetska proizvodnja u akvakulturi porasti na 129 milijuna tona do 2050. godine. Najveći svjetski proizvođači nalaze se u Aziji, čineći 92 % ukupne proizvodnje, s Kinom kao najvećim proizvođačem (VERDEGEM i sur., 2023.).

Akvakulturna proizvodnja postaje sve raznovrsnija, s 425 vrsta riba, školjaka, biljaka i algi koje se uzgajaju u širokom spektru morskih, bočatih i slatkovodnih sustava diljem svijeta (NAYLOR i sur., 2021.). Sastav vrsta u akvakulturnoj proizvodnji u svijetu u 1997. i 2017. godini te kretanje proizvodnje od 1997. do 2017. godine prikazani su na slici 1.



Slika 1. Sastav vrsta u akvakulturnoj proizvodnji u svijetu u 1997. i 2017. godini te kretanje proizvodnje od 1997. do 2017. godine. (Izvor: NAYLOR i sur., 2021.)

Kako se navodi u Strateškim smjernicama za održiviju i konkurentniju akvakulturu u Europskoj uniji (EU) za razdoblje od 2021. do 2030. godine, akvakulturna proizvodnja u EU-u čini manje od 2 % ukupne svjetske proizvodnje u akvakulturi, a udio proizvoda akvakulture EU-a u potrošnji na prostoru EU-a iznosi tek 10 % (EUROPSKA KOMISIJA, 2021.).

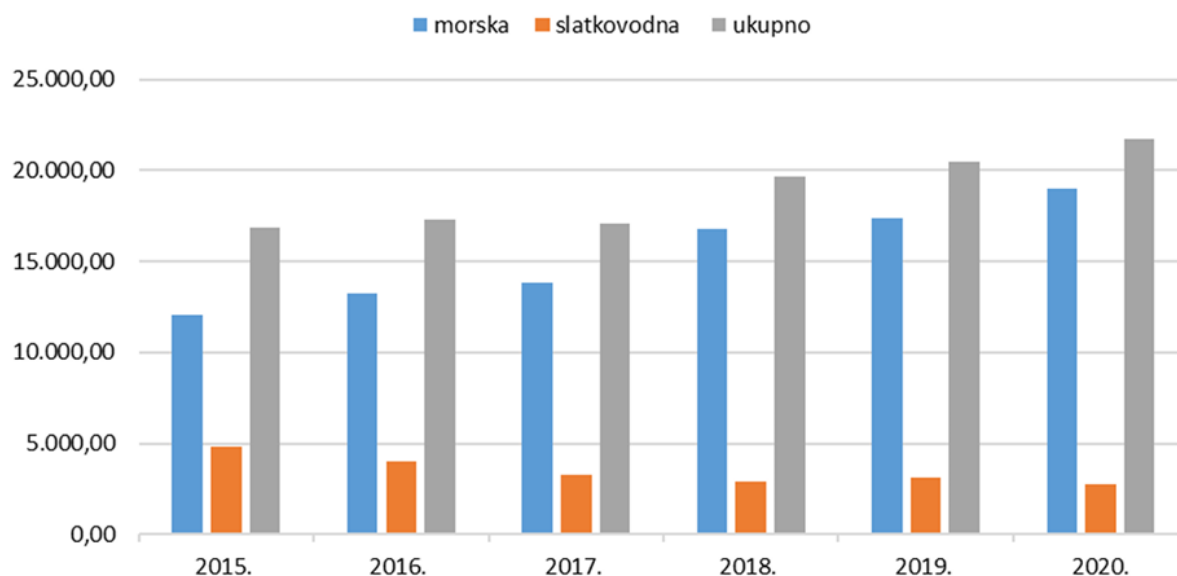
U 2021. godini ukupna proizvodnja u akvakulturi u EU-u iznosila je 1,12 milijuna tona, s procijenjenom vrijednošću od 4,2 milijarde EUR. Najveći proizvođači bile su Španjolska (25 %), Francuska (17 %), Italija (13 %) i Grčka (13 %), čineći oko dvije trećine (68 %) ukupne proizvodnje EU-a. Države članice unutar EU-a specijalizirale su se za pojedinu proizvodnju. Tako je u 2021. godini Španjolska proizvela većinu mediteranskih dagnji, Francuska pacifičkih kamenica i plavih dagnji, Italija školjki kućica (*Ruditapes philippinarum*), Grčka orade i europskog brancina, Malta atlantske plavoperajne tune, a Irska lososa (EUROSTAT, 2024.).

Prema izvješću Organizacije za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda, šarani, mrene i ostali ciprinidi činili su glavnu skupinu vrsta u akvakulturnoj proizvodnji u svijetu u 2020. godini, s udjelom od 18 % proizvodnje životinja koje žive u vodi (FAO, 2022.). Najveći proizvođači šarana, mrena i drugih ciprinida unutar EU-a su Poljska i Mađarska (EUROSTAT, 2024.). Meso šarana cijenjeno je zbog okusa i nutritivnog sastava. Šaran se najčešće prodaje živ, a na tržištu se može naći i u obliku smrznutog, dimljenog i konzerviranog mesa (<https://www.skyquestt.com/report/carp-market>). Troškovi proizvodnje običnog šarana u Središnjoj Europi kreću se od 1,12 do 1,44 EUR/kg, što uglavnom ovisi o količini utrošene hrane. Veleprodajna cijena u 2015. godini bila je oko 2,50 EUR/kg, a maloprodajna cijena živog šarana oko 4,00 EUR/kg (EUMOFA, 2016.).

2. 1. 2. Akvakultura u Republici Hrvatskoj

Akvakultura je strateška grana gospodarstva u Hrvatskoj (NN 130/2017., 111/2018., 144/2020., 30/2023., 14/2024.) te ima dugu tradiciju. Proizvodnja kamenica u Malostonskom zaljevu datira još od 16. stoljeća, a Hrvatska je također pokrenula uzgoj brancina i orade te kavezni uzgoj tune na Mediteranu (https://www.bluesmart.hr/hr/more_i_drustvo/akvakultura/).

U 2021. godini Hrvatska je zauzela 14. mjesto među 27 država članica EU-a u području ribarstva i 10. mjesto u području akvakulture (EUMOFA, 2023.). Najveći dio proizvodnje u Hrvatskoj dolazi iz marikulture, a preostalo dio iz slatkovodnog uzgoja. U 2022. godini 85 % hrvatske proizvodnje organizama koji žive u vodi bilo je u morskoj vodi, a 15 % u slatkoj vodi (MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE, 2024.). Kretanje ukupne proizvodnje u akvakulturi u Hrvatskoj u razdoblju od 2015. do 2020. godine vidljivo je na slici 2.



Slika 2. Ukupna proizvodnja u akvakulturi u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2015. do 2020. godine, u tonama. (Izvor: LONČAR i sur., 2021.)

U 2020. godini u industriji prerade ribe u Hrvatskoj bilo je zaposleno 1.356 osoba. Sektor je zabilježio dodanu vrijednost od 25,9 milijuna EUR, što pokriva 2,5 % dodane vrijednosti sveukupne proizvodnje prehrambenih proizvoda. U 2021. godini glavni proizvodi koji su se prodali bili su cijela smrznuta morska riba, velike srdele te papaline, cijele ili u dijelovima. Potrošnja proizvoda akvakulture iznosila je 22,12 kg po glavi stanovnika, što predstavlja porast od 1 % u odnosu na 2020. godinu (EUMOFA, 2023.).

Vlada Republike Hrvatske donijela je 2022. godine Odluku o donošenju Nacionalnog plana razvoja akvakulture za razdoblje do 2027. godine (NN 133/2022.), a u skladu s usklađivanjima sa Strateškim smjernicama za održiviju i konkurentniju akvakulturu u EU-u za razdoblje od 2021. do 2030. godine (EUROPSKA KOMISIJA, 2021.). Posebni ciljevi Plana su povećanje proizvodnosti i otpornosti proizvodnje u akvakulturi na klimatske promjene, jačanje konkurentnosti sektora akvakulture, jačanjem sektora akvakulture doprinijeti obnovi gospodarstva te unaprjeđenju uvjeta života u ruralnim i obalnim područjima, kao i poticanje inovacija u sektoru akvakulture (MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE, 2022.). Proizvodi ribarstva i akvakulture trenutno uživaju ugled sigurne i zdrave hrane. Projekt „Riba Hrvatske – Jedi što vrijedi“ pokrenut je u svrhu promocije proizvoda ribarstva Hrvatske, što uključuje proizvode iz ulova, uzgoja i prerade. Cilj projekta je doprinijeti povećanju potrošnje lokalnih proizvoda ribarstva, postići njihovo odgovarajuće vrednovanje, te izgradnja/podizanje kulture konzumacije ribe u Hrvatskoj. Projekt je pokrenula Hrvatska gospodarska komora, a financira

se sredstvima Europskog fonda za pomorstvo i ribarstvo (<https://www.ribahrvatske.hr/o-projektu/>).

2. 1. 2. 1. Marikultura u Republici Hrvatskoj

Marikultura u Hrvatskoj uključuje uzgoj bijele ribe, plave ribe (tuna) i školjkaša. Kao što je vidljivo iz tablice 1, ukupna proizvodnja u marikulturi u našoj zemlji u 2022. godini iznosila je 23.101 tonu. Najznačajnije vrste u uzgoju bile su lubin (*Dicentrarchus labrax*), komarča (*Sparus aurata*), atlantska plavoperajna tuna (*Tunnus thynnus*), dagnja (*Mytilus galoprovincialis*) i kamenica (*Ostrea edulis*) (MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE, 2024.).

Tablica 1. Proizvodnja u marikulturi u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2018. –2022., u tonama

Vrsta	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.
Lubin	6.220	6.089	6.754	9.083	10.034
Komarča	5.591	6.774	7.780	7.599	7.506
Hama	**	**	**	999	1.086
Tuna	3.227	2.747	3.323	5.104	3.271
Dagnja	882	947	503	854	1.006
Kamenica	54	61	14	56	90
Ostale vrste*	808	725	618	81	109
UKUPNO	16.782	17.343	18.992	23.777	23.101

*hama, zubatac, gof, kalifornijska pastrva, jakovljeva kapica, morska spužva

**količina proizvodnje je do 2020. godine zbog statističke povjerljivosti uključena pod Ostalo
Izvor: MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE, 2024.

Marikultura je prisutna duž cijele hrvatske obale. Proizvodnja lubina i komarče najviše je zastupljena na području Zadarske županije, a odvija se u plutajućim kavezima uz primjenu suvremenih tehnologija i podrazumijeva zatvoreni uzgojni ciklus, od kontroliranog mriješta, do konzumnog proizvoda. Glavnina uzgojene bijele ribe plasira se na domaće tržište i tržište EU-a, ponajviše Italije. Uzgoj tuna odvija se u plutajućim kavezima na poluotvorenim i otvorenim područjima srednjeg Jadrana. Uzgoj se temelji na ulovu tuna (8 – 10 kg) iz prirode i njihovom daljnjem uzgoju do tržišne veličine (≥ 30 kg). Proizvodnja se gotovo u cijelosti plasira na japansko tržište, a manjim dijelom na područje drugih azijskih zemalja te EU-a i Sjedinjenih Američkih Država (SAD-a). Uzgoj školjkaša najvećim se dijelom odvija na malim obiteljskim uzgajalištima uz primjenu tradicionalnih tehnologija uzgoja na plutajućim parkovima, a temelji se na sakupljanju mlađa iz prirode. Kamenice se uglavnom uzgajaju na području Malostonskog zaljeva i Malog mora, a dagnje na području zapadne obale Istre, ušća rijeke Krke, Velebitskog kanala i Novigradskog mora (LONČAR i sur., 2021.).

2. 1. 2. 2. Slatkovodna akvakultura u Republici Hrvatskoj

Ukupna proizvodnja u slatkovodnoj akvakulturi u Hrvatskoj u 2022. godini iznosila je 4.118 tona, a najznačajnije vrste u uzgoju bile su šaran (*Cyprinus carpio*) i kalifornijska pastrva (*Oncorhynchus mykiss*). Od ukupno proizvedene slatkovodne ribe, 59,7 % odnosilo se na proizvodnju šarana, a 10,3 % na proizvodnju pastrve (tablica 2) (MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE, 2024.).

Tablica 2. Proizvodnja u slatkovodnoj akvakulturi u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2018. – 2022., u tonama

Vrsta	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.
Šaran	1.959	2.037	1.691	2.828	2.459
Bijeli amur	141	122	133	282	229
Bijeli glavaš	36	141	161	212	367
Sivi glavaš	301	344	326	414	523
Som	23	20	32	32	61
Smuđ	7	7	6	5	6
Štuka	7	9	2	4	4
Kalifornijska pastrva	336	364,5	379	328	410
Potočna pastrva	34	7,5	12,4	17	14
Ostale vrste*	55	48	37	22	45
UKUPNO	2.899	3.100	2.779	4.143	4.118

*linjak, deverika, kečiga, pastrvski grgeč, afrički som, sibirski jesetra, lipljen i ostalo

Izvor: MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE, 2024.

Uzgoj riba u toplovodnim ribnjacima u Hrvatskoj ima tradiciju dugu više od 100 godina (ŽUPAN i ACINGER-ROGIĆ, 2023.). Uzgoj šaranskih (ciprinidnih) vrsta tradicionalno se odvija na šaranskim ribnjacima, koji se u pravilu prostiru na nekoliko stotina hektara. Većina šaranskih ribnjaka smještena je uz veće rijeke u nizinskom, kontinentalnom dijelu Hrvatske (LONČAR i sur., 2021.).

Uzgoj pastrvskih vrsta uglavnom se odvija u betonskim bazenima s protočnim sustavima koji omogućuju višestruku izmjenu vode. Pastrvski ribnjaci su uobičajeno smješteni u gorskim i planinskim područjima Hrvatske, koja obiluju brzim vodotocima s dovoljnom količinom hladne vode visoke kvalitete. Uzgoj pastrvskih vrsta se gotovo u potpunosti odnosi na uzgoj kalifornijske pastrve (*Oncorhynchus mykiss*), a manje od 1 % prisutan je i uzgoj potočne pastrve (*Salmo trutta m. fario*). Uzgoj pastrvskih vrsta temelji se na kontroliranom mrijestu, s proizvodnim ciklusom od oko dvije godine. Proizvodnja je intenzivna i temelji se na izbalansiranim kompletnim krmnim smjesama (LONČAR i sur., 2021.).

Slatkovodna akvakultura u Hrvatskoj ima izniman ekološki značaj, doprinoseći očuvanju biološke raznolikosti, s obzirom na to da veliki šaranski ribnjaci, osim primarne proizvodne funkcije, predstavljaju i važna staništa za brojne zaštićene divlje vrste te se kao područja velike prirodne vrijednosti nalaze unutar ekološke mreže EU Natura 2000. Uzgoj se odvija na oko 50 lokacija u 16 županija. Ukupna proizvodnja slatkovodne ribe većinom se plasira na domaćem tržištu, iako se posljednjih godina povećani plasman ostvaruje i na tržištu EU-a (Italija, Njemačka, Mađarska, i dr.) (LONČAR i sur., 2021.). U 2022. godini u Hrvatskoj je u eksploataciji bilo 12.506 ha šaranskih ribnjaka te 46.594 m² pastrvskih ribnjaka (DZS, 2023.).

2. 2. Šaran

Šarani (*Cyprinidae*), s više od 2.000 vrsta, najraširenija su porodica slatkovodnih riba (ANONIMNO, 2024.). Obični šaran (*Cyprinus carpio*) glavni je predstavnik porodice šarana. Dobro je prilagođen svim tipovima slatkovodnih voda i svejed je. Izdržljiv je i ima svojevrsnu sposobnost regeneracije tkiva (MOHALE i sur., 2020.).

Dva su tipa običnog šarana, divlji i ribnjačarski/oplemenjeni šaran, koji može biti ljuskavi, veljuskavi, maloljuskavi i goli šaran. Divlji šaran ima vretenast oblik tijela, a ribnjačarski čunjasti. U trećoj godini života šaran može biti dug od 30 do 50 cm te težiti od 0,8 do 3 kg. Naraste do 1,5 m dužine i oko 40 kg tjelesne mase. Šaran se hrani svim vrstama i razvojnim oblicima vodenih kukaca, zooplanktonom i zoobentosom, raznim vrstama puževa, školjkašima, biljkama, a katkad i ribljom mlađi. Naseljava mirne sporotekuće ili stajaće vode s mekanim muljevitim dnom. Živi također u bočatim vodama. Najviše voli tiha i mirna mjesta, koja su tijekom ljeta uglavnom jednolične temperature od površine pa sve do dna. Zimi se ne hrani te se povlači u dublje dijelove staništa gdje prezimljuje. Mrijesti se u razdoblju od kraja travnja do sredine lipnja, pri temperaturi vode od 17 do 20 °C. Mužjaci najčešće spolno sazrijevaju u trećoj, a ženke u četvrtoj godini života. Šaran za mrijest u prirodi odabire svježije poplavljene terene bogate vodenim raslinjem, na kojima ženka položi od 500.000 do 1.000.000 jajašaca, a iz oplođene ikre, na temperaturi vode između 17 i 19 °C, mlađ se izvali za tri do osam dana (BOGUT i sur., 2006.a; KALEMBER, 2021.; ŽUPAN i ACINGER-ROGIĆ, 2023.).

2. 2. 1. Uzgoj šarana

Ribnjaci su proizvodni objekti uzgajališta riba, a podrazumijevaju dio zemljišta koji je ograđen prirodnim zaprekama ili nasipima u koji se dovodi voda. Također, ribnjak može biti dio prirodnog vodotoka koji prolazi kroz područje ribnjačkih površina (TREER i sur., 1995.).

Jednostavniji oblici ribnjaka ne moraju imati mogućnost reguliranja vodnog stupca (NN 130/2017., 111/2018., 144/2020., 30/2023., 14/2024.). Ribnjaci se uobičajeno grade uz riječne tokove jer se tako osigurava dovoljan izvor kvalitetne vode povoljne temperature, uz njih se obično smještaju bazeni za mriještenje i uzgoj ribljeg mlađa (ANONIMNO, 2022.a).

Šaran se uzgaja u monokulturi ili polikulturi u kombinaciji s drugim vrstama. Dokazano je da uz poštovanje kompetencijskih odnosa među vrstama, uzgoj u polikulturi daje i do 40 % bolje rezultate. U polikulturi se uz šarana nasađuju bijeli amur, bijeli i sivi glavaš te linjak. Također, nasađuju se neke ribe grabljivice, kao što su som, smuđ i štika, čija je glavna uloga uništavanje divlje, korovne ribe (TREER i sur., 1995.; ŽUPAN i ACINGER-ROGIĆ, 2023.).

Uzgoj može trajati dvije do tri godine, ovisno o bonitetu ribnjaka i zahtjevima tržišta. U dvogodišnjem procesu, od mrijesta do ribe konzumne veličine, uzgoj se proteže kroz dvije kalendarske godine, a zapravo traje oko 18 mjeseci. Trogodišnji proces proteže se kroz tri kalendarske godine i traje 30 mjeseci (TREER i sur., 1995.). Na kraju druge kalendarske godine riba u prosjeku teži do 1,5 kg, a na kraju treće kalendarske godine postiže završnu masu veću od 2,5 kg (MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE, 2007.). Na zapadnoeuropskom tržištu preferiraju se šarani tjelesne mase između 0,8 i 1,5 kg, a na našem i istočnom tržištu od 2 do 3,5 kg (KALEMBER, 2021.). Dvogodišnji uzgoj ima više prednosti nego trogodišnji, kao što su kraće proizvodno razdoblje, a time i manji troškovi proizvodnje, manje potrebne površine za uzgoj mlađa, a veće za uzgoj konzumne ribe, te plasiranje mlađe, kvalitetnije ribe na tržište. No, u dvogodišnjem uzgoju visok je gubitak mlađa (BOGUT i sur., 2006.b). Proizvodni ciklus u šaranskom uzgoju u Hrvatskoj u pravilu traje tri godine (LONČAR i sur., 2021.).

S obzirom na hranidbu i gustoću nasada riba, uzgoj može biti ekstenzivan, poluintenzivan i intenzivan. Ekstenzivan uzgoj temelji se na konzumaciji prirodne hrane. U poluintenzivnom sustavu uzgoja ribe se nasađuje gušće i uz prirodnu hranu, koja se stimulira odgovarajućom gnojdbom i drugim agrotehničkim mjerama, hrani se dodatnom hranom, kao što su ugljikohidratna krmiva i nekompletne krmne smjese. Uzgoj u intenzivnom sustavu se zbog velike gustoće naseljenosti riba temelji na dobro izbalansiranim kompletnim krmnim smjesama (BOGUT i sur., 2006.b; MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE, 2007.). U Hrvatskoj je proizvodnja ponajviše poluintenzivna, pri čemu se uz prirodnu hranu, riba dohranjuje, najčešće žitaricama, kao što su kukuruz, pšenica, ječam i raž (LONČAR i sur., 2021.).

Više je vrsta objekata (ribnjaka) na uzgajalištima šaranskih vrsta riba, a razlikuju se po površini, dubini vode i namjeni. U matičnjacima se drže matice, slobodno mriješćenje odvija se u mrjestilištima, uzgoj mladunaca u rastilištima, uzgoj mlađa u mladičnjacima, a završni uzgoj u tovilištima (objekti za uzgoj konzumne ribe). Za zimovanje i skladištenje riba koriste

se zmnjaci. Uzgajališta riba koja imaju i koriste sve navedene objekte nazivaju se punosastavna. Kod nepunosastavnih uzgajališta nedostaje ili se ne koristi neki od ribnjaka. Na nepunosastavnim uzgajalištima ličinke riba se najčešće prebacuju iz mrijestilišta u mladičnjake. Najstariji način uzgoja je nasađivanje matica u velike mladičnjake, a na proljeće se izlovljavaju sve ribe iz ribnjaka (TREER i sur., 1995.; KALEMBER, 2021.).

Uzgoj mjesečnjaka najosjetljiviji je dio uzgoja i zahtijeva odgovarajuće uvjete, minimalnu temperaturu od 18 °C, 5 do 8 mg/L otopljenog kisika, stalan tlak zraka te odsustvo vjetrova i grabežljivaca. Rastilišta su površine od 0,1 do 1,5 ha i prosječne dubine od 0,5 do 1,0 m. Voda se upušta pet do sedam dana prije nasađivanja ličinki. Ličinke se nasađuju po mirnom i sunčanom vremenu, pri minimalnoj temperaturi od 17 °C, u gustoći od 200 do 600 komada/m². Gustoća nasada ovisi o prirodnom potencijalu ribnjaka (TREER i sur., 1995.). U prvim danima života ličinke se hrane zooplanktonom. Zato je važna uporaba mineralnih dušično-fosfatnih gnojiva, koja potiču razvoj fitoplanktona, koji je dobra podloga za razvoj zooplanktona. Također, odmah se započinje i s koncentriranom prihranom, koja se u obliku mlijeka, četiri do pet puta na dan, daje uz rubove ribnjaka. Tijekom cijelog procesa uzgoja u rastilištima potrebno je kontinuirano primijenjivati insekticide i gnojivo, a po potrebi i vapniti vapnenim mlijekom u količini od 50 do 100 kg/ha. Ova faza uzgoja traje 30 do 40 dana, a mjesečnjaci su mase od 0,2 do 0,3 g i dužine od 2 do 3 cm. Mjesečnjaci se izlovljavaju i nasađuju u ribnjake za uzgoj jednogodišnjeg mlađa. Mjesečnjaci šarana mogu se uzgajati i u polikulturi s drugim biljojednim vrstama, kao što su bijeli glavaš i bijeli amur, u zastupljenosti do 3 %. Važno je nasaditi ličinke riba iste dobi, jer se navedene vrste u prva dva tjedna uzgoja hrane sitnim zooplanktonom. Prilikom izlova, ribice se razvrstavaju prema vrstama (TREER i sur., 1995.).

Mladičnjaci su površine od 1 do 10 ha i dubine od 1 do 1,5 m. Prije punjenja vodom i naseljavanja mlađa, mladičnjaci se u rano proljeće očiste od vegetacije, plitko zaoru i potanjuraju, a vlažni se dijelovi povapne (2.000 kg/ha) te se površina pognoji organskim gnojivom (2.000 do 3.000 kg/ha). Na hektar vodene površine nasađuje se 30.000 do 100.000 mjesečnjaka, ovisno o planiranim tehnološkim procesima. U prvim danima uzgoja mladičnjaka glavni dio hrane čine zooplankton i fauna dna. Količina dodatne hrane ovisi o dostupnosti prirodne hrane, veličini i ukupnoj masi ribe, temperaturi vode, sadržaju kisika te apetitu riba. Hrana se daje jedan do dva puta na dan, ovisno o gustoći nasada. Svakih sedam do deset dana obavlja se kontrolni ribolov. Mrežom se kod hranilišta izlovi stotinjak ribica te se kontroliraju prosječna masa i zdravstveno stanje. Također, prilikom pokusnog izlova potrebno je uzeti brisove i uzorke tkiva za pretragu na ektoparazite. Mlađ se izlovljava mrežama ili u zajedničkom izlovnom bazenu. Ribice se sortiraju po veličini, jer su masa, kondicija i

zdravstveno stanje mlađa važan čimbenik u daljnjem uzgoju konzumne ribe. Na kraju ove faze masa mlađa kreće se od 15 do 70 g, a dužina tijela od 7 do 14 cm. Preživljavanje mlađa od lipnja do listopada iznosi do 80 %. Mlađ mase veće od 40 g nasađuje se u objekte za uzgoj konzumne ribe, a mase od 20 do 35 g u veće objekte, za uzgoj dvogodišnjeg mlađa (TREER i sur., 1995.).

Uzgoj konzumne ribe odvija se u tovilištima, površine veće i od 100 ha, prosječne dubine od 1,2 do 1,5 m. Prije nasada ribe, na ribnjaku se provode agrotehničke mjere kao što su presušivanje, premrzavanje, vapnjenje i gnojidba. Voda se u ribnjake upušta preko malih okanaca u svrhu sprječavanja ulaska divljih riba. Divlje, korovne ribe su konkurent šaranu u hranidbi, a često su i prijenosnici različitih bolesti. Ribnjaci se nasađuju u jesen ili rano proljeće, ovisno o bonitetu ribnjaka i vodenom režimu. Ukupna masa i broj nasađenih riba ovisi o proizvodnom potencijalu ribnjaka, dostupnom ribljem mlađu te o tehnološkim procesima. U tijeku cijele uzgojne sezone kontinuirano se prate kondicijsko i zdravstveno stanje riba, intenzitet uzimanja hrane te prirast. Izlov ovisi o potrebama tržišta. Uzgojna sezona za konzumnu ribu završava u kasnu jesen kada se ribe izlovljavaju za jesensku i zimsku prodaju. Za proljetnu prodaju, ribe se izlovljavaju u rano proljeće (BOGUT i sur., 2006.b; TREER i sur., 1995.).

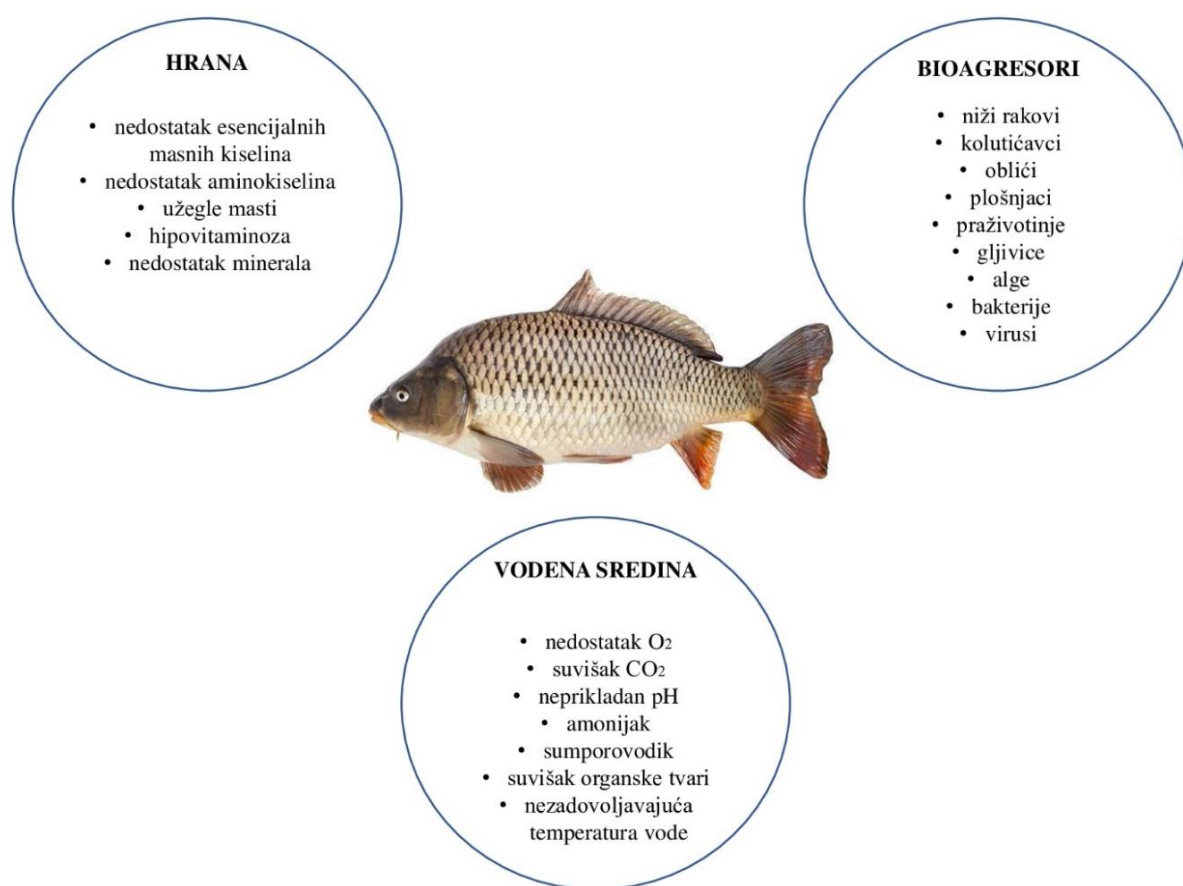
2. 3. Kvaliteta vode u šaranskim ribnjacima

Voda je jedan od najvažnijih i najdragocijenijih prirodnih resursa. Dobra kvaliteta vode doprinosi osiguranju dovoljno pitke vode, zaštiti vodenih organizama i očuvanju biološke raznolikosti (DRAGUN i sur., 2011.). Voda je nužna za život svih organizama, a osobito za organizme koji u njoj žive. Voda kao životni prostor utječe na organizme na različite načine, svojim fizikalnim, kemijskim i biološkim karakteristikama. Abiotički i biotički pokazatelji/čimbenici kvalitete vode iznimno su važni za održavanje specifičnih sustava kao što su ribnjaci (TOMEČ, 1997.).

Intenziviranje akvakulturne proizvodnje temelji se na povećanoj gustoći nasada i intenzivnoj hranidbi. Posljedično dolazi do smanjenja kvalitete vode i pogoršanja higijenskih uvjeta u uzgojnim objektima te pojave stresa u riba. Takvi uvjeti pogoduju naseljavanju uzročnika bolesti i njihovom širenju (TREER i sur., 1995.). Nezarazne/neparazitarne bolesti najčešće su posljedica ozljeda uzrokovanih grubim rukovanjem ribom, zatim loše kvalitete vode, pothranjenosti i različitih stresora iz okoline (slika 3). Jednom kada se bolest pojavi, teško ju je liječiti. Stoga je važno preventivnim mjerama, kao što su održavanje dobre kvalitete vode

i pogodnih okolišnih uvjeta te prikladna hranidba, spriječiti pojavu bolesti (MOHALE i sur., 2020.).

Uspješno upravljanje ribnjakom podrazumijeva razumijevanje uloge hranjivih tvari i drugih pokazatelja kvalitete vode te redovito praćenje proizvodnih uvjeta unutar ribnjaka. Kvaliteta vode, ponajprije međudnos temperature, koncentracije hranjivih tvari i kisika, često se previdi, a to može rezultirati prekomjernim rastom biljaka i cvjetanjem algi, neugodnim mirisima te povećanim morbiditetom i mortalitetom riba. Ostali pokazatelji, kao što su pH-vrijednost, alkalitet i tvrdoća vode, također mogu utjecati na rast i preživljavanje riba te na toksičnost drugih spojeva, poput amonijaka i metala (SALLENAVE, 2019.). Tablica 3 prikazuje povoljne vrijednosti pokazatelja kvalitete vode za slatkovodne ribe.



Slika 3. Mogući uzroci poremećaja zdravstvenog stanja riba.

(Izvor: prema TREER i sur., 1995.)

Tablica 3. Povoljne vrijednosti pokazatelja kvalitete vode za slatkovodne ribe

Pokazatelj	Sigurna granica
Prozirnost	30 – 45 cm
Salinitet	< 0,5 ppt
Otopljeni kisik	5 ppm
Amonijak	< 0,05 ppm
Nitriti	< 0,1 ppm
Nitrati	50 – 150 ppm
Ugljikov dioksid	< 8 ppm
Ukupan alkalitet	20 – 150 ppm
Ukupna tvrdoća	20 – 200 ppm
Vodikov sulfid	< 0,002 ppm

Izvor: MOHALE i sur., 2020.

2. 3. 1. Boja vode

Boja vode ovisi o količini suspendiranih i otopljenih tvari u vodi. Obojenost površinskih voda najčešće uzrokuju koloidni spojevi trovalentnog željeza, manganovih spojeva i huminske tvari (BOGUT i sur., 2006.a.). Masovni razvoj planktonskih algi daje vodi zelenkastu boju, a takva boja je karakteristična za ribnjake i pokazuje stupanj biološke aktivnosti. Promjena boje vode može upućivati na onečišćenje ribnjaka (BOGUT i sur., 2006.a.; TOMEĆ, 1997.; MOHALE i sur., 2020.).

2. 3. 2. Mutnoća i prozirnost

Mutnoća je mjera stupnja do kojeg voda gubi prozirnost zbog prisutnosti suspendiranih i koloidno otopljenih tvari. Mutnoća vode uzrokovana je anorganskim i organskim tvarima, kao što glina, pijesak, mulj, plankton i mikroskopski organizmi, koje ometaju prolaz svjetlosti kroz vodu i ujedno proces fotosinteze (MOHALE i sur., 2020.). Mutnoća vode to je veća što je koncentracija tvari veća, a veličina čestica manja (VUČEMILO i TOFANT, 2009.). Prozirnost ribnjaka je mala, samo nekoliko centimetara, poglavito ljeti, a u proljeće dopire do dna (TOMEĆ, 1997.). BHATNAGAR i DEVI (2019.) navode da je raspon prozirnosti od 30 do 80 cm dobar za zdravlje riba, od 15 do 40 cm poželjan za sustav intenzivnog uzgoja, a prozirnost manja od 12 cm uzrokuje stres u riba.

2. 3. 3. Svjetlost

Svjetlost je u ribnjacima ponajprije bitna zbog autotrofnih organizama koji obavljaju asimilacijske procese i stvaraju organsku tvar. Osim toga, ona može djelovati na biokemijske procese u organizmu, način razmnožavanja i dr. Količina svjetlosti u ribnjaku ovisi o čistoći

vode, a odnosi svjetla u vodi utječu na rasprostranjenost živog svijeta (TOMEĆ, 1997.). Prodor svjetlosti u vodu otežavaju gustoća vode, suspendirane mineralne tvari, fitoplankton i zooplankton, kao i velike vodene biljke, osobito one koje plivaju na površini. Prodor svjetlosti u vodu smanjen je i zimi, kada je voda prekrivena ledom na kojem je snijeg, što rezultira smanjenjem koncentracije kisika sa svim negativnim pratećim posljedicama za živi vodeni svijet (POPOVIĆ, 2020.).

2. 3. 4. Gustoća vode

Gustoća vode ovisi o temperaturi i tlaku vode te količini otopljenih soli, a važna je za kretanje i održavanje hidrobionata u vodi (TOMEĆ, 1997.). Voda je najgušća pri temperaturi od 4 °C, kada iznosi 1 g/cm³. Voda na površini ima najmanju gustoću pri 0 °C (najlakša je) te se zato i prva smrzava. Ispod leda nalaze se gušći i topliji slojevi koji nisu zamrznuti te omogućuju opstanak i život riba zimi (POPOVIĆ, 2020.).

2. 3. 5. Temperatura vode

Temperatura je jedan od najvažnijih pokazatelja kvalitete vode u ribnjacima. U proljeće i ljeti, voda se postupno zagrijava, a u jesen i zimi hladi. Povišenjem temperature ubrzavaju se životni procesi, pa životinje brže dišu, probavljaju hranu i kreću se, te su osjetljivije. Optimalna temperatura vode u šaranskim ribnjacima kreće se od 20 do 28 °C (TOMEĆ, 1997.), odnosno 30 °C (VUČEMILO, 2012.).

Nagle promjene temperature izazivaju temperaturni šok koji nastaje kada se riba stavi u novu sredinu, gdje je temperatura niža ili viša od temperature vode iz koje potječe. Poznato je pravilo da se ribe ne hrane uoči prijevoza. Razlog je i mogućnost uginuća ako se iznenadno unesu u vodu hladniju od 8 °C, jer se tada usporavaju probavni procesi sve do njihova zaustavljanja. Sve to posljedično rezultira neprobavljenom hranom, nastankom plinova, gubitkom ravnoteže, a konačno i uginućem (POPOVIĆ, 2020.).

2. 3. 6. Otopljeni kisik

Koncentracija otopljenog kisika među najvažnijim je pokazateljima stanja u ribnjaku. Kisik u vodi nastaje uglavnom fotosintezom algi i drugih vodenih biljaka, a u manjoj mjeri dopijeva iz atmosfere otapanjem. Koncentracije variraju tijekom dana i godišnjih doba. Koncentracija je danju viša zbog fotosinteze, a noću niža. Koncentracija otopljenog kisika ovisi o temperaturi vode. Kisik se bolje otapa u hladnijoj vodi. Tako je, primjerice, pri temperaturi od 11 °C u vodi 40 % više kisika nego pri 27 °C. Tijekom ljetnih mjeseci koncentracija kisika

u ribnjaku bit će niža zbog toplije vode koja sadrži manje kisika, povećanih potreba riba za kisikom te povećane aktivnosti bakterija i razgradnje propalih biljaka i algi. Manjak kisika u ribnjaku pojavljuje se kada je potrošnja veća od proizvodnje. Nestašica kisika može nastupiti iz raznih razloga, kao što su toplo i oblačno vrijeme bez vjetrova, stratifikacija ribnjaka, iznenadno odumiranje algi i prekomjerna razgradnja organske tvari. Nedostatna količina kisika u vodi rezultira stresom, slabim uzimanjem hrane i rastom riba, a smanjuje se i otpornost na bolesti. Također, niske koncentracije kisika povećavaju aktivnost anaerobnih bakterija koje stvaraju metan i sumporovodik (BHATNAGAR i DEVI, 2019.; SALLENAVE, 2019.).

Potrebna količina otopljenog kisika u vodi ovisi o vrsti, uzrastu i aktivnosti ribe. U toplovodnim ribnjacima poželjna je koncentracija otopljenog kisika od 5 mg/L, dopuštena je granica 3 mg/L, a ribe ugibaju pri koncentraciji od 0,5 mg/L (VUČEMILO, 2012.). TOMEĆ (1997.) navodi da količina otopljenog kisika u šaranskim ribnjacima ne smije biti manja od 6 mg/L, a zasićenost vode kisikom morala bi biti od 75 do 90 %.

2. 3. 7. Ugljikov dioksid

Ugljikov dioksid u vodene sustave dopijeva iz atmosfere, disanjem organizama u vodi, i razgradnjom organske tvari bakterijama, a troši se iz vode u procesu fotosinteze (TOMEĆ, 1997.; POPOVIĆ, 2020.). Visoke koncentracije ugljikovog dioksida toksične su i nepovoljno utječu na uzimanje hrane i otpornost riba. Otapanjem slobodnog ugljikovog dioksida u vodi nastaje ugljična kiselina (H_2CO_3), koja disocira na H^+ i HCO_3^- . Vodikovi ioni zakiseljuju vodu (POPOVIĆ, 2020.).

Ribe mogu tolerirati koncentracije ugljikovog dioksida u vodi od 10 mg/L pod uvjetom da su visoke koncentracije otopljenog kisika. Koncentracija ugljikovog dioksida u ribnjacima s dobrom kvalitetom vode uobičajeno je niža od 5 mg/L (MOHALE i sur., 2020.). VUČEMILO (2012.) navodi da dopuštena granica ugljikovog dioksida u vodi šaranskih ribnjaka iznosi 30 mg/L.

2. 3. 8. Hranjive tvari

Mnogi elementi u ribnjaku se nalaze u malim količinama, ali su od velike važnosti za proizvodnost vodenog ekosustava (TOMEĆ, 1997.). Među najvažnijim elementima su fosfor u obliku fosfata i dušik u obliku nitrata koji su nužni za rast biljaka i životinja. No, njihove prekomjerne količine mogu rezultirati masovnim razmnožavanjem, odnosno cvjetanjem algi (eutrofikacijom). Eutrofikacija nastaje kao posljedica prisutnosti ostataka hrane, prekomjerne gnojide i razgradnje uginulih organizama. S raspadom algi povećava se količina organske tvari

i posljedično se smanjuje koncentracija kisika u ribnjaku, što može utjecati na prozirnost i miris vode te prouzročiti uginuće ribe. Najvažniji izvori hranjivih tvari u ribnjacima su mulj, propala vegetacija, onečišćene vode koje se ispiru s okolnog područja, loši septički sustavi te fekalije domaćih životinja i vodenih ptica (SALLENAVE, 2019.).

2. 3. 9. Amonijak

Amonijak u ribnjacima nastaje razgradnjom organske tvari koja sadrži dušik. Pod pojmom amonijak podrazumijeva se neionizirani (NH_3) i ionizirani oblik, amonij (NH_4^+). Omjer neioniziranog i ioniziranog oblika ovisi o pH-vrijednosti i temperaturi vode. Neionizirani oblik je toksičan, a ionizirani netoksičan za ribe, osim u izrazito visokim koncentracijama. Neionizirani oblik prevladava pri visokim, a ionizirani pri niskim vrijednostima pH i temperature vode. Prisutnost amonijačnog dušika u vodi upućuje na svježije organsko onečišćenje. Malo je izgledno da će koncentracija amonijaka u ribnjaku dosegnuti razinu koja je smrtonosna za ribe. Međutim, u intenzivnim uvjetima uzgoja i pri hranjenju riba hranom bogatom bjelančevinama mogu nastati visoke koncentracije amonijaka. Koncentracija neioniziranog amonijaka trebala bi biti manja od 0,05 mg/L. Porast koncentracije iznad te vrijednosti uzrokuje oštećenja tkiva u riba (FRANCIS-FLOYD i sur., 2022.). Izloženost riba koncentracijama većima od 0,02 mg/L dulje vrijeme može rezultirati slabim rastom i pojačanom osjetljivošću na bolesti (SALLENAVE, 2019.). Osjetljive ribe ugibaju pri koncentraciji od 2 mg/L (FRANCIS-FLOYD i sur., 2022.). Za mlađ je toksična koncentracija od 0,6 mg/L (TOMEČ, 1997.).

Biljke koriste amonijak za rast, zbog čega mu je koncentracija u ljetnim mjesecima uglavnom niska, a u zimskim mjesecima visoka. Nitritne bakterije u procesu nitrifikacije u aerobnim uvjetima oksidiraju amonijak u nitrite (NO_2), koji su vrlo toksični za ribe, a zatim nitratne bakterije oksidiraju nitrite u nitratre (NO_3). S obzirom na to da se te reakcije odvijaju brzo, koncentracija nitrata u vodi uobičajeno je niska (SALLENAVE, 2019.). Visok sadržaj nitrata u vodi upućuje na prisutnost biološke otpadne tvari u krajnjem stupnju stabilizacije ili pak na ispiranje iz gnojnih poljoprivrednih površina (VUČEMILO i TOFANT, 2009.). Brzina nitrifikacije ovisi o temperaturi vode i najbrža je pri temperaturi od 30 do 35 °C. Pri temperaturi ≥ 40 °C proces nitrifikacije se zaustavlja, a pri < 20 °C usporava. Tako je koncentracija amonijaka najviša u jesen i rano proljeće, prije negoli se brzina nitrifikacije poveća kao rezultat povišenja temperature vode (SALLENAVE, 2019.).

2. 3. 10. Salinitet

Salinitet ima važnu ulogu u osmoregulaciji vodenih organizama. Također, glavni je ekološki čimbenik koji utječe na populaciju fitoplanktona u slatkim vodama. Slatkovodne i morske vrste riba loše podnose velike promjene u slanosti vode. Šaran podnosi salinitet do 7 ppt (MOHALE i sur., 2020.).

2. 3. 11. Elektrovodljivost

Elektrovodljivost je mjera sposobnosti vode da provodi električnu struju. Proporcionalna je koncentraciji soli, odnosno iona u vodi, anorganskim anionima (kloridi, nitrati, sulfati, fosfati) i kationima (natrij, kalcij, magnezij, željezo), dok organske tvari (ulje, fenoli i dr.) ne provode električnu struju (VUČEMILO i TOFANT, 2009.). Njezine visoke vrijednosti upućuju na onečišćenje voda. Slatkovodne ribe općenito dobro napreduju u širokom rasponu vrijednosti. Poželjni raspon kreće se od 100 – 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a prihvatljivi od 30 – 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (POPOVIĆ, 2020.).

2. 3. 12. pH-vrijednost

pH-vrijednost je mjera aciditeta (kiselosti) ili alkaliteta (lužnatosti) vode, a ovisi o koncentraciji vodikovih (H^+) iona. Na temelju pH medij može biti kiseo, lužnat ili neutralan. Na pH-vrijednost prirodnih voda utječe prisutnost huminskih tvari, bazičnih karbonata, hidroksida te anorganskih soli (BOGUT i sur., 2006.a). Količina vodikovih iona u ribnjaku ovisi i o procesima fotosinteze i disanja organizama. Najviši pH u ribnjaku uobičajeno je u sumrak, a najniži u zoru, jer se noću, procesom disanja, povećava koncentracija ugljika koji s vodom daje ugljikovu kiselinu (H_2CO_3) koja snižuje pH. Ugljikov dioksid danju se troši fotosintezom te se povećava pH (SALLENAVE, 2019.).

Vodeni organizmi ne podnose jako kisele, ali ni jako lužnate uvjete. Smanjenje pH-vrijednosti negativno utječe na reprodukciju i abundanciju organizama koji žive u vodi (BOGUT i sur., 2006.a). Kiseli uvjeti također smanjuju mogućnost iskorištenja hrane u riba, dok se u lužnatim uvjetima smanjuje propusnost stanica algi, neki elementi potrebni vodenom bilju postaju netopivi (neuporabljivi), smanjuje se propusnost vanjskog epitela za prolaz plinova i soli u riba te otpornost na bolesti (POPOVIĆ, 2020.). Poželjna pH-vrijednost vode u toplovodnim ribnjacima je između 7 i 8, dok su dopuštene granice između 6 i 9 (VUČEMILO, 2012.; MOHALE i sur., 2020.). POPOVIĆ i MAVRAČIĆ (1981.) navode da su letalne pH-vrijednosti za šarane 5,0 i 10,8. pH-vrijednost također utječe na ravnotežu koncentracije amonijaka, sumporovodika i otopljenih metala, povećavajući njihovu toksičnost. Visok pH

povećava toksičnost amonijaka, a niski aluminija i bakra. Kada je pH niži od 6, sumporovodik je u toksičnom H_2S obliku, dok će pri višim pH-vrijednostima, od 8 do 12, većina sumporovodika biti u manje toksičnom HS^- obliku (SALLENAVE, 2019.). Nadalje, o pH-vrijednosti vode ovisi primjena i učinkovitost djelovanja lijekova za ribe (POPOVIĆ, 2020.).

2. 3. 13. Alkalitet

Alkalitet predstavlja pufernu sposobnost vode, odnosno njezinu sposobnost da neutralizira kiseline i održava stabilan pH. Ukupan alkalitet mjeri se ukupne koncentracije karbonatnih (CO_3^{2-}), bikarbonatnih (HCO_3^-) i hidroksidnih (OH^-) iona u vodi (SALLENAVE, 2019.).

Za dobru proizvodnost ribnjaka ukupan alkalitet bi trebao iznositi minimalno 20 mg/L CaCO_3 (WURTS i DURBOROW, 1992.). Poželjan raspon ukupnog alkaliteta za uzgoj ribe je od 50 do 300 mg/L CaCO_3 (SANTHOSH i SINGH, 2007.).

2. 3. 14. Tvrdoća vode

Ukupna tvrdoća vode predstavlja količinu otopljenih soli kalcija i magnezija (BOGUT i sur., 2006.a). Kalcij i magnezij neophodni su u biološkim procesima riba, kao što su formiranje kostiju i ljuski te zgrušavanje krvi. Ribe mogu apsorbirati kalcij i magnezij izravno iz vode ili hrane. Prisutnost slobodnog (ionskog) kalcija u vodi pomaže u smanjenju gubitka drugih minerala iz tjelesnih tekućina, kao što su natrij i kalij. Natrij i kalij su ključni za normalno funkcioniranje srca, živaca i mišića riba. U vodi s niskim sadržajem kalcija ribe mogu izgubiti znatne količine natrija i kalija (WURTS i DURBOROW, 1992.). Kalcij također sudjeluje u regulaciji pH-vrijednosti vode (TOMEČ, 1997.).

Preporučeni raspon slobodnog kalcija u vodi za uzgoj riba kreće se od 25 do 100 mg/L, što odgovara tvrdoći od 63 do 250 mg/L CaCO_3 (WURTS i DURBOROW, 1992.). Tvrdoća vode u ribnjacima može se povećati dodavanjem vapna (SALLENAVE, 2019.).

2. 4. Onečišćenje voda

Onečišćenje voda u najvećoj mjeri posljediteljica urbanizacije te rasta populacije i aktivnosti ljudi (PANDEY, 2006.; LIN i sur., 2022.). Zemlje diljem svijeta suočavaju se s velikim izazovima u očuvanju kvalitete vode (VÖRÖSMARTY i sur., 2010.; CHAUDHRY i MALIK, 2017.). Jednom kada je voda u velikoj mjeri onečišćena, njezinu kvalitetu je teško i skupo obnoviti (WALKER i sur., 2019.). Procjenjuje se da 884 milijuna ljudi diljem svijeta

nema pristup vodi zadovoljavajuće kvalitete. Zbog loše kvalitete vode godišnje u svijetu oboli više od 25 milijuna, a umre 250.000 ljudi (CLASEN, 2010.).

Poljoprivreda ima glavnu ulogu u onečišćenju voda. Poljoprivredna proizvodnja sve se više intenzivira s porastom ljudske populacije, uz primjenu različitih agrokemikalija za povećanje prinosa, koje negativno utječu na okoliš (JOSHI i sur., 2019.). Procjenjuje se da je 38 % vodenih ekosustava u EU-u onečišćeno tvarima iz poljoprivredne proizvodnje (MATEO-SAGASTA i sur., 2017.). U tablici 4 prikazani su glavni onečišćivači voda podrijetlom iz poljoprivrede.

Uporaba pesticida je u poljoprivrednoj proizvodnji neizbježna. Od devedesetih godina prošlog stoljeća uporaba pesticida u poljoprivredi se udvostručila. Ukupna uporaba pesticida u poljoprivrednoj proizvodnji u svijetu u 2021. godini iznosila je 3,54 milijuna tona aktivnih sastojaka (FAO, 2023.). Poljoprivredne površine tretiraju se pesticidima najčešće prskanjem, a zbog vjetra, ispiranja vodom i drugih atmosferskih čimbenika čak 95 % herbicida i 98 % insekticida ne dopiye do ciljanih štetnika. Pesticidi, osobito oni topljivi u vodi, mogu tako završiti u površinskim i podzemnim vodama. Iako se neki pesticidi razgrađuju u prirodi, mnogi od njih ostaju prisutni u okolišu dugo vremena (RAD i sur., 2022.). Istraživanje KOLE i sur. (2001.) pokazalo je da je u SAD-u tijekom devedesetih godina prošlog stoljeća u čak 90 % velikih rijeka, u neposrednoj blizini poljoprivrednih površina i gradova, te u uzorcima riba iz tih rijeka utvrđena prisutnost pesticida. U Europi je od 2013. do 2019. godine prisutnost visokih koncentracija pesticida utvrđena u 13 – 30 % površinskih i podzemnih voda (RAD i sur., 2022.). Zbog negativnih utjecaja na okoliš kontinuirano se uvode novi pesticidi s manje neželjenih nuspojava. No, u nekim zemljama još su u uporabi pesticidi kao što su diklordifeniltrikloreten (DDT) i mnogi organofosforni spojevi koji izazivaju akutna i kronična otrovanja ljudi (MATEO-SAGASTA i sur., 2017.).

Sa sve većim intenziviranjem i povećanjem poljoprivredne proizvodnje, u stočarstvu se povećala količina proizvedene organske tvari te uporaba antibiotika, cjepiva i pospješivača rasta (hormona) koji mogu dospijeti u vodene ekosustave. Osim toga, velik rizik za javno zdravlje su vodom prenosivi patogeni mikroorganizmi (MATEO-SAGASTA i sur., 2017.). Istraživanje LI i sur. (2022.) pokazalo je da je gnoj iz stočarske proizvodnje značajan izvor oocista kriptosporidija, koje izravnim ispuštanjem gnoja ili površinskim otjecanjem s polja dospijevaju u rijeke.

Tablica 4. Glavni onečišćivači voda podrijetlom iz poljoprivrede

Vrsta onečišćenja	Pokazatelji/primjeri	Jačina doprinosa		
		Ratarstvo	Stočarstvo	Akvakultura
Hranjive tvari	dušik i fosfor koji su prisutni u mineralnom i organskom gnojivu, životinjskim ekskrementima i oni koji se uobičajeno nalaze u vodi u obliku nitrata, amonijaka ili fosfata	***	***	*
Pesticidi	herbicidi, insekticidi, fungicidi i baktericidi, uključujući organofosfate, karbamate, piretroide, organoklorne pesticide i dr.	***	-	-
Soli	npr. natrijevi, kloridni, kalijevi, magnezijevi, sulfatni, kalcijevi i bikarbonatni ioni; mjereno u vodi izravno kao ukupno otopljene čvrste tvari ili neizravno kao elektrovodljivost	***	*	*
Sediment	Mjereno u vodi kao ukupna suspendirana tvar ili u nefelometrijskim jedinicama mutnoće	***	***	*
Organska tvar	biljnog i/ili životinjskog podrijetla	*	***	**
Patogeni	npr. <i>Escherichia coli</i> , ukupni koliformi, fekalni koliformi i enterokoki	*	***	*
Metali	npr. selen, olovo, bakar, živa, arsen i mangan	*	*	*
Emergentni onečišćivači	npr. ostaci lijekova, hormoni i dodaci hrani	-	***	**

Izvor: MATEO-SAGASTA i sur., 2017.

Izvori onečišćenja voda su i štetne tvari podrijetlom iz kućanstava i industrije. Procjenjuje se da čak 80 % nepročišćenih otpadnih voda iz kućanstava završi u površinskim vodama, dok su industrije godišnje odgovorne za odlaganje milijuna tona teških metala, otpala, otrovnog mulja i drugog otpada u površinske vode (MATEO-SAGASTA i sur., 2017.). Kućanstva i industrije u urbanim područjima Hrvatske svaki dan proizvode otpadnih voda u količini koja odgovara populacijskom ekvivalentu od 5 milijuna stanovnika. U 2018. godini u Hrvatskoj je proizvedeno više od 6.338 tona mulja iz otpadnih voda, od čega je 12,3 % ponovno

korišteno u poljoprivredi, 36 % je iskorišteno u druge svrhe, 36,8 % deponirano je kao otpad, 6,1 % zbrinuto je na druge načine, dok za 8,8 % ne postoje informacije o korištenju (WISE, 2024.).

2. 4. 1. Utjecaj teških metala na zdravlje riba i ljudi

Onečišćenje voda teškim metalima predstavlja ozbiljan rizik za vodene ekosustave i zdravlje ljudi jer su toksični, postojani i imaju veliku mogućnost bioakumulacije (ALI i sur., 2019.; EMENIKE i sur., 2022.; HAMA AZIZ i sur., 2023.). Svaki metal (ili polumetal) može biti štetan neovisno o njegovoj gustoći ili atomskoj masi ako se pojavljuje tamo gdje je nepoželjan, ili u obliku ili koncentraciji koja ima štetan učinak na ljude ili okoliš. Glavni izvori onečišćenja voda teškim metalima su vulkanske erupcije, industrijske otpadne vode, poljoprivreda, rudarstvo, elektroplatiniranje, e-otpada, biomedicinski otpad i elektrane (SONONE i sur., 2021.).

Metali kao što su arsen, kadmij, bakar, krom, željezo, olovo, mangan, živa, nikal, cink i kositar izrazito su toksični za ribe (SINGH i sur., 2022.). Toksičnost teških metala negativno utječe na rast, reprodukciju i fiziologiju riba, uzrokujući mnogobrojne deformitete. Riba apsorbira metale najčešće kroz škrge i probavni trakt, a u manjoj mjeri kroz kožu (SFAKIANAKIS i sur., 2015.; JAMIL EMON i sur., 2023.). Metali se uglavnom nakupljaju u mišićima, jetri, bubrezima i škragama (SONONE i sur., 2021.; SINGH i sur., 2022.). Metali kao što su olovo, živa, kadmij i arsen vrlo su toksični za ribe već u malim koncentracijama, a ostali metali uključujući željezo, cink, bakar, kobalt, krom, mangan i nikal esencijalni su elementi u odgovarajućim koncentracijama (GAUTAM i sur., 2014.)

Zbog bioakumulacije u ribi, teški metali posebna su prijetnja zdravlju ljudi u zemljama u kojima riba čini glavnu prehranu (AFSHAN i sur., 2014.). Teški metali u ljudi izazivaju mutagenezu, pojavu tumora i nasljednih genetskih poremećaja, jer se vežu na ista mjesta na koja se vežu esencijalni metalni ioni, izazivajući destabilizaciju staničnih struktura i biomolekula (KAUR i ROY, 2021.). Utjecaj teških metala na zdravlje riba i ljudi prikazan je u tablici 5.

Tablica 5. Utjecaj teških metala na zdravlje riba i ljudi

Teški metal	Utjecaj na ribe	Utjecaj na ljude
Kadmij	oštećenje bubrega, smanjena plodnost, tumori, hipertenzija i disfunkcija jetre	proljev, povraćanje, želučane tegobe, oštećenje bubrega, kostiju, DNK te živčanog i imunosnog sustava, smanjena plodnost, karcinomi
Cink	hipoksija, oštećenje škrga, utjecaj na rast, razvoj i preživljavanje, promjene u ponašanju, uginuće	smanjenje osjeta okusa i mirisa, gubitak apetita, sporo zacjeljivanje rana, kožne promjene, želučani grčevi, povraćanje, anemija, arterioskleroza, dišni poremećaji, urođene mane
Olovo	promjene u kardiovaskularnom i živčanom sustavu	oštećenje jetre, bubrega, mozga, živaca i drugih organa, poremećaji u reprodukciji, osteoporoza, srčane bolesti, visok krvni tlak, anemija, problemi s pamćenjem
Arsen	oštećenje imunosnog sustava, uginuće	iritacija želuca, crijeva i pluća, smanjen broj eritrocita i leukocita, kožne promjene, neplodnost, smrt
Krom	anemija, eozinofilija, limfocitoza, bronhijalne i bubrežne lezije, oštećenje škrga	oslabljen imunosni sustav, kožne bolesti, želučane i dišne tegobe, karcinom pluća, oštećenje jetre i bubrega, smrt
Bakar	vakuolizacija endotela i hepatocita, nekroza jetre, smanjena plodnost i preživljavanje mladunčadi	oštećenje jetre i bubrega, anemija, iritacija želuca i crijeva, Wilsonova bolest
Željezo	poremetnje disanja, oštećenje dišnog epitela, gušenje, uginuće	esencijalan element jer sudjeluje u širokom spektru metaboličkih procesa, uključujući transport kisika, sintezu DNK i transport elektrona; željezo može stvarati slobodne radikale te njegova koncentracija mora biti strogo regulirana jer u prevelikim koncentracijama može izazvati oštećenje tkiva
Živa	oštećenje jetre, škrga, bubrega i živčanog sustava, promjene u krvi, smanjena plodnost i preživljavanje mladunčadi	gingivitis, kongenitalne malformacije, pobačaji, oštećenje živčanog sustava
Nikal	dišne tegobe	esencijalan je element, ali može izazvati alergije

Izvor: ZAMBELLI i CIURLI (2013.), ABBASPOUR i sur. (2014.), AFSHAN i sur. (2014.) i KAUR BRAR (2016.)

2. 4. 2. Utjecaj akvakulture na okoliš

Vode iz akvakulture, opterećene velikim količinama organske tvari, nutrijenata, reziduama lijekova i dr., mogu imati negativan utjecaj na okoliš, tablica 4 (TUCKER i sur., 2008.; MARTINEZ-PORCHAS i MARTINEZ-CORDOVA, 2012.; MATEO-SAGASTA i sur., 2017.). Svaka proizvedena tona riba i drugih organizama koji žive u vodi rezultira, među ostalim, s 35,9 – 63,5 kg dušika i 6,1 – 15,9 kg fosfora (CHATVIJITKUL i sur., 2017.). Procjenjuje se da od intenzivnog uzgoja tri tone slatkovodne ribe nastaje jednaka količina otpadnih tvari kao od zajednice s oko 240 stanovnika (MARTINEZ-PORCHAS i MARTINEZ-CORDOVA, 2012.).

PLANTAK i sur. (2016.) istražili su kvalitetu vode u poriječju rijeke Ilove i ustanovili da čak 38,5 % duljine vodotoka ne zadovoljava ciljeve prema Okvirnoj direktivi EU-a o vodama. Najlošija kvaliteta vode utvrđena je u blizini većih naselja, ali i uz dva ribnjaka, Končanica i Poljana. MIJOŠEK i sur. (2020.) zaključili su da ribnjaci koji se navodnjavaju iz rijeke Ilove imaju umjeren utjecaj na njezinu kvalitetu vode. U istom su istraživanju utvrđene visoke koncentracije pojedinih metala u vodi Ilove, što autori, među ostalim, objašnjavaju njihovom uporabom u hranidbi riba i primjenom fecesa peradi u uzgoju riba.

Utjecaj akvakulture na okoliš ovisi o hidrografskim uvjetima na lokaciji proizvodnje, vrsti uzgajanih organizama, načinu proizvodnje i njezinom upravljanju (CREȚU i sur., 2016.). Prilikom procjene mogućih rizika potrebno je uzeti u obzir navedene čimbenike, uvažavajući pritom ranjivost ekosustava u kojem se proizvodnja nalazi. Tako je dokazan negativan utjecaj kaveznog uzgoja nilske tilapije na okoliš. SAFNER (2008.) navodi da u gušćim nasadima nilske tilapije dolazi do pojave bolesti, asfiksije i kanibalizma, a prilikom oštećenja kaveza i do masovnog bijega riba. Kavezni uzgoj, zbog dostupnosti ostataka hrane, također uzrokuje povećanje biomase divlje ribe (HÅKANSON, 2005.). Zato se takav način uzgoja slatkovodnih riba sve više napušta. U rijeci Nil u Egiptu u 2005. godini 10 % slatkovodnih riba uzgajalo se u kavezima, ali do 2006. godine 80 % kaveza uklonjeno je iz proizvodnje (BOSTOCK i sur., 2010.).

MARTINEZ-PORCHAS i MARTINEZ-CORDOVA (2012.) ističu da se od ukupnog dušika koji se na različite načine dodaje u uzgajališta organizama koji žive u vodi, iskoristi samo 20 do 50 %, a ostatak se ugrađuje u vodeni stupac ili sediment i na kraju ispušta u vodene ekosustave, s različitim negativnim učincima (npr. cvjetanje algi, ugibanje bentoskih organizama, nepoželjni mirisi, prisutnost patogena).

Postoje brojna ograničenja u primjeni konvencionalnih metoda za pročišćavanje otpadnih voda iz akvakulture. Osim ekonomskih i energetske implikacije, uporabom

konvencionalnih metoda pročišćavanja oslobađaju se staklenički plinovi poput ugljikovog dioksida i metana, a hranjive tvari iz tako pročišćenih voda ne mogu se ponovno učinkovito iskoristiti. Dakle, sve se više pozornosti poklanja poboljšanju tradicionalnih metoda, odnosno novim načinima pročišćavanja voda iz akvakulture kojima se smanjuju štetni utjecaji na okoliš i koji doprinose njezinoj održivosti (TOM i sur., 2021.). Bioremedijacija je postupak kojim se onečišćujuće tvari, kao što su teški metali, uklanjaju iz okoliša pomoću mikroobioloških procesa (VERMA i KUILA, 2019.). Bioremedijacija se temelji na smanjenju topljivosti štetnih tvari promjenom pH i redoks-reakcijama te njihovom adsorpcijom iz okoliša. Redoks-reakcije uključuju kemijsku pretvorbu štetnih tvari u bezopasne ili manje toksične spojeve koji su stabilniji, manje mobilni ili inertni (OJUEDERIE i BABALOLA, 2017.).

2. 5. Korisni mikroorganizmi u akvakulturi

Mikroorganizmi su sveprisutni u okolišu i dio su svakog ekosustava. Sastavni su dio biološkog ciklusa i vrlo su bitni za različite procese koji se odvijaju u okolišu. Mikroorganizmi se najčešće poistovjećuju s infekcijama i različitim bolestima. Međutim, oni mogu biti i korisni za ljude, životinje i biljke (BULE, 2022.). Korisni mikroorganizmi imaju široku primjenu i nazivaju se pre- i probiotici. Probiotici su definirani kao živi sojevi strogo odabranih mikroorganizama, koji, primijenjeni u odgovarajućim količinama, djeluju povoljno na zdravlje domaćina (FAO/WHO, 2002.). Probiotik koji sadrži jednu ili više vrsta bakterija može spriječiti umnažanje bakterijskog uzročnika bolesti, ojačati obrambene zadaće graničnih tkiva probavnog i dišnog sustava te kože, kao i dijelove imunosnog sustava u tim tkivima, smanjiti ili odstraniti otrovne i druge štetne tvari iz probavnog sustava te potaknuti proizvodnju tvari koje potiču rast te sprječavaju oksidaciju (FIJAN, 2006.). Početni interes istraživanja probiotika u akvakulturi bio je usmjeren na njihovu uporabu kao pospješivača rasta i zdravlja životinja, ali s vremenom im se primjena proširila na poboljšanje reprodukcije i otpornosti na stres (MARTÍNEZ CRUZ i sur., 2012.) te sprječavanje prekomjernog rasta algi i truljenja vodenog bilja (SAFWAT i MATTA, 2021.).

Kao probiotici u akvakulturi najčešće se koriste mikroorganizmi *Lactobacillus* spp., *Bacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Vibrio* spp., *Saccharomyces* spp. i *Enterococcus* spp. Različiti probiotici djeluju različito na ribe, a njihova mješavina daje najbolje rezultate. Zdravstveni status organizama koji žive u vodi pod jakim je utjecajem sredine u kojoj žive te bakterije prisutne u vodi utječu na sastav crijevne mikroflore i obrnuto. Probiotici mogu biti aktivni u životnoj sredini, kao i domaćinu. Stoga se probiotici u akvakulturi mogu primijenjivati kao dodaci vodi ili hrani, a doziranje i trajanje uporabe važni su čimbenici u postizanju željenih

rezultata. Dosadašnja istraživanja pokazuju pozitivan utjecaj probiotika na prirast, konverziju hrane te preživljavanje mlađa i odraslih riba (LJUBOJEVIĆ i sur., 2013.).

Jedan od poznatih komercijalno dostupnih pripravaka korisnih mikroorganizama su efektivni mikroorganizmi (EM), a njihov točan komercijalni naziv ovisi o vrstama mikroorganizama koje sadrži.

2. 6. Efektivni mikroorganizmi

Efektivni mikroorganizmi su tekuća, miješana kultura mikroorganizama koji imaju blagotvoran učinak na prirodu, uključujući ljude, životinje, biljke i druge mikrobne vrste. Poznato je da EM sadrži više od 80 vrsta anaerobnih i aerobnih mikroorganizama, kao što su fotosintetske bakterije, bakterije mliječno-kiselog vrenja, aktinomicete i kvasci (MOON i sur., 2011.), sa 100 milijuna aktivnih mikroorganizama u jednom mililitru, no točna formulacija pripravka drži se u tajnosti (SAFWAT i MATTA, 2021.). Fotosintetske bakterije sintetiziraju organske spojeve iz ugljikovog dioksida i vode (LILI i sur., 2022.). Kao jedan od glavnih elemenata EM-a, fotosintetske bakterije imaju ključnu ulogu u sinergističkom djelovanju svih mikroorganizama u smanjenju broja patogenih mikroorganizama (SAFWAT i MATTA, 2021.). Fermentacijske gljivice fermentiraju organsku tvar u organske spojeve koji se mogu apsorbirati (alkohole, šećere, aminokiseline). Bakterije iz roda *Lactobacillus* svojim enzimima pretvaraju ugljikohidrate u mliječnu kiselinu, poboljšavajući apsorpciju hranjivih tvari i inhibirajući rast patogenih mikroorganizama. Aktinomicete imaju antibiotsko djelovanje koristeći se aminokiselinama i tvarima nastalima fermentacijom gljivica (LILI i sur., 2022.). Navedeni mikroorganizmi izdvojeni su s različitih lokacija u svijetu. Miješaju se u smjesu u mediju na bazi šećera. Najčešće se koristi melasa ili sirovi šećer, a pH otopine kulture je u rasponu između 3,0 i 4,0 (SANGAKKARA, 2003.).

Tehnologiju EM-a razvio je dr. Teruo Higa, profesor hortikulture na Sveučilištu u Ryukyusu, Okinawa, Japan (SAFWAT i MATTA, 2021.). Radi se o prirodnoj tehnologiji koja uključuje uzgoj, primjenu, aktivaciju i upravljanje autohtonim mikroorganizmima iz okoliša (SABOLEK i sur., 2021.). Profesor Higa navodi da u svakom okolišu postoje tri vrste mikroorganizama, patogeni, korisni i oportunistički. Njih čak 80 % su oportunistički mikroorganizmi. U okolišu u kojem prevladavaju patogeni mikroorganizmi, oportunistički mikroorganizmi počinju im se pridruživati i podržavati negativan proces. Ako se u takav okoliš doda EM, oportunistički mikroorganizmi podržavat će EM i regeneraciju okoliša. Ako se EM doda u okoliš s pretežno oportunističkim mikroorganizmima, oni će podržavati pozitivne promjene u okolišu (<https://em-canary-islands.com/en/what-is-em/>).

Efektivni mikroorganizmi koriste se u više od 130 zemalja svijeta. Tehnologija EM-a u 12 zemalja uključena je u nacionalne programe ekološke poljoprivrede i proizvodnje zdrave hrane (SABOLEK i sur., 2021.).

Tehnologija EM-a se u početku primjene koristila za poboljšanje kvalitete tla i usjeva. Danas se EM, osim u ratarstvu, koristi i u šumarstvu, stočarstvu, akvakulturi, pčelarstvu, zaštiti okoliša te humanoj i veterinarskoj medicini (ZAKARIA i sur., 2010.; MOON i sur., 2011.; NAMSIVAYAM i sur., 2011.; TLAK GAJGER i sur., 2020.; 2023.).

Dokazano je da primjena EM-a ima mnogobrojne korisne učinke na usjevima. Uporabom EM-a kao alternativnog načina gnojenja poboljšavaju se kvaliteta tla i prinos biljaka te sprječava rast korova (YAMADA i XU, 2001.; JAVAID, 2006.; OLLE i WILLIAMS, 2013.).

U animalnoj proizvodnji pozitivni učinci EM-a utvrđeni su kod različitih vrsta životinja. Tako se primjenom EM-a povećavaju prirast i otpornost teladi (SZEWCZUK i sur., 2015.), janjadi (DERIBE i sur., 2017.) i peradi (LI i NI, 2001.; MBAGA i MGUNDA, 2013.). Veća otpornost na bolesti utvrđena je i kod svinja (LASKOWSKA i sur., 2017.) te pčela (TLAK GAJGER i sur., 2020.; 2023.). Uporabom EM-a također se poboljšavaju proizvodnja i kvaliteta jaja (NAQVI i sur., 2000.; ATSBEHA i HAILU, 2021.) te kvaliteta mesa peradi i svinja (SAFALAOH, 2006.; RESZKA i sur., 2020.). Osim toga, primjena EM-a u stočarskoj proizvodnji pokazala se učinkovitom u smanjenju koncentracije amonijaka, neugodnih mirisa (LI i NI, 2001.) i broja muha (WAN OMAR i ARBAIN, 2019.). Nadalje, uporabom EM-a mogu se poboljšati svojstva kompostiranog stajskog gnoja (DAUR, 2016.).

Biološki aktivne tvari, kao što je EM, ekološki su prihvatljiv i relativno jeftin način poboljšanja kvalitete vode (ZAKARIA i sur., 2010.). Efektivni mikroorganizmi ubrzavaju prirodnu razgradnju organskih spojeva koji onečišćuju vodu, proizvodeći bioaktivne tvari koje djeluju na uzročnike truljenja i stvaranje štetnih plinova. Na taj način EM uspostavlja prirodnu ravnotežu vodenog sustava s korisnim i održivim učincima (AVILA i sur., 2021.). Efektivni mikroorganizmi se za pročišćavanje vode primjenjuju u izvornom tekućem obliku ili u obliku kugli izrađenih od gline/zemlje/lesa, EM-a i Bokashija. Bokashi je mješavina rižinih mekinja, melase i EM-a, a prilikom izrade kugli dodaje se da bi se povećala bioaktivnost smjese (PARK i sur., 2016.).

U zapadnoj Poljskoj EM je korišten za obnovu jezera Konin u kojem je došlo do jakog cvjetanja vode uzrokovanog cijanobakterijama. Istraživanje je trajalo pet godina. Dokazano je da primjena EM-a u jezeru potiče pozitivne promjene u njegovu ekosustavu, povećavajući razgradnju organske tvari i raznolikost fitoplanktona, no cvjetanje cijanobakterija i dalje je bilo prisutno zbog prisutnosti velike količine hranjivih tvari (DONDAJEWSKA i sur., 2019.).

ZHAO i sur. (2013.) utvrdili su da se primjenom EM-a smanjuje kemijska potrošnja kisika (KPK), koncentracije suspendiranih tvari, ukupnog dušika i ukupnog fosfora te mutnoća vode u jezeru. Rezultati istraživanja SITAREK i sur. (2017.) također su pokazali da se uporabom EM-a smanjuju koncentracije ukupnog dušika i fosfata u jezeru. NAMSIVAYAM i sur. (2011.) utvrdili su da se primjenom EM-a smanjuje alkalitet, koncentracija ukupnih otopljenih tvari, KPK i biokemijska potrošnja kisika tijekom pet dana (BPK₅) u otpadnim vodama. Međutim, nakon primjene EM-a povećao se ukupan broj heterotrofnih bakterija i kvasaca u vodi, dok promjena u broju aktinomiceta i gljivica nije bilo. Dokazano je da EM ima sposobnost inhibicije rasta patogenih mikroorganizama (SAFWAT i ROZAIK, 2017.) i razgradnje pesticida u otpadnim vodama (ISMAIL i sur., 2015.). Nadalje, utvrđeno je da se uporabom EM-a smanjuju količina mulja (ZAKARIA i sur., 2010.) i koncentracije teških metala u različitim tipovima voda (ZHOU i sur., 2008.; SITAREK i sur., 2017.; YALÇIN i sur., 2023.). EKPEGHERE i sur. (2012.) utvrdili su da se primjenom EM-a uklanjaju neugodni mirisi morskog sedimenta u lukama. ZHANG i sur. (2012.) zaključili su da se EM može koristiti za bioremedijaciju mora onečišćenog naftom.

U svim je prethodnim istraživanjima koja se odnose na kvalitetu vode EM primijenjen dodavanjem u vodu u tekućem obliku. PARK i sur. (2016.) primijenili su kugle napravljene od lesa, EM-a i Bokashija u vodi močvare Dalseong u Daegu, Republika Koreja. Rezultati istraživanja pokazali su da tako pripremljen EM smanjuje koncentracije otopljenog kisika te dušika i fosfora u vodi. NUGROHO i sur. (2017.) također su utvrdili da EM4 u obliku kugli smanjuje KPK i koncentraciju ukupnih suspendiranih tvari u vodi umjetne rijeke u laboratorijskim uvjetima. Kugle su bile pripremljene miješanjem rižinih mekinja, gline i EM4.

Kao čest nedostatak primjene EM-a navodi se potrebno predznanje o njegovom sastavu ili pripremi. Unatoč mnogobrojnim istraživanjima i dalje nedostaju višegodišnja istraživanja koja bi pouzdano dokazala pozitivan učinak, ali i moguće rizike njegove uporabe za ljude, životinje ili okoliš (NAHhaft, 2024.).

2. 6. 1. Uporaba efektivnih mikroorganizama u akvakulturi

Pojava bolesti u akvakulturnoj proizvodnji u svijetu rezultira ekonomskim gubicima od gotovo 9 milijardi USD godišnje (ABBASS i ELABD, 2022.). Stoga se povećanje otpornosti na bolesti, iskoristivosti hrane i rasta organizama, uz poboljšanje kvalitete vode i kontrolu bakterijskih infekcija, nameće kao potreba u akvakulturi (MARTÍNEZ CRUZ i sur., 2012.).

Uporaba antibiotika u kontroli bolesti u akvakulturi pokazala se neučinkovitom, zbog stvaranja otpornosti, narušavanja ravnoteže fiziološke mikroflore te nakupljanja rezidua i

njihova štetnog djelovanja na okoliš i zdravlje ljudi (ZHOU i sur., 2009.; PREENA i sur., 2020.). Danas postoje antibiotici koji imaju manje negativnih nuspojava, no oni su skupi i teško dostupni, osobito u zemljama s niskim i srednjim dohotkom (MANAGE, 2018.). Tako se veliki naponi ulažu u iznalaženje jeftinijih načina za poboljšanje kvalitete vode te funkcije imunosnog sustava i rasta vodenih organizama, koji nemaju neželjenih posljedica na okoliš te druge životinje i ljude (SHAH i MRAZ, 2020.).

Dosadašnji rezultati istraživanja o učincima EM-a na organizme koji žive u vodi pokazali su mogućnost povećanja otpornosti na patogene mikroorganizme i smanjenje mortaliteta (IRIANTO i AUSTIN, 2002.). KIM i sur. (2015.) utvrdili su da dodatak EM-a u uzgoju škampa povećava prirast, smanjuje oksidacijski stres te poboljšava imunosni odgovor. PUJIASTUTI i SUWARTHA (2017.) utvrdili su da dodatak EM4 smanjuje koncentracije amonijaka i nitrata u vodi za uzgoj škampa. U svom su istraživanju koristili koncentracije EM4 od 3, 5 i 7 ml/L. Najboljom za smanjenje koncentracije amonijaka i nitrata pokazala se koncentracija EM4 od 7 ml/L. MAYSABILA i sur. (2023.) također su utvrdili da EM4 dodan u vodu smanjuje koncentraciju amonijaka, kao i BPK₅ u uzgoju škampa. Koncentracija amonijaka bila je niža u vodi s dodatkom 2,5 % nego 3 % EM4.

THIAM i sur. (2015.) istražili su utjecaj dodatka EM-a (2,5 %, 5 %, 7,5 % i 10 %) u hranu za tilapije i ustanovili da se najbolji prirast postiže dodatkom 2,5 % EM-a. Povećanu tjelesnu masu tilapija nakon primjene EM-a u hrani utvrdili su i XU i sur. (2021.b). Rezultati istraživanja OMAR i sur. (2017.) pokazali su da primjena EM-a u vodi pozitivno utječe na karakteristike rasta tilapija, uz značajno manje koncentracije teških metala u škrgama, jetri, bubrezima, mišićima i koži te posljedično oštećenje organa. ABDEL-SALAM i sur. (2023.) zaključili su da EM dodan u vodu ima pozitivan utjecaj na vrijednosti biokemijskih pokazatelja riba i kvalitetu vode u uzgoju tilapija, pomažući im u prilagodbi na različite temperature i smanjujući negativne utjecaje teških metala u vodi. ALY i sur. (2017.) utvrdili su da primjena EM-a u vodi nema utjecaja na temperaturu vode, pH-vrijednost i koncentraciju otopljenog kisika, ali da pozitivno djeluje na prirast i konverziju hrane u uzgoju tilapija.

Utjecaj EM-a istraživao je i na drugim vrstama riba. Tako su ORJI i AKUKALIA (2021.) utvrdili da su nakon primjene EM-a u vodi ribnjaka somovi bili teži i duži. ELPAWATI i sur. (2015.) također su zaključili da primjena EM10 u vodi pozitivno utječe na prirast somova, ali i na održavanje temperature vode. ISLAM i sur. (2023.) ustanovili su da dodatak EM4 u uzgoju sjevernoafričkog soma ne utječe na temperaturu i pH vode, ali da pozitivno utječe na prirast ribe. U istom istraživanju EM se primijenjivao tri, pet i sedam dana te su autori zaključili da je primjena od pet dana najučinkovitija.

JWHER i AL-SARHAN (2022.) istražili su utjecaj primjene EM-a u hrani na zdravlje i proizvodnost šarana. Rezultati istraživanja pokazali su da EM pozitivno djeluje na prirast, masu jetre, škrge, prednjeg i stražnjeg bubrega, crijeva i slezene, konverziju hrane, broj bakterija mliječno-kiselog vrenja u crijevima, broj vrčastih stanica u crijevnom epitelu, kao i dužinu crijevnih resica te primarnih i sekundarnih lamela škrge. HUANG i sur. (1999.) također izvješćuju o povećanom prirastu šarana te poboljšanju kvalitete vode nakon primjene EM-a. TANG i sur. (2016.) nisu utvrdili utjecaj EM-a u vodi za uzgoj šarana na prirast, konverziju hrane, mortalitet, kemijske pokazatelje kvalitete vode i količinu fitoplanktona. ZHENG i sur. (2017.) zaključili su da EM dodan u vodu utječe na sastav bakterija u vodi i povećava biomasu fitoplanktona, no ne utječe na kemijske pokazatelje kvalitete vode te prirast šarana. U navedenim istraživanjima EM se u uzgojima šarana primijenjivao 28, 45, 31, odnosno 80 dana.

3. OBRAZLOŽENJE TEME

Efektivni mikroorganizmi sve se više koriste u akvakulturnoj proizvodnji. Iz dosadašnjih istraživanja razvidni su nedostatni i oprečni rezultati njihova utjecaja na kvalitetu vode i prinos šaranskih ribnjaka te potreba za daljnjim istraživanjima.

Cilj doktorskog rada bio je utvrditi kako primjena EM-1® u šaranskom ribnjačarstvu utječe na:

1. organoleptičke pokazatelje kvalitete vode,
2. fizikalno-kemijske pokazatelje kvalitete vode,
3. mikrobiološke pokazatelje kvalitete vode,
4. mikrobiološke pokazatelje kvalitete sedimenta,
5. prirast riba,
6. te utvrditi povezanosti između istraživanih pokazatelja.

Rezultati doktorskog rada upotpunit će spoznaje o utjecaju EM-a na kvalitetu vode i prinos šaranskih ribnjaka. Izvorni znanstveni doprinos proizlazi iz činjenice da, prema dostupnim literaturnim podacima, pojedini pokazatelji kvalitete vode u šaranskom ribnjaku koji su obuhvaćeni ovim istraživanjem, uključujući ulja i masti, ukupne ugljikovodike i fenolni indeks, te utjecaj EM-a na te pokazatelje, nisu prethodno istraženi. Znanstveni doprinos istraživanja dodatno je značajan jer uključuje rezultate utjecaja EM-a na mikrobiološke pokazatelje kvalitete vode i sedimenta ribnjaka. Konačno, znanstveni doprinos doktorskog rada temelji se na tome da se posljednjih godina ulažu veliki naponi za iznalaženje novih načina pročišćavanja voda iz akvakulture, kojima će se smanjiti njezini negativni utjecaji na okoliš te zdravlje drugih životinja i ljudi, jačajući otpornost proizvodnje.

4. MATERIJAL I METODE

Istraživanje je odobreno od Povjerenstva za etiku u veterinarstvu Veterinarskog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

4. 1. MATERIJAL

4. 1. 1. Opis ribnjaka

Istraživanje je provedeno u komercijalnim uvjetima proizvodnje, na uzgajalištu riba Končanica d.d., Končanica, Bjelovarsko-bilogorska županija. Ukupna površina ribnjaka je 1.474 ha, od čega su u proizvodnji 943 ha na kojima se uzgajaju šaran (80 %), amur, sivi i bijeli tolstolobik, som, smuđ, štika i linjak. Istraživanje je provedeno u dva ribnjaka, kontrolnom i pokusnom. Svaki ribnjak bio je pravokutnog oblika, površine 3.800 m² i dubine 1,2 – 2 m. Oba ribnjaka vodom se opskrbljuju iz rijeke Ilove (slike 5 i 6). U blizini ribnjaka nalaze se obradive poljoprivredne površine i prometnice. U ribnjacima su prije upuštanja vode bile provedene sve potrebne agrotehničke mjere. Ribnjaci su očišćeni od vegetacije, plitko zaorani, potanjurani i povapnjeni (slika 4).



Slika 4. Ribnjak obrađen vapnom.



Slika 5. Kontrolni ribnjak napunjen vodom.



Slika 6. Pokusni ribnjak napunjen vodom.

4. 1. 2. Ribe

Prvi dio istraživanja proveden je u razdoblju od srpnja do listopada 2022. godine. Tjedan dana nakon upuštanja vode u svaki ribnjak naseljeno je 7.000 mlađa šarana (*Cyprinus carpio*). Mlađ je prije nasada sortirana, pri čemu su uklonjene sve druge vrste riba (slika 7). Uz prirodno dostupnu hranu, mlađ je bio prihranjivan jednom dnevno, šest dana u tjednu, superkoncentratom za telad (ST 350 SB, FANON d.o.o., Petrijanec). Superkoncentrat sadrži 35 % sirovih bjelančevina, 7 % ulja i masti, 13 % vlaknine, 14 % pepela, 2,5 % kalcija, 1 % fosfora, 0,92 % natrija i 0,35 % magnezija, te elemente u tragovima, 200 mg cinka, 3,6 mg selena, 1,2 mg kobalta, 55 mg bakra, 180 mg mangana, 90 mg željeza i 4 mg joda. Prvi dio istraživanja trajao je 105 dana, do izlova mladih riba.

Drugi dio istraživanja proveden je u razdoblju od veljače do travnja 2023. godine. Nakon što su ribnjaci u kojima je bio mlađ ispražnjeni, ponovno su napunjeni vodom, a u njih je naseljena miješana konzumna riba, oko 1.500 jedinki, tjelesne mase od 1,5 do 2,0 kg. Konzumna riba nije bila prihranjivana. Drugi dio istraživanja trajao je 45 dana.



Slika 7. Mlađ šarana nakon sortiranja.

4. 2. METODE

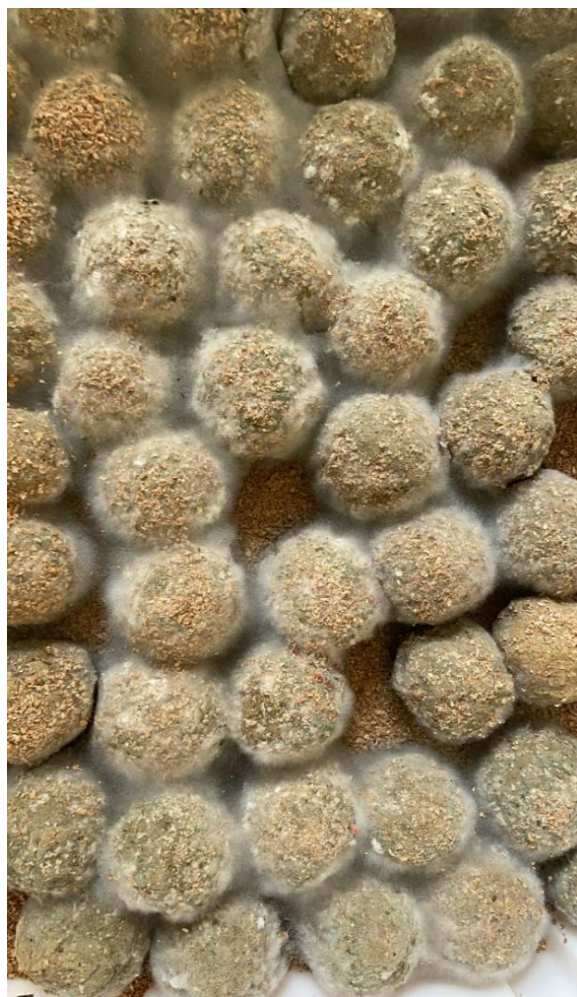
4. 2. 1. Primjena efektivnih mikroorganizama

U istraživanju su korišteni efektivni mikroorganizmi (EM-1®, EKO EM PLUS, Efektivni mikroorganizmi originalna tehnologija Rijeka d.o.o., Rijeka) primijenjeni u obliku glinenih kugli i u tekućem obliku. Pripravak EM-1® dobiven je aktivacijom originalne kulture efektivnih mikroorganizama EM-1® (EMRO, Japan) u melasi i vodi, a sadrži fotosintetske bakterije, bakterije mliječne kiseline, gljivice, kvasce i druge prirodne mikroorganizme. Za izradu 1.000 kugli pomiješano je 40 L EM-1® sa 120 kg gline. Kugle su prilikom izrade uvaljane u Bokashi fermentirane mekinje (Efektivni mikroorganizmi originalna tehnologija Rijeka d.o.o., Rijeka). Bokashi je dobiven fermentacijom efektivnih mikroorganizama EM-1® (EMRO, Japan) u melasi, vodi i mekinjama. Nakon izrade, kugle su ostavljene na zraku, sklonjene od izravnog djelovanja sunca, dok se nisu u potpunosti osušile (oko mjesec dana) (slike 8 i 9).

U prvom dijelu istraživanja korišten je EM-1® u obliku glinenih kugli, a u drugom dijelu tekući EM-1®. U prvom dijelu istraživanja kugle su ravnomjerno ubačene u pokusni ribnjak tjedan dana nakon naseljavanja mlađa (slika 10). U drugom dijelu istraživanja 80 L tekućeg EM-1® uliveno je iz prijenosnog spremnika ravnomjerno uz rubove pokusnog ribnjaka 14 dana nakon upuštanja vode i naseljavanja konzumne ribe (slika 11).



Slika 8. EM-1® kugle prilikom sušenja.



Slika 9. Osušene EM-1® kugle.



Slika 10. Polaganje kugli u pokusni ribnjak.
(Izvor: Mladen Prević)



Slika 11. Uliveni pripravak efektivnih mikroorganizama EM-1® u ribnjaku.

4. 2. 2. Uzimanje uzoraka vode i sedimenta

Uzorci vode i sedimenta uzimani su svaka dva tjedna, u prijedpodnevnim satima, na način da je s devet mjesta u svakom ribnjaku uzet kompozitni uzorak, a uzorkovanje je bilo ponovljeno dva puta. Ručno kompozitno uzorkovanje sastojalo se od slučajnih (trenutačnih) uzoraka prikupljanjem konstantnog volumena kroz konstantno vrijeme. Uzorci su uzeti na osam mjesta uz rub ribnjaka izravno u laboratorijsku bocu te u sredini ribnjaka pomoću teleskopskog štapa sa spremnikom za sakupljanje uzorka.

Uzorci vode uzeti su na dubini od 0,30 m ispod površine. Uzorci vode za fizikalno-kemijsku analizu uzeti su u PVC i staklene boce od 5 L, pri čemu je boca uzorkom isprana tri puta te je potom napunjena do vrha, a uzorci vode za mikrobiološku analizu u sterilne staklene boce od 600 mL koje se nisu punile do vrha. Uzorci sedimenta uzeti su u sterilne vrećice volumena 1,5 L. Voda je uzorkovana tijekom oba dijela istraživanja, a sediment samo u prvom dijelu istraživanja. Uzorci vode i sedimenta u prvom dijelu istraživanja bili su uzeti dva puta prije primjene EM-1®. Uzorci vode u drugom dijelu istraživanja bili su uzeti jednom, isti dan prije nego što je u vodu dodan EM-1®.

Uzorci su unutar razdoblja od 1,5 h nakon uzorkovanja u rashladnim transportnim uređajima dopremljeni u Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue Hrvatskog veterinarskog instituta - Veterinarski zavod Križevci, Križevci.



Slika 12. Uzorak vode iz kontrolnog ribnjaka (lijevo) i pokusnog ribnjaka (desno) uzeti prilikom trećeg uzorkovanja u drugom dijelu istraživanja.

4. 2. 3. Pokazatelji kvalitete vode i sedimenta

U uzorcima vode mjerene su vrijednosti organoleptičkog pokazatelja, mutnoće (NTU), fizikalno-kemijskih pokazatelja (pH-vrijednosti, alkaliteta (mg/L CaCO_3), suspendirane tvari (mg/L), taložive tvari (mL/Lh), isparnog ostatka (mg/L), KPK (mg/L O_2), utroška kalijeva permanganata, KMnO_4 (mg/L O_2), BPK₅ (mg/L O_2), otopljenog kisika (mg/L O_2) i zasićenosti kisikom (%), aniona (nitrita NO_2^- , nitrata NO_3^- , klorida Cl^- , sulfata SO_4^{2-} , fluorida F^- , bromida Br^- , ortofosfata H_2PO_4^- , mg/L), kationa (amonija NH_4^+ , natrija Na^+ , kalija K^+ , kalcija Ca^{2+} , magnezija Mg^{2+} , mg/L), ukupnog dušika (mg/L) i fosfora (mg/L), ulja i masti (mg/L), ukupnih ugljikovodika (mg/L), fenolnog indeksa (mg/L), elemenata (aluminija Al, arsena As, bakra Cu, barija Ba, berilija Be, bora B, cinka Zn, litija Li, kadmija Cd, kobalta Co, kositra Sn, kroma Cr, mangana Mn, nikla Ni, olova Pb, selen Se, srebra Ag, stroncija Sr, talija Tl, uranija U, vanadija V, željeza Fe i žive Hg, $\mu\text{g/L}$)), te mikrobioloških pokazatelja (ukupnog broja bakterijskih kolonija na 36 °C i 22 °C (CFU/mL) i broja ukupnih koliforma (CFU/mL)). U uzorcima sedimenta mjereno je brojeva ukupnih koliforma (CFU/mL). Vrijednosti svih pokazatelja određene su standardnim (HRN) i internim metodama u laboratoriju (tablica 6). Temperatura vode (°C) mjerena je izravno na ribnjacima na mjestima uzorkovanja.

Tablica 6. Standardne i interne laboratorijske metode korištene u istraživanju

Pokazatelj	Naziv metode	Oznaka metode
Alkalitet	izračun alkaliteta i ostalih tvrdoća pojedinačno	Računska
Amonij	određivanje amonija u vodi spektrometrijski	HRN ISO 7150-1:1998
Anioni (F ⁻ , Cl ⁻ , NO ₂ ⁻ , Br ⁻ , NO ₃ ⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻ , SO ₄ ²⁻)	određivanje otopljenih fluorida, klorida, nitrita, bromida, nitrata, ortofosfata i sulfata pomoću ionsko tekućinske kromatografije	HRN EN ISO 10304-1:2009
BPK ₅	određivanje biokemijske potrošnje kisika nakon 5 dana	HRN EN 1899-2:2004
Broj kolonija na 22°C i 36°C	Broj bakterijskih kolonija naciepljivanjem na hranjivi agar	HRN EN ISO 6222:2000
Fenolni indeks	određivanje fenolnog indeksa - Spektrometrijska metoda s 4-aminoantipirinom nakon destilacije	HRN ISO 6439:1998
Isparni ostatak	određivanje isparnog ostatka sušenjem na 105 °C	Gravimetrija
Kationi (Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺)	određivanje otopljenog Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ ionskom kromatografijom	HRN EN ISO 14911:2001
Kloridi	određivanje klorida u vodi - Mohrova metoda	HRN ISO 9297:1998
Koliformne bakterije	Određivanje broja koliformnih bakterija	HRN EN ISO 9308-1:2014
KPK	određivanje kemijske potrošnje kisika	HRN ISO 6060:2003
Metali	određivanje određenih elemenata optičkom emisijskom spektrometrijom induktivno vezane plazme (ICP-OES)	HRN EN ISO 11885:2010
Mutnoća	određivanje mutnoće vode	HRN EN ISO 7027-1:2016
Nitrati	određivanje nitrata u vodi spektrometrijski	HRN ISO 7890-3:1998
Nitriti	određivanje nitrita u vodi spektrometrijski	HRN EN 26777:1998
Oksidativnost Utrošak KMnO ₄	određivanje utroška KMnO ₄	HRN EN ISO 8467:2001
Otopljeni kisik	određivanje otopljenog kisika - jodometrijska metoda	HRN EN 25813:2003
pH-vrijednost	određivanje koncentracije vodikovih iona (pH) u vodi	HRN ISO 10523:2012
Suspendirana tvar	određivanje suspendiranih tvari u vodi filtriranjem	HRN EN 872:2008
Taloživa tvar	određivanje taloživih tvari u vodi	po Imhoffu

Ukupni dušik	određivanje dušika	HRN EN ISO 11905-1:2001
Ukupni fosfor	određivanje fosfora u vodi spektrometrijski	modificirana HRN EN ISO 6878:2008
Ukupni ugljikovodici	određivanje ugljikovodika u vodi ekstraktibilnih <i>n</i> -heksanom	gravimetrija
Ulja i masti	određivanje ugljikovodika u vodi ekstraktibilnih <i>n</i> -heksanom	gravimetrija
Zasićenje kisikom	izračun zasićenja vode kisikom	računska
Željezo	određivanje željeza u vodi spektrometrijski	HRN ISO 6332:1998
Živa	određivanje žive u vodi FIMS sustavom	injektiranje protočnom analizom

4. 2. 4. Prirast riba

Prirast riba praćen je samo u prvom dijelu istraživanja. Prirast je utvrđen na temelju mase (g) i dužine tijela (cm), koje su mjerene tijekom pokusnog izlova 100 riba iz svakog ribnjaka, svaka dva tjedna (slika 13).



Slika 13. Mlađ šarana prilikom pokusnog izlova.

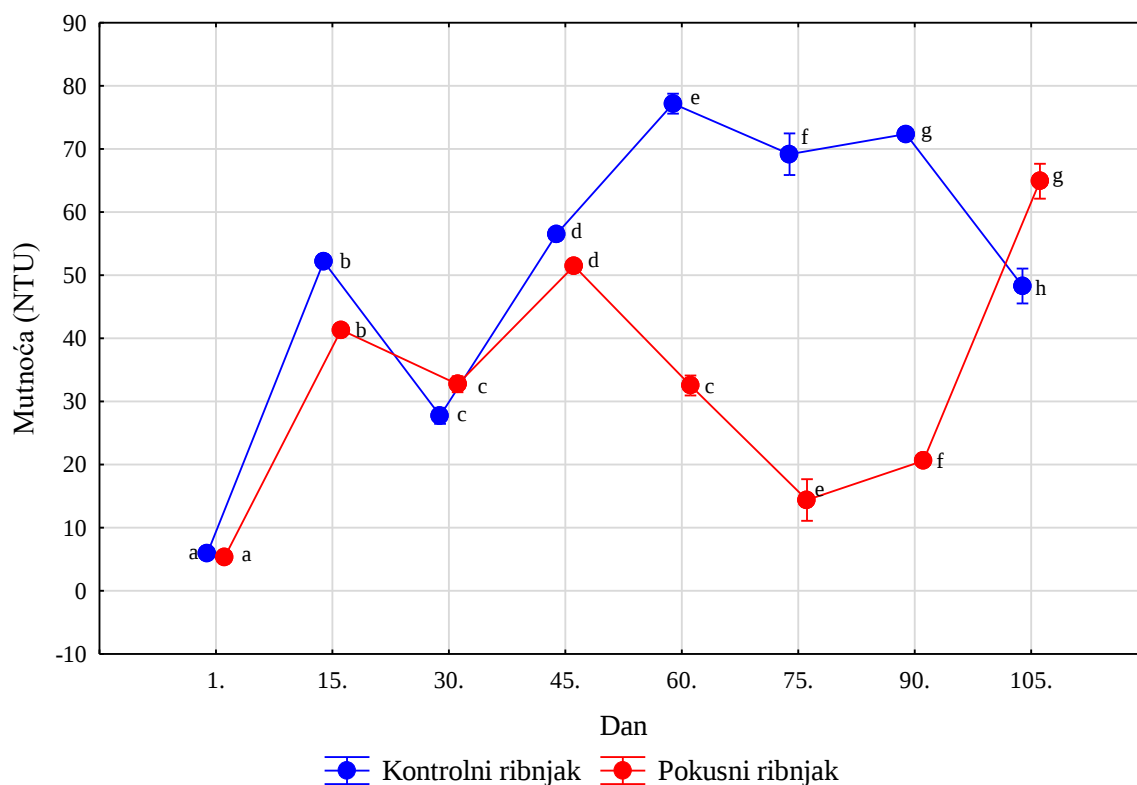
4. 2. 5. Statistička analiza podataka

Podaci prikupljeni istraživanjem analizirani su referentnim programom Statistica v. 14.1.0.8 (Cloud Software Group, Inc., 2023., Data Science Workbench, <http://tibco.com>). Sukladno MORGAN (2017.), za analizu vrijednosti istraživanih pokazatelja korišteni su Studentov t-test (usporedba vrijednosti između kontrolnog i pokusnog ribnjaka po danima istraživanja) te jednosmjerna analiza varijance (One-Way ANOVA) i Tukey HSD test za *post hoc* analizu (usporedba vrijednosti unutar kontrolnog i pokusnog ribnjaka između dana istraživanja). Ti su testovi korišteni za kvantitativne varijable (mali uzorci) nakon prethodno provedene provjere ujednačenosti varijance i normalnosti raspodjele podataka pomoću dijagrama vjerojatnosti. Povezanosti između pokazatelja utvrđene su Spearmanovom korelacijskom analizom. U svim analizama statistički značajnom smatrana je razlika na razini $p < 0,05$.

5. REZULTATI

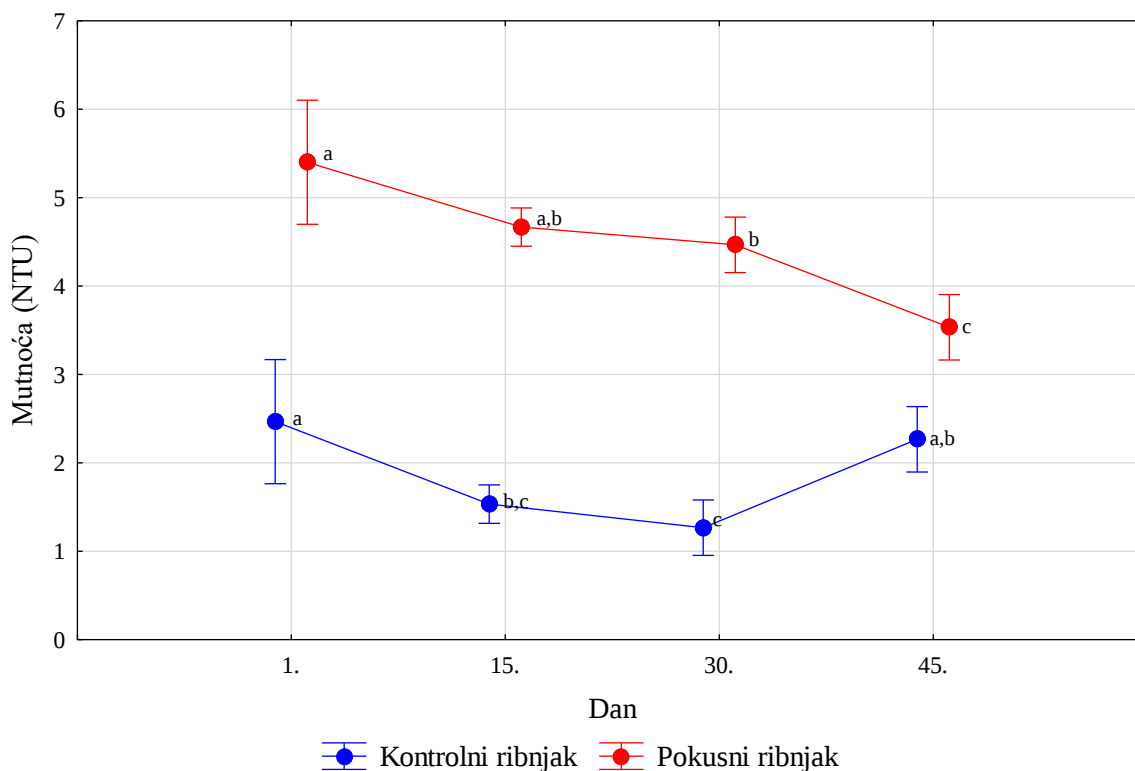
Rezultati su podijeljeni u cjeline, sukladno postavljenom cilju i provedenom istraživanju. Vrijednosti organoleptičkih, fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja kvalitete vode, mikrobioloških pokazatelja kvalitete sedimenta te masa i dužina tijela u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom (šaranska mlađ, EM-1® u obliku kugli) i drugom dijelu istraživanja (miješana konzumna riba, tekući EM-1®) prikazani su na slikama 14 – 100. Na slikama su označene značajnosti razlika u vrijednostima pokazatelja utvrđene u kontrolnom i pokusnom ribnjaku između pojedinih dana istraživanja, dok tablice 7 – 14 prikazuju značajnosti razlika između kontrolnog i pokusnog ribnjaka po danima istraživanja. Tablice 15 – 29 prikazuju utvrđene povezanosti između pojedinih pokazatelja u prvom, odnosno drugom dijelu istraživanja.

5. 1. Organoleptički pokazatelji kvalitete vode



Slika 14. Mutnoća vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c,d,e,f,g,h vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 15. Mutnoća vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Tablica 7. Značajnosti razlika u mutnoći vode između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja

Pokazatelj	Dan							
	1.	15.	30.	45.	60.	75.	90.	105.
	p-vrijednost							
Mutnoća	0,039	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

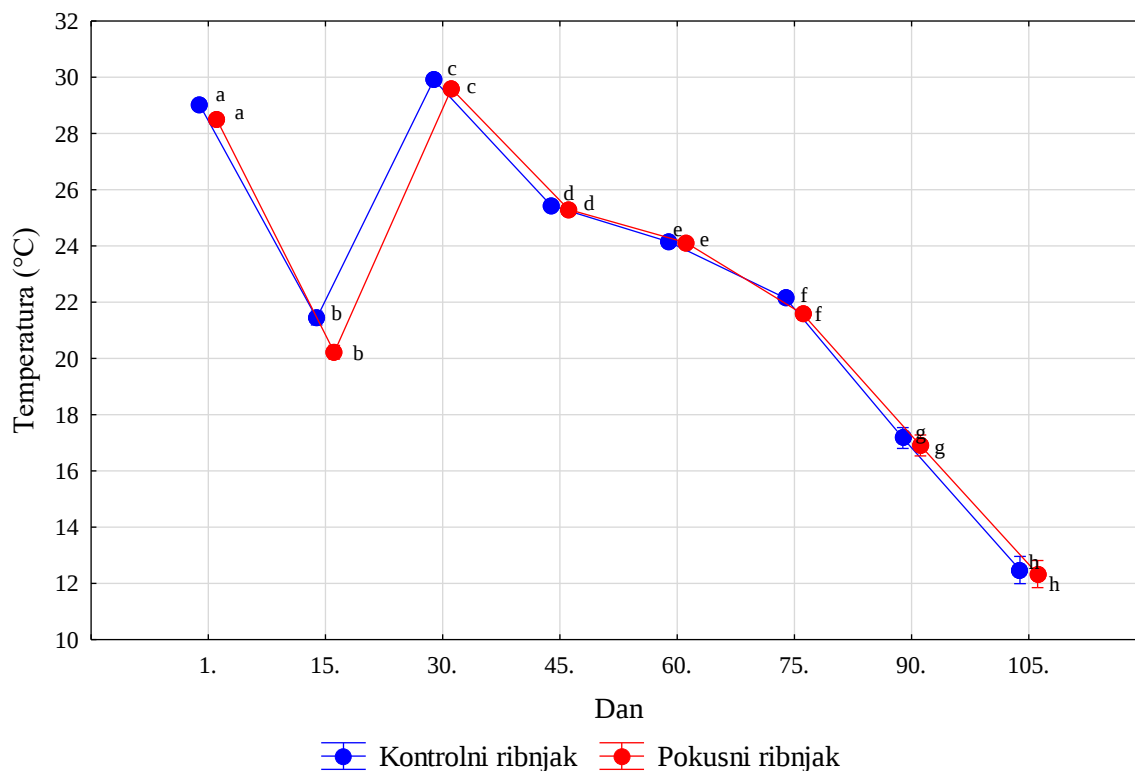
Tablica 8. Značajnosti razlika u mutnoći vode između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja

Pokazatelj	Dan			
	1.	15.	30.	45.
	p-vrijednost			
Mutnoća	0,001	0,000	0,000	0,003

Mutnoća vode u oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno veća ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Mutnoća vode na početku i sredinom istraživanja bila je značajno veća ($p < 0,05$) u kontrolnom, a na kraju istraživanja u pokusnom ribnjaku (slika 14, tablica 7). Mutnoća vode u drugom dijelu istraživanja bila je značajno veća ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku kako na početku tako i na kraju istraživanja, no uspoređujući vrijednosti u pojedinom ribnjaku na početku i na kraju istraživanja, mutnoća vode u pokusnom ribnjaku bila

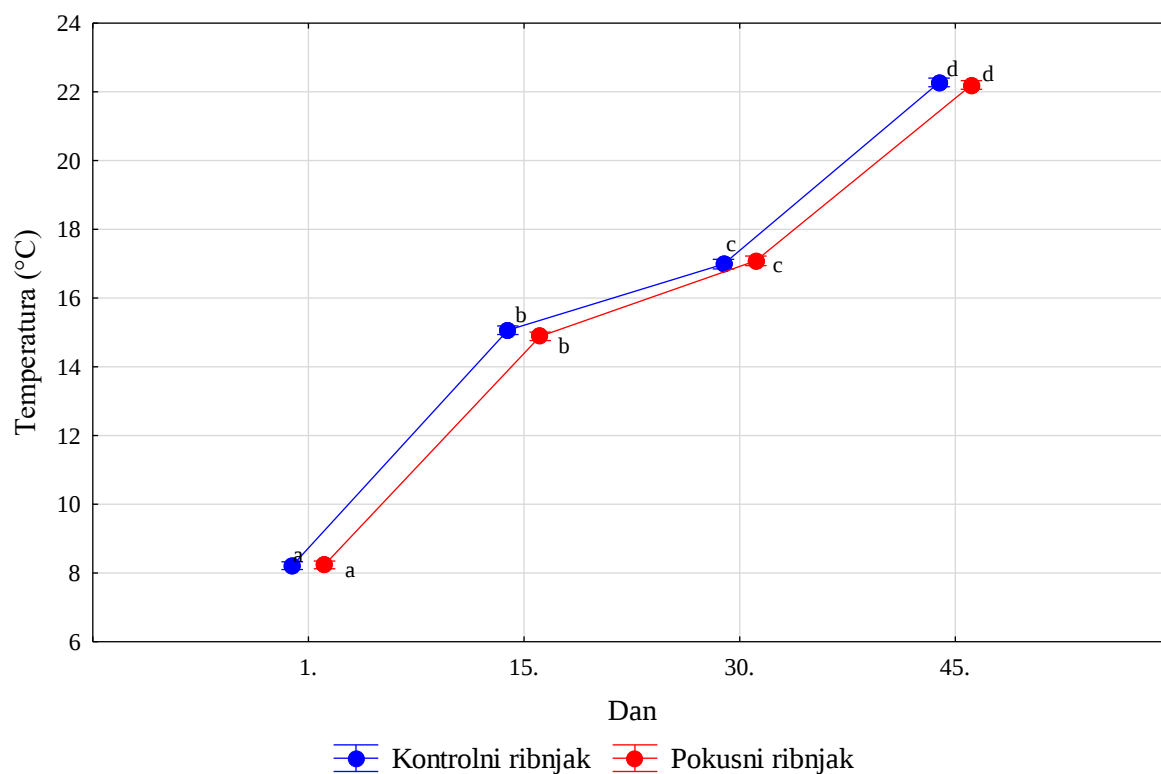
je značajno manja ($p < 0,05$), dok se u kontrolnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju istraživanja (slika 15, tablica 8).

5. 2. Fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete vode



Slika 16. Temperatura vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

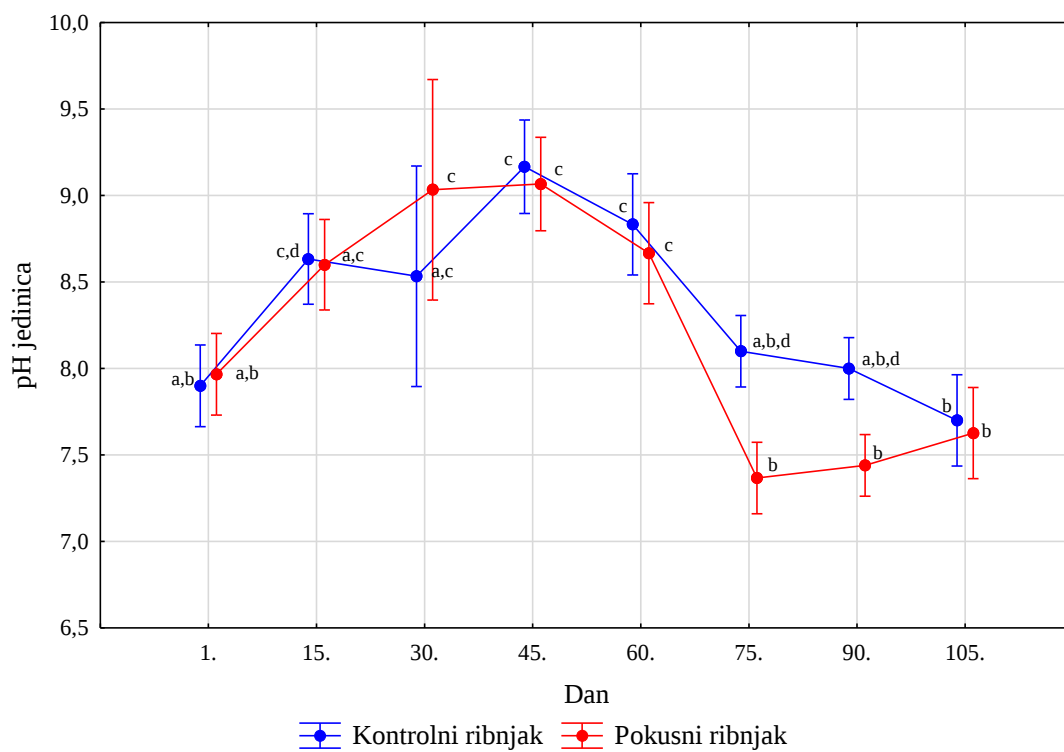
a,b,c,d,e,f,g,h vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 17. Temperatura vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

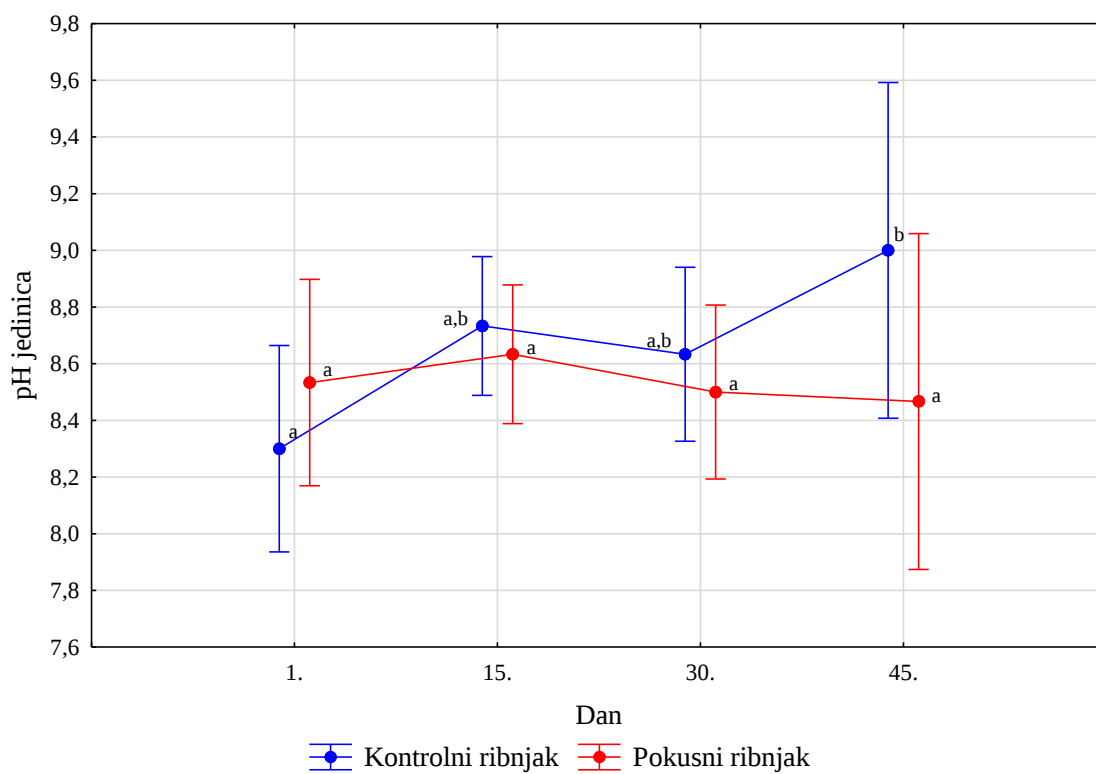
a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Temperatura vode u oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja u pravilu se značajno snižavala ($p < 0,05$) s danima istraživanja. Iako je na početku istraživanja postojala značajna razlika ($p < 0,05$) u temperaturi vode između ribnjaka, na kraju istraživanja je nije bilo ($p > 0,05$) (slika 16, tablica 9). Temperatura vode u oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja značajno se povećavala ($p < 0,05$) s danima istraživanja i nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka ni na početku niti na kraju istraživanja (slika 17, tablica 10).



Slika 18. pH-vrijednost vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

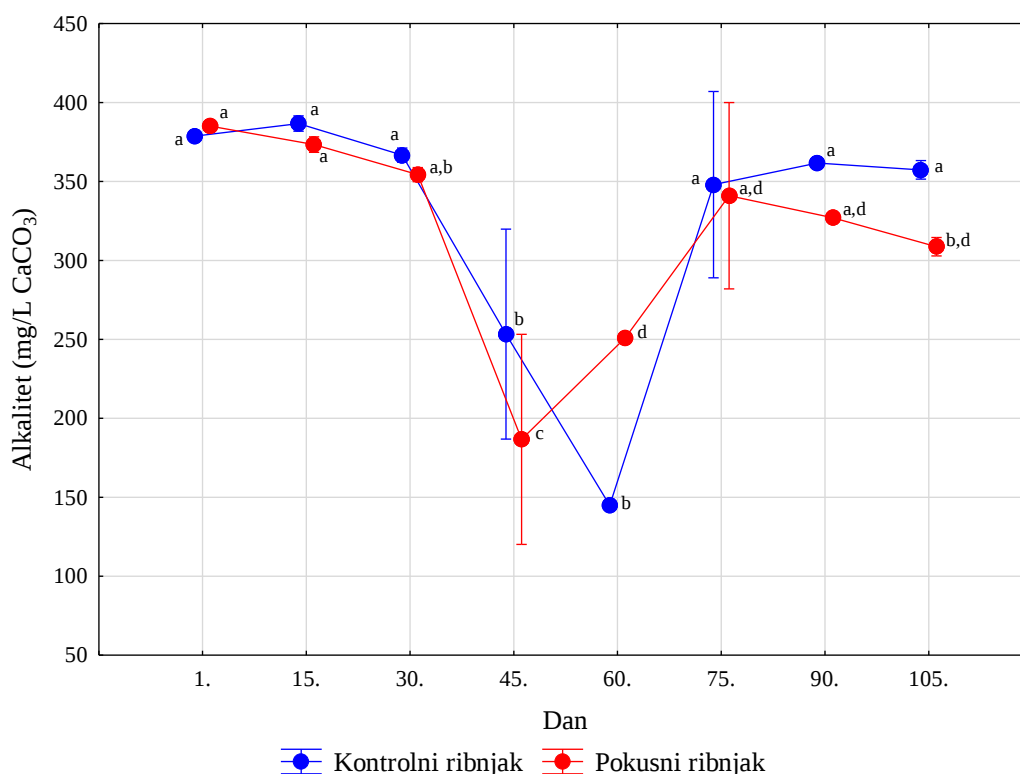
a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 19. pH-vrijednost vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

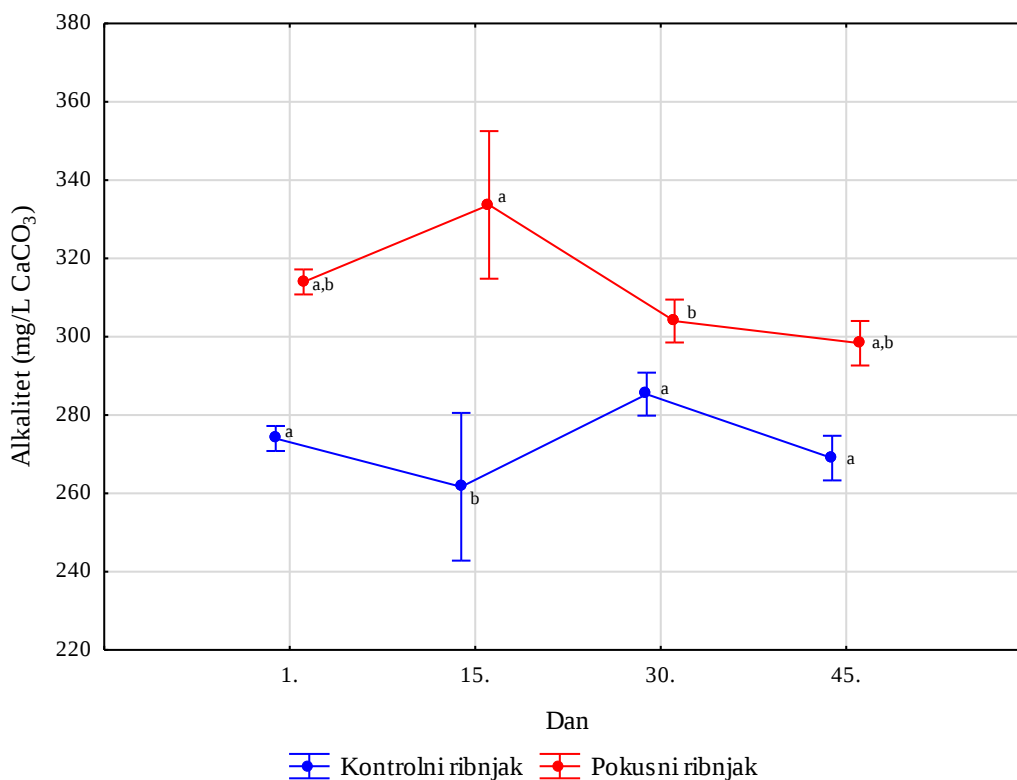
a,b vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

pH-vrijednost vode u oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja nije se značajno razlikovala ($p>0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja, niti je bilo značajnih razlika ($p>0,05$) između ribnjaka na početku i na kraju istraživanja (slika 18, tablica 9). pH-vrijednost vode u kontrolnom ribnjaku u drugom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p<0,05$) na kraju nego na početku istraživanja, no nije se značajno razlikovala ($p>0,05$) u odnosu na pokusni ribnjak (slika 19, tablica 10).



Slika 20. Alkalitet vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

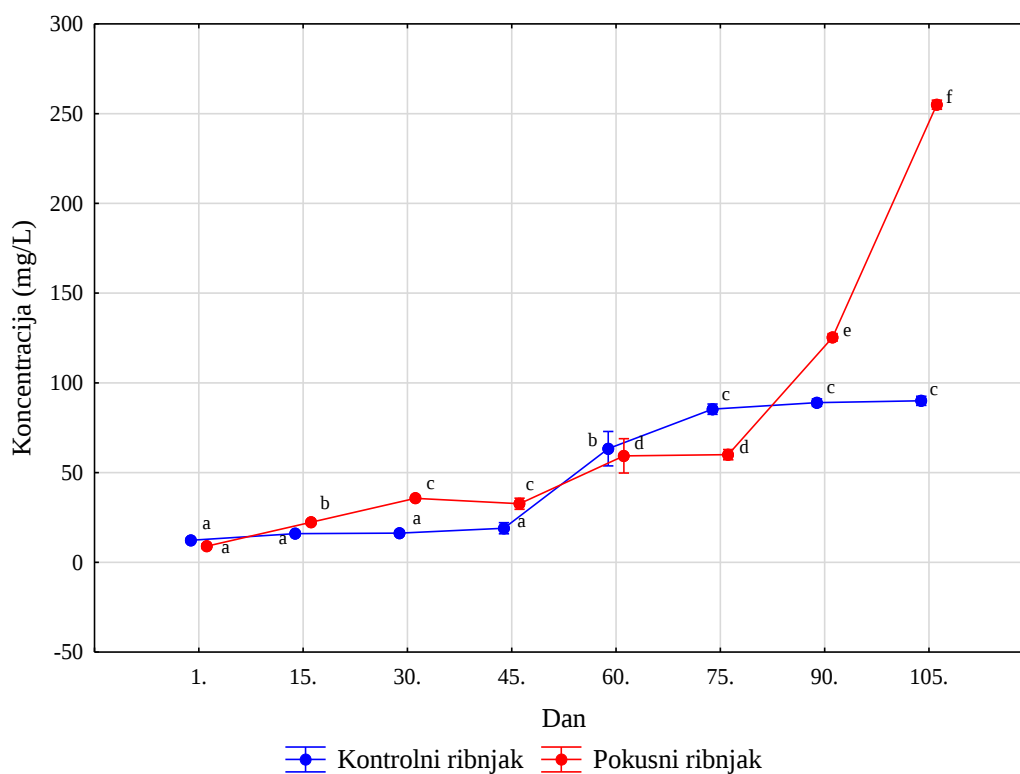
a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p<0,05$)



Slika 21. Alkalitet vode u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

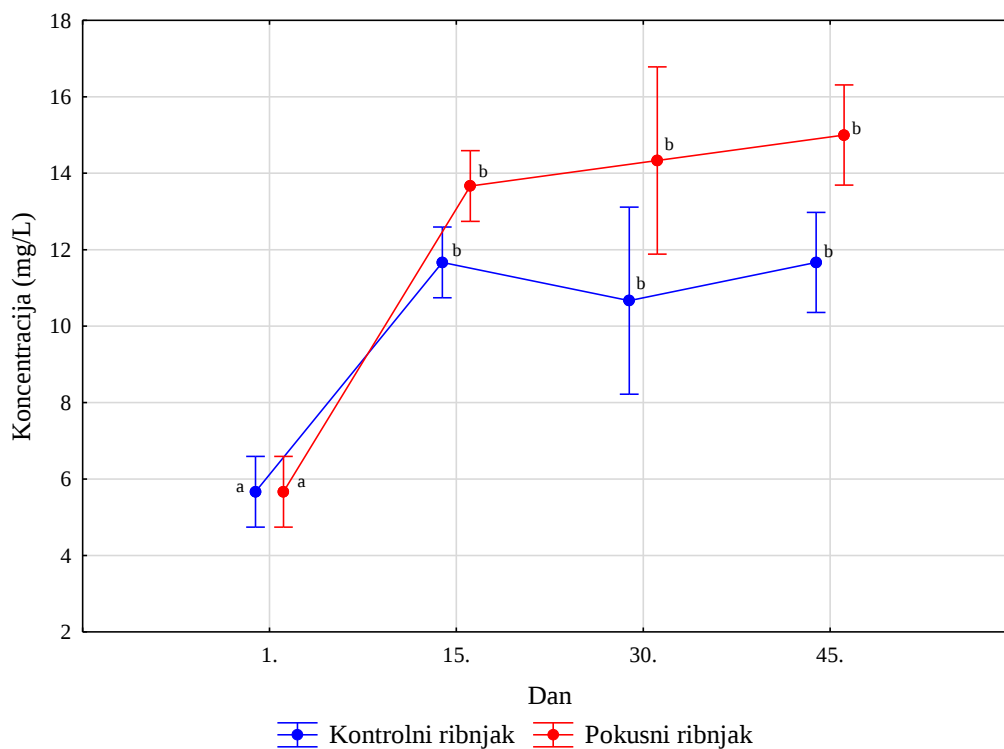
^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Alkalitet vode u pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja bio je značajno niži ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja, dok se u kontrolnom ribnjaku nije značajno razlikovao ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Alkalitet vode na početku istraživanja bio je značajno viši ($p < 0,05$), a na kraju istraživanja značajno niži ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku (slika 20, tablica 9). Alkalitet vode u oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja nije se značajno razlikovao ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Alkalitet vode tijekom svih promatranih dana bio je značajno viši ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 21, tablica 10).



Slika 22. Koncentracija suspendirane tvari u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

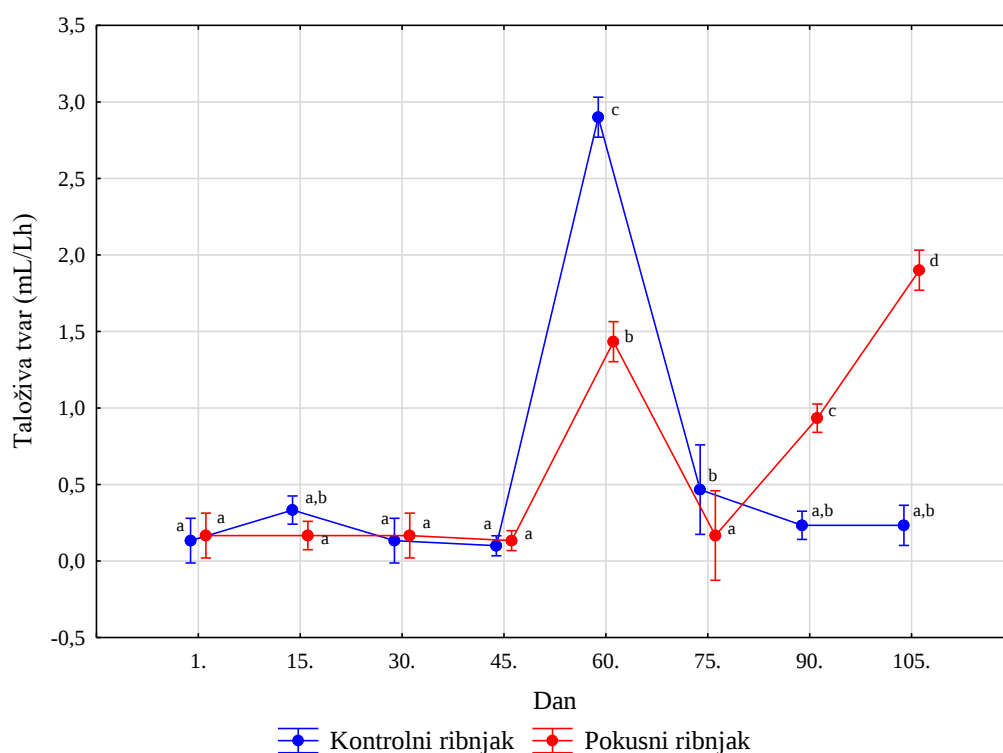
a,b,c,d,e,f vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 23. Koncentracija suspendirane tvari u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

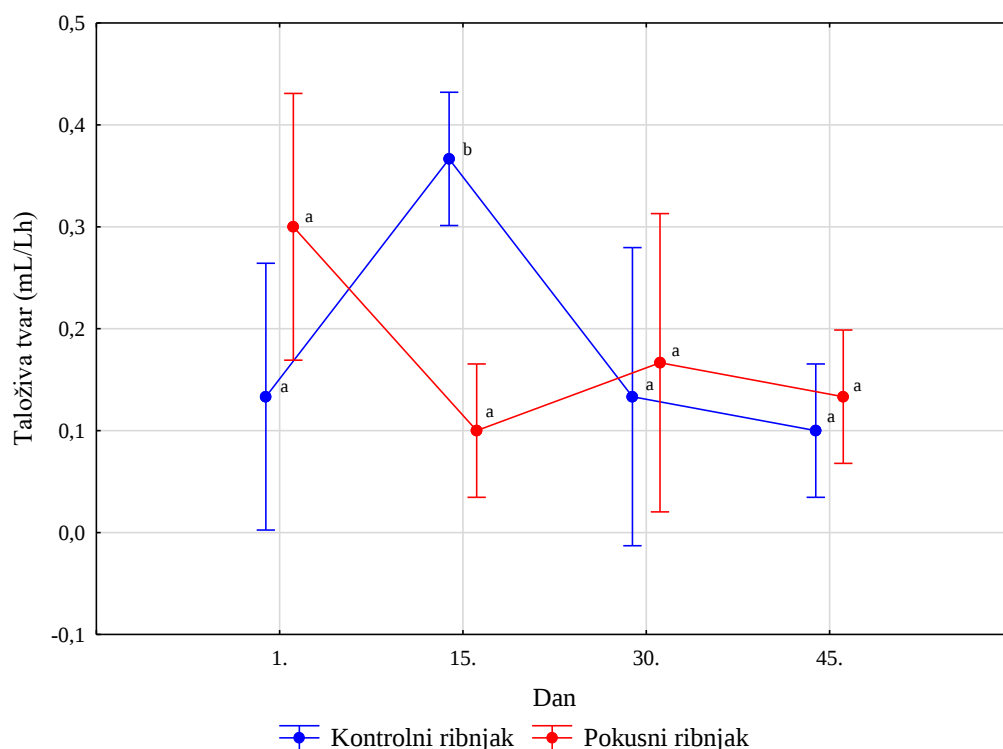
a,b vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija suspendirane tvari u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija suspendirane tvari na početku istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) u kontrolnom, a na kraju istraživanja u pokusnom ribnjaku (slika 22, tablica 9). Koncentracija suspendirane tvari u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja također je bila značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija suspendirane tvari na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka, a na kraju istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 23, tablica 10).



Slika 24. Vrijednost taložive tvari u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

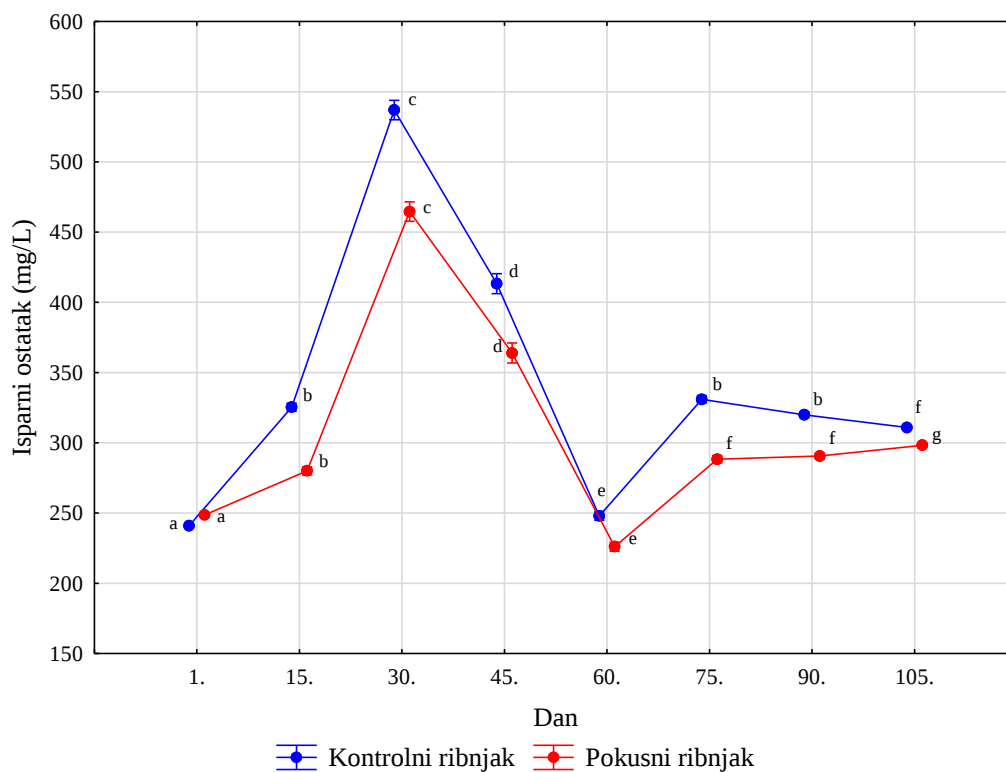
a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 25. Vrijednost taložive tvari u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

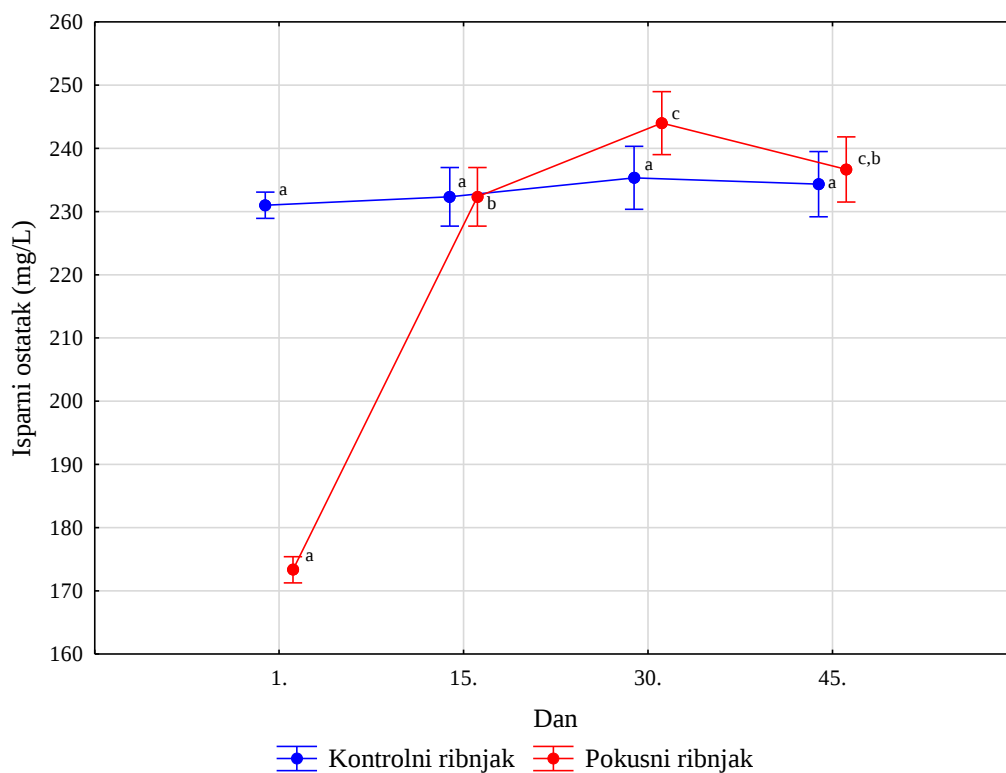
^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Vrijednost taložive tvari u vodi pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja, dok se u kontrolnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Vrijednost taložive tvari na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka, a na kraju istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 24, tablica 9). Vrijednost taložive tvari u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja, niti je utvrđena značajna razlika ($p > 0,05$) između ribnjaka kako na početku tako i na kraju istraživanja (slika 25, tablica 10).



Slika 26. Koncentracija isparnog ostatka u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

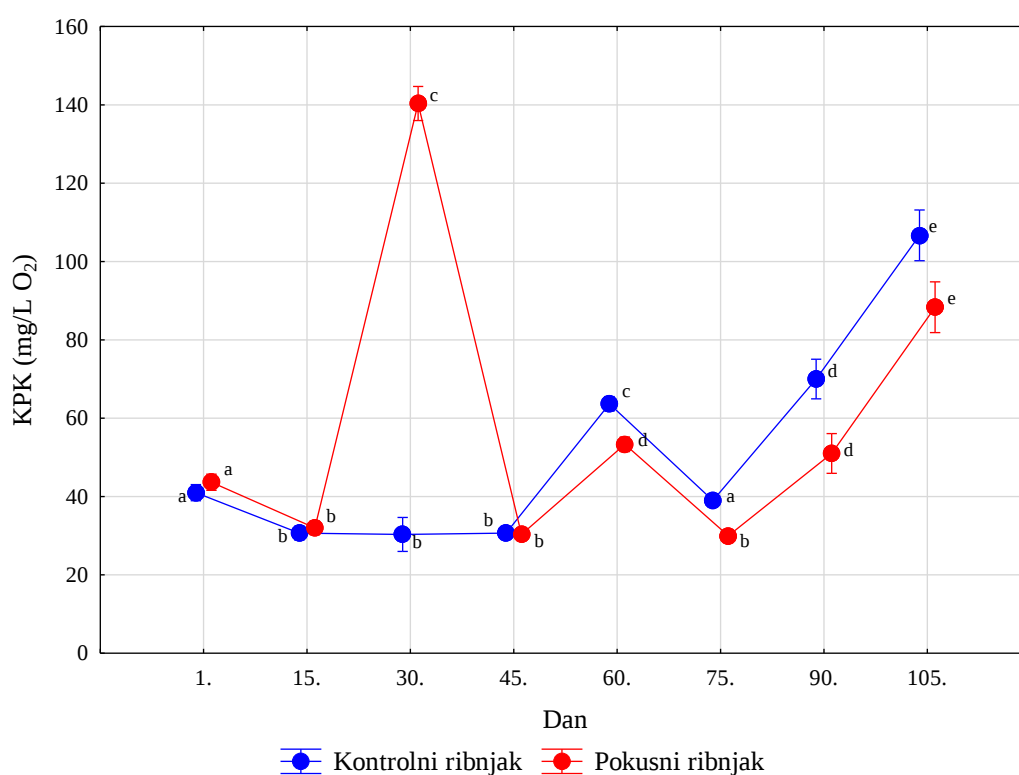
a,b,c,d,e,f,g vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 27. Koncentracija isparnog ostatka u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

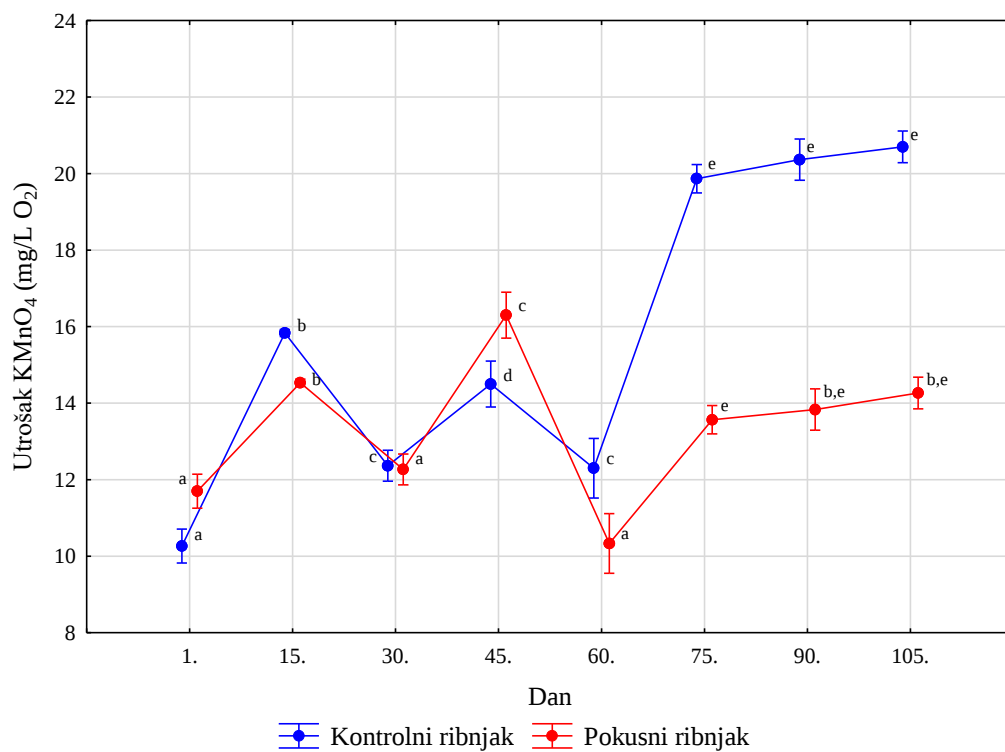
Koncentracija isparnog ostatka u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p<0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija isparnog ostatka na početku istraživanja bila je značajno niža ($p<0,05$) u kontrolnom, a na kraju istraživanja u pokusnom ribnjaku (slika 26, tablica 9). Koncentracija isparnog ostatka u vodi pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p<0,05$) na kraju nego na početku istraživanja, dok se u kontrolnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p>0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Koncentracija isparnog ostatka na početku istraživanja bila je značajno viša ($p<0,05$) u kontrolnom ribnjaku, a na kraju istraživanja nije bilo značajne razlike ($p>0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka (slika 27, tablica 10).



Slika 28. Kemijska potrošnja kisika (KPK) u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

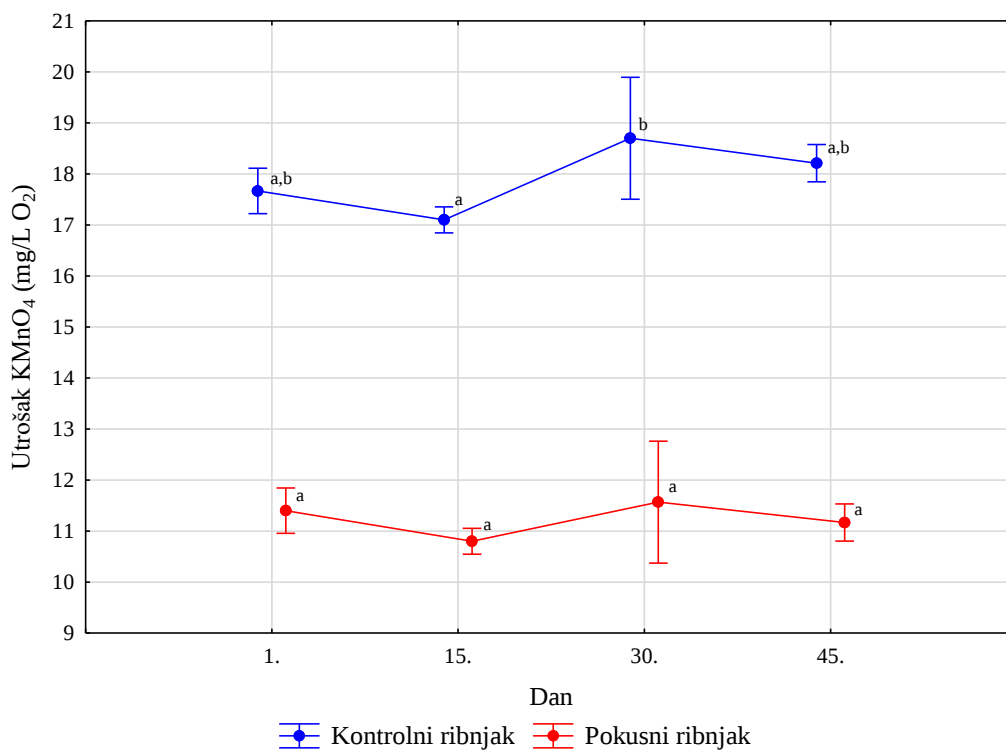
a,b,c,d,e vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p<0,05$)

Kemijska potrošnja kisika u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno veća ($p<0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Kemijska potrošnja kisika na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p>0,05$) između ribnjaka, a na kraju istraživanja bila je značajno manja ($p<0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 28, tablica 9). Kemijska potrošnja kisika u vodi oba ribnjaka tijekom cjelokupnog drugog dijela istraživanja iznosila je $< 30 \text{ mg/L O}_2$.



Slika 29. Utrošak KMnO_4 u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

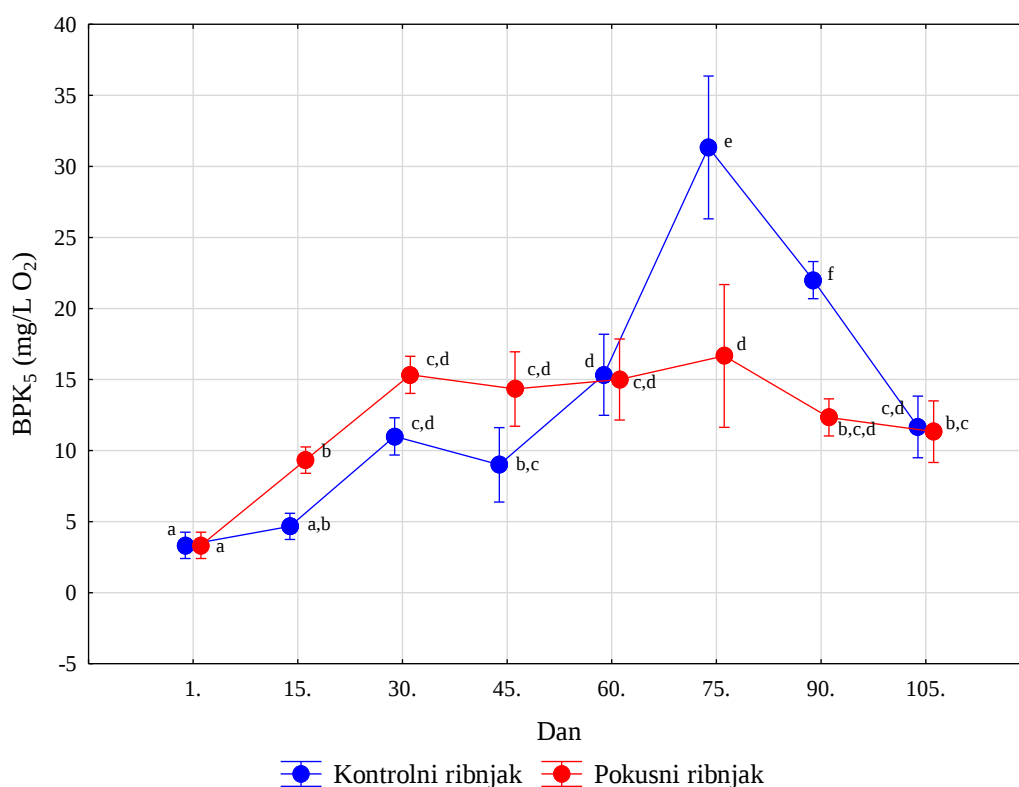
a,b,c,d,e vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0.05$)



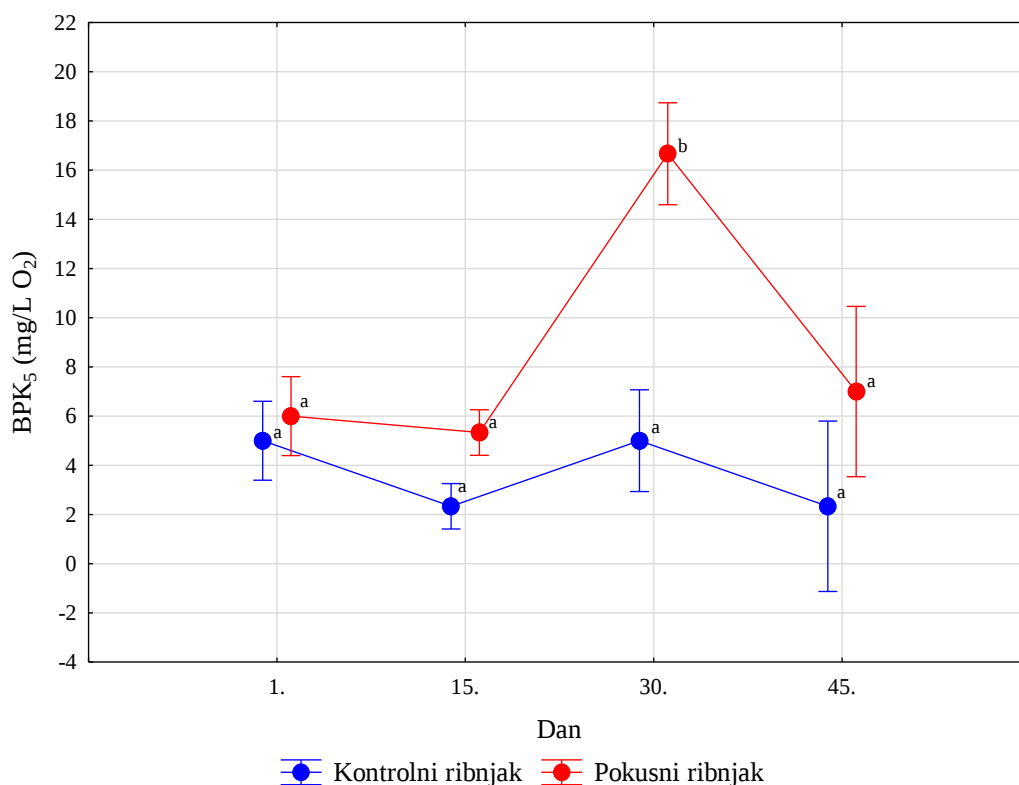
Slika 30. Utrošak KMnO_4 u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0.05$)

Utrošak KMnO_4 u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bio je značajno veći ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Iako je utrošak KMnO_4 na početku istraživanja bio značajno veći ($p < 0,05$) u pokusnom nego kontrolnom ribnjaku, na kraju istraživanja bio je značajno manji ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 29, tablica 9). Utrošak KMnO_4 u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja nije se značajno razlikovao ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja, no bio je značajno manji ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku kako na početku tako i na kraju istraživanja (slika 30, tablica 10).



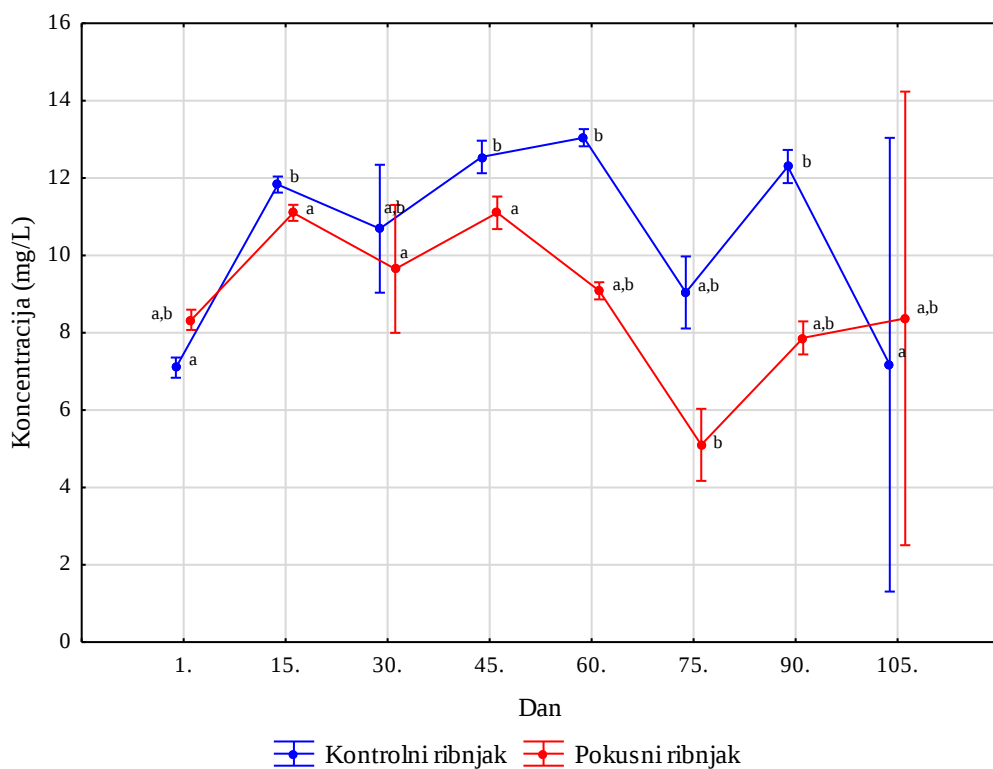
Slika 31. Biokemijska potrošnja kisika tijekom pet dana (BPK_5) u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).
_{a,b,c,d,e,f} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 32. Biokemijska potrošnja kisika tijekom pet dana (BPK₅) u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

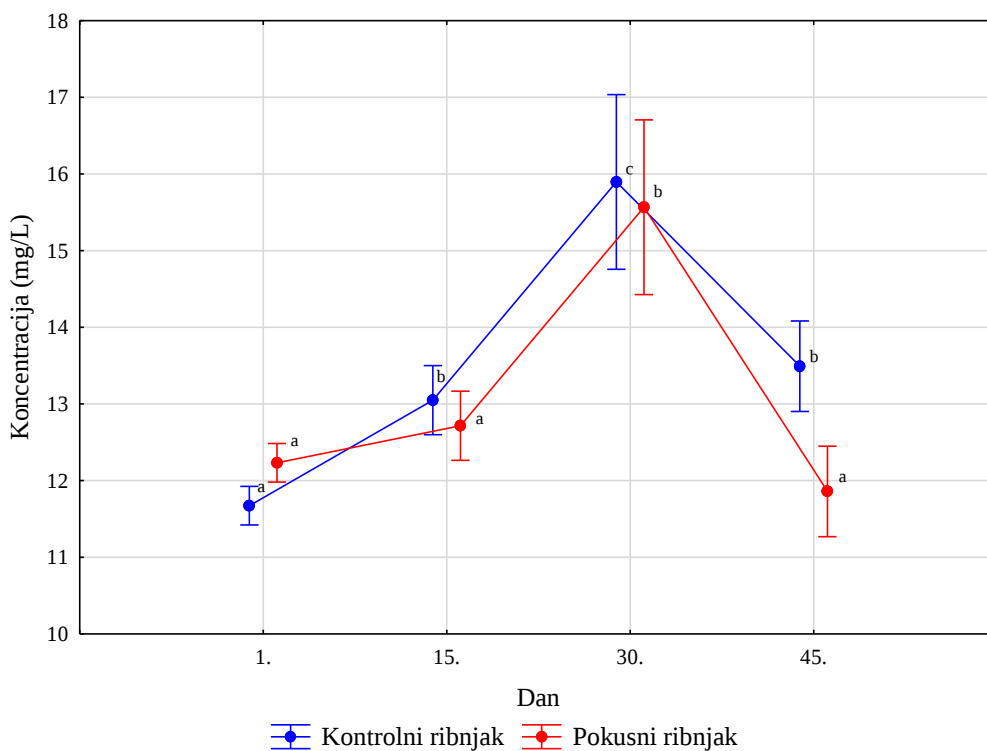
^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Biokemijska potrošnja kisika tijekom pet dana u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno veća ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Biokemijska potrošnja kisika tijekom 5 dana nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka ni na početku niti na kraju istraživanja (slika 31, tablica 9). Biokemijska potrošnja kisika tijekom 5 dana u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja, niti je utvrđena značajna razlika ($p > 0,05$) između ribnjaka kako na početku tako i na kraju istraživanja (slika 32, tablica 10).



Slika 33. Koncentracija otopljenog kisika u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

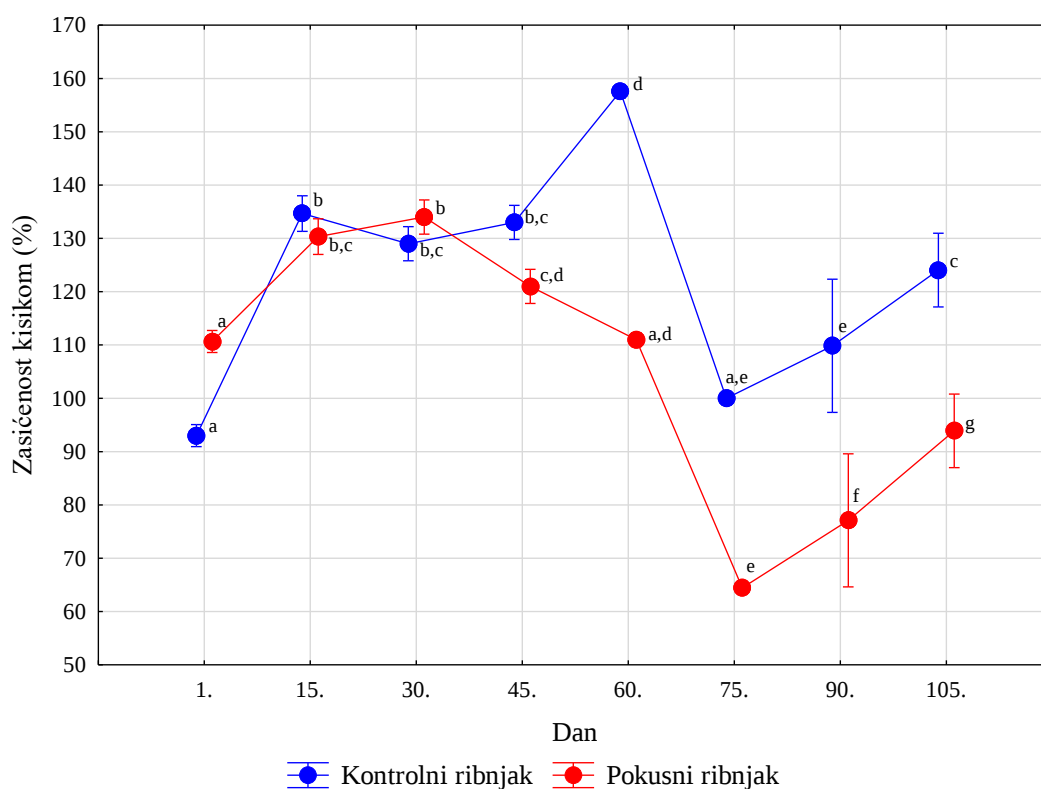
^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 34. Koncentracija otopljenog kisika u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

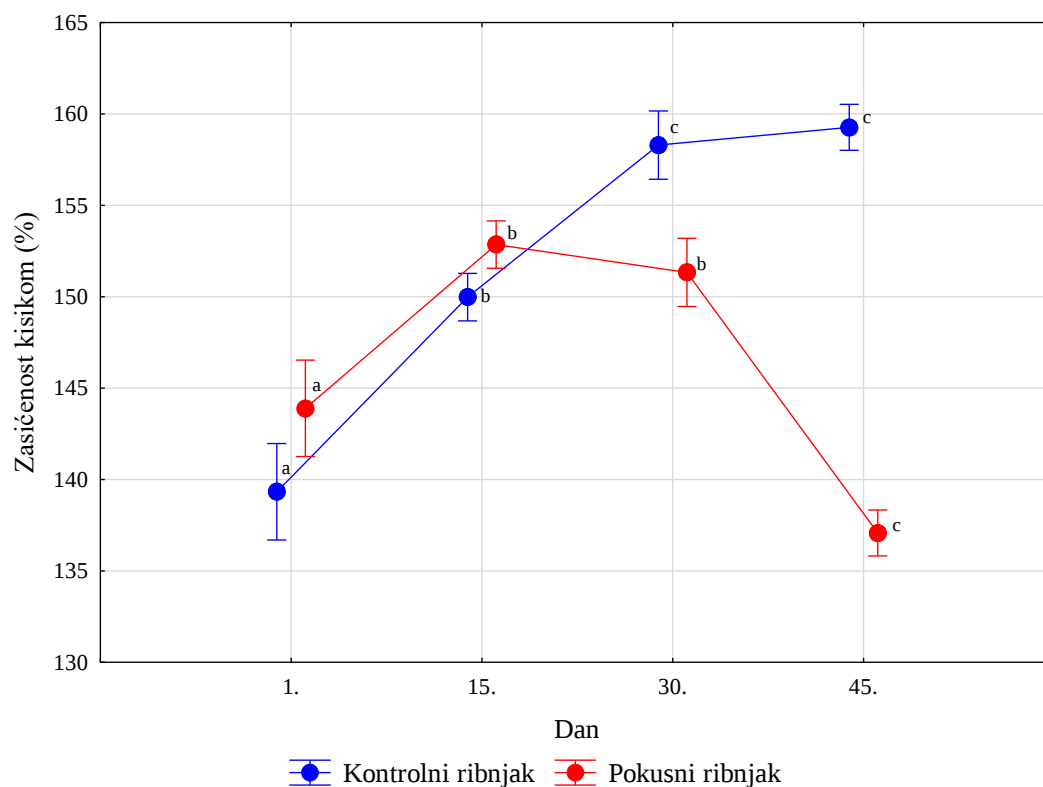
^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija otopljenog kisika u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja nije se značajno razlikovala ($p>0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Iako je koncentracija otopljenog kisika na početku istraživanja bila značajno viša ($p<0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, značajno niže ($p<0,05$) vrijednosti utvrđene su tijekom gotovo svih ostalih dana istraživanja u pokusnom ribnjaku (slika 33, tablica 9). Koncentracija otopljenog kisika u vodi kontrolnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p<0,05$) na kraju nego na početku istraživanja, dok se u pokusnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p>0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Koncentracija otopljenog kisika na početku istraživanja bila je značajno niža ($p<0,05$) u kontrolnom, a na kraju istraživanja u pokusnom ribnjaku (slika 34, tablica 10).



Slika 35. Zasićenost vode kisikom u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

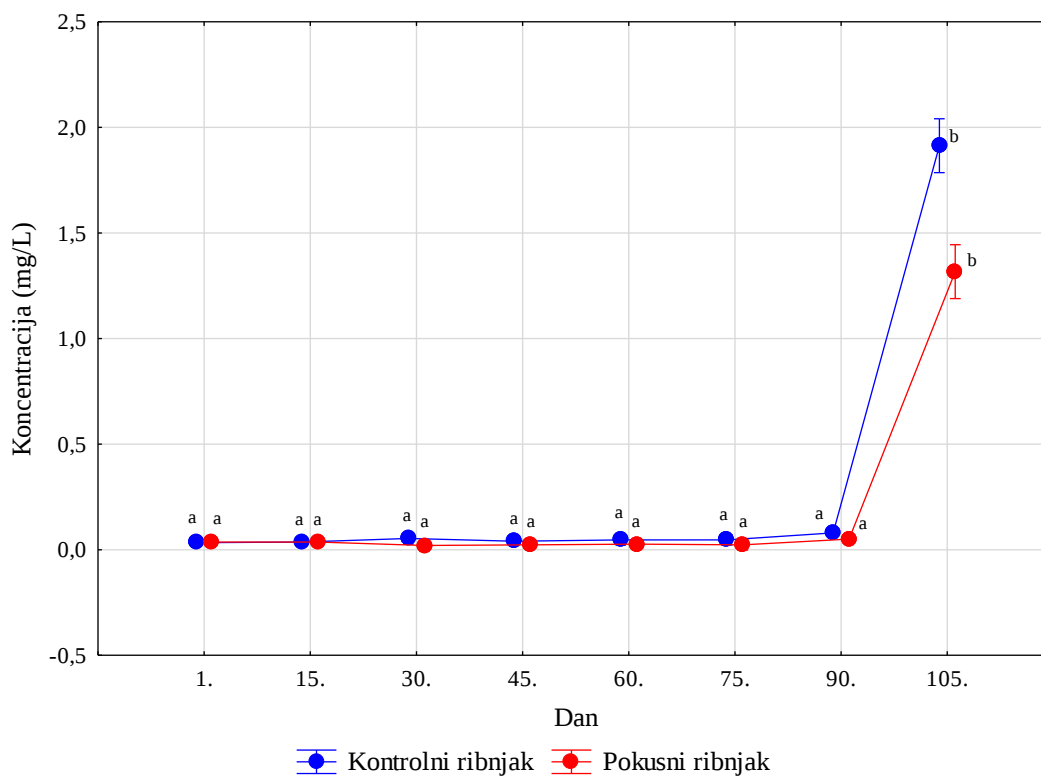
a,b,c,d,e,f,g vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p<0,05$)



Slika 36. Zasićenost vode kisikom u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

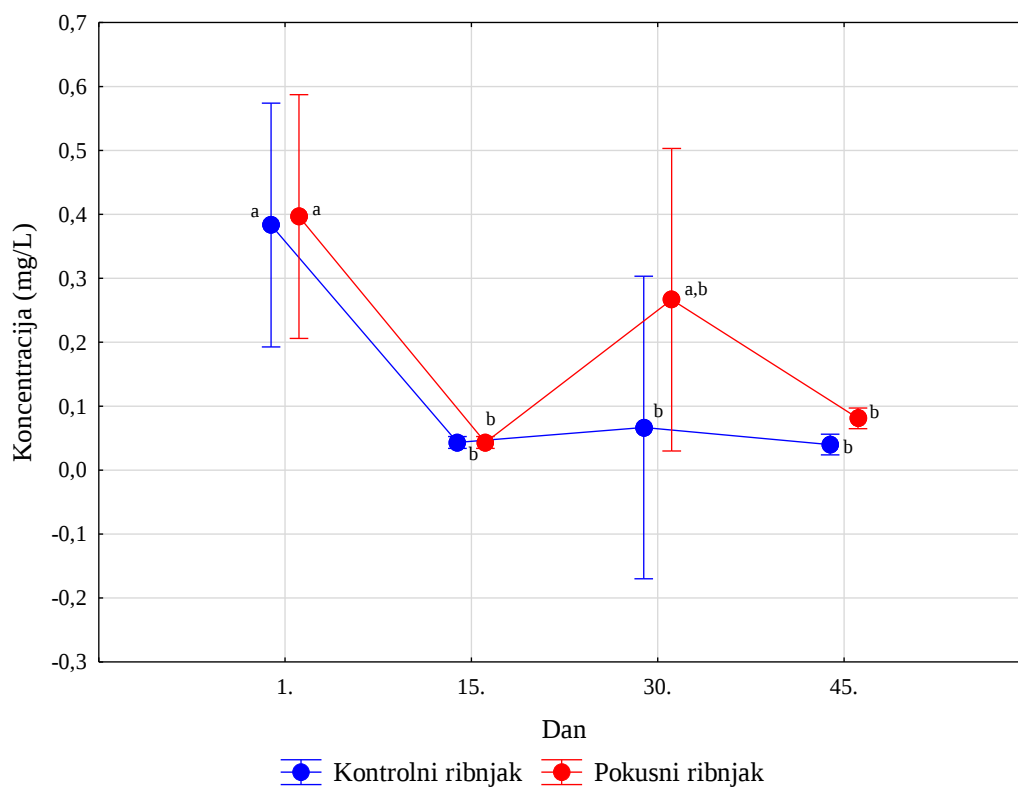
Zasićenost vode kisikom na početku kako prvog tako i drugog dijela istraživanja bila je značajno niža ($p < 0,05$) u kontrolnom, a na kraju istraživanja u pokusnom ribnjaku (slike 35 i 36, tablice 9 i 10).



Slika 37. Koncentracija amonija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

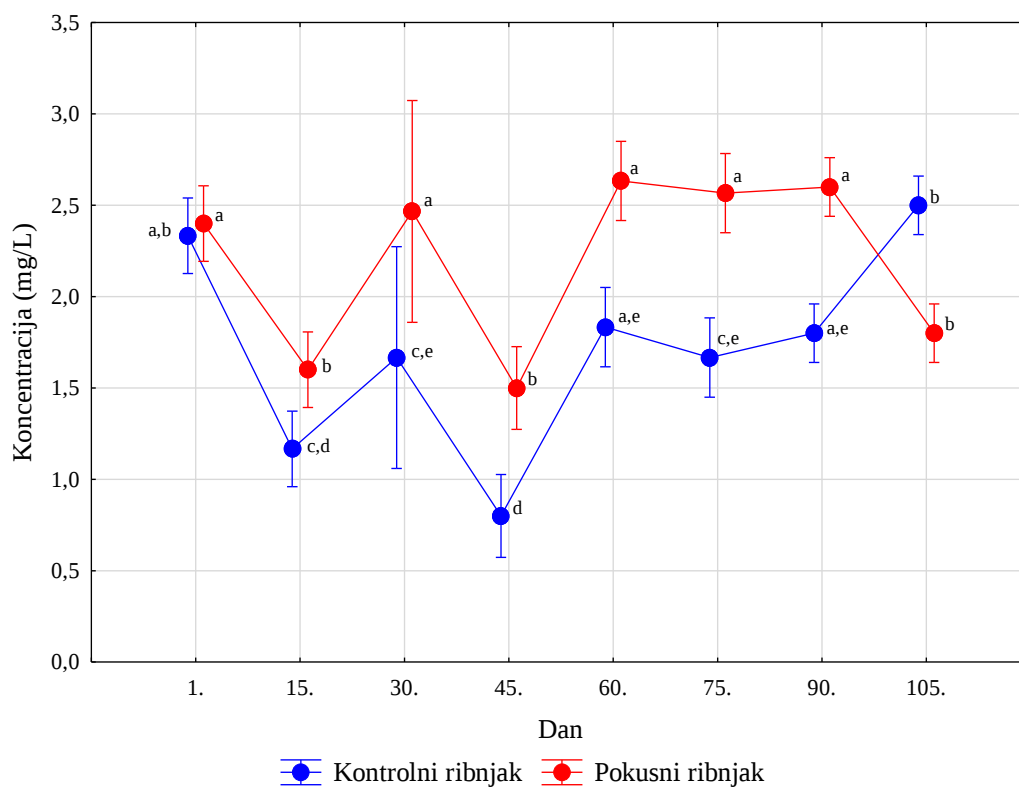
Koncentracija amonija u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija amonija na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka, a na kraju istraživanja bila je značajno niža ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 37, tablica 9). Koncentracija amonija u vodi oba ribnjaka tijekom cjelokupnog drugog dijela istraživanja iznosila je $< 0,03$ mg/L.



Slika 38. Koncentracija nitrita u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

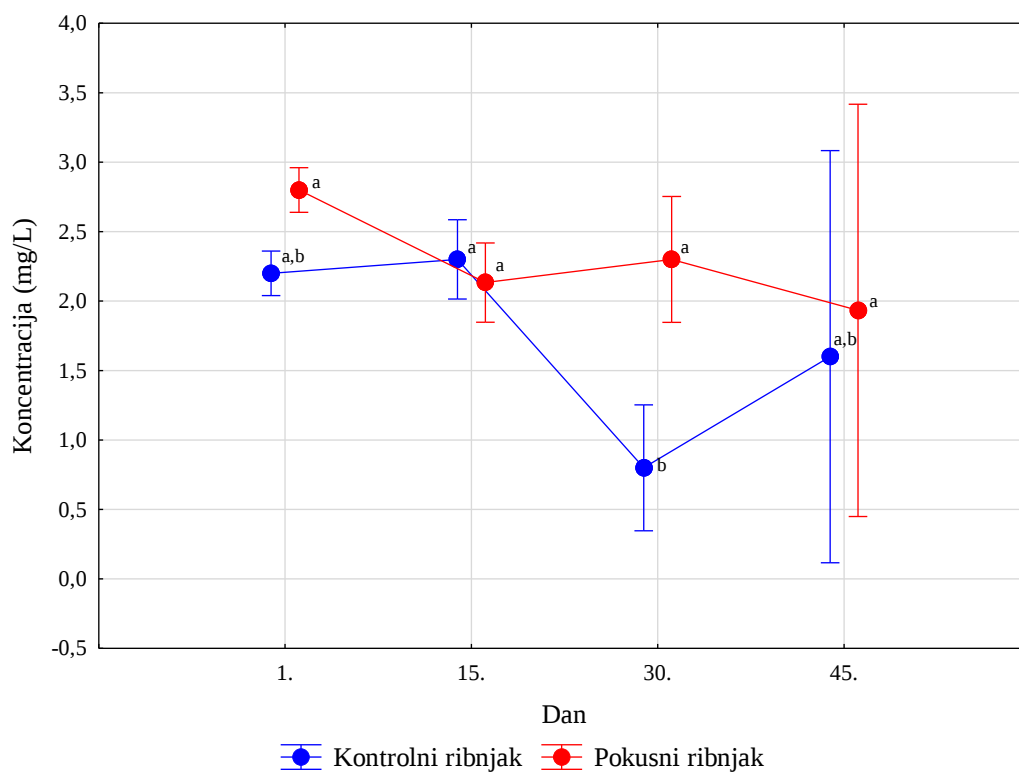
^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija nitrita u vodi oba ribnjaka tijekom cjelokupnog prvog dijela istraživanja iznosila je $< 0,04$ mg/L. Koncentracija nitrita u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bila je značajno niža ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija nitrita na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka, a na kraju istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 38, tablica 10).



Slika 39. Koncentracija nitrata u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

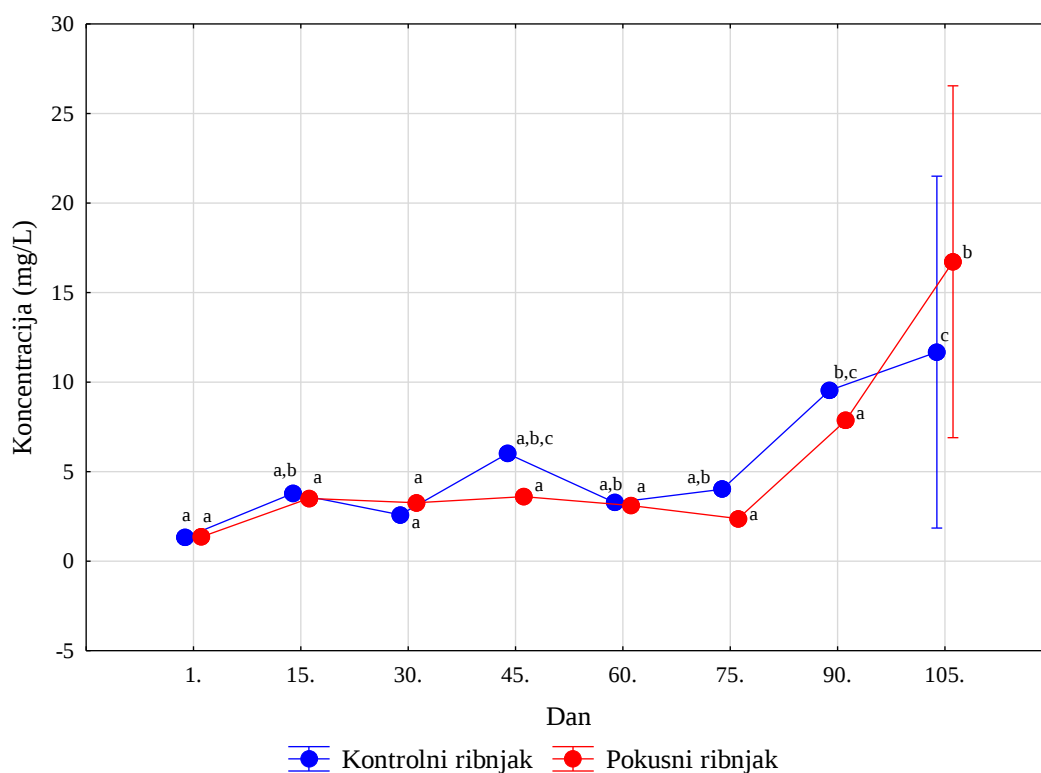
^{a,b,c,d,e} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 40. Koncentracija nitrata u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

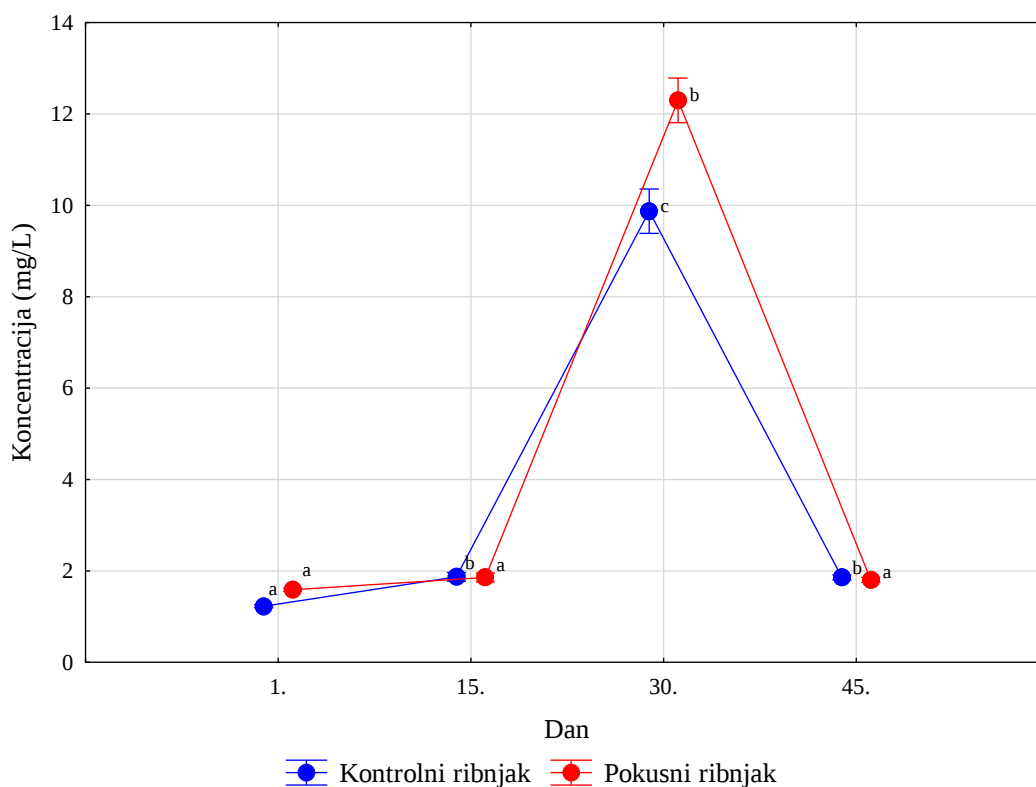
^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija nitrata u vodi tijekom gotovo svih promatranih dana prvog dijela istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, no na kraju istraživanja utvrđena je značajno niža ($p < 0,05$) koncentracija u pokusnom ribnjaku (slika 39, tablica 9). Koncentracija nitrata u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Koncentracija nitrata na početku istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku, a na kraju istraživanja nije bilo značajne razlike ($p > 0,05$) između ribnjaka (slika 40, tablica 10).



Slika 41. Koncentracija ukupnog dušika u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

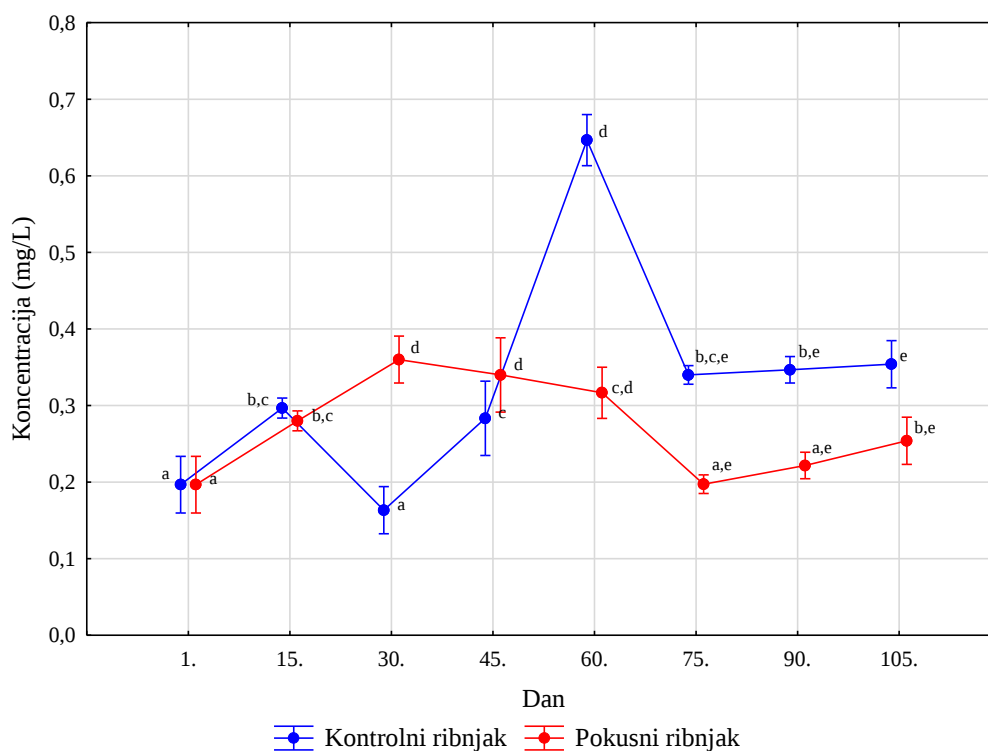
^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



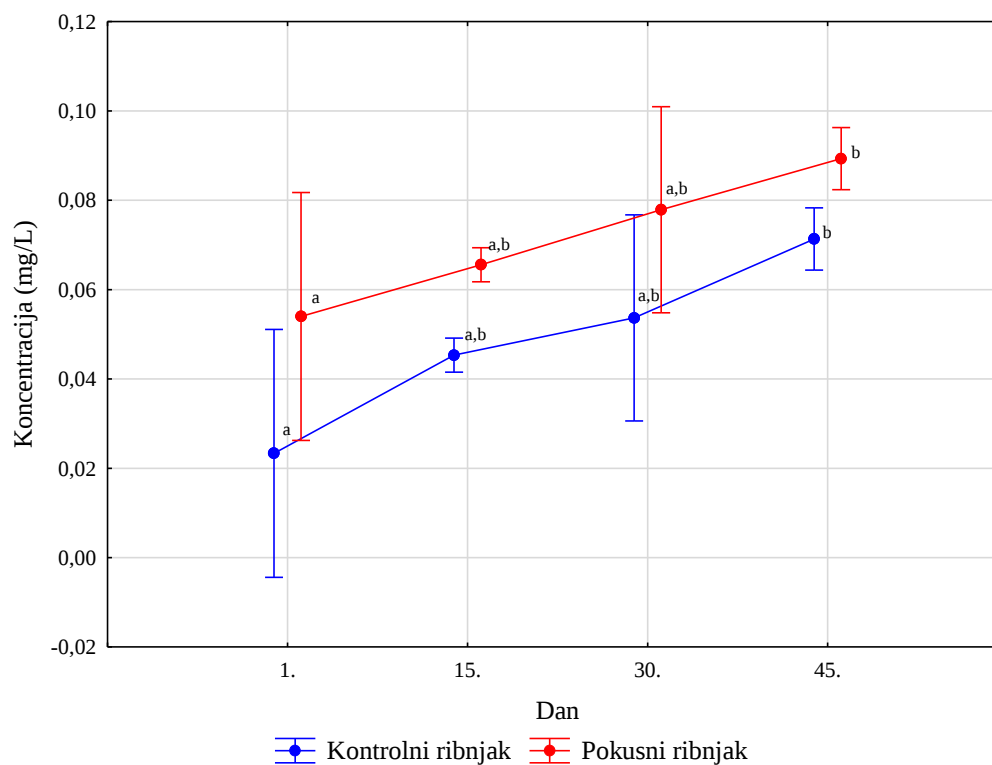
Slika 42. Koncentracija ukupnog dušika u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija ukupnog dušika u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija ukupnog dušika nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka kako na početku tako i na kraju istraživanja (slika 41, tablica 9). Koncentracija ukupnog dušika u vodi kontrolnog ribnjaku u drugom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju istraživanja, dok se u pokusnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Koncentracija ukupnog dušika na početku istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, a na kraju istraživanja nije bilo značajne razlike ($p > 0,05$) između ribnjaka (slika 42, tablica 10).



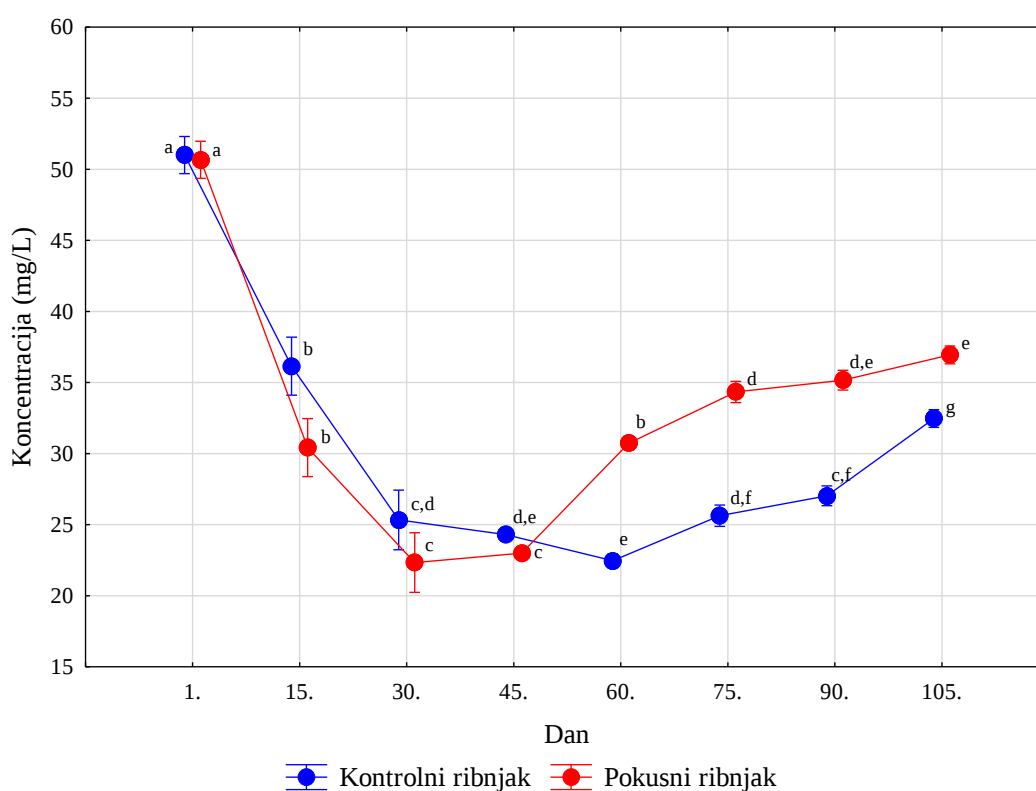
Slika 43. Koncentracija ukupnog fosfora u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).
a,b,c,d,e vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 44. Koncentracija ukupnog fosfora u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

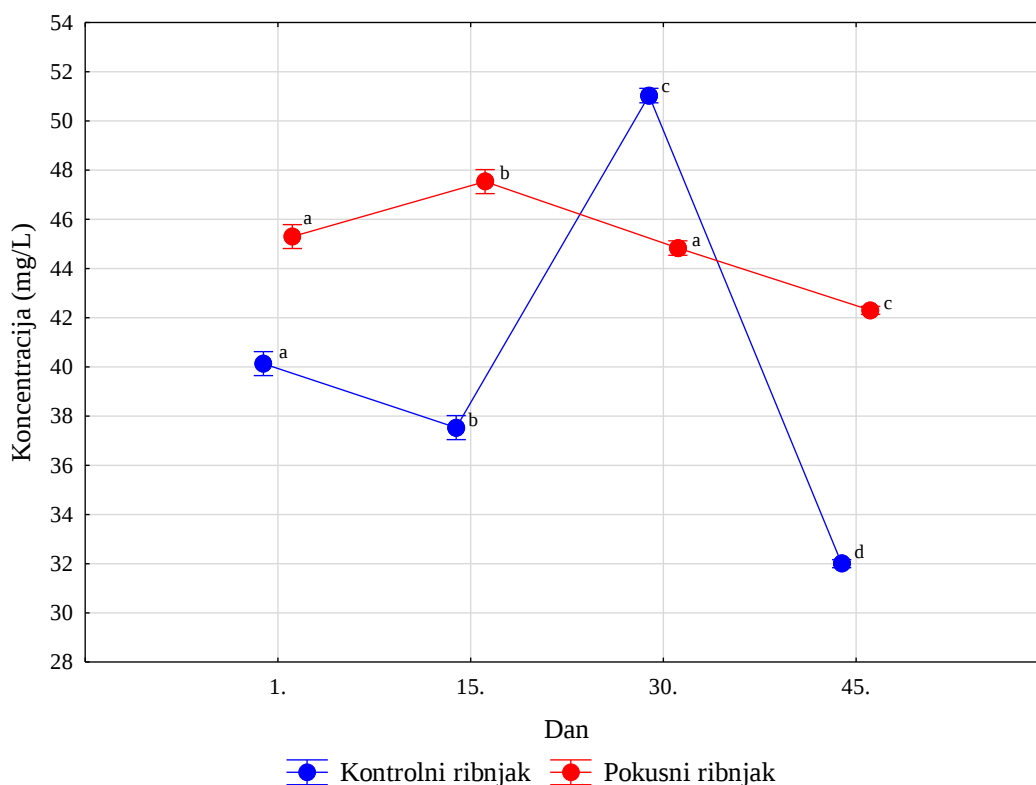
^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija ukupnog fosfora u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija ukupnog fosfora na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka, a na kraju istraživanja bila je značajno niža ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 43, tablica 9). Koncentracija ukupnog fosfora u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja također je bila značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija ukupnog fosfora na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka, a na kraju istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 44, tablica 10).



Slika 45. Koncentracija kalcija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

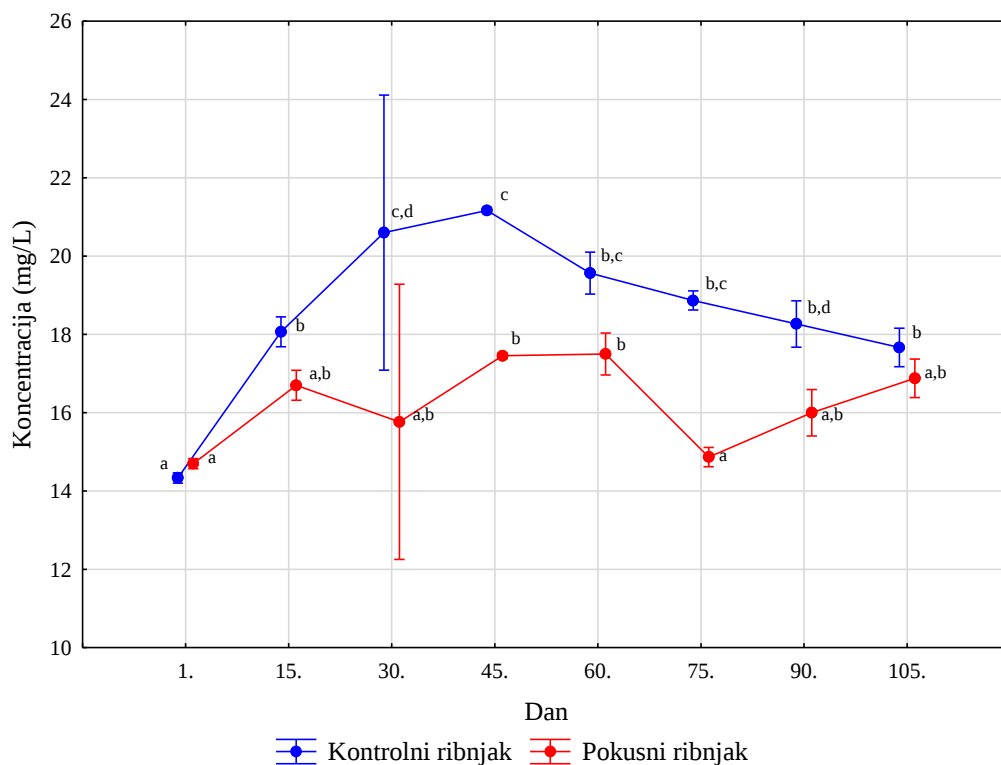
^{a,b,c,d,e,f,g} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 46. Koncentracija kalcija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

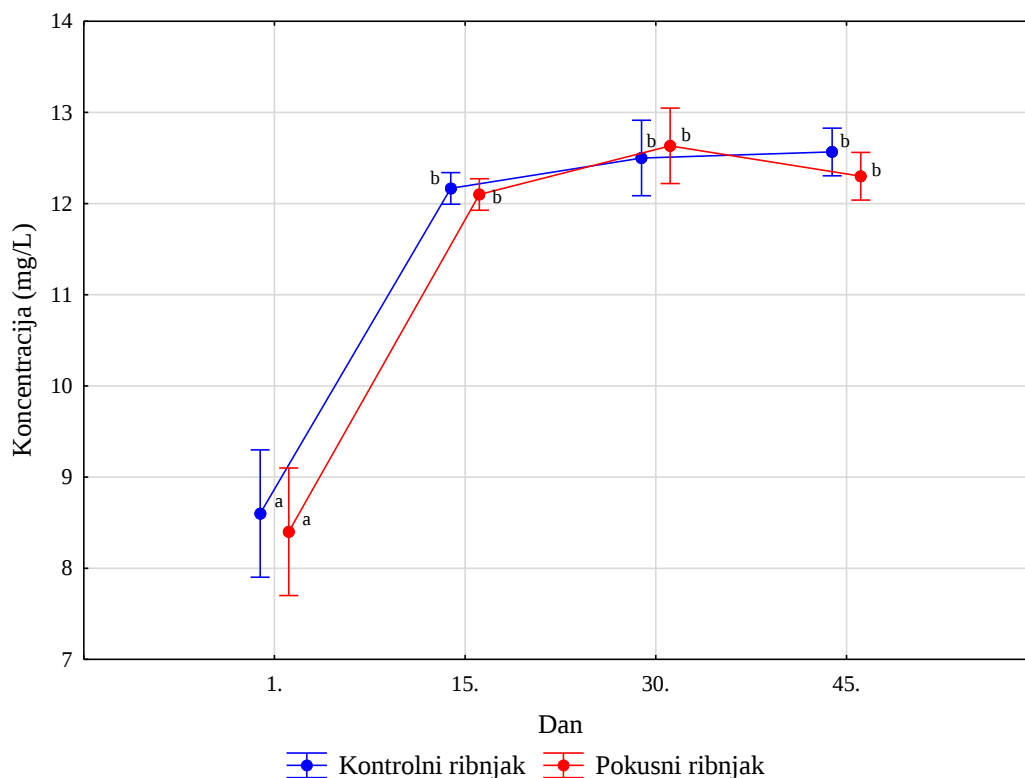
a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija kalcija u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno niža ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija kalcija na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka, no na kraju istraživanja utvrđena je značajno viša ($p < 0,05$) koncentracija u pokusnom ribnjaku (slika 45, tablica 9). Koncentracija kalcija u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja također je bila značajno niža ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja, no značajno više ($p < 0,05$) vrijednosti utvrđene su u pokusnom ribnjaku kako na početku tako i na kraju istraživanja (slika 46, tablica 10).



Slika 47. Koncentracija magnezija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

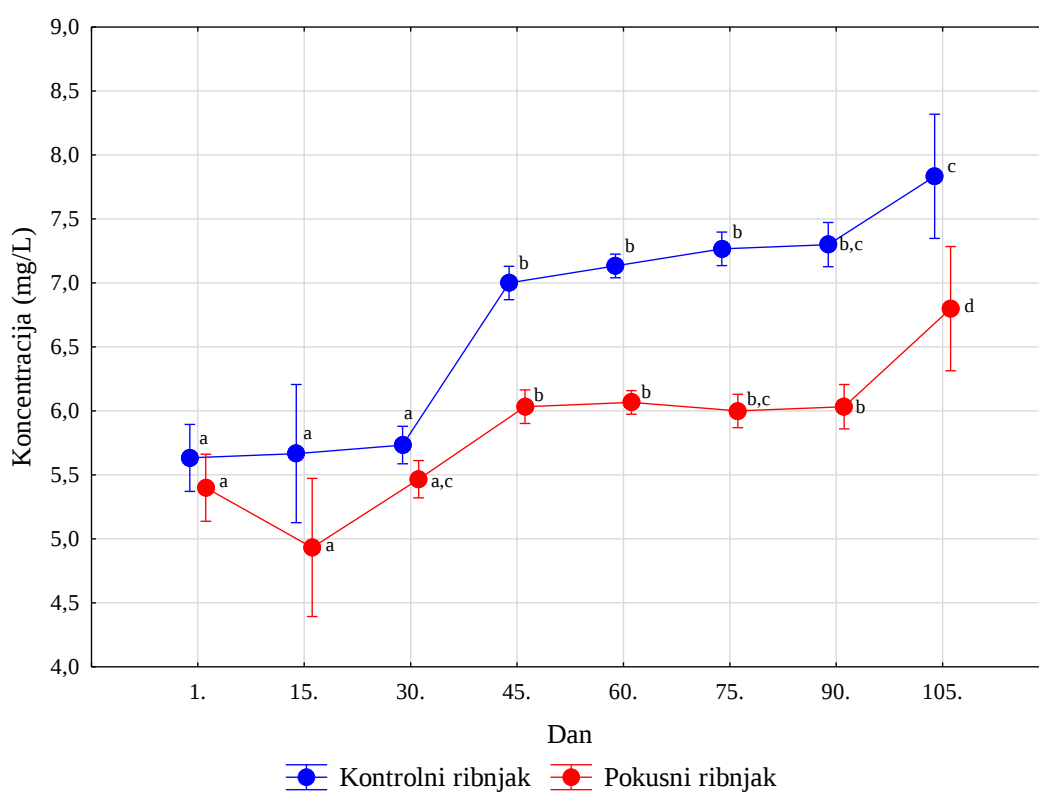
a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 48. Koncentracija magnezija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

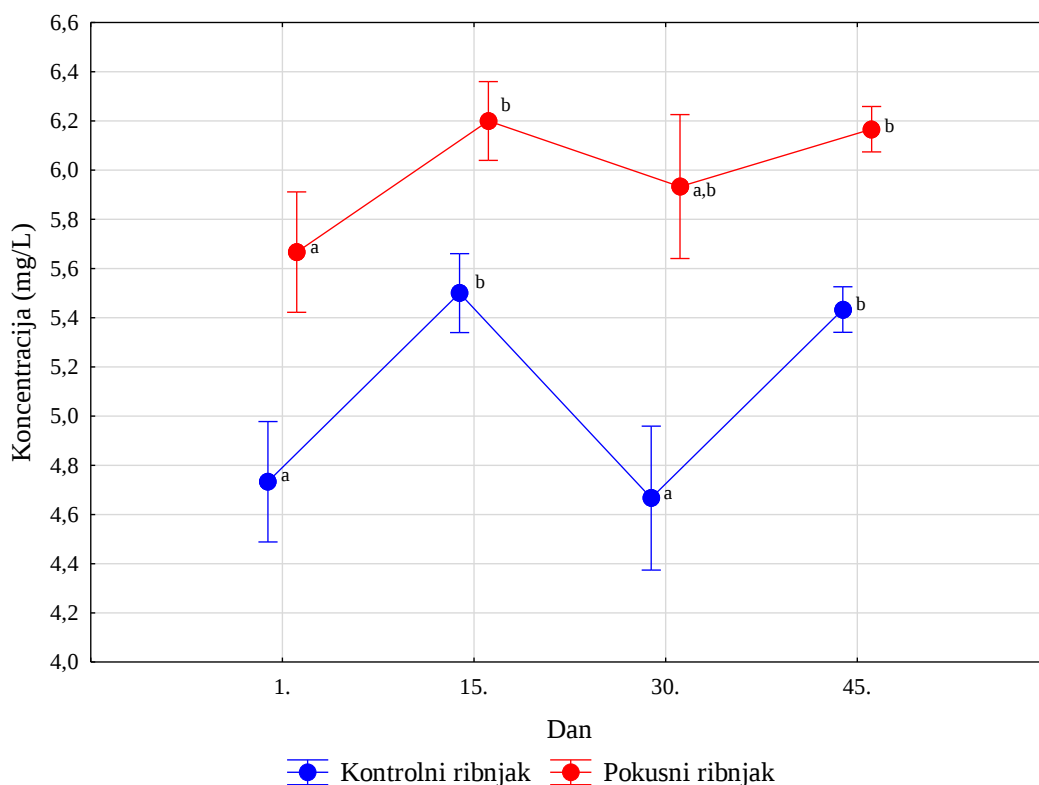
a,b vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija magnezija u vodi kontrolnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja, dok se u pokusnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Iako je koncentracija magnezija na početku istraživanja bila značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, tijekom gotovo svih ostalih promatranih dana bila je značajno niža ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 47, tablica 9). Koncentracija magnezija u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja i nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka ni na početku niti na kraju istraživanja (slika 48, tablica 10).



Slika 49. Koncentracija natrija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

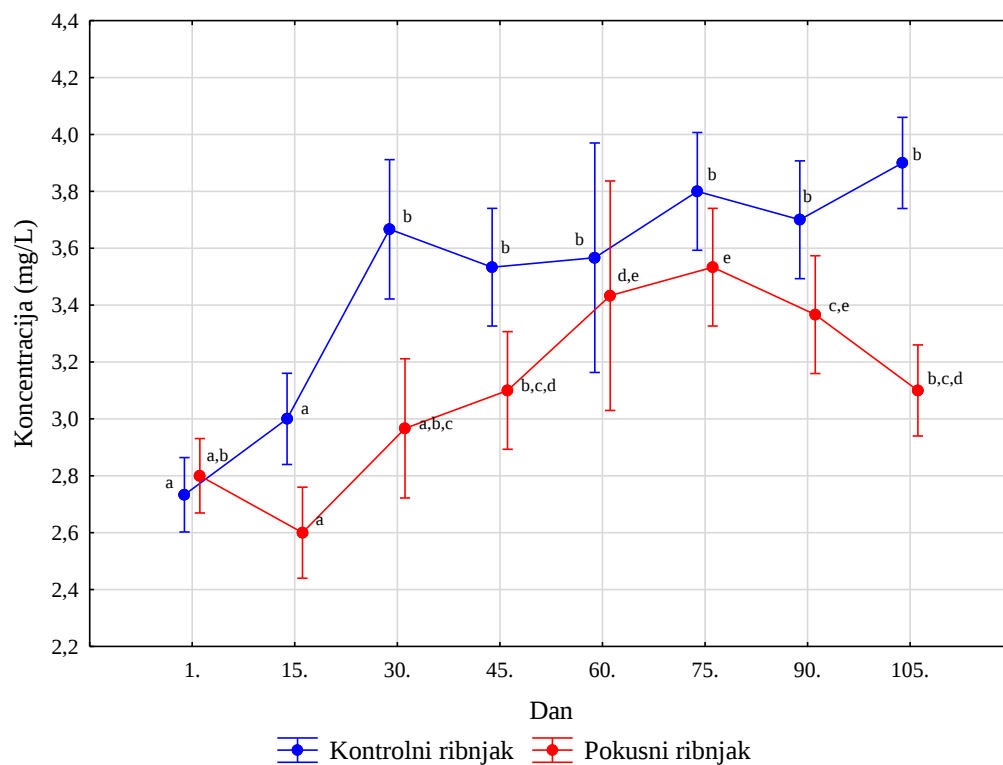
a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 50. Koncentracija natrija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

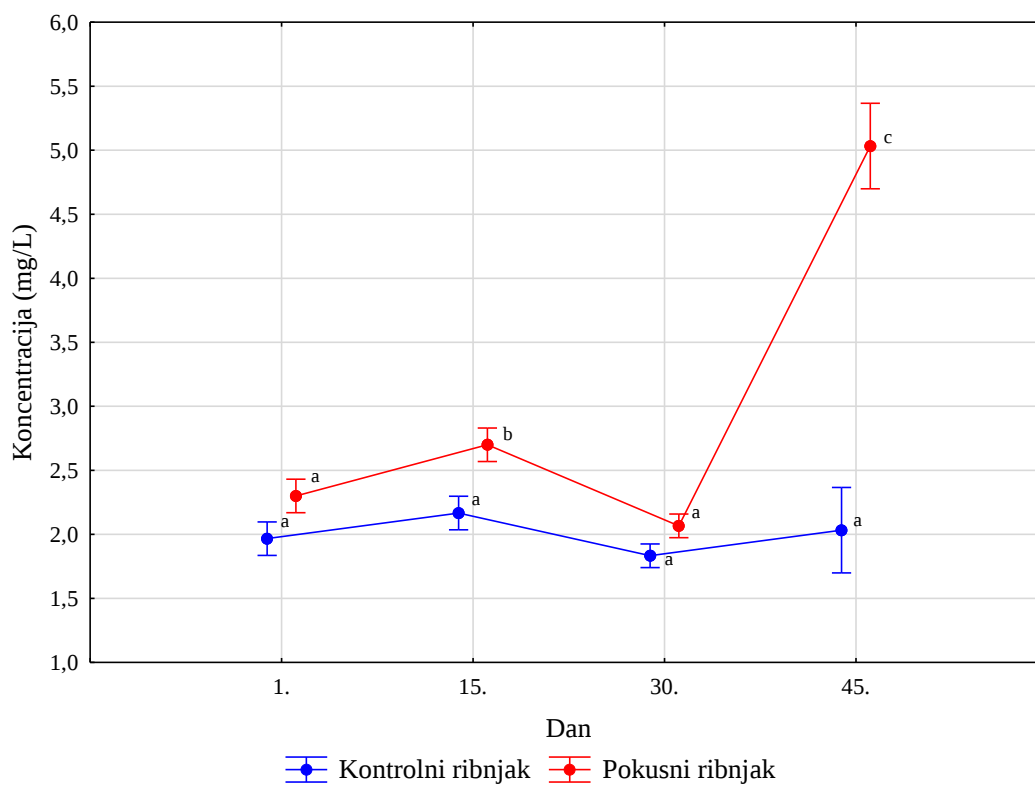
^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija natrija u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija natrija na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka, a tijekom svih ostalih promatranih dana bila je značajno niža ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 49, tablica 9). Koncentracija natrija u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja također je bila značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija natrija tijekom svih promatranih dana bila je značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 50, tablica 10).



Slika 51. Koncentracija kalija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

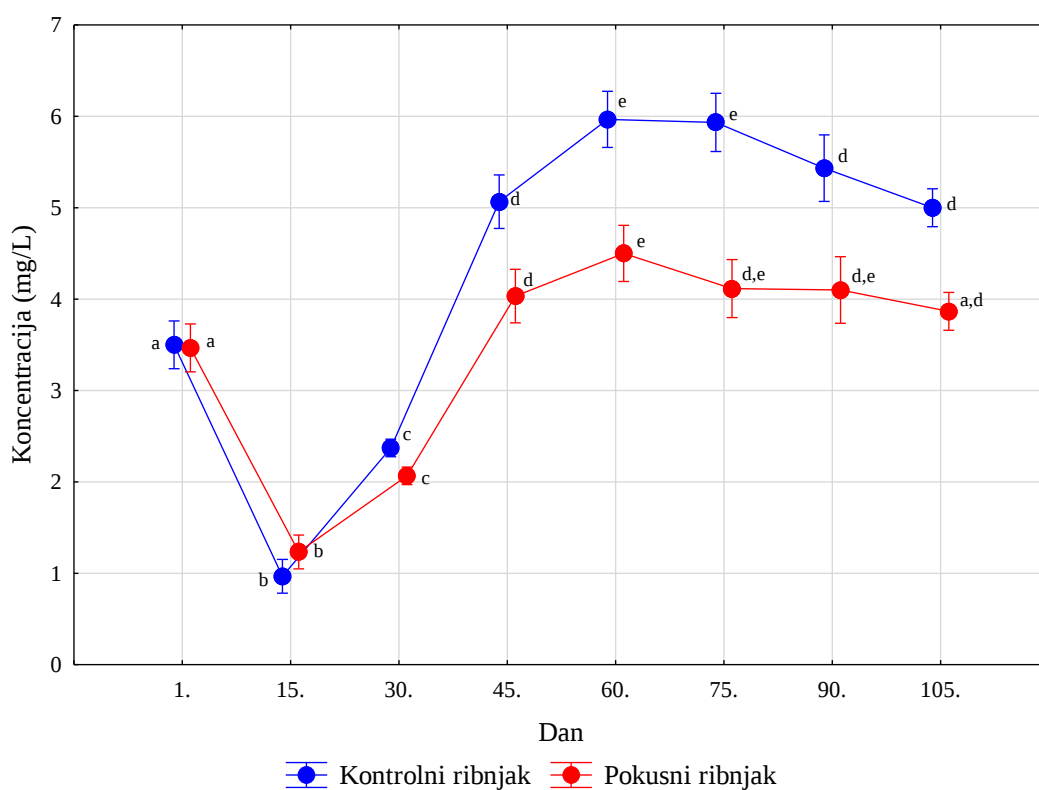
^{a,b,c,d,e} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 52. Koncentracija kalija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

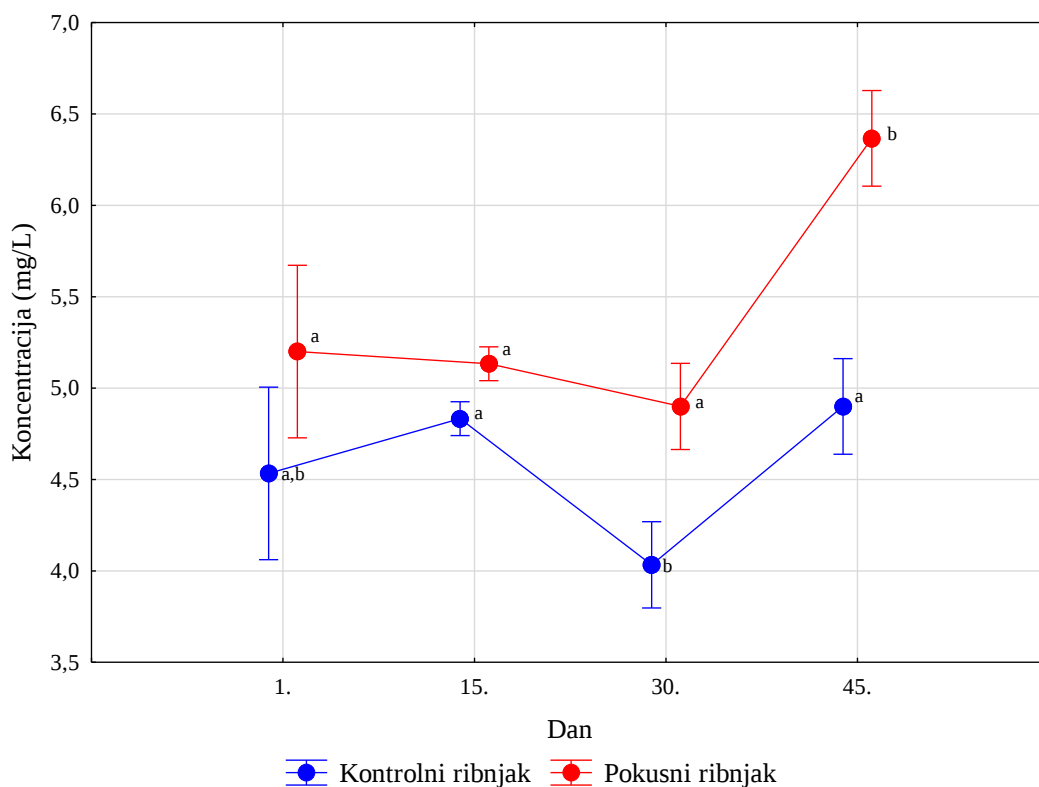
^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija kalija u vodi kontrolnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja, dok se u pokusnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Koncentracija kalija tijekom većine promatranih dana bila je značajno niža ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku (slika 51, tablica 9). Koncentracija kalija u vodi pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju istraživanja, dok se u kontrolnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Koncentracija kalija tijekom svih promatranih dana bila je značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, no razlika na kraju istraživanja bila je veća, u usporedbi s razlikom na početku istraživanja (slika 52, tablica 10).



Slika 53. Koncentracija klorida u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

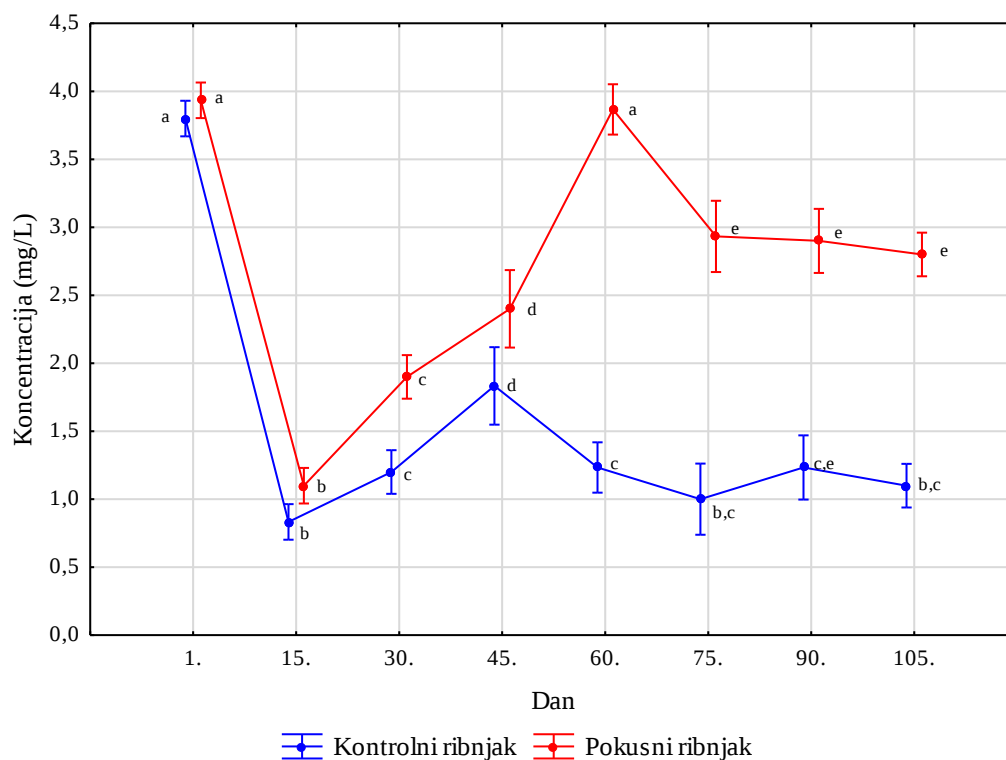
^{a,b,c,d,e} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 54. Koncentracija klorida u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

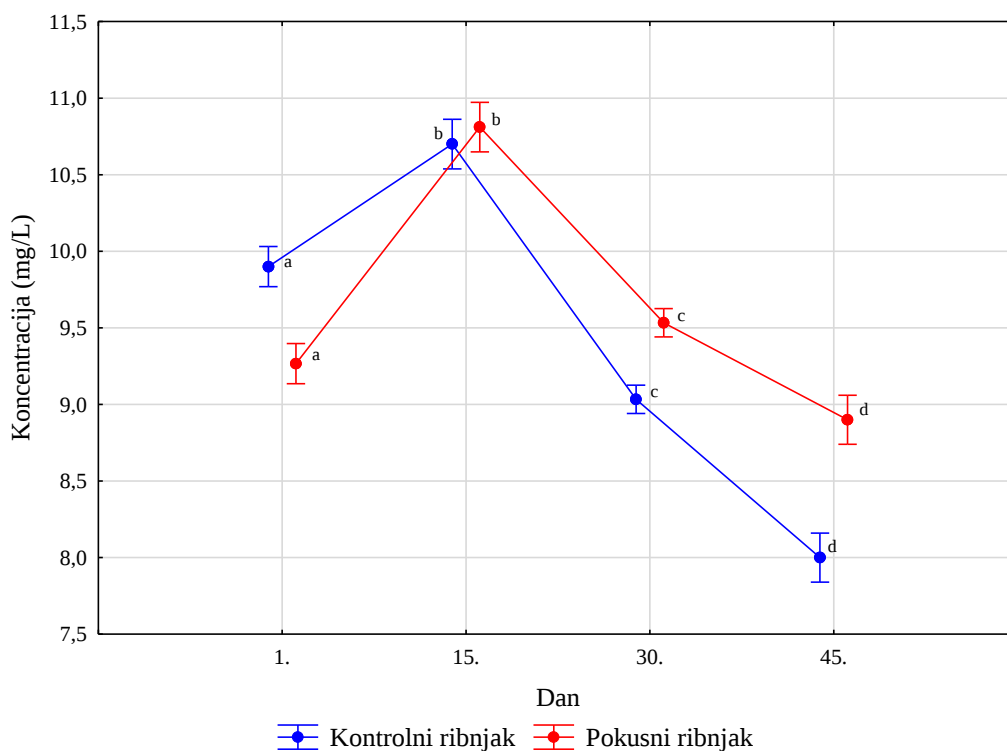
^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija klorida u vodi kontrolnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja, dok se u pokusnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Koncentracija klorida na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka, a tijekom gotovo svih ostalih promatranih dana bila je značajno niža ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 53, tablica 9). Koncentracija klorida u vodi pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja, dok se u kontrolnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u odnosu na početak istraživanja. Koncentracija klorida na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka, no do kraja istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 54, tablica 10).



Slika 55. Koncentracija sulfata u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

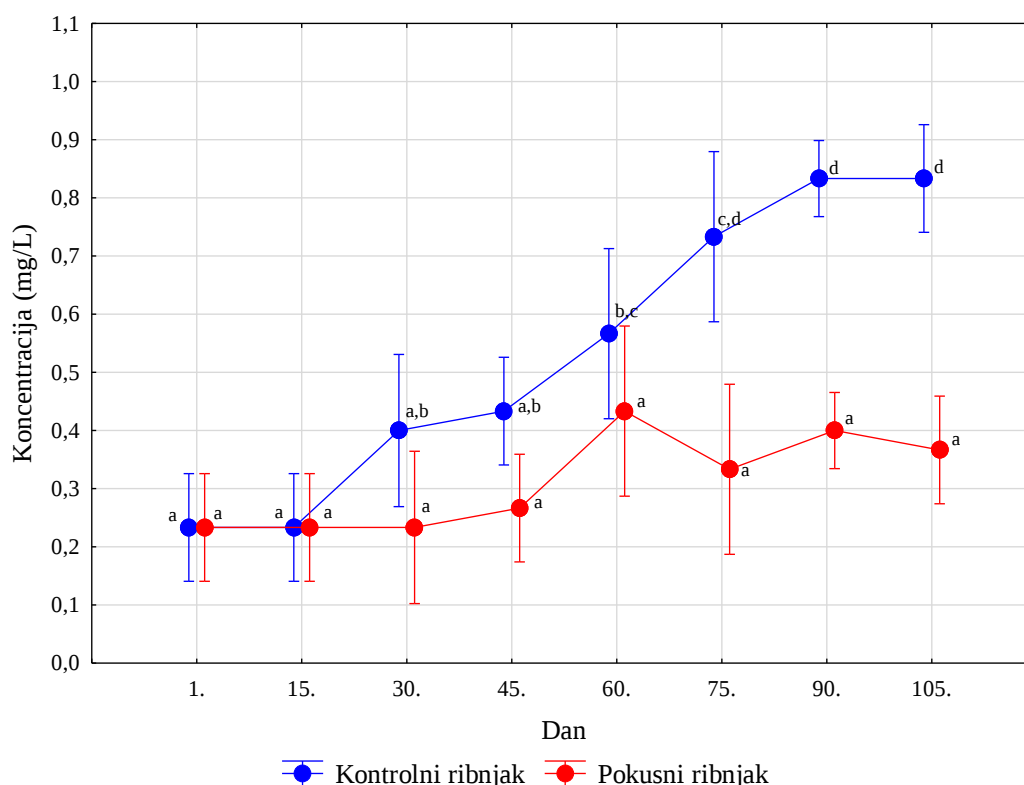
a,b,c,d,e vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 56. Koncentracija sulfata u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

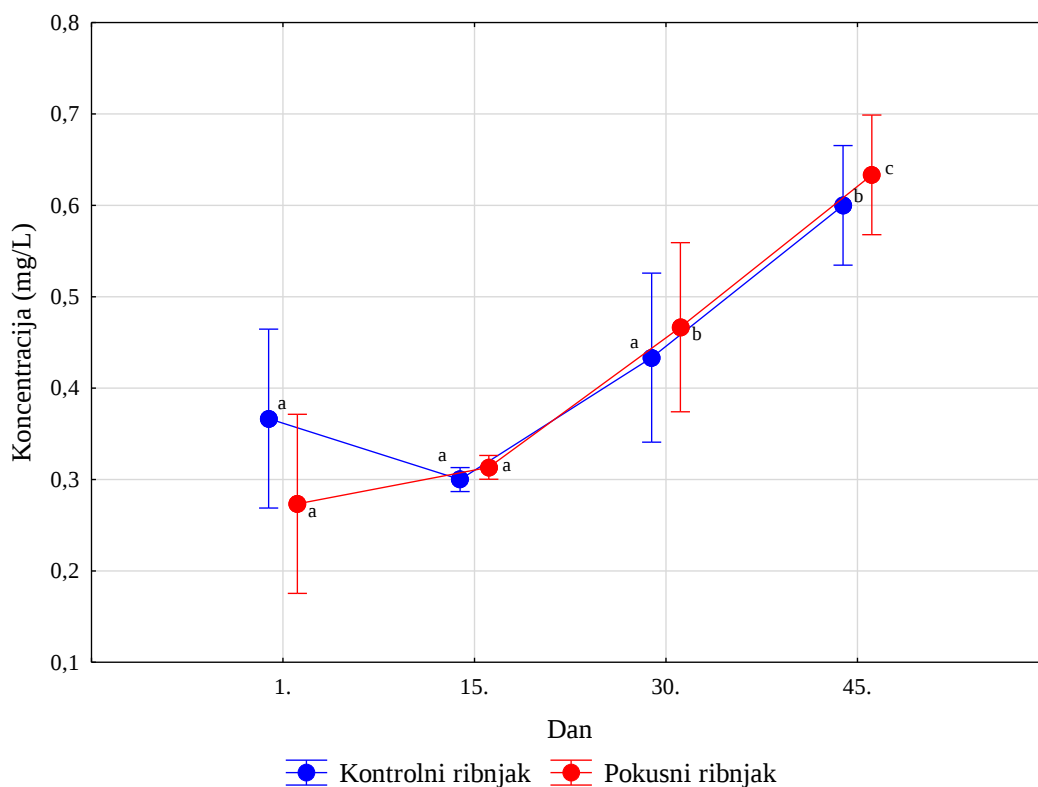
a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija sulfata u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno niža ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija sulfata na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka, a tijekom svih ostalih dana istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 55, tablica 9). Koncentracija sulfata u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja također je bila značajno niža ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija sulfata na početku istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) u kontrolnom, a na kraju istraživanja u pokusnom ribnjaku (slika 56, tablica 10).



Slika 57. Koncentracija fluorida u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

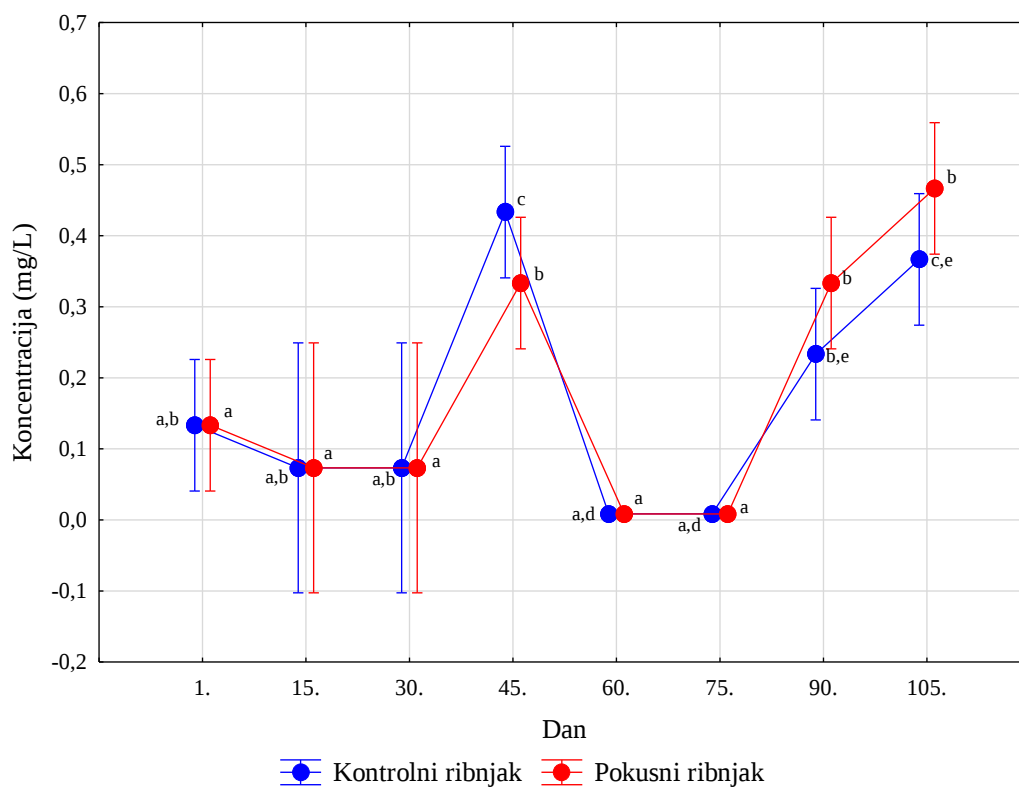
a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 58. Koncentracija fluorida u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

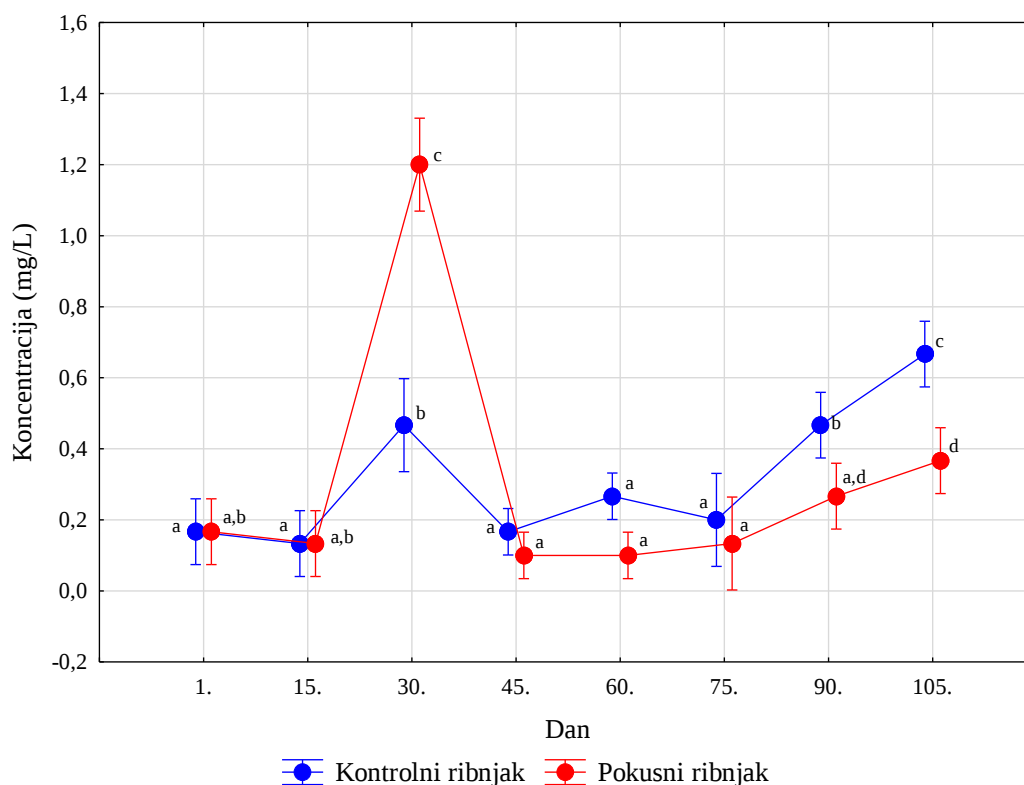
Koncentracija fluorida u vodi kontrolnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija fluorida na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka, a na kraju istraživanja bila je značajno niža ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 57, tablica 9). Koncentracija fluorida u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija fluorida tijekom svih dana istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka (slika 58, tablica 10).



Slika 59. Koncentracija bromida u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c,d,e vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

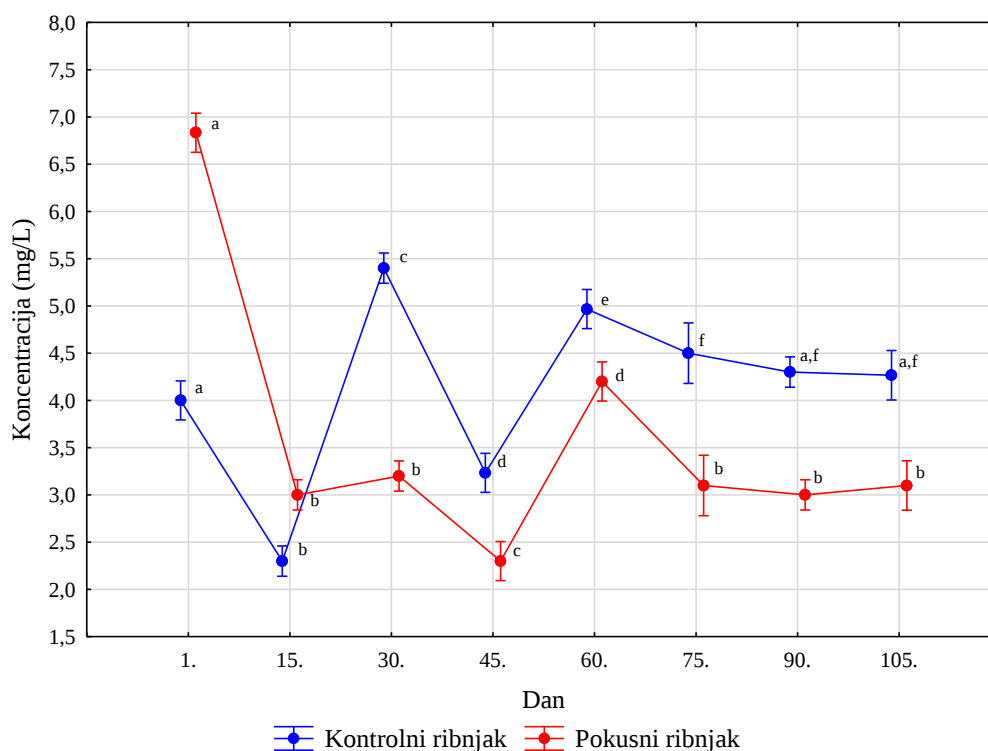
Koncentracija bromida u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija bromida nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka ni na početku niti na kraju istraživanja (slika 59, tablica 9). Koncentracija bromida u vodi oba ribnjaka tijekom cjelokupnog drugog dijela istraživanja bila je $< 0,008$ mg/L.



Slika 60. Koncentracija ortofosfata u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

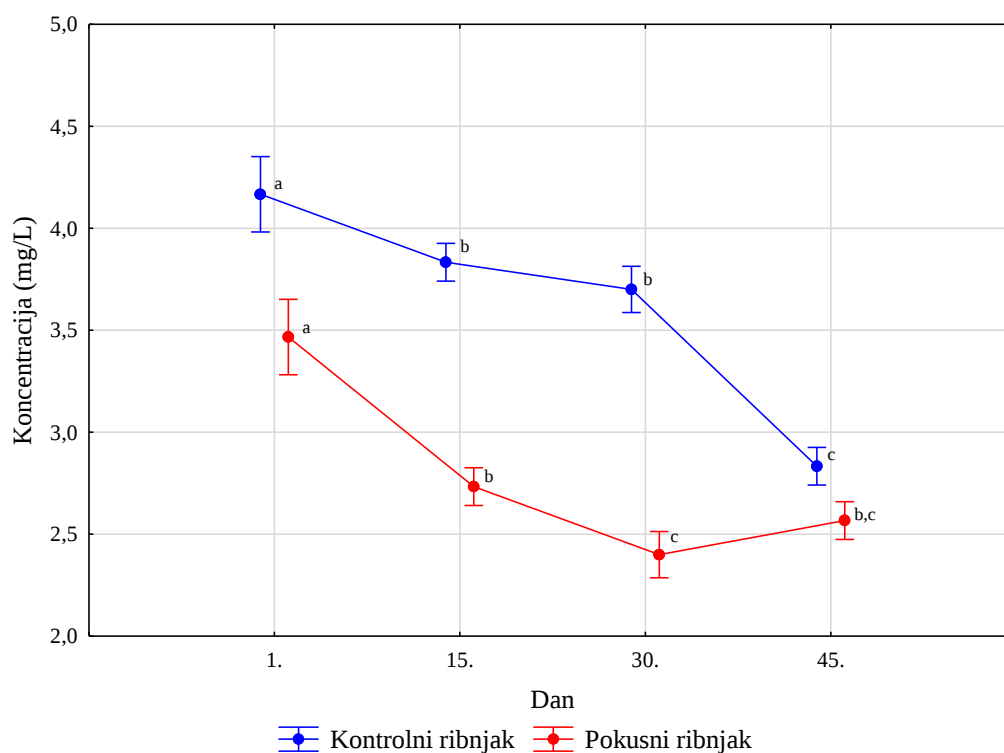
a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija ortofosfata u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija ortofosfata na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između ribnjaka, a na kraju istraživanja bila je značajno niža ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 60, tablica 9). Koncentracija ortofosfata u vodi oba ribnjaka tijekom cjelokupnog drugog dijela istraživanja iznosila je $< 0,1$ mg/L.



Slika 61. Koncentracija ulja i masti u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

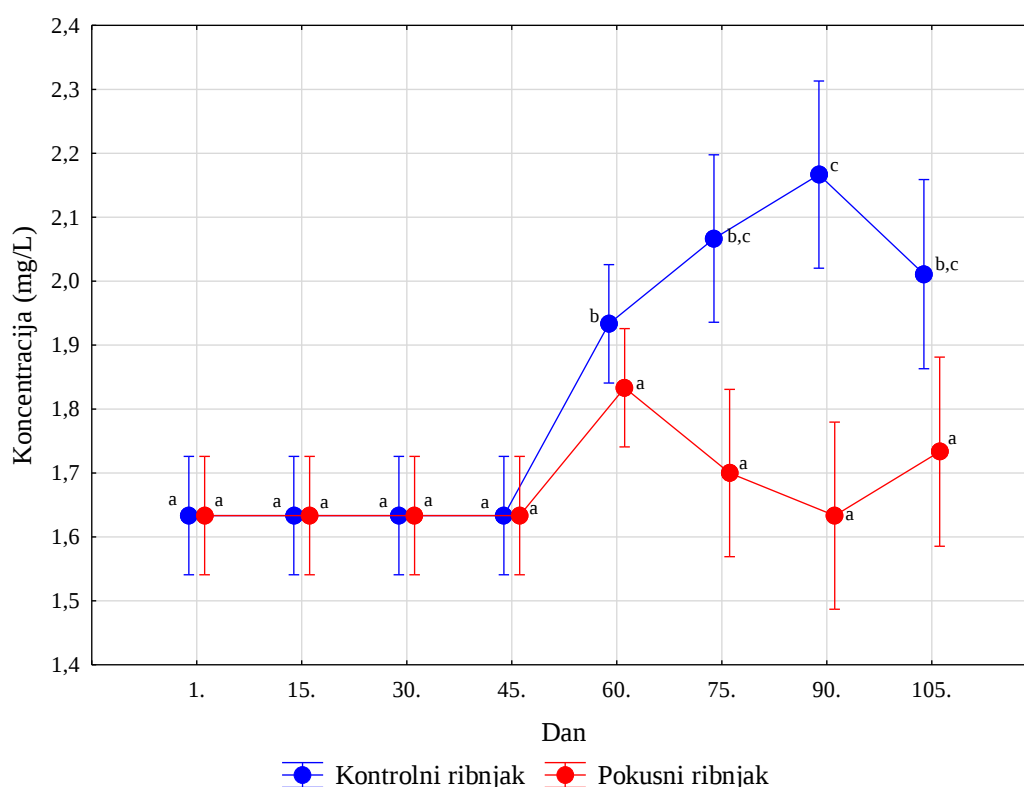
a,b,c,d,e,f vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 62. Koncentracija ulja i masti u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

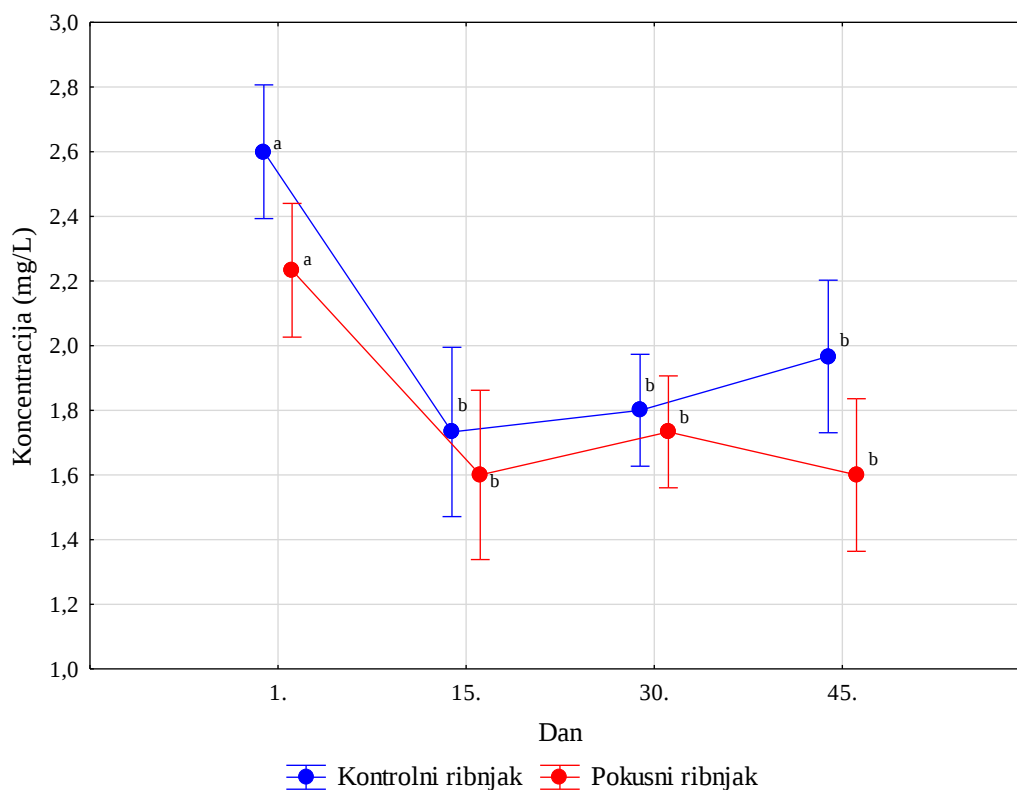
a,b,c vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija ulja i masti u vodi pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno niža ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja, dok se u kontrolnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Koncentracija ulja i masti na početku istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$), a do kraja istraživanja značajno niža ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 61, tablica 9). Koncentracija ulja i masti u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bila je značajno niža ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija ulja i masti tijekom svih promatranih dana bila je značajno niža ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 62, tablica 10).



Slika 63. Koncentracija ukupnih ugljikovodika u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

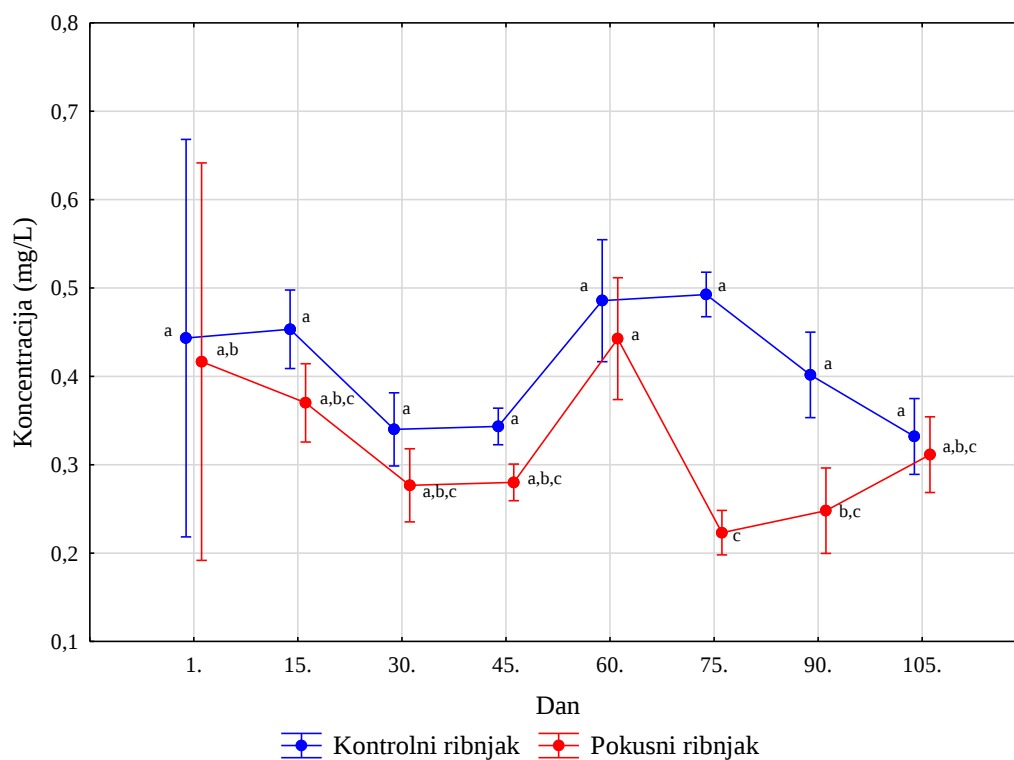
^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 64. Koncentracija ukupnih ugljikovodika u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

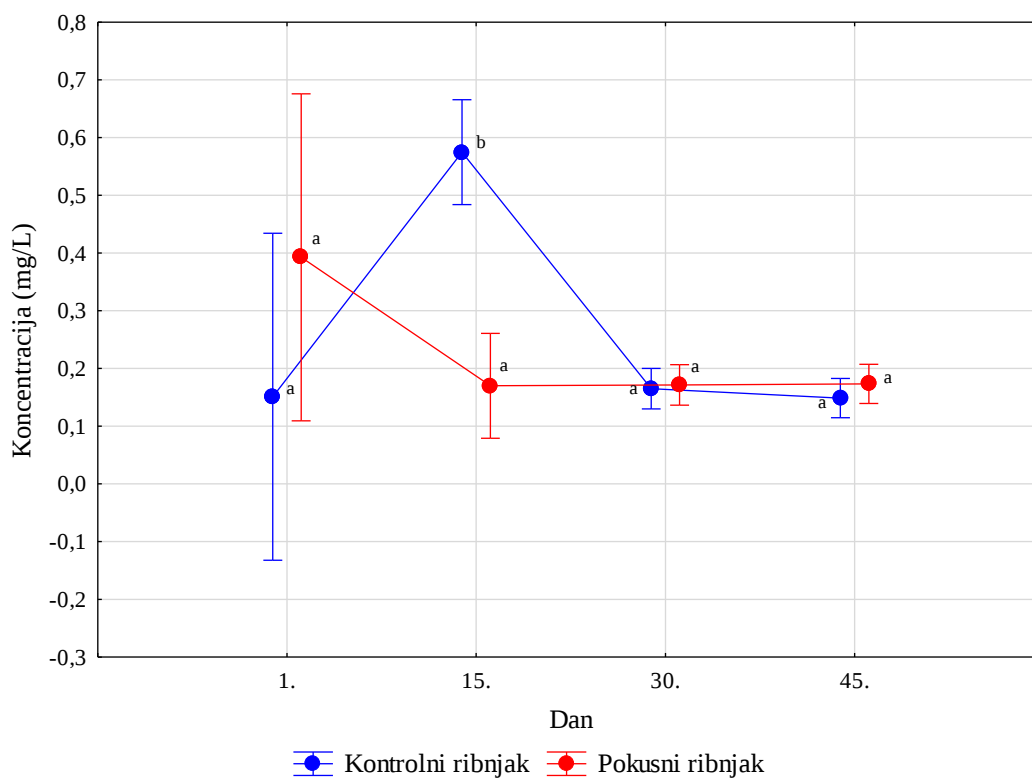
^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Koncentracija ukupnih ugljikovodika u vodi kontrolnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju istraživanja, dok se u pokusnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Koncentracija ukupnih ugljikovodika na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka, a na kraju istraživanja značajno niža vrijednost ($p < 0,05$) utvrđena je u pokusnom ribnjaku (slika 63, tablica 9). Koncentracija ukupnih ugljikovodika u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bila je značajno niža ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Koncentracija ukupnih ugljikovodika bila je značajno niža ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku i na početku i na kraju istraživanja, no sredinom istraživanja nije bilo značajnih razlika ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka (slika 64, tablica 10).



Slika 65. Koncentracija fenola u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

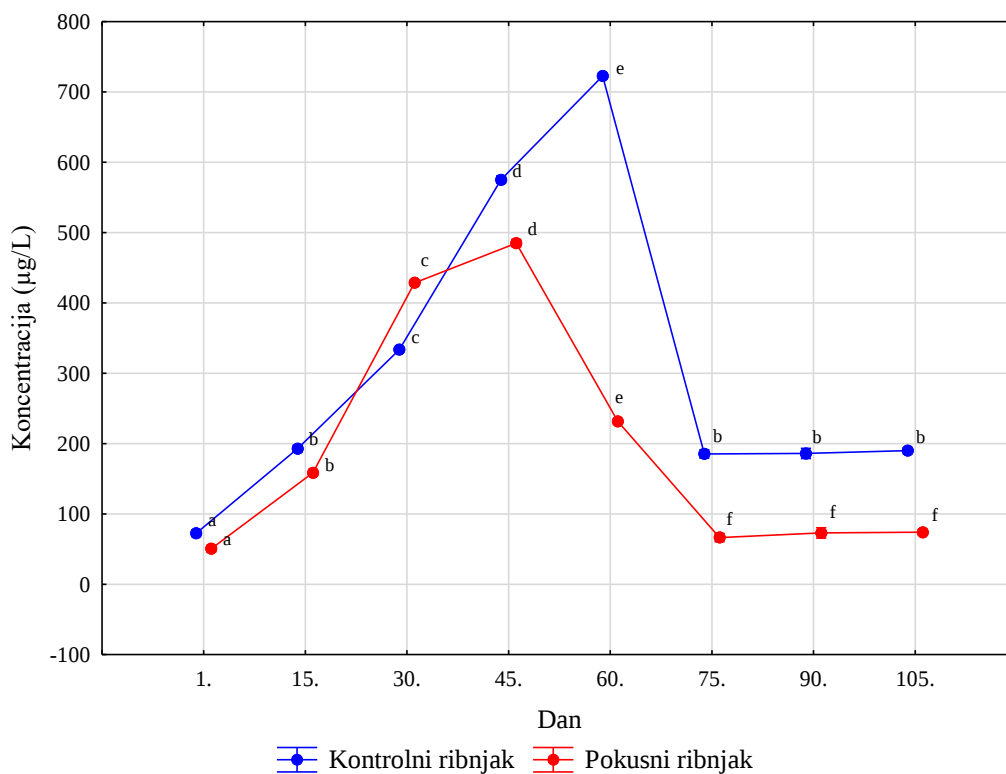
^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



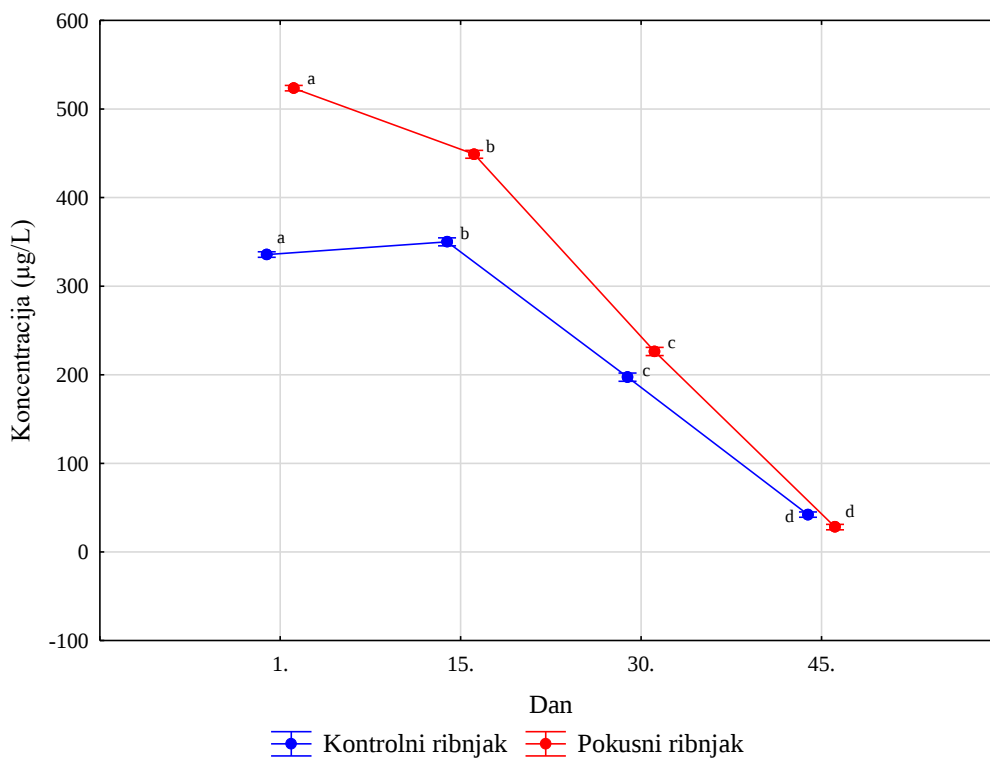
Slika 66. Koncentracija fenola u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

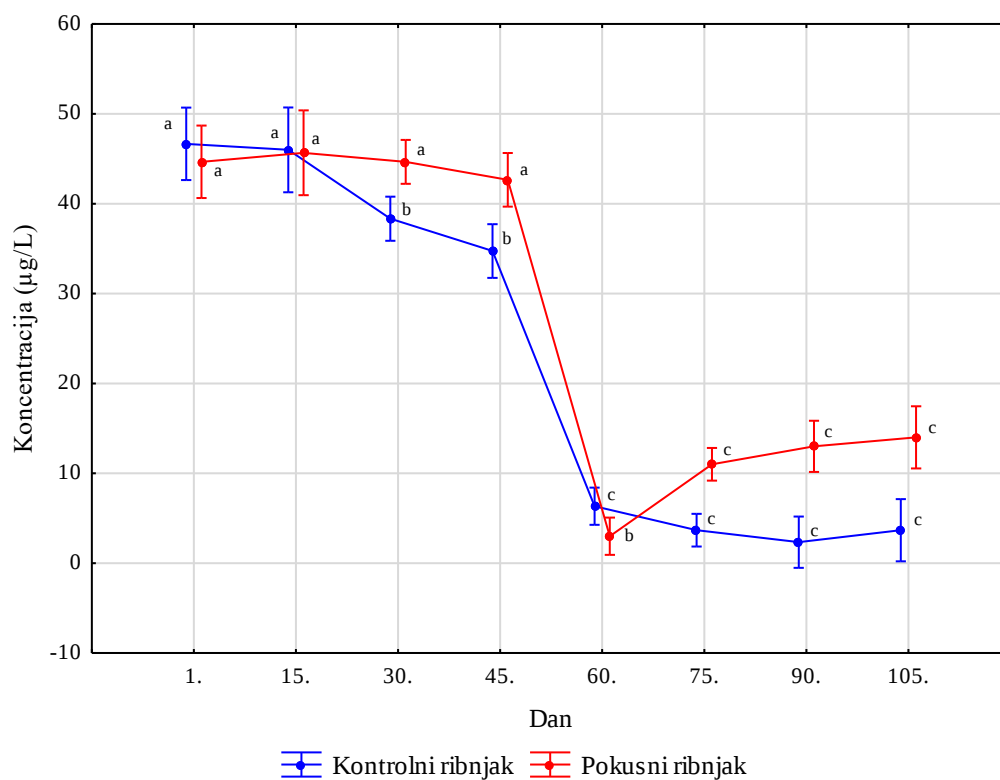
Koncentracija fenola u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja nije se značajno razlikovala ($p>0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Koncentracija fenola na početku istraživanja nije se značajno razlikovala ($p>0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka, a tijekom gotovo svih ostalih dana istraživanja bila je značajno niža ($p<0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 65, tablica 9). Koncentracija fenola u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja također se nije značajno razlikovala ($p>0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja, niti su utvrđene značajne razlike ($p>0,05$) između ribnjaka kako na početku tako i na kraju istraživanja (slika 66, tablica 10).



Slika 67. Koncentracija aluminija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).
^{a,b,c,d,e,f} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

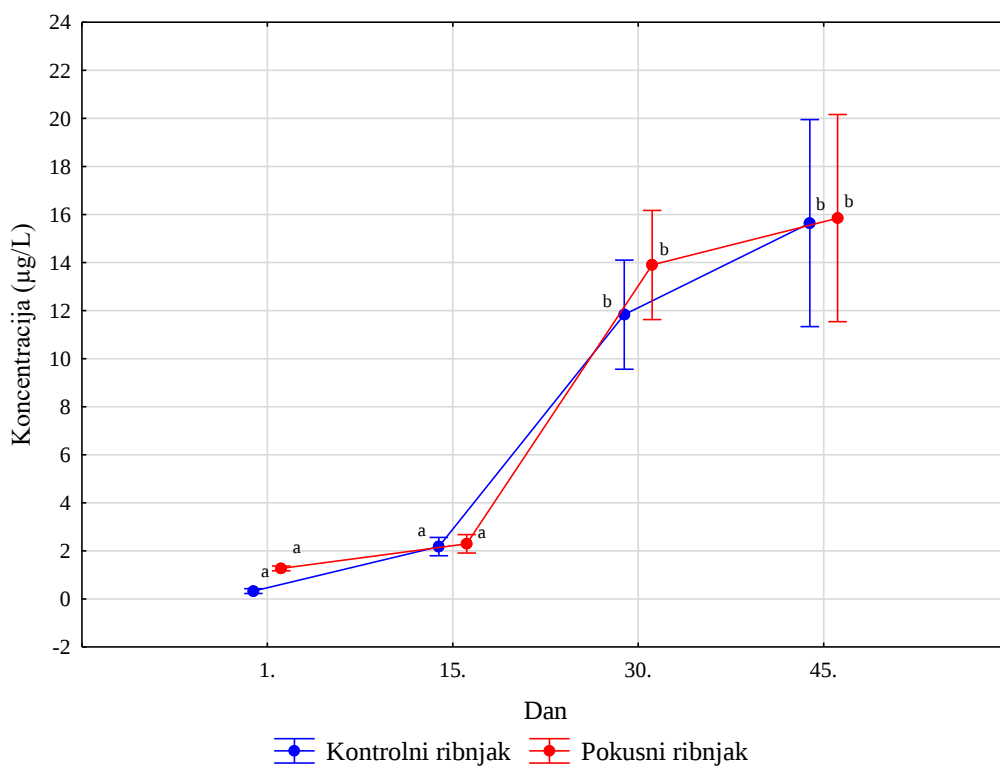


Slika 68. Koncentracija aluminija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).
^{a,b,c,d} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



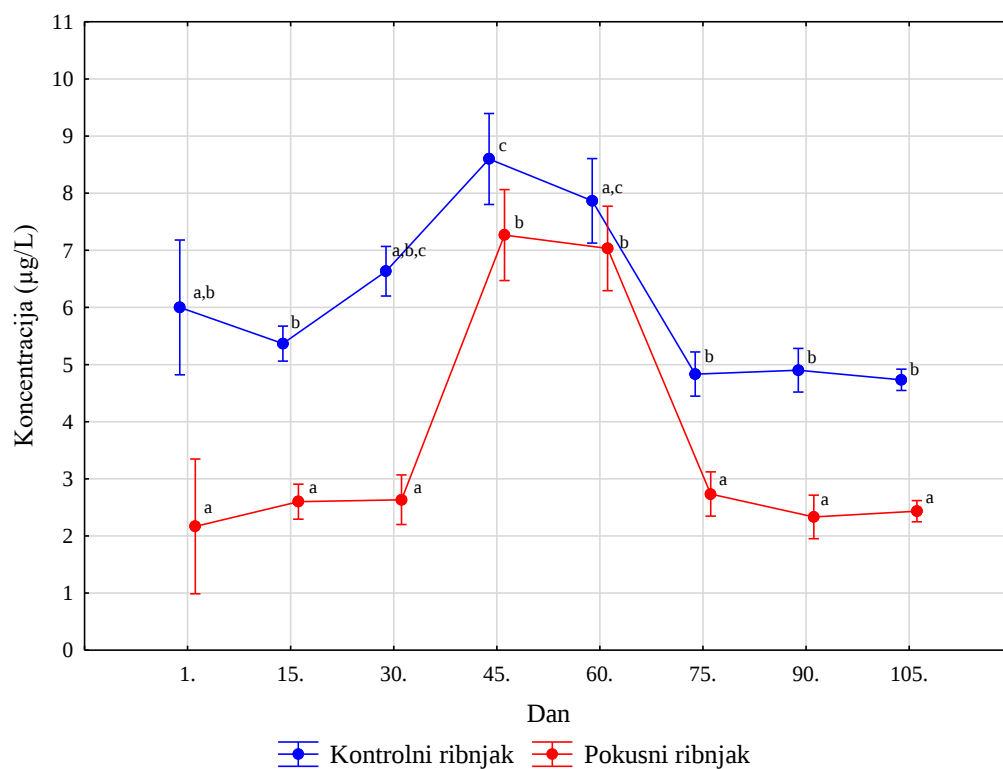
Slika 69. Koncentracija arsena u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



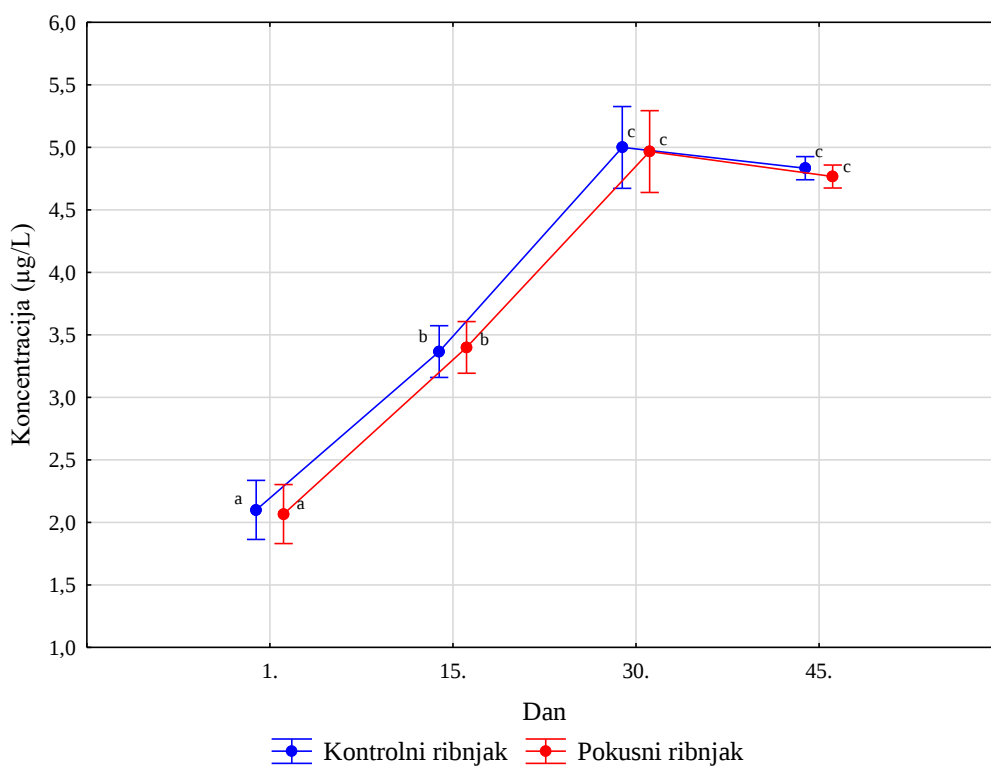
Slika 70. Koncentracija arsena u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



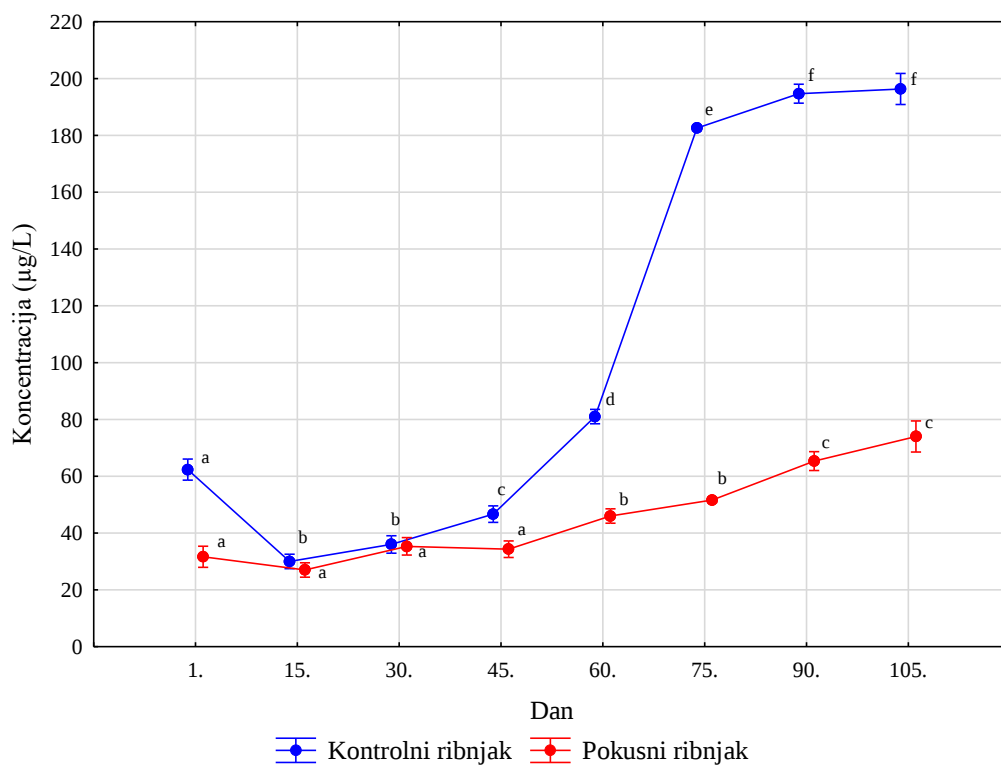
Slika 71. Koncentracija bakra u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



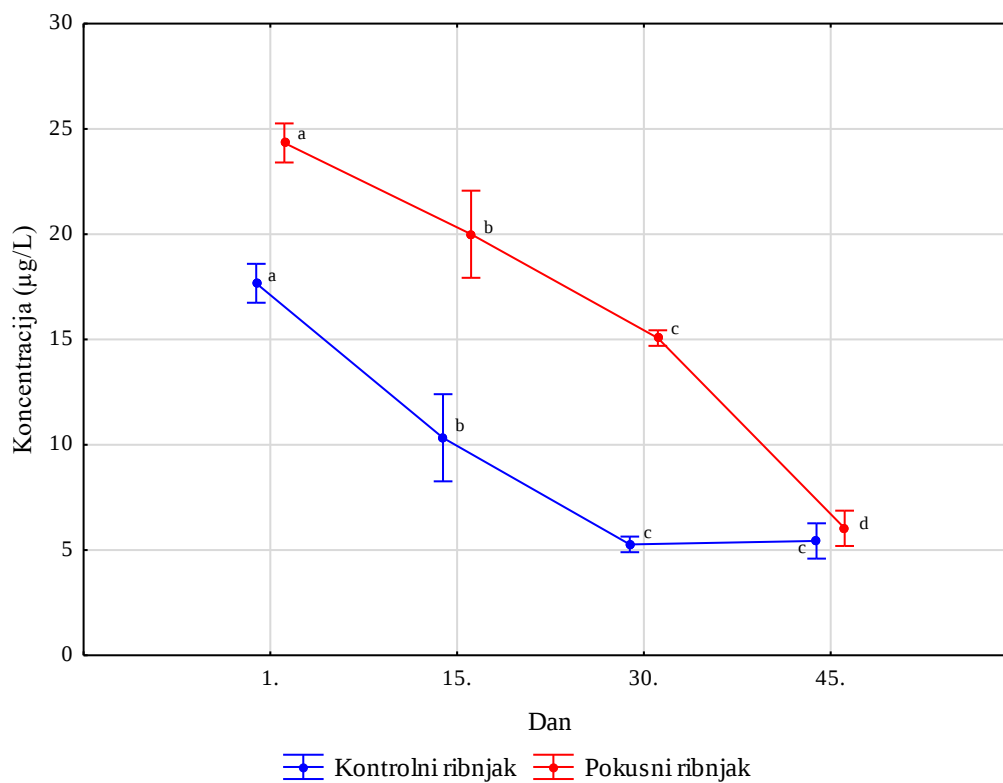
Slika 72. Koncentracija bakra u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



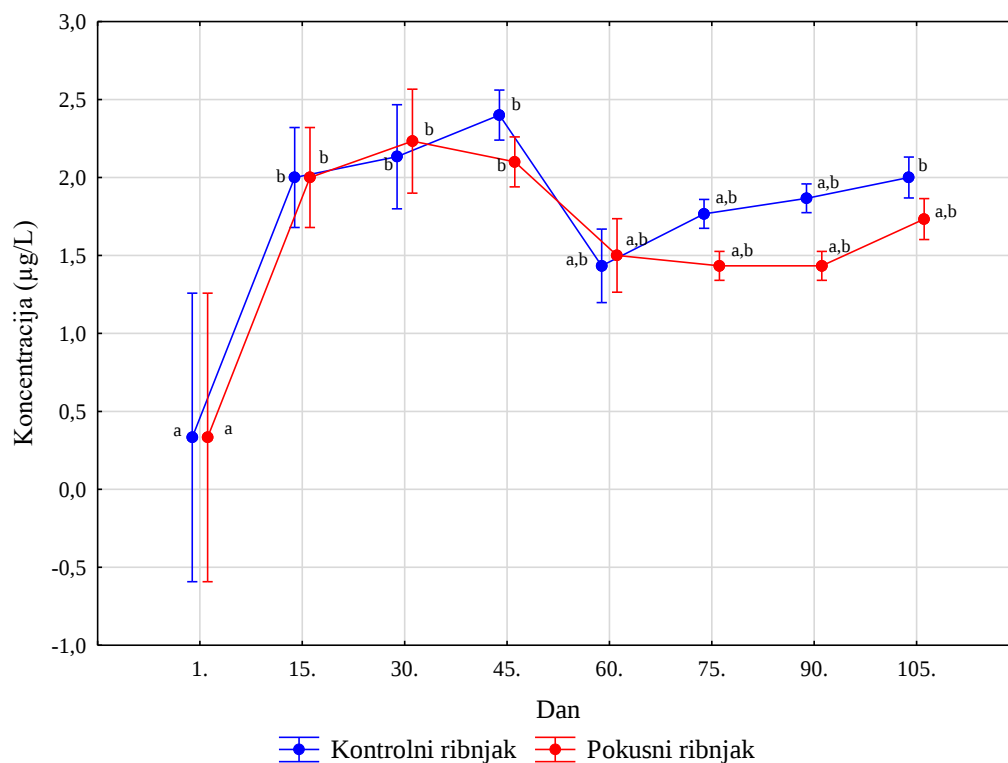
Slika 73. Koncentracija barija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c,d,e,f} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



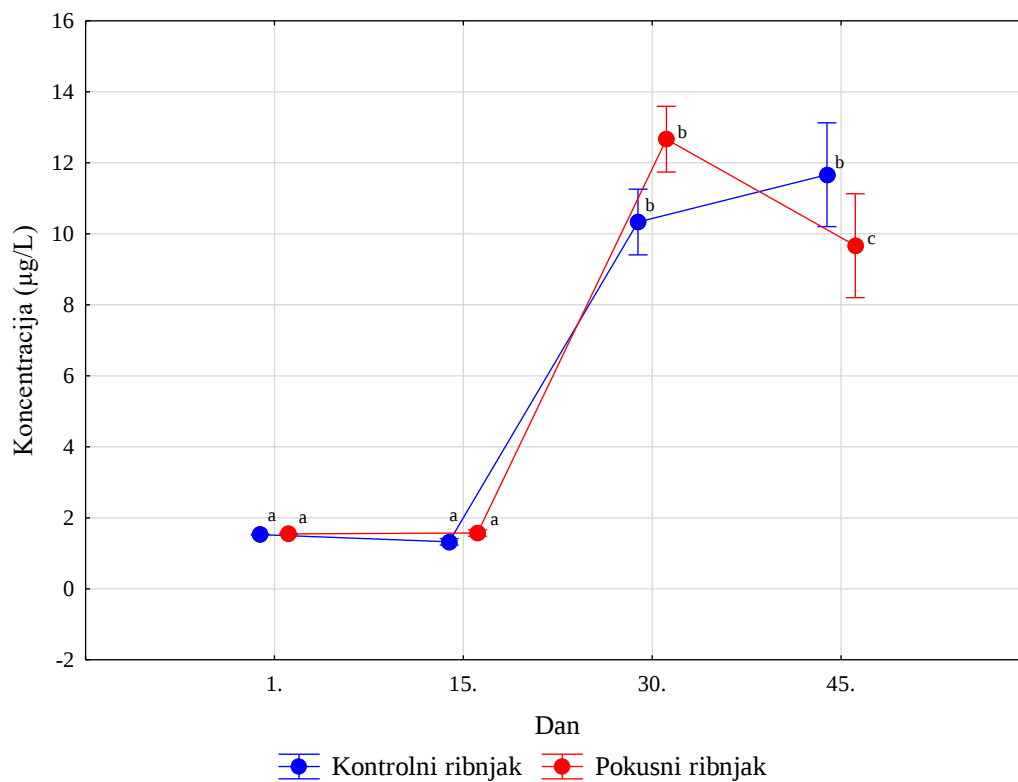
Slika 74. Koncentracija barija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c,d} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



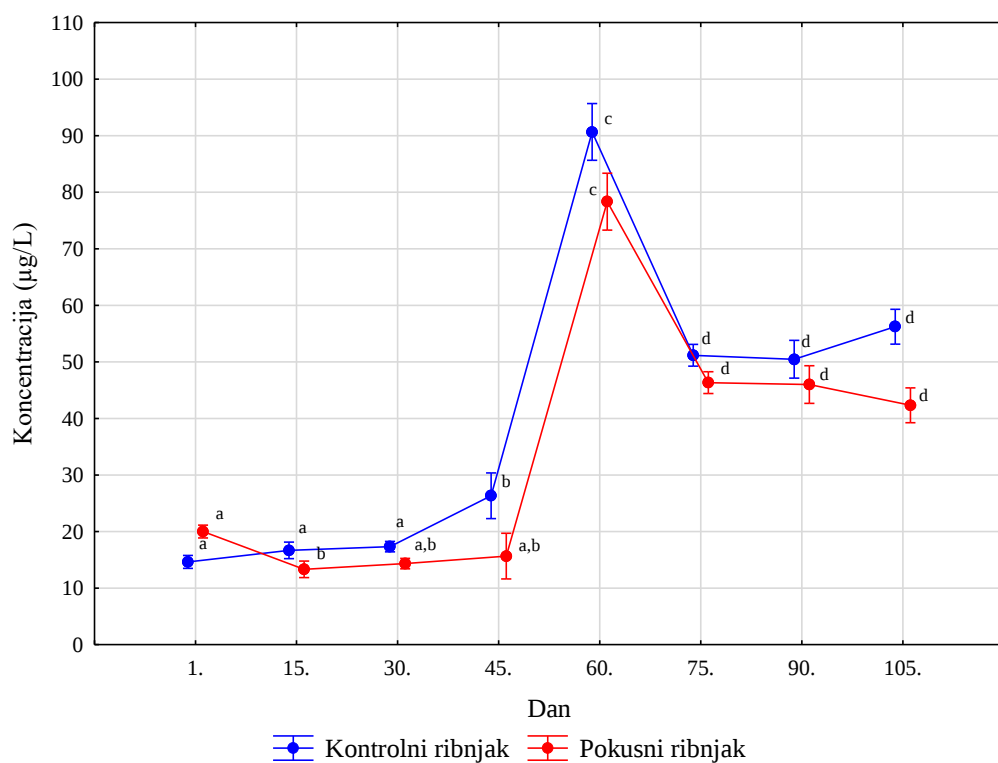
Slika 75. Koncentracija berilija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



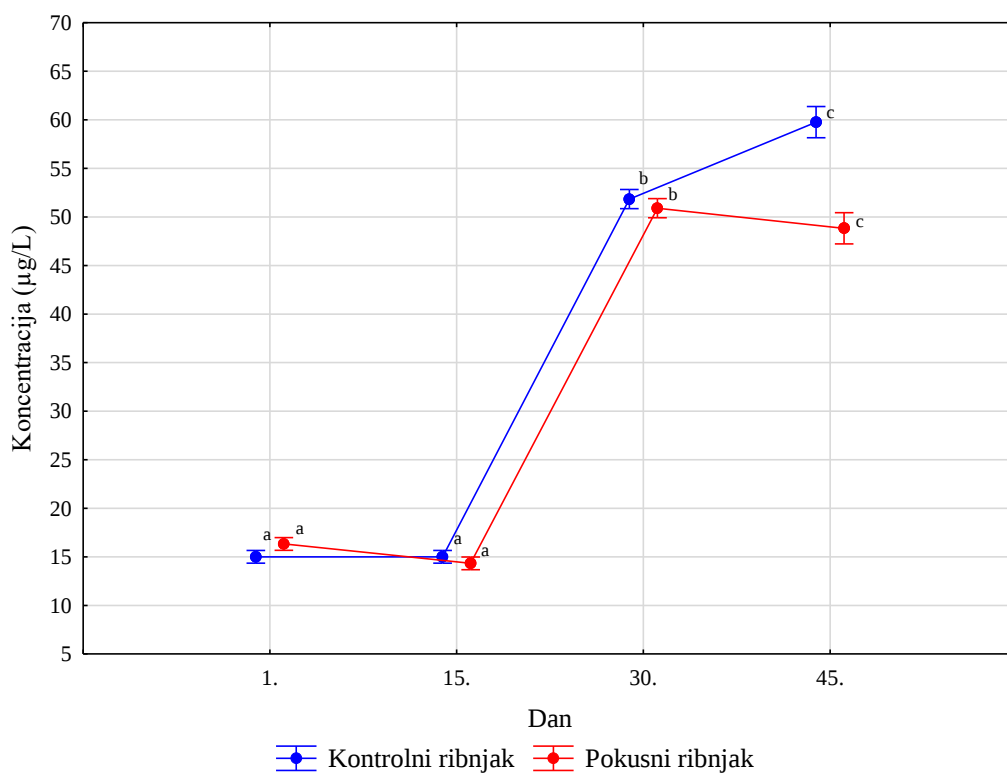
Slika 76. Koncentracija berilija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



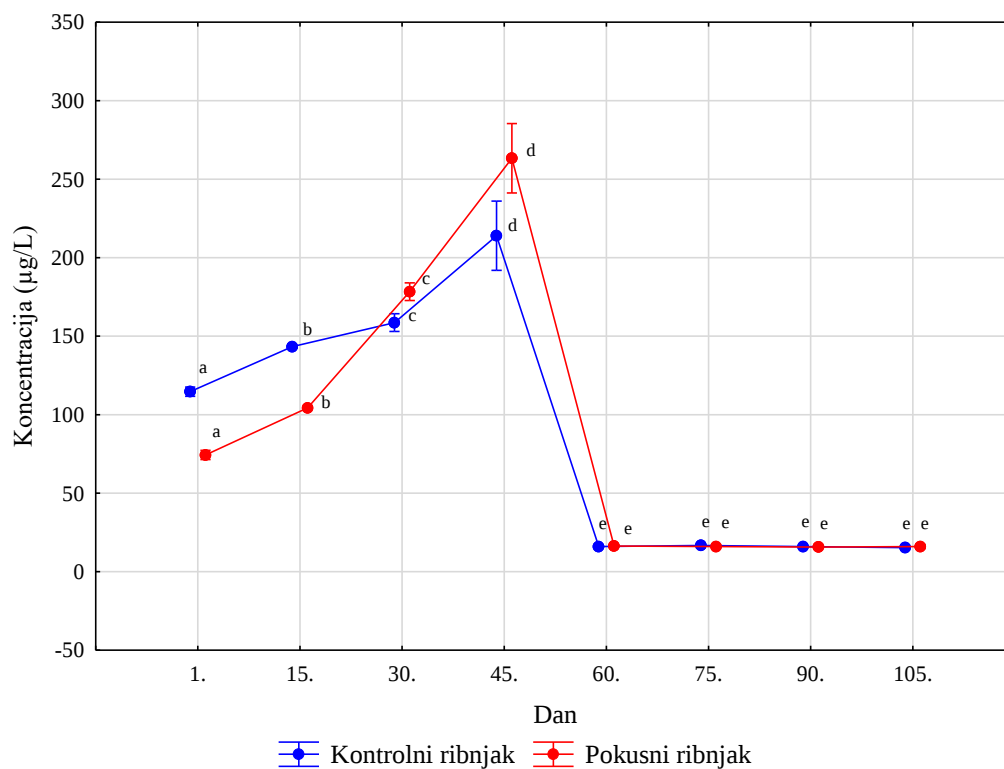
Slika 77. Koncentracija bora u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c,d} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



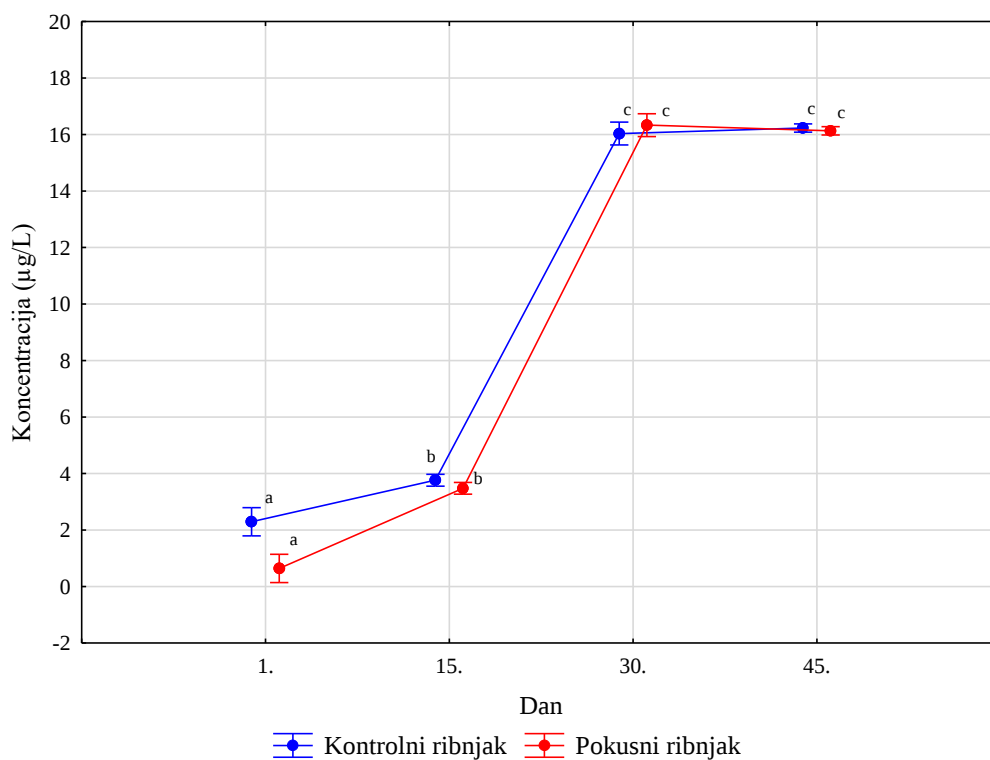
Slika 78. Koncentracija bora u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



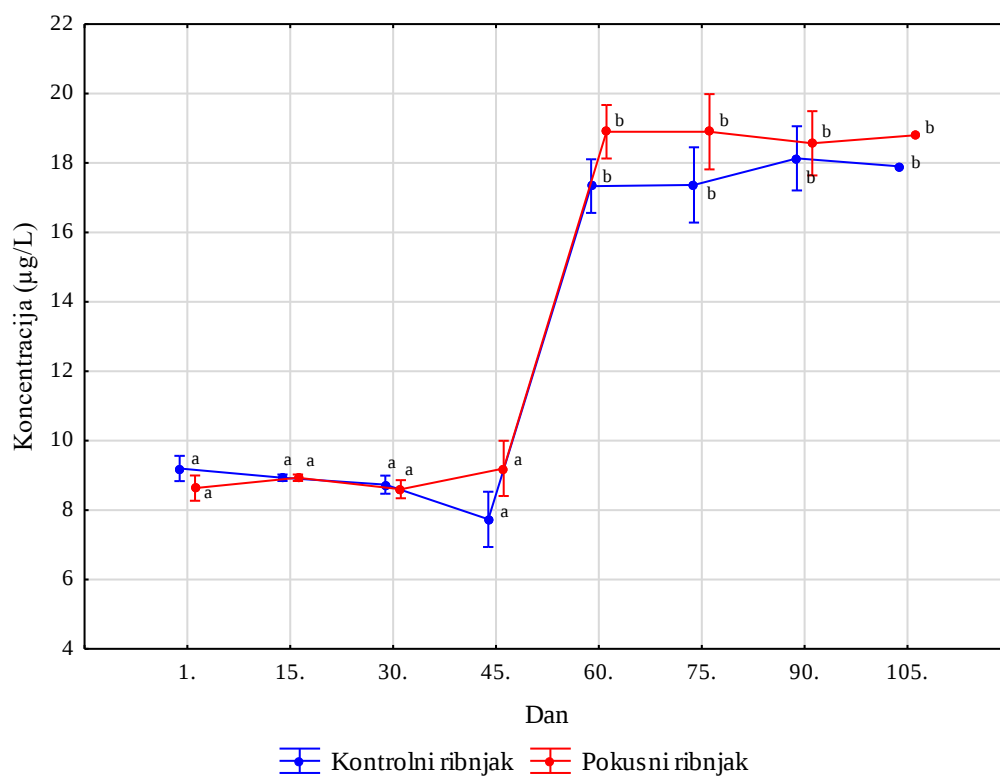
Slika 79. Koncentracija cinka u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c,d,e vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



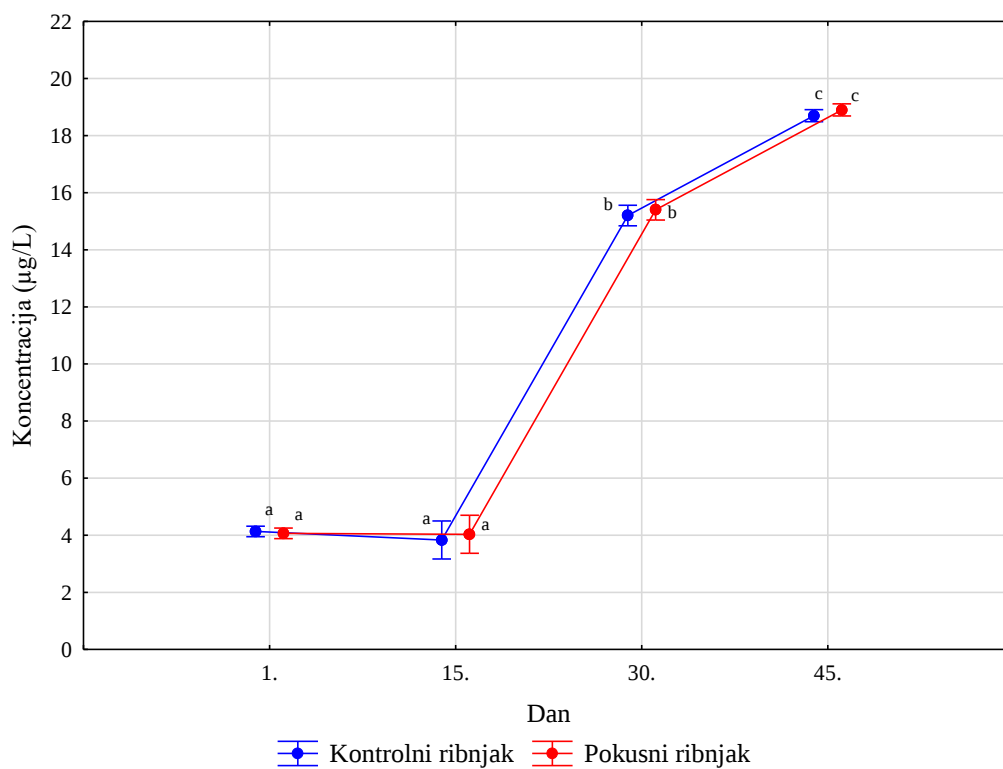
Slika 80. Koncentracija cinka u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



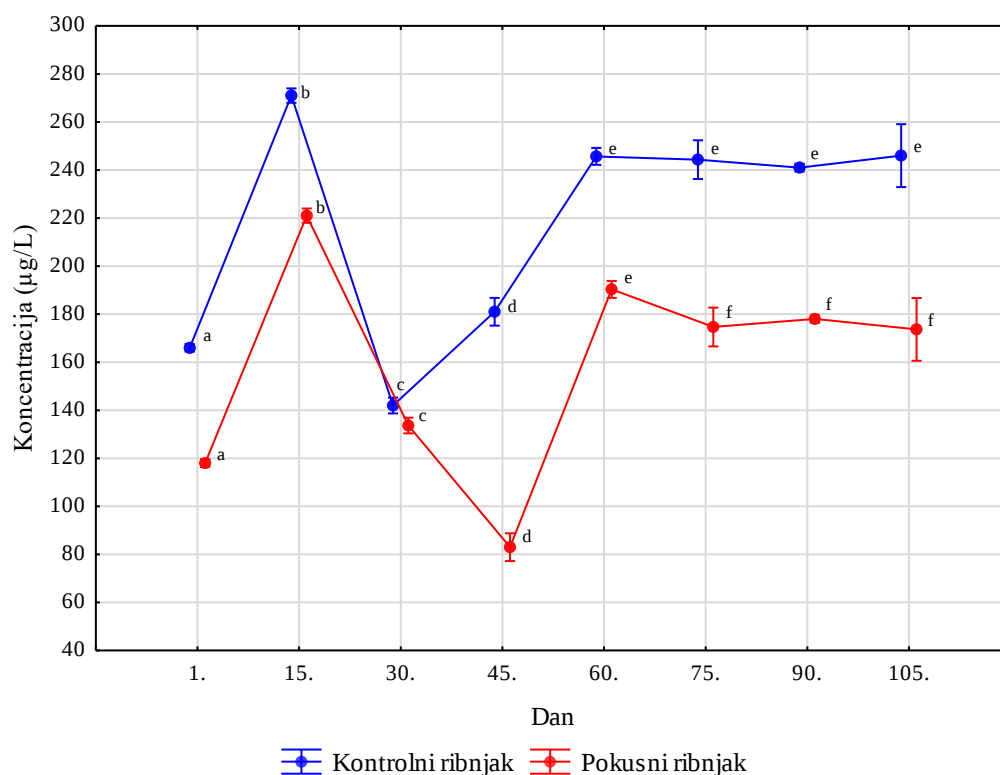
Slika 81. Koncentracija litija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti)

^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



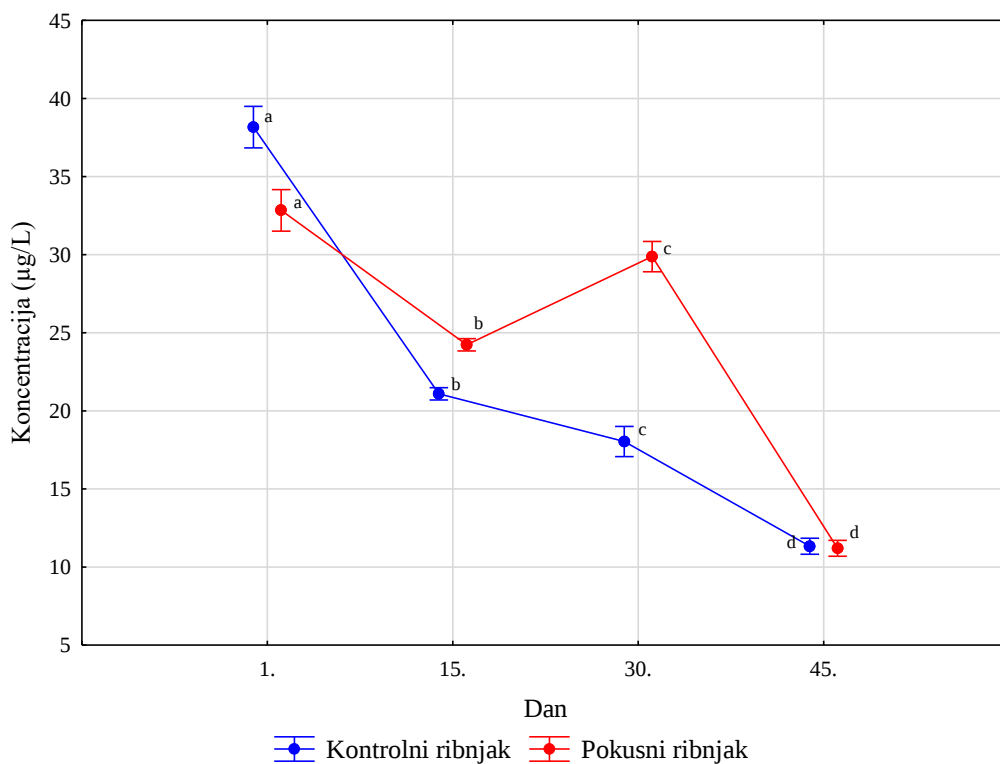
Slika 82. Koncentracija litija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



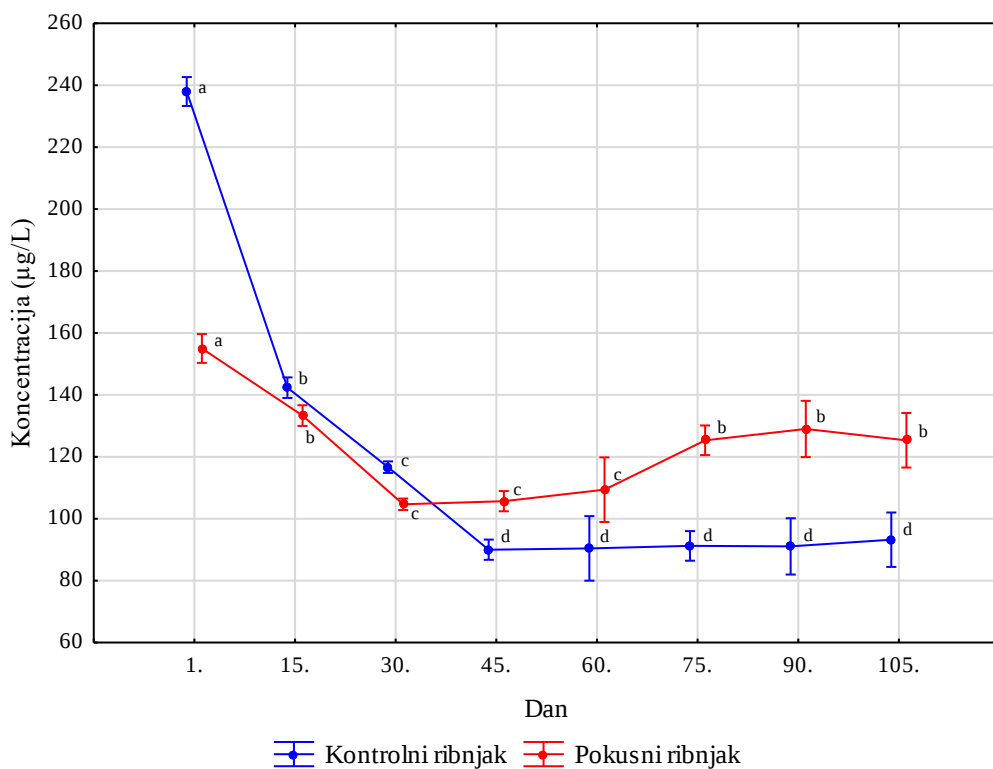
Slika 83. Koncentracija mangana u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c,d,e,f} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



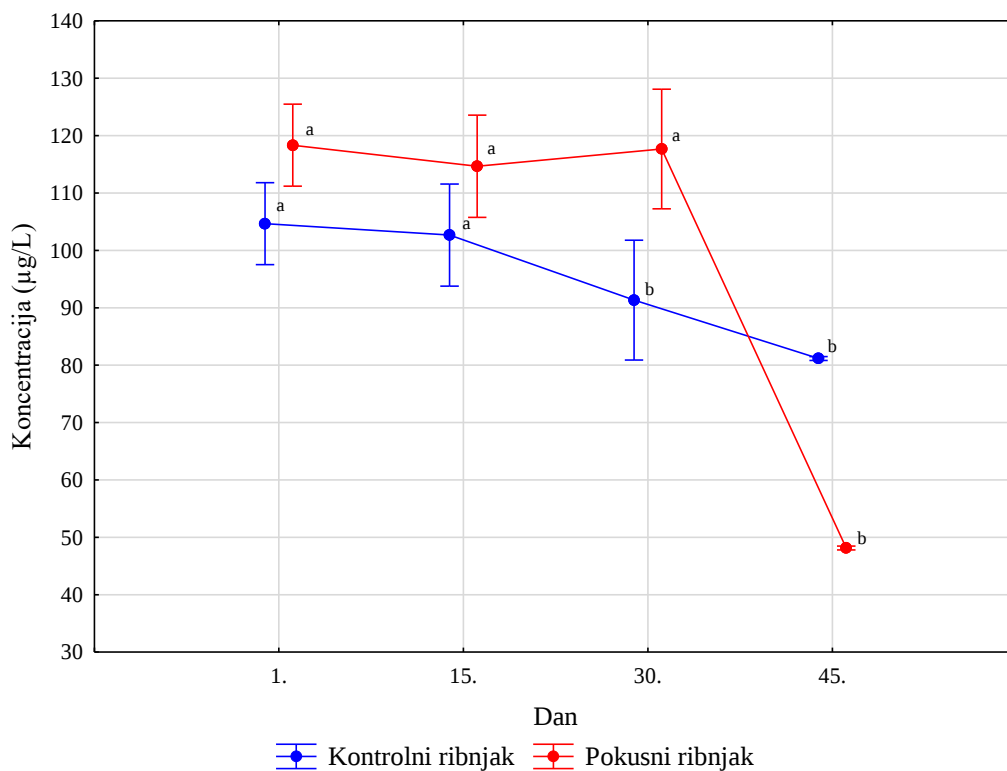
Slika 84. Koncentracija mangana u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c,d} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



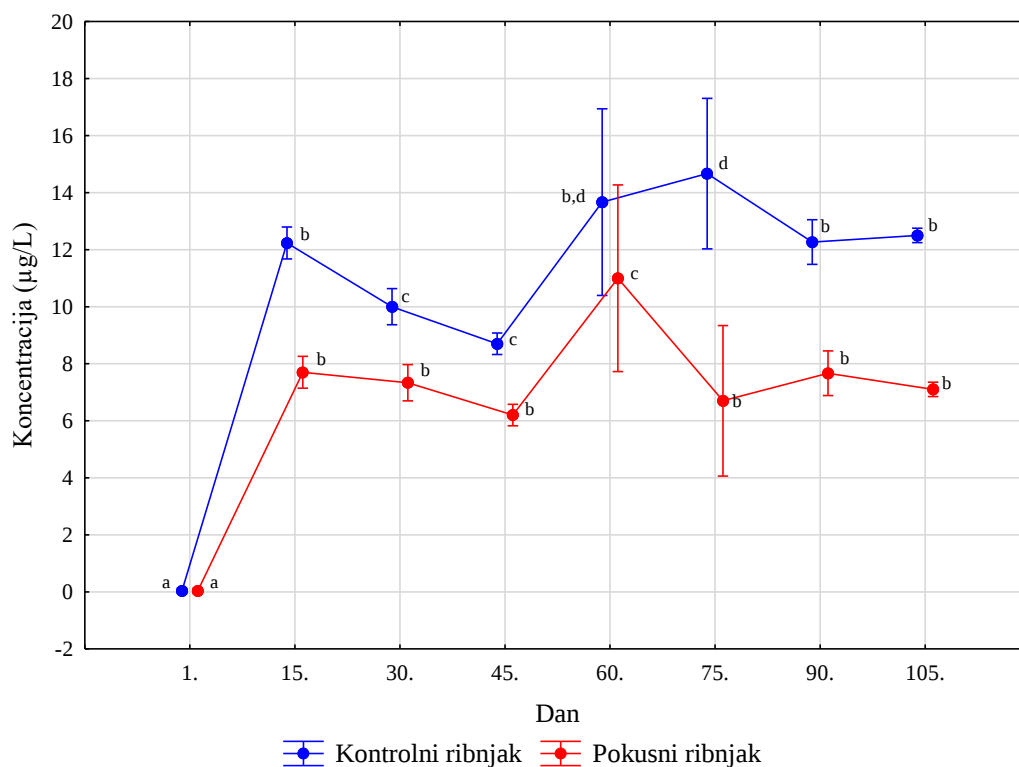
Slika 85. Koncentracija stroncija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c,d} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



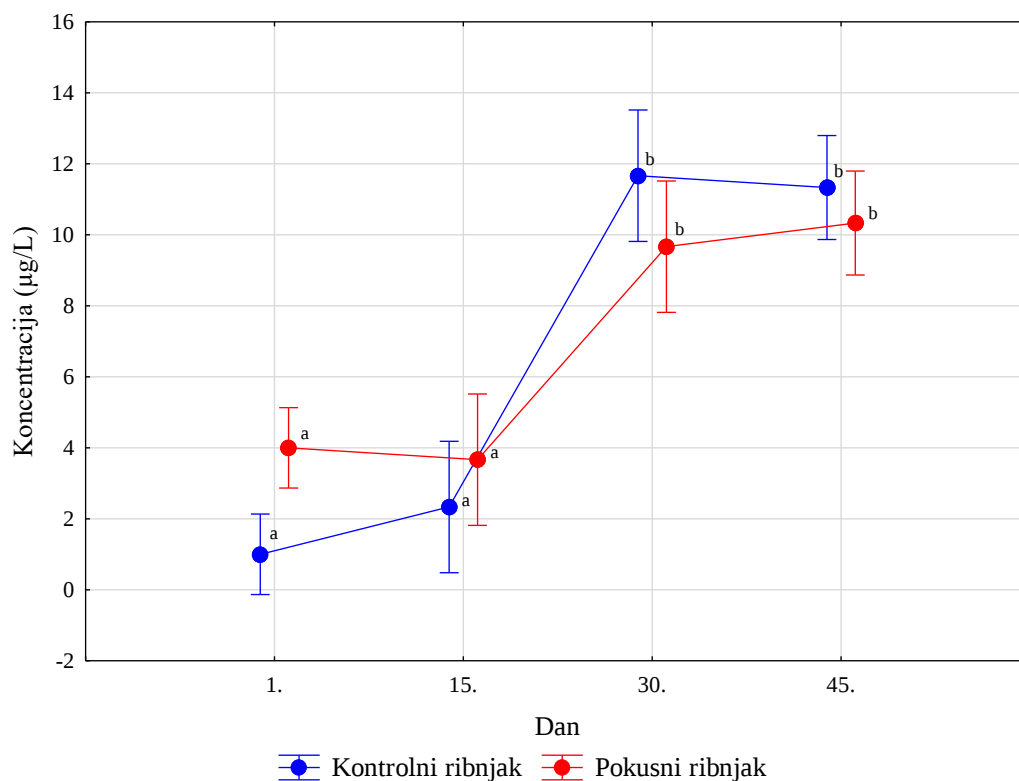
Slika 86. Koncentracija stroncija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



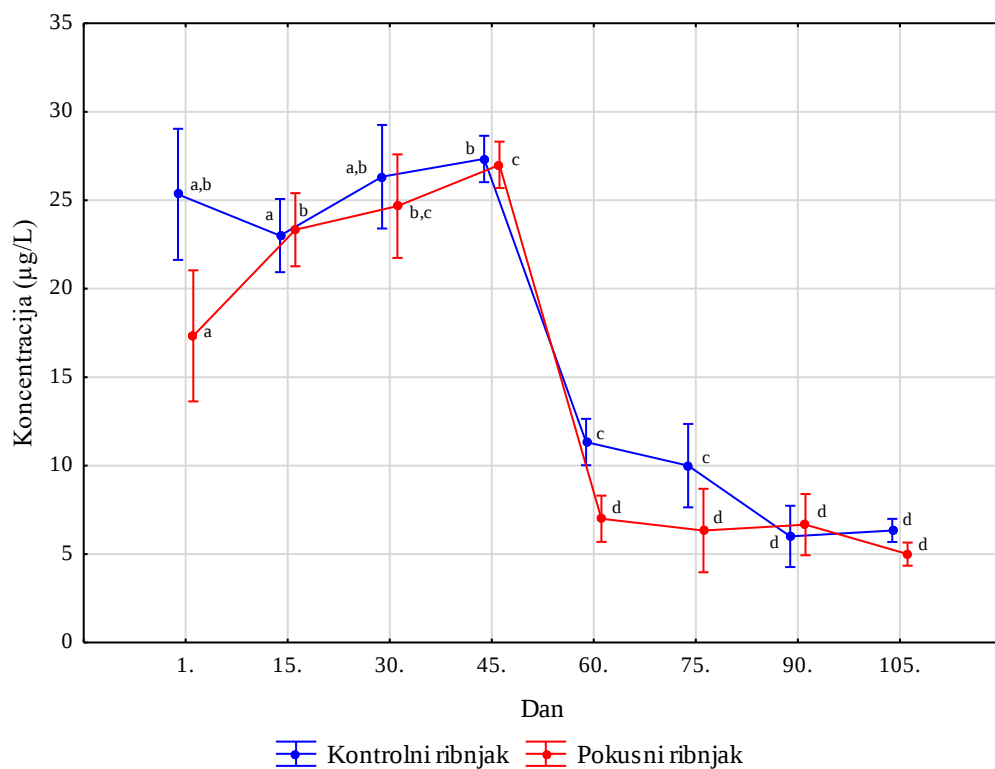
Slika 87. Koncentracija uranija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



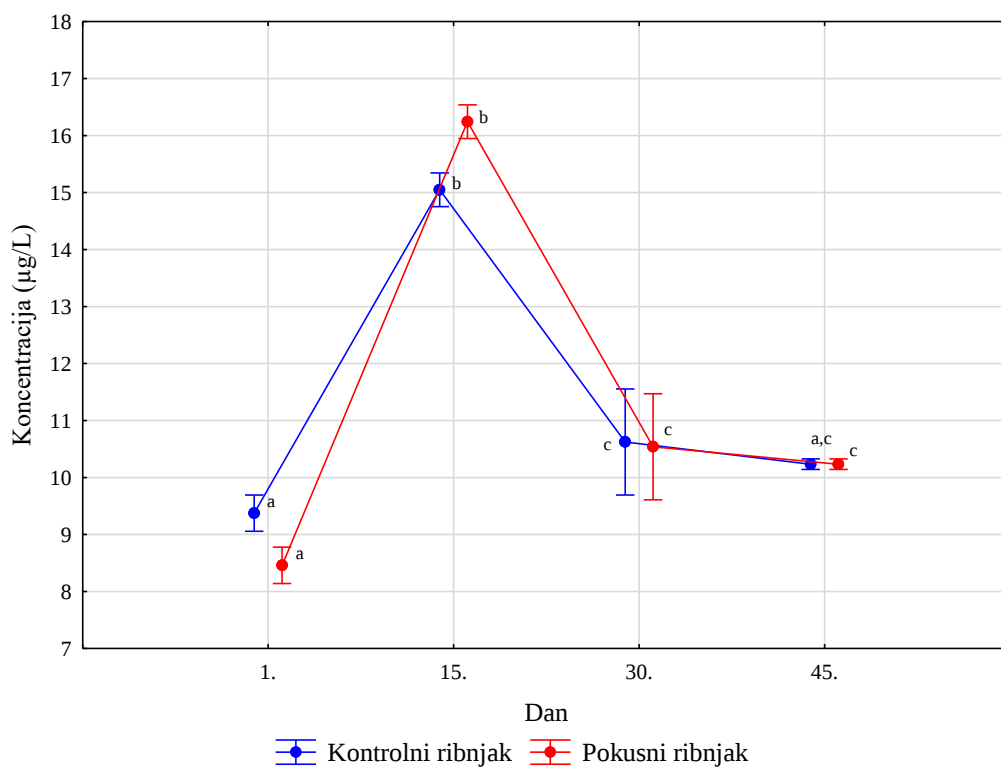
Slika 88. Koncentracija uranija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



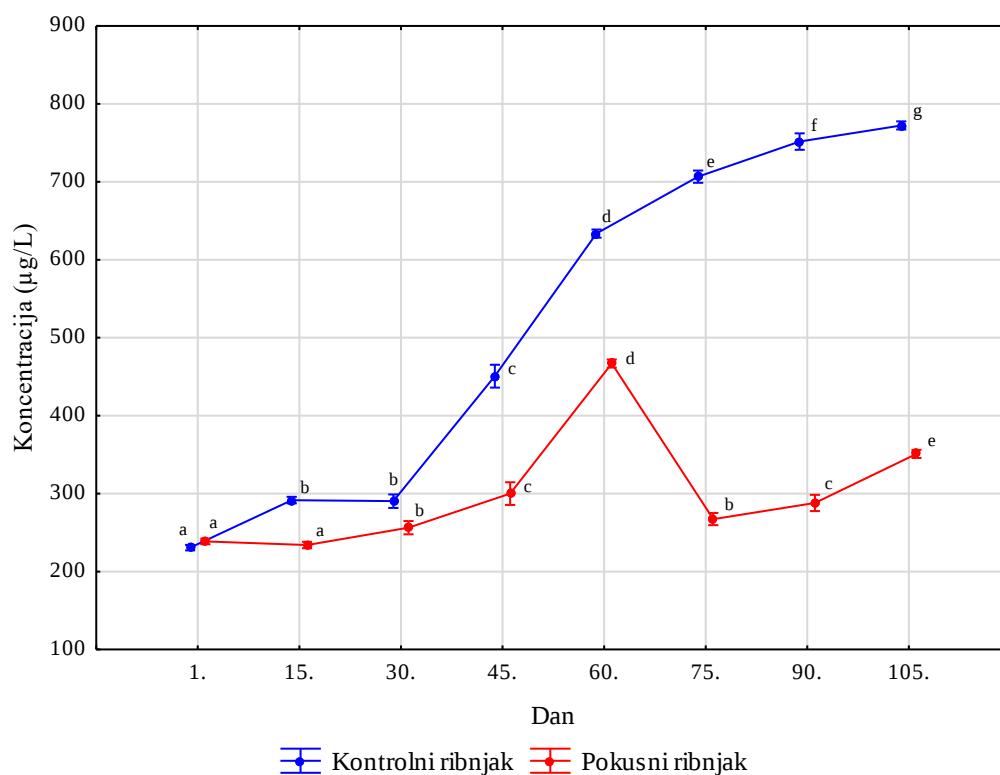
Slika 89. Koncentracija vanadija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c,d} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



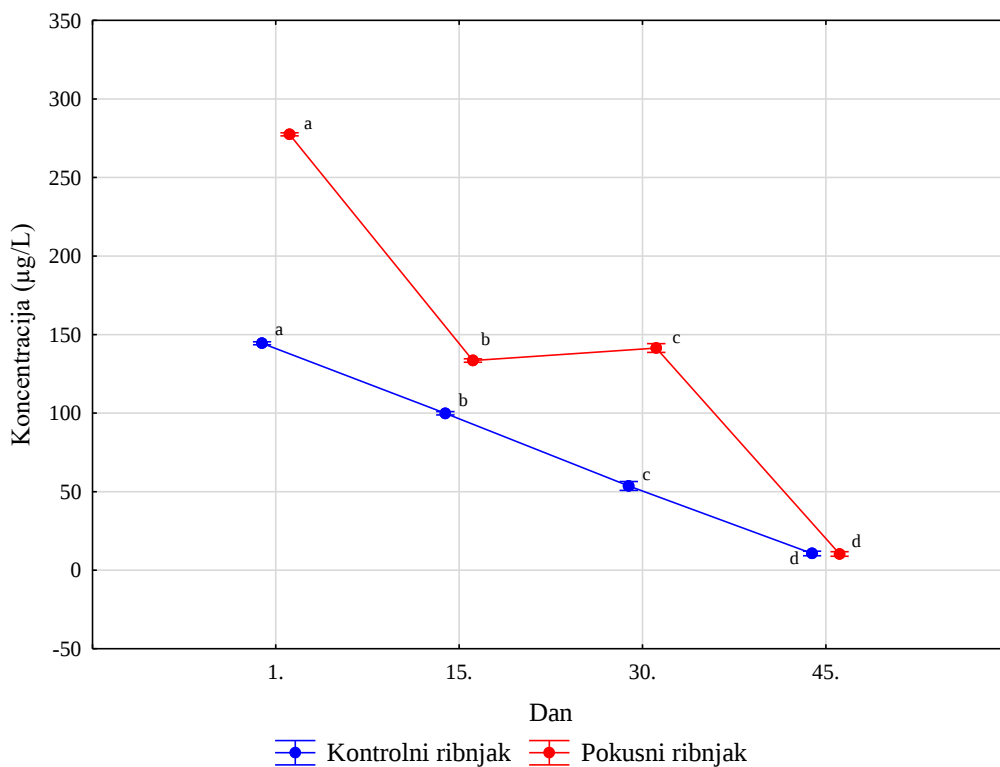
Slika 90. Koncentracija vanadija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

^{a,b,c} vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 91. Koncentracija željeza u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c,d,e,f,g vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 92. Koncentracija željeza u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

U vodi oba ribnjaka u prvom i drugom dijelu istraživanja utvrđena je prisutnost aluminija, arsena, bakra, barija, berilija, bora, cinka, litija, mangana, stroncija, uranija, vanadija i željeza, dok kadmij, kobalt, kositar, krom, nikal, olovo, selen, srebro, talij i živa nisu utvrđeni.

Koncentracije aluminija, barija, bora, litija, mangana, uranija i željeza u oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bile su značajno više ($p < 0,05$), a koncentracije arsena, cinka, stroncija i vanadija značajno niže ($p < 0,05$) na kraju istraživanja, dok se koncentracija bakra nije značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja (slike 67, 69, 71, 73, 77, 79, 81, 83, 85, 87, 89 i 91). Koncentracija berilija u kontrolnom ribnjaku bila je značajno viša ($p < 0,05$) na kraju istraživanja, dok se u pokusnom ribnjaku nije značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja (slika 75).

Koncentracije bora i željeza na početku istraživanja bile su značajno više ($p < 0,05$), a na kraju istraživanja značajno niže ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku (slike 77 i 91, tablica 9). Koncentracije arsena, berilija i uranija na početku istraživanja nisu se značajno razlikovale ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka, a na kraju istraživanja značajno niže koncentracije ($p < 0,05$) berilija i uranija utvrđene su u pokusnom ribnjaku, dok je koncentracija arsena bila značajno niža ($p < 0,05$) u kontrolnom ribnjaku (slike 69, 75 i 87, tablica 9). Koncentracije bakra i vanadija bile su značajno niže ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku i na početku i na kraju istraživanja, no koncentracije ovih metala nisu se značajno razlikovale ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka tijekom cjelokupnog razdoblja istraživanja (slike 71 i 89, tablica 9). Koncentracije aluminija, barija i mangana također su bile značajno niže ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku na početku istraživanja, isto tako i na kraju ($p < 0,05$), no razlike u završnim vrijednostima između kontrolnog i pokusnog ribnjaka bile su veće, u usporedbi s razlikama na početku istraživanja (slike 67, 73 i 83, tablica 9). Koncentracije cinka, litija i stroncija na početku istraživanja bile su značajno niže ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku, pri čemu se koncentracije cinka i litija na kraju istraživanja nisu značajno razlikovale ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka, dok je koncentracija stroncija bila značajno viša ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slike 79, 81 i 85, tablica 9).

Koncentracije aluminija, barija, mangana, stroncija i željeza u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bile su značajno više ($p < 0,05$) na početku nego na kraju istraživanja, a koncentracije arsena, bakra, berilija, bora, cinka, litija i uranija značajno više ($p < 0,05$) na kraju istraživanja. Koncentracija vanadija u kontrolnom ribnjaku nije se značajno razlikovala ($p > 0,05$) na kraju u usporedbi s početkom istraživanja, dok je u pokusnom ribnjaku bila značajno viša ($p < 0,05$) na kraju istraživanja (slike 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90 i 92, tablica 10).

Koncentracije aluminija, bora i stroncija na početku istraživanja bile su značajno više ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, a na kraju istraživanja značajno niže ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slike 68, 78 i 86, tablica 10). Koncentracije arsena, barija, berilija, uranija i željeza na početku istraživanja također su bile značajno više ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku, a na kraju istraživanja koncentracije se nisu značajno razlikovale ($p > 0,05$) između ribnjaka (slike 70, 74, 76, 88 i 92, tablica 10). Koncentracije bakra i litija nisu se značajno razlikovale ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka ni na početku niti na kraju istraživanja, dok su koncentracije cinka, mangana i vanadija na početku istraživanja bile značajno niže ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku, a na kraju istraživanja nije bilo značajnih razlika ($p > 0,05$) između ribnjaka (slike 72, 80, 82, 84 i 90, tablica 10).

Tablica 9. Značajnosti razlika u vrijednostima fizikalno-kemijskih pokazatelja kvalitete vode između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja

Pokazatelj	Dan							
	1.	15.	30.	45.	60.	75.	90.	105.
	p-vrijednost							
Temperatura	0,000	0,000	0,008	0,148	0,744	0,000	0,313	0,673
pH-vrijednost	0,609	0,815	0,199	0,507	0,326	0,002	0,004	0,614
Alkalitet	0,004	0,006	0,006	0,121	0,000	0,827	0,000	0,000
Suspendirana tvar	0,008	0,001	0,000	0,001	0,459	0,000	0,000	0,000
Taloživa tvar	0,678	0,024	0,678	0,374	0,000	0,115	0,000	0,000
Isparni ostatak	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KPK	0,065	0,205	0,000	0,678	0,000	0,000	0,002	0,005
Utrošak KMnO₄	0,003	0,000	0,652	0,004	0,008	0,000	0,000	0,000
BPK₅	1,000	0,001	0,003	0,016	0,830	0,005	0,000	0,778
Otopljeni kisik	0,001	0,002	0,285	0,003	0,000	0,001	0,000	0,709
Zasićenje kisikom	0,000	0,063	0,038	0,002	0,000	0,000	0,007	0,001
Amonij	0,519	1,000	0,067	0,067	0,184	0,135	0,021	0,001
Nitrati	0,561	0,015	0,061	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001
Ukupni dušik	0,065	0,001	0,000	0,000	0,059	0,000	0,001	0,370
Ukupni fosfor	1,000	0,067	0,000	0,084	0,000	0,000	0,000	0,003
Kalcij	0,643	0,005	0,048	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000
Magnezij	0,005	0,002	0,054	0,000	0,002	0,000	0,002	0,035
Natrij	0,155	0,056	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014
Kalij	0,374	0,008	0,005	0,015	0,552	0,065	0,034	0,001
Kloridi	0,815	0,047	0,003	0,002	0,001	0,000	0,002	0,000
Sulfati	0,116	0,016	0,001	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000
Fluoridi	1,000	1,000	0,067	0,024	0,148	0,006	0,000	0,001
Bromidi	1,000	1,000	1,000	0,101	0,678	0,678	0,101	0,101
Ortofosfati	1,000	1,000	0,000	0,116	0,008	0,374	0,013	0,003
Ulja i masti	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001
Ukupni ugljikovodici	1,000	1,000	1,000	1,000	0,101	0,005	0,002	0,021
Fenoli	0,827	0,021	0,040	0,004	0,288	0,000	0,003	0,397
Aluminij	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Arsen	0,386	0,896	0,007	0,006	0,034	0,001	0,002	0,004
Bakar	0,003	0,000	0,000	0,030	0,092	0,000	0,000	0,000
Barij	0,000	0,081	0,692	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Berilij	1,000	1,000	0,588	0,021	0,609	0,002	0,001	0,016
Bor	0,001	0,011	0,003	0,007	0,009	0,008	0,058	0,001
Cink	0,000	0,000	0,002	0,012	0,374	0,374	0,374	0,374
Litij	0,038	1,000	0,374	0,022	0,016	0,050	0,410	1,000
Mangan	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Stroncij	0,000	0,006	0,000	0,001	0,023	0,000	0,001	0,002
Uranij	1,000	0,000	0,001	0,000	0,185	0,004	0,000	0,000
Vanadij	0,013	0,768	0,326	0,643	0,003	0,038	0,492	0,016
Željezo	0,011	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

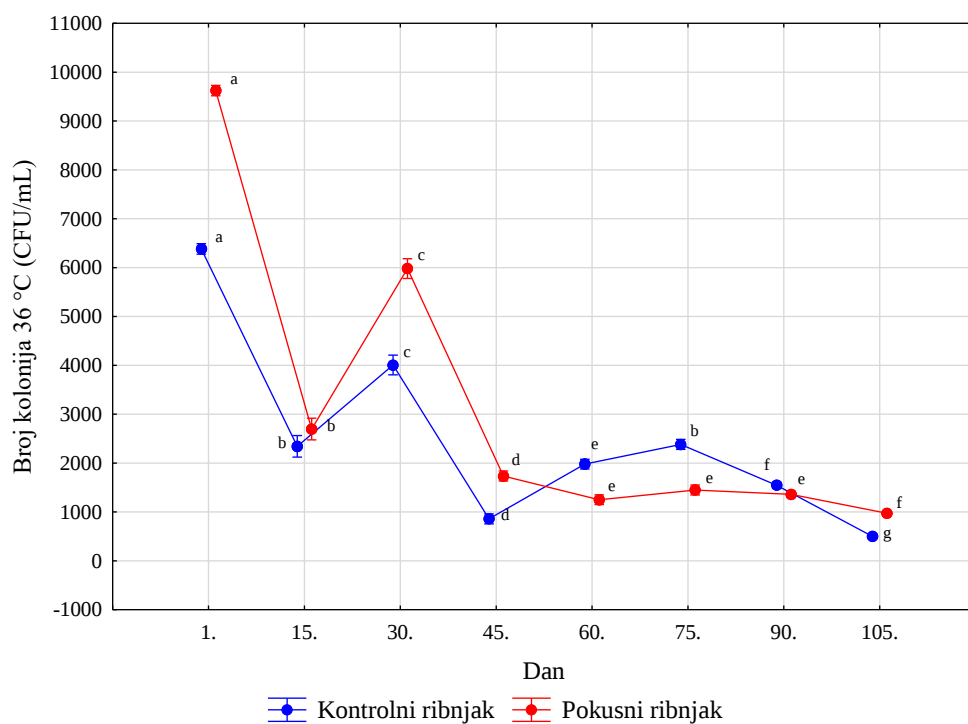
KPK – kemijka potrošnja kisika, BPK₅ – biokemijka potrošnja kisika tijekom 5 dana

Tablica 10. Značajnosti razlika u vrijednostima fizikalno-kemijskih pokazatelja kvalitete vode između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja

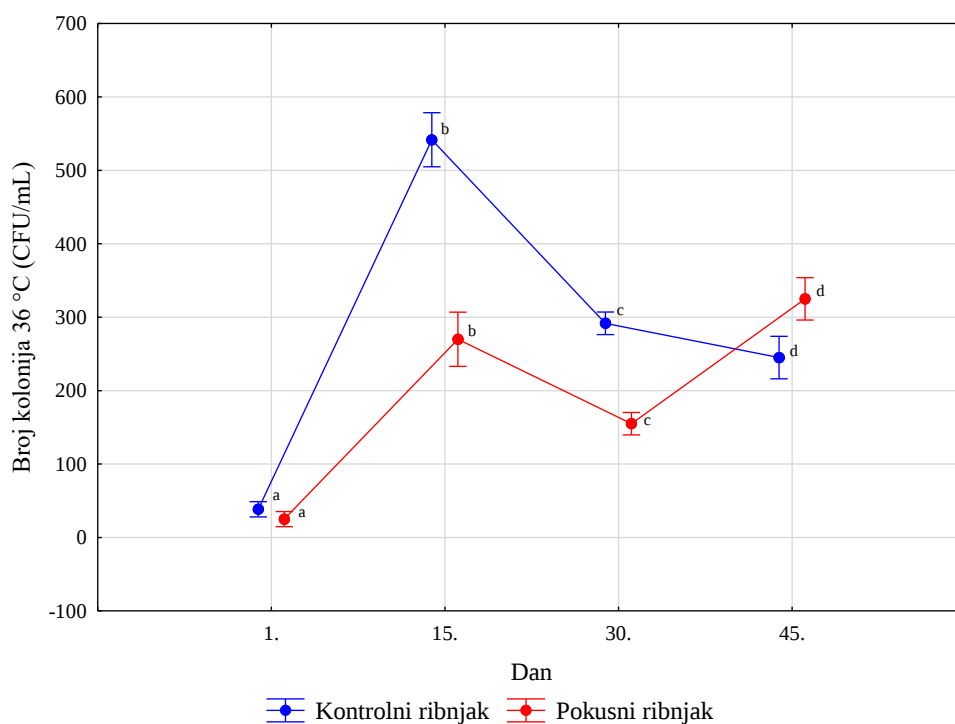
Pokazatelj	Dan			
	1.	15.	30.	45.
	p-vrijednost			
Temperatura	0,780	0,047	0,336	0,406
pH-vrijednost	0,277	0,468	0,442	0,152
Alkalitet	0,000	0,002	0,003	0,001
Suspendirana tvar	1,000	0,013	0,042	0,008
Taloživa tvar	0,067	0,001	0,678	0,374
Isparni ostatak	0,000	1,000	0,027	0,424
Utrošak KMnO₄	0,000	0,000	0,000	0,000
BPK₅	0,288	0,003	0,000	0,057
Otopljeni kisik	0,012	0,220	0,600	0,006
Zasićenjekisikom	0,027	0,012	0,002	0,000
Nitriti	0,897	1,000	0,172	0,008
Nitrati	0,002	0,315	0,003	0,682
Ukupni dušik	0,000	0,798	0,001	0,136
Ukupni fosfor	0,096	0,001	0,108	0,007
Kalcij	0,000	0,000	0,000	0,000
Magnezij	0,604	0,492	0,561	0,116
Natrij	0,002	0,001	0,001	0,000
Kalij	0,008	0,001	0,008	0,000
Kloridi	0,050	0,003	0,002	0,000
Sulfati	0,001	0,249	0,001	0,000
Fluoridi	0,135	0,116	0,519	0,374
Ulja i masti	0,002	0,000	0,000	0,005
Ukupni ugljikovodici	0,025	0,374	0,492	0,038
Fenoli	0,169	0,001	0,732	0,228
Aluminij	0,000	0,000	0,000	0,001
Arsen	0,000	0,590	0,149	0,930
Bakar	0,795	0,768	0,851	0,230
Barij	0,000	0,001	0,000	0,233
Berilij	0,033	0,006	0,008	0,055
Bor	0,016	0,116	0,136	0,000
Cink	0,003	0,054	0,218	0,251
Litij	0,519	0,588	0,335	0,133
Mangan	0,001	0,000	0,000	0,636
Stroncij	0,020	0,057	0,008	0,000
Uranij	0,007	0,230	0,101	0,251
Vanadij	0,005	0,001	0,868	1,000
Željezo	0,000	0,000	0,000	0,678

BPK₅ – biokemijska potrošnja kisika tijekom pet dana

5. 3. Mikrobiološki pokazatelji kvalitete vode

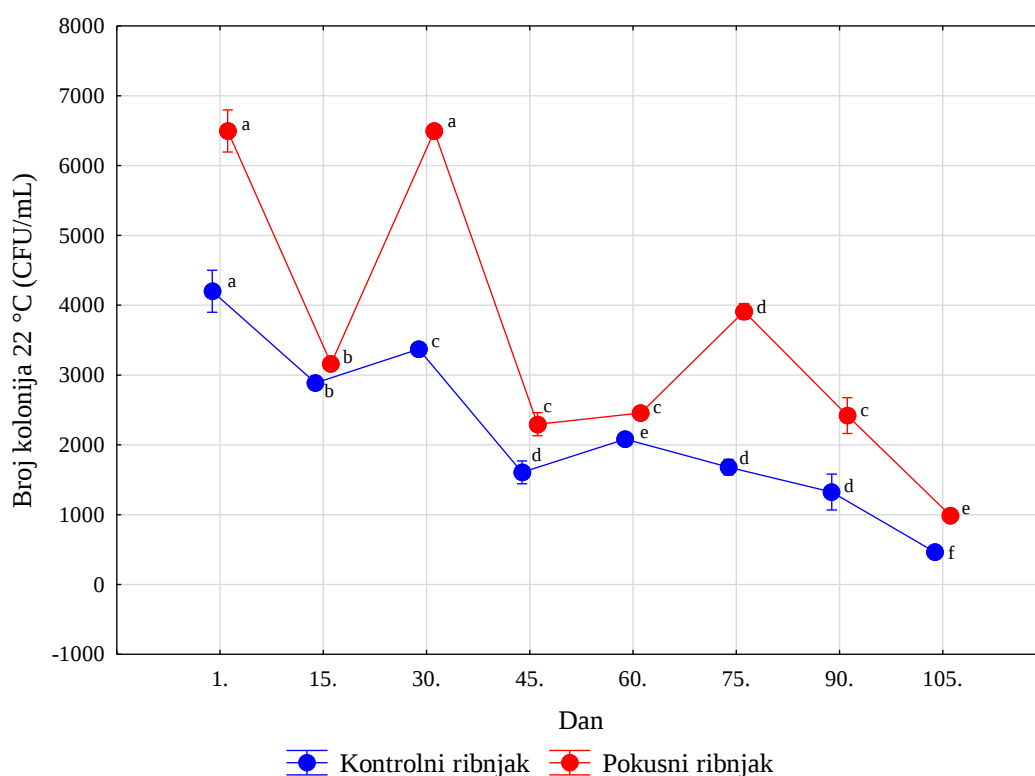


Slika 93. Ukupni broj bakterijskih kolonija na temperaturi od 36 °C u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).
a,b,c,d,e,f,g vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

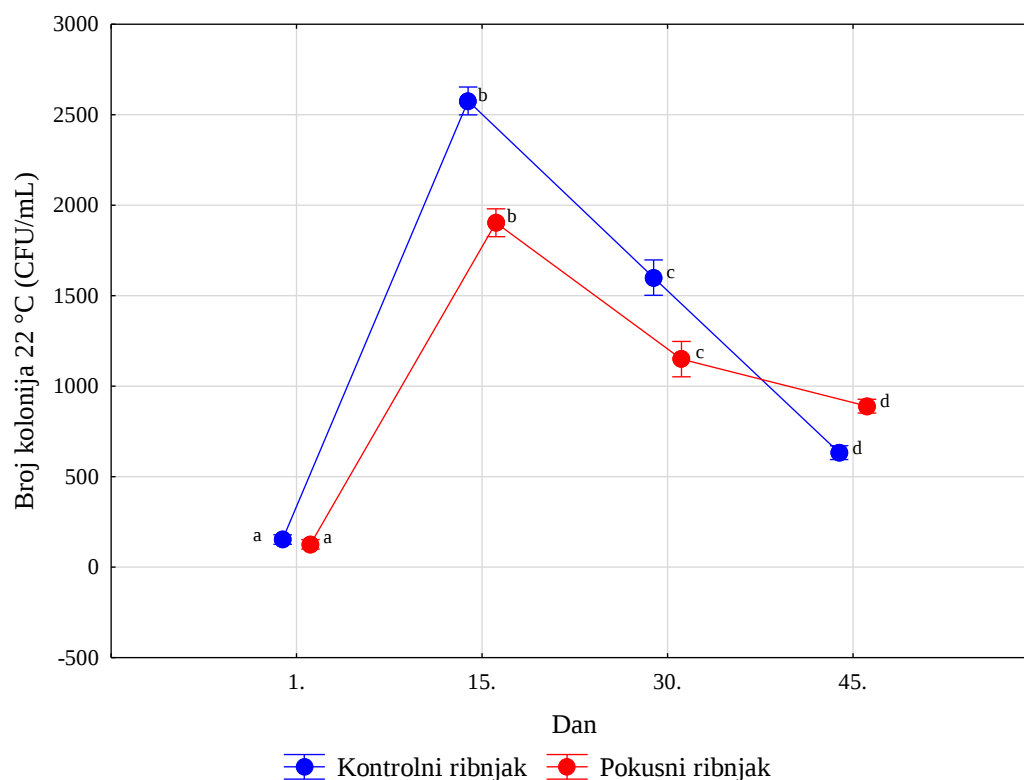


Slika 94. Ukupni broj bakterijskih kolonija na temperaturi od 36 °C u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).
a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Ukupni broj bakterijskih kolonija na temperaturi od 36 °C u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bio je značajno manji ($p<0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Broj bakterijskih kolonija na početku istraživanja bio je značajno veći ($p<0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, isto tako i na kraju ($p<0,05$), iako je u drugoj polovici istraživanja značajno veći broj ($p<0,05$) utvrđen u kontrolnom ribnjaku (slika 93, tablica 11). Broj bakterijskih kolonija u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bio je značajno veći ($p<0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Broj bakterijskih kolonija na početku istraživanja nije se značajno razlikovao ($p>0,05$) između ribnjaka, sredinom istraživanja bio je značajno manji ($p<0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, a na kraju istraživanja značajno veći ($p<0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 94, tablica 12).

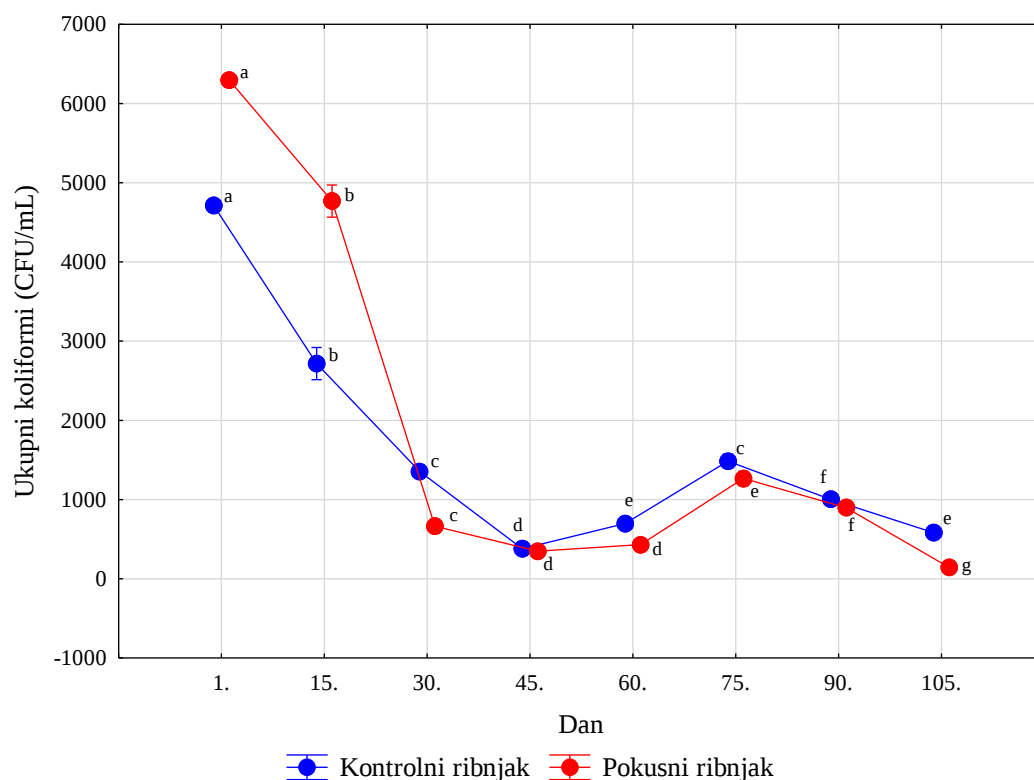


Slika 95. Ukupni broj bakterijskih kolonija na temperaturi od 22 °C u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).
a,b,c,d,e,f vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p<0,05$)



Slika 96. Ukupni broj bakterijskih kolonija na temperaturi od 22 °C u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).
a,b,c,d vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Ukupni broj bakterijskih kolonija na temperaturi od 22 °C u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bio je značajno manji ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Broj bakterijskih kolonija tijekom cjelokupnog prvog dijela istraživanja bio je značajno veći ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, no razlike u vrijednostima tijekom svih dana istraživanja nisu bile iste (slika 95, tablica 11). Broj bakterijskih kolonija u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bio je značajno veći ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Broj bakterijskih kolonija na početku istraživanja nije se značajno razlikovao ($p > 0,05$) između kontrolnog i pokusnog ribnjaka, sredinom istraživanja bio je značajno manji ($p < 0,05$), a na kraju istraživanja značajno veći ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 96, tablica 12).



Slika 97. Broj ukupnih koliforma u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c,d,e,f,g vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Broj ukupnih koliforma u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bio je značajno manji ($p < 0,05$) na kraju nego na početku istraživanja. Broj ukupnih koliforma na početku istraživanja bio je značajno veći ($p < 0,05$), a na kraju istraživanja značajno manji ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku (slika 97, tablica 11). Broj ukupnih koliforma u vodi ribnjaka u drugom dijelu istraživanja nije određivan.

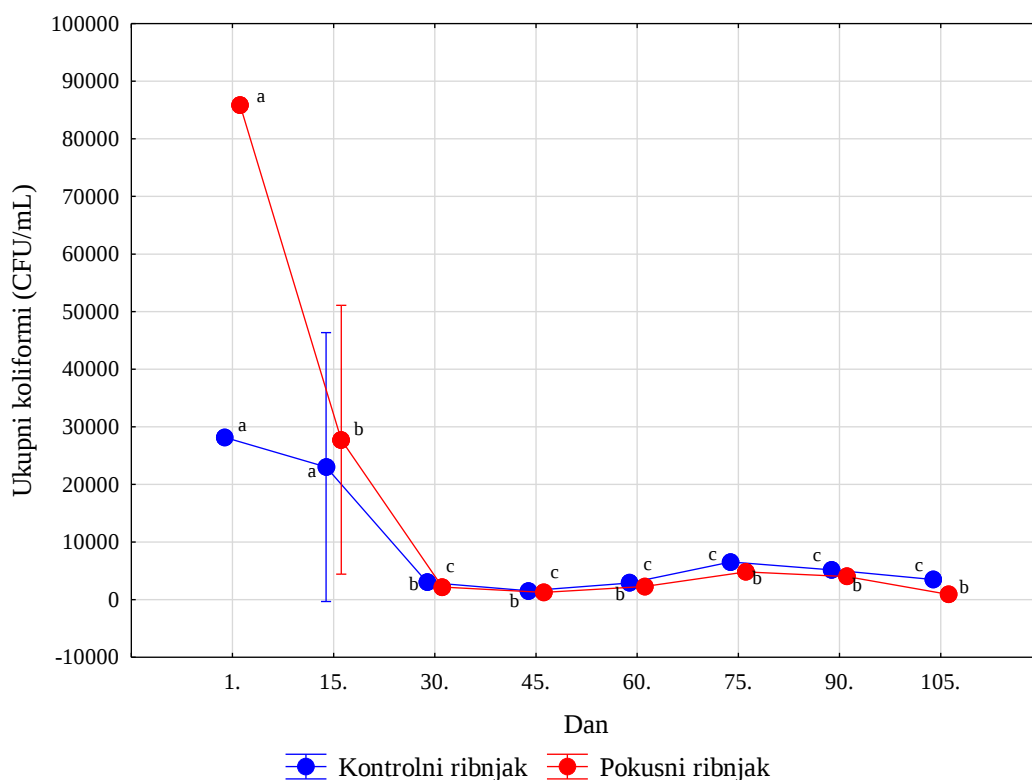
Tablica 11. Značajnosti razlika u vrijednostima mikrobioloških pokazatelja kvalitete vode između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja

Pokazatelj	Dan							
	1.	15.	30.	45.	60.	75.	90.	105.
	p-vrijednost							
Ukupan broj bakterijskih kolonija na 36 °C	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000
Ukupan broj bakterijskih kolonija na 22 °C	0,000	0,004	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
Ukupni koliformi	0,000	0,000	0,000	0,062	0,000	0,009	0,007	0,000

Tablica 12. Značajnosti razlika u vrijednostima mikrobioloških pokazatelja kvalitete vode između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u drugom dijelu istraživanja

Pokazatelj	Dan			
	1.	15.	30.	45.
	p-vrijednost			
Ukupan broj bakterijskih kolonija na 36 °C	0,065	0,000	0,000	0,006
Ukupan broj bakterijskih kolonija na 22 °C	0,118	0,000	0,001	0,000

5. 4. Mikrobiološki pokazatelji kvalitete sedimenta



Slika 98. Broj ukupnih koliforma u sedimentu kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

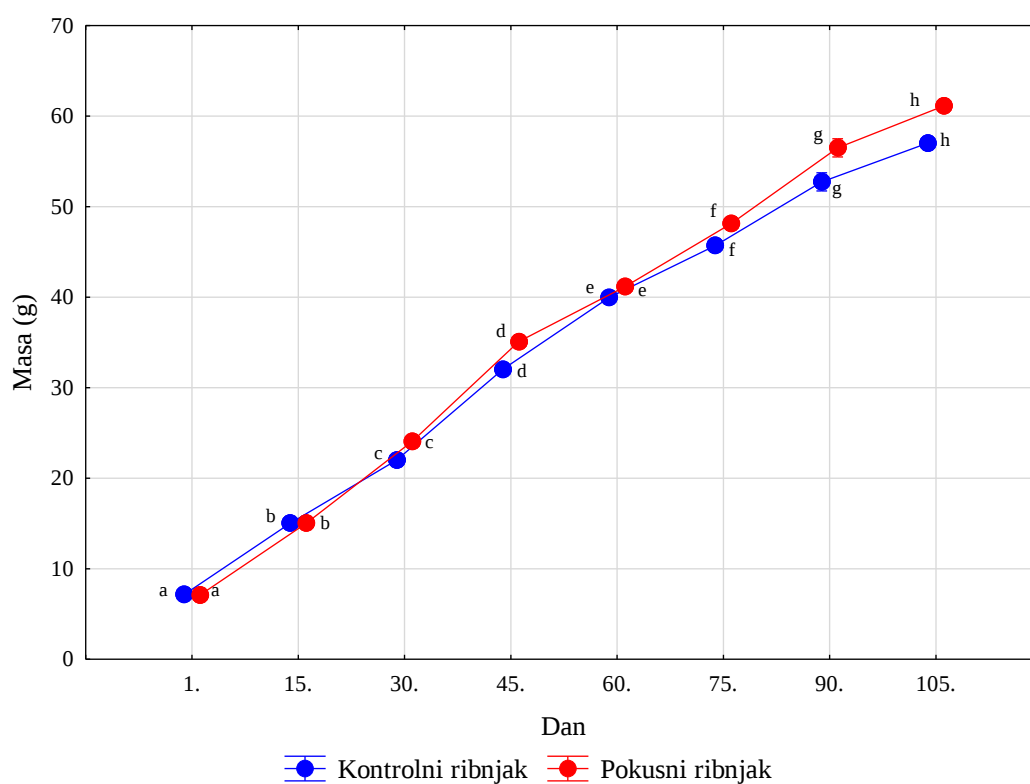
Broj ukupnih koliforma u sedimentu oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja značajno se smanjio ($p < 0,05$) nakon 15. dana istraživanja i nije se značajno razlikovao ($p > 0,05$) do kraja istraživanja. Broj ukupnih koliforma na početku istraživanja bio je značajno veći ($p < 0,05$), a sredinom i na kraju istraživanja značajno manji ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom

ribnjaku (slika 98, tablica 13). Broj ukupnih koliforma u sedimentu ribnjaka u drugom dijelu istraživanja nije određivan.

Tablica 13. Značajnosti razlika u broju ukupnih koliforma u sedimentu između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja

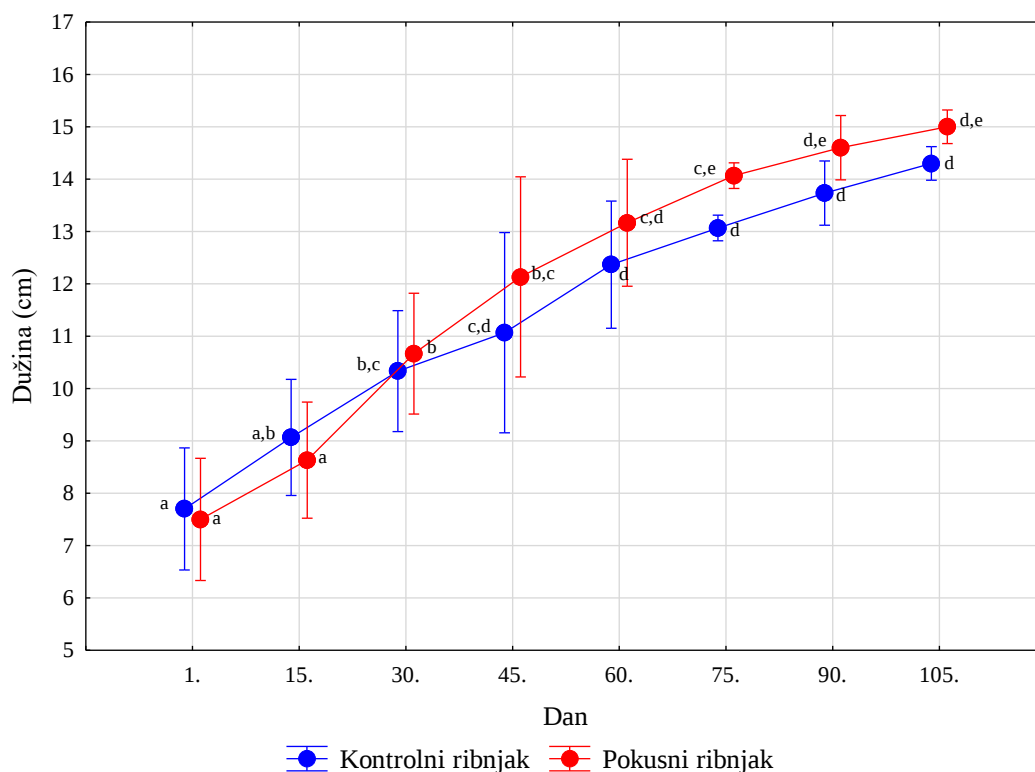
Pokazatelj	Dan							
	1.	15.	30.	45.	60.	75.	90.	105.
	p-vrijednost							
Ukupni koliformi	0,000	0,711	0,008	0,006	0,007	0,000	0,000	0,000

5. 5. Masa i dužina ribe



Slika 99. Masa ribe u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c,d,e,f,g,h vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)



Slika 100. Dužina ribe u kontrolnom i pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja (arit. sred. $\pm$ 95%-tne granice pouzdanosti).

a,b,c,d,e vrijednosti unutar istog ribnjaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

Masa ribe u oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja značajno se povećavala ($p < 0,05$) s danima istraživanja, no od 30. dana do kraja istraživanja bila je značajno veća ($p < 0,05$) u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku (slika 99, tablica 14). Dužina ribe u oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja također se povećavala s danima istraživanja, a na kraju istraživanja bila je značajno veća ($p < 0,05$) u pokusnom ribnjaku (slika 100, tablica 14). U drugom dijelu istraživanja masa i dužina ribe nisu mjerene.

Tablica 14. Značajnosti razlika u masi i dužini ribe između kontrolnog i pokusnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja

Pokazatelj	Dan							
	1.	15.	30.	45.	60.	75.	90.	105.
	p-vrijednost							
Masa	0,725	1,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
Dužina	0,753	0,486	0,601	0,335	0,265	0,001	0,050	0,013

5. 6. Povezanosti između istraživanih pokazatelja

Povezanosti između pojedinih pokazatelja prikazane su u tablicama 15 – 29.

Legenda:

M – mutnoća vode, T – temperatura vode, pH – pH-vrijednost vode, A – alkalitet vode, ST – suspendirana tvar, TT – taloživa tvar, IO – isparni ostatak, KPK – kemijska potrošnja kisika, KMnO_4 – utrošak KMnO_4 , BPK_5 – biokemijska potrošnja kisika tijekom 5 dana, O_2 – otopljeni kisik, sO_2 – zasićenost kisikom, NH_4^+ – amonij, NO_2^- – nitriti, NO_3^- – nitrati, UN – ukupni dušik, UP – ukupni fosfor, Ca^{2+} – kalcij, Mg^{2+} – magnezij, Na^+ – natrij, K^+ – kalij, Cl^- – kloridi, SO_4^{2-} – sulfati, F^- – fluoridi, Br^- – bromidi, H_2PO_4^- – ortofosfati, UiM – ulja i masti, fenoli – fenolni indeks, UU – ukupni ugljikovodici, Al – aluminij, As – arsen, Cu – bakar, Ba – barij, Be – berilij, B – bor, Zn – cink, Li – litij, Mg – magnezij, Mn – mangan, Sr – stroncij, U – uranij, V – vanadij, Fe – željezo, UB36 – ukupni broj bakterijskih kolonija na temperaturi od 36 °C, UB22 – ukupni broj bakterijskih kolonija na temperaturi od 22 °C, UKV – broj ukupnih koliforma u vodi, UKS – broj ukupnih koliforma u sedimentu, MR – masa ribe, DR – dužina ribe

Tablica 15. Povezanost mutnoće, temperature, pH-vrijednosti i alkaliteta vode s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Pokazatelj	M	T	pH	A
M	1,000	-0,366*	0,318*	-0,372*
T	-0,366*	1,000	0,537*	0,078
pH	0,318*	0,537*	1,000	-0,252
A	-0,372*	0,078	-0,252	1,000
ST	0,443*	-0,739*	-0,408*	-0,467*
TT	0,391*	-0,480*	-0,233	-0,327*
IO	0,291*	0,205	0,363*	-0,008
KMnO₄	0,597*	-0,605*	-0,056	0,007
KPK	0,192	-0,289*	-0,184	-0,127
BPK₅	0,430*	-0,170	0,014	-0,468*
O₂	0,669*	0,081	0,696*	-0,211
sO²	0,380*	0,304*	0,736*	-0,054
NH₄⁺	0,354*	-0,528*	-0,384*	0,049
NO₃⁻	-0,535*	-0,051	-0,493*	-0,053
UN	0,647*	-0,645*	-0,071	-0,279
UP	0,695*	-0,193	0,389*	-0,394*
Ca²⁺	-0,508*	-0,307*	-0,690*	0,521*
Mg²⁺	0,667*	0,075	0,466*	-0,265
Na⁺	0,660*	-0,463*	-0,147	-0,456*
K⁺	0,400*	-0,248	-0,153	-0,310*
Cl⁻	0,518*	-0,268	-0,076	-0,545*
SO₄²⁻	-0,616*	0,254	-0,251	-0,198
F⁻	0,511*	-0,386*	-0,179	-0,280
Br⁻	0,113	-0,267	-0,051	-0,112
H₂PO₄⁻	0,152	-0,065	-0,129	-0,003
UiM	-0,025	0,314*	-0,050	0,153
UU	0,503*	-0,370*	-0,191	-0,196
Fenoli	0,363*	0,052	0,226	0,240

* p<0,05

Tablica 16. Povezanost koncentracije suspendirane tvari, taložive tvari i isparnog ostatka u vodi s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Pokazatelj	ST	TT	IO
ST	1,000	0,576*	-0,023
TT	0,576*	1,000	-0,329*
IO	-0,023	-0,329*	1,000
KMnO₄	0,414*	-0,007	0,478*
KPK	0,544*	0,401*	-0,199
BPK₅	0,624*	0,288*	0,187
O₂	-0,117	0,028	0,345*
sO²	-0,349*	-0,075	0,327*
NH₄⁺	0,426*	0,277	0,038
NO₃⁻	0,285*	0,183	-0,463*
UN	0,640*	0,350*	0,350*
UP	0,398*	0,333*	0,139
Ca²⁺	-0,107	0,076	-0,523*
Mg²⁺	0,080	0,125	0,525*
Na⁺	0,672*	0,352*	0,104
K⁺	0,515*	0,259	0,275
Cl⁻	0,548*	0,311*	-0,095
SO₄²⁻	-0,085	-0,051	-0,497*
F⁻	0,559*	0,291*	0,044
Br⁻	0,180	-0,201	0,297*
H₂PO₄⁻	0,355*	-0,033	0,407*
UiM	-0,087	0,019	-0,145
UU	0,533*	0,426*	-0,130
Fenoli	-0,194	0,253	-0,280

* p<0,05

Tablica 17. Povezanost utroška KMnO_4 , kemijske potrošnje kisika, biokemijske potrošnje kisika tijekom pet dana, koncentracije otopljenog kisika u vodi i zasićenosti vode kisikom s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Pokazatelj	KMnO_4	KPK	BPK ₅	O_2	s O_2
KMnO_4	1,000	-0,034	0,269	0,308*	0,056
KPK	-0,034	1,000	0,223	-0,083	0,001
BPK ₅	0,269	0,223	1,000	0,083	-0,149
O_2	0,308*	-0,083	0,083	1,000	0,761*
s O_2	0,056	0,001	-0,149	0,761*	1,000
NH_4^+	0,396*	0,375*	-0,099	0,136	-0,065
NO_3^-	-0,446*	0,504*	0,174	-0,669*	-0,443*
UN	0,690*	0,242	0,267	0,251	-0,002
UP	0,410*	0,449*	0,562*	0,478*	0,455*
Ca^{2+}	-0,183	-0,009	-0,566*	-0,622*	-0,565*
Mg^{2+}	0,353*	-0,131	0,258	0,705*	0,562*
Na^+	0,522*	0,311*	0,518*	0,211	-0,083
K^+	0,396*	0,121	0,564*	0,139	-0,041
Cl^-	0,281	0,232	0,582*	0,163	-0,155
SO_4^{2-}	-0,673*	0,099	-0,143	-0,573*	-0,537*
F^-	0,381*	0,350*	0,396*	0,206	-0,057
Br^-	0,376*	0,141	-0,341*	0,092	-0,056
H_2PO_4^-	0,171	0,547*	0,210	0,056	0,097
UiM	-0,282	0,280	0,102	0,025	0,054
UU	0,317*	0,396*	0,560*	0,148	-0,060
Fenoli	-0,036	0,044	-0,061	0,344*	0,284

* $p < 0,05$

Tablica 18. Povezanost koncentracije amonija, nitrata, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u vodi s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Pokazatelj	NH_4^+	NO_3^-	UN	UP
NH_4^+	1,000	-0,122	0,499*	-0,009
NO_3^-	-0,122	1,000	-0,304*	-0,066
UN	0,499*	-0,304*	1,000	0,401*
UP	-0,009	-0,066	0,401*	1,000
Ca^{2+}	0,176	0,285*	-0,137	-0,607*
Mg^{2+}	0,242	-0,559*	0,342*	0,392*
Na^+	0,526*	-0,066	0,534*	0,484*
K^+	0,358*	0,020	0,300*	0,304*
Cl^-	0,307*	0,055	0,308*	0,467*
SO_4^{2-}	-0,304*	0,563*	-0,374*	-0,422*
F^-	0,597*	-0,002	0,422*	0,345*
Br^-	0,477*	-0,255	0,535*	-0,087
H_2PO_4^-	0,409*	0,155	0,230	0,179
UiM	0,264	0,207	-0,298*	0,002
UU	0,299*	0,128	0,255	0,512*
Fenoli	0,107	-0,259	-0,111	0,231921

* $p < 0,05$

Tablica 19. Povezanost koncentracije kalcija, magnezija, natrija i kalija u vodi s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Pokazatelj	Ca²⁺	Mg²⁺	Na⁺	K⁺
Ca²⁺	1,000	-0,615*	-0,251	-0,345*
Mg²⁺	-0,615*	1,000	0,510*	0,601*
Na⁺	-0,251	0,510*	1,000	0,799*
K⁺	-0,345*	0,601*	0,799*	1,000
Cl⁻	-0,330*	0,416*	0,857*	0,724*
SO₄²⁻	0,394*	-0,612*	-0,260	-0,324*
F⁻	-0,213	0,480*	0,814*	0,756*
Br⁻	0,115	0,011	0,207	-0,060
H₂PO₄⁻	-0,218	0,165	0,289*	0,323*
UiM	-0,094	0,251	0,239	0,390*
UU	-0,168	0,321*	0,706*	0,650*
Fenoli	0,007	0,344*	0,173	0,079

* p<0,05

Tablica 20. Povezanost koncentracije (polu)metala u vodi s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Pokazatelj	Al	As	Cu	Ba	Be	B	Zn	Li	Mn	Sr	U	V	Fe
M	0,527*	-0,429*	0,375*	0,417*	0,391*	0,382*	-0,130	0,123	0,608*	-0,696*	0,659*	-0,144	0,735*
T	0,333*	0,469*	0,363*	-0,457*	0,072	-0,424*	0,686*	-0,636*	-0,575*	0,076	-0,294*	0,747*	-0,426*
pH	0,806*	0,285*	0,600*	-0,446*	0,552*	-0,261	0,695*	-0,595*	-0,050	-0,347*	0,193	0,699*	0,052
A	-0,503*	0,412*	-0,407*	-0,283	-0,121	-0,423*	0,126	-0,341*	0,044	0,558*	-0,135	0,131	-0,443*
ST	-0,048	-0,721*	-0,242	0,721*	-0,052	0,625*	-0,713*	0,768*	0,344*	-0,447*	0,374*	-0,772*	0,617*
TT	0,018	-0,509*	-0,078	0,366*	-0,287*	0,583*	-0,594*	0,558*	0,475*	-0,132	0,429*	-0,589*	0,420*
IO	0,461*	0,102	0,140	-0,095	0,788*	-0,292*	0,510*	-0,441*	-0,143	-0,404*	0,176	0,392*	0,198
KMnO₄	0,100	-0,297*	-0,025	0,301*	0,502*	0,122	-0,108	0,093	0,454*	-0,438*	0,396*	-0,180	0,550*
BPK₅	-0,014	-0,356*	-0,304*	0,493*	-0,132	0,356*	-0,472*	0,292*	0,150	-0,652*	0,182	-0,498*	0,313*
KPK	0,250	-0,663*	0,072	0,489*	0,053	0,507*	-0,346*	0,507*	0,169	-0,251	0,417*	-0,382*	0,540*
O₂	0,738*	-0,031	0,568*	-0,102	0,550*	0,034	0,342*	-0,375*	0,384*	-0,487*	0,510*	0,344*	0,384*
sO₂	0,752*	0,239	0,457*	-0,356*	0,587*	-0,180	0,478*	-0,626*	0,247	-0,326*	0,394*	0,519*	0,115
NH₄⁺	-0,128	-0,387*	-0,123	0,542*	-0,005	0,384*	-0,466*	0,186	0,384*	-0,165	0,360*	-0,394*	0,478*
NO₃⁻	-0,394*	-0,238	-0,442*	0,246	-0,530*	0,294*	-0,508*	0,444*	-0,211	0,161	-0,231	-0,460*	-0,143
UN	0,144	-0,335*	-0,080	0,369*	0,374*	0,239	-0,256	0,259	0,384*	-0,421*	0,377*	-0,357*	0,558*
UP	0,595*	-0,380*	0,294*	0,323*	0,313*	0,354*	-0,098	0,097	0,446*	-0,707*	0,550*	-0,108	0,615*
Ca²⁺	-0,829*	0,186	-0,491*	-0,040	-0,573*	-0,083	-0,311*	0,238	-0,024	0,755*	-0,407*	-0,343*	-0,380*
Mg²⁺	0,729*	-0,371*	0,652*	0,193	0,575*	0,315*	0,133	-0,190	0,439*	-0,701*	0,727*	0,170	0,649*
Na⁺	0,262	-0,818*	0,315*	0,835*	0,076	0,776*	-0,497*	0,464*	0,506*	-0,737*	0,608*	-0,473*	0,914*
K⁺	0,275	-0,818*	0,269	0,672*	0,164	0,726*	-0,407*	0,332*	0,402*	-0,719*	0,669*	-0,374*	0,789*
Cl⁻	0,229	-0,815*	0,350*	0,788*	-0,134	0,827*	-0,500*	0,434*	0,379*	-0,743*	0,486*	-0,410*	0,788*
SO₄²⁻	-0,388*	0,097	-0,198	-0,068	-0,593*	-0,015	-0,063	0,244	-0,642*	0,388*	-0,679*	-0,130	-0,388*
F⁻	0,175	-0,782*	0,210	0,760*	0,035	0,756*	-0,542*	0,338*	0,509*	-0,655*	0,639*	-0,450*	0,803*
Br⁻	0,003	0,129	-0,085	0,110	0,317*	-0,178	0,145	-0,114	-0,197	-0,038	-0,223	0,019	0,119
H₂PO₄⁻	0,130	-0,179	-0,169	0,421*	0,257	0,100	-0,115	-0,038	-0,049	-0,333*	0,187	-0,165	0,253
UiM	0,016	-0,351*	0,094	0,335*	-0,267	0,436*	-0,263	-0,075	0,032	-0,258	0,293*	-0,099	0,257
UU	0,102	-0,732*	0,110	0,664*	-0,072	0,678*	-0,556*	0,467*	0,532*	-0,557*	0,591*	-0,553*	0,695*
Fenoli	0,149	-0,177	0,349*	0,101	-0,172	0,276	-0,106	-0,082	0,549*	-0,105	0,489*	0,041	0,289*

* p<0,05

Tablica 21. Povezanost broja bakterija u vodi i sedimentu s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Pokazatelj	UB36	UB22	UKV	UKS	Pokazatelj	UB36	UB22	UKV	UKS
UB36	1,000	0,772*	0,739*	0,542*	K⁺	-0,541*	-0,592*	-0,328*	-0,222
UB22	0,772*	1,000	0,585*	0,399*	Cl⁻	-0,539*	-0,672*	-0,393*	-0,214
UKV	0,739*	0,585*	1,000	0,923*	SO₄²⁻	0,014	0,370*	-0,133	-0,112
UKS	0,542*	0,399*	0,923*	1,000	F⁻	-0,521*	-0,717*	-0,282	-0,133
M	-0,373*	-0,758*	-0,405*	-0,337*	Br⁻	-0,405*	-0,425*	-0,432*	-0,329*
T	0,635*	0,657*	0,194	-0,032	H₂PO₄⁻	-0,054	-0,226	-0,226	-0,223
pH	0,192	0,086	-0,207	-0,354*	U_iM	0,238	0,014	0,238	0,208
A	0,599*	0,440*	0,813*	0,783*	UU	-0,334*	-0,543*	-0,162	0,019
ST	-0,673*	-0,693*	-0,543*	-0,370*	Fenoli	0,226	-0,133	0,344*	0,363*
TT	-0,333*	-0,392*	-0,250	-0,158	Al	-0,157	-0,253	-0,502*	-0,591*
IO	-0,019	-0,145	-0,251	-0,360*	As	0,627*	0,660*	0,382*	0,218
KMnO₄	-0,417*	-0,675*	-0,181	-0,028	Cu	-0,157	-0,240	-0,293*	-0,321*
KPK	-0,165	-0,275	-0,301*	-0,184	Ba	-0,488*	-0,673*	-0,312*	-0,115
BPK₅	-0,257	-0,321*	-0,343*	-0,293*	Be	-0,185	-0,250	-0,355*	-0,412*
O₂	-0,046	-0,310*	-0,166	-0,223	B	-0,582*	-0,593*	-0,319*	-0,140
sO₂	0,150	0,005	-0,070	-0,203	Zn	0,416*	0,412*	0,026	-0,165
NH₄⁺	-0,354*	-0,620*	-0,096	-0,015	Li	-0,525*	-0,411*	-0,287*	-0,108
NO₃⁻	-0,033	0,273	-0,018	0,078	Mn	-0,344*	-0,540*	0,078	0,225
UN	-0,593*	-0,760*	-0,469*	-0,332*	Sr	0,459*	0,635*	0,557*	0,485*
UP	-0,238	-0,471*	-0,405*	-0,288*	U	-0,318*	-0,552*	-0,117	-0,057
Ca²⁺	0,049	0,182	0,403*	0,512*	V	0,510*	0,439*	0,187	-0,033
Mg²⁺	-0,265	-0,497*	-0,283	-0,326*	Fe	-0,653*	-0,864*	-0,535*	-0,365*
Na⁺	-0,690*	-0,868*	-0,514*	-0,316*					

* p<0,05

Tablica 22. Povezanost mase i dužine ribe s drugim pokazateljima u prvom dijelu istraživanja

Pokazatelj	MR	DR	Pokazatelj	MR	DR
MR	1,000	0,961*	F⁻	0,601*	0,545*
DR	0,961*	1,000	Br⁻	0,238	0,219
M	0,395*	0,316*	H₂PO₄⁻	0,331*	0,301*
T	-0,719*	-0,663*	UiM	-0,072	-0,118
pH	-0,448*	-0,436*	UU	0,507*	0,433*
A	-0,511*	-0,540*	Fenoli	-0,262	-0,307*
ST	0,948*	0,898*	Al	-0,055	-0,052
TT	0,492*	0,499*	As	-0,769*	-0,719*
IO	0,043	0,023	Cu	-0,168	-0,179
KMnO₄	0,450*	0,358*	Ba	0,740*	0,655*
KPK	0,422*	0,362*	Be	-0,017	-0,048
BPK₅	0,587*	0,551*	B	0,675*	0,633*
O₂	-0,150	-0,186	Zn	-0,690*	-0,650*
sO₂	-0,407*	-0,424*	Li	0,755*	0,738*
NH₄⁺	0,442*	0,386*	Mn	0,287*	0,206
NO₃⁻	0,261	0,291*	Sr	-0,472*	-0,398*
UN	0,619*	0,561*	U	0,334*	0,248
UP	0,299*	0,211	V	-0,764*	-0,709*
Ca²⁺	-0,067	-0,047	Fe	0,670*	0,590*
Mg²⁺	0,116	0,055	UB36	-0,790*	-0,775*
Na⁺	0,734*	0,668*	UB22	-0,731*	-0,656*
K⁺	0,619*	0,565*	UKV	-0,614*	-0,626*
Cl⁻	0,603*	0,537*	UKS	-0,429*	-0,468*
SO₄²⁻	-0,038	0,040			

* p<0,05

Tablica 23. Povezanost mutnoće, temperature, pH-vrijednosti i alkaliteta vode s drugim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Pokazatelj	M	T	pH	A
M	1,000	-0,252	-0,228	0,803*
T	-0,252	1,000	0,379	-0,201
pH	-0,228	0,379	1,000	-0,262
A	0,803*	-0,201	-0,262	1,000
ST	0,136	0,627*	0,111	0,225
TT	0,004	-0,280	0,010	-0,132
IO	-0,178	0,606*	0,106	-0,028
KMnO₄	-0,749*	0,137	0,216	-0,721*
BPK₅	0,526*	-0,070	-0,455*	0,662*
O₂	-0,307	0,384	0,262	-0,072
sO²	-0,296	0,285	0,470*	-0,103
NO₂⁻	0,373	-0,377	-0,620*	0,307
NO₃⁻	0,435*	-0,401	-0,036	0,123
UN	-0,241	0,498*	0,156	-0,007
UP	0,275	0,741*	0,101	0,253
Ca²⁺	0,250	-0,215	-0,255	0,725*
Mg²⁺	-0,339	0,791*	0,242	-0,180
Na⁺	0,671*	0,219	-0,033	0,617*
K⁺	0,568*	0,088	0,023	0,458*
Cl⁻	0,682*	0,132	0,029	0,517*
SO₄²⁻	0,164	-0,657*	-0,282	0,173
F⁻	-0,146	0,783*	0,163	-0,131
UiM	-0,546*	-0,587*	-0,036	-0,558*
UU	0,010	-0,477*	-0,091	-0,239
Fenoli	0,114	-0,192	-0,173	0,012

* p<0,05

Tablica 24. Povezanost koncentracije suspendirane tvari, taložive tvari i isparnog ostatka u vodi s drugim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Pokazatelj	ST	TT	IO
ST	1,000	-0,231	0,583*
TT	-0,231	1,000	-0,328
IO	0,583*	-0,328	1,000
KMnO₄	-0,484*	-0,071	0,107
BPK₅	0,283	-0,115	0,209
O₂	0,212	-0,039	0,412*
sO²	0,046	-0,272	0,233
NO₂⁻	-0,330	0,226	-0,143
NO₃⁻	-0,129	0,477*	-0,447*
UN	0,507*	-0,087	0,619*
UP	0,729*	-0,403	0,512*
Ca²⁺	0,039	-0,104	0,048
Mg²⁺	0,522*	-0,222	0,708*
Na⁺	0,720*	0,026	0,145
K⁺	0,424*	0,095	-0,053
Cl⁻	0,453*	0,080	-0,063
SO₄²⁻	-0,005	0,255	-0,258
F⁻	0,456*	-0,549*	0,585*
UiM	-0,775*	0,302	-0,523*
UU	-0,782*	0,014	-0,452*
Fenoli	0,026	0,631*	-0,271

* p<0,05

Tablica 25. Povezanost utroška KMnO₄, biokemijske potrošnje kisika tijekom 5 dana, koncentracije otopljenog kisika u vodi i zasićenosti vode kisikom s drugim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Pokazatelj	KMnO₄	BPK₅	O₂	sO₂
KMnO₄	1,000	-0,447*	0,379	0,473*
BPK₅	-0,447*	1,000	-0,003	-0,276
O₂	0,379	-0,003	1,000	0,792*
sO₂	0,473*	-0,276	0,792*	1,000
NO₂⁻	-0,142	0,557*	-0,335	-0,571*
NO₃⁻	-0,302	0,192	-0,253	-0,300
UN	0,130	0,131	0,875*	0,591*
UP	-0,262	0,278	0,196	0,128
Ca²⁺	-0,300	0,524*	0,251	0,150
Mg²⁺	0,321	-0,029	0,738*	0,563*
Na⁺	-0,892*	0,365	-0,183	-0,267
K⁺	-0,792*	0,158	-0,483*	-0,433*
Cl⁻	-0,786*	0,235	-0,480*	-0,454*
SO₄²⁻	-0,410*	0,050	-0,119	-0,161
F⁻	0,217	0,133	0,173	0,132
UiM	0,541*	-0,522*	-0,215	-0,073
UU	0,431*	-0,186	-0,305	-0,084
Fenoli	-0,311	-0,046	0,057	-0,174

* p<0,05

Tablica 26. Povezanost koncentracije nitrita, nitrata, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u vodi s drugim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Pokazatelj	NO₂⁻	NO₃⁻	UN	UP
NO₂⁻	1,000	0,242	-0,281	-0,222
NO₃⁻	0,242	1,000	-0,380	-0,169
UN	-0,281	-0,380	1,000	0,335
UP	-0,222	-0,169	0,335	1,000
Ca²⁺	0,195	-0,182	0,267	0,016
Mg²⁺	-0,332	-0,518*	0,807*	0,539*
Na⁺	-0,029	0,119	0,111	0,563*
K⁺	-0,068	0,187	-0,249	0,371
Cl⁻	0,067	0,267	-0,311	0,502*
SO₄²⁻	-0,003	0,303	-0,037	-0,463*
F⁻	-0,121	-0,428*	0,292	0,720*
UiM	0,017	0,062	-0,431*	-0,826*
UU	0,357	0,241	-0,533*	-0,412*
Fenoli	-0,036	0,212	0,119	-0,111

* p<0,05

Tablica 27. Povezanost koncentracije kalcija, magnezija, natrija i kalija u vodi s drugim istraživanim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Pokazatelj	Ca²⁺	Mg²⁺	Na⁺	K⁺
Ca²⁺	1,000	-0,026	0,167	0,006
Mg²⁺	-0,026	1,000	0,035	-0,243
Na⁺	0,167	0,035	1,000	0,824*
K⁺	0,006	-0,243	0,824*	1,000
Cl⁻	0,017	-0,220	0,827*	0,800*
SO₄²⁻	0,156	-0,432*	0,182	0,133
F⁻	-0,186	0,650*	0,080	-0,032
UiM	-0,197	-0,469*	-0,766	-0,491*
UU	-0,230	-0,436*	-0,592	-0,443*
Fenoli	0,027	-0,064	0,266	0,217

* p<0,05

Tablica 28. Povezanost koncentracije (polu)metala u vodi s drugim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Pokazatelj	Al	As	Cu	Ba	Be	B	Zn	Li	Mn	Sr	U	V	Fe
M	0,449*	-0,136	-0,343	0,726*	0,051	-0,246	-0,325	-0,123	0,408*	0,600*	-0,180	-0,277	0,520*
T	-0,839*	0,934*	0,815*	-0,766*	0,687*	0,700*	0,881*	0,835*	-0,834*	-0,632*	0,800*	0,234	-0,832*
pH	-0,164*	0,351	0,212	-0,382	0,204	0,298	0,407*	0,147	-0,556*	-0,207	0,355	0,257	-0,508*
A	0,377	-0,056	-0,084	0,597*	0,155	-0,207	-0,272	-0,148	0,304	0,560*	0,027	-0,013	0,414*
ST	-0,394	0,704*	0,530*	-0,230	0,382	0,082	0,580*	0,420*	-0,496*	-0,176	0,325	0,520*	-0,452*
TT	0,436*	-0,299	-0,382	0,274	-0,441*	-0,273	-0,392	-0,378	0,237	0,242	-0,317	-0,049	0,307
IO	-0,608*	0,714*	0,767*	-0,500*	0,625*	0,446*	0,717*	0,479*	-0,381	-0,210	0,568*	0,276	-0,421*
KMnO₄	-0,373	0,045	0,277	-0,590*	0,189	0,524*	0,246	0,172	-0,173	-0,404	0,280	-0,144	-0,255
BPK₅	0,040	0,133	0,068	0,362	0,321	-0,028	-0,003	0,093	0,324	0,414*	0,067	-0,252	0,407*
O₂	-0,150	0,401	0,699*	-0,400	0,491*	0,538*	0,498*	0,174	-0,263	0,064	0,528*	0,449*	-0,189
sO₂	-0,096	0,307	0,528*	-0,360	0,427*	0,462*	0,370	0,070	-0,323	-0,022	0,480*	0,437*	-0,285
NO₂⁻	0,147	-0,297	-0,298	0,422*	0,056	-0,048	-0,334	-0,017	0,659*	0,355	-0,281	-0,683*	0,637*
NO₃⁻	0,571*	-0,351	-0,517*	0,585*	-0,335	-0,404	-0,477*	-0,461*	0,504*	0,548*	-0,519*	-0,215	0,557*
UN	-0,287	0,569*	0,764*	-0,435*	0,533*	0,468*	0,638*	0,334	-0,339	-0,030	0,513*	0,522*	-0,304
UP	-0,532*	0,791*	0,620*	-0,336	0,633*	0,452*	0,634*	0,659*	-0,550*	-0,286	0,636*	0,097	-0,477*
Ca²⁺	0,273	-0,097	0,149	0,232	0,128	-0,063	-0,197	-0,183	0,187	0,384	0,172	0,157	0,261
Mg²⁺	-0,665*	0,773*	0,867*	-0,684*	0,705*	0,719*	0,795*	0,665*	-0,606*	-0,399	0,736*	0,362	-0,593*
Na⁺	0,083	0,325	0,018	0,313	0,091	-0,245	0,088	0,126	-0,137	0,167	0,024	0,244	-0,046
K⁺	0,125	0,175	-0,227	0,303	-0,175	-0,393	-0,137	-0,025	-0,134	0,016	-0,099	0,137	-0,090
Cl⁻	0,085	0,162	-0,184	0,359	-0,035	-0,237	-0,088	0,112	-0,132	0,092	-0,018	-0,110	-0,006
SO₄²⁻	0,717*	-0,597*	-0,501*	0,617*	-0,640*	-0,853*	-0,514*	-0,737*	0,593*	0,593*	-0,779*	0,406*	0,541*
F⁻	-0,876*	0,784*	0,675*	-0,675*	0,710*	0,703*	0,755*	0,846*	-0,606*	-0,640*	0,711*	-0,090	-0,642*
UiM	0,316	-0,708*	-0,503*	0,047	-0,647*	-0,314	-0,512*	-0,512*	0,311	-0,047	-0,489*	-0,166	0,224
UU	0,244	-0,528*	-0,454*	0,221	-0,120	0,075	-0,352	-0,179	0,461*	0,153	-0,280	-0,723*	0,409*
Fenoli	0,424*	-0,209	-0,270	0,262	-0,424*	-0,267	-0,263	-0,265	0,068	0,191	-0,248	0,134	0,221

* p<0,05

Tablica 29. Povezanost broja bakterija u vodi s drugim pokazateljima u drugom dijelu istraživanja

Pokazatelj	UB36	UB22	Pokazatelj	UB36	UB22
UB36	1,000	0,762*	K⁺	0,224	0,062
UB22	0,762*	1,000	Cl⁻	-0,006	-0,145
M	-0,538*	-0,362	SO₄²⁻	0,039	0,464*
T	0,471*	0,202	F⁻	0,167	-0,186
pH	0,270	0,187	UiM	-0,045	-0,080
A	-0,370	-0,096	UU	-0,647*	-0,704*
ST	0,507*	0,489*	Fenoli	0,254	0,284
TT	0,045	0,084	Al	-0,368	0,032
IO	0,297	0,317	As	0,409*	0,197
KMnO₄	-0,000	-0,103	Cu	0,359	0,344
BPK₅	-0,358	-0,181	Ba	-0,587*	-0,234
O₂	0,198	0,493*	Be	-0,113	-0,143
sO²	0,092	0,352	B	-0,016	-0,221
NO₂⁻	-0,651*	-0,626*	Zn	0,402	0,251
NO₃⁻	-0,406*	-0,257	Li	0,196	-0,164
UN	0,377	0,603*	Mn	-0,698*	-0,323
UP	0,234	0,057	Sr	-0,566*	-0,029
Ca²⁺	-0,101	0,186	U	0,224	0,057
Mg²⁺	0,390	0,356	V	0,681*	0,901*
Na⁺	0,173	0,192	Fe	-0,712*	-0,328

* p<0,05

6. RASPRAVA

Optimalna proizvodnja ribe najvećim dijelom ovisi o fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima vode (BHATNAGAR i DEVI, 2019.). Dvije vrste tehnologije EM-a pokazale su velik potencijal u bioremedijaciji vode, a to su tekući EM i EM u obliku glinenih kugli (HOO i TEO, 2021.). U ovom radu istraživana je učinkovitost primjene pripravka EM-1® u šaranskom ribnjačarstvu. Istraživanje je provedeno u dva dijela. Prvi dio istraživanja proveden je u uzgoju šaranskog mlađa, u razdoblju od srpnja do listopada, pri čemu je EM-1® dodan u vodu u obliku glinenih kugli, dok je drugi dio istraživanja proveden u uzgoju miješane konzumne ribe, u razdoblju od veljače do travnja, a primjenjen je tekući EM-1®.

Mutnoća vode je optički efekt izazvan rasipanjem svjetlosti, koji u vodi uzrokuje suspendirana i koloidno otopljena tvar (VUČEMILO i TOFANT, 2009.). U istraživanju KRUPA i sur. (2020.) mutnoća vode u šaranskim ribnjacima kretala se od 0,13 do 90 NTU. Dokazano je da se primjenom EM-a smanjuje mutnoća vode (ZHAO i sur., 2013.). Vrijednosti mutnoće vode u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 5,7 do 78,6 NTU, a u pokusnom ribnjaku od 5,2 do 66,5 NTU. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 1,2 do 3,0 NTU, a u pokusnom ribnjaku od 3,2 do 5,7 NTU. Mutnoća vode u prvom dijelu istraživanja tijekom većine promatranih dana bila je značajno manja u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, no na kraju istraživanja značajno veća u pokusnom ribnjaku. Navedeno se može objasniti time da se dodatkom EM-1® u obliku glinenih kugli mutnoća vode smanjila, no kugle su se s vremenom razgrađivale, što je rezultiralo povećanjem količine anorganske tvari (gline) i organske tvari (mikroorganizmi iz EM-1® i mekinje) u vodi i povećanjem mutnoće vode na kraju istraživanja. Između mutnoće vode i vrijednosti suspendirane i taložive tvari u prvom dijelu istraživanja utvrđene su značajne pozitivne povezanosti. LURLING i sur. (2009.) također su ustanovili veću mutnoću vode nakon primjene EM-a u obliku glinenih kugli. U drugom dijelu istraživanja mutnoća vode u pokusnom ribnjaku na kraju istraživanja također je bila značajno veća nego u kontrolnom ribnjaku, no mutnoća vode u pokusnom ribnjaku na kraju istraživanja bila je značajno manja nego na početku istraživanja, dok se u kontrolnom ribnjaku nije značajno razlikovala na kraju u usporedbi s početkom istraživanja.

Temperatura vode ima važnu ulogu u preživljavanju riba. Kako ribe stare i rastu, povećava im se tolerancija na niske temperature (SZUMIEC i PILARCZYK, 2001.). Tijekom zime većina ribljih vrsta smanjuje biološke aktivnosti, a zagrijavanjem vode metabolizam se aktivira (VOICEA i sur., 2021.). Optimalna temperatura vode u šaranskim ribnjacima kreće se

od 20 do 30 °C (TOMEĆ, 1997.; VUČEMILO, 2012.), no šaran može preživjeti i temperaturu vode od 34 °C jer odlazi u dublje dijelove gdje je temperatura vode niža, ali pod uvjetom da je dovoljno otopljenog kisika u vodi. Takve razlike u temperaturi nazivaju se temperaturna stratifikacija vode (VOICEA i sur., 2021.). U istraživanju KRUPA i sur. (2020.) temperatura vode u šaranskim ribnjacima kretala se od 23,9 do 33,2 °C. Vrijednosti temperature vode u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 11,0 do 30,8 °C, a u pokusnom ribnjaku od 11,9 do 30,3 °C. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 7,9 do 23,1 °C, a u pokusnom ribnjaku od 7,8 do 22,7 °C. Temperatura vode u prvom dijelu istraživanja u pravilu se značajno smanjivala, a u drugom dijelu značajno povećavala s danima istraživanja, bez znatnih razlika između kontrolnog i pokusnog ribnjaka, što je u skladu s razdobljima godine u kojima je provedeno istraživanje.

Poželjne pH-vrijednosti vode za rast i zdravlje riba su između 6 i 9 (VUČEMILO, 2012.; MOHALE i sur., 2020.). Rezultati istraživanja KRUPA i sur. (2020.) pokazali su da se pH-vrijednost vode u šaranskim ribnjacima kreće od 4,9 do 11,6. Vrijednosti pH vode u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 7,5 do 9,3, a u pokusnom ribnjaku od 7,2 do 9,3. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 8,2 do 9,1, a u pokusnom ribnjaku od 7,9 do 8,9. pH-vrijednost vode kako u prvom tako i u drugom dijelu istraživanja nije se značajno razlikovala između ribnjaka na kraju istraživanja. HOO i TEO (2021.) utvrdili su da EM primijenjen u tekućem obliku nema utjecaja na pH-vrijednost površinskih voda.

Za dobru proizvodnost ribnjaka ukupan alkalitet vode trebao bi iznositi minimalno 20 mg/L CaCO₃ (WURTS i DURBOROW, 1992.). Poželjan raspon ukupnog alkaliteta za uzgoj ribe je od 50 do 300 mg/L CaCO₃ (SANTHOSH i SINGH, 2007.). U istraživanju EHIAGBONARE i OGUNRINDE (2010.) alkalitet vode u zemljanom ribnjaku za uzgoj somova iznosio je 115 mg/L CaCO₃. Vrijednosti ukupnog alkaliteta u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 143,0 do 391,0 mg/L CaCO₃, a u pokusnom ribnjaku od 119,0 do 386,0 mg/L CaCO₃. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 260,0 do 289,0 mg/L CaCO₃, a u pokusnom ribnjaku od 295,0 do 352,0 mg/L CaCO₃. Alkalitet vode u pokusnom ribnjaku na kraju prvog dijela istraživanja bio je značajno niži, a na kraju drugog dijela istraživanja značajno viši nego u kontrolnom ribnjaku, no u drugom dijelu istraživanja alkalitet vode u pokusnom ribnjaku na kraju istraživanja nije se značajno razlikovao u odnosu na početak istraživanja. SZYMANSKI i PATTERSON (2003.) utvrdili su da tekući EM ima tendenciju smanjenja ukupnog alkaliteta u otpadnim vodama.

Suspendiranu tvar čini anorganska i organska tvar, koja se zbog turbulencije zadržava u vodenom stupcu. Suspendirana tvar uobičajeno se sastoji od čestica promjera manjeg od 62 μm . Povećana koncentracija suspendirane tvari može rezultirati smanjenim prodorom svjetlosti, promjenom temperature te povećanjem koncentracije teških metala, pesticida i hranjivih tvari u vodi. Također, ukoliko je suspendirana tvar uglavnom organskog podrijetla, zbog povećane razgradnje može nastupiti nestašica otopljenog kisika u vodi (BILOTTA i BRAZIER, 2008.). U oba dijela ovog istraživanja koncentracija suspendirane tvari bila je značajno pozitivno povezana s koncentracijama ukupnog dušika i ukupnog fosfora te koncentracijama gotovo većine detektiranih teških metala. U prvom dijelu istraživanja također je utvrđena značajna negativna povezanost između koncentracije suspendirane tvari i zasićenosti vode kisikom. EHIAGBONARE i OGUNRINDE (2010.) izvijestili su da koncentracija suspendirane tvari u zemljanom ribnjaku za uzgoj somova iznosi 605 mg/L. Vrijednosti suspendirane tvari u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 12,0 do 91,0 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 8,0 do 257,0 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 5,0 do 12,0 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 5,0 do 16,0 mg/L. Koncentracija suspendirane tvari u vodi oba ribnjaka u prvom i drugom dijelu istraživanja bila je značajno viša na kraju nego na početku istraživanja, što se može objasniti rastom riba. Više vrijednosti utvrđene u prvom dijelu istraživanja također se mogu pripisati prihrani riba krmnom smjesom (EHIAGBONARE i OGUNRINDE, 2010.). Na kraju prvog dijela istraživanja koncentracija suspendirane tvari bila je značajno viša u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku. Navedeno se može objasniti, kao što je već spomenuto, postupnom razgradnjom kugli. Na kraju drugog dijela istraživanja koncentracija suspendirane tvari također je bila veća u pokusnom ribnjaku, što se može objasniti oslobađanjem mikroorganizama prisutnim u tekućem EM-1® u vodu. Za razliku, NUGROHO i sur. (2017.) utvrdili su da primjena EM4 u obliku glinenih kugli smanjuje koncentraciju suspendirane tvari u vodi umjetne rijeke, a ALI i sur. (2021.) da primjena EM-1 u obliku otopine smanjuje količinu suspendirane tvari u otpadnim vodama.

Taložive tvari uključuju sve tvari raspršene u vodi koje imaju tendenciju taloženja. Taloživa tvar u akvakulturi može negativno utjecati na odložena jaja organizama koji žive u vodi i korisne bakterije koje se nalaze na dnu vodenog stupca (VOICEA i sur., 2021.). Vrijednosti taložive tvari u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 0,1 do 3,0 mL/Lh, a u pokusnom ribnjaku od 0,1 do 2,0 mL/Lh. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u oba ribnjaka kretale su se od 0,1 do 0,4 mL/Lh. Vrijednost taložive tvari na kraju prvog dijela istraživanja bila je značajno viša u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, dok se

na kraju drugog dijela istraživanja nije značajno razlikovala između ribnjaka. Navedeno ide u prilog činjenici da su se glinene kugle s vremenom otapale, povećavajući količinu taložive tvari u vodi ribnjaka.

Isparni ostatak predstavlja količinu otopljenih tvari u vodi, uglavnom anorganskih soli. Vrijednosti isparnog ostatka u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 240,0 do 541,0 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 224,0 do 465,0 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 230,0 do 239,0 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 172,0 do 247,0 mg/L. Vrijednost isparnog ostatka na kraju prvog dijela istraživanja bila je značajno manja u pokusnom ribnjaku, dok na kraju drugog dijela istraživanja nije bilo značajne razlike između ribnjaka.

Količina otopljenog kisika u šaranskim ribnjacima ne bi smjela biti manja od 6 mg/L (TOMEČ, 1997.), a pri koncentraciji od 0,5 mg/L ribe ugibaju (VUČEMILO, 2012.). KRUPA i sur. (2020.) ustanovili su da se vrijednosti otopljenog kisika u šaranskim ribnjacima kreću od 3,6 do 9,1 mg/L. Vrijednosti otopljenog kisika u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 1,2 do 13,2 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 5,0 do 11,2 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 11,5 do 16,7 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 11,6 do 16,2 mg/L. WAHID i AZMAN (2016.) i SHARIP i sur. (2020.) izvješćuju da dodatak EM-a u vodu ne utječe na koncentraciju otopljenog kisika u vodi rijeke i jezera. Štoviše, dokazano je da primjena kugli koje sadrže EM smanjuje koncentraciju otopljenog kisika u vodi (LURLING i sur., 2009.; PARK i sur., 2016.). U oba dijela ovog istraživanja koncentracija otopljenog kisika na početku istraživanja bila je značajno niža u kontrolnom, a kasnije u pokusnom ribnjaku. Dobiveni rezultati mogu se protumačiti time da su mikroorganizmi iz EM-1® koristili kisik za biološke procese.

Zasićenost vode kisikom relativna je mjera koja pokazuje postotak kisika otopljenog u vodi u odnosu na normalnu topljivost pri određenoj temperaturi. Optimalna zasićenost vode kisikom u šaranskom ribnjaku iznosi od 75 do 90 % (TOMEČ, 1997.). Zasićenost kisikom u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretala se od 92 do 158 %, a u pokusnom ribnjaku od 64 do 136 %. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 138,6 do 160,3 %, a u pokusnom ribnjaku od 136,9 do 153,3 %. Utvrđene vrijednosti više su od optimalnih vrijednosti za šaranski ribnjak. Hiperoksija je stanje vode u kojem je zasićenost otopljenim kisikom veća od 100 %, a može iznositi do 300 %. U takvoj vodi (pri niskom atmosferskom tlaku) stvaraju se mjehurići u krvi riba, koji mogu začepiti kapilare, a u težim slučajevima dolazi do uginuća zbog začepljenja glavnih arterija. Kod manjih riba mogu se pojaviti problemi s plutanjem zbog prenapuhanosti mjehura (MALLYA, 2007.). Zasićenost

vode kisikom na početku oba dijela ovog istraživanja bila je značajno niža u kontrolnom, a na kraju istraživanja u pokusnom ribnjaku.

Organska tvar u vodi smatra se onečišćenjem. Ona može biti prisutna kao prirodno, ali i antropogeno onečišćenje. Kemijska potrošnja kisika je pokazatelj količine nerazgradive i razgradive organske tvari, ali i dijela anorganske tvari u vodi koja se može oksidirati. Izračunava se iz potrošnje jakog oksidacijskog sredstva, kalijevog dikromata ($K_2Cr_2O_7$), pa ima i oznaku KPK_{Cr} . No kao oksidans se može koristiti i $KMnO_4$ (KPK_{Mn} , permangantni indeks, oksidativnost) (PERIĆ i sur., 2012.). KPK_{Cr} se uglavnom koristi za ispitivanje kvalitete umjereno i jako onečišćenih voda, dok se KPK_{Mn} koristi za procjenu kvalitete relativno čistih voda, s niskim KPK vrijednostima, kao što su površinske vode (LI i sur., 2018.). EHIAGBONARE i OGUNRINDE (2010.) utvrdili su da KPK u vodi zemljanog ribnjaka za uzgoj somova iznosi 162 mg/L O_2 . Vrijednosti KPK u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 30,0 do 112,0 mg/L O_2 , a u pokusnom ribnjaku od 30,0 do 143,0 mg/L O_2 . Vrijednosti KPK u drugom dijelu istraživanja u oba ribnjaka bile su manje od 30 mg/L O_2 tijekom cjelokupnog razdoblja istraživanja. Utrošak $KMnO_4$ u prvom dijelu istraživanja u kontrolnom ribnjaku iznosio je od 9,9 do 21,0 mg/L O_2 , a u pokusnom ribnjaku od 10,1 do 16,5 mg/L O_2 . U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 17,0 do 19,9 mg/L O_2 , a u pokusnom ribnjaku od 10,6 do 11,7 mg/L O_2 . Kemijska potrošnja kisika, odnosno utrošak $KMnO_4$ na kraju prvog dijela istraživanja u oba ribnjaka bili su značajno veći nego na početku istraživanja, no značajno niže vrijednosti ovih pokazatelja utvrđene su u pokusnom ribnjaku. Utrošak $KMnO_4$ u drugom dijelu istraživanja u oba ribnjaka nije se značajno razlikovao na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Dobiveni rezultati upućuju na to da se primjenom EM-1® u obliku kugli smanjuje količina organske tvari u ribnjaku, što je u suglasju s rezultatima istraživanja NUGROHO i sur. (2017.). REGINA i TEO (2019.) utvrdili su da EM u obliku glinenih kugli sam po sebi ne smanjuje KPK u vodi rijeke, jer se takvom primjenom KPK povećao za 104 %, dok se korištenjem EM-a u obliku kugli u kombinaciji s mahunama sjemenki lotosa KPK smanjio za 15 %.

Biokemijska potrošnja kisika pokazatelj je količine biorazgradive organske tvari u vodi, odnosno predstavlja količinu kisika koja se utroši za razgradnju organske tvari pomoću mikroorganizama. Potpuna razgradnje organske tvari traje jako dugo pa je zbog praktičnosti uveden pokazatelj biokemijske potrošnje kisika tijekom 5 dana na temperaturi od 20 °C (VUČEMILO i TOFANT, 2009.). Vrijednost BPK_5 uvijek je manja od vrijednosti KPK jer se većina organskih spojeva ne može biološki razgraditi, no mogu se oksidirati. Vrijednosti BPK_5 manje od 10 do 15 mg/L smatraju se prihvatljivim za uzgoj riba (BHATNAGAR i DEVI,

2019.). Rezultati istraživanja EHIAGBONARE i OGUNRINDE (2010.) pokazali su da BPK₅ u vodi zemljanog ribnjaka za uzgoj somova iznosi 1,69 mg/L O₂. Vrijednosti BPK₅ su prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 3,0 do 36,0 mg/L O₂, a u pokusnom ribnjaku od 3,0 do 18,0 mg/L O₂. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 2,0 do 6,0 mg/L O₂, a u pokusnom ribnjaku od 4,0 do 18,0 mg/L O₂. Biokemijska potrošnja kisika na kraju prvog dijela istraživanja u oba ribnjaka bila je značajno veća nego na početku istraživanja i nije se značajno razlikovala između ribnjaka. Biokemijska potrošnja kisika na kraju drugog dijela istraživanja u oba ribnjaka nije se značajno razlikovala u usporedbi s početkom istraživanja, niti je utvrđena značajna razlika između ribnjaka. MAYSABILA i sur. (2023.) ustanovili su da EM4 dodan u vodu smanjuje BPK₅ u uzgoju škampa.

Amonij (NH₄⁺) predstavlja ionizirani oblik amonijaka koji nije toksičan za ribe, osim pri iznimno visokim vrijednostima (SALLENAVE, 2019.). Koncentracija amonijaka u vodi ribnjaka trebala bi biti manja od 0,05 mg/L, a osjetljive ribe ugibaju pri koncentraciji od 2 mg/L (FRANCIS-FLOYD i sur., 2022.). Vrijednosti amonija u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 0,03 do 1,98 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 0,01 do 1,36 mg/L. Vrijednosti amonija u drugom dijelu istraživanja u oba ribnjaka bile su manje od 0,03 mg/L tijekom cjelokupnog razdoblja istraživanja. Između koncentracije amonija i temperature vode u prvom dijelu istraživanja utvrđena je značajna negativna povezanost, što je u suglasju s rezultatima istraživanja DEY i sur. (2021.). Koncentracija amonija u prvom dijelu istraživanja u oba ribnjaka bila je značajno viša na kraju nego na početku istraživanja, što može upućivati na to da mu se smanjila potrošnja od strane vodenog bilja (SALLENAVE, 2019.). No, koncentracija amonija na kraju prvog dijela istraživanja bila je značajno niža u pokusnom ribnjaku, što je u suglasju s rezultatima istraživanja PUJASTUTI i SUWARTHA (2017.), HOO i TEO (2021.) i MAYSABILA i sur. (2023.) koji pokazuju da se primjenom EM-a smanjuje koncentracija amonijaka u vodi zbog prisutnosti u EM-u fotosintetskih bakterija kao što su *Rhodopseudomonas* sp. i *Rhodobacter* sp.. Niže koncentracije amonija u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja time da ribe nisu prihranjivane.

Nitriti su toksični za ribe, jer oksidiraju hemoglobin u methemoglobin, blokirajući proces disanja, te uzrokuju promjenu boje krvi, škrge postaju smeđe i dolazi do oštećenja živčanog sustava, jetre, slezene i bubrega (BHATNAGAR i DEVI, 2019.). Idealno je da nitriti nisu prisutni u vodi. STONE i THOMFORDE (2004.) navode da je koncentracija nitrita manja od 4 mg/L prihvatljiva za uzgoj riba. U istraživanju GHUFRON i sur. (2020.) vrijednosti nitrita u uzgoju tilapija kretale su se od 0,01 do 0,12 mg/L. Vrijednosti nitrita u prvom dijelu ovog

istraživanja u oba ribnjaka bile su manje od 0,04 mg/L tijekom cjelokupnog razdoblja istraživanja. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 0,03 do 0,52 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 0,04 do 0,50 mg/L. Ovi nalazi u skladu su s rezultatima istraživanja DEY i sur. (2021.) koji su utvrdili malu razliku u koncentraciji nitrita u vodi ribnjaka između ljetnog i zimskog razdoblja godine. Koncentracija nitrita na kraju drugog dijela istraživanja u oba ribnjaka bila je značajno niža nego na početku istraživanja, no značajno viša vrijednost na kraju istraživanja utvrđena je u pokusnom ribnjaku.

Nitrati nisu toksični za ribe (BHATNAGAR i DEVI, 2019.). Koncentracije u uzgojima slatkovodnih riba uobičajeno se kreću od 50 do 150 mg/L (MOHALE i sur., 2020.). U istraživanju KRUPA i sur. (2020.) koncentracije nitrata u šaranskim ribnjacima kretale su se od 45 do 100 mg/L. Vrijednosti nitrata u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 0,8 do 2,6 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 1,3 do 2,8 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 0,8 do 3,1 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 1,8 do 2,9 mg/L. Prethodna istraživanja pokazala su da se dodatkom tekućeg EM smanjuje koncentracija nitrata u vodi za uzgoju škampa (PUJIASTUTI i SUWARTHA, 2017.) i podzemnim vodama (ALI, 2013.), a EM-a u obliku kugli u jezeru (SITAREK i sur., 2017.). Koncentracija nitrata u prvom dijelu ovog istraživanja tijekom gotovo svih promatranih dana bila je značajno viša u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, no na kraju istraživanja utvrđena je značajno niža koncentracija u pokusnom ribnjaku. Koncentracija nitrata na kraju drugog dijela istraživanja nije se značajno razlikovala između ribnjaka, no na početku istraživanja koncentracija je bila značajno viša u pokusnom ribnjaku. Dobiveni rezultati mogu se pripisati djelovanju denitrificirajućih bakterija prisutnih u EM-1® koje reduciraju nitrata u dušik koji se vraća u atmosferu (HOO i TEO, 2021.).

Hranjive tvari, dušik i fosfor, najvažniji su elementi u ribnjaku. No njihove previsoke koncentracije mogu rezultirati masovnim razmnožavanjem, odnosno cvjetanjem algi (eutrofikacijom), prekomjernim raspadom organske tvari i nedostatkom kisika (SALLENAVE, 2019.). Koncentracije ukupnog dušika i ukupnog fosfora u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 1,32 do 17,1 mg/L i od 0,16 do 0,67 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 1,35 do 17,2 mg/L i od 0,18 do 0,38 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 1,20 do 10,23 mg/L i od 0,01 do 0,08 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 1,57 do 12,6 mg/L i od 0,03 do 0,10 mg/L. Koncentracije ukupnog dušika i ukupnog fosfora u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bile su značajno više na kraju nego na početku istraživanja. Dobiveni rezultati mogu se objasniti prihranom riba krmnom smjesom jer je poznato da je takva hrana glavni izvor dušika i fosfora u uzgojima riba

(HARGREAVES, 1998.; ZHANG i FANG, 2006.). Koncentracija ukupnog dušika na kraju prvog dijela istraživanja nije se značajno razlikovala između kontrolnog i pokusnog ribnjaka, dok je koncentracija ukupnog fosfora bila značajno niža u pokusnom ribnjaku. Koncentracija ukupnog dušika na kraju drugog dijela istraživanja također se nije značajno razlikovala između ribnjaka, a koncentracija ukupnog fosfora bila je značajno viša u pokusnom ribnjaku. PARK i sur. (2016.) utvrdili su da EM primijenjen u obliku kugli smanjuje koncentracije i dušika i fosfora u vodi. Za razliku, LURLING i sur. (2009.) izvješćuju da dodatak EM-a u obliku kugli može povećati koncentraciju fosfora u vodi.

Ortofosfat je jedan od najčešćih oblika fosfata. Glavni izvor ortofosfata u akvakulturi je dodana hrana i koncentracije se uobičajeno kreću od 25 do 45 mg/L. Koncentracija ortofosfata koja može izazvati akutnu toksičnost u slatkovodnih riba kreće se između 28 i 186 mg/L, dok koncentracija već od 0,14 mg/L izaziva kroničnu toksičnost u ličinki šarana (VAN BUSSEL i sur., 2013.). STRAUCH i sur. (2019.) zaključili su da koncentracije ortofosfata od 40 do 80 mg/L nemaju negativnog utjecaja na rast, razvoj i zdravlje afričkog soma, a vrijednosti veće od 120 mg/L utječu na dobrobit riba. Koncentracije ortofosfata u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 0,1 do 0,7 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 0,1 do 1,3 mg/L. U drugom dijelu istraživanja koncentracije ortofosfata u oba ribnjaka bile su manje od 0,1 mg/L tijekom cjelokupnog razdoblja istraživanja. Dobiveni rezultati u skladu su s nalazima MUSCUTT i WITHERS (1996.) koji su ustanovili da se koncentracije ortofosfata u rijekama ljeti polako povećavaju i dosežu najvišu vrijednost između srpnja i studenoga, a da se zimi naglo smanjuju dosežući najnižu vrijednost između siječnja i travnja. Prosječna koncentracija ortofosfata u rijekama u njihovu istraživanju kretala se od < 0,01 to 7,85 mg/L. Koncentracija ortofosfata u prvom dijelu ovog istraživanja u oba ribnjaka bila je značajno viša na kraju u usporedbi s početkom istraživanja, no značajno niža vrijednost na kraju istraživanja utvrđena je u pokusnom ribnjaku.

Kloridi su prisutni u svim vrstama voda, najčešće u obliku metalnih soli. Mogu potjecati iz tla, jer su dobro topivi, ili iz otpadnih voda iz industrije i kućanstva, naročito onih s fekalnim sadržajem, jer su sastavni dio mokraće (VUČEMILO i TOFANT, 2009.). Kloridi mogu potjecati i od poljoprivrednih djelatnosti, osobito iz ratarske proizvodnje (MATEO-SAGASTA i sur., 2017.). Visoke koncentracije klorida u slatkoj vodi mogu upućivati na prodor morske ili slane vode (MOHALE i sur., 2020.). Kloridi su važni za ribe zbog održavanja osmotske ravnoteže (BHATNAGAR i DEVI, 2019.). Iako koncentracije klorida u kontinentalnim vodama mogu iznositi i do 200.000 mg/L, prikladne koncentracije za slatkovodnu ekologiju, ljudsku potrošnju te poljoprivrednu i industrijsku proizvodnju uobičajeno se kreću u rasponu

od 10 do 1000 mg/L (GRANATO i sur., 2015.). U istraživanju KRUPA i sur. (2020.) koncentracije klorida u šaranskim ribnjacima kretale su se od 10 do 100 mg/L. Koncentracije klorida u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 0,8 do 6,2 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 1,2 do 4,6 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 4,0 do 5,0 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 4,7 do 6,6 mg/L. KANNAN i KUMAR (2012.) utvrdili su neznačajno nižu koncentraciju klorida u otpadnim vodama nakon primjene EM-a u obliku kugli. U prvom dijelu ovog istraživanja koncentracija klorida na kraju istraživanja bila je značajno niža, a na kraju drugog dijela istraživanja značajno viša u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku.

Magnezij i kalcij uobičajeno su prisutni u površinskim vodama, a koncentracija im ovisi o mnogim čimbenicima, kao što su geološka struktura slivnog područja, vrsta tla i biljnog pokrova, vremenski uvjeti, reljefna obilježja, površinsko ispiranje te prodor podzemne vode (POTASZNIK i SZYMCZYK, 2015). WURTS i DURBOROW (1992.) navode da je preporučeni raspon slobodnog kalcija u vodi za uzgoj riba od 25 do 100 mg/L. U istraživanju EHIAGBONARE i OGUNRINDE (2010.) koncentracije magnezija i kalcija u zemljanom ribnjaku za uzgoj somova iznosile su 1,82 mg/L i 16,01 mg/L. U prvom dijelu ovog istraživanja utvrđene su sljedeće vrijednosti magnezija i kalcija: od 14,3 do 21,2 mg/L i od 22,1 do 52 mg/L u kontrolnom ribnjaku, te od 12,2 do 17,6 mg/L i od 21,5 do 51,0 mg/L u pokusnom ribnjaku. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti magnezija i kalcija kretale su se od 8,3 do 12,7 mg/L i od 31,9 do 51,2 mg/L u kontrolnom ribnjaku, te od 8,1 do 12,9 mg/L i od 42,2 do 47,8 mg/L u pokusnom ribnjaku. Značajno niže koncentracije kalcija na kraju u odnosu na početak oba dijela istraživanja mogu se objasniti time da ribe za rast i razvoj koriste kalcij kako iz hrane tako i iz vode (BHATNAGAR i DEVI, 2019.). U istraživanju HOO i TEO (2021.) dodatak tekućeg EM-a prouzročio je povišenje koncentracije kalcija u površinskim vodama, dok su REGINA i TEO (2019.) utvrdili značajno višu koncentraciju kalcija u rijeci nakon dodatka EM-a u obliku glinenih kugli. Na kraju oba dijela ovog istraživanja utvrđene su značajno više koncentracije kalcija u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, no koncentracija kalcija na početku drugog dijela istraživanja bila je značajno viša u pokusnom ribnjaku. Koncentracija magnezija u vodi kontrolnog i pokusnog ribnjaka na kraju oba dijela istraživanja bila je viša nego na početku istraživanja, iako se u pokusnom ribnjaku u prvom dijelu istraživanja nije značajno razlikovala na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Koncentracija magnezija na kraju prvog dijela istraživanja bila je značajno niža u pokusnom ribnjaku, dok se na kraju drugog dijela istraživanja nije značajno razlikovala između ribnjaka.

KOPP i sur. (2013.) ustanovili su da se koncentracije natrija u vodi ribnjaka za uzgoj pastrva kreću od 4 do 21 mg/L. Vrijednosti natrija u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 5,2 do 8,1 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 4,8 do 7,1 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 4,5 do 5,6 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 5,5 do 6,3 mg/L. Koncentracije natrija u vodi oba ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bile su značajno više na kraju nego na početku istraživanja, što može biti posljedica prihrane riba krmnom smjesom koja je sadržavala natrij. No, koncentracije natrija u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja također su bile značajno više na kraju nego na početku istraživanja.

U ribnjacima je potrebna relativno mala količina kalija, no optimalne koncentracije ovog elementa za uzgoj riba nisu poznate (DEVI i sur., 2013.). Dokazano je da se kalij troši tijekom rasta šarana i da mlade ribe lakše konzumiraju kalij (DEVI i sur., 2013.). Vrijednosti kalija u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 2,7 do 4 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 2,5 do 3,7 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti su se kretale od 1,8 do 2,2 mg/L u kontrolnom ribnjaku i od 2,0 do 5,3 mg/L u pokusnom ribnjaku.

Koncentracije natrija i kalija u prvom dijelu istraživanja bile su značajno niže u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, dok su u drugom dijelu istraživanja značajno više koncentracije utvrđene u pokusnom ribnjaku. Iako su koncentracije ovih elemenata u pokusnom ribnjaku u drugom dijelu istraživanja bile značajno više već na početku istraživanja, razlika u koncentraciji kalija između kontrolnog i pokusnog ribnjaka na kraju istraživanja bila je veća, u usporedbi s razlikom na početku istraživanja. U prethodnim istraživanjima utvrđene su više koncentracije natrija i kalija u površinskim vodama nakon primjene kako EM-a u obliku kugli (REGINA i TEO, 2019.) tako i u tekućem obliku (HOO i TEO, 2021.).

Sulfati se uobičajeno nalaze u vodi, a potječu iz tla i stijena otapanjem minerala. Koncentracije im se kreću i do 1000 mg/L. Ribe toleriraju širok raspon koncentracija sulfata (STONE i THOMFORDE, 2004.). U istraživanju EHIAGBONARE i OGUNRINDE (2010.) koncentracija sulfata u zemljanom ribnjaku za uzgoj somova iznosila je 0,66 mg/L. Vrijednosti sulfata u ovom istraživanju bile su više, osobito u drugom dijelu istraživanja. U prvom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 0,8 do 3,9 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 1,0 do 4,0 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 7,9 do 10,8 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 8,8 do 10,9 mg/L. Rezultati istraživanja ZHOU i sur. (2015.) također su pokazali da je koncentracija sulfata u površinskim vodama visoka tijekom zimskih mjeseci. Autori to pripisuju povećanju količine ugljena koji se koristi za grijanje tijekom zime, a koji povećava koncentraciju sulfata u zraku, a posljedično i

u površinskim vodama. Koncentracije sulfata na kraju oba dijela ovog istraživanja bile su značajno više u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku. VOVK i KRAVCHUK (2015.) također izvješćuju da se primjenom EM-a povećava koncentracija sulfata u otpadnim vodama, no smatraju da razlozi tome nisu dovoljno jasni i da zahtijevaju detaljnije istraživanje.

Do onečišćenja površinskih voda bromidima može doći kako prirodnim putem tako i industrijskim emisijama (XUE i sur., 2023.). U 2014. godini kemijska industrija i spalionice komunalnog otpada u Švicarskoj bile su odgovorne za ~2000 tona bromida ispuštenih u rijeku Rajnu (SOLTERMANN i sur., 2016.). Bromidni ion u malim koncentracijama ima nisku toksičnost u sisavaca te većine slatkovodnih organizama i biljaka. U literaturi se navodi da koncentracije više od 1 mg/L u vodi mogu izazvati kroničnu toksičnost nepovoljno djelujući na žive organizme (FLURY i PAPRITZ, 1993.; SOLTERMANN i sur., 2016.). Koncentracija bromida u prvom dijelu ovog istraživanja u oba ribnjaka kretala se od 0,008 do 0,5 mg/L. U drugom dijelu istraživanja koncentracije bromida u oba ribnjaka bile su manje od 0,008 mg/L tijekom cjelokupnog razdoblja istraživanja. Koncentracija bromida u prvom dijelu istraživanja u oba ribnjaka bila je značajno viša na kraju nego na početku istraživanja, što se može objasniti poljoprivrednim aktivnostima u blizini ribnjaka, koje mogu biti izvor bromida u površinskim vodama (SOLTERMANN i sur., 2016.). Koncentracija bromida na kraju prvog dijela istraživanja nije se značajno razlikovala između kontrolnog i pokusnog ribnjaka.

Onečišćenje voda fluoridima važan je ekotoksikološki problem, predstavljajući rizik za zdravlje riba, a posljedično i za zdravlje ljudi kroz prehrambeni lanac (GHOSH i GHOSH, 2019.). Koncentracije fluorida u neonečišćenim slatkim vodama uobičajeno se kreću od 0,01 do 0,3 mg/L (CAMARGO, 2003.). U istraživanju KRUPA i sur. (2020.) koncentracije fluorida u šaranskim ribnjacima kretale su se od 0 do 0,5 mg/L. Vrijednosti fluorida u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 0,2 do 0,9 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 0,2 do 0,5 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti su se kretale od 0,3 do 0,6 mg/L u kontrolnom ribnjaku i od 0,2 do 0,7 mg/L u pokusnom ribnjaku. Koncentracije fluorida više od 0,5 mg/L mogu negativno utjecati na ribe inhibirajući aktivnost enzima te prekidajući metaboličke procese kao što su glikoliza i sinteza bjelančevina (CAMARGO, 2003.). Visoke koncentracije fluorida u vodi ribnjaka u ovom istraživanju mogu se objasniti blizinom poljoprivrednih površina te uporabom gnojiva i pesticida koji sadrže fluoride (CAMARGO, 2003.). Iako mikroorganizmi kao što su *Shewanella putrefaciens*, *Spirogyra* sp. i *Pleurotus* sp. imaju potencijal za uklanjanje fluorida iz otpadnih voda (DWIVEDI i sur., 2018.), anaerobni mikroorganizmi posebno su osjetljivi na prisutnost fluorida (OCHOA-HERRERA i sur., 2009.). Koncentracija fluorida na kraju prvog dijela ovog istraživanja bila je značajno niža u pokusnom

nego u kontrolnom ribnjaku. Koncentracija fluorida u oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bila je značajno viša na kraju nego na početku istraživanja i nije se značajno razlikovala između ribnjaka. Dobiveni rezultati upućuju na to da su mikroorganizmi u tekućem EM-1® podložniji toksičnom djelovanju fluorida nego kada je EM-1® dodan u obliku kugli.

Ukupni ugljikovodici (mineralna ulja) predstavljaju sumu dugolančanih i razgranatih alifatskih, alicikličkih, aromatskih ili alkil-supstituiranih aromatskih ugljikovodika između $C_{10}H_{22}$ (n-dekana) i $C_{40}H_{82}$ (n-tetrakontana) (NN 26/2020.). Policiklički aromatski ugljikovodici izazivaju veliku zabrinutost jer su potencijalno opasni zbog svojih visoko mutagenih, kancerogenih i genotoksičnih učinaka (GUPTA i sur., 2015.; ABDEL-SHAFFY i MANSOUR, 2016.). Policiklički aromatski ugljikovodici u vodene ekosustave dopijevaju prirodnim, no ponajviše antropogenim putem (šumskima požarima, vulkanskim erupcijama, otpadnim vodama iz kućanstava i industrija, taloženjem iz atmosfere, izlivanjem nafte, uporabom kreozota, spaljivanjem otpada te izgaranjem fosilnih goriva) (CHERR i sur., 2017.). Zbog niske topivosti u vodi i visoke lipofilnosti, postojani su u okolišu i lako se adsorbiraju na organsku tvar, osobito sedimenta (MENG i sur., 2019.), a mogu se akumulirati i u organizmima (VAN DER OOST i sur., 2003.). Koncentracije ukupnih ugljikovodika u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 1,6 do 2,3 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 1,6 do 1,9 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 1,6 do 2,7 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 1,4 do 2,4 mg/L. Koncentracija ukupnih ugljikovodika u vodi kontrolnog ribnjaka u prvom dijelu istraživanja bila je značajno viša na kraju istraživanja, dok se u pokusnom ribnjaku nije značajno razlikovala na kraju u odnosu na početak istraživanja. Koncentracija ukupnih ugljikovodika na kraju istraživanja bila je značajno niža u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku. Koncentracija ukupnih ugljikovodika u vodi oba ribnjaka u drugom dijelu istraživanja bila je značajno niža na kraju nego na početku istraživanja, no značajno niže vrijednosti utvrđene su u pokusnom ribnjaku. Dobiveni rezultati u skladu su s rezultatima istraživanja ZHANG i sur. (2012.) koji su zaključili da se EM može koristiti za bioremedijaciju mora onečišćenog naftom.

Lipidi su skupina organskih spojeva vrlo važnih u hranidbi riba. Postoji više vrsta lipida, a masti i ulja spadaju u jednostavne lipide. Neke nezasićene masne kiseline esencijalne su za ribe te o njima ovisi njihov pravilan rast i razvoj i nužni su sastojak riblje hrane. Nedostatak esencijalnih masnih kiselina u riba može izazvati depigmentaciju, eroziju peraja, miopatiju srca, otečenost i bljedoću jetre i sindrom šoka (TREER i sur., 1995.). Koncentracije ulja i masti u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 2,2 do 5,5 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 2,2 do 7,0 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom

ribnjaku kretale su se od 2,8 do 4,3 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 2,3 do 3,5 mg/L. Nakon početne, značajno više koncentracije u pokusnom ribnjaku, koncentracija ulja i masti u prvom dijelu istraživanja bila je značajno niža u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku do kraja istraživanja, dok se koncentracija u kontrolnom ribnjaku nije značajno razlikovala na kraju u usporedbi s početkom istraživanja. Koncentracija ulja i masti u drugom dijelu istraživanja u oba ribnjaka bila je značajno niža na kraju nego na početku istraživanja, pri čemu je u pokusnom ribnjaku utvrđena značajno niža vrijednost kako na početku tako i na kraju istraživanja.

Fenoli su aromatski organski spojevi koji se koriste u industrijskim procesima, te mogu dospjeti u površinske vode. Fenoli su toksični za ribe (TIŠLER i ZAGORC-KONČAN, 1997.), a konzumacija ribe izložene fenolnim spojevima može imati štetan utjecaj na ljudsko zdravlje (ZHONG i sur., 2018.). U istraživanju KIM i sur. (2023.) utvrđene koncentracije fenolnih spojeva u tkivima slatkovodne ribe nisu predstavljale opasnost za zdravlje ljudi, pri čemu je prosječna koncentracija fenola u vodi iznosila 57,0 ng/L. CHEN (2002.) izvješćuje da izlaganje somova fenolu u koncentraciji od 5 do 30 mg/L tijekom 24 sata smanjuje broj eritrocita i sadržaj hemoglobina te povećava brzinu sedimentacije eritrocita. Vrijednosti fenola u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 0,30 do 0,65 mg/L, a u pokusnom ribnjaku od 0,20 do 0,51 mg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti su se kretale od 0,13 do 0,62 mg/L u kontrolnom ribnjaku i od 0,11 do 0,65 mg/L u pokusnom ribnjaku. Utvrđene značajno niže vrijednosti fenola u prvom dijelu istraživanja u pokusnom ribnjaku tijekom gotovo cjelokupnog razdoblja istraživanja u suglasju su s nalazima SIVASUBRAMANIAN i NAMASIVAYAM (2013.) koji su ustanovili da EM-1 primijenjen u tekućem obliku ima sposobnost degradacije fenola. No u drugom dijelu ovog istraživanja primjena tekućeg EM-1® pokazala je da nema utjecaja na koncentraciju fenola.

CADMUS i sur. (2018.) navode da se u SAD-u koncentracijom ukupnog željeza koja izaziva kroničnu toksičnost u vodenih organizama smatra 1000 µg/L, no ta je vrijednost temeljena uglavnom na ograničenim terenskim istraživanjima i nije ažurirana od 1976. godine. Kako bi razvili znanstveno utemeljeniji kriterij, koristeći podatke o kroničnoj toksičnosti iz znanstvene literature u kombinaciji s rezultatima njihova istraživanja, autori su izračunali graničnu vrijednost ukupnog željeza od 499 µg/L. Koncentracije željeza u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 230,0 do 777,0 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 233,0 do 472,0 µg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 10,0 do 145,2 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 10,0 do 278,1 µg/L. Visoka koncentracija željeza u vodi ribnjaka u prvom dijelu istraživanja može se pripisati njegovoj uporabi u poljoprivrednoj djelatnosti i ispiranju s obradivih površina u blizini ribnjaka, na što

upućuju i zaključci istraživanja ALADESANMI i sur. (2014.) kao i prihrani riba krmnom smjesom koja je sadržavala željezo.

Bioakumulacija teških metala u slatkovodnoj ribi ovisi kako o karakteristikama ribe tako i o vanjskim čimbenicima okoliša (ALI i sur., 2019.). Tako je istraživanje MATAŠIN i sur. (2008.) pokazalo da geokemijski okoliš utječe na koncentracije teških metala u šarana. U eksperimentalnim uvjetima, koncentracija aluminija već od 50 µg/L imala je negativan učinak na fiziologiju običnog šarana (GARCÍA-MEDINA i sur., 2010). Štoviše, pri niskim pH-vrijednostima vode (< 5,5), koncentracija aluminija od čak 12,5 µg/L može uzrokovati ozbiljne fiziološke poremećaje u slatkovodnih riba (ALLIN i WILSON, 2000.). DIETRICH i SCHLATTER (1989.) utvrdili su da su visoke koncentracije aluminija (200 i 400 µg/L) pri pH-vrijednostima 5,4 i 5,6 rezultirale začepljenjem škrga riba sa sluzi i poremećajem izmjene plinova. Toksičnost aluminija također se povećava pri visokim pH-vrijednostima vode (> 9) (ANZECC i ARMCANZ, 2000.). Koncentracije aluminija u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 69,0 do 725,0 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 49,0 do 488,0 µg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 41,0 do 352,7 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 25,6 do 525,0 µg/L, upućujući na potencijalni rizik za zdravlje riba u ovisnosti o pH-vrijednosti vode.

Učinci berilija i aluminija na ribe u kiseljoj vodi su slični, ali berilij uzrokuje oštećenje škrga pri nižim koncentracijama, što pokazuje njegovu važnost kao onečišćivača u kiselim vodama. U istraživanju JAGOE i sur. (1993.) koncentracije berilija ≥ 10 µg/L pri pH-vrijednosti 4,5 uzrokovale su povećan pomor mlađa grgeča, ali samo su koncentracije > 50 µg/L bile letalne pri pH-vrijednosti 5,5. Koncentracije berilija u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom i pokusnom ribnjaku kretale su se od granice kvantifikacije (engl. limit of quantification, LOQ) do 2,5 µg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 1,26 do 13,0 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 1,51 do 13,0 µg/L, predstavljajući, kao i u slučaju aluminija, potencijalni rizik za zdravlje riba ovisno o pH-vrijednosti vode.

KSZOS i STEWART (2003.) izvješćuju da dugotrajna izloženost koncentraciji litija od 600 µg/L ima negativan učinak na preživljavanje mlađa kalifornijske pastrve. U istraživanju TKATCHEVA i sur. (2007.) štetni učinci litija na mlađ kalifornijske pastrve utvrđeni su već pri koncentraciji od 528 µg/L. Koncentracije litija u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 7,2 do 18,2 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 8,3 do 19,5 µg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 3,2 do 18,82 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 3,9 do 19,01 µg/L.

Istražujući učinak vanadija na slatkovodne organizme, MEINA i sur. (2020.) utvrdili su da koncentracije između 1,8 i 6 mg/L smanjuju koncentracije natrija i kalcija u tijelu kalifornijske pastrve, a da koncentracije > 3,6 mg/L uzrokuju povećanu peroksidaciju lipida u škragama i jetri. Koncentracije vanadija u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 5,0 do 29,0 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 5,0 do 28,0 µg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 9,12 do 15,21 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 8,36 do 16,41 µg/L.

Bakar je glavni onečišćivač vodenih ekosustava, a njegove visoke koncentracije stvaraju mikrookoliš štetan za vodene organizme, znatno smetajući rastu i fiziologiji riba (JAMIL EMON i sur., 2023.). Bakar može utjecati na kardiovaskularni i živčani sustav riba, proizvodnju spermija i jajašaca, metabolizam glukoze i stanične strukture, oštećujući organe kao što su škrge, jetra i bubrezi (PADRILAH i sur., 2018.). Cink je također među važnim onečišćivačima vodenih ekosustava. Cink u visokim koncentracijama negativno utječe na rast, reprodukciju, homeostazu, unos hrane i formiranje kostiju te oštećuje jetru riba (JAMIL EMON i sur., 2023.).

ABDEL-TAWWAB i sur. (2012.) utvrdili su da povećane koncentracije cinka (do 7,0 mg/L) povećavaju ekskreciju amonijaka, što rezultira lošom kvalitetom vode za ribe. WATANABE i sur. (1997.) navode da se simptomi trovanja cinkom u riba mogu pojaviti već pri koncentracijama manjim od 1 mg/L. ALAM i MAUGHAN (1995.) utvrdili su da je 96-satna srednja smrtna koncentracija (engl. lethal concentration 50, LC₅₀) bakra za običnog šarana 300 µg/L (manje ribe, 3,5 cm) i 1000 µg/L (veće ribe, 6,0 cm), dok su za cink vrijednosti varirale, no općenito su se povećavale s povećanjem veličine ribe. Mangan također utječe na fiziologiju riba katkad s letalnim završetkom (JAMIL EMON i sur., 2023.). Negativan učinak mangana na ribu uglavnom je posljedica povećanog oksidacijskog stresa koji izaziva (DOLCI i sur., 2013.). HARANGI i sur. (2017.) ustanovili su da koncentracije mangana od 290 do 625 µg/L nemaju utjecaja na preživljenje i prosječnu masu mlađa običnog šarana. Koncentracije mangana, cinka i bakra u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 140,0 do 273,0 µg/L, od 14,0 do 217,0 µg/L i od 4,6 do 9,3 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 80,0 do 223,0 µg/L, od 15,0 do 285,0 µg/L i od 2,0 do 7,5 µg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 10,9 do 38,8 µg/L, od 2,01 do 16,3 µg/L i od 2,0 do 5,2 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 11,0 do 33,3 µg/L, od 0,39 do 16,7 µg/L i od 2,0 do 5,2 µg/L.

Arsen je jedan od najtoksičnijih teških metala koji onečišćuje vodene ekosustave kako prirodnim tako i antropogenim putem, višestruko štetno djelujući na ribe (JAMIL EMON i sur., 2023.). Rezultati istraživanja KAR i sur. (2011.) pokazali su da je voda iz ribnjaka važan izvor izloženosti riba arsenu. U većini ribnjaka koje su potonji autori istražili koncentracije arsena

bile su više od maksimalno dozvoljene (50 µg/L) u vodi ribnjaka na Tajvanu, pri čemu je najveća utvrđena prosječna koncentracija iznosila 75,7 µg/L. Koncentracije arsena u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 1,0 do 50 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 2,0 do 47,0 µg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 0,24 do 19,99 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 1,24 do 16,0 µg/L. Općenito, LC₅₀ vrijednosti arsena za ribe koštunjače su između 7 i 29 mg/L, ovisno o starosti i vrsti riba te okolišnim uvjetima (LIAN i WU, 2017.).

SUZUKI i sur. (1972.) utvrdili su da se koncentracije stroncija u vodi ribnjaka za uzgoj običnog šarana kreću od 28,0 do 48,5 µg/L. Koncentracije stroncija u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 85,0 do 242,0 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 103,0 do 157,0 µg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 80,96 do 106,0 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 47,9 do 125,0 µg/L. U istraživanju LIU i sur. (2022.) koncentracije stroncija ≤ 60 mg/L u morskoj vodi nisu djelovale toksično na razvoj ličinki incuna *Coilia nasus*. Međutim, toksičnost na kemikalije može biti različita u slatkovodnih i morskih riba (WHEELER i sur., 2002.).

Toksičnost i sveprisutnost uranija u vodenim sustavima predstavlja znatan rizik za vrste kao što su ribe (BARILLET i sur., 2011.). U istraživanju XU i sur. (2021.a), u kojem su embriji zebrica bili izloženi koncentracijama uranija od 2, 20 i 100 µg/L, utvrđena je značajno povećana stopa malformacija ličinaka pri koncentraciji od 100 µg/L. CHEN i sur. (2021.) izvješćuju da je 96-satna LC₅₀ vrijednost uranija za zebricu 17,785 mg/L. Koncentracije uranija u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od LOQ do 16,0 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od LOQ do 14,0 µg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 1,0 do 13,0 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 2,0 do 11,0 µg/L.

Onečišćenje vodenih ekosustava borom dobiva sve više na pozornosti zbog njegovih toksičnih učinaka u visokim koncentracijama na biljke i životinje (ACAR i sur., 2018.). Potonji autori utvrdili su štetne učinke bora pri visokim koncentracijama (50 i 100 mg/L) na DNK stanica krvi i spermija te biokemijske pokazatelje seruma u nilskih tilapija, pri čemu je 96-satna LC₅₀ vrijednost iznosila 141,42 mg/L. ADHIKARI i MOHANTY (2012.) utvrdili su da su stopa preživljenja i rast indijskog velikog šarana (*Cirrhinus mrigala*) smanjeni pri koncentraciji bora od 8,0 mg/L. Koncentracije bora u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 14,53 do 93,0 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 12,0 do 81,0 µg/L. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 15,0 do 60,6 µg/L, a u pokusnom ribnjaku od 14,0 do 51,4 µg/L.

Malo je podataka o potencijalnom štetnom utjecaju barija na ribe. HEITMULLER i sur. (1981.) izvješćuju da je LC_{50} vrijednost barija za ovčjeglavu gavčicu veća od 500 mg/L. Koncentracije barija u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 29,0 do 200 $\mu\text{g/L}$, a u pokusnom ribnjaku od 25,0 do 76,0 $\mu\text{g/L}$. U drugom dijelu istraživanja vrijednosti u kontrolnom ribnjaku kretale su se od 5,0 do 18,0 $\mu\text{g/L}$, a u pokusnom ribnjaku od 5,3 do 25,0 $\mu\text{g/L}$.

Koncentracije većine utvrđenih teških metala u prvom dijelu istraživanja, kako u kontrolnom tako i u pokusnom ribnjaku, bile su najviše sredinom istraživanja, nakon čega su se snizile, što se može dovesti u vezu sa značajnom pozitivnom povezanošću s mutnoćom vode. Mutnoća vode sredinom prvog dijela istraživanja vjerojatno je bila veća zbog više padalina, a na male čestice u vodi poput gline vezali su se metali (VESPER i sur., 2003.). Rezultati drugog dijela istraživanja također upućuju na povezanost mutnoće vode s koncentracijom pojedinih teških metala u vodi, što je u suprotnosti s rezultatima istraživanja PEŠIĆ i sur. (2020.).

Koncentracije aluminijskog, bakra, barija, berilija, bora, mangana, uranija, vanadijskog i željeza na kraju prvog dijela istraživanja bile su značajno niže u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku. LURLING i sur. (2009.) utvrdili su da se primjenom EM-a u obliku kugli povećavaju koncentracije aluminijskog i bakra u vodi, a DHARMAWAN i sur. (2018.) da EM4 ima sposobnost smanjenja koncentracije željeza u otpadnim vodama iz farmaceutske industrije.

ZHOU i sur. (2008.) ustanovili su da bakterije EM-a toleriraju koncentraciju arsena u vodi do najviše 50 $\mu\text{g/L}$, a više koncentracije mogu oštetiti DNK bakterija i smanjiti njihovu sposobnost pročišćavanja voda. Iako je koncentracija arsena u pokusnom ribnjaku na početku prvog dijela ovog istraživanja bila gotovo 50 $\mu\text{g/L}$, nakon primjene EM-1® razina mu se smanjila, no na kraju istraživanja bila je značajno viša u odnosu na kontrolni ribnjak. Koncentracija stroncija na kraju prvog dijela istraživanja također je bila značajno viša u pokusnom ribnjaku. Za razliku, YALÇIN i sur. (2023.) utvrdili su nižu koncentraciju stroncija u otpadnim vodama nakon primjene EM-a. Koncentracije cinka i litija na kraju prvog dijela istraživanja nisu se značajno razlikovale između kontrolnog i pokusnog ribnjaka.

Koncentracije aluminijskog, bora i stroncija na kraju drugog dijela istraživanja bile su značajno niže u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku, dok se koncentracije arsena, bakra, barija, berilija, cinka, litija, mangana, uranija, vanadijskog i željeza nisu značajno razlikovale između ribnjaka na kraju istraživanja, no koncentracije arsena, barija, berilija, uranija i željeza bile su značajno više u pokusnom ribnjaku na početku istraživanja.

Bakterije su važni mikroorganizmi u ribnjacima. Korisne bakterije prirodno su prisutne u različitim tipovima voda te su odgovorne za održavanje čistoće vode, razgradnju organske

otpadne tvari, razgradnju amonijaka iz ribljih ekskremenata, smanjenje koncentracija nitrita i nitrata, smanjenje opterećenja hranjivim tvarima te održavanje ravnoteže u ekosustavu. Patogene bakterije uzrokuju neugodne mirise te bolesti u riba (AJAYI i OKOH, 2014.). Potonji autori utvrdili su da se ukupni broj bakterija u vodi ribnjaka kreće od 16×10^3 CFU/mL do $12,4 \times 10^5$ CFU/mL. U prvom dijelu ovog istraživanja ukupni broj bakterija na 36 °C i 22 °C u kontrolnom ribnjaku kretao se od $4,9 \times 10^2$ do $6,37 \times 10^3$ CFU/mL i od $4,5 \times 10^2$ do $4,5 \times 10^3$ CFU/mL, a u pokusnom ribnjaku od $9,4 \times 10^2$ do $9,7 \times 10^3$ CFU/mL i od $9,7 \times 10^2$ do $6,52 \times 10^3$ CFU/mL. U drugom dijelu istraživanja utvrđene su sljedeće vrijednosti na 36 °C i 22 °C, od 30 do $5,55 \times 10^2$ CFU/mL i od $1,45 \times 10^2$ do $2,63 \times 10^3$ CFU/mL u kontrolnom ribnjaku, te od 20 do $3,5 \times 10^2$ CFU/mL i od $1,1 \times 10^2$ do $1,95 \times 10^3$ CFU/mL u pokusnom ribnjaku. Ukupni broj bakterija na 36 °C i 22 °C u oba ribnjaka na kraju prvog dijela istraživanja bio je značajno manji, a na kraju drugog dijela istraživanja značajno veći u odnosu na početak istraživanja. Dobiveni rezultati mogu se dovesti u vezu sa značajnom pozitivnom povezanošću s temperaturom vode. Temperatura vode u ribnjacima na kraju prvog dijela istraživanja bila je značajno niža, a na kraju drugog dijela istraživanja značajno viša u odnosu na početak istraživanja. No, očekivano, ukupni broj bakterija na kraju oba dijela istraživanja bio je značajno veći u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku. HOO i TEO (2021.) također su ustanovili da se primjenom EM-a povećava koncentracija mikroorganizama u vodi, zbog umnažanja različitih mikroorganizama koje sadrži.

Koliformne bakterije su gram-negativne bakterije koje fermentiraju laktozu, aerobne su, ne stvaraju spore i optimalno rastu na 35 do 37 °C tijekom 48 sati. Ukupni broj koliformnih bakterija je kriterij koji upućuje na onečišćenje vode otpadom fekalnog podrijetla (VUČEMILO i TOFANT, 2009.). U istraživanju AJAYI i OKOH (2014.) broj ukupnih koliforma u vodi ribnjaka kretao se od $3,5 \times 10^3$ CFU/mL do $9,0 \times 10^5$ CFU/mL, a u istraživanju KRUPA i sur. (2020.) od 3,6 do > 1600 CFU/100 mL. Broj ukupnih koliforma u vodi u prvom dijelu ovog istraživanja u kontrolnom ribnjaku kretao se od $3,68 \times 10^2$ do $4,75 \times 10^3$ CFU/mL, a u pokusnom ribnjaku od $1,4 \times 10^2$ do $6,35 \times 10^3$ CFU/mL. U drugom dijelu istraživanja prisutnost ukupnih koliforma u vodi ribnjaka nije određivana. Broj ukupnih koliforma u vodi oba ribnjaka na kraju prvog dijela istraživanja bio je značajno manji u odnosu na početak istraživanja. Između broja koliformnih bakterija u vodi i temperature vode također je utvrđena pozitivna, iako statistički neznačajna povezanost. Rezultati istraživanja DOBRZYŃSKI i sur. (2022.) pokazali su značajno smanjenje broja koliformnih bakterija u vodi tjedan dana nakon primjene EM-a u obliku kugli i tekućem obliku, što je u suglasju s rezultatima ovog istraživanja. Na početku

prvog dijela ovog istraživanja broj ukupnih koliforma u vodi bio je značajno veći, a na kraju istraživanja značajno manji u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku.

Prethodna istraživanja pokazala su da je broj mikroorganizama višestruko veći u sedimentu nego u vodi ribnjaka (AVNIMELECH i RITVO, 2003.; DAI i sur., 2021.). Broj ukupnih koliforma u ovom istraživanju također je bio veći u sedimentu nego u vodi. Broj ukupnih koliforma u sedimentu kontrolnog ribnjaka kretao se od $1,5 \times 10^3$ do $2,9 \times 10^4$ CFU/mL, a pokusnog ribnjaka od $8,96 \times 10^2$ do $8,65 \times 10^4$ CFU/mL. Broj ukupnih koliforma u sedimentu oba ribnjaka bio je značajno manji na kraju nego na početku istraživanja, no značajno niža vrijednost na kraju istraživanja utvrđena je u pokusnom ribnjaku.

Masa i dužina riba mjerene su samo u prvom dijelu istraživanja. Masa mlađa prilikom naseljavanja oba ribnjaka kretala se od 7,0 do 7,2 g. Masa riba prilikom izlova u kontrolnom ribnjaku kretala se od 57,0 do 57,1 g, a u pokusnom ribnjaku od 61 do 61,2 g. Dužina mlađa prilikom naseljavanja kontrolnog ribnjaka kretala se od 7,0 do 8,6 cm, a pokusnog ribnjaka od 6,8 do 8,0 cm. Dužina tijela prilikom izlova u kontrolnom ribnjaku kretala se od 14,1 do 14,6 cm, a u pokusnom ribnjaku od 14,9 do 15,1 cm. Masa i dužina riba na kraju istraživanja bile su značajno veće u pokusnom nego u kontrolnom ribnjaku. Prethodna istraživanja također su pokazala da se primjenom EM-a povećava masa (ELPAWATI i sur., 2015.; THIAM i sur., 2015.; ALY i sur., 2017.; OMAR i sur., 2017.; XU i sur., 2021.b; ORJI i AKUKALIA, 2021.; JWHER i AL-SARHAN, 2022.; ISLAM i sur., 2023.) i dužina riba (OMAR i sur., 2017.; ORJI i AKUKALIA, 2021.), iako TANG i sur. (2016.) i ZHENG i sur. (2017.) nisu utvrdili utjecaj EM-a i to dodanog u vodu na prirast šarana. U istraživanjima TANG i sur. (2016.) i ZHENG i sur. (2017.) EM je bio primijenjen u tekućem obliku, što upućuje na to da formulacija EM-a može imati ulogu u procjeni njegove učinkovitosti.

7. ZAKLJUČCI

Iz rezultata ovog istraživanja, koje se odnosilo na učinkovitost primjene pripravka efektivnih mikroorganizama EM-1® u šaranskom ribnjačarstvu, može se zaključiti da EM-1® dodan u vodu ribnjaka sa šaranskim mlađom, u obliku glinenih kugli, utječe na:

1. organoleptičke pokazatelje kvalitete vode, povećanjem mutnoće vode;
2. fizikalno-kemijske pokazatelje kvalitete vode, smanjenjem vrijednosti većine istraživanih pokazatelja, uz povećanje koncentracija suspendirane i taložive tvari, kalcija, sulfata te elemenata arsena i stroncija;
3. mikrobiološke pokazatelje kvalitete vode, smanjenjem broja ukupnih koliforma, a povećanjem ukupnog broja bakterijskih kolonija na 36 °C i 22 °C;
4. mikrobiološke pokazatelje kvalitete sedimenta, smanjenjem broja ukupnih koliforma;
5. da primjena EM-1® povećava prirast mlađa.

Iz rezultata istraživanja također se može zaključiti da EM-1® dodan u vodu šaranskog ribnjaka s miješanom konzumnom ribom, u tekućem obliku, utječe na:

1. organoleptičke pokazatelje kvalitete vode, smanjenjem mutnoće vode;
2. fizikalno-kemijske pokazatelje kvalitete vode, smanjenjem koncentracije otopljenog kisika i zasićenosti vode kisikom, koncentracija ukupnih ugljikovodika te elemenata aluminijske, bora i stroncija, a povećanjem koncentracija suspendirane tvari, nitrita, ukupnog fosfora, kalija, klorida i sulfata;
3. mikrobiološke pokazatelje kvalitete vode, povećanjem ukupnog broja bakterijskih kolonija na 36 °C i 22 °C.

8. POPIS LITERATURE

ABBASPOUR, N., R. HURRELL, R. KELISHADI (2014): Review on iron and its importance for human health. J. Res. Med. Sci. 19, 164-174.

ABBASS, A. A., H. ELABD (2022): Use of probiotics in finfish. U: Probiotics in Aquaculture. (Austin, B., S. Sharifuzzaman, ur.), Springer, Cham, str. 53-73.
DOI: 10.1007/978-3-030-98621-6_4

ABDEL-SALAM, R. G., S. M. BASSEM, E. S. ABDEL-REHEIM, M. ABDEL-LATIF, G. GUERRIERO, F. K. ABDEL-GAWAD (2023): Role of effective microorganisms on hematological and biochemical indices of cultured *Oreochromis niloticus* exposed to lead, copper, and cadmium under temperature variations. J. Appl. Biol. Biotechnol. 11, 153-160.
DOI: 10.7324/JABB.2023.110222

ABDEL-SHAFY, H. I., M. S. M. MANSOUR (2016): A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation. Egypt. J. Pet. 25, 107-123.
DOI: 10.1016/j.ejpe.2015.03.011

ABDEL-TAWWAB, M., G. O. EL-SAYED, S. H. SHADY (2012): Effects of dietary protein levels and environmental zinc exposure on the growth, feed utilization, and biochemical variables of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Toxicol. Environ. Chem. 94, 1368-1382.
DOI: 10.1080/02772248.2012.703202

ACAR, Ü., B. E. İNANAN, F. ZEMHERİ, O. S. KESBİÇ, S. YILMAZ (2018): Acute exposure to boron in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): median-lethal concentration (LC₅₀), blood parameters, DNA fragmentation of blood and sperm cells. Chemosphere 213, 345-350.
DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.09.063

ADHIKARI, S., M. MOHANTY (2012): Effect of waterborne boron and molybdenum on survival, growth and feed intake of Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). Chem. Ecol. 28, 113-121.
DOI: 10.1080/02757540.2011.627856

AFSHAN, S., S. ALI, U. SHAISTA AMEEN, M. FARID, S. ASLAM BHARWANA, F. HANNAN, R. AHMAD (2014): Effect of different heavy metal pollution on fish. Res. J. Chem. Env. Sci. 2, 74-79.

AJAYI, A. O., A. I. OKOH (2014): Bacteriological study of pond water for aquaculture purposes. J. Food Agric. Environ. 12, 1260-1265.

DOI: 10.1234/4.2014.5325

ALADESANMI, O. T., I. F. ADENIYI, I. M. ADESIYAN (2014): Comparative assessment and source identification of heavy metals in selected fishpond water, sediment and fish tissues/organs in Osun State, Nigeria. J. Health Pollut. 4, 42-53.

DOI: 10.5696/2156-9614-4-7.42

ALAM, M. K., O. E. MAUGHAN (1995): Acute toxicity of heavy metals to common carp (*Cyprinus carpio*). J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng. 30, 1807-1816.

DOI: 10.1080/10934529509376303

ALI, H., E. KHAN, I. ILAHI (2019): Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. J. Chem. 2019, 6730305.

DOI: 10.1155/2019/6730305

ALI, M. B. (2013): Removal of nitrate from groundwater by using effective microorganisms (EM). Tikrit J. Eng. Sci. 20, 39-50.

DOI: 10.25130/tjes.20.1.11

ALI, M. N., T. F. YOUSSEF, M. M. ALY, A. G. ABUZOID (2021): Application of effective microorganisms technology on dairy wastewater treatment for irrigation purposes. J. Degrade. Min. Lands Manage. 8, 2917-2923.

DOI: 10.15243/jdmlm.2021.084.2917

ALLIN, C. J., R. W. WILSON (2000): Effects of pre-acclimation to aluminium on the physiology and swimming behaviour of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during a pulsed exposure. *Aquat. Toxicol.* 51, 213-224.

DOI: 10.1016/S0166-445X(00)00111-9

ALY, M. H., M. A. ZAKI, A. T. MANSOUR, T. M. SROUR, E. A. OMAR (2017): Effect of effective microorganisms (Em) and molasses, wheat bran, and their mixture in a Biofloc system on microbial protein production, water quality, growth performance and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *J. Animal and Poultry Prod. Mansoura Univ.* 8, 443-449.

DOI: 10.21608/JAPPMU.2017.46059

ANONIMNO (2022.a): Ribnjačarstvo. Hrvatska tehnička enciklopedija. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. <https://tehnika.lzmk.hr/ribnjacarstvo/> (21.8.2023.)

ANONIMNO (2022.b): Marikultura. Hrvatska tehnička enciklopedija. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. <https://tehnika.lzmk.hr/marikultura-2/> (22.8.2023.)

ANONIMNO (2024): Šarani. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013.–2024. <https://www.enciklopedija.hr/clanak/sarani> (24.1.2024.)

ANZECC, ARMCANZ (2000): Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. Volume 2. Aquatic ecosystems. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council, Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand. <https://www.waterquality.gov.au/sites/default/files/documents/anzecc-armcanz-2000-guidelines-vol2.pdf> (4.10.2023.)

ATSBEHA, A. T., T. G. HAILU (2021): The impact of effective microorganisms (EM) on egg quality and laying performance of chickens. *Int. J. Food Sci.* 2021, 8895717.

DOI: 10.1155/2021/8895717

AVILA, G. M. DE A., G. GABARDO, D. C. CLOCK, O. S. DE LIMA JUNIOR (2021): Use of efficient microorganisms in agriculture. *Res., Soc. Dev.* 10, e40610817515.

DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17515

AVNIMELECH, Y., G. RITVO (2003): Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Aquaculture* 220, 549-567.

DOI: 10.1016/S0044-8486(02)00641-5

BARILLET, S., C. ADAM-GUILLERMIN, O. PALLUEL, J.-M. PORCHER, A. DEVAUX (2011): Uranium bioaccumulation and biological disorders induced in zebrafish (*Danio rerio*) after a depleted uranium waterborne exposure. *Environ. Pollut.* 159, 495-502.

DOI: 10.1016/j.envpol.2010.10.013

BASHIR, I., F. A. LONE, R. A. BHAT, S. A. MIR, Z. A. DAR, S. A. DAR (2020): Concerns and threats of contamination on aquatic ecosystems. U: *Bioremediation and Biotechnology*. (Hakeem, K. R., R. A. Bhat, H. Qadri, ur.), Springer, Cham, str. 1-26.

DOI: 10.1007/978-3-030-35691-0_1

BHATNAGAR, A., P. DEVI (2019): Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *Int. J. Environ. Sci.* 5, 1-30.

DOI: 10.6088/ijes.2013030600019

BILOTTA, G. S., R. E. BRAZIER (2008): Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Res.* 42, 2849-2861.

DOI: 10.1016/j.watres.2008.03.018

BOGUT, I., D. NOVOSELIĆ, J. PAVLIČEVIĆ (2006.a): *Biologija riba*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

BOGUT, I., L. HORVÁTH, Z. ADÁMEK, I. KATAVIĆ (2006.b): *Ribogojstvo II*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

BOSTOCK, J., B. MCANDREW, R. RICHARDS, K. JAUNCEY, T. TELFER, K. LORENZEN, D. LITTLE, L. ROSS, N. HANDISYDE, I. GATWARD, R. CORNER (2010): Aquaculture: global status and trends. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 365, 2897-2912.

DOI: 10.1098/rstb.2010.0170

BOYD, C. E., A. A. MCNEVIN, R. P. DAVIS (2022): The contribution of fisheries and aquaculture to the global protein supply. Food Sec. 14, 805-827.

DOI: 10.1007/s12571-021-01246-9

BULE, K. (2022): Oportunistički mikroorganizmi – prijatna ili spas? Kem. Ind. 71, 383-384.

CADMUS, P., S. F. BRINKMAN, M. K. MAY (2018): Chronic toxicity of ferric iron for North American aquatic organisms: derivation of a chronic water quality criterion using single species and mesocosm data. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 74, 605-615.

DOI: 10.1007/s00244-018-0505-2

CAMARGO, J. A. (2003): Fluoride toxicity to aquatic organisms: a review. Chemosphere 50, 251-264.

DOI: 10.1016/S0045-6535(02)00498-8

CHATVIJITKUL, S., C. E. BOYD, D. A. DAVIS, A. A. MCNEVIN (2017): Pollution potential indicators for feed-based fish and shrimp culture. Aquaculture 477, 43-49.

DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.04.034

CHAUDHRY, F. N., M. F. MALIK (2017): Factors affecting water pollution: a review. J. Ecosyst. Ecography 7, 225.

DOI: 10.4172/2157-7625.1000225

CHEN, H. (2002): Effects of phenol on haematological properties of cat fish (*Clarius leather*). Environ. Pollut. Control 24, 104-105.

CHEN, L., Z. HUO, X. ZHOU, B. NIU, W. ZHANG, Z. P. TANG (2021): Acute toxic effects of uranium on two aquatic organisms, zebrafish (*Brachydanio rerio*) and ostracod (*Cypridopsis vidua*). IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 937, 022020.

DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022020

CHERR, G. N., E. FAIRBAIRN, A. WHITEHEAD (2017): Impacts of petroleum-derived pollutants on fish development. Annu. Rev. Anim. Biosci. 5, 185-203.

DOI: 10.1146/annurev-animal-022516-022928

CLASEN, T. F. (2010): Household water treatment and the millennium development goals: keeping the focus on health. *Environ. Sci. Technol.* 44, 7357-7360.

DOI: 10.1021/es1018674

CREȚU, M., L. DEDIU, V. CRISTEA, A. ZUGRAVU, M. M. TUREK RAHOVEANU, A.-C. BANDI, A. TUREK RAHOVEANU, D. N. MOCUTA (2016): Environmental impact of aquaculture: a literature review. *Proceedings of the 27th IBIMA Conference*, 4.–5. svibnja, Milano, Italija, str. 3379-3387.

DAI, L., C. LIU, L. PENG, C. SONG, X. LI, L. TAO, G. LI (2021): Different distribution patterns of microorganisms between aquaculture pond sediment and water. *J. Microbiol.* 59, 376-388.

DOI: 10.1007/s12275-021-0635-5

DAUR, I. (2016): Organic alfalfa production using different EM.1 composts. *Turk. J. Field Crops* 21, 139-147.

DOI: 10.17557/tjfc.23036

DEFOIRDT, T., P. SORGELOOS, P. BOSSIER (2011): Alternatives to antibiotics for the control of bacterial disease in aquaculture. *Curr. Opin. Microbiol.* 14, 251-258.

DOI: 10.1016/j.mib.2011.03.004

DERIBE, G., M. SHIMELIS, T. FITSUM, Y. MELESE, W. SHEWANGIZAW, G. TEWODROS (2017): Effect of inclusion rate of effective microbes (Em) on growth rate of lambs fed low protein diet. *Biomed. J. Sci. & Tech. Res.* 1, 1702-1706.

DOI: 10.26717/BJSTR.2017.01.000517

DEVI, P., D. SIRISHA, Y. GANDHI (2013): Study on the quality of water and soil from fish pond in around Bhimavaram West Godavari District, A.P., India. *Int. Res. J. Environment Sci.* 2, 58-62.

DEY, S., S. BOTTA, R. KALLAM, R. ANGADALA, J. ANDUGALA (2021): Seasonal variation in water quality parameters of Gudlavalluru Engineering College pond. Curr. Res. Green Sustain. Chem. 4, 100058.

DOI: 10.1016/j.crgsc.2021.100058

DHARMAWAN, C. A., CARI, PRANOTO, P. SETYONO (2018): Combination of activated allophane-effective microorganisms for bioremediation of iron and manganese on pharmaceutical industry wastewater. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 200, 012020.

DOI: 10.1088/1755-1315/200/1/012020

DIETRICH, D., C. SCHLATTER (1989): Aluminium toxicity to rainbow trout at low pH. Aquat. Toxicol. 15, 197-212.

DOI: 10.1016/0166-445X(89)90036-2

DOBRYŃSKI, J., I. KULKOVA, P. S. WIERZCHOWSKI, B. WRÓBEL (2022): Response of physicochemical and microbiological properties to the application of effective microorganisms in the water of the Turawa reservoir. Water 14, 12.

DOI: 10.3390/w14010012

DOLCI, G. S., V. T. DIAS, K. ROVERSI, KR. ROVERSI, C. S. PASE, H. J. SEGAT, A. M. TEIXEIRA, D. M. BENVENÚ, F. TREVIZOL, R. C. S. BARCELOS, A. P. K. RIFFEL, M. A. G. NUNES, V. L. DRESSLER, E. M. M. FLORES, B. BALDISSEROTTO, M. E. BÜRGER (2013): Moderate hypoxia is able to minimize the manganese-induced toxicity in tissues of silver catfish (*Rhamdia quelen*). Ecotoxicol. Environ. Saf. 91, 103-109.

DOI: 10.1016/j.ecoenv.2013.01.013

DONDAJEWSKA, R., A. KOZAK, J. ROSIŃSKA, R. GOŁDYN (2019): Water quality and phytoplankton structure changes under the influence of effective microorganisms (EM) and barley straw – lake restoration case study. Sci. Total Environ. 660, 1355-1366.

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.071

DRAGUN, Z., D. KAPETANOVIĆ, B. RASPOR, E. TESKEREDŽIĆ (2011): Water quality of medium size watercourse under baseflow conditions: the case study of river Sutla in Croatia. *Ambio* 40, 391-407.

DOI: 10.1007/s13280-010-0119-z

DWIVEDI, S., P. MONDAL, C. BALOMAJUMDER (2018): Role of microorganisms in the removal of fluoride. U: *Advances in Microbial Biotechnology*. (Kumar, P., J. K. Patra, P. Chandra, ur.), Apple Academic Press, Inc., Oakville, Waretown, str. 271-299.

DOI: 10.1201/9781351248914-11

DZS (2023): Ribarstvo u 2022. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske. <https://podaci.dzs.hr/2023/hr/58529> (28.1.2024.)

EHAGBONARE, J. E., Y. O. OGUNRINDE (2010): Physico-chemical analysis of fish pond water in Okada and its environs, Nigeria. *Afr. J. Biotechnol.* 9, 5922-5928.

EUROPSKA KOMISIJA (2021): Strateške smjernice za održiviju i konkurentniju akvakulturu u EU-u za razdoblje od 2021. do 2030. Bruxelles. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:52021DC0236> (11.10.2023.)

EKPEGHERE, K. I., B. H. KIM, H. S. SON, K. S. WHANG, H. S. KIM, S. C. KOH (2012): Functions of effective microorganisms in bioremediation of the contaminated harbor sediments. *J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.* 47, 44-53.

DOI: 10.1080/10934529.2012.629578

ELPAWATI, E., D. R. PRATIWI, N. RADIASTUTI (2015): Aplikasi Effective microorganism 10 (EM₁₀) untuk pertumbuhan ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus* var. Sangkuriang) di kolam budidaya lele Jombang, Tangerang. *Al-Kauniah Jurnal Biologi* 8, 6-14.

DOI: 10.15408/kauniah.v8i1.2699

EMENIKE, E. C., K. O. IWUOZOR, S. U. ANIDIOBI (2022): Heavy metal pollution in aquaculture: sources, impacts and mitigation techniques. *Biol. Trace Elem. Res.* 200, 4476-4492.

DOI: 10.1007/s12011-021-03037-x

EUMOFA (2016): Case study. Price structure in the supply chain for fresh carp in Central Europe. The European Market Observatory for fisheries and aquaculture products. <https://www.eumofa.eu/documents/20178/257415/Price+structure+in+the+supply+chain+for+fresh+carp+in+Central+Europe.pdf> (7.9.2023.)

EUMOFA (2023): Croatia in the world and in the EU. The European Market Observatory for fisheries and aquaculture products. <https://eumofa.eu/croatia> (8.3.2024.)

EUROSTAT (2024): Production from aquaculture excluding hatcheries and nurseries (from 2008 onwards). [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/fish_aq2a\\$defaultview/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/fish_aq2a$defaultview/default/table?lang=en) (3.4.2024.)

FAO (2022): The state of world fisheries and aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
DOI: 10.4060/cc0461en

FAO (2023): Pesticides use and trade, 1990–2021. FAOSTAT Analytical Briefs Series No. 70. The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
DOI: 10.4060/cc6958en

FAO/WHO (2002): Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. The Food and Agriculture Organization of the United Nations, The World Health Organization, London, Ontario.
https://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf (22.8.2023.)

FIJAN, N. (2006): Zaštita zdravlja riba III. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

FINEGOLD, C. (2009): The importance of fisheries and aquaculture to development. U: Fisheries, Sustainability and Development. The Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, Stockholm, str. 353-364.

FLURY, M., A. PAPRITZ (1993): Bromide in the natural environment: occurrence and toxicity. J. Environ. Qual. 22, 747-758.

DOI: 10.2134/jeq1993.00472425002200040017x

FRANCIS-FLOYD, R., C. WATSON, D. PETTY, D. B. POUDER (2022): Ammonia in aquatic systems: FA-16/FA031, 06/2022. EDIS 2022. Gainesville.

DOI: 10.32473/edis-fa031-2022

GARCÍA-MEDINA, S., A. C. RAZO-ESTRADA, L. M. GÓMEZ-OLIVÁN, A. AMAYA-CHÁVEZ, E. MADRIGAL-BUJADAR, M. GALAR-MARTÍNEZ (2010): Aluminum-induced oxidative stress in lymphocytes of common carp (*Cyprinus carpio*). Fish Physiol. Biochem. 36, 875-882.

DOI: 10.1007/s10695-009-9363-1

GAUTAM, R. K., S. K. SHARMA, S. MAHIYA, M. C. CHATTOPADHYAYA (2014): Contamination of heavy metals in aquatic media: transport, toxicity and technologies for remediation. U: Heavy Metals in Water: Presence, Removal and Safety. (Sharma, S. K., ur.), The Royal Society of Chemistry, London, str. 1-24.

DOI: 10.1039/9781782620174-00001

GHOSH, S., D. GHOSH (2019): Impact of fluoride toxicity on fresh water fishes: a mini review. Int. J. Adv. Innov. Res. 6, 13-18.

GHUFRON, M., B. S. RAHARDJA, L. A. SARI (2020): The temporal variation of ammonia and nitrite content in extensive ponds with tilapia. AACL Bioflux 13, 1328-1335.

GORMAZ, J. G., J. P. FRY, M. ERAZO, D. C. LOVE (2014): Public health perspectives on aquaculture. Curr. Environ. Health Rep. 1, 227-238.

DOI: 10.1007/s40572-014-0018-8

GRANATO, G. E., L. A. DESIMONE, J. R. BARBARO, L. C. JEZNACH (2015): Methods for evaluating potential sources of chloride in surface waters and groundwaters of the conterminous United States. U.S. Geological Survey Open-File Report 2015-1080.

DOI: 10.3133/ofr20151080

GUILLEN, J., F. ASCHE, N. CARVALHO, J. M. FERNÁNDEZ POLANCO, I. LLORENTE, R. NIELSEN, M. NIELSEN, S. VILLASANTE (2019): Aquaculture subsidies in the European Union: evolution, impact and future potential for growth. *Mar. Policy* 104, 19-28.

DOI: 10.1016/j.marpol.2019.02.045

GUPTA, A. K., I. AHMAD, M. AHMAD (2015): Genotoxicity of refinery waste assessed by some DNA damage tests. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 114, 250-256.

DOI: 10.1016/j.ecoenv.2014.03.032

HÅKANSON, L. (2005): Changes to lake ecosystem structure resulting from fish cage farm emissions. *Lakes Reserv.* 10, 71-80.

DOI: 10.1111/j.1440-1770.2005.00253.x

HAMA AZIZ, K. H., F. S. MUSTAFA, K. M. OMER, S. HAMA, R. F. HAMARAWF, K. O. RAHMAN (2023): Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review. *RSC Adv.* 13, 17595-17610.

DOI: 10.1039/d3ra00723e

HARANGI, S., E. BARANYAI, M. FEHÉR, C. N. TÓTH, P. HERMAN, L. STÜNDL, I. FÁBIÁN, B. TÓTHMÉRÉSZ, E. SIMON (2017): Accumulation of metals in juvenile carp (*Cyprinus carpio*) exposed to sublethal levels of iron and manganese: survival, body weight and tissue. *Biol. Trace Elem. Res.* 177, 187-195.

DOI: 10.1007/s12011-016-0854-5

HARGREAVES, J. A. (1998): Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture* 166, 181-212.

DOI: 10.1016/S0044-8486(98)00298-1

HEITMULLER, P. T., T. A. HOLLISTER, P. R. PARRISH (1981): Acute toxicity of 54 industrial chemicals to sheepshead minnows (*Cyprinodon variegatus*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 27, 596-604.

DOI: 10.1007/BF01611069

HOO, M. W. S., S.-S. TEO (2021): Investigation on the efficiency of effective microorganisms for polluted water treatment. *Applied Microbiology: Theory & Technology* 2, 1-36.

DOI: 10.37256/amtt.212021683

<https://em-canary-islands.com/en/what-is-em/> – EM Canary Islands (15.9.2023.)

https://www.bluesmart.hr/hr/more_i_drustvo/akvakultura/ – Akvakultura (20.9.2023.)

<https://www.ribahrvatske.hr/o-projektu/> – O projektu (10.10.2023.)

<https://www.skyquestt.com/report/carp-market> – Global carp market (11.10.2023.)

HUANG, Y.-C., S.-L. WANG, Z.-M. HUANG, C.-L. LI (1999): Effect of effective microorganisms (EM) on the growth of Jian carp and the quality of water. *J. Jimei Univ. Nat. Sci.* 1, 41-46.

IRIANTO, A., B. AUSTIN (2002): Probiotics in aquaculture. *J. Fish Dis.* 25, 633-642.

DOI: 10.1046/j.1365-2761.2002.00422.x

ISLAM, I., A. ALATAS, V. HASAN (2023): Duration of EM-4 (effective microorganism-4) fermentation affects the growth rate of Sangkuriang catfish (*Clarias gariepinus*) in a biofloc culture system. *Jurnal Airaha* 12, 241-247.

DOI: 10.15578/ja.v12i02.546

ISMAIL, A., A. DERBALAH, S. SHAHEEN (2015): Monitoring and remediation technologies of organochlorine pesticides in drainage water. *Pol. J. Chem. Technol.* 17, 115-122.

DOI: 10.1515/pjct-2015-0017

JAGOE, C. H., V. E. MATEY, T. A. HAINES, V. T. KOMOV (1993): Effect of beryllium on fish in acid water is analogous to aluminum toxicity. *Aquat. Toxicol.* 24, 241-256.

DOI: 10.1016/0166-445X(93)90074-B

JAMIL EMON, F., M. F. ROHANI, N. SUMAIYA, M. F. TUJ JANNAT, Y. AKTER, M. SHAHJAHAN, Z. ABDUL KARI, A. B. TAHILUDDIN, K. W. GOH (2023): Bioaccumulation and bioremediation of heavy metals in fishes – a review. *Toxics* 11, 510.

DOI: 10.3390/toxics11060510

JAVAID, A. (2006): Foliar application of effective microorganisms on pea as an alternative fertilizer. *Agron. Sustain. Dev.* 26, 257-262.

DOI: 10.1051/agro:2006024

JOSHI, H., SOMDUTTAND, P. CHOUDHARY, S. L. MUNDRA (2019): Role of Effective Microorganisms (EM) in sustainable agriculture. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 8, 172-181.

DOI: 10.20546/ijcmas.2019.803.024

JWHER, D. M., M. R. AL-SARHAN (2022): Evaluation the role of effective microorganisms (EM) on the growth performance and health parameters on common carp (*Cyprinus carpio* L.). *J. Appl. Vet. Sci.* 7, 46-52.

DOI: 10.21608/JAVS.2022.122809.1128

KALEMBER, Đ. (2021): Načini mriješta šarana u ribnjačarstvu. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci.

https://www.vguk.hr/upload/E_skripte/D_Kalember/Praktikum_iz_RIBARSTVA_MRIJEST_SARANA.pdf (10.10.2023.)

KANNAN, D., S. V. KUMAR (2012): Effective microorganisms used in domestic effluent treatment system. Proceedings of the 5th International Scientific Conference BALWOIS 2012, 28. svibnja–2. lipnja, Ohrid, Republika Makedonija, str. 1-9.

KAR, S., J. P. MAITY, J.-S. JEAN, C.-C. LIU, C.-W. LIU, J. BUNDSCHUH, H.-Y. LU (2011): Health risks for human intake of aquacultural fish: arsenic bioaccumulation and contamination. *J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.* 46, 1266-1273.

DOI: 10.1080/10934529.2011.598814

KAUR BRAR, H. (2016): Accumulation of heavy metals in fishes of freshwater lakes of India. <https://www.slideshare.net/slideshow/accumulation-of-heavy-metals-in-fishes-of-freshwater-1/64655621> (29.10.2023.)

KAUR, S., A. ROY (2021): Bioremediation of heavy metals from wastewater using nanomaterials. *Environ. Dev. Sustain.* 23, 9617-9640.
DOI: 10.1007/s10668-020-01078-1

KIM, D.-H., S. CHOI, J. PARK, K. KIM, J.-E. OH (2023): Phenolic compounds in the freshwater environment in South Korea: occurrence and tissue-specific distribution. *Sci. Total Environ.* 905, 166914.
DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.166914

KIM, M.-S., E.Y. MIN, J.-H. KIM, J.-K. KOO, J.-C. KANG (2015): Growth performance and immunological and antioxidant status of Chinese shrimp, *Fennerpenaeus chinensis* reared in bio-floc culture system using probiotics. *Fish Shellfish Immunol.* 47, 141-146.
DOI: 10.1016/j.fsi.2015.08.027

KOLE, R. K., H. BANERJEE, A. BHATTACHARYYA (2001): Monitoring of market fish samples for endosulfan and hexachlorocyclohexane residues in and around Calcutta. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 67, 554-559.
DOI: 10.1007/s001280159

KOPP, R., Š. LANG, T. BRABEC, J. MAREŠ (2013): The influence of physicochemical properties of water on plasma indices in brook trout (*Salvelinus fontinalis*, Mitchill) reared under conditions of intensive aquaculture. *Acta Vet. Brno* 82, 427-433.
DOI: 10.2754/avb201382040427

KRUPA, T. L., K. S. PRASANNA, PREJIT, R. ANOOPRAJ, J. G. AJITH (2020): Physico-chemical and bacteriological analysis of water quality of fresh water fish ponds in Wayanad district, Kerala, India. *Pharm. Innov.* 9, 284-289.

KSZOS, L. A., A. J. STEWART (2003): Review of lithium in the aquatic environment: distribution in the United States, toxicity and case example of groundwater contamination. *Ecotoxicology* 12, 439-447.

DOI: 10.1023/a:1026112507664

LASKOWSKA, E., Ł. JAROSZ, Z. GRĄDZKI (2017): The effect of feed supplementation with effective microorganisms (EM) on pro- and anti-inflammatory cytokine concentrations in pigs. *Res. Vet. Sci.* 115, 244-249.

DOI: 10.1016/j.rvsc.2017.03.008

LIAN, Z., X. WU (2017): Acute and chronic toxicities assessment of arsenic (III) to catfish, *Silurus lanzhouensis* in China. *Cogent Biol.* 3, 1334418.

DOI: 10.1080/23312025.2017.1334418

LI, J., G. LUO, L. HE, J. XU, J. LYU (2018): Analytical approaches for determining chemical oxygen demand in water bodies: a review. *Crit. Rev. Anal. Chem.* 48, 47-65.

DOI: 10.1080/10408347.2017.1370670

LILI, W., R. PERMANA, JUNIANTO, ROSIDAH (2022): The possibility of using probiotics in the aquaculture of freshwater fish. *Asian J. Fish. Aquat. Res.* 16, 1-10.

DOI: 10.9734/ajfar/2022/v16i530381

LIN, L., H. YANG, X. XU (2022): Effects of water pollution on human health and disease heterogeneity: a review. *Front. Environ. Sci.* 10, 880246.

DOI: 10.3389/fenvs.2022.880246

LIU, M.-Z., R.-J. JIANG, H. ZHANG, F. YANG, X.-F. LI, G.-P. FENG, R. YIN, F. CHEN (2022): Otolith marking with strontium for stock assessment in *Coilia nasus*. *Front. Mar. Sci.* 9, 890219.

DOI: 10.3389/fmars.2022.890219

LI, W., Y. NI (2001): Use of Effective Microorganisms to suppress malodors of poultry manure. *J. Crop. Prod.* 3, 215-221.

DOI: 10.1300/J144v03n01_17

LI, Y., M. WANG, X. CHEN, S. CUI, N. HOFSTRA, C. KROEZE, L. MA, W. XU, Q. ZHANG, F. ZHANG, M. STROKAL (2022): Multi-pollutant assessment of river pollution from livestock production worldwide. *Water Res.* 209, 117906.

DOI: 10.1016/j.watres.2021.117906

LONČAR, G., D. VRANJEŠ, I. TOMAŠEVIĆ, M. MEŠTROVIĆ, L. RADMAN, R. S. RANDIĆ, T. TEŽAK, I. SOŽA, D. ČUKELJ (2021): Strateška studija utjecaja na okoliš: nacionalni plan razvoja akvakulture u Republici Hrvatskoj 2021.-2027.

https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/akvakultura/NPRA/Strate%C5%A1ka%20studija_NPRA.pdf (11.9.2023.)

LURLING, M., Y. TOLMAN, M. EUWE (2009): Mitigating cyanobacterial blooms: how effective are ‘effective microorganisms’? *Lakes Reserv.* 14, 353-363.

DOI: 10.1111/j.1440-1770.2009.00416.x

LJUBOJEVIĆ, D., M. ĆIRKOVIĆ, M. MIŠČEVIĆ (2013): Probiotici u ishrani šaranskih riba. *Vet. Glasnik* 67, 429-439.

DOI: 10.2298/VETGL1306429L

MAIR, G. C., M. HALWART, Y. DERUN, B. A. COSTA-PIERCE (2023): A decadal outlook for global aquaculture. *J. World Aquac. Soc.* 54, 196-205.

DOI: 10.1111/jwas.12977

MALLYA, Y. J. (2007): The effects of dissolved oxygen on fish growth in aquaculture.

<https://www.grocentre.is/static/gro/publication/58/document/yovita07prf.pdf> (17.1.2024.)

MANAGE, P. M. (2018): Heavy use of antibiotics in aquaculture: emerging human and animal health problems – a review. *Sri Lanka J. Aquat. Sci.* 23, 13-27.

DOI: 10.4038/sljas.v23i1.7543

MARTÍNEZ CRUZ, P., A. L. IBÁÑEZ, O. A. MONROY HERMOSILLO, H. C. RAMÍREZ SAAD (2012): Use of probiotics in aquaculture. *ISRN Microbiol.* 2012, 916845.

DOI: 10.5402/2012/916845

MARTINEZ-PORCHAS, M., L. R. MARTINEZ-CORDOVA (2012): World aquaculture: environmental impacts and troubleshooting alternatives. *Sci. World J.* 2012, 389623.
DOI: 10.1100/2012/389623

MATAŠIN, Ž., V. OREŠČANIN, Z. PETRINEC, L. MIKELIĆ, E. GJURČEVIĆ, I. TLAK GAJGER, S. LULIĆ (2008): Heavy metals in sediment, water and cultivated common carp (*Cyprinus carpio* L.) in Croatian waters. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 115, 71-74.
DOI: 10.2377/0341-6593-115-71

MATEO-SAGASTA, J., S. M. ZADEH, H. TURRAL, J. BURKE (2017): Water pollution from agriculture: a global review. Executive summary. The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, the International Water Management Institute on behalf of the Water Land and Ecosystems research program, Colombo. <https://www.fao.org/3/i7754e/i7754e.pdf> (15.9.2023.)

MAYSABILA, A., R. HERYANTI, R. PERMANA, Z. HASAN (2023): Bioremediation of shrimp pond wastewater using effective microorganism-4 (EM4). *Aceh J. Anim. Sci.* 8, 72-77.
DOI: 10.13170/ajas.8.3.28971

MBAGA, S. H., H. D. MGUNDA (2013): Effect of effective microorganisms on broiler chicken performance and ammonia production in poultry house. *Tanz. Vet. J.* 28, 47-54.

MEINA, E. G., S. NIYOGI, K. LIBER (2020): Investigating the mechanism of vanadium toxicity in freshwater organisms. *Aquat. Toxicol.* 229, 105648.
DOI: 10.1016/j.aquatox.2020.105648

MENG, Y., X. LIU, S. LU, T. ZHANG, B. JIN, Q. WANG, Z. TANG, Y. LIU, X. GUO, J. ZHOU, B. XI (2019): A review on occurrence and risk of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in lakes of China. *Sci. Total Environ.* 651, 2497-2506.
DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.162

MIJOŠEK, T., V. FILIPOVIĆ MARIJIĆ, Z. DRAGUN, D. IVANKOVIĆ, N. KRASNIĆI, Z. REDŽOVIĆ, M. SERTIĆ PERIĆ, N. VDOVIĆ, N. BAČIĆ, J. DAUTOVIĆ, M. ERK (2020): The assessment of metal contamination in water and sediments of the lowland Ilova River (Croatia) impacted by anthropogenic activities. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27, 25374-25389.
DOI: 10.1007/s11356-020-08926-7

MOHALE, H. P., N. SARANG, A. Y. DESAI (2020): The common carp and its culture system management. Academic Publications C-11, 169, Sector-3, Rohini, Delhi.
https://www.researchgate.net/publication/369366677_The_Common_Carp_and_its_Culture_System_Management (31.10.2023.)

MOON, Y. H., K. B. LEE, Y. J. KIM, Y. M. KOO (2011): Current status of EM (Effective Microorganisms) utilization. *KSBB J.* 26, 365-373.
DOI: 10.7841/ksbbj.2011.26.5.365

MORGAN, C. J. (2017): Use of proper statistical techniques for research studies with small samples. *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.* 313, L873-L877.
DOI: 10.1152/ajplung.00238.2017

MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE (2007): Proizvodnja konzumne ribe u šaranskim ribnjacima. Zagreb.
<https://www.savjetodavna.hr/2007/09/20/proizvodnja-konzumne-ribe-u-saranskim-ribnjacima/> (17.7.2023.)

MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE (2022): Nacionalni plan razvoja akvakulture za razdoblje do 2027. godine. Zagreb.
https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/akvakultura/NPRA/NPRA%202027_fin_10112022.pdf (22.8.2023.)

MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE (2024): Akvakultura. Uprava ribarstva, Zagreb.
<https://ribarstvo.mps.hr/default.aspx?id=14> (15.3.2024.)

MUSCUTT, A. D., P. J. A. WITHERS (1996): The phosphorus content of rivers in England and Wales. *Wat. Res.* 30, 1258-1268.

DOI: 10.1016/0043-1354(95)00290-1

NAHhaft (2024): Effective microorganisms. Food System Change. <https://www.foodsystemchange.org/networking/niche-innovations/effective-microorganisms> (5.2.2024.)

NAMSIVAYAM, S. K. R., G. NARENDRAKUMAR, J. A. KUMAR (2011): Evaluation of effective microorganism (EM) for treatment of domestic sewage. *J. Exp. Sci.* 2, 30-32.

NAQVI, Z. H., M. MUSHTAQ-UL-HASSAN, Z. CHAUDRY, M. AKRAM, R. AHMAD (2000): Effect of effective microorganisms (EM₄) on health of layers. *Pak. J. Biol. Sci.* 3, 1516-1518.

DOI: 10.3923/pjbs.2000.1516.1518

NAYLOR, R. L., R. W. HARDY, A. H. BUSCHMANN, S. R. BUSH, L. CAO, D. H. KLINGER, D. C. LITTLE, J. LUBCHENCO, S. E. SHUMWAY, M. TROELL (2021): A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature* 591, 551-563.

DOI: 10.1038/s41586-021-03308-6

NUGROHO, F. L., D. RUSMAYA, Y. M. YUSTIANI, F. I. HAFIZ, R. B. T. PUTRI (2017): Effect of temperature on removal of COD and TSS from artificial river water by mudballs made from EM₄, rice bran and clay. *Int. J. GEOMATE* 12, 91-95.

DOI: 10.21660/2017.33.2626

OCHOA-HERRERA, V., Q. BANIHANI, G. LEÓN, C. KHATRI, J. A. FIELD, R. SIERRA-ALVAREZ (2009): Toxicity of fluoride to microorganisms in biological wastewater treatment systems. *Water Res.* 43, 3177-3186.

DOI: 10.1016/j.watres.2009.04.032

Odluka o donošenju Nacionalnog plana razvoja akvakulture za razdoblje do 2027. godine (Narodne novine, br. 133/2022).

OJUEDERIE, O. B., O. O. BABALOLA (2017): Microbial and plant-assisted bioremediation of heavy metal polluted environments: a review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14, 1504.
DOI: 10.3390/ijerph14121504

OLLE, M., I. H. WILLIAMS (2013): Effective microorganisms and their influence on vegetable production – a review. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 88, 380-386.
DOI: 10.1080/14620316.2013.11512979

OMAR, W. A., R. G. ABDEL-SALAM, H. M. MAHMOUD (2017): The use of effective microorganisms (EM) as a probiotic on cultured Nile Tilapia; *Oreochromis niloticus*. *Egypt. J. Zool.* 67, 67-90.
DOI: 10.12816/0037795

ORJI, O. A., C. M. AKUKALIA (2021): Effective microorganism ‘Em1’ and their effects on performance of pond cat fish (*Clariasgariiepinus*). *IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol.* 15, 39-43.
DOI: 10.9790/2402-1502013943

PADRILAH, S. N., M. K. SABULLAH, M. Y. A. SHUKOR, N. A. YASID, N. A. SHAMAAN, S. A. AHMAD (2018): Toxicity effects of fish histopathology on copper accumulation. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 41, 519-540.

PANDEY, S. (2006): Water pollution and health. *Kathmandu Univ. Med. J. (KUMJ)* 4, 128-134.

PARK, G.-S., A. R. KHAN, Y. KWAK, S.-J. HONG, B. JUNG, I. ULLAH, J.-G. KIM, J.-H. SHIN (2016): An improved effective microorganism (EM) soil ball-making method for water quality restoration. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 23, 1100-1107.
DOI: 10.1007/s11356-015-5617-x

PERIĆ, J., N. VUKOJEVIĆ MEDVIDOVIĆ, I. NUIĆ (2012): Inženjerstvo otpadnih voda. Priručnik za laboratorijske vježbe. Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu, Split.

<https://www.ktf.unist.hr/index.php/en/nastavni-materijali-zio-2/nastavni-materijali/file/2839-inzenjerstvo-otpadnih-voda-prirucnik-za-laboratorijske-vjezbe?tmpl=component> (1.3.2024.)

PEŠIĆ, M., S. MILIĆ, M. NUJKIĆ, M. MARIĆ (2020): Determination of heavy metal concentration and correlation analysis of turbidity: a case study of the Zlot Source (Bor, Serbia). *Water Air Soil Pollut.* 231, 98.
DOI: 10.1007/s11270-020-4453-x

PLANTAK, M., I. ČANJEVAC, I. VIDAKOVIĆ (2016): Morfološko stanje tekućica u poriječju Ilove. *Hrvatski geografski glasnik* 78, 5-24.

POPOVIĆ, J. (2020): *Gospodarenje ribolovnim vodama. Drugo, izmijenjeno i dopunjeno izdanje.* Hrvatski športsko ribolovni savez, Zagreb.

POPOVIĆ, J., D. MAVRAČIĆ (1981): Ovisnost pH vrijednosti od ugljične kiseline i alkaliteta u ribnjacima. *Ribarstvo* 36, 82-84.

POTASZNIK, A., S. SZYMCZYK (2015): Magnesium and calcium concentrations in the surface water and bottom deposits of a river-lake system. *J. Elem.* 20, 677-692.
DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.788

PRADEEPKIRAN, J. A. (2019): Aquaculture role in global food security with nutritional value: a review. *Transl. Anim. Sci.* 3, 903-910.
DOI: 10.1093/tas/txz012

Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (Narodne novine, br. 26/2020).

PREENA, P. G., T. R. SWAMINATHAN, V. J. R. KUMAR, I. S. B. SINGH (2020): Antimicrobial resistance in aquaculture: a crisis for concern. *Biologia* 75, 1497-1517.
DOI: 10.2478/s11756-020-00456-4

PUJIASTUTI, D. R., N. SUWARTHA (2017): Enhancing removal efficiency of ammonia and nitrate in shrimp farm wastewater using biofloc technology and effective microorganism S4 (EM4). *Int. J. Technol.* 8, 1021-1030.

DOI: 10.14716/ijtech.v8i6.685

RAD, S. M., A. K. RAY, S. BARGHI (2022): Water pollution and agriculture pesticide. *Clean Technol.* 4, 1088-1102.

DOI: 10.3390/cleantechnol4040066

REGINA, L. Z. L., S. S. TEO (2019): Designing prototype micro-technology for sustainable management of natural water resource in Batu Pahat river, Johor. *Int. J. Marine Biol. Res.* 4, 1-15.

RESZKA, P., D. CYGAN-SZCZEGIELNIAK, H. JANKOWIAK, A. CEBULSKA, B. MIKOŁAJCZAK, J. BOGUĆKA (2020): Effects of effective microorganisms on meat quality, microstructure of the longissimus lumborum muscle, and electrophoretic protein separation in pigs fed on different diets. *Animals* 10, 1755.

DOI: 10.3390/ani10101755

SABOLEK, I., I. TLAK GAJGER, Ž. PAVIČIĆ, K. MATKOVIĆ, S. MENČIK, A. PIPLICA, M. OSTOVIĆ (2021): Possibilities of using effective microorganisms in environmental protection. Book of Abstracts of the 9th International Congress "Veterinary Science and Profession", 9. listopada, online, str. 50.

SAFALAOH, A. C. L. (2006): Body weight gain, dressing percentage, abdominal fat and serum cholesterol of broilers supplemented with a microbial preparation. *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.* 6, 1-10.

DOI: 10.4314/ajfand.v6i1.19170

SAFNER, R. (2008): Kavezni uzgoj toplovodnih vrsta slatkovodnih riba. *Ribarstvo* 66, 147-155.

SAFWAT, S. M., E. ROZAIK (2017): Growth inhibition of various pathogenic microorganisms using effective microorganisms (EM). *Int. J. Res. Eng.* 4, 283-286.

DOI: 10.21276/ijre.2017.4.12.2

SAFWAT, S. M., M. E. MATTA (2021): Environmental applications of Effective Microorganisms: a review of current knowledge and recommendations for future directions. J. Eng. Appl. Sci. 68, 48.

DOI: 10.1186/s44147-021-00049-1

SALLENAVE, R. (2019): Understanding water quality parameters to better manage your pond. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, New Mexico State University, Cooperative Extension Service, Guide W-104, str. 1-4. https://pubs.nmsu.edu/_w/W104.pdf (12.9.2023.)

SANGAKKARA, U. R. (2003): The technology of Effective Microorganisms – case studies of application. <https://futuretechtoday.net/em/sang.htm> (7.12.2023.)

SANTHOSH, B., N. P. SINGH (2007): Guidelines for water quality management for fish culture in Tripura. ICAR Research Complex for NEH Region, Tripura Centre, Lembucherra, Publication No. 29, str. 1-8.

https://kiran.nic.in/pdf/farmers_corner/pamphlets/Guidelines_for_water_quality_management_for_Fish_culture_in_tripura.pdf (12.1.2024.)

SFAKIANAKIS, D. G., E. RENIERI, M. KENTOURI, A. M. TSATSAKIS (2015): Effect of heavy metals on fish larvae deformities: a review. Environ. Res. 137, 246-255.

DOI: 10.1016/j.envres.2014.12.014

SHAH, B. R., J. MRAZ (2020): Advances in nanotechnology for sustainable aquaculture and fisheries. Rev. Aquac. 12, 925-942.

DOI: 10.1111/raq.12356

SHARIP, Z., S. B. ABD. RAZAK, N. NOORDIN, F. M. YUSOFF (2020): Application of an effective microorganism product as a cyanobacterial control and water quality improvement measure in Putrajaya Lake, Malaysia. Earth Syst. Environ. 4, 213-223.

DOI: 10.1007/s41748-019-00139-4

SINGH, A., A. SHARMA, R. K. VERMA, R. L. CHOPADE, P. P. PANDIT, V. NAGAR, V. ASERI, S. K. CHOUDHARY, G. AWASTHI, K. K. AWASTHI, M. S. SANKHLA (2022):

Heavy metal contamination of water and their toxic effect on living organisms. U: The Toxicity of Environmental Pollutants. (Dorta, D. J., D. P. de Oliveira, ur.), IntechOpen.

DOI: 10.5772/intechopen.105075

SITAREK, M., A. NAPIÓRKOWSKA-KRZEBIETKE, R. MAZUR, B. CZARNECKI, J. P. PYKA, K. STAWECKI, M. OLECH, S. SOŁTYSIAK, A. KAPUSTA (2017): Application of Effective Microorganisms Technology as a lake restoration tool – a case study of Muchawka Reservoir. J. Elem. 22, 529-543.

DOI: 10.5601/jelem.2016.21.2.1196

SIVASUBRAMANIAN, S., S. K. R. NAMASIVAYAM (2013): Evaluation of phenol degradation by effective microorganism (EM) technology with EM-1. Afr. J. Microbiol. Res. 7, 4117-4122.

DOI: 10.5897/AJMR12.1077

SOLTERMANN, F., C. ABEGGLEN, C. GÖTZ, U. VON GUNTEN (2016): Bromide sources and loads in Swiss surface waters and their relevance for bromate formation during wastewater ozonation. Environ. Sci. Technol. 50, 9825-9834.

DOI:10.1021/acs.est.6b01142

SONONE, S. S., S. JADHAV, M. S. SANKHLA, R. KUMAR (2021): Water contamination by heavy metals and their toxic effect on aquaculture and human health through food chain. Lett. Appl. NanoBioScience 10, 2148-2166.

DOI: 10.33263/LIANBS102.21482166

STONE, N. M., H. K. THOMFORDE (2004): Understanding your fish pond water analysis report. Cooperative Extension Program, University of Arkansas at Pine Bluff, Pine Bluff, str. 1-4. <https://www.uaex.uada.edu/publications/PDF/FSA-9090.pdf> (2.2.2024.)

STRAUCH, S. M., J. BAHR, B. BAßMANN, A. A. BISCHOFF, M. OSTER, B. WASENITZ, H. W. PALM (2019): Effects of ortho-phosphate on growth performance, welfare and product quality of juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*). Fishes 4, 3.

DOI: 10.3390/fishes4010003

SUBASINGHE, R., D. SOTO, J. JIA (2009): Global aquaculture and its role in sustainable development. *Rev. Aquac.* 1, 2-9.

DOI: 10.1111/j.1753-5131.2008.01002.x

SUZUKI, Y., R. NAKAMURA, T. UEDA (1972): Accumulation of strontium and calcium in freshwater fishes of Japan. *J. Radiat. Res.* 13, 199-207.

DOI: 10.1269/jrr.13.199

SZEWCZUK, M., P. NOWIK, K. OLEJNIK, L. JĘDRYCH, W. KRUSZYŃSKI (2015): Influence of the EMTM series probiotic agents on the results of rearing of Polish Holstein-Friesian calves. *Acta Sci. Pol. Zootechnica* 14, 141-150.

SZUMIEC, M. A., A. PILARCZYK (2001): The effect of temperature decrease on carp, *Cyprinus carpio* L. culture in a temperate climate. Part I. Survival of carp juvenile in ponds and swim bladder inflammation. *Arch. Pol. Fish.* 9, 87-96.

SZYMANSKI, N., R. A. PATTERSON (2003): Effective microorganisms (EM) and wastewater systems. Future Directions for On-site Systems: Best Management Practice. Proceedings of On-site '03 Conference, 30. rujna–2. listopada, Armidale, Australija, str. 347-354.

TANG, J.-Y., Y.-X. DAI, Y.-M. LI, J.-G. QIN, Y. WANG (2016): Can application of commercial microbial products improve fish growth and water quality in freshwater polyculture? *N. Am. J. Aquac.* 78, 154-160.

DOI: 10.1080/15222055.2015.1116474

THIAM, S., J. FALL, A. LOUM, M. SAGNE, M. DIOUF (2015): Use of effective microorganisms (Em) in tilapia diets: effects of growth performance and carcass composition. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 4, 536-549.

TIŠLER, T., J. ZAGORC-KONČAN (1997): Comparative assessment of toxicity of phenol, formaldehyde, and industrial wastewater to aquatic organisms. *Water Air Soil Pollut.* 97, 315-322.

DOI: 10.1007/BF02407469

TKATCHEVA, V., N. M. FRANKLIN, G. B. MCCLELLAND, R. W. SMITH, I. J. HOLOPAINEN, C. M. WOOD (2007): Physiological and biochemical effects of lithium in rainbow trout. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 53, 632-638.

DOI: 10.1007/s00244-006-0173-5

TLAK GAJGER, I., J. VLAINIĆ, P. ŠOŠTARIĆ, J. PREŠERN, J. BUBNIČ, M. I. SMODIŠ ŠKERL (2020): Effects on some therapeutical, biochemical, and immunological parameters of honey bee (*Apis mellifera*) exposed to probiotic treatments, in field and laboratory conditions. *Insects* 11, 638.

DOI: 10.3390/insects11090638

TLAK GAJGER, I., S. NEJEDLI, L. CVETNIĆ (2023): Influence of probiotic feed supplement on *Nosema* spp. infection level and the gut microbiota of adult honeybees (*Apis mellifera* L.). *Microorganisms* 11, 610.

DOI: 10.3390/microorganisms11030610

TOM, A. P., J. S. JAYAKUMAR, M. BIJU, J. SOMARAJAN, M. A. IBRAHIM (2021): Aquaculture wastewater treatment technologies and their sustainability: a review. *Energy Nexus* 4, 100022.

DOI: 10.1016/j.nexus.2021.100022

TOMEČ, M. (1997): Fizikalno-kemijske i biološke karakteristike šaranskih ribnjaka. *Ribarstvo* 55, 167-173.

TREER, T., R. SAFNER, I. ANIČIĆ, M. LOVRINOV (1995): *Ribarstvo*. Nakladni zavod Globus, Zagreb.

TUCKER, C. S., J. A. HARGREAVES, C. E. BOYD (2008): Aquaculture and the environment in the United States. U: *Environmental Best Management Practices for Aquaculture*. (Tucker, C. S., J. A. Hargreaves, ur.), Blackwell Publishing, Ames, str. 3-54.

DOI: 10.1002/9780813818672.ch1

UNDESA (2022): World population prospects 2022: summary of results. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York.

https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf (15.10.2023.)

Uredba (EU) br. 1380/2013 Europskog parlamenta i Vijeća od 11. prosinca 2013. o zajedničkoj ribarstvenoj politici, izmjeni uredaba Vijeća (EZ) br. 1954/2003 i (EZ) br. 1224/2009 i stavljanju izvan snage uredaba (EZ) br. 2371/2002 i (EZ) br. 639/2004 i Odluke Vijeća 2004/585/EZ. Službeni list Europske unije L 354/22.

VAN BUSSEL, C. G. J., L. MAHLMANN, S. KROECKEL, J. P. SCHROEDER, C. SCHULZ (2013): The effect of high ortho-phosphate water levels on growth, feed intake, nutrient utilization and health status of juvenile turbot (*Psetta maxima*) reared in intensive recirculating aquaculture systems (RAS). Aquac. Eng. 57, 63-70.

DOI: 10.1016/j.aquaeng.2013.08.003

VAN DER OOST, R., J. BEYER, N. P. E. VERMEULEN (2003): Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. Environ. Toxicol. Pharmacol. 13, 57-149.

DOI: 10.1016/S1382-6689(02)00126-6

VERDEGEM, M., A. H. BUSCHMANN, U. W. LATT, A. J. T. DALSGAARD, A. LOVATELLI (2023): The contribution of aquaculture systems to global aquaculture production. J. World Aquac. Soc. 54, 206-250.

DOI: 10.1111/jwas.12963

VERMA, S., A. KUILA (2019): Bioremediation of heavy metals by microbial process. Environ. Technol. Inno. 14, 100369.

DOI: 10.1016/j.eti.2019.100369

VERSCHUERE, L., G. ROMBAUT, P. SORGELLOOS, W. VERSTRAETE (2000): Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 64, 655-671.

DOI: 10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000

VESPER, D. J., C. M. LOOP, W. B. WHITE (2003): Contaminant transport in karst aquifers. *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers* 1, 1-11.

VOICEA, I., D. DUMITRU, V. VLĂDUȚ, A. PETRE, F. NENCIU, C. I. MOGA (2021): The quality of the aquatic environment in fish ponds. *Annals of the University of Craiova - Agriculture, Montanology, Cadastre Series* 51, 628- 639.

VÖRÖSMARTY, C. J., P. B. MCINTYRE, M. O. GESSNER, D. DUDGEON, A. PRUSEVICH, P. GREEN, S. GLIDDEN, S. E. BUNN, C. A. SULLIVAN, C. REIDY LIERMANN, P. M. DAVIES (2010): Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467, 555-561.
DOI: 10.1038/nature09440

VOVK, O. O., R. A. KRAVCHUK (2015): Effective microorganisms. *Power Eng.: Econ., Tech., Ecol.* 39, 86-89.

VUČEMILO, M. (2012): *Animalna higijena i okoliš: higijena ribnjaka i površinskih vodotoka*. U: Veterinarski priručnik. 6. izdanje. (Herak-Perković, V., Ž. Grabarević, J. Kos, ur.), Medicinska naklada, Zagreb, str. 26-27.

VUČEMILO, M., A. TOFANT (2009): *Praktikum – Okoliš i higijena držanja životinja*. Naklada Slap, Jastrebarsko.

WAHID, W., S. AZMAN (2016): Improvement of water quality using Effective Microorganisms. <http://civil.utm.my/wp-content/uploads/2016/12/Improvement-of-Water-Quality-using-Effective-Microorganisms.pdf> (7.8.2023.)

WALKER, D. B., D. J. BAUMGARTNER, C. P. GERBA, K. FITZSIMMONS (2019): Chapter 16 - surface water pollution. U: *Environmental and Pollution Science*. Third edition. (Brusseau, M. L., I. L. Pepper, C. P. Gerba, ur.), Academic Press, Elsevier Inc., str. 261-292.
DOI: 10.1016/B978-0-12-814719-1.00016-1

WAN OMAR, W. S. A., M. I. ARBAIN (2019): Simple cultivation of effective microorganisms to reduce number of flies in local chicken coop. *GJST*. 2, 40-46.

WATANABE, T., V. KIRON, S. SATOH (1997): Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture* 151, 185-207.

DOI: 10.1016/S0044-8486(96)01503-7

WHEELER, J. R., K. M. Y. LEUNG, D. MORRITT, N. SOROKIN, H. ROGERS, R. TOY, M. HOLT, P. WHITEHOUSE, M. CRANE (2002): Freshwater to saltwater toxicity extrapolation using species sensitivity distributions. *Environ. Toxicol. Chem.* 21, 2459-2467.

DOI: 10.1002/etc.5620211127

WISE (2024): Overview: urban waste water production and its treatment. Croatia. Freshwater information system for freshwater Europe.

<https://water.europa.eu/freshwater/countries/uwwt/croatia> (22.3.2024.)

WURTS, W. A., R. M. DURBOROW (1992): Interactions of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish ponds. *SRAC Publication No.* 464, 1-4.

XU, C., T. LI, C. HU, H. GUO, J. YE, L. LI, W. LIU, L. NIU (2021a): Waterborne uranium causes toxic effect and thyroid disruption in zebrafish larvae. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 208, 111585.

DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.111585

XUE, K., C. YANG, Y. HE (2023): A review of technologies for bromide and iodide removal from water. *Environ. Technol. Rev.* 12, 129-148.

DOI: 10.1080/21622515.2023.2184275

XU, W., P. Y. MAWOLO, J. GAO, L. CHU, Y. WANG, Z. NIE, L. SONG, N. SHAO, J. GAO, P. XU, G. XU (2021b): Effects of supplemental effective microorganisms in feed on the growth, immunity, and appetite regulation in juvenile GIFT tilapia. *Aquac. Rep.* 19, 100577.

DOI: 10.1016/j.aqrep.2020.100577

YALÇIN, Z. G., M. DAĞ, E. AYDOĞMUŞ (2023): Wastewater treatment using active microorganisms and evaluation of results. *IJANSER*. 7, 55-61.

DOI: 10.59287/ijanser.2023.7.4.550

YAMADA, K., H.-L. XU (2001): Properties and applications of an organic fertilizer inoculated with Effective Microorganisms. *J. Crop Prod.* 3, 255-268.

DOI: 10.1300/J144v03n01_21

ZAKARIA, Z., S. GAIROLA, N. MOHD SHARIFF (2010): Effective microorganisms (EM) technology for water quality restoration and potential for sustainable water resources and management. *Proceedings of the 5th International Congress on Environmental Modelling and Software*, 5.–8. srpnja, Ottawa, Ontario, Kanada, str. 1-8.

Zakon o akvakulturi (Narodne novine, br. 130/2017, 111/2018, 144/2020, 30/2023, 14/2024).

ZAMBELLI, B., S. CIURLI (2013): Nickel and human health. *Met. Ions Life Sci.* 13, 321-357.

DOI: 10.1007/978-94-007-7500-8_10

ZHANG, M.-K., L.-P. FANG (2006): Phosphorus accumulation and eutrophication in feed-supply freshwater fishponds. *J. Environ. Sci. (China)* 18, 816-821.

ZHANG, Z., S. DING, Y. YANG, X. ZUO, Y. XU (2012): EM biodegrading characteristics of petroleum hydrocarbon in artificial seawater. *Adv. Mat. Res.* 356-360, 1145-1151.

DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.356-360.1145

ZHAO, W., G. YANG, X. CHEN, J. YU, B. MA (2013): Study on integrated restoration technique for eutrophic artificial lakes. *Adv. Mater. Res.* 807-809, 1304-1310.

DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.807-809.1304

ZHENG, X., J. TANG, G. REN, Y. WANG (2017): The effect of four microbial products on production performance and water quality in integrated culture of freshwater pearl mussel and fishes. *Aquac. Res.* 48, 4897-4909.

DOI: 10.1111/are.13309

ZHONG, W., D. WANG, Z. WANG (2018): Distribution and potential ecological risk of 50 phenolic compounds in three rivers in Tianjin, China. *Environ. Pollut.* 235, 121-128.

DOI: 10.1016/j.envpol.2017.12.037

ZHOU, J., Y. WEN, Q. JIANG, X. LIU (2015): Study on sulphate pollution of surface water environment. *Nat. Environ. Pollut. Technol.* 14, 663-668.

ZHOU, Q., K. LI, X. JUN, L. BO (2009): Role and functions of beneficial microorganisms in sustainable aquaculture. *Bioresour. Technol.* 100, 3780-3786.

DOI: 10.1016/j.biortech.2008.12.037

ZHOU, S., C. WEI, C. LIAO, H. WU (2008): Damage to DNA of effective microorganisms by heavy metals: impact on wastewater treatment. *J. Environ. Sci.* 20, 1514-1518.

DOI: 10.1016/S1001-0742(08)62558-9

ŽUPAN, B., Ž. ACINGER-ROGIĆ (2023): Vodič za dobru proizvođačku praksu. Uzgoj toplovodnih vrsta riba. Ministarstvo poljoprivrede, Zagreb.

<https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/Vodic%20za%20dobru%20proizvodjacku%20praksu%20-%20Uzgoj%20toplovodnih%20vrsta%20riba-1.pdf> (18.1.2024.)

9. ŽIVOTOPIS

Ivana Sabolek rođena je 28. srpnja 1993. godine u Čakovcu. Pohađala je Gimnaziju Josipa Slavenskog Čakovec u kojoj je maturirala 2012. godine. Iste godine upisala je studij na Veterinarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu te je diplomirala 2018. godine. U 2018. godini završila je i Akademiju za politički razvoj. Po završetku fakulteta stažirala je u Europskom parlamentu u Briselu. U prosincu 2018. godine zaposlila se kao asistentica u Zavodu za higijenu, ponašanje i dobrobit životinja Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Doktorski studij Veterinarske znanosti na matičnom fakultetu upisala je u 2019. godini. U 2022. godini završila je Akademiju Ujedinjenih naroda. U 2023. godini upisala je *MBA in Human Resources Management* na Zagrebačkoj školi ekonomije i managementa u Zagrebu. Tijekom dosadašnjeg rada u Zavodu za higijenu, ponašanje i dobrobit životinja sudjelovala je u nizu radionica, konferencija, kongresa i usavršavanja, a u svrhu poboljšanja znanstvenih, nastavnih i stručnih kompetencija. Također, bila je članica organizacijskog odbora tri međunarodna znanstveno-stručna skupa.

USAVRŠAVANJE I EDUKACIJE

1. 3. međunarodni znanstveno-stručni skup o gmazovima i egzotičnim životinjama „REPTILIA“, 24.–25. svibnja 2024., Zagreb, Hrvatska
2. 10. međunarodni kongres „Veterinarska znanost i struka“, 5.–10. listopada 2023., Zagreb, Hrvatska
3. 28. međunarodno savjetovanje Krmiva 2023., 31. svibnja–2. lipnja 2023., Opatija, Hrvatska
4. Radionica - Osnaživanje temeljnih nastavničkih kompetencija, studeni 2023., Zagreb, Hrvatska
5. Positive Animal Welfare: Taking it to the Next Level, Training school for East and South Europe region 2023, 28.–29. rujna 2023., Ljubljana, Slovenija
6. Radionica - komunikacijske vještine, siječanj 2023., Zagreb, Hrvatska
7. 55th Congress of the International Society for Applied Ethology (ISAE), 4.–8. rujna 2022., Ohrid, Sjeverna Makedonija
8. 44. međunarodni simpozij mljekarskih stručnjaka, 12.–15. listopada 2022., Rovinj, Hrvatska
9. Training course - RAWC training: Supporting a municipality to develop a local DPM programme action plan, 5. srpnja 2022., Skoplje, Sjeverna Makedonija
10. Training course - ERASMUS+ Mobilities for the activation of NEETs, 5.–10. lipnja 2022., Madrid, Španjolska

11. 27. međunarodno savjetovanje Krmiva 2022., 1.–3. lipnja 2022., Opatija, Hrvatska
12. Entrepreneurial Mindset Training, veljača 2020., Zagreb, Hrvatska
13. XIV. znanstveno-stručni simpozij „Peradarski dani 2022.“ s međunarodnim sudjelovanjem, 11.–14. svibnja 2022., Poreč, Hrvatska
14. 33. hrvatski znanstveno-stručno-edukativni seminar s međunarodnim sudjelovanjem DDD i ZUPP 2022., 2.–6. svibnja 2022., Selce, Hrvatska
15. 9. međunarodni kongres „Veterinarska znanost i struka“, 9. listopada 2021., online
16. 2. međunarodni znanstveno-stručni skup o gmazovima i egzotičnim životinjama „REPTILIA“, 21.–22. svibnja 2021., Zagreb, Hrvatska
17. 1st Regional Animal Welfare Centre (RAWC) Scientific Conference, 24.–25. lipnja 2020., online
18. Radionica - Aktivno učenje i kritičko mišljenje u visokoškolskoj nastavi, 2019.–2020., Zagreb, Hrvatska
19. 8. međunarodni kongres „Veterinarska znanost i struka“, 10.–12. listopada 2019., Zagreb, Hrvatska
20. Konferencija Greens complementary hearing on pesticides, listopad 2018., Brisel, Belgija
21. Konferencija Women in science, listopad 2018., Brisel, Belgija
22. Konferencija Digital and precision farming for farmers and smart villages, listopad 2018., Brisel, Belgija
23. Konferencija End the cage age, listopad 2018., Brisel, Belgija
24. Konferencija Pesticide free towns, listopad 2018., Brisel, Belgija
25. Konferencija EWA water, listopad 2018., Brisel, Belgija
26. Konferencija Cruelty free, listopad 2018., Brisel, Belgija
27. Konferencija Animal Welfare Intergroup meeting, listopad 2018., Brisel, Belgija
28. 1. znanstveno-stručni skup o gmazovima „REPTILIA“, 25.–26. svibnja 2018., Zagreb, Hrvatska

POPIS PUBLIKACIJA

MATKOVIĆ, K., M. OSTOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, **I. SABOLEK**, S. MATKOVIĆ, M. BATINJAN, M. LOLIĆ (2024): U kojoj mjeri korištenje spororastućih sojeva poboljšava dobrobit pilića tijekom tova? Zbornik radova XV. znanstveno-stručnog simpozija „Peradarski dani 2024.“ s međunarodnim sudjelovanjem, 22.–25. svibnja, Pula, Hrvatska, str. 155-158.

OSTOVIĆ, M., **I. SABOLEK** (2024): Dezinfekcija. U: Afrička svinjska kuga u divljih svinja – osnove i mjere sprječavanja. (Konjević, D., M. Bujanić, ur.). Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 36-41.

OSTOVIĆ, M., **I. SABOLEK** (2024): Prijevoz pokusnih životinja. U: Uporaba životinja u istraživanjima. (Pavičić, Ž., ur.), Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 89-100.

OSTOVIĆ, M., **I. SABOLEK**, K. MATKOVIĆ, S. MENČIK, I. ŽURA ŽAJA, K. NENADOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ (2024): Izazovi osiguranja dobrobiti životinja u ekstenzivnim sustavima proizvodnje povezani s hranidbom. Krmiva 66, 13-24.

DOI: 10.33128/k.66.1.2

SAČER, A., A. VIDOŠEVIĆ, A. TRSTENJAK, **I. SABOLEK**, Ž. PAVIČIĆ, K. MATKOVIĆ, M. OSTOVIĆ (2024): Body language: the key to successful communication between humans and horses. Vet. Stanica 55, 213-219.

DOI: 10.46419/vs.55.2.9

TURK., N., D. KONJEVIĆ, M. OSTOVIĆ, M. BUJANIĆ, **I. SABOLEK** (2024): Mjere sprječavanja i otkrivanja pojave afričke svinjske kuge u lovištima. U: Afrička svinjska kuga u divljih svinja – osnove i mjere sprječavanja. (Konjević, D., M. Bujanić, ur.), Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb. str. 42-47.

MATKOVIĆ, K., M. OSTOVIĆ, M. BATINJAN, **I. SABOLEK**, S. MENČIK, Ž. PAVIČIĆ (2023): Analiza mikroklimatskih uvjeta u stajama za goveda. Vet. Stanica 54, 335-341.

DOI: 10.46419/vs.54.3.7

MATKOVIĆ, K., M. OSTOVIĆ, T. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, M. BENIĆ, **I. SABOLEK** (2023): Standardni operativni protokol u sanitaciji vozila za prijevoz životinja. Zbornik radova 34. znanstveno-stručno-edukativnog seminara s međunarodnim sudjelovanjem DDD i ZUPP 2023., 18.–21. travnja, Selce, Hrvatska, str. 195-199.

MATKOVIĆ, K., M. OSTOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, **I. SABOLEK** (2023): U kojoj mjeri komarci narušavaju dobrobit i zdravlje životinja i ljudi? Zbornik radova Znanstveno-stručnog skupa s međunarodnim sudjelovanjem „Veterinarski dani 2023.“, 26.–29. listopada, Osijek, Hrvatska, str. 215-217.

PIPLICA, A., V. ASTI, M. ABLONDI, I. VLAHEK, **I. SABOLEK**, M. OSTOVIĆ, S. MENČIK (2023): Analysis of longevity performance in the different bull lines of Busha cattle in Croatia. Book of Abstracts of the 25th Congress of the Animal Science and Production Association (ASPA), 13.–16. lipnja, Monopoli, Italija, Ital. J. Anim. Sci. 22, Suppl. 1, str. 41-42.

DOI: 10.1080/1828051X.2023.2210877

SABOLEK, I., K. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, S. MENČIK, A. PIPLICA, A. TRSTENJAK, M. OSTOVIĆ (2023): Implikacije sustava držanja s pristupom vanjskom prostoru za dobrobit tovnih pilića. Zbornik sažetaka 28. međunarodnog savjetovanja Krmiva 2023., 31. svibnja–2. lipnja, Opatija, Hrvatska, str. 53-54.

SABOLEK, I., M. OSTOVIĆ, B. ARTUKOVIĆ, A. GUDAN KURILJ, I. C. ŠOŠTARIĆ-ZUCKERMANN, L. MEDVEN ZAGRADIŠNIK, D. HUBER, D. VLAHOVIĆ, A. TRSTENJAK, Ž. PAVIČIĆ, K. MATKOVIĆ, M. HOHŠTETER (2023): Longevity in pet cats and their lifestyle. Book of Abstracts of the 10th International Congress “Veterinary Science and Profession”, 5.–7. listopada, Zagreb, Hrvatska, str. 89.

BUDICIN, E., L. LOZICA, D. HORVATEK TOMIĆ, G. KONTREC, **I. SABOLEK**, J. MILJKOVIĆ, M. OSTOVIĆ, A. SHEK-VUGROVEČKI, J. ALADROVIĆ, Ž. GOTTSTEIN (2022): Promjene u krvnoj slici kokoši nesilica lake pasmine nakon primjene fluralanera u terapiji tekuti. Zbornik radova XIV. znanstveno-stručnog simpozija „Peradarski dani 2022.“ s međunarodnim sudjelovanjem, 11.–14. svibnja, Poreč, Hrvatska, 148-154.

MATKOVIĆ, K., D. MARUŠIĆ, S. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, **I. SABOLEK**, M. BENIĆ, M. OSTOVIĆ (2022): Kontaktni dermatitis i bolesti koštano-mišićnog sustava kao pokazatelji dobrobiti pilića u tovu. Zbornik radova XIV. znanstveno-stručnog simpozija „Peradarski dani 2022.“ s međunarodnim sudjelovanjem, 11.–14. svibnja, Poreč, Hrvatska, str. 31-34.

MATKOVIĆ, K., **I. SABOLEK**, M. BENIĆ, Ž. PAVIČIĆ, M. OSTOVIĆ (2022): Biološko-ekološke karakteristike najčešćih štetnih muha u mljekarskoj proizvodnji. Zbornik radova 33. hrvatskog znanstveno-stručno-edukativnog seminara s međunarodnim sudjelovanjem DDD i ZUPP 2022., 2.–6. svibnja, Selce, Hrvatska, str. 161-166.

OSTOVIĆ, M., **I. SABOLEK**, A. PIPLICA, I. ŽURA ŽAJA, T. MIKUŠ, S. MENČIK, K. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, Ž. MESIĆ (2022): Opinions and knowledge of veterinary students relating to exotic non-mammal pet animals and their welfare. Vet. arhiv 92, 349-358.

DOI: 10.24099/vet.arhiv.1018

OSTOVIĆ, M., **I. SABOLEK**, K. MATKOVIĆ, S. MENČIK, Ž. PAVIČIĆ (2022): Welfare challenges related to nutrition of extensively managed animals. Proceedings of the 27th International Conference Krmiva 2022, 1.–3. lipnja, Opatija, Hrvatska, str. 9-10.

OSTOVIĆ, M., K. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, S. MENČIK, **I. SABOLEK** (2022): Dezinfekcija u svinjogojstvu. Svinjogojstvo 12, 19-21.

PAVIČIĆ, V., M. OSTOVIĆ, S. MENČIK, **I. SABOLEK**, M. POLETTO, I. KANIŽAJ (2022): Zadovoljstvo korisnika veterinarskih usluga razinom komunikacijskih vještina veterinarskih djelatnika. Zbornik radova Znanstveno-stručnog skupa s međunarodnim sudjelovanjem „Veterinarski dani 2022.“, 20.–23. listopada, Poreč, Hrvatska, str. 119-122.

PAVIČIĆ, Ž., L. PEČARIĆ, **I. SABOLEK**, K. MATKOVIĆ, M. OSTOVIĆ (2022): Čimbenici i problemi dobrobiti mačaka - kućnih ljubimaca. Vet. Stanica 53, 644-649.

DOI: 10.46419/vs.53.5.13

PEČARIĆ, L., M. OSTOVIĆ, S. MENČIK, **I. SABOLEK**, Ž. PAVIČIĆ, K. MATKOVIĆ, Ž. MESIĆ (2022): Information quality and attitudes of cat owners in Croatia about cat keeping

and health: preliminary results. Proceedings of the 55th Congress of the International Society for Applied Ethology (ISAE), 4.–8. rujna, Ohrid, Sjeverna Makedonija, str. 117.

SABOLEK, I., K. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, M. OSTOVIĆ (2022): Primjena efektivnih mikroorganizama u peradarskoj proizvodnji. Zbornik radova XIV. znanstveno-stručnog simpozija „Peradarski dani 2022.“ s međunarodnim sudjelovanjem, 11.–14. svibnja, Poreč, Hrvatska, str. 119-122.

SABOLEK, I., K. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, S. MENČIK, A. PIPLICA, S. MATKOVIĆ, M. OSTOVIĆ (2022): Ekološko govedarstvo – standardi dobrobiti i stanje u Republici Hrvatskoj. Zbornik sažetaka 44. međunarodnog simpozija mljekarskih stručnjaka, 12.–15. listopada, Rovinj, Hrvatska, str. 19.

GOTTSTEIN, Ž., L. LOZICA, **I. SABOLEK**, J. MILJKOVIĆ, M. OSTOVIĆ, J. ALADROVIĆ, A. SHEK-VUGROVEČKI, D. HORVATEK TOMIĆ (2021): Učinkovitost pripravka fluralanera u kontroli tekući na farmama peradi. Hrv. vet. vjesn. 29, 41-46.

OSTOVIĆ, M., I. RAVIĆ, M. KOVAČIĆ, A. EKERT KABALIN, K. MATKOVIĆ, **I. SABOLEK**, Ž. PAVIČIĆ, S. MENČIK, D. HORVATEK TOMIĆ (2021): Differences in fungal contamination of broiler litter between summer and winter fattening periods. Arh. Hig. Rada Toksikol. 72, 140-147.

DOI: 10.2478/aiht-2021-72-3508

OSTOVIĆ, M., **I. SABOLEK**, A. PIPLICA, I. ŽURA ŽAJA, S. MENČIK, S. NEJEDLI, Ž. MESIĆ (2021): A survey study on opinions and knowledge of veterinary students in Croatia about pet reptile species and their welfare. Proceedings of the 2nd International Scientific and Professional Meeting on Reptiles and Exotic Animals “REPTILIA”, 21.–22. svibnja, online, str. 20-26.

OSTOVIĆ, M., **I. SABOLEK**, A. PIPLICA, I. ŽURA ŽAJA, S. MENČIK, S. NEJEDLI, Ž. MESIĆ (2021): A survey study of veterinary student opinions and knowledge about pet reptiles and their welfare. Animals 11, 3185.

DOI: 10.3390/ani11113185

OSTOVIĆ, M., **I. SABOLEK**, A. PIPLICA, I. ŽURA ŽAJA, T. MIKUŠ, S. MENČIK, K. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, Ž. MESIĆ (2021): Veterinary student attitudes towards and knowledge about exotic non-mammal pet animals and their welfare. Proceedings of the 1st Regional Animal Welfare Centre (RAWC) Scientific Conference, 24.–25. lipnja, online, str. 23-25.

PIPLICA, A., I. C. ŠOŠTARIĆ-ZUCKERMANN, A. EKERT KABALIN, V. SUŠIĆ, I. VLAHEK, **I. SABOLEK**, M. OSTOVIĆ, S. MENČIK (2021): Nedostatak adhezije leukocita - nasljedni poremećaj kod goveda. *Stočarstvo* 75, 63-73.

PIPLICA, A., I. VLAHEK, **I. SABOLEK**, V. SUŠIĆ, A. EKERT KABALIN (2021): Leopard gecko morphs - the genetic background. Proceedings of the 2nd International Scientific and Professional Meeting on Reptiles and Exotic Animals "REPTILIA", 21.–22. svibnja, online, str. 157.

SABOLEK, I., I. TLAK GAJGER, Ž. PAVIČIĆ, K. MATKOVIĆ, S. MENČIK, A. PIPLICA, M. OSTOVIĆ (2021): Possibilities of using effective microorganisms in environmental protection. Book of Abstracts of the 9th International Congress "Veterinary Science and Profession", 9. listopada, online, str. 50.

SABOLEK, I., K. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, S. NEJEDLI, A. PIPLICA, M. OSTOVIĆ (2021): Risks to environment and native animals posed by exotic alien species. Proceedings of the 2nd International Scientific and Professional Meeting on Reptiles and Exotic Animals "REPTILIA", 21.–22. svibnja, online, str. 189.

SABOLEK, I., M. OSTOVIĆ, T. MIKUŠ, Ž. PAVIČIĆ, K. MATKOVIĆ, B. ANTUNOVIĆ, Ž. MESIĆ (2021): Regional differences in the attitudes of veterinary students in Croatia towards welfare of farm and companion animals. *Vet. Stanica* 52, 65-71.

DOI: 10.46419/vs.52.1.5

SABOLEK, I., Ž. MESIĆ, T. MIKUŠ, Ž. PAVIČIĆ, K. MATKOVIĆ, B. ANTUNOVIĆ, M. OSTOVIĆ (2021): Regional differences in the attitudes of veterinary students in Croatia towards welfare of farm and companion animals. Proceedings of the 1st Regional Animal Welfare Centre (RAWC) Scientific Conference, 24.–25. lipnja, online, str. 29-31.

SAČER, A., **I. SABOLEK**, K. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, M. OSTOVIĆ (2021): Social structure and spawning pattern in clownfish. Proceedings of the 2nd International Scientific and Professional Meeting on Reptiles and Exotic Animals "REPTILIA", 21.–22. svibnja, online, str. 190.

ČARAPOVIĆ, M., M. OSTOVIĆ, S. MENČIK, **I. SABOLEK**, A. PIPLICA, Ž. MESIĆ (2020): Mišljenja studenata veterinarske medicine o dobrobiti minijaturnih svinja kao kućnih ljubimaca. Veterinar 58, 2-8.

MATKOVIĆ, K., **I. SABOLEK**, Ž. PAVIČIĆ, M. BENIĆ, M. OSTOVIĆ (2020): Biosigurnost na svinjogojskim farmama. Zbornik radova 32. znanstveno-stručno-edukativnog seminara s međunarodnim sudjelovanjem DDD i ZUPP 2020., 31. ožujka–3. travnja, Novi Vinodolski, Hrvatska, str. 251-257.

MIKUŠ, T., M. OSTOVIĆ, **I. SABOLEK**, K. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, O. MIKUŠ, Ž. MESIĆ (2020): Opinions towards companion animals and their welfare: a survey of Croatian veterinary students. Animals 10, 199.

DOI: 10.3390/ani10020199

OSTOVIĆ, M., K. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, S. MENČIK, **I. SABOLEK** (2020): Dezinfekcija u svinjogojstvu. Zbornik predavanja 16. savjetovanja uzgajivača svinja u Republici Hrvatskoj, 11. prosinca, online, str. 69-74.

OSTOVIĆ, M., S. MENČIK, A. EKERT KABALIN, D. MATIČIĆ, T. TRBOJEVIĆ VUKIČEVIĆ, K. MATKOVIĆ, **I. SABOLEK**, D. POTOČNJAK, Ž. PAVIČIĆ (2020): The effect of rubber mats on lesions and lameness in gilts housed in gestation stalls. Vet. Stanica 51, 527-534.

DOI: 10.46419/vs.51.5.5

PRPIĆ, M., K. MATKOVIĆ, **I. SABOLEK**, Ž. PAVIČIĆ, M. OSTOVIĆ (2020): Higijena držanja i zdravlje stada mliječnih krava. Stočarstvo 74, 3-7.

SABOLEK, I., S. NEJEDLI, K. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, M. OSTOVIĆ (2020): Pregled dosadašnjih spoznaja o utjecaju visine stelje na pojavnost kontaktnog dermatitisa u tovnih pilića. Meso 22, 378-385.

MATKOVIĆ, K., M. OSTOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, **I. SABOLEK**, M. BENIĆ, I. PUČKO, S. MATKOVIĆ (2019): Biosigurnost: staro-novi obrazac čuvanja zdravlja životinja. Zbornik radova Znanstveno-stručnog skupa s međunarodnim sudjelovanjem „Veterinarski dani 2019.“, 23.–26. listopada, Primošten, Hrvatska, str. 177-181.

OSTOVIĆ, M., I. RAVIĆ, M. KOVAČIĆ, A. EKERT KABALIN, K. MATKOVIĆ, **I. SABOLEK**, Ž. PAVIČIĆ, S. MENČIK, D. HORVATEK TOMIĆ (2019): Seasonal impact on fungal contamination of poultry litter. Proceedings of the 19th International Congress for Animal Hygiene (ISAH), 8.–12. rujna, Wrocław, Poljska, str. 99-100.

PIPLICA, A., I. VLAHEK, **I. SABOLEK**, M. ŠPEHAR, S. MENČIK (2019): Influence of season and herd size on the age at first calving in Busha cattle breed. Book of Abstracts of the 8th International Congress “Veterinary Science and Profession”, 10.–12. listopada, Zagreb, Hrvatska, str. 63.

RAVIĆ, I., M. OSTOVIĆ, M. KOVAČIĆ, A. EKERT KABALIN, K. MATKOVIĆ, **I. SABOLEK**, Ž. PAVIČIĆ, I. ŽURA ŽAJA, H. VALPOTIĆ, D. HORVATEK TOMIĆ (2019): Utjecaj godišnjeg razdoblja na pojavnost gljivica u hrani za toвне piliće. Zbornik radova XIII. simpozija „Peradarski dani 2019.“ s međunarodnim sudjelovanjem, 8.–11. svibnja, Poreč, Hrvatska, str. 145-149.

SABOLEK, I., M. OSTOVIĆ, I. VLAHEK, A. PIPLICA, K. MATKOVIĆ, Ž. PAVIČIĆ, S. Nejedly (2019): Effect of litter depth on breast blister occurrence and morphological characteristics of *m. pectoralis major* in broilers. Book of Abstracts of the 8th International Congress “Veterinary Science and Profession”, 10.–12. listopada, Zagreb, Hrvatska, str. 117.

SABOLEK, I., S. NEJEDLI, I. VLAHEK, K. MATKOVIĆ, S. MENČIK, A. PIPLICA, Ž. PAVIČIĆ, M. OSTOVIĆ (2019): Utjecaj visine stelje na jačinu kontaktnog dermatitisa na jastučićima nogu i tarzalnim zglobovima tovnih pilića. Zbornik radova XIII. simpozija

„Peradarski dani 2019.“ s međunarodnim sudjelovanjem, 8.–11. svibnja, Poreč, Hrvatska, str. 130-134.

ĆURKOVIĆ, S., **I. SABOLEK**, A. REBAC, B. FLECK, S. NEJEDLI (2018): Specifičnosti uzimanja uzoraka za DNA analizu u gmazova. Zbornik radova I. znanstveno-stručnog skupa o gmazovima „REPTILIA“, 25.–26. svibnja, Zagreb, Hrvatska, str. 53-56.

MESARIĆ, M., I. ROJKO, **I. SABOLEK** (2018): The fear of snakes among the people of Međimurje County. Proceedings of the 1st Scientific and Professional Meeting on Reptiles „REPTILIA“, 25.–26. svibnja, Zagreb, Hrvatska, str. 131.

ROJKO, I., M. MESARIĆ, **I. SABOLEK** (2018): Raznolikost gmazova na području Međimurske županije. Zbornik radova I. znanstveno-stručnog skupa o gmazovima „REPTILIA“, 25.–26. svibnja, Zagreb, Hrvatska, str. 64-70.

UNGER, M., **I. SABOLEK**, S. NEJEDLI (2018): Morphological adaptation of fangs and salivary glands of venomous snakes. Proceedings of the 1st Scientific and Professional Meeting on Reptiles „REPTILIA“, 25.–26. svibnja, Zagreb, Hrvatska, str. 135.