

UTJECAJ SALMONIDNOG UZGAJALIŠTA NA KAKVOĆU VODE

IMPACT OF SALMON FARMING ON WATER QUALITY

D. Kapetanović, Marija Tomec, E. Teskeredžić, Zlatica Teskeredžić

Izvorni znanstveni članak

UDK: 639.2

Primljeno: 27. srpanj 2006.

SAŽETAK

Rast akvakulture proizvodnje potiče i povećano zanimanje i brigu za njezin utjecaj na okoliš. Tijekom salmonidne proizvodnje na ribogajilištu u vodu se unose određene količine organske tvari. Količina visokoproteinske hrane i metabolički riblji proizvodi utječu na kakvoću vode koja se koristi u uzgoju riba. Bakterije imaju ključnu ulogu u razgradnji organske tvari. Prekomjerno obogaćivanje nutrientima dovodi do osiromašenja kisikom kroz mikrobiološku oksidaciju organske tvari i takvi uvjeti nepovoljno utječu na ukupnu kakvoću vodenog ekosustava.

Cilj ovih istraživanja bio je procijeniti utjecaj salmonidnog uzgajališta na kakvoću vode na osnovi praćenja dinamike bakterijske populacije i fitobentosa u odnosu na fizikalno-kemijske parametre vode (temperatura, kisik, pH itd.).

Istraživanja su provedena na pastrvskom ribogajilištu s godišnjom proizvodnjom oko 100 t ribe, kod protoka vode od oko 300 L/s. Uzorci vode za mikrobiološku obradu i uzorci fitobentosa sakupljeni su na 8 lokaliteta uz istovremeno mjerenje fizikalno-kemijskih parametara elektrosondom. Lokaliteti uzorkovanja odabrani su tako da se obuhvate sve uzgojne faze salmonidnog ribnjaka: ulaz u ribnjak, 4 lokaliteta na ribnjaku po pojedinim fazama uzgoja, na izlazu iz ribnjaka, te uzvodno i nizvodno od ribnjaka. Za određivanje ukupnog broja bakterija (cfu) uzorci vode su serijski razrijeđeni sa sterilnom Ringerovom otopinom pH 6,0 (Pliva) i inokulirani metodom razlijevanja po podlozi na mediju za izolaciju sukladno EN ISO 6222:1999. Nakon inkubacije do 5 dana na 22 °C, prebrojane su izrasle bakterijske kolonije i rezultati su izraženi za 1 ml vode (cfu/ml). Dobiveni uzorci bentosa stavljeni su u boce i konzervirani s 4 %-tnim formalinom. Mikroskopska obrada uzoraka obavljena je u laboratoriju, pomoću mikroskopa «Opton» povećanja 12,5 x10; 12,5 x 25 i 12,5 x 40. Relativna zastupljenost vrsta fitobentosa određena je po Knöpp-u, od 1 do 7, (1954), a saprobnost vrijednosti indikatorskih vrsta po Wegl-u (1983). Indeks saprobnosti na osnovi indikatorskih biljnih vrsta određen je prema Pantle-Buck-u (1955), te na osnovi dobivenih vrijednosti pokazatelja kakvoće vode, istraživani lokaliteti svrstani su u određenu vrstu, prema Uredbi o klasifikaciji voda (1998).

Fizikalno-kemijske karakteristike vode na istraživanim lokalitetima ne pokazuju u pravilu značajnije razlike. Gustoća populacije aerobnih bakterija pokazuje progresivne promjene na lokacijama unutar uzgajališta, a sukladno očitovanju obogaćenja nutrijentima. Tijekom istraživanja u fitobentosu najbrojnija skupina bile su dijetomeje ili *Bacillariophyceae*, tipični oblici fitobentoske zajednice. Od ukupnog broja utvrđenih vrsta, više od 50% pripadalo je indikatorima saprobnosti. Indikatorske vrste pripadale su oligosaprobnom i betamesosaprobnom stupnju. Vrijednosti izračunatog indeksa saprobnosti bile su 1,7 na lokalitetima prije i nakon izlaska iz ribogajilišta, te 1,8 na izlazu iz bazena II i III, gdje se nalazi konzumna riba. Vrijednosti P-B indeksa saprobnosti upućuju na kakvoću vode istraživanih lokaliteta na I odnosno II vrstu. Ova mikrobiološka i fitocenološka istraživanja upućuju na zaključak da sam proces uzgoja riba nema većeg utjecaja na kakvoću vode. Utvrđeno je da je voda koja izlazi iz ribnjaka bolje kakvoće od vode recipijenta.

Ključne riječi: kalifornijska pastrva, kakvoća vode, bakterije, fitobentos

Damir Kapetanović, Marija Tomec, Emin Teskeredžić, Zlatica Teskeredžić, Laboratorij za istraživanje i razvoj akvakulture, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, 10 000 Zagreb, Hrvatska, E-mail: kada@irb.hr

UVOD

Akvakulturna proizvodnja doživljava brzu ekspanziju u mnogim dijelovima svijeta, izazivajući povećano zanimanje i brigu za njezin potencijalni utjecaj na okoliš (La Rosa i sur., 2001). Kako bi se sagledao stvarni odnos ribogojilišta i okoliša, provedena su istraživanja uzgoja salmonida u morskom okolišu (Gyllenhammar i Håkanson, 2005; La Rosa i sur., 2004; Danovaro, 2003; Peuhikuri, 2002), a manjim dijelom u kontinentalnim riječnim vodotocima (Stewart i sur., 2006; Maillard i sur., 2005; Boaventura i sur., 1997).

Suspendirana tvar u akvakulturnim sustavima može uzrokovati negativne utjecaje na samom ribogojilištu, a ako je otpuštena u okoliš, može biti štetna za vodena staništa u okolišu (Maillard i sur., 2005). Količina visokoproteinske hrane i metabolički riblji proizvodi utječu na kakvoću vode koja se koristi u uzgoju riba. Eutrofikacija uzrokovana sa obogaćenjem nutrijentima je prepoznata kao najozbiljniji problem u slatkovodnom i morskom okolišu (Maillard i sur., 2005; Peuhikuri, 2002). Sa ekološke točke gledišta, utvrđena je veza između eutrofikacije i gubitka biodiverziteta (Peuhikuri, 2002), jer intenzivna akvakulturna proizvodnja utječe na kakvoću vode uključujući promjene u bentosu zbog povećanja organske tvari i promjene broja bakterija (Boaventura i sur., 1997). Bakterijska osjetljivost na promjene uvjeta u okolišu pokazala se pogodnom za praćenje utjecaja ribogojilišta i izmjene uvjeta u bentosu (La Rosa i sur., 2004).

Utjecaji određenog uzgajališta mogu biti: unutarnji, lokalni ili regionalni (Boaventura i sur., 1997). Unutarnji utjecaji su uočljivi na samom uzgajalištu i neposrednom okolišu. Lokalni utjecaji pružaju se do kilometar nizvodno od ispusta, a utjecaj sa prostornom skalom od nekoliko kilometara smatraju se regionalnim utjecajima. Utjecaj intenzivne salmonidne proizvodnje na rijeku ovisi o veličini farme, uzgojnom postupku, razrjeđenju i samopročišćavajućem kapacitetu vodenog tijela, kao i o fizikalno-kemijskim i bakteriološkim karakteristikama riječne vode uzvodno od ispusta (Boaventura i sur., 1997). Optimaliziranom akvakulturnom proizvodnjom moguće je emisiju organske tvari u okoliš prilagoditi kapacitetu iskorištavanja rijeke, bez značajnijih promjena u okolišu. To proizlazi iz rezultata istraživanja u kojima optimalizirana akvakulturna proizvodnja ima

kratkotrajni i lokalizirani utjecaj na okoliš (Boaventura i sur., 1997; Cornel i Whoriskey, 1993).

Preliminarni rezultati naših istraživanja karakteriziraju odgovor riječnog ekosustava na prisutnost intenzivne proizvodnje pasrta. Cilj ovih istraživanja bio je procijeniti utjecaj salmonidnog uzgajališta na kakvoću vode, na osnovi praćenja dinamike bakterijske populacije i fitobentosa u odnosu na fizikalno-kemijske parametre vode.

MATERIJAL I METODE

Uzgajalište je smješteno u južnom dijelu Hrvatske, u području izvorišta rijeke Krke bez većeg antropogenog utjecaja. Dio riječne vode je preusmjeren kroz uzgajalište, pri čemu u vrijeme bogatog vodotoka, voda koja ulazi u ribnjak potječe s izvora rijeke Krke i od rijeke Krčić, dok je u vrijeme smanjenog vodotoka voda koja ulazi u ribnjak s izvora rijeke Krke. Godišnji protok vode iznosi oko $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, a godišnja proizvodnja uzgajališta iznosi oko 100 tona kalifornijske pasturve. U svrhu praćenja kakvoće vode ukupno je određeno 8 lokaliteta i to jedan uzvodno i neovisno uzgajalištu, a drugi lokalitet nizvodno 100 m ispod uzgajališta. Ostalih 6 lokaliteta je na samom uzgajalištu: ulaz u ribnjak, izlaz iz bazena s mladi, izlaz iz I bazena, izlaz iz II bazena, izlaz iz III bazena i izlaz iz ribnjaka.

Fizikalno-kemijska svojstva vode, mikrobiološka analiza vode i fitocenološka obrada bentosa provedeni su u lipnju 2005. i veljači 2006. godine. Uzorci su, uglavnom, sakupljeni između 10 i 13 h. Najmanji vodostaj utvrđen je tijekom uzorkovanja u lipnju.

Fizikalno-kemijski parametri određivani su dijelom na terenu, a dijelom u laboratoriju. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) i ukupni kisik (mg/L) mjereni su na terenu digitalnom sondom (UC-12 Kagaku, Japan), a vodljivost (mV/L) i pH digitalnim pH/ORP metrom (UC-23 Kagaku, Japan). Ostali parametri fizikalno-kemijske analize [ugljični dioksid (mg/L), kemijska potrošnja kisika (mg/L), amonij-ion (mg/L), amonijak (mg/L), m-alkalitet, karbonatna tvrdoća ($^{\circ}\text{dH}$) i ukupna tvrdoća ($^{\circ}\text{dH}$)] određeni su u laboratoriju prema Standard Methods (1985).

Uzorci vode za mikrobiološku pretragu uzeti su direktno u sterilne polietilenske boce od 1 l, s površine (ca. 20 cm ispod površine vode) i smješteni

u terenske hladnjake do obrade. Za određivanje ukupnog broja bakterija (cfu) uzorci vode su serijski razrijeđeni sa sterilnom Ringerovom otopinom pH 6,0 (Pliva) i inokulirani metodom razlijevanja po podlozi na mediju za izolaciju sukladno EN ISO 6222:1999 i R2A agaru (Merck). Nakon inkubacije do 5 dana na 22 °C, prebrojane su izrasle bakterijske kolonije i rezultati su izraženi za 1 ml vode (cfu/ml).

Bakteriološka analiza fekalnih indikatorskih bakterija: ukupnih kolidforma i *Escherichia coli* provedena je u veljači 2006. upotrebom Colilert® testova i Quanti/Tray 2000 prema uputama proizvođača (IDEXX Laboratories, Inc., Westbrook, ME, USA). Uzorci su inkubirani kroz 24 h na 35 °C, a rezultati izraženi kao najvjerojatniji broj (MPN) u 100 ml⁻¹ uzorka. Najvjerojatniji broj ukupnih kolidforma određen je na temelju pozitivnih, žutih jažica, a najvjerojatniji broj *E. coli* na temelju pozitivnih, fluorescirajućih jažica pod UV svjetlom i očitavanjem rezultata upotrebom IDEXX MPN Generatora 3,2 (IDEXX Laboratories, Inc., Westbrook, ME, USA).

Uzorci bentosa stavljeni su u polietilenske boce i konzervirani s 4 %-tnim formalinom. Mikroskopska obrada uzoraka obavljena je u laboratoriju, pomoću mikroskopa «Opton» povećanja 12,5 x10; 12,5 x 25 i 12,5 x 40, a za određivanje vrsta fitobentosa korišteni su standardni priručnici (Hindak i sur., 1978; Lazar, 1960; Pavletić, 1968; Zabelina i sur., 1951). Relativna zastupljenost vrsta fitobentosa određena je po Knöpp-u, od 1 do 7, (1954), a saprobne vrijednosti indikatorskih vrsta po Wegl-u (1983). Indeks saprobnosti na osnovi indikatorskih biljnih vrsta određen je prema Pantle-Buck-u (1955), te na osnovi dobivenih vrijednosti pokazatelja kakvoće vode, istraživani lokaliteti svrstani su u određenu vrstu, prema Uredbi o klasifikaciji voda (1998).

Za statističku obradu podataka korišten je statistički program SigmaStat Version 1,0.

REZULTATI I RASPRAVA

Preliminarni rezultati ispitivanja fizikalno-kemijskih i bakterioloških svojstava riječne vode u njezinom toku kroz uzgajalište prikazani su na Tablici 1.

Vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara i mezofilnih bakterija općenito se mijenjaju kako voda

protječe kroz salmonidno uzgajalište. Male razlike u vrijednostima temperature, vodljivosti, ugljičnog dioksida, amonij-iona, amonijaka, m-alkaliteteta, karbonatne i ukupne tvrdoće uočene su usporedbom vrijednosti od ulaska vode u ribnjak do izlaska, po lokalitetima i sezonski. Dobiveni rezultati naših istraživanja u skladu su s ranijim spoznajama (Maillard i sur., 2005; Peuhikuri, 2002) da se voda na uzgajalištu obogaćuje organskom tvari. S tim u vezi, a na osnovi utjecaja povećanja količine organske tvari na promjenu kakvoće vode, utvrđene su i promjene vrijednosti otopljenog kisika, pH i kemijske potrošnje kisika. Utvrđeni porast vrijednosti kemijske potrošnje kisika i pH, a sukladno tome smanjenje količine otopljenog i relativnog kisika, uzastopno se nižu na lokalitetima od ulaza do izlaza iz ribnjaka. Takav trend kretanja kemijske potrošnje kisika, pH i otopljenog kisika prisutan je tijekom obje sezone uzorkovanja, s većim izmjerenim vrijednostima kemijske potrošnje kisika zimi u odnosu na ljeto. Na temelju preliminarnih rezultata kemijskih svojstava vode na ribogojilištu u obje sezone, uočava se pozitivna korelacija između veličine ribe i količine organske tvari u vodi. Najmanje obogaćenje organskom tvari je kod mlađi (izlaz mlađi), raste kod pretkonzumne ribe (izlaz I bazen), a najveće vrijednosti su utvrđene u bazenima s konzumnom ribom (izlaz II i III bazen), odnosno na izlazu iz ribnjaka. To je očekivano jer veće ribe jedu više i ekskrecija tvari je kod starijih dobnih kategorija veća (Maillard i sur., 2005). Većina ovih razlika među lokalitetima s različitim dobnim kategorijama riba izraženija je i uočljivija tijekom zime, a odgovara većem protoku riječne vode obogaćene nutrijentima koji utječu na rast mikro i makro bentosa (Hillebrand i Kahlert, 2002). Usprkos ovom povećanju vrijednosti, kao rezultatu obogaćenja organskom tvari vode na ispustu iz ribnjaka, promjene kemijskih vrijednosti ne predstavljaju prijetnju po okoliš u smislu promjene kakvoće riječne vode. Vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara na lokalitetima uzvodno i nizvodno od salmonidnog uzgajališta također su prikazane na Tablici 1. Uočljivo je kako sustav za pročišćavanje rijeke smanjuje utjecaje uzgajališta. Iz vrijednosti parametara vode na ispustu, u odnosu na one iz uzoraka riječne vode uzvodno od uzgajališta, uvijek je vidljivo poboljšanje kakvoće vode nizvodno od ispusta.

Tablica 1. Rezultati fizikalno-kemijske i mikrobiološke analize vode na 8 lokaliteta salmonidnog uzgajališta tijekom lipnja 2005. i veljače 2006. god.
Table 1. Results of physico-chemical and microbiological water analysis at 8 locations of the Salmonide farm in June 2005 and February 2006

	Ulaz u ribnjak Entry to farm		Izlaz mladi Exit of fry		Izlaz I bazen Exit basin I		Izlaz II bazen Exit basin II		Izlaz III bazen Exit basin III		Izlaz iz ribnjaka Exit from farm		Uzvodno od ribnjaka Upstream from farm		Nizvodno od ribnjaka Downstream from farm	
	06.'05.	02.'06.	06.'05.	02.'06.	06.'05.	02.'06.	06.'05.	02.'06.	06.'05.	02.'06.	06.'05.	02.'06.	06.'05.	02.'06.	06.'05.	02.'06.
Temp. (°C)	9,6	9,7	9,6	9,6	9,9	9,7	9,9	9,8	10,2	9,9	10,6	10,1	12,0	9,4	10,4	9,6
Vod. (mV/L)	0,23	0,39	0,26	0,43	0,27	0,46	0,25	0,40	0,32	0,45	0,31	0,47	0,27	0,51	0,22	0,44
pH	7,50	7,84	7,51	7,90	7,56	7,98	7,50	7,85	7,56	7,94	7,55	8,01	7,58	8,07	7,45	7,93
OK (mg/L)	10,9	10,3	11,0	10,3	10,2	9,8	9,2	9,5	10,2	9,7	10,6	8,2	8,4	10,6	9,90	10,1
Rel.O ₂ (%)	95,33	90,29	96,20	90,08	89,82	85,90	81,01	83,47	90,43	85,42	94,81	72,53	77,56	92,29	88,16	88,33
CO ₂ (mg/L)	1,2	2,6	1,6	2,8	1,4	2,7	1,2	1,6	1,0	2,1	1,4	1,5	1,4	3,7	1,0	2,3
KPK (mg/L)	5,21	10,48	4,83	19,12	9,07	25,82	7,02	25,31	5,53	26,86	8,28	47,65	4,96	22,47	4,30	13,15
NH ₄ (mg/L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,15	<0,10	0,18	<0,10	0,15	<0,10	0,20	<0,10	0,14	<0,10	<0,10	<0,10
NH ₃ (mg/L)	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
m-alkalitet	3,84	3,52	3,83	3,44	3,83	3,37	3,88	3,41	3,76	3,39	3,84	3,34	3,61	3,34	3,85	3,52
KT (°dH)	10,75	9,86	10,72	9,63	10,72	9,44	10,86	9,54	10,53	9,49	10,84	9,27	10,11	9,35	10,78	9,86
UT (°dH)	12,38	11,20	12,00	11,08	11,59	12,16	12,03	11,90	11,29	11,77	11,65	11,17	10,25	9,78	11,17	11,80
UBB ISO (cfu/ml)	0	930	110	1140	400	2500	1950	6800	1170	6900	1950	1670	5900	670	3600	1120
UBB R2A (cfu/ml)	60	990	220	1640	720	3400	2350	7200	9200	10600	1450	2780	7400	650	11900	1540
UK (MPN/100 ml)	NA	52,1	NA	40,5	NA	73,8	NA	198,9	NA	173,1	NA	383,9	NA	301,3	NA	259,0
E.coli (MPN/100 ml)	NA	10,0	NA	<10,0	NA	<10,0	NA	10,0	NA	10,0	NA	<10,0	NA	20,2	NA	20,2

Temp. - temperatura; Vod. - vodljivost; OK - otopljeni kisik; Rel.O₂ - relativna količina kisika; CO₂ - ugljični dioksid; KPK - kemijska potrošnja kisika; NH₄ - amonij-
ion; NH₃ - amonijak; KT - karbonatna tvrdoća; UT - ukupna tvrdoća; UBB ISO - ukupan broj bakterija na ISO podlozi; UBB R2A - ukupan broj bakterija na R2A
agaru; UK - ukupni koliformi; E.coli - *Escherichia coli*.

Temp. - Temperature, Vod - conductivity, OK - dissolved oxygen, Rel. O₂ - relative oxygen amount, CO₂ - carbon dioxide, KPK - chemical oxygen consumption,
NH₄ - ammonium ion, NH₃ - ammonia, KT - carbonate hardness, UT - total hardness, UBB ISO - total number of bacteria on ISO medium, UBB R2A - total
number of bacteria on R2A agar, UK - total coliforms, - E.coli - *Escherichia coli*

Ukupan broj bakterija unutar ribogojilišta pokazuje promjene, koje su uočljive od ulaza u uzgajalište kroz naredne lokalitete uzorkovanja. Najmanja gustoća bakterija utvrđena je na prvoj lokaciji, ulazu u ribnjak, a najveće prema izlazu iz uzgajališta (Tablica 1). Sezonske varijacije u brojnosti mezofilnih bakterija vjerojatno su posljedica razlike u mikrobiološkoj kakvoći resursne vode za ribnjak, koja je u ljetu izvorska, a zimi iz dva resursa. I u ovom slučaju bakterije su iskazale jasan odgovor na uvećanje organske tvari na uzgajališta (LaRosa, 2004). Karakterističan efekt salmonidnog uzgajališta na riječnu vodu je u povećanju broja mikroorganizama, osobito mezofilnih bakterija (Boaventura i sur., 1997), što je potvrđeno i u našim preliminarnim rezultatima. Uočljivo je kako se distribucija gustoće bakterijske populacije mijenja s povećanjem veličine ribe, njihovom gustoćom i većim unosom hrane (Maillard i sur., 2005).

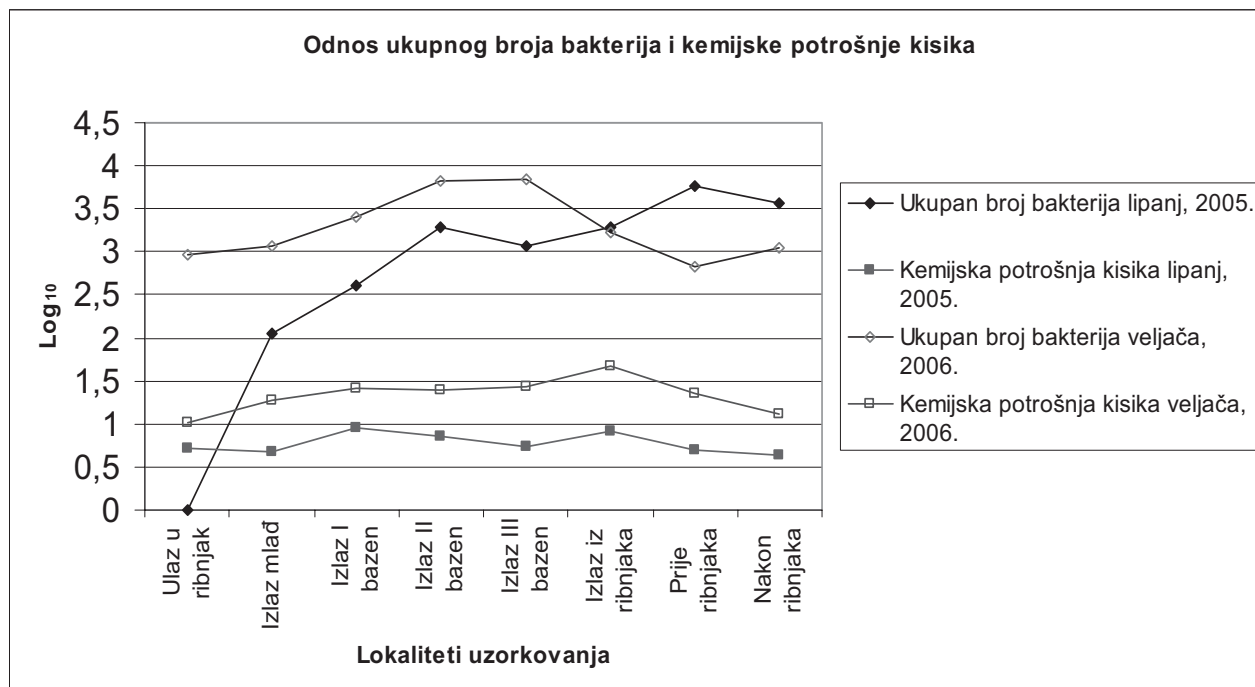
Preliminarni rezultati brojnosti *Escherichia coli*, mjereni u zimskom razdoblju, nisu pokazivali promjene broja na lokalitetima uzgajališta, uz

održavanje njihove male brojnosti (La Rosa i sur., 2001). Brojnost mezofilnih bakterija u ispusnoj vodi ribnjaka manja je ljeti ili uvećana zimu u odnosu na broj bakterija uzvodno. Gustoća bakterija se smanjuje u riječnoj vodi nizvodno od uzgajališta.

Korelacijska analiza provedena je za logaritmirane vrijednosti kemijske potrošnje kisika i ukupnog broja mezofilnih bakterija kroz dvije sezone (Slika 1). Između gustoće bakterija u ljetnoj i zimskoj sezoni ($n = 8$) korelacija nije statistički značajna ($r = -0,168$). Statistički značajna pozitivna korelacija postoji između kemijske potrošnje kisika u ljetnom i one u zimskom razdoblju ($r = 0,738$, $p < 0,05$). Dobivena je pozitivna korelacija između broja mezofilnih bakterija i kemijske potrošnje kisika, koja je statistički značajna samo u veljači ($r = 0,691$; $p < 0,05$). Mann-Whitney-evim testom ispitane su razlike između dvije sezone za utvrđeni broj mezofilnih bakterija i kemijsku potrošnju kisika ($n = 8$). Utvrđeno je kako ne postoji statistički značajna razlika broja mezofilnih bakterija između dvije sezone, dok je kemijska potrošnja kisika statistički značajno veća u veljači od one u lipnju ($p < 0,001$).

Slika 1. Korelacijska analiza kemijske potrošnje kisika i ukupnog broja bakterija

Figure 1. Correlation analysis of chemical oxygen consumption and total number of bacteria Relation of total number of bacteria



Bentoski mikro i makrofiti u tekućicama od velike su važnosti za procjenu kakvoće vode, jer veliki broj vrsta ima indikatorski značaj. Tijekom naših istraživanja na 8 lokaliteta utvrđeno je ukupno 75 vrsta fitobentosa u lipnju 2005. odnosno 86 vrsta u veljači 2006. godine. Kvalitativnim analizama je utvrđeno da istraživane lokalitete naseljavaju uglavnom fitocenoze karakteristične za krške rijeke. Osnovnu strukturu činile su mikrofitske alge iz skupine dijatomeja ili *Bacillariophyceae*, a u znatnoj količini su se razvile i modrozelenne alge ili *Cyanobacteria*, te nitaste *Xanthophyceae* i *Chlorophyta* ili zelene alge. Treba spomenuti i hidrofilne vrste mahovina (*Bryophyta*) koje su imale značajan udio u strukturi fitobentosa istraživanog područja. Veliki broj utvrđenih fitobentoskih vrsta pripadao je pokazateljima ili indikatorima određenog stupnja saprobnosti. Iako su prevladavali betamesosaprobnih pokazatelji na svim istraživanim lokalitetima tijekom istraživanja, ipak je uočeno nešto više pokazateljskih vrsta većeg onečišćenja na samom uzgajalištu, tj. na izlazima iz II. i III. bazena, odnosno na izlazu iz ribnjaka u veljači 2006. Dobivene vrijednosti P-B indeksa saprobnosti od 1,6 do 1,8 u lipnju 2005. , odnosno od 1,6 do 2,0 u veljači 2006. upućuju na pripadnost voda uzgajališta između I. i II. vrste, odnosno II. vrsti. Nakon izlaza iz ribogojilišta, voda pripada kakvoći II vrste, ali se vrijednost indeksa saprobnosti od 2,0 smanjuje na 1,8, što se može povezati s utjecajem procesa samopročišćavanja nizvodno od ribogojilišta.

ZAKLJUČCI

Postoji pozitivna korelacija između veličine ribe i organske tvari, broja bakterija i fitobentosa. Sve utvrđene razlike nađene su na samom uzgajalištu i sustavno su prisutne tijekom obje sezone uzorkovanja. Utjecaj uzgajališta na kakvoću vode na maloj je prostornoj skali, tj. ograničen na samo ribogojilište, što je u skladu s dobivenim izračunatim vrijednostima P-B saprobnog indeksa, koje su bile između 1,6 i 2,0. Ove vrijednosti upućuju na kakvoću vode istraživanih lokaliteta I odnosno II vrsti. Uočljivo je kako sustav rijeke za pročišćavanje smanjuje utjecaje uzgajališta i lokalno ih ograničava.

LITERATURA

1. Boaventura, R., Pedro, M., Coimbra, J., Lencastre, E. (1997): Trout farm effluents: characterization and impact on the receiving streams. *Environmental Pollution*, 95, 3, 379-387.
2. Cornel, G.E., Whoriskey, F.G. (1993): The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec. *Aquaculture*, 109, 2, 101-117.
3. Danovaro, R. (2003): pollution threats in the Mediterranean Sea: an overview. *Chemistry and Ecology*, 19, 1, 15-32.
4. European committee for standardisation (1999): Water quality - Enumeration of culturable microorganisms - Colony count by inoculation in a nutrient agar culture medium. European standard, EN ISO 6222.
5. Gyllenhammar, A., Håkanson, L. (2005): Environmental consequence analyses of fish farm emissions related to different scales and exemplified by data from the Baltic – a review. *Marine Environmental Research*, 60, 211-243.
6. Hillebrand, H., Kahlert, M. (2002): Effect of grazing and water column nutrient supply on biomass and nutrient content of sediment microalgae. *Aquatic Botany*, 72, 2, 143-159.
7. Hindak, F., Marvan, P., Rosa, K., Popovsky, J., Lhotsky, O. (1978): Slatkovodne riasy. Slovenske Pedagogicke Nakladateljstvo, Bratislava, 724 p.
8. Knöpp, H. (1954): Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer vorfluteruntersuchungen, erläuteter an einem Gütelängschnitt des Mains. *Die Wasserwirtschaft* 45, 9-15.
9. La Rosa, T., Mirto, S., Marino, A., Alonzo, V., Maugeri, Mazzola, A. (2001): Heterotrophic bacteria community and pollution indicators of mussel-farm impact in the Gulf of Gaeta (Tyrrhenian Sea). *Marine Environmental Research*, 52, 301-321.
10. La Rosa, T., Mirto, S., Mazzola, A., Maugeri, T. L. (2004): Benthic microbial indicators of fish farm impact in a coastal area of the Tyrrhenian Sea. *Aquaculture*, 230, 153-167.
11. Lazar, J. (1960): Alge Slovenije. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana.
12. Maillard, V. M., Boardman, G. D., Nyland, J. E., Kuhn, D. D. (2005): Water quality and sludge characterization at raceway-system trout farms. *Aquaculture Engineering* 33, 271-284.
13. Pantle, R., Buck, H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der

- Ergebnisse. Besondere Mitteilung in deutschen Gewässerkundlichen 12, 135-143.
14. Pavletić, Z. (1968): Flora mahovina Jugoslavije. Institut za botaniku Sveučilišta u Zagrebu, 431 p.
 15. Peuhikuri, T. (2002): Knowledge and interpretation in environmental conflict Fish farming and eutrophication in the Archipelago Sea, SW Finland. *Landscape and Urban Planning*, 61, 157-168.
 16. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1985), 16, ed., APWA, New York.
 17. Stewart, N. T., Boardman, G. D., Helfrich, L. A. (2006): Characterization of nutrient leaching rates from settled rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) sludge. *Aquacultural Engineering*. In press.
 18. Vlada Republike Hrvatske (1998): Uredba o klasifikaciji voda. *Narodne Novine* 77/98. Zagreb.
 19. Wegel, R. (1983): Indeks für die Limnosaprobität. *Wasser um Abwasser*, 26. Beiträge zur Gewässerforschung XIII, 1-175.
 20. Zabelina, M. M., Kiselev, I. A., Proškina-Lavrenko, A. I., Šešukova, V. S. (1951): Predelitelj presnovodnih vodorosli SSSR, Vpusk 4, Diatomovie vodorosli. »Sov. Nauka«, Moskva, 615 pp.

SUMMARY

Aquaculture production is undergoing a rapid expansion including an increasing interest and concern for their potential impact on the environment. Salmon fish farming releases a substantial amount of organic matter in to the water. High protein fish food and fish excretion affecting the quality of water used in fish farming. Bacteria play the major role in decomposition of the organic matter. Excessive enrichment of nutrients leads to oxygen depletion in the oxidation of the organic matter. Such conditions have negative effects on aquatic environment.

The aim of this study was to estimate the impact of salmon farming on the water quality, on the basis of bacterial population and phytobenthos monitoring in relation to physico-chemical water characteristics (temperature, dissolved oxygen, pH etc.).

The investigation was carried out on a rainbow trout fish farm with an annual trout production of 100 tons, and water flow of 300 l/s. Water samples for microbiological and phytobenthos analyses were collected at eight locations. Physico-chemical parameters were measured by an electrosonde at the same time. Sampling locations were determined to include all stages of salmon production: entry to the fish farm, four locations on the fish farm at different stages of salmon production, outflow from the fish farm, and locations upstream and down stream from the fish farm. Water samples for the heterotrophic bacteria enumeration (cfu) were serially diluted with Ringer solution pH 6.0 (Pliva) and inoculated by spread plate method on the solid medium according to EN ISO 6222:1999. After incubation at 22 °C for five days colonies were counted and results expressed for 1 ml of water (cfu/ml). Samples for benthos analysis were collected in the bottles and conserved with 4 % formaldehyde. Samples were examined under "Opton" light microscope with magnifications 12.5 x10; 12.5 x 25 and 12.5 x 40 in the laboratory. Relative phytobenthos assemblage determination from 1 to 7 was performed according to Knöpp (1954), and saprobity measures of indicators species according to Wegl (1983). Index of saprobity was determined according to Pantle-Buck (1955). Examined locations were classified according to "Uredba o klasifikaciji voda" (1998) on the basis of the obtained water quality values.

Physico-chemical water characteristics were without significant differences on examined locations. Density of the heterotrophic bacteria showed progressive changes on the locations within the fish farm which was consistent with nutrient enrichment. The most frequent species in the phytobenthos were diatoms and *Bacillariophyceae*, which are typical forms of phytobenthic community. More than 50 % of all determined species belonged to saprobity indicators. Indicator species were characteristic for oligosaprobic and betamesosaprobic water. Saprobity indexes were 1.7 at locations upstream and downstream of the fish farm. At the exit from 2nd and 3rd pool, with consumer fish, saprobity indexes were 1.8. These the values of P-B saprobity index indicate first and second degree water quality of the examined locations. The results of these microbiological and phytocenological examinations lead to the conclusion that fish production has insignificant local impact on the water quality.

Keywords: rainbow trout, water quality, bacteria, phytobentos