PERSPEKTIVE RECIRKULACIJSKIH AKVATIČNIH SUSTAVA I EKOLOŠKA ODRŽIVOST

Pišćak, Damir

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:286511

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Damir Pišćak, apsolvent

Preddiplomski studij smjera Zootehnika

PERSPEKTIVE RECIRKULACIJSKIH AKVATIČNIH SUSTAVA I EKOLOŠKA ODRŽIVOST

Završni rad

Osijek, 2016.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Damir Pišćak, apsolvent

Preddiplomski studij smjera Zootehnika

PERSPEKTIVE RECIRKULACIJSKIH AKVATIČNIH SUSTAVA I EKOLOŠKA ODRŽIVOST

Završni rad

Povjerenstvo za obranu završnog rada:

1. prof. dr. sc. Zlatko Puškadija, predsjednik
2. dr.sc. Dinko Jelkić,mentor
3. prof. dr. sc. Anđelko Opačak, član

Osijek, lipanj 2016.

SADRŽAJ

1. UVOD 4
2. RECIRKULACIJSKI AKVATIČNI SUSTAVI 5
2.1 Uvod u recirkulacijske akvatične sustave 5
2.1.1 Otvoreni ili zatvoreni sustav 8
2.1.2 Uzgojni spremnik 9
2.1.3 Biofiltracija 11
2.1.4 Oksigenizator 13
2.1.5 Vodena cirkulacijska pumpa 14
2.2 Kakvoća i potrebna količina vode 15
2.2.1 Opskrba vodom 17
2.3 Recirkuacijski akvatični sustavi u Europi 18
3. PREDNOSTI I NEDOSTACI RECIRKULACIJSKIH AKVATIČNIH SUSTAVA 19
3.1 Intenzivna proizvodnja 20
3.2 Lokacija, svrha i prednosti recirkulacijskog akvatičnog sustava 21
3.3 Nedostaci recirkulacijskog akvatičnog sustava 21
4. EKOLOŠKA ODRŽIVOST RECIRKULACIJSKIH AKVATIČNIH SUSAVA .. 22
5. BUDUĆNOST RECIRKULACIJSKIH AKVATIČNIH SUSTAVA 24
6. ZAKLJUČAK 25
7. POPIS LITERATURE 26
8. SAŽETAK 28
9. SUMMARY 29
10. PRILOG - POPIS KRATICA 30
11. POPIS SLIKA 30
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA 31

1. UVOD

Recirkulacijski akvatični sustavi (u daljnjem tekstu RAS) predstavljaju nov i jedinstven način uzgoja riba pri velikim gustoćama u zatvorenim bazenima s potpuno kontroliranim uvjetima uzgojne sredine. RAS nudi prednosti u smislu smanjena potrošnje vode, smanjenje utroška energije za zagrijavanje vode, boljim mogućnostima za upravljanje otpadom te recikliranjem hranjivih tvari. Koncept RAS-a nastao je 1950-ih godina, ali tek početkom 21. stoljeća je tehnologija prihvaćena od strane uzgajivača te postiže velik uspjeh u komercijalnom uzgoju ribe (Timmons i Ebeling, 2013). RAS po svom načinu rada odgovora na sve veća ekološka ograničenja, a posebice u zemljama s ograničenim pristupom vodi. Danas se ovaj sustav uzgoja uspješno primjenjuje u morskoj i slatkovodnoj akvakulturi, a broj vrsta koje se uzgajaju u RAS-u se neprestano povećava. RAS ponekad se nazivaju „zatvoreni“ ili „urbani“ akvatični sustavi što opisuje njihovu neovisnost za upotrebu površinskih voda za proizvodnju vodenih organizama.

Riba za uzgoj u RAS-u mora imati sve potrebne uvjete da ostane zdrava i normalno raste. Ribe trebaju kontinuiranu opskrbu čistom vodom, optimalnu temperaturu i dovoljnu količinu otopljenog kisika za normalan rast i uzgoj.

Unatoč ekološki prihvatljivim karakteristikama i sve većem broju europskih zemalja koje primjenjuju RAS, njegov doprinos proizvodnji još uvijek je manji u odnosu na proizvodnju u kavezima, protočnim sustavima ili ribnjacima (Martinsetal., 2010). Visoki troškovi kapitalnih ulaganja djelomično usporavaju razvoj RAS-a, ali omogućuju proizvodnju raznolikih vrsta riba.

Cilj ovog završnog rada je sažeti najvažnija tehnička poboljšanja RAS-a koja su pridonijela recikliranju nutrijenata iz vode te poboljšala ekološku prihvatljivost ove tehnologije uzgoja.

2. RECIRKULACIJSKI AKVATIČNI SUSTAVI

2.1 Uvod u recirkulacijske akvatične sustave

Akvatični sustavi prema intenzitetu proizvodnje mogu biti ekstenzivni, polu-intenzivni ili intenzivni ovisno o broju organizama koji se uzgajaju u određenom volumenu vode, o izvoru vode te opskrbi vodom. Uzgojem u ribnjacima i kavezima na otvorenom uvijek postoji rizik zagađenja zagađivačima koji se prenose vodom. Kvaliteta vode se teže kontrolira u ribnjacima i kavezima te je zbog toga ograničen broj organizama koji se uzgajaju. Principi RAS-a mogu se primijeniti na otvorenom, ali se gubi sveukupna kontrola okoliša.

Konvencionalne metode akvakulture, poput sustava otvorenih ribnjaka i uzgoja u kavezima, nisu dugoročno održivi zbog značajnih ekoloških problema te zbog njihove nemogućnosti jamčenja sigurnosti proizvoda nastalih u takvim sustavima. Nasuprot tome, proizvodnja koja se odvija u RAS-u je održiva, beskonačno se može proširivati, ekološki je kompatibilna i može jamčiti i sigurnost i kvalitetu proizvodnje ribe tijekom cijele godine (Timmons i Ebeling, 2013).

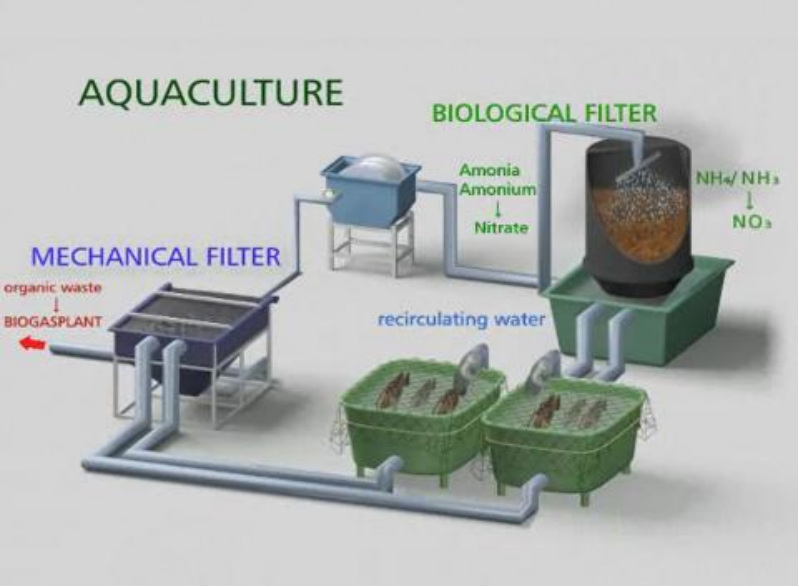
Sustavi otvorenih ribnjaka (sustav s toplom vodom, npr. uzgoj soma), te uzgoj u kavezima (sustav s hladnom vodom, npr. uzgoj lososa) nemaju prednost zbog svoje:

- Potrebe za velikim prostorom
- Ograničenih prikladnih prirodnih staništa
- Ekoloških problema vezanih za rješavanje ribljeg izmeta
- Geografskih ograničenja uslijed potrebe za pogodnom klimom za uzgajanje
- Podložnosti bolestima, predatorima i prirodnim katastrofama putem okoliša koje se događaju u vanjskim nekontroliranim uvjetima

Zbog svih gore navedenih nedostataka može doći do gubitka uzgoja (Timmons i Ebeling, 2013). Bolesti kod riba se prenose vodom. U zatvorenim sustavima nalazi se tehnološka voda (biološki aktivna) pa je vjerojatnost za razvitak bolesti minimalna, osim ako se u sustavu u kojem se uzgajaju ribe ne nalazi zaražena riba. Ako dođe do bolesti, liječenje je lakše nego u tradicionalnim sustavima na otvorenom.

Sustavi otvorenih ribnjaka i uzgoj u kavezima su također u nedostatku zbog nemogućnosti uzgoja ribe u određenom vremenskom periodu što rezultira usponom i padom uzgoja dostupnog tržištu. Problemi vezani za izmet vrlo su važni, posebice kod genetski modificiranih vrsta. U tom slučaju, RAS je jedina prihvatljiva tehnika uzgoja jer životinje ne mogu pobjeći iz zatvorenog akvatičnog sustava te zbog toga nemaju utjecaja na prirodnu populaciju (Timmons i Ebeling, 2013).

RAS se koristi u proizvodnji ribe gdje je izmjena vode ograničena i gdje se toksični amonijak biofiltracijom pretvara u slabo toksične nitrate. Ostale vrste filtracija i kontrole okoliša su također neophodne za zadržavanje čiste vode te osiguravanje prikladnog staništa za ribe. Glavna sposobnost RAS-a je da se smanji potreba za svježom i čistom vodom i istovremeno pruži zdravo okruženje ribama. Slika 1. prikazuje RAS s glavnim komponentama dok slika 2. prikazuje proces cijelog sustava.



Slika 1- Recirkulacijski akvatični sustav

(Izvor: http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ch/26/igb/aquaponik/images/screenshot_fischbecken.jpg)

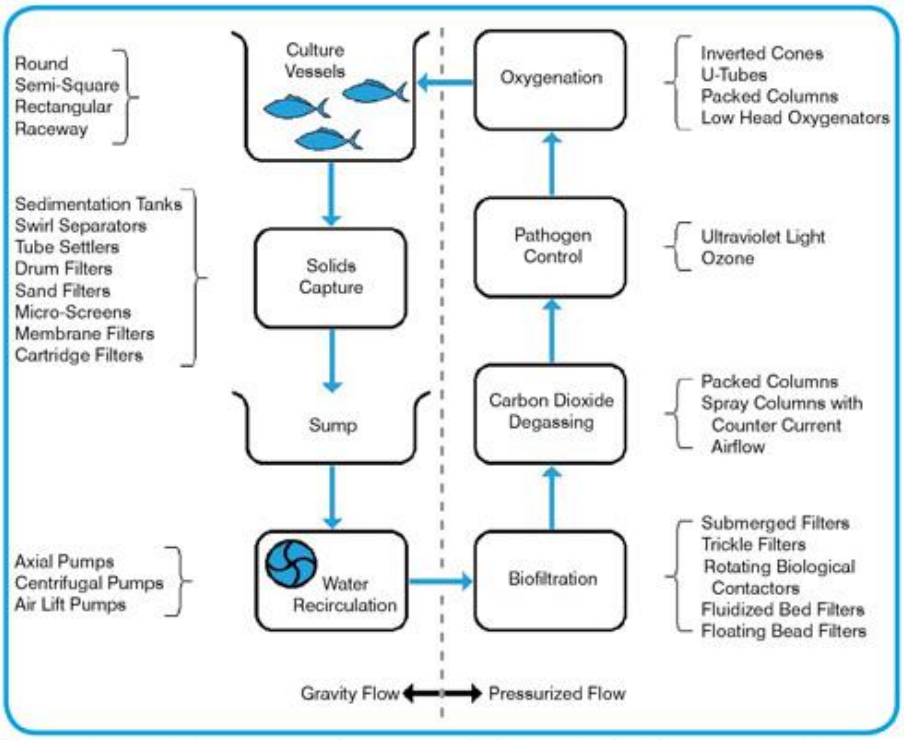


Figure 1: A recirculating aquaculture system (RAS) consists of culture vessels and various water treatment devices connected through flowing water.

Slika 2- Prikaz procesa recirkulacijskog akvatičnog sustava

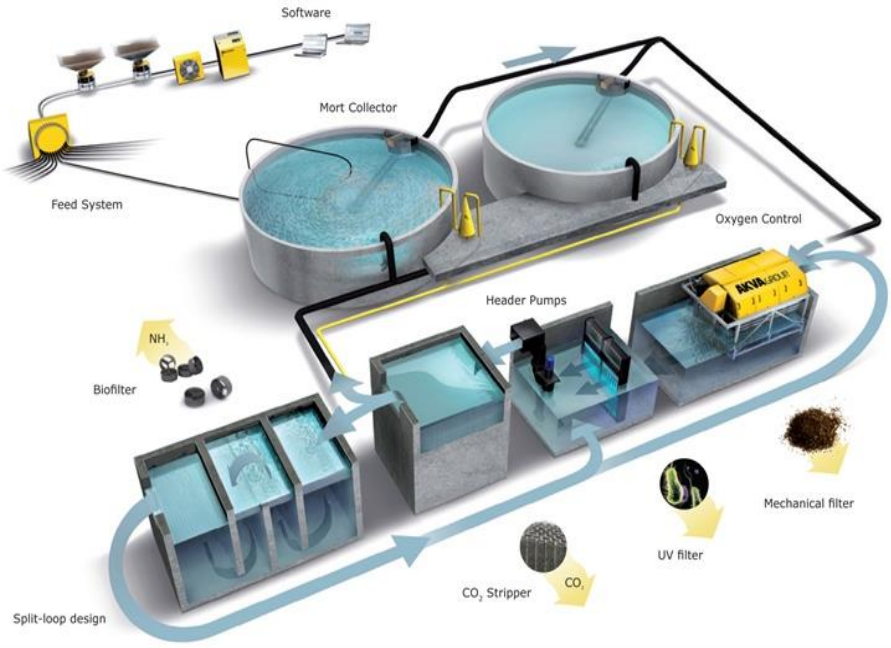
(Izvor:https://www.ashrae.org/resources--publications/periodicals/ashrae-journal/features/building-integrated-aquaculture)

2.1.DIZAJN RECIRKULACIJSKOG AKVATIČNOG SUSTAVA

Funkcionalni dijelovi RAS-a uključuju:

1. Spremnik
2. Mehanički (drum) filter
3. Biofilter
4. Oksigenizator
5. Vodenu cirkulacijsku pumpu
6. UV filter

Ovisno o vrsti temperature i odabranoj vrsti ribe sustav za grijanje vode je neophodan (Helfrich i Libey, 2003).



Slika 3- Koncept recirkulacijskog akvatičnog sustava

(Izvor: http://www.lbaaf.co.nz/land-based-aquaculture/intensive-recirculating-aquaculture-systems-ras-/)

2.1.1 Otvoreni ili zatvoreni sustav

Sustavi sa spremnicima se odnose na reciklirajući (zatvoreni) sustav, jer oni mogu reciklirati, to jest, ponovno koristiti istu vodu. Niti jedan sustav nije u potpunosti zatvoren jer se voda mora povremeno zamijeniti zbog gubitka isparavanjem ili zbog ispuštanja otpadnog materijala (Helfrich i Libey, 2003). Promjena vode je također potrebna jer niti jedan filter nije 100% učinkovit (Helfrich i Libey, 2003). Ipak, RAS može raditi učinkovitije s povremenim dodavanjem relativno male količine vode na dnevnoj ili tjednoj bazi (ili ovisno o dogovorenom tjednom ili dnevnom rasporedu) (Helfrich i Libey, 2003).

RAS više odgovara toplovodnim ribama poput soma, prugastog grgeča i tilapije koje mogu tolerirati nižu kvalitetu vode i više temperature nego pastrva. Oni se također sada koriste u uzgoju rjeđih morskih vrsta kao što su škarpina, kamenice, školjke i plavi rakovi mekog oklopa.

2.1.2 Uzgojni spremnik

Riba se može uzgajati u spremnicima gotovo svih oblika i veličina. Spremnici su obično pravokutnog, okruglog ili ovalnog oblika. Okrugli ili ovalni spremnici sa središnjom kanalizacijom su nešto lakši za čišćenje i cirkulaciju vode od pravokutnih. Dizajn RAS-a s okruglim spremnicima prikazan je na slici 4., dok je primjer dizajna s pravokutnim spremnicima prikazan na slici 5. Pravokutni spremnici su obično izgrađeni s postavljenim nagnutim kutom kako bi se olakšalo čišćenje i cirkulacija (protok).



Slika 4- Dizajn RAS-a s okruglim spremnicima

(Izvor: *http://fishfarminginternational.com/wp-content/uploads/sites/15/2014/10/agrimarine2.jpg*)

Spremnici za uzgoj akvakultura su u rasponu kapacitetne veličine od 2.000 do 2.000.000 litara (Helfrich i Libey, 2003). Veličina spremnika ovisi o nizu faktora uključujući: količinu zalihe odabrane vrste, opskrbu vodom, kvalitetu vode i ekonomske okolnosti. Spremnik mora biti projektiran kako bi odgovarao kapacitetima ostalih komponenti sustava, posebno veličini biofiltera i grijača kako bi svi dijelovi sustava bili sinkronizirani.

Spremnici mogu biti izrađeni od plastike, betona, metala, drveta, stakla, gume i plastičnih folija ili bilo koje druge vrste materijala koji će držati vodu, neće korodirati i neće biti otrovni za ribe. Glatke površine na unutarnjoj strani spremnika se preporučuju kako bi se spriječila abrazija kože i infekcija riba, ali i kako bi se omogućilo bolje čišćenje i sterilizacija. Lagani,

izdržljivi, plastični spremnici mogu se prikladno pomicati i lako očistiti kad je potrebno, ali oni zahtijevaju posebnu podršku kako bi se spriječilo rastezanje nakon punjenja vodom. Spremnik od nehrđajućeg čelika također je dobar, ali može biti skup. Spremnici od šperploče su jeftini, ali može doći do curenja ako se dobro ne zatvore i nisu toliko izdržljiv kao spremnici od drugih materijala. Betonski spremnici mogu biti najekonomičniji za izgradnju, ali su relativno stalni i nepokretni objekti kada se jednom izgrade. Netoksične plastične ili gumene obloge mogu se koristiti preko okvira napravljenih od drveta, metala, betona ili drugih materijala.



Slika 5- Dizajn RAS-a s četvrtastim spremnicima

(Izvor: *http://pal-anlagenbau.de/en/aquaculture/recirculating-aquaculture-systems-ras/*)

2.1.3 Biofiltracija

Biološki filter (biofilter) je sastavljen je od medija (valovite plastične folije ili kuglice ili zrnaca pijeska), iznad kojeg se nalazi tanki sloj bakterija. Bakterije omogućavaju otpadni tretman uklanjajući zagađivače. Dva osnovna zagađivača vode koja treba ukloniti su:

1. riblji otpad (toksični spojevi amonijaka) izlučen u vodi i
2. čestice nepojedene riblje hrane (Helfrich i Libey, 2003).

Biofilter je mjesto gdje korisne, tj. djelotvorne, bakterije uklanjaju (detoksiciraju) riblje izlučevine, prije svega amonijak. Nitrifikacija je dvostupanjski aeroban postupak obrade u kojem se odvija oksidacija amonijaka u nitrat preko nitrita. Ugljikov dioksid i amonijak nastaju u otpadnoj vodi hidrolizom složenih organskih sastojaka, kao što su bjelančevine ili aminokiseline otopljene u vodi ili je amonijak nastao endogenom respiracijom stanične biomase (Mušić, 2012).



Slika 6- Biofilter

(Izvor:http://pentairaes.com/learn-about-aquaculture/learn-from-the-experts/ras-gaa)

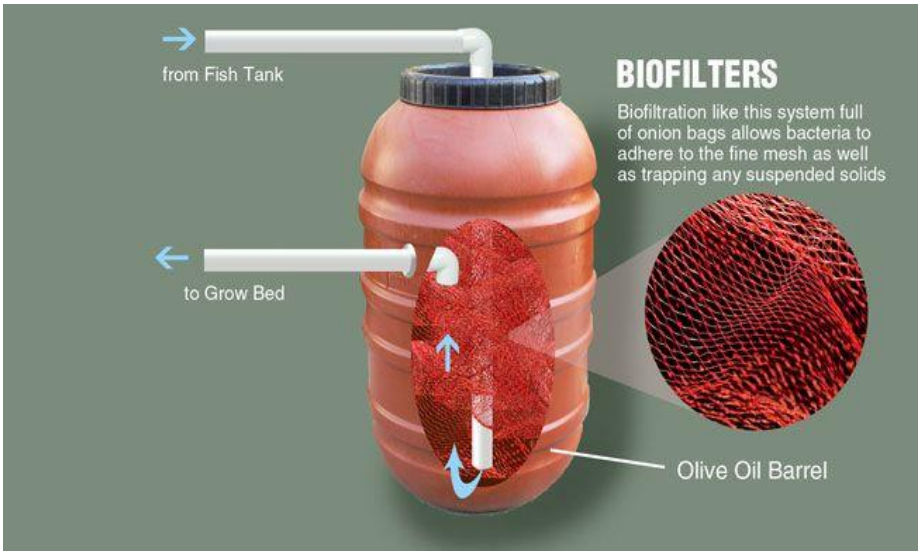
Biofilter, u svom najjednostavnijem obliku,je kotač, cijev ili okvir koji je ispunjen medijem koji daje veliku površinu na kojoj nitrifikacijske bakterije mogu rasti. Biofilterski spremnik može biti izrađen od različitih materijala, uključujući plastiku, drvo, staklo, metal, beton ili bilo koju drugu neotrovnu tvar (Helfrich i Libey, 2003). Slika 6. prikazuje biofilter, dok slika 7. nudi prikaz njegovog mehanizma.



Slika 7- Mehanizam biofiltera

(Izvor:https://farm4.staticflickr.com/3773/11933100955_180c0276f4.jpg)

Veličina biofiltera direktno određuje kapacitet riba u sistemu. Veći biofilteri imaju veći kapacitet uklanjanja amonijaka i mogu podržati veću proizvodnju ribe. Biofilter mora osigurati veću površinu za naseljavanje nitrifikacijskih, nitrificirajućih bakterija. Treba se omogućiti velika površina za razvoj i održavanje bakterijske populacije u adekvatnoj gustoći da se smanji opterećenje otpadnih tvari (amonijak) koje se izlučuju iz riblje populacije u spremnik. Bitno je da voda koja teče kroz biofilter direktno dođe u kontakt s tankim slojem bakterija koji rastu na površini medija tijekom dovoljnog vremenskog razdoblja kako bi bakterije pretvorile toksični NH_3 i NO_2 do manje toksičnog NO_3 (Helfrich i Libey, 2003). Pažljivi izračun brzine protoka (vrijeme kontakta) i veličine (volumen i dubina biofiltra) su ključni elementi. Biofilterski mediji mogu biti plastični, od stiropora ili staklenih kuglica, pijeska, šljunka ili sličnog materijala koji opskrbljuje veliku površinu. Kvaliteta i količina površine medija predviđenih nitrificirajućih bakterija su važne odrednice za učinkovitost biofiltera.



Slika 8- Improvizirani,jeftini i učinkoviti biofilter

(Izvor:https://www.pinterest.com/pin/176414510377746747/)

2.1.4 Oksigenizator

Uspješna proizvodnja ribe ovisi o dobrom upravljanju kisikom. Dodatak kisika u čistom obliku ili kao atmosferski zrak (aeracija) je neophodno za preživljavanje (respiraciju) riba koje se drže u velikim gustoćama, aerobnih, nitrificirajućih bakterija na biofilterima i za razgradnju (oksidaciju) organskih otpadnih proizvoda. Osiguravanje dovoljno kisika kako bi se ribe i bakterijska populacija održale zdravima i da bi se uskladile s biokemijskom potražnjom za kisikom je od kritične važnosti. Niske razine kisika smanjuju rast, cikluse hranjenja i općenito proizvodnju ribe. Količina kisika potrebna u RAS-ovima ovisi o brojnim faktorima. Potražnja za kisikom u direktnoj je vezi s gustoćom riba u spremnicima, stopom hranjenja, temperaturom vode, protokom i nitrifikacijom. Povećanje koncentracije kisika putem ubrizgavanja, aeracijom, i povećanjem protoka vode (povećanje vremena izmjene) su načini kako da se poveća gustoća (prihvatni kapacitet) ribe koja se može držati u spremnicima određene veličine. Atmosferski kisik može biti dodan u spremnike površinskom agitacijom s velikim aerator ventilatorima. Površinski aeratori nisu novčano isplativi ili učinkoviti za ravnomjernu distribuciju kisika u velikim, komercijalnim sistemima. Ventilatori mogu biti efektivno korišteni za opskrbu kisika, ali također i za mehaničko (automatsko) rotiranje. Kisik u bocama može se držati kao sigurnosna rezerva za RAS-ove, ali to je često preskupo i glomazno da bi bilo praktično. Tehnologija tekućeg kisika je prilično jednostavna, učinkovita

i troškovno isplativa, pogotovo ako se nabavlja u većim količinama i ako su pouzdani dobavljači smješteni u blizini. Sustavi tekućeg kisika sastoje se od skladišnog spremnika za tekući plin, vaporizatora koji pretvaraju tekućinu u plin i opskrbne linije prema spremnicima s ribom. Ne zahtijevaju nikakav izvor napajanja tako da kod njih nema mogućnosti pada energije i posljedičnog ugibanja ribe.

2.1.5 Vodena cirkulacijska pumpa

RAS je povezan s vodom recirkuliranjem iz spremnika kroz pumpu za filtriranje. Protok tipičnog recirkuliranja razlikuje se među dizajnerskim strategijama s 20 do 35 litara u minuti po kilogramu dnevnog obroka hrane. Općenito, pumpa vode ili ventilator zraka koji pokreće cirkulacijsku pumpu je glavni izvor RAS-a potrošnje energije. Neuspjeh cirkulacijskog sustava dovodi do brzog pogoršanja kvalitete vode u spremniku RAS-a, a time i odabrani postupak mora biti jeftin i pouzdan. Tri najčešće vrste crpnih sustava su centrifugalni, aksijalni protok i zračne pumpe. Centrifugalna pumpa se koristi za cirkulaciju vode. U većini slučajeva, crpka će biti stavljena izvan spremnika, ali u nekim manjim sustavima mogu se koristiti potopne pumpe. Centrifugalne pumpe su lako dostupne za gotovo bilo koji raspon protoka i saliniteta. U većini RAS-ova centrifugalna pumpa s visokim protokom i niskim podiznim kapacitetom favorit je za smanjenje potrošnje energije. Aksijalne pumpe protoka koriste se na većim razmjerima RAS-a zbog bolje crpne učinkovitosti od centrifugalnih pumpi pod niskim podiznim uvjetima. Aksijalne pumpe protoka pokreću propeler montiran na osovinu motora u vertikalnoj cijevi. Ove pumpe su robusne i vrlo su otporne na začepljenja. Aksijalne pumpe imaju tendenciju da su skuplje od češće centrifugalnih pumpi, te se rijetko koriste, osim ako se želi postići optok sustava koji može doći do nekoliko stotina litara po minuti. U tim većim sustavima, niži troškovi rada mogu nadoknaditi veći početni utrošak kapitala. Zračne pumpe upravljaju različitom gustoćom između stupca vode i stupca zraka. Zračnim pumpama se mogu pomicati velike količine vode s ekstremno niskim podiznim kapacitetom. Zrak se ubrizgava pomicanjem vode i prozračivanjem i otplinjačem koji cirkulira voda. Zračne pumpe smatraju se visoko energetski učinkovitim sustavom u odnosu na većinu ostalih pumpi tog sustava.

2.2 Kakvoća i potrebna količina vode

Tradicionalni sustavi za intenzivni uzgoj ribe koriste tekuću vodu iz dva razloga:

- za prijenos kisika do ribe
- za nošenje otpada proizvedenog u sustavu (metabolički nusproizvodi i ostali materijali) kako se ne bi nakupljali u ili oko ribnjaka do neželjenih razina (Timmons i Ebeling, 2013).

Jedna od glavnih prednosti intenzivnih recirkulacijskih sustava je sposobnost upravljanja vodenog okruženja i kritičnih parametara kakvoće vode kako bi se optimiziralo zdravlje i rast ribe. Vodeni okoliš je složeni eko-sustav koji se sastoji od više varijabli koji utječu na kakvoću vode. Na sreću, samo nekoliko od tih parametara igra važnu ulogu. Ti kritični parametri su: temperatura, otopljene krutine, pH, koncentracija otopljenog kisika, amonijaka, nitrata, $C0_2$ i lužnatost. Svaki parametar je važan, ali ono što utječe na zdravlje i stopu rasta ribe je međudjelovanje svih parametara. Svaki parametar kakvoće vode uzajamno djeluje i utječe na druge parametre što ponekad može biti vrlo složeno. Koncentracije bilo kojega parametra koje bi bile bezopasne u jednoj situaciji mogu biti toksične u drugoj situaciji. Ukoliko se pojave problemi pri prozračivanju i otplinjavanju, razina ugljikova-dioksida biti će visoka dok će u isto vrijeme razina otopljenog kisika opasti. Rezultat ovakve situacije je ne samo manjak kisika, nego i smanjena sposobnost riba za korištenje dostupnog kisika. Visoka razina ugljičnog dioksida u vodi utječe na krvni kapacitet za transport kisika kod riba, što pogoršava stres izazvan niskom razinom otopljenog kisika (Timmons i sur., 2013). Na složenost međudjelovanja parametara kakvoće vode ukazuje i odnos između pH i toksičnosti amonijaka. **S**amo sjedinjeni dio ukupne koncentracije amonijaka je toksičan, dok je pri niskoj pH većina amonijaka u vodi u ne-toksičnom ioniziranom obliku. Međutim, povećanje pH za samo jednu jedinicu, odnosno sa 6,5 na 7,5 povećava koncentraciju otrovnog neioniziranog amonijaka na toksičnu razinu (Timmons i Ebeling, 2013). Rezultat, za jednog od autora, bila su 32 spremnika s mrtvim ribama (Timmons i Ebeling, 2013). Važno je razumijevati međusobne odnose tih parametara te rutinski pratiti kritične parametre kakvoće vode i pažljivo ih i polagano prilagođavati onda kada je to potrebno. Odnos između parametara kakvoće, njihov utjecaj na stopu rasta riba i njihovo zdravlje je složen. Na primjer, ribe nemaju sposobnost održavanja vlastite tjelesne temperature neovisno o okolišu (Timmons i Ebeling, 2013). Promjene okolišne temperature utječu na promjena biokemijskih reakcija kod riba, što dovodi do različitih metaboličkih promjena i različite potrošnje kisika. Kod nižih

raspona podnošljive temperature ove promjene se smanjuju. Kako se temperatura vode povećava ribe postaju aktivnije i troše više otopljenog kisika, dok istovremeno proizvode više ugljičnog dioksida i drugih izlučevina, kao što su amonijak. Te promjene povećanja potrošnje potrebnih elemenata i proizvodnja štetnih elemenata mogu imati izravan učinak na cjelokupno zdravlje i opstanak riba ako se dozvoli da ti parametri pređu nominalne vrijednosti. Ako se parametri ne isprave, riba će doživjeti određenu količinu stresa. Čak i niske razine stresa mogu imati negativne dugoročne posljedice u obliku smanjenog rasta ili pak smrtnost zbog oportunističkih organizama koji koriste učinke stresa kod riba (Timmons i Ebeling, 2013). Tijekom početnog procesa izbora adekvatnog mjesta za izgradnju objekta, jedan od najkritičnijih faktora je uzeti u obzir dostupnost adekvatne vodoopskrbe za prvobitni objekt i bilo kakvu drugu planiranu (ili zamišljenu) nadogradnju. Kada se radi o dostupnosti vode previše je svakako bolje nego premalo. Količina potrebne vode ovisit će o nekoliko čimbenika kao što su: vrsta uzgoja, gustoća, praksa upravljanja, tehnologija proizvodnje te stupanj prihvatljivog rizika. U najmanju ruku, dostatne količine vode potrebne su za rutinsko punjenje spremnika u razumnom roku (24-48 sati), za osiguravanje rutinskog ili hitnog ispiranja spremnika, za ispiranje pješčanih procjeđivača, ispiranje i čišćenje objekta i domaće zahtjeve (Timmons i Ebeling, 2013). Najvažnije je imati dovoljno vode na raspolaganju za pružanje 100% izmjene vode od ukupnog volumena sustava po danu (Timmonsetal, 1998). Osim minimalnog volumena vode potrebnog za razmjenu, dodatna količina „nove“ vode potrebne za bilo koji sustav izravno ovisi o stupnju ponovne uporabe ili recikliranja „stare“ vode koja je već dostupna u sustavu. Pored očitog smanjenja za potražnjom vode i smanjenog ispuštanja vode koja se mora obraditi postoje brojni razlozi za ponovnu upotrebu vode. Oni uključuju redukciju grijanja ili hlađenja vode koji predstavljaju glavne čimbenike u ekonomičnosti mnogih sustava za proizvodnju toplovodnih vrsta. Pored toga recikliranje vode iz sustava postaje sve važnije i rezultira smanjenim ispuštanjem otpadnih voda i smanjenjem popratnih troškova koji nastaju pražnjenjem. Postoje tri kategorije sustava za ponovnu upotrebu: sustavi u kojima se voda može ponovno serijski koristiti, sustavi u kojima se voda djelomično ponovno koristi i potpuno recirkulacijski sustavi. Sustavi u kojima se voda djelomično ponovno koristi koriste veći postotak ukupnog volumena sustava nego serijski, a potpuno recirkulacijski sustavi koriste veći postotak ukupnog volumena sustava nego djelomični. Stupanj ponovne uporabe vode utječe na stopu trošenja, tj. akumulaciju, važnih parametara kakvoće vode. Što je stopa ponovne uporabe vode veća to je za takvu vodu potrebno više postupaka kako bi se vratila kvaliteta vode s ciljanim parametrima. Najvažniji ograničavajući čimbenik koji određuje gustoću ribe uzgojene u sustavu je koncentracija otopljenog kisika.

Sljedeći najvažniji faktori su količine neioniziranog amonijaka i razine otopljenog ugljičnog dioksida. Ova dva parametra međusobno su povezana. To je zbog izravnog učinka kojeg otopljeni ugljikov dioksid ima na pH te zbog odnosa pH na toksičnost amonijevog-nitrata. Kako se razina otopljenog ugljičnog dioksida smanjuju, pH se povećava, što pak povećava toksičnost ukupnog amonijevog-nitrata u sustavu. Odabrani sustav za ponovno korištenje vode mora moći održavati potrebnu razinu otopljenog kisika, istovremeno držati količinu otopljenog ugljičnog dioksida, neioniziranog amonijaka i pH ispod njihovih graničnih vrijednosti (Timmons i Ebeling, 2013). Dodavanjem kisika voda se može koristiti iznova u sljedećem protočnom odjeljku dok u konačnici akumulirana razina amonijaka ne postane prevelika. Ovaj jednostavni koncept značajno je povećao protočnu proizvodnju, unatoč višoj cijeni izgradnje sustava, zbog potrebe za sofisticiranijim sustavima za oksigenaciju i praćenje. U protočnim sustavima ima više ribe koja može biti ugrožena te je time gospodarski rizik veći. Sustavi u kojima se voda djelomično ponovno koristi su alternativni sustavi koji mogu izdržati visoke proizvodne gustoće na manje od 20% ukupnog toka koji bi bio potreban za uzgoj iste količine ribe u sustavima u kojima se voda može ponovno serijski koristiti (Summerfeltetal., 2000). Ti sustavi odvajaju kruti otpad od glavne petlje za recirkuliranje vode pomoću sustava dvostrukog kružnog pražnjenja, a razina amonijaka kontrolira se razrjeđivanjem vode i kontroliranjem pH sustava. Ključni parametar kakvoće vode u ovakvom sustavu je količina otopljenog ugljičnog dioksida. Podešavanjem količine ugljičnog dioksida uklonjenog putem sustava za otplinjavanje kontrolira se i pH sustav. Kada se sustav koristi na način da razina otopljenog ugljikovog dioksida predstavlja ograničavajući parametar kakvoće vode voda će imati nizak pH, pa će tako i odgovarajuća maksimalna razina ukupnog amonijevog-nitrata biti znatno ispod razine na kojoj bi postala kritična.

2.2.1 Opskrba vodom

Dobra opskrba vodom, koja zadovoljava i kvalitetu i kvantitetu, osnova je uspješnih poduzeća koja uzgajaju ribu u RAS-ovima. Podzemna voda dobivena iz dubokih bunara ili vrela je najbolji izvor vode za uzgoj ribe. Potrebno je napraviti kemijsku analizu podzemne vode i ukloniti sve kemijske elemente koji ugrožavaju život riba. Komunalna opskrba vodom se također može koristiti nakon što se klor, fluroidi i druge kemikalije uklone.

Ostali izvori vode, posebice površinske vode iz potoka, rijeka i jezera, ne preporučuju se za uzgoj ribe. Površinske vode mogu sadržavati riblje bolesti, parazite, pesticide i druge tvari koje mogu ubiti ili usporiti rast ribe. Testiranje količine i kvalitete dostupne vodoopskrbe je jedan od prvih koraka za moguće uzgajivače riba kako bi osigurali odgovarajuću opskrbu visoke kvalitete vode.

RAS reciklira većinu vode te je troši znatno manje od drugih sustava i posebno je dobro prilagođen područjima s ograničenim zalihama vode. Potrebna količina vode, potrebna za rast, mijenja se ovisno o odabranoj vrsti ribe, veličini sustava za uzgoj i veličini investicije. Kao opće pravilo, minimalan volumen vode od 1 – 5 litara je potrebno za svaki kilogram uzgajane ribe i minimalan protok vode od 10 – 25 litara u minuti (više za pastrve) je potreban za rast 50 000 kilograma toplovodnih vrsta ribe godišnje (Helfrich i Libey, 2003).

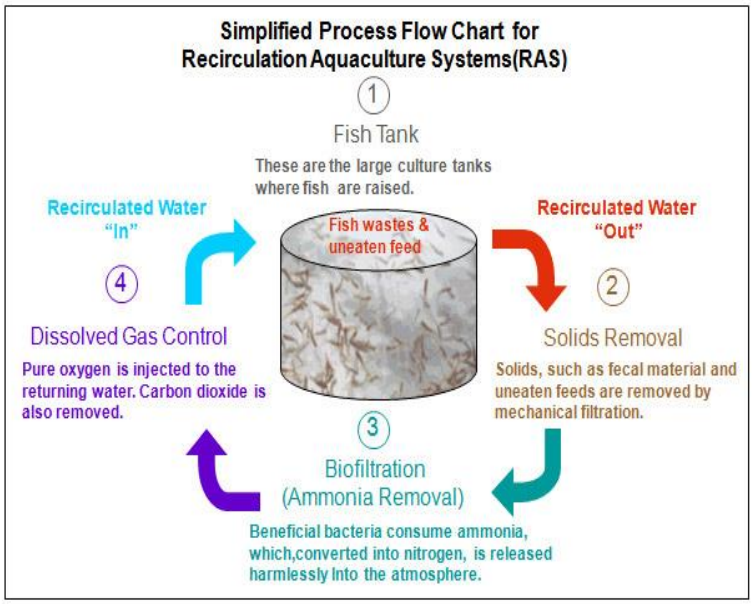
2.3 Recirkuacijski akvatični sustavi u Europi

Tehnologija RAS-a osnovana je u Nizozemskoj i Danskoj s rastućim interesom i drugih europskih zemalja. RAS-ovi su predstavljeni u kasnijim osamdesetim godinama. Nizozemski modeli su tipični unutrašnji, gotovo zatvoreni sustavi. Danski modeli su više vanjski, poluotvoreni sustavi. Novi sustavi uspostavljeni su u Velikoj Britaniji, Francuskoj i Njemačkoj. Akvakultura mora nastaviti povećavati svoje kapacitete jer se predviđa porast divljeg ulova što neće biti dovoljno za potrebnu potražnju (Martins i sur., 2010). Osim toga, javnost sve više zahtijeva da se za proizvodnju hrane iz mora koriste održive metoda koje čuvaju okoliš. RAS predstavlja ključnu tehnologiju koja će omogućiti opskrbu stanovnika cijelog svijeta u idućih deset godina i to na ekološki prihvatljiv način.

Ribu uzgojenu u RAS-u možemo promatrati kao dodatak sposobnosti oceana da ponudi održivu razinu proizvodnje koja mora biti nadopunjena proizvodima iz akvakulture. Ne shvaćamo je kao konkurenciju divljem ulovu jer ovdje nije riječ o natjecanju između tradicionalnih ribarskih metoda i novih tehnologija. Poznati deficit dobivenog proizvoda u ribarstvu (divlji ulov) je doveo do zajedničkih napora ka boljem upravljanju prirodnim ribarstvom (Martinsetal., 2010).

3. PREDNOSTI I NEDOSTACI RECIRKULACIJSKIH AKVATIČNIH SUSTAVA

Zatvoreni RAS nudi prednost uzgoja ribe u kontroliranim uvjetima, dopušta kontrolirane stope rasta proizvoda i predviđen raspored vađenja ribe. RAS čuva toplinu i vodu tako što omogućava ponovnu uporabu biološki pročišćene vode, odnosno biološkom filtracijom pomoću biofiltera.



Slika 9 – Shema i pojednostavljeni procesi RAS-a

(Izvor: http://cage-aquaculture.com/Cage_Recirculation-Aquacultre-Systems.html)

RAS omogućuje uspješnu ekonomiju koja bi rezultirala najvećom proizvodnjom s obzirom na površinu i radnike za razliku od bilo kojeg drugog akvatičnog sustava. RAS je ekološki održiv, koristi 90-99 % manje vode s početnih 50 % protoka vode, manje od 1 % površine, te omogućuje proces upravljanja otpadom koji je siguran za okoliš (Helfrich i Libey, 2003). Cilj je u budućnosti u potpunosti iskoristiti vodu. RAS omogućuje cjelogodišnju proizvodnju konzistentne količine proizvoda te kompletnu klimatsku kontrolu okoliša. Može se postaviti za proizvodnju iste količine ribe svakoga tjedna, pa iz tog razloga ima konkurentnu prednost u

odnosu na sustave otvorenih ribnjaka i spremnika kod kojih se riba vadi sezonski i sporadično. Pri gradnji RAS-a nema okolišnog ograničenja na veličinu ribnjaka jer se put otpada može kontrolirati na ekološki održiv način.

RAS nudi visok stupanj kontrole okoliša. To ne samo da ublažava rizike sustava na otvorenom (prirodne katastrofe, zagađenja i bolesti), nego i omogućava optimalan rast vrsta tijekom cijele godine. Akvakultura na zatvorenom je vjerojatno jedina potencijalna metoda koja bi se mogla koristiti kako bi se osiguralo 100 % siguran izvor plodova mora, bez ikakvih kemijskih tvari i teških metala (Timmons i Ebeling, 2007). Zabrinutost potrošača oko kvalitete i sigurnosti hrane raste stoga akvakulturni proizvođači, koji koriste RAS, imaju jedinstvenu priliku zadovoljavanja zahtjeva sigurne hrane.

Hrana iz RAS-a ima prednost s obzirom na lokalnu proizvodnju te atribute svježine i sigurnosti.

Takvi sustavi imaju konkurentnu marketinšku prednost nad sustavima s vanjskim spremnikom ili ribnjakom koji su sezonski i podložni ekološkim katastrofama što je izvan kontrole operatora.

3.1 Intenzivna proizvodnja

RAS se povezuje s pojmom kao što su staje kod uzgoja stoke i objekata za uzgoj peradi te njihova učinkovitost u proizvodnji (Helfrich i Libey, 2003). Zatvoreni uzgoj riba u spremnicima može pozitivno utjecati na proizvodnju ribe. Kod ribnjaka na otvorenom se niskom gustoćom ribe i slobodnim uzgojem u velikim ribnjacima onemogućuju gubitci od bolesti, parazita, grabežljivaca, onečišćenja, stresa i sezonskim izlovom pod optimalnim uvjetima uzgoja.

3.2 Lokacija, svrha i prednosti recirkulacijskog akvatičnog sustava

RAS je posebno koristan u područjima gdje su zemlja i voda skupi i nisu dostupni. Zahtijeva relativno male količine vode i zemlje. Najviše su pogodni za hladne klime koje mogu usporiti razvoj ribe na otvorenom. Mogu se nalaziti u neposrednoj blizini velikih tržišta (urbanih područja) i na taj način smanjiti troškove prijevoza.

RAS čuva i vodu i zemlju. Povećavanjem proizvodnje na relativno malom području zemlje i korištenjem relativno male količine vode želi se očuvati okoliš. S obzirom da se voda ponovno upotrebljava zahtjevi volumena vode u RAS-u su samo oko 20% za razliku od uobičajenih potreba proizvodnje u otvorenom ribnjaku (Helfrich i Libey,2003).

RAS se trenutno koristi za uzgoj soma, tilapije, rakova, plavih rakova, kamenica, dagnji i kućnih ljubimaca za akvarije. Zatvoreni sustav nudi znatnu fleksibilnost za razvoj raznolikih ribljih vrsta, različit broj vrsta u istom spremniku (polikulture) ili različitim spremnicima (monokulture) istovremeno. Uzgoj različitih vrsta ovisi o potražnji i cijeni. Uzgajivačima se nudi prilika manipuliranja proizvodnjom kako bi se zadovoljili proizvodnja i prihodi tijekom cijele godine.

3.3 Nedostaci recirkulacijskog akvatičnog sustava

Svaki sustav, pa tako i RAS, ima svoje nedostatke. Relativno je skup sustav za razvoj (objekti, spremnici, vodovodi, biofilteri) i rad (vodoopskrba, provjetravanje, zagrijavanje, osvjetljavanje) (Helfrich i Libey,2003). Jedna od glavnih briga je i opasnost od mehaničkog ili električnog kvara što uzrokuje gubitak ribe. Složeni sustavi zahtijevaju stručnu tehničku pomoć za uspješno upravljanje.

Kao poseban problem može se istaknuti i nedostatak osmišljenog i organiziranog uzgojno-selekcijskog rada u ukupnoj akvakulturi Republike Hrvatske (u daljnjem tekstu RH). Naime, uzgojno selekcijski rad u morskoj i slatkovodnoj akvakulturi godinama se provodio i sufinancirao od strane države, dok se sada provodi sporadično, u okvirima privatnih projekata, tek u ponekim mrijestilištima i uzgajalištima (Ministarstvo poljoprivrede, 2015).

4. EKOLOŠKA ODRŽIVOST RECIRKULACIJSKIH AKVATIČNIH SUSAVA

Procjena životnog ciklusa ili Life Cycle Analysis (LCA) je međunarodna standardizirana metoda namijenjena ocjeni svjetskih i regionalnih utjecaja proizvoda ili procesa na okoliš. To podrazumijeva procjenu utjecaja svih radnji i sredstava potrebnih za proizvodnju, distribuciju i uporabu proizvoda, uporabu sirovine, infrastrukturu, energiju, preradu i sve emisije (u zraku, vodi i tlu) koje su povezane s proizvodom ili procesom (Martinsetal., 2010). Procjenom životnog ciklusa se ispituje definicija granice sustava, popis podataka, utjecaj na okoliš te analiza i interpretacija rezultata.

Procjena životnog ciklusa je korištena za proučavanje ekološke održivosti vodenih sustava, a među njima i RAS-a. Pokazatelji koji se obično koriste za ribnjake na svjetskoj razini su: potencijal globalnog zatopljenja, utjecaj plinovitih emisija ugljičnog dioksida i metana, globalni učinak dušika na staklenike, izvori energije (ugljen, plin, uran) koji se koriste u sustavu za potrošnju energije ili zemljina površina koja se koristi (Martinsetal., 2010). Na regionalnoj razini potencijalom eutrofikacije mjeri se utjecaj makronutrijenata, kao što su dušik i fosfor, a potencijalom zakiseljavanja ocjenjuje se utjecaj kiselih zagađivača (sumporni dioksid, SO_2, amonijaka, NH_3, nitrita, NO_2, dušikovi oksidi, NOx) na ekosustave i okoliš. Prvo rješenje za smanjenje utjecaja na okoliš sustava akvakulture sastoji se u smanjenju omjera hranidbe: smanjenje od 30% omjera hranidbe na farmama pastrve rezultiralo je smanjenjem od gotovo 20% globalnog utjecaja na okoliš, osim korištenja energije (Martinsetal., 2010). RAS pruža optimalne uvjete zaštite okoliša tijekom cijele godine (ukupna koncentracija amonijaka i otopljene koncentracije ugljik dioksida bile su niže u RAS-ovima nego u protočnim sustavima). To doprinosi dobrobiti riba i smanjuje omjer hranidbe, stoga poboljšava učinkovitost hrane. Utjecaj hranidbe na okoliš može se smanjiti odabirom domaćih sastojaka hrane za životinje (npr. proteine i lipide od fitoplanktona, a ne od riba), pod uvjetom da se probavljivost hrane ne smanjuje. Visoka količina protoka ispusnih voda je glavna prepreka ekonomičnom tretiranju otpadnih voda iz protočnih sustava. Europskim projektima proučavaju se različite kombinacije sistema zbrinjavanja otpada u morskim i slatkovodnim uzgajalištima riba koje su protočne ili s recirkulacijom. Osnovni prikaz tretiranja koji je implementiran u sva uzgajališta uključuje niz jedinica za tretman vode na različitim lokacijama na uzgajalištu i taloženje isprane vode kako bi se zadržao (1) mulj sa

više od 15% suhe tvari, koji se može okarakterizirati kao gnojivo ili kompostište, (2) površinska voda koja ostaje nakon ispiranja spremnika i koja se može izliti u močvarna tla i na taj način ublažiti teret koji imaju sedimentnu i biološku potrebu za kisikom (Roqued'Orbcastel, 2008.) i (3) filtrirana voda (cirkulirajuća voda sa niskim udjelom sedimenata) koja se vraća u spremnike s ribom. Filtrirana voda koja prolazi kroz spremnike nije tretirana. Prema ribljoj biomasi, količina protoka vode i ukupna koncentracija amonij – nitrata može doseći razinu koja zahtijeva tretman. To je ekonomski izazov ako je protok vode koji se mora tretirati visok, a koncentracija nutrijenata u otpadnim vodama niska. Poboljšano postupanje s otpadom i povezivanje s kulturama ekstraktnih vrsta može dodatno ublažiti negativan utjecaj na okoliš iz ribogojilišta. Kao rješenje može se pokazati IMTA (IntegratedMulti-TrophicAquaculture) gdje nusproizvodi (otpad) od jedne vrste postaju ulazni proizvodi za druge su-kulturne vrste (Hussenot, 2006). Posljednji dizajn RAS-a minimizira visoku razliku između recirkulacijskih akvatičnih odjeljaka, a pumpe postaju učinkovitije ili zamijenjene airliftom, odnosno vodenom pumpom na zračni pogon. To rezultira s 50% manjom potrošnjom energije. Proizvodnja ribe u konvencionalnom RAS-u, u kojem su velike količine vode osvježene i korišten je ograničen broj jedinica za tretiranje vode, (osnovno mehaničko uklanjanje otpada i biofiltracija), ima manji učinak na okoliš nego protočni sustavi. Nedavne inovacije kao što su denitrifikacija reaktora, tehnologija za zgušnjavanje mulja i tretmani ozona dovode do smanjenja korištenja vode, oslobađanja otpada i korištenje energije u RAS-u (Martinsetal., 2010). Oslobođeni otpad je koncentriraniji, olakšana je upotreba otpada kao gnojiva i konačno se stvara potpuno zatvoreni sustav. Ova unaprjeđenja svakako poboljšavaju ekološku održivost RAS-a. Unatoč ekološki prihvatljivim karakteristikama i sve većem broju europskih zemalja koje primjenjuju tehnologiju RAS-a, njegov doprinos proizvodnji još uvijek je malen u odnosu na uzgoj u kavezima, protočnim sustavima ili ribnjacima (Martinsetal., 2010). Razlog sporijeg prihvaćanja tehnologije RAS-a je djelomično zbog visokih početnih kapitalnih ulaganja potrebnih za ovaj sustav (Schneider etal., 2006).

5. BUDUĆNOST RECIRKULACIJSKIH AKVATIČNIH SUSTAVA

Trenutne inženjerske inovacije pretražuju načine za više energije i troškovno učinkovitije sustave, više zatvorenih sustava, i/ili „od proizvodnog turnusa do proizvodnog turnusa“ pristupu u razvoju sustava, pri čemu će se otpad ponovno koristiti za druge svrhe ili robne proizvode (Martinsetal., 2010). Automatizacija, robotizacija i kibernetički kontrolni sustavi su još uvijek daleko od toga da se koriste u sadašnjici, ali bi mogli pružiti inovacije (Martinsetal., 2010). Uz ovaj čisti inženjerski pristup, predviđeno je da se veliki pomaci moraju dogoditi iz boljeg razumijevanja interakcija životinja s biotopom RAS-a (Martinsetal., 2010). Takvo razumijevanje može pridonijeti smanjenju ekoloških utjecaja na RAS. Poboljšanjem učinkovitosti uklanjanja otpada iz sustava, kao na primjer krutih tvari, dušika i fosfora, poboljšala bi se ekološka održivost RAS-a.

Dugoročni zahtjevi za akvakulturnim proizvodima su visoki. Povećanjem ljudske populacije, poglavito radi većeg broja starijih osoba, koji jedu više ribe od mladih te povećanjem osviještenja ljudi o važnosti konzumiranja ribe, očekuje se da će potražnja za ribom rasti, u svrhu bolje prehrane i očuvanja ljudskog zdravlja. Takvi su zahtjevi direktno povezani s metodama uzgoja ribe, a samim time i razvojem RAS-a, zbog svih njegovih prednosti u odnosu na ostale metode uzgoja ribe.

Stoga, perspektive RAS-a su dobre. Brojni stručnjaci vjeruju da će budući trendovi ići u smjeru uzgoja ribe, u odnosu na tradicionalni metode, poglavito ribolov (Helfrich i Libey, 2003).

6. ZAKLJUČAK

„Proizvoditi više hrane iz istog područja zemlje, uz smanjenje utjecaja na okoliš zahtijeva ono što se naziva održivim intenziviranjem“ (Godfray, 2010).

S obzirom na sve akvatične sustave u uporabi, danas je RAS-om moguće postići visoku proizvodnju, održavati optimalne uvjete zaštite okoliša, osiguravati dobrobiti životinja te minimalno utjecati na ekologiju. Korištenje RAS-a raste u Europi. Porasla je proizvodnja slatkovodnih vrsta, poput jegulje i soma, kao i morskih vrsta ribe (npr. iverak i lubin). Bilježi se i porast proizvodnje pomlatka tih slatkovodnih i morskih vrsta. Nedavna istraživanja s ciljem poboljšanja učinkovitosti za pročišćavanje vode (idenitrifikacijski reaktori, tehnologija zgušnjavanje mulja i ozon), omogućuje smanjenje osvježavajuće vodene mjere, stvarajući gotovo zatvorene sustave koji proizvodi male količine, lako tretirajućeg i vrijednog otpadnog proizvoda za uporabu.

Potrebno je poticati ekološku održivost RAS-a. Potencijal nakupljene tvari u vodi, kao posljedica smanjenih osvježavajućih mjera vode, može predstavljati nove izazove. Dublje razumijevanje interakcije između riba i sustava pomoći će u suočavanju s tim izazovima.

7. POPIS LITERATURE

1. Buha, I., Stanje europske akvakulture, Završni rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, (2015.)
2. Godfray, H.C.J., Beddington,J.R., Crute,I.R., Haddad,L., Lawrence, D., Muir,J. F., Pretty, J., Robinson, S.,Thomas, S.M., Toulmin, C., (2010). Food Security: The Challenge of Feeding Billion People. Science 327, 812-818.
3. Helfrich, Louis A. And Libey, George, Department of Fisheries and Wild life Sciences Virginia Tech, Fish farming in recirculating aquaculture system, (2003.)
4. Hussenot, J., (2006.) Les systèmes intégrésen aquaculture marine : une solution durable pour un meilleur respect de l'environnement littoral. In : Chaussade J, Guillaume J, eds. Pêche et aquaculture : pour une exploitation durable des ressources vivantes de la mer et du littoral. Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 2006. ISO, 2006. ISO 14044: 2006 Environmental management -- Life cycle assessment – Requirements and guidelines
5. Malone, Ronald, Recirculating Aquaculture Tank Production Systems A Review of Current Design Practice, SRAC Publication No. 453, October 2013, Revision
6. Martins C.I.M., Eding E.H., M.C.J. Verdegema, Heinsbroek L.T.N., Schneider O., Blanchetond, J.P., Roqued'Orbcasteld, E. And Verretha J.A.J., Aquaculture Engineering, New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability, (November 2010), Volume 43, Issue 3, Pages 83-93, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860910000671
7. Ministarstvo poljoprivrede (2015): Nacionalni strateški plan razvoja akvakulture za razdoblje 2014.-2020. godine, 24. veljače 2015. Dostupno na: http://www.mps.hr/ribarstvo/UserDocsImages/akvakultura/NSPA%202014-2020_hrv.pdf [10. lipnja 2016.].
8. Mušić, M.¸ Optimiranje procesa uklanjanja dušika i fosfora u laboratorijskom SBR-u, Diplomski rad, Zagreb, Prehrambeno – biotehnološki fakultet, (2012). https://bib.irb.hr/datoteka/595284.Diplomski_rad_3_9.pdf
9. Roqued'Orbcastel, E., (2008). Optimisation de deux systèmes de production piscicole: biotransformation des nutriments et gestion des rejets. Thèse de doctorat, INP Toulouse, Université Paul Sabatier, Toulouse III, 144 pp.
10. Rowan University, Design guide recirculating aquaculture system, Prepared for Sioux Indian Reservation, (March 2006).

11. Schneider, O., Blancheton, J. P., Varadi, L., Eding, E. H., Verreth, J. A. J., (2006.) Cost price and production strategies in European recirculation systems. Linking Tradition & Technology Highest Quality for the Consumer, Firenze, Italy, WAS
12. Summerfelt, S.T., Vinci, B.J., Piedrahita, R.H.,(2000.) Oxygenation and carbondioxide control in waterreuse systems.Aquacultural Engineering
13. Timmons, Michael B., Ebeling James M., Recirculating Aquaculture, 3rd Edition, (November 14, 2013)
14. Timmons, M.,Ebeling,J.,(2007.), Recirculating Aquaculture, Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY
15. Timmons, Michael B. , Summerfelt, Steven T.. Vinci, Brian J., Review of circular tank technology and management, Aquacultural Engineering, (1998.)

8. SAŽETAK

Recirkulacijski akvatični sustavi (RAS) predstavljaju sofisticiran način uzgoja ribe u zatvorenim bazenima s kontroliranim uvjetima uzgojne sredine. Tehnologija RAS-a, konceptualno razvijena 50-ih godina prošlog stoljeća, prihvaćena je posljednjih godina, kao uspješna u komercijalnom smislu uzgoja slatkovodne i morske ribe. RAS nudi mnoge prednosti poput smanjenja potrošnje vode i utroška energije za zagrijavanje vode, brze i efikasne kontrole bolesti ribe, fleksibilnosti smještaja uzgojnih kapaciteta u blizini tržišta te smanjenje troškova transporta itd. Glavni nedostaci su visoka kapitalna ulaganja u sustav, operativni troškovi te opasnost od kvara. RAS odgovora na sve veća ekološka ograničenja, posebice u zemljama s ograničenim pristupom vodi. S obzirom da se voda ponovno koristi, zahtjeva se samo 20 % količine, u odnosu na zahtjeve tradicionalne metode uzgoja. Unatoč ekološki prihvatljivim karakteristikama i sve većem broju zemalja koje primjenjuju RAS, njegov je doprinos proizvodnji manji u odnosu na proizvodnju u kavezima, protočnim sustavima ili ribnjacima, poglavito radi visokih troškova.

Ključne riječi: RAS, akvakultura, proizvodnja, riba, ekološka održivost.

9. SUMMARY

Recirculation aquaculture systems (RAS) represent a new and unique way to farm fish, in indoor tanks with a "controlled" environment. Even RAS have been developed since the mid 1950's, only in the past few years has their potential to grow fish on a commercial-scale been realized. Benefits of RAS are: minimizing supply of water and energy for water heating, quick and effective disease control, flexibility to locate production facilities near large markets (reducing transportation costs), etc. Main disadvantages of RAS are expensive systems to develop (high capital investment) and to operate, and the danger of mechanical or electrical power failure. RAS are particularly useful in areas where land and water are expensive and not readily available. Since water is reused, the water volume requirements in RAS are only about 20 % of what conventional open pond culture demands. Despite its environmentally friendly characteristics and the increasing number of European countries applying RAS technology, its contribution to production is still small compared to (sea) cages, flow-through systems or ponds, mostly because of high expenses.

Key words: RAS, aquaculture, fish, production, environment, sustainable development.

10.PRILOG - POPIS KRATICA

1. RAS: Recirkulacijski akvatični sustav
2. LCA: Procjena životnog ciklusa (Life Cycle Analysis)
3. RH: Republika Hrvatska

11.POPIS SLIKA

Slika 1- Recirkulacijski akvatični sustav *6*
Slika 2- Prikaz procesa recirkulacijskog akvatičnog sustava *7*
Slika 3- Koncept recirkulacijskog akvatičnog sustava *8*
Slika 4- Dizajn RAS-a s okruglim spremnicima *9*
Slika 5- Dizajn RAS-a s četvrtastim spremnicima *10*
Slika 6- Biofilter *11*
Slika 7- Mehanizam biofiltera *12*
Slika 8- Improvizirani,jeftini i učinkoviti biofilter *13*
Slika 9- Shema i pojednostavljeni procesi RAS-a *19*

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište J.J. Strossmayera
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Završni rad

PERSPEKTIVE RECIRKULACIJSKIH AKVATIČNIH SUSTAVA I EKOLOŠKA ODRŽIVOST
THE RECIRCULATING AQUATIC SYSTEMS PERSPECTIVES AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

Damir Pišćak

Sažetak:
Recirkulacijski akvatični sustavi (RAS) predstavljaju sofisticiran način uzgoja ribe u zatvorenim bazenima s kontroliranim uvjetima uzgojne sredine. Tehnologija RAS-a, konceptualno razvijena 50-ih godina prošlog stoljeća, prihvaćena je posljednjih godina, kao uspješna u komercijalnom smislu uzgoja slatkovodne i morske ribe. RAS nudi mnoge prednosti poput smanjenja potrošnje vode i utroška energije za zagrijavanje vode, brze i efikasne kontrole bolesti ribe, fleksibilnosti smještaja uzgojnih kapaciteta u blizini tržišta te smanjenje troškova transporta itd. Glavni nedostaci su visoka kapitalna ulaganja u sustav, operativni troškovi te opasnost od kvara. RAS odgovora na sve veća ekološka ograničenja, posebice u zemljama s ograničenim pristupom vodi. S obzirom da se voda ponovno koristi, zahtjeva se samo 20 % količine, u odnosu na zahtjeve tradicionalne metode uzgoja. Unatoč ekološki prihvatljivim karakteristikama i sve većem broju zemalja koje primjenjuju RAS, njegov je doprinos proizvodnji manji u odnosu na proizvodnju u kavezima, protočnim sustavima ili ribnjacima, poglavito radi visokih troškova.
Ključne riječi: RAS, akvakultura, proizvodnja, riba, ekološka održivost.

Summary:
Recirculation aquaculture systems (RAS) represent a new and unique way to farm fish, in indoor tanks with a "controlled" environment. Even RAS have been developed since the mid 1950’s, only in the past few years has their potential to grow fish on a commercial-scale been realized. Benefits of RAS are: minimizing supply of water and energy for water heating, quick and effective disease control, flexibility to locate production facilities near large markets (reducing transportation costs), etc. Main disadvantages of RAS are expensive systems to develop (high capital investment) and to operate, and the danger of mechanical or electrica lpower failure. RAS are particularly use full in areas where land and water are expensive and not readily available. Since water is reused, the water volume requirements in RAS are only about 20 % of what conventional open pond culture demands. Despite its environmentally friendly characteristics and the increasing number of European countries applying RAS technology, its contribution to production is still small compared to (sea) cages, flow-through systems or ponds, mostly because of high expenses.
Keywords: RAS, aquaculture, fish, production, environment, sustainable development.

Datum obrane: _____