

Mehanička filtracija u akvakulturi

Ljubić, Marija; Brailo, Marina; Jug-Dujaković, Jurica; Gavrilović, Ana

Source / Izvornik: **58. hrvatski i 18. međunarodni simpozij agronoma : zbornik radova, 2023, 229 - 235**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:506597>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-09**



Repository / Repozitorij:

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



Mehanička filtracija u akvakulturi

Marija Ljubić¹, Marina Brailo², Jurica Jug-Dujaković³, Ana Gavrilović⁴

¹Radovčići, Vinogradci 15, Gruda, Hrvatska

²Sveučilište u Dubrovniku, Odjel za primijenjenu ekologiju, Ćira Carića 4, Dubrovnik, Hrvatska (marina.brailo@unidu.hr)

³Sustainable Aquaculture Systems Inc., 715 Pittstown Road, Frenchtown, NJ 08825, SAD

⁴Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska

Sažetak

U ovom radu su opisane metode mehaničke filtracije, odnosno izdvajanja krutih čestica iz vode koje se primjenjuju u održavanju kvalitete vode u različitim akvakulturnim proizvodnim sustavima i u pročišćavanju otpadnih voda. To se postiže gravitacijom, kojom se odvajaju taložive čestice specifične težine veće od vode, filtracijom u užem smislu kojom se odvajaju suspendirane čestice i flotacijom kojom se odvajaju čestice manje specifične težine od vode. Taložive čestice uklanjaju se u bazenima za taloženje, cijevnim taložnicima i hidrociklonima. Filtri kojima se odvajaju suspendirane čestice imaju određenu vrstu sita, poput mrežice ili membrane, medij u obliku zrnaca pijeska ili plastike, ili neki porozni medij koji propušta vodu a zadržava mehaničke čestice. Najfinije čestice suspendiranog otpada izdvajaju se procesom flotacije pomoću struje zraka. Za obradu otpadnih voda iz akvakulturnih sustava koriste se i umjetne močvare.

Ključne riječi: akvakultura, sedimentacija, filtracija, flotacija

Uvod

Kruti akvakulturni otpad uglavnom se sastoji od nepojedene hrane, fecesa i ostalih metaboličkih izlučevina te je bogat spojevima s ugljikom, dušikom i fosforom (Dauda i sur. 2019; Timmons i sur., 2001; Cripps i Bergheim, 2000; Van Gorder i Jug-Dujaković, 1996). Jedna od glavnih karakteristika krutog akvakulturnog otpada je veličina, odnosno specifična težina njegovih čestica pa se može podijeliti na plivajući, raspršeni ili suspendirani i taloživi (Timmons i sur., 2001). Količina i karakteristike otpada nastalog prehranom ovise o uzgajanoj vrsti, njenoj veličini, načinu uzgoja i karakteristikama hrane (Amirkolaie, 2011).

Zbrinjavanje krutog otpada ovisi o vrsti uzgojnog sustava. Ribnjaci, odnosno zemljani bazeni (*pond*), su statični i nemaju posebnu opremu za pročišćavanje vode. Mehanička filtracija u njima nije primjenjiva. Oni se uglavnom oslanjaju na unutarnje procese u kojima se kruti otpad taloži na dno ribnjaka i akumulira tijekom vremena. Jedini način uklanjanja krutog otpada je uklanjanjem mulja, što se radi nakon dva ili više ciklusa uzgoja ribe. Nedostatak aktivne tehnike zbrinjavanja otpada, odnosno mehaničke i biološke filtracije u ribnjacima ograničio je njihovu iskoristivost na ekstenzivne i poluintenzivne sustave (Dauda i sur., 2019).

Za razliku od ribnjaka, gdje se kruti otpad taloži unutar sustava, protočni sustav ima visoku razinu izmjene vode, gdje se većina proizvedenog otpada protokom ispušta iz uzgojnog sustava. U većini protočnih sustava vrijeme zadržavanja vode kraće je od sat vremena (Dauda i sur., 2019). Mehanička filtracija nije primjenjiva unutar samog uzgojnog sustava, ali je njena primjena moguća u tretmanu izlazne, odnosno otpadne vode iz uzgojnog sustava (uzgojnih bazena). Izdvajanjem krutih čestica iz otpadne vode protočnog sustava teško je i skupo upravljati zbog velike brzine vode s niskom koncentracijom otpada (Dauda i sur., 2019).

Kod djelomično protočnih, odnosno otvorenih recirkulacijskih sustava i zatvorenih recirkulacijskih sustava, mehanička filtracija jedan je od neophodnih postupaka održavanja optimalne kvalitete vode u uzgojnim prostorima. Taložnice, mehanički filtri i površinski odjeljivači pjene (*foam fractionator*) neophodne su komponente takvih sustava (Jug-Dujaković i sur., 2008; Gavrilović i Jug-Dujaković, 2018). U takvim sustavima je potrebno ispuniti dvije osnovna grupe uvjeta za održanje kvalitete vode: (I) uvjete koje zahtijeva uzgajana vrsta te (II) uvjete koje zahtijeva odvijanje pojedinačnih procesa i funkcioniranje samih komponenti sustava (Colt, 2006). Ovo podrazumijeva uklanjanje krutih čestica koje bi eventualno mogle naškoditi uzgajanom organizmu te uklanjanje čestica koje bi mogle smanjiti učinkovitost neke komponente u sustavu, poput biofiltra ili UV reaktora.

Kako bi se količina otpada održala na razini prihvatljivoj za ispuštanje u recipijent ili recirkuliranje te da bi se mogao primijeniti pravilan i učinkovit postupak upravljanja otpadom i/ili njegova tehnološka obrada, potrebno je poznavati njegove karakteristike (Cripps i Bergheim, 2000). Brojni autori navode kako kruti otpad iz protočnih i djelomično protočnih sustava nije jednostavno ukloniti zbog njegove male koncentracije u vodi. Recirkulacijski sustavi ispuštaju male količine koncentrirane otpadne vode čije je pročišćavanje lakše i jeftinije (Van Gorder i Jug-Dujaković, 1996). Kelly i sur. (1997) i Bergheim i sur. (1998) dokazali su da učinkovitost mehaničke filtracije raste s koncentracijom otpada i da se može očekivati povećanje njene uspješnosti ukoliko se poveća koncentracija otpada u izlaznoj vodi. Twarowska i sur. (1997) naglašavaju prednost kontinuiranog predtretmana koji će koncentrirati otpad. Zbog posebnih karakteristika veličinskih frakcija krutog otpada on se vrlo često koncentrira u dva odvojena toka taloživih i raspršenih čestica koje se zatim posebno obrađuju.

Izdvajanje krutih čestica gravitacijom

Izdvajanje krutih čestica gravitacijom temelji se na sedimentaciji. To je proces u kojem se čestice koje imaju veću masu ili specifičnu gravitaciju od vode, talože da bi se mogle izdvojiti. Karakteristika ovog procesa jest brža sedimentacija gušćih i većih čestica iz vode od manjih odnosno manje gustih. Zato je potrebno održati veličinu čestica te omogućiti njihovo izdvajanje iz vode što je prije moguće, posebno prije nego dođe do pumpanja vode te minimalizirati bilo kakve turbulencije prije samog izdvajanja čestica (Timmons i sur., 2001). Sedimentacija je najčešća i najpoznatija metoda uklanjanja čestica u akvakulturi. Ujedno i najjeftiniji proces jer koristi silu gravitacije, a njezini nedostaci su nisko opterećenje te neučinkovito tretiranje čestica manjih od 100 μm .

Bazeni za taloženje mogu biti i kružni i pravokutni, a zajedničko im je obilježje da su dizajnirani tako da je turbulencija i resuspenzija tekućine minimalna čime se osigurava učinkovito uklanjanje taloživih čestica, prikupljanje i pražnjenje nataloženog mulja i njegovo ugušćivanje u što manjem volumenu. U pravilno dizajniranim taložnicima razlikuju se četiri zone; ulazna, taložna, zona mulja i izlazna zona (Timmons i sur., 2001; Cripps i Bergheim, 2000). Sedimentacija se odvija u zoni taloženja, a nakon odvajanja od vode čestice se akumuliraju u zoni mulja. Pročišćena tekućina se u pravilu skuplja preko poprečnog presjeka bazena te se onda ispušta. Bazeni za taloženje su jako učinkoviti ako su pravilno dizajnirani i ako se s njima pravilno upravlja. Njihove prednosti su to što zahtijevaju mali unos energije, relativno su jeftini za instalaciju i upravljanje, ne zahtijevaju nikakve posebne operativne vještine te ih se može lako nadodati unutar postojećih ili novih postrojenja, a nedostaci su nisko hidrauličko opterećenje i slabo uklanjanje manjih čestica (ispod 100 μm). Uz to, ono što predstavlja prepreku primjene bazena za taloženje jest njihovo čišćenje te činjenica da im je potreban veliki prostor što može biti jako skupo (Timmons i sur., 2001).

Cijevni taložnici su razvijeni unaprjeđivanjem bazena za taloženje. Dizajnirani su tako da se smanji površina i vrijeme potrebno za taloženje. To su tankovi u koje su umetnute ploče ili cijevi pod kutom od 45°–60° ispod kojih je smješten ulaz vode. Kako voda protječe, čestice se zadržavaju na pločama, a pročišćena voda izlazi na vrhu. Brzina vode kroz cijev se mora regulirati da bi se izbjegla turbulencija. Kada se cijevi napune česticama, voda prestaje prolaziti kroz njih, a proces prestaje sve dok se cijevi ne očiste. Veće cijevi zahtijevaju manje čišćenja, ali imaju manji učinak taloženja, dok manje cijevi imaju puno bolji učinak, ali su njihovo čišćenje i odražavanje zahtjevniji. Najveća mana cijevi je što se ne mogu same dovoljno očistiti pa ih treba čistiti i ručno (Timmons i sur., 2001).

Izdvajanje sedimentacijom se primjenjuje i u hidrociklonskim separatorima gdje se voda s česticama krutog otpada podvrgava centrifugalnom ubrzanju pa se čestice brže odvajaju od tekućine. Postoje dvije vrste hidrociklonskih separatora, vrtložni i radijalni. Vrtložni separatori funkcioniraju tako što se voda ubrizgava tangencijalno u vanjskom dijelu jedinice što dovodi do kruženja vode oko centralne osi bazena. Ova primarna rotacija stvara sekundarni radijalni tok prema centru tanka čija inercija pomaže u skupljanju čestica. Vrtložni separatori se u pravilu koriste kod tretiranja vode u kojoj su čestice visoke specifične gravitacije (2,65 veće od gravitacije vode) (Andoh, 1998). U radijalnom hidrociklonu se voda ubrizgava u središtu i onda teče prema rubovima, pri čemu se tok usporava prikupljajući čestice (Davidson i Summerfelt 2005). Radijalni separator se pokazao učinkovitiji i s manje oscilacija, uklanja do 48 % čestica za razliku od kružnog koji uklanja do 23 % (Davidson i Summerfelt 2005). U odnosu na bazene za taloženje i cijevne taložnike, hidrocikloni mogu obraditi veću količinu vode u manjem vremenu zbog bržeg protoka, ali upravo zbog tog kontinuiranog toka troše veliku količinu vode koju je potrebno nadomjestiti u sustavu, ne mogu ni izdvojiti čestice manje od 50 μm i relativno su skupi (Timmons i sur., 2001).

Izdvajanje krutih čestica filtracijom

Filtracija u užem smislu riječi podrazumijeva izdvajanje čestica iz tekućine pomoću neke vrste perforirane pregrade koja zadržava čestice koje su veće od njenih šupljina, a propušta tekućinu. Proces filtracije se provodi u različitim filterskim kućištima pomoću sita, granularnih ili poroznih materijala (Timmons i sur., 2001).

Primjena sita za filtriranje je jako popularna jer zahtjeva minimalan trud i mali prostor. U takvim filtrima se upotrebljava sito sitnih pora, mikrosito, koje zadržava suspendirane čestice, a propušta tekućinu. Veličina čestica koje se mogu profiltrirati ovisi o veličini pora sita. Talog se zatim odvaja pomoću mlaznica koje ispiru začepljeno sito malom količinom vode pod jakim pritiskom. Faktor koji čini svaki sitasti filter različitim i izazovnim za projektiranje je upravo proces prikupljanja čestica s površine mikrosita (Losordo i sur., 1999). Ovisno o tome kakva se kvaliteta vode želi osigurati koristi se sito veličine pora od 60 do 200 μm , prosječno mikrosito ima otvore između 40 do 100 μm pri čemu je uspješnost odvajanja čestica između 30-80 % (Timmons i sur., 2001).

Najčešći sitasti filter u akvakulturi je bubanj filter (*drum filter*) u kojemu voda ulazi u njegovu otvorenu bazu i prolazi pročišćena kroz mrežicu postavljenu na oplošje bubnja. U većini slučajeva se bubanj pokreće tek kad se mrežica začepi česticama koje se zatim pomoću mlaznica ispiru u unutarnji kanal za prikupljanje otpada. Bubanj filter se u redovnom procesu kompletno rotira svake dvije do tri minute. Ukoliko dolazi do češće rotacije znači da je sustav preopterećen te da je potrebna promjena ili popravak filtra (Timmons i sur., 2001). Bubanj filteri imaju širok raspon primjene, zauzimaju malo prostora i praktični su za održavanje, a njihov učinak usko je povezan s parametrima poput hidrauličkog opterećenja, veličine pora mreže, koncentracije čestica i intenziteta ispiranja (Xiao i sur., 2019). Za primjenu rotirajućeg bubanj filtra u recirkulacijskom sustavu u smislu ograničenja troškova kao najekonomičnija komponenta preporuča se manji filter koji radi s kontinuiranim ispiranjem (Dolan i sur., 2013).

Alternativa rotirajućem bubanj filteru su disk filteri koji su u pravilu dosta jeftiniji od bubnjeva. U disk filter voda ulazi s jedne strane, prolazi kroz nekoliko rotirajućih diskova s mrežicom i izlazi pročišćena na drugoj strani. Njihova mana jest ta da se zbog vertikalne orijentacije mikrosita čestice mogu zadržati dugo vremena prije uklanjanja pa može doći do pucanja i razbijanja čestica (Timmons i sur., 2001).

Sitasti filteri s nagnutim pojasom sastoje se od spremnika s vodom u kojem je pod određenim kutom postavljena mreža u obliku trake. Voda s jedne strane ulazi u spremnik kroz koji se giba mrežasta traka i izlazi pročišćena na drugoj strani. Na traci se zadržavaju čestice koje se mlazom vode ispiru u kanal za prikupljanje otpada. Zabilježen protok ovih filtera je i veći od 7500 L/min, ali je malo podataka o njihovim radnim karakteristikama (Losordo i sur., 1999). Prednost ovakvih filtera je nježna obrada čestica i jednostavno održavanje, a nedostatak veći kapitalni troškovi (Timmons i sur., 2001).

Filter s paraboličnom mrežom je metalna mrežasta struktura visoke čvrstoće, krutosti i nosivog kapaciteta, jednostavna oblika i rada bez potrošnje energije i niskih troškova održavanja (Xiao i sur., 2019). Chen i sur., (2015.) su istraživali primjenu ovakvog filtra u recirkulacijskom sustavu i zaključili da su brzina ulaznog protoka i brzina uklanjanja krutih čestica obrnuto proporcionalne. Tijekom rada površinu mreže je potrebno ručno ribati jednom na sat, te pratiti brtvljenje i pravovremeno provjeriti sigurnost mreže kako bi se spriječilo oštećenje koje bi utjecalo na ukupni učinak obrade vode (Xiao i sur., 2019.).

Pješčani filter je posuda pod tlakom u koju ulazi i prolazi voda kroz kvarcni pijesak za finu filtraciju, veličine pora do 20 μm . Filteri s granulama pijeska mogu biti dizajnirani tako da voda protječe, obično odozgo prema dole, kroz gusti sloj pijeska u nekoj tlačnoj posudi ili tako da voda ulazi odozdo i održava zrnca pijeska raspršena u takozvanom fluidiziranom sloju. I jedni i drugi su česti u akvakulturi, ali im je osnovni nedostatak brzo čepjenje i odvijanje biofiltracije (Timmons i sur., 2001). Ovi se filteri obično koriste u recirkulacijskim akvakulturnim sustavima i imaju prednosti poput niske cijene, jednostavne konstrukcije, visoke učinkovitosti uklanjanja suspendiranih čestica, učinkovitog ispiranja, dok nedostaci uključuju visoki tlak ispiranja, filtracijski materijal koji se lako stvrdne i visoke troškove održavanja. Uz to, pijesak je potrebno često provjeravati kako bi se na vrijeme uklonio površinski plutajući mulj i poboljšao ukupni sustav za pročišćavanje vode (Xiao i sur., 2019). Upravo zbog prečeste potrebe za ispiranjem Timmons i sur. (2001.) ne preporučuju upotrebu pješčanih filtera za mehaničku filtraciju u akvakulturi, osim u slabo opterećenim sustavima.

Granularni filter je zatvorena posuda ispunjena plastičnim zrcima različitih oblika koje plutaju unutar posude i pokreću se ovisno o protoku vode čiji je ulaz smješten pri dnu. Pri dnu i vrhu filtra su postavljene perforirane ploče koje služe za zaustavljanje zrnaca. Dok filter radi zrnca se nalaze u fluidiziranom sloju priljubljena uz gornju ploču koja im ne dopušta da isplutaju iz filtra. S nakupljanjem suspendiranih čestica smanjuje se veličina šupljina među

zrcima što dovodi do lijepljenja sitnijih čestica i potrebe za ispiranjem. Filtri manjeg volumena se obično ispiru tako da se zaustavi protok vode i isprazni cjelokupan volumen vode, a granule ostaju na donjoj ploči. Kod filtera većeg volumena se zaustavlja protok vode, a volumen koji je ostao u filtru se miješa propelerom ili upuhivanjem zraka pri čemu se krute otpadne čestice odvajaju od zrnaca i talože na dnu filtra. Zatim se iz donjeg dijela ispušta voda s tako koncentriranim otpadom. Za ovakvo ispiranje potrebna je mala količina vode (Van Wyk i sur., 1999).

Porozni filtri u pravilu imaju čvršće medije od sitastog filtra te manje pore od granularnih medija. Zbog vrlo sitnih pora, odnosno mogućnosti zadržavanja vrlo finih čestica ovi se filtri obično upotrebljavaju nakon nekog drugog oblika mehaničke filtracije u sustavima koji zahtijevaju vodu gotovo bez ikakvih čestica, poput sustava za inkubaciju jaja i ličinki. Štoviše, u takvim se sustavima ovi filtri često upotrebljavaju i za obradu ulazne vode. Njihova osnovna prednost je uklanjanje čestica manjih od 1 μm , a glavni nedostatak brzo čepljenje i potreba za ispiranjem, odnosno izmjenom uloška (Timmons i sur., 2001). U filtre s poroznim medijem ubrajaju se filtri s dijatomejskom zemljom i različitim ulošcima (Timmons i sur., 2001.). Noviji filtri s dodatkom zeolita i aktivnog ugljena imaju i dodatnu primjenu; mogu smanjiti do 92,82 % ukupne koncentracije amonijaka i povećati koncentraciju otopljenog kisika za 54,23 % (Zahidah i sur., 2018.).

Izdvajanje krutih čestica flotacijom

Flotacija je postupak izdvajanja vrlo finih čestica iz tekućine njihovim isplivavanjem na površinu pomoću mjehurića zraka. Propuhivanjem zraka kroz tekućinu na mjehuriće zraka se hvataju čestice koje zatim zajedno njima isplivaju na površinu tekućine. U akvakulturi se ova metoda odvajanja krutog otpada od vode odnosi uglavnom na uklanjanje nakupina proteina i masti iz nepojedene hrane, a odvija se procesima odstranjivanja zrakom, odnosno obiranja proteina, ili frakcioniranjem pjene. Proces se provodi tako da voda teče kroz kontaktnu komoru odozgo prema dole, a mjehurići zraka upuhani pri dnu komore struje u suprotnom smjeru. Površinski aktivne tvari, poput proteina i masti, pričvrste se na mjehuriće i s njima putuju prema površini vode. Tu mjehurići pucaju, a tvari se nakupljaju u obliku pjene koja se zatim izdvaja kao otpad. Ovaj proces ovisi o promjeru mjehurića, omjeru zraka i vode, koncentraciji krutih čestica i njihovim površinskim kemijskim svojstvima (Cripps i Bergheim, 2000; Timmons i sur., 2001; Brambilla i sur., 2008). Kao i filtri s poroznim medijem, zbog mogućnosti izdvajanja jako sitnih čestica ovakvi filtri se obično upotrebljavaju nakon nekog drugog oblika filtracije u sustavima koji zahtijevaju vrlo kvalitetnu vodu. Uz pomoć flotacije može se značajno smanjiti koncentracija otpadnih čestica iz sustava što dovodi do smanjenja količine organske tvari koja prolazi kroz bakterijsku razgradnju te ima veliki utjecaj na koncentracija dušika u sustavu (Sadeghi i sur., 2018).

Umjetne močvare

Umjetne močvare su plitki sustavi za pročišćavanje otpadnih voda koji su zasađeni močvarnim biljkama koje oponašaju prirodnu močvaru i oslanjaju se na prirodne procese za pročišćavanje. Umjetna močvara ima prednosti u odnosu na ostale sustave obrade otpada jer zahtijeva malo ili nimalo energije. Umjetne močvare postaju staništa različitim organizmima i mogu biti oku ugodne (Miller i Semens, 2002). Izlazna voda šalje se u močvaru u kojoj rastu močvarne biljke u poroznom zemljanom supstratu. Voda prokapava kroz porozni supstrat i tako se filtrira i pročišćava. Biljke uzimaju i iskorištavaju hranjive tvari iz otpadne vode, dok korijen biljaka utječe na pojačavanje procesa pročišćavanja (Lekang, 2007). Veliki nedostatak umjetnih močvara je nizak hidraulički kapacitet u odnosu na količine vode u akvakulturi (Lekang, 2007) te potreba za više kopnene površine od alternativnih sustava (Miller i Semens, 2002). Ipak tehnologija umjetnih močvara postaje sve važnija u recirkulacijskim akvakultuirnim sustavima jer su se močvare pokazale kao dobro uhodana i isplativa metoda (Turcios i Papenbrock, 2014).

Zaključak

Poznavanje karakteristika krutog otpada osnovni je uvjet odabira pravilnog i učinkovitog postupka njegova uklanjanja. Odabir mehaničkih filtera ovisi o veličini čestica, protoku, dimenziji uređaja, učestalosti i trajanju ispiranja te potrošnji energije. Čestice krutog akvakulturnog otpada se ovisno o njihovim svojstvima izdvajaju se iz uzgojne vode procesima gravitacije, filtracije ili flotacije. Gravitacijska sedimentacija je najčešća i najpoznatija metoda mehaničke filtracije u akvakulturi, a ujedno je i najjeftinija jer koristi silu gravitacije. Međutim, njen nedostatak je nisko opterećenje te neučinkovito tretiranje malih čestica. Filtracijom se iz vode uklanjaju suspendirane i raspršene

čestice, a koriste se različiti sitasti filtri te filtri s granularnim ili poroznim medijem. Sitasti filtri imaju visoke hidrauličke kapacitete, zauzimaju malo prostora te imaju mali gubitak vode za ispiranje otpada. Granularni filtri su učinkoviti u uklanjanju suspendiranih čestica, ali se u njima obično odvija i biološka filtracija što se može iskoristiti u slabo opterećenim sustavima. Fini otpad se iz uzgojne vode uklanja ili pomoću filtara s poroznim medijem ili flotacijom. Unatoč brojnim metodama otklanjanja krutog otpada, potrebno je razvijati intenzivne uzgojne sustave s naglasakom na kontroli nastanka otpada boljom formulacijom hrane i optimizacijom hranidbe.

Literatura

- Andoh R. (1998). Improving environmental quality using hydrodynamic vortex separators. *Water Quality International*. 1-2: 47-51.
- Amirkolaie A. K. (2011). Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish farms through feed and feeding. *Reviews in Aquaculture*. 3: 19–26.
- Bergheim A., Cripps S. J., Liltved H. (1998). A system for the treatment of sludge from land-based fish-farms. *Aquatic Living Resources*. 11: 279–287.
- Brambilla F., Antonini M., Ceccuzzi P., Terova G., Saroglia M. (2008). Foam fractionation efficiency in particulate matter and heterophic bacteria removal from a recirculating seabass (*Dicentrarchus labrax*) system. *Aquacultural Engineering*. 39: 37-42.
- Chen S., Zhang C. L., Zhang Y. L., Song B. B., Shan J. J., Chen X. Song H., Wu Fan K. (2015). Solid particle removal effect of parabolic screen filter for aquaculture water. *Chinese Agricultural Science Bulletin*. 31: 43-48.
- Colt J. (2006). Water quality requirements for reuse systems. *Aquacultural Engineering*. 34: 143–156.
- Cripps S. J., Bergheim A. (2000). Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering*. 22: 33-56.
- Dauda A. B., Ajadib A., Tola-Fabunmic A. S., Akinwoled A. O. (2019). Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Aquaculture and Fisheries*. 4: 81-88.
- Davidson J., Summerfelt S. T. (2005). Solids removal from a coldwater recirculating system- comparison of a swirl separator and a radial-flow settler. *Aquacultural Engineering*. 33: 47–61.
- Dolan E., Murphy, N., O’Hehir M. (2013). Factors influencing optimal micro-screen drum filter selection for recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*. 56: 42-50.
- Gavrilović A., Jug-Dujaković J. (2018). Metode zbrinjavanja krutog i tekućeg otpada u proizvodnji ribe. Objavljeno u Book of abstracts, 13th International Aquaculture Conference “Co-operation of Production and Science – A Foundation for Successful, Sustainable Development of Aquaculture”. 96-102. Vukovar, Hrvatska: Hrvatska gospodarska komora.
- Jug-Dujaković J., Gavrilović A., Glamuzina B. (2008). Recirculation systems in the freshwater fish aquaculture. Second Convention on the freshwater aquaculture. 27-31. Vukovar, Hrvatska: Hrvatska gospodarska komora.
- Kelly L. A., Bergheim A., Stellwagen J. (1997). Particle size distribution of wastes from freshwater fish farms. *Aquaculture International*. 5: 65–87.
- Lekang O.-I. 2007. *Aquaculture Engineering*. 340. Oxford, United Kingdom: Blackwell Publishing.
- Losordo T. M., Masser M. P., Rakocy J. E. (1999). *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: A Review of Component Options*. SRAC Publication No. 453. Stoneville, MS, SAD: Southern Regional Aquaculture Center.
- Miller D., Semmens K. (2002). *Waste management in aquaculture*. Aquaculture information series Publication #AQ02-1. Morgantown, WV, SAD: West Virginia University.
- Sadeghi M., Amirkolaie A. K., Ouraji H. (2018). Enhancement of Foam Flotation Efficiency by Dissolved Air Flotation Reactor. *Journal of Agricultural Science and Technology* 20: 289-297. Dostupno na: <https://jast.modares.ac.ir/article-23-7029-en.pdf>

- Timmons M. B., Ebeling J. M., Wheaton F. W., Summerfelt S. T., Vinci B. J. (2001). Solids Capture. 153.-190. Objavljeno u *Recirculating aquaculture systems*, 647. Ithaca, New York, USA: Cayuga Aqua Ventures.
- Turcios A. E., Papenbrock P. (2014). Sustainable Treatment of Aquaculture Effluents - What Can We Learn from the Past for the Future? *Sustainability*. 6: 836-856.
- Twarowska J. G., Westerman P. W., Losordo T. M. (1997). Water treatment and waste characterization evaluation of an intensive recirculating fish production system. *Aquacultural engineering*. 16: 133-147.
- Van Gorder S. D., Jug-Dujaković J. (1996). The effects of feed management on design and production capacity of recirculating aquaculture systems. Objavljeno u *Proceedings from the Successes and Failures in Commercial Recirculating Aquaculture*, Libey G. S., Timmons M. B. (ur). 390-398. Ithaca, NY, SAD: Northeast Regional Agricultural Engineering Service.
- Van Wyk P., Davis-Hodgkins M., Laramore R., Main K. L., Mountain J., Scarpa J. (1999). Farming marine shrimp in recirculating freshwater production systems. Report under contract number 4520, 220. Tallahassee, FL, SAD: Florida Department of Agriculture Consumer Services.
- Xiao R., Wei, Y., An D., Li D., Ta X., Wu Y., Qin R. (2019). A review on the research status and development trend of equipment in water treatment processes of recirculating aquaculture systems. *Reviews in Aquaculture*. 11: 863-895.
- Zahidah H., Rjibbusalam I. M., Yuli A. (2018). Novel mechanical filter for reducing ammonia concentration of Silver Barb culture in a recirculating aquaculture system (RAS). *Research Journal of Chemistry and Environment* 22: 319-324.

Mechanical filtration in aquaculture

Abstract

This paper describes the methods of mechanical filtration, i.e. the separation of solid particles from water, which are used in maintaining the quality of breeding water in different aquaculture production systems and/or purification of waste water. Gravity separation removes settleable waste in settling basins, tube settlers and hydrocyclones. Filtration separate suspended particles in filters that have some kind of sieve, like a mesh or a membrane, a bead medium like sand or plastic, or a porous medium. The finest particles of dissolved and floating waste are separated by the flotation process using an air stream. Constructed wetlands are also used for waste treatment from recirculating aquaculture systems.

Keywords: aquaculture, sedimentation, filtration, flotation