

# Perspektive akvaponičkih sustava

---

**Bartolović, Dora**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:253061>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



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](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI**

Dora Bartolović

Diplomski sveučilišni studij Zootehnika

Smjer Specijalna zootehnika

**PERSPEKTIVA AKVAPONIČNIH SUSTAVA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2024.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI**

Dora Bartolović

Diplomski sveučilišni studij Zootehnika

Smjer Specijalna zootehnika

**PERSPEKTIVA AKVAPONIČNIH SUSTAVA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Anđelko Opačak, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Dinko Jelkić, mentor
3. prof. dr. sc. Siniša Ozimec, član

Osijek, 2024.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. SVRHA, IZGLED I TIPOVI AKVAPONIKE .....	2
2.1. Dizajn akvaponičnih sustava .....	2
2.2. Tipovi akvaponski sustava .....	5
2.2.1. Akvaponika otvorenog tipa .....	6
2.2.2. Kućna akvaponika .....	7
2.2.3. Demonstracijski akvaponski sustavi .....	8
2.2.4. Komercijalni i polukomercijalni sustavi .....	9
3. VRSTE RIBA I BILJAKA POGODNE ZA AKVAPONSKI UZGOJ .....	11
4. PREDNOSTI I NEDOSTACI AKVAPONSKOG UZGOJA .....	15
4.1. Prednosti akvaponskog uzgoja .....	15
4.1.1. Bolja iskoristivost dostupnih resursa .....	15
4.1.2. Minimalno korištenje kemijskih preparata .....	16
4.1.3. Gotovo nulti ekološki otisak .....	16
4.1.4. Tehnologija prilagodljiva klimatskim promjenama .....	16
4.2. Nedostatci akvaponskog uzgoja .....	18
4.2.1. Ograničen broj profitabilnih vrsta bilja i riba .....	18
4.2.2. Velika potreba za električnom energijom .....	19
4.2.3. Visoka razina znanja .....	19
4.2.4. Slaba otpornost sustava prilikom kvara opreme .....	19
4.2.5. Potreba infrastruktura .....	20
5. TEHNIČKI, EKOLOŠKI I EKONOMSKI IZAZOVI .....	21
5.1. Okolišna (ekološka) i gospodarska održivost .....	22
5.2. Reciklacija otpadnih voda .....	24
6. BUDUĆNOST RAZVOJA AKVAPONSKOG SUSTAVA .....	26
6.1. Kompostiranje .....	28
6.2. Proizvodnja bioplina i biodizela .....	29
7. ZAKLJUČAK .....	30
8. POPIS LITERATURE .....	31
9. SAŽETAK .....	33
10. SUMMARY .....	34
11. POPIS SLIKA .....	35

# 1. UVOD

Akvaponika predstavlja kombinaciju hidroponike (uzgoja biljaka u vodenom supstratu, a ne na zemlji) i akvakulture (uzgoja ribe) te predstavlja novi pomak u proizvodnji kako ribe, tako i biljaka. Akvapionički sustavi predstavljaju idealni alat održivog razvoja u gradovima, s obzirom na karakteristike sustava. U svojoj osnovi to je jednostavan sustav, čije se porijeklo može pratiti iz drevne Kine, a kombinira dva zasebna uzgoja u jedan sustav. To je zapravo metoda uzgoja biljaka bez zemlje, jer sve hranjive tvari koje osiguravaju ribe, biljke usvajaju preko vode. Zdrava i organski uzgojena hrana već je nekoliko godina prioritet velikom broju ljudi diljem svijeta, a u posljednje vrijeme svi smo postali svjesni koliko je bitno poznavati porijeklo i način uzgoja namirnica koje unosimo u svoj organizam (Rakocy, 2012.). Kontrola porijekla hrane, nekorištenje pesticida i umjetnih gnojiva te racionalno korištenje prirodnih resursa i njihovo očuvanje postali su najprihvatljiviji način uzgoja hrane koji korisnici – kupci, traže pri kupnji hrane. Svakim danom sve više svjedočimo tome da je uzgoj vlastite hrane zapravo najbolji put ka zdravlju, no za većinu ljudi to nije opcija, posebno za one koji žive u gradovima. Razlozi su manjak zemljišta na kojem je moguće uzgajati hranu te visoke cijene održavanja tih zemljišta. Također, cijene resursa potrebnih za uzgoj (voda, struja, sredstva za zaštitu i prihranu biljaka) vrlo su visoke pa tako pri nabavi hrane ljudi ovisе o trgovinama zdravom hranom. Upravo u takvim uvjetima akvaponika u urbanim sredinama omogućava osobama koje žele naučiti i uzgajati vlastitu hranu na zdravstveno siguran način. Osim malih sustava akvaponike, postoji i mogućnost velikih, komercijalnih sustava koje kombiniranjem ove dvije proizvodnje snižavaju troškove proizvodnje i manji otisak na okoliš (Goddek i sur., 2015.).

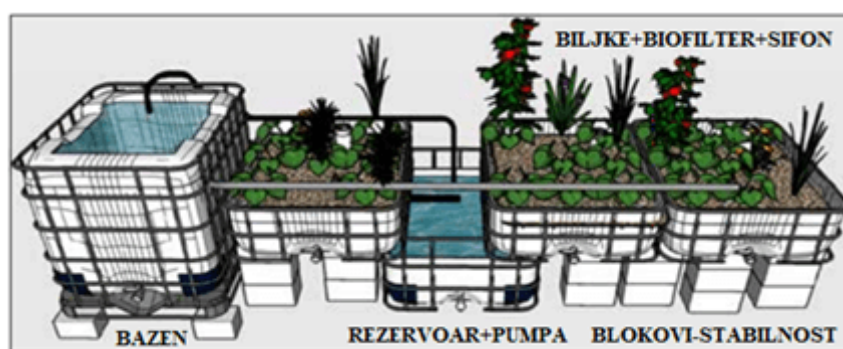
## **2. SVRHA, IZGLED I TIPOVI AKVAPONIKE**

Akvaponika predstavlja kombinaciju hidroponike (uzgoja biljaka u vodenom supstratu, a ne na zemlji) i akvakulture (uzgoja ribe i vodenih organizama). Kombinacijom ova dva sistema nastala je jedinstvena metoda uzgoja hrane na maloj površini. Dvije najveće komponente akvaponike su ribe i biljke. Prirodne osobine i potrebe jedne komponente zapravo potiču rast i razvoj ove druge. Naime, ribe konzumiraju hranu, i produkte metabolizma izlučuju u vodu. Ti ekskreti su bogati u materijama koje su biljkama neophodne za rast i razvoj. Princip rada je da se hranjive materije prenose od riba do biljaka, putem vode koja stalno cirkulira. Voda cirkulira od tankova u kojoj se nalaze ribe do uzgojnih gredica gdje se nalaze biljke. Biljke usvajaju te hranjive materije iz vode i koriste ih za razvoj. Voda, koja je oslobođena amonijaka, nitrata i nitrita se zatim vraća u tankove sa ribama u neprekidnom krugu. Najbitnija stvar je kvaliteta vode. Ovo podrazumijeva nizak nivo amonijaka, visok nivo kisika i optimalnu temperaturu vode. Amonijak iz ribljeg izmeta je veoma otrovan za ribe i neophodno je da se brzo ukloni iz vode. U prisustvu kisika, amonijak se uz pomoć bakterija razgrađuje do nitrita, a zatim i nitrata, koji su neophodni za pravilan razvoj biljaka. Količina bakterija koju sustav može sadržavati je direktno proporcionalna korisnoj površini sustava. Zbog toga se u grede sa biljkama stavlja sitan šljunak ili drugi sličan supstrat. Taj supstrat, osim što učvršćuje biljke, ujedno stvara ogromnu korisnu površinu za bakterije. Kada u sustav počne stizati amonijak, bakterije će se početi razmnožavati i kolonizirati supstrat. Cirkulacijom vode amonijak i nitriti se razgrađuje pomoću bakterija, a nitrati se prenose do biljaka koje ih usvajaju. Voda, koja se zatim vraća u tank sa ribama je sigurna za ribe. Ovo znači da ribe osiguravaju hranu biljkama, a biljke i bakterije omogućavaju optimalnu životnu sredinu za ribe.

### **2.1. Dizajn akvaponičnih sustava**

Akvaponični sustavi kombiniraju recirkulacijsku akvakulturu i hidroponiku za biljnu proizvodnju (Goddek i sur., 2015.). Hidroponski uzgoj bilja je način uzgoja kod kojeg se ne koristi konvencionalni medij u koji sadimo biljku, već je medij – voda. Kada govorimo o anorganskom mediju, najčešće se referiramo na korištenje mineralne kamene vune, gline ili mapito materijala. Anorganski medij je potrebno konstantno zalijevati nutrijentima koji će omogućiti razvoj korijenskog sustava i omogućiti pravilan razvoj biljke. Kada govorimo o hidroponije u većini slučajeva se koristi cirkulirajući sustav kod kojeg otopina cirkulira između anorganskog medija i rezervoara s tekućim nutrijentima. Otopinu s nutrijentima je potrebno mijenjati svaki 7 – 10 dana, te je održavanje pH vrijednosti od izrazite važnosti.

Hidroponija, koju je predložio Gericke, W.E. sa Sveučilišta Kalifornije 1930. godine, jedna je od najčešćih korištenih metoda za uzgoja povrća u akvaponским sustavima. Hidroponija se odnosi na tehniku uzgoja biljaka u hranjivoj otopini bez dodatnog „medija“ za ukorjenjivanje te su korijeni biljke suspendirani u statičnoj, kontinuirano prozračenoj hranjivoj otopini ili kontinuiranom protoku hranjive otopine. Strogo govoreći, hidroponija je način rješavanja problema rasta biljaka i prehrane, uz sustave koji koriste isključivo hranjivu otopinu i zrak. Ako usporedimo s tradicionalnim metodama, hidroponija koristi samo 10 % od vodenih resursa i omogućuje uzgajivačima postizanje cjelovitosti u kontroli transporta hranjivih tvari. U usporedbi s poljoprivredom tla, hidroponski sustavi mogu uštedjeti 5-20 puta više u potrošnji vode i smanjuju potrebu za usjevima za 75 % ili više. Primjena hidroponskih sustava može biti deset puta veća od konvencionalne poljoprivredne proizvodnja, a sustav omogućuje točniju kontrola prehrane povrća. U hidroponiji, korijenje biljaka dobiva hranjive otopine, te može apsorbirati hranjive tvari koje su potrebne u proces rasta i izbjegavanje mnogih nepovoljnih čimbenika u procesu uzgoja tla (Wei i sur., 2019.). Dizajn akvaponičkih sustava vrlo je sličan akvakulturnim recirkulacijskim sustavima općenito, s dodatkom hidroponske komponente i mogućim uklapanjem zasebnog biofiltera te uređaja za uklanjanje finih i otopljenih krutih tvari u obliku pjene. Fine krute tvari i otopljena organska tvar općenito ne dosežu razine koje zahtijevaju frakcioniranje pjene ako akvaponiski sustavi imaju preporučeni projektni omjer. Osnovni elementi akvaponičkog sustava su spremnik za uzgoj ribe, komponenta za uklanjanje taloženih i suspendiranih krutih tvari, biofilter, hidroponska komponenta i korito (Rakocy, 2012.).



Slika 1. Dizajn akvaponskog sustava

( Izvor: Aleksić i Šušteršič, 2020.)

Akvaponski sistemi su veoma raznoliki i razlikuju se u veličini, obliku i izgledu. Oni mogu biti veoma mali (zapremine 10-ak litara), ali i ogromni (zapremine nekoliko tisuća litara). Kod ovakvih sustava vrijedi pravilo - veći sustav, lakše uspostavljanje i održavanje biološke ravnoteže. Bez obzira na veličinu i izbor biljaka, riba i dizajna, svi akvaponski sistemi moraju sadržavati osnovne komponente: prostor za ribe – tank ili bazen, zatim mehanički filter koji je zadužen za zadržavanje krupnijih čestica nepojedene hrane, biofilter u kojem se nalaze nitrifikacione bakterije, hidroponski podsistem sa odvodom, u kojem se nalaze biljke na supstratu, i naravno, vodena pumpa koja vrši konstantnu cirkulaciju vode iz tankova sa ribama do biljaka, koja se zatim slobodnim padom vraća nazad u tankove (Rakocy, 2012, Gavrilović i Dujaković, 2019.). Hidroponski podsistemi važan su dio cijelog sustava jer u njemu biljke mogu rasti upijajući hranjive sastojke iz vode. U ovom slučaju ne postoji vrsta podloge za korijenov sustav. Voda s hranjivim sastojcima omogućava biljci sve potrebne hranjive tvari za razvoj direktno u vodi (Palm i sur., 2018.).



## 2.2. Tipovi akvaponski sustava

Akvaponski proizvodni sustavi uzgajaju vodene organizme, posebno one vrste koje zahtijevaju stalnu opskrbu hranom kao što su ribe, vodozemci, rakovi i drugi beskralješnjaci. Hranjive tvari dobivene iz izlučevina ovih organizama koriste se za potporu rastu biljaka. Pod pojmom biljke podrazumijeva s proizvodnja algi, uzgoj biljaka bez tla, vrtlarske biljke te pojedini usjevi. Kao rezultat povijesnog razvoja akvaponike, a prema definiciji koju je predložio Rakocyj (2012.), akvaponika obuhvaća uzgoj vodenih organizama koji uključuje proizvodnju biljaka bez tla. Ovo se odnosi na hidroponsku proizvodnju biljaka korištenjem otpadnih voda ili hranjivih tvari koje potječu iz uzgoja vodenih organizama. Prema definiciji akvaponike, većina (oko 50 %) hranjivih tvari za održavanje optimalnog rasta biljaka mora potjecati iz otpada koji potječe od hranjenja vodenih organizama. Posljedično, akvaponika u užem smislu ograničena je na hidroponski princip bez upotrebe tla ili supstrata kao što su pijesak ili šljunak. Najnoviji integrirani sustavi akvakulture kombiniraju proizvodnju ribe s algama, bilo makroalgama unutar zasebnih spremnika ili mikroalgama unutar foto-bioreaktora. U oba slučaja proizvodni proces je bez ikakvih supstrata sličnih tlu i time spada pod koncept akvaponike. Na temelju namjene i funkcije poznatih akvaponskih sustava, moguće je razlikovati četiri glavne kategorije, otvorene ribnjake, domaće, demonstracijske i komercijalne akvaponske sustave (Palm i sur., 2018.).



Slika 2. Primjer akvaponskog sustava

(Izvor: <https://monteii.blogspot.com/2013/08/homemade-fish-tank-for-aquaponics-fish.html>)

Akvaponski sustavi se prema veličini mogu kategorizirati na mini sustave – hobističke i dvorišne instalacije te na male, srednje i velike komercijalne sustave. Međutim, svi tipovi sustava imaju različite varijacije i prilagodbe koje se odnose na specifičnost lokaliteta. Zatim, akvaponske sustave možemo podijeliti na otvorene i zatvorene (natkrivene) sustave.

### **2.2.1. Akvaponika otvorenog tipa**

Akvaponika otvorenog tipa podrazumijeva umjetnu akumulaciju vode u kojem žive ribe u monokulturi ili polikulturi. Ova vrsta akvaponike sadrži sve varijante dizajna akvaponičkih sustava koji koriste slobodne površinske vode kao što su jezera ili ribnjaci u kombinaciji s hidroponskom komponentom na jezercu ili na kopnu. Pod ribnjaci se smatraju površinskim vodama koje je stvorio čovjek, a primjeri uključuju dobro poznate šaranske ribnjake, koji mogu, ali i nemoraju biti gnojenje ili dodatno aerirani. Dok prema tehnici uzgoja ribe meže biti proizvodnja u monokulturi ili polikulturi, odnosno pod ekstenzivnom i poluintenzivnom proizvodnjom. Ovo je vrlo isplativa metoda integriranja proizvodnje ribe i biljke. Koristi se vrlo malo tehničkih i energetske komponenti, uključujući minimalnu upotrebu pumpi za vodu u svrhu održavanja protoka vode i sl. S potrebe energije ovo je nisko zahtjevan sustav koji može biti pogonjen korištenjem solarne energije. Najčešće se sustav za uzgoj biljaka postavlja izravno iznad površine akumulacije. Vodena pumpa uzima vodu iz ribnjaka te ju prenosi do biljaka, a potom se voda gravitacijom vraća natrag u akumulaciju. U tom cirkuliranju voda se oslobađa ugljičnog dioksida i ostalih štetnih plinova nastali uzgojom ribe te razgradnjom organske tvari, a istovremeno se oksidira. Biljke izravno ovise o vodi iz akumulacije o hranjivim tvarima neophodnim za rast, pa se u svrhu bolje proizvodnje u akumulaciju mogu dodati dodatna gnojiva kako bi se pospješio rast biljaka. Biljke se često drže u šaržnom uzgoju i služe tržištu na kućnom pragu ili su samo za kućnu upotrebu (Rakocy, 2012.). Akvaponika otvorenog tipa također može uključivati proizvodnju morskih vrsta, kada se koriste hranjive tvari od poluintenzivne ili intenzivne proizvodnje škampi u obalnim kavezima (Palm i sur., 2018.).



Slika 3. Primjer otvorene akvaponike

(Izvor: <http://www.aquabiofilter.com/guidecasestudies.html>)

### **2.2.2. Kućna akvaponika**

Kućnom akvaponikom se uglavnom bave entuzijasti koji izgrađuju mini sustave u svrhu uzgoja ribe i biljaka za ljudsku prehranu. Sustavi kućne akvaponike dizajnom su slični onome što se smatra klasičnim dizajnom akvaponike. Odnosno, riba se uzgaja u bazenima, a voda se potom odvodi do biljaka koji su u zasebnom segmentu, ali čine jedan spojeni sustav. Ovakve mini instalacije općenito karakterizira mali volumen uzgojnih bazena za ribe, nasađeni u velikoj gustoći te mala površina za uzgoj biljaka. Kod sustava kućne akvaponike postoji potencijal za uzgoj crva (vermiponika). Obično se u tu svrhu koriste tigrasti crvi (*Eisenia fetida*) koji u sustavima akvaponike pomažu u uklanjanju raspadajućeg materijala od biljaka. Nuzproizvod vermiponike je gnojivo za biljke, a tigrasti crvi se primarno koriste kao dodatna hrana za ribe kada se izvade iz supstrata (Rakocy, 2012.). Ovi sustavi mogu se instalirati u urbanim područjima s velikom gustoćom stanovanja (Palm i sur., 2018.).



Slika 4. Jednostavni sustav kućne akvaponike

(Izvor: Portillo, 2020.)

### 2.2.3. Demonstracijski akvaponski sustavi

Demonstracijska akvaponika izgrađena je kako bi predstavila upotrebu prehrambenog lanca u akvaponskim proizvodnim sustavima. To uključuje, na primjer, akvaponičke pokazne jedinice u školskim učionicama ili industrijskim radionicama. Ovdje je objašnjeno načelo održive proizvodnje ribe i biljaka. Demonstracijski akvaponski sustavi mogu se koristiti kao, na primjer, živi zidovi na izložbama ili industrijskim zgradama. Akvaponika se također može koristiti u arhitekturi za uljepšavanje ljudskog okoliša. U ovom slučaju ne teži se komercijalnoj koristi. Spoj akvaponike i arhitekture u umjetničkom smislu ili kao sastavni dio građevina je u razvoju.



Slika 5. Primjer akvaponskog sustava

(Izvor: Cekić, 2016.)

#### 2.2.4. Komercijalni i polukomercijalni sustavi

Manje akvaponičke sustave karakterizira tehničko proširenje funkcionalnih komponenti i proizvodnih područja u usporedbi s prijašnjim tipovima sustava. Ovi sustavi izgrađeni su za potrebe prodaje putem tržnica ili štandova, stoga su veće površine te koriste više uzgojnih bazena i jedinica za proizvodnju biljaka. Korištenje više od jednog uzgojnog bazena i hidroponskih podjedinica omogućava raspoređenu, ali ne nužno i kontinuiranu proizvodnju ribe i biljaka. Za optimizaciju proizvodnje ribe i biljaka, ovi sustavi zahtijevaju mehaničke (sedimentator) i biološke (biofilter) jedinice za filtriranje.

Podjela komercijalnih akvaponskih sustava obavlja se prema površini koju zauzimaju. Pa tako mali polu-komercijalni sustavi imaju površinu od 50 do 100 m<sup>2</sup>. Tu ubrajamo urbano vrtlarstvo, krovnu akvaponiku, stambene tornjeve i vertikalnu akvaponiku. Srednji akvaponski sustavi imaju površinu između 100 i 500 m<sup>2</sup>. Dok veliki komercijalni akvaponski sustavi imaju površinu od 500 m<sup>2</sup> do nekoliko hektara. Komercijalni akvaponski sustavi jasno pokazuju trend prema industrijaliziranoj proizvodnji, s visokim stupnjem mehanizacije. Postoje pokušaji kombiniranja komercijalne hidroponske proizvodnje biljaka s otpadnim vodama i hranjivim tvarima koje potječu iz akvakulture. Malu akvaponiku su identificirali s proizvodnjom salate od 50 do 500 glavica. Mala akvaponika još uvijek često koristi sustave medijskih kreveta s različitim supstratima (ali uglavnom šljunkom) za uzgoj biljaka. Jedan od problema je upravljanje supstratom, od transporta do čišćenjem, jer je nespretan i težak. Tako da maksimalna površina za biljnu proizvodnju postaje ograničena. Zbog ovog problema korištenje šljunčanog medija uobičajeni su samo u akvaponici male veličine. Mali akvaponski sustavi označavaju daljnji razvoj kućnih akvaponskih sustava s proširenjem proizvodnog područja, uzgojnih bazena i hidroponičkih jedinica, a još uvijek ih tehnički mogu konstruirati neprofesionalci. Zbog svog tehnički relativno jednostavnog dizajna, ovi sustavi su naširoko korišteni.

Komercijalni akvaponski sustavi srednjih razmjera i komercijalne akvaponske sustave velikih razmjera traže maksimalnu proizvodnju ribe i biljaka. Zahtijevaju visoke investicijske troškove i vještine upravljanja, ali rade s visokim stupnjem mehanizacije uključujući kompjuterizaciju i praćenje kvalitete vode. Smješteni su unutar staklenika s kontroliranom klimom, a zbog kontrole klime uz veliku potrošnju energije često koriste alternativne izvore energije. Metode za postizanje maksimalnog prinosa uglavnom se mogu postići povećanjem broja biljaka koje se uzgajaju po uzgojnom području, odabirom i učinkovitim upotrebom hidroponskih

podstava i upotrebom najveće gustoće naseljenosti riba ili drugih vodenih životinja. Akvaponika velikih razmjera proizvodi uglavnom za neizravna tržišta poput trgovina mješovitim robom, restorana, institucija i veletrgovaca (Rakocy, 2012.).



Slika 6. Primjer polukomercijalnog akvaponskog sustava

(Izvor: <https://aquaponics.com/shop/commercial-aquaponics-online-course/>)

### 3. VRSTE RIBA I BILJAKA POGODNE ZA AKVAPONSKI UZGOJ

Mnoge vrste povrća mogu se uzgajati u akvaponskim sustavima. Međutim, cilj je uzgajati povrće koje će ostvariti najveću razinu prihoda po jedinici površine u jedinici vremena. Prema ovom kriteriju, kulinarsko (začinsko) bilje je najbolji izbor. Takvo bilje raste vrlo brzo i imaju visoke tržišne cijene. Prihod od začinskog bilja kao što su: bosiljak, korijander, vlasac, peršin, povrtni tušanj i metvica puno je veći od prihoda od plodnih kultura kao što su: rajčice, krastavci, patlidžan.



Slika 7. Vrste začinskog bilja koje se uzgaja u akvaponskom sustavu

(Izvor: <https://www.plakati.com.hr/shop/zacinsko-bilje/>)

Plodonosne kulture također zahtijevaju duža razdoblja uzgoja (90 dana ili više) i imaju više problema sa štetočinama i bolestima. Salata je još jedan dobar usjev za akvaponičke sustave jer se može proizvesti u kratkom razdoblju (3 do 4 tjedna u sustavu) te kao posljedica toga, ima relativno malo problema sa štetočinama. Za razliku od plodnih kultura, veliki dio začinskog bilja je jestiv. Ostale prikladne kulture su: blitva, pak choi, kineski kupus, potočarka, ali može se uzgajati još i : kelj, paprika, krastavac, rajčica, grah, grašak, tikvica, cvjetača, kupus i brokula. Uzgoj cvijeća ima potencijal u akvaponskim sustavima.



Slika 8. Vrste povrća koje se uzgaja u akvaponskom sustavu

(Izvor: <https://gastro-majstori.eu/prirucnici/grill-majstor/2-poznavanje-robe-i-tehnologija-namirnica/2-3-zivezne-namirnice-biljnog-podrijetla/2-3-2-povrce/>)

Dobri rezultati postignuti su s nevenom i cinijom u akvaponskom sustavu. (Rakocy, 2012.). Ribe su integralni dio akvaponskog sustava i formiraju simbiotski odnos sa biljkama u proizvodnji hrane. Odabir vrste ribe za akvaponski sustav ovisi od uvjeta sredine u kojoj je sustav smješten. Prva stvar kod izbora vrste ribe je čemu će te ribe služiti, osim osiguravanja hranljivih tvari biljkama. Ovisno o tome da li će ribe imati ornamentalnu svrhu ili će se proizvoditi riba za jelo ovisi i vrsta koja će biti naseljena u akvaponskom sustavu. Najbolje je koristiti vrste koje već žive u podneblju, a dobro podnose visoke gustoće nasada. Pri izboru vrste također treba obratiti pažnju da su, relativno otporne na bolesti, prilagodljive na različite parametre vode, kvalitetnog mesa ili lijepog izgleda ukoliko služe za ukras. U našim klimatskim uvjetima to su vrste kao što su: šaran, babuška, crni somić, sunčanice, tilapie, afrički som i sl. Za kućnu akvaponiku dobra opcija su ukrasne vrste akvarijskih ribica, pogotovo ukoliko je početnik sa akvaponikom. Akvarijske ribice su lako dostupne u velikim količinama, relativno su male veličine i cjenovno prihvatljive. Postoji širok spektar akvarijskih ribica, od hladnovodnih (gupike, japanke, koi šarani) do tropskih slatkovodnih ribica (ciklidi).





Slika 9. Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

(Izvor: <https://www.morskeproduktty.cz/en/produkt/tilapie>)



Slika 10. Gupi (*Poecilia reticulata*)

(Izvor: <http://www.akvarijum.org/forum/vrsta-gupika-t24887.html>)

Osim riba, u akvaponskom sustavu mogu se koristiti rakovi, slatkovodne školjke, puževi i kozice. Rakovi daju novu dimenziju akvaponici i dosta ljudi ih drži u svojim sustavima kako bi čistili dno uzgojnog bazena. Školjke su živi filteri i preporučuju se u ovakvim sistemima jer pomažu u filtraciji vode. Uzgoj biljaka u akvaponici se može odvijati na različitim supstratima, koji pored potpore biljkama, služe i kao biofilteri gdje se naseljavaju korisni mikroorganizmi. Supstrat može biti neorganski, organski ili sintetički. Od neorganskih supstrata koristi se silikatni pijesak, pečena glina (ekspandirana u obliku kuglica), perlit, vermikulit i kamena vuna. Mogu se koristiti i organski supstrati kao što je treset, vlakna kokosovog oraha, kore drveta i

piljevina, ali oni mogu značajno promijeniti sastav vode i stoga se ne preporučuju u suvremenoj akvaponici. Rasad sa formiranim korijenom se blago ukopava u supstrat, koji je konstantno vlažan od vode iz tankova, samim tim korjenovom sustavu su dostupne sve hranjive tvari. Biljke veoma brzo napreduju jer su im dostupne sve hranjive tvari iz vode.



Slika 11. Koi šarani u akvaponskom uzgoju

(Izvor: <https://www.agroklub.com/agro-hobi/sareni-i-umiljati-sarani-jedu-im-iz-ruke/28120/>)

## **4. PREDNOSTI I NEDOSTACI AKVAPONSKOG UZGOJA**

Akvaponika je čist način uzgajanja hrane, koja zahtijeva mnogo manje vremena i truda od tradicionalnog vrta. Ovaj sustav proizvodnje omogućava uzgoj zdravstveno sigurnog (organskog) povrća i ribe u bez previše fizičkog rada. Korištenjem akvaponike štedi se voda jer se bazira na zatvorenom sustavu u kojem voda neprekidno cirkulira te ne zahtijeva redovno navodnjavanje kao konvencionalni vrtovi. Upotrebom akvaponskog uzgoja na manjem prostoru se proizvodi više hrane nego u konvencionalnom vrtu, stoga nije potrebno puno prostora za proizvodnju vlastite hrane.

### **4.1. Prednosti akvaponskog uzgoja**

Postoji nekolicina prednosti i nedostataka akvaponije. Važni čimbenici za održivu poljoprivredu su prednosti sustava za okoliš i gospodarstvo, npr. učinkovitost vode. Akvaponija je hidroponski sustav koji koristi akvakulturu za uzgoj biljaka. Akvakultura, poznata i kao uzgoj ribe, omogućuje uzgajivačima ribe/poljoprivrednicima uzgoj i ulov slatkovodnih i morskih vrsta u kontroliranim uvjetima. U akvaponskim sustavima riblji otpaci se pretvaraju u hranjive tvari za povrće, pomoću bakterija. Cijeli proces je ekološki prihvatljiv, štedi vodu i ne stvara otpad.

#### **4.1.1. Bolja iskoristivost dostupnih resursa**

Biljke u hidroponiju rastu mnogo brže od onih u tlu. To je i glavna prednost ove metode uzgoja – biljke obično rastu 30-50 % brže i daju višestruko veće prinose. Veliki razlog za to je taj da su hranjive tvari unutar hidroponskog sustava biljkama dostupnije. Suprotno tome, biljke koje rastu u tlu moraju pretraživati medij da bi došle do hranjivih tvari. Jednostavan pristup hranjivim tvarima omogućava biljkama da lakše dođu do potrebnih hranjivih tvari, a neiskorištena energija je umjesto toga preusmjerena na rast biljke (Goddek i sur., 2015.). Međutim, da bi performanse akvaponike bile visoke, mora se prvo sustav uzgoja stabilizirati (uravnotežiti).

#### **4.1.2. Minimalno korištenje kemijskih preparata**

Kao i drugi hidroponski sustavi, akvaponija ne zahtijeva uporabu pesticida. Zapravo korištenje bilo koje vrste kemikalija može uzrokovati bolest kod riba, zbog čega uzgajivači moraju biti vrlo oprezni kada je u pitanju kvaliteta vode. Izbjegavanje kemikalija ne samo da održava niske troškove, već ima brojne prednosti za okoliš i ljudsko zdravlje.

#### **4.1.3. Gotovo nulti ekološki otisak**

Ekološke prednosti akvaponije upravo su najatraktivnije značajke ovog sustava uzgoja. Sveobuhvatno akvaponija zahtijeva vrlo malo vode te vrlo malo energije. Budući da se radi o zatvorenom sustavu, nema otpada i onečišćenja vode. Proizvodnja usjeva također je veća po kvadratnom metru nego što je to kod klasične poljoprivrede, što je ključno za uzgoj veće količine hrane za veće stanovništvo. Oni imaju ukupno za 45 % manji utjecaj na okoliš u usporedbi s alternativnim sustavima uzgoja.

#### **4.1.4. Tehnologija prilagodljiva klimatskim promjenama**

Mnoge nove tehnologije smatraju se održivima, ali zapravo nemaju otpornost na klimatske promjene. S rastućim globalnim stanovništvom i povećanom nesigurnošću opskrbe hranom, metode uzgoja koje su prilagođene klimatskim promjenama, važnije su nego ikad. Akvaponija je uistinu klimatski prilagodljiva metoda uzgoja koja proizvođačima omogućuje razne prilagodbe kako bi se uštedjela energija. Budući da je akvaponija zatvoreni sustav s kontroliranim uvjetima, lako je koristiti tehnologije koje se mogu prilagoditi klimatskim promjenama, poput temperaturnih razlika.

Pored povrća, na istom prostoru se uzgaja i riba, koja proizvodi gnojivo za biljke, te se isključuje i upotreba kemijskih preparata i umjetnog gnojiva. Nije potrebno koristiti hranjive otopine kao u hidroponi. Nije potrebno ni zagađivati ni koristiti skupa gnojiva poput konvencionalne poljoprivrede. Ovisno o nekim vrstama sastava koje voda ima na nekim područjima, potrebno je dodati neke elemente masline poput željeza, kalcija i kalija. Sistem s vremena na vrijeme ne stvara autonomno ove elemente u tragovima u dovoljnim količinama.

Akvaponski sustavi se lako sklapaju i rasklapaju pa su relativno mobilni. Na taj način vrt može pratiti svaku selidbu. (Rakocy, 2012.). Nema zaostale kontaminacije bilo koje vrste. Uz to, potrošnja vode je minimalna ako je uspoređujemo sa ostalim poljoprivrednim sistemima. To je zbog njegovog sistema recirkulacije. Tank zna nadoknaditi vodu koja se gubi isparavanjem.

Također nije potrebno postupati s ribljim otpadom kao u drugim tradicionalnim postupcima akvakulture. Oni se također ne protjeruju u more ili na tokove slatke vode i sprečava eutrofikaciju voda (Dujaković i sur., 2018.). Ima veliku otpornost na štetočine i bolesti.

Akvaponski sustavi su recirkulirajući sustavi akvakulture koji uključuju proizvodnju biljaka bez tla. Recirkulacijski sustavi dizajnirani su za uzgoj velikih količina ribe u relativno malim količinama vode tretiranjem vode radi uklanjanja toksičnih otpadnih proizvoda i zatim ponovnom upotrebom. U procesu ponovne upotrebe vode mnogo puta, netoksične hranjive i organske tvari se nakupljaju. Ovi metabolički nusproizvodi ne moraju se trošiti uzalud ako se kanaliziraju u sekundarne usjeve koji imaju ekonomsku vrijednost ili na neki način koriste primarnom sustavu proizvodnje ribe. Sustavi koji uzgajaju dodatne usjeve korištenjem nusproizvoda iz proizvodnje primarnih vrsta nazivaju se integrirani sustavi. Ako su sekundarni usjevi vodene ili kopnene biljke koje se uzgajaju zajedno s ribama, ovaj integrirani sustav naziva se akvaponski sustav. Biljke brzo rastu s otopljenim hranjivim tvarima koje riba izravno izlučuje ili nastaje mikrobnom razgradnjom ribljeg otpada. U zatvorenim recirkulacijskim sustavima s vrlo malom dnevnom izmjenom vode (manje od 2 posto), otopljene hranjive tvari nakupljaju se u koncentracijama sličnim onima u hidroponskim hranjivim otopinama. Akvaponski sustavi nude nekoliko prednosti. Otopljene otpadne hranjive tvari obnavljaju biljke, smanjujući ispuštanje u okoliš i povećavajući korištenje vode. Smanjenje izmjene vode smanjuje troškove upravljanja akvaponskim sustavima u sušnim klimama i grijanim staklenicima gdje je voda ili grijana voda što je značajan trošak. Biljke uklanjaju hranjive tvari iz vode kulture i eliminiraju potrebu za zasebnim i skupim biofilterima (Palm i sur, 2018.).



Slika 12. Akvaponski uzgoj u stakleniku

(Izvor: Diver i Rinehart, 2000.)

## **4.2. Nedostatci akvaponskog uzgoja**

Iako postoje mnoge prednosti akvaponije, također postoje i nedostaci. Postavljanje akvaponijskih sustava može biti veći trošak, a infrastrukturni zahtjevi mogu nekim proizvođačima srednje strukture priječiti ulaganje u komercijalne sustave.

### **4.2.1. Ograničen broj profitabilnih vrsta bilja i riba**

Akvaponija je pogodna za veći broj vrsta riba i nekoliko vrsta povrća, ali je sveukupni broj ograničen. Iako je sustav pogodan za slatkovodne i morske vrste riba, uključujući tilapiju, šarana i bas, broj vrste povrća je ograničen na usjeve koji zahtijevaju veliku količinu vode za rast kao što su krastavci i zelenog lisnato povrća npr. zelena salata.

Neke prednosti uključuju malu potrošnju vode i minimalno ulaganje. U mnogo aspekata to je inovativna tehnologija koja je prilagođena klimatskim promjenama i može doprinijeti većoj sigurnosti opskrbe hranom u odnosu na klimatske promjene. S druge strane, postoje određeni nedostaci ovog sustava uzgoja, uključujući troškove, zbog čega je i teško provesti ga u širem

opsegu. Bez obzira na to, akvaponija je industrija koja se i dalje razvija te koja će u budućnosti igrati ključnu ulogu u održivoj proizvodnji hrane.

#### **4.2.2. Velika potreba za električnom energijom**

Akvaponija možda ne zahtijeva preveliku količinu energije, ali potrebna energija za rad je i dalje velika. Bez obzira što je moguće koristiti obnovljivi izvor energije za akvaponski sustav, treba napomenuti da ovisnost o električnoj energiji može biti troškovno previsoko za neke uzgajivače. Sustav bi mogao bi doseći potrošnju od 1.500 do 2.000 kWh mjesečno zbog kontinuiranog rada sustava., ovisno o veličini proizvodnje.

#### **4.2.3. Visoka razina znanja**

Bez obzira bavite li se poljoprivredom, svejedno ćete morati naučiti potpuno novi sustav. Ideje nisu prenosive te je potrebno određeno vrijeme i novac za prilagodbu tehnologiji i određenim vrstama. Akvaponski sustavi su iz godine u godinu sve jeftiniji, ali budite spremni na ulaganje u rad i vrijeme te financije, kako biste postigli odgovarajuća očekivanja. Primjerice, neki usjevi mogu se ostaviti nekoliko dana ili čak tjedana uz automatizirane sustave prskalica. Neki akvaponski sustavi zahtijevaju svakodnevni nadzor. Provedite neko vrijeme istražujući različite korake i postavke prije nego što započnete veliko ulaganje.

#### **4.2.4. Slaba otpornost sustava prilikom kvara opreme**

Aspekti akvaponskog sustava izuzetno su klimatski prilagodljivi, s niskim ulozima i niskom potrošnjom vode, međutim drugi aspekti čine ga malo kompliciranijim. Infrastruktura i uvjeti koje zahtijeva zdrav sustav akvaponije čine ga manje otpornim od usjeva uzgojenih u tlu, koji se često mogu prilagoditi promjenjivim vremenskim uvjetima i temperaturnim promjenama. S druge strane, akvaponski sustav može neočekivano prestati s radom zbog problema u sustavu ili nestanka struje, što bi rezultiralo potpunim gubitkom usjeva. Sustavi akvaponije dovoljno su prilagodljivi da se mogu postaviti gotovo bilo gdje, uključujući urbana područja s velikom gustoćom stanovništva, međutim infrastrukturu i dalje može biti teško postaviti. Spremnici i pumpe potrebni su za biofiltraciju, a također su ključne i skladišne jedinice za pročišćavanje ribe i otpada. Ti čimbenici možda nisu bitna stavka za neke komercijalne uzgajivače, ali za male proizvođače koji traže veću sigurnost opskrbe hranom uvjeti infrastrukture mogu biti previsoki.

#### 4.2.5. Potreba infrastruktura

Glavna slabost u razvoju akvaponskih sustava većih razmjera je gospodarska održivost u usporedbi sa samostalnim sustavima (RAS, hidroponika) i različitim čimbenicima (npr. potrošnja energije) koji utječu na gospodarski neuspjeh ili uspjeh. Integrirani sustavi akvakulture definirani su kao istodobna ili uzastopna povezanost dviju ili više poljoprivrednih djelatnosti, od kojih je jedna akvakultura. Na primjer, integrirana akvakultura može se definirati kao integracija druge (sekundarne) vrste (ribe, biljke ili alge) u sustav koji ima koristi od glavne ciljane vrste (npr. ribe). Postoje četiri različite vrste integriranih sustava proizvodnje koji kombiniraju uporabu vode i integraciju sekundarnog ili više vrsta koje imaju koristi jedna od druge. Postoje različiti oblici sustava riba, navodnjavanih, hranjenih kišom, dubokih voda i obalnih sustavi. Najčešće korištena komponenta je područje polja u kojem polja sadrže korito za koncentriranje ribe s pokrovom kako bi se riba zaštitila od prekomjerne temperature.

Akvaponika se također može smatrati integriranim sustavom akvakulture na kopnu u kojoj se otpadna voda koristi za uzgoj biljaka bez tla. Vodeni organizmi mogu se držati u monokulturi, polikulturi ili pod integriranim uvjetima akvakulture. Moderni akvaponski sustavi koriste tehnološke komponente za recirkuliranje vode u jedinici za proizvodnju ribe i izvršiti čvrsto uklanjanje. Međutim, nakon više od 40 godina razvoja, široka varijacija sustava postoji, što zahtijeva pažljivo preispitivanje terminologije. Integrirana akvakultura (IMTA) najnoviji je oblik integracije vrsta unutar proizvodnih sustava akvakulture i izvorno je razvijena za morske organizme. U IMTA-i se kombiniraju vrste koje koriste različite trofičke razine i, u kombinaciji, mogu smanjiti količinu hranjivih tvari u okolišu ili čak da postanu izolirani. Glavni cilj je hraniti manje razvijene (primitivnije) vrste organizama od ostataka hrane za razvijenijih životinjskih vrsta akvakulture i njihove metaboličke proizvodnje kako bi se učinkovito iskoristio stvarni ulazni resurs riblje hrane za životinje i održivost, uz istodobno smanjenje negativnih izlaza otpada u okoliš. Međutim, poljoprivreda je ovdje važna riječ i koncept, kao akvakultura uzgaja vodene organizme i postoji zakonsko vlasništvo nad objektima koji mogu potraživanje vlasništva nad proizvodnjom. Bez vlasništva, proizvodnja ribe pada pod ribarstvo i ribolov koji je nešto potpuno drugačije logistički i pravno. Ovaj opći koncept uzgoja mora se primjenjivati i na akvaponiku u kojoj se nalaze ribe ili drugi vodeni organizmi kao središte proizvodnog sustava.



## 5. TEHNIČKI, EKOLOŠKI I EKONOMSKI IZAZOVI

Akvakultura označava više aktivnosti u smislu primjene biologije, genetike, ekonomije, tehnologije i ostalih potrebnih znanja. To je skup aktivnosti za uređenje i kontrolu vodene sredine u svrhu proizvodnje životinja i biljaka korisnih čovjeku. Intenzivan razvoj akvakulturne industrije je popraćen porastom utjecaja na okoliš. Recirkulacijska akvakultura je tehnologija za proizvodnju riba ili drugih akvatičnih organizama ponovnim korištenjem vode. Recirkulacijska tehnologija je bazirana na uporabi mehaničkih, električnih i bioloških komponenti filtracije koje omogućuju pročišćavanje i obradu uzgojne vode te njeno kontinuirano i ponovno korištenje. Recirkulacijski sustavi su dizajnirani za uzgoj velikih količina ribe u relativno malom volumenu vode tretirajući je navedenim procesima filtracije. Uz očuvanje energije i smanjenje površine kopna potrebne za uzgoj, prednost je u smislu smanjenja potrošnje vode, napredne mogućnosti gospodarenja otpadom i recikliranja hranjivih tvari, bolje higijene i upravljanja bolestima te biološke kontrole onečišćenja. Prednosti ovakvih sustava su mnogobrojne: od zaštite okoliša zbog recikliranja vode, preko organske ishrane biljaka i uklanjanja otpadnih tvari iz vode, pa do smanjenja potreba za zemljištem za proizvodnju povrtnih kultura i na kraju do redukcije patogena u akvakulturnoj proizvodnji (Roštan Cahunek, 2017.).



Slika 13. Ekološki i ekonomski održivi razvoj

(Izvor: Diver i Rinehart, 2000.)

## 5.1. Okolišna (ekološka) i gospodarska održivost

Troškovi rada i energije glavni su kritični čimbenici industrijskoj proizvodnji povrća u staklenicima u Europi. Akvaponski uzgoj je radno intenzivna tehnologija: proces rada i održavanje takvih sustava stvara nova radna mjesta i prihode, ali i visoke troškove rada, s obzirom da se praćenje mora se obavljati svakodnevno, uključujući i vikende. Tvrdnje o hranjivim tvarima i vodno učinkovitoj proizvodnji hrane ovise o opsegu recikliranja/cirkulacije hranjive tvari i voda u sustavu. Ušteda vode međutim, očekuje se da će stanje biti najpovoljnije u područjima s nestašicom vode. U Europi i Sjevernoj Americi, gdje je voda više u izobilju, diskurs održivosti i otuđenosti između potrošača i proizvođača kao rezultat vrlo visokog specijaliziranih procesa i vrijednosti otvaraju ekonomski potencijal za neposredni marketing farmi s akvaponičkim sustavom. Najveći porast ljudske populacije u svijetu dogodit će se u urbanim područjima. Sigurnost opskrbe hranom i infrastruktura postat će središnje pitanje, a akvaponija može biti njihovo rješenje. Već danas, mnoga urbana područja širom svijeta suočavaju se s izazovom infrastrukture za opskrbu hranom (npr. takozvane „stanje nestašice hrane“). Primjena sustava akvaponskog uzgoja kao sustava urbane poljoprivrede ili kao poljoprivrede u drugim sredinama mogao bi pomoći u ublažavanju nestašice hrane. Međutim, u urbanim sredinama, sustav akvaponskog uzgoja može upotpuniti i druge funkcije osim proizvodnje hrane. Na primjer, može poslužiti kao i pomoć u obrazovanju u školama, ozelenjavanje interijera (pružanje bolje klime/atmosfere u javnim zgradama i kućama), te kao jedinica u socijalnim institucijama. U Italiji, na primjer, psihoterapijska bolnica provodi akvaponiku u rehabilitaciji ljudi nakon određenog oblika psihološke traume. Akvaponika se može koristiti za poboljšanje života kućanstva i zajednice. Riba je važan izvor bjelančevina u zemljama s niskim i srednjim dohotkom te povrće poboljšava prehranu. Međutim, pod povoljnijim klimatskim uvjetima (tropskim i subtropskim), akvaponski sustavi mogu biti vrlo jednostavni, te se sastoje od neizoliranih vanjskih jedinica (jednostavnija tehnologija). Ovisno o posebnim uvjetima, akvaponski sustavi mogu pružiti održiv izvor hrane u zemljama s niskim i srednjim dohotkom, pogotovo tamo gdje su klimatski uvjeti povoljni (König i sur., 2016.).

Ekonomija akvaponičkih sustava ovisi o specifičnim uvjetima lokacije i tržištima. Bilo bi netočno raditi široke generalizacije jer materijalni troškovi, troškovi izgradnje, operativni troškovi i tržišne cijene variraju ovisno o lokaciji. Na primjer, vanjski tropski sustav bio bi jeftiniji za izgradnju i rad od sustava staklenika s kontroliranim okolišem u umjerenom klimi (Rakocy, 2012.).

Ključna ekonomska razmatranja za bilo koju vrstu poslovanja uključuju:

1. ukupna ulaganja potrebna za izgradnju objekata i kupnju potrebne opreme
2. godišnje troškove rada sustava
3. realne procjene tržišnih cijena, stupnja tržišnog natjecanja na tržištima koja će se ciljati i realne procjene prihoda koji će se ostvariti

Procjena iznosa potrebnog ulaganja vjerojatno je najlakši korak pri pokretanju jedinice za akvaponski sustav. Procjene troškova za staklenik i razne vrste spremnika, plastičnih cijevi, pumpi i filtera su lako dostupne. Potrebno je pažljivo razmišljati o planiranju svih potrebnih komponenti poslovanja. Godišnje troškove upravljanja sustavom postaje malo teže procijeniti, s obzirom na to da su mnogi od ovih sustava prilično novi s nekoliko sveobuhvatnih analiza njihovih troškova i povrata tijekom vremena. Zimi može rezultirati potpunim gubitkom usjeva. Zaraze bolestima ili parazitima mogu biti teške jer se u akvaponskim sustavima mogu koristiti samo biološke kontrole, budući da kemikalije mogu ubiti druge organizme integrirane u sustav. Važno je donekle podcijeniti rast i prinos ribe i biljaka i malo precijeniti troškove. Vjerojatnije je da će takav konzervativni pristup rezultirati uspješnim poslovnim planom. Najizazovniji aspekt upravljanja operacijom akvaponskog sustava je razviti realan, točan i izvediv marketinški plan. Uzgoj ribe u zatvorenom prostoru je dva do tri puta skuplji od uzgoja ribe u otvorenim ribnjacima. Stoga će profitabilna akvaponika morati pronaći i razviti tržište koje će platiti cijenu višu od prosječne za usjev (Engle, 2016.).

## 5.2. Reciklacija otpadnih voda

Akvakultura je u posljednje vrijeme, kao i ostali sektori proizvodnje hrane, suočena s izazovom ekološki, socijalno, financijski i energetske održivim razvojem. Tradicionalne uzgojne tehnologije se sve više smatraju onečišćujućim i neodrživim. Većina uzgajivača neprekidno pokušava pronaći načine i sredstva kojima bi unaprijedili postojeću proizvodnju i osigurali njezinu održivost, učinkovitost i isplativost. Ograničene količine vode, cijena zemljišta, negativan utjecaj na okoliš, kvaliteta vode, povećan broj bolesti i ostali negativni učinci, prisiljavaju uzgajivače na razvoj i primjenu novih, ekoloških i ekonomskih prihvatljivih uzgojnih tehnologija, koje će zadovoljiti rastuće potrebe za hranom i novim trendom zdrave prehrane. Proces proizvodnje ribe kontinuirano stvara čvrsti i tekući otpad, kao i ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>). Količina proizvedenog otpada proporcionalna je količini korištene hrane. Otprilike 25 % hrane se izlučuje kao kruti otpad. Tekući otpad uključuje amonijak, nitrite, nitrate, fosfate i ostale otopljene tvari u uzgojnoj vodi. Metode obrade ovise o proizvodnom sustavu (protočni, kavezni, bazeni, recirkulacijsku akvakulturni sustav), volumenu i koncentraciji otpadne vode. Uginula riba i prerađivački otpad, druga grupa krutog otpada su jedna od problema na farmama i objektima za preradu ribe. Otpadne vode iz različiti akvakulturnih sustava za proizvodnju ribe razlikuju se po volumenu, količini otopljenih tvari i količini suspendiranih i istaloženih čestica. Protočni sustavi izbacuju velike količine vode koja sadrži nisku koncentraciju otopljenih tvari (amonijak, nitriti, nitrati, fosfati) i mehaničkih čestica, i ima nisku vrijednost biološke (BOC) i kemijske (COD) potrošnje kisika. Reciklacijski ciklusi otpuštaju male količine otpadne vode koja sadrži visoke koncentracije otopljenih otpadnih tvari i mehaničkih čestica. Takva tehnologija je razvijena za pročišćavanje voda i nudi nekoliko mogućih opcija. Od one najjednostavnije, da se otpadna voda ispušta u kanalizacijski sustav bez pročišćavanja do sofisticiranih postrojenja koji mehaničkom filtracijom, aerobnom i anaerobnom biološkom filtracijom i kemijskim metodama pročišćavaju otpadnu vodu iz uzgojnih sustava. Također, druge dostupne opcije su taložne lagune, direktna aplikacija na poljoprivredno zemljište, umjetne močvare, mehanička i biološka filtracija i hidroponija. Kombinacijom proizvodnje ribe s hidroponskim uzgojem, ili sofisticiranije s aerobnom stabilizacijom i hidroponskim uzgojem bilja nastaje akvaponijski sustav, gdje zajednica akvakulture i zbrinjavanja otpada predstavljaju profitabilan poslovni uspjeh. Posljednja metoda se sastoji od primarne obrade otpadne vode u jednostavnim bakterijskim bioreaktorima, to su aerobni stabilizatori u kojima se bakterijskom razgradnjom mineralizira organska tvar. Postupak se odvija u aerobnim uvjetima na temperaturi od 10-20 °C i traje dva

do tri tjedna. Tekućina iz bioreaktora se raspršuje po umjetnoj močvari. Umjetnu močvaru predstavlja bazen, u kojem su raspoređeni jednoliko slojevi krupnijeg šljunka po dnu, zatim sloj sitnijeg šljunka i sloj pijeska na površini. Na površini ostaje mehanički materijal dok se tekućina filtrira kroz slojeve pijeska i šljunka. Čvrsti materijal s površine sakuplja se svakih nekoliko mjeseci i koristi kao organsko gnojivo. Profiltrirana bistra tekućina bogata otopljenim nutrijentima i mineralima sakuplja se na dnu bazena i pumpa u staklenika za akvaponijsku proizvodnju povrća i vodenog bilja. Biljke koristeći nutrijente i minerale pročišćavaju vodu, koja se može sterilizirati i ponovo koristiti u uzgojnim bazenima ili kao otpadna voda zadovoljavajuće kvalitete ispustiti se u prirodne recipijente (Gavrilović i Dujaković, 2019.).



Slika 14. Shematski prikaz reciklacijskog akvakulturnog sustava

(Izvor: Piščak, 2016.)

## 6. BUDUĆNOST RAZVOJA AKVAPONSKOG SUSTAVA

Akvaponski uzgoj se može smatrati suvremenim i ekološki održivim sustavom poljoprivredne proizvodnje koji podržava razvoj ekonomije recikliranja. Može se integrirati u postojeće lance vrijednosti, bilo da dolazi sa strane akvakulture ili biljne proizvodnje. Međutim, uspješan prijenos često manjih sustava u komercijalne aplikacije zahtijeva širok raspon vještina i istraživačkih potreba. U upotrebi je mnogo različitih akvaponiskih sustava. Međutim, klimatski čimbenici mogu i hoće odrediti vrste uzgajane ribe i povrća kao i opći sastav. Spojeni sustavi zahtijevaju relativno stabilne uvjete za proizvodnju ribe i biljaka i često su tehnološki ograničeni zbog svoje manje veličine i nižih troškova ulaganja. Njihov budući razvoj leži u brojnim malim do srednjim polukomercijalnim pothvatima, vođenim sve većom potražnjom za lokalno i regionalno proizvedenim zdravim i održivim prehrambenim proizvodima gdje može biti ograničena opskrba vodom i prostorom i gdje investicijski troškovi moraju biti niski. U tim je sustavima potreban optimalan odabir riba, poliponika i biljnih vrsta (također međusjeka) kako bi bili održivi, gdje su kemo-fizičke karakteristike i dinamika hranjivih tvari uravnoteženi. Međutim, zbog ograničenja hranjivih tvari, čini se da je povećanje takvih sustava ograničeno na određenu veličinu. Akvaponski uzgoj kombinira akvakulturu s uzgojem biljaka i usjeva u supstratu ili tlu. Do sada nije provedeno istraživanje o tome kako izmjeriti utjecaj akvaposkog otpada na rad biljaka u usporedbi s uobičajenom poljoprivrednom praksom. Budući razvoj uključuje posebne akvaponike, poput vertikalne akvaponike, urbanog vrtlarstva i krovne akvaponike, živih zidova i živih tornjeva. Postoje velika nagađanja i vizije o tome kako će naši budući gradovi izgledati i kako će moći proizvoditi, i u tom smislu, potrebno je mnogo više rada kako bi se akvaponika integrirala kao sastavni dio ovih vizija. Dok su danas istraživanja usmjerena na vertikalnu akvaponiku i žive zidove kao posebne komponente, oni će najvjerojatnije postati dio integriranih sustava koji se spajaju u naša pametna gradska okruženja. Mnogo posla tek treba biti učinjeno u integraciji prikupljanja i upravljanja vodom, ponovne upotrebe vode, opskrbe energijom i upravljanja otpadom. Važno je naglasiti da će ovo vjerojatno biti dio budućnosti, u kojoj se trajnom opskrbom upravlja na održiv način kako bi se zadovoljili sve veći zahtjevi tržišta, posebno kako gradovi rastu. Kako bi se to postiglo, potrebna su značajna istraživanja u postavljanju i dizajnu vertikalne akvaponike, posebno interesi za supstrate za uzgoj biljaka i tehničke mogućnosti, npr. rotirajući sustavi uzgoja koji su usmjereni prema sunčevoj svjetlosti (Palm i sur., 2018.).



Slika 15. Vizija budućnosti akvaponskog ugoja

(Izvor: Kotzen i sur., 2019.)

## 6.1. Kompostiranje

Za većinu hrvatskih proizvođača ribe zbrinjavanje uginule ribe i ostalog ribljeg otpada predstavlja problem. Dostupni načini obrade su silaža, proizvodnja ribljeg brašna i ulja, bakterijska digestija i kompostiranje. Kompostiranje je efikasna metoda za ekološki čisto i ekonomično rješavanje krutog otpada a ribljih farmi i pogona peradi. Otpad se pomiješa s određenim postotkom biljnog materijala i povremeno miješa. Pri povišenoj temperaturi koja se stvara bakterijskom razgradnjom otpada i biljnog materijala stvara se mješavina organskih materijala i mikroorganizama koja predstavlja prirodno gnojivo za organsku proizvodnju biljaka. Proces je ekološki čist i značajno smanjuje onečišćenje tla i vode. Također, uništava patogene organizme i ličinke muha. Kompostiranje je živi proces jer 1 cm<sup>3</sup> materije sadrži bilijune živih mikroorganizama koji zauzimaju 50 % ukupnog kompostnog volumena. Sa ekonomske i ekološke strane gledišta dobiveni kompost se značajno razlikuje od umjetnik gnojiva. Umjetna gnojiva se proizvode kemijskim procesom od inertnih materijala kojima se biljke direktno hrane pa je taj proces štetan za tlo. Kompos donosi kompleksnu prirodnu biosinteziranu kombinaciju nugtrijenata i mikroorganizama koji djeluju simbiotički s biljkama. Kompostiranje je učinkovita i ekološka metoda čiji je konačni produkt mješavina organskih materijala i mikroorganizama, tj. prirodno organsko gnojivo.



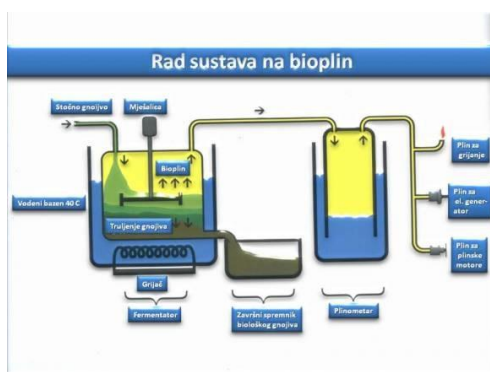
Slika 16. Komposter

(Izvor: Aleksić i Šušteršič, (2020.)



## 6.2. Produkcija bioplina i biodizela

Inovativnim tehnologijama i pravilnim upravljanjem, otpad iz akvakulture i nusproizvodi prerade ribe mogu se koristiti za proizvodnju bioplina i biodizela i tako povećati održivost i profitabilnost u poslovanju. Bioplin je proizvod biološkog razlaganja organskog otpada postupkom anaerobne digestije. Anaerobnom digestijom se omogućuje emisija metana u atmosferu koja nastaje kao rezultat nekontroliranog anaerobnog razlaganja organske tvari. Samim time se smanjuje uporaba fosilnih goriva, a time i emisija ugljikovog dioksida u okolišu. Na takav se način mogu koristiti i istaložene krute čestice iz otpadne vode ribljih farmi i nejestivi nusproizvodi od ribe. Prije procesa anaerobne digestije, riblji se otpad podvrgava procesu pasterizacije. To je usitnjavanje do čestica 12 mm koje se izlažu toplinskom tretmanu na 70 °C u trajanju 60 minuta. Za što veću ekonomsku isplativost u proizvodnji bioplina miješaju se riblji nusproizvodi sa stajskim gnojivom. Na takav način se može integrirati akvakultura, stočarska proizvodnja i proizvodnja energije iz obnovljivih izvora. Proizvedeni bioplin se koristi za zagrijavanje uzgojnih pogona i proizvodnju električne energije. Za razliku od biodizela, digestat je nusproizvod koji se u proizvodnji bioplina dalje prerađuje i koristi kao gnojivo. Akvaponika predstavlja kombinaciju hidroponike (uzgoja biljaka u vodenom supstratu, a ne na zemlji) i akvakulture (uzgoja ribe) te predstavlja novi pomak u proizvodnji kako ribe, tako i biljaka. Akvaponski sustavi predstavljaju idealni alat održivog razvoja u gradovima, s obzirom na karakteristike sustava. To je zapravo metoda uzgoja biljaka bez zemlje, jer sve hranjive tvari koje osiguravaju ribe, biljke usvajaju preko vode. Zdrava i organski uzgojena hrana već je nekoliko godina prioritet velikom broju ljudi diljem svijeta, a u posljednje vrijeme svi smo postali svjesni koliko je bitno poznavati porijeklo i način uzgoja namirnica koje unosimo u svoj organizam.



Slika 17. Rad sustava na bioplin

(Izvor: <https://www.agroklub.com/agrogalerija/proizvodnja-bioplina-313/>)

## 7. ZAKLJUČAK

Primjena novih tehnologija, jedna je od načina razvitka ekološki, socijalno, financijsko i energetski održive proizvodnje. Reciklacijski akvakulturni sustavi namijenjeni su za kontrolirani uzgoj ribe i drugih vodenih organizama osiguravajući zdrav i siguran proizvod. Hidroponika je tehnologija uzgoja biljaka u hranjivoj otopini bez dodatnog medija za ukorjenjivanje te je korijeni biljke suspendirani u statičnoj, kontinuirano prozračenoj hranjivoj otopini ili kontinuiranom protoku hranjive otopine. Prilikom proizvodnje ribe u reciklacijskim akvakulturnim sustavima nastaje otpadna voda bogata hranjivim tvarima, koje se potom koristi u hidroponiji, gdje biljke koriste te hranjive tvari i pročišćavaju vodu. Takvom sinergijom dva profitabilna proizvodna procesa nastao je novi sustav kombiniranog uzgoja – akvaponija. Uzgojni sustavi se međusobno nadopunjuju i na prirodan način rješavaju problem otpadnih voda. Akvaponija, zbog svog integrativnog karaktera i višestrukog načina primjene od složenije tehnologije do jednostavnije, je atipična i složena tehnologija proizvodnje hrane. Složenost sustava i njegova primjena u različitim okruženjima potencijalno utječu na izvršenje svih aspekta održivosti: gospodarski, okolišno i društveno.

## 8. POPIS LITERATURE

1. Aleksić, N., & Šušteršič, V. (2020). Analysis of application of aquaponic system as a model of the circular economy: A review. *Recycling and Sustainable Development*, 13(1), 73-86.
2. Aquabiofilter (No date) Floating wetlands, floating islands, Aqua biofilter, aquaponics, floating reedbeds, aquaponics kitchen garden, biofilm, floating biofilter, algal bloom, aquaculture, waste water treatment |. Available at: <http://www.aquabiofilter.com/guidecasestudies.html>
3. Cekić, B. (2016) Akvaponika - Novi pomak U proizvodnji biljaka i Ribe, Agrokлуб.ba. Available at: <https://www.agrokлуб.ba/eko-proizvodnja/akvaponika-novi-pomak-u-proizvodnji-biljaka-i-ribe/23779/>
4. Commercial aquaponics online course (no date) Nelson and Pade, Inc. Available at: <https://aquaponics.com/shop/commercial-aquaponics-online-course/>
5. Diver, S., & Rinehart, L. (2000). *Aquaponics-Integration of hydroponics with aquaculture*. Attra.
6. Engle, C. R. (2016). *Economics of aquaponics*. Oklahoma Cooperative Extension Service.
7. Gavrilović, A., & Jug-Dujaković, J. (2019). *Izazovi razvoja održive akvakulture: Primjena novih tehnologija*. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet: Zagreb, Croatia, 353.
8. Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H., & Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. *Sustainability*, 7(4), 4199-4224.
9. Homemade fish tank for aquaponics : Fish for Aquaponics (no date) Homemade Fish Tank For Aquaponics : Fish For Aquaponics ~. Available at: <https://monteii.blogspot.com/2013/08/homemade-fish-tank-for-aquaponics-fish.html>
10. Jug Dujaković, J., Gavrilović, A., & Van Gorder, S. (2018). Osnovni dizajn dva održiva akvaponijska proizvodna sustava. *Zbornik sažetaka*, 53, 370-374.
11. König, B., Junge, R., Bittsanszky, A., Villarroel, M., & Kórnives, T. (2016). On the sustainability of aquaponics. *Ecocycles*, 2(1), 26-32.
12. Kotzen, B., Emerenciano, M. G. C., Moheimani, N., & Burnell, G. M. (2019). Aquaponics: Alternative types and approaches. *Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future*, 301-330.

13. Palm, H. W., Knaus, U., Appelbaum, S., Goddek, S., Strauch, S. M., Vermeulen, T., ... & Kotzen, B. (2018). Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature. *Aquaculture international*, 26, 813-842.
14. Piščak, D. (2016). *Perspektive recirkulacijskih akvatičnih sustava i ekološka održivost* (Doctoral dissertation, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Faculty of agriculture. Department for hunting, fishery and beekeeping).
15. Portillo, G. (2020) *Akvaponika: šta je to, koristi, Značaj I Industrijski Projekti, De peces*. Available at: <https://www.depeces.com/bs/akvaponika.html/amp>
16. *Prednosti i nedostaci akvaponije* (2024) *Enviroment.co*. Available at: <https://environment.co/pros-and-cons-of-aquaponics/>
17. *Proizvodnja Bioplina* (no date) *Agroklub.com*. Available at: <https://www.agroklub.com/agrogalerija/proizvodnja-bioplina-313>
18. Rakocy, J. E. (2012). Aquaponics—integrating fish and plant culture. *Aquaculture production systems*, 344-386.
19. Roštan Cahunek, D. (2017). *Monitoring fizikalno-kemijskih pokazatelja vode pri akvaponskom uzgoju radiča i salate* (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Agriculture. Department of Fisheries, Beekeeping, Game Management and Special Zoology).
20. Wei, Y., Li, W., An, D., Li, D., Jiao, Y., & Wei, Q. (2019). Equipment and intelligent control system in aquaponics: A review. *Ieee Access*, 7, 169306-169326.

## 9. SAŽETAK

Akvaponični sustavi kombiniraju recirkulacijsku akvakulturu i hidroponiku za biljnu proizvodnju. Hranjive tvari dobivene kao rezultat metabolizma riba koriste se za rast biljaka. Korištenjem akvaponike štedi se voda jer se bazira na zatvorenom sustavu u kojem voda neprekidno cirkulira te ne zahtijeva redovno navodnjavanje kao konvencionalni vrtovi. Upotrebom akvaponskog uzgoja na manjem prostoru se proizvodi više hrane nego u konvencionalnom vrtu, stoga nije potrebno puno prostora za proizvodnju vlastite hrane. Prednosti ovakvih sustava su mnogobrojne: od zaštite okoliša zbog recikliranja vode, preko organske ishrane biljaka i uklanjanja otpadnih tvari iz vode, pa do smanjenja potreba za zemljištem za proizvodnju povrtnih kultura i na kraju do redukcije patogena u akvakulturnoj proizvodnji.

**Ključne riječi:** akvaponika, hidroponika, perspetiva

## **10. SUMMARY**

Aquaponic systems combine recirculating aquaculture and hydroponics for crops production. As a result of fish metabolism, nutrients are used for plant growth. The use of aquaponics saves water as it is a closed system in which there is a constant water circulation and it does not require regular irrigation like traditional farming. By using aquaponic farming, more food is produced in a smaller area than in traditional farming, therefore it does not take much space to produce your own food. These systems have numerous benefits: from environmental protection such as water recycling, to organic plant nutrition and contaminants removal from wastewater; all the way to the reduced need for nourished soil for the production of vegetable crops and finally to the reduction of pathogens in aquaculture production.

**Key words:** aquaponic, hidroponic, perspective

## 11. POPIS SLIKA

Slika 1. Dizajn akvaponskog sustava .....	3
Slika 2. Primjer akvaponskog sustava.....	5
Slika 3. Primjer otvorene akvaponike .....	7
Slika 4. Jednostavni sustav kućne akvaponike.....	8
Slika 5. Primjer akvaponskog sustava.....	8
Slika 6. Primjer polukomercijalnog akvaponskog sustava.....	10
Slika 7. Vrste začinskog bilja koje se uzgaja u akvaponskom sustavu .....	11
Slika 8. Vrste povrća koje se uzgaja u akvaponskom sustavu .....	12
Slika 9. Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	13
Slika 10. Gupi ( <i>Poecilia reticulata</i> ) .....	13
Slika 11. Koi šarani u akvaponskom uzgoju .....	14
Slika 12. Akvaponski uzgoj u stakleniku .....	18
Slika 13. Ekološki i ekonomski održivi razvoj .....	21
Slika 14. Shematski prikaz reciklacijskog akvakulturnog sustava.....	25
Slika 15. Vizija budućnosti akvaponskog ugoja .....	27
Slika 16. Komposter.....	28
Slika 17. Rad sustava na bioplin .....	29

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij Zootehnika, smjer: Specijalna zootehnika

## Perspektiva akvaponičnih sustava

Dora Bartolović

**Sažetak:** Akvaponični sustavi kombiniraju recirkulacijsku akvakulturu i hidroponiku za biljnu proizvodnju. Hranjive tvari dobivene kao rezultat metabolizma riba koriste se za rast biljaka. Korištenjem akvaponike štedi se voda jer se bazira na zatvorenom sustavu u kojem voda neprekidno cirkulira te ne zahtijeva redovno navodnjavanje kao konvencionalni vrtovi. Upotrebom akvaponskog uzgoja na manjem prostoru se proizvodi više hrane nego u konvencionalnom vrtu, stoga nije potrebno puno prostora za proizvodnju vlastite hrane. Prednosti ovakvih sustava su mnogobrojne: od zaštite okoliša zbog recikliranja vode, preko organske ishrane biljaka i uklanjanja otpadnih tvari iz vode, pa do smanjenja potreba za zemljištem za proizvodnju povrtnih kultura i na kraju do redukcije patogena u akvakulturnoj proizvodnji.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** izv. prof. dr.sc. Dinko Jelkić

**Broj stranica:** 37

**Broj slika:** 17

**Broj tablica:** 0

**Broj literaturnih navoda:** 20

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** akvaponika, hidroponika, perspetiva

**Datum obrane:** 12. srpnja 2024.

### Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc. Siniša Ozimec, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Dinko Jelkić, mentor
3. prof. dr. sc. Anđelko Opačak, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, Osijek



# **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Graduate Thesis**

**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**

**Graduate University Study Zootechnique, Course: Special zootechnics**

## **Perspective of aquaponic systems**

Dora Bartolović

**Abstract:** Aquaponic systems combine recirculating aquaculture and hydroponics for crops production. As a result of fish metabolism, nutrients are used for plant growth. The use of aquaponics saves water as it is a closed system in which there is a constant water circulation and it does not require regular irrigation like traditional farming. By using aquaponic farming, more food is produced in a smaller area than in traditional farming, therefore it does not take much space to produce your own food. These systems have numerous benefits: from environmental protection such as water recycling, to organic plant nutrition and contaminants removal from wastewater; all the way to the reduced need for nourished soil for the production of vegetable crops and finally to the reduction of pathogens in aquaculture production.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** Dinko Jelkić, Ph.D., Associate Professor

**Number of pages:** 37

**Number of pictures:** 17

**Number of tables:** 0

**Number of references:** 20

**Number of attachments:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** aquaponic, hidroponic, perspective

**Thesis defended on:** July 12, 2024

### **Reviewers:**

1. Siniša Ozimec, Ph.D., Full Professor, President
2. Dinko Jelkić, Ph.D., Associate Professor, Mentor
3. Anđelko Opačak, Ph.D., Full Professor, Member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia