

Pilot projekt akvaponskog sustava

Ozimec, Barbara

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:477688>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-19**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
ODJEL LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE
STUDIJ LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE

BARBARA OZIMEC

PILOT PROJEKT AKVAPONSKOG SUSTAVA
ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2015.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
ODJEL LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE
STUDIJ LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE

BARBARA OZIMEC

PILOT PROJEKT AKVAPONSKOG SUSTAVA
ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr. sc. Nina Popović, v. pred.

KARLOVAC, 2015.

SAŽETAK:

Akvaponika je ekološki prihvatljiva tehnologija uzgoja hrane koja se temelji na prirodnim biološko – ekološkim procesima te nema nikakav štetan utjecaj na okoliš. Predstavlja sustav proizvodnje hrane koji kombinira tehnike akvakulturne proizvodnje riba, s tehnikama hidroponskog uzgoja bilja.

Budući da je u Hrvatskoj akvaponski uzgoj nepoznat, cilj pilot projekta je ukazati na potencijal akvaponike u proizvodnji hrane.

Za izradu sustava korišteni su većinom reciklirani materijali, a ribe su ulovljene u lokalnoj rijeci. Praćenje stanja sustava je vršeno uz pomoć testera za kemiju vode (amonijak, nitrati, nitriti, pH). U pet mjeseci trajanja pilot projekta, urod povrća je bio veći nego u tradicionalnom vrtu. Ušteda vode u sušnim razdobljima je velika, umjetna gnojiva nisu korištena i održavanje vrta se svodi na praćenje kemije vode i hranjenje riba.

U dobro uravnoteženom akvaponskom sustavu možemo proizvesti više hrane na manjem prostoru tokom cijele godine, pri čemu ulažemo manje rada i, dugoročno gledano, manje novčanih sredstava.

Ključne riječi: Akvaponika, hrana, ribe, akvakultura, hidroponika, očuvanje okoliša

ABSTRACT:

Aquaponic is environmental friendly technology of food production which is based on natural biological – ecological processes and does not have any harmful impact on the environment. It presents a system of food production that combines aquaculture techniques of fish production, with hydroponic techniques of plant growing.

Because this way of growing is unfamiliar in our country, with help of this pilot project I will try to show its full potential.

Recycled material was mostly used for building the system, and fish was caught in the local river. Monitoring was done using water chemistry testers (ammonia, nitrites, nitrates, pH). In five month duration of this pilot project harvest of vegetables was bigger than in the traditional garden. Water saving is significant in periods of drought, artificial fertilizers are not used and maintenance comes down to monitoring of water chemistry and feeding the fish.

In a well balanced aquaponic system we can produce more food in less space during the whole year, wherein we invest less labor and less money in the long term.

Keywords: Aquaponic, food, fish, aquaculture, hydroponic, environment preservation

SADRŽAJ

1	UVOD	1
2	ŠTO JE AKVAPONIKA.....	2
3	AKVAKULTURA	3
4	HIDROPONIKA	4
4.1	Tehnike uzgoja u hidroponici i akvaponici	5
4.2	Prednosti hidroponskog uzgoja	7
4.3	Nedostaci hidroponskog uzgoja.....	8
5	AKVAPONSKI UZGOJ RIBA I BILJAKA.....	9
5.1	Dušikov ciklus u akvaponskom sustavu	10
5.2	Budućnost prehrambene industrije : povećanje potražnje	12
5.2.1	Rast ljudske populacije	12
5.2.2	Povećanje životnog standarda zemalja u razvoju	12
5.3	Budućnost proizvodnje hrane – smanjena opskrba	13
5.3.1	Korištenje nafte u poljoprivredi	13
5.3.2	Korištenje vode u poljoprivredi	14
5.3.3	Klimatske promjene i poljoprivreda	15
5.3.4	Krčenje šuma	15
5.3.5	Prekomjeran izlov riba u oceanima	16
6	GLOBALNA PERSPEKTIVA AKVAPONIKE	17
6.1	Nafta u akvaponici spram nafte u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji	17
6.2	Korištenje vodenih resursa u akvaponici spram intenzivne poljoprivrede i hidroponike	17
6.3	Klimatske promjene i akvaponika spram današnje poljoprivredne proizvodnje	18
6.4	Akvaponika u usporedbi s akvakulturom	19
6.5	Akvaponika kao biofilter.....	19
7	PRAKTIČAN RAD: IZRADA OBITELJSKOG AKVAPONSKOG SUSTAVA	22
7.1	Plan i izgradnja sustava.....	22

7.1.1	Veličina korita za uzgoj bilja i spremnika s ribama	23
7.1.2	Vodovodne instalacije	24
7.1.3	Uzgojni medij	25
7.1.4	Ribe u sustavu	26
7.1.5	Biljke u sustavu	28
7.1.6	Kalifornijske gujavice	30
7.2	Implementacija i praćenje sustava.....	30
7.2.1	Praćenje pH vrijednosti	31
7.2.2	Praćenje razine amonijaka, nitrita i nitrata	32
7.2.3	Željezo u akvaponskom sustavu	34
7.3	Rezultati	35
8	ZAKLJUČAK.....	37

POPIS PRILOGA

Popis tablica:

Tablica 1 Praćenje razine amonijaka, nitrita, nitrata i pH u akvaponskom sustavu..... 33

Popis slika:

Slika 1. Akvaponski ciklus (Izvor: http://aquaponicpeople.com/).....	2
Slika 2. Flood and drain sustav (Izvor: http://hydroponicsgrower.org/introduction-to-different-types-of-hydroponics-systems/).....	5
Slika 3. NFT tehnika uzgoja (Izvor: http://www.hydroponicsinfocentral.com/what-is-hydroponics/how-does-hydroponic-gardening-work/)	6
Slika 4. DVC tehnika uzgoja (Izvor: http://www.medicalmarijuanaadvisor.net/hydroponic-systems/reminders-when-growing-your-weed-using-deep-water-culture-method/)	6
Slika 5. Aeroponic sustav (Izvor: http://www.greendesert.org/Aeroponics.html).....	7
Slika 6. Akvaponski sustav uzgoja riba i biljaka (Izvor: http://www.endlessfoodsystems.com/how-does-it-work.html).....	9
Slika 7. Dušikov ciklus (Izvor: http://theaquaponicsource.com/2010/11/01/starting-your-aquaponics-system-using-fishless-cycling/).....	11
Slika 8. Akvaponski sustav na jezeru Taihu (Izvor: http://permaculturenews.org/2014/10/14/worlds-largest-aquaponics-project-chinas-third-largest-aquaculture-lake/)	20
Slika 9. Rezultat čišćenja vode na jezeru Taihu (Izvor: http://permaculturenews.org/2014/10/14/worlds-largest-aquaponics-project-chinas-third-largest-aquaculture-lake/)	21
Slika 10. Stalac za korito za uzgoj (Foto: B. Ozimec)	22
Slika 11. Korito za uzgoj bilja (Foto: B. Ozimec)	23
Slika 12. Shematski prikaz automatskog sifona.....	24
Slika 13. Automatski sifon (Foto: B. Ozimec).....	25

Slika 15. Ručno ispiranje šljunka, uklanjanje krupnijih nečistoća (Foto: B. Ozimec).....	26
Slika 14. Ispiranje šljunka "miniwashem" (Foto: B. Ozimec)	26
Slika 16. Ribe u akvaponskom sustavu (Foto: B. Ozimec)	27
Slika 17. Sadnja povrtnica 04.06.2014. (Foto: B. Ozimec)	28
Slika 18. Akvaponski vrt 21.06.2014. (Foto: B. Ozimec).....	28
Slika 19. Zimska salata, 22.10.2014. (Foto: B. Ozimec).....	29
Slika 20. Matovilac 08.11.2014. (Foto: B. Ozimec).....	29
Slika 21. Voda u kadi za uzgoj 2 tjedna nakon dodavanja riba (lijevo) i voda 4 dana nakon pokretanja sustava (desno) (Foto: B. Ozimec).....	30
Slika 22. Apsorpcija hranjivih tvari u odnosu na visinu pH (Izvor: https://www.pioneer.com/home/site/us/template.CONTENT/agronomy/seasonal-insights/crop-mgmt-tips/guid.1F3739F5-5DC8-D4B5-D02B-FBB13BFB81D1)	31
Slika 23. Testovi za mjerenje razine amonijaka, nitrita i nitrata (Foto: B. Ozimec)	32
Slika 24. Zbog viših dnevnih temperatura, zimska salata prirodno odlazi u fazu cvatnje (Foto: B. Ozimec)	33
Slika 25. Žuto lišće biljaka uzrokovano nedostatkom željeza (Foto: B. Ozimec)	34
Slika 26. Poriluk. (Foto: B. Ozimec).....	35
Slika 27. Ljubičasti kupus. (Foto: B. Ozimec)	35
Slika 28. Celer (Foto: B. Ozimec)	36
Slika 29. Mrkva (Foto: B. Ozimec)	36
Slika 31. Cherry rajčice (Foto: B. Ozimec).....	36
Slika 30. Krastavac (Foto: B. Ozimec)	36

1 UVOD

Prepoznavanje globalnih problema današnjice, ali i suočavanje s lošim stranama suvremenog, industrijskog doba, jedan je od prvih koraka s kojima se moramo suočiti kako bi bili u mogućnosti postati aktivnim dijelom rješenja. Tako se i rodila ideja za ovaj završni rad.

Zbog ubrzanog porasta svjetskog stanovništva što dovodi do povećanja potražnje hrane, nedostatka obradivih površina, trošenja oskudnih vodenih resursa, korištenja štetnih fosilnih goriva, nužno je pronaći alternativna rješenja za proizvodnju hrane.

Akvaponika je okolišno prihvatljiva tehnologija uzgoja hrane koja se temelji na prirodnim biološko – ekološkim procesima te nema nikakav štetan utjecaj na okoliš. Uzimajući sve u obzir, akvaponika je veliki potencijal što se tiče budućnosti proizvodnje hrane. Jedna od glavnih prednosti akvaponskog uzgoja leži u tome što se sustav može implementirati bilo gdje, od malih obiteljskih vrtova u dvorištima, u urbanim sredinama pa sve do velikih vertikalnih akvaponskih farmi na površinama, gdje klasična intenzivna poljoprivredna proizvodnja ne bi bila moguća.

U prvom dijelu završnog rada opisujem akvaponiku kao spoj dviju tehnologija uzgoja-akvakulture i hidroponike. Zbog štetnih tvari koje nastaju kao nusprodukt uzgoja vodenih organizama, u akvakulturnom uzgoju troši se velika količina energije na pročišćavanje vode. U akvaponici, bakterije i gujavice pretvaraju "otpad" u hranjiva za biljke, pročišćavaju vodu i time stvaraju zdravo okruženje za život riba. Proizvodi se više hrane na manjem području, u kraćem vremenu nego što je potrebno u intenzivnoj poljoprivredi, proizvodi se hrana uz minimalan utrošak energije bez ikakve štetnosti za okoliš, štoviše, cijeli sustav djeluje prema zakonima prirode.

Drugi dio završnog rada odnosi se na izradu vlastitog akvaponskog sustava u vrtu obiteljske kuće u Sisku. Pokušala sam sa što manje početnih ulaganja, koristeći odbačene predmete u garaži, izgraditi mali akvaponski sustav proizvodnje hrane. Izgradnja sustava, pokretanje i praćenje te konačni rezultati izneseni su u posljednjem dijelu završnog rada.

2 ŠTO JE AKVAPONIKA

Akvaponika je metoda uzgoja riba, povrća i voća koja ne zahtjeva tlo. Predstavlja samoodrživ sustav proizvodnje hrane koji kombinira tehnike akvakulturne proizvodnje riba, rakova i algi s tehnikama hidroponskog uzgoja bilja. Akvaponika je kombinacija dviju tehnika uzgoja, akvakulture i hidroponike. Uzgajivač kultivira slatkovodne ribe i biljke u cirkulirajućoj vodi koja razmjenjuje hranjive tvari između biljaka i riba. Nusprodukti ribljeg metabolizma, uz pomoć bakterija, postaju organsko gnojivo za biljke, a korijen biljaka ujedno služi kao biofilter vode. Akvaponski ciklus prikazan je na slici 1.



Slika 1. Akvaponski ciklus (Izvor: <http://aquaponicpeople.com/>)

3 AKVAKULTURA

Akvakultura predstavlja uzgoj vodenih organizama - riba, rakova, mekušaca i vodenih biljaka. Akvakultura uključuje kultiviranje slatkovodne i morske populacije u strogo kontroliranim uvjetima. Marikultura predstavlja akvakulturu u morskom okolišu i podvodnim staništima.

Riblji fond u svjetskim oceanima i morima drastično je smanjen i još se smanjuje iz nekoliko razloga, od kojih ovdje navodim samo neke: klimatske promjene i zagrijavanje oceana i mora, prekomjerna izlova ribe i ostalih morskih organizama, onečišćenje itd. Ribarstvo se stoga mijenja i sve više se razvija akvakultura, tj. uzgoj vodenih organizama bilo u moru ili slatkovodnim vodama.

4 HIDROPONIKA

Hidroponika je tehnologija uzgoja voća i povrća koristeći mineralna hranjiva u vodi, bez tla. Kao medij mogu se koristiti glinene kuglice, riječni šljunak, pijesak, kamen i sl. koji pružaju mehaničku potporu korijenu. Gotovo svi hidroponski sustavi nalaze se u staklenicima kako bi se osigurala kontrola temperature, smanjio gubitak vode isparavanjem te smanjila mogućnost pojave bolesti i nametnika. Posljednjih nekoliko desetljeća hidroponika polako postaje jedna od vodećih tehnika uzgoja bilja. Bilo da se radi o malim gospodarskim farmama ili velikim industrijskim postrojenjima, tehnika uzgoja je ista i svodi se na maksimalnu uštedu vodenih resursa, rast u strogo kontroliranim uvjetima, smanjen je rizik od propasti usjeva radi raznih bolesti čiji se uzročnici nalaze u tlu, što u konačnici dovodi do bržeg rasta, većih prinosa i kvalitetnijih proizvoda (BERNSTEIN, 2011).

Nizozemska je jedna od prvih zemalja koja prepoznaje prednosti hidroponskog načina uzgoja od uobičajenog. Stotine godina uzgoja usjeva dovele su do erozije tla što je pak dovelo do nakupljanja biljnih bolesti u tlu. Tlo postaje nepouzdan sredstvo za proizvodnju. Već 1970-ih hidroponski način uzgoja cvijeća postaje pouzdaniji i sigurniji za seljaka. Nizozemski farmeri počinju investirati u izgradnje hidroponskih objekata za uzgoj. Ti staklenički kompleksi uglavnom su u vlasništvu i upravljani od strane obitelji farmera, a ne velikih multinacionalnih kompanija. Nizozemska vlada podupire poljoprivrednike s istraživačkim objektima koji neprestano razvijaju nove hidroponske metode, nove formule hranjiva za različite usjeve u njihovim različitim fazama rasta, a sve kako bi se poboljšala proizvodnja, smanjili troškovi i štetnost za okoliš. Nizozemska je jedan od rijetkih primjera zemalja gdje se vlada zalaže za hidroponski uzgoj.

Engleska nudi još jedan primjer gdje vlada surađuje kako bi se unaprijedila hidroponska proizvodnja. Jedan od najznačajnijih ostvarenja u hidroponskoj tehnologiji dolazi upravo iz ove zemlje- izum NFT (Nutrient Film Technique) tehnologije uzgoja usjeva bez rastućeg medija. Na sjeverozapadu zemlje nalazi se istraživački centar " Stockbridge House" financiran od strane britanske vlade i hidroponskih uzgajivača koji za cilj ima unapređenje hidroponskog uzgoja.

Hidroponski uzgoj biljaka već generacijama koriste i Izraelci. Zbog vrlo suhe, gole regije s vrlo malo vodenih resursa ova tehnologija se pokazala izvrsnom metodom za povećanje poljoprivredne produktivnosti. Izumom "Aeroponic" tehnologije uvelike su pridonijeli razvoju hidroponike. Prije korištenja ove tehnologije uglavnom su bili primorani uvoziti povrće, a sad proizvode dovoljne količine te dio čak i izvoze u okolne zemlje.

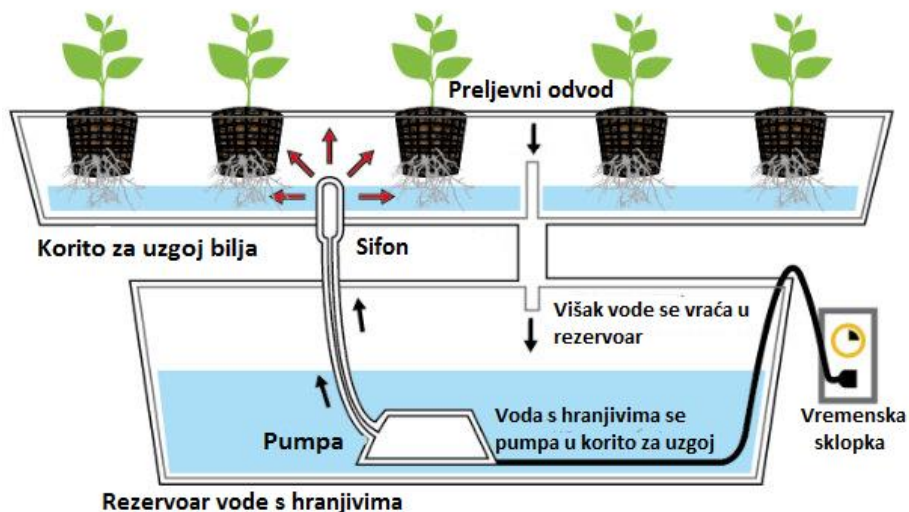
Hidroponska tehnologija uzgoja bilja danas je razvijena i u Sjevernoj Americi gdje prednjači uzgoj rajčice, salate, krastavaca i začinskog bilja (bosiljak, peršin, matičnjak), a poznata je i kao omiljena metoda uzgoja marihuane.

Zbog neplodnog tla i surove klime Australija je još jedna zemlja koja desetljećima koristi hidroponski uzgoj. Danas hidroponske proizvode izvoze u većinu pacifičkih zemalja i Japan i time stvaraju najbrže rastuće tržište za hidroponske proizvode i tehnologije u svijetu. Omiljeni usjev za australske poljoprivrednike su jagode koje se sada širom svijeta uzgajaju hidroponskim sustavom (ANONYMOUS, 2013).

4.1 Tehnike uzgoja u hidroponici i akvaponici

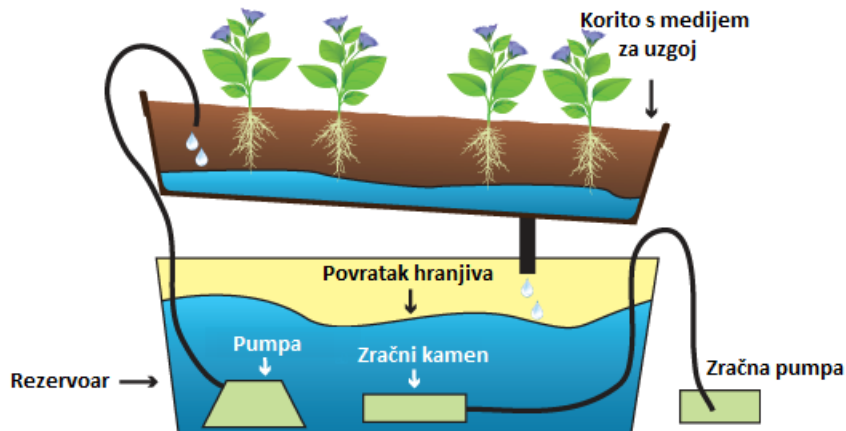
Također postoji i nekoliko tehnika uzgoja koje su jednake u akvaponici i hidroponici.

"Flood and drain" sustav (plavljenje i dreniranje) gdje je korijen biljaka u koritu s poroznim medijem (šljunak, glinene kuglice, itd.) koji se periodički puni i prazni.



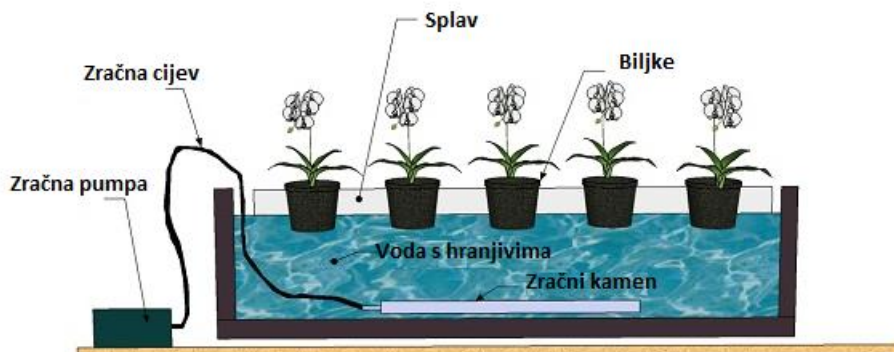
Slika 2. Flood and drain sustav (Izvor: <http://hydroponicsgrower.org/introduction-to-different-types-of-hydroponics-systems/>)

"NFT" ili " nutrient film technique" sustav (tehnika tankog filma nutrienata) gdje tanki film vode bogate hranjivima konstantno teče kroz donju zonu korijena u koritu za uzgoj.



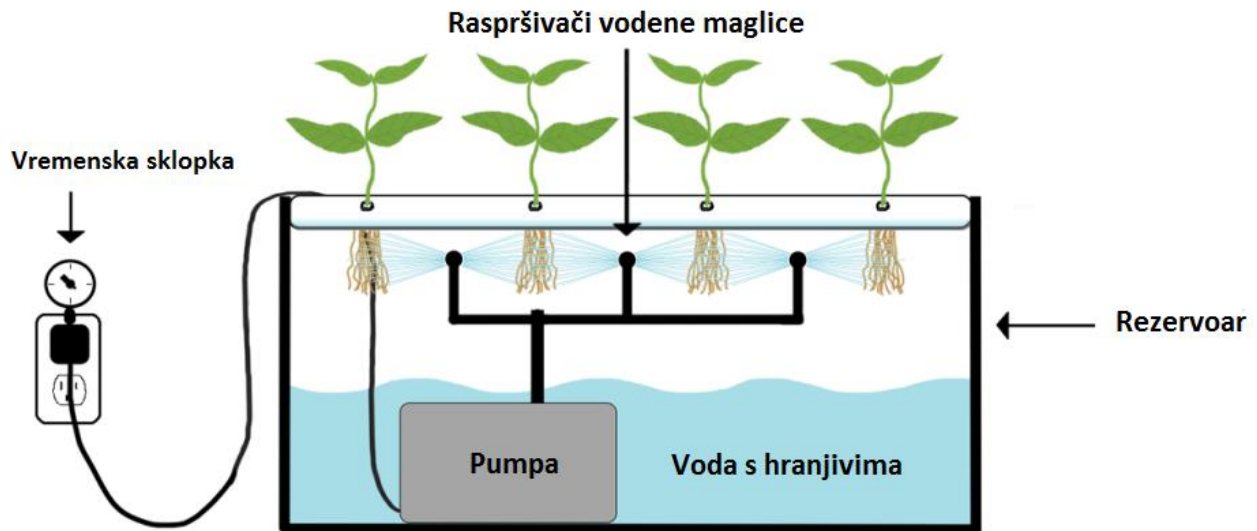
Slika 3. NFT tehnika uzgoja (Izvor: <http://www.hydroponicsinfocentral.com/what-is-hydroponics/how-does-hydroponic-gardening-work/>)

"DVC" ili " deep water culture or raft " sustav (kulture duboke vode ili splava) gdje se biljke održavaju na površini vode na splavovima, najčešće napravljenim od stiropora gdje se nalaze rupe za korijenje. Kod takvog sustava posebice je važno da je voda obogaćena kisikom pošto je korijen konstantno uronjen u vodi.



Slika 4. DVC tehnika uzgoja (Izvor: <http://www.medicalmarijuanaadvisor.net/hydroponic-systems/reminders-when-growing-your-weed-using-deep-water-culture-method/>)

"Aeroponic" sustav je sustav gdje se korijen biljaka ne nalazi u nikakvom mediju već visi u zraku, a vodena maglica bogata hranjivima periodično vlaži korijen. Ovom metodom korijenu biljke je konstantno dostupna velika količina kisika i time se poboljšava rast (BERNSTEIN, 2011).



Slika 5. Aeroponic sustav (Izvor: <http://www.greendesert.org/Aeroponics.html>)

4.2 Prednosti hidroponskog uzgoja

Glavna prednost ovog načina uzgoja je to što se biljke mogu uzgajati bilo gdje dokle god su ispunjeni njihovi zahtjevi rasta. U odnosu na tradicionalan uzgoj, potrebno je devet puta manje vode da bi se proizvela jednaka količina povrća. Ova tehnika ne zahtjeva korištenje pesticida, rodenticida i drugih kemikalija budući da nema glodavaca, nametnika i uzročnika bolesti koji se nalaze u tlu. Budući da su svi životni uvjeti kontrolirani, usjevi rastu i do dva puta brže u odnosu na tradicionalan uzgoj što dovodi do veće proizvodnje na istoj veličini prostora, a također se može uzgajati tijekom cijele godine, bez obzira na godišnja doba. Nadalje, nema sumnje u to da hidroponski uzgoj zahtjeva manje fizičkog rada od tradicionalnog, nema kopanja, oranja, prskanja, plijevljenja, trošenja ogromnih količina fosilnih goriva za pokretanje jakih poljoprivrednih strojeva. Biljke uzgojene kroz ovu tehniku imaju bolju energetska vrijednost.

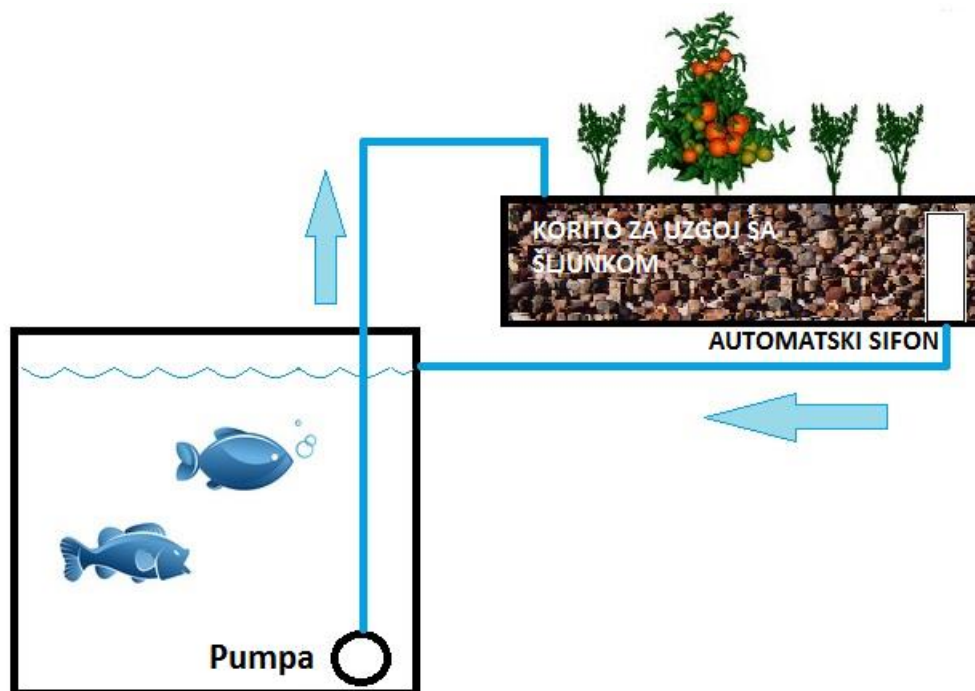
4.3 Nedostaci hidroponskog uzgoja

Glavni nedostaci hidroponskog uzgoja, u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu, su visoki troškovi kapitala i energetske ulaza te visoki stupanj znanja i upravljačkih vještina potrebnih za uspješnu proizvodnju. Kapitalni troškovi mogu biti posebno visoki ako se hidroponska struktura umjetno zagrijava i hladi. Upravo iz tog razloga, hidroponski uzgoji su ograničeni na one usjeve s visokom ekonomskom vrijednosti, kao što je rajčica.

5 AKVAPONSKI UZGOJ RIBA I BILJAKA

Akvaponika je dio hidroponskog načina uzgoja koji ne koristi tlo kao medij korijena. U obje metode uzgoja, korijen bilja se nalazi u vodi bogatoj kisikom i hranjivima potrebnima za rast bilja. Ne samo da je potrebna puno manja količina vode nego u tradicionalnom načinu uzgoja, već je i skraćeno vrijeme dozrijevanja usjeva. Salati je, na primjer, potrebno 26 do 30 dana da bude spremna za branje, dok je onaj koja raste u tlu potrebno 45 do 48 dana (DONALDSON, 2008).

Za razliku od hidroponike, akvaponika u svoj sustav uvodi još jedan segment uzgoja – ribe. One istovremeno predstavljaju i izvor organske hrane za bilje. Koncept korištenja ribljeg otpada za prehranu biljaka postoji već stoljećima, rane civilizacije u Aziji i Južnoj Americi koristile su ovu metodu.



Slika 6. Akvaponski sustav uzgoja riba i biljaka (Izvor: <http://www.endlessfoodsystems.com/how-does-it-work.html>)

Akvaponika integrira akvakulturu i hidroponski sustav uzgoja u zatvoreni cirkulirajući sustav. Voda prolazi iz jednog ili više spremnika za uzgoj riba u korito za uzgoj u kojem su zasađene biljke (medij u koritu su najčešće glinene kuglice, pijesak, šljunak, agroperl, itd.) te se ponovno vraća u spremnik s ribama. Sustav je prikazan na slici 6.

Kroz ovaj postupak, bakterije koje žive u sustavu, riblji otpad pretvaraju u organsko gnojivo. Biljke apsorbiraju hranjive tvari te filtriraju vodu prije nego što se vrati u spremnik za uzgoj riba. Ovaj sustav oponaša prirodne riječne ekosustave i sadrži vrlo učinkovite metode za proizvodnju hrane. Kroz recirkulaciju i ponovno korištenje vode, akvaponika koristi znatno manje vode od klasične poljoprivredne proizvodnje. Većina hranjivih tvari potrebnih za postrojenje dostupna je iz sustava, iako se neke hranjive tvari (npr. željezo) moraju dodavati u sustav radi optimalnog rasta bilja. U konačnici, uzgajivač dobije dva proizvoda, ribe i svježije voće i povrće, po cijeni jednog ulaza. Redoviti unos u sustav je jedino hrana za ribe.

Akvaponika, u obliku koji danas poznajemo, razvila se u moderan održiv sustav proizvodnje hrane tijekom 1980-ih i 1990-ih.

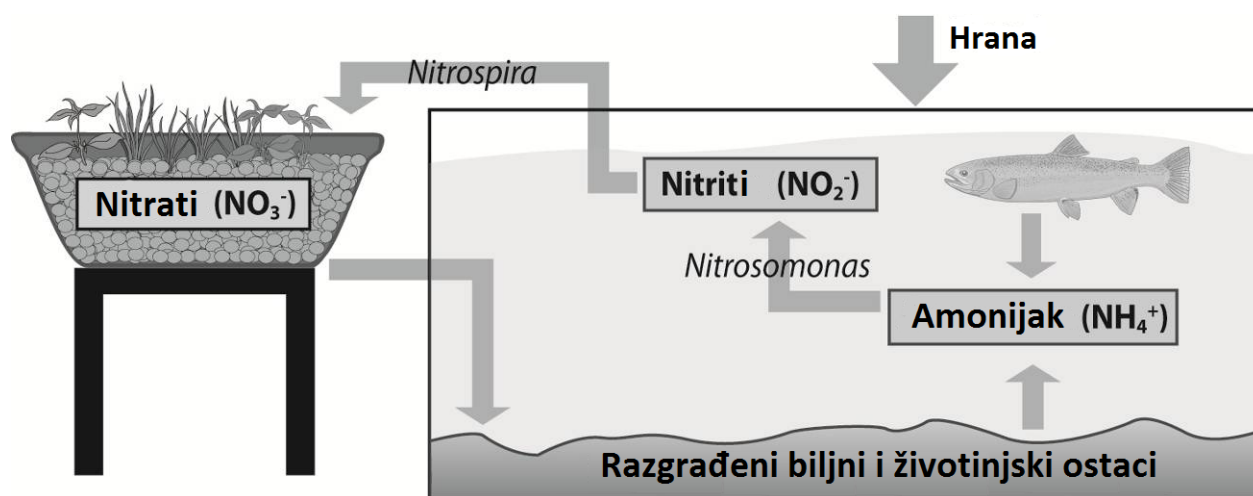
5.1 Dušikov ciklus u akvaponskom sustavu

Dušik je temeljni element koji je neophodan za sve oblike života na Zemlji. Važna je komponenta i u biljnim, i u životinjskim stanicama. Organizmu je potreban za proizvodnju proteina, nukleinskih kiselina te aminokiselina. Iako čini 78 posto Zemljine atmosfere, većina organizama može ga koristiti samo kada je "fiksiran"- u kombinaciji s ugljikom, kisikom i vodikom.

Dušikov ciklus je proces u kojem bakterije pretvaraju dušik iz atmosfere u spojeve koje biljke mogu apsorbirati. Predstavlja najvažniji proces unutar akvaponičkog sustava. Odgovoran je za pretvaranje ribljeg otpada u hranjiva za biljke. Bez tog procesa, kvaliteta vode u sustavu pada te postaje toksična i ribama i biljkama. U akvaponici, sustav je uravnotežen kada postoji dovoljna količina bakterija koja pretvara amonijak u odgovarajući oblik dušika iskoristiv za biljke. Bakterije će prirodno stići u sustav i kolonizirati vodu i biofilter (glinene kuglice, kamenje i sl.). Bakterije su mikroorganizmi koji su zaslužni za pretvorbu ribljeg otpada u hranjive tvari za biljke. Važno je razumjeti kako stvoriti zdravo okruženje za bakterije koje će omogućiti da napreduju unutar sustava. Zdrava kolonija bakterija će odrediti uspjeh akvaponskog sustava. Zreli sustav će sadržavati dovoljno bakterija da razgrade sav otpad u hranjive tvari za biljke.

Sljedeći faktori opisuju kako se taj proces događa unutar akvaponskog sustava. Riba u spremniku za uzgoj se hrane, probavljaju hranu i proizvode otpad. Riba izlučuje

amonijak (NH_3) putem urina, izmeta (oko 17 %) i putem škrga (oko 80 %). Dušikov ciklus je proces u kojem taj amonijak jedna vrsta bakterija *Nitrosomonas sp.* pretvara u nitrite (NO_2), a zatim *Nitrobacter sp.* pretvara nitrite u nitrate (NO_3). Nitrit je manje otrovan spoj za ribe od amonijaka, međutim visoka razina nitrita će spriječiti uzimanje kisika ribama te će uzrokovati oštećenje škrga. Nitrat je vrlo pristupačan izvor hranjivih tvari za biljke, a i ribe toleriraju mnogo višu razinu nitrata za razliku od amonijaka i nitrita. Kada se ove bakterije nalaze u dovoljnom broju kako bi pretvorile sav amonijak i nitrite proizvedene u sustavu, tada je ciklus uravnotežen. Ovaj proces obično traje oko mjesec dana, no to se može dogoditi puno brže i puno sporije, ovisno o vanjskim uvjetima okoline. Najoptimalnija temperatura za razvoj bakterija je 25-30 °C. Na 18 °C njihova stopa rasta je smanjena za 50 %. Na 8-10°C smanjuje se za 75 %. Reprodukcijska se zaustavlja kod temperature od 4°C. Do odumiranja bakterija dolazi na temperaturi ispod 0 °C ili iznad 49 °C (DONALDSON, 2008).



Slika 7. Dušikov ciklus (Izvor: <http://theaquaponicsource.com/2010/11/01/starting-your-aquaponics-system-using-fishless-cycling/>)

5.2 Budućnost prehrambene industrije : povećanje potražnje

5.2.1 Rast ljudske populacije

Prema Reviziji službenih procjena i projekcija stanovništva Ujedinjenih naroda iz 2008. godine predviđa se da će svjetsko stanovništvo doseći 7 milijardi najranije 2012. godine (2014. godine - 7,3 milijardi), a broj od 9 milijardi ljudi prijeći do 2050. godine. Većina dodatne 2,1 milijarde ljudi rodit će se u zemljama u razvoju za čije se stanovništvo predviđa rast sa 5,6 milijardi u 2009. na 7,9 milijardi do 2050. godine. Povećanje ljudske populacije posljedično dovodi i do porasta potražnje hrane. Ako raste potražnja, a proizvodi se ista količina, tada dolazi do rasta cijena proizvoda.

Problem je u tome što sve više podataka pokazuje da ljudi ne žive unutar nosivog kapaciteta planeta. Ekološki otisak mjeri ljudsku potrošnju u terminima biološki produktivne zemlje potrebne za osiguravanje resursa, te apsorpciju otpada prosječnog globalnog građanina. Godine 2008. bilo je potrebno 2,7 globalnih hektara po osobi, 30 % više od prirodnog biološkog kapaciteta od 2,1 globalnog hektara (uz pretpostavku ne uzimanja u obzir provizije za ostale organizme). Danas trošimo više prirodnih resursa nego što ih Zemlja sama može regenerirati. " Rezultat krčenja šuma, nestašice vode, pada bioraznolikosti i klimatske promjene povećavaju rizik od dobrobiti i razvoja svih svjetskih nacija" (ANONYMOUS, 2008).

5.2.2 Povećanje životnog standarda zemalja u razvoju

Osim porasta svjetske populacije, drugi razlog veće potražnje hrane je i globalizacija. Velika tehnološka revolucija kojoj smo svjedoci u posljednjih desetak godina otvara svijet mogućnosti za svakoga od nas, bez obzira na status razvoja zemlje u kojoj se nalazi. To otvara oči milijunima diljem svijeta o životu kojim žive i kakav bi on mogao biti. Najveći dio tog utjecaja je dobar. "Rušenje" zemljopisnih granica omogućuje nam da se bolje razumijemo i cijenimo naše razlike i sličnosti kao ljudi. Dijeljenje informacija uvelike ubrzava tempo inovacija, akvaponika je dokaz tome. Međutim, to sa sobom donosi i sve veću potražnju. Potražnja u razvijenim zemljama uzrokuje dodatno trošenje prirodnih resursa. Problem se umnaža kada pokušavamo podići standarde zemalja u razvoju u susret onima u razvijenom svijetu.

Stanovnici Sjeverne Amerike imaju najveću stopu potrošnje, čak 11 puta veću od Kineza. Kada bi Kinezi izjednačili svoju stopu potrošnje s potrošnjom Sjeverne Amerike, svjetska stopa potrošnje bi se udvostručila. Kada bi se i Indija digla na taj nivo, svjetska potrošnja bi se utrostručila. Kada bi se sve zemlje u razvoju digle na najviši nivo, potražnja će se povećati jedanaest puta. Ako uzmemo u obzir da smo već prekoračili biološki kapacitet, nema previše mjesta za povećanje sveopćeg standarda ljudi na zemlji, ili je vrijeme za veće promjene u proizvodnji i potrošnji (DIAMOND, 2008).

5.3 Budućnost proizvodnje hrane – smanjena opskrba

Navedena su dva glavna razloga zašto će se globalna potražnja za hranom povećati u idućih četrdesetak godina: opći rast stanovništva i povećanje životnog standarda. Sadašnji model intenzivne poljoprivrede ovisi o tri faktora koji u današnje vrijeme nisu isti kao prije tridesetak godina kada intenzivna poljoprivreda zamjenjuje tradicionalnu ekstenzivnu: jeftina fosilna goriva, neograničeni vodeni resursi i stabilna klima.

5.3.1 Korištenje nafte u poljoprivredi

Fosilna goriva ili mineralna goriva su goriva koja nastaju od prirodnih resursa poput anaerobnog raspadanja zakopanih mrtvih organizama. Organizmi i fosilna goriva koja od njih nastaju su otprilike stara milijune godina, a ponekad i više od 650 milijuna godina. Sadrže visoke postotke ugljika i ugljikovodika. Fosilna goriva su neobnovljivi resursi jer im trebaju milijuni godina da bi nastali, i rezerve se troše puno brže nego što nove nastaju. Osim nafte, u fosilna goriva se ubrajaju i ugljen, treset i zemni plin.

U poljoprivredi ima veliku ulogu: koristi se za pokretanje poljoprivrednih strojeva, industrijskih strojeva, vozila za transport hrane, zatim sva umjetna gnojiva, herbicidi, pesticidi, insekticidi, rodenticidi, rađeni su na bazi nafte.

Štetnost za okoliš, pa tako i zdravlje ljudi, je velika. Izgaranjem fosilnih goriva proizvodi se oko 2.13 bilijuna tona ugljičnog dioksida godišnje, a procjenjuje se da prirodni procesi mogu apsorbirati samo pola od tog iznosa, tako da je godišnje neto povećanje atmosferskog ugljičnog dioksida oko 10.65 bilijuna tona (jedna tona atmosferskog ugljika je ekvivalentna 44/12 ili 3.7 tona ugljičnog dioksida). Ugljični dioksid je jedan od stakleničkih plinova koji pojačava zračenje i pridonosi globalnom zatopljenju, uzrokujući da prosječna površinska temperatura Zemlje raste, što će rezultirati velikim nepovoljnim efektima.

Budući da je nafta prijeko potrebna u poljoprivredi, a i općenito industrijskoj proizvodnji, porastom cijene nafte, porast će i cijena finalnih proizvoda, posebice hrane. Upravo to se i događa u posljednje vrijeme.

5.3.2 Korištenje vode u poljoprivredi

Voda pokriva 71% Zemljine površine. Od toga 97,5% čini slana voda u oceanima, a samo se 2,5% odnosi na slatku vodu od koje je većina zarobljena u antarktičkom ledenom pokrovu. Ostatak slatke vode nalazi se u jezerima, rijekama, močvarama, tlu i atmosferi. Dakle, manje od 1% vode na Zemlji je dostupno za ljudsku upotrebu. Sav život ovisi o solarno pokretanom globalnom ciklusu vode, evaporaciji iz oceana i s kopna koja formira vodenu paru koja se kasnije kondenzira u oblacima u kišu, a zatim postaje obnovljiv dio slatkovodnih zaliha. Svi izvori slatke vode danas su izloženi klimatskim promjenama, pretjeranom korištenju i zagađenju. Na kraju svi teku u podzemne vode koje predstavljaju rezervoar vode ljudima. Ako se zalihe podzemne vode ne pune istom brzinom kojom se troše, postupno se iscrpljuju i mogle bi presušiti.

Zamjenik glavnog tajnika Ujedinjenih naroda Asha-Rose Migiro, u svom govoru, 5. veljače 2009. godine upozorava da će se dvije trećine svjetske populacije suočiti s nedostatkom vode u manje od dvadeset godina, ako se sadašnji trendovi klimatskih promjena, rast populacije, urbane migracije i velika potrošnja i dalje nastave. Migiro je također istaknuo da poljoprivreda troši otprilike tri četvrtine svjetskih zaliha vode, a u Africi je taj udio bliži 90% (ANONYMOUS, 2009.).

Od 1961. do 2001. godine potražnja za vodom se udvostručila – poljoprivredna uporaba povećala se za 75%, industrijska uporaba za više od 200%, a uporaba u domaćinstvima više od 400% (WATSON i sur. 2005). Ljudi trenutačno koriste 40-50% globalno dostupne slatke vode u približnom omjeru od 70% za poljoprivredu, 22% za industriju i 8% u domaćinstvu, a ukupan volumen progresivno raste (SHIKLAMOV, 1998).

Godine 2000. *National Water Quality Inventory* u svom izvještaju navodi da je poljoprivreda glavni uzrok zagađenja vode na ispitanim rijekama i jezerima, drugi najveći izvor smanjenja močvarnih područja i glavni čimbenik u onečišćenju površinskih i podzemnih voda. Uporaba fosilnih goriva za pokretanje poljoprivrednih strojeva, prečesta oranja u krivo vrijeme, prekomjerna i nestručna upotreba pesticida, navodnjavanja i umjetnih gnojiva, uzrokuje zagađenje vode i degradaciju naših jezera, potoka i podzemnih voda (ANONYMOUS, 2005).

5.3.3 Klimatske promjene i poljoprivreda

Nedvojbeno je da se klima mijenja. Globalno zatopljenje je postupno zagrijavanje Zemljine površine i najdonjih slojeva atmosfere uzrokovano učinkom staklenika, što dovodi i do globalnih promjena klime. Klima se mijenjala i u Zemljinoj prošlosti, no smatra se da sadašnje globalno zagrijavanje nastaje zbog povećanih emisija stakleničkih plinova. Na osnovi mišljenja velikog broja znanstvenika sadržanih u izvještaju Međuvladinoga panela o promjenama klime objavljenog 2013. godine, temeljenoga na klimatskim modelima kao i na detaljnoj analizi temperaturnih prilika te promjena ledenog omotača na Zemlji, svjedoci smo naglog globalnog zatopljenja posljednjih stotinu godina. Najveća zabrinutost zbog ljudskog djelovanja na klimu se odnosi na povećanu koncentraciju ugljičnog dioksida (CO₂) u atmosferi, zbog potrošnje fosilnih goriva i sve veće količine krutih čestica u zraku. Osim toga, sve više smo zabrinuti zbog ozonskih rupa, sve većeg iskrčivanja šuma i povećanja obradivih površina, što isto utječe na klimatske faktore (STOCKER i sur. 2013).

Promjena klime smanjuje proizvodnju hrane diljem svijeta. *Food and Agriculture Organization* (FAO) upozorava da bi globalno povećanje temperature od 2 do 4 °C moglo smanjiti urod za 15 do 35% u Africi i Aziji, a 25 do 35% diljem Bliskog istoka (SMITH, 2010).

No, promjena klime predstavlja puno više od samog trenda globalnog zagrijavanja. Povećanje temperature će dovesti do promjene vremena, uključujući vjetrove, vrste i količine padalina i učestalost ekstremnih vremenskih događaja. Takva nestabilna klima mogla bi imati dalekosežne i nepredvidive ekološke, socijalne i ekonomske posljedice.

Poljoprivreda vjerojatno ima najveći pojedinačni doprinos klimatskim promjenama. Kada razmišljamo o produktima poljoprivrede, prvo pomislimo na žitarice, povrće i meso. Današnjim industrijskim poljoprivrednim metodama također proizvodimo velike količine ugljičnog dioksida, dušikovog oksida i metana. Ugljični dioksid nastaje izgaranjem fosilnih goriva od strane poljoprivrednih strojeva, dušikov oksid dolazi iz kemijskih gnojiva i ima 296 puta veći potencijal globalnom zatopljenju od ugljičnog dioksida. Metan nastaje kao nusprodukt stočarske proizvodnje i ima 25 puta veći potencijal globalnom zatopljenju od ugljičnog dioksida (SMITH, 2010).

5.3.4 Krčenje šuma

Proizvodnja hrane danas zauzima gotovo pola kopnene površine Zemlje. Ono malo plodne zemlje što je preostalo također je ugroženo. Poljoprivredna proizvodnja koristi 60

puta više zemlje nego gradska i prigradska naselja zajedno, to područje približno je jednako površini Afričkog kontinenta. Ipak, to i dalje nije dovoljno kako bi se zadovoljila rastuća potražnja za hranom. Prašume Amazone, koje čine vrstama najbogatiji svjetski biotop, nekontrolirano se i naglo iskrčuju. Glavni razlozi su sječa zbog drvene građe te potreba za novim pašnjacima i plantažama. Prema podacima organizacije *Rainforest Action Network*, svake sekunde, svakog dana sječe se oko pola hektara prašume. To znači da u samo dva mjeseca gubimo područje veličine teritorija Republike Hrvatske. Ovim tempom kišne šume će do 2060. godine u potpunosti nestati (ANONYMUS, 2005). Ironično, krčenjem šuma dobiva se poljoprivredna površina za proizvodnju hrane, ali time se uništava najbolja prilika za rješavanje klimatskih promjena i filtriranje zraka. Tropske šume se često opisuju kao "pluća Zemlje" zbog svoje ogromne učinkovitosti pretvaranja ugljičnog dioksida u kisik. One predstavljaju najveći izvor zraka koji dišemo.

5.3.5 Prekomjeren izlov riba u oceanima

Naši oceani su vjerojatno posljednji prirodni izvori hrane na našem planetu, a mi ih pustošimo prekomjernim izlovom. Zbog izlova, dosad je izgubljeno 2048 vrsta riba za koje znamo (MURRAY, 2009). U ožujku 2009. godine Organizacija za hranu i poljoprivredu FAO Ujedinjenih naroda izvještava da je više od 70 % ribljih vrsta trenutno ugroženo. U studiji izdanoj od strane Nacionalnog centra za ekološke analize i sinteze na Kalifornijskom sveučilištu, predviđa se da će, ako ne dođe do značajnijih promjena u ribarstvu, ovim tempom oceani biti izlovljeni do 2050. godine.

Dakle, preostaje nam ili smanjiti potrošnju ribe, ili se okrenuti akvakulturi i farmskom uzgoju, kako bi se iste vrste mogle oporaviti u prirodi. Međutim ni to ne rješava problem u potpunosti, budući da je hrana za ribe iz uzgajališta napravljena od proteina riba koje su ulovljene u oceanima. Danas postoji nekoliko sveučilišta i privatnih organizacija koje pokušavaju naći alternativne izvore hrane.

6 GLOBALNA PERSPEKTIVA AKVAPONIKE

Iako akvaponika, na trenutnom nivou razvoja, ne može odgovoriti na pritiske potražnje za hranom uzrokovane rastom ljudske populacije i povećanjem globalnog standarda života, ona nudi brojna uzbudljiva rješenja za mnoge probleme s kojima se susreće današnja poljoprivredna i industrijska proizvodnja.

6.1 Nafta u akvaponici spram nafte u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji

Energija potrebna za zagrijavanje vode i pokretanje pumpi kojima voda cirkulira u akvaponici, teoretski može doći iz obnovljivih izvora energije. Akvaponički vrtlari već sad u svojim sustavima koriste održive izvore topline poput geotermalne, solarne i raketnih grijača za zagrijavanje spremnika za uzgoj riba. Velika pažnja se posvećuje i izolaciji, zakopavanju i pokrivanju spremnika kako bi se gubitak topline sveo na minimum.

Budući da u akvaponičkom sustavu nema tla (korijen biljaka se nalazi u vodi, zraku ili nekom drugom mediju, ovisno o tipu tehnologije koji se koristi), više nema potrebe za korištenjem traktora i drugih poljoprivrednih strojeva kojima je za rad potrebna velika količina goriva. Komercijalna akvaponička postrojenja najčešće koriste "raft" metodu uzgoja gdje biljke na splavovima (najčešće od stiropora) plutaju na vodi ili se nalaze u nekom drugom mediju, sve dok nisu zrele za branje. Akvaponika ne zahtijeva nikakve radnje koje su kod tradicionalne obrade tla neizbježne - oranje, kopanje, plijevljenje i sl. Pošto nema tla, nema ni korova, a time ni potrebe za mehaničkim uklanjanjem ili prskanjem herbicidima. Budući da su organske hranjive tvari i voda integrirane u akvaponički sustav, nije potrebno dodavati umjetna gnojiva ili koristiti skupe sustave navodnjavanja koji opet troše energiju. Pošto akvaponski uzgojene biljke rastu ili na vodenim splavovima ili na povišenim koritima za uzgoj (visine pojasa), sadnja, ali i branje, mnogo je jednostavnije nego kod biljaka koje rastu u tlu.

6.2 Korištenje vodenih resursa u akvaponici spram intenzivne poljoprivrede i hidroponike

Ovo je područje gdje akvaponski sustav pokazuje izvrsne rezultate. Modernim poljoprivrednim metodama gubi se velika količina vode, ili isparavanjem za toplijeg

vremena, ili prelazi preko korijena bilja i odlazi u podzemne vode, povlačeći za sobom i umjetna gnojiva, pesticide i herbicide i time onečišćuje podzemne rezervoare vode. Akvaponika je, s druge strane, zatvoreni cirkulirajući sustav. Jedini gubitak vode u sustavu preuzet je od strane biljaka isparavanjem s vrha spremnika za uzgoj ili pomoćnih spremnika (većina spremnika je zatvorena tako da je isparavanje svedeno na minimum). Efektivnija je u uštedi vode i od hidroponike. Budući da je hidroponički sustav umjetno stvoren sustav, potpuno kontroliranih uvjeta, kemijske hranjive tvari dodaju se u vodeni cirkulirajući sustav. Višak kemijskih hranjivih tvari se gomila u vodi i nakon nekog vremena postaje toksičan (u hidroponici ne postoje biofilteri vode). Zbog toga, svakih dva do četiri tjedna cijeli spremnik vode, potrebno je zamijeniti svježom vodom s kemijskim hranjivima. Otpad hranjivih tvari u hidroponskom sustavu pun je kemijskih mineralnih soli koje treba pažljivo zbrinuti i spriječiti otjecanje u potoke, rijeke ili jezera i podzemne vode. Budući da je akvaponika organski ekosustav u kojem su hranjive tvari u ravnoteži, ne dolazi do nakupljanja hranjivih tvari te nema potrebe za zamjenom vode u sustavu. Promjenu vode u sustavu može uzrokovati jedino nagli porast količine amonijaka, kada biofilteri nemaju mogućnost pretvorbe amonijaka u kraćem vremenu, a on je vrlo toksičan za ribe. Do toga može doći uginućem riba u sustavu, ako je ne uklonimo iz sustava na vrijeme. Tada je potrebno zamijeniti samo dio vode u sustavu kako bi se razrijedila količina amonijaka. To se događa vrlo rijetko, jer jednom kad je sustav uravnotežen, on predstavlja zdravu, prirodnu okolinu, kako za ribe, tako i za biljke. Voda koju promijenimo iz sustava je potpuno organska i može samo koristiti tlu koje se zalije njome.

6.3 Klimatske promjene i akvaponika spram današnje poljoprivredne proizvodnje

Ne može se sa sigurnošću tvrditi da akvaponika može pročišćavati ugljik dioksid iz atmosfere i doprinijeti stabilizaciji klime, međutim, akvaponski sustav predstavlja sustav uzgoja hrane koji ima nulti utjecaj na okoliš, pogotovo ako su pumpe i grijači sustava pokretani putem obnovljivih izvora energije. Osim prirodnih sustava hrane, poput oceana i šuma, i permakulturnih tehnika, ne postoji niti jedan drugi sustav uzgoja hrane bez štetnog utjecaja na okoliš. S druge strane, današnja poljoprivreda ima najveći pojedinačni doprinos emisiji ugljik dioksida i, što je još gore, smanjuje i Zemljin biofilter CO₂ sjećom šuma kako bi nastale nove poljoprivredne površine za uzgoj usjeva i stoke. Glavni izvori zagađenja su emisije CO₂ koje nastaju izgaranjem fosilnih goriva za pokretanje poljoprivrednih strojeva i strojeva za transport proizvoda, metan iz stočarske proizvodnje i dušikov oksid iz umjetnih gnojiva. Akvaponika za svoju proizvodnju ne zahtijeva niti jedan od navedenih segmenata. Naftne potrebe u akvaponskom sustavu

svedene su gotovo na nulu. Ribe ne proizvode metan kao stoka u stočarskoj proizvodnji, te nema potrebe za dodavanjem kemijskih umjetnih gnojiva u akvaponi sustav. Jedna od glavnih prednosti akvaponike spram današnje poljoprivredne proizvodnje je ta što se akvaponi sustav može pokrenuti bilo gdje. Iako možda i nije pogodna za uzgoj ogromnih žitnih polja, akvaponika može proizvoditi mnoge vrste voća, sve vrste povrća i ribe, na način koji je produktivniji po kvadratnoj jedinici prostora od klasične poljoprivredne proizvodnje, čak i u urbanom okruženju. Akvaponi sustav godišnje može proizvesti oko 23 tone tilapija (azijska vrsta riba koja se najčešće uzgaja u akvaponim sustavima Sjeverne Amerike radi velike otpornosti i brze reprodukcije, u Republici Hrvatskoj je zabranjena) i oko 46 tona povrća na površini od samo jednog jutra zemlje (5760 m²). Usporedbe radi, samo jedna krava u uzgoju zahtjeva 8 ha zemlje. Drugi način gledanja na to je da će tijekom godinu dana akvaponi sustav generirati mesa u vrijednosti oko 45000 eura na samo jednom jutru prostora dok će se od goveda uzgojenog na istom prostoru dobiti oko 75 kilograma mesa (McWILLIAMS, 2009). Tako bi se danas trebali, umjesto na krčenje šuma i prašuma, fokusirati na stvaranje akvaponim sustava u sklopu urbanih središta koja bi mogla proizvesti dovoljnu količinu hrane za svakog stanovnika tog urbanog naselja. Svaku napuštenu tvornicu ili zgradu (u posljednje vrijeme njihov broj raste) trebali bi gledati kao potencijalno mjesto za izgradnju akvaponim farme.

6.4 Akvaponika u usporedbi s akvakulturom

Obzirom na veliko izlovljavanje oceana i gubitak mnogih ribljih vrsta, trebamo se okrenuti akvakulturi kako bi i dalje zadovoljili prehrambene potrebe za ribom, a istovremeno dali vremena ribljim populacijama u oceanu da se obnove. Glavni problem akvakulture je, kao i kod svakog intenzivnog uzgoja životinja, kako se riješiti životinjskog otpada bez štete po okoliš. Ponovno, akvaponi sustav po samoj svojoj definiciji rješava taj problem. Akvaponika uzima potencijalno toksičnu vodu s ribljim otpadom iz akvakulturnog sustava i stvara organske hranjive tvari za hidroponski sustav. To djeluje kao biofilter za akvakulturne sustave i pročišćava vodu koja se vraća ribama.

6.5 Akvaponika kao biofilter

Akvaponika kao sustav ima veliki kapacitet za pročišćavanje vode. Iz tog razloga se počinje koristiti za pročišćavanje velikih vodenih površina. Konkretni primjer toga nalazimo u Kini na jezeru Taihu površine 2250 km². Na jezeru Taihu prisutna je

intenzivna industrija akvakulture koja je zbog velike koncentracije algi doživjela masovna odumiranja riba i budućnost industrije je bila upitna. Zbog najgoreg cvjetanja algi tijekom toplih ljetnih dana i problema koje to donosi sa sobom, bilo je potrebno pronaći učinkovito i ekonomično rješenje. Odlučili su se za novu tehnologiju biofiltriranja koja je dizajnirana tako da odstrani hranjive tvari iz vode koje pokreće cvjetanje algi. Najzahtjevniji dio projekta je bio napraviti 14 000 m² akvaponskog sustava koristeći bambus kao građevni materijal za splavove koji će održavati biljke na površini. Ova tehnologija je dio novog vala proizvoda koja oponaša prirodu koristeći prirodni materijal te vraća prirodnu ravnotežu s netoksičnim i održivim procesom, kao i u močvarnim sustavima, koji često razvijaju plutajuća polja bilja pomoću kojih se troše hranjiva i odstranjuju zagađivači. Istraživački tim je izabrao vrste biljaka koje će uljepšati jezero i također osigurati ubrzani rast korijena te služiti i kao skloništa ribama.



Slika 8. Akvaponski sustav na jezeru Taihu (Izvor: <http://permaculturenews.org/2014/10/14/worlds-largest-aquaponics-project-chinas-third-largest-aquaculture-lake/>)

Tri mjeseca nakon implementacije projekta, voda se u potpunosti pročistila, alge nisu bile vidljive i prozornost vode se povećala za 250 %. Biljke su apsorbirale višak nutrijenata i time onemogućile razvoj algi. Korijenje čini snažnu biopovršinu koja apsorbira nutrijente, zagađivače i denitrificira vodu dopuštajući da se vrati prirodna ravnoteža. Oko 1 m² akvaponskog biofiltera je dovoljan za pročišćavanje vodene površine od 200 m² i jednom kad se postavi, funkcionira bez troškova (DUNCAN, 2014).



Slika 9. Rezultat čišćenja vode na jezeru Taihu (Izvor: <http://permaculturenews.org/2014/10/14/worlds-largest-aquaponics-project-chinas-third-largest-aquaculture-lake/>)

7 PRAKTIČAN RAD: IZRADA OBITELJSKOG AKVAPONSKOG SUSTAVA

Nezadovoljna slikom svijeta u kojem se nalazimo, počela sam razmišljati kako mi kao pojedinci možemo doprinijeti napretku. Onečišćenje i degradacija prirode, korištenje vodenih resursa koji su ionako oskudni, promjena klime, globalno zatopljenje, rast ljudske populacije, glad i bolesti samo su neke od posljedica koje nam industrijsko, tehnološko doba donosi. Tako je i rođena ideja za izradu mojeg prvog akvaponskog vrta. Uzgojiti više na manjem prostoru, uzgojiti istovremeno i ribe i biljke u zajedničkom sustavu, bez upotrebe kemijskih supstanci i goriva, uzgojiti hranu kroz sustav koji nije štetan za okoliš već funkcionira prema zakonima prirode, samo su neke od misli koje su me navele da pokušam izraditi akvaponski vrt u dvorištu.

7.1 Plan i izgradnja sustava

Vođena idejom recikliranja u izgradnji sustava, pokušala sam koristiti što više stvari koje su izgubile svoju izvornu funkciju i stoje odbačene kao smeće. Tako je stara kada od 400 litara postala rezervoar vode i spremnik za uzgoj. Korito za uzgoj bilja izrađeno je od starih drvenih dasaka presvučenih najlonom kako bi se zadržala voda. Postolje na kojem se nalazi korito za uzgoj napravljeno je varenjem starog željeza. Pumpa za vodu je stara akvarijska pumpa kupljena od lokalnog uzgajivača akvarijskih riba. Kao medij u koritu za uzgoj, korišten je riječni šljunak čija je primarna namjena kao građevinski materijal. Naposljetku, sve ribe u sustavu upecane su na lokalnom rukavcu Save.



Slika 10. Stalac za korito za uzgoj (Foto: B. Ozimec)

7.1.1 Veličina korita za uzgoj bilja i spremnika s ribama

Kod izrade akvaponskog sustava odlučila sam se za "flood and drain" tehnologiju uzgoja radi svoje jednostavnosti dizajna i učinkovitosti. Veličina spremnika s ribama (u ovom slučaju kada) diktira veličinu korita za uzgoj u omjeru 1:1 za početne sustave. Jednom kada se sustav pokrene, može se nadograđivati pomoćnim spremnicima vode i time povećati površinu korita za uzgoj bilja u omjeru 2:1 i 3:1. Upravo iz tog razloga je korito za uzgoj izrađeno u dimenzijama 1,25 m x 1,25 m i 30 cm visine budući da je kada zapremnine 400 litara.



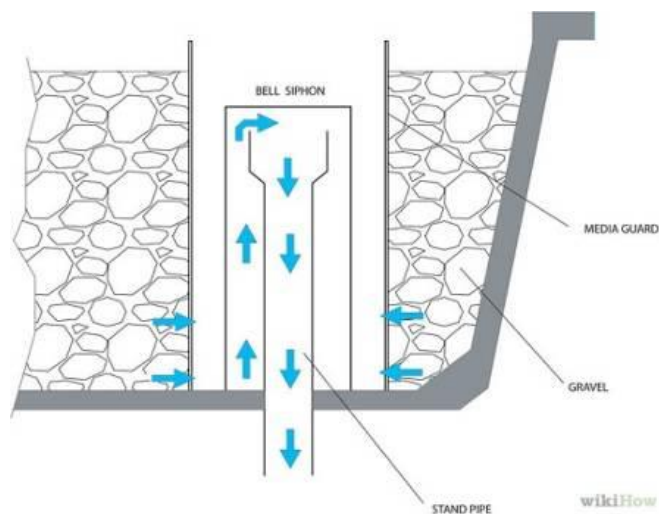
Slika 11. Korito za uzgoj bilja (Foto: B. Ozimec)

Većina iskusnih akvaponskih vrtlara koristi visinu korita za uzgoj od 30 cm. Iako nema znanstvenih istraživanja iza ove preporuke, koriste se i dublja i plića korita, ali visina od 30 cm je postala standardna. Ova dubina pruža dovoljnu gustoću medija kako bi podržao većinu biljaka i omogućuje bakterijama da se u potpunosti razviju. Površinska ili suha zona (5 cm) minimalizira isparavanje vode iz dubljih zona te sprječava formiranje algi na površini i pojavljivanje plijesni. Zona korijena (15-20 cm), u kojoj se dešava većina aktivnosti i rasta bilja, periodički plavi čime se omogućuje vrlo učinkovita dostava kisika i hranjiva do korijena bilja. Posljednjih 5 cm predstavlja tzv. mokru zonu koja je konstantno pod vodom (DONALDSON, 2008). U toj zoni se nakuplja sav organski otpad koji bakterije nisu u mogućnosti preraditi. Radi toga, u korito za uzgoj sam dodala i kalifornijske gujavice koje su se pokazale odlične u razgradnji organskog otpada u ovoj zoni, te ga također pretvaraju u hranjiva za bilje. Ujedno onemogućuju i stvaranje "mrtvih zona" korijena bez kisika koja uzrokuju truljenje u srednjoj zoni.

7.1.2 Vodovodne instalacije

Od vodovodnih instalacija bilo je potrebno složiti automatski sifon i pumpu za vodu. Pumpa za vodu je uronjena u kadu s ribama i crijevo iz nje dovodi vodu u korito za uzgoj. Kako bi zadržali veće komade otpada, voda prolazi kroz improvizirani filter prije nego uđe u korito za uzgoj. Improvizirani filter se sastoji od naslaganih plastičnih mrežica za pranje suđa. Kod odabira pumpe za vodu bilo je potrebno obratiti pažnju na snagu pumpe tako da može podići vodu iz kade u korito za uzgoj (visina od 80 cm). Svu vodu u sustavu pumpa bi trebala moći procirkulirati unutar sat vremena ili manje. U našem slučaju punjenje korita za uzgoj traje manje od 20 minuta, a pražnjenje 5 minuta što indicira da je protočnost vrlo dobra.

Automatski sifon služi za pražnjenje korita za uzgoj. Kada se napuni do maksimalne razine od 25cm, sifon se uključuje i prazni vodu iz korita do najniže razine (5cm). Voda se slobodnim padom vraća nazad u spremnik s ribama i pri padu obogaćuje s kisikom. Na slici 12 možemo približno vidjeti izgled i tok vode u automatskom sifonu (FOX i sur. 2010).



Slika 12. Shematski prikaz automatskog sifona

(Izvor: <http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/bio-10.pdf>)

Prednost korištenja automatskog sifona kod ove tehnike uzgoja je ta da pumpa može biti konstantno uključena bez upotrebljavanja vremenskih prekidača za punjenje i pražnjenje, te se time smanjuje mogućnost otkazivanja pumpe uslijed konstantnog uključivanja i isključivanja.



Slika 13. Automatski sifon (Foto: B. Ozimec)

7.1.3 Uzgojni medij

Kao uzgojni medij uglavnom se koriste glinene kuglice zbog svoje male težine i pH neutralnosti, no kod nas su vrlo skupe (400 litara glinenih kuglica platila bih oko 2000 kn). Zato sam se odlučila za medij koristiti riječni šljunak koji je bilo potrebno prosijati. Glavni nedostatak riječnog šljunka je velika težina koja otežava rukovanje sustavom i zahtjeva jaku konstrukciju postolja korita za uzgoj. Postoji i rizik od sadržavanja vapnenca koji utječe na pH vode.

U procesu prosijavanja bilo je potrebno prvo prosijati pijesak kroz mrežu s rupama od 2 cm kako bi odvojili veliko kamenje. Nakon toga, prosijani pijesak trebalo je ponovno prosijati kroz mrežicu od 0.5 cm kako bi odvojili sitni pijesak. S tim procesom smo dobili pogodnu granulaciju od 0.5 do 2 cm koja postaje pogodan uzgojni medij.

Nakon prosijavanja, šljunak je potrebno dobro isprati kako bi se uklonila najsitnija zrnca pijeska i nečistoće koje mogu naštetiti sustavu.



Slika 14. Ispiranje šljunka "miniwashem" (Foto: B. Ozimec)



Slika 15. Ručno ispiranje šljunka, uklanjanje krupnijih nečistoća (Foto: B. Ozimec)

Iako je cijeli proces prosijavanja i ispiranja trajao 2 dana, dosta je smanjilo troškove izrade sustava.

7.1.4 Ribe u sustavu

Riječnu ribu iz Save odabrala sam za svoj akvaponski vrt jer su te vrste pogodne za našu klimu, lako dostupne i, uz malo ribičke vještine, besplatne. Bicala sam uglavnom otporne i lako prilagodljive vrste poput babuške (*Carassius gibelio*), patuljastog somića (*Ictalurus nebulosus*), grgeča (*Perca fluviatilis*), žutooke (*Rutilus rutilus*) i sunčanog karasa (*Lepomis gibbosus*).

Još jedna prednost riječnih riba je i prehrana. Sakupljanjem kišnih gujavica tijekom večeri, uzgojem kalifornijskih gujavica na vrtnom kompostištu, lovljenjem muha, skakavaca i puževa, osigurala sam dovoljno hrane za ribe te nije bilo potrebe za kupovanjem gotove riblje hrane. Hrane se jedanput dnevno, potrebno je pratiti koju količinu hrane pojedu prvih 10 minuta, sva ostala hrana je višak. Na temelju toga odredi se koliko hrane im je potrebno za normalan razvoj.

Općeprihvaćeno akvaponičko pravilo za uzgajivače početnike je pola kilograma ribe na 20-40 litara vode. Tako sam svoj sustav započela s 4 patuljasta somića, 2 grgeča i 6 babuški, ukupno 12 riba.



Slika 16. Riba u akvaponskom sustavu (Foto: B. Ozimec)

7.1.5 Biljke u sustavu

Biljke su integrirane u sustav 4.6.2014. godine Odlučila sam se za sadnju bilja koje je istovremeno posađenu i u vrtu kako bih usporedno mogla pratiti njihov razvoj. U akvaponski vrt zasadila sam 7 sadnica *cherry* rajčica, 4 sadnice krastavca, 10 paprika, 20 sadnica poriluka, 3 sadnice ljetnog zelja, dosta salate i celer.



Slika 17. Sadnja povrtnica 04.06.2014. (Foto: B. Ozimec)



Slika 18. Akvaponski vrt 21.06.2014. (Foto: B. Ozimec)

Nakon što je ovo povrće sazrijelo, pokušala sam sa sjetvom sjemena zimske salate, matovilca, mrkve i špinata 15.10.2014. godine. Budući da u ovom sustavu korito za uzgoj periodički plavi i prazni se, postojala je opasnost da sjeme, zajedno s vodom, kroz sifon dospije u spremnik s ribama. Međutim, rezultati su odlični. Gotovo svo sjeme je proklijalo nakon nekoliko dana.



Slika 19. Zimska salata, 22.10.2014. (Foto: B. Ozimec)



Slika 20. Matovilac 08.11.2014. (Foto: B. Ozimec)

7.1.6 Kalifornijske gujavice

U akvaponskom sustavu bakterije razgrađuju amonijak do nitrata koji predstavlja hranjivo za biljke. Izmet riba iz spremnika dolazi u korito za uzgoj bilja gdje se taloži na dnu. Kalifornijske gujavice razgrađuju organski otpad pretvarajući ga u hranjiva. Također razgrađuju i ostatke korijenja bilja te sprječavaju pojavu tzv. "mrtvih zona" bez kisika oko korijena koji mogu uzrokovati truljenje. Razmnožavaju se ovisno o količine hrane te ne postoji mogućnost naglog rasta populacije u koritu za uzgoj.

7.2 Implementacija i praćenje sustava

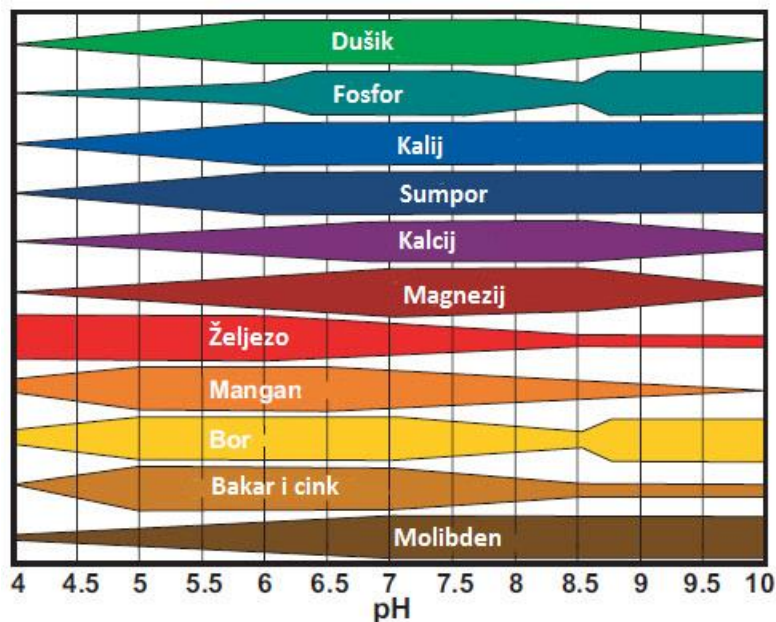
Prije pokretanja sustava, 17.05.2014. godine ribe su stavljene u spremnik/kadu za uzgoj napunjenu vodom iz bunara (može se koristiti i kišnica) . Pošto sustav još nije pokrenut, bilo je potrebno dodati i zračnu pumpu u kadu kako bi ribe imale dovoljno kisika. Nusprodukti metabolizma riba privlače bakterije koje vrlo brzo nastanjuju sustav i počinju pretvarati amonijak u nitrate, hranjiva za bilje. Budući da su prošla skoro dva tjedna od integracije riba do sadnje bilja, pretpostavila sam da su bakterije već nastanjene i sustav je bio spreman za pokretanje. Za sustav se kaže da je uravnotežen kada se razvije dovoljno bakterija za pretvaranje amonijaka u nitrite, a zatim i nitrata u nitrate. Dakle, sustav je pokrenut 04.06.2014. godine.



Slika 21. Voda u kadi za uzgoj 2 tjedna nakon dodavanja riba (lijevo) i voda 4 dana nakon pokretanja sustava (desno) (Foto: B. Ozimec)

7.2.1 Praćenje pH vrijednosti

U akvaponskom sustavu postoje četiri različite skupine organizama i četiri različita staništa u istom ekosustavu. Budući da sva živa bića imaju specifičan pH raspon u kojem mogu živjeti, tako i voda iz akvaponskog sustava mora imati pH u rasponu koji je optimalan za sve četiri skupine organizama. Za ribe, optimalan pH je između 6.5-8, za biljke 5-7, a za kalifornijske gujavice i bakterije 6-8. Prema tome, optimalni pH vode u sustavu trebao bi biti između 6.5-7 kako bi odgovarao svim organizmima u akvaponskom sustavu. Također, pH vode utječe i na mogućnost apsorpcije hranjivih tvari od strane biljaka.



Slika 22. Apsorpcija hranjivih tvari u odnosu na visinu pH (Izvor: <https://www.pioneer.com/home/site/us/template.CONTENT/agronomy/seasonal-insights/crop-mgmt-tips/guid.1F3739F5-5DC8-D4B5-D02B-FBB13BFB81D1>)

Tijekom početnog cirkuliranja sustav, pH vode raste. Jednom kada je sustav uravnotežen, pH će padati i postati konstantan kao prirodni rezultat bioloških aktivnosti u akvaponskom sustavu.

Nakon pokretanja akvaponskog sustava, pratila sam razinu pH pomoću digitalnog mjerača pH vrijednosti proizvođača OEM. Mjerenja sam provodila svakodnevno. U početku se vrijednost pH kretala od 8.0 – 8.5. S vremenom, kako je sustav napredovao,

pH je trebao početi padati. Međutim, skoro pedeset dana nakon pokretanja sustava, pH je i dalje bio preko 8 (8.1 – 8.5).

Daljnijim istraživanjem otkrila sam da je uzrok visokog pH vapnenac iz šljunka koji se koristi kao medij u koritu za uzgoj. Visoki pH je odgodio potpuno cirkuliranje sustava te je sigurno i utjecao na rast bilja budući da je prekinuta apsorpcija željeza. Trebalo je proći još neko vrijeme da se vapnenac istopi i pH počne padati. Konačno, nakon 20.08.2014. godine, pH počinje padati u vrijednosti 0.1 po danu, i do 28.07.2014. godine pada na vrijednost od 7.2 koja je optimalna za sustav.

Nakon što je sustav uravnotežen, dovoljno je jednom tjedno provjeravati pH vrijednost.

7.2.2 Praćenje razine amonijaka, nitrita i nitrata

Uz pH, razina amonijaka je još jedan vrlo važan pokazatelj sveukupnog zdravlja sustava. Ribe izlučuju amonijak kroz škrge kao nusprodukt njihovog respiratornog procesa. Bez razrjeđivanja, uklanjanja ili pretvorbe u manje toksične oblike dušika, amonijak u spremniku za uzgoj uzrokovat će pomor svih riba. Zato je vrlo bitno pratiti razinu amonijaka u sustavu.

Mjerenje amonijaka, nitrita i nitrata u akvaponskom vrtu provodila sam standardnim testovima proizvođača *JBL* i *Salifert*. U početku pokretanja sustava, mjerenja sam provodila jednom tjedno kako bih dobila uvid u stanje sustava i imala vremena reagirati kod previsoke razine amonijaka (ako je razina amonijaka viša od 2.5 mg/L potrebno je zamijeniti dio vode, kako bi se koncentracija amonijaka smanjila).



Slika 23. Testovi za mjerenje razine amonijaka, nitrita i nitrata (Foto: B. Ozimec)

Razina nitrita, zajedno s razinom amonijaka, ukazivala je na prisutstvo populacije bakterija *Nitrosomonas sp.* i *Nitrobacter sp.* Ako je razina amonijaka ili nitrata viša od dopuštene, to znači da nema dovoljno bakterija u sustavu.

Nitrati iznad 380 mg/L ukazuju da u sustavu nema dovoljno biljaka da preuzmu dušik proizveden od strane dušikovih bakterija.

Tablica 1 Praćenje razine amonijaka, nitrita, nitrata i pH u akvaponskom sustavu

	AMONIYAK NH ₄ (mg/L)	NITRIT NO ₂ (mg/L)	NITRAT NO ₃ (mg/L)	pH	Dodavanje riba u sustav (12 +)
04.06.2014	0.25 – 0.5	0.25	0.5 - 1	8.5	
11.06.2014	0.25 – 0.5	0.25	0.5 - 1	8.4	
19.06.2014	0.25 – 0.5	0.1	0.5 - 1	8.2	
26.06.2014	≤ 0.25	0	0.5 - 1	8.4	
30.06.2014	≤ 0.25	0	1-5	8.1	+3
11.07.2014	≤ 0.25	0.1	1-5	8.4	+7
18.07.2014	≤ 0.25	0	0.5 - 1	8.2	
28.07.2014	≤ 0.25	0	0.5 - 1	7.2	+2
05.09.2014	≤ 0.25	0	0.5 - 1	6.9	

Iz tablice je vidljivo da je sustav u potpunosti uravnotežen 26.06.2014. godine kada je razina amonijaka pala ispod 0.25 mg/L. To znači da se razvila dovoljna kolonija dušikovih bakterija koja sav proizvedeni amonijak pretvara u nitrite. Manjim porastom razine nitrata, povećala sam količinu bilja u koritu dodavanjem sadnica ljetne salate pošto je zimska otišla u cvijet. Pošto je sustav uravnotežen, povećala sam i količinu riba u sustavu. Konačno, sustav ima 24 ribe, razina amonijaka, nitrita, nitrata i bakterija je u savršenoj ravnoteži, a pH je optimalan.



Slika 24. Zbog viših dnevnih temperatura, zimska salata prirodno odlazi u fazu cvatnje (Foto: B. Ozimec)

7.2.3 Željezo u akvaponском sustavu

Kako je vrt kroz prvih mjesec dana počeo bujati, primijetila sam da moje biljke nisu lijepe, tamnozeleno boje, već su donji listovi i rubovi listova počeli žutiti. To je zapravo česta pojava tijekom pokretanja sustava prva tri do četiri mjeseca jer se bakterije nisu dovoljno razvile za pretvorbu ribljeg otpada u hranjiva za bilje. Međutim, u mojem sustavu je bio problem previsok pH zbog vapnenca iz medija. Pošto je pH konstantno bio iznad 8, biljke nisu bile u mogućnosti apsorbirati željezo (slika 20). Nakon pada vrijednosti pH, biljke su kroz nekoliko dana počele poprimati tamniju zelenu boju.

U slučaju da ni padom pH lišće ne prestane žutiti, to je pokazatelj nedostatka željeza u sustavu. Dodavanje male količine tekućeg željeza koje se može kupiti u svakoj poljoapotecu, trebalo bi riješiti ovaj problem kroz nekoliko dana.



Slika 25. Žuto lišće biljaka uzrokovano nedostatkom željeza (Foto: B. Ozimec)

7.3 Rezultati

Iako sam relativno kasno počela s pokretanjem sustava, rezultati su ipak zadovoljavajući. Bila su potrebna dva mjeseca da sustav postane uravnotežen. Iako je rast bilja bio usporen, apsorpcija željeza prekinuta, polako sam počela ubirati prve plodove akvaponskog vrta. Jesenska berba u potpuno uravnoteženom sustavu biti će još uspješnija, iako polako gubim bakterije zbog sve nižih temperatura (stavljanjem izolacije koja se sastoji od 12 cm debelog stiropora oko kade, podigla sam temperaturu vode za nekoliko stupnjeva u odnosu na vanjsku). Sustav bi bio puno uspješniji da je smješten u zatvorenom prostoru u kontroliranim uvjetima. To sa sobom donosi i veća početna ulaganja, više znanja i vještina koje se stječu upravo kroz izgradnju manjih sustava kao što je moj.

Bogatija znanjem koje sam stekla izradom ovog malog sustava, u neko naredno vrijeme sigurno ću se upustiti u izgradnju većeg obiteljskog akvaponskog vrta, gdje ću pokušati uzgojiti godišnju zalihu povrća i riba (somovi i pastrve) za cijelu obitelj.



Slika 26. Poriluk. (Foto: B. Ozimec)



Slika 27. Ljubičasti kupus. (Foto: B. Ozimec)



Slika 28. Celer (Foto: B. Ozimec)



Slika 29. Mrkva (Foto: B. Ozimec)



Slika 31. Krastavac (Foto: B. Ozimec)



Slika 30. Cherry rajčice (Foto: B. Ozimec)

8 ZAKLJUČAK

Akvaponski sustav oponaša prirodne riječne ekosustave i sadrži vrlo učinkovite metode za proizvodnju hrane. Kroz recirkulaciju i ponovno korištenje vode, akvaponika koristi znatno manje vode od klasične poljoprivredne proizvodnje. Nadalje, akvaponski sustav predstavlja sustav uzgoja hrane koji ima nulti utjecaj na okoliš, pogotovo ako su pumpe i grijači sustava pokretani putem obnovljivih izvora energije. Proizvodi se više na manjem prostoru, proizvode se istovremeno i biljke i ribe bez upotrebe kemijskih supstanci i fosilnih goriva uz maksimalnu uštedu vode. Pošto je akvaponika uzgoj koji ne zahtjeva tlo, proizvodnja je moguća na gotovo svim područjima Zemlje, bez obzira na plodnost tla.

Kroz pilot projekt izrade akvaponskog sustava utvrđene su sljedeće prednosti sustava:

- Za vrijeme sušnih razdoblja klasičan obiteljski vrt potrebno je zalijevati dva puta dnevno, dok je u akvaponskom sustavu potrebno samo povremeno nadoknaditi vodu koja se gubi isparavanjem.
- Kod izrade akvaponskog vrta u početnoj fazi ima većih ulaganja, ali dugoročno dolazimo do znatnih ušteda.
- Nužno je svakodnevno praćenje razine amonijaka, nitrita, nitrata te vrijednosti pH. Kada sustav postane uravnotežen tj. kada se razvije dovoljno bakterija, a ribe i biljke su u idealnom omjeru, preostaje jedino hraniti ribe, ubirati plodove i pratiti kemiju vode jednom tjedno.
- Budući da nema tla, nema ni korova, a time ni plijevljenja, kopanja, korištenja kemijskih preparata i sl.

Iako sam u izradi akvaponskog vrta naišla na dosta poteškoća, bogatija sam znanjem i iskustvom stečenim u njegovoj izradi te sam potvrdila zaista velik potencijal akvaponike u budućnosti proizvodnje hrane.

9 LITERATURA

1. ANONYMOUS (2005.): Facts About the Rainforest, Save the Rainforest
http://www.savetherainforest.org/savetherainforest_007.htm 06.10.2014.
2. ANONYMOUS (2005.): Protecting Water Quality from Agricultural Runoff, United States Environmental Protection Agency, EPA 841-F-05-001, Washington,
http://water.epa.gov/polwaste/nps/upload/2005_4_29_nps_Ag_Runoff_Fact_Sheet.pdf 16.09.2014.
3. ANONYMOUS (2008.) : Living Planet Report, World Wide Fund for Nature, Gland, Switzerland
4. ANONYMOUS (2009) : Majority of World Population Face Water Shortage Unless Action Taken, UN News Center,
http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=29796#.VQGvi_mG-9U 17.09.2014.
5. ANONYMOUS (2013.): A World Ahead: The Leaders in Hydroponic Technology, General Hydroponics, Sebastopol, USA,
http://generallyhydroponics.com/site/index.php/resources/learning_center/a_world_ahead_the_leaders_in_hydroponic_technology/ 24.09.2014.
6. BERNSTEIN S. (2011) : Aquaponic gardening: a step-by-step guide to raising vegetables and fish together, New Society Publishers, Canada, str. 37- 183
7. DIAMOND J. (2008.) : What's Your Consumption Factor ?, The New York Times,
http://www.nytimes.com/2008/01/02/opinion/02diamond.html?pagewanted=all&_r=0 15.09.2014.
8. DONALDSON G. (2008.): The Urban Aquaponics Manual, 2nd Edition, USA, str. 11-111,116-117
9. DUNCAN T. (2014.): World's Largest Aquaponics Project, in China's Third Largest Aquaculture Lake, The Permaculture Research Institute,
<http://permaculturenews.org/2014/10/14/worlds-largest-aquaponics-project-chinas-third-largest-aquaculture-lake/> 03.11.2014.
10. FOX B., R. HOWERTON, C. S. TAMARU (2010.): Construction of Automatic Bell Siphons for Backyard Aquaponic System, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, USA,
<http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/bio-10.pdf> 02.11.2014.
11. McWILLIAMS J. E. (2009.): Just food: Where Locavores Get it Wrong and How We Can Truly Eat Responsibly, New York: Little, Brown, USA, str 88 – 96

12. MURRAY R. (2009.): The End of the Line (dokumentarni film), prema istoimenoj knjizi C.CLOVER (2008), University of California Press
13. SHIKLAMOV I. (1998.): World Water Resources. A New Appraisal and Assessment for the 21st century, UNECSO, UK, str. 16-22,
<http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001126/112671Eo.pdf> 10.09.2014.
14. SMITH G. (2010.): A Harvest of Heat: Agribusiness and Climate Change, Agribusiness Action Initiatives, North America, str 1-20
<http://smallplanet.org/sites/smallplanet.org/files/Harvest%20of%20Heat-%20Agribusiness%20and%20Climate%20Change.pdf> 04.10.2014.
15. STOCKER T. F., D. QIN, G. PLATTNER, M. TIGNOR, S. K. ALLEN, J.BOSCHUNG, A. NAUELS, Y. XIA, V. BEX, P. MIDGLEY (2013.): Climate Change 2013- The Physical Science Basis, Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, USA, str. 159- 255
16. STOUT M. (2013.): Aquaponic Gardening, Penguin Group, USA, str. 1-12
17. WATSON T., A.H.ZAKRI, H.ZEDAN (2005.): Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis, Millenium Ecosystem Assessment, World Resurces Institute, Washington, DC, str. 51-53,
<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf>
10.09.2014.