

OSNOVNA ŠOLA GORICA
Goriška cesta 48, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

**AKVAPONIKA – IZDELAVA IN PREVERJANJE DELOVANJA
SIMBIOTIČNEGA EKOSISTEMA V VAŠI DNEVNI SOBI**

Tematsko področje: APLIKATIVNI INOVACIJSKI PREDLOGI IN PROJEKTI

Avtorja:

Matevž Poličnik, 9. razred
Filip Pušnik Jamnikar, 9. razred

Mentorica:

Branka Mestnik, prof.
Dr. Helena Poličnik, univ. dipl. biol.

Velenje, 2019

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Osnovni šoli Gorica.

Mentorici: Branka Mestnik, PRU geografije in zgodovine
Dr. Helena Poličnik, univ. dipl. biol.

Datum predstavitve: 12. 3. 2019

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	OŠ Gorica, šolsko leto 2018/2019
KG	ribe / rastline / samooskrba / ekosistem / akvaponika / hidroponika / akvatika
AV	POLIČNIK, Matevž / PUŠNIK JAMNIKAR, Filip
SA	MESTNIK, Branka / POLIČNIK, Helena
KZ	3320 Velenje, SLO,
ZA	OŠ Gorica Velenje
LI	2019
IN	AKVAPONIKA – PREVERJANJE DELOVANJA SIMBIOTIČNEGA EKOSISTEMA V VAŠI DNEVNI SOBI
TD	Raziskovalna naloga
OP	VI, 21 str., 5 pregl., 11 sl., 13 vir.
IJ	SL
JI	sl
AI	<p>Raziskovalna naloga temelji na načrtnem ugotavljanju zakonitosti delovanja akvaponike in izdelavi manjšega akvaponičnega sistema. Pojem akvaponika je v našem okolju manj poznan. Predstavlja združitev vzreje vodnih organizmov (v našem primeru akvarijskih rib), tj. akvakulture, ter gojenje rastlin, tj. hidroponike. Za izvedbo poskusa smo zasnovali in izdelali sistem akvaponike. Potrebovali smo akvarij in pleksi steklo (nosilec za plastični lonec za rastline), ki predstavlja pokrov na vodni gladini. Za črpanje vode v »rastlinski del« sistema smo dodali vodno črpalko, katere pretočno moč smo določili s poskusom. V prvem poskusu so vse nasajene rastline začele gniti, ker je bila pretočnost črpalke prevelika (150 l/h). Ugotovljena optimalna pretočnost za zgrajen sistem je 50 l/h. Izdelali smo dva sistem akvaponike. V enega smo naselili gupije (<i>Poecilia reticulata</i>), v drugega notropis (<i>Notropis lutrensis</i>). Izbrana rastlina za poskus je bila grmičasta bazilika. Z raziskavo smo ugotovili, da akvaponika omogoča samostojno delovanje in samooskrbo rib ter rastlin v okviru simbiotičnega ekosistema. Spoznali smo, da so gupiji boljša izbira kot notropisi. Akvaponika je presenetila s svojo uporabnostjo in inovativnimi rešitvami, ki jih ponuja, saj omogoča samooskrbo in izrabo prostora.</p>

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND OŠ Gorica, šolsko leto 2018/2019

CX fish / plants / selfsustainability / ecosystem / aquaponics / hydroponics / aquatics

AU POLIČNIK, Matevž / PUŠNIK JAMNIKAR, Filip

AA MESTNIK, Branka / POLIČNIK, Helena

PP 3320 Velenje, SLO,

PB OŠ Gorica Velenje

PY 2019

TI **AQUAPONICS – TESTING OF SIMBIOTIC ECOSYSTEM IN YOUR LIVING ROOM**

DT RESEARCH WORK

NO VI, 21 p., 5 tab., 11 fig., 13 ref.

LA SL

AL sl / en

AB With this research work we were testing aquaponics performance. The goal was to build our own, homemade small, aquaponics system. The concept of aquaponics is less known in Slovenia. It represents a combination of breeding of aquatic organisms (in our case aquarium fish), i.e. aquaculture, and cultivation of plants, i.e. hydroponics. In order to carry out our experiment, we designed and manufactured two aquaponics systems. For this we needed aquariums and plexi glass (a plastic pot holder for plants) that represented a water level lids. For pumping water into the "plant part" of the system, we added a water pump, whose flow strength was determined by experiment. In the first experiment, all planted plants began to rot, due to too high flow rate of water (150 l / h). The optimal flow rate for our aquaponics system was determined to be 50 l / h. We have created two aquaponics systems. In one we populated guppy fish (*Poecilia reticulata*), in another notropis fish (*Notropis lutrensis*). The selected plant for the experiment was shrub basil. The research showed that aquaponics enables autonomous operation and self-supply of fish and plants within the framework of a symbiotic ecosystem. We realized that the guppy fish were a better choice than notropis fish. Aquaponics has surprised us with its utility and innovative solutions that it offers, as it enables self-sustainability and good use of space.

Kazalo vsebine

1	UVOD.....	1
2	PREGLED OBJAV	3
3	MATERIALI IN METODE DELA.....	5
3.1	Material.....	5
3.2	Metode dela.....	6
3.2.1	Izdelava sistema.....	6
3.2.2	Meritve pH in temperature	8
3.2.3	Ugotavljanje optimalne pretočnosti vodne črpalke	9
3.2.4	Ugotavljanje uspešnosti rasti rastlin	9
4	REZULTATI	10
4.1	Sistem akvaponike	10
4.2	Meritve pH in temperature	11
4.3	Ugotavljanje optimalne pretočnosti vodne črpalke.....	11
4.4	Ugotavljanje uspešnosti rasti rastlin	12
5	RAZPRAVA.....	13
6	ZAKLJUČKI	18
7	POVZETEK	19
8	ZAHVALA.....	20
9	VIRI IN LITERATURA.....	21

Kazalo slik

Slika 1: Primer večjega sistema akvaponike, ki se uporablja v kmetijstvu.	4
Slika 2: pH minus in grelec za vodo.	5
Slika 3: Izdelovanje pleksi pokrova.	6
Slika 4: Vstavljanje mrežastih lončkov na dno posode.	7
Slika 5: Merjenje pH vrednosti vode s pH lističi – odčitavanje vrednosti iz pH lestvice.	8
Slika 6: Prikaz vgraditve pretočne črpalke v sistem avkaponike.	9
Slika 7: Narejen akvarij za akvaponični sistem brez rib ter rastlin.	10
Slika 8: Ugotavljanje vpliva pretoka vode na zeleno solato.	11
Slika 9: Ugotavljanje vpliva pretočnosti vode na grmičasto baziliko.	12
Slika 10: Prikaz uspešne in neuspešne rasti grmičaste bazilike.	13
Slika 11: Naš akvaponični sistem v delovanju 1. dan – levo in nekoliko bolj komplicirana izvedba – desno.	15

Kazalo tabel

Tabela 1: Meritve uspešnosti rasti zelene solate v akvaponike z uporabo gupijev.	11
Tabela 2: Meritve uspešnosti rasti zelene solate v akvaponike z uporabo notropisev.	11
Tabela 3: Meritve ustreznosti pretočnosti vode za uspešno akvaponiko z uporabo gupijev.	12
Tabela 4: Uspešnost rasti grmičaste bazilike v akvaponiki z gupiji.	13
Tabela 5: Uspešnost rasti grmičaste bazilike v akvaponiki z notropisi.	13

1 UVOD

Akvaponični sistemi delujejo na posnemanju naravnega ekosistema. Temelji na hidroponiki in ribogojstvu. Hkrati lahko gojimo ribe in zelenjavo. V tujini je že kar nekaj podjetij, ki se ukvarja z omenjenim načinom pridelave zelenjave in vzreje rib, v Sloveniji pa je to področje še precej neznano. Pri akvaponiki imamo običajno v bazenu pod rastlinami ribe, ki s svojimi izločki gnojijo vodo. Bakterije v vodi nato izločke razgradijo na manjše enote – hranila za rastline. V sistemih akvaponike se v bazenih z vodo lahko začne tvoriti amonij, ki je potencialno toksičen stranski produkt izločkov rib. Eden od načinov, kako izboljšati kakovost vode je tako dodajanje vodnih rastlin kot biofiltrir v vodo (Lewis s sod., 1978 cit. v Love s sod., 2015). Rastline nad akvarijem s svojimi koreninami črpajo snovi iz vode in jih učinkovito koristijo za svojo rast. Voda je tako očiščena, rastline pa dobijo vse potrebno za učinkovito rast ter razvoj (Somerville s sod. 2014). Ni dodajanja umetnih gnojil, krog je sklenjen. Dodajanje umetnih gnojil v klasične hidroponične sisteme je namreč lahko z okoljevarstvenega vidika zelo sporno (Krese 1989).

V sklopu raziskovalne naloge smo želeli preveriti delovanje akvaponičnega sistema, in sicer z izdelavo manjše akvaponike, primerne velikosti za dnevno sobo. Pri izdelavi sistema smo se soočili z mnogimi izzivi, predvsem tehničnimi – kako fizično izdelati akvaponiko, kako zagotoviti pravilne ekološke pogoje tako za rastline kot ribe (pH, temperatura, pretočnost sistema).

Namen naše naloge je izdelati akvaponični sistem in preveriti njegovo delovanje. Želimo preveriti, če rastline (grmičasta bazilika in zelena solata) v akvaponiki rastejo hitreje nad akvarijem s toplejšo vodo. Zanimalo nas je, ali imajo različne vrste rib tudi vpliv na delovanje akvaponike.

Ljudje, ki nameravajo uporabljati naravne sisteme v stanovanju, naj izdelajo akvaponiko. Z raziskovalno nalogo jim želiva podati navodila za domačo izdelavo.

HIPOTEZE:

1. Sistem akvaponike bo boljše deloval v primeru, ko so kot akvakultura uporabljeni gupiji v primerjavi z notropisi.
2. Sistem akvaponike je samooskrbni sistem, zato tudi v primeru sobne izvedbe sistem deluje popolnoma samostojno.
3. Za izbrano rastlino je za delovanje sistema akvaponike pomembno, da se z uporabo črpalk ugotovi primerna pretočnost vode.
4. V sistemu akvaponike lahko gojimo rastline, ki so prilagojene na stalno vlažen koreninski sistem.
5. Sočasno gojenje rib in določenih vrst zelenjave v sklopu akvaponičnega sistema deluje in je učinkovito za učinkovito izrabo prostora.

2 PREGLED OBJAV

Akvaponika je sestavljena iz akvakulture (gojenja rib) in hidroponike (vzgajanje rastlin/zelenjave brez prsti). Gre za integriran sistem, v katerem ribe izločajo blato, ki rastlinam ponuja odlično gnojilo in podlago za rast (Somerville s sod. 2014), saj je polno organskih snovi. V hidroponičnem delu sistema korenine rastlin odlično filtrirajo vodo, v kateri živijo ribe. Za gojenje rastlin ne potrebujemo dodatnih gnojil in ne prsti; v hidroponičnem delu sistema se za oporo rastlinskim koreninam najpogosteje uporabljajo glinene kroglice (glinopor). Najpomembnejši stroški akvaponičnih sistemov so elektrika, voda (zgolj na začetku, kajti ko je enkrat v sistemu, je ni potrebno menjati, saj stalno kroži in jo rastline same prečiščujejo), hrana za ribe in seveda semena oz. sadike. Ker rastline ne rastejo v prsti, so manj dovzetne za škodljivce. Torej je tretiranje s škropljenjem veliko manj pogosto kot v primeru tradicionalnega gojenja zelenjave. Navdušujoča je tudi hitrost, s katero vrtnine, ki jih običajno gojimo v akvaponičnih sistemih, rastejo. Pri optimalnih pogojih je njihova rast namreč lahko tudi do štirikrat hitrejša kot na vrtu (<https://www.bodieko.si/akvaponika>). Podnebne razmere v večini naše države omogočajo gojenje rastlin v akvaponičnih sistemih približno od aprila pa vse do konca oktobra. Če pa se sistem nahaja v ogrevanem rastlinjaku ali zaprtih prostorih (stanovanju), pa je rastline seveda mogoče vzgajati skozi vse leto. In še nekaj odličnih lastnosti akvaponike v primerjavi s pridelavo rastlin na vrtovih – z akvaponiko ne bo potrebnega nobenega okopavanja, poleg tega pa boste vsako leto prihranili tudi na hektolitre vode, kajti zalivanje v sistemu, ki temelji na nenehnem kroženju vode, seveda ni potrebno. Optimalna raba akvaponičnih sistemov pa vključuje tudi gojenje rib v prehranjevalne namene. Tako lahko v sistemih uporabljamo najrazličnejše vrste sladkovodnih rib (ostriži, krap, postrvi), če nam gojenje rib za prehrano ni v interesu, pa svojo nalogo izvrstno opravijo tudi zlate ribice. (<https://www.bodieko.si/akvaponika>)

S pravim razmerjem rastlin in vodnih organizmov dosežemo hitro rast tako rastlin kot rib in vzgojimo v enem sistemu živalske beljakovine ter zelenjavo. Ker je sistem ciklični oz. zaprtega tipa, porabimo v nasprotju s hidroponiko odprtega tipa ali akvakulturo do 90 % manj vode, prav tako pa ne uporabljamo mineralnih gnojil, pesticidov, zdravil za ribe in s tem bistveno zmanjšamo obremenitev okolja (Leskovec, 2012).

Zanimanje za akvaponiko narašča, ker se lahko uporablja na netradicionalnih lokacijah za kmetijstvo v notranjosti skladišč in na obrobni zemljiščih, lahko pa tudi brez lokalno pridelanih proizvodov uporabo sintetičnih pesticidov, kemičnih gnojil ali antibiotikov (Love s sod., 2015).



Slika 1: Primer večjega sistema akvaponike, ki se uporablja v kmetijstvu (vir: <https://research.umn.edu/inquiry/post/students-lead-research-emerging-aquaponics-industry>).

O izdelavi in uporabnosti akvaponike za namene gojenja rib in zelenjave je mogoče veliko izvedeti na spletu, in sicer spodaj podajava nekaj povezav na spletne filme:

<https://www.youtube.com/watch?v=oLwTdpTIXd8>

<https://www.youtube.com/watch?v=k-Lc6HefrkM>

<https://www.youtube.com/watch?v=WGI6O8FqLtA>

<https://www.youtube.com/watch?v=1PVdQ3-7UIs>

3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 MATERIAL

Pri izdelavi akvaponike smo potrebovali:

- steklen akvarij,
- pleksi steklo,
- posodo za rastline,
- dva mrežasta lončka,
- glinene kroglice,
- kamenčke,
- dve nastavljivi vodni črpalki,
- pH meter (lističi),
- tekočina za zniževanje pH (pH minus),
- vodni termometer,
- grelec,
- orodje (žaga, vrtalni stroj, brusilni papir, škarje, olfa nož, sekundno lepilo),
- vodne rastline,
- kopenske rastline (zelena solata in grmičasta bazilika),
- ribice (gupiji (*Poecilia reticulata*) in notropis (*Notropis lutrensis*)).



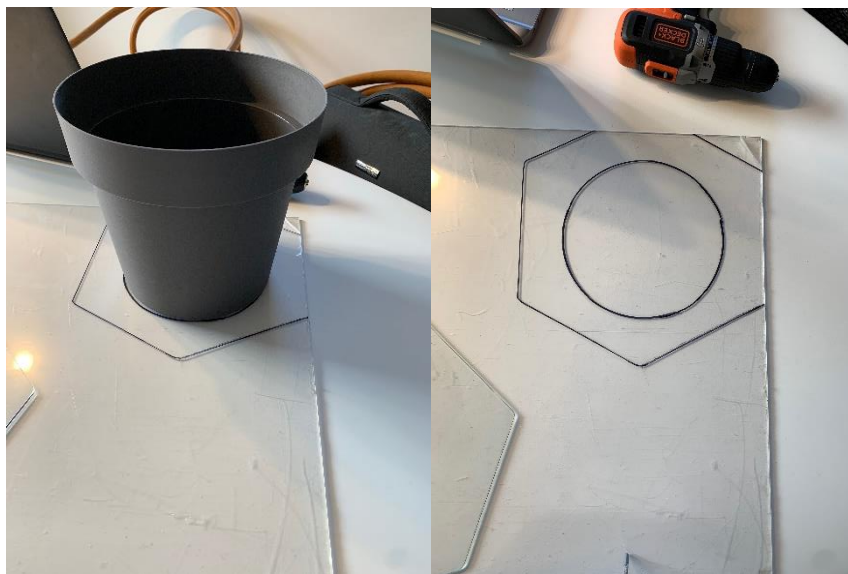
Slika 2: pH minus in grelec za vodo (foto: F. Pušnik Jamnikar).

3.2 METODE DELA

3.2.1 Izdelava sistema

Za izvedbo raziskovalne naloge smo izdelali dva majhna sistema akvaponike. Na ta način smo ob enakih zunanjih pogojih lahko ugotavljali vpliv različnih vrst akvarijskih ribic na uspešnost delovanja akvaponike.

V trgovini smo kupili manjša steklena akvarija. V vsakem od akvarijev smo steklen pokrov zamenjali s pokrovom iz pleksi stekla, v katerem smo izrezali luknjo za posodo rastline, kar je razvidno iz slike (Slika 3). Premer izreza je bil ustrezen srednjemu premeru posode rastline, s čimer smo dosegli večjo stabilnost rastlinskega dela sistema (manj premikanja levo in desno). Višino plastične posode za rastlino smo prav tako prilagodili velikosti akvaponičnega sistema in smo jo nekoliko znižali. S tem smo dosegli optimalno višino za dolžino korenin rastlin (dostop do vode) in tudi primerno osvetljenost rastlin.



Slika 3: Izdelovanje pleksi pokrova (foto: F. Pušnik Jamnikar).

Za uravnavanje pretoka smo na dnu posode smo izrezali dve luknji in ju prekrili z dvema manjšima mrežastima lončkoma (Slika 4). V posodo smo skoraj do vrha nasuli glinene kroglice, ki služijo za oporo rastlin.



Slika 4: Vstavljanje mrežastih lončkov na dno posode (foto: M. Poličnik).

Akvarij smo opremili s standardno akvarijsko opremo. Na dno smo nasuli kamenčke, nalili vodo in v akvarij posadili nekaj akvarijskih rastlin. S pH metrom smo merili pH vode in ga z ustreznim pripravkom (pH minus) nižali do nivoja, ki je ustrezen za akvarijske ribe. Za obe izbrani vrsti rib (gupiji in notropis) je ekološko optimalen pH 7.5, ki smo ga tudi vzdrževali. Vodo smo z grelcem ogrevali na 25 °C, in sicer le v akvariju, v katerega smo vstavili gupije.

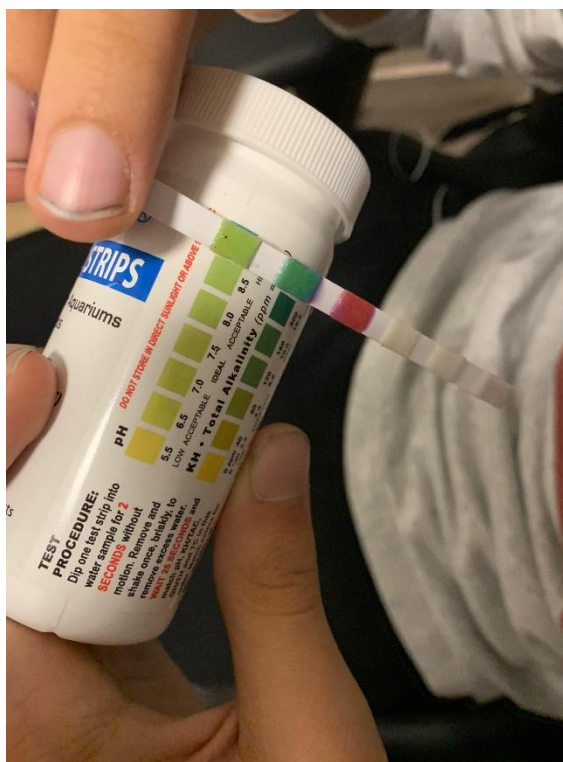
Po vzpostavitvi stabilnega akvarijskega dela sistema (pH in temperatura) smo v vodo vložili ribice. V en akvarij smo vložili gupije, v drugega pa notropise. V akvariju z gupijami smo vodo ogrevali na 25 °C, saj je ekološki optimum za to vrsto rib pri temperaturi med 23 in 27 °C. V akvariju, v katerega smo vložili notropise, vode nismo dodatno ogrevali. Ekološki optimum za to vrsto rib je med 10 in 21 °C in ta temperatura vode je bila dosežena s sobno temperaturo vode.

V akvarij smo namestili vodno črpalko, s pomočjo katere smo lahko vodo črpali v rastlinski del akvaponičnega sistema.

V zgornji del sistema smo v lonček z glinenimi kroglicami nasadili rastline (zeleno solato in grmičasto baziliko). Pretočnost vodne črpalke smo spreminjali (uporabili smo vodno črpalko z možnostjo nastavitve moči črpanja).

3.2.2 Meritve pH in temperature

Pred naselitvijo vodnih rastlin in vnosom akvarijskih rib v akvarij, smo morali vzpostaviti stabilne ekološke pogoje – pH in temperaturo vode. Za merjenje pH vrednosti smo uporabili pH lističe. Le-te smo za par sekund pomočili v vodo. Listič se glede na vrednost pH različno obarva in na barvni lestvici se nato odčita vrednost pH. Ker ima voda iz pipe višji pH kot je to primerno za akvarijske rib, smo pH počasi in postopno zniževali s pH minusom. Navodila za pravilno uporabo so nalepljena na embalaži pH minusa. pH vrednost smo nato preverjali vsaka dva dni in po potrebi še dodali pH minus.



Slika 5: Merjenje pH vrednosti vode s pH lističi – odčitavanje vrednosti iz pH lestvice (foto: F. Pušnik Jamnikar).

Temperaturo smo merili z uporabo vodnega termometra. Temperaturo vode smo uravnavali z uporabo vodnega grelca. Vodo smo ogrevali na 25 °C le v akvariju, v katerem smo imeli gupije. Notropisi so hladnovodna vrsta rib, zato vode akvarija, v katerem smo imeli notropise, nismo ogrevali. Temperatura vode je tako bila 20 °C.

3.2.3 Ugotavljanje optimalne pretočnosti vodne črpalke

Za delovanje sistema akvaponika je potrebno konstantno prečrpavanje vode iz akvarijskega dela v zgornji, rastlinski del. Najprej smo uporabili črpalo s fiksno pretočno močjo 150 l/h. Ker se je izkazalo, da je tolikšen pretok prevelik (vse rastline so zgubile), smo kupili novo črpalko, kateri se je pretočna moč lahko spreminjala. Optimalno pretočnost vode smo nato ugotavljali s poskušanjem.



Slika 6: Prikaz vgraditve pretočne črpalke v sistem akvaponike (foto: F. Pušnik Jamnikar).

3.2.4 Ugotavljanje uspešnosti rasti rastlin

Z opazovanjem smo začeli že med nastavljanjem pretočnosti, saj je naša glavna orientacija za ugotavljanje optimalne pretočnosti bila uspešna rast rastlin. Rastline smo po vsaditvi opazovali s štetjem listov. Po nastavljeni optimalni pretočnosti vode, smo nasadili nove rastline (iste vrste, torej grmičasto baziliko). Za ugotavljanje razlik v rasti rastlin med akvaponiko z uporabo gupij in z uporabo notropisov, smo šteli liste na grmičasti baziliki. Zanimalo nas namreč je, če različne vrste rib in torej tudi različna temperatura vode lahko vplivata na uspešnost delovanja sistema akvaponike. Rastlinam smo šteli vse liste, saj meritve višine zaradi tipa razrasti grmičaste bazilike niso bile primerne. Razlike v rasti bazilike med obema akvaponikama so se začele opazovati zelo hitro po nasaditvi.

4 REZULTATI

4.1 SISTEM AKVAPONIKE



Slika 7: Narejen akvarij za akvaponični sistem brez rib ter rastlin (foto F. Pušnik Jamnikar).

Kako narediti sobni sistem akvaponike, smo si ogledali na mnogih you.tube filmih. Odločili smo se, da bomo izvedbo nekoliko poenostavili, saj so v filmčkih bili prikazani mnogi zapleti. Izdelali smo sistema akvaponike, pri katerih smo postavili posode nekoliko nižje, kar smo dosegli z izrezom luknje pokrova akvarija iz pleksi stekla (Slika 7). Za ugotavljanje vpliva različnih vrst vodnih organizmov (akvarijskih ribic z različnimi ekološkimi zahtevami) smo izdelali dva sistema in hkrati opazovali različne spremembe v delovanju sistema.

Pri izdelavi sistema akvaponike smo bili omejeni z velikostjo akvarija. Paziti smo morali, da akvarij ni bil premajhen. Prav tako zaradi finančnih omejitev nismo mogli izdelati prevelikega sistema akvaponike. Za izdelavo našega malega sistema akvaponike smo porabili precej denarja (okoli 250 €).

4.2 MERITVE pH IN TEMPERATURE

Temperaturo vode smo uravnavali z uporabo vodnega grelca. Vodo smo ogrevali na 25 °C le v akvariju, v katerem smo imeli gupije. Notropisi so hladnovodna vrsta rib, zato vode akvarija, v katerem smo imeli notropise, nismo ogrevali. Temperatura vode je tako bila 20 °C.

4.3 UGOTAVLJANJE OPTIMALNE PRETOČNOSTI VODNE ČRPALKE

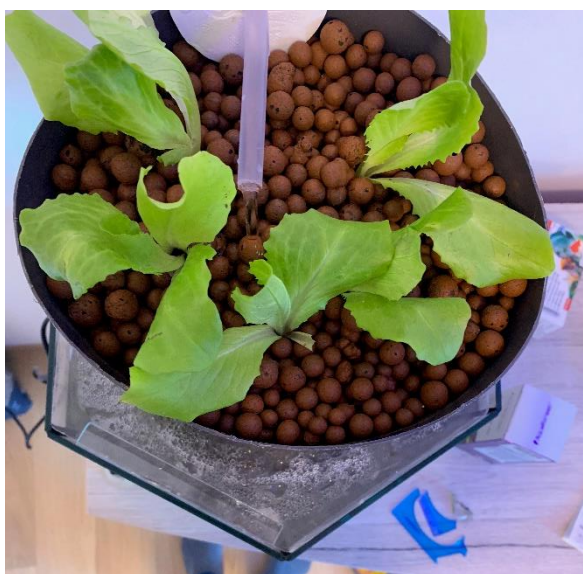
V začetku poskusa smo preverjali delovanje akvaponike (v obeh akvaponikah, torej pri obeh temperaturah vode, tj. 25 °C in 20 °C) z zeleno solato v hidroponičnem delu. Rezultati so prikazani v tabelah spodaj (Tabela 1, Tabela 2).

Tabela 1: Meritve uspešnosti rasti zelene solate v akvaponike z uporabo gupijev.

Dan	Temperatura vode	pH vode	Pretočnost vode	Stanje rastline
1	25 °C	7,5	150 l/h	Čvrsta rastlina
2	25 °C	7,5	150 l/h	Čvrsta rastlina
3	25 °C	7,5	150 l/h	Rahlo ovenela rastlina
4	25 °C	7,5	150 l/h	Ovene/gnila rastlina

Tabela 2: Meritve uspešnosti rasti zelene solate v akvaponike z uporabo notropisev.

Dan	Temperatura vode	pH vode	Pretočnost vode	Stanje rastline
1	20 °C	7,5	150 l/h	Čvrsta rastlina
2	20 °C	7,5	150 l/h	Čvrsta rastlina
3	20 °C	7,5	150 l/h	Rahlo ovenela rastlina
4	20 °C	7,5	150 l/h	Ovene/gnila rastlina



Slika 8: Ugotavljanje vpliva pretoka vode na zeleno solato (foto: F. Pušnik Jamnikar).

V nadaljevanju poskusa smo zamenjali zeleno solato z grmičasto baziliko. Pretok vode smo močno zmanjšali. Četrty dan poskusa, smo pretok povečali. Rezultati so prikazani v tabeli (Tabela 3).

Tabela 3: Meritve ustreznosti pretočnosti vode za uspešno akvaponiko z uporabo gupijev.

Dan	Temperatura vode	pH vode	Pretočnost vode	Stanje grm. bazilike
1	25 °C	7,5	50 l/h	Čvrsta rastlina
2	25 °C	7,5	50 l/h	Čvrsta rastlina
3	25 °C	7,5	50 l/h	Čvrsta rastlina
4	25 °C	7,5	100 l/h	Čvrsta rastlina
5	25 °C	7,5	100 l/h	Rahlo ovenela rastlina
6	25 °C	7,5	100 l/h	Ovene/gnila rastlina



Slika 9: Ugotavljanje vpliva pretočnosti vode na grmičasto baziliko (foto: M. Poličnik).

Optimalna pretočnost glede na izbrano rastlinsko vrsto in velikost za naš akvaponični sistem je 50 l/h.

4.4 UGOTAVLJANJE USPEŠNOSTI RASTI RASTLIN

V spodnjih tabelah (Tabela 4, Tabela 5) so rezultati opazovanja uspešnosti rasti grmičaste bazilike v obeh akvaponikah. V eni smo imeli višjo temperaturo vode (25 °C) in gupije, v drugi pa nižjo temperaturo vode (20 °C) in notropise. Grmičasta bazilika je v akvaponiki z gupiji lepo rastla in število listov se je povečevalo. V akvaponiki z notropisi se število listov

ni povečevalo, v drugem tednu opazovanja so se listi začeli sušiti (gniti) in na koncu je celotna rastlina propadla, kar je razvidno tudi iz slike 10.

Tabela 4: Uspešnost rasti grmičaste bazilike v akvaponiki z gupiji.

Dan	Temperatura vode	pH vode	Pretočnost vode	Št. listov grmičaste bazilike
1	25 °C	7,5	50 l/h	70
2	25 °C	7,5	50 l/h	70
3	25 °C	7,5	50 l/h	70
4	25 °C	7,5	50 l/h	71
5	25 °C	7,5	50 l/h	74
6	25 °C	7,5	50 l/h	76
7	25 °C	7,5	50 l/h	78
8	25 °C	7,5	50 l/h	80
9	25 °C	7,5	50 l/h	81
10	25 °C	7,5	50 l/h	82
11	25 °C	7,5	50 l/h	84
12	25 °C	7,5	50 l/h	87
13	25 °C	7,5	50 l/h	88
14	25 °C	7,5	50 l/h	90



Slika 10: Prikaz uspešne in neuspešne rasti grmičaste bazilike (foto: M. Poličnik).

Tabela 5: Uspešnost rasti grmičaste bazilike v akvaponiki z notropisi.

Dan	Temperatura vode	pH vode	Pretočnost vode	Št. listov grmičaste bazilike
1	20 °C	7,5	50 l/h	57
2	20 °C	7,5	50 l/h	57
3	20 °C	7,5	50 l/h	57
4	20 °C	7,5	50 l/h	57
5	20 °C	7,5	50 l/h	55
6	20 °C	7,5	50 l/h	55
7	20 °C	7,5	50 l/h	54
8	20 °C	7,5	50 l/h	53
9	20 °C	7,5	50 l/h	53
10	20 °C	7,5	50 l/h	Ovenela/gnila bazilika

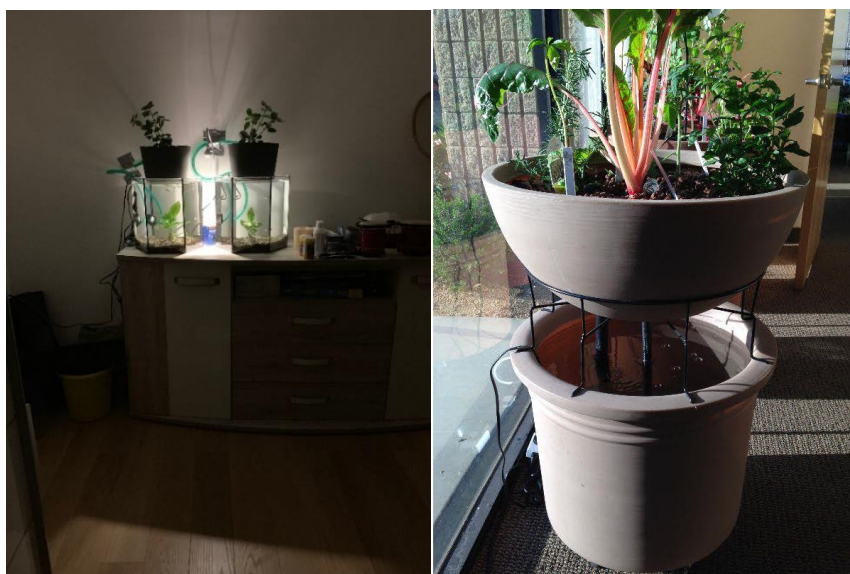
5 RAZPRAVA

Sama izdelava akvaponike nas je zelo presenetila, saj smo ugotovili, da je vsaj sobni sistem zelo enostavno sestaviti. Akvaponiko lahko sestavi vsak, ki ga izdelava veseli, je ljubitelj akvarijskih ribic in želi na inovativen način polepšati svojo sobo tudi z rastlinami. Seveda mora biti pripravljen v izdelavo vložiti tudi nekaj svojega časa in denarja. Z izdelavo pokrova akvarija iz pleksi stekla smo sistem nekoliko poenostavili. Glede na to, da je sistem kljub poenostavitvi deloval, ocenjujemo, da je bila poenostavitev uspešna. Poleg poenostavitve same izvedbe in s tem izogibanja težavam, smo po našem mnenju akvaponiki tudi polepšali izgled. Za delovanje akvaponike smo morali vzdrževati pravilno pH vrednost vode, saj je ta zelo pomembna za preživetje rib. V našem primeru smo v obeh akvarijih znižali pH vrednost iz 8,5 na 7,5, ker to ustreza obema vrstama rib. Podatke o toleranci pH vrednosti obeh rib smo našli na internetu, če bi bila pH vrednost previsoka ali prenizka, bi lahko ribe poginile. Prav tako smo morali vodo segreti na pravilno temperaturo. Temperatura primerna za gupije je med 23 °C in 27 °C (<https://pets.thenest.com/temperature-should-aquarium-guppies-12350.html>), za notropise pa med 10 °C in 21 °C (https://www.jstor.org/stable/3670466?seq=1#page_scan_tab_contents). Spremljanje pH vrednosti je zelo pomembno ne le zaradi rib, temveč tudi za uspešno črpanje hranil iz vode; če pH vrednost vode ni primerna (je prekisla ali preveč bazična) rastline ne vpijejo toliko hranil, kolikor bi jih lahko. Posledica je lahko zmanjšana rast, vihanje listov, ne-cvetenje, ali celo propad rastline (<https://akvaponika.wordpress.com/>).

Po uspešno pripravljenem akvarijskem delu, ko smo torej uravnali pH in temperaturo vode, smo lahko v sistem vstavili tudi ribe in posadili rastline. Nato smo morali uravnati še ustrezno pretočnost sistema. Ustrezno pretočnost vodne črpalke smo ugotavljali s preskušanjem. Iz rezultatov je razvidno, da je bila pretočnost 150 l/h prevelika. V obeh sistemih akvaponike (torej tako v sistemu, kjer smo kot akvakulturo uporabili gupije kot tudi v sistemu, kjer smo uporabili notropise), je zelena solata po 4 dneh po posaditvi zgnila. Glede na to, da je pri obeh temperaturah vode prišlo do gnitja, sklepamo, da temperatura ni glavni dejavnik za gnitje, temveč je to bila prevelika pretočnost. Zato smo kupili in uporabili nove črpalke z nastavljivo pretočnostjo. Ugotovili smo, da je za velikost našega akvaponičnega sistema bila najbolj optimalna pretočnost 50 l/h. Pri tej pretočnosti so rastline (grmičasta bazilika)

dobivale dovolj vode za preživetje in hkrati ne preveč, da bi ovenele (zgnile). Ta pretočnost je zelo nizka, saj imamo zelo malo akvaponiko. Če bi želeli imeti večji akvaponični sistem, bi morali povečati pretočnost za 5-krat, 10-krat ali celo večkrat, odvisno od količine rastlin.

Iz slike spodaj (Slika 11) je razvidno, kako je zgledal že delujoč sistem akvaponike – v akvariju so ribe, rastline so bile nasajene v lonce, pretok vode uravnan. Na sistemu, kjer smo imeli torej ustrezno pretočnost vode že poznano (določeno s poskusom) in uravnane ostale dejavnike, ki vplivajo na preživetje rib (pH in temperatura vode), smo nato nadaljevali s poskusom – ugotavljanjem vpliva na rast rastlin.



Slika 11: Naš akvaponični sistem v delovanju 1. dan – levo (foto: F. Pušnik Jamnikar) in nekoliko bolj komplicirana izvedba – desno (vir: . <https://www.endlessfoodsystems.com/shop/aquaponics-systems/eden-mini-garden/>).

V sklopu raziskovalne naloge smo na sobnem sistemu akvaponike ugotavljali vpliv uporabe različnih vrst akvarijskih rib na sistem akvaponike. Različne vrste rib smo uporabili zaradi različnih ekoloških in prehranskih zahtev. Ugotovili smo, da so med obema akvaponičnima sistemoma v samem delovanju zelo velike razlike, saj je grmičasta bazilika zelo uspešno rasla v akvaponiki z uporabo gupijev, medtem ko je v akvaponiki z uporabo notropisev rastlina ovenela (zgnila). To pomeni, da v akvaponiki z nižjo temperaturo vode sistem ne deluje. Razlike smo sicer pričakovali in jih napovedali tudi z delovno hipotezo pred začetkom izdelave akvaponike, vendar tako velikih razlik v delovanju sistema nismo pričakovali. Z meritvami rasti rastlin (štetjem listov) smo ugotovili, da obstajajo velike razlike v uspešnosti

rasti v akvaponiki z gupiji in akvaponiki z notropisi. Medtem, ko je rast grmičaste bazilike bila zelo intenzivna v akvaponiki z gupiji, je v akvaponiki z notropisi rast grmičaste bazilike bila neuspešna – rastline so na koncu poskusa ovenele. Število listov grmičaste bazilike v akvaponiki z gupiji je hitro naraščalo, od začetnih 70 listov je po 14 dnevih štetja le-to naraslo že na 90 listov (rastlina še sedaj uspešno raste). V akvaponiki z notropisi je rast grmičaste bazilike bila neuspešna. Število listov je kmalu po nasaditvi začelo upadati, nazadnje je rastlina tudi propadla. Glede na to, da je glavna razlika med obema sistemoma bila razlika v temperaturi vode (zaradi različnih ekoloških zahtev izbranih akvarijskih ribic), sklepamo, da je za propad rastlin kriva temperatura vode. Vsi ostali nastavljeni parametri (pH, pretočnost vode) in način izdelave akvaponike, so namreč bili enaki. Zaradi višje temperature vode v akvaponiki, kjer smo uporabili gupije, se je lahko razvilo več bakterij. Te bakterije so nato sodelovale pri proizvodnji nitratov (nitratni krog) iz iztrebkov rib, nitrata pa so porabljale rastline (grmičasta bazilika). To je tudi eden izmed zelo pomembnih razlogov za uspešno rast grmičaste bazilike v akvaponiki z gupiji, medtem ko akvaponika ni bila uspešna v akvaponiki z notropisi (hladnejša voda, manj bakterij). Dodaten možen razlog za neuspešno akvaponiko z notropisi (grmičasta bazilika je po 10 dnevih zginila/ovenela) je lahko tudi dejstvo, da so notropisi zelo hitro rasli in izločali zelo veliko iztrebkov, zaradi česar je nastajalo tudi več amonijaka v sistemu. Le-ta je potencialno lahko toksičen za rastline (Bohl, 1977 cit. v Love s sod., 2014; Collins s sod., 1975 cit. v Love s sod., 2014). Na podlagi dobljenih rezultatov lahko potrdimo prvo delovno hipotezo, in sicer:

1. Sistem akvaponike bo boljše deloval v primeru, ko so kot akvakultura uporabljeni gupiji v primerjavi z notropisi.

Za delovanje akvaponike smo morali dodatno hraniti akvarijske ribice. Prav tako smo morali vzdrževati pravilni nivo pH-ja. Za sklenitev akvaponijskega kroga je zelo potrebno ravnovesje v sistemu, sama kakovost vode in nitrifikacijski cikel. V večjih akvaponijskih sistemih imajo zelo pomembno vlogo v sistemu tudi mikrobi, in sicer za tvorjenje simbioze s koreninskim sistemom za učinkovito črpanje hranil iz vode. Sistem akvaponike torej ni povsem samostojen in ne moremo potrditi naše druge hipoteze:

2. Sistem akvaponike je samooskrbni sistem, zato tudi v primeru sobne izvedbe sistem deluje popolnoma samostojno.

Sistem akvaponike temelji na pretočnosti vode iz akvarijskega dela preko rastlinskega dela. S preskušanjem smo ugotovili, da je ob preveliki pretočnosti vode rastlina zgnila. Zato smo morali pretočnost zmanjšati. S preskušanjem smo ugotovili, da je za grmičasto baziliko ustrezna pretočnost 50 l/h. Različne vrste rastlin imajo različne potrebe po mikrohranilih, zato je tudi zelo pomembna sama pretočnost vode, saj rastline vsa hranila črpajo iz vode akvarijskega dela akvaponike. Na podlagi izvedenega poskusa lahko potrdimo naslednjo hipotezo:

3. Za izbrano rastlino je za delovanje sistema akvaponike pomembno, da se z uporabo črpalke ugotovi primerna pretočnost vode.

Za uspešno rast rastlin v sistemu akvaponike je pomembno, da se rastlinam razvije ustrezen koreninski sistem. V prvem poskusu vzpostavitve sistema akvaponike smo kot rastline uporabili zeleno solato, sadike pa so nam takoj po zasaditvi zgnile. Glede na to, da so nam v obeh akvaponikah sadike zgnile zelo hitro, zaključujemo, da različna temperatura vode ni imela pomembnega vpliva na preživetje oz. nepreživetje rastlin. Med sistemoma pa ni bilo razlik v pretočnosti vode. Glede na to, da smo v kasnejših fazah (po ponovni nasaditvi rastlin) zmanjšali pretočnost vode (zmanjšali moč črpalke) in ob zamenjavi uporabljene rastline uspeli vzpostaviti stabilen sistem akvaponike, ne moremo zaključiti, da je za neuspešno rast zelene solate bila kriva slaba izbira vrste izbrane rastline. Obstaja namreč tudi možnost, da bi ob zmanjšani pretočnosti sistema tudi zelena solata normalno uspevala in rasla. Zaradi nezmožnosti dobave novih sadik iste vrste solate, poskusa ob zmanjšani pretočnosti nismo uspeli ponoviti. Po podatkih iz literature je zelena solata tista vrsta zelenjave, ki jo v velikih akvaponičnih sistemih največkrat pridelujejo. Delovno hipotezo št. 4 lahko torej potrdimo – ob povečani količini vode pride do propada rastlin, zato moramo izbrati takšno vrsto, ki je prilagojena na zelo vlažen koreninski sistem, zahtevam rastline primerno moramo tudi uravnavati pretok vode.

4. V sistemu akvaponike lahko gojimo rastline, ki so prilagojene na stalno vlažen koreninski sistem.

Na primeru miniaturne izvedbe akvaponike smo uspešno opazovali rast grmičaste bazilike in preživetje rib ob dodajanju hrane za rast rib. Sistem akvaponike je bil uspešen ob optimalnih pogojih tako za rastline (optimalni pretok vode, temperatura vode), kot tudi za akvarijske ribe

(pH vode, temperatura vode). Danes obstaja že veliko število podjetij, katerih primarna dejavnost je akvaponika, tako za gojenje in prodajo rib, kot tudi za gojenje in prodajo zelenjave. Z izvedbo raziskovalne naloge smo preučevali delovanje sistema akvaponike in se soočili z nami prej nepoznanimi izzivi. Kljub vsemu nam je uspelo vzpostaviti miniaturni sistem akvaponike – preverili smo delovanje simbiotičnega ekosistema v naši dnevni sobi. Zato lahko potrdimo tudi našo zadnjo delovno hipotezo, in sicer:

5. Sočasno gojenje rib in določenih vrst zelenjave v sklopu akvaponičnega sistema deluje in je učinkovito za učinkovito izrabo prostora.

6 ZAKLJUČKI

V svetu se sistem akvaponike vedno pogosteje uporablja za sočasno gojenje rib za prehrano ljudi in vzgoje zelenjave (pogosto zelene solate), prav tako za prehrano ljudi. Akvaponika je v Sloveniji še zelo malo poznana in raziskana, zato smo se odločili delovanje sistema preučevati. Ker nismo imeli možnosti raziskovati različnih vplivov na uspešnost rasti gojene zelenjave in rib na pravem, velikem sistemu akvaponike, smo se odločili preveriti, če bi lahko akvaponiko imeli kar doma v dnevni sobi. Velik del raziskovalne naloge je predstavljala sama izdelava sistema akvaponike. Morali smo uravnavati pH vode in tudi različne temperature vode, saj smo v vsaki od sobnih akvaponik uporabili druge vrste akvarijskih rib (z različnimi zahtevami). Šele po izdelavi ogrodja in pripravi vode, smo v akvarijski del lahko vstavili ribe. S tem izdelava akvaponike še ni bila zaključena, ugotoviti smo namreč morali še primerno pretočnost vode. Nato smo lahko pričeli z ugotavljanjem vpliva različne temperature vode na samo rast izbrane vrste rastline – grmičasto baziliko. Ugotovili smo, da rast bazilike v obeh testiranih sistemih ni bila enaka in da torej temperatura vode ima velik vpliv na rast rastlin. V akvaponiki z gupiji se je število listov bazilike v 14 dnevih zelo povečalo, v akvaponiki z notropisi (pri nižji temperaturi) pa je bazilika zgnila.

Že z izdelavo in opazovanjem majhne, sobne akvaponike smo lahko ugotovili, da na biološke sisteme vpliva veliko dejavnikov. V prihodnje bi bilo zanimivo, če bi imeli priložnost opazovati zakonitosti delovanja pravega sistema akvaponike. Ugotavljali bi lahko, v čem so

bistvene razlike med tokrat izdelanim miniaturnim, sobnim akvarijskim sistemom akvaponike in večjo, pravo akvaponiko.

7 POVZETEK

Z raziskovalno nalogo smo načrtno ugotavljali zakonitosti delovanja akvaponike. Pojem akvaponika je v našem okolju manj poznan. Predstavlja združitev vzreje vodnih organizmov (akvakulture) ter gojenje rastlin s pomočjo hidroponike. Akvaponika je v svetu vedno pogostejše uporabljen sistem za sočasno vzrejo rib in zelenjave za prehrano ljudi. Ravno zaradi slabšega poznavanja sistema akvaponike v Sloveniji smo se odločili to temo nekoliko bolj raziskati. Ker nismo imeli možnosti preučevanja zakonitosti delovanja akvaponike na velikem sistemu, smo se odločili, da bomo za preučevanje zakonitosti zgradili majhen akvaponični sistem, in sicer velikosti sobnega akvarija.

Za izvedbo poskusa smo sami zasnovali in izdelali akvarijski sistem akvaponike. Potrebovali smo akvarij in pleksi steklo (nosilec za plastični lonec za rastline), ki smo ga namestili v akvarij kot pokrov na vodni gladini. Za črpanje vode v »rastlinski del« sistema smo dodali vodno črpalko. Ustrezno pretočno moč smo določili s poskusom. V prvem poskusu so vse nasajene rastline (sadike zelene solate) začele gniti. Sklepamo, da zaradi prevelike pretočnosti črpalke (150 l/h). V nadaljevanju poskusa smo zamenjali uporabljenno rastlinsko vrsto, saj sadik zelene solate nismo mogli več kupiti. Poskus smo nadaljevali z uporabo grmičaste bazilike, za katero smo ugotovili, da je optimalna pretočnost za zgrajen sistem 50 l/h.

Izdelali smo dva sistem akvaponike. V enega smo naselili gupije (*Poecilia reticulata*), v drugega notropis (*Notropis lutrensis*). Izbrana rastlina za poskus je bila grmičasta bazilika. Z raziskavo smo ugotovili, da akvaponika omogoča samostojno delovanje in samooskrbo rib ter rastlin v okviru simbiotičnega ekosistema. Potrebno pa je dodajanje hrane za ribe in vzdrževanje vodnega okolja za ribe (vzdrževanje pH vrednosti vode in vzdrževanje ustrezne temperature vode, odvisno od vrste akvarijskih rib). Ugotovili smo, da so gupiji boljša izbira kot notropisi. Grmičasta bazilika je namreč v sistemu z uporabo gupijev uspešno in zelo hitro rastla (število listov je bilo ob vsakokratnem štetju enako ali večje kot ob predhodnem štetju). Po drugi strani pa je grmičasta bazilika v miniaturnem akvaponičnem sistemu z notropisi zelo

hitro po nasaditvi začela propadati in na koncu tudi povsem ovenela (zgnila). Gupiji so boljša izbira za manjši, akvarijski sistem akvaponike zaradi njegovih ustrežnejših ekoloških zahtev (višja temperatura vode, okoli 25 °C), kar je lahko vplivalo tudi na ustrežnejše pogoje za rast in razmnoževanje mikroorganizmov v vodi. Po drugi strani pa smo ugotovili, da so notropisi (poleg tega, da so hladnovodna vrsta akvarijskih rib in so tako v akvariju manj ugodne razmere za razmnoževanje mikroorganizmov) zelo hitro rastoča vrsta akvarijskih rib. To je lahko tudi dodaten razlog za neuspešen sistem akvaponike. V majhnem akvariju so se lahko začele kopičiti tudi za rastline strupene snovi (amonij), ki so nastale zaradi večjega volumna izločkov rib. Nad uporabnostjo akvaponike in nad inovativnimi rešitvami, ki jih ponuja akvaponika, smo bili zelo presenečeni. Akvaponika omogoča zelo dobro izrabo prostora, saj je vzreja rib in zelenjave za prehrano ljudi mogoča tudi na območjih, kjer z običajnimi metodami vzreje kmetijstvo ni mogoče (ne potrebujemo kvalitetnih, rodovitnih območij). Primerna je tudi za tiste kmete, ki imajo manjše kmetije in na enaki površini lahko gojijo 2 vrsti hrane (ribe in zelenjavo). Je pa res, da je izgradnja akvaponike zelo draga in bi torej potrebovali veliko denarja.

8 ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi raziskovalne naloge, usmerjanju pri postavljanju ciljev in za vse razprave se zahvaljujema mentoricama, Branki Mestnik in Heleni Poličnik. Za pomoč pri pregledu angleškega povzetka se zahvaljujema očetu, Marku Poličniku. Prav tako se iskreno zahvaljujema staršem, ki so nama finančno pomagali pri nakupu materiala za izvedbo raziskovalne naloge in naju v zadnjih mesecih tudi zelo vzpodbujali in podpirali pri sami izdelavi naloge.

9 VIRI IN LITERATURA

Bodi Eko-21. julij, 2014

Krese, M. 1989. Hidroponika. Kmečki glas, 1989, 44 str.

Leskovec, M. 2012. Akvaponično gojenje vrtnin. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. Diplomsko delo.

Love, D. C., Uhlc, M. S., Genello, L. 2015. Energy and water use of a small-scale raft aquaponics system in Baltimore, Maryland, United States. Aquacultural Engineering 68 (2015), str. 19–27.

Sommerville s sod., 2014. Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. Fao fisheries and aquaculture technical paper, January 2014.

Akvaponika-ko se združita vrt in akvarij

<http://ekoglobal.net/akvaponika-ko-se-zdruzita-vrt-in-akvarij/> (Februar 2019)

akvaponika-Pridelava zelenjave na najbolj naraven način

<https://akvaponika.wordpress.com/> (December 2018)

<https://www.bodieko.si/akvaponika>

<https://www.endlessfoodsystems.com/shop/aquaponics-systems/eden-mini-garden/>

<https://www.youtube.com/watch?v=1PVdQ3-7UIs>

<https://www.youtube.com/watch?v=k-Lc6HefrkM>

<https://www.youtube.com/watch?v=oLwTdpTIXd8>

<https://www.youtube.com/watch?v=WGI6O8FqLtA>