

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Akvaponie – relevantní ukazatele pro posouzení
dlouhodobé udržitelnosti produkce**

Diplomová práce

Bc. Tomáš Párys

Akvakultura a péče o vodní ekosystémy

Vedoucí práce prof. Ing. Lukáš Kalous, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Akvaponie – relevantní ukazatele pro posouzení dlouhodobé udržitelnosti produkce" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.04.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce prof. Ing. Lukáši Kalousovi, Ph.D. za odborné vedení práce, obrovskou trpělivost a vstřícný přístup. Dále bych rád poděkoval Ing. Miloslavu Petrtýlovi, Ph.D. za odborné konzultace.

Akvaponie – relevantní ukazatele pro posouzení dlouhodobé udržitelnosti produkce

Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá problematikou akvaponie a jejími ukazateli, které posuzují dlouhodobou udržitelnost produkce. Hlavním cílem práce bylo vytvoření hodnotícího mechanismu pomocí virtuálního modelu akvaponického systému.

Práce obsahuje dvě části. V literárním přehledu byla charakterizována definice a podstata akvaponického systému, její historie, design hydroponické části akvaponického systému, akvakulturní část akvaponického systému, dále byly uvedeny vhodné rostliny pro tento systém a druhy filtrace.

Model pro zhodnocení udržitelnosti byl vytvořen na základě praktického pozorování na fungujících akvaponických farmách v České republice. Nejprve byly zjištěny informace o těchto farmách na jejich internetových stránkách a následovalo ověření uváděných informací v praxi. Získané informace byly využity pro vytvoření modelu akvaponického systému. Model pro posouzení relevantních ukazatelů dále vycházel z teoretických východisek. Nejdříve byl vytvořen technologický popis modelu akvaponického systému, ve kterém byly zahrnuty potřebné komponenty pro jeho realizaci. V biologickém popisu, kde byla vykalkulována obsádka, objem krmných nádrží a počet vyprodukovaných rostlin.

Výsledkem modelu byl data odhadující cenu pěstovaných rostlin a chovaných ryb. Tyto teoretické údaje byly posouzeny a porovnány s ostatními reálnými produkty z akvaponických farem. Výsledná cena produktů z modelu dosahovala konkurenceschopné ceny pouze za předpokladu velice pozitivního výhledu na produkci samotné farmy. V porovnání ceny položek z modelu s cenami běžných obdobných produktů, které jsou k dostání na pultech obchodů, je cena výrazně vyšší.

Na závěr byl porovnán socioekonomický dopad akvaponických systémů v České republice a nastíněn jejich výhled do budoucnosti.

Klíčová slova: Akvaponie, technologie, socio-ekonomika, výrobní parametry, ryby

Aquaponics – relevant indicators for assessing the long-term sustainability of production

Summary

This thesis deals with the issue of aquaponics and its indicators that assess the long-term sustainability of production. The main objective of the thesis was to create an assessment mechanism using a virtual model of an aquaponic system.

The thesis contains two parts. In the literature review, the definition and nature of the aquaponic system, its history, the design of the hydroponic part of the aquaponic system, the aquaculture part of the aquaponic system, and the suitable plants for the system and filtration types were characterized.

A model for sustainability assessment was developed based on practical observation on operating aquaponic farms in the Czech Republic. First, information about these farms was found on their websites, followed by verification of the reported information in practice. The information obtained was used to create a model of the aquaponic system. The model was further based on theoretical assumptions to assess the relevant indicators. First, a technological description of the aquaponic system model was developed, which included the necessary components for its implementation. In the biological description, where the stocking rate, the volume of the feeding tanks and the number of plants produced were calculated.

The result of the model was data estimating the cost of the plants grown and fish reared. These theoretical data were assessed and compared with other real aquaponic farm products. The resulting price of the products from the model only reached a competitive price assuming a very positive outlook for the production of the farm itself. When comparing the price of the items from the model with the prices of conventional similar products available on the shop shelves, the price is significantly higher.

Finally, the socio-economic impact of aquaponic systems in the Czech Republic was compared and their future prospects outlined.

Keywords: Aquaponics, technology, socio-economics, production parameters, fish

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíle práce	9
3 Literární přehled.....	10
3.1 Podstata akvaponického systému	10
3.2 Vymezení pojmu „akvaponie“	11
3.2.1 Výhody a nevýhody akvaponického systému.....	12
3.3 Historie akvaponie	13
3.4 Design hydroponické části akvaponického systému a jeho komponenty..	16
3.4.1 Na médiu založený systém	16
3.4.2 NFT systém.....	18
3.4.3 Vertikální systémy	19
3.4.4 Raftový systém	19
3.5 Design akvakulturní části akvaponického systému	20
3.5.1 Varianty odtoků nádrží	21
3.5.2 Aerace	22
3.5.3 Produkce ryb	23
3.6 Rostliny v akvaponickém systému.....	24
3.6.1 Listová zelenina	25
3.6.2 Košťálová zelenina	25
3.6.3 Plodová zelenina	25
3.6.4 Bylinky	25
3.7 Definice typů akvaponie	26
3.8 Filtrace	27
3.8.1 Mechanická filtrace	27
3.8.2 Biologická filtrace	29
3.9 Legislativa spojená s akvaponickou farmou.....	29
4 Metodika	30
4.1 Praktické pozorování.....	30
4.1.1 Pozorování akvaponických farem v online a mediálním prostředí	30
4.1.2 Pozorování akvaponických farem v praxi	30
5 Model akvaponického systému	32
5.1 Technologický popis modelu	32
5.1.1 Akvakulturní část.....	33
5.1.2 Filtrace a čerpadla	33
5.1.3 Hydroponická část	34

5.1.4	Další nezbytné pomůcky	35
5.1.5	Režie	35
5.2	Biologický popis.....	36
5.2.1	Kalkulace obsádky, objemu chovných nádrží a krmení	36
5.3	Ekonomický popis modelu	38
6	Výsledky	39
6.1	Posouzení finální ceny produktů malé farmy s optimistickým výhledem	39
6.2	Posouzení finální ceny produktů velké farmy s optimistickým výhledem	39
6.3	Posouzení finální ceny produktů malé farmy s pesimistickým výhledem	39
6.4	Posouzení finální ceny produktů velké farmy s pesimistickým výhledem	40
6.5	Posouzení výsledků z pozorování online a mediálního prostředí	41
6.6	Výsledky praktického pozorování	42
7	Diskuze	44
7.1	Vznik fenoménu akvaponie v ČR	44
7.2	Aktuální dění na českém akvaponickém trhu	45
8	Závěr.....	46
9	Literatura.....	47
10	Seznam použitých zkratk a symbolů	55
11	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

V roce 2023 přesáhl počet obyvatel planety již 8 miliard a do budoucna se předpokládá jeho další růst, se kterým souvisí i vyšší nároky na produkci potravin. Tím mezi vědeckou obcí vznikají obavy o potravinovou udržitelnost na planetě. Je tedy potřeba hledat řešení celosvětových sociálních, environmentálních a ekonomických výzev. Jelikož kapacita přirozené produkce oceánů dosáhla svých hraničních hodnot, není možné se do budoucna spoléhat na navyšování komerčního rybolovu ve volných vodách.

Jednou z nejrychleji rostoucích odvětví produkce živočišných potravin je akvakultura, která se za posledních 50 let dostala na přední příčky růstu. Mezi největší výzvy akvakulturních chovů bezpochyby patří její produkované množství biologického odpadu. Do popředí zájmu výzkumů se tak dostává myšlenka druhotného zpracování těchto odpadů ekologickou cestou.

Dalším celosvětovým problémem je limitující faktor plochy orné půdy. Tento problém se snaží řešit hydroponické systémy, které fungují na principu snahy o vypěstování stejného nebo vyššího množství potravin na stejné ploše. Jelikož se jedná o systém, kde nemohou rostliny získat dostatek živin přirozenou cestou, je nutné jim druhotně dodávat potřebné živiny do vody, se kterou jsou neustále v kontaktu.

Jedním z řešení problematiky využití biologického odpadu z akvakulturních farem a nedostatku živin v hydroponických systémech je akvaponický systém. Tato forma chovu ryb a pěstování rostlin v jednom uzavřeném systému se snaží o využití potenciální synergie obou produkčních systémů, kdy odpadní látky z chovu ryb slouží jako zdroj živin pro pěstování rostlin. Akvaponické farmy jsou jedním z diskutovaných směrů vývoje díky své cirkularitě. V současné době však stavba těchto akvaponických farem naráží na překážky v legislativě, ve vysokých počátečních nákladech a nedostatku znalostí potřebných pro optimální kombinaci obou systémů.

Budoucnost produkce potravin v akvaponických systémech by mohla nabízet možnost produkovat významného snížení průměrné vzdálenosti, kterou potraviny urazí ke svým zákazníkům, či její importace do městského prostředí. Nicméně akvaponie jako systém vyvolává mnoho nezodpovězených otázek týkajících se vysokých počátečních investic, cenovou konkurenceschopnost této produkce a biologickou a ekonomickou udržitelnost těchto systémů.

2 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je vytvoření hodnotícího mechanismu pomocí virtuálního akvaponického modelu. Model je založen na informacích z vědecké a odborné literatury a odráží zkušenosti z již existujících akvaponických zařízení.

Vědecká hypotéza je založena na tvrzení, že současně inzerované instalace akvaponických zařízení mají odpovídající ekonomickou hodnotu, která odpovídá proklamovaným parametrům.

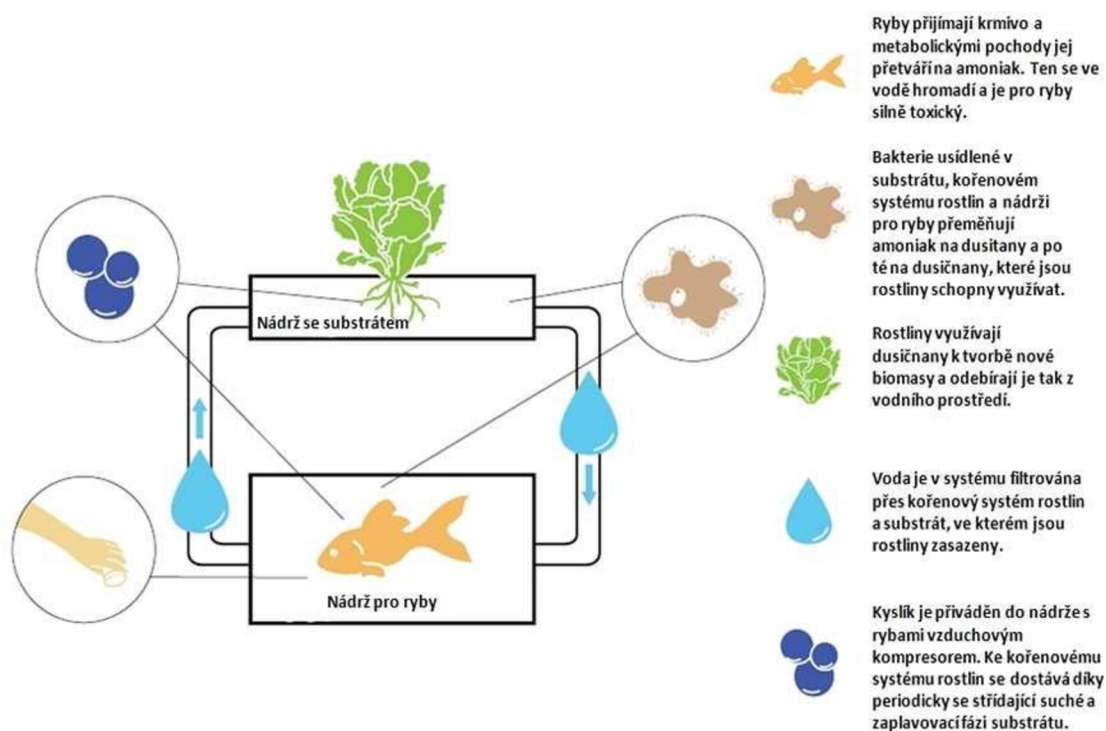
Doplňujícím dílčím cílem je zhodnotit biologické, technologické a sociálně-ekonomické parametry produkce ryb v akvaponickém systému a analyzovat publikované informace o akvaponii v médiích z pohledu image akvaponie u veřejnosti.

3 Literární přehled

Tato kapitola je zaměřena na teoretická východiska, vztahující se k problematice akvakultury, hydroponie a akvaponie.

3.1 Podstata akvaponického systému

Produkcí vodních živočichů a rostlin v halových systémech se zabývá pojem akvaponie (CIFT 2009). Snaží se tak vyřešit problémy rozdělených systémů, tedy pěstování rostlin hydroponicky a chovu ryb v recirkulační akvakultuře. Každý z těchto systémů má totiž své nedostatky, ze kterých se akvaponický systém snaží profitovat a využít odpad z jedné části jako zdroj pro část druhou. Recirkulační akvakultura má problém především s přebytkem živin a jejich likvidací z oběhu vody, zatímco hydroponický systém řeší jejich nedostatek, a tak nutností jejich doplňování, což obnáší finanční náklady. Princip akvaponie zobrazené na obrázku č. 1 spočívá ve filtraci znečištěné vody z produkce ryb, kterou přijímají rostliny svými kořeny a využívají je k tvorbě své biomasy. Kořenový systém rostlin zároveň slouží jako médium pro růst nitritačních a nitrifikačních bakterií. Ty přeměňují NH_3 na dusitany a následně na dusičnany, které jsou pro ryby v malých množstvích, na rozdíl od amoniaku, neškodné a rostliny jsou schopné je využívat. Vyčištěná voda je vracena zpět do oběhu a tím je zajištěna minimalizace jejich ztrát (Backyard Aquaponics 2012).



Obrázek 1 Schéma akvaponického systému (Making sense of things 2011)

3.2 Vymezení pojmu „akvaponie“

Princip akvaponie je tvořený využíváním zdrojů z akvakultury za účelem pěstování rostlin Edwards (2000), Stickney (2001, 2009) a Meade (2012) se shodují, že akvakultura je chov vodních organismů v plně nebo částečně kontrolovaných podmínkách. Hydroponie je naopak metoda pěstování rostlin, během které získávají rostliny živiny prostřednictvím závlahové vody (Jones 2016). Důležitou poznámkou je, že může akvakultura kromě chovu vodních živočichů zahrnovat také rostliny, například mikrořasy a makrořasy (FAO 2021).

Lennard (2017) charakterizuje pojem akvaponie jako systém integrace chovu ryb v nádržích a zároveň hydroponické pěstování rostlin. V tomto systému rostliny využívají 80 % živin, které pocházejí z odpadu ryb. Naopak Palm et al. (2018) uvádí, že stačí, aby více než 50 % živin pro rostliny pocházelo z odpadu od krmiva z akvakultury.

Rozpor těchto dvou definic vyvolává otázky, zda stačí k definování systému jako akvaponický to, že budou spojené metody akvakultury a pěstování rostlin, či jsou stanovené přesné prahové hodnoty živin a prvků, potřebné k definici (Baganz et al. 2022).

Rakocy (2012) uvádí, že akvaponické systémy jsou takové, které obsahují propojenou produkci rostlin bez půdy a akvakulturní recirkulační část. V recirkulačních systémech se mohou chovat ryby ve vysoké hustotě díky úpravě vody odstraněním toxických produktů. Při opakovaném použití vody se v systému hromadí organické látky a netoxické živiny. Tyto látky obsažené ve vodě mohou být využity na sekundární produkci rostlin a odpadní produkty tím přeměněny na plodiny s ekonomickou hodnotou. Pěstování rostlin v uzavřeném systému navíc může mít pozitivní vlastnosti na samotnou primární produkci ryb. Pokud je tedy primární chov ryb propojený s pěstováním vodních či suchozemských rostlin, označuje se tento integrovaný systém za akvaponický.

V reakci na živiny vyloučené rybami nebo mikrobiálním rozkladem rostou rostliny rychleji. V recirkulačních systémech, kde je malá obměna dopouštěné vody se koncentrace živin blíží k limitním hodnotám, podobným těm, které je možné nalézt u hydroponického pěstování rostlin. Hlavním prvkem vyskytujícím se ve vysokých koncentracích může být rozpuštěný dusík vyskytující se ve vodě vyloučením přes žábry ryb v podobě amoniaku. Ten je pak přeměněný bakteriemi na dusitany a následně dusičnany. Dusitany i amoniak jsou pro ryby toxické, ale dusičnany jsou preferovanou formou dusíku pro rostliny. Vzniká tak symbiotický vztah mezi rybami a rostlinami a systém tak považujeme za akvaponický (Rakocy 2012).

3.2.1 Výhody a nevýhody akvaponického systému

Mezi výhody akvaponických zařízení se řadí několik faktorů. U RAS je vždy složité odstraňovat nahromaděný odpad. Recirkulační systémy se propagují jako způsob snižování objemu odpadu, který se vypouští do životního prostředí. Přestože se objem snižuje, zátěž znečištění (organické látky, rozpuštěné živiny) na jednotku vypouštěného množství, je odpovídajícím způsobem vyšší. Koncentrovanější vypouštění může v některých případech představovat riziko pro životní prostředí nebo způsobovat další náklady, pokud se odpadní voda vypouští do městské kanalizace k dalšímu čištění. Odstraňování organického sedimentu a zabránění hromadění živin jsou důvody, proč se odpadní voda vypouští z akvaponických systémů (Rakocy 2012).

V ideové rovině akvaponické systémy umožňují rostlinám získávat většinu potřebných živin zpět, což snižuje potřebu odvádět vodu s rozpuštěnými živinami do životního prostředí. Tím se prodlužuje využití vody a snižuje rychlost výměny vody. V suchých podmínkách a ve vytápěných sklenících, kde jsou náklady na vodu a ohřev vody vysoké, minimalizace výměny vody pomáhá snížit provozní náklady akvaponických systémů (Rakocy 2012).

Akvaponické systémy nevyhnutelně nesou s sebou několik nevýhod, z nichž nejvýraznější je velký rozdíl mezi plochou určenou pro pěstování rostlin a plochou, kterou je nutné vyhradit pro chov ryb. Pro zajištění stabilního systému s relativně konstantními hladinami živin je nezbytné, aby poměr mezi plochou pro rostliny a ryby byl velký. Například ve vodním systému s rafty (plovoucí desky sloužící jako nosníky rostlin) je tento poměr 3:7 (Rakocy 2012). Větší poměr je potřebný při klesající účinnosti odstraňování tuhých látek (Rakocy 2012). Většina času a úsilí vynaloženého na péči o tento systém je věnováno výsevu, přesazování, údržbě, sklizni a balení rostlin. Rostlinná část systému vyžaduje soubor nových dovedností, což znamená, že pro úspěšný provoz by měli být zahrnuti jak technologové pro chov ryb, tak technologové pro pěstování rostlin (Rakocy 2012). Další nevýhodou spojenou s tímto systémem je, že zahradník musí spoléhat při ochraně rostlin, před škůdci a chorobami, spíše na biologické metody než na pesticidy. Tento fakt však může být výhodou, protože produkty mohou být prodávány jako produkty s velkou mírou jistoty, že pesticidy použity nebyly. Je nutné poznamenat, že v akvaponickém systému se podařilo snížit akumulaci dusičnanů v kultivačních vodách až o 97 % (Lennard 2005) (viz tabulka č. 1), což je značný úspěch ve srovnání se systémem, který využívá pouze ryby (Rakocy 2012).

Tabulka 1 Růst ryb, výnos salátu a odstraňování dusičnanů u akvakulturních a akvaponických systémů (Lennard 2005)

Parameter	Fish-only	Aquaponic
Fish FCR	0.87 ± 0.01	0.88 ± 0.0
Lettuce yield (kg/m ²)	NA	5.77 ± 0.19
NO ₃ accumulation (mg/l)	52.20 ± 5.28	1.43 ± 1.09
NO ₃ removal (%)	0	97

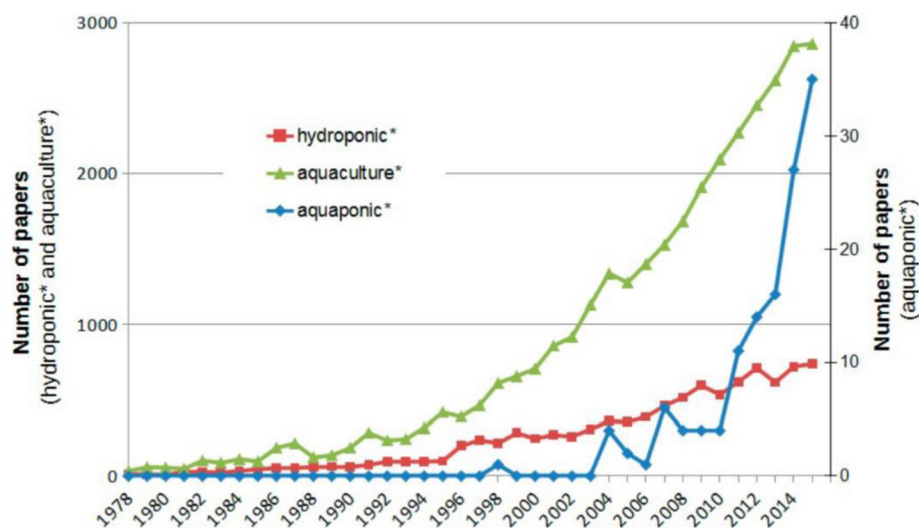
3.3 Historie akvaponie

Když pomíneme koevoluci rostlinné a živočišné produkce v přírodě, kde se na základě koloběhu živin vytvořily přirozené ekosystémy podobné těm akvaponickému, nacházíme první zmínky o takových systémech nejméně 1500 let zpět na území dnešní Číny. Místní zemědělci využívali systému krmení kachen, od kterých nezkonsumované krmivo a trus odpadávaly do vody, čímž docházelo k jejímu hnojení, získaný substrát dna sloužil pro hnojení místních polí (Jones 2002). Inkové v Peru naopak využívali technologii uměle vyhloubených nádrží s ostrůvkem uprostřed, na kterém pěstovali rostliny. Využívali tak zároveň chovu hus, které jim také napomáhaly s hnojením potřebným pro rostlinou produkci (Jones 2002).

Pokroky ve vývoji současné akvaponie jsou historicky vázané na výrobu, vylepšování materiálů a poznatků o nich. Základy akvaponických systémů se zároveň odvíjí od výzkumů hydroponie. Jednu z prvních vědeckých prací na téma hydroponie s názvem „The complete guide to soilless gardening“ sepsal již v roce 1929 Dr. William Gericke v Kalifornii. Výraznými milníky v historii těchto systémů bylo vynalezení skleníkových systémů nebo vývoj plastů ve 40. letech 20. století (Love et al. 2014).

Samotná akvaponie byla ovlivněna v 70. letech 20. století počátky výzkumu suchozemských recirkulačních akvakulturních systému (RAS), při kterých se začínal ukazovat problém s hromaděním dusíkatých sloučenin v systému (Bohl 1977; Collins et al. 1975). V 80. letech Ron Zweig, John Todd Wolfe a další začali s experimenty propojování akvakultur s hydroponickými systémy. Produkční systémy a jejich vývoj začal dokumentovat na přelomu tisíciletí James Rakocy například ve vědeckých pracích „A recirculating system for tilapia culture and vegetable hydroponics“ nebo „Aquaponics integrating fish and plant culture“ (Love et al. 2014, Rakocy 1984, Rakocy 2012).

Rapidní vzestup počtu výzkumů akvaponických systémů po roce 2010 můžeme vidět na grafu č. 1 níže. Dle výzkumu Villarroel et al. (2016) je zřejmé, že většina (80,4%) respondentů v Evropě nemá akvaponii jako zdroj příjmu ale z důvodu výzkumu. V grafu je měřítko pro akvaponii o dva řády nižší než u akvakultury a hydroponie, jelikož počty publikací na téma akvaponie jsou výrazně nižší.



Graf 1 Počet publikovaných prací o hydroponii, akvakultuře a akvaponii v letech 1978-2015 (Junge et al. 2017)

Přestože Parlament Evropské unie uznal akvaponii jako „jednu z deseti technologií, které by mohly změnit náš život“ (Van Woensel 2015), výzkum stále není dostatečný (Junge et al. 2017). Popularitu výzkumu těchto oblastí můžeme vidět v tabulce č. 2, kde je uveden počet recenzovaných článků na uvedené téma (Junge et al. 2017).

Tabulka 2 Počet vědeckých publikací podle Google Scholar pro některé environmentální a ekotechnologie v porovnání s výsledky vyhledávání v Google (Junge et al. 2017)

Keyword	Search Results on Google	Search Results on Google Scholar	Hype Ratio *
Aquaculture	19,100,000	916,000	21
Aquaponics	3,750,000	2780	1349
Building integrated agriculture	5910	91	65
Constructed wetlands	422,000	39,100	11
Green roofs	450,000	18,500	24
Hydroponics	9,300,000	70,900	131

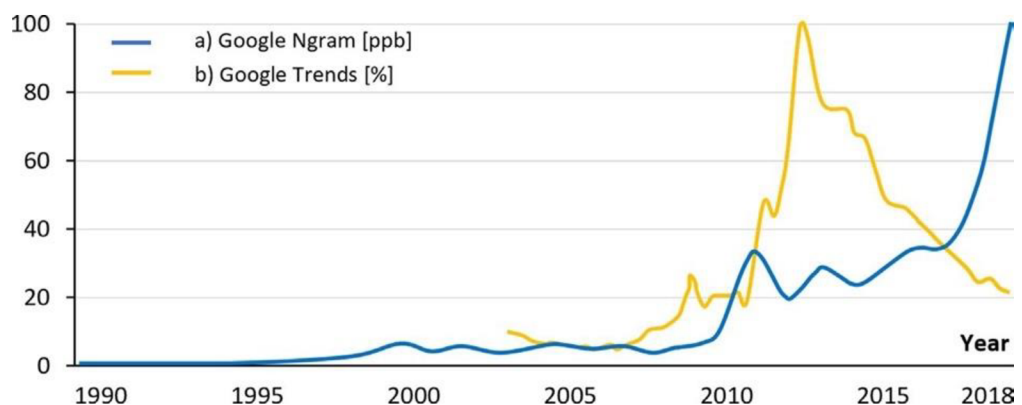
Analýza trendů anglického termínu pro akvaponii „aquaponics“ z grafu č. 3 ukazuje, že tento pojem možná dosáhl vrcholu Gartnerova hype cyklu. „Křivka humbuku“ svým pravým jménem zvaná „Gartner’s Hype Cycles“ (viz graf č. 2) byla publikována v roce 1995 a jejím cílem je představení nových technologií od počátečního nadšení přes období rozčarování až po usazení konkrétní technologie na trhu. Počáteční část křivky (positive hype) je poháněna

především médií bez vědeckých opodstatnění, která spekulují nad budoucností technologie. Druhá část křivky popisuje rozčarování z nadměrných očekávání a ve finále přijetí samotné technologie (Linden a Fenn, 2003).



Graf 2 Gartnerova křivka (Linden a Fenn 2003)

Graf počtu článků podle Google trends jasně ukazuje postupně stoupající trend vyhledávání tohoto pojmu až do roku 2012, od něhož se počet vyhledávání naopak snižuje. Modrý graf znázorňující počet vědeckých článků dle Google Ngram, který naznačuje neustále se zvyšující zájem o toto téma (Baganz 2022).



Graf 3 Výskyt slova "aquaponics" v čase (a) v prohlížeči Google Ngram jako ppb z korpusu knih (autorské dílo) a (b) v trendech (Baganz 2022)

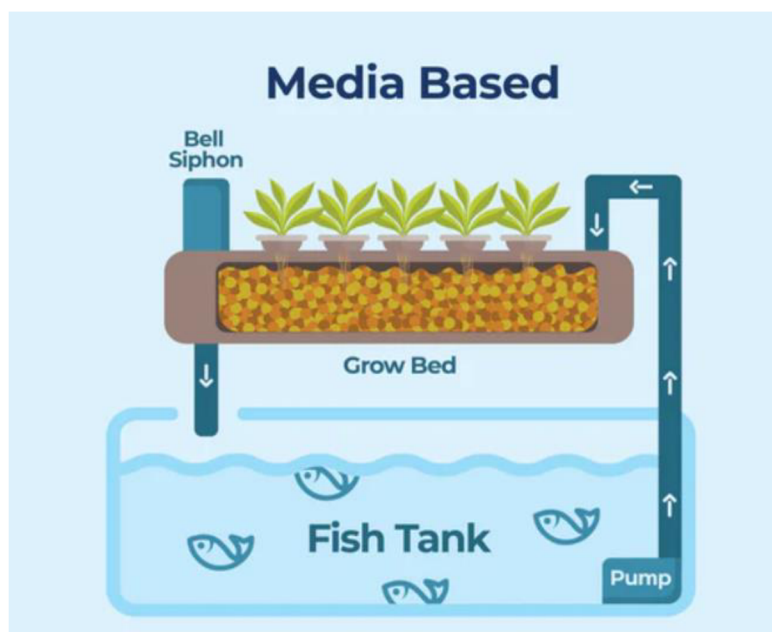
3.4 Design hydroponické části akvaponického systému a jeho komponenty

Tato kapitola se zabývá druhy systémů, které jsou uzpůsobeny pro využívání v hydroponii. Jedná se o Medium systém, NFT systém a Raftový systém. Na rozdíl od nich se akvaponie liší tím, že zde proudí voda, která se obohatila o živiny v prostředí s chovem ryb a rostliny tyto živiny využijí k svému růstu.

3.4.1 Na médiu založený systém

Na médiu založený systém, viz obrázek č. 2, který je také známý pod názvem substrátová hydroponie, funguje na principu pravidelného zaplavování a vypouštění vody ze systému, které probíhá 4krát za hodinu. Zaplavován je záhon, který je tvořen štěrkem, keramzitem nebo například lávovými kameny (Sharma et al., 2018; Somerville et al., 2014). Vzhledem ke střídání zaplavování a vypouštění získávají rostliny optimální množství vody a živin a zároveň jsou provzdušněny kořeny. Provzdušněním se tak zabrání, aby kořeny podléhaly hnilobným procesům, a také probíhá přeměna amoniaku na dusitany, který je produktem metabolismu ryb, a který je pro ně silně toxický (Svobodová et al., 2001). Na periodický cyklus se nejčastěji používá technologie časového spínání čerpadla nebo zvonový sifon (Mráz 2018).

Substrát, který se v systému nachází, má mechanickou i biologickou filtrační funkci. Nečistoty se zachytí do substrátu, kde pomocí mikroorganismů mineralizují. V případě akvaponie tak není potřeba využívat samostatnou filtraci (Mráz 2018).

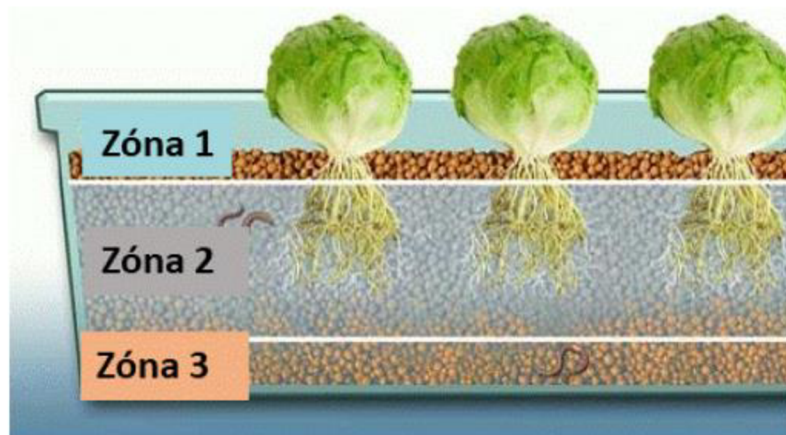


Obrázek 2 Schéma Médium systému (Go Green Aquaponics 2022)

Na médiu založený systém je dle Brooka (2015) rozdělen do tří zón:

1. Zóna – horní vrstva substrátu, která je stále suchá a je vysoká cca 5 cm. Zabraňuje slunečnímu svitu a růstu hub a bakterií, které jsou nežádoucí. Snižuje také vypařování vody ze systému.
2. Zóna – pravidelně zaplavovaná, odplavovaná a provzdušňovaná vrstva substrátu. Tato zóna je vysoká cca 20 cm a probíhá zde větší část biologické aktivity, jako například rozvoj kořenového systému.
3. Zóna – substrát ve výšce 5 cm je stále zaplavený. Hromadí se zde látky, které se nerozpustily a dochází zde k jejich mineralizaci. Rostliny pak tyto látky mohou vsřebat.

Systém je znázorněno na obrázku č. 3.



Obrázek 3 Schematické znázornění tří zón v pěstebním záhonu (Brook 2015)

Nevýhody na médiu založeném systému podle Tezla (2009):

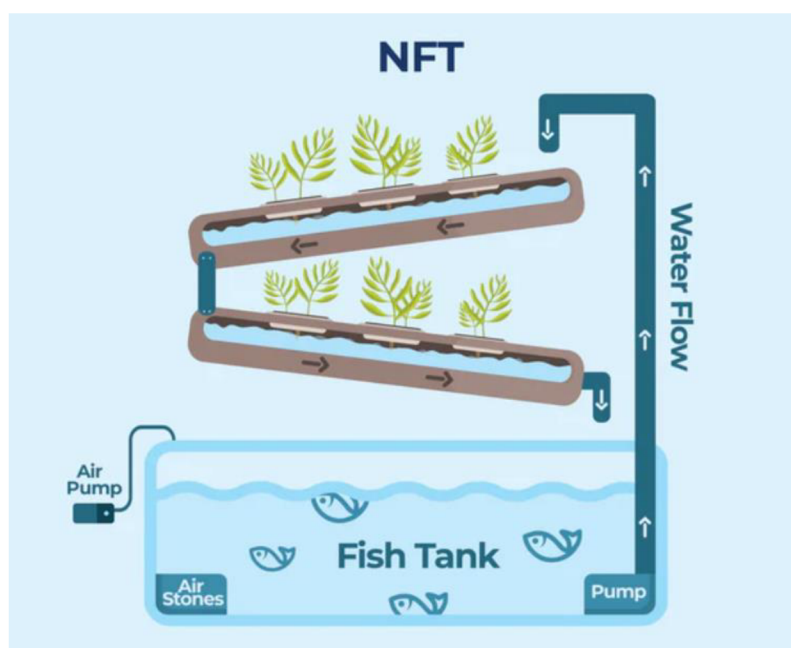
1. rostliny mohou prorůst substrátem, což může vést k zneprůchodnění potrubního systému
2. systém vyžaduje velký prostor
3. zajištění a častá kontrola zavlažovacích systémů

Výhody systému podle Tezla (2009):

1. možné využití velkého množství různých druhů rostlin
2. pravidelné zaplavování a provzdušňování
3. nitrifikační bakterie zde mají velký životní prostor.

3.4.2 NFT systém

Jedná se o hydroponickou techniku, u které se využívá pomalého proudu vody, která je obohacena o živiny. Rostliny umístěny v trubkách získávají živiny přes kořeny, které jsou do vody neustále ponořeny. Kořeny filtrují a čistí vodu odčerpáváním živin, než voda opět steče do nádrže s rybami. Když voda přiteče do nádrže s rybami, způsobí to, že voda z nádrže přeteče výpustní trubkou a vrátí se do mechanického filtru. V těchto systémech lze pěstovat například bylinky (bazalka, máta, šalvěj), mangold, saláty, rajčata, papriky nebo jahody. (Go Green Aquaponics 2022). Schéma systému NFT systému je znázorněno na obrázku č. 4.



Obrázek 4 Schéma NFT systému (Go Green Aquaponics 2022)

Nevýhody NFT systému podle Go Green Aquaponics (2022):

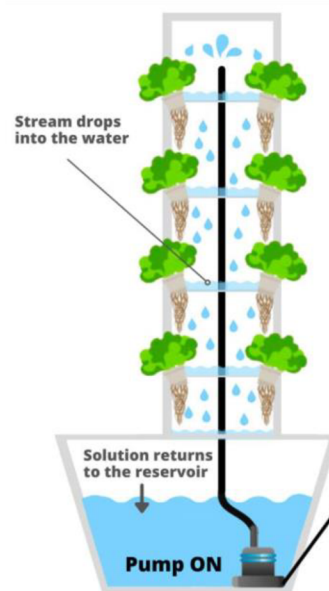
1. Kořeny mohou v průběhu růstu ucpat kanály a zabránit přístupu vody k ostatním rostlinám
2. Malé množství proudící vody může podléhat teplotním výkyvům
3. Pokud přestane čerpadlo fungovat, nebude proudit voda a rostliny nezískají vodu a živiny. Mohou poté rychle vadnout a odumírat
4. Nelze pěstovat rostliny s větším kořenovým systémem

Výhody NFT systému podle Go Green Aquaponics (2022):

1. Kořeny rostlin mají dostatek vzduchu, protože jejich část je odkrytá. Zamezuje se tak hnilobě kořenů.
2. Rostliny mají neustále přísun vody a živin
3. Permanentní průtok snižuje riziko růstu plísní

3.4.3 Vertikální systémy

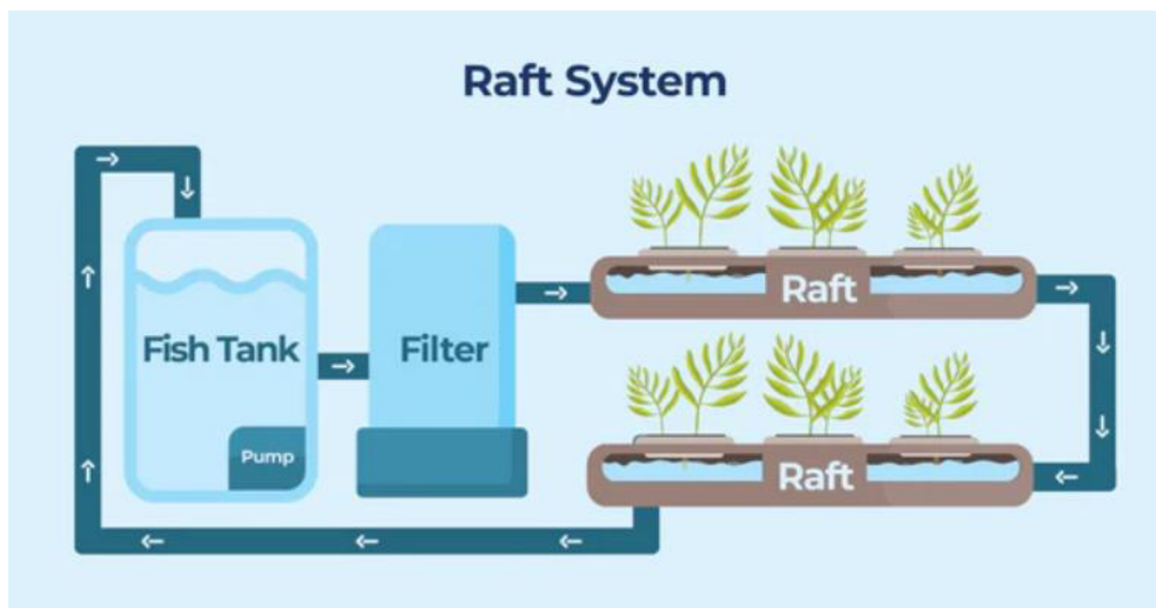
Ve vertikálních systémech (obrázek č. 5) se využívá tzv. pěstebních věží, kde jsou umístěny rostliny vertikálně nad sebou. Produkce rostlin se tak zvýší až trojnásobně, jelikož ostatní systémy využívají jen plochu. Pěstovat se takto mohou převážně bylinky. Naopak tento systém není vhodný pro pěstování rajčat nebo paprik (Mráz 2018).



Obrázek 5 Schéma vertikálního systému (Peters 2023)

3.4.4 Raftový systém

Jedná se o nejjednodušší pěstební systém, ve kterém se nachází nízká nádrž a jejíž hladinu pokrývají desky z materiálu, který na vodě plave. Nejčastěji se využívá polystyren nebo plastové desky. Tyto desky mají otvory pro síťové košíčky a jejich umístění je určeno podle toho, o jaký druh a velikost rostliny se jedná. Rostlina by měla být od druhé tak daleko, aby nezasahovala do jejího vegetačního prostoru (Mráz 2018). Kořeny jsou volně ponořeny do vody, ze které získávají živiny (Sankhalkar et al. 2019; von Bieberstein et al. 2014). Důležitou součástí systému jsou vzduchovací kameny nebo vzduchovací potrubí, což zajišťuje dostatečné množství kyslíku ve vodě (Adil a Jeong 2018). Jelikož jsou kořeny rostlin neustále ponořené do vody, musí být voda mířící do pěstební nádrže dostatečně mechanicky vyčištěna. V opačném případě by se škodlivé látky usazovaly na kořenech a ubírali by rostlinám kyslík a následně by došlo k jejich uhynutí. Nejvhodnější je v těchto systémech pěstovat různé druhy bylinek nebo salátů (Mráz 2018). Raftový systém je znázorněn na obrázku č. 6.



Obrázek 6 Schéma Raftového systému (Go Green Aquaponics 2022)

Nevýhody Raftového systému podle Go Green Aquaponics (2022):

1. Takto lze pěstovat pouze některé druhy zeleniny
2. Odpařování vody v mezerách mezi deskami plovoucími na vodě
3. Je vyžadováno pravidelné čištění filtru
4. Kořeny jsou náchylné k mikrobiálnímu napadení a mohou být zkonzumovány býložravými rybami
5. Potřeba přidávat kyslík do vody

Výhody Raftového systému podle Go Green Aquaponics (2022):

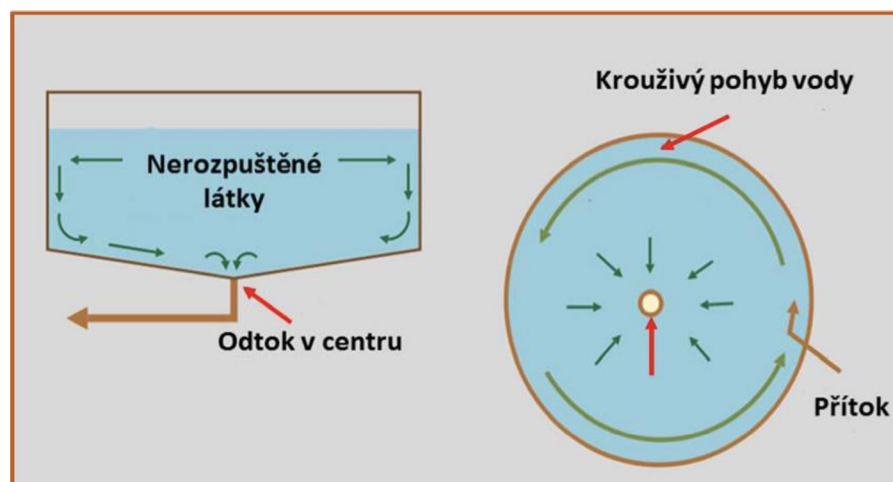
1. Nákladově efektivní
2. Jednoduchý systém, který je nejspornější ze všech akvaponických systémů
3. Větší objem vody zabraňuje kolísání teplot
4. Efektivní využití prostoru, kdy jsou rafty umístěny v samotné nádrži
5. Umožňuje vyšší obsádku ryb

3.5 Design akvakulturní části akvaponického systému

Chovné nádrže na ryby mohou být z celé řady materiálů, velikostí i různých tvarů. Nejčastějšími materiály použitými na stavbu jsou např. plast, pogumovaná textilie, laminát apod. (Kouřil et al. 2008, Vachta et al. 2015). Pro běžně chované ryby v akvaponiích neexistuje doporučená velikost nádrží ani jejich tvar. Je však vhodné, aby nádrže neměly žádná slepá místa, ve kterých se hromadí nezkonsumované zbytky krmení či exkrementy ryb.

Kromě špatného procesu čištění nádrží může tento stav vést k nekontrolovanému rozkladu těchto usazenin (Mráz 2018).

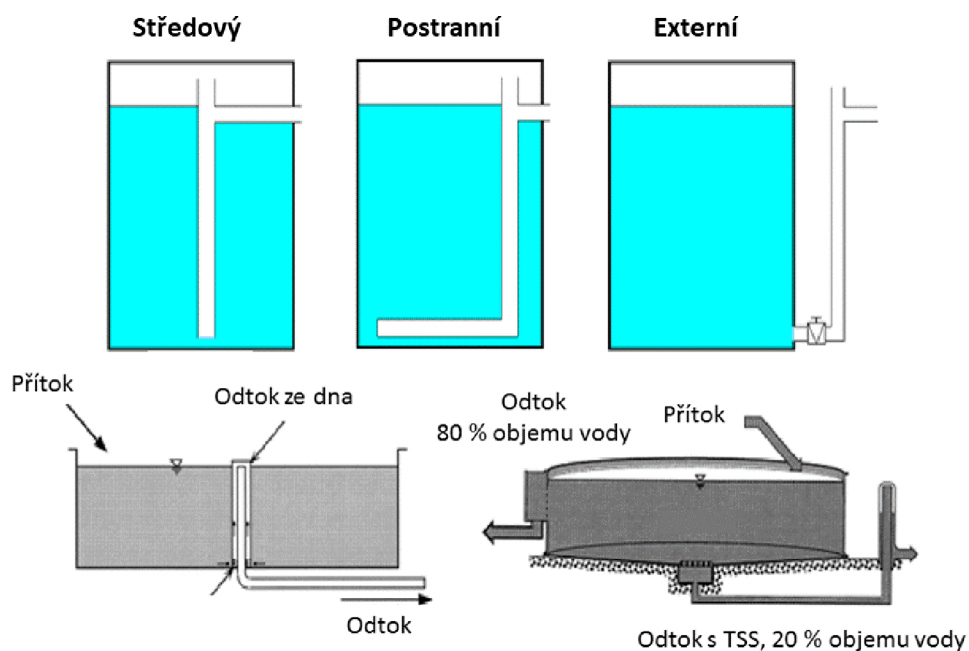
Z již zmíněných důvodů se často používají nádrže s kruhovým či oválným půdorysem bez ostrých rohů, které by zpomalovaly proudění (viz obrázek č. 7). Vhodným nasměrováním přitékající vody docílíme krouživého proudění napomáhajícího koncentraci usazenin uprostřed nádrže a tím i jejich snazšího odvodu (Policar et al. 2020). Dalším vylepšením takových nádrží může být kónický tvar jejich dna, který ještě více napomůže ke koncentraci exkrementů ve středu dna nádrže (Mráz 2018). Mezi nevýhody kruhových nádrží se řadí menší využití plochy pro odchov v porovnání s čtvercovým či obdélníkovým tvarem (Mráz 2018). Kromě vhodného přítoku vody je důležité se zaměřit i na správné vzduchování tak, aby nevznikaly tzv. mrtvé zóny, kde je kyslíku nedostatek (Donaldson 2017).



Obrázek 7 Management odvodu nerozpuštěných látek v kruhové nádrži (Donaldson 2017)

3.5.1 Varianty odtoků nádrží

Odtoků z chovných nádrží může být několik typů (středový, postranní, externí). Jednotlivý typ odtoku se volí tak, aby docházelo k co nejrychlejšímu a nejefektivnějšímu odvodu vody. Na obrázku č. 8 jsou vidět jednotlivé typy běžně používaných odtoků (Timmons et al. 1998).



Obrázek 8 Běžně používané odtoky z chovných nádrží (Timmons et al. 1998)

3.5.2 Aerace

Zásadním parametrem pro chov ryb je obsah rozpuštěného kyslíku (např. pro metabolizování přijatého krmiva). Negativní vliv na kyslíkovou bilanci mají jemné suspendované částice vznášející se ve sloupci vody i usazené u dna. Těžce se dostávají ze systému pomocí mechanické filtrace a nebezpečné jsou pro svou vlastnost velkého aktivního povrchu. Množství těchto částic může být ovlivněno kvalitou krmiva či designem systému. V RAS se vypočítává potřeba aerace pomocí spotřeby kyslíku bakteriemi a rybami dle následujícího přehledu (Mráz 2018). V následující tabulce č. 3 je znázorněn zjednodušený výpočet spotřeby kyslíku jednotlivými organismy.

Tabulka 1 Zjednodušený výpočet spotřeby kyslíku jednotlivými organismy (upraveno podle Mráze 2018)

Ryby	0,25 kg O ₂ na kg krmiva
Nitrifikační bakterie	0,12 kg O ₂ na kg krmiva
Heterofní bakterie	0,25 kg O ₂ na kg krmiva
	(může však být až 5 kg O ₂)
Celkem	0,5 kg O₂ na kg krmiva

Z bezpečnostních důvodů se doporučuje počítat s 1 kg O₂ na kg krmiva. Spotřeba kyslíku je totiž závislá na druhu ryby, její velikosti nebo např. teplotě vody. Obecně je nejvyšší spotřeba kyslíku v období po maximálním nakrmení a při vysoké aktivitě ryb (Komendová 2011). Způsobů na řešení okysličení vody v akvaponických systémech je hned několik. Nejčastěji

používaná jsou vzduchovací čerpadla, kompresory nebo turbíny vhánějící vzduch do vody přes vzduchovací kameny (Mráz 2018). Cílem vzduchovacích kamenů je rozdělení bublinek vzduchu na co nejmenší tak, aby jejich plocha s vodou byla co nejvyšší a přeneslo se tak co nejvíce kyslíku do vody. Čím bude větší dráha bublinek pod vodou a větší jejich plocha, tím více plynu se do vody rozpustí (Mráz 2018).

Mimo rozpouštění kyslíku ve vodě pomocí vzduchovacích kamenů se ještě může použít tzv. Venturiho trubice či rozstřík vody na hladinu, což je zobrazeno na obrázku č. 9.



Obrázek 9 Vlevo - venturiho trubice použita pro aeraci, vpravo- rozstřík vody na hladinu pro aeraci (Chromý 2023)

3.5.3 Produkce ryb

V recirkulačních akvaponických systémech se daří především druhům snášejícím vysokou hustotu obsádky. Mezi nejběžnější ryby chované v akvaponických systémech patří na prvním místě tilapie nilská (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758), dalšími jsou sumeček africký (keříčkovec červenolemý, *Clarias gariepinus*, Burchell 1822), kapr obecný (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758), koi kapr (*Cyprinus rubrifuscus*, Lacepede 1803) (Rakocy et al., 2006; Diver a Rinehart 2010; Graber et al. 2014). Druh ryby, kterému se naopak v těchto systémech nedaří, patří mořčák pruhovaný (*morone saxatilis*, Walbaum 1792).

K navrácení vysokých investičních nákladů a provozních nákladů akvaponických systémů a aby se dosáhlo zisku, musí být složka chovu ryb a hydroponická složka zeleniny trvale provozovány v blízkosti maximální výrobní kapacity (Rakocy, 2012). Aby se udržela biomasa blízko maximální kapacity tedy aby v systému bylo maximální množství ryb a nedošlo k omezení jejich růstu či vysokému procentu úmrtnosti, lze použít 3 metody řízení obsádky (Rakocy 2012). Základními metodami jsou sekvenční chov, více chovných jednotek a rozdělení

populace. Výhodou naplnění maximální chovné kapacity je stálost systému, efektivní využití prostoru a maximalizace produkce. Již při navrhování komerční akvaponie je nutné určení cílové obsádky, konkrétních ryb i složení pěstovaných rostlin. Pozdější změna pěstebního a chovného plánu může být velice nákladná a narušit samotnou produkci (Rakocy 2012).

Sekvenční metoda chovu – je postavena na chovu několika věkových skupin stejného druhu ve společné nádrži. Ve chvíli, kdy je část z obsádky dorostlá do tržní velikosti, sloví se selektivně tak, aby menší jedinci v chovu nadále zůstali (DeLong et al. 2009). I přesto, že bylo podobným chovem docíleno vysoké produkce tilapie nilské, tento systém se potýká s problémy vysokého stresu u ryb, ztíženého monitoringu obsádky či občasné nedokonalosti slovení systému a pozůstatku větších jedinců. Podobná metoda je tedy vhodná pro nižší obsádky ryb a menší hobby systémy (Rakocy 2012).

Metoda více chovných jednotek – tato metoda vychází z dělení obsádky vždy ve chvíli dosažení maximální kapacity prostředí. Násada ryb je tak na začátku kusově vyšší, než by byla kapacita chovu při tržní velikosti jedinců. Ke slovení a rozdělení populace dochází vždy až při plné obsádce, dosáhneme tak maximálního využití prostředí. Pozitivním vlivem této metody je zajištění stálosti vlastností vody v celém oběhu (Rakocy 2012).

Metoda dělení populací – nasazení jedinci jsou po dosažení určité velikosti rozděleni do dvou dalších nádrží, dále pak do čtyřech a tak dále dokud nedosáhnou své tržní velikosti. Pokud se zvolí tato metoda, je zapotřebí celkem 15 chovných nádrží, aby bylo možné na konci každého růstového intervalu, což je u tilapií období cca 5-6 týdnů, sklidit osm nádrží. Tento způsob hospodaření je vhodný pro inventarizaci projektu a minimalizuje chov jedinců odlišných váhových kategorií, než jsou cílené (Rakocy 2012).

3.6 Rostliny v akvaponickém systému

Rostliny získávají všechny potřebné živiny z vody, kde jsou tyto živiny rozpuštěny ve formě roztoku (Diver a Rinehart 2010). Kromě živin pro svůj růst potřebují také světlo, vzduch, vláhu a teplo (Dolejší 1987).

V akvaponickém systému umístěném ve skleníku je zajištěno světlo i teplo. Vzhledem k principu akvaponických systémů mají rostliny dostatek i ostatních životních nároků pro svůj růst. Voda, kterou jsou rostliny zaplavovány, je obohacena o živiny z krmiva, které je podáváno rybám. Další živiny vyprodukují ryby při jejich metabolických procesech. Přístup vzduchu

zaručuje pravidelné zaplavování a vyplavování, případně vzduchové kameny (Pantanella et al. 2012).

Tento systém ale nezaručuje přísun vápníku, draslíku a železa. Tyto látky jsou důležité pro to, aby rostliny optimálně rostly (Rakocy et al. 2004).

3.6.1 Listová zelenina

Nejdeálnějším druhem rostliny pro pěstování v akvaponickém systému je listová zelenina. Ta má malé nároky na pěstování. Pro svůj růst potřebuje především dostatečné množství světla, pravidelné zalévání a přísun dostatku dusíku (Dolejší 1987). Vhodné je pěstování vodního špenátu (*Ipomoea aquatic* Forsk) nebo salátu (*Lactuca sativa* L.). Salát se lehce přizpůsobí podmínkám a rychle roste. Jeho pěstování je již vyzkoušené v hydroponickém systému (Pekárková 2000).

3.6.2 Košťálová zelenina

Z košťálové zeleniny je pro pěstování v akvaponickém systému nevhodnější pekingské zeli (*Brassica pekinensis* Rupr.). Pro svůj růst potřebuje zejména vlhké ovzduší a dostatek vláhy. Pokud jsou rostlině dopřány správné podmínky, tak velmi rychle roste (Pekárková 2000).

3.6.3 Plodová zelenina

Plodová zelenina pochází nejčastěji ze subtropických nebo tropických pásů a potřebuje tak vláhu a teplo. Nízké teploty pod 10 °C způsobují, že se zcela zastaví růst. Pro dřívější sklizni je potřeba zeleninu nejdříve předpěstovat a do systému zasadit sazenice. Sklizeň se tak urychlí o 2 nebo 3 týdny (Pekárková 2000). Mezi plodovou zeleninu, kterou lze pěstovat je paprika (*Capsicum annuum* L.) nebo rajčata (*Solanum lycopersicum* L.). Oba druhy zeleniny dobře rostou v teple a měly by být umístěné na slunném místě nejlépe ve sklenících (Dolejší 1987).

3.6.4 Bylinky

V akvaponickém systému se nejvíce osvědčilo pěstování bazalky (*Ocimum basilicum* L.), která zde navyšuje svou produkci až o trojnásobek oproti běžnému pěstování na zahradě (Rakocy et al. 2004). Ve své studii uvádí Savidov et al. (2007), že na jeden m² je možné dosáhnout v akvaponickém systému produkce 42 kg bazalky za rok, oproti původních 13 kg. Je vhodné ji vysazovat v blízkosti rajčat. Bazalka se využívá k léčivým účelům a jako dochucovadlo do pokrmů (Kliková a Pavelková 2007).

3.7 Definice typů akvaponie

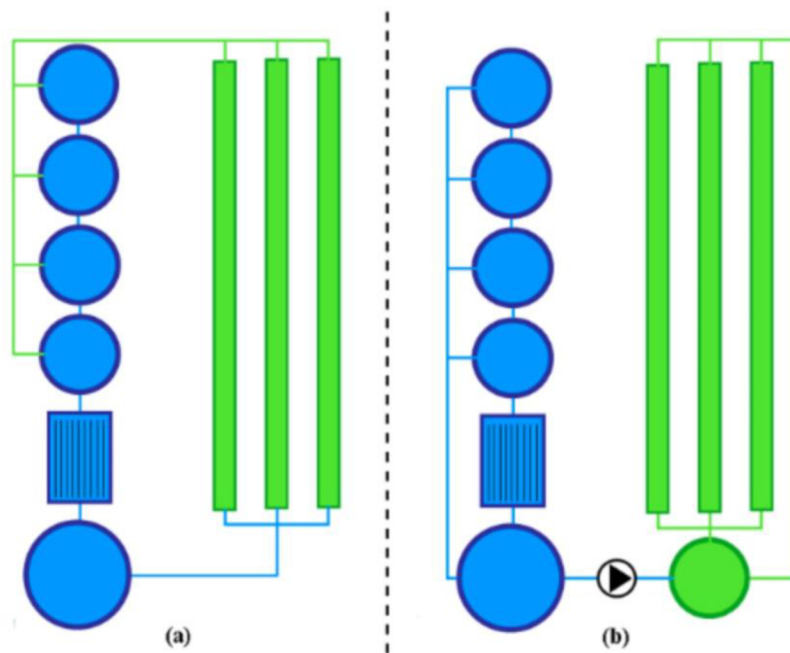
Akvaponické systémy mohou mít několik podob i cílů se kterými byly vytvořeny, dle toho jsou rozdělovány do několika typů. Mezi ty nejběžnější se mohou zařadit hobby formy akvaponie (jinak také nazývány domácími či zahradními systémy), sociální projekty (např. akvaponie vytvořené pro výuku na školách) a komerční produkci (Buehler 2016).

Jednu z možných klasifikací navrhli Maucieri et al. (2017) a to na základě různých principů návrhu: velikost, provozní režim oddělení akvakultury (RAS, průtočné), řízení vodního cyklu (spojené, nespojitě), typ vody, typ realizovaného hydroponického systému a využití prostoru.

Akvaponický systém může také sloužit různým cílům nebo uživatelům a musí být podle toho navržen, přičemž jeho součásti (nádrže s rybami, biofiltry, hydroponické jednotky) musí splňovat různé požadavky, např. čistá produkce potravin, estetické účely, vzdělávání, hobby atd. (Junge 2014).

Původní akvaponické systémy používaly tzv. jednosmyčkovou technologii, kdy je voda v oběhu mezi chovnou částí s rybami a pěstební částí s rostlinami. Tato technologie byla jednoduchá, ale nevyužívala plně potenciál akvaponie, protože byly nutné kompromisy ohledně hydrochemických podmínek pro různé složky systému. Moderní akvaponické systémy využívají dvou-/vícesmyčkovou technologii, kdy jsou chovná a pěstební část odděleny a umožňují upravit prostředí pro jednotlivé složky systému. Odpadní voda z chovné části je poté přepouštěna do pěstební části, kde se může doplnit o chybějící živiny. Tato technologie může být doplněna o smyčku s mineralizační nádrží, což umožňuje maximální využití odpadních látek z chovu ryb. Většina nově budovaných akvaponických farem v ČR využívá jednosmyčkový design, což neumožňuje plné využití potenciálu systému a může vést k ekonomickému bankrotu (Mráz 2018).

Na obrázku č. 10 je znázorněno schéma jednosmyčkové a dvousmyčkové akvaponie. Část RAS je zobrazena modrou barvou a hydroponická část zelenou barvou.



Obrázek 10 Schéma jednosmyčkové (a) a dvousmyčkové (b) akvaponie (Monsees et al. 2017)

3.8 Filtrace

V případě běžného RAS systému je filtrace rozdělena na několik částí, z nichž je první mechanická filtrace, kde se čistí nerozpuštěné látky. Dále voda přechází do tzv. biologických filtrů, kde je voda zbavována amonných iontů pomocí nitrifikačních bakterií. V případě RAS systému se voda vrací zpět do odchovných nádrží. U složitějších systémů se mohou dále zařazovat jednotky pro dezinfekci vody, flotaci, odplynění a denitrifikaci (Mráz 2018).

Běžný hydroponický systém obvykle obsahuje nádrž s živným roztokem odkud se voda rozvádí k jednotlivým pěstebním pozicím. Dále se voda odvádí buď do odpadu nebo se vrací do nádrže s temperovaným živným roztokem (Mehra et al. 2018).

Filtrační část jednoduchého akvaponického systému vychází z obou předchozích filtračních jednotek. Obsahuje tedy chovnou nádrž, mechanickou biologickou filtraci a hydroponický pěstební záhon (Mráz 2018).

3.8.1 Mechanická filtrace

Jednou z nepostradatelných částí akvaponického systému je mechanická filtrace, která napomáhá tomu, aby se nezanesla hydroponická jednotka a tím nedošlo k obnažení kořenových systémů rostlin, či ucpání potrubí (Mráz 2018).

Aby bylo zabráněno rozkladu zbytků krmiv mrtvých ryb či výkalů ryb a dalších nečistot, je využíváno mechanické filtrace pro jejich rychlé odstranění. Důvodem jejich odstranění je jejich nebezpečí ve spotřebování kyslíku při nekontrolovatelném rozkladu. Pro jejich odstranění se využívá sedimentačních filtrů, které zachycují částice větší než 100 mikrometrů, pro menší částice se tak doporučuje přidání mikroplátka (Rakocy et al. 2006). Pro menší částice než 20 mikrometrů je pak potřeba využití jemnější filtrace, tento kal tvoří 40-70 % z celkového množství (Chen et al. 1993).

Mechanický filtr se vybírá na základě průtoku vody protékající nádržemi a jejich znečištěním (Rakocy et al. 2011). Konkrétní typ se volí podle pořizovací ceny, nároků na údržbu, provozní náklady a schopnost maximálních vlastností filtrace při určitém průtoku viz tabulka č. 4.

Tabulka 2 Přehled různých typů mechanické filtrace, velikost separovaných částic a ztráta tlaku ve vybraných zařízeních (Strange 2004)

	TYP ZAŘÍZENÍ	VELIKOST ODSTRANĚNÝCH ČÁSTIC (μM)	ZTRÁTA TLAKU
SEDIMENTACE	Usazovací nádrž	> 100	velmi nízká
GRANULÁRNÍ MÉDIA	Perličkový filtr	> 50	střední
	Pískový filtr	10–50	vysoká
MIKROSÍTA	Pohyblivá síta	> 75	nízká
VODNÍ CYKLONY	Cyklon	1–75	vysoká
PÓROVITÉ MÉDIUM	DE filtr	> 0,1	velmi vysoká
	Cartridge filtr	1–10	střední
OSTATNÍ	Pěnový frakcionátor	< 30	velmi nízká
	Ozonizátor	< 30	velmi nízká

Mezi typy mechanických filtrací patří podle Mráze (2018):

- Sedimentační nádrže
- Čiřiče
- Vortexy
- Separátory s radiálním prouděním
- Filtry plněné médiem
- Mikrosítové filtry
- Diskové filtry
- Bubnové filtry

3.8.2 Biologická filtrace

Cílem biologické filtrace je přeměna amonných iontů pomocí nitrifikačních bakterií na netoxické dusičnany. Nitrifikační proces bakterií lze rozdělit na dvě fáze. První z nich je část nitrifikační, při které nejčastěji bakterie rodu *Nitrosomonas* spp. z amoniakálních iontů vytvoří velmi toxické dusitany (NO_2^-). V druhé fázi přemění nitrifikační bakterie dusitany na dusičnany, které jsou v běžných koncentracích netoxické (Helfrich 1991).

Správnou funkci biologické filtrace lze zajistit vhodným prostředím pro nitrifikační bakterie. Tyto bakterie pro svůj růst potřebují dostatečnou plochu bioelementů a kvalitně provzdušněnou vodu. Biologická filtrace může být ve formě skrápěných bioelementů z vrchní části, či plně potopená s aerací ze spodu (Mráz 2018) Snížením teploty prostředí o 5 °C se sníží efektivita biologické filtrace o 25 % (Lang et al. 2013).

3.9 Legislativa spojená s akvaponickou farmou

V případě budování nové akvaponické farmy je nutné dodržet státem povinné náležitosti. První povinností při založení farmy je získání živnostenského oprávnění v oboru zemědělství. Se zřízením živnostenského oprávnění je možno si zároveň požádat o registraci svého podnikání jako zemědělského (Zákon č. 252/1997 Sb.).

Další povinností je registrace u Státní veterinární správy. Konkrétní správní řízení ze závislé na velikosti farmy (Zákon č. 166/1999 Sb.). Je také potřeba zažádat o registrační číslo u Českomoravské společnosti chovatelů (Zákon č. 154/2000 Sb.). Samozřejmostí akvaponické farmy, jejichž součástí je zpracovna ryb, je i vytvoření Sanitačního, hygienického a provozního předpisu a směrnice. Systém kritických bodů HACCP je povinností provozovatele dle nařízení ES č. 853/2004 o hygieně potravin. Dodržování těchto postupů je nutné z důvodu zpětné kontroly kritických bodů při přípravě, skladování a přepravě produktů.

Čerpání a vypouštění vody z farmy je vázáno na povolení nakládání s vodami (Zákon č. 254/2001 Sb.).

4 Metodika

Metodika obsahuje popis pozorování akvaponických farem na českém trhu a model akvaponického systému, ve kterém se nachází technologický popis modelu, biologický popis modelu a ekonomický popis modelu.

4.1 Praktické pozorování

Praktické pozorování probíhalo v období let 2021 až 2023. Hlavním cílem pozorování bylo zpracování přehledu fungujících akvaponických farem na českém trhu. Samotné pozorování bylo rozděleno na dvě fáze. První fází byla snaha o dohledání všech českých akvaponických farem prezentujících se na internetu. Druhou fází pak bylo kontaktování jednotlivých farem a ověření samotného stavu.

4.1.1 Pozorování akvaponických farem v online a mediálním prostředí

Z důvodu rychle se měnících podmínek na českém akvaponickém trhu bylo nutné nejprve zjistit, které farmy se prezentují jako funkční. Snahou tak bylo dohledat veškeré komerční akvaponické farmy, které v období výzkumu byly v provozu.

Dohledávání informací o farmách probíhalo především na internetu s vyhledáváním klíčových slov jako „akvaponická farma“ nebo „akvaponie“. Dále byla snaha o dohledání dalších i nekomerčních farem pomocí diskuze s provozovateli již dohledaných provozů.

Nedílnou částí pozorování bylo také sledování podcastů o akvaponii na platformě YouTube tvořenými samotnými farmami, pročitání blogů či monitoring sociálních sítí.

Sledování akvaponických farem v mediálním prostoru probíhalo v návaznosti na výzkum Tůmové (2020). Po dobu probíhajícího výzkumu bylo pečlivě sledováno mediální prostředí pod klíčovými slovy: akvaponie, akvaponická farma.

4.1.2 Pozorování akvaponických farem v praxi

Praktická část pozorování měla za cíl porovnat proklamované informace na webových stránkách v porovnání s reálným provozem. Při návštěvách jednotlivých farem byl tedy kladen důraz na několik hledisek. Prvním z nich bylo samotné technické navržení farmy, tedy její velikost, typ hydroponické části a její celkové uspořádání. Dále byla sledována biologická stránka farmy jako například chovaný druh ryby, typ pěstovaných rostlin a jejich stav.

V neposlední řadě byla do pozorování zahrnuta i diskuse s majiteli jednotlivých farem či jejich zaměstnanci.

Celkem bylo do pozorování zahrnuto 7 akvaponických farem z nichž bylo navštíveno 5. Ke zbylým farmám nebyly dohledatelné informace o jejich provozu či nebylo umožněno jejich navštívení ze stran majitelů. Tato podezřívavost majitelů farem nebyla nikdy plně odůvodněna například z bezpečnostních důvodů, ale vždy bylo poukazováno na historii českého akvaponického trhu.

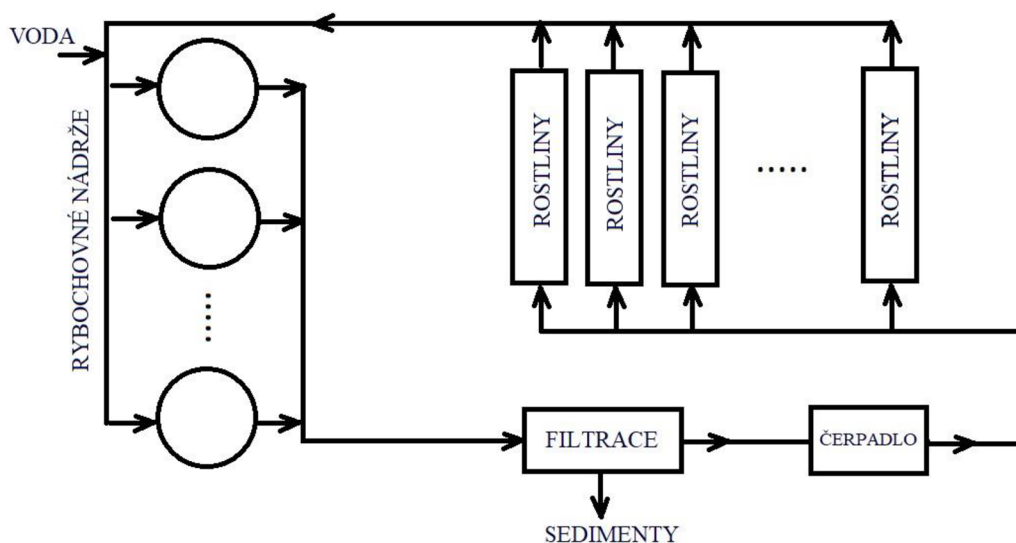
5 Model akvaponického systému

Pro základní zjištění relevantních ukazatelů pro posouzení dlouhodobé udržitelnosti produkce bylo využito vytvořeného modelu akvaponické farmy v MS Excel. Jeho podstata vychází z nejčastěji se vyskytujícího typu akvaponického systému v ČR, tedy jednosmyčkového oběhu. Cílem tohoto modelu bylo primárně určit odhadovanou cenu finálních produktů. Model byl záměrně zjednodušený z důvodu jeho možného budoucího personalizování na různé velikosti a typy farem. Nebylo tak možné do něj promítnout veškeré podrobnosti, jako jsou např. množství přidávaných mikronutrientů. Je důležité zmínit, že model nezahrnuje cenu dopravy, nájemné za pozemek i halu, pojištění, balicí materiál produktů, či marketingové výdaje.

V případě, že bude počítaná velikost farmy podle počtu chovných nádrží na ryby (neměnná velikost nádrže, tedy 1 382 litrů) či počtu stojanů pro hydroponickou část (neměnná velikost pěstebních pozic v jednom stojanu, tedy 840 ks), je potřeba počítat s nepřímo úměrným počtem zaměstnanců, počtem čerpadel i vzduchování. Tyto parametry vychází z praktických pozorování na jednotlivých farmách v ČR.

5.1 Technologický popis modelu

Zjednodušený model akvaponického systému byl navrhnout podle obrázku č. 11. V základním modelu se nachází nádrže pro chov ryb s kónickým dnem pro lepší čistící vlastnosti, mechanická filtrace a hydroponická část. Pro cirkulaci vody a vzduchu je zvoleno jedno vysokotlaké čerpadlo a kompresor na vzduch sloužící k aeraci nádrží i čištění usazeného kalu. Na rozvod vody je využité plastové ht potrubí různých průměrů a délek. Hydroponická část využívá metody tzv. raftů, do kterých jsou usazené jednotlivé pěstební pozice. Model zároveň počítá s maximálním využitím gravitace, a tak je čerpadlo na vodu umístěné pouze v místě za filtrací.



Obrázek 11 Zjednodušený model akvaponického systému (Vlastní zpracování 2023)

Model byl navržený tak, aby byl schopný odrážet změny jak množství materiálu a jejich cen, tak i všech konkrétních komponentů. Výsledkem je tak program schopný zpracovat návrh různých velikostí farem a ceny jejich výsledných produktů.

5.1.1 Akvakulturní část

Akvakulturní část byla rozdělena do několika segmentů, které na sebe navazují. Základní jednotkou výpočtu je rybochovná nádrž o objemu 1 382 litrů. Na každou nádrž je navázána určitá délka vodovodního potrubí přivádějící čistou vodu z hydroponické části a také odvádějící znečištěnou vodu do filtrace. Přepočtené míry v modelu vycházejí z reálných naměřených hodnot na jedné z akvaponických farem. Každá nádrž je opatřena dvěma uzavíratelnými vodovodními ventily, jeden na přítoku a druhý na odtoku.

Jelikož cena nádrže není veřejně dostupná v internetových obchodech, z důvodu zakázkové výroby, byla tak přibližná cena zjištěna od majitelů jedné z již fungujících komerčních akvaponických farem. Potrubí k těmto nádržím bylo zvoleno dle fotografické dokumentace na zmíněné akvaponické farmě a cena dohledána na internetových stránkách obchodu Bravura, s. r. o. (dostupné online: <https://www.profistavba.cz/ht-odpadni-trubky/>). Odkazy na konkrétní součástky jsou uvedeny přímo v modelu (viz příloha I.).

5.1.2 Filtrace a čerpadla

Filtrační část modelu obsahuje sedimentační filtr, který má 4 komory. Jeho objem i průtokové vlastnosti odráží objem vody obsažený v akvaponické části. Výplň filtrace vychází z běžně

používaných materiálů a jejich objem je vypočten úměrně k velikosti filtru. Typ filtrace byl zvolen dle praktického pozorování na fungující akvaponické farmě. Konkrétní filtrace je vyrobena na zakázku a její přibližná cena je dohledatelná na internetovém obchodě L&L Vágner plast s.r.o. (dostupné online: <https://vagner-plast.cz/komorove-filtrace.html>, viz příloha I). Typ a vlastnosti čerpadla na vodu vychází z povahy akvaponického systému, který se snaží využít gravitačních vlastností vody. Jeho výkon je dimenzovaný tak, aby objem celé vodní soustavy protekl čerpadlem minimálně jednou za 24 hodin. Zvolené čerpadlo odpovídá svým výkonem schopnosti vytlačit vodu do požadované výšky. Konkrétní čerpadlo lze dohledat na internetovém obchodě Star-fish jezírka, s.r.o. (dostupné online: <https://www.jezirka-eshop.cz/aquaforte-dm-22000-s-vario/pro2613.html>, viz příloha I).

Vzduchovací kompresor je v modelu využit ke dvěma účelům, z nichž jedno je aerace vody a druhý odpouštění kalu z nádrží. Výkon jednotlivých kompresorů je vypočítáván na základě počtu nádrží. Počet vzduchovacích kamenů a délka vzduchovacích hadic odráží počet chovných nádrží. Cena vzduchového kompresoru byla určena dle dostupného sortimentu na internetovém obchodě Star-fish jezírka, s.r.o. (dostupné online: <https://www.jezirka-eshop.cz/aquaforte-ap-150-membranove-dmychadlo/pro2544.html>, viz příloha I).

5.1.3 Hydroponická část

Pro model byl zvolen raftový pěstební systém, dle Mráze (2018). Jeho základní jednotkou výpočtu v hydroponické části je počet stojanů. Stojan je regál, do kterého přitéká voda z vrchní části a obsahuje 5 pater, každé patro pak obsahuje jeden bazén. Každý bazén pak obsahuje rafty, což jsou plovoucí desky z extrudovaného polystyrenu. Hlavním kritériem výběru konkrétních stojanů bylo praktické pozorování a nosnost regálů. Cena stojanů je zvolena dle internetového obchodu ceskeregaly.cz (dostupné online: <https://www.ceskeregaly.cz/regaly/cz/paletove-regaly>, viz příloha I). Bazény jsou součástí zakázkové výroby, jejich cena není běžně dostupná na internetu, cena uvedená v modelu je získána od majitelů jedné z fungujících akvaponických farem. Rafty lze zakoupit v obchodě DEK, a.s. (dostupné online: <https://www.dek.cz/produkty/detail/1420360120-xps-fibran-300-l-30mm-10-5m2-bal>, viz příloha I). Tyto konkrétní panely extrudovaného polystyrenu byly zvoleny na základě praktického pozorování. Důvodem jejich výběru byla především nízká cena a stálost materiálu ve vodním prostředí i vůči UV záření. Cena košíčků na rostliny je udána dle obchodu GrowCity (dostupné online: <https://www.growcity.cz/produkty/nahradni-hydroponicke-kosicky-pro-amazon-116-132-a-pro-vsechny-aeroponni-rizkovnice>, viz příloha I).

Osvětlení hydroponické části odráží počet plovoucích desek a jejich povrchu. Je tak bráno v potaz, že s přibývajícím počtem stojanů, a tím pádem i plovoucích desek, přibývá počet vhodně zvolených světel. Hlavním kritériem byl jejich výkon a cena v porovnání s pokrytou plochou. Cena je dohledatelná na stránkách [higarden.cz](https://www.higarden.cz) (dostupné online: <https://www.higarden.cz/led-osvetleni/>, viz příloha I).

5.1.4 Další nezbytné pomůcky

Model akvaponického systému zahrnuje i nezbytné pracovní pomůcky. Jedná se o pomůcky, které snižují riziko ztrát a ostatní pomůcky, bez kterých se farma neobejde. Jejich kvalita je závislá na velikosti farmy.

Mezi pomůcky, které snižují riziko ztrát můžeme zařadit akvaristický teploměr, oxymetr, testovací kit na dusičnany a dusitany, konduktoměr, pH metr a další. Tyto pomůcky jsou běžně dostupné v akvaristických potřebách a hobby marketech, v modelu je uvedena průměrná cena tohoto příslušenství, vycházející z informací od Chalupianského (2020).

Mezi nezbytné pomůcky řadíme nářadí farmy, jako například kesery, saky, nářadí na čištění nádrží a další.

5.1.5 Režie

Objem vody v modelu se přepočítává na základě počtu chovných nádrží, stojanů v hydroponické části a objemu vody obsažené ve filtraci a v potrubí. Zároveň objem spotřebované vody odráží odpar ze systému a vodu, která je obsažena ve vytěženém kalu.

Spotřeba elektřiny zahrnuje výkon potřebný pro osvětlení, pohon čerpadel i vzduchování. Všechny informace o spotřebě elektřiny model dopočítává dle parametrů jednotlivých spotřebičů.

Krmivo pro ryby a výživa pro rostliny odráží biologický výpočet na zarybnění nádrží a jejich krmnou dávku ryb a počet vysazených rostlin. Násada ryb se vypočítává podle druhu ryby a doby jejího růstu do prodejní velikosti dle produkčních výsledků Kouřila et al. (2012). Předklíčená sadba vychází z počtu rostlin v systému a jejich doby růstu (Rakocy et al. 2006).

Počet pracovníků je zvolen dle pozorování na farmách v praxi a odráží velikost farmy. Každá farma se neobejde bez řadových zaměstnanců a vyšších manažerských pozic. Pro zjednodušení modelu se na farmě nezohledňuje pozice oddělení marketingu, ostražky, závozníka a dalších.

5.2 Biologický popis

5.2.1 Kalkulace obsádky, objemu chovných nádrží a krmení

Celkové množství ryb v systému nazýváme obsádkou, podle objemu vody a množství ryb pak určujeme její hustotu. Tento parametr je jiný u každého druhu ryby a její velikosti. Celkový počet nasazených ryb vypočítáváme zpětně z požadované hustoty zarybnění na konci cyklu. Při známé požadované tržní velikosti je možné dopočítat potřebné množství nasazených ryb na začátku cyklu a připočítat k nim úmrtnost. Z celkové biomasy lze dopočítat množství spotřebovaného krmiva, krmné dávky i obsah živin ve vodě.

Model odráží doporučenou finální hustotu rybí obsádky a běžně dosahované produkční výsledky u jednotlivých druhů ryb vhodných do recirkulačních systémů dle Kouřila et al. (2012). Pro tento konkrétní výpočet byl zvolen keříčkovec červenolemý o obsádce 400 kg.m⁻³. Tabulka č. 5 ukazuje ostatní možné varianty chovu ryb v akvaponii. Pro výpočet obsádky, mortality či tržní velikosti sloužila tabulka č. 6.

Tabulka 3 Produkční výsledky v tabulce indikují hodnoty pro odchov tržních ryb (počítají s násadou 10–20 g jako vstupním materiálem). ¹Kouřil et al. (2008); ²DeLong et al. (2009); ³Kouřil et al. (2012); ⁴FAO (2017); ⁵Polícar et al. (2015) a Toner (2015).

Druh ryby	Biomasa (kg.m ⁻³)	FCR (krmný koeficient)	Přežití (%)	Tržní velikost (g)	Doba růstu (měsíc)
Pstruh duhový ¹	70–90	0,9–1,1	90	250–300	5–7
Tlamoun nilský ²	60–120	1,4–1,8	75–90	300–1000	4–6
Keříčkovec červenolemý ³	250–400	0,8–1,2	80–95	800 a více	6–8
Candát obecný ⁴	30–80	1–1,3	50–80	500 a více	12–15
Okoun říční ⁵	30–70	1,2–1,4	85–95	150–500	12–14

Tabulka 4 Pomocná tabulka pro výpočet rybí obsádky (Vlastní zpracování 2023)

Ryby - Keříčkovec červenolemý					
položka	jednotka	počet			
objem vody	m ³	221,12			
ideální obsádka	kg*m ³	250			
přežití	%	80			
tržní velikost	kg	0,8			
doba růstu	měs	8			
krmný koeficient	%	1			
			za rok	cena za kg	Celk. cena za rok
krmení	kg	55280	82920	37	3068040
násada	ks	86375	129562,5		

Do hydroponické části bylo předpokládáno vysazení listové zeleniny, konkrétně salátu, do každé pěstební pozice. Počet pěstebních pozic v jednom raftu vychází z praktického pozorování na jedné z akvaponických farem. Listová zelenina byla zvolena z důvodu nízkých nároků na

pěstování. Ta potřebuje přísun světla, živiny, zejména dusík, a pravidelné zavlažování. Výhodou nasazení listové zeleniny je to, že rychle roste a dokáže se přizpůsobit podmínkám. V tabulce č. 7 jsou uvedené hodnoty pro růst rostlin. Tato tabulka byla podkladem pro výpočet biologické části. Pro mezivýpočty množství vyprodukovaných rostlin sloužila tabulka č. 8.

Tabulka 5 Optimální podmínky pro rostliny, doba růstu a doporučená technika (Somerville et al. 2014; Mráz 2018)

	Bazalka	Salát	Okurka	Paprika	Rajče
pH	5,5–6,5	6–7	5,5–6,5	5,5–6,5	5,5–6,5
Hustota (rostlin.m ⁻²)	8–40	20–25	2–5	3–4	3–5
Teplota (°C)	20–25	15–22	22–28	22–30	22–26
Doporučená technika	MBS, NFT, RAFT	MBS, NFT, RAFT	MBS, DI, RAFT	MBS, DI	MBS, RAFT, DI, NFT
Doba růstu (dny)	24–35 do sklizně	24–32 do sklizně	55–65 do plodů	60–95 do plodů	50–70 do plodů

MBS – media based system; NFT – nutrient film technique; DWC – deep water culture; DI – drip irrigation.

Tabulka 6 Výpočet vyprodukovaných rostlin (Vlastní zpracování 2023)

Rostliny			
	jednotka	počet	počet vyprodukovaných salátů za rok
počet pěstebních pozic	ks	53760	392448
přežití	%	80	
dobu růstu	dny	50	
			počet sazenic ročně
sadba	ks	67200	490560

Pro zjednodušení modelu do něj nebylo zahrnuto výpočet množství živin či riziko vysoké mortality v závislosti na možném výskytu nemocí ryb.

Pro získání konkrétních hodnot z modelu byly stanoveny 2 parametry. Prvním parametrem byla velikost farmy dle počtu chovných nádrží. Druhým parametrem byla výše produkce, která byla rozdělena na optimistický a pesimistický odhad.

V optimistickém odhadu odrážejícím výši produkce byla odhadována obsádka keříčkovce červenolemého 400 kg/m⁻³, přežití jedinců 95 %, tržní velikost jednotlivých ryb 1,2 kg, doba růstu 7 měsíců a krmný koeficient byl stanoven na 1,2. U produkce listové zeleniny bylo předpokládáno se 100% přežitím rostlin a doba růstu do prodejní velikosti byla 30 dní.

V pesimistickém odhadu, který odrážel výši produkce byla odhadována obsádka keříčkovce červenolemého 250 kg/m^{-3} , přežití jedinců 80 %, tržní velikost byla stanovena na 800 g, doba růstu na 8 měsíců a krmný koeficient na 1. U listové zeleniny bylo předpokládáno s 80% přežitím a doba růstu zvýšena na 50 dní. Tato informace vychází z praktického pozorování na jedné z navštívených akvaponických farem.

5.3 Ekonomický popis modelu

Ekonomická část modelu uvedeného v příloze I akvaponického systému vychází z předchozích dvou částí, kterými jsou technologická část a biologická část. Technologickou část z ekonomického hlediska dělíme na investiční náklady a provozní náklady. Do investičních nákladů spadají stavební části farmy např. chovné nádrže, potrubí, filtrace, osvětlení, čerpadla a hydroponická část. V těchto nákladech se zároveň promítá jejich životnost/opotřebování. Druhou částí nákladů jsou provozní náklady, které se skládají z násady ryb, sazenic, krmení, hnojiv, elektřiny, vody a zaměstnanců.

Ceny investičních a provozních nákladů jsou uvedeny bez DPH a vychází ze zdrojů uvedených vždy u konkrétních položek. Ceny jednotlivých vstupů z technologické a biologické části jsou určeny dle aktuálních dohledatelných cen na trhu viz příloha I.

Pro zjednodušení výpočtu se do modelu nepromítají změny cen v případě odběru většího množství či cena a vzdálenost dopravy.

Cílem modelu ekonomických faktorů je výstup v podobě vypočítaného odhadu ceny ryb a rostlinných produktů. Tato cena je stanovena na základě poměru nákladů a marže. Není do ní tak promítnuto aktuální dění na trhu.

6 Výsledky

Pro hrubé zhodnocení výsledků byly stanoveny 2 základní faktory udávající finální cenu produktů. Prvním parametrem bylo ovlivňování technické části farmy, konkrétně její velikosti. Druhým z parametrů, které působily na finální cenu, byla míra produkce biologické části modelu, který se nachází v příloze I.

6.1 Posouzení finální ceny produktů malé farmy s optimistickým výhledem

V základních výpočtech pro velikost farmy bylo počítáno s 10 chovnými nádržemi na ryby a 4 stojany pro rostliny. Počet čerpadel na vodu byl 2, dále 2 ks vzduchovacích kompresorů a jeden 1 ks filtrace. Počet pracovníků byl stanoven na 2 řadové a 1 manažerskou pozici. Celková teoretická produkce za rok tak při optimistických výpočtech s ideálním krmným koeficientem a dalšími ukazateli dosahuje výsledku 6 634 kusů (o celkové hmotnosti 7 961 kg) keříčkovce červenolemého a 40 880 kusů listové zeleniny. Při propočítání všech nákladů vychází cena 1 kg vyprodukované ryby bez marže na 174 Kč. Cena 1 ks listové zeleniny na cca 34 Kč.

6.2 Posouzení finální ceny produktů velké farmy s optimistickým výhledem

Pokud budeme uvažovat nad větší farmou o násobně větším počtu nádrží (tedy 160 nádrží) a zároveň násobně větším počtu stojanů na rostliny (64 stojanů) a odpovídajícím počtu čerpadel na vodu (32), vzduchových kompresorů (32), filtrace (16) a pracovníků (8+1), dosáhneme následujících výsledků: Celková teoretická produkce za rok tak při optimistických výpočtech s ideálním krmným koeficientem a dalšími ukazateli dosahuje výsledku 106 138 kusů (o celkové hmotnosti 127 366 kg) keříčkovce červenolemého a 654 080 kusů listové zeleniny. Při propočítání všech nákladů vychází cena 1 kg vyprodukované ryby bez marže na 95 Kč. Cena 1 ks listové zeleniny na cca 19 Kč.

6.3 Posouzení finální ceny produktů malé farmy s pesimistickým výhledem

Při velikost farmy bylo počítáno s 10 chovnými nádržemi na ryby a 4 stojany pro rostliny. Počet čerpadel na vodu byl 2, dále 2 ks vzduchovacích kompresorů a jeden 1 ks filtrace. Počet pracovníků byl stanoven na 2 řadové a 1 manažerskou pozici. Malá farma v pesimistickém výhledu dosahuje teoretických výsledků, kde je cena ryby 600 Kč/kg a cena listové zeleniny 54 Kč/ks. Změněnými veličinami oproti optimistické variantě byla obsádka ryb snížena na 250 kg/m⁻³, doba růstu změněna z 6 měsíců na 8 měsíců, mortalita se zvýšila o 15 % a krmný

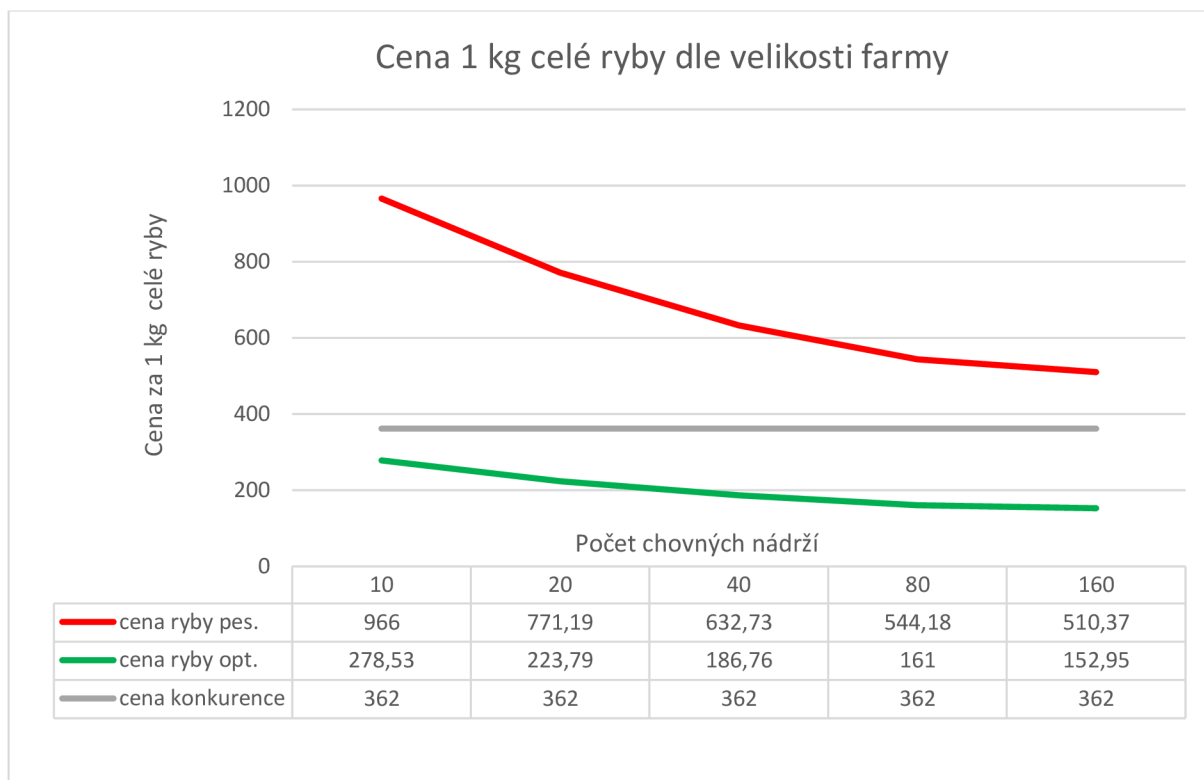
koeficient byl snížen na 0,8. V rostlinné části se přežití rostlin snížilo ze 100 % na 80 % a doba růstu se ze 30 dní zvýšila na 50.

6.4 Posouzení finální ceny produktů velké farmy s pesimistickým výhledem

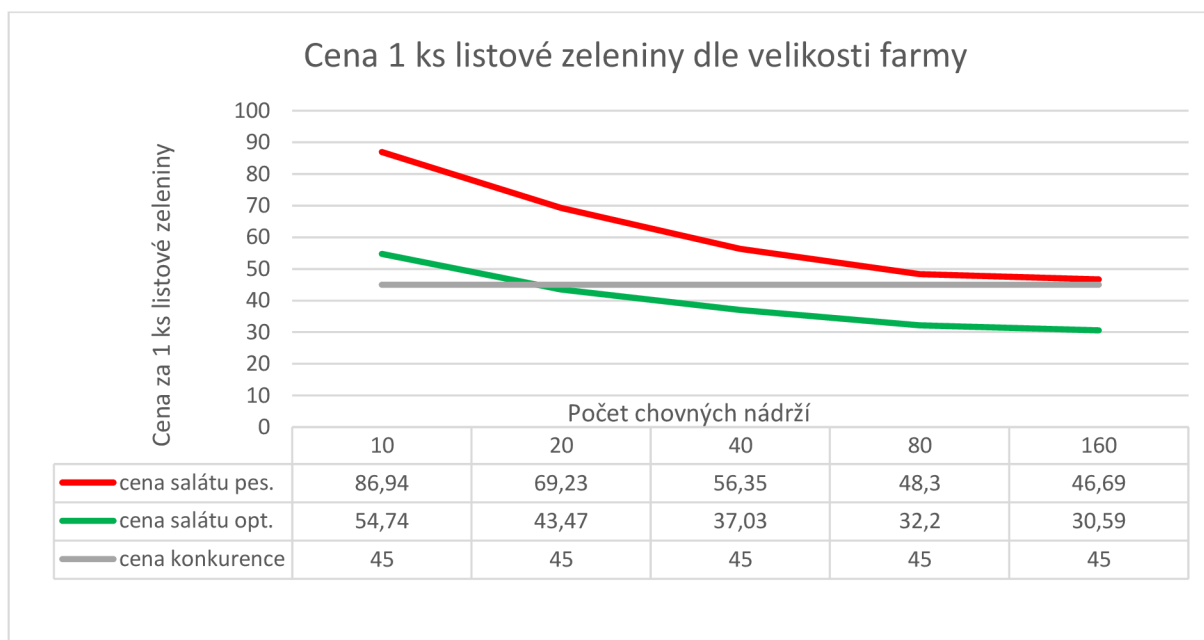
V pesimistickém výhledu velké farmy se 160 nádržemi, 64 stojany na rostliny, 32 čerpadly, 32 kompresory, 16 filtracemi a celkem 9 pracovníky je dosahováno následujících výsledků: produkce ryb dosáhne počtu 44 224 kusů (o celkové hmotnosti 35 379 kg) a produkce listové zeleniny dosáhne počtu 392 448 kusů. Prodejní cena bez marže tak vychází na 317 Kč/kg ryby a 29 Kč/ks listové zeleniny. Při stejných biologických parametrech, které byly stanoveny u malé farmy s pesimistickým výhledem.

Všechny výše uvedené ceny nezahrnovaly DPH. Pro následující znázornění v grafu č. 4 a č. 5 bylo již počítáno s výší marže 40 % a 15% sazbou DPH z důvodu, aby byly ceny snáze porovnatelné s konkurencí.

Konkurenční cena produktů akvaponické farmy v grafu č. 3 a č. 4 byla stanovena na základě aktuální ceny stejného produktu u prodejce Rybí zahrada, kde se prodává tato ryba za 362 Kč/kg a kus salátu za 45 Kč. (dostupné online: <https://www.rybizahrada.cz/cela-ryba-sumecek-africky>). U stejných produktů produkovaných jiným způsobem, než akvaponickým se v maloobchodních prodejnách pohybuje cena salátu na 29,9 Kč/ks (dostupné online: <https://nakup.itesco.cz/groceries/cs-CZ/shop/ovoce-a-zelenina/salaty/all>) a ryby 135 Kč/kg (dostupné online: <https://www.mzanyas.cz/zivocisna-vyroba/sumecek-africky>). U všech porovnávaných prodejců se jednalo o celou rybu sumečka afrického a celého nezpracovaného hlávkového salátu.



Graf 4 Cena 1 kg celé ryby dle velikosti farmy (Vlastní zpracování 2023)



Graf 5 Cena 1 ks listové zeleniny dle velikosti farmy (Vlastní zpracování 2023)

6.5 Posouzení výsledků z pozorování online a mediálního prostředí

Většina pozorovaných článků za pozorované období bylo pozitivního charakteru. U článků je zřejmá placená propagace ze strany jednotlivých akvaponických farem. Příkladem je článek o návštěvě premiéra Petra Fialy akvaponické farmy v Heršpicích

(dostupné online: <https://www.nase-voda.cz/premier-fiala-navstivil-aquaponickou-farmu-v-herspicich>). Článek byl zveřejněn na webu nase-voda.cz dne 15. června 2022. Další příklad pozitivně vykresleného pohledu na akvaponické farmy je článek uveřejněný na webu priprav.brno.cz s názvem Aquaponie z Brna – Future Farming zastupuje město na expu chytrých měst v Budapešti uveřejněn 19. května 2022 (dostupné online: <https://priprav.brno.cz/aktuality/aquaponie-z-brna-future-farming-zastupuje-mesto-na-expu-chytrych-mest-v-budapesti>).

Naopak negativních článků se za dobu výzkumu vyskytlo jen malé množství. Tyto články se nezabývají samotnou funkčností akvaponické farmy, ale praktik jednotlivých provozovatelů či firem zabývajících se výstavbou. Příkladem je článek z webu farmaprovsechny.cz, ve kterém se píše následující vyjádření na adresu jednoho právního subjektu zabývajícím se se stavbou akvaponických farem „Tyto stránky byly postupem času provozovány různými právními subjekty, které se snažili o výstavbu vertikálních farem, kdy tyto pokusy končily nevalně. V ČR je mnoho subjektů, kteří s původním vlastníkem této domény přišli o peníze.“

Dalším příkladem článku vykreslujícím stavitele akvaponických farem v negativním světle je následující článek, který byl zveřejněn 11. dubna 2023 na webu seznamzpravy.cz. V tomto článku s názvem „Chtěli zeleninu živenou z rybích výkalů. Teď jim ČNB přivřela přísun peněz“ je poukázáno na netransparentnost, jak nakládání s penězi uvnitř akvaponické farmy, tak způsobem hospodaření. Článkem je tak nastíněno, že tato farma není důvěryhodná (dostupné online: https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-firmy-chteli-zeleninu-zivenou-z-rybich-vykalu-ted-jim-cnb-zavrela-prisun-penez-229207#dop_ab_variant=0&dop_source_zone_name=zpravy.sznhp.box&source=hp&seq_no=1&utm_campaign=&utm_medium=z-boxiku&utm_source=www.seznam.cz).

6.6 Výsledky praktického pozorování

Praktické pozorování jednotlivých akvaponických farem mimo online prostor mělo za cíl ověření proklamovaných informací na webových stránkách jednotlivých provozů. Z důvodu rychle se měnícího působení firem na českém akvaponickém trhu se jistě proklamované informace o provozech lišily s realitou.

Konkrétně bylo zjištěno:

- u 2 akvaponických farem ani nezačala stavba systému i přes rozdílné informace na webových stránkách
- 2 farmy byly plně v provozu v souladu s proklamovanými informacemi
- u 3 provozovatelů částečné či úplné postavení systému mimo provoz i přes rozdílné informace na webových stránkách

Nejčastěji se opakující klamavou informací byla výrazně rozdílná hodnota produkce uváděná na webu oproti reálnému provozu.

7 Diskuze

Na základě informací získaných z vědeckých publikací, veřejně dostupných dat, i konkrétních pozorování v praxi na farmách, je možné začít uvažovat o pohledu na akvaponický systém jako na technologii budoucnosti, která je zatím zatížena mnohými otázkami. Ceny samotných konstrukcí farem se výrazně liší dle zvolených typů systémů, a i v případě optimistických pohledů na nákupy materiálu a stavby jsou vstupní náklady vysoké v porovnání s rizikem samotného chovu.

Při porovnání cen vyprodukovaných ryb a listové zeleniny z teoretického modelu s cenami, za které prodává stejné produkty konkurence, je viditelný cenový rozdíl. Pokud je model využit na zjištění přibližné ceny produktů při pesimistickém pohledu, tedy případ, kdy dosahuje mortalita ryb a další ukazatele běžných hodnot, není model schopen konkurovat ostatním farmám na českém trhu. Pokud by model posuzoval velice optimistické parametry na produkci a mortalita ryb i rostlin byla naprosto minimální, výsledná cena by mohla konkurovat cenám na ostatních českých akvaponických farmách. Tento případ však nastane vždy pouze při výstavbě velkých farem, u kterých se eliminuje cena investice v porovnání s plánovanou produkcí.

Tím, že není do modelu zahrnuta cena dopravy, výstavby, vytápění ani nájmu z důvodů velice rozdílných informací, není tak možné dopočítat marži obchodníka či rezervu na pokrytí možných ztrát. Pokud se tedy promítne do úvah o porovnání cen modelu a konkurenčních farem, je jen těžko uvěřitelná cena, za kterou se produkty na českém trhu prodávají tak, aby nebyly považovány za dumpingové.

Druhou částí úvah je bezpochyby odbyt vyprodukovaných akvaponických produktů, jejichž cena je vyšší, než je cena obdobných potravin z jiné produkce než akvaponické.

7.1 Vznik fenoménu akvaponie v ČR

Dle Tůmové (2020) se akvaponie v českých médiích poprvé objevila v roce 2009. Po sledovanou dobu jejího výzkumu se publikované materiály vyskytovaly spíše ojediněle a většinou proklamovaly na nějakou budoucí stavbu akvaponické farmy.

V současné době je situace na českém trhu podobná (viz kapitola č. 7.1.1. o aktuálním dění na českém akvaponickém trhu) a stále je akvaponie pozitivně vykreslována jako harmonické

soužití ryb a rostlin. Současný postoj firem na českém trhu je v souladu s výsledky Turnsek et al. (2020), kteří uvedli umístění pojmu „akvaponics“ na hladinu deziluze na křivce hype cycle. To se projevilo především vyskytnutím prvních nezávislých článků v médiích, které nevykreslují jednotlivce na akvaponickém trhu pouze v pozitivním světle, ale poukazují i na problémy ve financování těchto staveb či nefunkčnost proklamovaných produkčních.

7.2 Aktuální dění na českém akvaponickém trhu

Při praktickém pozorování na českém trhu akvaponických farem byla velkou překážkou výzkumu samotná konkurenční nevráživost sahající do historie výstavby farem v ČR. Jednotlivé faremní chovy tak nejsou příliš otevřené ke sdílení know-how i sebemenších detailů a dochází tím, až k bizarním situacím, kdy nejsou schopny farmy obhájit své prezentované informace.

Marketingová komunikace některých akvaponických farem tedy propaguje nesplnitelné cíle a jejich proklamovaná produkce je nereálně vysoká. Cílem této komunikace je tedy spíše vyvolání rozruchu a přitáhnutí pozornosti než snaha o dokázání výsledků svým investorům i zákazníkům. Tato práce tak potvrzuje výzkum Tůmové (2020), která popsala český akvaponický trh následovně „Nevelký, ale rostoucí zájem médií a nekriticky pozitivní obraz vytvářejí neproduktivní "průmysl" a podvodné praktiky.“

Jen málo podniků (pokud takové vůbec existují) prokázalo své udržitelné ekonomické výsledky i přes to, že mnozí zastánci uvádí možnost vytvoření takových farem. Obecně tak lze říci, že většina takových systémů postrádá jakékoliv vědecké i metodické opodstatnění svých tvrzení (Colt 2022). Uvedené informace naznačují, že by se do budoucna mohla akvaponická technologie ubírat několika směry. Nadále se snažit o zvýšení produkce a snižováním nákladů pomocí vylepšování technologie či se snažit o navýšení ceny produktů na základě označení akvaponického produktu a získat si tu část spotřebitelů, která je ochotna platit vyšší cenu.

8 Závěr

Sledování českých akvaponických farem v online prostoru ať už na jejich stránkách či v médiích potvrdilo předchozí výzkumy o přehnaně pozitivním vykreslení jejich produkce. Praktickým pozorováním pak byl zjištěn reálný stav těchto farem, který se většině případů neshodoval s proklamovanými tvrzeními samotných provozovatelů. Nejčastějším rozdílem reálného prostředí oproti tomu virtuálnímu byla pozastavená, snížená či vůbec nefungující produkce i přes opačné údaje na webech jednotlivých farem.

Virtuálním modelem akvaponické farmy bylo poukázáno na cenu výsledných produktů ryb a listové zeleniny. Hodnoty modelu vycházely z reálných zkušeností majitelů akvaponických farem či cen běžně dostupných materiálů. Výsledná cena produktů z modelu dosahovala konkurenceschopné ceny pouze za předpokladu velice pozitivního výhledu na produkci samotné farmy. V porovnání ceny položek z modelu s cenami běžných obdobných produktů, které jsou k dostání na pultech obchodů, je cena výrazně vyšší.

Na základě pozorování akvaponie v porovnání s Gartners Hype Cycle je možné předpokládat úpadek pozitivního vnímání v očích veřejnosti. Do budoucna by se však mohla technologie těchto farem usadit na trhu s potravinami a najít si své místo především v sektoru dražších a luxusnějších potravin se známým původem.

9 Literatura

Adil M., Jeong B. R. 2018. In vitro cultivation of *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Industrial Crops and Products*, 122:239–251. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2018.05.076>

Backyard aquaponics. 2012. What is aquaponics? [online]. [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.backyardaquaponics.com/guide-to-aquaponics/what-is-aquaponics/>

Baganz, Gösta FM, et al. 2022. The aquaponic principle—It is all about coupling. *Reviews in Aquaculture* 14.1: 252-264.

Bohl M. 1977. Some initial aquaculture experiments in recirculating water systems. *Aquaculture*, 11.4: 323-328.

Brook, R., 2015. The 3 Aquaponics Grow Bed Zones. [online]. [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://homeaquaponicssystem.com/basics/the-3-aquaponics-grow-bed-zones/>

Buehler D.; Junge, R. 2016. Global trends and current status of commercial urban rooftop farming. *Sustainability* 8:1108.

Ceskeregaly.cz: paletové regály [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.ceskeregaly.cz/regaly/cz/paletove-regaly>

Cift, 2009. Alternative Ag Ventures - Aquaponics. [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: www.scribd.com/doc/189477071/Small-Articles-and-Information-Aquaponics

Collins, M. T., et al. 1975. Nitrification in an aquatic recirculating system. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 32.11: 2025-2031.

Colt J., et al. 2022. Engineering design of aquaponics systems. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 30.1: 33-80.

Dek.cz: tepelné izolace [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/detail/1420360120-xps-fibran-300-l-30mm-10-5m2-bal>

DeLong, D., Losordo, T.M., Rakocy, J.E., 2009. Tank Culture of Tilapia. SRAC Publication No. 282.

Diver, S., Rinehart, L. 2010. Aquaponics — Integration of Hydroponics with Aquaculture. National Sustainable Agriculture Information Service. Attra 54:1 - 28.

Dolejší A. 1987. Zelenina na zahrádce. 5., nezměn. vyd. Státní zemědělské nakladatelství. Praha.

Donaldson, G., 2017. Urban Aquaponics Manual. [online]. [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://garydonaldson.net/category/aquaponics/>

Edwards P. 2000. Aquaculture, poverty impacts and livelihoods.. Natural Resource Perspectives 56: 1-4

FAO, 2017. [online]. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sander_lucioperca/en

FAO. 2021 Term Portal. [online]. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: www.fao.org/faoterm/en/

Gericke, W. F., et al. 1940. The complete guide to soilless gardening.

Go Green Aquaponics. 2022. What is the Nutrient Film Technique (NFT) in Aquaponics?. Go Green Aquaponics [online]. 2022 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://gogreenaquaponics.com/blogs/news/nutrient-film-technique-in-aquaponics>

Go Green Aquaponics. 2022. What is the Raft System of Aquaponics?. Go Green Aquaponics [online]. 2022 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: https://gogreenaquaponics.com/blogs/news/what-is-a-raft-based-aquaponics-system?_pos=2&_sid=5a143947c&_ss=r

Graber A., et al. 2014. The multifunctional aquaponic system at ZHAW used as research and training lab. In: 3rd Conference VIVUS, Conference on Agriculture, Environmentalism, Horticulture, Floristics, Food Production and Processing, Strahinj, Slovenia, Biotehniški center Naklo.

Growcity.cz: hydroponie [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.growcity.cz/produkty/nahradni-hydroponicke-kosicky-pro-amazon-116-132-a-pro-vsechny-aeroponni-rizkovnice>

Helfrich L. A. 1991. LIBEY, George S. Fish farming in recirculating aquaculture systems (RAS). Virginia Cooperative Extension.

Higarden: Led pěstební osvětlení [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z:
<https://www.higarden.cz/led-osvetleni/>

Chalupianský P. 2020. Optimalizace výrobního procesu pomocí automatického monitorování provozu. Master's Thesis. České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum.

Chen, S., et al., 1993. Production characteristics and modelling of aquaculture sludge from a recirculating aquaculture system using a granular media biofilter. In: Wang, J.K. (Ed.), Techniques for Modern Aquaculture. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 16 – 25 p.

Chromý H. 2023. Aerátor. Služby rybářství. [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z:
https://www.aquaculture.cz/aeratory-a-rozmrazovace/injektor-eco-30-1-min/?fbclid=IwAR02-n-b7VW9ANg50l-tnw8EGzsJfgfI8UHMbjAflsjRgP-C_0GD7r7idPo.

Jones Jr, J.B., 2016. Hydroponics: a practical guide for the soilless grower. CRC press.

Jones S. 2002. Evolution of aquaponics. Aquaponics J, Aquaponics Journal. 6.1.

Junge R. Graber A. 2014. The potential of aquaponics for food production in the cities of the future..

Junge R., et al. 2017. Strategic points in aquaponics. Water, 9:1-3.
<https://doi.org/10.3390/w9030182>

Kliková G. a Pavelková Z. 2007. Pěstujeme bylinky. 2., rozš. vyd.: Grada, Česká zahrada. Praha. ISBN 978-80-247-1902-9.

Komendová J. 2011. Vliv teploty, velikosti a nakrmenosti ryb na spotřebu kyslíku a exkreci amoniaku u keříčkovce červenolemého. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Fakulta rybářství a ochrany vod. České Budějovice.

Kouřil J., Drozd B., Prokešová M., Stejskal V. 2012. Intenzivní chov keříčkovce jihoafrického – sumečka afrického (*Clarias gariepinus*). Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 138, 60 s.

Kouřil J., Hamáčková, J., Stejskal V., 2008. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany.

Kouřil J., Mareš J., Pokorný J., Adámek Z., Randák T., Kolářová J., Palíková M. 2008. Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů. Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 141 s.

Lang Š., et al. 2013. Biofiltry v recirkulačních systémech. In: Mareš, J., Lang, Š. (eds.). „Zkušenosti s chovem ryb v recirkulačním systému dánského typu“ - sborník příspěvků. Mendelova univerzita. Brno. ISBN: 978-80-7375-919-3. 52 – 58 s.

Lennard W. 2005. Aquaponic integration of Murray Cod (*Maccullochella peelii peelii*) aquaculture and lettuce (*Lactuca sativa*) hydroponics.. PhD Thesis. RMIT University.

Lennard W. 2017. Commercial Aquaponics Systems: Integrating Recirculating Fish Culture with Hydroponic Plant Production; Wilson Lennard: Melbourne, VIC, Australia; ISBN:11642048372.

Linden A.; Fenn J. 2003. Understanding Gartner's hype cycles. Strategic Analysis Report N° R-20-1971. Gartner, Inc, 88: 1423.

Love D. C., et al. 2014. An international survey of aquaponics practitioners. PloS one, 9.7: e102662.

Making sense of things, 2011. Aquaponics in palestine. [online]. [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: makingsenseofthings.info/2011/11/aquaponics-in-palestine

Maucieri C., Forchino A., Nicoletto C., Junge R., Pastres R., Sambo P., Borin M. 2017. Life cycle assessment of a micro aquaponic system built using recovered material and usable for education purposes. J. Clean. Prod.

Maucieri, Carmelo, et al. 2017. Vegetable intercropping in a small-scale aquaponic system. Agronomy, 7.4: 63.

- Meade J. W. 2012. Aquaculture management. Springer Science & Business Media. ISBN 9781461564706.
- Mehra P. M., et al. 2018. IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks. Computers and electronics in agriculture, 155: 473-486.
- Monsees H., Kloas W., Wuertz S. 2017. Decoupled systems on trial: eliminating bottlenecks to improve aquaponic processes. PLoS ONE 12 (9): e0183056.
- Mráz J., Lunda R., Stejskal V. 2018. Konstrukce recirkulačních akvaponického systémů. Mžany: Chov sumečka afrického [online]. [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.mzanyas.cz/zivocisna-vyroba/sumecek-africky/>
- Naše Voda: Premiér Fiala navštívil aquaponickou farmu v Heršpicích [online]. [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/premier-fiala-navstivil-aquaponickou-farmu-v-herspicich/>
- Palm HW, et al. 2018. Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature. Aquac Int. 26(3):813-842. <https://doi.org/10.1007/s10499-018-0249-z>
- Pantanella E., Cardarell M., Colla G., Re, E., Marcucci A., 2012. Aquaponics vs. Hydroponics: Production and Quality of Lettuce Crop, pp. 887-894.
- Pekárková E. 2000. Pěstujeme zeleninu. 2. upr. vyd. Praha: Grada. Česká zahrada. ISBN 80-247-9040-8.
- Peters R. 2023. How to Use Indoor Vertical Garden. Hydrogarden Geek [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://hydrogardengeek.com/indoor-vertical-gardens/>
- Polícar T., et al. 2020. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod.
- Polícar T., Samarin A.M., Mélard C., 2015. Culture Methods of Eurasian Perch During On-growing. In: Kestemont, P., Dabrowski, K., Summerfelt, R.C. (Eds), Biology and Culture of Percid Fishes – Principles and Practices. Springer Netherlands. 417–737.

Profistavba.cz: HT odpadní trubky [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z:
<https://www.profistavba.cz/ht-odpadni-trubky/>

Příprav Brno: Aquaponie z Brna – future farming zastupuje město na expu chytrých měst v Budapešti [online]. [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://priprav.brno.cz/aktuality/aquaponie-z-brna-future-farming-zastupuje-mesto-na-expu-chytrych-mest-v-budapesti/>

Rakocy J. E. 1984. A recirculating system for tilapia culture and vegetable hydroponics. In: Proceedings of the Auburn Symposium on Fisheries and Aquaculture, Auburn University, Auburn AL. 103-114.

Rakocy J. E. 2012 Aquaponics—Integrating. Aquaculture production systems.

Rakocy J.E., Bailey D.S., Shultz C., Thoman E.S., 2004. Update on Tilapia and Vegetable Production in the UVI Aquaponic System. University of the Virgin Islands. [online]. [cit. 2023-01-24]. Dostupné z: <https://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ista6/ista6web/pdf/676.pdf>

Rakocy J.E., Masser M.P., Losordo T.M. 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publication No. 454.

Rakocy J.E., Masser M.P., Losordo T.M. 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publication No. 454.

Rakocy, J. E., et al. 2011. A commercial-scale aquaponic zprávy ezírka r at the University of the Virgin Islands. In Proceedings of the 9th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. 336 – 343.

Rybí zahrada: Sumeček africký – celá ryba [online]. [cit. 2023-04-01]. Dostupné z:
<https://www.rybizahrada.cz/cela-ryba-sumecek-africky/>

Sankhalkar S., Komarpant R., Dessai T. R., Simoes J., Sharma S. 2019. Effects of Soil and Soil-Less Culture on Morphology, Physiology and Biochemical Studies of Vegetable Plants. Current Agriculture Research Journal, 7(2):181–188. <https://doi.org/10.12944/CARJ.7.2.06>

Savidov N.A., Hutchings E., Rakocy J.E., 2007. Fish and plant production in a recirculating aquaponic zprávy: a new approach to sustainable agriculture in Canada. Acta Horticulturae (IHS) 742, 209-221.

Seznam zprávy: Chtěli zeleninu živenou z rybích výkalů. Teď jim ČNB přivřela přísun peněz [online]. [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-firmy-chteli-zeleninu-zivenou-z-rybich-vykalu-ted-jim-cnb-zavrela-prisun-penez-229207#dop_ab_variant=0&dop_source_zone_name=zpravy.sznhp.box&source=hp&seq_no=1&utm_campaign=&utm_medium=z-boxiku&utm_source=www.seznam.cz

Sharma N., Acharya S., Kumar K., Singh N., Chaurasia OP. Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *J Soil Water Conserv* 2018;17:364-371.

Somerville C., Cohen M., Pantanella E., Stankus A., Lovatelli A., 2014. Small-scale aquaponic food production, Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture, Rome, Technical Paper 589, 288 s.

Starfish: čerpadla [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.jezirka-eshop.cz/aquaforte-dm-22000-s-vario/pro2613.html>

Starfish: vzduchování [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.jezirka-eshop.cz/aquaforte-ap-150-membranove-dmychadlo/pro2544.html>

Stickney R., et al. 2001. *Aquaculture: an introductory text.*, Ed. 2. CABI, Wallingford. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0471238961.0117210119.200903.a01.pub2>.

Stickney R., et al. 2009. *Aquaculture: an introductory text.*, Ed. 2. CABI, Wallingford. ISBN: 9781845935894.

Strange, R.J., 2004. Solid waste. *Recirculation Aquaculture*.
<<http://web.utk.edu/~rstrange/wfs556/html-content/10-solids.html>>.

Svobodová Z. et al. 2001. Otrava ryb dusitany v recirkulačních systémech. Sborník referátů z 10. Konference Toxicita a biodegradabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí, České Budějovice. 203-209

Tesco: Tesco – saláty [online]. [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://nakup.itesco.cz/groceries/cs-CZ/shop/ovoce-a-zelenina/salaty/all>

Tezel M., 2009. *Aquaponics Common Sense Guide*. [online]. San Antonio, TX, USA. [online]. [cit. 2023-01-28]. Dostupné z: backyardaquaponics.com/Travis/Aquaponics_Common_Sense_Guide.pdf

Timmons M.B., Summerfelt S.T., Vinci B.J. 1998. Review of circular tank technology and management. *Aquacultural Engineering* 18: 51–69.

Toner D., 2015. The Market for Eurasian Perch. In: Kestemont, P., Dabrowski, K., Summerfelt, R.C. (Eds), *Biology and Culture of Percid Fishes – Principles and Practices*, Springer Netherlands, 865–891.

Tůmová V., Klímová A., Kalous L.. Status quo of commercial aquaponics in Czechia: A misleading public image? *Aquaculture Reports* [online]. 2020, 18 [cit. 2023-9-2]. ISSN 23525134. Dostupné z: doi:10.1016/j.aqrep.2020.100508

Turnsek M., Joly A., Thorarinsdottir R., Junge R. 2020. Challenges of Commercial Aquaponics in Europe: Beyond the Hype. *Water*.12(1):306.
<https://doi.org/10.3390/w12010306>

VagnerPlast: komorové filtrace [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://vagner-plast.cz/komorove-filtrace.html>

Vachta R., Nusl P., Smékal D., Lepič P. a Buřič M. 2015. *Recirkulační systémy v chovech ryb*. 2. vyd. Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, Vodňany.

Van Woensel L. 2015. Ten technologies which could change our lives: Potential impacts and policy implications. EPRS (European Parliament Research Studies).

Villarroel M., Junge R., Komives T., König B., Plaza I., Bittsánszky A., Joly A. 2016. Survey of Aquaponics in Europe. *Water*, 8(10):468. <https://doi.org/10.3390/w8100468>

Von Bieberstein P., et al. 2014. Biomass production and withaferin a synthesis by *Withania somnifera* grown in aeroponics and hydroponics. *HortScience* 49(12):1506–1509.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.12.1506>

Legislativní dokumenty

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004 ze dne 29. dubna 2004 o hygieně potravin

Zákon č. 154/2000 Sb., o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat a o změně některých souvisejících zákonů (plemenářský zákon). Účinnost od 1.1.2001 (ve znění pozdějších předpisů). Sbírka zákonů. Praha.

Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně souvisejících zákonů (veterinární zákon). Účinnost od 28.9.1999 (ve znění pozdějších předpisů). Sbírka zákonů. Praha.

Zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství. Účinnost od 12.11.1997 (ve znění pozdějších předpisů). Sbírka zákonů. Praha.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Účinnost od 28.6.2001 (ve znění pozdějších předpisů). Sbírka zákonů. Praha.

10 Seznam použitých zkratk a symbolů

ČR – Česká republika

RAS – Recirkulační akvaponický systém

11 Samostatné přílohy

Příloha I

Příloha v MS Excel s názvem „Priloha_I_Diplomova_prace_Parys.zip“ je dostupná ke stažení online v odkazu:

<https://ulozto.cz/file/QLGXJfJw1O1E/priloha-i-diplomova-prace-parys-zip#!ZGNmAwr2Z2IxA2SvBJWvMJMvMwp0BHHkGmSnZK4jAyACGQD0Zj==>

