

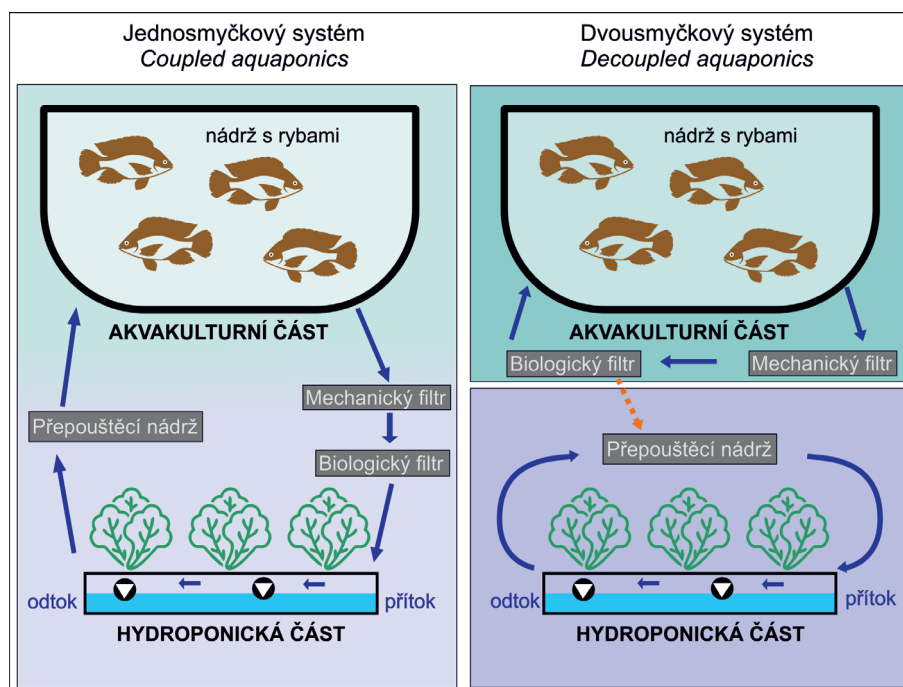
Je akvaponie technologií budoucnosti?

Akvaponie je biotechnologický systém produkce biomasy. Samotný termín akvaponie je složeninou slov akvakultura a hydroponie.

Akvakultura je definována jako chov vodních organismů zahrnující obvykle ryby, měkkýše, korýše i vodní rostliny a hydroponie je definována jako pěstování rostlin bez půdy v živném roztoku. Akvaponie jako produkční systém tedy kombinuje chov vodních organismů, obvykle ryb a terestrických rostlin, obvykle zeleniny nebo aromatických a kořeninových rostlin. Akvaponii lze definovat i jako produkční systém vodních organismů a rostlin, v němž většina (>50 %) dodávaných živin pro optimální růst rostlin pochází z krmiva vodních organismů. Současné tzv. jednosmyčkové akvaponické

systémy mají obecně podobu recirkulačních akvakulturních systémů (RAS). V rámci těchto systémů jsou odpadní látky produkované vodními organismy a zbytky krmiva postupně filtrovány přes mechanický filtr a následně přes nádrž(e) s nosným médiem a přirozeně se vyskytujícími mikroorganismy, takzvaný biofiltr. V provzdušňovaném biofiltru mikroorganismy rozkládají organické sloučeniny a zpřístupňují živiny rostlinám. Hlavním procesem je přeměna amoniaku (NH_3) na dusičnany (NO_3) prostřednictvím nitrifikačních bakterií. Voda s obsahem živin se dostává z biofiltru do hydroponické části systému, kde jsou živiny využívány rostlinami. Voda zbavená dusíkatých a dalších látek se vrací zpět do nádrží pro chov ryb a celý proces se opakuje. Takto vybudovaný systém s uzavřenou smyčkou si v posledních letech získal značnou pozornost, protože v ideové rovině napodobuje základní cirkulární procesy v přírodě. Navíc princip akvaponie řeší několik zásadních problémů, které se objevují v konvenčním zemědělství:

1) minimalizuje spotřebu vody, 2) snižuje množství syntetických hnojiv, 3) eliminuje možnost používání pesticidů nebo antibiotik, 4) je nezávislý na půdě, 5) minimalizuje



Obr. 1 – Schematický náčrt jednosmyčkového a dvousmyčkového akvaponického systému. Zatímco jednosmyčkový systém není technologicky funkční pro ekonomicky smyslupnou produkci ryb a zeleniny. Dvousmyčkový systém je pravděpodobnějším řešením do budoucna

produkcí odpadu z chovu ryb, 6) efektivněji využívá plochu pro produkci potravin.

Udržitelná forma zemědělství

Ačkoli chybí jednoznačné kvantifikovatelné vědecké údaje, které by potvrzovaly některé z výše uvedených skutečností, samotná myšlenka akvaponie umožnila, aby byla některými autory vědeckých článků označena za jednu z neudržitelnějších forem zemědělství. Argumenty jsou bezesporu silné, uvážíme-li, že jen v Evropě zemědělství využívá téměř 40 % veškeré lidské roční spotřeby sladké vody a v některých aridních oblastech je to mnohem více. Vzhledem k tomu, že akvaponický systém je určitou formou RAS, v němž rostliny spotřebovávají živiny a tím odstraňují z vody pro ryby nebezpečné koncentrace látek, nedochází k častým výměnám vody a významně se tím šetří její spotřeba. Již samotné systémy RAS spotřebují o mnoho méně vody než konvenční akvakulturní systémy, jako jsou například průtočné pstruží farmy nebo rybníky.

Biologické principy akvaponického systému

Z akvaponického systému se voda dostává jen ve formě rybích a rostlinných produk-

tů, odpařováním, transpirací rostlin a jako součást odstraňovaného kalu, který lze vysušit a dále využít například jako hnojivo. Standardní hydroponické systémy vyžadují kompletní přísun živin. Akvaponie ze své definice využívá nejméně 50 % živin, původně poskytovaných prostřednictvím krmiva pro ryby, jako hnojivo pro rostliny. Snižuje tak potřebné množství hnojiva oproti hydroponii nejméně o polovinu. Snižování používání hnojiv v zemědělství má podstatný dopad, uvážíme-li, že výroba syntetických dusíkatých hnojiv podle odhadů představuje největší podíl veškeré energetické náročnosti zemědělství. Fosfor pro produkci hnojiv se získává z fosforitů, jejichž rozšíření na Zemi je sporadické a jejich ložiska jsou omezená. Tím, že jsou akvakulturní část a hydroponická část propojené, použití látek škodlivých pro jakoukoliv část akvaponického systému se vylučuje. Jedná se například o insekticidy a fungicidy používané v ochraně rostlin, které jsou jedovaté pro vodní organismy. Antibiotika, která by se využila v chovu ryb, by způsobila narušení mikrobiální aktivity v biofiltru, což by vedlo ke zhoršení kvality vody v systému. Voda v akvaponickém systému cirkuluje a není možné apliko-

vané látky ze systému odstranit jinak než jejich degradací, inkorporací do odnímané biomasy, nebo odstraňovaného kalu. Vzhledem k tomu, že akvaponie využívá hydroponickou složku, a tudíž nevyžaduje půdu, lze ji využít v městských oblastech. Takto lze pomoci zmírnit ztráty v zemědělské produkci způsobené nedostatkem půdy, kdy ztráta půdy je zapříčiněna často právě postupující urbanizací. Přes nesporná ideová pozitiva je zvládnutí zavedení úspěšného akvaponického produkčního systému velmi komplikované. V úvahu se musí brát velká komplexita systému, jehož jednotlivé složky se vzájemně významně ovlivňují a ovlivňují i veškeré probíhající procesy. Výlov ryb a z toho vyplývající snížení krmení vede ke snížení obsahu živin ve vodě, nebo sklizeň zeleniny vede ke snížení odběru živin z cirkulující vody apod.

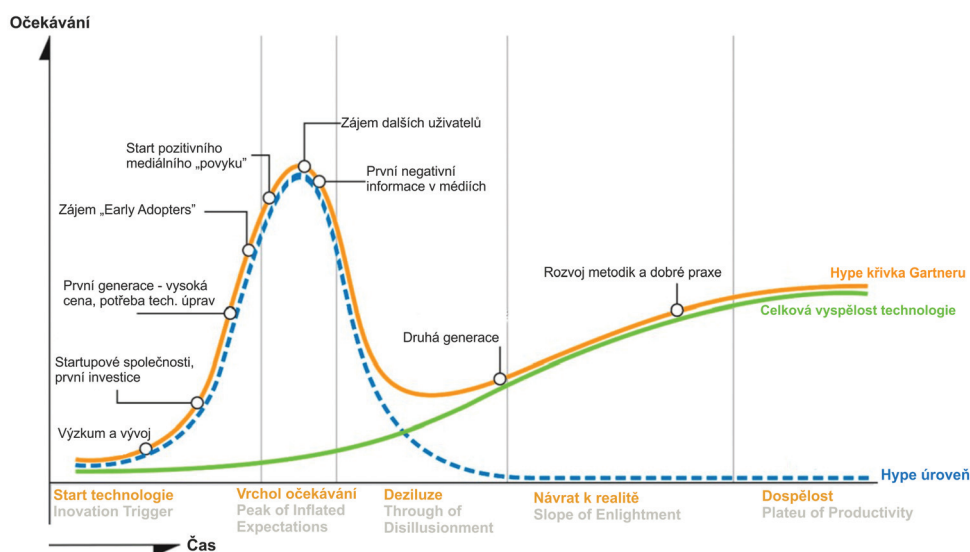
Nároky technologie a konkurenceschopnost

Akvaponie je převážně prezentována jako k přírodě šetrná a profitabilní technologie s odkazem na úsporu vody, hnojiv či ošetřujících přípravků (herbicidů, pesticidů). Na druhou stranu je celý tento technologický produkční systém závislý na neustálém přívodu elektrické energie. V minimální konfiguraci zajišťují čerpadla nepřetržitý oběh vody, pumpy dodávají do vody kyslík, rostlinám i rybám je potřeba svítit, oddělování kalu z RAS vyžaduje samostatná čerpadla a zpravidla je nutná průběžná úprava teploty vody (ohřev i chlazení). Společně se vstupními investicemi na vybudování takového komplexního technologického celku je potřeba brát tyto fixní provozní náklady v úvahu při cenotvorbě finálních produktů. Při záměru výstavby akvaponického provozu je nutné zvážit, zda bude jednotková cena akvaponického produktu na konkrétním dostupném trhu konkurenceschopná.

Podmínky pro úspěšné fungování

V následujících sedmi bodech shrneme zásadní podmínky pro úspěšné fungování akvaponického produkčního systému, například ryby a zelenina. Dlouhodobě je nutné zabezpečit aby:

- 1) byla zajištěna stabilní dodávka elektrické energie,
- 2) měla kvalita vody fyzikální a chemické vlastnosti vhodné zároveň pro chov ryb a pěstování rostlin,



Obr. 2 – Proces přijímání nových technologií na základě „hype“ křivky podle Gartneru (zdroj: Steinert a kol. 2010 a Trunšek a kol. 2020, upraveno autory)

- 3) bylo dosaženo vhodné kombinace chovaných a pěstovaných druhů s ohledem na jejich fyziologické nároky,
- 4) byly kontrolovány živinové vstupy ve formě krmení a hnojení a to ve vztahu k růstu ryb a zabezpečení dostatku živin pro rostliny,
- 5) byla zajištěna stabilita biofiltru ve vztahu k variabilní úrovni zatížení systému živinami v závislosti na měnící se biomase ryb a rostlin,
- 6) byla zabezpečena zoohygiena a prevence proti chorobám a škůdcům,
- 7) byl zajištěn stabilní, časově odpovídající, ekonomicky smysluplný odbyt akvaponické produkce, tedy ryb i rostlin (případně kalu ve formě hnojiva).

První projekty

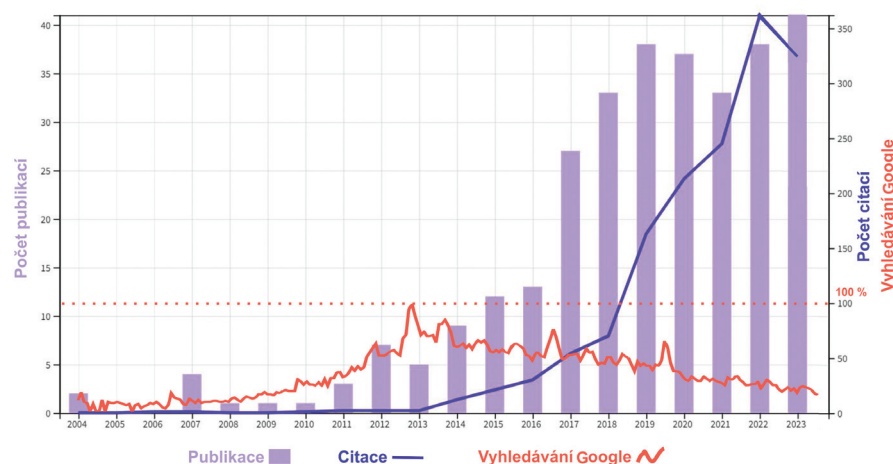
Funkční akvaponické farmy vyžadují sofistikované řízení zahrnující orientaci v oborech, jako jsou chemie, hydrologie, hydrobiologie, mikrobiologie, ekologie, fyziologie a výživa rostlin, výživa a krmení, akvakultura, technologické inženýrství, potravinářství a marketing. Je překvapivé, že přes zřejmou složitost a značnou neprobádanost mnoha aspektů fungování akvaponických systémů se v Česku v minulé dekádě objevily komerční akvaponické projekty, a dokonce produkční akvaponické provozy. Je zřejmé, že tito akvaponičtí pionýři jsou motivováni primárně ideologicky a neuvědomili si, nebo ignorovali, hloubku komplexnosti a komplikovanosti akvaponie. Mohli také uvěřit takzvaným akvaponickým mýtům, které se okolo této technologie vytvořily, jako je neomezená produkce, extrémní ziskovost nebo ekonomická nadřazenost

nad konvenčním zemědělstvím, často živěnými nekritickými informacemi z médií. Jiné komerční subjekty zaštiťující se akvaponií mohly být motivovány pouze získáním finančních prostředků prodejem dluhopisů lákajících na moderní zemědělství budoucnosti. Mýty spojené s ideovou rovinou akvaponie a její cirkularity vlákaly některé investory do naivních o marketing opřených bublin. Bohužel nezdar akvaponických pionýrů a krach pyramidové investiční akvaponické hry bude mít negativní dopad na vnímání akvaponie jako jedné z možných cest zemědělství budoucnosti. Přesto zůstáváme optimističtí a věříme, že akvaponie, podpořená výzkumem, bude v určité modifikaci, například ve dvousmyčkovém systému (viz obrázek 1), úspěšnou technologií produkce ryb a rostlin i na území Česka.

Přijetí inovativní technologie

Ve světle výše zmíněného je zajímavé se podívat na tzv. hype křivku přijetí inovativní technologie, což je teorie představená v roce 1995 konzultační společností Gartner. Teorie tvrdí, že nově vznikající technologie postupuje od nadšení „hype“ přes období rozčarování až po konečné pochopení významu a role technologie na trhu nebo v dané oblasti. Podrobně jsou jednotlivé fáze a průběh uvedeny na obrázku 2. Jednou z možností, jak měřit „hype“, je porovnat poměr obecné popularity tématu s vědeckým prostředím. Lze se například podívat na poměry vyhledávání termínu na internetu a na počty publikací na dané téma ve vědeckých databázích za určitý časový úsek. Tuto analýzu jsme provedli, a její výsledek je v grafické formě prezentován na obrázku 3.

Pro zootechniky



Obr. 3 – Srovnání celosvětového podílu vyhledávání termínu „aquaponics“ na Google a počtu vědeckých publikací a citací nalezených v databázi Web of Science pod termínem „aquaponics“ za období od roku 2004 do roku 2023. Zatímco zájem o akvaponii (hype) vrcholil kolem roku 2013 (100 % v časovém srovnání), počet vědeckých článků teprve v roce 2013 začínal výrazně narůstat, stejně jako počet citací (zdroj: vlastní analýza na Google Trends a Web of Science)



Hydroponická část s rajčaty je napájena vodou obohacenou živinami z vedle stojících plastových nádrží s rybami. Experimentální akvaponický skleník ve výzkumném ústavu Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Berlín

Foto Miloslav Petrtyl



Ukázka technologické komplexnosti akvaponického systému zahrnující soustavy čerpadel, ventilů, provzdušňování a dalších technologických prvků pro oběh a průběžnou úpravu kvality vody. Univerzita Aveiro, Portugalsko

Foto Miloslav Petrtyl

V českém mediálním prostředí se od roku 2009 začaly objevovat informace prezentující nerealistická očekávání, přesně ve shodě s popsanou „hype“ křivkou. V té době bylo k dispozici ještě velmi málo vědeckých poznatků. Strmý nárůst poznání, reprezentovaný počtem vědeckých článků a citací v mezinárodních odborných databázích, možná kulminoval kolem roku 2023, nebo má kulminaci ještě před sebou. Doba, která uplyne mezi publikováním vědeckých poznatků a jejich implementací do praxe, je různá, ale je zřejmé, že alespoň mezera v poznání procesů a fungování akvaponických systémů se rychle zaplňuje. Pokud sledujeme „hype“ křivku na obrázku 2, zdá se, že vývoj akvaponických technologií směřuje k fázi Deziluze, někdy nazývané „koryto rozčarování“. Díky naakumulovaným vědeckým informacím, zřejmým z obrázku 3, lze očekávat v blízké budoucnosti fázi Návratu k realitě, někdy označovanou jako „sklon osvětlení“, která vede až k fázi Dospělosti, kdy se technologie dále rozvíjí, je etablovaná na trhu a přináší užitek. Nicméně, v současnosti nelze odhadnout, jak dlouhou cestu před sebou akvaponie do finální fáze má, tedy jak dlouho bude tento vývoj trvat. Důležitým poznatkem z teorie „hype“ křivky je, že zájemci (podniky, investoři, státní správa) by neměli investovat do technologií jen proto, že se právě objevily, ale také by neměli technologie ignorovat jen proto, že v současné době nesplňují počáteční, přehnaná očekávání. Jednou z důležitých podmínek úspěšné implementace akvaponie bude využití dostupných vědeckých poznatků a úzké napojení praxe na relevantní výzkum. Nezávislé komplexní ex ante hodnocení investičního záměru realizace akvaponického produkčního systému odborníky z renomovaných výzkumných institucí, by mělo být součástí rozhodovacích procesů pro využití investic do akvaponie z veřejných zdrojů. Odpovědi na položenou otázku v názvu našeho článku, jak laskavý čtenář tuší, je ano s jedním ale. Akvaponie je technologií budoucnosti, ale má před sebou ještě dlouhou cestu.

Literatura je k dispozici na vyžádání u autorů.

Prof. Ing. Lukáš Kalous, Ph.D.,
Ing. Tomáš Párys
Ing. Miloslav Petrtyl, Ph.D.,
ČZU v Praze
Kontakt: kalous@af.czu.cz