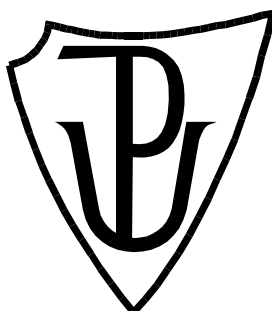


UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra mezinárodních rozvojových a environmentálních studií



Akvaponické čistenia odpadovej vody v rozvojových krajinách

BAKALÁRSKA PRÁCA

Autor: Daniela Štellmachová

Študijný program: B0588A330001 Medzinárodné rozvojové a environmenálne štúdiá

Studijní obor: Medzinárodné rozvojové a environmenálne štúdiá

Forma studia: Prezenční

Vedoucí práce: Nováček Pavel, doc. RNDr. CSc.

Rok: 2023

Abstrakt

V posledných rokoch vyvoláva vodné hospodárstvo obavy. Celosvetovo až 80% odpadových vôd prúdi späť do ekosystému, bez toho aby boli čistené alebo opätovne použité. Jedným z riešení tohoto problému sú akvaponické čističky odpadovej vody. Jedná sa najmä o ľudský odpad, ktorý sa v pomeroch, ktoré nespôsobujú toxicitu pumpuje do umelo vytvorených jazierok. Tieto jazierka majú mnoho kladov (ekonomické, environmentálne, ale taktiež sa jedná o efektívny zdroj produkcie potravy) a ich účinnosť bola testovaná v rôznych rozvojových, ako aj vyspelých krajinách. V tejto práci je analyzovaný prípad Kolkaty, kde sa tradičný prístup k hospodáreniu s vodou osvedčil ako cesta k dosiahnutiu trvalo udržateľného cyklu čistenia vôd, a tiež ako zdroj pre efektívny rozvoj miestnych ekonomík pomocou produkcie rýb. Táto bakalárska práca sa bude zaoberať krajinami, v ktorých tento systém funguje, fungoval, ale taktiež možnosťami využitia akvaponických čističiek odpadovej vody v budúcnosti.

Kľúčové slová: Akvaponia, Akvakultúra, odpadová voda, chov rýb, očista vody, udržateľnosť

Abstract

In recent years, water management has become a critical world problem. Up to 80% of wastewater flows back into the ecosystem without being treated or reused worldwide. Aquaponic wastewater treatment ponds are one of the possible solutions to this problem. This concerns mainly sewage, which is pumped into man-made ponds in proportions that do not cause toxicity for them. These ponds have many advantages (economical, environmental, and it also serves as highly efficient source of food production) and its effectivity has been tested in different developing, as well as developed countries. In this thesis, Kolkata case is analyzed, where a traditional approach to water management has been proven as a route to achieve a sustainable cycle of cleansing of waste water, as well as a way to develop the local economies by sustainable production of fish in the process. This bachelor's thesis focuses on the areas in which this system is currently used, was used in the past, but also the potential use of aquaponic wastewater treatment ponds in the future.

Keywords: aquaponics, aquaculture, wastewater, fish farming, sustainability

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracoval/a samostatne s vyznačením všetkých použitých prameňov a spoluautorstva, Súhlasím so zverejnením bakalárskej práce podľa zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách v znení neskorších predpisov. Bol/a som zoznámený/á s tým, že sa na moju prácu vzťahujú práva a povinnosti vyplývajúce zo zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, v znení neskorších predpisov.

V Olomouci dňa podpis.

V prvom rade by som rada poďakovala doc. RNDr. Pavlovi Nováčkovi CSc. za pomoc pri spracovaní bakalárskej práce a poskytnutí slobody pri výbere témy. Ďalej by som rada poďakovala mojej rodine a priateľom za dôveru. V neposlednom rade by som rada poďakovala svojemu partnerovi Benjamínovi a kamarátke Säre za neustálu podporu.

Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

Jméno a příjmení: **Daniela ŠTELLMACHOVÁ**
Osobní číslo: **R190482**
Adresa: **Daxnerova 1176, Tisovec, 98061 Tisovec, Slovenská republika**
Téma práce: **Aquaponické čistenia odpadovej vody v rozvojových krajinách**
Téma práce anglicky: **Aquaponic wastewater treatment in developing countries**
Jazyk práce: **Slovenština**
Vedoucí práce: **doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.**
Katedra rozvojových a environmentálních studií

Zásady pro vypracování:

V posledních letech vyvolává vodní hospodářství obavy. Celosvětově až 80% odpadových vod proudí zpět do ekosystému bez toho, aby byly čištené alebo opätovne použité. Jedným z riešení tohoto problému sú napríklad aquaponické čističky odpadovej vody. Jedná sa hlavne o ľudský organický odpad, ktorý sa v pomeroch, ktoré nespôsobujú toxicitu pumpuje do umelo vytvorených jazierok. Tieto jazierka majú mnoho kladov (ekonomické, environmentálne a tak tiež je to efektívny zdroj potravy). Táto práca sa bude zaoberať krajinami, v ktorých tento systém funguje, alebo fungoval, ale taktiež možnosťami využitia aquaponických čističiek v budúcnosti.

Seznam doporučené literatury:

1. Mukherjee, J. (2020). Blue Infrastructures. Springer Singapore.
2. Ho, L., & Goethals, P. L.(2020). Municipal wastewater treatment with pond technology: Historical review and future outlook. Ecological Engineering, 148, 105791.
3. Edwards, P. (2009). Traditional asian aquaculture. In New Technologies in Aquaculture (pp. 1029-1063). Woodhead Publishing.)

Obrázky a grafy

Obrázok 1: Mapa zobrazujúca Kolkatu a Močariská východnej Kolkaty (Dey, 2013)..... 18

Obrázok 2: Mapa Nemecka zobrazujúca výskyt akvakultúr doplnované o odpadovú vodu (Prein, 1990).....26

Tabuľka 1: Porovnanie systémov rybníkov/Močarísk doplnovaných o odpadovú vodu vyskytujúcich sa v Kolkate a Nemecku. (Edwards 1999 a Prein, 1990)..... 34

Tabuľka 2: Druhy rýb kultivovavné v Nemecku a Kolkate (Prein, 1990 a Hussan, 2016)..... 36

Graf 1: Maximálna a minimálna teplota v kolkte počas jednotlivých mesiacov (World Atlas, 2023).....37

OBSAH

.....	6
1 Úvod	9
1.1 Ciele práce	10
1.2 Metódy spracovania	11
1.3 Limitácie spracovania	11
2 Možnosti využitia Akvaponických a akvakultúrnych systémov	12
2.1 proces očisty v konvenčných čističkách odpadovej vody	12
2.1.1 Ďalšie možnosti úpravy vody	12
2.1.2 Dezinfekcia.....	13
2.2 Akvapónia	13
2.3 Akvakultúra	14
2.4 Rybníky doplňované o odpadovú vodu	14
Pôda	15
2.4.1 Ázia.....	15
2.4.2 Afrika.....	16
2.4.3 Európa.....	16
2.4.4 Latinská Amerika.....	16
2.4.5 Blízky východ.....	16
3 Prípadová štúdia Kolkata: Akvapónia a jej využitie v rozvojových krajinách	17
3.1 Tradičné využitie akvaponických systémov doplňovaných o odpadovú vodu	17
3.1.1 Výhody akvaponických rybníkov doplňovaných o odpadovú vodu v kolkate.....	18
3.1.2 Bezpečnosť produkcie jedla za pomoci odpadovej vody	19
3.1.3 Modely akvaponických rybníkov určených na očistu odpadovej vody.....	20
3.2 Ekonomické benefity	20
3.3 Environmentálne benefity	21

3.4	Možné limitácie	21
3.4.1	Nedostatočná infraštruktúra.....	21
3.4.2	Bezpečnosť rýb chovaných v odpadovej vode.....	21
3.4.3	Odporúčania ku správne fungovaniu.....	22
3.4.4	Aktuálny stav rybníkov využívajúcich odpadovú vodu v Kolkate.....	23
4	<i>Prípadová štúdia Nemecko: Akvakultúra a jej využitie v rozvinutých krajinách</i>	24
4.1	Cieľ akvakultúr v Nemecku	24
4.1.1	Odpadové vody z kanalizačných polí.....	24
4.1.2	Rybníky doplňované o odpadovú vodu.....	25
4.2	Ryby	27
4.3	Kvalita vody	27
4.3.1	Zdravotné aspekty chovu rýb v rybníkoch doplňovaných o odpadovú vodu.....	29
4.4	Biológia rybníkov	30
4.5	Planktón	30
4.5.1	Zooplanktón	31
4.5.2	Využívanie kačkovitého vtáctva pre reguláciu rastu žaburinky.....	31
4.6	Ekonomická stránka projektu	32
5	<i>Diskusia</i>	34
5.1	Rozvinuté x rozvojové krajiny – ktorý systém je efektívnejší?.....	34
5.2	Možné limitácie využitia tohoto systému v rozvojových krajinách	39
5.3	Využitie rybníkov doplňovaných o odpadovú vodu v rozvojových zemiach.....	42
6	<i>Záver</i>	44
7	<i>Zdroje</i>	46

1 ÚVOD

So stále zvyšujúcou sa rýchlosťou rastu obyvateľstva sa zvyšuje aj spotreba ľudskej obživy. Na Zemi trpí hladom až 828 miliónov ľudí. Od roku 2020 sa toto číslo zvýšilo až o 46 miliónov (WHO, 2021). Počas roku 2020 zasiahol hlad 278 miliónov ľudí v Afrike, 425 miliónov ľudí v Ázii a 56,5 miliónov ľudí v latinskej Amerike a Karibiku. Aj napriek tomu že najviac ľudí trpiacich hladom žije v Ázii, hlad prevláda primárne v Afrike, ktorú zasiahol v roku 2020 v najväčšej miere. V Ázii sa rozpätie zásahu hladu znížilo, zatiaľ čo v latinskej Amerike sa rýchlosť rozširovania hladu medzi ľuďmi spomalila, čo vedie k zlepšeniu situácie na tomto území (FAO, 2020).

Nedostatok pitnej vody vedie v mnohých prípadoch k nebezpečným infekčným ochoreniam ako napríklad cholera, hnačka, úplavica, hepatitída, týfus a detská obrna. Taktiež zvyšuje riziko podvýživy, prejavujúcej sa hlavne vo forme zakrpatenia detí v skorom veku. V roku 2017 na následky konzumácie znečistenej vody predčasne umrelo 1,2 miliónov ľudí. V nízko príjmových krajinách spôsobuje znečistená voda až 6% úmrtí (Ritchie, 2021). Minimálne 2 miliardy ľudí využívajú ako zdroj pitnej vody vodu, ktorá je kontaminovaná výkalmi (WHO, 2022). Napriek tomu, že väčšina rozvinutých krajín má dobrú infraštruktúru na zber a čistenie odpadovej vody, nedostatok pitnej vody stále predstavuje vážny problém v mnohých častiach sveta. Krajiny s nižším príjmom sú obzvlášť zraniteľné, keďže infraštruktúra a technológie na čistenie vody sú často nedostatočné. V súvislosti s tým je dôležité, aby sme sa venovali zlepšeniu infraštruktúry a zdrojov na zabezpečenie bezpečnej a dostupnej pitnej vody pre všetkých.

1.1 CIELE PRÁCE

Cieľom tejto bakalárskej práce je najmä predstavenie modelu očisty odpadovej vody pomocou rybníkov, ktoré sú o túto vodu doplňované. Práca popisuje spôsob, akým tento systém funguje v rozvíjajúcej sa krajine a to v Indii, konkrétne v meste Kolkata, a systém ktorý v minulosti fungoval v Nemecku a predstavuje aplikáciu v krajinách ktoré sú už rozvinuté. Následne práca analyzuje rozdiely týchto dvoch systémov a ich výhody a limitácie. Výskumné otázky, ktoré si táto práca pokladá sú: *Je takýto typ očisty vody aplikovateľný v iných rozvojových krajinách? Ktorý z týchto systémov je efektívnejší? Je možné aplikovať technológiu ktorá bola zaužívaná v Nemecku do Kolkaty alebo potenciálne do iných rozvojových krajín a miest nachádzajúcich sa v nich? Má tento systém*

dostatočné ekonomické a environmentálne prínosy na to aby sa rozširoval? Môže takýto systém pomôcť v boji s globálnou potravinovou krízou?

1.2 METÓDY SPRACOVANIA

Pri spracovaní tejto bakalárskej práce boli využívané najmä elektronické zdroje, literárne rešerše, články publikované vo vedeckých žurnáloch, ale tiež správy medzinárodných organizácií ako napríklad FAO (Organizácie pre výživu a hospodárstvo) alebo WHO (Svetová zdravotnícka organizácia). Ako významný knižný zdroj pre spracovanie tejto práce môžeme spomenúť Wastewater Management Through Aquaculture. Významným zdrojom informácií boli taktiež rozsiahle vedecké publikácie od autora Petra Edwardsa.

1.3 LIMITÁCIE SPRACOVANIA

Najvýznamnejšiu limitáciu spracovania tejto bakalárskej práce predstavoval najmä nedostatok zdrojov. Všetky informácie obsiahnuté v tejto práci boli čerpané o zdrojov písaných v anglickom jazyku, nakoľko dostupnosť zdrojov pre takto veľmi špecifickú problematiku je v českom alebo slovenskom jazyku veľmi limitovaná. Mnoho zdrojov písaných v anglickom jazyku je taktiež v súčasnosti už zastaralých. Ďalšou limitáciou pri písaní práce bol fakt, že väčšina bežne zaužívaných pojmov spájajúcich sa s touto tematikou zatiaľ nemá existujúci český alebo slovenský ekvivalent, a teda bolo potrebné ich pre účely tejto práce vhodne preložiť.

2 MOŽNOSTI VYUŽITIA AKVAPONICKÝCH A AKVAKULTÚRNYCH SYSTÉMOV

2.1 PROCES OČISTY V KONVENČNÝCH ČISTIČKÁCH ODPADOVEJ VODY

Poskytovanie bezpečnej pitnej vody je nevyhnutné pre verejné zdravie. Aby sa zabezpečilo, že voda dodávaná do domácností je vhodná na konzumáciu, používajú čističky vody kombináciu fyzikálnych, chemických a biologických procesov.

Koagulácia je prvým krokom v procese úpravy vody. V tomto kroku sa do vody pridávajú chemikálie, súhrnne označované ako koagulanty. Koagulant neutralizuje negatívny náboj nečistôt a iných častíc prítomných vo vode. Tento proces spôsobuje, že sa častice spájajú a vytvárajú väčšie častice nazývané vločky. Bežné koagulanty používané v tomto kroku zahŕňajú síran hlinitý, chlorid železitý a polyalumíniumchlorid.

V kroku flokulácie sa voda jemne premieša, aby sa vločky zväčšili. Na zvýšenie tvorby vločiek sa často pridávajú ďalšie chemikálie, ako sú polyméry. Tento proces pomáha odstrániť menšie častice, ktoré nebolo možné odstrániť v kroku koagulácie.

Sedimentácia je ďalším krokom v procese úpravy vody. V tomto kroku sa vločky, ktoré sa stali ťažšími, usadzujú na dne čistiacej nádrže. Čistá voda v hornej časti nádrže sa potom opatrne oddelí od sedimentov.

Čistá voda získaná sedimentáciou potom prechádza cez filtre. Filtrácia je najefektívnejším krokom na odstránenie zostávajúcich častíc, vrátane tých, ktoré sa nenašli v predchádzajúcich krokoch. Filtre sú zvyčajne vyrobené z piesku, štrku alebo aktívneho uhlia a majú rôzne veľkosti pórov. Veľkosť pórov filtra určuje veľkosť častíc, ktoré je možné odstrániť. Filtre s aktívnym uhlím tiež pomáhajú odstrániť všetky nepríjemné pachy alebo chute.

2.1.1 ĎALŠIE MOŽNOSTI ÚPRAVY VODY

Vodné čističky využívajú ultrafiltráciu, proces, ktorý je efektívnejší ako tradičná filtrácia. Pri ultrafiltrácii voda prechádza cez membránový filter s veľmi malými pórmami. Tento filter prepúšťa iba vodu a iné malé molekuly ako sú soli a drobné, nabité molekuly. Ďalšou filtračnou metódou používanou v komerčných čističkách vody je reverzná osmóza. Reverzná osmóza sa

používa na odstránenie ďalších častíc z vody, najmä pri úprave recyklovanej alebo slanej vody na pitie.

Dezinfekcia Ďalšou filtračnou metódou používanou v komerčných čističkách vody je reverzná osmóza. Reverzná osmóza sa používa na odstránenie ďalších častíc z vody, najmä pri úprave recyklovanej alebo slanej vody na pitie.

2.1.2 DEZINFEKCIA

Po filtrácii môžu úpravne vody pridávať chemické dezinfekčné prostriedky, ako je chlór, chlóramin alebo oxid chloričitý, aby zabili všetky zostávajúce parazity, baktérie alebo vírusy. Dezinfekcia je dôležitá na zaistenie bezpečnosti pitnej vody, najmä ak sa k spotrebiteľovi dostane z veľkej vzdialenosti. Čistiarne vody môžu dezinfikovať vodu aj pomocou ultrafialového (UV) svetla alebo ozónu. UV svetlo a ozón sú účinné pri ničení mikrobov v čističke, avšak nepokračujú v zabíjaní mikrobov, keď voda prechádza potrubím (CDC, 2022).

2.2 AKVAPÓNIA

Akvapónia je spôsob produkcie potravy, ktorý je tvorený kombináciou akvakultúry a hydroponie (Goddek, Lennard 2019). Hydroponia je metóda pestovania pri ktorej rastliny, na rozdiel od typického spôsobu pestovania, nie sú v pôde, ale všetky živiny získavajú cez živný roztok. Akvakultúra predstavuje systém, ktorého jediným účelom je chov rýb ako potravy (Diver, Rinehart, 2000). V akvaponických systémoch sú chované najmä sladkovodné ryby a pestované najmä sladkovodné rastliny, ktoré spolu navzájom dokážu žiť v symbióze. Ide o systém, kde sa jednotlivé zložky navzájom dopĺňajú. Odpad v systéme slúži ako hnojivo. V tomto prípade výlučky rýb slúžia ako hnojivo pre rastliny. Rastliny sa pestujú ako filter a čistia vodu, ktorú je možné v rámci tohto systému znovu použiť.

Tento systém má značný potenciál využitia v rozvojových krajinách. Je pomerne finančne nenáročný a dokáže efektívne využívať vyššie spomínané zdroje. Tento spôsob produkcie potravy predstavuje možnosť znížiť emisie oxidu uhličitého (van Woensel, Archer, Panades-Estruch, Vrscaj, 2015). Akvapónia má veľký potenciál stať sa jedným z hlavných riešení zabezpečenia potravy pre neustále rastúcu svetovú populáciu. Tento rast je očakávaný najmä v

mestských oblastiach. V súčasnej dobe žije v mestách 55% globálnej populácie. Akvapónia ale môže priniesť do oblastí miest omnoho viac výhod. Jedným z príkladov je využitie akvaponických fariem a komunít v školách, kde slúžia ako príklad náuky o udržateľnosti. Ďalším možným prínosom je obohatenie miest o zelené priestory. V rozvojových krajinách majú potenciál zlepšiť životnú úroveň obyvateľov. Ryby sú jedným z hlavných a najdôležitejších zdrojov bielkovín v menej rozvinutých krajinách (König, Bettina, et al., 2016).

2.3 AKVAKULTÚRA

Akvakultúra je sľubným prístupom k riešeniu problému produkcie dostatočného množstva bielkovín pre rastúcu globálnu populáciu. Jedná sa o systém, kde sa vytvárajú rybníky určené len na kultiváciu vodných živočíchov. Akvakultúra sa stáva čoraz dôležitejším zdrojom potravy pre ľudskú spotrebu. V roku 2007 sa akvakultúry podieľali na produkcii 43% vodných živočíchov určených ľudskú spotrebu, s osobitným dôrazom na ryby, kôrovce a mäkkýše. Na rozdiel od všeobecnej mienky v tomto odvetví dominujú mäkkýše a bylinožravé/všežravé ryby. Rýchly rast produkcie mäsožravých druhov, ako sú losos, krevety a sumec, bol však poháňaný globálnym obchodom a ekonomikou rozsiahleho intenzívneho poľnohospodárstva. Napriek svojim potenciálnym výhodám sa väčšina systémov akvakultúry spolieha z environmentálneho hľadiska na lacné alebo nezodpovedané tovary a služby, čo vyvoláva obavy o ich dlhodobú udržateľnosť. Okrem toho existuje niekoľko neistôt, ktoré treba vziať do úvahy pri posudzovaní budúcnosti odvetvia akvakultúry. Patrí medzi ne vplyv zmeny klímy, dostupnosť budúcich zásob rybného hospodárstva (napríklad dostupnosť potrebného krmiva), a limity zvyšovania produkcie. Riešenie týchto neistôt ako také bude pre zabezpečenie dlhodobej udržateľnosti a životaschopnosti odvetvia akvakultúr kľúčové (Bostock, 2010).

2.4 RYBNÍKY DOPLŇOVANÉ O ODPADOVÚ VODU

Rybníky dopĺňované o odpadovú vodu (anglicky *wastewater treatment ponds*) vznikli kombináciou akvakultúry a hydroponie. Tento spôsob predstavuje vysoko udržateľný systém na produkciu rýb, kde je chov rýb integrovaný s čistením odpadových vôd. Výber druhov rýb je rozhodujúcim krokom na zabezpečenie úspechu systému a mal by byť založený na schopnosti rýb odolávať náročným podmienkam prostredia a prispôsobený stravovacím návykom rýb.

Bylinožravé druhy rýb, ako je Tolstolobik a Amur, sú uprednostňované kvôli ich nízkej uhlíkovej stope, zatiaľ čo druhy rýb orientované na bentiku, akými sú Kapor obyčajný a Tilapia nílka, sú považované za vhodné na chov, pretože konzumujú prevažne bentické bezstavovce, rozpadnutú vegetáciu a detritus dostupné na rybníku. Okrem toho tieto druhy rýb žijúce pri dne môžu pomôcť pri regenerácii odpadovej vody prostredníctvom fyzickej oxidácie sedimentov poháňanej bioturbáciou, čím sa podporujú mikrobiálne aktivity, ktoré poskytujú priaznivé prostredie pre uvoľňovanie živín do horných vôd. (Jana, 2011)

PÔDA

Najmä pôdy zohrávajú dôležitú úlohu v kolobehu živín a slúžia ako zdroj základných živín potrebných pre biologickú produktivitu. Prostredníctvom degradácie a rozkladu organickej hmoty regulujú biologickú produktivitu vodného systému. Hoci sa akvakultúrne rybníky zásadne líšia od prírodných systémov, úloha pôdy v kolobehu živín zostáva zásadná pre celkové zdravie a produktivitu vodného systému. V rybníkoch dopĺňovaných o odpadovú vodu môže byť veľká časť produkcie rýb spojená s mikrobiálnymi procesmi, ktoré remineralizujú pridané organické látky v pôde, vďaka čomu sú živiny dostupné na stimuláciu produktivity rýb. V prípade, že je zdravie pôdy ohrozené, celkové zdravie a produktivita systému môže obmedzená. Je potreba brať v úvahu dôležitosť pôdy pri tvorbe potravín vo vodnom prostredí a taktiež potrebu udržiavať zdravé pôdy pre udržateľnosť celého ekosystému. (Jana 2011)

2.4.1 ÁZIA

Tento systém v Bangladéši nie je tradične využívaný, ale aj napriek tomu v ňom bolo zdokumentovaných asi 50 ha rybníkov dopĺňovaných o odpadovú vodu. Takýto systém tam ale nezačal úmyselne, voda bola pôvodne kontaminovaná a fertilizovaná náhodou (Rahman, 1992).

V Číne tento systém fungoval už v minulosti. Značne sa ale od neho upustilo hlavne z dôvodu urbanizácie. Rybníky sú tam často dopĺňované nie len o odpadovú vodu ale aj o industriálny odpad, čo môže pre ľudské zdravie predstavovať značné riziko (Ou a Sun, 1996).

Na Vietnamskom vidieku sa tradične stavali latríny nad jazierkami, v ktorých sa chovali ryby. Tento spôsob bol ale oficiálne zakázaný z dôvodu rizika pre zdravotný stav ľudí

konzumujúcich tieto ryby, keďže sa jednalo o systém, kde parametre vody vôbec neboli kontrolované. Vo Vietnamskom Hanoi sa ale ešte stále nachádza čistička odpadovej vody, ktorá bola inšpirovaná Kolkatským systémom v Indii. Hanojská čistička sa ale z dôvodu urbanizácie rapídne znižuje (Edwards, 1999).

2.4.2 AFRIKA

V Egyptskej Káhire bol tento spôsob testovaný. V rybníkoch boli kultúry tilapií, a výsledky poukazujú na fakt že ich konzumácia pre človeka nepredstavovala nebezpečenstvo (Khalil a Hussein, 1997).

2.4.3 EURÓPA

Takýto systém fungoval aj v Maďarsku, a to konkrétne vo Fonyóde (Olah, 1990). Následne sa ale prestal používať z dôvodu nezájmu tento systém udržiavať zo strany vlastníkov pozemku, na ktorom sa nachádzal (Edwards 1999).

2.4.4 LATINSKÁ AMERIKA

V Peru, konkrétne v Lime boli tieto rybníky vytvorené za účelom výskumu a demonštrácie ich funkcie (Cavallini, 1996). Výsledky pokusu poukázali na fakt, že konzumácia týchto rýb bola pre zdravie človeka bezpečná a konzumenti ryby kupovali aj napriek tomu že vedeli že boli kultúry vyvíjané za pomoci odpadovej vody (Edwards 1999).

2.4.5 BLÍZKY VÝCHOD

V Jordánsku mal byť vystavaný systém rybníkov dopĺňaných o odpadovú vodu pod záštitou projektu Mayasara (Aqua consult, 1998). O tom či táto výstavba bola realizovaná nie sú dostupné zdroje.

Ďalšie dva systémy predstavuje systém ktorý v minulosti fungoval v Nemecku, a tiež aktuálne fungujúci systém nachádzajúci sa v Kolkate. Týmto systémom sa ale budeme venovať podrobnejšie v prípadových štúdiách v kapitolách 3 a 4.

3 PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA KOLKATA: AKVAPÓNIA A JEJ VYUŽITIE V ROZVOJOVÝCH KRAJINÁCH

3.1 TRADIČNÉ VYUŽITIE AKVAPONICKÝCH SYSTÉMOV DOPLŇOVANÝCH O ODPADOVÚ VODU

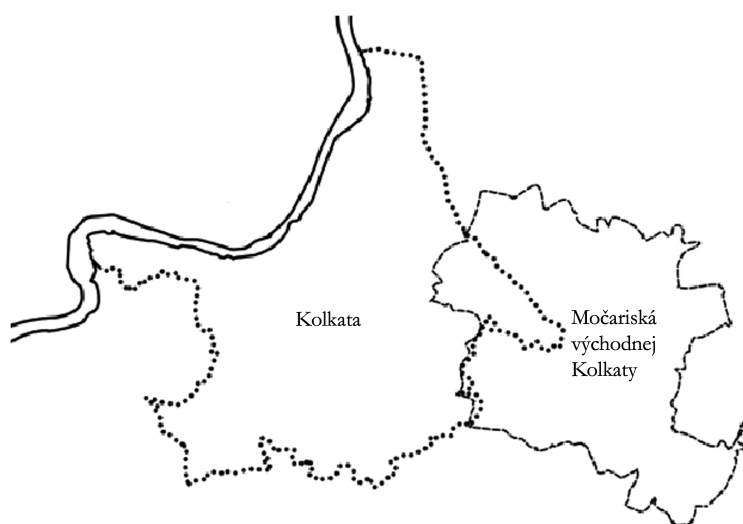
Človek využíva akvapóniu k svojmu prospechu už od dávna. Najstaršie zmienky o jej využití sú už 1 500 rokov staré. Pochádzajú z Číny a z Peru. Jednalo sa o vytvorenie perfektne vyváženého ekosystému, kde vo väčšine prípadov začínalo proces vtáctvo (husi). Toto vtáctvo bolo nakrmené, a po spracovaní potravy vytvorilo hnojivo pre zeminu, ale taktiež krmivo pre ryby (zdroj živočíšneho proteínu určeného na konzumáciu človekom). Tieto ryby následne po zpracovaní odpadu vtáctva vytvorili hnojivo pre rastliny (zdroj rastlinného proteínu určeného na konzumáciu človekom), ktoré mohli byť pestované vo vode alebo v jej blízkosti (Jones, 2002). Podobná „primitívna“ akvaponická farma existuje aj v dnešnej dobe, slúži ale ešte k ďalšiemu účelu, a to k zbavovaniu sa ľudskej odpadovej vody. Jedná sa o jedinečný integrovaný biosystém, v ktorom sa organické odpady vytvorené v prvom systéme využívajú v nadchádzajúcich subsystémoch pre následnú produkciu rýb. Ryby slúžia ako prostriedok nutričnej a potravinovej bezpečnosti, ktorej takýto spôsob chovu dosahuje prostredníctvom odolného ekosystému schopného samoregulácie a samo-očisty. Farmári tradične túto formu chovu rýb praktizovali po dlhú dobu. Jej vedecký výskum a aplikácia osvedčených technológií sa v posledných rokoch zameriava na využívanie zdrojov tak, aby bolo udržateľné, a navyše prispievalo k ochrane biodiverzity v mokradiach.

Jedná sa o jazierka ktoré sú dopúšťané o odpadovú vodu, v ktorých sa chovajú ryby, ktoré sú určené na konzumáciu. Územie na ktorom sa tieto močariská nachádzajú má rozlohu približne 3 900 ha. Ryby ktoré sa momentálne chovajú v týchto jazierkach sú najmä Rohu (*Labeo rohita*), Tolstolobik biely (*Hypophthalmichthys molitrix*) a Tilapia nílska (*Oreochromis niloticus*) (Bunting et al., 2010). V jazierkach sa rýb ale chová omnoho viac.

3.1.1 VÝHODY AKVAPONICKÝCH RYBNÍKOV DOPLŇOVANÝCH O ODPADOVÚ VODU V KOLKATE

Z ekologického hľadiska majú mokrade mnoho prospešných funkcií. Medzi tie najdôležitejšie z nich patrí napríklad udržiavanie biotopov pre voľne žijúce druhy fauny a flóry, homeostáza ekologických systémov, doplňovanie podzemných vôd, prečisťovanie vody, protipovodňová ochrana, recyklácia a zadržiavanie živín, zadržiavanie uhlíku z vody a zaistenie bezpečnosti vody. Všetky tieto faktory v konečnom dôsledku vedú k ochrane a regulácii vodných zdrojov, zachovaniu biodiverzity a udržiavaniu ekologickej rovnováhy. Pridávajú tiež určitú rekreačnú, vedeckú a estetickú hodnotu. Mokrade tiež vytvárajú pracovné príležitosti pre miestnych ľudí. Vďaka svojej bohatej biodiverzite a rozsiahlym, rôznorodým možnostiam produkcie potravy sa mokrade nazývajú aj biologické supermarkety (Mitsch a Gosselink 1993).

Mokrade nachádzajúce sa v Kolkate sú denne doplňované 550 000 metrami kubickými odpadovej vody za účelom fertilizácie. Denná produkcia rýb z týchto jazierok je až 20 ton. Táto produkcia taktiež prispieva k vytváraniu pracovných pozícií v meste, pričom 1 kilo rýb sa predáva približne za 1 americký dolár. Na základe toho, že sa v tomto systéme vytvárajú odolné ekosystémy, ktoré sú sebestačné, ryby ktoré sa v jazierkach kultivujú za účelom produkcie potravy pre ľudí nie je nutné prikrmovať. Všetku potravu si tieto ryby získavajú prirodzeným spôsobom ako napríklad lovom drobných živočíchov, konzumáciou rias, a podobne (Edwards,1999).



OBRÁZOK Č. 1

Mapa zobrazujúca Kolkatu a EKW (Močariská východnej Kolkaty) (Dey, 2013)

3.1.2 BEZPEČNOSŤ PRODUKCIE JEDLA ZA POMOCI ODPADOVEJ VODY

Za účelom produkcie ľudskej stravy je nutné, aby odpadová voda, ktorá sa v týchto jazierkach využíva bola bezpečná na použitie. Je teda potrebné aby dosahovala hodnôt mikrobiologickej kvality, ktoré nie sú škodlivé pre ryby, a tým pádom ani pre človeka, ktorý sa vo výsledku stane konečným konzumentom. Najnebezpečnejším faktorom ovplyvňujúcim zdravie človeka môžu byť ľuďmi prenášanými sa parazity ako napríklad motolice. Na vyriešenie tohoto problému existuje viacero možností. Prvou z možností je využitie anaerobických jazierok, a taktiež vysádzanie Tokozelky nadmutej (*Eichhornia crassipes*) do kanálov, ktorými sa odpadová voda do jazierok dopravuje. Jazierka slúžia najmä na to, aby mala odpadová voda možnosť odstáť (Mukherjee 1998). Voda sa necháva odstáť približne 10 dní. Tento proces slúži k odstráneniu možných parazitov a baktérií, ktoré ku svojmu prežitiu potrebujú sekundárneho hostiteľa. Keďže sa v týchto anaerobických jazierkach nenachádzajú žiadne ryby, parazity umierajú pred tým ako je voda pripúšťaná do akvakultúry, a voda je pre ryby, a tým pádom aj pre ľudí bezpečná. Tokozelka nadmutá sa primárne vysádza do kanálov vedúcich odpadovú vodu do anaerobických jazierok. Slúži teda pre prvotný proces očisty vody (Jana 2011).

Ďalším riešením môže byť vysádzanie rastlín rodu Kolokázia (*Colocasia sp.*) na ploche mokrade. Tieto rastliny majú schopnosť z vody vyzbierať kontaminačné látky, akými sú napríklad ťažké kovy. Voda ktorá prejde týmto systémom následne putuje do nižšie položenej močariskovej oblasti kde sú vysádzané najmä rastliny rodu Orobiniec (*Typha sp.*) Čiastočne vyčistená voda pokračuje do akvaponických jazierok, kde je vysádzaná Tokozelka nadmutá. Tento systém je dostatočne efektívny na to, aby dostal parametre vody do prijateľných hodnôt na bezpečné použitie v akvaponických farmách (Mandal et al. 2016). Aj napriek tomu že tento systém v Kolkate funguje už stovky rokov, je zrejmé, že využitie ľudskej odpadovej vody vzbudzuje obavy, keďže by táto praktika mohla spôsobiť rozširovanie parazitov, ale taktiež kontamináciu jedla rôznymi patogénmi. Jedným z možných riešení je, že po dosiahnutí požadovanej veľkosti sú ryby určené na konzumáciu presunuté do „očistných“ jazierok s vodou, ktorá nie je doplnená o ľudskú odpadovú vodu. Tento systém teda slúži na dekontamináciu rýb. Tento proces slúži jednak k odstráneniu patogénov ale taktiež nepríjemného zápachu rýb, aby boli vhodné na následný predaj a konzumáciu. Ryby sú zvyčajne ponechané v čistej vode po dobu niekoľkých týždňov, keďže jeden až dva týždne nie sú na odstránenie všetkých škodlivých

baktérií z tráviaceho traktu rýb postačujúce. Jedným z opatrení, slúžiacich na urýchlenie procesu dekontaminácie izolovaných rýb v týchto jazierkach môže byť vysádzanie Tokozelky nadmutej (Das a Jana 1999). Na overenie funkčnosti a bezpečnosti tejto možnosti urýchlenia celého procesu je ale stále potrebné vykonať viacero výskumov. Keďže bezpečnosť tohoto typu akvaponickej farmy stále nie je 100%, je nutné aby boli v tomto type fariem implementované dostatočné ochranné opatrenia. Preto je odporúčané aby bol zdravotný stav rýb pravidelne monitorovaný. Ďalším vhodným opatrením je využitie ochranných prostriedkov, ako napríklad rukavíc a masiek pre farmárov, ktorí denne s týmito rybami pracujú. Ideálna by bola taktiež seperácia vody pochádzajúcej z priemyselných zdrojov od klasickej odpadovej vody tak, aby sa voda obsahujúca industriálny odpad nemiešala do jazierok určených na chov rýb slúžiacich k obžive ľudí (WHO, 2006).

Stav mokradí môže byť reprezentovaný svojimi kvantitatívnymi a/alebo kvalitatívnymi zmenami, ktoré následne spôsobujú zmeny vo stave vodných živočíchov alebo rastlín. V prípade, že sú mokrade dopúšťané odpadovou vodou z priemyselných zdrojov, či vodou z likvidácie komunálneho, poľnohospodárskeho a komerčného nebezpečného odpadu, je potrebné ju z hľadiska kvantity a kvality prísnejšie a pravidelnejšie kontrolovať. Bežné fyzikálne parametre, ktoré by mali byť pravidelne monitorované sú farba, zápach, teplota, zvyškové pevné látky, zákal, obsah oleja a mastnoty (Ghosh, 2018).

3.1.3 MODELÝ AKVAPONICKÝCH RYBNÍKOV URČENÝCH NA OČISTU ODPADOVEJ VODY

Z dôvodu, že tieto rybníky môže ovplyvňovať mnoho faktorov ako napríklad klíma v ktorej sa nachádzajú, či plocha pôdy, ktorá je dostupná pre využitie za účelom ich vybudovania, bolo vytvorených viacero modelov pre špecifické podmienky.

3.2 EKONOMICKÉ BENEFITY

Ryby z takejto produkcie sú zvyčajne predávané živé. Až 90% rýb, ktoré sú určené na konzumáciu, je predaných v ranných hodinách, pričom zvyšok rýb je predaný popoludní (Ghosh, 2004). V Kolkate sa nachádza 7 rôznych aukčných centier, určených na predaj rýb. Až 80% rýb, ktoré sa v týchto centrách predávajú, pochádza práve z akvakultúr dopĺňaných o odpadovú vodu,

a teda slúžia taktiež na jej očistu. Celkové množstvo ton rýb predaných v týchto centrách za jeden rok je 19 135. Takéto akvaponické farmy poskytujú pracovnú pozíciu až 17 000 ľudí z celkového počtu 4,6 miliónov obyvateľov Kolkaty.

3.3 ENVIRONMENTÁLNE BENEFITY

Jedným z benefitov, čo sa týka environmentálnej stránky, je fakt, že 1 hektár plytkého jazierka má kapacitu eliminovať približne 237 kilogramov biochemickej spotreby kyslíka za deň. Množstvo odpadovej vody vypustenej do rybníkov je od 20 do 70 kilogramov na hektár za deň. Slúži ako zdroj živín pre produkciu planktónu a pomáha pri znižovaní miery zanášania v ústí riek. Takýto systém vo veľkej miere podporuje biodiverzitu. Ekologická hodnota čističiek odpadovej vody a zároveň rybníkov v Kolkate sa odhaduje na približne 3 030 miliónov Indických rupií ročne. To zahŕňa kontrolu záplav, redukciu nánosov, podporu rozsiahleho potravinového reťazca, udržiavanie živobytia, sekvestráciu uhlíka a sanitáciu (Ghosh, 2018).

3.4 MOŽNÉ LIMITÁCIE

3.4.1 NEDOSTATOČNÁ INFRAŠTRUKTÚRA

Aj napriek tomu že mokrade východnej Kolkaty sú na základe Ramsarského dohovoru celosvetovo uznávané pre produkciu rýb a tiež zabezpečenie živobytia lokálnych obyvateľov, a majú mnohé ekonomické či environmentálne benefity, toto územie stále trpí nedostatočnou infraštruktúrou (Ghosh, 2018), čo spôsobuje, že prítomné zdroje nie sú využité tak efektívne, ako by tomu mohlo byť za predpokladu, že by boli odstránené nasledujúce nedostatky:

1. Nedostatok prísunu dostatočného množstva odpadových vôd z Kolkatskej mestskej spoločnosti do sektora rybolovu v rybníkoch dopĺňovaných o odpadovú vodu.
2. Nedostatočné rozširovanie akvakultúr dopĺňovaných o odpadovú vodu.
3. Nedostatok vládnej politiky a implementačných opatrení na podporu mokradí ktoré podporujú ekologický zdravý dizajn pre ochranu životného prostredia.

3.4.2 BEZPEČNOSŤ RÝB CHOVANÝCH V ODPADOVEJ VODE

Ohľadom bezpečnosti rýb chovaných takýmto spôsobom sa vedie mnoho debát. Hlavnou podmienkou pri prevádzke tohto systému by malo byť nie len vytvorenie pracovných pozícií, či detoxifikácia vody, ale hlavne zaistenie bezpečnosti konzumácie mäsa rýb. Podľa výsledkov testovania rýb v Kolkate neposiaľ žiadne patogény, ako napríklad ťažké kovy či pozostatky antibiotík, nedosiahli hodnôt nebezpečných pre človeka.

3.4.3 ODPORÚČANIA KU SPRÁVNEMU FUNGOVANIU

Na správne udržiavanie dobrého zdravia tohoto ekosystému existuje niekoľko odporúčaní (Mishra, 2018).

1. Dodržiavanie výberu lokality a štandardných konštrukčných noriem (špecifické pre lokalitu).

2. Dodržiavanie pokynov pre používanie odpadových vôd z domácností v akvakultúre.

3. Dodržiavanie postupov vedenia akvakultúry ktorá je obohacovaná o odpadovú vodu.

4. Použite usadzovacích jazierok pred nasávaním odpadovej vody do kultivačných jazierok. Rýchlosť vypúšťania vody z usadzovacích jazierok do jazierok kde sa ryby chovajú by mala byť priamoúmerná rýchlosti, akou je ekosystém schopný odpadovú vodu spracovať.

5. Ošetrovanie rýb pred vysadením do rybníkov s čistou vodou, v ktorých dosiahnu dospelosti, a to konkrétne ošetrovanie ponorením do 2,5% roztoku NaCl na 3–5 min, ošetrovanie formalínom 250 mg/l, skupinové ošetrovanie KMnO₄ (5 kg/ha na 48 h). Ryby by mali najprv prejsť ošetrovaním, 2–3 dni zostať v karanténe, a následne môžu byť vypustené do čistých rybníkov.

6. Vyhýbanie sa preplneniu rybníkov.

7. Vysušenie dna rybníka po každom zbere rýb, ak je rozloha rybníka menšia ako 1 ha. V prípade, že má rybník menej ako 10 ha stačí ho vypustiť raz za rok. Ak má rybník rozlohu väčšiu ako 10 ha, je potrebné ho nechať vysušiť približne raz za 4–5 rokov. Po každom vypustení a následnom vysušení je potreba natrieť dno rybníka vápnom.

8. Aplikácia vápna v pravidelných intervaloch, najmä pri zmene monzúnu.
9. Aplikácia chlóru v množstve 1 ppm alebo jódu v pravidelných intervaloch.
10. Pravidelná kontrola parametrov kvality pôdy, vody a zdravia a rastu rýb.

3.4.4 AKTUÁLNY STAV RYBNÍKOV VYUŽÍVAJÚCICH ODPADOVÚ VODU V KOLKATE

Tento systém rybníkov je momentálne značne ohrozený urbanizáciou. Ani výhody, ktoré takýto komplex vytvára nie sú dostačujúce na jeho udržanie, ak sa produkcia rybníkov výrazne nezvýši. Vyššia produktivita je nutná najmä z dôvodu motivácie vlastníkov územia, na ktorých sa rybníky nachádzajú, k tomu, aby ich nepredali, a dekontaminácia vody a chov rýb by mohol pokračovať. Ďalšou možnosťou, ktorá by mohla viesť k zachovaniu tohoto systému by bolo zvýšenie sociálnych a environmentálnych benefitov, vyplývajúcich z tohoto systému miestnou samosprávou. Čo sa týka sociálnych benefitov, najvýraznejšími z nich sú hlavne dostupnosť zamestnania pre približne 17 000 chudobných ľudí a produkcia približne 20 ton rýb denne pre obyvateľov chudobných miest. Medzi benefity environmentálneho charakteru patrí najmä veľkoplošné zelené územie produkujúce kyslík, nízko-nákladová detoxifikácia odpadovej vody, ale aj zachytávanie a zúžitkovanie dažďovej vody (Edwards, 1999). Systém vyvinutý farmármi v Kolkate je ale veľmi úspešný a rozšíril sa aj na iné územia, ako napríklad do západného Bengálska (Ghosh, 1990, 1995, 1998), ale aj do troch ďalších obciach nachádzajúcich sa metropolitnej oblasti Kolkaty (Edwards 1999).

4 PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA NEMECKO: AKVAKULTÚRA A JEJ VYUŽITIE V ROZVINUTÝCH KRAJINÁCH

Už od 19. storočia sa v Nemecku experimentovalo s akvapóniou, založenou na fertilizácii jazierok v ktorých sa ryby chovajú odpadovou vodou. Pôvodne tento systém slúžil na prečistenie vody pred tým, ako bola vypustená do prírody tak, aby nebola toxická. To znamená že dopad na životné prostredie nie je až tak invazívny, zatiaľ čo odpadová voda prispieva k chovu rýb, a tým pádom je tento systém prospešný aj po ekonomickej stránke. Väčšina týchto rybníkov, dopĺňovaných o odpadovú vodu, bola vystavaná už v prvej polovici 19. storočia. Často boli vystavané v blízkosti malých čističiek vody. S týmito čističkami boli zvyčajne tiež prepojené (Prein, 1990).

4.1 CIEĽ AKVAKULTÚR V NEMECKU

Čo sa týka akvakultúr v Nemecku, nie je možné aby fungovali v obdobiach zimy, keďže v zime rybníky zamrzajú. Z ekologického hľadiska bola hlavným cieľom týchto akvakultúr hlavne produkcia odpadových vôd, ktoré obsahujú malo živín a málo populácií rôznych baktérií. Z ekonomického hľadiska sa jednalo najmä o dosiahnutie zníženia nákladov pre čističky odpadovej vody (Reichenbach-Klinke 1963). V Nemecku boli vymedzené 2 typy akvakultúr, ktoré prečisťujú odpadovú vodu. To o aký typ sa jedná záleží na spôsobe, ktorým sa voda prvotne upravuje pred vypustením do akvakultúr (Schäperclaus 1961).

4.1.1 ODPADOVÉ VODY Z KANALIZAČNÝCH POLÍ

Tento spôsob vznikol v Berlíne. Spočíval vo vytvorení kanalizačných polí (anglicky *sewage fields*), v ktorých sa spracúvala odpadová voda vyprodukovaná 2,2 miliónmi ľudí. V roku 1924 sa jednalo o 12 oblastí, v ktorých sa nachádzalo 114 rybníkov, v ktorých sa odchovávali ryby určené na priamy konzum. Kanalizačné polia, tiež nazývané „zavlažované farmy“ alebo „farmy s odpadovou vodou“ sú poľnohospodárske polia, do ktorých bola pripúšťaná odpadová voda, ktorá primárne prešla procesom odstránenia pevných častí. Do kanalizačných polí putuje systémom kanálov. V týchto poliach sa následne pestuje mnoho plodín. Podľa potreby sa vytvára suchšie alebo mokrejšie prostredie na základe toho aké rastliny chceme pestovať. Pre pestovanie

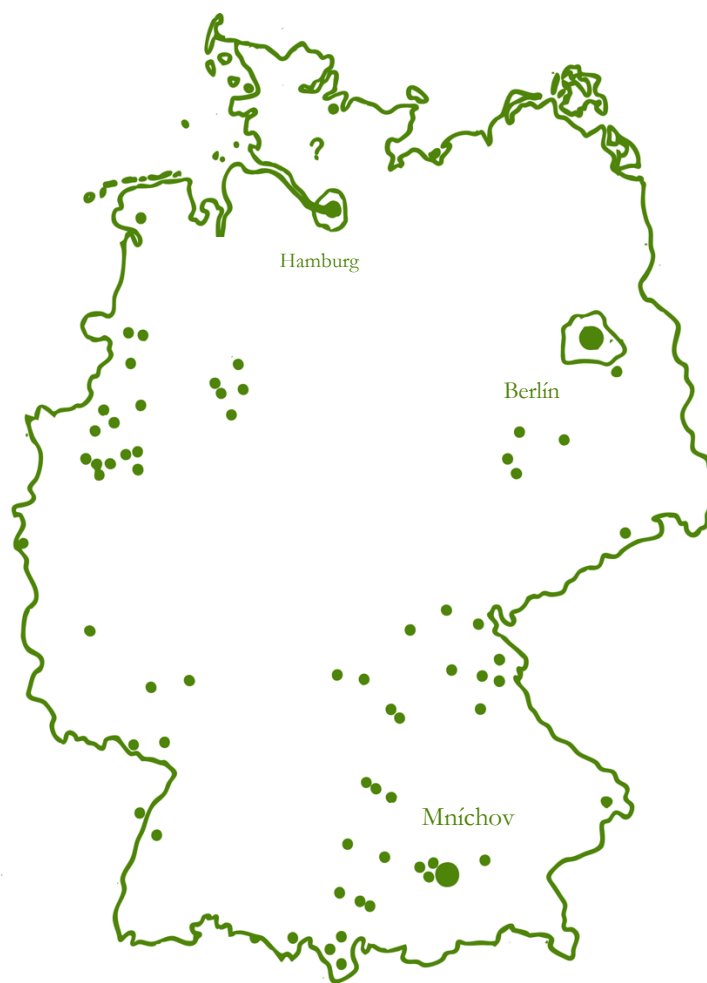
trávy a následnú produkciu sena sa vytvárajú polia podobné močariskám. Pre pestovanie napríklad obilia, zemiakov a ovocia sa vytvárajú suchšie polia. Plodiny pestované na kanalizačných poliach sú určené na konzumáciu pre hospodárske zvieratá, ale tiež pre na konzumáciu pre človeka.

4.1.2 RYBNÍKY DOPLŇOVANÉ O ODPADOVÚ VODU

Táto metóda sa tiež nazýva Hoferov systém odpadovej vody v rybníkoch. Prostredníctvom tejto metódy je do rybníkov napúšťaná odpadová voda, ktorá už prešla procesom mechanického odkalenia a tiež rozriedením čistou vodou riek a studní. Prípadov, kedy sa tieto typy očistných rybníkov v Nemecku využívali je mnoho. Fungovali na podobnom princípe ako Kolkatské čističky, ale väčšina rybníkov mala oveľa menšiu rozlohu. V týchto rybníkoch sa zväčša jednalo o očistu odpadovej vody pre približne 200 ľudí. Ak boli rybníky väčšie, jednalo sa o veľmi technické komplexy, ktoré prijímali vodu od desiatok tisíc ľudí. Ako príklad môžeme uviesť Strasbourg, Alsace, kde takýto systém prečisťoval odpadovú vodu produkovanú 190 000 obyvateľmi tohoto mesta (Strasbourg Tiefbaumant 1912, Strohl 1916). Akvaponická čistička odpadovej vody fungovala v Strasbourgu od roku 1911 až do roku 1930. Tento rybník sa nachádzal v blízkosti čističky odpadovej vody, kde spracúval množstvo odpadovej vody, ktoré je ekvivalentné množstvu odpadovej vody vyprodukovanej 5 000 ľuďmi. Toto všetko sa odohrávalo na ploche rybníkov, ktoré mali rozlohu 2,5 hektáru. Po niekoľkých modifikáciách fungoval tento systém veľmi dobre.

Najväčším systémom očisty odpadovej vody prostredníctvom rybníkov v Nemecku bol ale systém nachádzajúci sa v Mníchove, a to v roku 1929. Tento systém mal celkovú plochu 233 ha. Táto plocha bola rozdelená na rybníky určené na rozmnožovanie rýb a rybníky určené na ich odchov. Čo sa týka odchovných rybníkov, tvorili plochu 200 ha. Zvyšných 33 ha slúžilo pre rozmnožovanie a liahnutie rýb. Pôvodne bol tento systém vytvorený tak, aby bol schopný spracúvať odpadovú vodu ekvivalentnú produkcii 500 000 ľudí. Jeho maximálna kapacita bol ekvivalent produkcie odpadovej vody 700 000 ľudí. Odpadová voda smerujúca do týchto rybníkov bola vždy najprv mechanicky odkalená v mestskej čističke odpadovej vody. Následne bola táto prečistená voda pumpovaná pozdĺž 30 veľkých rybníkov (350m x 200m), tiahnucich sa plochou 7 ha. Paralelne s potrubiami, vedúcimi odpadovú vodu do rybníkov sa v okolí týchto

jazierok vyskytuje aj prírodný kanál, s vodou pochádzajúcou z rieky Isar. Každý z týchto rybníkov bol individuálne prepojený s potrubím vedúcim odpadovú vodu z čističky, ale tiež s kanálom nesúcim sladkú vodu z rieky Isar. Vďaka tomu že každý z týchto rybníkov mal individuálny prívod so sladkou a odpadovou vodou, proces miešania a pomerov týchto vôd bolo možné kontrolovať a upravovať individuálne v každom rybníku podľa potreby a nameraných hodnôt. Tento systém bol schopný vyprodukovať 100 až 150 ton rýb ročne. Výlov rýb zvyčajne zabral asi 3 týždne. V roku 1970 bol celý tento komplex vyhlásený za vtáčiu rezerváciu, keďže sa tu usadzovalo mnoho stálych ale aj migrujúcich druhov vtáctva, ktoré konzumovali ryby produkované v týchto vodách (Prein, 1990).



OBRÁZOK 2 – Mapa Nemecka zobrazujúca výskyt akvakultúr doplnované o odpadovú vodu (Prein, 1990).

4.2 RYBY

Na chov rýb v týchto rybníkoch bolo vybraných niekoľko druhov rýb. Pred ich začlenením do tohto systému bolo potrebné vykonať mnoho testov aby bola určená ich odolnosť a vhodnosť na chov v rybníkoch dopĺňovaných o odpadovú vodu. Pôvodne sa experimentovalo s Kaprom obyčajným (*Cyprinus carpio*), filtrujúcimi Síhmi (*Coregonus sp.*), mäsožravou Šťukou (*Esox sp.*) alebo Zubáčom veľkoústym (*Stizostedion lucioperca*), Pstruhom potočným (*Salmo trutta*), Pstruhom dúhovým (*Oncorhynchus mykiss*), Mrenou polárnou (*Salvelinus alpinus*) a tiež s hybridným krížencom posledných dvoch druhov (Oesten 1904). Ďalším druhom ktorý bol pre chov navrhnutý je Lieň obyčajný (*Tinca tinca*) (Demoll, 1920). Skúsenosti získané neskoršími výskumami dokázali, že vzhľadom na periodicky vysoké teploty a znižovanie obsahu rozpusteného kyslíka vo vode, sú najvhodnejšími druhmi rýb na pestovanie v akvakultúre založenej na pripúšťaní odpadových vôd Kapor obyčajný a Lieň obyčajný. Pstruh dúhový má veľmi vysokú toleranciu, čo sa týka teplôt vody v ktorej žije, je možné ho ale chovať len v prípade, že kyslík vo vode nedosiahne kritických hodnôt. V tomto systéme je náročné zaistiť tak stabilné prostredie. V Mníchove zaznamenali vysoké straty pri chove Pstruha dúhového, taktiež preto, že je to ryba vyskytujúca sa blízko hladiny vody, a často sa stáva korisťou vtáctva (Prein, 1990). Z rybníkov, ktoré získavajú odpadovú vodu z kanalizačných polí sa zvyčajne vylovilo 400 kg/ha za sezónu. V rybníkoch, ktoré boli dopĺňované o prečistenú odpadovú vodu sa hodnoty vyšplhali o niečo vyššie a za sezónu sa v nich zvyčajne vylovilo 500kg/ha. Tiež sa zistilo že hlboké rybníky sú oveľa produktívnejšie než plytké rybníky, z ktorých sa priemerne vylovilo len 200kg/ha (Schäperclaus, 1961). Takéto hodnoty bolo možné dosiahnuť bez doplnkového prikrmovania. V prípade že sa ryby v rybníkoch dokrmovali, dokrmovali sa najmä vlčím bôbom, kostnou dreňou (Huber 1929) či zrnom (Schäperclaus 1961). Strava pre ryby v takýchto systémoch bola ale zvyčajne založená na kŕmení sa organizmami, ktoré sa prirodzene v tomto prostredí vyskytovali. Z tohoto dôvodu malo mäso rýb z týchto rybníkov pevnejšiu štruktúru a lepšiu chuť (Prein 1990).

4.3 KVALITA VODY

Tieto rybníky dopĺňované o odpadovú vodu sa normálne začínali využívať v období apríla až mája, kedy sú teploty vody stále nižšie ako 5 stupňov. V tomto období sa rybníky naplňovali vodou

a vypúšťali sa do nich ryby. Počas leta mohla voda v rybníkoch v ojedinelých prípadoch dosiahnuť teplotu až 25 stupňov. V období medzi októbrom a novembrom sa ryby vylovovali, a následne sa rybníky vypúšťali, keďže teplota mohla v týchto oblastiach klesnúť až na negatívnych 10 stupňov. Počas zimy sa rybníky nechávali vyschnúť, a často boli ošetrované vápnom. Z toho vyplýva, že čo sa týka produkcie, tieto rybníky boli aktívne po dobu približne siedmich mesiacov. Vďaka tomu že odpadové vody sú všeobecne o trochu teplejšie než vody bežne sa vyskytujúce v prírode, obdobia produkcie rýb boli o niečo dlhšie ako v klasických rybníkoch.

Je nutné aby odpadová voda a voda ktorá je určená na jej rozriedenie mala hodnoty akceptovateľné pre život a chov rýb. Ako príklad neúspešného ekosystému s odpadovou vodou určenou na chov rýb, ktorý v praxi nefungoval podľa očakávaní môžeme uviesť akvakultúru ktorá sa nachádzala v Zerzabelshhof. V tomto prípade mala voda veľmi vysoké pH a tiež obsahovala prívysoké hodnoty železa, a teda nebola vhodná pre chov rýb. Vo výsledku došlo k tomu, že do rybníkov bolo vypustených priveľa rýb, a kvalita vody nebola dostatočná na ich úspešný chov. Ďalším faktorom ktorý môže mať nepriaznivý vplyv na kvalitu vody je voda, ktorá je využívaná na rozriedenie odpadovej vody. K tomuto došlo v prípade mesta Amberg, kde tento systém nefungoval z dôvodu, že voda určená na rozriedenie pochádzala z horských oblastí a bola príliš studená. Z tohoto dôvodu nebol rybník dostatočne produktívny. Keďže je voda v rybníkoch pomerne nestabilná, a to hlavne z dôvodu často sa meniaceho počasia v miernom pásme, je pomerne jednoduché vo vode dosiahnuť kritické hodnoty. Z tohoto dôvodu je nutné, aby boli hodnoty vody neustále kontrolované.

Keďže odpadové vody obsahujú dostatok živín pre tento ekosystém nie je nutné nijakým spôsobom tieto rybníky hnojiť. Hodnoty pH a čpavku sa tiež musia udržiavať v stabilných hodnotách, tak, aby voda nebola toxická pre ryby ktoré v nej žijú. Je potrebné nájsť a udržať rovnováhu medzi množstvom odpadovej vody ktorú vypúšťame do rybníkov, chovom a vysadzovaním rýb do rybníkov a tvorbou čpavku a iných toxických látok v rybníkoch (Prein 1990). V akvakultúrach dopĺňovaných o odpadovú vodu nachádzajúcich sa v Nemecku sa obsah čpavku podarilo vo vode znížiť až o 70% (Prein 1990).

4.3.1 ZDRAVOTNÉ ASPEKTY CHOVU RÝB V RYBNÍKOCHE DOPLŇOVANÝCH O ODPADOVÚ VODU

Mnohé baktérie či parazity sú schopné dlhodobo prežívať vo vnútornostiach rýb počas doby ich života. Tieto ryby sa ničím neodlišujú od rýb ktoré sú chované v klasických rybníkoch. Je ale potrebné dodržať určité pravidlá pri ich výlove. Čo najskôr po tom ako sú vylovené by sa mali ryby riadne vyčistiť a vypitvať, aby sa zamedzilo rozširovaniu baktérií a parazitov do častí tiel rýb, ktoré sú určené na konzumáciu (Demol, 1926), Čo sa týka prípadu Mníchova, ryby vylovené z mníchovských akvakultúr boli pravidelne kontrolované v štátnych laboratóriách. Podľa výsledkov týchto kontrol, hodnoty ktoré boli namerané nikdy nedosahovali kritických čísel, ktoré sú dané Federálnym Úradom pre Zdravie (nemecky *Bundesgesundheitsministerium*). V mäse rýb neboli identifikované žiadne ľudské patogény, a hodnoty ťažkých kovov a aromatických uhľovodíkov vo všetkých prípadoch spĺňali štátne nariadenia. Podľa všetkého boli ťažké kovy viazané na sedimenty nachádzajúce sa na dne rybníkov, a preto neboli pre ryby ohrozujúce (Prein, 1990).

V prípade kontaminácie rybníkov nebezpečnými látkami zvyčajne dochádzalo k procesu presunutia rýb do čistého rybníka. Tento proces dekontaminácie je účinný pre odstránenie niektorých látok, nie vždy je však na 100% úspešný. Ako príklad môžeme uviesť Mníchovské rybníky, ktoré boli kontaminované vysokými hodnotami polychlóvaných bifynelov. Ryby boli presunuté do dekontaminačného jazierka po dobu 1 roka. Hodnoty kadmia a olova, ktoré boli už spočiatku nízke, sa úspešne podarilo v procese dekontaminácie znížiť. Na druhej strane, hodnoty polychlóvaných bifynelov ostali v rybníkoch aj po roku v značne vysokých číslach (Wissmath a Klein, 1980). Táto nemožnosť odstránenia špecifických látok procesom dekontaminácie rýb v rybníkoch môže predstavovať značnú limitáciu využívania tohoto spôsobu detoxifikácie vody a chovu rýb.

4.4 BIOLÓGIA RYBNÍKOV

Pre správne fungovanie rybníkov je potrebný systém, ktorý efektívne odstraňuje čpavok, nitráty a fosfáty. Tieto látky sa jednak nachádzajú v odpadovej vode, ktorá je do rybníkov vpúšťaná, ale taktiež vznikajú z výlučkov rýb ktoré v týchto rybníkoch žijú. V samotnej vode rybníkov boli nitráty, fosfáty a čpavok takmer úplne odstránené pomocou prírodných procesov. Tieto nízke hodnoty sa vo vode darilo udržiavať najmä za predpokladu že bola v ekosystéme udržiavaná stála produkcia fytoplanktónu. Stabilita produkcie fytoplanktónu vo veľkej miere záležala na intenzite a pravidelnosti slnečného žiarenia. V prípade že produkcia fytoplanktónu nebola dostatočná, odstraňovanie čpavku, nitrátov a fosfátov z vody rybníkov malo pomerne malú úspešnosť.

Stav sedimentov v rybníkoch bol viac menej konštantný a nebol ovplyvnený neustále sa meniacim počasím mierneho pásma do takej miery ako hodnoty škodlivých látok. V podobe kalu sa pevné častice z odpadovej vody usádzovali na dne rybníkov. Tento proces usadzovania prebiehal vždy v období kedy boli rybníky produktívne, a to teda od mája do októbra. Kyslík ktorý sa vo vode nachádzal sa postupne vyčerpával, a počas produktívnych mesiacov tvoril sírovodík, čpavok a fosfáty. Tieto látky v značnej miere ovplyvňujú sedimenty nachádzajúce sa na dnách rybníkov. Je teda nutné aby bol prikladaný dôraz na hodnoty týchto látok práve pre sedimenty nachádzajúce sa na dne rybníkov. Tieto pozorovania taktiež poukazujú na fakt, vysušovanie rybníkov na konci každej sezóny nie je len prospešné, ale aj potrebné pre bezpečné fungovanie takto umelo vytvorených ekosystémov. Ďalším procesom, ktorý je treba spĺňať je poriadne mechanické prečistenie vody pred tým ako je vypustená do rybníkov. V prípade že tieto podmienky nie sú splnené, malé organizmy, ktoré slúžia ako potrava pre ryby a prirodzene sa v rybníkoch vyskytujú, umierajú, alebo nemajú možnosť sa rozmnožovať v dostatočnej miere pre život chovných rýb (Kaufmann, 1958).

4.5 PLANKTÓN

Pre optimálne fungovanie rybníkov s akvakultúrou, vybudovanou na základe sladkej vody kombinovanej s odpadovou vodou je potrebné správne udržiavanie ekosystému jazierok. Bolo dokázané, že baktérie ktoré na seba viažu dusík, žijú v symbiotickom vzťahu s riasami, ktoré

produkovujú kyslík. Jednalo sa najmä o baktérie druhu *Clostridium pasteurianum* (Schillinger 1928). Tieto baktérie sú závislé na rôznych druhoch cukrov a mannitolov, ktoré sa vo veľkých množstvách vyskytujú práve v odpadovej vode. V tomto ekosystéme riasy a rôzne typy húb konzumujú dusitany a dusičnany. Z tohoto dôvodu je potrebné pravidelne kontrolovať hodnoty kyslíku rozpusteného vo vode.

4.5.1 ZOOPLANKTÓN

Zooplanktón tvorí dôležitú zložku potravy, ktorú ryby žijúce v rybníkoch konzumujú, a to hlavne pre mladé kapry. Množstvo typov zooplanktónov, ktoré sú schopné žiť v odpadovej vode je značne limitované. Konkrétne sa jedná o perloočky, veslonôžky, ostrakodia a vírniky. Z výskumov aplikovaných na vodné plochy čistých rybníkov bolo zistené, že distribúcia zooplanktónu priamo nekoreluje s množstvom odpadovej vody vypúšťanej do rybníkov. Ich prežitie závisí skôr na vonkajších faktoroch ako je napríklad často sa meniace počasie mierneho pásma (Prein, 1990).

4.5.2 VYUŽÍVANIE KAČKOVITÉHO VTÁCTVA PRE REGULÁCIU RASTU ŽABURINKY

V mnohých z týchto komplexov boli zriaďované pokusy, v ktorých sa do rybníkov vysádzovali populácie kačiek, ktoré boli určené pre odstránenie a konzumáciu žaburinky (*Lemna sp.*), ktorá v rybníkoch rástla vo veľkých množstvách. Táto rastlina plávajúca na hladine vody má blahodarné účinky na čistotu vody, z ktorej odstraňuje prebytočné živiny. Je ideálna na prečisťovanie odpadovej vody. Avšak ak jej výskyt v rybníkoch nie je kontrolovaný, môže prerásť do akýchsi „kobercovitých“ útvarov, pohlcujúcich celú hladinu rybníkov, čím zabraňuje prenikaniu slnečného svetla na dno rybníkov. Takéto zatienenie dna v rybníkoch zamedzuje rastu rias vo vode, a teda aj fotosyntéze, ktorá sa v nich odohráva. To vedie k nedostatku okysličenia vody rybníkov, a teda k potenciálnemu úhynu rýb ktoré v rybníkoch žijú. Kačky mali predstavovať ďalšiu z možností, ktorou by sa dala produkovať potrava pre ľudí žijúcich v mestách v ktorých sa akvakultúry vyskytovali. Odporúčané vysádzovanie kačiek bolo 500 kusov na 1ha (Liebmann, 1961). Týmto spôsobom malo byť vyprodukované až 250kg kačacieho mäsa na každom hektári (Keppner 1921). Časom sa ale ukázalo, že táto metóda nebola veľmi efektívna. Nie len že kačky konzumovali žaburinku vo veľmi malých množstvách, ale tiež lovili menšie ryby vyskytujúce sa

v rybníkoch. Z tohoto dôvodu sa od tejto metódy upustilo, a žaburinka sa nakoniec z rybníkov vylovovala mechanicky ľudmi (Prein 1990).

4.6 EKONOMICKÁ STRÁNKA PROJEKTU

Ak porovnáваме klasické spôsoby poľnohospodárstva zaužívané v Nemecku a systém akvaponických fariem doplnovaných o odpadovú vodu, dosiahneme nasledujúcich pozorovaní. Z hľadiska čistého výnosu sa zistilo, že tieto akvakultúry prinášali podstatne vyššie finančné zisky ako poľnohospodárske plodiny. Z hľadiska celkovej energetickej hodnoty potravín produkovaných pre ľudskú konzumáciu boli na tom poľnohospodárske plodiny lepšie. Rybníky boli schopné vyprodukovať z plochy len 4 milióny kalórií za rok (Kisskalt a Ilzhofer, 1937). Pri porovnaní dvoch typov akvaponických fariem na území Nemecka, rybníky doplnované o odpadovú vodu vyprodukovali v prepočte na kalórie až 10-krát menej potravy, než systém kanalizačných polí, ktorý produkoval ryby, ale taktiež tradičné hospodárske plodiny (Kreuz, 1938).

Čo sa nákladov spojených s čistením odpadovej vody boli tieto akvaponické farmy veľmi výhodné. Zatiaľ čo počiatočné náklady pre výstavbu týchto rybníkov boli pomerne vysoké (až 2-krát nákladnejšie než prekvapkávacie filtre a filtračné lôžka využívané v klasických čističkách vody), z dlhodobého hľadiska sa stále pohybujú v nižších finančných čiastkach než skvapkávacie filtre a filtračné lôžka využívané v klasických čističkách vody, keďže v období produkcie nie len dekontaminujú odpadovú vodu, ale taktiež produkujú ekonomický zisk (Miller, 1914).

Pre akvaponické farmy tiež nie je nutný obsiahly personál. Akvaponická farma a čistička vody, ktorá sa nachádzala v Mníchove, potrebovala po väčšinu roka pre správne fungovanie len 5 pracovníkov. V období výlovu sa toto číslo navýšilo na 10 pracovníkov (Prein, 1990). Pre správu rybníkov, v ktorých bolo potrebné mechanicky odstraňovať žaburinku, bolo nutné zamestnávať viac ľudí. Zatiaľ čo pre rybníky, v ktorých sa žaburinka nepremnožovala, bol potrebný len jeden pracovník na každých 38 hektárov jazernej plochy, pre správne fungovanie rybníkov, ktoré boli žaburinkou obsadzované, musel byť zamestnaný jeden pracovník na každých 4,9 hektárov. Vo výsledku bol však ekonomický prínos akvakultúr doplnovaných o odpadovú vodu stále 2 až 4-krát vyšší, než ekonomický prínos klasických akvakultúr (Schapärclaus, 1958, 1961).

Marketingová stránka celého projektu bola spočiatku značne problematická, keďže bežní občania neboli ochotní konzumovať ryby, ktoré boli vychované za takýchto podmienok. Ryby, vychované za použitia ľudských výlučkov pre nich neboli akceptovateľné. Štát ale tieto obavy vyvrátil informačnou kampanou, ktorá vysvetľovala proces recyklácie živín v prírode, a tiež uistovala občanov o bezpečnosti, kvalite a udržateľnosti rýb, ktoré boli vychované v umelo vytvorených jazierkach za pomoci odpadovej vody (Stecher, 1937).

V Európe sa počet rybníkov dopĺňovaných o odpadovú vodu určených primárne na čistenie vody a kultiváciu rýb, začal postupne znižovať z niekoľkých významných dôvodov. Jednalo sa hlavne o zvýšenie hodnoty pozemkov. Ďalšími dôvodmi bolo navyšovanie plátov zamestnancov, a fakt že tento systém očisty odpadovej vody bol funkčný len po určitú časť roka. Akonáhle začali obdobia zimy, nebola dostupná žiadna možná alternatíva ako zvyškovú odpadovú vodu v týchto zariadeniach spracúvať (Prein, 1996).

5 DISKUSIA

5.1 ROZVINUTÉ X ROZVOJOVÉ KRAJINY – KTORÝ SYSTÉM JE EFEKTÍVNEJŠÍ?

Ktorý systém z uvedených prípadových štúdií funguje lepšie? Je možné aplikovať niektoré postupy z akvaponických fariem recyklujúcich odpadovú vodu z Nemecka do už fungujúceho systému ktorý funguje v Kolkate? V nasledujúcich sekciách tejto kapitoly sa pokúsime výsledky analyzovať.

	Kolkata	Nemecko
rozloha	125 km ²	2,33 km ² (Mníchov)
zachovanie biodiverzity	áno	áno
pracovné príležitosti	17 000	10 (Mníchov)
denná produkcia (kg)	20 000	1,65/2,06 (Mníchov)

TABUĽKA 1 – Porovnanie systémov rybníkov/Močarísk dopĺňovaných o odpadovú vodu vyskytujúcich sa v Kolkate a Nemecku. (Edwards 1999 a Prein, 1990)

Rozloha

Prvým zásadným rozdielom medzi systémami, ktoré sa v minulosti nachádzali v Nemecku, a tým ktorý aktuálne funguje v Kolkate je najmä rozloha. Zatiaľ čo rybníky dopĺňované o odpadovú vodu v Kolkate tvoria jednu veľkú plochu močariska o rozlohe 125 km² (Bunting et al., 2010), čo sa týka Nemecka, budovali sa najmä mnohé maloplošné rybníky dopĺňované o odpadovú vodu, pričom najväčší z nich bol práve systém nachádzajúci sa v Mníchove o rozlohe 2,33 km² (Prein, 1990). Ktorý z týchto spôsobov je ale lepší?

Zámer

V prvom rade je potreba sa identifikovať dôvod, pre ktorý sa tieto mestá/krajiny rozhodli vybudovať tento typ čističiek odpadových vôd. Čo sa týka rybníkov v Kolkate, boli vybudované z dôvodu očisty odpadovej vody pre celé mesto, a zároveň pre chov rýb. Systémy fungujúce v Nemecku mali podobný význam. Rozdielom ale bolo, že primárnym cieľom bolo najmä odstránenie škodlivých látok z vody tak, aby nebola toxická v prípade, vypustenia do prírody.

Spĺňali funkciu výpomoci už postaveným klasickým čističkám odpadových vôd (Reichenbach-Klinke, 1963). Chov rýb a pestovanie plodín predstavovalo len akýsi vedľajší produkt, ktorý sa ukázal byť ekonomicky významný. Keďže rozloha týchto rybníkov bola diametrálne rozdielna, ich produkcie sa tiež pohybovali v rozdielnych číslach.

Zamestnanosť

Jedným z veľkých kladov, vyplývajúcich z takýchto systémov je možná ponuka nových pracovných pozícií. Malé rybníky dopĺňované o odpadovú vodu, ktoré sa nachádzali v Nemecku vytvárali len 5 nových pracovných pozícií. To zahŕňalo všetkých pracovníkov, ktorí sa starali o bežný chod farmy, kontrolu kvality vody, ale aj o odstraňovania žaburinky z hladiny rybníkov. V období výlovu rýb sa počet pracovníkov zvýšil o 5 zamestnancov, keďže bolo potrebné ryby vyloviť a vypitvať (Prein, 1990). Pre funkciu tak veľkého komplexu močarísk ako sú tie ktoré sa nachádzajú vo východnej Kolkate je potrebné oveľa väčšie množstvo zamestnancov. Tento systém vytvára až 17 000 nových pracovných pozícií pre obyvateľov Kolkaty (Ghosh, 2018), pričom populácia Kolkaty je 4,6 miliónov.

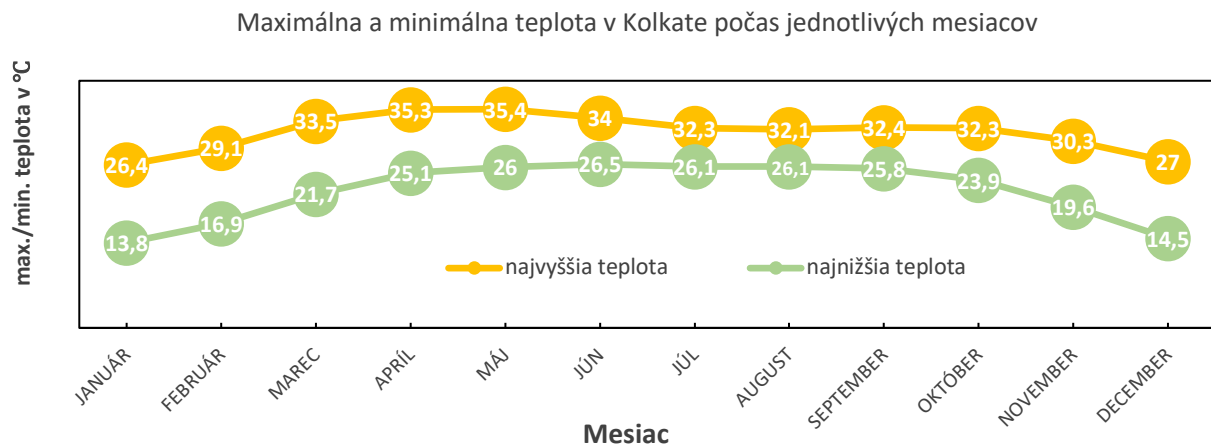
Ryby

Druhy rýb, ktoré je možné chovať v týchto komplexoch sa tiež líšia. Ako ukazuje tabuľka 2, jediný druh ryby, ktorý bol rovnaký pre obidva druhy rybníkov dopĺňovaných o odpadovú vodu bol Kapor obyčajný (*Cyprinus carpio*). Je pravdepodobné, že tento druh mali oba komplexy spoločný práve vďaka schopnosti Kapra obyčajného žiť vo veľmi nehostinných podmienkach. Čo sa týka kvality vody či druhu potravy, tento druh má veľmi nízke nároky. Ako môžeme vidieť v tabuľke 2, v Kolkate je chovaných o mnoho viac druhov rýb. Jedná sa až o 20 rôznych druhov rýb. Je pravdepodobné, že oproti Nemecku, v ktorom sa chovalo len 9 druhov rýb, má Kolkata oveľa priaznivejšie podmienky pre chov. Ako je viditeľné podľa grafu 1, v Kolkate sa teplota počas roka normálne pohybuje v pozitívnych teplotách. Najnižšou teplotou ktorú táto oblasť dosahuje je 13,8°C. Najvyššou teplotou v Kolkate je podľa grafu 1 35,4°C. To znamená, že toto

Ryby chované v jednotlivých komplexoch	Nemecko	Kolkata
Katla obyčajná (<i>Catla catla</i>)	Nie	Áno
Labeo avanské (<i>Labeo rohita</i>)	Nie	Áno
Kapor morský (<i>Cirrhinus mrigala</i>)	Nie	Áno
Labeo bengálské (<i>Labeo bata</i>)	Nie	Áno
Pomarančovník labeo (<i>Labeo calbasu</i>)	Nie	Áno
Tolstolobik biely (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	Nie	Áno
Amur biely (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	Nie	Áno
Tolstolobec pestrý (<i>Aristichthys nobilis</i>)	Nie	Áno
Kapor obyčajný (<i>Cyprinus carpio</i>)	Áno	Áno
Tilapia mozambická (<i>Tilapia mossambica</i>)	Nie	Áno
Tilapia nílská (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Nie	Áno
Okúň strieborný (<i>Lates calcarifer</i>)	Nie	Áno
<i>Liza parsia</i>	Nie	Áno
<i>Mystus gulio</i>	Nie	Áno
Štuka severná (<i>Esox lucius</i>)	Áno	Nie
Pstruh potočný (<i>Salmo trutta</i>)	Áno	Nie
Pstruh dúhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Áno	Nie
Mrena polárna (<i>Salvelinus alpinus</i>)	Áno	Nie
Hybrid <i>Salvelinus alpinus</i> a <i>Oncorhynchus mykiss</i>	Áno	Nie
Lieň obyčajný (<i>Tinca tinca</i>)	Áno	Nie
Síhy (<i>Coregonus sp.</i>)	Áno	Nie
Zubáč veľkousty (<i>Stizostedion lucioperca</i>)	Áno	Nie
Ompok indický (<i>Ompok pabda</i>)	Nie	Áno
Nožovec veľký (<i>Chitala chitala</i>)	Nie	Áno
<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	Nie	Áno
Piraňa rastlinožravá (<i>Piaractus brachypomus</i>)	Nie	Áno
Sumec pangas (<i>Pangasius pangasius</i>)	Nie	Áno
Sumček indický (<i>Mistus vittatus</i>)	Nie	Áno

TABUĽKA 2 – Druhy rýb kultivovavné v Nemecku a Kolkate (Prein, 1990 a Hussan, 2016).

územie nedosahuje bodu mrazu, a rybníky ani v chladnejších obdobiach nezamrzajú. Je všeobecne známe, že na teplejších územiach je pestrejšia biodiverzita, a teda dáva zmysel že v Kolkate je možné chovať viac druhov rýb. Ryby, ktoré sa chovajú v Nemecku, musia byť menej náročné druhy, ktoré sú odolné najmä voči nízkym teplotám, keďže voda v ktorej žijú môže v novembri klesnúť až na 3°C. V priemere je za deň možné v rybníkoch dopĺňovaných o odpadovú vodu (jedná sa o celý komplex močarísk) v Kolkate vyloviť až 20 000 kilogramov rýb (Edwards, 1999). Na druhú stranu, ako môžeme vidieť v tabuľke 1, čo sa týka očistného rybníka v Nemecku, za deň sa v priemere vylovilo len 1,65 kilogramov proteínu v kanalizačných poliach, a 2,06 kilogramov proteínu v rybníkoch dopĺňovaných o odpadovú vodu (Prein, 1990).



Graf 1 Maximálna a minimálna teplota v kolkate počas jednotlivých mesiacov (World Atlas, 2023)

Biodiverzita

Či už sa jedná o systém, ktorý v minulosti fungoval v Nemecku, alebo systém ktorý aktuálne funguje v Kolkate, oba vo veľkej miere podporujú lokálne ekosystémy a biodiverzitu. V sladkovodných ekosystémoch mokradí sa vyskytuje viac ako 40% druhov fauny a flóry z celého sveta. V prípade fauny je to až 12% z druhov z celého sveta. Ekosystémy mokradí navyše vo veľkej miere podporujú a poskytujú útočisko pre mnohé endemické druhy živočíchov a rastlín (WWF, 2011). V prípade Kolkaty, celé územie močarísk východnej Kolkaty (EKW – East Kolkata Wetlands) je súčasťou Ramsarského priestoru. Ramsarský dohovor zahŕňa mokrade majúce medzinárodný význam v prvom rade ako biotopy vtáctva. Na území močarísk východnej Kolkaty bolo začiatkom 20. storočia zaznamenaných až 97 druhov rastlín (Bhattacharya, 2012; Dasgupta, 1973), 4 druhy obojživelníkov a 19 druhov plazov. Populácia rýb pozostáva najmä z rôznych druhov kaprov a tilapií. Môže byť ale značne ohrozená zvyšujúcim sa výskytom invazívnych druhov rýb (Ghosh, 2005), ktoré boli na toto územie s veľkou pravdepodobnosťou dopravené za účelom chovu rýb určených na konzumáciu ľuďmi. Na tomto území bolo zaznamenaných až 248 druhov vtáctva (Ghosh, 1990). Niektoré populácie sa ale znižujú, a to najmä z dôvodu

nedostatku potravy a nadmerného využívania chemikálií za účelom očisty či fertilizácie rybníkov, ale aj polí, ktoré sa na tomto území nachádzajú (Bhattacharya et al., 2008). Populácie cicavcov sa vo veľkej miere znižujú najmä kvôli strate ich prirodzeného životného prostredia, keďže sa vodná plocha tohoto močariska neustále rozširuje z dôvodu vytvorenia novej plochy pre chov rýb a očistu odpadovej vody (Ghosh, 1990).

K biodiverzite akvakultúr doplnovaných o odpadovú vodu v Nemecku dáta neboli doposiaľ spracované, toto územie je ale možné analyzovať na základe už spracovaných informácií týkajúcich sa biodiverzity európskych močarísk mierneho pásma. Takýto ekosystém bol prospešný najmä pre vodné vtáctvo ako sú napríklad kačky, bociany a volavky, ktoré konzumovali mladé ryby malého veku, ktoré boli do jazierok vysádzané, ale aj druhy, ktoré prirodzene obsadili toto územie, ako napríklad obojživelníky, malé plazy, mäkkýše a rôzne druhy článkonožcov. Toto územie taktiež poskytovalo nové útočisko pre mnohé druhy rastlín, ktoré pre svoje prežitie potrebujú vlhké prostredie.

Kontrola parametrov vody

V Nemecku bola kontrola vody omnoho intenzívnejšia a regulovaná než v Kolkate. To či je voda vhodná pre chov rýb sa v Kolkate kontroluje primárne podľa zafarbenia vody. Pracovníci kontrolujú najmä intenzitu farby a hĺbku vody, po ktorú dosahuje slnečné žiarenie (Edwards, 2009). Podľa farby sú schopní určiť či je do rybníkov možné dopustiť ďalšiu dávku odpadovej vody alebo nie.

Analýza toho, ktorý z týchto systémov je lepší je pomerne náročná. V Nemecku sa vytvárali malé rybníky ktoré slúžili ako výpomoc pre klasické čističky vody. Vďaka tomu, že boli omnoho menšie produkovali menej potravy, a tak isto bola kvôli klimatickému pásmu variabilita druhov rýb, ktoré je možné v takomto komplexe chovať omnoho nižšia. Tieto systémy majú takisto o niekoľko mesiacov kratšie obdobie produktivity.

To, že rybníky doplnované o odpadovú vodu v Nemecku mali menšiu rozlohu, malo ale aj svoje klady. Keďže plocha, ktorá bola pretvorená na tieto rybníky z pôvodných ekosystémov v Nemecku nebola až tak veľká ako močariská v Kolkate, predstavovali menší nátlak na život pôvodných suchozemských alebo suhomilných druhov. Ďalšie pozitívum predstavuje fakt, že

súbor niekoľkých systémov rozosiatych po celej ploche krajiny má schopnosť poskytnúť potravu pre ľudí žijúcich kdekoľvek v krajine, zatiaľ čo tak veľký systém ako mokrade východnej Kolkaty je prospešný len pre mesto, v ktorom sa nachádza.

Zásadným rozdielom je kontrola kvality vody. Je síce pravda, že ryby, ktoré sú vylovené v rybníkoch dopĺňovaných o odpadovú vodu v Kolkate sú pred konzumáciou presunuté do dekontaminačných jazierok, riziko prenášania chorôb, baktérií a parazitov je však stále veľké. Implementácia štandardnej formy kontrolovania parametrov vody v EKW by bola ideálna.

Oba tieto systémy ale veľmi pozitívne vplyvajú na biodiverzitu životného prostredia. Podľa UN water (2023) od roku 1970 do 2015 vymizlo až 35% svetových močarísk, pričom od roku 2020 sa rýchlosť tohoto úpadku stále zvyšuje. Pre zachovanie biodiverzity je ich ochrana a výstavba kľúčová. Fakt, že je močariská podporujú nie len biodiverzitu a ekonomiu štátov či miest, ale tiež pomáhajú v boji proti hladu robí ich existenciu pre človeka veľmi výhodnou.

Je jasné že to, akým spôsobom momentálne funguje systém nachádzajúci sa v Kolkate nie je ideálne. Aplikácia rovnakého systému aký sa nachádzal v Nemecku nie je možná, keďže v Kolkate sa nenachádza klasická čistička vody, a teda nie je možné aby rybníky slúžili len ako výpomoc pre čističky vody. Celý tento systém slúži ako jediný spôsob na očistu vody celej Kolkaty. V Kolkate je jednoznačne potrebné implementovať viacero spôsobov kontroly bezpečnosti vody.

5.2 MOŽNÉ LIMITÁCIE VYUŽITIA TOHOTO SYSTÉMU V ROZVOJOVÝCH KRAJINÁCH

Jedným z najväčších problémov vyskytujúcich sa najmä v rozvíjajúcich sa krajinách je nedostatok pitnej vody, ktorý vyplýva z nedostatku alebo dokonca neexistencie čističiek vody v daných krajinách. Mnohým z týchto krajín chýbajú zdroje a infraštruktúra dostatočná na vystavanie vhodných čističiek vody. To vedie ku kontaminácii vodných zdrojov.

Je možné tento model rozšíriť ďalej? Je dostatočne bezpečný na to aby neškodil ľudskému zdraviu či rybám žijúcim v týchto jazierkach? Takýto druh chovu rýb môže predstavovať určité riziko pre verejné zdravie ľudí. Odpadová voda, ktorá nie je dostatočne prečistená, môže mať nepriaznivé dôsledky na ľudský organizmus. Ľudské zdravie môžu

ohrozovať najmä bakteriálne a parazitické infekcie ako napríklad hnačka či rôzne druhy kožných ochorení. Nesprávne očistená voda môže taktiež obsahovať mnohé druhy kontaminantov, ktoré môžu byť pre ľudský organizmus, ale taktiež pre životné prostredie nebezpečné. Medzi tieto látky patria napríklad rôzne druhy patogenických organizmov, ťažké kovy, pesticídy, antibiotiká a hormóny (Akor a Muchie, 2011).

V krajinách Ázie, v ktorých je recyklácia odpadovej vody a jej využitie v následnom chove rýb zaužívaná, boli vykonané merania baktérie *Escherichia coli* vyskytujúcej sa v telách rýb. Podľa štúdie sa *Escherichia coli* vyskytovala vo veľkých množstvách v tráviacich traktoch rýb. V svalovom tkanive rýb bol ale podiel *Escherichia coli* veľmi nízky (Edwards, 1992). Svalové tkanivo tiež obsahovalo veľmi nízke množstvo termo-tolerantných koliformných baktérií. Na druhej strane, koža a tráviaci trakt rýb z týchto jazierok bol termo-tolerantnými baktériami vysoko kontaminovaný (Lan et al., 2007). Ďalšie veľké riziko, ktoré je spájané s využívaním odpadovej vody v týchto jazierkach je produkcia rybami prenosných zoonotických parazitov, ktoré môžu byť prenesené na človeka prostredníctvom konzumácie surového alebo nedostatočne pripraveného mäsa rýb (Ljubojevic et al., 2015).

Ryby vychované v akvakultúrnych systémoch napušťaných odpadovou vodou môžu byť taktiež infikované motolicami. Výskyt motolíc ale nebol počas meraní vo Vietname tak významný ako ich výskyt v akvakultúrach, ktoré nevyužívali k svojmu fungovaniu odpadovú vodu (Nguyen et al., 2009). Hostiteľom, ktorého motolice infikujú v prvom štádiu svojho života sú v prvom rade sladkovodné slimáky. Následne sa na základe typu motolice presúvajú na sekundárneho hostiteľa. Môže sa jednať buď o ryby alebo o vodné rastliny. Tieto podmienky môžu byť nebezpečné nie len pre pracovníkov, pracujúcich na danej farme, ale aj pre ľudí konzumujúcich ryby z týchto fariem (Mara, 2003). Z tohoto dôvodu je nutné aby v odpadovej vode, ktorá sa využíva v týchto jazierkach neboli žiadne vajička parazitických motolíc (WHO, 1989). Veľké riziko pre zdravie človeka predstavujú toxické kovy a metaloidy, ktoré sa v telách rýb zhromažďujú. Ryby sú toxickým kovom a metaloidom vystavené najmä cez potravu, ktorú získavajú z vody zmiešanej z odpadovou vodou, ale tiež prostredníctvom žiabier (Castro-González a Méndez-Armenta, 2008). Ďalšie významné riziko pre verejné zdravie predstavujú vysoké levely arzénu, kadmia, ortuti a olova v telách rýb (Marcussen a Holm, 2007). Ďalšími potenciálne nebezpečnými látkami sú najmä ťažké kovy. Tie boli namerané v Hanoi a tiež

v jazere Cheung Ek nie len v telách rýb, ale tiež v rastlinách nasadzovaných do jazierok – konkrétne v Tokozelke nadmutej. Tieto ťažké kovy sa však v telách rýb a rastlín nevyskytovali v dostatočne veľkých hodnotách na to, aby výrazne ohrozovali ľudský organizmus. Ďalším možným rizikom môžu byť pesticídy. Niektoré zo starších pesticídov ako napríklad DDT alebo lindan môžu ostať v pôde alebo vo vode po dobu niekoľkých rokov. Aj napriek tomu že používanie týchto pesticídov je v rozvojových krajinách zakázané, mnohé z rozvojových krajín DDT či lindan stále využíva (EC, 2001). Vďaka tomu, že pesticídy sú veľmi ľahko rozpustné v lipidoch, tieto látky sa následne ukladajú v tuku rýb (Equani et al., 2013). Hrozí teda, že sa pesticídy vyskytujúce sa v akvatickom prostredí dostanú do potravy produkovanej v tomto prostredí. Ďalšou možnou limitáciou pre túto metódu môže predstavovať fakt, že potenciálna potrava je kultivovaná pomocou odpadovej vody. Mnohí ľudia nie sú ochotní konzumovať niečo čo bolo vychované/vypestované za takýchto podmienok aj v prípade že je daná potravinu z hľadiska bezpečnosti pre človeka v poriadku. Možnú limitáciu predstavujú aj prímorské oblasti, v ktorých sú ľudia zvyknutí konzumovať morské ryby. Vo veľa prípadoch sú na konzumáciu morských živočíchov tak navyknutí, že po sladkovodných rybách by bol nízky dopyt z dôvodu že nie sú pre nich až tak chutné.

5.3 VYUŽITIE RYBNÍKOV DOPLŇOVANÝCH O ODPADOVÚ VODU V ROZVOJOVÝCH ZEMIACH.

Tento spôsob očisty by mohol byť veľmi prínosný v mnohých rozvojových zemiach. Zásadným faktorom pri jeho fungovaní je klíma danej krajiny či mesta. Ak je prostredie príliš suché či chladné, existuje možnosť, že vybudovanie močarísk nebude vôbec možné. Kombináciou techník z Nemecka a Kolkaty môže vzniknúť mnoho nových systémov, ktoré detoxifikujú vodu, ale tiež obyvateľom poskytnú nové pracovné pozície a potravu. Ideálne by bolo rozmiestnenie niekoľkých systémov po ploche krajiny tak, aby bolo možné distribuovať potravu po celej krajine, a to aj v prípade že infraštruktúra nie je plne rozvinutá. Ďalším odporúčaním je vytváranie menších rybníkov tak, aby tento systém nevytváral priveľký nátlak na už fungujúci ekosystém. Samozrejme, vysádzanie vodných rastlín je optimálne, keďže rastliny filtrujú z vody látky nebezpečné pre fungovanie vodného systému, ako napríklad dusitany a dusičnany, a zároveň produkujú kyslík, ktorý je esenciálny pre faunu žijúcu v rybníkoch.

Toto jedinečné spojenie akvapónie a systému prečisťovania mestskej odpadovej vody má mnoho pozitívnych výsledkov. Keď sa na tento systém pozeráme z environmentálneho hľadiska, jazierka predstavujú veľmi neinvazívny spôsob, akým človek môže dosiahnuť podmienok, ktoré sú pre neho dôležité. Nie len že tieto čističky prečisťujú odpadovú vodu, vytvárajú taktiež ekosystém, v ktorom môžu tamojšie vodné rastliny a živočíchy žiť v symbióze. Aj napriek tomu, že sú vytvorené umelo, fungujú na veľmi podobnom princípe ako prirodzené jazerá. Výlučky, ktoré produkujú rôzne živočíchy a dostanú sa do vody, slúžia ako zdroj obživy pre rastliny. Následne riasy a rastliny slúžia ako zdroj potravy pre ryby.

Ďalším pozitívom je, že takýmto spôsobom máme možnosť očisty vody v krajinách s nižšou infraštruktúrou, kde nie sú čističky vody časté, alebo sa v nich nevyskytujú vôbec. Ak aj táto očista nie je úplná, je stále efektívnejšia ako miešanie ľudských výlučkov a pitnej vody, či defekácia do riek a na otvorenom priestranstve. Krajiny a mestá, ktoré nemajú dostatočne rozvinutú infraštruktúru, majú často problém aj z obživou ich obyvateľov. Tento systém poskytuje možné riešenie aj pre tento problém, keďže poskytuje živočíšny alebo aj rastlinný proteín. Takéto využitie akvaponických fariem taktiež vytvára mnoho pracovných pozícií v rozvojových krajinách.

Je otázne či by ich využitie bolo vhodné aj v rozvinutých krajinách. V prvom rade by vyžadovalo vo väčšine prípadov dostatočnú plochu v krajine alebo v meste, keďže mnoho miest je o mnoho väčších než Kolkata. Ďalší možný problém ale môžu spôsobovať stravovacie návyky ktoré sú v rozvinutých a rozvojových krajinách veľmi odlišné. V agrikultúre krajín rozvinutých sa často využíva mnoho pesticídov, ale problém nepredstavujú len látky, ktoré využívame k pestovaniu plodín. Jedná sa aj o látky, ktoré konzumujeme, ako napríklad lieky. Nie je jasné, či by tento „primitívny“ spôsob dokázal vyčistiť vodu dostatočne no to aby bola pre ryby bezpečná, a aby tieto látky nekolovali naspäť ku človeku. Aby bolo možné na túto otázku odpovedať, bolo by potrebné vykonať rozsiahle výskumy týkajúce sa tejto témy. Potenciál takéhoto spôsobu je ale veľký, keďže sa jedná neinvazívny, environmentálne prijateľný spôsob akým očistiť vodu, nesúci ďalšie klady prospievajúce človeku.

6 ZÁVER

V prvom segmente tejto bakalárskej práce sme definovali problémy, týkajúce sa nedostatku pitnej vody, jedla či pracovných podmienok v rozvojových krajinách. Taktiež sme ozrejmili základné informácie týkajúce sa akvapónie a akvakultúr. Vysvetlili sme si čo sú rybníky doplnené o odpadovú vodu a podali základné informácie týkajúce sa chemických procesov a pôdy nachádzajúcej sa v týchto rybníkoch.

V druhom segmente sme sa venovali využitiu odpadových rybníkov dopĺňovaných o odpadovú vodu nachádzajúcich sa v Kolkate. Definovali sme samotný proces, ktorým tieto systémy fungujú, ryby a rastliny, ktoré sú v týchto rybníkoch kultivované ale tiež sme sa venovali výhodám takéhoto systému, jeho možnými limitáciami a celkovou bezpečnosťou konzumácie rýb v takomto systéme.

V tretej časti sme sa bližšie pozreli na systém, ktorý ako výpomoc pre čističky odpadovej vody fungoval v 19. storočí v Nemecku. Zamerali sme sa na ich ciele a rozdelili sme si dva typy možného využitia odpadovej vody, a to jej využitie v rybníkoch určených len na chov rýb. Druhý typ predstavoval systém, v ktorom bola odpadová voda využívaná ako už na chov rýb, tak aj na pestovanie plodín. Definovali sme ryby, ktoré sa v týchto systémoch chovajú, kvalitu vody, zdravotné aspekty využitia týchto systémov, biológiu rybníkov ale tiež ekonomickú stránku tohoto projektu.

V záverečnom segmente sme primárne analyzovali rozdiely kultivácie rýb a rastlín týmto spôsobom v dvoch diametrálne odlišných prostrediach. Porovnávali sme celkovú rozlohu, a to konkrétne Mníchovského a Kolkatského systému, aký bol pôvodný zámer pre vybudovanie týchto systémov, pracovné príležitosti Mníchovského a Kolkatského systému. Ďalej sme sa zamerali na to koľko druhov rýb je možné v jednotlivých komplexoch kultivovať a aké množstvo potravy sú tieto komplexy schopné vyprodukovať. Tiež sme diskutovali pozitívny dopad oboch systémov na biodiverzitu krajiny a to, akým spôsobom prebieha kontrola bezpečnosti

parametrov vody. V poslednej časti sme poukázali na to, aké limitácie môžu tieto systémy mať, a skúmali sme, či by bola táto možnosť v iných rozvojových krajinách prínosná.

A.Bhattacharya, S.Sen, P.K.Roy, A.Majumdar; A critical study on status of east Kolkata wetlands with special emphasis on water birds as bio-indicators, In: Bhattacharya, S., Ganguli, A., Bose, S., & Mukhopadhyay A. (2012). *Biodiversity, traditional practices and sustainability issues of East Kolkata Wetlands: A significance Ramsar site of West Bengal, (India)* (Vol. 6) [Journal]. Department of Environmental Science, University of Calcutta, 51/2, Hazra Road, Kolkata-700019, (INDIA).

Anh, N. D. Q., Phuong, N. T., Murrell, K. D., Johansen, M. V., Dalsgaard, A., Thu, L. T., Chi, T. T. K., & Thamsborg, S. M. (2009). Animal Reservoir Hosts and Fish-borne Zoonotic Trematode Infections on Fish Farms, Vietnam. *Emerging Infectious Diseases*, 15(4), 540–546. <https://doi.org/10.3201/eid1504.081147>

Akpor, O. B. & Muchie, M. (2011). Environmental and public health implications of wastewater quality. *African Journal of Biotechnology*, 10(13), 2379–2387. <https://doi.org/10.5897/ajb10.1797>

Barrow, C. J. (1994). *Wetlands* (2nd edn.), W. J. Mitsch and J. G. Gosselink. Van Nostrand Reinhold, New York, 1993. ISBN 0 442 00805 8, £23.95 (hardback), xii + 722 pp. In *Land Degradation & Development* (Vol. 5, Issue 1, p. 57). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/ldr.3400050107>

Bhattacharya, S., Ganguli, A., Bose, S., & Mukhopadhyay A. (2012). Biodiversity, traditional practices and sustainability issues of East Kolkata Wetlands: A significance Ramsar site of West Bengal, (India) (Vol. 6) [Journal]. Department of Environmental Science, University of Calcutta, 51/2, Hazra Road, Kolkata-700019, (INDIA).

Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R. H., Jauncey, K., Telfer, T. C., Lorenzen, K., Little, D. G., Ross, L. G., Handisyde, N., Gatward, I., & Corner, R. A. (2010). Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365(1554), 2897–2912. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0170>

Bunting, S., Pretty, J., & Edwards, P. P. (2010). Wastewater-fed aquaculture in the East Kolkata Wetlands, India: anachronism or archetype for resilient ecocultures? *Reviews in Aquaculture*, 2(3), 138–153. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2010.01031.x>

Castro-Gonzalez, M. I., & Méndez-Armenta, M. (2008b). Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 26(3), 263–271. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2008.06.001>

Das, S., & Jana, B. B. (1999b). Dose-dependent uptake and Eichhornia-induced elimination of cadmium in various organs of the freshwater mussel, *Lamellidens marginalis* (Linn.). In *Ecological Engineering* (Vol. 12, Issues 3–4, pp. 207–229). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/s0925-8574\(98\)00062-7](https://doi.org/10.1016/s0925-8574(98)00062-7)

Dasgupta, R. (1973). Contribution of Botany of a portion of Salt Lakes in: Mallick, J. K. (2009). Endemic Marsh Mongoose *Herpestes palustris* (Carnivora: Herpestidae) of East Kolkata Wetlands, India: a status report. *Journal of Threatened Taxa*, 1(4), 215–220. <https://doi.org/10.11609/jott.o1936.215-20>

Demoll, R. 1920. Das Abwasserfischteichverfahren Frickhinger, H.W. (ed) Einzeldarstellungen aus dem Gebiet der angewandten Naturwissenschaften. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Demoll, R. 1926. Die Reinigung von abwässern in fischtein. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Dey, D. (2013). *Ecosystem and Livelihood Support: The Story of East Kolkata Wetlands*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Ecosystem-and-Livelihood-Support%3A-The-Story-of-East-Dey-Banerjee/74a5e29fcc4122bf008f4c9e05e40bf90993ce1a>

Diver, S. (200 C.E.). *AQUAPONICS - INTEGRATION OF HYDROPONICS WITH AQUACULTURE* [E-book]. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas.

Edwards, P. & The World Bank. (1992). *Reuse of Human Wastes in Aquaculture: A Technical Review*. UNDP-World Bank Water and Sanitation Program.

Edwards, P., & Pullin, R. S. V. (1990). *Wastewater-fed Aquaculture*.

Edwards, P. G. (2009). Traditional Asian aquaculture. *Elsevier eBooks*, 1029–1063. <https://doi.org/10.1533/9781845696474.6.1029>

Edwards, P. (1999). *Wastewater-fed aquaculture : State-of-the art* [E-book].

Eqani, S. a. M. a. S., Malik, R. N., Supuran, C. T., Zhang, G., Mohammad, A., Qadir, A., Rashid, A., Bokhari, H., Jones, K. C., & Katsoyiannis, A. (2013). Uptake of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) by river water fish: The case of River Chenab. *Science of the Total Environment*, 450–451, 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.052>

Ghosh, A., Mondal, S., & Kole, D. (2018). Environmental Impact Assessment: A Case Study on East Kolkata Wetlands. *Springer eBooks*, 285–303. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7248-2_15

Ghosh, D., 1990. A low-cost sanitation technology alternative for municipal wastewater disposal derived from the Calcutta sewage-fed aquaculture experience. In: Edwards, P. (1999). *Wastewater-fed aquaculture : State-of-the art* [E-book].

Ghosh, D. (2005). Ecology and Traditional Wetland Practice: Lessons from Wastewater Utilisation in the East Calcutta Wetlands.

Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., & Burnell, G. M. (2019b). *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future*. Springer.

Holm, P. E., Marcussen, H., & Dalsgaard, A. (2010). Fate and risks of potentially toxic elements in wastewater-fed food production systems—the examples of Cambodia and Vietnam. *Irrigation and Drainage Systems*, 24(1–2), 127–142. <https://doi.org/10.1007/s10795-009-9086-6>

Huber, W. 1929. Entstehung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit der neuen Klärteichanlage auf dem Truppenübungsplatze Grafenwöhr (Obpf.) In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Hussal, A. (2016). Threats to fish diversity of East Kolkata Wetlands and Conservation needs. *Aquaculture Times*.

Jana, B. B. (2011). Managing the downstream pollution problems and poverty reduction in the tropical developing world: Relying on the integration of nature's library, traditional knowledge and ecological sanitation. *Procedia Environmental Sciences*, 9, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.11.031>

Jones, E. G., Van Vliet, M. T. H., Qadir, M., & Bierkens, M. F. P. (2020). *Country-level and gridded wastewater production, collection, treatment and re-use*. <https://doi.org/10.1594/pangaea.918731>

Kaufmann, J. 1958. Chemische und biologische Untersuchungen an den Abwasserfischeichen von München. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Keppner, H. 1921. Die Beseitigung der städtischen Abwässer und ihre Wirtschaftliche Nutzung. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Khalil, M. T., & Hussein, H. A. (1997). Use of waste water for aquaculture: an experimental field study at a sewage-treatment plant, Egypt. *Aquaculture Research*, 28(11), 859–865. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1997.00910.x>

Kisskalt, K. And H. Ilzhöfer 1937. Die Reinigung von Abwasser in Fischeichen. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

König, B., Junge, R., Bittsánszky, A., Villarroel, M., & Komives, T. (2016). On the sustainability of aquaponics. In *Ecocycles* (Vol. 2, Issue 1, pp. 26–32). European Ecocycles Society. <https://doi.org/10.19040/ecocycles.v2i1.50>

Kreuz, A. 1948. Leitfaden für die landwirtschaftliche Abwasserverwertung. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Liebmann, H. 1960. Handbuch der Frischwasser- und Abwasser-Biologie. In: Edwards, P., & Pullin, R. S. V. (1990). *Wastewater-fed Aquaculture*.

Ljubojevic, D., Novakov, N., Djordjevic, V., Radosavljević, V., Pelić, M., & Ćirković, M. (2015). Potential Parasitic Hazards for Humans in Fish Meat. In *Procedia food science* (Vol. 5, pp. 172–175). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.09.049>

Mandal, R. N., Debnarayan, C., Pandey, B. K., Baidya, N. P., Chakraborti, P. P., & Jaysankar, P. (ca. 2015). *Promotion of sewage-fed Aquaculture through public private partnership*. regional Research Center; Central Institute of Freshwater Aquaculture, Rahara, Kolkata.

Miller, W. 1914. Städtische Kanaliisationen. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Mishra, S.S., Mohanta, K. N., Sahoo, S. K., Das, Rakesh and Pillai, B. R. 2018. Hands-on-training on “Scientific Freshwater Aquaculture Practices in Manipur”. ICAR-CIFA Training Manual No. 93. ICAR-Central Institute of Freshwater Aquaculture, Kausalayaganga, Bhubaneswar, Odisha, India. Pp. 65.

Mukherjee M. 1998 Clever manipulation of fishery and recreational activity on any wetland offers an ecofriendly approach towards employment generation, In: Jana, B. B., Mandal, R. N., & Jayasankar, P. (2018). *Wastewater Management Through Aquaculture*. Springer.

Oesten, G. 1904. Fischzucht auf Rieselfeldern. In: Edwards, P., & Pullin, R. S. V. (1990). *Wastewater-fed Aquaculture*.

Organization, W. H. (1986b). World Health Organization Publications Catalogue: New books.

Organization, W. H. (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. World Health Organization.

Ou, Z.Q. and T.H. Sun, 1996. From sewage irrigation to ecological engineering treatment for wastewater in China. In: J. Staudenmann, A. Schönborn and C. Etnier (Eds.), , September 18-22, 1995, Transtec Publications, Zurich, pp. 25-34. In: Edwards, P. (1999). *Wastewater-fed aquaculture : State-of-the art* [E-book].

Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Reichenbach-Klinke, H. 1963. Abwasserfische zur biologischen Nachreinigung der Abwässer kleinerer und mittlerer Gemeiden. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Rahman, A.K.A., 1992. Tilapia in Bangladesh. In : E.A. Balayut (Ed.), 27-29 June 1991, Bogor, Indonesia. FAO Fisheries Report No. 458, Supplement, FAO, Rome, pp. 139-42. In Edwards, P. (1999). *Wastewater-fed aquaculture : State-of-the art* [E-book].

Ritchie, H. (2021, July 1). *Clean Water and Sanitation*. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/water-access>

Schäperclaus, W. 1958. Die Karpfenetichwirtschaft in der Deutschen Demokratischen Republik und ihre Wissenschaftlichen Hauptprobleme. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Schäperclaus, W. 1961. Lehrbuch der Teichwirtschaft. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Schillinger, A. 1928. Die biologische Reinigung Abwasserfischeichen. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Shoff, M. E., Rogerson, A., Kessler, K. R., Schatz, S., & Seal, D. V. (2008). Prevalence of Acanthamoeba and other naked amoebae in South Florida domestic water. *Journal of Water and Health*, 6(1), 99–104. <https://doi.org/10.2166/wh.2007.014>

Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. (2001). In *COMMISSION REGULATION (EC) No 466/2001 of 8 March 2001* (Vol. 445/2001).

Stecher, E. 1937. Aufklärung über Abwasserbeseitigung und Abwasserverwertung. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Strassburg, Tiefbauamt. 1912. Die Versuchsanlagen für Abwasserreinigung der Stadt Strassburg i. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Strohl, ? 1916. Die Entwässerungsanlagen der Stadt Strassburg im Elsass und die Versuchsanlagen für Abwasserreinigung auf dem Wacken. In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

U., & U. (2023, February 2). *World Wetlands Day - Revive and restore degraded wetlands* | UN-Water. UN-Water. <https://www.unwater.org/news/world-wetlands-day-revive-and-restore-degraded-wetlands>

Van Woensel, L., Archer, G., Panades-Estruch, L., & Vrscaj, D. (2015). *Ten technologies which could change our lives* [E-book]. STOA. <https://doi.org/10.2861/610145>

Jana, B. B., & Mandal, R. N. (2018). *Wastewater Management Through Aquaculture*. Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-7248-2>

Wissmath, P. And Klein 1980. Ist die Produktion von Speisefischen in abwasserbelasteten Teichen lebensmittelhygienisch vertretbar? In: Prein, M. (1990). *Wastewater-Fed Fish Culture in Germany* [E-book].

Water Treatment | *Public Water Systems* | *Drinking Water* | *Healthy Water* | CDC. https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water_treatment.html#print

World Atlas, 2023. *Kolkata, India - Climate & Monthly weather forecast*. Weather Atlas. <https://www.weather-atlas.com/en/india/kolkata-climate#temperature>, | navštívené 1. 4. 2023

World Health Organization: WHO. (2022, July 6). *UN Report: Global hunger numbers rose to as many as 828 million in 2021*. <https://www.who.int/news/item/06-07-2022-un-report--global-hunger-numbers-rose-to-as-many-as-828-million-in-2021>