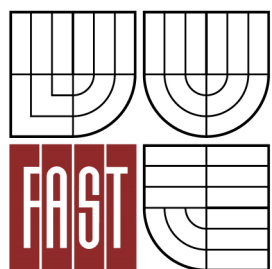




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

INTENZIFIKACE ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD V OBCI KRUMSÍN

INTENSIFICATION OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT IN THE VILLAGE KRUMSÍN

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. VĚRA JEDLIČKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. VĚRA JEDLIČKOVÁ
Název	Intenzifikace čistírny odpadních vod v obci Krumsín
Vedoucí diplomové práce	Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2013
Datum odevzdání diplomové práce	17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT



Podklady a literatura

- [1] MALÝ, Josef. Chemie a technologie vody. 2., dopl. vyd. Brno: Ardec, 2006, xii, 331 s. ISBN 80-860-2050-9.
- [2] CHUDOBA, Jan, DOHÁNYOS, Michal, WANNER, Jiří. Biologické čištění odpadních vod, SNTL 1991, Praha.
- [3] HLAVÍNEK, Petr. Intenzifikace čistíren odpadních vod. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1996, 235 s. ISBN 80-860-2001-0.
- [4] DRTIL, Miloslav, HUTNAN, Michal. Návrh a prevádzka vybraných technológií čistiarní odpadových vôd. Bratislava: VÚVH, 1999.
- [5] TUČEK, Ferdinand, CHUDOBA, Jan, KONÍČEK, Zdenek. Základní procesy a výpočty v technologii vody, SNTL 1988, Praha.
- [6] Česká republika. Úplné nařízení vlády č. 23/2011 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. In Sběrka zákonů. 2011, 8, s. 1-80.
- [7] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing
- [8] Periodika Vodní stavitelství, Sovak

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Diplomová práce bude řešit problematiku intenzifikace stávající čistírny odpadních vod v obci Krumstín v okrese Prostějov. Práce bude zpracována formou variantní studie s ekonomickým posouzením jednotlivých navržených řešení.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Úkolem diplomové práce bylo zpracování možností intenzifikace biologických rybníků využívaných pro čištění odpadních vod a následná aplikace vybraných systémů na stávající čistírnu odpadních vod v obci Krumsín v okrese Prostějov, včetně ekonomického posouzení. První část diplomové práce obsahuje přehled dostupných možností pro intenzifikaci biologických rybníků. V praktické části je vypracován posudek stávajícího stavu čistírny odpadních vod sloužící jako podklad pro návrh intenzifikace, který je rovněž zpracován v praktické části. K navrhovaným variantám intenzifikace je zpracováno i ekonomické posouzení.

ABSTRACT

The task of this master thesis was assessment of the possibility of intensification of biological ponds, which are used for wastewater treatment, and subsequent application of selected systems to the existing wastewater treatment plant in the village Krumsin in the district Prostějov, including economic assessment. In the first part of the master thesis, I worked up the available options for the intensification of biological ponds. In the practical part of the thesis it was prepared a report of the current state of the wastewater treatment plant that serving as a basis for the design of intensification, which is also processed in the practical part. For the proposed variants of intensification was also processed economic assessment.

KLÍČOVÁ SLOVA

čistírna odpadních vod, odpadní voda, čištění odpadních vod, intenzifikace.

KEY WORDS

sewage treatment plants, sawage water, wastewater treatment, intensification.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

JEDLIČKOVÁ, Věra. *Intenzifikace čistírny odpadních vod v obci Krumsín*. Brno, 2014. 98 s. 5 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně, a že jsem uvedl(a) všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 17.1.2014

.....


podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Na úvod této práce bych ráda poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Hlušítkovi Ph.D. za ochotu a čas, který mi věnoval, za jeho cenné rady a také za umožnění práce na velice zajímavém tématu.

Děkuji také starostovi obce Krumsín panu Mgr. Jaroslavu Střelákovi za jeho ochotu a za zapůjčení podkladů pro zpracování diplomové práce.

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	TEORETICKÁ ČÁST	5
2.1	Zařízení Poo-Gloo	5
2.2	Mikrosítový filtr	8
2.3	Pevná fixační technika	10
2.4	Bio ² Bloc	14
2.5	Rozptýlená biofilmová technologie	16
2.6	SAGR - Ponořený připojený růstový reaktor	18
2.7	AquaMats – Fixační filmová biofiltrace	21
2.8	EDI BioReef – Ponořená pevná filmová technika	26
2.9	Dafnie – vodní blechy	28
2.10	Bacta-PuR – Tekuté suspenze	30
2.11	Chemické srážení fosforu	35
2.12	BioSpikes 4000	39
2.13	Integrovaný systém čistícího rybníka pomocí řas na oběžném kole	42
2.14	Kryty povrchu rybníka	46
2.15	Provzdušňování	51
2.16	Zhodnocení systémů	54
3	PRAKTICKÁ ČÁST	55
3.1	Popis biologických rybníků v obci Krumsín	56
3.2	Posouzení účinnosti Biologických rybníků	59
3.3	Návrh intenzifikace	72
3.4	Shrnutí návrhu intenzifikace	82

4	ZÁVĚR.....	86
5	POUŽITÁ LITERATURA	88
	SEZNAM TABULEK	92
	SEZNAM OBRÁZKŮ	93
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	96
	SEZNAM PŘÍLOH.....	97
	SUMMARY	98

1 ÚVOD

Voda je nezbytnou potřebou člověka, v dnešní době si většina z nás život bez přívodu pitné vody až do domu nedokáže ani představit. Avšak kam přitéká pitná voda, odtamtud odtéká voda odpadní. Tato voda se musí odvádět a před návratem do přírody čistit. Odvádění a čištění odpadních vod často vypovídá o kulturním, technickém a ekonomickém stupni rozvoje dané společnosti. Nejčastěji je voda vypouštěna do veřejné kanalizace, odkud je odváděna do čistírny odpadních vod. S tímto jsou však spojeny i nemalé náklady pro obce, protože účtované stočné málokdy pokryje skutečné náklady na složitý mechanický proces čištění. Problémy tak nastávají především u malých obcí s nižším rozpočtem.

Čištění odpadních vod u malých či venkovských obcí je důležitý a náročný úkol inženýrství. Správné zacházení zahrnuje dezinfekci a odstranění nežádoucích látek z odpadních vod. Některé z menších obcí se musí spolehnout na čištění odpadních vod pomocí biologických rybníků. Jedním z hlavních důvodů jejich použití je výrazně nižší cena na pořízení i následný provoz oproti klasickým mechanickým čistírnám odpadních vod a to díky minimálním nebo nulovým nárokům na elektrickou energii. Jsou také jednoduché na následnou údržbu a obsluhu. Biologické rybníky jsou velké rybníky, ve kterých je odpadní voda zadržována potřebnou dobu, obvykle po dobu okolo jednoho měsíce. Biologické rybníky, vždy navazují na mechanické předčištění a je doporučeno provádět rybníky minimálně třístupňové. Zde dochází k usazování nerozpuštěných látek, k biologickému odbourávání organického znečištění a zapojování minerálního znečištění do přirozeného oběhu látek. Důležitým procesem je vazba fosforu na usazující se pevné částice, která se projevuje značnou schopností nádrží fosfor zachycovat.

Vzhledem ke stále se zpřísnujícím požadavkům na vypouštění odpadních vod do recipientu je nutné hledat výhodné systémy pro čištění odpadních vod nejen ve velkých městech, ale i v malých obcích. V dnešní době je platné „Nařízení vlády č. 23/2011Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění Nařízení vlády č. 229/2007 Sb.“ Dle přílohy č. 1: Emisní standardy, je nutné při vypouštění odpadních vod sledovat koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod. Pro kategorii od 500 do 2000 ekvivalentních obyvatel je nutné dodržet maximální koncentrace CHSK_{Cr} , BSK_5 , NL a N-NH_4^+ . Konkrétní hodnoty ukazatelů můžeme vidět v následující tabulce.

Tab. 1.1 Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod [1]

Kategorie ČOV (EO)	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺	
	p [mg/l]	m [mg/l]	p [mg/l]	m [mg/l]	p [mg/l]	m [mg/l]	p [mg/l]	m [mg/l]
500 – 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40

Vysvětlivky:

„p“ – přípustné koncentrace, které mohou být překročeny v povolené míře.

- vzorky se musejí odebírat minimálně dvanáctkrát za rok. Tyto odběry musí být rovnoměrně rozděleny v průběhu roku. Neměli by být prováděny za neobvyklých situací, při přívalových deštích a povodních. Z těchto vzorků však mohou přípustné koncentrace „p“ překročit pouze dva vzorky za rok.
- jedná se o dvouhodinový směsný vzorek získaný sléváním osmi dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut.

„m“ – maximální koncentrace, které jsou nepřekročitelné. [1]

Ráda bych v úvodu upozornila na použitou terminologii. Používané názvosloví je nejednotné v různých dokumentech včetně norem, kde se vyskytují např. pojmy biologický rybník či stabilizační nádrž. Ve své diplomové práci budu používat pojem biologický rybník, který je uveden v normě ČSN 75 6401 a rovněž je takto nazvána ČOV v obci Krumsín, kterou se budu v praktické části zabývat.

2 TEORETICKÁ ČÁST

V teoretické části se budu věnovat podrobnému popisu zařízení a systémů sloužících pro intenzifikaci biologických rybníků. V České republice bylo vybudováno již několik biologických rybníků sloužících k čištění odpadních vod. Avšak v ČR není mnoho zkušeností s využitím biologických rybníků pro čištění odpadních vod, především kvůli krátké době výskytu, protože u nás se tento trend začal rozvíjet v posledních deseti letech. Avšak v cizích zemích je tento systém využíván již mnohem déle, a proto systémy pro intenzifikace níže uvedené jsou v převážné většině z cizích zemí, a to především ze Spojených států amerických.

V minulosti bylo vybudováno mnoho biologických rybníků, které byly ideální variantou pro zpracování komunálních a průmyslových odpadních vod. Nízká počáteční investice, nízké provozní náklady a velmi omezené požadavky na údržbu dělaly tento způsob čištění odpadních vod cenově dostupnou volbou pro mnohé menší obce. Dnes však rostoucí požadavky na kvalitu vypouštěné vody z ČOV spojené s přísnějšími ekologickými omezeními činí mnohé z těchto rybníčních soustav nedostatečnými. V teoretické části této práce se budu zabývat možnostmi provedení intenzifikace biologických rybníků.

2.1 ZAŘÍZENÍ POO-GLOO

Poo-Gloo jsou levná zařízení tvaru iglú, která prodlužují životnost biologických rybníků pro města a obce. Systémy Poo-Gloo jsou také prodávány pod názvem Bio-Dome. [2]



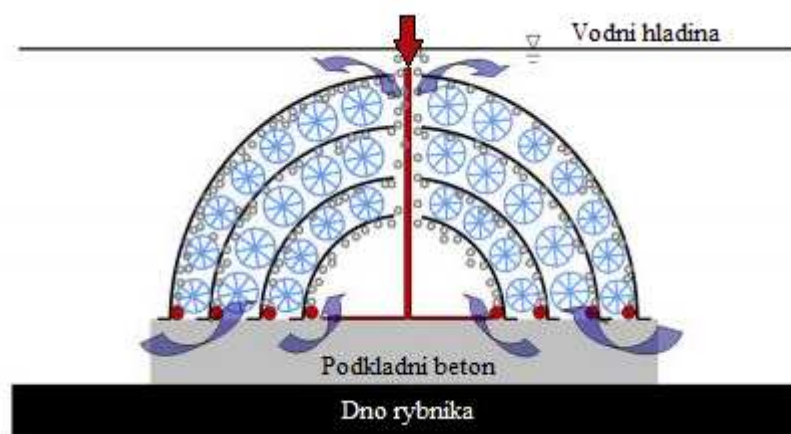
Obr. 2.1 Zařízení Poo-Gloo ve vypuštěné a částečně vypuštěné nádrži [2]

Zařízení je schopné odstranit organický odpad a jiné škodliviny z odpadních vod stejně dobře jako mnohem dražší mechanické čistírny odpadních vod. Výsledky této studie ukazují, že je možné zachránit obce se stávajícími rybníky určenými pro čištění odpadních

vod před vybudováním nových čistírenských systémů za několik tisíc, ne-li milionů korun a to dovybavením stávajících rybníků o systémy Poo-Gloo. [2]

Poo-Gloo byl navržen tak, aby umožnil řešení problému, kterému čelí obce s nevyhovujícími limity pro vypouštění odpadních vod s biologickými rybníky. Příklad poskytuje velkou plochu v tmavém prostředí, na které bakterie může růst společně s kyslíkem, tím dochází k trvalému odbourávání odpadní znečišťující látky. Příklad jsou při provozu zcela ponořeny. [2]

Popis funkce systému



Obr. 2.2 Vnitřní funkce a zařízení Poo-Gloo [2]

Na obr. 2.2 můžeme vidět funkci Poo-Gloo používaného ke zvýšení čištění odpadních vod v městských odpadních rybnících. Každý Poo-Gloo zahrnuje čtyři plastové postupně menší a do sebe vnořené kopule, mezi nimiž jsou plastové kruhy (tvar kola vozu) pro poskytnutí velké plochy, na které se bakterie z čištění odpadních vod mohou usazovat a dále růst. Ze vstupní hadičky (červené) vyčnívající nad hladinu je nasáván vzduch do kopule, který ze spodní části posílá bubliny (šedé kolečka) nahoru. Při pohybu vzduchu přes kopuli je čerpána voda ze dna rybníka nahoru přes právě tuto kopuli, přičemž vzduch pomáhá odpadní vodě (modré šipky) proudit přes zařízení. [2]

Každý Poo-Gloo zabírá $2,8 \text{ m}^2$ prostoru na dně rybníka při vytváření 28 m^2 povrchu pro růst bakterií. Kombinace velké plochy, větrání, stálého míchání a tmavého prostředí zajišťuje schopnost systému Poo-Gloo spotřebovávat znečišťující látky na hodnoty limitů srovnatelné s mechanickými procesy. Poo-Gloo používá prosperující bakteriální biofilm konzumující znečišťující látky. Dvě desítky nebo více Poo-Gloo ve tvaru iglů jsou nainstalovány na spodní části rybníka, úplně ponořeny a uspořádány v řadách. [2]

Účinnost čištění

Počáteční studie a následně i praktické použití ukazuje, že se zařízením Poo-Gloo můžete vyčistit odpadní vody stejně účinně jako mnohamilionové čistírny odpadních vod. To může pomoci malým městům a obcím ušetřit peníze na stavbu drahé čistírny odpadních vod tím, že zajistí obdobnou funkci čištění odpadních vod pomocí biologických rybníků. Tyto rybníky napomáhají nejen snižování BSK₅, čpavku a celkového dusíku, ale často i velkému snížení obsahu NL.

Výhody:

- Zařízení trvale dosahují vysoké úrovně čištění, které je ovlivněno jen mírně změnou teploty vody a úrovní provzdušňování:
- Biologická spotřeba kyslíku - míra organického odpadu ve vodě - byla snížena trvale o 85 % pomocí Poo-Gloo, a maximálně až o 92 %.
- Celkové nerozpuštěné látky klesly o 85 %, a maximálně až o 95 %.
- Amoniak klesl o více než 98 % s Poo-Gloo v teplejší vodě, a co je důležitější, až o 93 % při nižších teplotách.
- Celkový dusík prudce poklesl až o 68 % v teplejší vodě a o 55 % v chladnější vodě.
- Velké zvýšení růstové plochy bez dalšího záběru plochy.

Nevýhody:

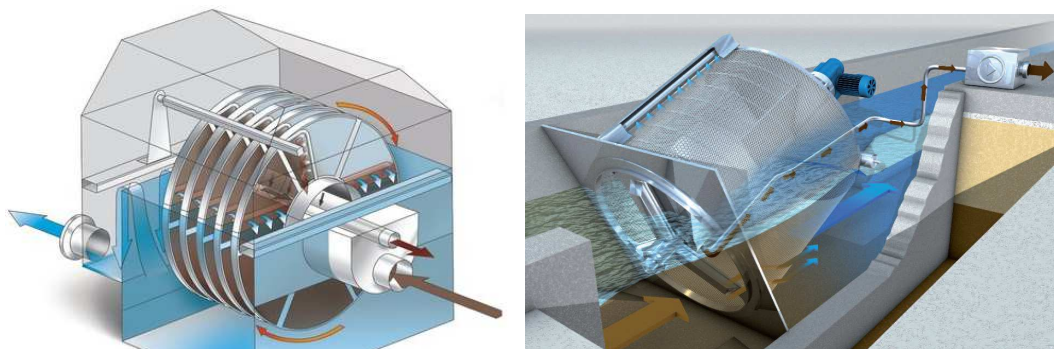
- Vypuštění rybníka pro instalaci.
- Úprava dna při nerovném povrchu nebo při nánosech.

Cena systému

Cena jednoho Poo-Gloo se pohybuje okolo 50 000 Kč. Většina projektů uvádí cenu za celkovou intenzifikaci ČOV mezi 3 000 000 Kč až 10 000 000 Kč a provozní náklady jsou zlomkem těch, které by byly vynaloženy u mechanického zařízení. Každý Poo-Gloo vyžaduje jen minimální údržbu a stejné množství elektřiny jako žárovka, tedy 75 Watt. Provozní náklady na Poo-Gloo systémy jsou v řádech tisíců korun za měsíc, spíše než v desetitisících, což je typické pro mechanické ČOV. Některé obce systém využívají i tzv. "bez sítí", takže jsou poháněny solární nebo větrnou energií. [3]

2.2 MIKROSÍTOVÝ FILTR

Jedná se o systém s velkým cedícím povrchem využívající gravitační sílu. Slouží nejen k odstranění pevných látek o malé velikosti, ale také slouží k odstranění fosfátového znečištění jako i BSK_5 a $CHSK_{Cr}$. Tato ultra-jemná síta mají schopnost odstraňovat rozložitelné i nerozložitelné, organické i anorganické materiály současně. Proto je prostřednictvím užití této nové technologie možné dosahovat dokonalejší ochrany životního prostředí za přijatelné náklady. [53]



Obr. 2.3 Schéma rotačního diskového mikrosíta RoDisc a RoMat [53]

Popis funkce systému

Mikrosíta jsou využívána pro separaci jemných suspendovaných látek městských i průmyslových odpadních vod. Navržený systém modulů umožňuje snadnou výměnu součástí a zároveň nabízí i možnost jednoduchého rozšíření zařízení o další filtrační plochu. Velikost filtračních ok je v rozsahu 17–125 μm . Materiálové provedení: zařízení je vyrobeno z nerezové oceli, ložiska bubnu jsou bronzová nebo plastová, vlastní filtrační tkanina je z polyamidu (uhelon) nebo z nerezové oceli. Jsou osazována do betonového kanálu nebo ocelové vany. [53,59]

Tato ultra-jemná síta pracují na bázi prověřeného bubnového filtračního síta. Cedící plocha se skládá z horizontálně uspořádaných rotačních diskových filtrů, instalovaných v centrální nádrži, ve které jsou ponořeny až do 60 % své výšky. Každý disk je složen ze zvláštních nerezových segmentů potažených jemným sítem. Odpadní voda proudí přes tyto disky směrem zevnitř ven a filtrát je vypouštěn přes přepad nádrže. [53]

Znečištěná voda přitéká do prostoru filtru vstupním hrdlem, nerozpuštěné látky se odlučují na filtračním bubnu. Vyčištěná voda protéká mikrosítem a opouští ve směru toku filtrační zařízení. Průtočnost mikrosíta se postupně snižuje vlivem zvýšené vrstvy zachycených nečistot, tím dochází k nárůstu rozdílu hladin před a za bubnem. Rozdíl hladin je snímán hladinovým čidlem, které dává signál elektrickému rozváděči pro pohon bubnu a proplachovacímu čerpadlu, které využívá přefiltrovanou vodu k pročištění síta

pomocí speciálních trysek. Sestříknuté nečistoty odtékají sběrným žlabem do sekce filtru s ponorným kalovým čerpadlem, řízeným vlastním hladinovým spínačem a jsou odčerpávány mimo prostor filtru, nebo mohou odtékat samospádem. [59]



Obr. 2.4 RoDisc rotační diskové mikrosíto [54]

Účinnost čištění

Vhodným druhem použití jsou výpusti do recipientů, kde je žádoucí snižovat zatížení BSK_5 a $CHSK_{Cr}$ v souladu s moderními trendy a normami. Existuje také možnost rozšíření této technologie o chemické srážení, koagulaci nebo flokulaci, které přispívají ke zvýšení účinnosti zařízení. Přídavkem chemikálií jsou převáděny rozpuštěné látky a koloidní částice do agregátů, které je již možné mechanicky zachytit a odstranit. Účinnost odstranění nerozpustných látek touto metodou je až 95 %, $CHSK_{Cr}$ a BSK_5 až 65 % a fosforu až 60 %. [53]

Výhody:

- Jisté odstranění zrn materiálu o určité velikosti díky jasné velikosti ok síta.
- Gravitační průtok, žádné čerpání.
- Malá tlaková ztráta.
- Vysoká průtočná kapacita.
- Není třeba žádný externí zdroj prací vody.
- Spolehlivé splnění požadavků na vypouštěnou vodu.
- Nižší poplatky za vypouštění čistěných vod.
- Redukce odfiltrovatelných pevných látek, $CHSK_{Cr}$, BSK_5 a P.
- Možná instalace do nádrže z nerezové oceli, nebo z betonu.
- Kompaktní uzavřené zařízení.
- Kontinuální provoz.

Nevýhody:

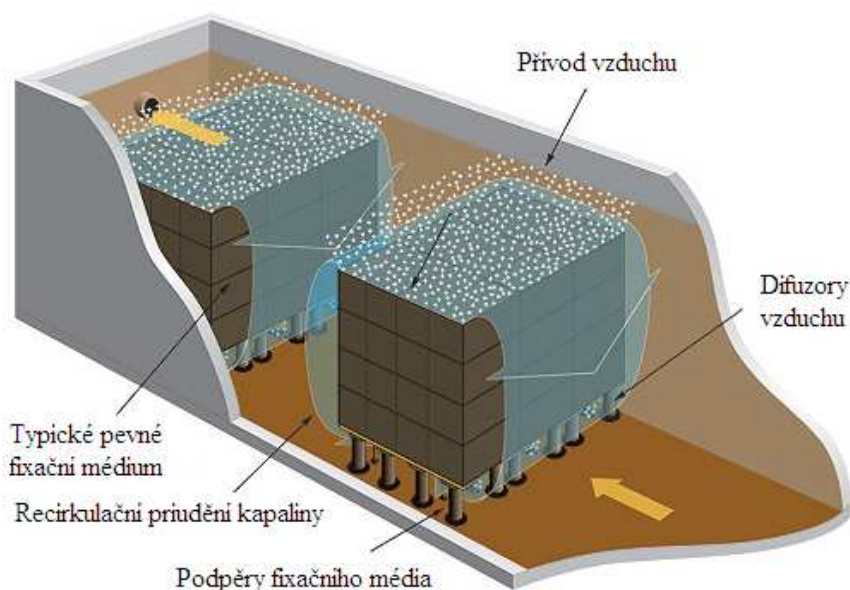
- Nutný přívod elektrické energie.
- Záběr další plochy.

Cena systému

Cena mikrosítového filtru se pohybuje kolem 300 000 Kč v závislosti na velikosti filtračních ok na sítích a návrhu podle průtočného množství. K mikrosítům bývá dodáváno i hladinové čidlo a čerpadlo čisté vody pro ostřík a elektrický rozváděč s nastavitelnou automatikou provozu filtru za 30 000 Kč. Dále je nutné uvažovat náklady na vybudování kanálu pro uložení mikrosít.

2.3 PEVNÁ FIXAČNÍ TECHNIKA

Technologie zvaná pevná fixační média pro aktivovaný kal, nazývané také zkratkou IFAS převzatou z angličtiny. Tato technologie poskytuje dostatečný prostor pro růst biomasy v zařízení k čištění odpadních vod, ke splnění přísnějších limitů pro vypouštění odpadních vod nebo zvýšení výkonu bez potřeby dalších nádrží. V praxi se modernizace čistírny odpadních vod obvykle zaměřuje na zvyšování objemu bioreaktoru pro poskytnutí další bakteriální populace nezbytné ke splnění potřeb systému. Nicméně, návrháři se často setkávají s čirými pevnými látkami, které vedou k horním limitům na množství biomasy a které mohou vést v systému k pozastavení růstu. IFAS systémy umožňují dodatečný prostor pro bakteriální populaci na pevném povrchu. [4]



Obr. 2.5 Schéma IFAS systému [4]

Popis funkce systému

Systémy jsou dodávány jako moduly 2 x 2 x 4 mm (610 x 610 x 1220 mm) "stavební bloky" jsou lehké a pevné, a mohou být instalovány ručně, bez jeřábů nebo drahé instalace či zařízení. Tyto moduly jsou obvykle naskládány 4 na sebe a na půdorysné ploše 12 modulů, tedy celkem 48 modulů. [4]

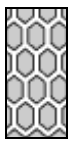
Efektivní plochu pro biomasu poskytuje systém IFAS vztažený k výši růstu biomasy na povrchu média a aktivitou biomasy. Ačkoliv by se mohlo zdát, že množství biomasy by mělo být přímo úměrné ploše média, tento přístup může být zavádějící. Je to efektivní plocha, která je nejdůležitější. Parametry IFAS média musí být nastaveny tak, aby model poskytoval účinnou plochu pro požadovanou výkonnost systému. V pevných systémech může růst bakterie ven z pevného povrchu a tím zachovat účinnou plochu konstantní. [4]

Na základě potřeb konkrétního designu, stávající nebo nově navrhované nádrže mohou být konfigurovány na konkrétní anaerobní, anoxické a aerobní zóny s výplní požadovaných médií k dosažení požadovaného odstranění BSK₅, amoniaku a dalších látek. Přítokové charakteristiky jako je průtok, BSK₅, NL, amoniak, zásaditost atd. jsou zapotřebí jako vstupy, pro návrh IFAS médií pro zvýšení účinnosti čištění nebo zvýšení průtočné kapacity. [4]

Materiál

Systémy pevných médií mohou být realizovány z pružného tkaninového média nebo strukturované PVC vrstvy. Pružné tkaniny materiálu jsou obvykle připojeny k pevným rámcům, které jsou umístěny v zásobníku aktivovaného kalu. Strukturovaná PVC média nabízejí vynikající kombinaci vysokého výkonu a nízkých nákladů, a to bez výskytu agresivního červa, který se často nachází v systémech na bázi tkaniny. PVC strukturované vrstvy jsou určeny pro maximalizaci směšovacího výkonu a přenosu kyslíku prostřednictvím biomasy na stěně média. [4]

Tab. 2.1 Typy systému IFAS včetně popisu [4]

Typy pevných nosičů		Výhody	Nevýhody
	PVC strukturované vrstvy média	• Jednoduchá instalace • Nízké pořizovací náklady • Žádné významné ztráty	• Může být znečištěný, pokud jsou vrstvy nedostatečné
	Pružná tkaninová média	• Jednoduchá instalace • Žádné významné ztráty	• Náchylný na napadení červy • Může být znečištěný, pokud jsou vrstvy nedostatečné

Účinnost čištění

Systém IFAS dodává pevný povrch pro růst biomasy a poskytuje zvýšenou biologickou primární nebo sekundární kapacitu pro čištění odpadních vod (odstranění – BSK₅, amoniaku nebo celkového dusíku). Vyšší "efektivní" odstranění nerozpuštěných látek bez vložení čířičů pevných látek. Systémy mohou zvýšit efektivnost odstranění koncentrace nerozpuštěných látek v provzdušňovacích nádržích až o 3000 mg/l. Dostatečná biomasa může vyrovnávat potřebu dalších kapacit provzdušňovacích nádrží. [4]

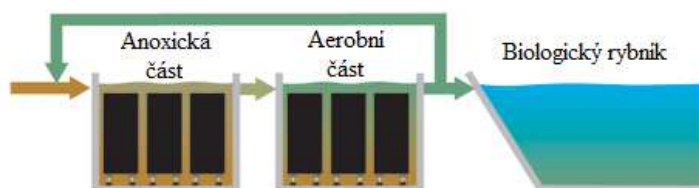
Tab. 2.2 Účinnost čištění odpadních vod [4]

Typ média	Specif. rychlost odstraňování (kg NH ₃ -N/1000 m ² /den)	Specifický povrch média (m ² /m ³)
Pevná tkanina	0,15 – 0,25	100
PVC struktura	0,55 – 1,15	160

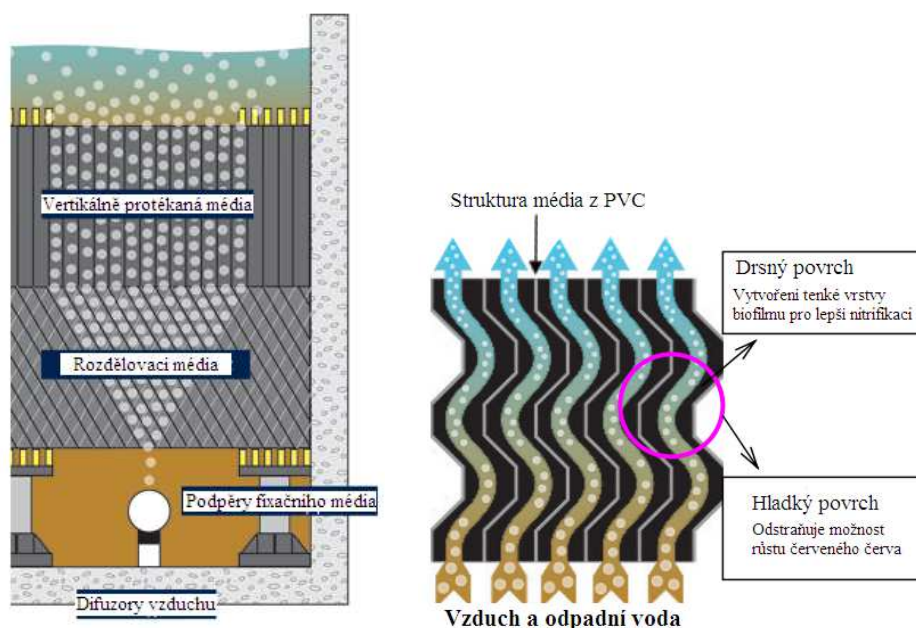
Vylepšení nitrifikace: pevná biomasa zvyšuje retenční čas usazení kalu a podporuje lepší nitrifikaci ve srovnání s jednoduchými zavěšenými růstovými systémy. V chladném počasí přidaná biomasa zlepšuje výkon nitrifikačních procesů, nebo umožní ne-nitrifikační bakterie přeměnit v dusík. Nedávný výzkum ukazuje, že autotrofní bakterie mají tendenci růst rychleji na pevných filmových plochách než v závěsném růstovém prostředí. [4]

IFAS systémy jsou odolné vůči nárazovému organickému a hydraulickému zatížení. Populace biomasy v IFAS nádržích nejsou náchylné k vymývání při hydraulických rázech, protože jsou upevněny na místě. Pevná biomasa působí jako zdroj naočkování a po těchto rázech pomáhá rychle se vrátit do normálního provozu. Systémová nitrifikace je také obnovena rychleji, protože velké množství nitrifikačních bakterií zůstává na pevném filmu. Složka pevného filmu nadále provádí čištění. [4]

Vylepšení kalového indexu. Bylo zjištěno, že se zlepšuje kalový index (KI) a má menší změny, když jsou prováděny modernizace pomocí IFAS. Nepřetržité opadávání pevné složky filmu do prostředí pozastaveného růstu je klíčem k této charakteristice. Snížení hodnot KI dosahuje 25–40 %. Lepší hodnoty KI umožňují vyšší koncentrace vratného aktivovaného kalu, čímž se sníží požadavky na vratný kal, úspory energie a zlepšení řízení procesu. [4]



Obr. 2.6 Příklad začlenění systému IFAS [4]



Obr. 2.7 Funkce systému IFAS a jeho usazení v nádrži [4]

Výhody:

- Zlepší celoroční nitrifikaci a celkovou stabilitu procesu (i za studeného počasí).
- Zvýšení kapacity pro čištění bez nutnosti výstavby přídatné nádrže.
- Modernizace na denitrifikaci ve stávajících aktivačních nádržích.
- Jednoduché, kompaktní, snadno ovladatelné a cenově efektivní intenzifikace.
- Dodává pevný povrch pro růst biomasy a poskytuje zvýšenou biologickou primární nebo sekundární kapacitu pro čištění odpadních vod (odstranění - BSK, amoniaku, celkového dusíku).
- Snížená produkce kalů.
- Stávající aerobní zóny mohou být rozděleny na anaerobní a anoxické.

Nevýhody:

- Velké energetické požadavky (např. pro provzdušňování).
- Mechanické náhradní díly nejsou místně dostupné.
- Vyžaduje odborné znalosti.

Cena systému

Cena na výrobek nebyla zjištěna, avšak ze strany výrobce je nabídka na cenovou kalkulaci po zadání podrobných informací o biologických rybnících a požadavcích na kvalitu čištění.

2.4 BIO² BLOC

Systém Bio² Bloc je úspěšně používán v čištění průmyslových a komunálních odpadních vod ke snížení zápachu, BSK₅ a eliminaci amoniaku z odpadních vod. Technologie Bio² Bloc byla vyvinuta pro aerobní čištění odpadních vod v rybnících, které mohou využít pevného filmového čistícího reaktoru. Systém je nainstalován během několika dní a ukázal se jako obzvláště účinný při odstraňování amoniaku z odpadních vod v zimním období. Bio² Bloc poskytuje rozmanité a stabilní prostředí, které podporuje stávající mikroorganismy. [5]



Obr. 2.8 Ukázka systému Bio2 Bloc vně i uvnitř rybníka [5]

Každý Bio² Bloc je plný tisíců kusů bio-media, kde během normálního provozu, je zdravá biomasa tvořena přívodem vzduchu a vody vyrobené jemnobublinnými membránovými difuzory, které jsou umístěny na spodní straně každé bio-komory. Stejně jako u jiných pevných biologických nosičů mají tyto jednotky tendenci po určité době zarůst organismy. Když se to stane, je čas pro proplachování. Patentovaný Bio² Bloc má samostatný hrubobublinný systém, ovládaný ze břehu, pro čištění média a očištění komory pro obnovení růstu. [5]

Bio² Bloc jsou navrženy tak, aby při použití jednotlivě nebo v sérii odstraňovaly znečišťující látky. Jsou rozptylovány velkým množstvím rozpuštěného kyslíku do okolní odpadní vody přes lůžko médií. Jednotky jsou vyráběny ve stejných velikostech a lze je snadno instalovat pomocí klasických užitkových kamionů s výložníkem a po vložení do vody plavou na místě. [5]

Obecně platí, že aktivita bakterií, které převádějí amoniak (nitrifikace) se snižuje se snížením teploty odpadních vod. Nicméně pokud jsou bakterie chráněny v připojeném rostoucím médiu, je jejich produktivita při nízkých teplotách vody zvýšena. Toho využívají technologie pro Bio² Bloc systém a udržuje nitrifikaci až do 0 °C. Jemnobublinný systém tvoří stabilní systém bohatý na kyslík, který může být dimenzován tak, aby co nejvíce odstraňoval amoniak nebo i BSK₅ podle potřeby limitů pro vypouštění odpadních vod.[6]

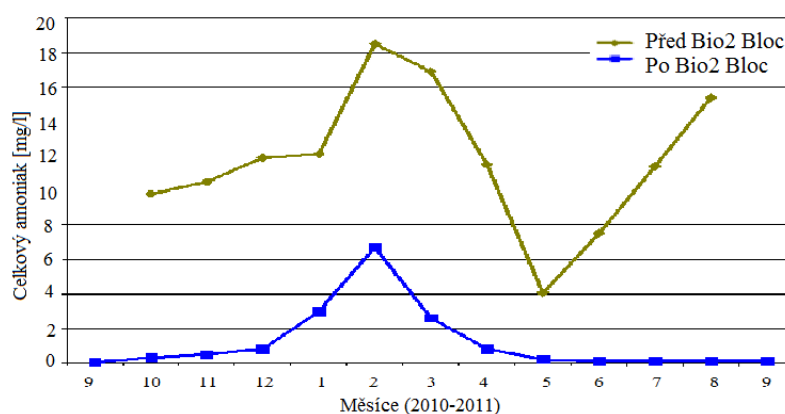
Popis funkce systému

Bio² Bloc systém se skládá z růstových médií ponořených do odpadních vod a dále z provzdušňování ze dna. Jak vzduch prochází plochou médií, nese s sebou proud vody, který obsahuje potravu a živiny pojídané bio-filmem, který se připojuje k médiím. Růstová média jsou průběžně provzdušňována plošným jemnobublinným systémem umístěným pod růstovými médii. Druhým, hrubobublinným systémem je také vybavena každá jednotka pro pravidelné praní a splachování sedimentů z růstových médií. Systém zajišťuje nitrifikaci v prostředí pevného filmového média a teplý vzduch z dmychadla je veden přes plochu médií, aby se bakterie provzdušnila, nakrmila a byla produktivní. Vzhledem k tomu, že je amoniak odstraňován z odpadních vod během teplejšího počasí, je snížen i růst řas. Bio² Bloc jednotky plavou ve vodě a jsou propojeny s dmychadly na pevnině. [6]

Účinnost čištění

Počet Bio² Bloc jednotek používaných na systému závisí na potřebě čištění a množství odstranění BSK₅ a/nebo amoniaku. Jedna jednotka může odstranit přibližně 1–1,5 kg amoniaku za den v teplé vodě (20 °C) a asi 0,2-0,35 kg amoniaku za den ve studené vodě (4-10 °C). Jedna jednotka může také odstranit asi 2,5 kg BSK₅ na den v teplé vodě (20 °C) a 0,1–0,7 kg za den ve studené vodě (4-10 °C). [6]

Na obr. 2.9 můžeme pozorovat množství amoniaku v odpadních vodách v biologickém rybníku, kdy průtok činí 1,2 l/s v letním období do 28 °C a v zimním období do -10 °C. Jak jde názorně vidět, účinnost po připojení systému Bio² Bloc je značná. [5]



Obr. 2.9 Ukázka účinnosti čištění při použití systému Bio² Bloc a provzdušnění [5]

Výhody:

- Mohou být instalovány během 2-3 dnů.
- Nevýžadují žádné každodenní čištění nebo údržbu.
- Nemají žádné mechanické pohyblivé části.

- Jsou vyrobeny z kvalitního hliníku nebo nerezové oceli a nekorodují.
- Poskytují kvalitní odtokové vody bez zápachu, které splňují požadavky pro vypouštění odpadních vod.
- Přizpůsobí se snadno do stávajícího zařízení, bez velkých nákladů pro umístění ovládání a příslušenství systému. [5]

Nevýhody:

- Vysoká pořizovací cena.
- Velké energetické požadavky (např. pro provzdušňování).

Cena systému

Pořizovací a provozní náklady na systém se liší podle typu a velikosti zařízení. V průměru jedna jednotka stojí přibližně 200 000 Kč. Tyto náklady zahrnují objemová dmychadla, montáž ve výrobě, potrubí a všechny armatury, hadice, kabely a svorky. Provozními náklady zůstávají pouze údržba dmychadla a související náklady na elektrickou energii na základě výkonu čerpadla a odběratelské ceny za kWh. [6]

2.5 ROZPTÝLENÁ BIOFILMOVÁ TECHNOLOGIE

Základní biofilmové technologie slouží pro biologický růst na polyetylenových kusech zvaných média nebo nosiče. Plochy médií vytvářejí ochranný povrch pro růst organismů. Tyto biofilmy zvládnou extrémně vysoké podmínky zatížení bez problémů s ucpáváním nebo nebezpečím úrazu elektrickým proudem. Biofilmová technika je známá pod zkratkou MBBR (Moving bed biological reactors – pohyblivé lůžkové biologické reaktory). [7]

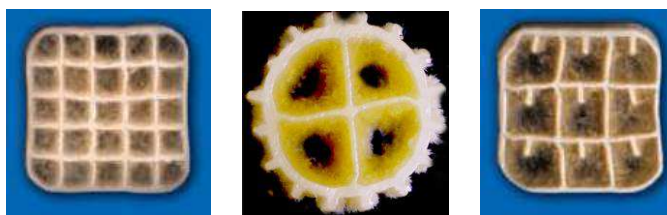


Obr. 2.10 Biofilmové nosiče [7]

Popis funkce systému

Pohybující se lůžko bioreaktoru má vysokou koncentraci mikrobů. Media jsou malé drážkované materiály, které vytvářejí velkou povrchovou plochu pro upevnění bakterií.

Tyto mikroorganismy tvoří vrstvu, nebo film v rybníku, která je vysoce odolná vůči procesu poruch. Vysoká populace mikroorganismů v nádrži se trvale živí příchozími biologickými odpadními nečistotami a odstraňuje BSK₅. [8]



Obr. 2.11 Zarostlé biofilmové nosiče [8]

Rozptýlená biofilmová média jsou systémy, které používají pórovité houbičky nebo plastové žebrové válcové tvary, které jsou usazeny nebo plovoucí (v závislosti na hustotě materiálu) v aktivační nádrži. Tyto rozptýlené systémy poskytují vynikající rozptýlení a vysokou povrchovou plochu. Houby a nestlačitelné typy médií poskytují povrchovou plochu, avšak kvůli ztrátám v důsledku opotřebení vyžadují každoroční doplnění. [4]

Účinnost čištění

Technologie byla začleněna do obecní odpadní vody jako zařízení pro nové stavby a intenzifikace stávajících rybníků v mnoha variantách usazených růstových systémů. U rozptýlených systémů, může být zdánlivá plocha velice velká, ale přemnožení biomasy na porézních materiálech omezuje šíření kyslíku a živin do bakterií. Také je možnost otěru od běžných padajících médií v reaktoru a tím odstranění slizu z povrchu, čímž se dále snižuje efektivní plocha. U rozptýlených médií bývá předpisy nařízeno, že musí být zajištěn sběr, odvoz a ukládání plovoucích médií během údržby povodí. [4]

Média jsou využívána především pro snížení BSK₅, nitrifikaci a odstranění celkového dusíku. Dosahují stabilní účinnost až 99 % při odstranění BSK₅ a při odstranění CHSK_{Cr} 80–85 %. Biomasa zvyšuje retenční čas usazení kalu a podporuje lepší nitrifikaci. Dosahuje snížení hodnot kalového indexu 25–40 % a snížení produkce kalů. [4]

Tab. 2.3 Účinnost čištění odpadních vod [9]

Typ média	Specifická rychlost odstraňování (kg NH ₃ -N/1000 m ² /den)	Specifický povrch média (m ² /m ³)
Čistící houby	0,4 – 0,8	75 – 350
Polypropylenové žebrované válečky	0,4 – 0,8	150 – 350

Výhody:

- Kompaktní - množství biomasy uvnitř daného objemu se může zdvojnásobit.
- Prakticky bezúdržbové.
- Flexibilní.
- Vynikající promíchání.
- Odstranění BSK_5 , $CHSK_{Cr}$ a dusičnanů.
- Stabilní samoregulační bio-vrstva zabezpečí stabilní čištění při měnícím se zatížení.
- Účinné odloučení a úprava kalů. Žádný vratný kal.

Nevýhody:

- Ztráta média (vymývání nebo abraze).
- Obsluha pro doplňování a sběr médií.
- Provozdušňovací zařízení a možnost zanesení sít.

Něco k ceně

Při využití komerční technologie například AnoxKaldnes (definováno $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$), je minimálním sypné plnění nosičů 30 % objemu vody v rybníku. Uvažujeme-li plochu pro druhý rybník, tedy $2\,800 \text{ m}^3$ je cena této technologie na jednu aplikaci okolo 50 000 Kč (1x ročně). [10]

2.6 SAGR - PONOŘENÝ PŘIPOJENÝ RŮSTOVÝ REAKTOR

Jeden ze způsobů intenzifikace může být rozšíření čistících rybníků. Velice efektivním způsobem je přidání provzdušněného nitrifikačního systému také známého jako SAGR, neboli Ponořený připojený růstový rektor, který slouží ke snížení koncentrace znečištění v odpadních vodách a regulaci teploty vody. Proces SAGR byl vyvinut hlavně pro odstraňování amoniaku. [11]



Obr. 2.12 Systém SAGR před biologickými rybníky [11]

SAGR je ideální modul odstraňující amoniak, který může být začleněn do celkového procesu čištění odpadních vod. Systém také snižuje BSK₅ a NL v odpadních vodách v závěrečné fázi procesu. Hlavní výhodou je, že může být využita široká škála typů rybníků (provzdušňované nebo anaerobní), velikostí a tvarů, často bez úpravy stávajících rybníků. Vzhledem k tomu, že SAGR dokáže spolehlivě přeměnit dusík při teplotě vody pod 0,5 °C, není třeba již používat izolační kryty pro přeměnu dusíku při nízkých teplotách. [12]

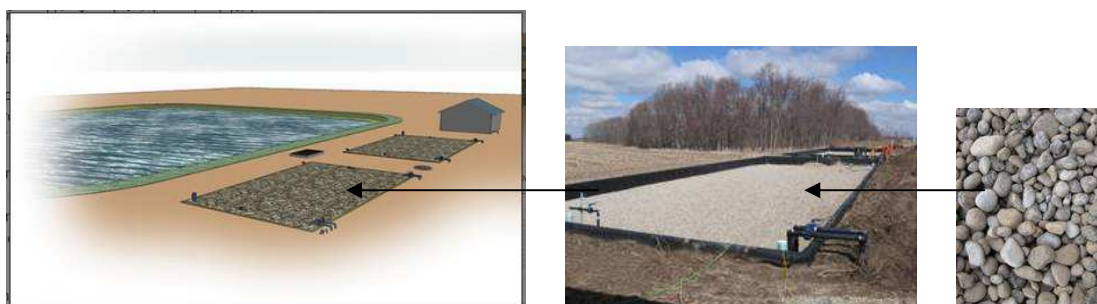
Popis funkce systému

Patentovaný systém SAGR se skládá z čistého kamenného lůžka, které je plně provzdušňováno pomocí patentovaného provzdušňovacího systému LINEAR FB. Voda teče do substrátu vodorovně nebo svisle. Vrstva izolační mulčovací kůry na povrchu zabraňuje tvorbě ledu v lůžku, což umožňuje čištění odpadních vod i za nízkých teplot. [12]

Horizontální proudění je navrženo jako doplňující nitrifikační modul rybníka, který pracuje dobře ve všech klimatických podmínkách, ale je zvláště účinný v zimě v mírném podnebí. Lze jej také použít pro konečné nitrifikace před vypouštěním vod do jiného sekundárního systému čištění. SAGR poskytuje vynikající odstraňování amoniaku a zároveň odstraňuje BSK₅ a NL včetně veškerých koliformních bakterií, fekálních koliformních bakterií a bakterií E-coli. Odpadní voda ze systému SAGR je v mnoha případech vhodná pro přímé vypouštění a je vhodná pro UV dezinfekci pro případy, kde jsou požadovány nižší fekální koliformní bakterie a úroveň E-coli. [12]

Čisté šterkové lůžko využívá nejčastěji horizontální proudění s rozdělovacími komorami na přední části k rozdělení přítoku odpadní vody přes celou šířku buňky. [12]

Jedná se o jednoduchý systém, který se snadno ovládá. Neexistují žádné pevné látky ke sledování ani úpravě, rovněž nevzniká žádný odpadní kal nebo kal ke zpracování. Proces provozu a údržby je podobný jako u běžného provzdušňovaného rybníka. Jediné pohyblivé díly v systému jsou dmychadla, která dodávají kyslík do procesu SAGR. Zjednodušený kontrolní systém řídí každodenní provoz dmychadel. SAGR systém se skládá nejčastěji ze dvou lůžek vedle sebe, přičemž každé zpracovává 50 % hydraulického zatížení. [13]



Obr. 2.13 Systém SAGR [13]

Dmychadlo pro SAGR poskytne vzduch, který projde liniovými difuzory nacházejícími se ve spodní části šterkových lůžek a odtud se uvolní do celého systému. Vzduch uvolňovaný do systému poskytne kyslík pro nitrifikační proces. V systému se zpravidla používají min. 2 čerpadla. Stejná dmychadla mohou sloužit jak pro systém SAGR, tak pro provzdušněné čistící rybníky. [13]

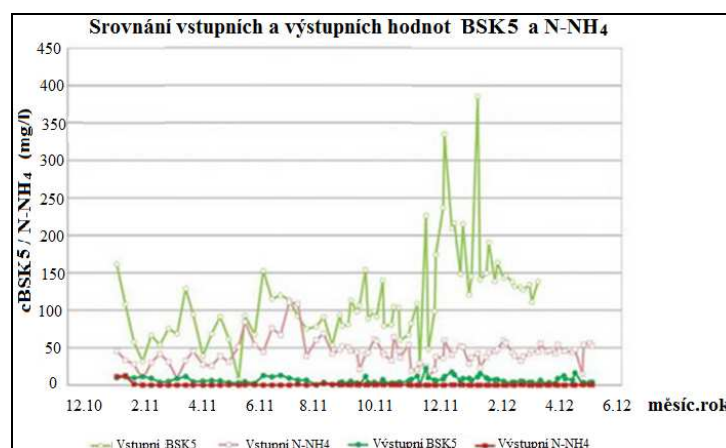


Obr. 2.14 Provzdušňovací difuzory LINEAR FBA používané pro systém SAGR [13]

Účinnost čištění

SAGR nabízí širokou škálu systémů, včetně kontinuálního vypouštění nebo řízené vypouštění fakultativních nebo provzdušněných rybníků. Dokáže bez problémů zvládnout širokou škálu kvality přitékající vody. SAGR technologie mají být použity, jako finální technologie čištění umožňující nitrifikaci rybníků, které mají vyšší návrhové zatížení a větší přítoky než pro které byly navrženy. Využití stávajících fakultativních rybníků jako sekundárního čištění snižuje celkové energetické požadavky potřebné k zajištění čištění na úrovni vyššího (třetího) stupně. [12]

Míry snížení amoniaku (nitrifikace) o více než 90 % může být trvale a spolehlivě dosaženo i při teplotě vody pod 0,5 °C, a to v oblastech, kde jsou rybníky pokryty ledem po dlouhou dobu nebo celou zimu. Zajištění čištění při velmi nízkých teplotách vody eliminuje potřebu izolace, prohloubení nebo zkracuje retenční čas v rybnících. [12]



Obr. 2.15 Srovnání vstupních a výstupních hodnot BSK_5 a $N-NH_4^+$ při použití systému SAGR [12]

Výhody:

- Odstranění amoniaku, BSK₅ a NL, včetně veškerých koliformních bakterií, fekálních koliformních bakterií a bakterií E-coli.
- Úspora energie – pouze dmychadla.
- Zajištění funkce i při nízkých teplotách.
- Účinnost i při velkém, proměnlivém a rozmanitém znečištění.
- Není nutný zásah do stávajících rybníků.
- Zkrácení retenčních časů.
- Snadno ovladatelný systém.

Nevýhody:

- Záběr další plochy.
- Nutná denní vizuální kontrola.

2.7 AQUAMATS – FIXAČNÍ FILMOVÁ BIOFILTRACE

AquaMats pro regulaci průtoku neboli biofiltrové záclony, poskytují plochu pro zvýšení koncentrace biomasy ke snadnějšímu snížení BSK₅, amoniaku a NL. Hlavní činností je vytvářet koncentrovanou biomasu (aerobní nebo anaerobní) a zrychlení biologického čištění odpadních vod u dynamického procesu, podobného činností v přiložených růstových systémech, jako jsou protékané filtry nebo rotační biologické stykače. [14]

Klíčem k úspěchu AquaMats je to, že jsou specificky navrženy tak, aby poskytovaly ideální místo pro prospěšné formy mikrobů, které přirozeně čistí vodu. AquaMats umožňují těmto společenstvím, aby byly účinné v širokém rozsahu teplot a při zatížení v přítomnosti kyslíku. [14]



Obr. 2.16 AquaMats [14]

Popis funkce systému

AquaMats jsou půdorysně rozložené trubky plovoucí na vodní hladině, z nichž ponořená média sahají ke dnu. Každý AquaMats poskytuje plochy určené pro maximální kolonizaci bakterií a řas, které obývají odpadní vody. Na rozdíl od pohyblivých či pevných plastových růstových médií jsou AquaMats určeny k podpoře optimálního prostředí pro bakterie a vyšší organismy. Vytváří vhodné prostředí podobné tomu, které je v přírodních rybnících a řekách. [14,15]

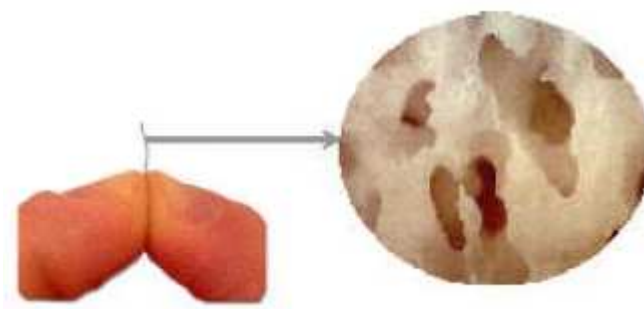
Jednotky lze snadno začlenit do stávajícího systému, instalují se rovnoběžně na celou šířku nádrže a jsou umístěny nad provzdušňovací systém. Toto uspořádání umožňuje veškeré vodě, která je vertikálně promíchávána pomocí provzdušňovacího systému projít systémem, což při čištění odpadních vod v kontaktu s biologickým společenstvem rostoucím na AquaMats vede ke zlepšení čištění. AquaMats také funguje jako hydraulické bariéry. Tato unikátní konstrukce nabízí vysoce účinné povrchové plochy, což vede k účinnému snížení BSK₅, amoniaku a NL. [14,15]



Obr. 2.17 AquaMats umístěné v biologických rybnících [15]

AquaMats nabízejí dvoufázovou strukturu povrchu, která je klíčovou součástí k úspěchu tohoto produktu. Materiál je tkaný v různých hustotách na opačných stranách látky, jejichž účelem je vytvořit rozdíl v sazbách přenosu kyslíku. Tento rozdíl v sazbě má za následek slabou anaerobní nebo anoxickou zónu na jedné straně textilie a aerobní prostředí na straně druhé. To přímo přispívá k nitrifikaci a denitrifikaci vyskytující se v těsné blízkosti jen na jedné straně povrchu média, a to výrazně posiluje schopnost AquaMats urychlit snížení amoniaku. [15]

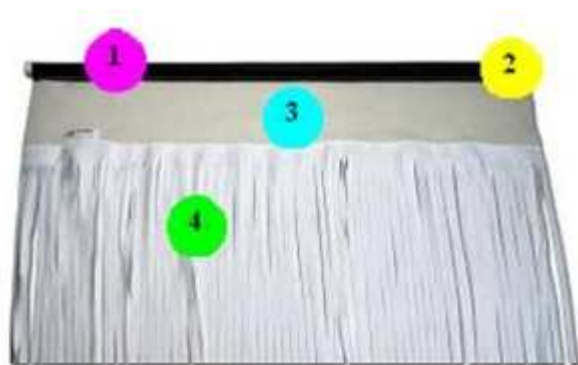
Struktura vlákna je volena z polymerního materiálu tak, aby poskytovala vysokou povrchovou plochu vláken. Další množství je přidáno do sekundární struktury pórů v rámci každého jednotlivého vlákna zaměřeného na růst specifických organismů. Tyto póry jsou omezeny na povrchovou strukturu vlákna. AquaMats jsou vyrobeny z vláken s nízkou hustotou, kondenzovaných kopolymerů z polyethylenu. Tento materiál je spíše nehybný a byl úspěšně testován pro dlouhodobé životnosti. [15]



Obr. 2.18 400x přiblížená mikro-pórová struktura vlákna z AquaMats [15]

Na obr. 2.18 můžeme pozorovat 400x přiblíženou fotografii, která zachycuje mikro-pórovou strukturu jednoho vlákna z AquaMats. Každý AquaMats má těchto vláken miliony. [15]

Horní část látky, která se nachází v blízkosti světelného zdroje na povrchu rybníka, má více pórů ve vlákně a je určena pro kolonizaci přisedlého růstu buněk. Plocha spodních vláken v AquaMats je přizpůsobena pro mikrobiální růst organismů, zejména bakteriální růst v rozsahu 1~10 mikronů. Celkově tento specifický materiál konstrukce AquaMats poskytuje účinnou plochu cca 240 m² na jeden metr látky. [15]



Legenda:

- 1) plovoucí objímka – materiál vysoce odolný proti UV záření, tkaný z černého polyethylenu (včetně plovákové trubice)
- 2) plovoucí průchodky objímky - nerezové ocelové průchodky na konci každé jednotky
- 3) Horní dvoufázová vrstva - vlákno maximalizuje srážení a rozvoj kolonií přisedlých řas.
- 4) Spodní dvoufázová vrstva - tkané vlákno poskytuje prostor pro růst biomasy.

Obr. 2.19 Popis materiálu v AquaMats [15]

V rybních bývají AquaMats umístěny v souvislých řadách pomocí hlavního kabelu připevněného k horní objímce. Stavební stroje a zařízení, nebo podpůrné konstrukce nejsou ve většině aplikací požadovány. AquaMats povrchy jsou konstruovány tak, aby byly samočistící a vyžadovaly jen velmi malou meziroční údržbu. AquaMats a provzdušňovací potrubí může být instalováno, přemístěno nebo přidáno do nových nebo stávajících rybníčních soustav, často bez nutnosti předchozího odkalování. Instalace je dosažena v extrémně krátkém časovém úseku a často nevyžaduje žádné úpravy na stávající infrastrukturu rybníka. [15]

Účinnost čištění

Jak již bylo řečeno konstrukce AquaMats nabízí vysoce účinné povrchové plochy, což vede k účinnému snížení BSK₅, amoniaku a NL. Bylo prokázáno na již fungujících systémech především v USA, že AquaMats dokáže odstranit BSK₅, amoniak a NL na požadovanou kvalitu a to i při teplotách 0 °C. Rovněž je možné zajistit větším množstvím AquaMats dostatečně vyčištěnou vodu i s velkým počátečním znečištěním.[15]

Mikrobiální komunita se skládá z nejrůznějších bakterií, virů, plísní, kvasinek, hub a prvoků stejně jako u jednobuněčných a mnohobuněčných organismů. Ty jsou zapojeny do různých komplexních reakcí a interakcí, v konečném důsledku konverze živin do konečného plynného stavu (jako je například oxid uhličitý a dusík). Tento proces má za následek snížení živin. Konečným výsledkem je osídlení živin v této formě na dně rybníka. Tvorba bílkovin (proteinů) a asimilace živin do buněk tkání je další významná cesta pro extrakci živin z rybníční soustavy. To má za následek velmi efektivní dávkování živin do biomasy. Snížení živin a minimalizace kalů lze úspěšně kombinovat. [15]

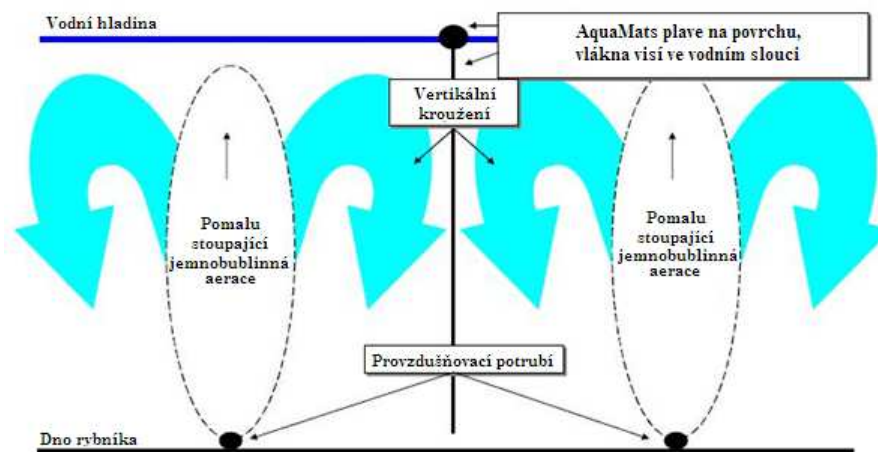
Tab. 2.4 Typické mikrobiální komunity nalezené v AquaMats [15]

Komunity	cca biomasy	počet druhů
řasy	25 %	21 ~ 150
houby	20 %	> 150
bakterie	55 %	> 2000

AquaMats mají také funkci jako hydraulické bariéry, které podstatně zvyšují vyrovnaní suspendovaných látek pro bakteriální fixaci na obou površích média. AquaMats poskytují více idealizovaný zpomalený průtok rybníkem, tím zajišťují maximální biologické kontaktní doby a maximalizují skutečné hydraulické doby zdržení v rybníku. Specializované AquaMats produkty jsou k dispozici k vytvoření hydraulické bariéry nebo usměrňování průtoku pro dosažení vyšší účinnosti čištění. [15]

Provzdušnění

Nedílnou součástí AquaMats je doplňkový systém provzdušňování, skládající se z diferenciálního tlakového potrubí (PDP - pressure differential piping), které je položeno na dně. Provzdušnění z potrubí PDP je velmi efektivní, simuluje míchání a provzdušňování, které se vyskytuje v přírodních vodních tocích. Potrubí PDP může být instalováno i přes rybníky s nerovnou spodní plochou, protože provozní diferenční tlak kompenzuje nepravidelnosti povrchu. [15]



Obr. 2.20 Popis funkce distribuce vertikálního proudění AquaMats [15]

Výhody:

- Zvyšuje kvalitu vody a čistí ji. Účinné odstranění BSK₅, amoniaku a NL.
- Snadná manipulace a instalace. Není potřeba využití žádného složitého nebo speciálního vybavení.
- Šetrné k životnímu prostředí. Biologický růst na povrchu AquaMats poskytuje vysoce žádoucí přirozenou potravu pro ryby.
- Zvyšuje výkon i v oblasti vysokého průtoku.
- Je velmi trvanlivý a odolný. Naměřená minimální pevnost v tahu v obou směrech pro produkty je 1,4 MPa.
- Flexibilní a propustné hydraulické bariéry. Jde o ohybatelný a napínající se materiál, aby velké vlny (například při bouřkách) prošli bez poškození výrobku.

Nevýhody:

- Nutné dnové provzdušnění.

Cena systému

Cena za jeden kus AquaMats pro regulaci průtoku se pohybuje okolo 2 000 Kč. Přičemž je doporučená instalace 7–12 ks na 1 000 m² vodní plochy. Budeme-li uvažovat instalaci do druhého rybníka o ploše 2 840 m², náklady na pořízení by se pohybovaly okolo 60 000 Kč. Přičemž je nutné uvažovat další náklady na provzdušnění a to jak pořizovací, tak i provozní náklady (kapitola 2.15). [15,16]

2.8 EDI BIOREEF – PONOŘENÁ PEVNÁ FILMOVÁ TECHNIKA

EDI BioReef systém (dále jen BioReef) je ponořená pevná filmová technika, která je ideální k odstranění BSK_5 a dusíku v biologických rybnících nebo k pozastavení růstu biologických procesů. Na rozdíl od předchozího typu je BioReef umístován pouze v jedné linii v toku, tedy systém je umístěn přímo na hlavním kabelu vedeném napříč průtokem vody. Tento systém je taktéž vhodné použít v kombinaci s provzdušňováním, které se nachází vedle systému BioReef. [17]



Obr. 2.21 Systém EDI BioReef v rybnících [18]

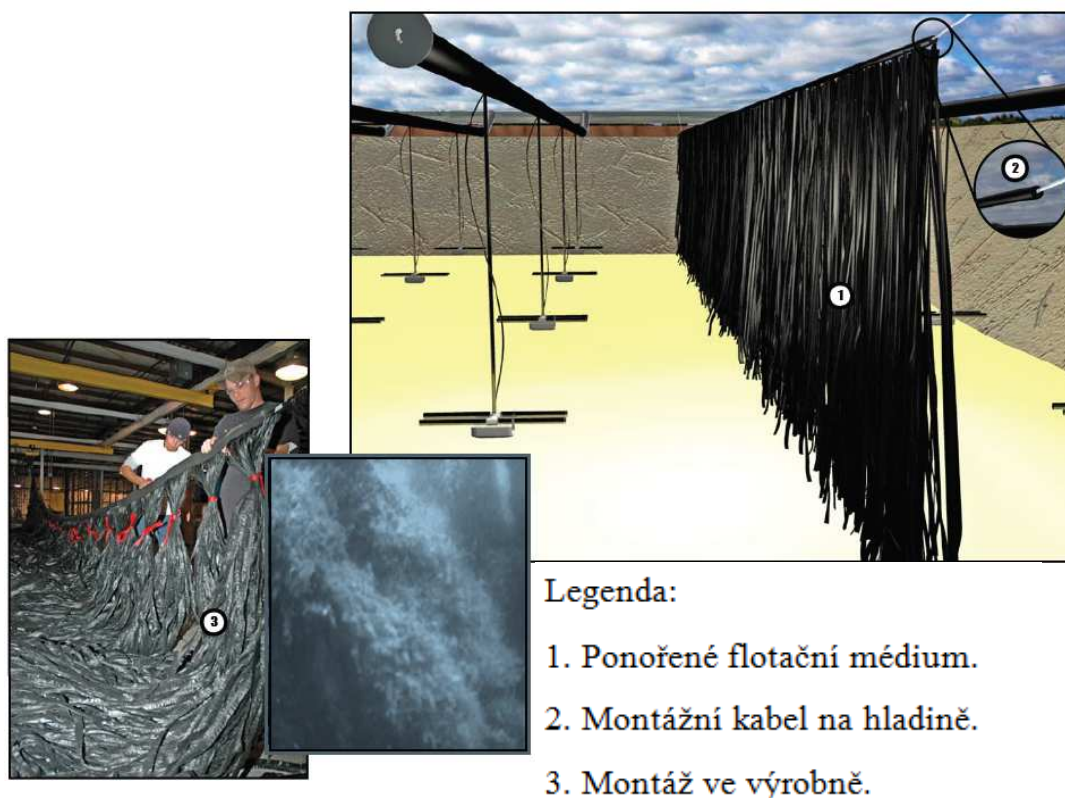
Popis funkce systému

BioReef systém je navržen tak, aby byl kompatibilní s existujícími nádržemi na bázi procesů čištění odpadních vod. Biologické pevné látky jsou samoregulační. Přebytek biologické pevné látky, která se hromadí na BioReef produktu, automaticky odpadává z médií. [17]

BioReef systém vyžaduje aerobní proces, proto je nutné promíchávání a provzdušnění pro uchování populace biomasy. Pevné biologické látky se usadí v dílčích oblastech částečně provzdušňovaných a neprovzdušňovaných zón. V úplných promíchávaných zónách bez částečného míchání nebo v klidových zónách mohou být biologické látky využity. [17]

V kombinaci s EDI BioReef a vysokou účinností Flexair (difuzního provzdušňovacího systému), se stává BioReef systém jedním z energeticky nejúčinnějších systémů. Čištění odpadních vod zpracovává tak, aby bylo možné jejich další využití v průmyslu. [17]

BioReef moduly jsou dodávány na staveniště sestavené z výroby s montážními kabely a plovacími komponenty. BioReef sestava je natažená přes vodní hladinu a uchovávána na místě připevněním ke kotvě na obvodu nádrže. Žádné další požadavky na instalaci nebo montáž elektroniky nejsou nutné. Jakmile je systém správně nainstalován, je nenáročný na údržbu a připraven pro dlouhodobou výkonnost. [17]



Obr. 2.22 Popis systém EDI BioReef [18]

Účinnost čištění

EDI BioReef systém je ponořená pevná filmová technika, která je ideální k odstranění BSK_5 a dusíku v biologických rybnících nebo pozastavení růstu biologických procesů. Velkým přínosem je tento systém především v následujících případech:

- Hydraulické nebo organické přetížení.
- Nedostatečné snížení BSK_5 nebo NL.
- Špatná přeměna amoniaku.
- Vysoký obsah celkového dusíku v odpadních vodách.

BioReef systém efektivně zvyšuje množství mikroorganismů v biologickém reaktoru tím, že poskytne plochy, na nichž se mikroorganismy mohou vázat. Systém nevyžaduje žádné další separace pevné látky, využití zařízení ani promíchávání.

BioReef systém je účinný i při snižování celkového dusíku. Jakmile je vyvinut stabilizovaný biofilm, rozpuštěný kyslík v biofilmu umožní dusičnanům redukci na plyný dusík, který je vypuštěn ze systému. Tento proces denitrifikace poskytuje další výhody včetně zásaditosti, využití kyslíku a provozní efektivitu celého systému.

Výhody:

- BioReef systém lze snadno nainstalovat, je proto vhodný i pro velké stabilizační rybníky a provzdušněné rybníky.
- Vysoký poměr plocha povrchu k objemu; přibližně 14 000 m² přímé plochy na 380 m³ vyčištěné vody za den.
- Flexibilní média lze umístit i do stísněných prostor.
- Bezúdržbový se samoregulačním biofilmem bez doplňkového míchání nebo aerace.
- Dobře se hodí pro odstraňování BSK₅, NL, přeměna amoniaku, nebo odstranění dusíku i v chladném podnebí.
- Maximální kontakt s odpadní vodou díky rozmístění na celou hloubku a šířku.
- Nainstaluje nezávislé konstrukce s plovoucího ramene a pozastavuje ponořené média.
- Dlouhá životnost UV stabilizovaného vysokohustotního polyetylenu.
- Sestavení ve výrobě a snadná instalace.

Nevýhody:

- Nutné dnové provzdušnění.

2.9 DAFNIE – VODNÍ BLECHY

Dafnie, rovněž nazývané “vodní blechy” jsou unikátním prostředkem k čištění vody. Dafnie jsou členy řádu Cladocera, název vodní blechy si vysloužily, protože jejich pohyb ve vodě připomíná skoky blech klasických. Dafnie vyčistí vodu v jezírku velmi rychle a permanentně. Dafnie (vodní blechy) zajistí čistou vodu v rybnících právě díky tomu, že se živí drobnými řasami a sinicemi. Fungují tedy jako efektivní a biologická zbraň proti řasám a sinicím. Tato moderní metoda je poměrně novinkou, ale je i jednoduchou a unikátní metodou. Přitom jsou dafnie natolik drobné, že je ve vodě takřka nevidíte. [55]



Obr. 2.23 Ukázka dafnií [56]

Popis funkce

Dafnie se běžně používají jako krmivo v akvaristice. To však neplatí pro účely čištění vody v rybnících, proto se doporučuje použití pouze v případě, že se v rybníku nevyskytují ryby, které by dafnie pojídaly. [55]

Dafnie je přibližně 3 mm velký sladkovodní korýš, patřící do řádu perlooček. Dnes známe asi 300 druhů dafnií (vodních blech), které se vyskytují téměř po celém světě ve všech sladkovodních, převážně stojatých vodách. [55]

Dafnie se množí od jara až do konce léta. Když se dafniím v jejich prostředí dobře daří, neztrácejí čas pářením a z neplodných vajíček se prostě rodí samičky. Malé dafnie dorostou do dospělé velikosti přibližně do dvou týdnů. Reprodukční proces probíhá v rozmezí 10 dnů. Jestliže ve vodě není dostatek potravy, dafnie reprodukční proces stopnou. Oproti samičkám jsou samci dafnie menší. [55]

Životnost jedné generace dafnií je zpravidla 30–110 dnů, ale v tomto směru záleží především na teplotě vody, ve které se vyskytují. Dafnie se živí filtrací jednobuněčných řas a různých druhů organického detritu, prvoků a bakterií. Nečistoty a řasy filtrují nejen z vodního sloupce, ale také ze dna rybníků. [55]

Účinnost čištění

Živé dafnie zajišťují unikátní biologické čištění vody v rybnících. Ničí řasy a zamezují dalšímu růstu řas v rybníčkách a biotopech. Dafnie jsou obdařeny schopností přirozeně vstřebávat jedy a toxické látky sinic a řas. Působí přirozeně proti řasám a sinicím, čistí vodu a nezanechávají žádný odpad. Proto jsou velmi užitečným a unikátním prostředkem pro celosezónní čistotu vody do 5 °C, stačí je jednou aplikovat a pak se již samoregulačním systémem množí a hlídají za vás kvalitu a průzračnost vody. V zimě při teplotách pod 5 °C se účinnost dafnií výrazně zpomalí nebo zcela zastaví, avšak v zimním období se převážně problém s řasami a sinicemi nevyskytuje, proto tento handicap neubírá systému na účinnosti. Každý z těchto drobných korýšů za jediný den přefiltruje až dva litry vody a zbaví ji tak nežádoucích řas, sinic a bakterií, které mu slouží jako potrava. Navíc jsou dafnie 100% ekologické, takže jsou mnohem vhodnější pro aplikaci, než použitá vodní chemie. [55]

Dělení dafnií (vodních blech):

- *Podrod Daphnia*, např. dafnie ambigua, arena, catawba, latispina.
- *Podrod Hyalodaphnia*, např. dafnie, curvirostris, dentifera, galea, lacustris, laevis.
- *Podrod Ctenodaphnia*, např. dafnie Barbata, brooks, ephemeralis, lumholtzi.

Výhody:

- Nejlevnější forma čištění vody od řas a sinic.
- Bez nutnosti péče a bez starosti – čistí vodu přirozeně a samostatně.
- Samoregulační čištění vody – při větším znečištění se množí, při malém znečištění své stavy přirozeně snižuje.
- Celosezónní likvidace řas a sinic – funguje permanentně po celou sezonu.
- Zcela biologické čištění vody nezatěžující přírodní prostředí.
- Unikátní biologická metoda čištění vody jezírek, rybníčků – efektivní prostředek proti řasám a sinicím.

Nevýhody:

- Při výskytu ryb slouží jako potrava a dojde k jejich vyhubení.

Cena systému

Dafnie se prodávají v balení ve vodném roztoku nejčastěji ve dvoulitrovém roztoku v polyethylenových sáčcích za cenu kolem 1500 Kč. Za předpokladu velmi rychlého rozmnožení můžeme uvažovat nákup nízkého počtu. [57]

2.10 BACTA-PUR – TEKUTÉ SUSPENZE

Jedná se kombinaci nejčastěji dvou výrobků Bacta-Pur XLG a Bacta-Pur N3000. Jedná se o tekuté suspenze, které jsou dávkovány do rybníků pro zajištění růstu bakterií ve správném poměru, pro zlepšení kvality vody. Zajištění přítomnosti vhodných mikroorganismů přispívá k biologickému rozkladu uhlovodíků, snížení kalů, odstranění BSK₅, nitrifikaci a denitrifikaci a k nepřemnožení řas na vodní hladině. [19]



Obr. 2.24 Bacta-Pur dodávaný v plastových lahvích [19]

Popis funkce systému

Pro vysvětlení funkčnosti výrobků Bacta-Pur je nutné si říci, jak vlastně bakterie pracují. Bakterie se množí procesem zvaným binární štěpení - jedna buňka se dělí a stávají se z ní dvě. Některé z nich se mohou množit velmi rychle za vhodných podmínek. Pokud je

potrava i vlhkost přiměřená a teplota správná, mohou se některé bakterie množit za pouhých dvacet minut. V pouhých osmi hodinách se původní buňka násobí téměř sedmnácti miliony nových bakterií. [19]

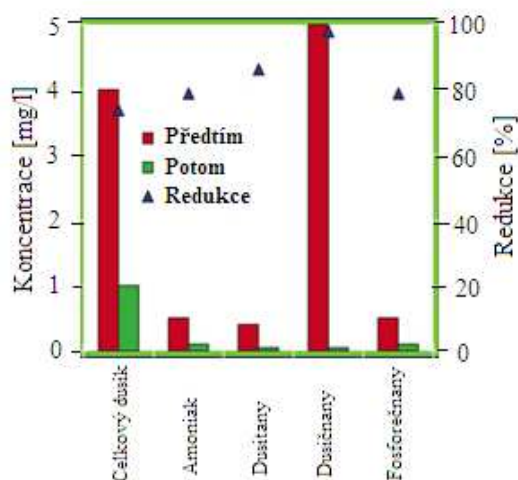
Bacta-Pur biotechnologické produkty obsahují komunity přírodních bakterií sloužících ke zlepšení kvality vody. Jejich použití zajišťuje přítomnost vhodných druhů prospěšných mikroorganismů k biologickému rozkladu uhlovodíků, snížení kalů, odstranění BSK₅, nitrifikaci a denitrifikaci. Bacta-Pur produkty obsahují prospěšné společenstva přirozených bakterií. Vše, co dělají, je růst bakterií ve správném poměru k vytváření silných týmů, které zlepšují kvalitu vody. [19]

- *Bacta-Pur XLG*: Používá se pro biologicky rozložitelné tuky a tuky v čištění odpadních vod. Rovněž se využívá ve sladké vodě pro odstraňování kalu a BSK₅.
- *Bacta-Pur N3000*: Používá se pro denitrifikaci a řízení eutrofizace ve sladké (i slané) vodě. Jedinečné kmeny v N3000 umožňují denitrifikovat v přítomnosti kyslíku, jakož i anaerobně. To znamená, že hromadění dusičnanů a okyselování je redukováno.
- *Bacta-Pur BACTIVATOR*: Plně automatický dávkovací systém. [19]

Účinnost čištění

Bacta-Pur N3000 a XLG jsou dva z nejvíce koncentrovaných bakteriálních kultur na trhu s minimálním počtem buněk obvykle 1000x větším oproti ostatním značkám. [19]

Bacta-Pur se používá ke zvýšení velikosti společenstev prospěšných mikroorganismů na místě a zvyšují populaci mikroorganismů asi 10x a zajišťují že koncentrace těchto mikroorganismů je až milion krát větší, než u základních hodnot mikroorganismů v neošetřených odpadních vodách. [19]



Obr. 2.25 Snížení koncentrace jednotlivých látek pomocí Bacta-Pur [19]

Nitrifikace / denitrifikace

Vyvážená populace heterotrofní bakterie je nezbytná pro kontrolu množství organických látek a pro denitrifikaci. Bacta-Pur N3000 byl vyvinut především za účelem zařazení bakterií, které nejen denitrifikují v okysličeném prostředí, ale lze použít také uhličitán jako zdroj uhlíku v čištění odpadních vod, což znamená, že dusičnan může být převeden na dusík ve stejném procesu jako nitrifikace. [19]

Snížení BSK₅

Efektivní a kompletní přeměna BSK₅ vyžaduje společenství mikroorganismů pracujících společně, kde vedlejší produkty jednoho organismu slouží jako potrava pro jiný organismus. Nedostatek i jednoho člena základního mikrobiálního týmu sníží účinnost čištění. Bacta-Pur XLG produkty obsahují vyvážené společenstva nepatogenních mikroorganismů. [19]

Snížení kalů a tuků

Efektivní organické kaly vyžadují specifické organismy pro bílkoviny, jiné pro tuky a ještě jiné pro sacharidy a celulózy. Bacta-Pur XLG zajišťuje přítomnost vyváženého společenství kmenů, které mohou produkovat všechny základní enzymy na trávení různých složek kalů z bílkoviny a lipidy na sacharidy a celulózy. [19]

Kontrola řas

Bacta-Pur obsahuje blahodárné společenství přirozených půdních a vodních bakterií a při vhodném použití může být základem vlastního přírodního potravinového řetězce v prostředí rybníka. Bacta-Pur je zvláště účinný při použití provzdušňovacího systému. Poté zcela okysličená voda vytváří podmínky, které jsou příznivější pro bakterie než pro řasy. Vytvoření "stresující" podmínky (omezení dostupné živiny) pro řasy je to, co nakonec snižuje koncentraci řas a umožňuje rozvoj vyváženého ekosystému. [19]



Obr. 2.26 Ukázka účinnosti Bacta-Pur (vlevo) bez Bacta-Pur, s použitím Bacta-Pur (vpravo) [19]

Výhody:

- Odstraňuje rozpuštěný N a P.
- Usnadňuje okysličení jezera.

- Odstraňuje příčiny škodlivých pachů.
- Biologicky odstraňuje organické usazeniny.
- Zvyšuje biologickou rozmanitost.
- Zlepšuje rovnováhu ekosystémů.

Nevýhody:

- Nejvíce účinný s provzdušněním.
- Nutné pravidelné dávkování.

Podrobný popis jednotlivých výroků

Bacta-Pur XLG

Bacta-Pur XLG je tekutá suspenze přírodních užitečných mikroorganismů, které byly vybrány pro jejich schopnost biologicky rozložit organický odpad. Převádí znečištění na bakteriální biomasu, která se stává přírodní potravou pro ryby a bezobratlé živočichy. Před aktivací Bacta-Pur XLG je možné ručně nadávkovat pro lepší účinnost Bacta-Pur Activator 1 & 2, ten obsahuje základní živiny a maximalizující bakterie a produkci enzymů pro trávení organických látek. Neobsahuje živočišné produkty a je k dispozici v malých sáčcích. [21]

Výhody:

- Vstřebání kalu a snížení toxického amoniaku a sirovodíku.
- Usnadňuje okysličení.
- Snižuje nadměrné živiny (dusík a fosfor).
- Transformuje odpadní látky na přirozené a prospěšné potraviny.

Bacta-Pur N3000

Bacta-Pur N3000 obsahuje vyvážené komunity bakterií vybraných pro jejich schopnost přeměny v dusík. Pomáhá snižovat koncentraci rozpustného fosforu, který má značný vliv na sladkovodní systémy. Bacta Pur N3000 převádí znečištění do bakteriální biomasy, která se stává přírodní zdravou potravou pro ryby a bezobratlé živočichy. Bacta-Pur N3000 obsahuje vyvážené společenství prospěšných a přírodních mikroorganismů, nitrifikačních a heterotrofních organismů, které zlepšují kvalitu vody. [21]

Výhody:

- Snížení amoniaku, dusitanů a dusičnanů.
- Snížení fosforu.

- Transformace znečišťujících látek na látky přirozené a prospěšné potraviny pro ryby, zooplankton a bezobratlé živočichy.
- Zlepšuje vzhled vody.

Bacta-Pur BACTIVATOR

Plně automatický dávkovací systém s nastavitelným dávkováním doby i množství. Jednoduchá instalace i provoz. Rozměry: 56x37x76 cm. Dávkování 600–1900 m³/den.[21]



Obr. 2.27 Bactivator LS s vnitřním zásobníkem (vlevo), Bactivator LS1500 s externími zásobníky (vpravo). [21]

Cena systému

Výrobky Bacta-Pur XLG a N3000 jsou nejčastěji dodávány v šesti baleních po čtyřech litrech, tedy celkem 24 litrů. Cena za toto balení je u obou výrobků shodná a pohybuje se okolo 8000–9000 Kč.

Jeden litr Bacta-Pur XLG musí být aplikován každý týden na 1 000 000 litrů vody v rybníku (1000 m³), dávku je možné upravit dle nutnosti účinnosti čištění. Při uvažování tohoto doporučeného dávkování by bylo nutné do druhého rybníku dávkovat za rok asi 150 l přípravku, což by znamenalo kolem 60 000 Kč.

U výrobku Bacta-Pur N3000 výrobce uvádí, že po ustálení (zvýšené 2–3 počáteční dávky) dávkujeme týdně jeden litr na 100 000 litrů vody v nádrži (100 m³). Pokud budeme opět uvažovat doporučené dávkování do druhého rybníku, bude nutná dávka asi 15 000 l, což činí za rok kolem 600 000 Kč.

Při použití obou výrobků současně by bylo nutné vynaložit roční částku na dávkování přípravků 660 000 Kč, přičemž je nutné uvažovat další náklady na pořízení dávkovacího zařízení pohybující se v řádech tisíců korun. [22]

2.11 CHEMICKÉ SRÁŽENÍ FOSFORU

Průměrná koncentrace celkového fosforu v komunálních vodách se pohybuje v rozmezí 6–8 mg/l. Podíl orthofosforečnanů na obsahu celkového fosforu je variabilní, pohybuje se v rozmezí 40–70 %. Odstraňování fosforu chemickým srážením je alternativním postupem defosfatizace komunálních odpadních vod vedle postupů biologických. Většina evropských čistíren odpadních vod využívá pro odstraňování fosforu chemické srážení solemi železa nebo hliníku. Nejčastěji se využívá síranu železitého (Prefloc) - $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ případně hlinitanu sodného NaAlO_2 . Při chemickém srážení vznikají produkty, které nelze recyklovat v průmyslu, mají malou hodnotu jako hnojivo kvůli obsahu fosforu. [23]

Částečné srážení fosforu v biologických sekcích ČOV bylo pozorováno jako přirozený proces. Tento podíl vysráženého fosforu je však velmi malý a silně závislý na specifických podmínkách (nízká alkalita, tvrdost vody). Rozpuštěný fosfor lze z odpadní vody spolehlivě vysrážet přidávkou železitých, železnatých, hlinitých, resp. vápenatých solí. Hydroxid vápenatý nelze většinou aplikovat v hlavní lince bez následné neutralizace, protože by bylo příliš vysoké pH aktivační směsi. Samotné chemické srážení může být aplikováno v primárním nebo sekundárním stupni čištění, nebo je lze navrhnout jako samostatný terciální stupeň čištění. V uvedeném pořadí roste účinnost a klesají dávky chemikálií. Polyfosfáty z odpadní vody jsou během průchodu aktivací rozkládány, tj. hydrolyzovány a lze je snadněji vysrážet. [23]

Samotný srážecí proces se skládá ze čtyř kroků:

1. dávkování srážecího činidla spojené s potřebou intenzivního rozmíchání,
2. srážení fosfátů a vznik malých vloček,
3. koagulace a flokulace vloček do větších agregátů,
4. separace vloček pomocí sedimentace, filtrace popř. flotace. [23]

Při dávkování chemického koagulantu je vždy nutné dbát na správné dávkování dle kvality čištěné vody a aktuálního průtoku. Experimentální práce v laboratoři poskytne informaci o přibližné dávce, která je požadována, avšak dávku je v některých případech nutno dopravit dle výsledků ve skutečném provozu. Dávkování se provádí nejčastěji automatickými dávkovači na přítoku do čistírny. [23]

Kromě následně podrobněji popsaných látek se dezinfekce rovněž provádí pomocí chlornanu vápenatého, chlornanu sodného a dechlorace přes sodíkový hydrogen-sířičitan.

Síran železitý a síran železnatý

Síran železitý a síran železnatý se používají běžně pro čištění komunálních a průmyslových odpadních vod. Tyto soli se používají jako koagulanty a flokulanty pro minimalizaci zápachu a uvolňování sirovodíku, pro odstraňování fosforu, k zahušťování kalu a jako odvodňovací činidlo.

Tekutý síran železitý je červenohnědý vodný roztok, který se obvykle prodává v koncentraci 41 %, případně 50 % nebo 60 %, vztaženo na sušinu. Koncentrace oxidu železitého (Fe^{3+}) je 10 % nebo 12 %.

Tekutý síran železnatý je modrozelený vodný roztok, který se obvykle prodává v 25 % koncentraci, vztaženo na sušinu. Koncentraci železnatých iontů (Fe^{2+}) je obvykle 5–7 % hmotnosti.

Základní rozdíly těchto látek: Síran železitý může být přidán do systému pro sběr odpadních vod, nebo na ČOV, kde také poskytuje výhody v následných čistících postupech. Síran železnatý se přidává především ve sběrném systému a je méně účinný při přidání v závodě. [24]

Aplikace v čištění odpadních vod:

Síran železitý zvyšuje účinnost čištění tím, že tvoří rychle se usazující flokulant, oproti tomu síran železnatý netvoří flokulant vhodný pro čištění.

Kontrola fosforu je důležitá funkce na čištění odpadních vod. Teoreticky železitý sulfát spotřebuje 1 ppm ortofosfátu (PO_4^{3+}) pro každé 1 ppm železitého kovu, zatímco síran železnatý spotřebuje 2 ppm PO_4^{3+} pro každé 3 ppm železných kovů. Chemicky jsou tyto reakce vyjádřeny jako:



Tuky a oleje se často hromadí v potrubním systému kanalizace. Jak síran železitý, tak i síran železnatý se ukázaly jako účinné při snižování kalu. Síran železitý i síran železnatý pomáhá při čištění odpadních vod, ale jak je uvedeno výše, síran železitý efektivněji vysráží fosfor. [24]

Výroba a manipulace jsou rovněž důležité aspekty při výběru koagulantu na bázi železa. Síran železitý je vyroben z panenské železné rudy s nízkým obsahem nečistot stopových kovů. Je mírně korozivní, ale kompatibilní s většinou běžně používaných plastů a pryží. Naproti tomu síran železnatý se vyrábí jako vedlejší produkt z výroby oxidu titaničitého nebo z železného šrotu, může obsahovat nežádoucí limity těžkých kovů

a nečistot. Je tedy mírně korozivní a je kompatibilní s většinou běžně používaných plastů a pryží, ale i s materiály jako je ocel, slitina, keramika a sklo. [24]

Síran železitý a síran železnatý jsou oba univerzální chemické látky, které mají mnoho výhod pro čištění odpadních vod. Používají se především pro odstranění fosforu. Po nadávkování ve vodě vysráží fosfor, který je největší živinou pro sinice a ty jsou tedy bez potravy a nemnoží se. [24]

Hlinitan sodný

Tento alkalický, anorganický koagulant zvyšuje pH a alkalitu při odstraňování fosforu. Tekutý hlinitan sodný (LSA- Liquid sodium aluminate) se stává stále více používaný pro odstraňování fosforu z odpadních vod. Problémem při používání jak biologického, tak i chemického čištění je snižování alkality spolu se snížením pH odpadní vody pod jeho limitní hodnoty. Pro kompenzaci tohoto se v mnoha případech přidává zdroj alkality před začátkem čistícího procesu. Zdroje alkality jsou například: vápno, soda, hydroxid hořečnatý nebo hydroxid sodný. [25]

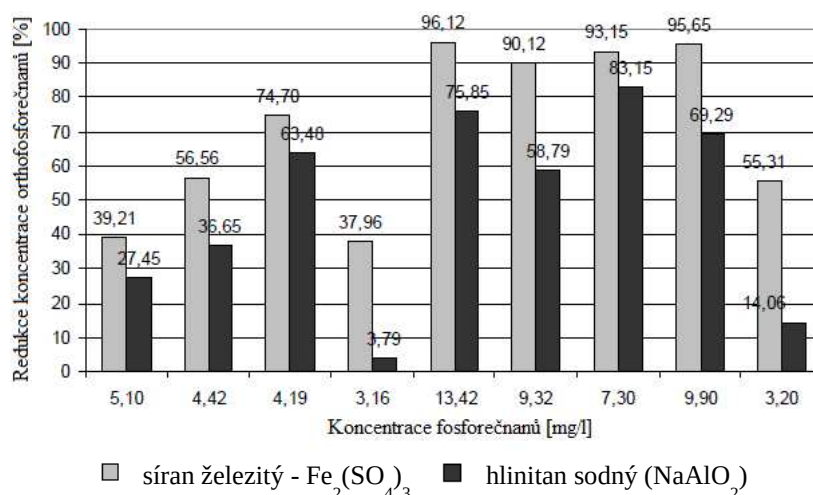
Tento dvojí chemický postup je však drahý a zvyšuje množství kalu. Hlinitan sodný může vyřešit tento problém tím, že poskytuje vysoce koncentrovaný zdroj hliníku v alkalickém médiu. Na rozdíl od svých kyselých protějšků přispívá alkalita čistícímu procesu, čímž se eliminuje potřeba další alkality. Ve skutečnosti hlinitan sodný poskytuje prakticky stejné množství alkality jako 25 % hydroxidu sodného a podstatně více hliníku než ostatní výrobky na bázi hliníku. [25]

Anoxické prostředí rovněž není problém. Na rozdíl od fosforečnanu železa, fosforečnan hlinitý není znovu rozpustný za anoxických podmínek. Dávkování hlinitanu sodného je možné provádět v podstatě v kterékoliv části čistírenského procesu. Na začátku biologického čištění je vhodné dávkovat pro zvýšení pH a alkality. Dávkování před anoxickou zónou zvyšuje provozní flexibilitu a snižuje počet potřebných chemikálií v léčebném procesu. [25]

Porovnání síranu železitého a hlinitanu sodného

Experimentálními zkouškami chemického srážení bylo u převážné většiny testovaných vzorků zjištěno, že požadované účinnosti redukce orthofosforečnanů, tj. 80% je dosaženo při trojnásobku základní dávky, která činila $400 \text{ g.l}^{-1} \text{ Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ a při pětinasobku základní dávky, která činila $280 \text{ g.l}^{-1} \text{ NaAlO}_2$.

- Prefloc (síran železitý - $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, celková dávka 1200 g.l^{-1}),
- Hlinitan sodný (NaAlO_2 , celková dávka $1400 \text{ g.l}^{-1} \text{ Al}_2\text{O}_3$).



Obr. 2.28 Účinnost odstranění orthofosforečnanů [26]

Na obr. 2.28 je znázorněn graf, kde je patrné, síran železitý prokazuje opět lepší účinnost jako v případě srovnání se síranem železnatým. [26]

Síran hlinitý a chlorid železitý

Jedná se o metodu, která byla vyvinuta ve Švédsku v letech 1960–1970 a od té doby byla aplikována s převážně pozitivními výsledky na mnoha rybnících po celém světě, zejména ve Skandinávii, USA, Kanadě, Německu a v Polsku. Tato metoda se využívá v rybnících s dlouhou dobou zdržení vody a v mělkých rybnících. [27,28]

Pro srážení fosforu z vodního sloupce se používají sloučeniny hliníku (síran hlinitý $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) nebo železa (chlorid železitý FeCl_3), které tvoří relativně stabilní, fosfor vážící sloučeniny, které sedimentují ve formě želatinových vloček. [27,28]

V rybnících s nízkou alkalitou může dojít k vyčerpání pufrací kapacity a k vytvoření kyselých podmínek a proto je nezbytné přidat zároveň se sloučeninami železa a hliníku i uhličitán vápenatý a zajistit tak přítomnost dostatečného množství pufru ve vodě i na povrchu sedimentu. Nejlepších výsledků se dosahuje při hodnotě pH mezi 6,5–8,5. [27,28]

Srážení síranem hlinitým

Fosfor se váže buď přímo za vzniku fosforečnanu hlinitého, nebo dochází k adsorpci na hydroxid hlinitý. Nadbytečný hliník se usadí v sedimentu a zvyšuje tak jeho kapacitu pro další vázání fosforu. Ve srovnání se sloučeninami železa je použití hliníku lacinější. Při jeho aplikaci je však třeba postupovat opatrně, neboť hliník může mít toxický vliv na vodní organismy. V některých případech je hliník přijímán vodními rostlinami a dochází tak k omezení jejich fyziologické schopnosti přijímat fosfor kořeny. Koncentrace hliníku ve vodě menší než 50 mg/l nemá škodlivé účinky na organismy. [27,28]

Srážení chloridem železitým

Fosfor se opět váže buď přímo do železito-fosforečnanových minerálů, nebo je adsorbován hydroxidy železa. Železem je nejlépe vázán anorganický fosfor. Vázání organického fosforu nebylo pozorováno. Rovněž nejsou známy žádné chronické toxické vlivy na organismy. Po sedimentaci železo pokračuje ve vázání fosforu i na povrchu sedimentu. Vazby fosforu na železo jsou citlivé na změnu redoxního potenciálu. Jestliže se v sedimentech vytvoří anoxické podmínky a dojde ke vzniku sirovodíku, fosfor vázaný na železo se začne uvolňovat ze sedimentu a může přecházet do vodního sloupce. Aby se tomu zabránilo, srážení fosforu musí být kombinováno s další metodou. [27,28]

Nejvhodnějším obdobím pro srážení fosforu je doba, kdy se fosforové frakce nacházejí ve svém maximu, tj. obvykle od pozdního podzimu do časného jara. Zásah musí být ukončen dříve, než začne intenzivní jarní růst planktonu. [27,28]

Pevné preparáty se aplikují přímo na led, ale mnohem častěji se preparáty aplikují rozpuštěné. Roztoky jsou dopravovány do jezera ohebným vysokotlakým potrubím. [27]

Cena výrobku

Ceny za 1 kg výrobku je:

- síran železitý 75 Kč,
- síran hlinitý 80 Kč,
- chlorid železitý 85 Kč,
- síran železnatý 120 Kč. [58]

Při návrhu je však nutné uvažovat rozdílné dávkování těchto chemikálií. Ceny jsou pro maloodběratele, při větším odběru pro čištění vod je cena nižší.

2.12 BIOSPIKES 4000

Nabízí nový způsob, jak minimalizovat usazený objem kalu a snížit náklady na likvidaci sušiny v rybnících s komunálními odpadními vodami.



Obr. 2.29 Ukázka BioSpikes 4000 [29]

Rybníky nabízejí hospodárný způsob, jak snížit vysoké náklady na čištění odpadních vod. I přes efektivní ošetřování se pevné látky hromadí na dně rybníků, což vede k jejich zanášení a prodlužují se hydraulické retenční časy a nakonec to vede k neúčinnému čištění. Nejběžnější způsob, jak odstranit tento problém je nákladné bagrování. [29]

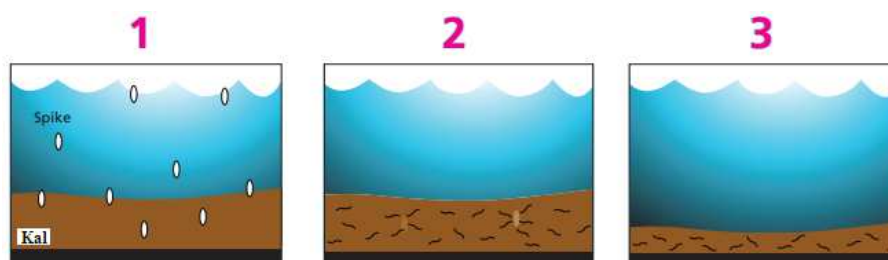
BioSpikes 4000 nabízí biologickou alternativu místo bagrování. Kombinace prospěšných mikroorganismů, enzymů a živin stimuluje biologickou aktivitu v kalu a poskytuje efektivní způsob, jak snížit objem kalu a zlepšit čištění. BioSpikes jsou aplikovány na hladině a potápí se přímo do usazené kalové vrstvy. Jsou snadno použitelné ve všech typech rybníků. [29]

BioSpikes je 13,5 cm dlouhý, o průměru 4 cm (5,3x1,6 cm) a váží přibližně 150 g. [29]

Popis funkce systému

Mikroorganismy a živiny v BioSpikes stimuluje biologickou aktivitu v kalové vrstvě, dovolují flokulačním částicám, aby se staly větší a hustší. Hustší částice vloček obsahují méně vody, což vede k většímu zhutnění. Enzymy v BioSpikes pomáhají rozkládat látky, které drží rozpadající biomasu pohromadě na dně rybníka. Prospěšné mikroorganismy dále doplňují degradaci rozkládající biomasy a mají za následek nižší a kompaktnější vrstvu kalu. [29]

BioSpikes mají hustou špici, pomocí které rychle klesá ke spodní části rybníka, i když je dávkován na vodní hladině, díky tomu je dávkování snadné. Ve chvíli, kdy BioSpikes klesají na dno rybníka, uvolňují miliardy mikroorganismů, silné enzymy a esenciální stopové prvky. Tato kombinace zajišťuje velmi rychlou stimulaci biologické aktivity a snížení kalové vrstvy. BioSpikes snižuje četnost mechanického odstraňování kalu, snižuje nutnou délku retenčního času a zlepšuje celkovou výkonnost rybníka. [29]



Obr. 2.30 Ukázka funkce BioSpikes 4000 [30]

Legenda:

Obr. 1. BioSpikes se dávkuje na vodní hladinu a potápějí se přímo do kalové vrstvy

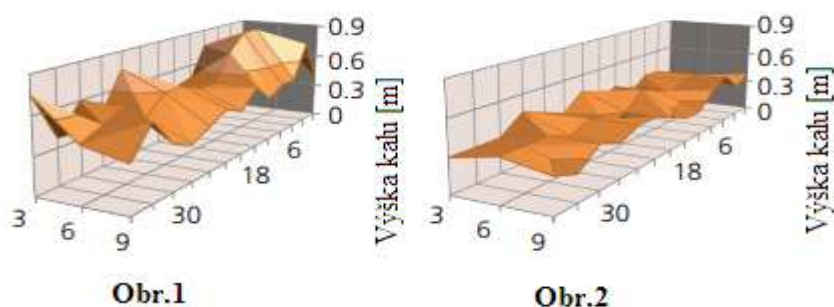
Obr. 2. Mikroorganismy pronikají celou vrstvou kalu.

Obr. 3. Mikroorganismy, enzymy a živiny stimuluje biologickou aktivitu a snižují vrstvu kalu.

Účinnost čištění

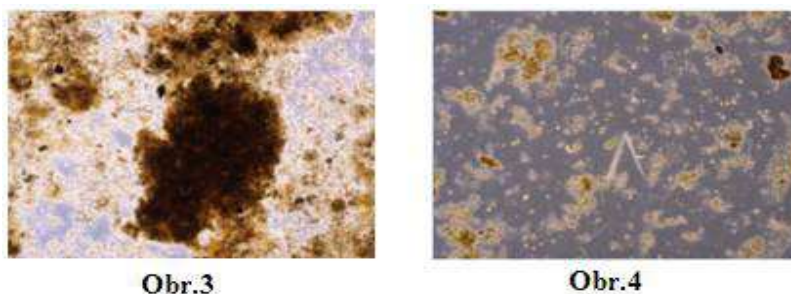
BioSpikes prokázaly svou účinnost při snížení objemu kalu v rybnících pro čištění městských odpadních vod. Jednotlivé výsledky se liší v závislosti na složení kalu a počátečním objemu. [29]

Obr. 2.31 (1 a 2) ve 3D reprezentují kalové vrstvy v biologickém rybníku. Použití BioSpikes vedlo k 38% snížení objemu kalu. Grafy byly vyvinuty mapováním v části rybníka 9x40 m, kde byl použit BioSpikes. Každý datový bod představuje oblast 3x3 m. Měření bylo provedeno 30 dní před aplikací (Obr.1) a 30 dní po aplikaci (Obr.2). [29]



Obr. 2.31 Ukázka účinnosti BioSpikes 4000 [29]

Na obr. 2.31 (1 a 2) lze pozorovat, že použití BioSpikes má za následek 38% snížení objemu kalu v ošetřované oblasti a to zde po 30 dnech.



Obr. 2.32 Ukázka rozdílů hustoty vloček po ošetření BioSpikes 4000 [29]

Obr. 2.32 (3 a 4) znázorňuje flokulační částice z ošetřených oblastí (obr. 3) jsou mnohem větší a hustší než flokulační částice z neošetřených ploch (obr. 4). Obrázky 3 a 4 ukazují rozdíl velikosti a hustoty vloček ve vzorcích kalu odebraných z ošetřené a neošetřené oblasti. Flokulační částice jsou větší a hustší, což naznačuje, že se kal zhutňuje snadněji. Změny se objevily souběžně s poklesem hloubky ve vrstvě kalů. [29]

Doporučené použití

BioSpikes může být aplikován ke snížení celkové vrstvy kalů v rybníku. BioSpikes samovolně klesají na dno rybníka a jsou tedy snadno aplikovatelné z hladiny. [29]

Kvalita kalu kolísá s návrhem systému, stářím kalu, množstvím a druhem přitékajícího znečištění. To ovlivňuje, do jaké míry a hloubky může být kal ovlivněn, ale i dávkování a dávkovací frekvenci. Pro aplikace na široké oblasti se doporučuje vyšší počáteční dávka pro snížení stávajícího objemu kalu. Dávkování se doporučuje každých 30–90 dnů, v závislosti na rychlosti akumulace kalu a zhutnitelnosti. V městských rybnících se mohou výsledky lišit v závislosti na koncentraci a složení počátečního znečištění. [29]

Výhody:

- Nižší provozní náklady
 - Snižuje četnost odstraňování kalu.
 - Snižuje celkový objem kalu.
- Lepší účinnost čištění
 - Snižuje hydraulický retenční čas.
 - Zvyšuje dobu funkčnosti rybníka.
- Zjednodušené čistící práce
 - Může být použita přímo na místě.
 - Snižuje objem kalů bez přerušení čištění. [29]

Nevýhody:

- nutná obsluha k dávkování.

Cena systému

Systém BioSpikes se prodává v krabici po 19 kg. Inundační dávka se doporučuje 4 krabice na 1000 m² a jako dávka udržovací na stejné množství 2 krabice po 30–90 dnech. Na plochu jednoho rybníka je cena inundační dávky 360 000 Kč, následná cena za běžný provoz je 180 000 Kč přibližně jednou za dva měsíce.

2.13 INTEGROVANÝ SYSTÉM ČISTÍCÍHO RYBNÍKA POMOCÍ ŘAS NA OBĚŽNÉM KOLE

Technologie pomocí oběžného kola byla původně vyvinuta pro použití vodního systému podpory života mikrokultury a akvakultury. Řasy se používají při čištění odpadních vod pro celou řadu účelů, především pro odstranění koliformních bakterií, snížení chemické a biochemické spotřeby kyslíku, odstraňování dusíku a fosforu, a také k odstranění těžkých kovů. [31]

Zařízení jsou navrženy tak, aby se minimalizovalo hromadění kalů a maximalizovala produkce kyslíku prostřednictvím fotosyntézy řas. Vyrábí se biomasa z řas, která může být použita jako hnojivo bohaté na dusík, nebo jako živočišné či rybí krmivo bohaté na bílkoviny, pro výrobu kapalných paliv pro moderní lékařství a dokonce i pro kosmetiku nebo výrobu čistých chemikálií. [31]

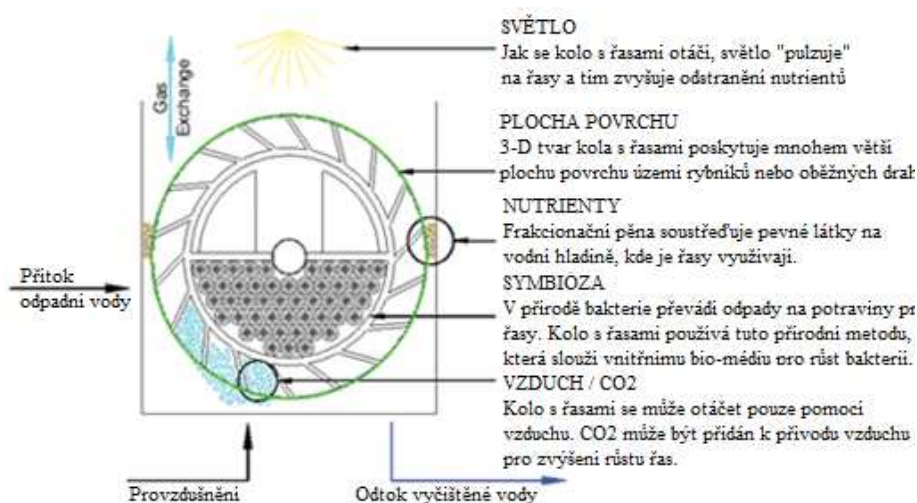


Obr. 2.33 Oběžné kolo v rybníku a zarostlé řasami [31]

Popis funkce systému

Tajemství úspěchu řas je založené na technologii integrovaného systému oběžných kol. Každé kolo poskytuje vhodné prostředí pro růst řas. Vlny zajišťující provzdušnění a pulzující světlo jsou základní životní podmínky vyžadované pro růst řas a jsou poskytovány prostřednictvím unikátního návrhu systému. Kola jsou otáčena elektricky nebo mohou být navržena bez použití mechanické hnací síly, kde jsou kola otáčena pomocí konstantního průtoku. Kola a všechny součásti jsou vyrobeny z UV odolných recyklovatelných plastů a jsou opatřeny ochranou proti korozi. Tyto plasty jsou lehké a modulární, tedy snadno smontovatelné v každé oblasti. [31]

Systémy jsou nákladově efektivní, vyžadují minimální údržbu a obecně fungují velmi dobře, pokud jde o BSK₅ a odstranění pevných látek, přičemž produkují méně zápachu. Navíc tyto systémy vyžadují podobnou rozlohu jako běžné rybníky. [31]



Obr. 2.34 Popis procesů probíhajících na oběžném kole [31]

Funkčně, každé kolo nabízí vhodné prostředí pro bakterie a řasy, které zde mohou pracovat symbiotickým způsobem, stejně jako mohou efektivně a syntetizovaně žít organické hmoty z živin v různých odpadních vodách. Řasy a bakterie fungují dobře, protože každý organismus poskytuje důležitý zdroj energie pro druhé. Bakterie převádí dostupnou organickou hmotu na oxid uhličitý (CO_2), který je snadno použitelný pro řasy. Řasy tvoří kyslík (O_2), který bakterie používají během buněčného růstu. [32]



Obr. 2.35 Typy otočných kol [33]

Účinnost čištění

Řasy mohou být použity při čištění odpadních vod pro celou řadu účelů, z nichž některé se používají pro odstranění koliformních bakterií, snížení jak chemické a biochemické spotřeby kyslíku, odstraňování N a P, a také k odstranění těžkých kovů. Vysoká koncentrace N a P ve většině odpadních vod také znamená, že tyto odpadní vody mohou být případně použity jako levný zdroj živin pro produkci biomasy z řas. [33]

Růst řas a příjem živin je ovlivněn nejen dostupností živin, ale také závisí na komplexní interakci mezi fyzikálními faktory jako je pH, intenzita světla, teplota a biotické faktory. Jeden z faktorů významně ovlivňující růst řas je počáteční hustota, očekává se, že čím vyšší je hustota řas, tím je lepší růst a vyšší účinnost odstraňování nutrientů. Nicméně vysoká hustota řas by vedla k vlastnímu zastínění a snížení fotosyntetické účinnosti. [33]

Energetická účinnost závisí na rozsahu systému čištění odpadních vod a může vyžadovat o 50–75 % méně energie pro provoz než ostatní biologické procesy. Navíc systémy využívající rotace fotosyntetických řas na rotačních kolech produkují až o 95 % méně pevných látek, které by vyžadovaly energeticky náročnější manipulaci a náklady na likvidaci a dopravu. [33]

Řasy mohou metabolizovat odpadní vody mnohem rychleji, než bakteriální čištění. Čištění je komplexnější a rychlejší, protože bakteriologické čištění je proces rozkladu, zatímco čištění pomocí řas je jednou z procesů přeměny organické hmoty pro zdravý život rostlin. Je známo, že živiny ve vyčištěné vodě jsou stále větší problém, protože mohou způsobit zvýšení množství řas v rybnících. Dusičnany, fosfáty a jejich

předchůdci jsou rostlinné potraviny a jako takové jsou asimilovány řasami pomocí fotosyntézy. Uvedená technologie dosahuje odstranění těchto živin a terciárního dočištění na základě přirozeného růstového procesu řas. [33]

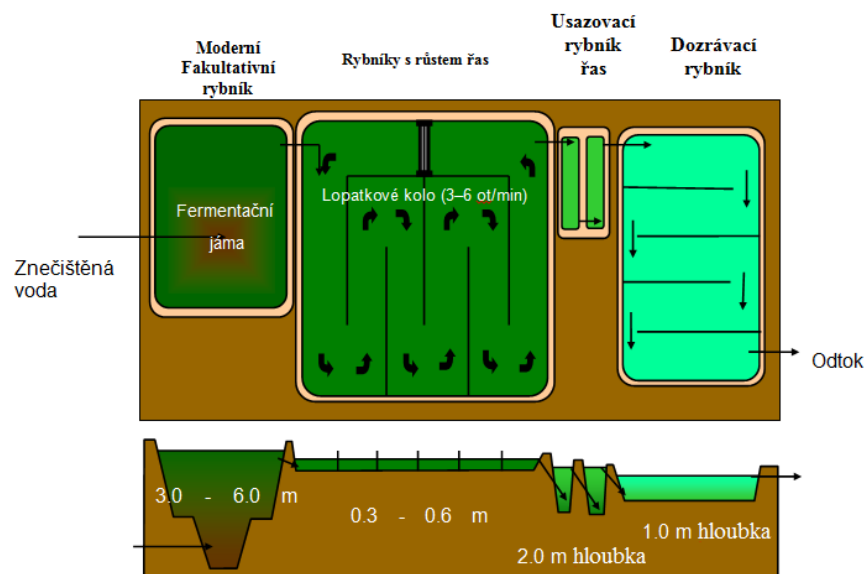
Kyslík produkovaný řasami pomocí fotosyntézy nahrazuje potřebu nákladné mechanické oxidace odpadních vod. Také symbiotický vztah mezi řasami a bakteriemi poskytuje vyvážené prostředí, kde jsou živiny ve vodě co nejefektivněji přeměněny na biomasu v kratším čase a s nižšími náklady. [33]

Řasy mohou být využity k výrobě mnoha typů biopaliv včetně bionafty, etanolu, benzinu, tryskového paliva a dalších. Na rozdíl od běžných rostlin, jako jsou sójové boby, kukuřice a cukrová třtina, mohou být řasy produkovány 365 dnů v roce a mohou být pěstovány v každém prostředí. [33]

Tab. 2.5 Účinnost odstranění znečišťujících látek při použití integrovaného systému [34]

Ukazatele kvality vody	Moderní systém APS	Klasické rybníky
BSK ₅ (g.m ⁻³)	34	108
cBSK ₅ (g.m ⁻³)	8	20
NL (g.m ⁻³)	64	220
N (g.m ⁻³)	26	55
N-NH ₄ (g.m ⁻³)	8	29
P (g.m ⁻³)	15	20
Rozpuštěný P (g.m ⁻³)	13	17
<i>E.Coli</i> (MPN / 100 mL)	146	16200

Ukázka použití [35, 36]



Obr. 2.36 Schéma integrovaného systému čistícího rybníka [35, 36]

Výhody:

- Poskytuje dostatečnou účinnost rybníků a zajišťuje růst řas i při nižších teplotách.
- Dimenzování a návrh rybníků je založen na úhrnu srážek, slunečním záření a teplotách.
- Sušina z prvního a usazovacího rybníka může být použita jako hnojivo.
- Účinnost systému může být dále zvýšena použitím umělého mokřadu.
- Vyčištěná voda může být dále využívána.
- Lepší výkon a spolehlivost ve srovnání s klasickými rybníky.
- Podobný záběr půdy a nízké nároky na údržbu.
- Potenciál pro další využití látek.
- Flexibilita čištění – možná kombinace se zavlažováním.

Nevýhody:

- Nejlépe funguje při velkém slunci.
- Nutné stavební úpravy.

Cena systému

Rybníky mají stejné počáteční náklady na zařízení, jako čistírny, které používají tradiční technologie. Avšak čistírny odpadních vod založené na technologii s oběžnými koly stojí o 25 až 50 % méně na provoz a údržbu, protože jsou navrženy tak, aby měly nízké nároky na údržbu, byly energeticky úsporné a téměř chemicky nezávislé.

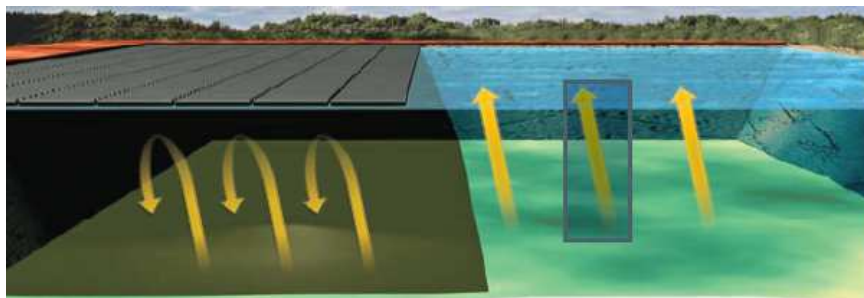
Nicméně počáteční investice je asi 300 000 Kč, když nebudeme uvažovat změnu stávajících rybníků, která však ve většině případů bude nutná. Kromě toho je nutné brát v úvahu náklady na energii a jednou až dvakrát ročně na odkalení rybníka s řasami. [33]

2.14 KRYTY POVRCHU RYBNÍKA

Kryt jakéhokoli druhu, umělý nebo přírodní, který zabrání vstupu světla do vodní hladiny rybníka rovněž zabrání růstu řas, které mají velký vliv na čištění odpadních vod. Rovněž udržuje stálejší teplotu a oddaluje doby zamrzání, čímž umožňuje čištění i v zimních podmínkách. [37,38]

Kryty obecně slouží k ochraně vodní hladiny proti ptactvu a ostatním zvířatům. Jedná se o systém osvědčený a účinný nejen pro odrazení ptactva, ale také odrazuje volně žijící živočichy. [37,38]

Na trhu se vyskytují dva druhy krytů, a to zaprvé kryt z tkaniny zakrývající komplexně celou hladinu. A druhý typ z plastů, který má mezi sebou mezery a umožňuje tak snadnější umístění na hladinu stejně jako pohyb na hladině. [37,38]



Obr. 2.37 Ukázka proudění tepla s krytem a bez krytu [37,38]

Výhody zakrytí povrchu:

- Okamžité a obrovské snížení nepříjemných pachů vypouštěných do prostředí.
- Rychlá a jednoduchá instalace.
- Snížená potřeba chemikálií.
- Prakticky bezúdržbový.
- Pod kryt může být instalováno provzdušnění s cílem zajistit aerobní podmínky. Snížení korozivních par a zajištění zvýšené životnosti stavebních konstrukcí.
- Snižuje pronikání UV záření: brání růstu řas a zanášení plevely.
- Kontrola odpařování, snížení tekuté ztráty až o 90 %, snížení kyselého aerosolu.
- Snížení tepelných ztrát. Pomáhají udržovat biologické reakce během chladného počasí: udržení vysoké biologické reakční rychlosti (odstraňování nutrientů) v průmyslových a komunálních ČOV i v nízkých teplotách.
- Snižuje tvorbu ledu. Snížení tvorby ledu v mrazivých podmínkách a to až o 10 °C.
- Zabraňuje povrchovému okysličení. Udrží anaerobní podmínky v případě potřeby.
- Zcela zamezuje výskytu vodního ptactva.
- Vyráběny z materiálů odolných proti UV záření. [37,38]

Plovoucí nekompaktní kryt

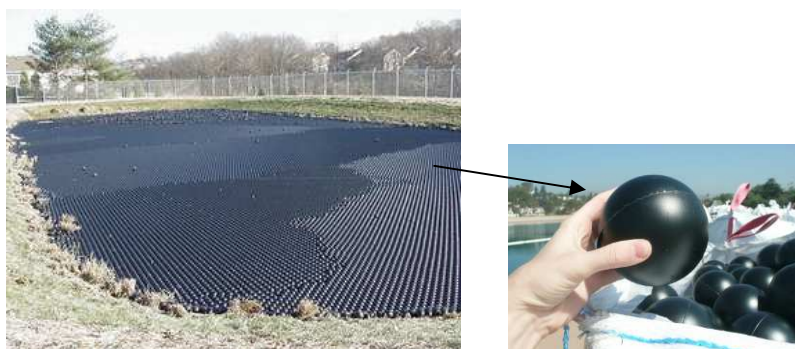
Plovoucí nekompaktní kryt je složen z jednotlivých dílů, mezi kterými je vždy mezera, jejíž velikost závisí na tvaru těchto dílů. Nejčastěji se setkáváme s dvěma typy plovoucích nekompaktních krytů. Jedním typem jsou takzvané BirdBall, které mají tvar míčku. Druhý typ se nazývá Hexprotect a má tvar šestiúhelníků, které do sebe zapadají lépe než míčky a proto vytváří menší mezeru. [37,38]

Výhody plovoucích krytů

- Nemá překážku pro ponoření jiných výrobků nebo zařízení v rybníku.
- Umožňuje pohyb zařízení přes kapalinu.
- Prakticky nelze roztrhnout kryt.
- Absorbuje kyslík.
- Propouští dešťovou vodu.
- Kryt se automaticky přizpůsobuje hladině kapaliny, která stoupá nebo klesá.

BirdBall - zakrytí míčky [37,38]

Kryt nazývaný ArmorBall nepředstavuje statickou překážku, míčky lze snadno odsunout stranou a v případě potřeby vložit zařízení, následně míčky vytvoří kryt těsně okolo zařízení, sami se přizpůsobí změně půdorysné plochy. Rovněž se míčky budou při jejich dostatečném množství sami přizpůsobovat ploše hladiny, ať už stoupající nebo klesající.



Obr. 2.38 Ukázka systému ArmorBall [37,38]

BirdBall v překladu ptačí míčky vytváří kryt z míčků. Název si vysloužil především kvůli ochraně vodní hladiny proti ptactvu, které hladinu po zakrytí vůbec nevnímá jako vodu. Jedná se o systém, který poskytuje velmi efektivní řešení při čištění odpadních vod. Umístěním dostatečného množství BirdBall na povrch rybníka se míčky automaticky uspořádají do nejtěsnější formace pokrývající více než 91 % plochy. Vysoké pokrytí

povrchu poskytuje účinnou bariéru pro snížení přenosu tepla, zamezí se spolupůsobení mezi kapalinou a okolním prostředím. Tepelných izolačních vlastností je dosaženo pomocí vzduchu (popř. vody), který je v míčku a také díky špatné tepelné vodivosti plastů.

Ve srovnání se síťovinami, BirdBall nejsou citlivé na poškození ledem nebo sněhem a nevyžadují žádný druh podpory (plavou na hladině). BirdBall jsou vyráběny z vysoce kvalitního polyetylenu o vysoké hustotě. Předpokládaná životnost je doba 25 let.

Materiál:

PVDF (Polyvinylidene fluorid) - tento materiál nabízí výrazné zvýšení provozních teplot až do 160 °C, také poskytuje odolnost vůči mnoha agresivním chemikáliím.

Polypropylen (PP) - schopnost odolávat teplotám až 110 °C. Vhodné pro styk s většinou chemických látek.

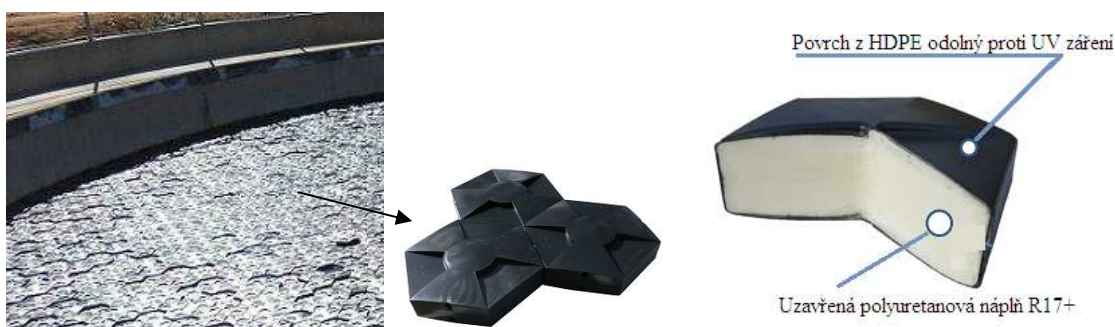
Polyetylén o vysoké hustotě (HDPE) - vhodné pro pracovní podmínky až do 80 °C. HDPE je vhodný pro všechny externí aplikace díky své zvýšené odolnosti vůči mrazu.

Průměr míčku a plocha povrchu

Existují různé velikosti a hmotnosti. Nejčastěji vyráběný BirdBall má průměr 100 mm, jeho průměrná hmotnost je 40 g a na 1 m² je potřeba 116 kusů.

Tyto BirdBall se rovněž vyrábí naplněné vodou se zesílením povrchu míčků pro lepší izolační vlastnosti.

Hexprotect - šestihranový kryt [38]



Obr. 2.39 Ukázka systému Hexprotect včetně naplnění s polyuretanovou výplní [38]

Hexprotect je šestihranný kryt odolný proti větru. Systém splňuje požadavky na cenovou dostupnost a odolnost proti větru. Systém zaručuje pokrytí až 99 %. Výsledné tepelné izolační vlastnosti kombinují izolační faktor vzduchu, se špatnými tepelnými vodivostmi plastu.

Materiál:

Díly Hexprotect jsou vyrobeny z vysokopevnostního HDPE polyetylénu a používají se pro všechny vnější aplikace. Materiál je velice odolný vůči mrazu, ale i proti UV záření.

Existují různé velikosti a hmotnosti. Nejčastěji vyráběný Hexprotect má průměr 164 mm, jeho průměrná hmotnost je 176 g a na 1 m² je nutné použití 32 kusů.

Vylepšením tohoto systému je Hexprotect *Max R* s polyuretanovou výplní. Jedná se o systém, který má oproti předešlému typu polyuretanovou výplň místo pouhého vzduchu. To zajišťuje vysokou izolaci (R17 +).

Cena systému

Výhodou těchto systémů je, že odpadá veškerá starost o rozměry, kterým se systém přizpůsobí. Cena na m² u jednotlivých systémů je:

- ArmorBall 400 Kč/m²,
- ArmorBall AQUA 500 Kč/m²,
- Hexprotect 450 Kč/m²,
- Hexprotect AQUA 500 Kč/m².

Kompaktní kryt

Tento typ krytů zamezí zápachům z odpadních vod a biologických rybníků tím, že zabrání odpařování těkavých složek do atmosféry. Čpavek, sirovodík a jiné chemikálie zachycené ve vodě způsobují zápach. Kompaktní kryt zabraňuje šíření tohoto zápachu a slouží i k zastínění rybníka. Při využití na aerační rybníky je v krytu ponechán dostatečný prostor pro mechanické povrchové aerátory. V případě využití v anaerobních podmínkách může být vytvořen bioplyn. V tomto případě může být použit s krytem sběr bioplynu, ale ve většině případů je pouze odvodu bioplynu, aby se zabránilo nadzvednutí krytu z povrchu kapaliny. [39,40]



Obr. 2.40 Ukázka kompaktních krytů při instalaci na rybník [39]

Kryty jsou neprůhledné, neprostupné pro sluneční záření, které brání růstu řas a dalších vodních rostlin. Potlačení růstu řas a rostlin zlepšuje kvalitu vody. [39,40]

Materiál:

Nejčastěji je využíván polyethylen a polyester, foukaná geomembrána, případně kašírovaná fólie. Na trhu se vyskytují různé rozměry, avšak materiál lze jednoduše svařit, proto je možné zajistit jakoukoliv velikost folie. [39]

Výhody:

- Zabraňují ředění s dešťovou vodou.
- Zcela zamezuje pronikání UV záření.
- Zamezují šíření zápachu do okolí.
- Odolnost proti propíchnutí cca 200 N. [39]

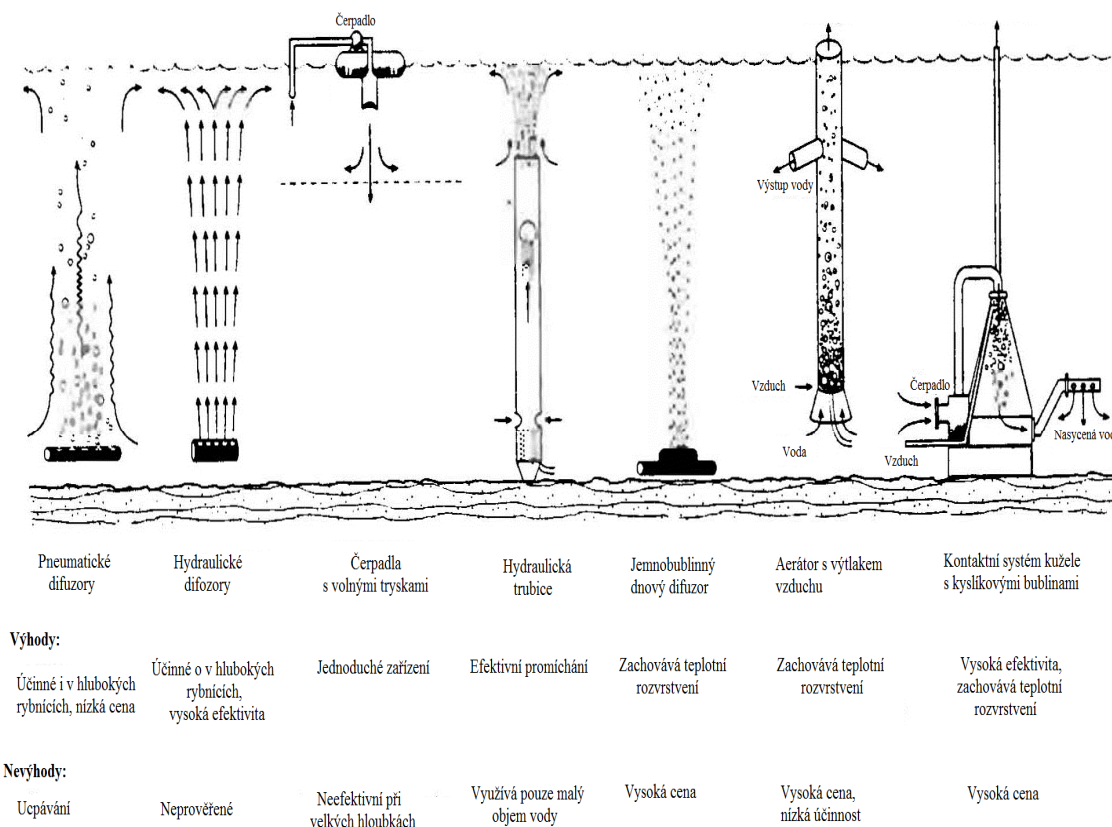
Cena systému

Fólie se vyrábí v mnoha různých velikostech, avšak není problém je svařit a tak vytvořit takřka jakoukoliv velikost. Budeme-li uvažovat fólii na jeden náš rybník o rozměru cca 3000 m², je možné fólii pořídit od 130 000 Kč výše. PVC plachty s polyesterovou výstužnou mřížkou budou stát kolem 260 000 Kč na stejný rybník.

2.15 PROVZDUŠŇOVÁNÍ

Umělé provzdušňování neboli aerace vyrovnává nedostatek kyslíku způsobený větším přísunem nebo vyšší produkcí organické rozložitelné hmoty. V mělkých rybnících se uplatňuje metoda rozptýleného provzdušňování/destratifikace (difuze). Provzdušňování brání vzniku teplotního gradientu a následného koncentračního gradientu kyslíku mezi vodou a sedimentem. Teplota a koncentrace kyslíku zůstává homogenní od hladiny ke dnu. Kyslík slouží k dekompozici organické hmoty a ke srážení fosforečnanů a udržuje povrch sedimentu v oxidované formě. Provzdušňováním se sinice a řasy dostanou do hlubších vrstev vody, kde vlivem nedostatku světla hynou. [28]

Technicky je metoda realizována tak, že stlačený vzduch proudí přes otvory v perforované trubici umístěné na dno nebo těsně nad jeho povrchem. Vzduch je do trubice vháněn kompresorovým zařízením, umístěným na břehu rybníka. Unikající vzduchové bubliny vyvolávají vertikální proudění vody směrem k hladině. K přenosu kyslíku dochází při pohybu vzduchových bublin vodním sloupcem vzhůru k vodní hladině a při jejich vybublání na hladinu. Množství cirkulující vody je přímo úměrné třetí odmocnině vycházejícího proudu vzduchu - tj. čím více stlačeného vzduchu může být u dna vypuštěno, tím vyšší bude účinnost oxidace. Nicméně kvůli šetření nákladů příkon obvykle stačí pouze k dodání kyslíku do rybníka a ne k míchání obsahu. [28]



Obr. 2.41 Ukázka způsobu provzdušňování včetně jejich vlastností [39]

Aerátory sloužící k provzdušnění rybníků nejčastěji využívají jemnobublinné provzdušnění, méně středobublinné. Některé aerační jednotky mohou obsahovat i samostatný hrubobublinný systém, který slouží k proplachu systému při velkém porostu mikroorganismy. Kyslík je dodáván prostřednictvím povrchových provzdušňovačů nebo rozptýlených provzdušňovacích jednotek. Provzdušňovače rovněž udržují pevné látky v suspenzi. V závislosti na stupni míchání mohou být rybníky provozovány jako aerobní, nebo aerobně-anaerobní systémy. [28]

V rybnících je možné pomocí provzdušňovačů dosáhnout 80–90 % odstranění BSK₅ s retenčními časy od 1 do 10 dní. Účinné jsou při hloubkách rybníků 1–4 m. [28]

Plovoucí povrchové provzdušňovače

Plovoucí hladinové systémy mohou být použity v mnoha aplikacích a mají mnoho výhod. Mezi výhody patří snadná instalace, aniž by se musela odčerpávat voda z rybníka. To umožňuje nepřerušované provozování systému a instalaci jednotek i na nerovném povrchu. Mezi další výhody plovoucích hladinových systémů patří snadný přístup a často časově nejnížší náklady na instalaci. Díky tomu se jedná o nejčastěji využívané provzdušnění. [18]



Obr. 2.42 Ukázka povrchového provzdušňování [41,42]

V povrchově provzdušněném systému provzdušňovače poskytují dvě funkce: přenášejí vzduch do povodí pro biologické oxidační reakce a poskytují míchání potřebné pro rozptýlování vzduchu do kontaktních reaktantů (těmi jsou kyslík, odpadní voda a mikroby). Typicky jsou plovoucí povrchové provzdušňovače hodnocené dodaným množstvím vzduchu odpovídajícím 1,8–2,7 kg O₂/kWh. [18]

Ponorné rozptýlené provzdušnění

Ponořené rozptýlené provzdušňovače jsou v podstatě formy difuzorových sítí uvnitř rybníka. Existují dva hlavní typy ponorných rozptýlených aeračních systémů pro rybníky: plovoucí a ponořené. Oba tyto systémy využívají jemné nebo středně bublinné difuzory poskytující provzdušňování a míchání v rybnících pro procesy čištění vody. Vyústek lze zavěsit těsně nad dno rybníka nebo mohou být uloženy na dně. [5]

Při instalaci ponořeného systému je nutné vypuštění rybníka, to zvyšuje pořizovací náklady na instalaci a rovněž způsobuje problémy s přerušáním provozu. Problémy s instalací mohou nastat i v případě nerovností či velkého zanesení dna. [5]



Obr. 2.43 Ukázka ponořeného provzdušňování [5,43]

Výhody:

- Odstraňuje BSK₅, N, P, Fe a amoniak.
- Zabraňuje zamrzání hladin, které by znemožnilo přístup kyslíku do vody.
- Účinnosti při teplotách až -10 °C.

- Systém spojující efektivní provzdušňování se stejně efektivním promícháváním, tím se zvyšuje přenos kyslíku do vody, znemožňují se anaerobní procesy a kal se neusazuje na dně nádrže.
- Jednoduché a úsporné řešení s nízkými náklady pro aplikace okysličení, odplynění a destratifikace. [44]

Cena systému

Cena za aerátory se pohybuje od 25 000 Kč za jednotku u jednodušších systémů, až 500 000 Kč za ponorné plovoucí jednotky. Je třeba uvažovat nad požadovaným počtem jednotek, který je u každého systému odlišný podle výkonu a záběru plochy. Proto je nutné toto posouzení provádět pro každý typ aerátorů zvlášť.

2.16 ZHODNOCENÍ SYSTÉMŮ

Jak jsem již v úvodu naznačila, mnoho zkušeností s intenzifikací biologických rybníků v České republice není, proto je převážná většina těchto systémů vyráběna a také instalována v cizích zemích. Problematickou biologických rybníků pro čištění odpadních vod se nejvíce zabývají Spojené státy americké, které také vyrábějí mnoho technologií pro možnou intenzifikaci.

Ve výše uvedených systémech se nacházejí jak systémy pro rychlé a levné řešení nedostatečného čištění odpadních vod v biologických rybnících, ale i systémy dražší a náročnější. Nelze však jednoznačně říci, že systémy dražší jsou více účinné. Jednotlivé účinnosti jsou popsány u každého systému a je nutné každou ČOV posuzovat individuálně, především podle znečištění na přítoku, ale i podle hodnot požadovaných na odtoku. Neméně důležité jsou v mnoha obcích finanční náklady jak na provoz, tak na pořízení a to především proto, že způsob čištění odpadních vod na biologických rybnících si zvolily především kvůli jeho pověsti nejlevnějšího způsobu čištění odpadních vod pro obce kolem 1000 obyvatel.

V České republice se nejvíce využívá provzdušnění, které je však mnohdy nedostatečné vzhledem k jeho výkonu na daný objem vody. Časté je také použití chemie, které se využívá obecně pro čištění vod v rybnících, nejen pro vody odpadní, ale její hlavní nevýhodou je vysoká cena. Tyto systémy ve své podstatě nejsou špatné, avšak je více než vhodná kombinace s dalšími systémy. Jak již bylo řečeno je nutné ke každé čistírně odpadních vod přistupovat individuálně. Proto se v praktické části mé práce budu věnovat této problematice, na biologických rybnících pro čištění odpadních vod v obci Krumsín, nacházející se v Olomouckém kraji.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části se budeme zabývat řešením intenzifikace na konkrétních biologických rybnících, které řeší likvidaci odpadních vod z obce Krumsín. Po vyčištění jsou vody vypouštěny do vodoteče Kleštínek, který se dále vlévá do vodní nádrže Plumlov, ta spadá pod Povodí Moravy s.p. Tato nádrž byla postavena za účelem protipovodňové ochrany a k nadlepšování průtoků. Dnes je využívána i na výrobu energie a v letních měsících velice oblíbená pro rekreaci. Povodí Moravy se v rámci projektu „Čištění vodního díla Plumlov“ zaměřilo nejen na vlastní nádrž, ale i na čištění odpadních vod z obcí nad nádrží. Jednou z těchto obcí je právě Krumsín. To byl jeden z důvodů důslednější kontroly kvality vypouštěné vody a impuls pro intenzifikaci již zmíněných biologických rybníků.

Ochrana kvality vody Plumlov

Problémy s kvalitou vody ve vodní nádrži vedly v roce 2008 k zahájení příprav a posléze spuštění projektu Čištění vodního díla Plumlov. Spolu s dalším chystaným souborem opatření v povodí má naplnit cíle projektu „Čistá Hloučela a vodní nádrž Plumlov“. Nádrž trpěla vysokou zátěží fosforem ze zdrojů v povodí a sinicemi z Podhradského rybníka. Sezónu zde přerušovaly opakované zákazy koupání z důvodu zhoršeného mikrobiálního znečištění a výskytu silného sinicového květu. Správce povodí přistoupil k vypuštění nádrže a těžbě více než 236 000 m³ sedimentů, doprovázené dalšími dílčími projekty, jako je například budování mokřadů a litorálních pásem k dalšímu odstraňování živin z vody. V roce 2012 začala rekonstrukce hráze, která patřila k nejnáročnějším stavbám v ČR. Rekonstrukce skončila v říjnu 2013, s opětovným napouštěním začali vodohospodáři v srpnu 2013. Nezbytné bude i důsledné čištění odpadních vod z obcí nad nádrží, včetně odbourávání fosforu a napojení zbývajících částí Plumlova na ČOV. [45]



Obr. 3.1 Poloha obce Krumsín a vodní nádrže Plumlov [47]

3.1 POPIS BIOLOGICKÝCH RYBNÍKŮ V OBCI KRUMSÍN

Obec Krumsín se nachází jihozápadně od města Prostějov v Olomouckém kraji. Jeho nadmořská výška je 305–370 m n. m. Počet obyvatel cca 650. Pod obcí protéká vodoteč Kleštínek, který se vlévá do vodní nádrže Plumlov. Obec se nachází na okraji II. vnitřního pásma hygienické ochrany vodního zdroje. V obci je vybudována jednotná kanalizace skládající se ze čtyř stok, které jsou svedeny do biologických rybníků nacházejících se na východním okraji obce. Čištění odpadních vod pomocí rybníků bylo uvedeno do provozu na konci roku 2008.

Na povolení městského úřadu je z biologických rybníků do vodoteče Kleštínek možné vypouštět následující znečištění.

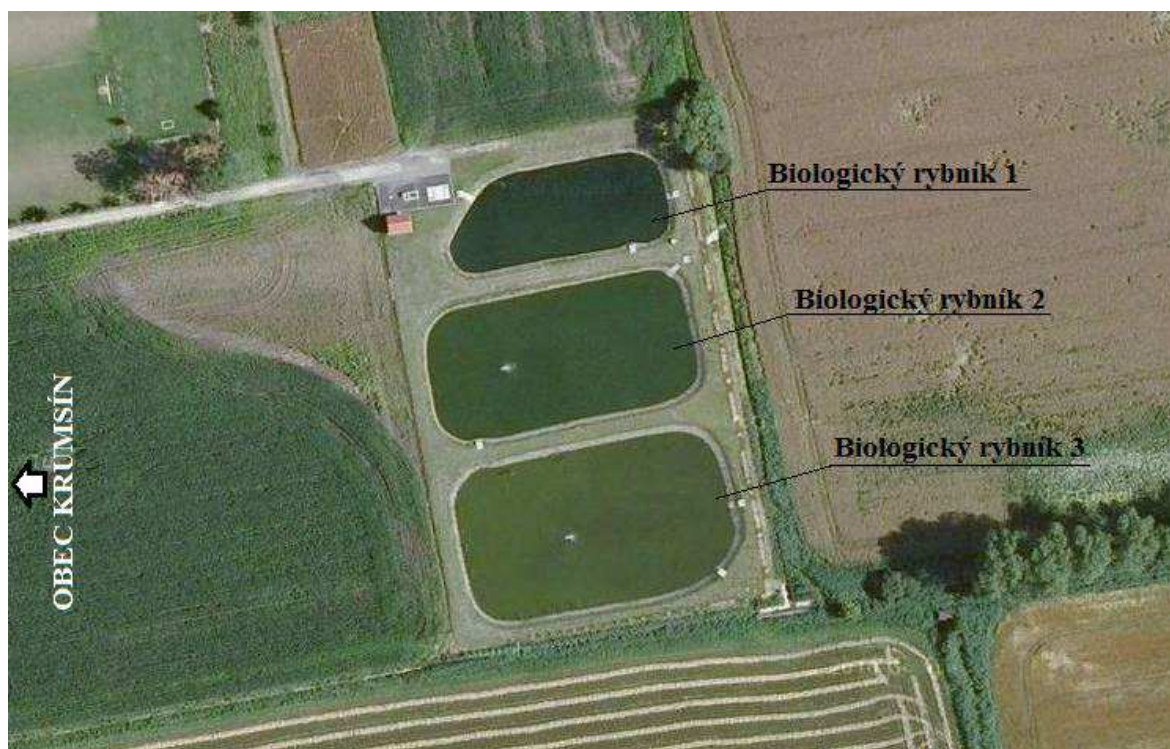
Tab. 3.1 Povolené maximální limity vypouštění do vodoteče Kleštínek [35]

CHSK _{Cr}			BSK ₅			NL			N-NH ₄ ⁺	
p [mg/l]	m [mg/l]	[t/rok]	p [mg/l]	m [mg/l]	[t/rok]	p [mg/l]	m [mg/l]	[t/rok]	p [mg/l]	m [mg/l]
72	100	3,6	24	48	1,2	11	25	0,56	20	40

Vysvětlivky:

- „p“ – přípustné koncentrace, které mohou být překročeny v povolené míře.
 - vzorky se musejí odebírat minimálně dvanáctkrát za rok. Tyto odběry musí být rovnoměrně rozděleny v průběhu roku. Neměli by být prováděny za neobvyklých situací, při přívalových deštích a povodních. Z těchto vzorků však může přípustné koncentrace „p“ překročit pouze jeden vzorek.
 - jedná se o dvouhodinový směsný vzorek získaný sléváním osmi dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut.
- „m“ – maximální koncentrace, které jsou nepřekročitelné. [35]

Čistírna odpadních vod funguje na principu biologických rybníků, které jsou v dobrém a udržovaném stavu. Avšak vzhledem k nedodržení těchto limitních hodnot (především u NL) a nutnosti snížení fosforu na odtoku na požadavek Povodí Moravy s.p. je nutné navrhnout potřebnou intenzifikaci pro tyto biologické rybníky. Snahou je nalezení možností intenzifikace a následné provedení nutných opatření s co nejmenšími zásahy do funkčních celků čistírny, jako i provedení za příznivou cenu.



Obr. 3.2 Letecký pohled na ČOV – biologické rybníky [47]

Jak již bylo v úvodu řečeno, do biologických rybníků je voda svedena ze čtyř kanalizačních stok. Nejprve voda natéká na mechanické předčištění skládající se z lapáku písku a česlí, které slouží k zachycení plovoucích a sunoucích se nečistot v odpadní vodě. Dále voda natéká na usazovací nádrž sloužící k mechanickému předčištění odpadních vod. Po mechanickém předčištění již voda natéká na biologické rybníky sloužící k vyčištění odpadních vod.

Biologické rybníky jsou soustavou tří rybníků, z nichž každý rybník má svou funkci. První rybník je neprovzdušňovaný a tato počáteční bezkyslíkatá zóna je důležitá pro odstraňování organického znečištění, dochází k usazování pevných částic a rozkladu organického znečištění. Následně pro dočištění a zlepšení kvality odtékající vody je nutné, aby za počáteční bezkyslíkatou zónou následovala dostatečně mohutná aerobní zóna, přičemž ve zbylých dvou nádržích kombinují anaerobní (bezkyslíkaté) a aerobní (kyslíkaté) procesy. Druhá a třetí nádrž slouží jako dočišťovací.

Tab. 3.2 Parametry jednotlivých biologických rybníků [46]

Biologický rybník	1	2	3	Celkem
plocha hladiny [m ²]	1280	2840	3400	7520
hloubka vody [m]	1,00	1,05	1,10	
objem [m ³]	1150	2800	3470	7420

Celková vodní plocha tedy činí 0,716 ha. Při návrhu prováděném v roce 2002 se předpokládala doba zdržení 21 dní při zatížení 60 kg/BSK₅/ha/den. Předpokládané množství odpadních vod splaškových bylo 140 m³/den a množství vod dešťových 13 m³/den.

Odpadní vody přitékající na biologické rybníky

V obci vznikají odpadní vody vnikající do kanalizace:

- b) v bytovém fondu – obyvatelstvo,
- c) v zařízeních občansko-technické vybavenosti a státní vybavenosti,
- d) srážkové a povrchové vody ze střech, zpevněných ploch a komunikací.

Odpadní vody z bytového fondu („obyvatelstvo“) - jedná se o splaškové odpadní vody z domácností. Tyto odpadní vody jsou v současné době produkovány od cca 650 obyvatel, bydlících trvale na území obce Krumsín napojených na stokovou síť.

Odpadní vody z výrobní a podnikatelské činnosti - jsou (kromě srážkových vod) obecně dvojího druhu (v Krumsíně takovéto vody nejsou produkovány)

- vody splaškové (ze sociálních zařízení podniků)
- vody technologické (z vlastního výrobního procesu)

Odpadní vody z městské vybavenosti - jsou (kromě srážkových vod) vody splaškového charakteru, jejichž kvalita se může přechodně měnit ve značně širokém rozpětí podle momentálního použití vody. Patří sem producenti odpadních vod ze sféry činností (služeb), kde dochází i k pravidelné produkci technologických odpadních vod.

3.2 POSOUZENÍ ÚČINNOSTI BIOLOGICKÝCH RYBNÍKŮ

Pro návrh intenzifikace je nezbytně nutné znát co nejlépe stávající stav a účinnost. Z těchto údajů vyplýne, které hodnoty na odtoku je nutné zlepšit a zajistit tak požadovanou účinnost v našem případě Biologických rybníků při čištění odpadních vod. Pro posouzení jsem vycházela z údajů poskytnutých starostou obce Krumsín panem Mgr. Jaroslavem Střelákem. Tyto podklady zahrnovaly veškerou dokumentaci pro realizaci čistírny, včetně údajů naměřených na rybnících. Rovněž jsem vycházela ze skutečností zjištěných přímo při místním šetření v obci Krumsín.

1. Mechanické předčištění

Mechanické předčištění je složeno z česlí, lapáku písku a usazovací nádrže.

Česle jsou osazeny z čelní strany na nátok, jedná se o ručně stírané česle se žlábkem, které mají bočně umístěnou zpevněnou plochu pro vytěžené shrabky, ale i pro písek. Rozteč česlic 25 mm, jedná se tedy o jemné česle. Jedná se o nejvyšší hranici pro jemné česle, což může způsobovat nedostatečné předčištění NL.



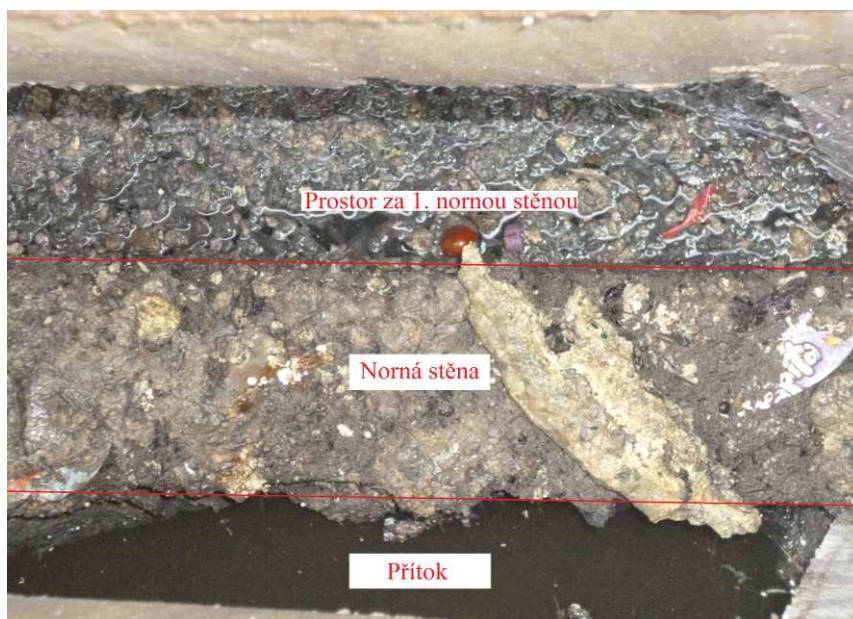
Obr. 3.3 Ukázka mechanického předčištění s nátokem a provozním objektem

Lapák písku je horizontální obdélníkového tvaru 2x1,4 m s usazovacím prostorem, je zakryt ocelovými rošty a opatřen ocelovým zábradlím. Slouží k zachycení písků a jemných minerálních částic z odpadních vod. Návrh je proveden dle normy ČSN 75 6401 doporučený na stokové sítě jednotné soustavy.



Obr. 3.4 Česle s usazovacím prostorem společně s lapákem písku, v pozadí usazovací nádrž a biologický rybník 1

Usazovací nádrž je dvoukomorová podzemní betonová nádrž 5x3 m s jednou dělicí přepážkou. Na přítoku i odtoku jsou osazeny norné stěny sloužící k zachycení plovoucích nečistot, včetně olejů, na vodní hladině. Shora je nádrž opatřena betonovým stropem a dvěma poklopy nad nornými stěnami a po jednom na přítoku a odtoku do nádrže. Nádrže je navržena pro separaci a částečné zahuštění surového kalu za účelem dosažení co nejmenší koncentrace NL. Vzhledem k patrným nevhodným biologickým pochodům, způsobených špatným rozdělením frakcí na přítoku, je způsobena nedostatečná funkčnost této nádrže.



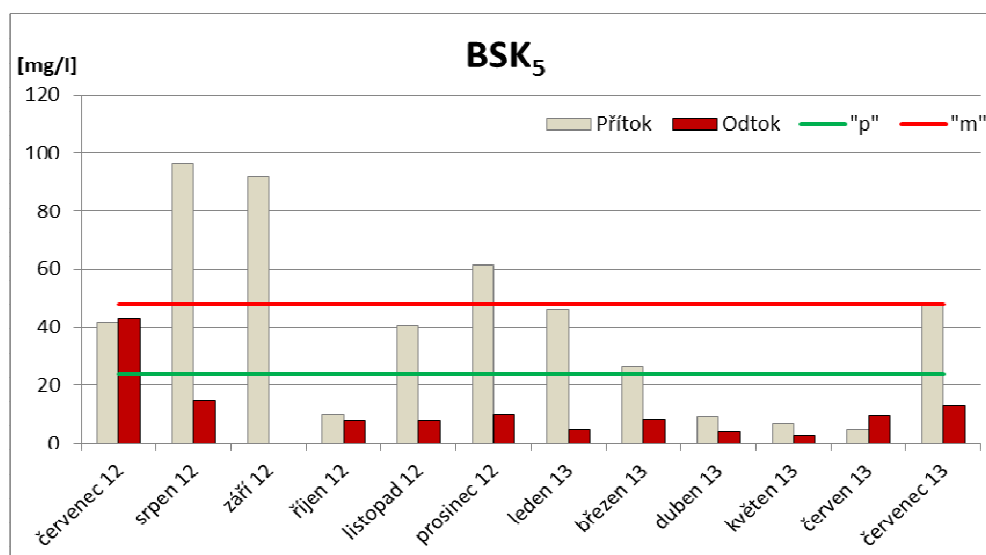
Obr. 3.5 Usazovací nádrž v přítokové části

2. Biologické rybníky

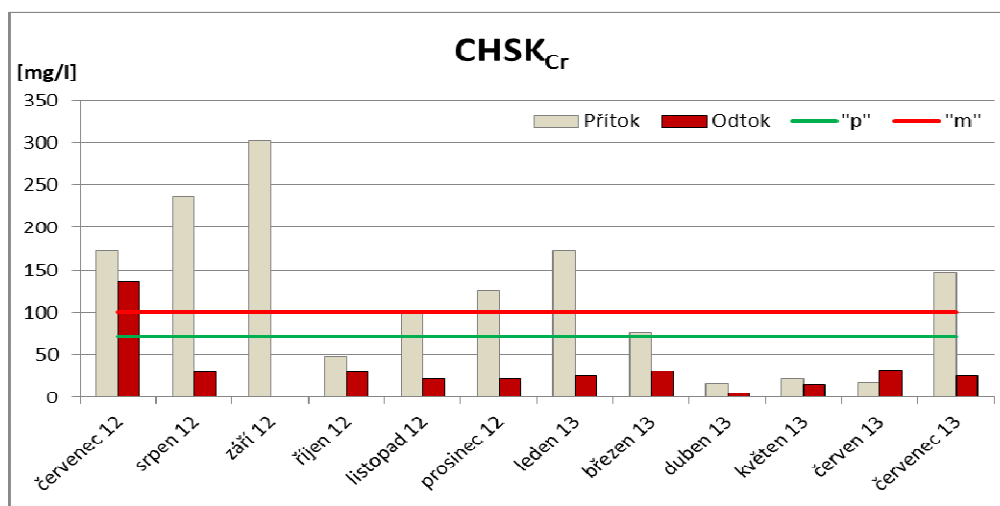
Pro posouzení účinnosti čištění nám byly poskytnuty koncentrace znečištění některých látek na přítoku a odtoku na ČOV za jeden kalendářní rok. Koncentrace na odtoku je měřena za posledním z rybníků Parshallovým žlabem. Z těchto údajů jsem provedla grafické znázornění přítoků a odtoků jednotlivých látek z ČOV s jejich přípustnými a maximálními limity.

Tab. 3.3 Hodnoty látek na přítoku a odtoku [46]

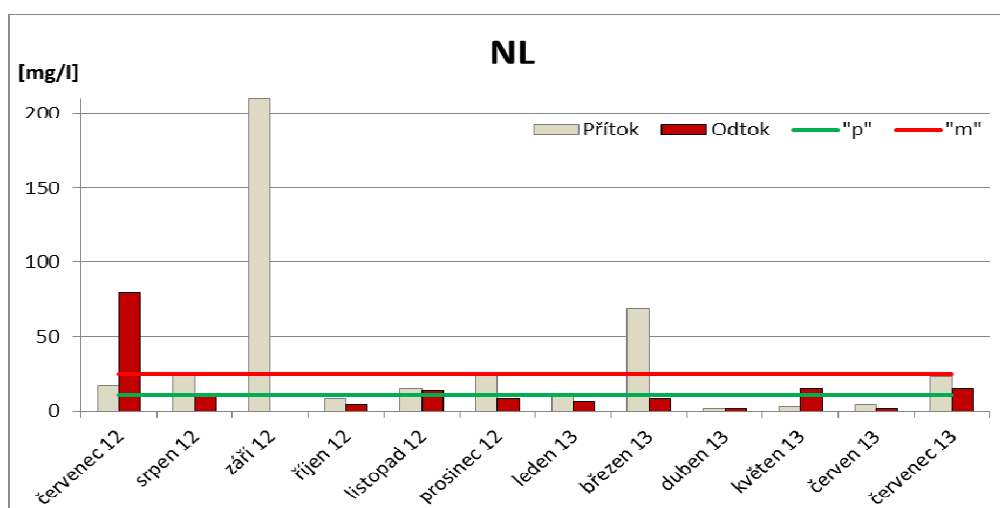
	Přítok				Odtok			
	BSK ₅ [mg/l]	CHSK [mg/l]	N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	NL [mg/l]	BSK ₅ [mg/l]	NL [mg/l]	N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	NL [mg/l]
červenec 2012	41,5	172	-	17	43	136	0,355	80
srpen 2012	96	237	-	26	14,8	30	13,1	12
září 2012	92	302	17,2	210	-	-	-	-
říjen 2012	9,9	47,4	6,52	9	7,9	30,3	11,4	4
listopad 2012	40,5	101		15	7,8	22,3	7,88	14
prosinec 2012	61,5	125	29,6	26	9,9	22,3	10,9	9
leden 2013	46	172	14,6	10	4,6	25,3	13,6	6
březen 2013	26,6	77,1	7,04	69	8,2	31,4	5,66	9
duben 2013	9,4	17,2	3,13	1,5	3,8	6,07	1,78	1,5
květen 2013	7	22,3	-	3	2,5	15,2	0,53	15
červen 2013	4,7	18,2	-	4	9,8	32,4	3,39	2
červenec 2013	48	148	-	23	13	25,3	3,28	15



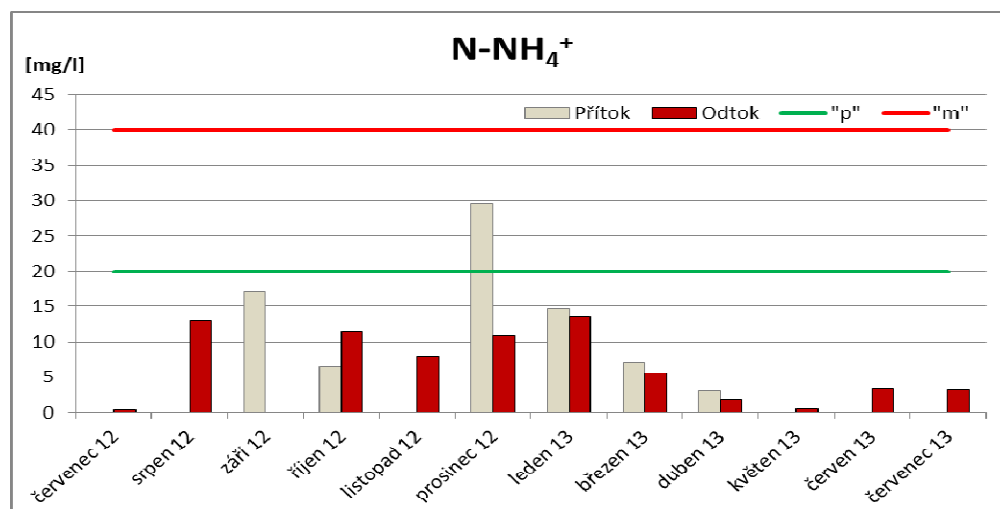
Obr. 3.6 Graf znečištění odpadní vody BSK₅ na přítoku a odtoku z ČOV



Obr. 3.7 Graf znečištění odpadní vody CHSK_{Cr} na přítoku a odtoku z ČOV



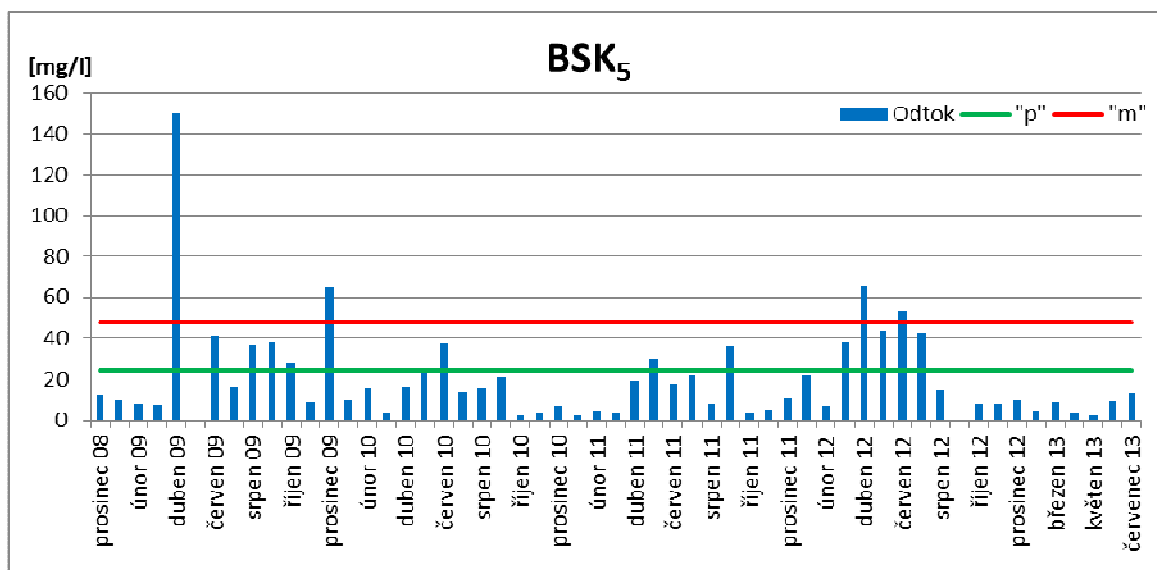
Obr. 3.8 Graf znečištění odpadní vody NL na přítoku a odtoku z ČOV



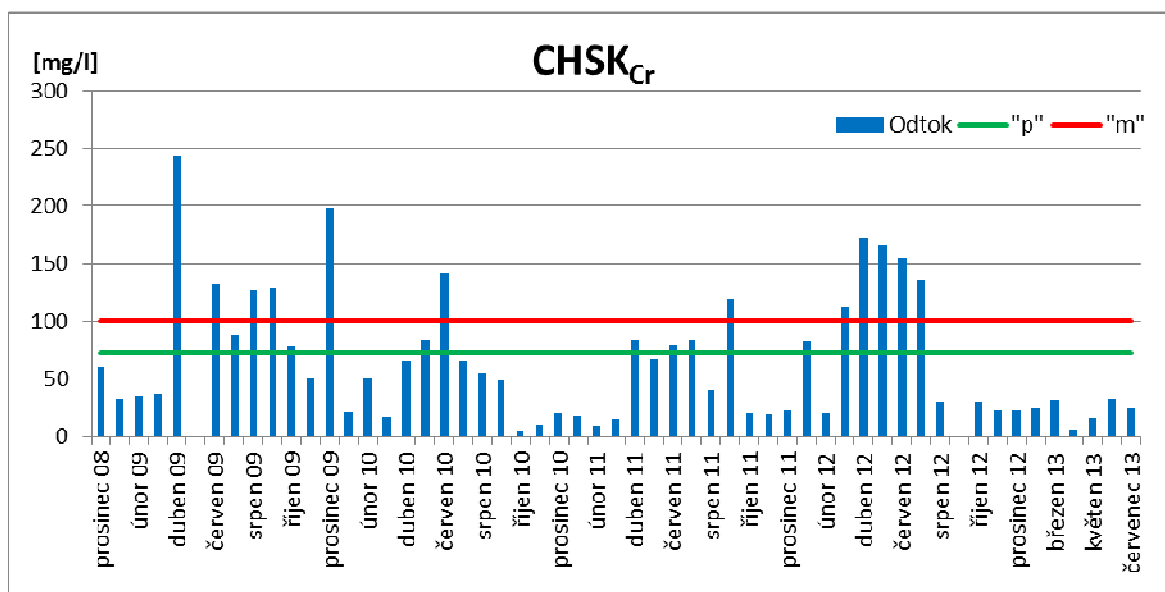
Obr. 3.9 Graf znečištění odpadní vody N-NH₄⁺ na přítoku a odtoku z ČOV

Z grafů je patrné překročení přípustných limitů především u nerozpuštěných látek, naproti tomu amoniakální dusík zcela vyhovuje limitům. U BSK_5 a $CHSK_{Cr}$ dochází k překročení limitů pouze v měsíci červenci, kdy bylo velmi teplé počasí. Je nutné zmínit, že vyšší limity jsou dosahovány za velkých průtoků a malého zdržení v rybnících, což je způsobeno především nařazením melioračními vodami.

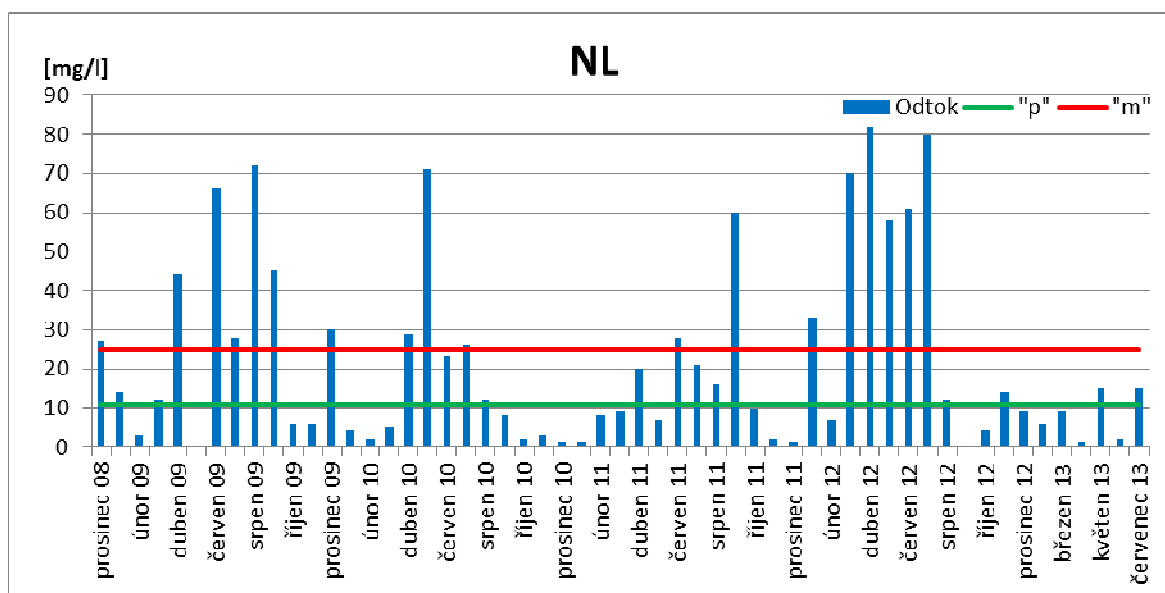
Vývoj kvality jednotlivých vypouštěných látek v období čtyř let v porovnání s maximálními a přípustnými limity.



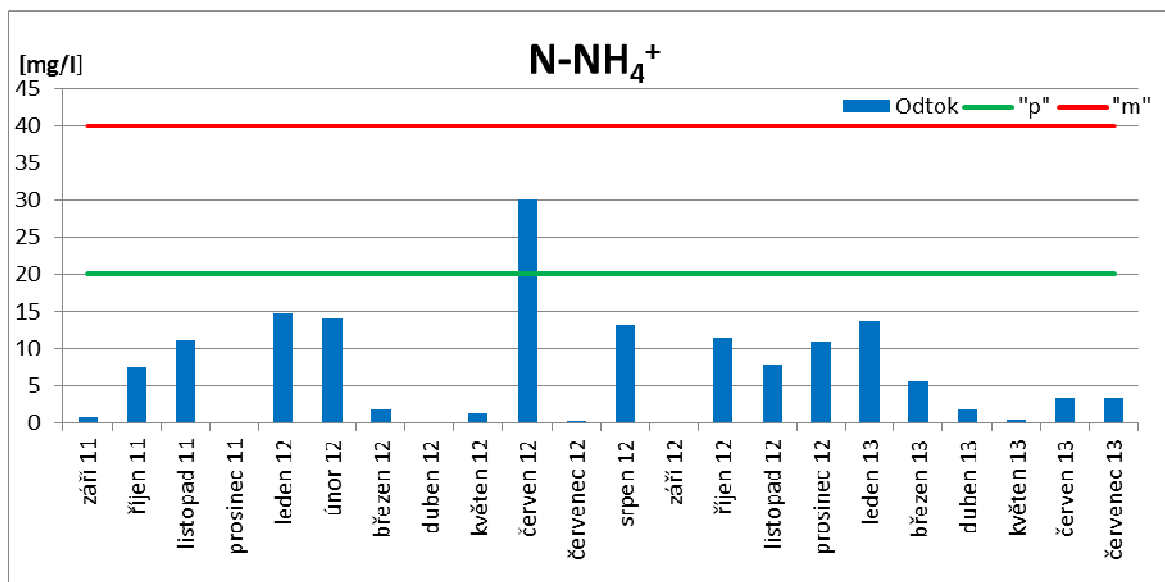
Obr. 3.10 Graf znečištění odpadní vody BSK_5 na odtoku z ČOV



Obr. 3.11 Graf znečištění odpadní vody $CHSK_{Cr}$ na odtoku z ČOV



Obr. 3.12 Graf znečištění odpadní vody NL na odtoku z ČOV



Obr. 3.13 Graf znečištění odpadní vody N-NH_4^+ na odtoku z ČOV

Z grafů znázorňujícím období čtyř let (u N-NH_4^+ pouze tří let) je patrné časté překročení přípustných limitů především u nerozpuštěných látek. Méně, ale stále překračuje i CHSK_{Cr} a BSK_5 . Naproti tomu amoniakální dusík zcela vyhovuje limitům. Jak jsem se již zmínila, problém se vyskytuje i s fosforem, který však není na této ČOV měřen.

3. Stoková síť

K posouzení funkčnosti objektů na čistírně odpadních vod neoddelitelně patří i posouzení stokové sítě. Nový úsek kanalizace v délce 707,7 m byl vybudován v roce 2008. Jedná se o kanalizaci vyústěnou na biologické rybníky, sloužící k dopravě odpadní

vody, stávající centrální jednotnou kanalizaci v obci Krumsín, která je v délce 5 295 m a byla vypouštěna přímo do toku Klešínek. Tato kanalizace zůstala původní a je provedena z betonu. Nový úsek kanalizace je proveden z PVC. Průměrná hloubka potrubí je 1,5 m. Při výstavbě nové kanalizace byly rovněž vybudovány odlehčovací komory pro oddělení dešťových přívalových vod z přítoku na ČOV.

V roce 2002 bylo provedeno měření a průzkum kanalizace pod vedením Regionální agentury pro Rozvoj Střední Moravy. Při tomto výzkumu bylo zjištěno, že kanalizační šachty ve většině případů neodpovídají ČSN 75 6101 – Stokové sítě a kanalizační přípojky. Dále bylo zjištěno velké množství nánosů, chybějící kynety na usměrnění průtoků, ale i neumožnění vstupu do revizních šachet (nejde otevřít zákryt, chybí stupadla, případně není odpovídající prostor pro umožnění vstupu). Problémem je i přímé napojení vpusti či vpust'ové šachty nevyhovující z hygienických a estetických důvodů, neboť z kanalizace se přes ně šíří nepříjemný zápach. Proto lidé na mříže pokládají další zákryty (guma, lino aj.) a vpusti neplní svůj účel, jelikož nestahují všechny povrchové vody. Je nutné zmínit, že od doby provedení průzkum (rok 2008) nebyly provedené žádné úpravy ani čištění kanalizace.

Tato kanalizace není v odpovídajícím stavu a způsobuje nežádoucí naředění balastními vodami. Přítok těchto vod by měl být co nejmenší. Dle ČSN 75 6401 „Čistírny odpadních vod pro více než 500 ekvivalentních obyvatel“ přítok do čistírny s průtokem balastních vod větším než 15 % průměrného bezdeštného denního přítoku $Q_{24,m}$ je nežádoucí. Vzhledem ke špatnému stavu kanalizace lze předpokládat minimální naředění 15 %.

Tab. 3.4 Délky kanalizace dle profilů [35]

	DN 200	DN 300	DN 400	DN 500	DN 600	DN 800	DN 1000	Celkem [m]
Délka stávající kanalizace [m]	291,1		2191,5	601,7	256,5	630,2	69,5	5 295,0
Délka nové kanalizace [m]		617,4		90,3				707,7

Stávající kanalizace byla budována pro odvedení vod z intravilánu obce, profily nad DN 500 se nachází na okraji severní části obce Krumsín, kde jsou provedeny meliorační svodnice z přilehlých polí a bylo tedy počítáno s jejich napojením do kanalizace a následným odvedením k nedaleké výusti do otevřené svodnice.

4. Biologické rybníky

Jako vyhovující se jeví hloubka rybníků, která je v 1. neprovzdušňovaném rybníku 1,0 m, ve druhém a třetím provzdušňovaném 1,05 a 1,1 m. Normou ČSN 75 6401 je

hloubka doporučena minimálně 1,0 m. Tato norma taktéž udává zatížení BSK₅ maximálně 60 kg/(ha.den).

Hydrotechnické výpočty

V následující kapitole je proveden výpočet průtoků s následným posouzením jednotlivých částí čistírny odpadních vod, které jsou posouzeny s hodnotami doporučovanými v normě ČSN 75 6401.

1. Množství splaškových vod od obyvatel

EO = 635... Počet ekvivalentních obyvatel. V obci se nenachází žádné průmyslové závody, proto se počet připojených obyvatel rovná počtu ekvivalentních obyvatel

$q_{sp} = 110$ l/ob/den ... Specifická produkce odpadních vod pro odpadní vody z obce.

$Q_B = 15$ % z $Q_{24,m}$... Balastní vody. Tento průtok nebyl měřen. Vzhledem ke zjištěnému stavu kanalizace volíme maximální přípustnou hodnotu dle normy ČSN 75 6401.

$k_d = 1,5$... Koeficient denní nerovnoměrnosti, ČSN 75 6401, pro ČOV do 1000 EO.

$k_h = 2,5$... Koeficient maximální hodinové nerovnoměrnosti dle ČSN 75 6101 dle EO.

$k_{min} = 0,53$... Koeficient dle ČSN 75 6101.

$m = 10$... Poměr ředění splaškových vod s vodami dešťovými v odlehčovacích komorách.

$m = 12$... Poměr ředění splaškových vod vodami melioračními v odlehčovacích komorách

Průměrný bezdeštný denní přítok.

$$Q_{24,m} = EO \cdot q_{sp} = 635 \cdot 110 = 69\,850 \text{ l/den} = 69,85 \text{ m}^3/\text{den} = 0,81 \text{ l/s}$$

$$Q_{24} = EO \cdot q_{sp} + Q_B = 635 \cdot 110 + 10\,478 = 80\,328 \text{ l/den} = 80,33 \text{ m}^3/\text{den} = \mathbf{0,93 \text{ l/s}}$$

$$Q_B = 0,15 \cdot Q_{24,m} = 0,15 \cdot 69\,850 = 10\,478 \text{ l/den} = 10,48 \text{ m}^3/\text{den} = 0,12 \text{ l/s}$$

Maximální bezdeštný denní přítok.

$$Q_d = Q_{24,m} \cdot k_d + Q_B = 69,85 \cdot 1,5 + 10,48 = 125,73 \text{ m}^3/\text{den} = \mathbf{1,46 \text{ l/s}}$$

Maximální bezdeštný hodinový přítok.

$$Q_h = (Q_{24,m} \cdot k_d \cdot k_h + Q_B) / 24 = (69,85 \cdot 1,5 \cdot 2,5 + 10,48) / 24 = 11,35 \text{ m}^3/\text{hod} = 3,15 \text{ l/s}$$

Minimální bezdeštný průtok na ČOV.

$$Q_{min} = Q_{24,m} \cdot k_{min} + Q_B = 69,85 \cdot 0,53 + 10,48 = 47,50 \text{ m}^3/\text{den} = 0,55 \text{ l/s}$$

Maximální bezdeštný průtok jednotné kanalizace na ČOV.

$$Q_{min} = Q_h \cdot 24 \cdot n = 11,35 \cdot 24 \cdot 1,8 = 490\,347 \text{ l/den} = 490 \text{ m}^3/\text{den} = 5,68 \text{ l/s}.$$

2. Množství dešťových vod

$F = 35$ ha ... Plocha povodí intravilánu.

$F = 240$ ha ... Plocha povodí extravilánu.

$i_{15} = 122$ l/s/ha ... Intenzita deště.

$k = 0,25$... Koeficient odtoku intravilánu.

$k = 0,1$... Koeficient odtoku extravilánu.

$h_c = 680$ mm ... Roční srážka.

a) intravilán

$$Q_{15} = F \cdot i_{15} \cdot k = 35 \cdot 122 \cdot 0,25 = 1\,067,5 \text{ l/s}$$

$$Q_r = F \cdot h_c \cdot k = 350\,000 \cdot 0,68 \cdot 0,25 = 59\,500 \text{ m}^3/\text{rok}$$

$$Q_d = 59\,500 / 365 = 163,01 \text{ m}^3/\text{den}$$

b) extravilán

$$Q_{15} = F \cdot i_{15} \cdot k = 240 \cdot 122 \cdot 0,1 = 2\,982 \text{ l/s}$$

$$Q_r = F \cdot h_c \cdot k = 2\,400\,000 \cdot 0,68 \cdot 0,1 = 163\,200 \text{ m}^3/\text{rok}$$

$$Q_d = 163\,200 / 365 = 447,12 \text{ m}^3/\text{den}$$

Kanalizace byla dimenzována pouze na odpadní vody v intravilánu.

Maximální přítok na ČOV z odlehčovací komory s vodami dešťovými

$$Q_{\max} = (1 + m) \cdot Q_d = (1+10) \cdot 115\,253 = 1\,267\,778 \text{ l/den} = 1\,267,78 \text{ m}^3/\text{den} = 14,67 \text{ l/s}$$

Maximální přítok na ČOV z odlehčovací komory s vodami melioračními

$$Q_{\text{zřed}} = (1 + m) \cdot Q_d = (1+12) \cdot 115\,253 = 1\,498\,283 \text{ l/den} = 1\,498,28 \text{ m}^3/\text{den} = \mathbf{17,34 \text{ l/s}}$$

U čistíren odpadních vod se provádí návrh a posouzení na vody bezdeštné, avšak v našem případě tuto hodnotu budeme uvažovat jako vody odpadní naředěné vodami z meliorací, které byly připojeny do stávající kanalizace v roce 2010. Meliorační svodnice produkuje velké množství vod z velké plochy v extravilánu obce. Nejedná se pouze o vody dešťové, ale také podzemní, které způsobují maximální průtok nejen za deště, ale po celý rok. Proto hodnotu maximální neboli vody zředěné v odlehčovacích komorách budeme brát jako hodnotu pro posouzení průtoku s vodami melioračními z extravilánu obce.

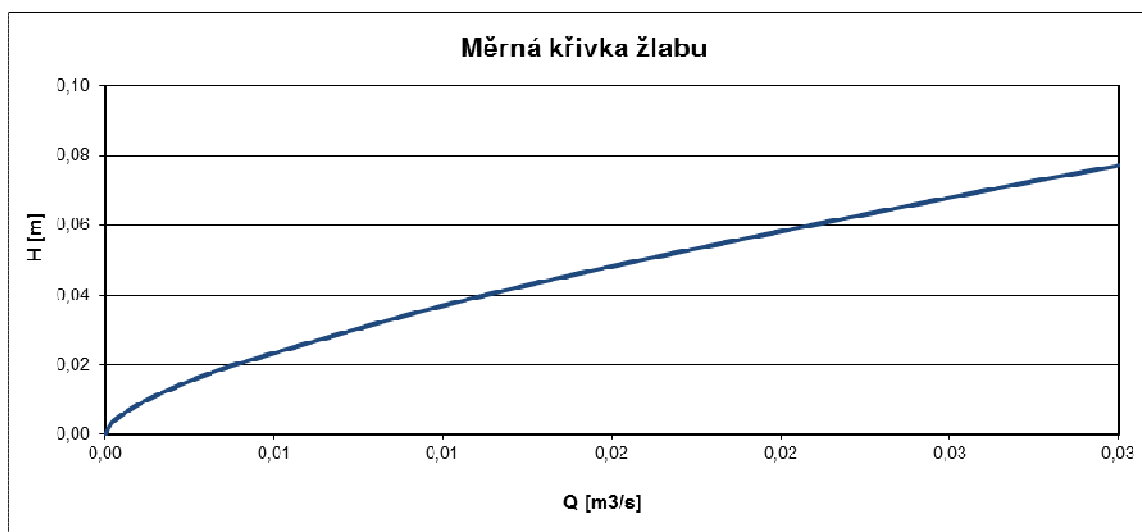
Posouzení jednotlivých částí čistírny odpadních vod

Posouzení česlí

Šířka žlabu s česlemi je 0,3 m o drsnosti pro hlazený beton 0,015. Česlice jsou tloušťky 4 mm s mezerami mezi nimi 50 mm. Převýšení nad maximální hladinou je 0,5 m. Podélný sklon žlabu je 7 ‰.

Tab. 3.5 Tabulka měrné křivky žlabu

h [m]	S [m ²]	O [m]	R [m]	C	v [m/s]	Q [m ³ /s]	
0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	
0,005	0,002	0,31	0,005	27,42	0,27	0,0004	
0,008	0,002	0,32	0,008	29,56	0,36	0,0009	Qmin
0,011	0,003	0,32	0,010	31,07	0,44	0,0015	Qdp
0,015	0,005	0,33	0,014	32,59	0,54	0,0024	
0,020	0,006	0,34	0,018	34,02	0,64	0,0038	
0,036	0,011	0,37	0,029	36,96	0,89	0,0096	Qmax
0,050	0,015	0,40	0,038	38,57	1,06	0,0158	
0,070	0,021	0,44	0,048	40,15	1,24	0,0261	
0,076	0,023	0,45	0,050	40,51	1,29	0,0292	Qzřed
0,080	0,024	0,46	0,052	40,75	1,32	0,0316	



Obr. 3.14 Graf měrné křivky žlabu

Posouzení rychlostí

$Q_{24} = 0,0009 \text{ m}^3/\text{s}$	$\rightarrow$	$H_{24} = 0,011 \text{ m}$	$v_{24} = 0,44 \text{ m/s}$	0,6–1 m/s	nevyhoví
$Q_{\min} = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$	$\rightarrow$	$H_{\min} = 0,008 \text{ m}$	$v_{\min} = 0,36 \text{ m/s}$	> 0,5 m/s	nevyhoví
$Q_{\max} = 0,0057 \text{ m}^3/\text{s}$	$\rightarrow$	$H_{\max} = 0,036 \text{ m}$	$v_{\max} = 0,89 \text{ m/s}$	< 1,2 m/s	vyhoví
$Q_{\text{zřed}} = 0,0173 \text{ m}^3/\text{s}$	$\rightarrow$	$H_{\text{zřed}} = 0,076 \text{ m}$	$v_{\text{zřed}} = 1,29 \text{ m/s}$	< 1,2 m/s	nevyhoví

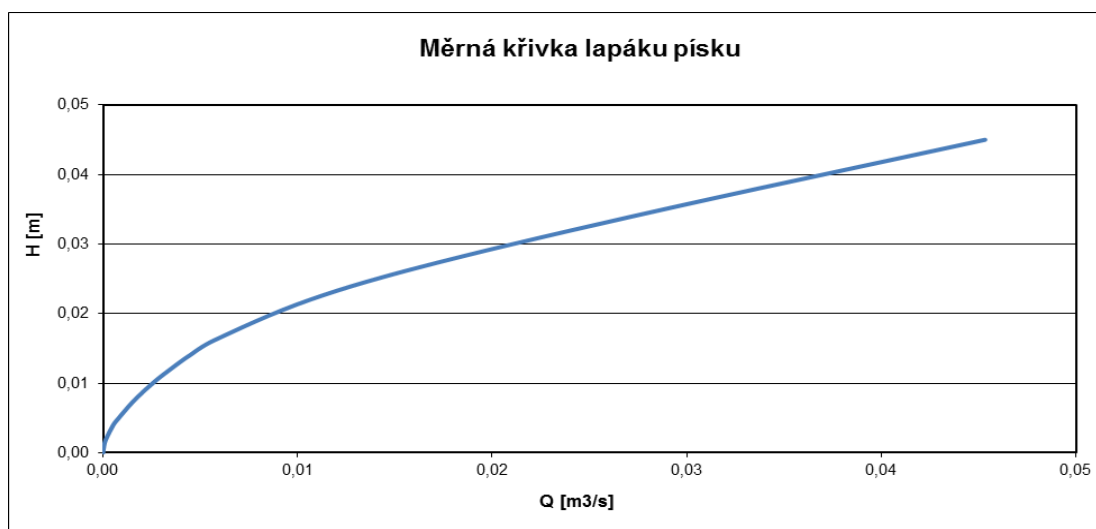
Rychlost na přítokovém žlabu minimální a průměrná je těsně pod hodnotou stanovenou normou, maximální rychlost je vyhovující. Hodnota zředěných vod je nad hodnotou přípustnou z normy ČSN 75 6401.

Posouzení horizontálního lapáku písku

Lapák písku je kónického tvaru. Ve dně má rozměr 0,5x1,4 m (BxL) a rozměr při maximální hladině je rozměr 1,4x2 m při výšce 1 m. Maximální objem je pak 2,7 m³. Drsnost hlazeného betonu uvažujeme $n = 0,015$.

Tab. 3.6 Tabulka měrné křivky lapáku písku

h [m]	S [m ²]	O [m]	R [m]	C	v [m/s]	Q [m ³ /s]	
0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	
0,004	0,002	0,53	0,004	26,66	0,24	0,0005	Q_{min}
0,005	0,003	0,60	0,005	27,49	0,27	0,0008	
0,006	0,003	0,60	0,005	27,95	0,29	0,0009	Q_{dp}
0,010	0,006	0,61	0,010	30,80	0,43	0,0025	
0,014	0,008	0,63	0,013	32,48	0,53	0,0044	
0,016	0,010	0,62	0,016	33,33	0,59	0,0057	Q_{max}
0,022	0,015	0,72	0,021	34,92	0,71	0,0106	
0,027	0,021	0,82	0,026	36,19	0,82	0,0173	Q_{žřed}
0,035	0,030	0,93	0,032	37,63	0,96	0,0288	



Obr. 3.15 Graf měrné křivky lapáku písku

Posouzení lapáku písku

- Povrchového hydraulického zatížení

$$u_{\max} = 7,30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hod} < 16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hod} \quad \text{vyhoví}$$

$$u_{\text{žřed}} = 22,30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hod} < 16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hod} \quad \text{nevyhoví}$$

- Rychlosti vody

$$v_{\max} = 0,59 \text{ m/s}, v_{\text{zřed}} = 0,82 \text{ m/s} \quad 0,15\text{--}0,45 \text{ m/s} \quad \text{nevyhoví pro oba případy}$$

- Střední doby zdržení

$$\Theta_{\max} = 3 \text{ s}, \quad \Theta_{\text{zřed}} = 2 \text{ s} \quad > 30 \text{ s} \quad \text{nevyhoví pro oba případy}$$

Výšky v lapáku písku jsou vyhovující, rovněž jako povrchové hydraulické zatížení, které však nevyhoví pro vody s melioracemi. Posouzení na maximální rychlosti je z důvodu nevhodnosti délky lapáku písku nevyhovující. Jako i střední doby zdržení, pro které by byla nutná délka 9 m místo stávajících dvou metrů.

Z výše uvedeného vyplívá nevhodný návrh lapáku písku. Avšak jeho výměnu vzhledem k vysokým nákladům a velkému záběru plochy na jeho náhradu nedoporučujeme.

Posouzení horizontální usazovací nádrže

Nádrž je o rozměrech 3x5 m (BxL) s výškou 1,5. Z toho vyplívá objem usazovací nádrže 23 m³ a plocha maximální hladiny v usazovací nádrži rovna 15 m². Poměr výšek je H₂:L₂ = 1,4, z normy ČSN 75 6402 volíme součinitel $\eta = 0,4$.

Posouzení usazovací nádrže

- Povrchového hydraulického zatížení

$$u_{24} = 0,22 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hod} \quad < 5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hod} \quad \text{nevyhoví}$$

$$u_{\max} = 1,36 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hod}, u_{\text{zřed}} = 2,74 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hod} \quad < 5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hod} \quad \text{vyhoví v obou případech}$$

- Střední doby zdržení

$$\Theta_{24} = 2,72 \text{ hod} \quad 1\text{--}3 \text{ hod} \quad \text{vyhoví}$$

$$\Theta_{\max} = 0,45 \text{ hod}, \Theta_{\text{zřed}} = 0,15 \text{ hod} \quad > 0,5 \text{ hod} \quad \text{nevyhoví v obou případech}$$

Posouzení biologických rybníků

- Znečištění BSK₅ dle normy ČSN 75 6401 je stanoveno na maximální hodnotu 60 kg/(ha.d), přičemž při dodatečné aeraci s celoročním provozem je možné uvažovat hodnotu do 120 kg/(ha.d). Doba zdržení je stanovena minimálně na 5 dní.

Průměrné roční naměřené BSK₅ na odtoku.

$$\text{BSK}_5 = 23 \text{ kg}/(\text{ha.d}) \quad < 60 \text{ kg}/(\text{ha.d}) \quad \text{vyhoví}$$

V některých měsících (např. červenec) hodnoty překročí 60 kg/(ha.d), avšak z doposud naměřených hodnot, žádná nepřekročí 120 kg/(ha.d), návrh biologických rybníků na zatížením dle BSK₅ je vyhovující.

- Doba zdržení

dle normy / doporučená

$Q_{24} = 92$ dní	> 5 dní / 21–28 dní	vyhoví / vyhoví
$Q_{zřed} = 4,95$ dní	> 5 dní / 21–28 dní	nevyhoví / nevyhoví

Dle ČSN 75 6401 má být doba zdržení minimálně 5 dní. Doporučená návrhová doba se uvažuje 21 až 28 dní, při posouzení na průměrný denní průtok od obyvatel je doba více než dostatečná, avšak při uvažování neustálého přítoku z melioračních svodnic je doba zdržení zcela nedostatečná a tak nemůže dojít k dostatečnému vyčištění odpadních vod.

- Hloubka rybníků

Normou ČSN 75 6401 je hloubka doporučena minimálně 1,0 m. Hloubky všech rybníků jsou vyhovující. Hloubky v jednotlivých rybnících jsou: v 1. neprovzdušňovaném rybníku 1,0 m, ve druhém a třetím provzdušňovaném 1,05 a 1,1 m.

- Účinnost čištění v posledním roce (červenec 2012 – červenec 2013)

Tab. 3.7 Účinnost ČOV při odstranění jednotlivých znečištění

	Účinnost odstranění v %			
	BSK ₅	CHSK _{Cr}	N-NH ₄	NL
červenec 2012	-3,61	20,93	-	-370,59
srpen 2012	84,58	87,34	-	53,85
říjen 2012	20,20	36,08	-74,85	55,56
listopad 2012	80,74	77,92	-	6,67
prosinec 2012	83,90	82,16	63,18	65,38
leden 2013	90,00	85,29	6,85	40,00
březen 2013	69,17	59,27	19,60	86,96
duben 2013	59,57	64,71	43,13	0,00
květen 2013	64,29	31,84	-	-400,00
červen 2013	-108,51	-78,02	-	50,00
červenec 2013	72,92	82,91	-	34,78

Z tabulky účinnosti biologických rybníků v čištění odpadních vod je názorně vidět účinnost v jednotlivých měsících. V případě záporných hodnot dochází ke zhoršení obsahu jednotlivých látek pro projití odpadních vod čistírnou odpadních vod. Toto nastává pravděpodobně nejvíce v období dešťů, kdy jsou velice malé doby zdržení a rychlé průtoky, kdy dochází k vyplavení látek usazených v těchto rybnících. Tato situace je rovněž způsobena připojením melioračních vod, které zajišťují zvýšené průtoky nejen v době deště, ale téměř neustále. Z toho vyplývají nedostatečné doby zdržení nutné k účinnému trvalému odstranění znečišťujících látek.

3.3 NÁVRH INTENZIFIKACE

V následující části bude řešena problematika intenzifikace pro výše popsané biologické rybníky v obci Krumsín. Cílem navržených úprav je především zvýšení účinnosti ČOV. Na všechna navržená řešení bude rovněž provedeno ekonomické posouzení. Při výpočtu cen za jednotlivé způsoby intenzifikace se vychází z katalogových cen poskytnutých jednotlivými firmami. V závěru této práce bude proveden celkový souhrn navržených možností intenzifikace.

Vzhledem k požadavku Povodí Moravy s.p. na odstranění fosforu je nutné pro zjištění jeho množství, ale i účinnosti odstranění na biologických rybnících, provádět měření. Toto měření je žádoucí na přítoku i na odtoku. V současnosti se provádí měření hodnot BSK₅, CHSK_{Cr}, a N-NH₄ na přítoku i odtoku, avšak obsah fosforu v odpadních vodách není měřen vůbec.

1. Odstranění napojení meliorační svodnice

Ve druhé etapě výstavby ČOV došlo k napojení melioračních svodnic do biologických rybníků, tyto vody byly dříve vedeny v přirozeném korytě okolo ČOV a natékaly rovněž do toku Kleštínek. Po napojení tohoto přítoku došlo k velkému navýšení průtoků téměř neznečištěnou vodou. To způsobilo nařazení znečištěných vod, což vedlo k podstatnému snížení dob zdržení na biologických rybnících. Při nedostatečných dobách zdržení bylo znemožněno dostatečné vyčištění odpadních vod, které kvůli nařazení sice splňovali přípustné limity pro vypouštění odpadních vod, avšak docházelo k vypouštění téměř veškerých splaškových vod do toku Kleštínek.

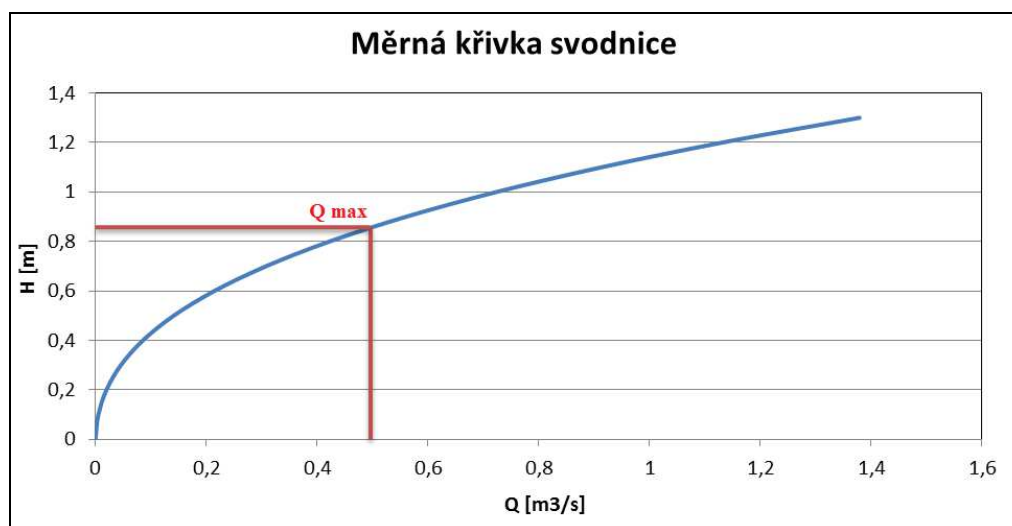
Z výše uvedeného vyplývá nutnost odstranění stávajícího napojení melioračních svodnic do kanalizace a navrácení do původního otevřeného koryta. Jedná se v podstatě o navrácení melioračních vod (vedených obcí profilem DN 800 a DN 1000) do stávající otevřené meliorační svodnice, namísto napojení na kanalizaci vedoucí souběžně se zmíněnou otevřenou svodnicí. Potrubí DN 800 a DN 1000 s vodou svedenou z okolních polí zůstalo ve stejné trase, avšak v místě vyústění do kanalizace (viz obr. 3.16) byla vybudována odlehčovací komora, z níž byl do stávající otevřené svodnice umožněn pouze přepad a voda byla mimo přepadovou hranu vedena do nově vybudované kanalizace (rok 2008), která je svedena na biologické rybníky.

Pro navrácení do původního stavu je nutné odlehčovací komoru odstranit nebo upravit tak, aby byl umožněn odtok do potrubí a zajištěn průtok veškerých vod místem nynější přepadové hrany do otevřené meliorační svodnice (viz obr. 3.16). Tato svodnice je vedena kolem biologických rybníků a je zaústěna do toku Kleštínek nedaleko za výtokem vyčištěných vod z ČOV.



Obr. 3.16 Vlevo nátok do otevřené meliorační svodnice pokračující na obrázku vpravo.

Vyústění do meliorační svodnice je z propustku DN 1000 (viz obr. 3.16). Svodnice pokračuje zatravněným korytem ve sklonu svahu pohybujícím se okolo 1:1 a o výšce průměrně 1,1 m. Svodnice je vedena v podélném sklonu 2 %. Maximální průtok dešťových vod je $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$, tento průtok je dosažen při výšce hladiny v korytě 0,85 m. Posouzení stávajícího koryta na průřezu v nejužším místě vyhoví maximálnímu průtoku.



Obr. 3.17 Graf měrné křivky svodnice melioračních vod

Cenový rozpočet

Vzhledem k tomu, že není nutné budovat žádný mechanismus a úprava koryta není nutná (případně lze uvažovat o pročištění koryta), vznikají náklady pouze na odstranění odlehčovací komory a v jejím místě umožnění průtoku na otevřenou meliorační svodnici. Tyto náklady lze předpokládat v řádech několika tisíců korun cca 20 000 Kč.

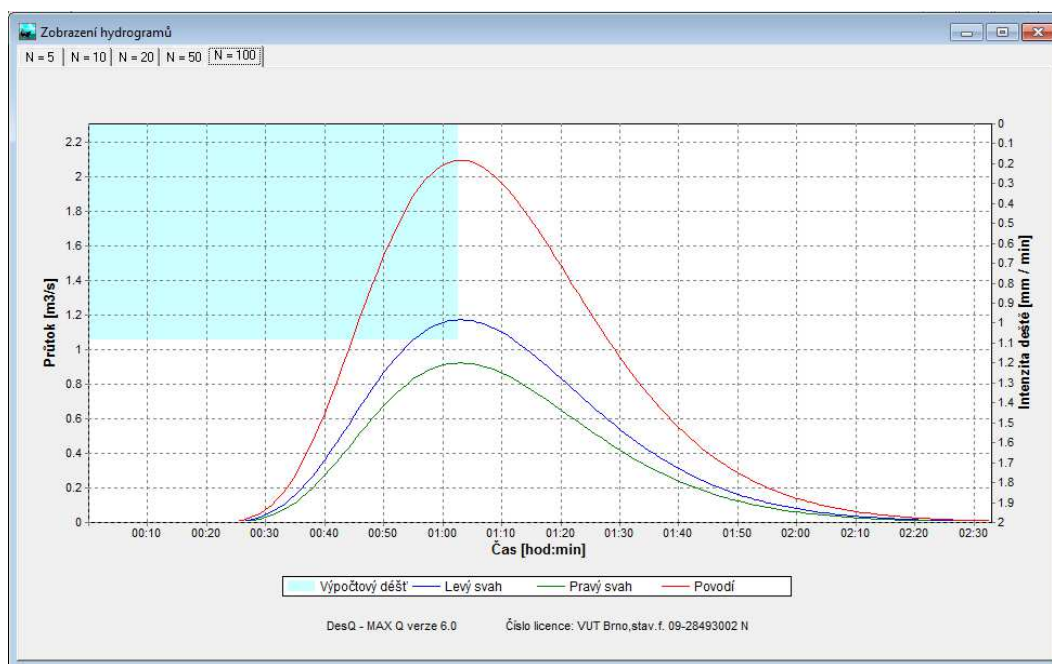
Doporučením je provést tento krok mezi prvními, především proto, že významně ovlivní chod ČOV výrazným snížením množství vod na přítoku a také proto, že vyžaduje minimum nákladů.

2. Záchytná vodní nádrž

Výše bylo zmíněno doporučení odstranění napojení meliorační svodnice, ke kterému se váže vhodnost hospodaření s dešťovými vodami, společně se snahou zadržení přívalové vlny a možností vsakování v místě vzniku. Jako vhodnou variantou k retenci a rovněž pro umožnění sedimentace nerozpuštěných látek z dešťových vod se jeví vybudování záchytné nádrže. Nádrž je vhodné umístit za vyústěním vyčištěných odpadních vod z biologických rybníků v místech za nátokem melioračních a dešťových vod svedených mimo čistírnu odpadních vod. Dotčené území je v katastru nemovitostí vedeno jako podoblast Želí.

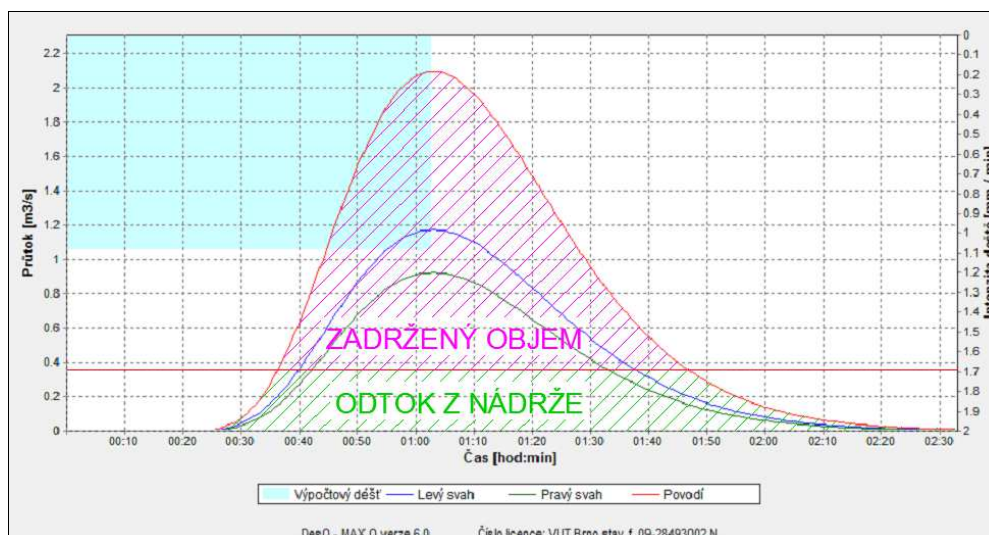
V současné době jsou pozemky, které by byly dotčené stavbou ve správě zemědělského půdního fondu, zapsané v katastru jako orná půda. Konkrétně se jedná o pozemky s parcelním číslem 361, 364 a 380, všechny v katastrálním území Krumsín. Parcela meliorační svodnice s parcelním číslem 1206 je ve vlastnictví České republiky a právo hospodaření s touto parcelou má Povodí Moravy, s.p. Vezmeme-li v úvahu, že současně platný územní plán byl vydán v září 2009, je možné v letošním roce vydat nový územní plán, ve kterém je možné zahrnout dotčenou oblast jako zastavitelnou plochu. Zastavěná oblast pro vodní nádrž lze brát jako veřejně prospěšnou stavbu pro vodní plochu.

Dle podkladů je plocha extravilánu 240 ha. Pro výpočet povodňové vlny bylo nutné tuto plochu rozdělit na 5 dílčích povodí, jejichž údaje jsme zadali do programu *DesQ–MaxQ*, který pracuje na základě hydrologického modelu. Tento model je využíván ke stanovení návrhových charakteristik povodňových vln. Pro návrh nádrže je nutné znát objem povodňové vlny. Protože celé povodí máme rozdělené na 4 dílčí povodí, výpočet jsem provedla pro všechna dílčí povodí a objemy povodňových vln jsem sečetla.



Obr. 3.18 Hydrogram povodňové vlny dílčího povodí z programu DesQ-MaxQ

Na obr. 3.18 je znázorněn grafický výstup jednoho dílčího povodí. Po sečtení údajů ze všech čtyř dílčích povodí jsme zjistili celkový objem povodňové vlny v daném území $54\,410\text{ m}^3$. V navrhované nádrži bude proveden propustek DN 500, který zajistí odtok z nádrže $0,34\text{ m}^3/\text{s}$. Propustek je umístěn ve spodní části hráze a v případě nutnosti umožní vypuštění nádrže. Z objemu povodňové vlny odečteme tento odtok a zjistíme skutečně nutný objem pro zadržené vody v nádrži.



Obr. 3.19 Hydrogram povodňové vlny dílčího povodí při odtoku $0,34\text{ m}^3/\text{s}$

Po odečtení odtoku z nádrže a následném sečtení dílčích povodí byl zjištěn celkový nutný zadržený objem povodňové vlny $39\,000\text{ m}^3$. Jako nejvhodnější se jeví návrh hráze o výšce 3,20 m, sklon návodního svahu navrhuji 1:3 a sklon svahů na vzdušné straně 1:2. Hráz je navržena jako zemní homogenní sypaná hráz z místních zdrojů o šířce v koruně 3 m. Délka hráze je cca 100 m. Nutný je i bezpečnostní přeliv, pro převedení vody při překročení maximální výšky hladiny, který bude řešen průlehem v hrázi opevněným kamennou rovnatinou. Při těchto parametrech bude nutný záběr plochy 1,3 ha, který je navržen především na dvou výše zmíněných parcelách s parcelním číslem 361 a 364.

Dle geologického průzkumu při výstavbě biologických rybníků bylo zjištěno, že se v místě nachází jílovité zeminy, proto je nutné dno nádrže ztuhit. Nátok do nádrže bude proveden trubním propustkem z meliorační svodnice s vodami dešťovými i s vodami vyčištěnými z biologických rybníků. Nádrž bude sloužit jako terciální stupeň čištění splaškových vod a zároveň jako čištění vod dešťových. Po přidání dalšího stupně čištění bude žádoucí měřit znečištění v odpadních vodách na odtoku z této nádrže. Doporučujeme tedy přemístění stávajícího Parshallova žlabu nacházejícího se za biologickými rybníky, až za odtok ze záchytné vodní nádrže.



Obr. 3.20 Znáznornění vodní nádrže v katastrální mapě a ortofoto mapě

Cenový rozpočet [59]

Cenový rozpočet byl vypracován pomocí softwaru pro stavební rozpočty *BUILDpower S*, výpočet byl proveden dle dostupných podkladů. Možné odchylky od ceny skutečně vynaložené mohou nastat při zjištění zhoršených vlastností půd. Rovněž k přesnější kalkulaci bude nutné provést podrobné geodetické měření a zjištění svažitosti konkrétního úseku.

Tab. 3.7 Tabulka položkového rozpočtu pro záchytnou vodní nádrž

Položkový rozpočet

S:	01	Diplomová práce				
O:	05	Vodní nádrž				

P.č.	Číslo položky	Název položky	MJ	množství	cena /MJ	celkem
Díl:	1	Zemní práce				1 150 449,00
1	121101102R00	Sejmutí ornice s přemístěním přes 50 do 100 m	m3	3 000,000	47,02	141 060,00
2	131101204R00	Hloubení zapažených jam v hor.2 nad 10000 m3	m3	20 000,000	37,76	755 200,00
3	171103201R00	Ulož. sypaniny do hrází,100%PS, objem jílu do 20%	m3	2 850,000	67,14	191 349,00
4	181201102R00	Úprava pláně v násypch v hor. 1-4, se zhutněním	m2	2 500,000	10,63	26 575,00
5	182103811R00	Zpevnění svahu 1:2 plůtky do 1 m a výplet do 20 cm	m2	500,000	72,53	36 265,00
Díl:	8	Trubní vedení				34 316,88
6	822422111RT2	Montáž trub ŽB těs. pryžovými kroužky DN 500, včetně dodávky trub TZH-Q 50/250	m	17,000	2 018,64	34 316,88
		Ostatní náklady výše neuvedené	m	0,000	0,00	50 000,00
CENA ZA OBJEKT CELKEM						1 933 600,00 CZK

Ceny jsou uvedeny bez DPH.

3. Výstavba splaškové kanalizace

Vzhledem k havarijnímu stavu kanalizace, popsaném v kapitole 3.2.3., doporučujeme vybudování nové jednotné kanalizace podél kanalizace stávající s vyřešením domovních přípojek, kdy není dle zákona 274/2001Sb. o vodovodech a kanalizacích dovoleno vypouštět odpadní vody přes septiky ani přes žumpy do kanalizace ukončené čistírnou odpadních vod. Stávající kanalizaci je možné ponechat pro odvedení vod dešťových. Bude nutné provést přepojení stávajících přípojek na nově vybudovanou kanalizaci. Vzhledem ke stavu kanalizace je nutné tento krok uvažovat mezi prvními, protože ovlivní nařazení odpadních vod, tedy ovlivní přitékající vody na čistírnu a to jak v množství, tak i v kvalitě.

Cenový rozpočet [50,51,52]

Návrhová délka trubního vedení kanalizace vychází z délky potrubí stávajícího, které je 5 925 m dlouhé. Z ekonomického hlediska se jeví jako nejlepší provedení z polyethylenu PE. V obci je 635 obyvatel a vyskytují se zde pouze domy rodinné, kterých je v této obci téměř 250, tento počet budeme uvažovat při výpočtu ceny přípojek. Potrubí je uloženo v průměrné hloubce 1,3 m. V hloubce provádění výkopů do tří metrů není uvažováno se spodní vodou.

V ceně jsou započítány podíly kanalizačních šachet, které jsou uvažovány po cca 50 m (orientačně se cena za šachtu pohybuje v rozmezí 30 000 – 40 000 Kč). V cenách jsou rovněž zahrnuty náklady na řezání asfaltového krytu, odstranění krytu a podkladních vrstev vozovky v celkové tloušťce 550 mm, hloubka výkopu do 3 m. Do ceny se rovněž uvažuje uložení výkopů a sutě na skládku bez materiálu na zpětný zásyp.

Předpokládá se nutnost využití plastového potrubí profilu do maximální velikosti DN 400. Pro tento profil se cena za plastové potrubí pohybuje okolo 13 000 Kč na jeden metr. Ceny plastových přípojek se pohybují mezi 3 000 – 4 000 Kč na jeden metr.

Cena kanalizace z PE:

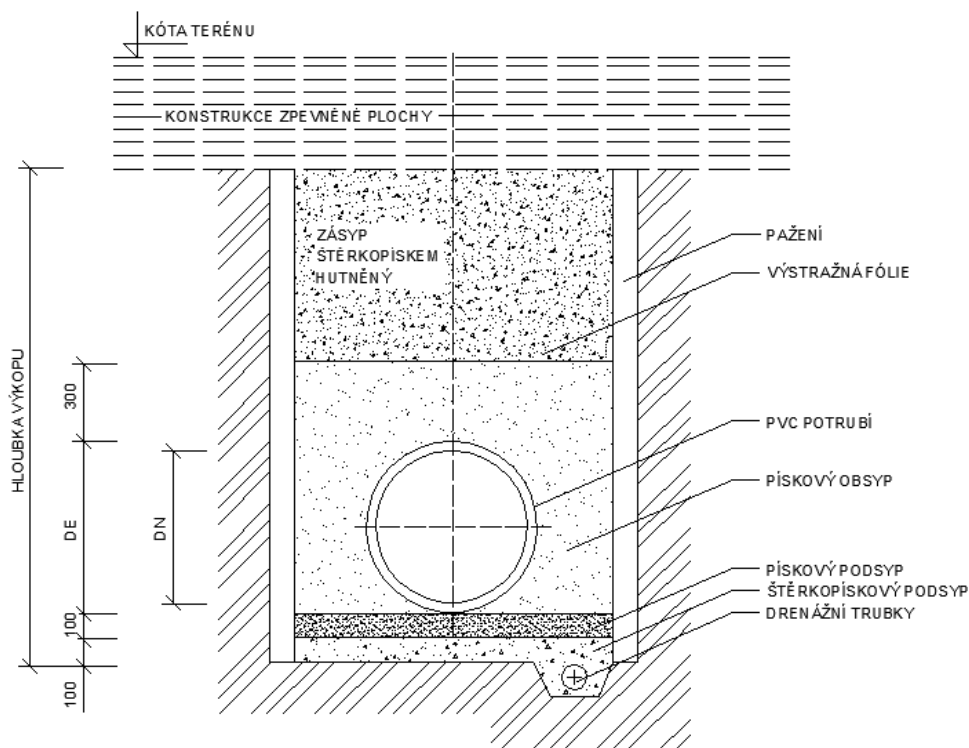
$$\text{- celková délka v m} \cdot \text{cena za metr potrubí} = 5\,930 \cdot 13\,000 = 77\,090\,000 \text{ Kč}$$

Cena za odbočky na domovní přípojky

$$\text{- počet přípojek} \cdot \text{cena domovní přípojky} = 250 \cdot 3\,500 = 875\,000 \text{ Kč}$$

Celková cena za vybudování trubního vedení kanalizace z polyethylenu včetně odboček pro domovní přípojky je odhadována na 77 965 000 Kč.

Uvedené ceny jsou bez DPH.



Obr. 3.21 Vzorový příčný řez vedení kanalizačního potrubí z PVC pod komunikací do hloubky 3 m

4. Velmi jemné česle na přítoku

Na přítoku na čistírnu je doporučeno vždy použití jemných česlí se strojním čištěním, stávající systém se jeví jako málo účinný a proto je doporučeno osazení jemnějších česlí na přítoku se strojním čištěním. Tento systém zajistí zachycení většího množství shrabků a tím přispěje k zachycení většího množství NL a snížení $CHSK_{Cr}$. Šířka průlin u česlí je navrhována 4 mm.

Cenový rozpočet [59]

Cena je navržena na typ dle známých hodnot a je možné osazení do stávajícího kanálu na místo stávajících česlí, kde výrobce zajistí dotěsnění ke stěnám stávajícího systému. Je možné uvažovat s minimálními náklady na demontáž stávajících česlí.

Můžeme navrhnout samočisticí česle s průlinami od 1 mm (Název: SČČ-VM 400(600)×1000/1200×3s/70°) za cenu 300 000 Kč, avšak pro náš případ postačí zařízení strojní česle mini s průlinami od 4 mm na menší průtoky, kde je cena podstatně nižší.

Cena za *Strojní česle mini SČmini 400(600)×1000/250×8/70°* včetně elektrického rozváděče, případně šroubové síťové česle

- cena česlí = 100 000 Kč

Uvedené ceny jsou bez DPH.

5. Mikrosítový filtr na odtoku

Mikrosíta jsou podrobněji popsány v kapitole 2.2., tento systém je velice účinný při redukci odfiltrovatelných pevných látek a částečně i CHSK_{Cr} , BSK_5 a P. U tohoto systému je nutné uvažovat mimo náklady na vlastní mikrosítový filtr i vybudování betonového kanálu nebo ocelové vany pro osazení tohoto systému. Pro stanovení velikosti mikrofiltru je třeba znát průtočné množství, obsah nerozpuštěných látek pro stanovení velikosti ok síta a požadavek na vyčištění vod. Pokud nejsou některé údaje neznámé, nabízí výrobce provedení provozních zkoušek přímo u odběratele s použitím zkušebního mikrofiltru.

Cenový rozpočet [59]

Cena je nevržena na typ dle známých hodnot, pro upřesnění typu bude nutné provedení provozních zkoušek od odběratele.

Cena za *Mikrosítový filtr MFO – Q 15*

- cena mikrosítového filtru + cena elektrického rozváděče

$$= 280\,000 + 20\,000 = 300\,000 \text{ Kč}$$

Uvedené ceny jsou bez DPH.

6. Dafnie

Dafnie, rovněž nazývané “vodní blechy” jsou unikátním prostředkem k čištění vody. Dafnie je přibližně 3 mm velký sladkovodní korýš. Každý z těchto drobných korýšů za jediný den přefiltruje až dva litry vody a zbaví ji tak nežádoucích řas, sinic a bakterií, které mu slouží jako potrava. Nečistoty a řasy filtrují nejen z vodního sloupce, ale také ze dna rybníků. Předpokládá se, že jsou schopné vyčistit jakékoliv zelené jezírko (zelené = plné sinic nebo jednobuněčných řas). Funkce dafnií je podrobně popsána v kapitole 2.9.

Cenový rozpočet [63]

Vzhledem k tomu, že se jedná o živé organismy, dodávají se dafnie v sáčkích s roztokem o objemech 2 litry, kde je obsah dafnií kolem 2 000. Jejich aplikace je nutná pouze jednou, i když voda může v zimě zamrznout. Dafnie se usadí na dně rybníka a na jaře opět vyplavou ze dna a začínají znovu pojídat řasy a sinice. Je nutné brát v úvahu, že se zde nesmí vyskytovat ryby, které dafnie pojídají. Dle doporučení budeme uvažovat jako dostačující dávku deseti balení.

Cena za aplikaci dafnií

- cena za jedno balení dafnií · počet balení = $1\,338 \cdot 10 = 13\,400 \text{ Kč}$

Uvedené ceny jsou bez DPH.

7. AquaMats + dnové provzdušnění

Jedná se o velmi účinný systém podrobně popsany v kapitole 2.7. V této kapitole byla také zmíněna nutnost provzdušnění (nejlépe dnového), které je také nutné k ceně za tento systém připočítat vzhledem k malé účinnosti stávajícího hladinového provzdušnění. Systém AquaMats je účinný především při odstranění NL, BSK₅, amoniaku a P. Za menší nevýhodu lze považovat jeho nedostupnost v České republice, avšak tento systém je možné zakoupit v USA, je pouze nutné vyřešit dopravu do České republiky. Provzdušnění je pak možné zakoupit v ČR.

Cenový rozpočet [16,62]

Tento systém je nejlepší umístit do druhého rybníka, jehož plocha hladiny je 2 840 m², přičemž doporučené umístění AquaMats je 7–12 ks na 1 000 m² vodní plochy. Pro provzdušnění je možné použít například ponorný, míchací a provzdušňovací aerátor HANA o výkonu 4 kW.

Potřeba kusů AquaMats

$$\text{- plocha hladiny} \cdot \text{počet kusů na } 1000 \text{ m}^2 = 2,9 \text{ (tis. m}^2) \cdot 10 \text{ ks} = 29 \text{ kusů}$$

Cena za AquaMats

$$\text{- počet AquaMats} \cdot \text{cena za jeden kus} = 29 \text{ ks} \cdot 1500 = 43\,500 \text{ Kč}$$

Náklady na provzdušnění *Provzdušňovací aerátor Hana o výkonu 4 kW*

$$\text{- počet kusů} \cdot \text{cena za provzdušnění} = 2 \cdot 187\,700 = 375\,400 \text{ Kč}$$

Celková cena za AquaMats včetně provzdušnění

$$\text{- cena za AquaMats} + \text{cena za provzdušnění} = 43\,500 + 375\,400 = 418\,900 \text{ Kč}$$

K ceně bude nutné dále uvažovat náklady na dopravu do České republiky.

Uvedené ceny jsou bez DPH.

8. Dávkování chemie

Dávkování chemie závisí z velké části na obsahu fosforu na přítoku. Vzhledem k tomu, že tato hodnota není měřená na přítoku ani na odtoku, musíme vycházet z výpočtových hodnot, které byly zjištěny cca 9,5 mg/l. Při uvažování této hodnoty ve výpočtu vychází potřebná dávka síranu železitého (Prefloc) 14,16 kg/den, což činí 5 167,4 kg/rok. Tuto dávku je nutné ověřit měřeními na biologických rybnících a je možné ji podle zjištěné účinnosti snížit případně zvýšit. Jako nejefektivnější se jeví dávkování na přítoku.

Cenový rozpočet [60,61]

Dávka síranu železitého byla vypočítána v poměrně vysokých hodnotách, proto se jeví jako nejvýhodnější využití kontejneru s 1 000 litry, který váží 1 500 kg. Toto balení je možné skladovat v provozním objektu stojícím u ČOV nebo vhodnější varianta je tento kontejner uložit do země v blízkosti dávkování, které doporučuji na přítoku.

Při předpokládané plné dávce 5 168 kg/rok bez další intenzifikace je cena:

- cena za kontejner s 1 500 kg síranu železitého = 9 600 Kč
- počet balení za rok = $5\,168 / 1\,500 = 4$ balení

Cena síranu železitého za rok

- počet balení · cena za balení = $4 \cdot 9\,600 = 38\,400$ Kč / rok

K ceně je nutné připočíst náklady na dopravu, kterou lze uvažovat 1x za 2 měsíce cca 1 000 Kč, tedy za rok připočteme částku cca 6 000 Kč. Zapůjčení kontejneru je po dobu půl roku zdarma za vratnou zálohu kolem 1 000 Kč, tyto náklady tedy neuvažujeme.

Cena síranu železitého za rok včetně dopravy a dávkovacího čerpadla *Beta b*

- cena za síran železitý + předpokládané náklady na dopravu + cena dávkovacího zařízení + náklady na stavební úpravy pro umístění zařízení
- $$= 38\,400 + 6\,000 + 25\,000 + 1\,500 = 70\,900 \text{ Kč}$$

Cena síranu železitého za 10 let včetně dopravy a dávkovacího zařízení, pro objektivnější porovnání s ostatními technologiemi

- cena za síran železitý za 10 let + předpokládané náklady na dopravu za 10 let + cena dávkovacího zařízení + náklady na stavební úpravy pro umístění zařízení
- $$= 69\,400 \cdot 10 + 6\,000 \cdot 10 + 25\,000 + 1\,500 = 780\,500 \text{ Kč} / 10 \text{ let}$$

Ceny jsou uvedeny bez DPH.

3.4 SHRNUTÍ NÁVRHU INTENZIFIKACE

Cílem všech navržených úprav je především zvýšení účinnosti ČOV. Je nutné dodržování limitů daných Nařízením vlády č. 23/2011, ale i limitů přísnějších, které vydal městský úřad Prostějov, okresní úřad, pod který spadá obec Krumsín. K návrhu přísnějších limitů přispěl především fakt, že se vyčištěná voda z biologických rybníků vlévá přes vodoteč Kleštínek do vodní nádrže Plumlov. Ta byla vybudována za účelem protipovodňové ochrany a k nadlepšování průtoků. Dnes je využívána i na výrobu energie a v letních měsících je velice oblíbená pro rekreaci. Tato oblast spadá pod Povodí Moravy a.s., které se v roce 2008 v rámci projektu „Čištění vodního díla Plumlov“ zaměřilo nejen na vlastní nádrž Plumlov, ale i na čištění odpadních vod z obcí nad nádrží. Jednou z těchto obcí je právě Krumsín. To byl jeden z důvodů důslednější kontroly kvality vypouštěné vody a impuls pro intenzifikaci již zmíněných biologických rybníků.

V předchozí kapitole byl proveden výpočet nákladů na jednotlivé systémy, kde jsem vycházela z katalogových cen pro strojní zařízení poskytnutých výrobcí, tato cena nemusí být konečná a po osobním jednání může dojít i ke slevě z uvedených cen. Navržené intenzifikace můžeme rozdělit na dvě části. První část zahrnuje způsoby nutné k dosažení požadovaného zlepšení čištění, které nelze nahradit jinou variantou. Tato část je zaměřena především na celkové zlepšení kvality vyčištěných odpadních vod. Druhá část zahrnuje variantní řešení, které je nutné pro efektivní čištění vhodně zkombinovat. Tato varianta je zaměřena především na odstranění fosforu a NL, jejichž hodnoty je nutné snížit nejvíce.

Přistoupíme ke zmiňované první části, ve které byl proveden návrh investičních nákladů na tři varianty intenzifikace z předchozího výpočtu, tyto varianty jsou uvedeny v následující tabulce 3.8. Zmíněné návrhy doporučujeme provést bez ohledu na další způsoby intenzifikace. Především realizaci bodu č.1. *Odstranění napojení meliorační svodnice*, která vyžaduje minimální náklady. S tímto bodem, jak jsem již zmínila, je spjat bod č. 2. *Záchytná vodní nádrž*, která zajistí čištění veškerých odpadních vod (splaškových i dešťových), jako i zlepšení hydrologických poměrů v okolí. Bod č. 3. *Výstavba splaškové kanalizace* je sice finančně náročnou položkou, ale stávající stav kanalizace poukazuje na nutnost provedení této investice.

Tab. 3.8 Investiční náklady pro souhrnné opatření v obci

Návrh intenzifikace	Investiční náklady [Kč]
1. Odstranění napojení meliorační svodnice	20 000
2. Záchytná vodní nádrž	1 933 600
3. Výstavba splaškové kanalizace	77 965 000

Pozn.: Ceny jsou uvedeny bez DPH, které činí 21%.

K těmto variantám intenzifikace nejsou připočítány provozní náklady, protože varianty nevyžadují žádný příkon energie ani pravidelnou obsluhu. Provozní náklady vznikají pouze nárazově při čištění kanalizace nebo záchytné vodní nádrže. Doporučujeme po 10 letech zkontrolovat stav záchytné vodní nádrže, zda není nutné odtěžení usazenin. Čištění kanalizace je zcela odvislé od způsobu jejího provedení a následného provozu. U investice na výstavbu splaškové kanalizace se předpokládá zažádání o dotaci z EU.

Ve druhé části je proveden návrh variantního řešení včetně cenového posouzení na zbývající návrhy intenzifikace z předchozí kapitoly. Tyto návrhy vychází z požadavků Povodí Moravy s.p., které požadují snížení fosforu na odtoku z biologických rybníků. Jak jsem již zmínila, tento požadavek je především z toho důvodu, že vyčištěná voda odtéká do vodní nádrže Plumlov, která trpí vysokým obsahem fosforu a sinic. Letní sezónu zde přerušují opakované zákazy koupání z důvodu zhoršeného mikrobiálního znečištění a výskytu silného sinicového květu. Proto se Povodí Moravy s.p. rozhodlo provést intenzifikaci samotné nádrže Plumlov, ale i důsledné čištění odpadních vod z obcí nad nádrží, především se jedná o odbourávání fosforu. Jednou z těchto obcí je i Krumsín.

Dalším podstatným kritériem pro návrh následujících variant je snížení množství NL na odtoku z biologických rybníků, protože dochází k častému vypouštění nadlimitních hodnot do recipientu.

Tab. 3.9 Investiční náklady navržených způsobů intenzifikace

Návrh intenzifikace	Investiční náklady [Kč]
1. Velmi jemné česle na přítoku	100 000
2. Mikrosítový filtr na odtoku	300 000
3. Dafnie	13 400
4. AquaMats + dnové provzdušnění	418 900
5. Dávkování chemie	780 500

Pozn.: Ceny jsou uvedeny bez DPH, které činí 21%.

V předchozí kapitole byly vypočítány investiční náklady, avšak tyto systémy ke svému provozu potřebují příkon elektrické energie (mimo dafnií), z čehož plynou náklady na provoz těchto systémů. Provedeme tedy výpočet i těchto nákladů, které budeme uvažovat na 10 let, což je doba, kterou lze očekávat jako životnost daných systémů. Při výpočtu budeme vycházet z ceníků elektřiny skupiny ČEZ a.s. pro rok 2014. Rovněž budeme vycházet z příkonu jednotlivých elektrických zařízení. U aerátorů uvažujeme provoz 8 hodin za den. V případě česlí a mikrosít bude nepřetržitý provoz.

Cena elektřiny v základním tarifu je udávána 1 213 Kč za 1 MWh plus daň za elektřinu 28 Kč, celkem tedy 1 241 Kč za 1 MWh.

Obečný vzorec pro výpočet provozních nákladů na jeden rok

= příkon v MWh · počet hodin za rok · cena elektřiny v MWh

1. Velmi jemné česle na přítoku

- příkon velmi jemných česlí na přítoku je udáván 0,37 kW
 $= 0,00037 \cdot 8760 \cdot 1\,241 = 4\,023 \text{ Kč / rok}$

2. Mikrosítový filtr

- příkon mikrosítového filtru je udáván 2 kW
 $= 0,002 \cdot 8760 \cdot 1\,241 = 21\,743 \text{ Kč / rok}$

3. Dafnie

- nevyžaduje elektrickou energii

4. AquaMats + dnové provzdušnění

- příkon aerátoru je udáván 6 kW, na náš rybník uvažujeme použití dvou aerátorů
 $= 0,012 \cdot 8760/3 \cdot 1\,241 = 43\,485 \text{ Kč / rok}$

5. Dávkování chemie

- pro dávkování chemie je potřeba elektrická energie pro dávkovací zařízení, jeho příkon je udáván 0,0152 kW
 $= 0,000\,0152 \cdot 8760 \cdot 1\,241 = 166 \text{ Kč / rok}$

Výše uvedené návrhy intenzifikace v tabulce 3.9 není nutné, ani efektivní, navrhovat všechny. Doporučujeme tedy vybrat z následujících kombinací v níže uvedené tabulce 3.10, ve které jsou varianty seřazeny podle mého doporučení a zároveň podle nejnižších nákladů, a to investičních i provozních.

Varianty byly navrhovány na požadavky Povodí Moravy a.s., a také na požadavek odstranění NL (tyto požadavky jsou podrobněji popsány v úvodu této kapitoly). Velmi jemné česle na přítoku nebo mikrosíta na odtoku navrhujeme pro odstranění NL, přičemž doporučujeme spíše odstranění NL na přítoku, což zajistí menší zanášení rybníků a usnadní čištění v biologických rybnících. Na druhou stranu výhodu má i odstranění NL na odtoku, protože zajistí odstranění nečistot před vypuštěním do recipientu, i kdyby došlo v rybnících k problému s čištěním. Jako alternativu pro odstranění NL navrhujeme i použití systému AquaMats s provzdušněním, které především kvůli nejvyšším nákladům navrhujeme jako

nejméně vhodnou variantu. Na požadavek odstranění fosforu je nutné dávkování chemického přípravku, kterým byl v tomto případě zvolen nejvíce užívaný síran železitý (Prefloc). Rovněž doporučujeme využít možnosti čištění odpadních vod dafniemi, které čistí vodu v letním období od řas a sinic tím, že je pojídají. Hlavní výhodou je nízká pořizovací cena a také to, že není potřeba jakékoliv další investice pro funkčnost této varianty. Dafnie je nutné nadávkovat pouze jednou, protože se velice rychle rozmnožují a jsou schopné přežít v rybnících i přes zimu.

Tab. 3.10 Ekonomické srovnání variantního řešení způsobů intenzifikace

Variantní řešení intenzifikace	Investiční náklady [Kč]	Provozní náklady [Kč/10let]	Inflace 3 % [Kč]	Náklady na údržbu [Kč]	Celkové náklady [Kč]
Variant a č. 1	184 300	48 200	7 000	5 000	255 000
Velmi jemné česle na přítoku	100 000	40 300			
Dafnie	13 40	0			
Dávkování chemie	70 900	1 700			
Variant a č. 2	384 300	252 300	33 000	13 000	299 000
Dafnie	13 400	0			
Dávkování chemie	70 900	1 700			
Mikrosíta na odtoku	300 000	217 500			
Variant a č. 3	503 200	500 500	64 000	20 000	1 088 000
Dafnie	13 400	0			
AquaMats s provzdušněním	418 900	434 900			
Dávkování chemie	70 900	1 700			

Pozn.: Ceny jsou uvedeny bez DHP, které činí 21%.

V tabulce jsou zahrnuty investiční náklady zjištěné z ceníků firem a vypočítané v předchozí kapitole. Rovněž uvažujeme provozní náklady na 10 let, což je doba, kterou lze očekávat jako životnost daných systémů, při výpočtu vycházíme z ceníků skupiny ČEZ a.s. Na tuto dobu rovněž nutné uvažovat inflaci, kterou bereme 3 %, avšak tato částka je pouze předpokládaná, protože míra inflace se vyvíjí v čase, je tedy proměnlivá. Do výpočtu uvažujeme i náklady na nutnou údržbu systému rovněž na 10 let, kterou pro technologie bereme 2 %. Náklady na obsluhu neuvažujeme, vzhledem k tomu, že se předpokládá občasná obsluha jedním stávajícím pracovníkem.

4 ZÁVĚR

Úkolem diplomové práce bylo zpracování možností intenzifikace biologických rybníků využívaných pro čištění odpadních vod a následná aplikace vybraných systémů na stávající čistírnu odpadních vod v obci Krumsín v okrese Prostějov, včetně ekonomického posouzení. Zjistila jsem, že na českém trhu se problematika intenzifikace biologických rybníků téměř neřeší. Tento druh čištění odpadních vod není v České republice moc rozšířen. Avšak dovoluji si říci, že se tento způsob čištění odpadních vod bude neustále rozšiřovat, především kvůli jeho nízké ceně, jak na pořízení, tak i na následný provoz. Častější aplikaci biologických rybníků napomáhá také fakt, že je nutné čištění odpadních vod i z malých obcí a neustále se zpřísňující limity pro vypouštění odpadních vod.

Tato diplomová práce je rozdělena do dvou hlavních částí. V první části, která je nazvána teoretická, je zpracován přehled variant intenzifikace. Druhá část, nazvaná praktická, je vztahena na konkrétní biologické rybníky, obsahuje posouzení stávajícího stavu a návrh intenzifikace.

V první části diplomové práce jsem zpracovala přehled dostupných možností pro intenzifikaci biologických rybníků. I přes to, že se tato problematika v České republice doposud mnoho neřešila, v cizích zemích se touto problematikou zabývá mnoho firem. Především ve Spojených státech amerických existuje mnoho způsobů intenzifikace biologických rybníků pro čištění odpadních vod. Při zpracování možností intenzifikace jsem vycházela především ze systémů vyráběných v cizích zemích, ale i ze systémů z České republiky, které slouží nejen k intenzifikaci biologických rybníků a jsou tedy v ČR snadno dostupné.

V přehledu můžeme najít různé typy systémů, a to levnější, nenáročné na provoz, nenáročné na údržbu, bez nutnosti záběru další plochy nebo například bez nutnosti přívodu elektrické energie. Ne všechny systémy obsahují zmíněné výhody, je tedy nutné při návrhu brát v úvahu stávající parametry, jako jsou vstupní, výstupní a požadované hodnoty znečištění, ale i například finanční možnosti dané obce. Z tohoto vyplývá, že je nutné provádět návrh vždy na konkrétní biologické rybníky.

Druhá část se zabývá posouzením stávajícího stavu čistírny odpadních vod, který slouží jako podklad pro návrh intenzifikace. Při posouzení stávajících biologických rybníků sloužících pro čištění odpadních vod z obce Krumsín byly použity podklady poskytnuté starostou obce, panem Mgr. Jaroslavem Střelákem. Rovněž bylo využito poznatků zjištěných při místní šetření. V této části práce jsem provedla popis jednotlivých částí biologických rybníků. Podle tohoto posouzení jsem provedla návrh intenzifikace pro stávající biologické rybníky, které nedosahovaly požadovaných limitů znečišťujících látek při vypouštění do recipientu. Vypracovala jsem návrhy variant intenzifikace, přičemž ke

každému jsem provedla ekonomické posouzení. Pro možnosti cenové kalkulace jednotlivých variant jsem použila ceny poskytnuté firmami dodávajícími posuzované technologie. V závěru jsem provedla srovnání jednotlivých variant a doporučení pro provedení intenzifikace.

V této diplomové práci byl vypracován přehled jednotlivých variant intenzifikace biologických rybníků, který může být v budoucnu velmi užitečný nejen pro obec Krumsín, ale i pro obce, které rovněž používají biologické rybníky pro čištění odpadních vod. Tento přehled slouží také pro zájemce o pořízení biologických rybníků, protože dokazuje fakt, že existuje mnoho způsobů, jak zvýšit jejich účinnost i bez záběru dalších ploch a není nutné budovat klasické mechanické čistírny odpadních vod, které mnohdy přesahují finanční možnosti obcí. Beze sporu je práce přínosem i pro již zmíněnou obec Krumsín, pro kterou byl vypracován konkrétní návrh intenzifikace stávajících biologických rybníků. Návrh intenzifikace bude sloužit jako podklad k realizaci intenzifikace na biologických rybnících v obci Krumsín.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Česká republika. Sbírka zákonů: Nařízení vlády č. 23/2011 Sb. Praha, 2011.
- [2] Australian Government - Poo Gloo Gaia Pans [online]. [cit. 2011]. Dostupné z WWW: wattsupwiththat.com
- [3] Wastewater Compliance Systems [online]. [cit. 2010]. Dostupné z WWW: www.wastewater-compliance-systems.com
- [4] Brentwood [online]. [cit. 2012]. Dostupné z WWW: www.brentwood-ind.com
- [5] FBC Technologies [online]. [cit. 2009]. Dostupné z WWW: www.fbctech.com
- [6] Bio floc [online]. [cit. 2009]. Dostupné z WWW: www.dep.state.pa.us
- [7] Biowater Technology AS [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.biowatertechnology.com
- [8] Biological Wasterwater Treatments [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.epicmodularprocess.com
- [9] Vodohospodářský server [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.e-voda.cz
- [10] Využití nosičů při biologickém čištění [online]. [cit. 2012]. Dostupné z WWW: www.ekomonitor.eu
- [11] Canadian engineer čištění [online]. [cit. 2011]. Dostupné z WWW: www.canadianconsultingengineer.com
- [12] Nelson Environmental Inc. – SAGR [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.nelsonenvironmental.com/optaer/sagr.asp
- [13] Treatment plant operator [online]. [cit. 2012]. Dostupné z WWW: www.tpomag.com
- [14] Paradise Distributors Northwest [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.paradisew.com
- [15] TCL Hunt [online]. [cit. 2012]. Dostupné z WWW: www.hunt.co.nz/aquamats.html
- [16] Aquamats for Lakes [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.keystonehatcheries.com
- [17] Environmental Engineering [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.ecogent.co.nz
- [18] Environmental Dynamics International [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.wastewater.com

- [19] Water and Wasterwater Specialist [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.paradisew.com
- [20] System for Lakes [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.bactapur.com
- [21] Aquaculture technology [online]. [cit. 2012]. Dostupné z WWW: www.valoxltd.com
- [22] Natural liquid Bacteria [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.thepondreport.com/bacta-pur
- [23] Hlavínek, P., Novotný, D.: Intenzifikace čistíren odpadních vod. Praha, Noe 2000, 1996, 235 s
- [24] General chemical [online]. [cit. 2012]. Dostupné z WWW: www.generalchemical.com/assets/pdf
- [25] Sodium Aluminate [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.usalco.com/wp-content/uploads/2013
- [26] Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Řada hornicko-geologická, Volume XLVIII (2002), No.2, p. 49-56, ISSN 0474-8476
- [27] Water Treatment [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.eurowater.20m.com
- [28] Metody obnovy eutrofizovaných nádrží [online]. [cit. 2012]. Dostupné z WWW: http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky
- [29] BioSpikes [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.novozymes.com
- [30] HC BioSpikes [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.eso-inc.net
- [31] Wheels with alge growth [online]. [cit. 2010]. Dostupné z WWW: <http://continuingeducation.construction.com>
- [32] Planned for Lake County [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.insideindianabusiness.com
- [33] An Algae Update [online]. [cit. 2008]. Dostupné z WWW: <http://newenergyandfuel.com>
- [34] Side aeration [online]. [cit. 2012]. Dostupné z WWW: www.side.org.nz
- [35] Aquagy Wastewater [online]. [cit. 2010]. Dostupné z WWW: www.aquagy.net
- [36] Sewage-eating algae [online]. [cit. 2012]. Dostupné z WWW: www.sanluisobispo.com/2012/01/25/1922687/algae-wastewater-clean-sewage.html
- [37] Paradise Distributors [online]. [cit. 2012]. Dostupné z WWW: www.paradisew.com

- [38] AWTT Aqua [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.awtti.com
- [39] Odor Control Floating [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.layfielddenvironmental.com
- [40] Covered Anaerobic Ponds [online]. [cit. 2008]. Dostupné z WWW: www.biogas.org.nz/Publications
- [41] Lagoon systems aeration [online]. [cit. 2003]. Dostupné z WWW: www.lagoonsonline.com
- [42] Zavlažovací systémy [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.ittec.cz/cs
- [43] Lagoon Process Technology [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.lemnatechnologies.com
- [44] Aerátory SIGMA [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.sigma-vvu.cz
- [45] Povodí Moravy s.p. VD Plumlov [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.pmo.cz/cz/uzitecne/vodni-dila/plumlov
- [46] Dokumentace zpracovaná firmou AQUAPLAN
- [47] Mapový portál [online]. [cit. 2014]. Dostupné z WWW: Mapy.cz
- [48] ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod pro více než 500 ekvivalentních obyvatel. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.
- [49] ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2012.
- [50] Průměrné ceny technické infrastruktury [online]. [cit. 2012]. Dostupné z WWW: www.uur.cz
- [51] Podklady poskytnuté firmou RTS, a.s.
- [52] Podklady poskytnuté firmou PÖYRY Environment a.s.
- [53] HUBER Technology, filtrace [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.huberco.cz
- [54] Zemský rohatec, mikrofiltrace [online]. [cit. 2010]. Dostupné z WWW: www.zemsky.cz
- [55] Dafnie [online]. [cit. 2011]. Dostupné z WWW: www.zahradni-jezirko.cz
- [56] Dafnie [online]. [cit. 2011]. Dostupné z WWW: <http://ethelbergfilm.dk>
- [57] Daphnia live [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.aquarium.cz

- [58] Funchem, kyselina chlorovodíková [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.funchem.cz
- [59] FONTANA, terciální dočištění [online]. [cit. 2010]. Dostupné z WWW: www.fontana.cz
- [60] Chemická výroba [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.eurosarm.cz
- [61] Dávkování chemikálií ProMinent [online]. [cit. 2013]. Dostupné z WWW: www.prominent.cz
- [62] Podklady poskytnuté firmou SBH WATER, spol. s r.o.
- [63] Podklady poskytnuté firmou RAWAT consulting s.r.o.

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod [1].....	4
Tab. 2.1 Typy systému IFAS včetně popisu [4]	11
Tab. 2.2 Účinnost čištění odpadních vod [4]	12
Tab. 2.3 Účinnost čištění odpadních vod [9]	17
Tab. 2.4 Typické mikrobiální komunity nalezené v AquaMats [15].....	24
Tab. 2.5 Účinnost odstranění znečišťujících látek při použití integrovaného systému [34]	45
Tab. 3.1 Povolené maximální limity vypouštění do vodoteče Kleštínek [35].....	56
Tab. 3.2 Parametry jednotlivých biologických rybníků [46].....	57
Tab. 3.3 Hodnoty látek na přítoku a odtoku [46].....	61
Tab. 3.4 Délky kanalizace dle profilů [35]	65
Tab. 3.5 Tabulka měrné křivky žlabu	68
Tab. 3.6 Tabulka měrné křivky lapáku písku	69
Tab. 3.7 Účinnost ČOV při odstranění jednotlivých znečištění	71
Tab. 3.7 Tabulka položkového rozpočtu pro záchytnou vodní nádrž.....	76
Tab. 3.8 Souhrnná tabulka návrhů intenzifikace včetně investičních nákladů	82
Tab. 3.9 Souhrnná tabulka návrhů intenzifikace včetně cenové nabídky.....	83
Tab. 3.10 Tabulka navrhovaných možností intenzifikace	85

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Zařízení Poo-Gloo ve vypuštěné a částečně vypuštěné nádrži [2]	5
Obr. 2.2 Vnitřní funkce a zařízení Poo-Gloo [2]	6
Obr. 2.3 Schéma rotačního diskového mikrosíta RoDisc a RoMat [53]	8
Obr. 2.4 RoDisc rotační diskové mikrosíta [54].....	9
Obr. 2.5 Schéma IFAS systému [4]	10
Obr. 2.6 Příklad začlenění systému IFAS [4]	12
Obr. 2.7 Funkce systému IFAS a jeho usazení v nádrži [4]	13
Obr. 2.8 Ukázka systému Bio2 Bloc vně i uvnitř rybníka [5]	14
Obr. 2.9 Ukázka účinnosti čištění při použití systému Bio ² Bloc a provzdušnění [5]...	15
Obr. 2.10 Biofilmové nosiče [7]	16
Obr. 2.11 Zarostlé biofilmové nosiče [8].....	17
Obr. 2.12 Systém SAGR před biologickými rybníky [11]	18
Obr. 2.13 Systém SAGR [13]	19
Obr. 2.14 Provzdušňovací difuzory LINEAR FBA používané pro systém SAGR [13]	20
Obr. 2.15 Srovnání vstupních a výstupních hodnot BSK ₅ a N-NH ₄ ⁺ při použití systému SAGR [12]	20
Obr. 2.16 AquaMats [14]	21
Obr. 2.17 AquaMats umístěné v biologických rybnících [15]	22
Obr. 2.18 400x přiblížená mikro-pórová struktura vlákna z AquaMats [15]	23
Obr. 2.19 Popis materiálu v AquaMats [15]	23
Obr. 2.20 Popis funkce distribuce vertikálního proudění AquaMats [15].....	25
Obr. 2.21 Systém EDI BioReef v rybnících [18].....	26
Obr. 2.22 Popis systém EDI BioReef [18].....	27
Obr. 2.23 Ukázka dafnií [56]	28
Obr. 2.24 Bacta-Pur dodávaný v plastových lahvích [19]	30
Obr. 2.25 Snížení koncentrace jednotlivých látek pomocí Bacta-Pur [19].....	31
Obr. 2.26 Ukázka účinnosti Bacta-Pur (vlevo) bez Bacta-Pur, s použitím Bacta-Pur (vpravo) [19]	32

Obr. 2.27 Bactivator LS s vnitřním zásobníkem (vlevo), Bactivator LS1500 s externími zásobníky (vpravo). [21]	34
Obr. 2.28 Účinnost odstranění orthofosforečnanů [26]	38
Obr. 2.29 Ukázka BioSpikes 4000 [29]	39
Obr. 2.30 Ukázka funkce BioSpikes 4000 [30]	40
Obr. 2.31 Ukázka účinnosti BioSpikes 4000 [29]	41
Obr. 2.32 Ukázka rozdílu hustoty vloček po ošetření BioSpikes 4000 [29]	41
Obr. 2.33 Oběžné kolo v rybníku a zarostlé řasami [31]	43
Obr. 2.34 Popis procesů probíhajících na oběžném kole [31]	43
Obr. 2.35 Typy otočných kol [33]	44
Obr. 2.36 Schéma integrovaného systému čistícího rybníka [35, 36]	45
Obr. 2.37 Ukázka proudění tepla s krytem a bez krytu [37,38]	47
Obr. 2.38 Ukázka systému ArmorBall [37,38]	48
Obr. 2.39 Ukázka systému Hexprotect včetně naplnění s polyuretanovou výplní [38]	49
Obr. 2.40 Ukázka kompaktních krytů při instalaci na rybník [39]	50
Obr. 2.41 Ukázka způsobu provzdušňování včetně jejich vlastností [39]	52
Obr. 2.42 Ukázka povrchového provzdušňování [41,42]	53
Obr. 2.43 Ukázka ponořeného provzdušňování [5,43]	53
Obr. 3.1 Poloha obce Krumsín a vodní nádrže Plumlov [47]	55
Obr. 3.2 Letecký pohled na ČOV – biologické rybníky [47]	57
Obr. 3.3 Ukázka mechanického předčištění s nátokem a provozním objektem	59
Obr. 3.4 Česle s usazovacím prostorem společně s lapákem písku, v pozadí usazovací nádrž a biologický rybník 1	60
Obr. 3.5 Usazovací nádrž v přítokové části	60
Obr. 3.6 Graf znečištění odpadní vody BSK ₅ na přítoku a odtoku z ČOV	61
Obr. 3.7 Graf znečištění odpadní vody CHSK _{Cr} na přítoku a odtoku z ČOV	62
Obr. 3.8 Graf znečištění odpadní vody NL na přítoku a odtoku z ČOV	62
Obr. 3.9 Graf znečištění odpadní vody N-NH ₄ ⁺ na přítoku a odtoku z ČOV	62
Obr. 3.10 Graf znečištění odpadní vody BSK ₅ na odtoku z ČOV	63

Obr. 3.11 Graf znečištění odpadní vody CHSK_{Cr} na odtoku z ČOV.....	63
Obr. 3.12 Graf znečištění odpadní vody NL na odtoku z ČOV.....	64
Obr. 3.13 Graf znečištění odpadní vody N-NH_4^+ na odtoku z ČOV	64
Obr. 3.14 Graf měrné křivky žlabu.....	68
Obr. 3.15 Graf měrné křivky lapáku písku	69
Obr. 3.16 Vlevo nátok do otevřené meliorační svodnice pokračující na obrázku vpravo.	73
Obr. 3.17 Graf měrné křivky svodnice melioračních vod	73
Obr. 3.18 Hydrogram povodňové vlny dílčího povodí z programu DesQ-MaxQ.....	74
Obr. 3.19 Hydrogram povodňové vlny dílčího povodí při odtoku $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$	75
Obr. 3.20 Znázornění vodní nádrže v katastrální mapě a ortofoto mapě.....	76
Obr. 3.21 Vzorový příčný řez vedení kanalizačního potrubí z PVC pod komunikací do hloubky 3 m	78

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČOV ...	čistírna odpadních vod
EO ...	ekvivalentní obyvatel. Zpravidla jedna osoba, producent znečištění; uměle zavedená jednotka, která představuje produkci odpadní vody 150 l/den a produkci znečištění
IFAS ...	Integrated fixed film Activate Sludge – pevná filmová technika
SAGR ...	The Submerged Attached Growth Reactor - Ponořený připojený růstový rektor
BSK ...	biochemická spotřeba kyslíku pětidenní s potlačením nitrifikace
CHSK _{Cr} ...	chemická spotřeba kyslíku dichromanovou metodou
NL ...	nerozpuštěné látky
N-NH ₄ ...	amoniakální dusík
N ...	celkový dusík
P ...	celkový fosfor
Fe ...	železo
ČSN ...	Česká státní norma

SEZNAM PŘÍLOH

1. Fotodokumentace

Obr. 1 Provozní objekt a v něm umístěná jednotka zaznamenávající naměřené hodnoty na odtoku	99
Obr. 2 Mechanické předčištění na přítoku k biologickým rybníkům.....	99
Obr. 3 Nátok na biologické rybníky	100
Obr. 4 Biologické rybníky (z leva rybník č. 1, rybník č. 2, rybník č. 3)	100
Obr. 5 Přepouštěcí objekt mezi biologickými rybníky.....	101
Obr. 6 Stávající aerační zařízení: Tryskový aerátor FORCE 7 na rybníku č. 2 a č. 3	101
Obr. 7 Rozdělovací šachta umožňující obtok biologického rybníka č. 1 buď do rybníka č. 2, nebo do meliorační svodnice.....	101
Obr. 8 Odtok z biologických rybníků a nátok na měrný objekt	102
Obr. 9 Měření na odtoku pomocí Parshallova žlabu	102
Obr. 10 Odtok z Parshallova žlabu do meliorační svodnice.....	102
Obr. 11 Meliorační svodnice zachycující dešťové vody (vlevo pohled směrem od obce, vpravo směrem na obec).....	103
Obr. 12 Přítok odpadní vody do šachty (horní obr.) ze stoky, do které jsou napojeny meliorační svodnice (vlevo) a odpadní voda z kanalizace obce (vpravo), z této šachty voda otéká do odlehčovací komory	103
Obr. 13 Odtok z odlehčovací komory do recipientu tekoucího směrem k biologickým rybníkům.....	103

SUMMARY

This master thesis is divided into two main parts. The first part is called theoretical part and there is processed overview of variant intensification. The second part is called the practical part, this part is related to a specific biological pond, and includes an assessment of the current status and proposal for intensification.

In the first part of the master thesis, I worked up overview of the available options for the intensification of biological ponds. Despite the fact that this issue has not yet been addressed in detail in the Czech Republic, in other countries deals with this issue many companies. Especially in the United States There are many methods of intensification of biological ponds for wastewater treatment. During processing of possibilities of Intensification I was mainly based on systems manufactured in foreign countries, but also from the systems, that were made in the Czech Republic, which not only serves to intensify biological ponds and are therefore readily available in the Czech Republic. Draft various methods of intensification is necessary always perform to specific biological ponds.

The second part deals with the assessment of the current condition of the wastewater treatment plant, which serves as the basis for the design of intensification. During the assessment of existing biological ponds, that used for treatment of wastewater from the village Krumsin was used documents provided by the mayor, Mr. Mgr. Jaroslav Strelak and from personal and local investigation. In this part of the work I have carried out the description of various parts of biological ponds. According to this assessment, I performed a proposal for intensification of existing biological ponds that did not reach the required limits of polluting substances during discharges to receiving waters. I designed various proposals variant intensification, and for every design of intensification I created economic assessment. For possibilities of price calculations of individual variants I used the prices provided by the companies supplying proposed technology. In conclusion, I compared the individual variants and recommendations for the implementation of intensification.

In this master thesis it was created survey of individual variants intensification of biological ponds, which may be very useful in the future not only for the village Krumsin, but also for villages that also use the biological ponds for wastewater treatment. This overview also serves for everybody who is interested in the biological ponds, and also proof of the fact that there are many ways to increase its efficiency without taking other areas and does not require building conventional mechanical sewage treatment plants, which often exceed the financial capacity of villages. Undoubtedly, is this master thesis also beneficial for the aforementioned village Krumsin for which was designed the concrete proposals of intensification of existing biological ponds.

22



Obr. 3 Nátok na biologické rybníky



Obr. 4 Biologické rybníky (z leva rybník č. 1, rybník č. 2, rybník č. 3)



Obr. 5 Přepouštěcí objekt mezi biologickými rybníky



Obr. 6 Stávající aerační zařízení: Tryskkový aerátor FORCE 7 na rybníku č. 2 a č. 3



Obr. 7 Rozdělovací šachta umožňující obtok biologického rybníka č. 1 buď do rybníka č. 2, nebo do meliorační svodnice



Obr. 8 Odtok z biologických rybníků a nátok na měrný objekt



Obr. 9 Měření na odtoku pomocí Parshallova žlabu



Obr. 10 Odtok z Parshallova žlabu do meliorační svodnice



Obr. 11 Meliorační svodnice zachycující dešťové vody (vlevo pohled směrem od obce, vpravo směrem na obec)



Obr. 12 Přítok odpadní vody do šachty (horní obr.) ze stoky, do které jsou napojeny meliorační svodnice (vlevo) a odpadní voda z kanalizace obce (vpravo), z této šachty voda otéká do odlehčovací komory



Obr. 13 Odtok z odlehčovací komory do recipientu tekoucího směrem k biologickým rybníkům