

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



Vliv zvýšení retenční kapacity na účinnost terciárního
čištění odpadních vod

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Bakalant: Vendula Kocourková

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vendula Kocourková

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

Vliv zvýšení retenční kapacity na účinnost terciárního čištění odpadních vod

Název anglicky

Effect of increasing retention capacity on the efficiency of tertiary wastewater treatment

Cíle práce

Cílem práce je stanovení přínosu rozšíření kapacity lagun terciárního dočištění o kapacitu laguny S3, zhodnotit případná rizika či negativní vlivy pro kvalitu vypouštěných vod. K tomu poslouží historická data kvality vypouštěných vod, pravidelně měřená a historizovaná akreditovanou laboratoří, aktuální rozborů a další pravidelná měření též laboratoří i externími subjekty a to v delším časovém horizontu tak, aby byly eliminovány jak sezónní vlivy způsobené nerovnoměrnou výrobou v chemickém závodě, tak i vlivy klimatické.

Metodika

Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Metodika
5. Popis ČOV Spolany s.r.o.
6. Technické údaje ČOV
7. Vyhodnocení stávajícího a navrhovaného stavu terciárního čištění
8. Diskuze
9. Závěr
10. Použité zdroje
11. Přílohy

Doporučený rozsah práce

40 stran textu

Klíčová slova

splaškové vody, znečištění, čištění odpadních vod, terciární čištění, laguna

Doporučené zdroje informací

HENZE M., HARREMOËS P., ARVIN E. (2002): Wastewater treatment. Springer- Verlag, Berlin Heidelberg- New York, 433 s.

HENZE M., LOOSDRECHT M., EKANA G., BRDJANOVIC D. (2003): Biological wastewater treatment. Principles, modelling and design. IWA Publishing , Cambridge University Press , 517 s.

HLAVÍNEK P., HLAVÁČEK J., 1996 : Čištění odpadních vod Praktické příklady výpočtů. NOEL 2000 s.r.o, Brno 196 s.

HLAVÍNEK P., MIČÍN J., PRAX P., 2001 : Příručka stokování a čištění. NOEL 2000, s.r.o., Brno, 251 s.

PYTLÍ V. a kol., 2004 : Příručka provozovatele čistírny odpadních vod.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 03. 2021

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Vliv zvýšení retenční kapacity na účinnost terciárního čištění odpadních vod vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou, a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Neratovicích dne 22. března 2021

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla vyjádřit poděkování své vedoucí bakalářské práce Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za spolupráci a odbornou pomoc. Rovněž vedoucímu čistírny odpadních vod podniku Spolana, Ing. Michalovi Vlasatému, který mi byl po celou dobu psaní bakalářské práce velkou oporou. Děkuji mu za poskytnutí veškerých dat o čistírně, za konzultace a jeho ochotu. V neposlední řadě děkuji vedoucímu Energetiky, Lukášovi Karlíkovi, za vstřícnost a trpělivost během zpracování práce.

V Neratovicích dne 22. března 2021

Abstrakt

Cílem mé bakalářské práce je stanovení přínosu rozšíření kapacity lagun terciárního dočištění o kapacitu laguny S3 a zhodnocení možných rizik pro kvalitu vypouštěných vod.

Podkladem pro zpracování práce jsou historická data kvality vypouštěných vod, pravidelně měřená a historizovaná akreditovanou laboratoří, aktuální rozborů, i pravidelná měření externími subjekty. Všechna měření byla prováděna v delším časovém horizontu, proto, aby byly eliminovány sezónní vlivy způsobené nerovnoměrnou výrobou v chemickém závodě, tak i vlivy klimatické.

Klíčová slova

splaškové vody, znečištění, čištění odpadních vod, terciární čištění, laguna

Abstract

The aim of my bachelor thesis is to determine the benefit of expanding the capacity of tertiary treatment lagoons by the capacity of lagoon S3 and to evaluate the possible risks for the quality of discharged water.

The basis for the processing of the work are historical data on the quality of discharged water, regularly measured and historized by an accredited laboratory, current analyzes, as well as regular measurements by external entities. All measurements were performed over a longer time horizon, to eliminate seasonal effects caused by uneven production in the chemical plant, as well as climatic effects.

Keywords

sewage, pollution, wastewater treatment, tertiary treatment, lagoon

Seznam použitých zkratek

BSK5	biologická spotřeba kyslíku
Ca (OH)	hydroxid vápenatý
CaCl ₂	chlorid vápenatý
ČOV	čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
H ⁺	vodíkový kationt
H ₂ O	voda
HCl	kyselina chlorovodíková
CHSKCr	chemická spotřeba kyslíku
N - NH ₄ ⁺	amoniakální dusík
N - NO ₂ ⁻	dusitanový dusík
N - NO ₃ ⁻	dusičnanový dusík
N _{anorg.}	anorganický dusík
NL	nerozpuštěné látky
OH ⁻	hydroxidový aniont
OV	odpadní vody
RAS	rozpuštěné anorganické soli
VH	vodní hospodářství

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	3
3. Literární rešerše	4
3.1 Čištění odpadních vod	4
3.2 Parametry ovlivňující účinnost čištění	4
3.3 Technologie městské čistírny odpadních vod	6
3.4 Druhy odpadních vod	7
3.4.1. Splaškové odpadní vody	7
3.4.2. Průmyslové odpadní vody	7
3.5 Společné čištění odpadních vod	8
3.6 Terciární čištění	8
3.6.1 Nutrienty	9
3.7 Kalové laguny	9
3.8 Odkaliště.....	9
3.9 Vybrané ukazatele znečištění odpadních vod.....	10
3.9.1 Anorganický dusík.....	10
3.9.3 Biologická spotřeba kyslíku.....	11
4. Metodika	12
5. Popis ČOV Spolany s.r.o.	13
6. Technické údaje ČOV	15
6.1. Výrobní fáze technologického procesu	15
6. 2. Výrobní schéma a základní popis.....	15
6. 3. Hrubé předčištění a neutralizace OV (část A).....	16
6. 3. 1. Technologický postup.....	16
6. 4. Sedimentace (část A).....	16

6. 4. 1. Technologický postup.....	16
6. 5. Čerpání na odkaliště (část A a B).....	17
6. 5. 1. Technologický postup.....	17
6. 6. Hrubé předčištění (část B).....	17
6. 6. 1. Technologický postup.....	17
6. 7. Šneková čerpací stanice a neutralizace (část B).....	18
6. 7. 1. Technologický postup.....	18
6. 8. Primární sedimentace (část B).....	18
6. 8. 1. Technologický postup.....	18
6. 9. Aktivace s dmychárnou (část B)	19
6. 9. 1. Technologický postup.....	19
6. 10. Dosazovací nádrže s recirkulací (část B).....	19
6. 10. 1. Technologický postup.....	19
6. 11. Čerpání vyčištěné vody na lagunu S2 (část B).....	20
6. 11. 1. Technologický postup.....	20
6. 12. Zahušťování a odvodňování kalu	20
6. 12. 1. Technologický postup.....	20
6. 13. Specifikace (parametry) vypouštěných odpadních vod.....	21
6. 13. Popis zařízení	22
6. 13. 1. Anorganická linka.....	22
6. 13. 2. Biologická linka.....	22
6.14 Technický popis laguny S2 a S3	23
4.1.1 Odkaliště S2.....	24
Odkaliště S3.....	25
7. Vyhodnocení stávajícího a navrhovaného stavu terciárního čištění	27
7.1 Stávající stav – množství odpadních vod	27
7.2 Stávající stav – kvalita odpadních vod	27

7.2.1 Ukazatel pH	27
7.2.2 Chemická spotřeba kyslíku	28
7.2.3 Biochemická spotřeba kyslíku	29
7.2.4 Nerozpuštěné látky	30
7.2.5 Anorganický dusík	32
7.2.6 RAS.....	33
7.3. Vizualizace plánovaného stavu	34
8. Diskuse.....	36
9. Závěr	39
10. Použité zdroje.....	40
11. Přílohy.....	45

1. Úvod

Podnik SPOLANA s.r.o. je situován na obou březích recipientu Labe, jeho středním toku. Koryto je v této oblasti stabilizováno regulací toku a rozděleno jezovými stupni na jednotlivé zdrže. Výrobní část podniku se nachází v úseku mezi jezy v Obříství a v Lobkovicích, v říční kilometrů 9,0 km až 12 km od soutoku Labe s Vltavou na obřístevské jezové zdrži, na levém břehu Labe. Na pravém břehu Labe v říční kilometrů 10,3 km až 11,35 km se rozkládá skládkové a odkalové hospodářství podniku, laguna S2 (stabilizační nádrž pro homogenizaci odpadních vod). SPOLANA s.r.o. je producentem nezávadných, chemicky znečištěných a splaškových odpadních vod. (Manipulační a provozní řád odkališť)

Spolana Neratovice je jedním z nejvýznamnějších regionálních zaměstnavatelů a výrobců PVC. V důsledku výše uvedené průmyslové činnosti jsou produkovány chemické odpadní vody, které jsou spolu se splaškovými vodami přilehlých obcí čištěny na ČOV Spolana. Vyčištěné odpadní vody jsou následně přes lagunu S2 vypouštěny do Labe. Laguna S2 (dřívější odkaliště popílku) je v současné době využívána pro účely terciárního dočištění odpadních vod a zlepšení tak vypouštěného znečištění.

Dočišťování biologicky vyčištěných vod obvykle vyžaduje vodoprávní orgán ve vodohospodářsky exponovaných oblastech, kde je vyžadována lepší nebo spolehlivěji zajištěná kvalita odtoku do recipientu, než je tomu u mechanicko – biologické čistírny. Při terciárním stupni čištění se nejčastěji odstraňují zbytky nerozpuštěných látek a fosforu.

Pro terciární čištění je možné využít celou řadu technologií, ale mezi nejčastěji používané patří filtrace odtoku a filtrace přes aktivní uhlí. V zásadě se jedná o dočišťování vody vodárenskými postupy. V zahraničí je pod pojem terciární čištění zahrnuto i zvýšené odstraňování dusíku a fosforu biologickou cestou, které u nás považujeme za součást biologického stupně čištění odpadních vod. Pro filtraci jsou v terciárním stupni čištění používány pískové filtry, mikrosíta nebo membránové filtrace (mikrofiltrace).

V poslední době se uplatňuje i dezinfekce odpadních vod, zejména v oblastech sloužících ke koupání, v místech, kde je třeba zajistit ochranu zdrojů pitné vody a také v případě, kdy se plánuje využití odpadní vody pro další účely. Používané metody dezinfekce odpadní vody jsou chlorace, ozonizace a dezinfekce UV zářením.

V terciárním stupni čištění odpadních vod je možné využít i fyzikálně chemické metody čištění odpadních vod jako jsou: čiření (koagulace, separace), neutralizace, oxidace a redukce, sorpční procesy (např. na aktivní uhlí), procesy založené na výměně iontů, extrakci (např. fenoly), odpařování, spalování (silně koncentrované odpadní vody), vyvážení (např. NH_3).

Proces chemického čištění odpadních vod probíhá ve dvou fázích: reakční fáze, při které dochází ke srážení rozpuštěných fosforečnanů, k destabilizaci koloidů a k flokulaci a separační fáze, při které dochází k separaci vloček z vody. Koagulační procesy se používají při náhlém výrazném zvýšení počtu osob na určitém místě – letní a zimní rekreační střediska. (Komínková et al., 2014)

2. Cíle práce

Práci jsme provedla formou rešerše, shromážděním teoretických dat dané problematiky a dat statistických poskytnutých čistírnou odpadních vod Spolany v Neratovicích.

Z výše uvedených přínosů terciárního čištění jsem si vybrala jako téma práce vliv zvýšení retenční kapacity na účinnost terciárního čištění odpadních vod s cílem teoreticky odhadnout a ověřit pozitivní dopad využití další laguny S3 pro tyto účely. Laguna S3 byla dlouhá léta využívána pouze pro plavení popílku. V průběhu roku 2019 bylo navrženo využít lagunu S3 ke zvýšení retenční kapacity terciárního dočištění odpadních vod z ČOV. Tím by mělo dojít ke zlepšení účinnosti odstranění vybraných ukazatelů znečištění a zajištění tak plnění legislativních požadavků.

Ačkoliv nyní využívaná laguna S2 vykazuje velmi slušnou retenční a čistící schopnost (snížení koncentrace NL v průměru o cca 50 %), z dat monitorovací kampaně realizované v říjnu 2017 je zřejmé, že při standardním provozu může účinnost dosahovat i přes 80 %. Koncentrace NL a odtokové koncentrace CHSK by měly být dle mého předpokladu ještě více eliminovány zapojením laguny S3, která tak přispěje ke stabilizaci celého procesu dočištění.

3. Literární rešerše

Pro tvoření rešerše jsem vybrala důležité pojmy o pojednávané problematice.

3.1 Čištění odpadních vod

Ochrana vod je jedním z nejdůležitějších úkolů v oblasti životního prostředí. Se vstupem České republiky do Evropské unie byl na toto téma brán větší zřetel. Náročnějším cílem bylo sladit legislativní požadavky Evropské unie na zlepšení stavů vodních toků, vodních ekosystémů a podporu trvale udržitelného užívání vod.

Kvalitu povrchových vod ovlivňují nejvíce tzv. bodové zdroje znečištění (města a obce, průmyslové závody a objekty soustředěné zemědělské výroby). Použitá voda z těchto bodových zdrojů se nazývá vodou odpadní.

Ochrana životního prostředí apeluje na dodržování hranice takové míry znečištění těmito zdroji, která bude přijatelnou pro ekosystém daného toku. Úroveň ochrany vod před znečištěním se nejčastěji hodnotí podle vývoje produkovaného a vypouštěného znečištění. (MZLU, ©2007)

Průmyslové odpadní vody, pokud se čistí v samostatných ČOV, byly i v minulosti jako zdroj nebezpečného znečištění dobře ošetřeny a ani dnes nepředstavují za běžných situací významnější vodohospodářský problém. Naopak čistírny městských odpadních vod byly systematicky budovány až po druhé světové válce, a ještě dnes nejsou všechna sídla ošetřena potřebným čištěním. (Wanner J., 2017)

Legislativou Evropské unie jsou stanoveny limity pro vypouštění odpadních vod do recipientů a požadavky na využívání nejlepších dostupných technologií v čistírenství. Tímto krokem jsou jednotlivé subjekty postupně nuceni modernizovat používané technologie na čištění odpadních vod. V tomto trendu je nutno ovšem i nadále pokračovat, jedině tak lze dosáhnout stále menšího dopadu na životní prostředí v souvislosti s lidskou činností.

3.2 Parametry ovlivňující účinnost čištění

Při čištění odpadních vod v biologických nádržích se uplatňují procesy mechanické, chemické a biologické, patří mezi ně sedimentace, adsorpce, oxidace, redukce, srážení, bakteriální a rostlinný metabolismus.

Aby byla zachována stabilní účinnost čištění, je důležité předcházet zkratovému proudění uvnitř nádrží. Vznik zkratového proudění může být u hlubokých nádrží ovlivněn nejen jejich nevhodným návrhem, ale i klimatickými poměry, přesněji teplotou. Vlivem teplotní stratifikace, která je definována jako období s teplotním gradientem větším než 0,6 °C/m (Badrot-Nico aj., 2009), může dojít ke snížení aktivního objemu nádrže ze 70 % v zimním období až na pouhých 22 % v období letním (Torres aj., 1997). K teplotní stratifikaci dochází ve větší míře od března do srpna (Abis a Mara, 2006).

Řasy (fytoplankton) v přírodě přispívají významnou měrou k procesu samočištění vody, jejich schopnost odstraňovat nutrienty je využívána právě při čištění odpadních vod v biologických nádržích. Jako zdroj uhlíku při fotosyntéze je využíván oxid uhličitý, který produkují bakterie při dýchání. Bakterie naopak využívají kyslík vznikající při fotosyntéze řas (Schumacher a Sekoulov, 2003). Fotosyntéza je silně ovlivněna dostupností světla pod vodou (Weatherell aj., 2003), proto rozvoj řas podléhá sezonnímu kolísání. Vliv na rozvoj řas v nádržích může mít také pokrytí části nebo celé hladiny nádrže okřehkem, který brání prostupu světla do nádrže, a tím omezuje rozvoj společenstev řas. Z hlediska množství fytoplanktonu jsou biologické nádrže velmi citlivé, protože při jejich nedostatečné populaci chybí kyslík, naopak přespříliš bující fytoplankton žijící ve vznosu tvoří tzv. sekundární znečištění, které významnou měrou přispívá ke zhoršování kvality vody na odtoku (Mlejnská, 2011).

Účinnost odstraňování dusíku rovněž podléhá sezonnímu kolísání, protože mikrobiální procesy přeměn jednotlivých forem dusíku (zejména amonifikace a nitrifikace) jsou známy svou citlivostí k teplotě, proto se účinnost odstraňování amoniakálního dusíku v zimních měsících snižuje (Šálek, 1997). Amoniakální dusík je rychle přijímán do biomasy (především řas) v nádrži a asimilován do buněčného materiálu, kde dochází k transformaci z anorganického dusíku na dusík organický. V létě je odstraňován více než dvojnásobek dusíku v porovnání se zimním obdobím, naopak odstraňování BSK₅ a nerozpuštěných látek nevykazuje významnou sezonní dynamiku (van der Linde a Mara, 2010), tedy pokud nedochází k přebujelému nárůstu fytoplanktonu v létě nebo k dlouhodobému zamrznutí hladiny neprovzdušňované nádrže v zimě. V tomto případě dochází k zastavení růstu řas, které produkují kyslík, a také k zamezení prostupu kyslíku hladinou. Nádrž pak přechází do anaerobních podmínek. Anaerobní procesy čištění sice dosahují podobných účinností odstraňování organického

znečištění jako aerobní, ale jsou zpravidla doprovázeny pachovými problémy. Navíc vyčištěná voda v anaerobních podmínkách nepříznivě ovlivňuje kyslíkový režim i oživení recipientu, do něhož je vypouštěna (Felberová, 2006; Váňa aj., 2009; Váňa aj., 2013). Takové situace je možné řešit dosazením vhodného provzdušňovacího zařízení do biologické nádrže.

Účinnost čištění v neposlední řadě ovlivňuje také stáří systému. Autoři Schetrite a Racault (1995) uvádějí, že účinnost odstraňování fosforu v jimi sledovaných biologických nádržích ve vztahu ke stárnutí systému klesala od počátečních 80 % až na 35 %. Snižování účinnosti odstraňování fosforu je způsobeno faktem, že se zvyšuje jeho množství akumulované v dnovém sedimentu a může docházet k jeho příležitostnému vyplavování. Čisticí schopnosti odbahněných nádrží mohou být v průběhu prvních tří let po odstranění sedimentu velmi vysoké a konstantní. Teprve po třech letech se začíná projevovat regresní vztah mezi délkou období od posledního odbahnění a snižující se účinností čištění odpadních vod (Racault aj., 1995).

3.3 Technologie městské čistírny odpadních vod

Prvním stupněm čištění odpadních vod je mechanické čištění, kde je odpadní voda zbavována hrubých nerozpuštěných předmětů a látek. K mechanickému čištění se používají tyto zařízení: lapák šterku, česle, lapák písku. Ve výjimečných případech může být součástí čistírny i lapák tuků. Odpadními produkty tohoto stupně jsou: šterk, shrabky, písek a primární kal. Poslední fází mechanického čištění je sedimentace kalu probíhající v usazovacích nádržích. Primární kal má zrnitou strukturu a je tvořen nerozpuštěnými látkami, které prošly lapákem šterku, česlemi a lapákem písku. (Komínková et al., 2014)

Druhým stupněm čištění u městských ČOV je biologické čištění, jež je napodobením procesů probíhajících v přírodních vodách, při kterých dochází k samočištění. Výhodou úspěšně biologicky vyčištěné vody je, že odpadní voda nemůže obsahovat látky toxické pro faunu a flóru recipientu. (Chudoba et al., 1991)

Biologické čištění probíhá v aktivačních nádržích nebo v biologických reaktorech za přítomnosti mikroorganismů buď ve formě aktivovaného kalu neboli suspenze, nebo v reaktorech s biomasou ve formě biofilmu (např. biofiltry).

Poté na řadu přichází separační stupeň probíhající většinou v dosazovacích nádržích. Zde dochází k oddělení biomasy od vyčištěné vody. Po oddělení se část kalu vrací do aktivace (tzv. vratný kal) a část je odváděna do kalového hospodářství jako přebytečný kal. Biomasa organismů v aktivační nádrži je označována jako aktivovaný (sekundární) kal, který je tvořen různými druhy mikroorganismů. Funkční polykulturu tvoří bakterie, mikroskopické houby, kvasinky a plísňe. Aktivovaný kal obsahuje mnoho organických látek a také má schopnost flokulovat čili tvořit vločky.

Poslední fází je terciární stupeň čištění, jež využívá fyzikálně – chemických procesů, jehož cílem je odbourání živin (hlavně fosforu a dusíku), využívá membránové filtrace, pískové filtrace, kolony s aktivním uhlím nebo dočišťovací rybníky. (Komínková et al., 2014)

3.4 Druhy odpadních vod

3.4.1. Splaškové odpadní vody

Splaškové odpadní vody jsou nejhojnějším typem odpadních vod pocházející z domácností, sociálních zařízení či zdravotnických zařízení. Znečišťovány jsou zbytky potravin nebo čisticími chemickými prostředky z domácností, jako jsou prací a čisticí prostředky. Splaškové odpadní vody se jeví jako silně zakalené vody, šedé barvy. Množství splaškových odpadních vod je závislé na vybavení bytů a potřebě pitné vody. (Pytl et. al., 2004)

3.4.2. Průmyslové odpadní vody

Průmyslové odpadní vody vznikají v průmyslových a zemědělských výroбах. Znečištění průmyslových odpadních vod je velmi různorodé a záleží na orientaci dané průmyslové nebo zemědělské výroby. Podniky a firmy, které vypouštějí odpadní vody přímo do vodoteče, musí mít čistírnu odpadních vod nebo alespoň jednoduchou úpravnu odpadní vody, např. gravitační odlučovač neboli lapol.

Firmy a podniky, které vypouštějí odpadní vody přímo do kanalizace, musí dokládat splnění limitů daných smlouvou s provozovatelem kanalizace a vodovodů. Na základě rozhodnutí Vodoprávního úřadu, musejí dokládat akreditované rozborů odpadních vod na přítoku a odtoku odpadní vody do ČOV. (Labtech, ©2007)

3.5 Společné čištění odpadních vod

Společným čištěním splaškových a průmyslových vod je zajištěn optimální poměr nutrientů pro biologické čištění odpadních vod. Vzniká tak dokonalá symbióza komunální sféry a průmyslového odvětví.

V obecné mikrobiologii jsou termínem nutrienty označovány všechny chemické prvky, používané jako stavební materiál pro syntézu buněk. Obvykle jsou dle svého obsahu v biomase rozdělovány na makronutrienty (N, P, S) a mikronutrienty (Fe, Ca, Mg, K, Mn, Zn, Co, atd.) V technologii vody, hovoříme-li při biologickém čištění o „odstraňování nutrientů“, jsou za tyto považovány pouze dusík a fosfor. (Bindzar J., 2009)

3.6 Terciární čištění

Terciárním čištěním odpadních vod se obvykle rozumí dočišťování již mechanicko-biologicky vyčištěných odpadních vod. Obvykle je tento technologický krok vyžadován orgány státní správy. Při terciárním čištění se obvykle odstraňují anorganické ionty, komplexní syntetické organické sloučeniny, fosfor, nebo jak tomu je v našem případě nerozpuštěné látky a dusíku.

Pro účely dočištění se využívají různé druhy čistírenských technologií. Mezi nejobvyklejší patří zejména filtrace přes aktivní uhlí, membránová filtrace, písková filtrace, dále pak metody jako ozonizace a jiné způsoby dezinfekce odpadních vod. Metody zaměřené na dezinfekci se uplatňují zejména v případě předpokladu dalšího využití odpadních vod.

Metody zaměřené na eliminaci zbytkových koncentrací fosforu z odpadních vod bývá obvyklá zejména u komunálních čistíren odpadních vod. V případě čistírny Spolany je fosfor deficitním prvkem. Deficit je nutno kompenzovat externím dávkováním substrátu.

V terciárním stupni čištění odpadních vod je možné využít i fyzikálně chemické metody čištění odpadních vod jako jsou: čiření (koagulace, separace), neutralizace, oxidace a redukce, sorpční procesy (např. na aktivní uhlí), procesy založené na výměně iontů, extrakci (např. fenoly), odpařování, spalování (silně koncentrované odpadní vody), vyvážení (např. NH₃).

Koagulační procesy se používají při náhlém výrazném zvýšení počtu osob na určitém místě – letní a zimní rekreační střediska. (Komínková et al., 2014)

V případě Spolany Neratovice je laguna S2 z pohledu terciárního dočištění využívána zejména na odsazení nerozpuštěného znečištění, homogenizaci a zvýšením hydraulické doby zdržení dochází zároveň i k částečnému dočištění odpadní vody pomocí biologických procesů samočištění

3.6.1 Nutrienty

Nutrienty jsou anorganické živiny potřebné pro růst mikroorganismů. Jsou obsaženy ve všech vodách, povrchových, podpovrchových i odpadních a podílí se na biologických procesech úpravy a čištění vod. Nutrienty odpadních vod bývají anorganické sloučeniny dusíku a fosforu. (Hlavínek 2006).

3.7 Kalové laguny

Kalové laguny slouží k odkalování protékající vody. Dochází v nich tedy k sedimentaci usaditelného podílu. S usazeným podílem v laguně je následně nakládáno dle povahy a charakteru konkrétního kalu.

Kalové laguny mají přirozené dno bez drenážní vrstvy. Obvodové hráze se navrhují zemní, zpevněné kamenitým záhozem, dlažbou, nověji panely. Navrhují se nejméně dvě jednotky pracující samostatně. V těchto případech bývá střední hráz nahrazena betonovou stěnou. (Lyčková et al., 2008)

Pro stroje na těžbu vysušených kalů se upravuje vjezd do laguny. Odsazená voda se vypouští z každé laguny samostatně a regulují se přepady. Hladina vody se navrhuje vždy na nejvyšší úroveň, aby se udržel maximální prostor pro zahušťování. Kalové laguny plní zahušťovací i odvodňovací funkci. Obvykle se na ně vypouští všechna kalová voda. (Raclavská, 2007).

3.8 Odkaliště

Odkaliště je prostor určený k uložení sypkého materiálu. Tento prostor je přírodního či umělého původu. Obvykle je materiál dopravován do odkaliště hydraulicky. Materiál může být průmyslového, těžebního či zemědělského původu.

Specifickým útvarem je odkaliště (plaviště) popílku, kdy je odpadní materiál z procesu spalování uhlí (popílek a struska) dopravován hydraulicky – stejně tomu bylo i v

případě Spolany. Veškerá odkaliště popílku ve Spolaně byla vytvořena uměle, hráze jsou směsí popílku a čistírenských kalů. V současnou dobu jsou ovšem odkaliště popílku a s tím spojená uhelná kotelna v provozním klidu.

Odkaliště mají obvykle antropogenní původ. Mohou to být například oprámy (zatopený lom neboli pozůstatek po povrchové těžbě nerostné suroviny či jiný terén se dnem obestavěný hrázemi). (Bartoň et al., 2012)

Odkaliště lze členit podle různých kritérií. Podle tvaru mohou být rovinná (vhloubená nebo vyvýšená nad okolní reliéf), údolní a svahová. Dalším klasifikačním kritériem může být charakter skladovaného materiálu, typ hráze či systému hospodaření s vodou (průtočná, cirkulační). Hlavními objekty odkališť (kalových nádrží) jsou: kalovod – pro přívod směsi vody a pevného materiálu, hrázové těleso – zpravidla je tvořeno hlavní hrází a dílčími hrázemi, které mohou být v jednotlivých částech navyšovány, vlastní těleso odkaliště – sníženiny vyplněné odpadním materiálem v kapalném stavu, kolektor a kolektorové potrubí – k odvedení vody, dočišťovací nádrž – slouží k čištění odpadních vod. (Stránky PVF UPOL)

Odkaliště se ve velké míře nacházejí téměř po celé ČR jako historické pozůstatky těžby a následného zpracování fosilních surovin – nyní představují často staré ekologické zátěže. Zároveň se ovšem v případě odkališť setkáváme s přínosem z pohledu zvýšení biodiverzity v čerstvě rekultivovaných lokalitách. Provedená rekultivace je často doprovázena výskytem endemických či pro toto území původně neobvyklých druhů. Odkaliště elektráren a tepláren jsou tak podle vědců biologicky cennými lokalitami.

3.9 Vybrané ukazatele znečištění odpadních vod

3.9.1 Anorganický dusík

Dusík je zařazován mezi jeden z nejdůležitějších makrobiogenních prvků a jako nutriem je proto nezbytný pro rozvoj mikroorganismů. Anorganicky vázaný dusík ve vodách se vyskytuje převážně jako molekulový dusík (N_2), amoniak (NH_3), dusitany (NO_2^-), dusičnany (NO_3^-). Zjištění hodnoty obsahu celkového dusíku je důležité především při stanovení látkové dusíkové bilance povrchových a odpadních vod. (Bowman et al., 2002, NV 401/2015 Sb.)

3.9.2 Chemická spotřeba kyslíku

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK) je množství spotřebovaného kyslíku na oxidaci všech organických látek za určitých podmínek. Udává se v mg/l (mg kyslíku odpovídajícího spotřebě oxidačního činidla na 1 litr vody). (Pošta, 2005).

Stanovení celkové koncentrace CHSK se usuzuje podle množství oxidačního činidla, které se za určitých podmínek spotřebuje na jejich oxidaci. Jako oxidační činidlo se v současnosti používá dichroman draselný, výjimečně manganistan draselný. Použitý druh činidla se udává symbolem u zkratky (CHSKCr, CHSKMn). (Pytl et al, 2004)

3.9.3 Biologická spotřeba kyslíku

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK) je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku v roztoku, která byla spotřebována během biochemické oxidace organických látek za stanovených podmínek. BSK je množství kyslíku spotřebované mikroorganismy při biochemické oxidaci za aerobních podmínek. Jedná se o ukazatel množství biologicky rozložitelných organických látek ve vodě. (Pitter, 2015)

BSK je také využívána při sledování míry eutrofizace vod a při kontrole jakosti pitné vody. Metoda sledování BSK₅ se začala využívat od roku 1908 pro sledování znečištění venkovních vod, začala se tak rozšiřovat do většiny zemí a díky tomu jsou získaná data dobře srovnatelná i v mezinárodním měřítku. (Hammer, 2011)

Pomocí BSK₅ lze například stanovit kapacity čistíren odpadních vod. Počítají se v počtu ekvivalentních obyvatel (EO). Ekvivalentní obyvatel je standardní jednotka, která vyjadřuje průměrného člověka denně produkujícího 150 litrů odpadních vod a organické znečištění odpovídající 60 g BSK₅. (Lellák a Kubíček, 1991)

4. Metodika

Při hodnocení účinnosti odstranění vybraných ukazatelů znečištění v laguně S2 byla použita data z prováděných analýz na ČOV Spolana. Srovnáním vstupních a výstupních hodnot ukazatelů znečištění, konkrétně NL, CHSK_{Cr}, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ byla pomocí vzorce $E = S0 - SZ/S0 * 100$ dopočítána celková účinnost v % (E – účinnost, S0 – hodnota ukazatele na přítoku, SZ – hodnota ukazatele na odtoku. Veškeré sledované ukazatele byly stanovovány interní certifikovanou laboratoří Spolany. Po provedení analýz byly naměřené hodnoty v jednotkách mg/l ukládány do databáze SAP, odkud byly použity pro statistické zpracování. Pro účely výpočtu se vychází z předpokladu, že natékající množství odpadních vod odpovídá množství vod odtékajících se zohledněním výparu z vodní hladiny. Teoretický výpočet výparu byl srovnán se skutečným rozdílem nátok a odtoků.

Součástí práce je rovněž zpracování teoretického předpokladu přínosu rozšíření terciárního dočištění odpadních vod o lagunou S3, konkrétně z pohledu zvýšení míry odstranění výše zmíněných ukazatelů znečištění. Předpokládáme zlepšení v ukazatelích NL a CHSK_{Cr}.

Statisticky byla vyhodnocena data o průtocích odpadních vod a znečištění od roku 2016 do roku 2020, kdy došlo k přerušení plavení hydrosměsi popílku. Po provedené změně bylo provedeno dílčí vyhodnocení pro porovnání se stavem před změnou.

5. Popis ČOV Spolany s.r.o.

Čistírna odpadních vod závodu vodního hospodářství Spolana s.r.o. Neratovice zajišťuje čištění všech druhů vod, které produkuje podnik, město Neratovice, Kojetice, Libiš a externí firmy.

Chemicky znečištěné odpadní vody z areálu Spolana s.r.o. a od externích firem nacházejících se v blízkosti podniku jsou přiváděny na čistírnu odpadních vod podzemní kanalizací a otevřenými kanály.

Čistírna odpadních vod je rozmístěna v severovýchodní části závodu v bloku E 1 a F 1 (viz příloha č. 1 – mapa závodu). Je založena na mechanicko-chemicko-biologickém principu čištění. Skládá se z anorganické a biologické části. V anorganické části ČOV jsou čištěny převážně anorganicky znečištěné OV z výroby kyseliny chlorovodíkové, kyseliny sírové, síranu amonného, výroby polyvinylchloridu, dále OV z úpravy vody, energetiky, elektrolýzy, výplachu cisteren a OV z externích firem Lachemy, Stylu a NeraAgra.

Monitoring odpadních vod (MOV) je technologické zařízení zajišťující kontrolu odpadních vod ze Spolany s.r.o. V případě výskytu znečištěné odpadní vody v kanálech signalizuje vzniklou situaci a zabraňuje vniknutí této vody do Labe, zajišťuje přečerpání znečištěné vod na ČOV do otevřeného žlabu A linky, kde jsou tyto vody odpovídajícím způsobem zpracovány.

Na biologické části ČOV jsou čištěny vody obsahující převážně organicky odbouratelné látky z výroben Kaprolaktamu, VCM, TIU, Z VH, ÚŘJ, Cayman Pharma s.r.o., odkalů cirkulační chladící vody.

Současně jsou čištěny splaškové vody přiváděné samostatnými kanalizačními řady. Závodní splašková kanalizace odvádí splaškové vody z celého areálu podniku a z části obce Libiš a čerpací stanice Styl. Externí odpadní vody a externí kapalné odpady jsou vypouštěny před nátok A a B linky ČOV. Tlaková kanalizace splaškových odpadních vod z města Neratovice je majetkem Spolany s.r.o. a je zaústěna do aktivačních nádrží na jižní straně.

Na vstup ČOV je přiveden samostatný výtlačný řad ze skládky toxických odpadů s možností vstupu těchto OV do obou částí – anorganické i biologické.

Vyčištěné odpadní vody se po průchodu A-linkou a B-linkou ČOV spojují a jsou společně čerpány na pravý břeh Labe do laguny S2 k terciálnímu dočištění a následně vypuštěny výpustí K10 do Labe.

Chladicí a dešťové vody z kanálu K1 pochází ze severní části areálu Spolany s.r.o. a jsou čerpány na ČOV.

Chladicí a dešťové vody z kanálu K6a jsou v případě překročení stanovených limitů čerpány na ČOV do kanálu AL u E 1810 jižních sedimentačních nádrží.

Splaškové vody z veřejné kanalizace města Neratovice jsou na ČOV SPOLANA s.r.o. čerpány ze dvou přečerpávacích stanic.

Veškeré splaškové a chemicky znečištěné odpadní vody jsou vedeny na provoz čištění odpadních vod (dále jen ČOV), kde jsou technologicky zpracovávány. (TPD Spolana Neratovice)

6. Technické údaje ČOV

6.1. Výrobní fáze technologického procesu

Anorganickou linku ČOV tvoří tyto základní části:

- a. hrubé předčištění – česle,
- b. neutralizace odpadní vody,
- c. sedimentace,
- d. čerpání vyčištěné vody do laguny S2,
- e. vyústění vod z MOV (Monitoring odpadních vod).

Biologickou linku ČOV tvoří tyto základní části:

- a. hrubé předčištění – česle,
- b. šneková čerpací stanice a neutralizace,
- c. jemné předčištění – česle a šneková čerpací stanice,
- d. primární sedimentace se zařízením pro odvodňování a zahušťování kalů,
- e. aktivace s dmychárnou,
- f. dosazovací nádrže s čerpací stanicí pro recirkulaci kalů,
- g. čerpání vyčištěné vody z ČOV do laguny S2,
- h. zařízení pro zahušťování a odvodňování kalů.

6. 2. Výrobní schéma a základní popis

Veškeré odpadní vody z areálu Spolany, mimo vod nezávadných vypouštěných kanálem K6a přímo do Labe, jsou přečištěny před vypouštěním do recipientu. ČOV Spolany je rozdělena na samostatnou anorganickou a biologickou linku. Vstupní proudy odpadních vod na ČOV jsou opatřeny separací hrubých nečistot. Úprava vod anorganického charakteru (část A – anorganická linka ČOV) spočívá zejména v úpravě pH do neutrálního prostředí s promícháním a následnou sedimentací. Vody s převážně organickým znečištěním (část B – biologická linka ČOV) jsou rovněž neutralizovány na vstupu na čistírnu, promíchány, na stupni primární sedimentace je z čištěných odpadních vod separován kal, na aktivacích probíhá vlastní biologické čištění a poslední část technologie biologické linky zajišťuje odsazení a návrat

aktivovaného kalu zpět do aktivačního procesu. Veškeré odpadní vody jsou po vyčištění společně čerpány přes potrubní most do laguny na S2 na pravém břehu Labe. Z laguny S2 voda odtéká po homogenizaci a odsazení gravitačně do recipientu Labe. Detailní popis jednotlivých procesů a popis technologií je uveden níže v textu. (TPD Spolana Neratovice)

Blokové schéma ČOV– viz příloha č. 2.

6. 3. Hrubé předčištění a neutralizace OV (část A)

Neutralizační chemické reakce:



6. 3. 1. Technologický postup

K hrubému předčištění odpadní vody slouží ručně stírané česle, které zachycují větší mechanické nečistoty, a tak chrání technologická zařízení před poškozením. Shrabky jsou ukládány na betonovou plochu vedle česlí, nakládány do kontejnerů a jsou odváženy k likvidaci.

K neutralizaci odpadních vod dochází v neutralizačním železobetonovém žlabu umístěném za česlemi. Průřez žlabu je obdélníkový, délka cca 100 m a účinný obsah asi 30 m². Míchání odpadních vod při neutralizaci je prováděno tlakovým vzduchem, který je rozváděn po dně žlabu polypropylenovými děrovanými trubkovými rošty. Vzduch je přiváděn trubním rozvodem z dmychárny. Na začátek žlabu je přivedeno potrubí s 10% roztokem vápenného mléka. Potrubí je osazeno dávkovací klapkou, která je ovládána automaticky podle hodnoty pH vody před a za neutralizačním žlabem. Dodávku vápenného mléka zajišťují cirkulační čerpadla, která jsou umístěna u zásobníků vápenného mléka v objektu E 1800. nespotřebované vápenné mléko se vrací cirkulačním okruhem zpět do zásobních nádrží.

6. 4. Sedimentace (část A)

6. 4. 1. Technologický postup

Zneutralizovaná odpadní voda přichází na 4 podélné sedimentační nádrže, kde se odstraní přibližně 70 % nerozpuštěných látek. Účinný objem jedné nádrže je 660 m³, účinná plocha jedné nádrže je 430m² a kalový prostor je 215m³. Provoz usazovacích nádrží je diskontinuální vzhledem k periodickému vyklízení kalů. Odsazená voda na

konci protéká pod normou stěnou nádrží a přepadá přes přepadové hrany. Do objektu čerpací stanice E 1910 je přiváděna potrubím z 2. sedimentační nádrže sloužící jako otevřený žlab. Nad tímto žlabem je umístěné zařízení pro měření průtoku vody a vzorkování. Po naplnění sedimentačního prostoru nádrží kalem se příslušná nádrž odstaví a usazený kal se ručně sestříká z odboček HFV umístěných okolo nádrží a sestříkávaný kal se odčerpává před primární sedimentací biologické části.

Znečištěné vody z monitoringu jsou čerpány na ČOV otevřeným žlabem A linky do jižních sedimentačních nádrží a s ostatními vyčištěnými vodami jsou čerpány na lagunu S2.

6. 5. Čerpání na odkaliště (část A a B)

6. 5. 1. Technologický postup

Vyčištěná voda po sedimentaci odtéká do západní jímky čerpací stanice vyčištěných vod v objektu E 1910, kde se mísí s vyčištěnou vodou z biologické linky. V objektu je umístěno 6 čerpadel typu NFT, každé o výkonu 100 l/s. trojice čerpadel je napojena na společný výtlačný řad DN 600. Z čerpací stanice vedou dva výtlačné řady DN 600, které jsou navzájem propojeny v čerpací stanici. Oba řady vedou po visutém lanovém mostě na pravý břeh Labe, kde jsou zaústěny do laguny S 2, kde dochází k homogenizaci a sedimentaci, množství vyčištěné vody je měřeno. Odsazená voda z laguny se odvádí čtyřmi železobetonovými věžemi do řeky Labe. Tento kanál je opatřen Parshallovým měrným žlabem, monitorovacím a automatickým vzorkovacím zařízením.

6. 6. Hrubé předčištění (část B)

6. 6. 1. Technologický postup

K hrubému předčištění odpadní vody slouží ručně stírané, hrubé, dřevěné česle o šířce průlin 20 mm. Shrabky jsou shromažďovány na betonové ploše u česlí, nakládány do kontejnerů a odváženy k likvidaci.

6. 7. Šneková čerpací stanice a neutralizace (část B)

6. 7. 1. Technologický postup

Odpadní voda prochází za česlemi měrným žlabem do šnekové čerpací stanice, která má kapacitu 1 x 625 l/s a 1x 165 l/s. Za objektem E 1830 probíhá automatická neutralizace odpadní vody 10 % vápenným mlékem. Množství vápenného mléka je dávkováno automaticky v závislosti na hodnotě pH čištěné vody. Nepřetržitou dodávku vápenného mléka k dávkovací klapce zajišťují cirkulační čerpadla umístěná u zásobníků vápenného mléka. Vápenné mléko, připravované na výrobní lince z mletého páleného vápna je čerpáno dvěma čerpadly typu NCU do zásobníků, kde se dodatečně připraví 10% roztok. Každá nádrž je míchána míchadlem. Zatímco je z jedné nádrže dávkováno vápenné mléko, v dalších je připravován nebo udržován 10% roztok vápenného mléka. Každá nádrž má obsah 23 m³ a je opatřena stavoznakem. Na výtocích z nádrží je napojeno sání recirkulačních čerpadel.

6. 8. Primární sedimentace (část B)

6. 8. 1. Technologický postup

Odpadní voda po neutralizaci je vedena železobetonovým žlabem přes jemné, ručně stírané česle do nátokové jímky čerpací stanice. Odtud je odpadní voda vedena do dvou kruhových primárních nádrží typu Dorr o průměru 30m, kde dochází k separaci primárních kalů, přebytečných biologických kalů a kalů z části A. Odsazená voda přepadá do aktivačních nádrží. Vznikající kal je odčerpáván do zahušťovacích nádrží provozu zahušťování a odvodňování kalů, kde je strojně zahuštěn a odvodněn na sítopásových lisech. Odvodněný kal je odvážen nákladními auty.

Klasifikace kalu je „190814 kaly z jiných způsobů čištění průmyslových odpadních vod, kategorie O“.

Odstředěná voda z kalu je vypouštěna zpět do chemické kanalizace v obj. E 1790 a je zpracovávána na ČOV.

6. 9. Aktivace s dmychárnou (část B)

6. 9. 1. Technologický postup

V aktivačních nádržích dochází k biologickému rozkladu organických látek působení aerobních mikroorganismů při hrubobublinné aeraci. Aktivační proces probíhá ve dvou žlabech (koridorech c, d). Každý žlab se skládá ze tří aktivačních nádrží (sekce 1, 2, 3). Nad aktivačními nádržemi je umístěn potrubní rozvod vzduchu z dmychárny. Z potrubního rozvodu jsou každé 3 m vyvedeny odbočky k provzdušňovacím roštům z děrovaných trubek o průměru otvorů 8 mm. Přívod odpadní vody je zaveden do sekce d₃. Odtok vody z aktivace je ze sekce c₃. Recirkulovaný kal je přiváděn potrubím do sekcí d₃ a d₂ aktivačních nádrží. Každou aktivační nádrž je možné oddělit, případně vyčerpat. V současné době jsou v provozu koridory c, d, e. Splaškové vody z města jsou přivedeny do sekce d₂a d₃.

Závodní splašky jsou čerpány do sekce e s přepadem do sekce d₁aktivací. Pro zásobování aktivačních nádrží vzduchem slouží dmychárna, kde jsou umístěna čtyři dmyhadla: TD 4 o výkonu 40 000 m³ /hod., TD 5 o výkonu 16 000m³/hod., dvě pomocná (dotlačovací) dmyhadla TD 1 a TD 2. Jsou na pozici původního TD3, vzduch do sání je přiveden potrubím ze sací kobky. Výtlak je veden do stávajícího rozvodu vzduchu. Obě tato dmyhadla mají dvě rychlosti: 1. rychlost má výkon 2x 1.130 m³/hod., 2. rychlost má výkon 2x 2.560 m³/hod. Tyto dmyhadla jsou provozována společně s TD 5 tak, aby obsah kyslíku v aktivačních nádržích nepoklesl pod 2 mg/l (podle LDO sondy). Část vzduchu se používá pro míchání neutralizačních žlabů A a B linky.

6. 10. Dosazovací nádrže s recirkulací (část B)

6. 10. 1. Technologický postup

Vyčištěná voda z aktivačních nádrží, obsahující aktivovaný kal, přitéká do objektu E 1850, kde je umístěna rozdělovací studna. Z vnitřního prstence studny odtéká voda z koridoru c,d na dvě kruhové dosazovací nádrže.

Aktivovaný kal, usazený v kruhových dosazovacích nádržích je recirkulován pomocí čerpadel zpět do aktivace. Přebytný aktivovaný kal je odpouštěn z recirkulačního

potrubí u SZ strany aktivačních nádrží do nátoky biologicky znečištěných odpadních vod – B linky. Odtud je spolu s biologicky odpadními vodami čerpán šnekovou čerpací stanicí na primární sedimentaci. Zde dojde k jeho separaci spolu s ostatními kaly a v podobě tzv. směsného kalu je zahuštěn a odvodněn technologií pro zahušťování a odvodňování kalů.

6. 11. Čerpání vyčištěné vody na lagunu S2 (část B)

6. 11. 1. Technologický postup

Vyčištěná voda z dosazovacích nádrží části B je odváděna do východní jímky objektu E 1910, která je propojena se západní jímkou, kam je rovněž přiváděna vyčištěná voda z části A. Voda z obou jímek je společně čerpána na lagunu S 2, kde dochází k homogenizaci a sedimentaci, množství vyčištěné vody je měřeno. Odsazená voda odtéká kanálem K10 do Labe. Kanál K10 je monitorován.

6. 12. Zahušťování a odvodňování kalu

Provoz zahušťování a odvodňování kalů tvoří tyto části:

- | | |
|--------------------------------|------------|
| - šneková čerpací stanice | - 2 ks |
| - primární usazovací nádrže | - 2 ks A,B |
| - zahušťovací nádrže | - 2 ks A,B |
| - sítopásový lis | - 2ks E,F |
| - nádrž na přípravu flokulantu | |
| - dopravníky kalů | - 4 ks |
| - přístřešek mezideponie kalů | |

6. 12. 1. Technologický postup

Z jímky primárních usazovacích nádrží je kal přečerpáván čerpadly do 2 zahušťovacích nádrží. V nich dochází k dalšímu zahuštění kalu z cca 1-3% na 6-9%. Odsazená voda přepadá vrchem přes ocelový přepad do sběrného žlabu a z něho odtéká samospádem do přírodního otevřeného kanálu před česle. Zahuštěný kal je vřetenovými čerpadly přečerpáván na sítopásový lis.

Na sítopásových lisech je kal odvodněn a dopravován pásovými dopravníky do přístřešku mezideponie kalů a odvážen externí firmou. Výkon sítopásového lisu je

proměnný dle charakteru zahuštěného kalu a pohybuje se okolo 10m³/hod zpracovaného zahuštěného kalu.

Sušina odvodněného kalu kolísá od 15 do 50 % s ohledem na povahu kalu a složení.

6. 13. Specifikace (parametry) vypouštěných odpadních vod

Výsledkem mechanického, chemického a biologického čištění je odpadní voda se zbytkovým znečištěním. Je to netoxická kapalina, čirá až slabě zakalená, o teplotě 15 °C až 28 °C, na výtoku do Labe nepřekračující následující hodnoty ukazatelů kvality.

Tab. 1: Limitní hodnoty na výpusti do Labe (Bartoš, 2021)

K10 limitní hodnoty:

Ukazatel	roční množství t.rok ⁻¹	Limit „p“ (přípustné) mg.l ⁻¹	Limit „m“ (mezní) mg.l ⁻¹
BSK ₅	150	15	40
CHSK _{Cr}	495	50	120
NL	500	40	70
zinek	1,0	0,2	0,4
rtuť	0,023	0,003	0,008
měď	0,4	0,06	0,08
1,2-EDC (1,2-dichloreтан)	1,0	0,1	0,6
N-NH ₄ ⁺	200	25	40
N-NO ₃ ⁻	200	25	40
N _{anorg.}	480	40	60
RAS	20 000	1 600	2 000
TCM (trichlormethan)	0,2	0,05	0,1
AOX	5	0,6	1
pH		6 – 9	

Průtok:

	l/s	m ³ /den	m ³ /rok
Qmax	750	41 096	15 000 000

Uvedené hodnoty jsou stanoveny výrokem nadřízeného vodohospodářského orgánu, mohou být aktualizovány.

Emisní limity:

Limit „p“ - max. přípustná hodnota

Limit „m“ - nepřekročitelná hodnota

Odpadní voda se zbytkovým znečištěním je vypouštěna do řeky Labe výpustí K10 na pravém břehu řeky.

6. 14. Popis zařízení

6. 14. 1. Anorganická linka

Seznam strojního zařízení sloužící k čištění anorganicky znečištěných odpadních vod. Jedná se o hrubou separaci nečistot, neutralizaci odpadních vod kyselého charakteru do neutrálního prostředí a sedimentaci kalu před jeho likvidací. Technologie slouží rovněž k vlastní přípravě vápenného mléka z vápna mletého.

Tab. 2: Seznam zařízení anorganické linky (Bartoš, 2019)

č.	Název	počet ks	parametry
1	Hrubé česle ručně stírané	1	
2	Neutralizační žlab	1	30 m ³
3	Sedimentační nádrž	4	600 m ³
4	Čerpadlo kalové	4	60 l/s, 55 kW
5	Zásobníky vápenného mléka	3	23 m ³ , 4kW
6	Dávkovací ventil	2	35 m ³ /h
7	Recirkulační čerpadla vápenného mléka	2	Q=16 l/s
8	Čerpadla vápenného mléka na VH	2	Q=8 l/s

6. 14. 2. Biologická linka

Seznam strojního zařízení sloužící k čištění biologicky znečištěných odpadních vod. Jedná se o hrubou separaci nečistot, neutralizaci odpadních vod kyselého charakteru do neutrálního prostředí a sedimentaci kalu před vlastním biologickým čištěním v aktivačním procesu.

Tab. 3: Seznam zařízení biologické linky (Bartoš, 2019)

č.	Název	počet ks	parametry
1	Hrubé česle ručně stírané	2	
2	Šnekové čerpadlo	1	625 l/s, 82 kW
3	Šnekové čerpadlo dvojrychlostní	1	Q1-165 l/s, Q2-80 l/s
4	Neutralizační žlab	1	56 m ³
5	Jemné česle ručně stírané	3	23 m ³ , 4kW
6	Šnekové čerpadlo primární sedimentace	1	630 l/s
7	Sedimentační nádrž kruhová	2	1546 m ³
8	Aktivační nádrže	13	1510 m ³ , 140x49 m
9	Dosazovací nádrž kruhová	2	1230 m ³ , d=25 m
10	Shrabovací zařízení kruhové nádrže	2	2,5 ot/hodinu, 1,5 kW
11	Dosazovací nádrž obdélníková	6	465m ³
12	Shrabovací zařízení obdélníkové nádrže	12	1,9 ot/hodinu 1,5 kW
13	Recirkulační čerpadla kalů	8	60 l/s, 30 kW
14	Reakční nádrž s míchadlem	1	3,3 m ³ ,1500kg/h., 3kW
15	Stabilizační nádrž s míchadlem	1	3,3 m ³ ,1500kg/h., 3kW
16	Zásobníky vápenného mléka	4	23 m ³ , 18 kW
17	Zásobníky karbidového mléka	2	23 m ³ , 18 kW
18	Dávkovací klapka	1	Q=27l/s
19	Čerpadlo karbidového vápna	2	Q=26l/s
20	Čerpadla hašeného vápna	2	Q=16l/s
21	Recirkulační čerpadlo váp. mléka	1	Q=16l/s
22	Kompresor	3	210m ³ /h
23	Zásobník vápna Nádrž č. 4,5	2	2x120t mimo provoz
24	Zásobník vápna Nádrž č. 2,3	2	2x150t
25	Čerpadlo splaškové vody	3	27l/s, 65 kW
26	Dmychadlo vzduchu	4	
27	Čerpadlo vyčištěné vody	6	100 l/s
28	Skládka pro dočištění vody S2	1	250 000m ³
29	Mostový jeřáb	5	
30	Hasící linka	1	

6.15 Technický popis laguny S2 a S3

Odkaliště slouží k odsazování vody z hydrosměsi popelovin, k homogenizaci vyčištěné odpadní vody z ČOV SPOLANA a.s. a odvedení odsazené vody melioračním kanálem K10 do řeky Labe. Průběh hladiny podzemní vody je částečně ovlivňován Labem. Celkový spád podzemních vod je však směřován po celém úseku

k řece Labi. Odkaliště S2, S3, S4-jih jsou umístěna na pravém břehu Labe ve vzdálenosti 140–500 m od toku řeky na říčním kilometru 11,0. (Manipulační a provozní řád odkališť)

6.15.1 Odkaliště S2

Odkaliště S2 je určeno k dočišťování odpadních vod z čistírny odpadních vod (ČOV) a v případě nouze k deponování popílku a škváry. V současné době je využíváno k dočištění odpadních vod z ČOV.

Plocha odkaliště: 80 200 m²

Kapacita: 380 000 m³

Vtokové objekty (plavící odbočky)

Vtokové objekty (2 ks) jsou situovány v jihozápadním a jihovýchodním cípu odkaliště. Vyúsťuje zde potrubí DN300 a DN600 v délce 8 m do odkaliště. Potrubí jsou vedena kolmo na podélnou osu jižní obvodové hráze.

Odběrná zařízení

Odběrná zařízení představují 4 odběrové (přelivné) železobetonové věže, uložené na podkladní betonové desce tloušťky 50 cm přesahující o 5 cm půdorys věže. Na jedné straně věže je podélný prostor pro vkládání dřevěných hradidel o rozměrech 16 cm x 12 cm, délky 120 cm, což umožňuje postupné zvyšování hladiny v odkališti a regulaci odtékající vody. Na vnější straně věží je instalován kovový žebřík pro obsluhu.

Přelivné věže mají obdélníkový průřez o rozměrech 330 cm x 280 cm, výška věží je 14,3 m, počítáno od spodní hrany základní desky. Přepadávající voda je z věží odváděna obetonovaným kameninovým potrubím DN 600, jehož osa je ve výši 70 cm nad dnem věží a je zaústěno do obvodového melioračního příkopu vedoucího po severní a západní straně odkaliště. Tímto příkopem je odtok z odkališť společně s průsakovými a srážkovými vodami odváděn do Labe výpustí K10.

Průtočné kapacity

Maximální množství odpadní vody čerpané potrubím DN 600 je 1200 m³/hod.

Provozní množství odpadních vod činí 1000 m³/hod.

Maximální možný odběr z odkaliště přepadovou věží je 1200 m³/hod.

6.15.2 Odkaliště S3

Odkaliště S3 je situováno na pravém břehu Labe ve vzdálenosti cca 500 m od toku, na úrovni říčního km 11,0. Odkaliště je určeno k deponování popílku a škváry produkovaných závodní teplárnou.

Plocha odkaliště: 71 400 m²

Původní kapacita: 295 000 m³

Kapacita k dispozici: 125 120 m³

Původní kapacita odkaliště činila 295 tis. m³. V současné době je odkaliště odstaveno a bylo vytěženo 125 tis. m³ sedimentu. Tato retenční kapacita je nyní k dispozici.

Vtokové objekty

Vtokové objekty (5 ks) jsou uloženy na obvodových hrázích odkaliště, na 1 m vysokých kovových podpěrách. Tyto objekty jsou rovnoměrně rozmístěny po východní, západní a jižní straně, vždy kolmo na podélnou osu hráze odkaliště zaústíují 10 m do odkaliště.

Výtokové objekt

Výtokové objekty představují dvě přelivné železobetonové věže, uložené na štěrkopískovém polštáři 50 cm vysokém a o 50 cm přesahujícím základovou desku. Věže mají na jedné straně podélný otvor pro vkládání hradítek, což umožňuje postupné zvyšování hladiny a regulaci odtékající vody z odkaliště. Věže jsou opatřeny z vnější i vnitřní strany kovovým žebříkem pro potřeby obsluhy.

Severní odběrová věž je situovaná cca v polovině severní obvodové hráze ve vzdálenosti 25 m od koruny hráze.

Jižní odběrová věž je cca v polovině jižní obvodové hráze ve vzdálenosti 25 m od koruny hráze. Obě věže mají obdélníkový průřez o rozměrech 330 cm x 260 cm.

Odvodnění je provedeno kameninovým potrubím DN 800, jehož osa je ve výši 80 cm nade dnem věže. Potrubí je zaústěno do melioračního příkopu za severní obvodovou

hrází odkaliště. Melioračním kanálem jsou vody odtékající z odkališť společně s průsakovými vodami odváděny do Labe výpustí K10

Průtočná kapacita

Maximální množství hydrosměsi čerpané do odkaliště potrubím DN 300: 480 m³/hod.

Provozní množství plavící vody se pohybuje v rozmezí: 350–450 m³/hod.

7. Vyhodnocení stávajícího a navrhovaného stavu terciárního čištění

7.1 Stávající stav – množství odpadních vod

Údaje za období 1. 9. 2020 až 31. 1. 2021 byla vyhodnocena z důvodu samostatného využívání laguny S2 bez zkrácení výsledků jinými proudy odpadních vod. V minulosti, v předchozím časovém období, byla navíc využívána laguna S4-J k sedimentaci plavené hydrosměsi popílku ze spalování uhlí. Odtok z laguny popílku S4-J ústí ovšem přes společnou výpust K10 do Labe. Z tohoto důvodu byl odtok z laguny S2 ovlivněn dalším proudem, a tak je statisticky sledováno pouze období září 2020 až leden 2021. Provedená statistika tak vykazuje minimální známky zkrácení.

Tab. 4 – Měsíční produkce odpadních vod protékajících lagunou S2 (Interní laboratoř Spolana s.r.o.)

Závod EVH	Měsíční množství v měrných jednotkách [m ³]				
	IX.20	X.20	XI.20	XII.20	I.21
nátok OV do S 2	572 819	692 342	700 389	702 528	767 810
Výpust do Labe	587 800	563 200	497 812	668 100	725 100

Pro účely statistiky byly použity hodnoty vstupních a výstupních koncentrací odpadních vod laguny S2. Nebyl uvažován odpar z lagun.

7.2 Stávající stav – kvalita odpadních vod

7.2.1 Ukazatel pH

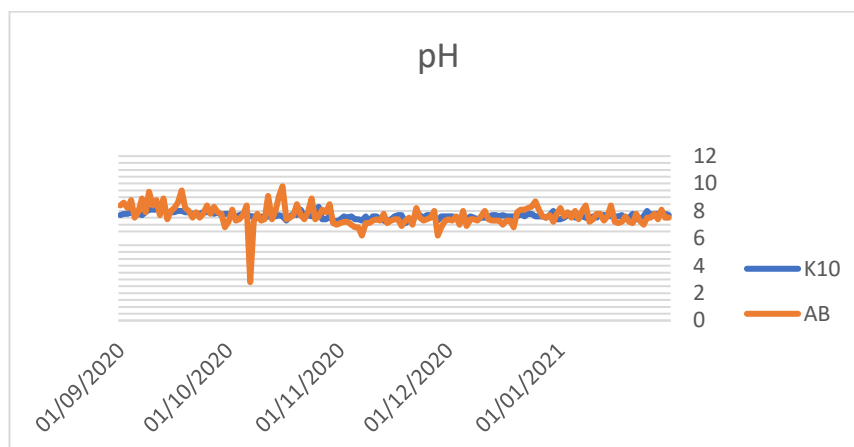
V grafu č. 1 je znázorněno kolísání pH v jednotlivých měrných profilech. Profil AB (nátok odpadních vod do laguny) vykazuje značné kolísání pH. Údaje nátohu na lagunu z pohledu ukazatele pH značí kolísání kvality natékajících průmyslových odpadních vod na ČOV i po automatické regulaci pH dávkováním vápna. Je patrná značná oscilace hodnot.

V profilu K10, nátok do Labe, jsou již hodnoty pH bez výkyvů. Z grafů je tedy patrný významný pozitivní vliv laguny S2 na homogenizaci odpadních vod před jejich

vypuštěním do Labe. Pro zajištění tohoto pozitivního efektu je nutná dostatečná doba zdržení při průtoku odpadních vod lagunou.

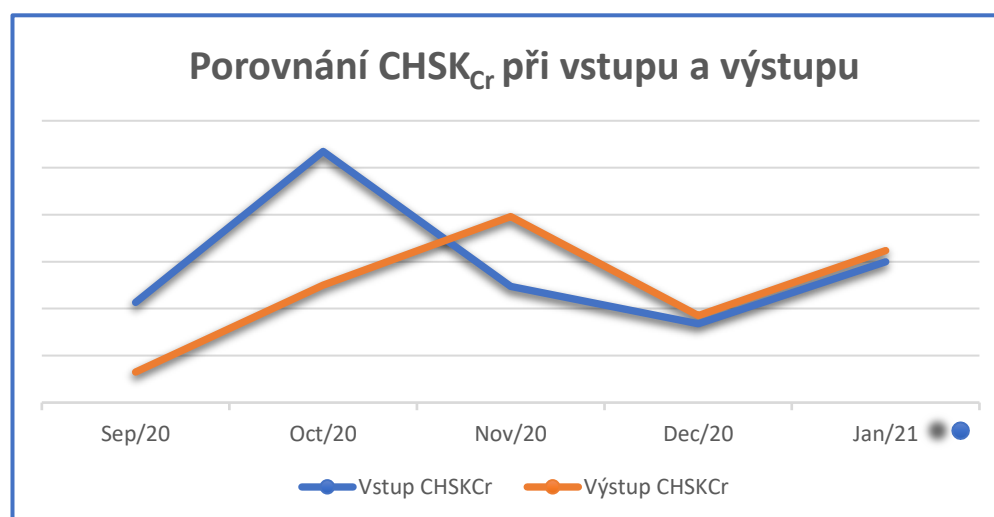
Konkrétní hodnoty jednotlivých ukazatelů znečištění, pro účely zhodnocení účinnosti, nejsou uváděny z důvodu ochrany interních údajů společnosti.

Graf 1 - Porovnání pH – laguna S2 na nátoku AB a na odtoku K10 (Kocourková, 2021)



7.2.2 Chemická spotřeba kyslíku

Graf 2 - Porovnání $CHSK_{Cr}$ na nátoku AB a na odtoku K10 (Kocourková, 2021)

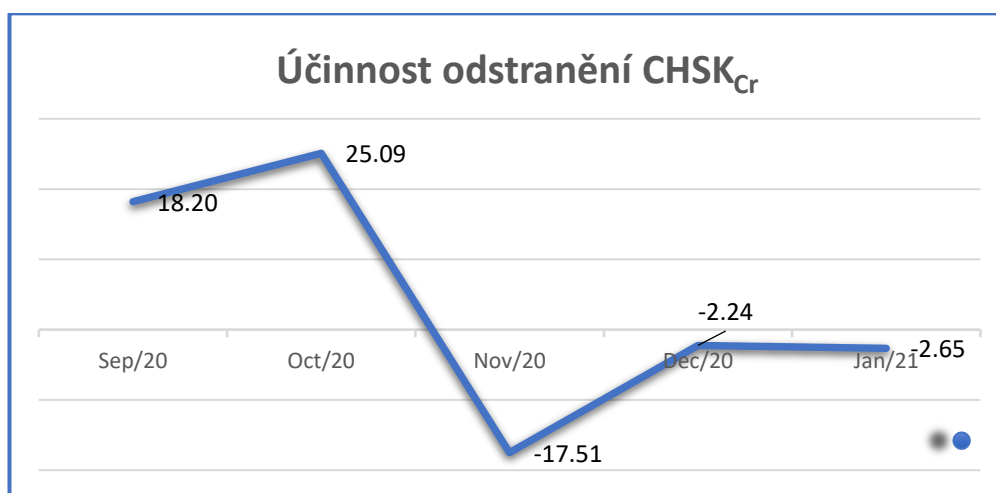


Účinnost $CHSK_{Cr}$

Z pohledu ukazatele $CHSK_{Cr}$ je patrný pozitivní přínos laguny S2 (měsíce září – říjen) nebo víceméně neutrální vliv (měsíce prosinec – leden). Výjimkou je měsíc listopad,

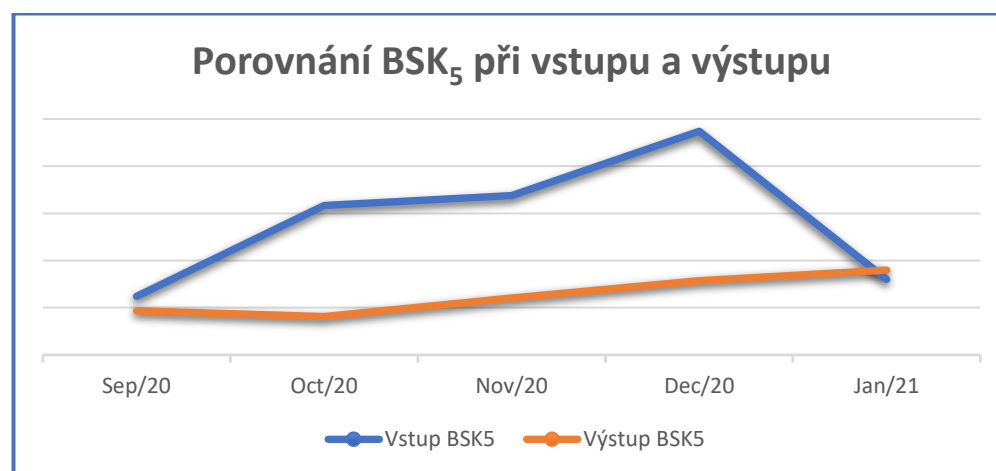
kdy laguna S2 vykazuje na odtoku vyšší CHSK než na nátoce. Příčinou je nadměrná přítomnost fytoceózy vlastní laguny. Na hladině se vyskytoval s nadměrným množstvím okřehek a v laguně řasy, sinice. Zřejmě v kombinaci výše zmíněných okolností došlo ke zhoršení účinnosti odstraňování CHSK v měsíci listopadu. Průměrná účinnost odstranění CHSK za celé sledované období činí 4,18 %.

Graf 3 - Účinnost odstranění CHSK_{Cr} v % (Kocourková, 2021)



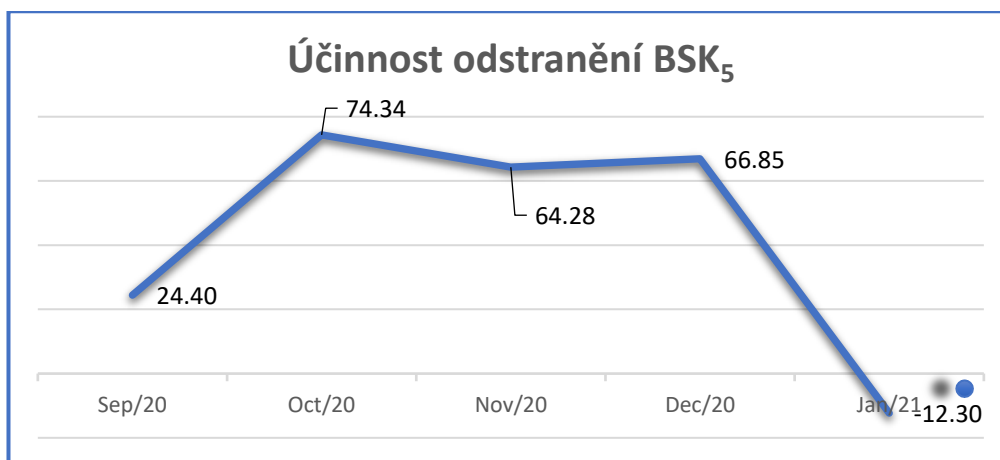
7.2.3 Biochemická spotřeba kyslíku

Graf 4 - Porovnání BSK₅ na nátoce AB a na odtoku K10 (Kocourková, 2021)



Účinnost BSK₅

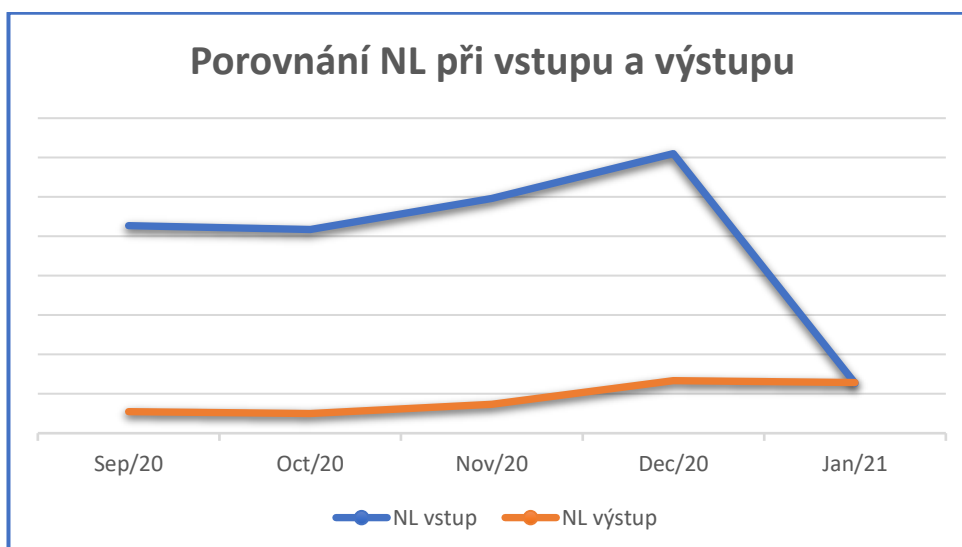
Graf 5 - Účinnost odstranění BSK₅ v % (Kocourková, 2021)



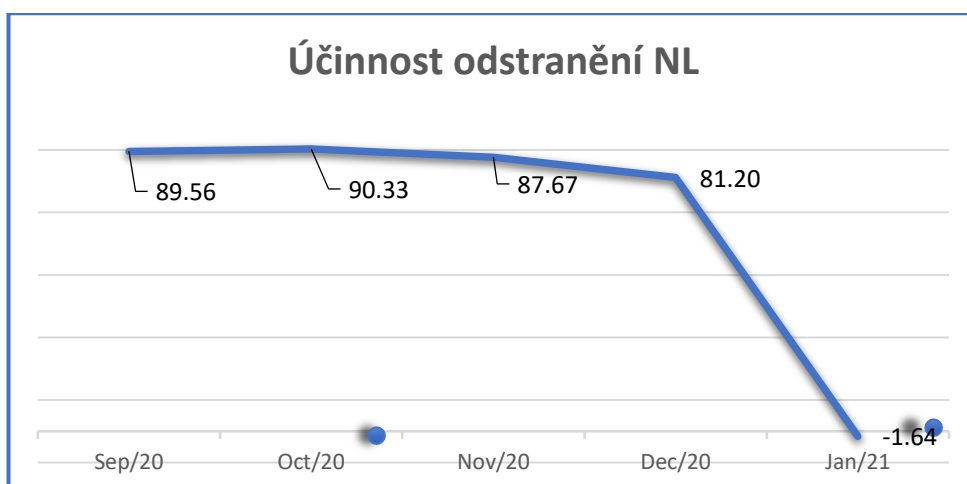
Z průběhu grafu účinnosti odstraňování BSK na laguně S2 je patrný významný pozitivní vliv ve všech měsících mimo měsíce ledna. V měsících říjen až prosinec účinnost neklesla pod 60 %. Průměrná účinnost odstranění BSK₅, za sledované období, činí 43,51 %. Měsíc leden vykazuje ovšem zápornou účinnost odstranění – dochází dokonce k mírnému zhoršení výsledků. Souhrn všech možných negativních vlivů v měsíci lednu bude okomentován v diskusi.

7.2.4 Nerozpuštěné látky

Graf 6 - Porovnání NL na nátoku AB a na odtoku K10 (Kocourková, 2021)



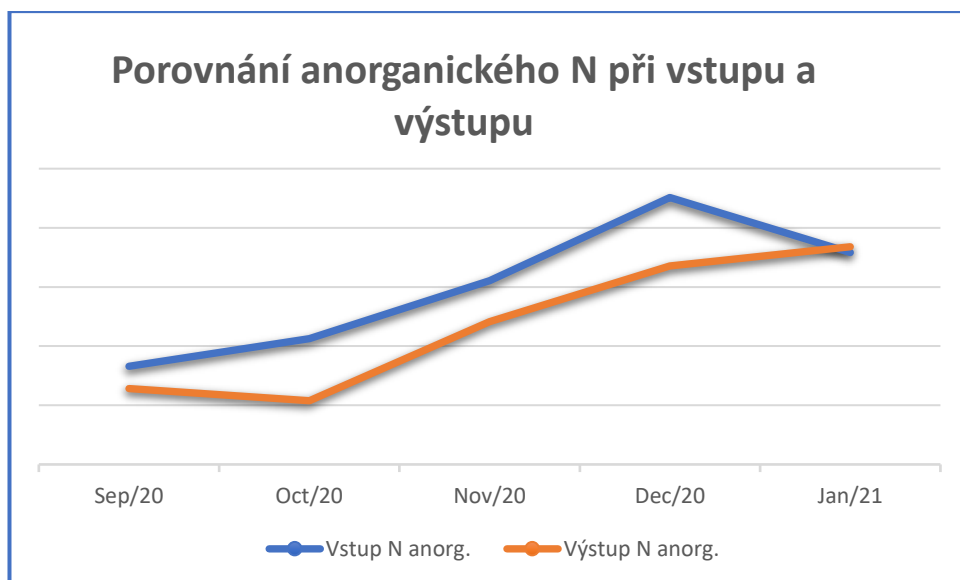
Graf 7 - Účinnost odstranění NL v % (Kocourková, 2021)



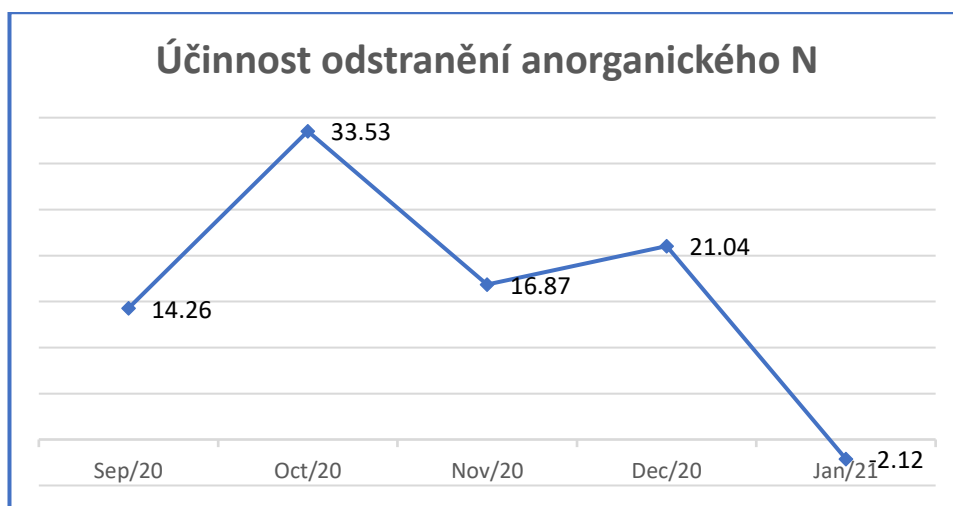
Z průběhu grafu účinnosti odstraňování NL na laguně S2 je patrný pozitivní vliv ve všech měsících mimo měsíce ledna. Účinnost odstranění NL na laguně S2 dosahuje až k 90 %. V období září až prosinec neklesá účinnost pod 80 %. Za měsíc leden je sice sledován spíše neutrální vliv laguny na odstraňování, ale celkově je pozitivní efekt terciárního dočištění patrný právě zde, u NL. Dostatečná doba zdržení odpadních vod v laguně S2 má tedy významný efekt na sedimentaci zbytkových plovoucích nečistot v odtoku z ČOV. Průměrná účinnost odstranění NL za celé sledované období činí 69,42 %.

7.2.5 Anorganický dusík

Graf 8 - Porovnání anorganického N na nátohu AB a na odtoku K10 (Kocourková, 2021)



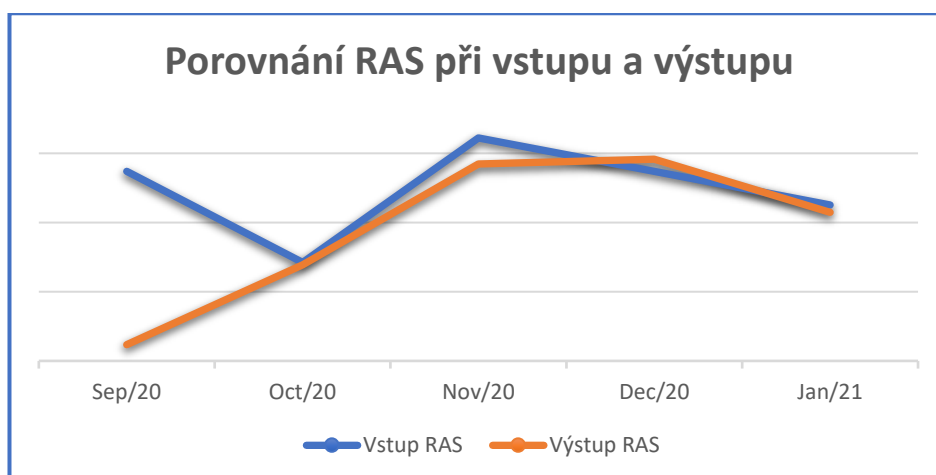
Graf 9 - Účinnost odstranění anorganického N v % (Kocourková, 2021)



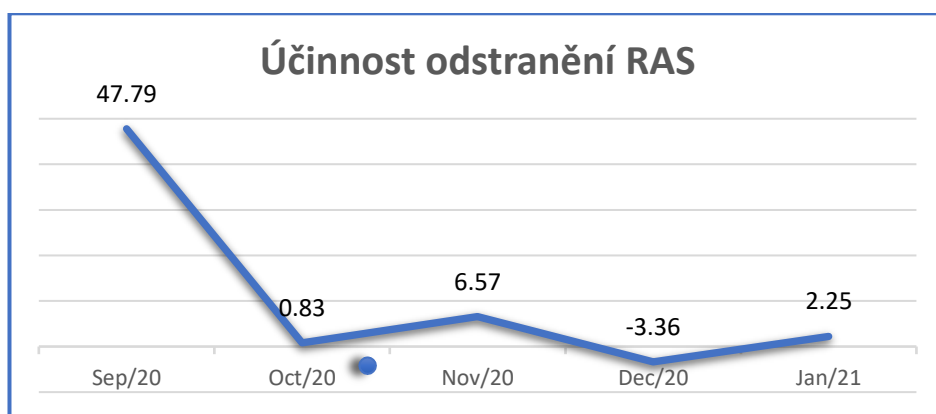
Vliv laguny S2 na odstraňování celkového anorganického dusíku je ve všech měsících pozitivní, výjimku tvoří opět měsíc leden, kdy lze hovořit o nulovém přínosu. Průměrná účinnost odstranění celkového anorganického dusíku za sledované období činí 16,72 %. Vliv účinnosti odstranění dusíku je ovšem proměnlivou záležitostí v souvislosti s biologickými procesy probíhajícími v laguně S2 sezónně.

7.2.6 RAS

Graf 10 - Porovnání RAS na nátoku AB a na odtoku K10 (Kocourková, 2021)



Graf 11 - Účinnost odstranění RAS v % (Kocourková, 2021)



Vliv laguny S2 na koncentraci RAS se zdá dle získaných výsledků spíše nevýznamný až mírně příznivý. Průměrná účinnost odstranění za sledované období činí 10,82 %, ovšem této hodnoty bylo dosaženo zřejmě statistickým zpracováním i odlehlé hodnoty za měsíc září. Za měsíc září byla účinnost 47,79 % - pro tuto hodnotu není zřejmá žádná souvislost a jedná se s největší pravděpodobností o statisticky nevýznamný údaj. Průměrná účinnost odstranění RAS činí za měsíce říjen až leden 1,57 %. I zde lze tedy hovořit o mírném pozitivním přínosu laguny S2 z pohledu dočištění odpadních vod.

7.3. Vizualizace plánovaného stavu

Zapojením laguny S3, do systému dočištění odpadních vod z ČOV, vzroste retenční objem lagun o téměř 55 % a hydraulická doba zdržení (HRT) při průměrném přítoku Q_{AB} za posledních 5 měsíců, (resp. 09/2020–01/2021) 20 280 m³/d vzroste z 18,8 dne na 29,02 dne při využití dostupných objemů obou lagun.

V první fázi (S3a) byla laguna S3 odtěžena o objem popílku 125 120 m³ a následně (etapa S3b) o dalších 83 360 m³, celkem tedy o 208 480 m³. Tento objem je uvažován pro účely zvýšení retenční kapacity k terciárnímu dočištění odpadních vod.

Pro účely posouzení teoretického přínosu rozšíření retenční kapacity byla ve spolupráci s externí poradenskou firmou Aqua4you dopočítána pomocí matematického modelu změna účinnosti čištění začleněním laguny S3 (pro objem 125 120 m³). Dopčítané teoretické zlepšení účinnosti čištění bylo pro finální odtěžený objem určeno přímou úměrou.

Tab. 4 - Údaje odkališť (Foglová, 2010)

Odkaliště	plocha (m²)	objem (m³)	hloubka (m)	Q (m³/den)	HRT (den)
S2	80200	380000	4,74	20280	18,74
S3 a – první etapa těžby	71400	125120	1,75	20280	6,17
S3 b – druhá etapa těžby	71400	83360	1,17	20280	4,11
celkem		208480			29,02

Výsledky modelu jsou uvedeny níže – dle výsledků je předpokládáno zlepšení účinnosti čištění u ukazatelů CHSK, NL a mírně u ukazatele N_{anorg} .

Pro účely detailnějšího výpočtu procesů biodegradace a sedimentace v profilu lagun byl vytvořen specifický matematický model. Hydraulické schéma je založeno na předpokladu, že přítoková část laguny funguje jako reaktor s oživenými nerozpuštěnými látkami ve vzosu, následná část laguny (cca do ½ nádrže) pak jako sedimentační prostor. V druhé polovině laguny pak již k sedimentaci nerozpuštěného

znečištění z přítoku téměř nedochází a fungují zde pouze biologické procesy. Propojením obou lagun vznikají de-facto dva obdobné reaktory zapojené v sérii, jako laguny S3 a S2.

Tab. 5 - Zlepšení účinnosti odstranění jednotlivých ukazatelů (v %)

(Zdroj: Vlastní, výpočet v příloze č. 6)

	zlepšení účinnosti S3a	zlepšení účinnosti S3a + S3b
CHSK	3,32	5,53
BSK	-44,44	
NL	52,27	87,10
N_{anorg}	0,38	0,63

Výsledky ukazují, že přiřazením laguny S3 k laguně S2 dojde k několika významným změnám a zlepšení kvality odtoku. Laguna S3 a S2 zachytí značné množství NL, které nebudou ovlivňovat finální odtok z S2 do takové míry jako se tomu děje nyní. Množství NL v odtoku se sníží o cca 50 až 87 %. Plocha laguny je tak značná, že bude docházet téměř k úplné sedimentaci NL, které se shromažďují na dně. Ve zbývajícím objemu laguny je pouze disperzní obsah NL, který již zřejmě nejeví tendenci sedimentovat.

Zároveň poklesne i odtoková koncentrace CHSK. Díky skutečnosti, že NL jsou velmi mineralizované, pokles CHSK nebude tak významný.

V případě ukazatele BSK vychází záporné hodnoty v matematickém modelu. Posouzení vlivu zvětšení retenční kapacity navýšením těžby z S3 tedy nebylo v tomto směru posuzováno. Vzhledem k tomu, že již vstupní poměr v profilu AB (vstup odpadních vod do laguny S2) u $BSK_5/CHSK = 0,15$ a následné dočištění na lagunách při době zdržení nad 14 dní odstraní všechny biologicky degradabilní složky organického znečištění, jeví se hodnoty BSK₅ jako zkrácené.

Mírné zlepšení lze dále očekávat u ukazatele anorganický dusík, dle modelu vychází teoretické zlepšení o 0,63 % což, ovšem představuje téměř neutrální přínos.

8. Diskuse

Statistické zpracování dostupných dat, tedy dat o vstupním a výstupním znečištění nyní provozované laguny S2, ukázalo na významný přínos z pohledu terciárního dočištění. U všech sledovaných ukazatelů, konkrétně ukazatelů NL, CHSK, BSK, anorganický dusík a RAS, byl prokázán v rámci sledovaného období pozitivní vliv laguny na snížení koncentrace vypouštěného znečištění.

Největší přínos laguny S2 byl prokázán zejména u ukazatele NL kde byla zjištěna průměrná účinnost téměř 70 %. U organického znečištění CHSK a BSK je rovněž zřejmý pozitivní vliv laguny. Z pohledu vstupního složení (poměr BSK a CHSK = 1,5) je patrné, že organické látky na vstupu již nejsou dále více biologicky rozložitelné. Ke snížení CHSK a BSK tak dochází již výše zmíněným efektem sedimentace v tzv. kalové laguně.

Odstraněním nerozpuštěných látek se organické znečištění, vyjádřené jako BSK₅, sníží asi o 30% (Slavíčková, 2002)

Kal shromažďovaný na dně laguny bude za určitých mikro aerobních podmínek, díky přítomnému bentosu, způsobovat zhoršování ukazatelů dusíku a ukazatele přítomnosti organických látek. K tomuto procesu bude i přispívat rozklad organických látek vlastních, které se do vody druhotně dostávají (organické části rostlin, živočichů). Bude pak záležet na aktuálních klimatických a přírodních podmínkách (teplota, srážky, vítr, oživení laguny), zda budou převažovat procesy aerobní / anoxické / anaerobní, zda bude docházet rovněž k nitrifikaci/denitrifikaci v laguně apod. Tato skutečnost je po konzultaci s pracovníky ČOV Spolany známa, za určitých podmínek může laguna dokonce zhoršovat odtokové parametry – jedná se ovšem o mimořádný stav. Tento stav je patrný například v měsíci listopadu 2020, kdy došlo ve sledovaném období u CHSK z důvodu nadměrného oživení laguny ke zhoršování tohoto ukazatele na odtoku.

Laguna S2 funguje jako reaktor s oživenými nerozpuštěnými látkami ve vznosu a jako sedimentační prostor do cca 1/2 laguny. Funkce laguny jako sedimentačního prostoru byla potvrzena laboratorně, rovněž ověřena informací od provozovatele, po vypuštění laguny a obnažení dna v roce 2013. V druhé polovině laguny již k sedimentaci

nerozpuštěného znečištění z přítoku téměř nedochází a fungují zde zejména biologické procesy.

Pro stabilní účinnost čištění je nutno zabránit zkratovému proudění v laguně. Vliv zkratového proudění může být způsoben u hlubokých nádrží klimatickými poměry, přesněji teplotou. V důsledku teplotní stratifikace, která je definována jako období s teplotním gradientem větším než 0,6 °C/m (Badrot-Nico aj., 2009) může dojít ke snížení aktivního objemu nádrže ze 70 % v zimním období až na pouhých 22 % v období letním (Torres aj., 1997). K teplotní stratifikaci dochází ve větší míře od března do srpna (Abis a Mara, 2006). Řasy (fytoplankton) přispívají významnou měrou k procesu samočištění vody, jejich schopnost odstraňovat nutrienty je využívána právě při čištění odpadních vod v biologických nádržích. Jako zdroj uhlíku při fotosyntéze je využíván oxid uhličitý, který produkují bakterie při dýchání. Bakterie naopak využívají kyslík vznikající při fotosyntéze řas (Schumacher a Sekoulov, 2003). Fotosyntéza je silně ovlivněna dostupností světla pod vodou (Weatherell aj., 2003), proto rozvoj řas podléhá sezonnímu kolísání. V létě je dále odstraňován více než dvojnásobek dusíku v rovnání se zimním obdobím, naopak odstraňování BSK₅ a nerozpuštěných látek nevykazuje významnou sezonní dynamiku (van der Linde a Mara, 2010), pokud nedochází k přebujelému nárůstu fytoplanktonu v létě.

Pokud dojde ke zvýšení retenční kapacity i využitím laguny S3 k dočištění odpadních vod před vypuštěním do Labe, navýší se retenční objemy z původního objemu laguny S2 tedy 380 000 m³ na celkových 588 480 m³, úměrně k tomu dojde i prodloužení hydraulické doby zdržení z cca 19 na 29 dní.

Provedené bilance znečištění laguny S2 s ohledem na dočišťovací schopnost odtoku z ČOV označovaného jako proud AB a výpočty biokinetického chování lagun (zpracováno poradenskou odbornou firmou Aqua4you za předpokladu využití 125 120 m³ – první fáze těžby) na matematickém modelu ukazují řadu zajímavých poznatků. Hlavním závěrem modelování přínosu zařazení laguny S3 je zlepšení účinnosti odstranění ukazatelů NL o cca 50 % a u CHSK o cca 3 %. U ostatních ukazatelů je předpokládán spíše neutrální přínos.

Z těchto výsledků bylo odhadnuto navýšení účinnosti odstranění po rozšíření těžby z laguny S3 a tím zvýšení retenční kapacity na plánovaný stav – tedy na využitelnou kubaturu laguny 208 480 m³ (z 125 120 m³). Finálním přínosem dopočteným přímou

úměrou z modelové situace je možné zlepšení u ukazatele NL až na cca 87 % a u ukazatele CHSK na 5 %. Dále je možný přínos z pohledu odstraňování anorganického dusíku, který ovšem modelová situace neprokázala. Přínos laguny S2 na odstranění dusíkatého znečištění ale vyplývá z vyhodnocení přínosu laguny S2 na základě laboratorních výsledků.

Velmi důležitým přínosem laguny S2 a zejména navrhované varianty s využitím laguny S3 je zvýšená homogenizační schopnost, která například u ukazatele pH možné výkyvy zcela eliminuje. Zapojením laguny S3 dojde rovněž k většímu vyrovnání a ochrany odtoku při anomálních stavech vypouštění. K dispozici tak bude i flexibilita využití původní výustě profilu AB do laguny S2 s možností odstavení laguny S3. Teoreticky existuje i obdobný scénář, pokud by bylo nutno lagunu S2 odstavit např. za účelem čištění, lze jako terciární stupeň dočištění využít samostatně lagunu S3.

9. Závěr

Cílem této práce bylo posoudit vliv zvýšení retenční kapacity na účinnost terciárního čištění odpadních vod a teoreticky odhadnout, ověřit, pozitivní dopad využití další laguny S3 pro tyto účely. Pro posouzení budoucího možného využití laguny S3 byl nejprve zhodnocen přínos nyní provozované laguny S2 na odstraňování znečištění.

Výsledkem zhodnocení současného přínosu laguny na odbourávání protékajícího znečištění je jednoznačně pozitivní. Jednotlivé formy znečištění jsou odstraňovány s různou účinností, dalším přínosem je i zajištění homogenizace odpadních vod před vypuštěním do Labe. Odtok z ČOV Spolany je tak z pohledu odtékajícího znečištění vyrovnaný, bez významných výkyvů. Pozitivní přínos laguny zdaleka převyšuje mimořádné situace, kdy dochází ke zhoršení odtoku vlivem klimatických a dalších neovlivnitelných poměrů.

Možnost využití laguny S3 (nyní v provozním klidu) pro účely dalšího zvýšení retenční kapacity odpadních vod před vypuštěním do Labe jednoznačně doporučuji, a to z několika důvodů. Zvýšení retence představuje přínos zejména pro odstranění ukazatele NL a CHSK. Dále bude zvýšením doby zdržení dosaženo maximálního možného odsazení sedimentovatelných částic a tím budou zlepšeny i ukazatele BSK a anorganického dusíku. Obecně je v čistírenství zařízení navrhováno vždy zdvojeně, z důvodu potřeby přítomnosti záskoku po odstavení jednoho zařízení – z tohoto důvodu rovněž doporučuji provozovat souběžně dvě samostatné laguny pro účely umožnění realizace provozních odstávek jednotlivých lagun bez negativního dopadu na recipient Labe.

Tradičně sledovaný ukazatel znečištění P nebyl v případě ČOV Spolany sledován s ohledem na skutečnost, že se nejedná o zpoplatněný ukazatel. Z důvodu deficitu tohoto nutrientu na ČOV dále doporučuji využívat symbiózy společného čištění průmyslových a komunálních vod z města Neratovice. Ukazatel RAS byl sledován spíše ze zajímavosti – není předpokládán významný pozitivní efekt lagun na jeho odstranění.

10. Použité zdroje

Odborné publikace

Abis K.L. a Mara D., 2006: Temperature measurement and stratification in facultative waste stabilisation ponds in the UK climate. *Environmental Monitoring and Assessment* 114. S. 35–47.

Badrot-Nico F. et al., 2009: Fluid flowpattern and water residence time in waste stabilisation ponds. *Water Science and Technology*, 6. S. 1061–1068.

Bartoň J. et al., 2012: Kaznějov – stará ekologická zátěž z chemické výroby GEOtest, a.s., Brno 9 s.

Bindzar J. et al., 2009: Základy úpravy a čištění vod, VŠCHT v Praze, 251 s., ISBN 978-80-7080-729-3

Bowman A. F. et al., 2002: A global analysis of acidification and eutrophication of terrestrial ecosystems, *Water Air and Soil Pollution*

Felberová L., 2006: Zimní provoz biologických nádrží. *VTEI*, 3.S. 13–14.

Hammer, Mark J., 1975: *Water and Waste-Water Technology*. John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-34726-2

Hlavínek P. et al., 2006: Stokování a čištění odpadních vod. *Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební, Brno*

Horáková M. et al., 2003: *Analytika vody*, VŠCHT Praha, 335 s, ISBN 978-80-7080-520-6

Chudoba J. et al., 1991: *Biologické čištění odpadních vod*. Praha: SNTL, 468 s., ISBN 80-03-00611-2.

Komínková D. et al., 2014: *Úprava pitných a čištění odpadních vod*, Praha: ČZU, 238 s.

Lellák J. a Kubíček F., 1991: *Hydrobiologie*. UK Praha, 257 s, ISBN 80-7066-530-0

Lhotka M. et al., (2012): *Úvod do anorganické technologie*. VŠCHT Praha, 189 s, ISBN 978-80-7080-841-2

Mlejnská E et al., 2009: Extenzivní způsoby čištění odpadních vod. VÚV TGM, Praha, 119 s., ISBN 978-80-85900-92-7

Mlejnská E. et al., 2015: Optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií. VÚV TGM, Praha, 161 s., ISBN 978-80-87402-44-3

Pitter P., 2015: Hydrochemie. VŠCHT Praha, 792 s, ISBN 978-80-7080-928-0

Pošta J. et al., 2005: Čistírny odpadních vod. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha

Pytl V. et al., 2004: Příručka provozovatele čistírny odpadních vod, Praha: Medim, 209 s., ISBN 80-239-2528-8

Racault Y. et al., 1995: Wastestabilizationponds in France: a report on fifteen years experience. Water Science and Technology, 12. S. 91–101.

Raclavská H., 2007.: Technologie zpracování a využití kalů z ČOV, VŠB-TU Ostrava

Sedmidubský D. et al., 2011: Základy chemie pro bakaláře. VŠCHT Praha, 128 s, ISBN 978-80-7080-790-3

Schetrite S. a Racault Y., 1995: Purification by a natural waste stabilization pond: Influence of weather and ageing on treatment quality and sediment thickness. Water Science and Technology, 31. S. 191–200.

Schumacher G. a Sekoulov I., 2003: Improving the effluent of small wastewater treatment plants by bacteria reduction and nutrient removal with an algal biofilm. Water Science and Technology, 2. S. 373–380.

Šálek J. et al., 2012: Voda v domě a na chatě. Grada Publishing, Praha, 144 s., ISBN 978-80-247-3994-6.

Torres J.J. et al., 1997: Hydraulic performance of a deep wastewater stabilization pond. Water Research, 4. S. 679–688.

Van der Linde, E.R.C. a Mara D.D., 2010: Nitrogen removal during summer and winter in a primary facultative waste stabilization pond: preliminary findings from

labelled ammonium tracking techniques. *Water Science and Technology*, 4. S. 997–984.

Weatherell C.A. et al., 2003: Variable photosynthetic characteristics in waste stabilisation ponds. *Water Science and Technology*, 2. S. 219–226.

Internetové zdroje

LABTECH, ©2007: Průmyslové odpadní vody (online) [cit. 2021.03.12], dostupné z <https://www.labtech.eu/prumyslove-odpadni-vody/>

Lexikon tvarů reliéfů ČR, ©2010: Odkaliště (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <https://geography.upol.cz/soubory/studium/e-ucebnice/Smolova-2010/lexikon/antropogenni/tezebni/odkaliste.html>

Lyčková, Fečko, Kučerová: Multimediální učební texty zaměřené na problematiku zpracování kalů, (online) [cit. 2018.11.17], dostupné z <http://hgf10.vsb.cz/546/ZpracovaniKalu/info.html>

MZLU, ©2007: Čištění odpadních vod jako nástroj k ochraně životního prostředí v zemědělské praxi a na venkově (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/26962/cisteni-odpadnich-vod.pdf>

Wanner J., 2017: Čištění odpadních vod v ČR – vývoj a současná situace (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <https://vodnihospodarstvi.cz/cisteni-odpadnich-vod-cr/>

Legislativní materiály

Nařízení vlády č. 401/2015 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

Vyhláška č. 328/2018 Sb., o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Projektové dokumentace

Bartoš D., 2021: Kanalizační řád Spolana s.r.o., 40 s., „nepublikováno“. Dep.: Spolana Neratovice.

Foglová M., 2010: Manipulační a provozní řád odkališť, 35 s. „nepublikováno“. Dep.: Spolana Neratovice.

Foglová M., 2007: Technologický reglement pro čistírnu odpadních vod, 72 s. „nepublikováno“. Dep.: Spolana Neratovice.

Bartoš D., 2019: Pracovní instrukce pro provoz a obsluhu čistírny odpadních vod, 47 s., „nepublikováno“. Dep.: Spolana Neratovice.

Aqua4you, 2018: Projekt propojení plavícího potrubí, 31 s., „nepublikováno“. Dep.: Spolana Neratovice.

Seznam obrázků

Tabulky

Tabulka 1: Limitní hodnoty na výpusti do Labe (Bartoš, 2021)

Tabulka 2: Seznam zařízení anorganické linky (Bartoš, 2019)

Tabulka 3: Seznam zařízení biologické linky (Bartoš, 2019)

Tabulka 4: Měsíční produkce odpadních vod protékajících lagunou S2 (Interní laboratoř Spolana s.r.o.)

Tabulka 5: Zlepšení účinnosti odstranění jednotlivých ukazatelů (v %) (Kocourková, 2021)

Grafy

Graf 1: Porovnání pH – laguna S2 na nátoku A) a na odtoku K10 (Kocourková, 2021)

Graf 2: Porovnání CHSK_{Cr} na nátoku AB a na odtoku K10 (Kocourková, 2021)

Graf 3: Účinnost odstranění CHSK_{Cr} (Kocourková, 2021)

Graf 4: Porovnání BSK_5 na nátoku AB a na odtoku K10 (Kocourková, 2021)

Graf 5: Účinnost odstranění BSK_5 (Kocourková, 2021)

Graf 6: Porovnání NL na nátoku AB a na odtoku K10 (Kocourková, 2021)

Graf 7: Účinnost odstranění NL (Kocourková, 2021)

Graf 8: Porovnání anorganického N na nátoku AB a na odtoku K10 (Kocourková, 2021)

Graf 9: Účinnost odstranění anorganického N (Kocourková, 2021)

Graf 10: Porovnání RAS na nátoku AB a na odtoku K10 (Kocourková, 2021)

Graf 11: Účinnost odstranění RAS (Kocourková, 2021)

11. Přílohy

Seznam příloh:

Příloha 1 – Základní mapa Spolany

Příloha 2 – Proudové schéma čistírny odpadních vod Spolana

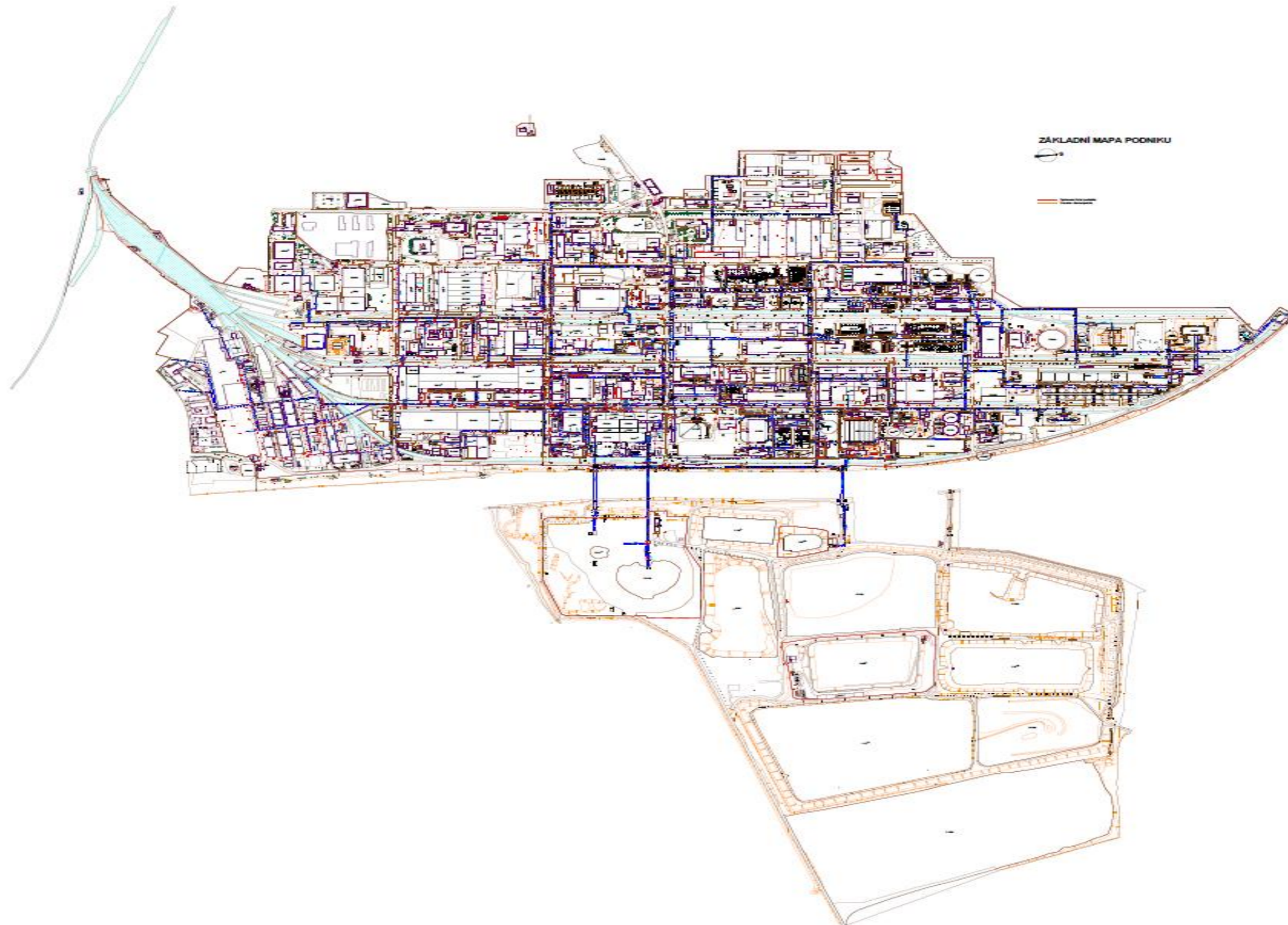
Příloha 3 – Náskres plánovaného zatrubnění

Příloha 4 – Letecký snímek Spolany a obou lagun

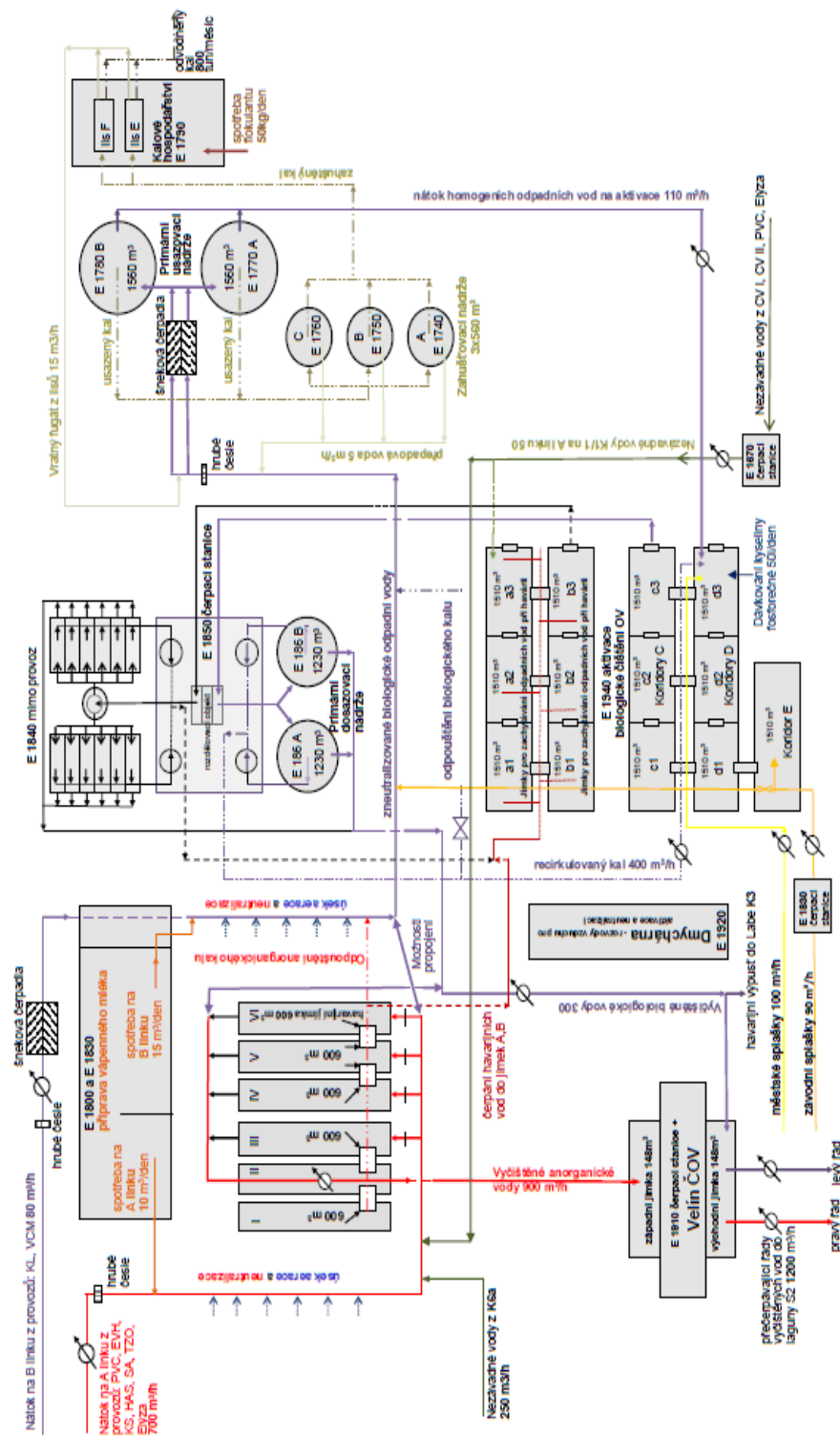
Příloha 5 – Příprava zapojení potrubí

Příloha 6 – Tabulka výpočtu použitého matematického modelu

Příloha č. 1 – Základní mapa Spolany



Příloha č. 2 – Průtokové schéma čistírny odpadních vod Spolana



Příloha č. 3 – Nákres plánovaného zatrubnění. Propojka laguny S2 s S3.



Příloha č. 4 – Letecký snímek Spolany a obou lagun



Příloha č. 5 – Příprava zapojení potrubí. Březen 2021.



Příloha č. 6 – Tabulka výpočtu použitého matematického modelu

Výpočet hydraulické doby zdržení v lagunách (HRT)

Odkaliště	Plocha (m ²)	Objem (m ³)	Hloubka (m)	Q (m ³ /den)	HRT (den)
S2	80200	380000	4,74	20280	18,74
S3 a – první etapa těžby	71400	125120	1,75	20280	6,17
S3 b – druhá etapa těžby	71400	83360	1,17	20280	4,11
Celkem		208480			29,02

Zlepšení účinnosti odstranění u jednotlivých ukazatelů (v %)

	zlepšení účinnosti čištění S3a (1. fáze těžby)	zlepšení účinnosti čištění (S3a + S3b) - navýšením těžby
CHSKCr	3,32	5,53
BSK5	-44,44	
NL	52,27	87,10
N anorg.	0,38	0,63