

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
INVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



Intenzifikace a zkapacitnění ČOV Brandýs nad
Labem–Stará Boleslav

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Radek Roub, Ph.D.

Diplomant: Bc. Jana Fučíková

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jana Fučíková

Regionální environmentální správa

Název práce

Intenzifikace a zkapacitnění ČOV Brandýs nad Labem-Stará Boleslav

Název anglicky

Intensification and capacity building of the wastewater treatment plant Brandýs nad Labem-Stará Boleslav

Cíle práce

Prioritním cílem této diplomové práce je podrobné popsání stávajícího stavu a následného specifikování návrhu intenzifikace, zkapacitnění a modernizace čistírny odpadních vod (ČOV). Intenzifikace ČOV ve městě Brandýs nad Labem je velmi důležitá pro budoucí rozvoj města a aby byly i nadále plněny požadavky příslušné legislativy v oblasti vodního hospodářství, zejména v nakládání s odpadními vodami a jejich čištěním před vypouštěním do vod povrchových. Tento projekt bude mít dopad na životní prostředí v oblasti zlepšení jakosti vypouštěných odpadních vod do vod povrchových, zejména s ohledem na vyšší stupeň odstranění zbytkového znečištění včetně nutrientů dusíku a fosforu (N, P). Dalším pozitivním dopadem cílů tohoto návrhu bude snížení dopravního zatížení vlivem efektivnějšího odvozu hygienizovaného odvodněného kalu k jeho dalšímu zemědělskému využití. V návaznosti na tento prioritní cíl je důležité zmínit i záměr tohoto projektu, kterým bude dopad na možnost dalšího trvalého udržitelného rozvoje městských obytných a průmyslových zón včetně rozvoje občanské vybavenosti. Návrh intenzifikace má další cíl a tím je dosažení souladu s požadavky legislativy v oblasti nakládání a využívání čistírenských kalů i v podmínkách provádění stavby za provozu. S tímto souvisí i synergický efekt realizace, který zvyšuje efektivitu provozu, zlepšení životního prostředí z hlediska spolehlivého odvádění čištění odpadních vod a tím i vyšší spokojenost občanů. Vedlejším záměrem projektu je doplnění technologické linky o třetí stupeň čištění a modernizaci biologické části technologické linky o biologické odstraňování fosforu v anaerobních podmínkách a tím i snížení spotřeby chemikálií oproti původnímu chemickému srážení fosforu. Nedílným cílem této práce je i popsání stávajícího a historického stavu čistírny odpadních vod vhodné pro demonstraci vývoje této stavby v čase, ale i návaznosti na technologické, hygienické a biologické požadavky na funkčnost ČOV, které se v rámci legislativy mění.

Metodika

K vypracování této diplomové práce bylo zapotřebí shromáždit veškerou dostupnou dokumentaci popisující současný stav a navrhované řešení intenzifikace čistírny odpadních vod (ČOV) ve městě Brandýs nad Labem-Stará Boleslav. Tuto dokumentaci bylo nutné podrobně prostudovat, vyčíst potřebné informace, porozumět jim a popsat problematiku za pomoci řešerše v rámci diplomové práce v podobě studie. Intenzifikaci bylo nutné popsat zejména z technického hlediska týkajícího se konkrétní čistírny odpadních vod v Brandýse. Dalším nezbytným krokem byla potřeba ponořit se do historie vzniku čistíren v České republice

obecně a v neposlední řadě bylo důležité informovat čtenáře o tom, co to vlastně intenzifikace je a co obsahuje. K tomu napomohla řešerše ze zdrojů potřebného tématu. Po sdělení všech těchto informací bylo zapotřebí shrnout potřebné závěry práce a naplnění stanovených cílů práce, mezi kterými bylo nejdůležitější vyhodnocení návrhu intenzifikace dané čistírny.



Doporučený rozsah práce

cca 60 stran + přílohy

Klíčová slova

Čistírna odpadních vod, zdravotně technická zařízení, intenzifikace, nárůst počtu obyvatel, změna legislativy, vývoj technologií

Doporučené zdroje informací

Barnard J. L., Randal C. W., Stensel H., 1992: Design and Retrofit of Wastewater Treatment Plants for Biological Nutrient Removal, Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, U.S.A.

Dubánek V., Krňávek B., 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO 10_2018, Praha.

Horníčková E., Pekárková V., Šolcová D., 2002: Historie kanalizací, Dějiny odvádění a čištění odpadních vod v Českých zemích, MILPO MEDIA s.r.o., Praha.



Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Radek Roub, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2024

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2024

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Intenzifikace a zkapacitnění ČOV Brandýs nad Labem-Stará Boleslav 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 diplomovou 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 diplomové 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 rámci GDPR.

V Praze dne 31. 3. 2024

.....
(podpis a datum autora)

ABSTRAKT

První čistírna odpadních vod v České republice byla uvedena do provozu roku 1906 v Praze. Poté se od poloviny 20. století začala tato zdravotně technická zařízení postupně stavět ve všech významných velkých městech a později i v těch menších. Od dob první výstavby čistírny se již musela předpokládat myšlenka návrhů zařízení na intenzifikace. Intenzifikace jde totiž ruku v ruce s rozvojem lidstva a společnosti. Narůstá počet obyvatel, požadavky na vyčištěnou vodu vypouštěnou zpět do přírody společně s odvodněným kalem, mění se legislativa i limity. V neposlední řadě nesmíme zapomínat na vývoj technologií, které jdou neustále dopředu. Všechny tyto zmíněné důvody, jsou oprávněné důvody k tomu, aby se intenzifikace čistíren odpadních vod nejen plánovali, ale i prováděli. Na téma intenzifikace jedné konkrétní čistírny odpadních vod je v rámci studie napsána tato diplomová práce.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Čistírna odpadních vod, zdravotně technická zařízení, intenzifikace, nárůst počtu obyvatel, změna legislativy, vývoj technologií

ABSTRACT

The first wastewater treatment plant in the Czech republic was commissioned in 1906 in Prague. Then, from middle of the 20th century, the construction of these health technical facilities gradually began to be built in all important large cities and later also in smaller ones. From the time of the first construction of the treatment plant, the idea of designing equipment for intensification had to be assumed. Intensification goes hand in hand with the development of humanity and society. The number of inhabitants is increasing, requirements for purified water released back into nature together with dewatered sludge, legislation and limits are changing. Last but not least, we must not forget the development of technologies that are constantly moving forward. All these mentioned reasons are legitimate reasons for planning and implementing the intensification of not only wastewater treatment plants. This diploma thesis is written as part of the study on the topic of intensification of one specific wastewater treatment plant.

KEYWORDS:

Wastewater treatment plant, medical equipment, intensification, population growth, change in legislation, technology development

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1. Úvod | 1 |
| 2. Cíl diplomové práce | 2 |
| 3. Metodika | 3 |
| 4. Literární rešerše | 4 |
| 4.1 Historie vzniku čistíren odpadních vod v Čechách | 4 |
| 4.2 Intenzifikace – úvod, cíle, postup návrhu..... | 6 |
| 4.2.1 Úvod..... | 6 |
| 4.2.2 Cíle | 7 |
| 4.2.3 Postup návrhu..... | 8 |
| 5. Charakteristika studijního území | 12 |
| 5.1 Popis polohy a města Brandýs nad Labem-Stará Boleslav | 12 |
| 5.2 Charakteristika popisovaného území..... | 13 |
| 6. Současný stav řešené problematiky | 15 |
| 6.1 Popis současného stavu čistírny odpadních vod..... | 15 |
| 6.2 Čerpací stanice na výtlačném řadu ČS I a ČS VII..... | 17 |
| 6.3 Mechanické předčištění | 18 |
| 6.3.1 Jemné česle..... | 18 |
| 6.3.2 Lapák písku | 19 |
| 6.3.3 Jímka na svážené odpadní vody | 21 |
| 6.4 Aktivační část | 21 |
| 6.4.1 Regenerace kalu | 22 |
| 6.4.2 Denitrifikace..... | 23 |
| 6.4.3 Polyvalentní nádrže a nitrifikace 1 a 2 | 24 |
| 6.4.4 Nitrifikační nádrž 3 | 25 |
| 6.4.5 Srážení fosforu | 25 |
| 6.4.6 Dosazovací nádrže..... | 26 |
| 6.4.7 Dmyhárna | 28 |
| 6.4.8 Měření objemu vypouštěné odpadní vody | 29 |
| 6.5 Kalové hospodářství | 29 |
| 6.5.1 Nádrže na svážený aerobní přebytečný kal | 30 |
| 6.5.2 Zahuštění kalu | 31 |
| 6.5.3 Flotační jednotka | 31 |
| 6.5.4 Jímka kalové a odsazené vody | 32 |
| 6.5.5 Uskladnění a stabilizace s hygienizací OSS..... | 32 |
| 6.5.6 Zásobník a odpařovací stanice kyslíku..... | 34 |
| 6.5.7 Odvodnění kalu | 34 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 6.6 | Automatizace, měření a regulace (MaR)..... | 35 |
| 6.7 | Posouzení stávajícího zatížení ČOV | 36 |
| 6.7.1 | Průměrné stávající zatížení technologie ČOV – technologický výpočet .. | 43 |
| 6.7.2 | Maximální stávající zatížení technologie ČOV – technologický výpočet | 45 |
| 7. | Výsledky | 48 |
| 7.1 | Technologické výpočty při zatížení ČOV 30 000 EO..... | 48 |
| 7.2 | Návrh a koncept intenzifikace na 30 000 EO..... | 50 |
| 7.3 | Přítok splaškových vod - technický popis návrhu intenzifikace | 54 |
| 7.4 | Mechanické předčištění - technický popis návrhu intenzifikace..... | 54 |
| 7.4.1 | Jemné česle..... | 54 |
| 7.4.2 | Lapák písku | 54 |
| 7.4.3 | Rozdělovací a směšovací objekt | 54 |
| 7.4.4 | Jímka na svážené odpadní vody..... | 55 |
| 7.5 | Aktivační část – technický popis návrhu intenzifikace | 55 |
| 7.5.1 | Regenerace kalu | 55 |
| 7.5.2 | Anaerobní defosfatace..... | 56 |
| 7.5.3 | Denitrifikace..... | 56 |
| 7.5.4 | Nitrifikační nádrž | 56 |
| 7.5.5 | Dosazovací nádrže | 57 |
| 7.5.6 | Srážení fosforu, terciální dočištění..... | 58 |
| 7.5.7 | Měření vypouštění odpadní vody..... | 59 |
| 7.5.8 | Dmychárny I a II | 59 |
| 7.5.9 | Automatizace, měření a regulace (MaR) | 60 |
| 7.6 | Kalové hospodářství – technický popis návrhu intenzifikace | 60 |
| 7.6.1 | Nádrže na svážený aerobní přebytečný kal..... | 60 |
| 7.6.2 | Zahuštění kalu | 61 |
| 7.6.3 | Jímka kalové a odsazené vody | 61 |
| 7.6.4 | Uskladnění a stabilizace s hygienizací OSS..... | 61 |
| 7.6.5 | Autonomní zdroj kyslíku | 62 |
| 7.6.6 | Strojní odvodnění kalu | 63 |
| 7.7 | Strojní technologie a materiály..... | 64 |
| 7.8 | Odhad pořizovacích nákladů intenzifikace ČOV a délka realizace | 64 |
| 8. | Diskuze | 66 |
| 9. | Závěr a přínos práce | 68 |
| 10. | Přehled literatury a použitých zdrojů | 70 |
| 11. | Přílohy | 77 |

1. Úvod

Čistírna odpadních vod (ČOV) ve městě Brandýs nad Labem-Stará Boleslav byla vybudována, aby sloužila k čištění odpadních vod z aglomerací města o kapacitě 20 000 EO (Ekvivalentní obyvatel). Přiváděné odpadní vody jsou na technologickou linku ČOV dopravovány s převahou v jednotné kanalizaci. Původní technologický návrh čistírny na 20 000 EO pochází z první poloviny 90. let, 20. století. Koncepce původního návrhu byla založena na systému D-N s primární sedimentací a dvěma dosazovacími nádržemi. Přebytný čistírenský kal byl zpracováván za pomoci využití mezofilního vyhnívání, které mělo svým dostatečným objemem vyprodukovaného plynu sloužit k vytápění kalové koncovky a budov určených k provozu. Tento návrh a myšlenka se však po realizaci nepotvrdily, objem plynu byl nedostatečný k ohřevu plynového hospodářství a vytápění provozních budov muselo být zajištěno po 15 letech provozu zásadní rekonstrukcí. Na základě těchto negativních zkušeností byla provedena modernizace čistírny, kde se ze systému D-N (Denitrifikace-Nitrifikace) přešlo na systém R-D-N (Regenerace-Denitrifikace-Nitrifikace) o neměnné kapacitě 20 000 EO. Bylo zde také nahrazeno nevyhovující mezofilní vyhnívání za moderní systém termofilní hygienizace a stabilizace kalu OSS (Oxygen Sludge System), která se provozně velmi osvědčila. Tato modernizace ČOV byla dokončena v roce 2009. Během uplynulé doby po poslední modernizaci ČOV se vlivem rozvoje průmyslu a výstavby navyšovalo hydraulické a látkové zatížení ČOV a teprve v roce 2016 se zatížení čistírny blížilo k navrhované kapacitě 20 000 EO. Doporučení na intenzifikaci této čistírny pak přišlo od dohledového vodoprávního orgánu Středočeského kraje, které navrhovalo intenzifikaci čistírny v technologickém řešení nejlepší dostupné technologie BAT (Best Available Technology). V návaznosti na toto doporučení bylo v roce 2018 zadáno provozovateli ČOV zpracování technicko ekonomické studie intenzifikace ČOV s požadavkem na nejlepší dostupnou technologii (BAT) a výhledovou kapacitu ČOV 30 000 EO, která vychází z územního plánu rozvoje města Brandýs nad Labem-Stará Boleslav. Dočasná kapacita čistírny je dle výhledu dalšího rozvoje města brána jako nedostačující a zásadně tento rozvoj omezuje. Z tohoto důvodu byl podán požadavek na intenzifikaci ČOV na 30 000 EO.

2. Cíl diplomové práce

Prioritním cílem této diplomové práce je podrobné popsání stávajícího stavu a následného specifikování návrhu intenzifikace, zkapacitnění a modernizace čistírny odpadních vod (ČOV). Intenzifikace ČOV ve městě Brandýs nad Labem je velmi důležitá pro budoucí rozvoj města a aby byly i nadále plněny požadavky příslušné legislativy v oblasti vodního hospodářství, zejména v nakládání s odpadními vodami a jejich čištění před vypouštěním do vod povrchových. Tento projekt bude mít dopad na životní prostředí v oblasti zlepšení jakosti vypouštěných odpadních vod do vod povrchových, zejména s ohledem na vyšší stupeň odstranění zbytkového znečištění včetně nutrientů dusíku a fosforu (N, P). Dalším pozitivním dopadem cílů tohoto návrhu bude snížení dopravního zatížení vlivem efektivnějšího odvozu hygienizovaného odvodněného kalu k jeho dalšímu zemědělskému využití. V návaznosti na tento prioritní cíl je důležité zmínit i záměr tohoto projektu, kterým bude dopad na možnost dalšího trvalého udržitelného rozvoje městských obytných a průmyslových zón včetně rozvoje občanské vybavenosti. Návrh intenzifikace má další cíl a tím je dosažení souladu s požadavky legislativy v oblasti nakládání a využívání čistírenských kalů i v podmínkách provádění stavby za provozu. S tímto souvisí i synergický efekt realizace, který zvyšuje efektivitu provozu, zlepšení životního prostředí z hlediska spolehlivého odvádění čištění odpadních vod a tím i vyšší spokojenost občanů. Vedlejším záměrem projektu je doplnění technologické linky o třetí stupeň čištění a modernizaci biologické části technologické linky o biologické odstraňování fosforu v anaerobních podmínkách a tím i snížení spotřeby chemikálií oproti původnímu chemickému srážení fosforu. Nedílným cílem této práce je i popsání stávajícího a historického stavu čistírny odpadních vod vhodné pro demonstraci vývoje této stavby v čase, ale i návaznosti na technologické, hygienické a biologické požadavky na funkčnost ČOV, které se v rámci legislativy mění.

3. Metodika

K vypracování této diplomové práce bylo zapotřebí shromáždit veškerou dostupnou dokumentaci popisující současný stav a navrhované řešení intenzifikace čistírny odpadních vod (ČOV) ve městě Brandýs nad Labem-Stará Boleslav. Tuto dokumentaci bylo nutné podrobně prostudovat, vyčíst potřebné informace, porozumět jim a popsat problematiku za pomoci řešerše v rámci diplomové práce v podobě studie. Intenzifikaci bylo nutné popsat zejména z technického hlediska týkajícího se konkrétní čistírny odpadních vod v Brandýse. Dalším nezbytným krokem byla potřeba ponořit se do historie vzniku čistíren v České republice obecně a v neposlední řadě bylo důležité informovat čtenáře o tom, co to vlastně intenzifikace je a co obsahuje. K tomu napomohla řešerše ze zdrojů potřebného tématu. Po sdělení všech těchto informací bylo zapotřebí shrnout potřebné závěry práce a naplnění stanovených cílů práce, mezi kterými bylo nejdůležitější vyhodnocení návrhu intenzifikace dané čistírny.

4. Literární rešerše

4.1 Historie vzniku čistíren odpadních vod v Čechách

Původ čistíren odpadních vod v České republice je úzce spjat s dobou Františka Josefa I. (1848-1916), s vývojem stavitelství a architektury. Tímto vývojem se myslí především městská výstavba, rozvoj průmyslu a výstavba železnic. Vývoj, o kterém tu hovoříme, zapříčinil stěhování mnoho lidí z venkova do měst, za vidinou získání zaměstnání. S nárůstem počtu lidí ve městech vzrostla i výstavba činžovních domů či čtvrtí, nádraží a ulic propojujících tyto stavby. Nově vznikající výstavba se v tomto období týkala fakticky všech velkých průmyslových měst jako je Praha, Brno, Ostrava, Opava, Plzeň, Mladá Boleslav a mnoha dalších měst. Kolosální vzrůst výstavby bylo možno zpozorovat především po odeznění účinku velké hospodářské krize z roku 1873. Větší koncentrace zástavby a navýšení podlaží v jednotlivých budovách nápadně změnila architektonický ráz města a tím i proměnu bydlení jako takového. Objevovaly se zde nové technologie, stavební konstrukce, materiály a také nové a lepší technologické možnosti. Mezi tyto stavebnětechnické změny pak spadá i nárůst napojení zástavby na rozvody kanalizace a vodovodu (Ebel, Hulec, Kroftová, 2022).

Před začátkem systematického odvodu odpadních vod ve městech (19. století), se odpadní voda odváděla na jednotlivých úrovních. Tak jak byla voda z koryta řeky přiváděna do zástavby pomocí vodovodů a kašen, tak z těchto médií tekla po využití uličními žlaby zpět do řeky. Takto bylo z části řešeno i odplavování komunálního odpadu přímo z ulic. V této době bylo jen malé množství městských domů disponujících hnojišti nebo žumpami, které se pravidelně vyvážely (Drnek, 2020). Podnětem pro systematickou výstavbu kanalizační odpadní sítě a důkladné odvedení znečištěné vody z měst, byl v rámci zlepšování znalostí v oblasti zdravotně technických a hygienických požadavků (mikrobiologie a bakteriologie) především záměr omezení rizika výskytu vážných infekčních onemocnění, jako byla cholera a tyfus. V tomto období totiž byla zjištěna spojitost mezi čistotou prostředí, kvalitou vody a šířením infekčních chorob. Systémovým odkanalizováním odpadní vody se zabývala již zmíněná větší a bohatá města, kterým to přinášelo nejen hygieničtější zabezpečení prostředí, ale i společenskou prestiž. První úvaha týkající se odkanalizování odpadní vody byla směřovaná k vybudování tzv. jednotné kanalizaci.

Jednotnou kanalizací se myslí odvod splaškové a dešťové vody společně, v jednom korytu, žlabu či trubce. Tento způsob byl navrhnout z důvodu praktičnosti a tou byla myšlenka, že dešťová voda bude sloužit k proplachování kanalizačního systému. Materiálově byly tyto odvody odpadních vod z domů řešeny olověnými trubkami, které následně vedly do stok. Stoky pak byly vystavěny z cihel, kamene nebo betonu. Jméno, které k historii dokončení první kanalizace neodmyslitelně patří je nejvyšší purkrabí Karel, hrabě Chotek. 44 kilometrů stok bylo hrabětem Chotkem vystavěno v Praze v období 1816 až 1828. Tyto stoky však ústily pěti výpustěmi přímo do Vltavy. V závěru 19. století přišel s prvním řešením a projektem první mechanické čistírny odpadních vod v Praze-Bubenči viz obrázek č. 1 specialista tohoto oboru ze zahraničí William H. Lindley.

Obrázek č. 1: Čistírna odpadních vod v Praze-Bubenči



Zdroj: Archiv Kláry Kroftové

V jeho návrhu byly pro výstavbu stok v průřezu s vejčítým tvarem s elipsovým klenutím zvoleny cihly. Zahájení zkušebního provozu této první čistící stanice s mechanickým čištěním vody bylo dne 27. června 1906. Díky Lindleyho návrhu a pozdější realizaci, se tak Praha na přelomu 19. a 20 století stala jedním z nejlépe vybavených měst v Evropě z pohledu hygienického zabezpečení. Později Prahu následovalo Brno (1960) a České Budějovice (60. léta 20. století). Výjimkou nebylo ani město Mladá Boleslav, které svou první ČOV začalo stavět v roce 1958 s uvedením do zkušebního provozu roku 1966 (Horníčková, Pekárková, Šolcová,

2002). Čistírnu v Mladé Boleslavi můžeme v období povodní z roku 2000 vidět na následujícím obrázku č. 2. Výstavba kanalizace se po čase ve městech začala stávat prioritou. Byla však velmi finančně náročná a menší města a obce si ji nemohly dovolit.

Obrázek č. 2: Čistírna odpadních vod v Mladé Boleslavi – letecký snímek z období povodní 10. 3. 2000



Zdroj: Horníčková E., Pekárková V., Šolcová D., 2002: Historie kanalizací, Dějiny odvádění a čištění odpadních vod v Českých zemích

4.2 Intenzifikace – úvod, cíle, postup návrhu

4.2.1 Úvod

Přibližně od roku 1995 probíhají po prvních úspěšných realizacích ČOV i návrhy na jejich intenzifikaci, a to na regionální, národní ale i mezinárodní úrovni. Tyto návrhy intenzifikace se zaměřují především na analýzu stávajícího stavu jakosti vody a v přímé závislosti s tím i stanovení ochrany podzemních ale i povrchových vod. Cílem těchto intenzifikací je zejména stanovení priorit ochrany a jejich dosažení. Prioritní ochranou se rozumí postupné omezování zátěže vod, a to na úroveň ekologicky přijatelnou. Tím se rozumí dosažení upravené vody na vodu pitnou, za

předpokladu zajištění udržitelnosti jejího budoucího využívání. ČOV zde hrají velkou roli, protože se pokládají za jeden z velice významných prostředků k dosažení tohoto cíle. Existujících ČOV je už dnes velký počet. Značný rozvoj infrastruktury měst má za důsledek jejich nedostačující kapacity. Velkou roli zde hrají i narůstající požadavky na kvalitu vypouštěných odpadních vod. Proto jedním z cílů intenzifikace je i dosažení vysoké a stabilní účinnosti čistících procesů, které se díky výzkumům dané technologie neustále posouvají a zlepšují. Neustále se rozvíjejícím cílem je tedy dosažení vysoké a stabilní účinnosti realizovaných čistících procesů a zároveň snížení či minimalizace cenových nákladů (Hlavínek, 1996). Vývoj zaměřující se na oblast čištění odpadních vod lze charakterizovat do 3 oblastí. První oblastí je snaha o zvýšení účinnosti a dosažení stabilních výkonů po provedení intenzifikace čistírenského procesu. Druhá oblast se zabývá snahou o automatizaci vlastního provozu ČOV a poslední, třetí oblastí, je snaha o systémovém přístupu k celkovému řešení a k upřesňování matematických modelů jednotlivých procesů v rámci čištění odpadních vod (Design and Operation of Large Wastewater Treatment Plant, 1923-1988, Hlavínek, Novotný, 1996).

4.2.2 Cíle

V dnešní době je velký počet hydraulicky i látkově přetížených ČOV. Důvodem je hned několik faktorů. Jeden z prvních faktorů je rozvoj stávajících oblastí, které jsou ČOV zajišťovány. Druhým faktorem je připojování okolních oblastí na původní čistírnu odpadních vod. Třetím faktorem jsou ukazatele obsahu dusíku a fosforu na odtoku ČOV. Dřívější čistírny byly totiž navrhovány na odbourání uhlíkatého znečištění. Pro odbourání dusíku a fosforu je potřeba mnohem většího objemu čistících jednotek. Čtvrtým faktorem přetížení ČOV je zastaralé vybavení, nefunkční technologie, potřeba modernizace a s tím spojená potřeba ekonomičtější technologie. Cíle intenzifikace tak mohou být založené na těchto zmíněných jednotlivých faktorech nebo na jejich kombinaci (Hlavínek, 1996). Přehlednou tabulku se zmíněnými faktory a způsoby jejich řešení můžeme vidět na následující tabulce č. 1.

Tabulka č. 1: Faktory návrhu intenzifikace a jejich způsoby řešení.

| Faktor | Způsob |
|--|--|
| Zvýšení množství nebo znečištění v stávající oblasti | Zvýšení kapacity ČOV |
| Rozšíření oblasti obsluhované ČOV | Zvýšení kapacity ČOV |
| Přísnější kritéria | Zvýšení schopnosti k odstranění specifických znečišťovatelů nebo odstranění dalších znečišťovatelů |
| Zastaralé zařízení nebo technologie | Zvýšení spolehlivosti ČOV a/nebo snížení provozních nákladů |

Zdroj: U.S. Environmental Protection Agency, 1989: Handbook – Retrofitting POTWs, U.S.EPA, EPA, Washington, D.C.

Mimo faktory vyúsťující k intenzifikaci jsou zde i požadavky na intenzifikaci ČOV. Jedním z těchto zmíněných požadavků na intenzifikace je snížení hodnot základních posuzovaných ukazatelů účinnosti čištění jako je snížení obsahu BSK₅ (Biologický ukazatel znečištění), respektive CHSK (Chemická spotřeba kyslíku) a snížení obsahu dusíku v amoniakální a nitrátové formě a snížení obsahu fosforu. Druhým požadavkem je zvýšení objemové kapacity čistírenských zařízení. Třetí požadavek spočívá ve stabilitě čistícího účinku při proměnném množství a látkovém zatížení. Čtvrtým požadavkem intenzifikace je snížení produkce kalu, zlepšení jeho využitelnosti a zpracovatelnosti a posledním pátým požadavkem je snížení nároků na spotřebovanou energii a minimalizace pracnosti obsluhy (Tempus konference, 1992). Způsobů preferovaných postupů k dosažení těchto požadavků je mnoho a odvíjejí se od konkrétní problematiky návrhu intenzifikace dané ČOV (Hlavínek, Novotný, 1996).

4.2.3 Postup návrhu

Metodické postupy návrhu můžeme rozdělit do čtyř hlavních kroků. Prvním krokem je komplexní analýza ČOV, druhým krokem je určení faktorů limitujících účinnosti ČOV, v třetím kroku vybíráme možnosti intenzifikace a v posledním

čtvrtém kroku vyhodnocujeme již doporučené varianty konkrétní intenzifikace (Hlavínek, 1996). Po komplexní analýze ČOV pak k nejdůležitějším faktorům intenzifikace u nejrozsáhleji realizovaných aktivačních ČOV náleží faktory: Charakteristika odpadní vody v důležitých profilech ČOV, kapacita mechanického čištění, velikost a konfigurace aeračních nádrží, kapacita dosazovacích nádrží, konkrétní typ aeračního systému, způsob hospodaření s kalem, velikost a konfigurace zpracování kalu, zkušenosti provozovatele, územní omezení a provoz čistírny během intenzifikace (Barnard J. L., Randal C. W., Stensel H., 1992). Při posuzování stávajícího technologického vybavení ČOV z pohledu jeho dostatečnosti a pro zajištění výhledových požadavků na kapacitu čistírny je účelné využití dle odborných tabulek předpokládané hodnoty na odtoku viz tabulka č. 2

Tabulka č. 2: Předpokládané hodnoty na odtoku pro jednotlivé technologie čištění

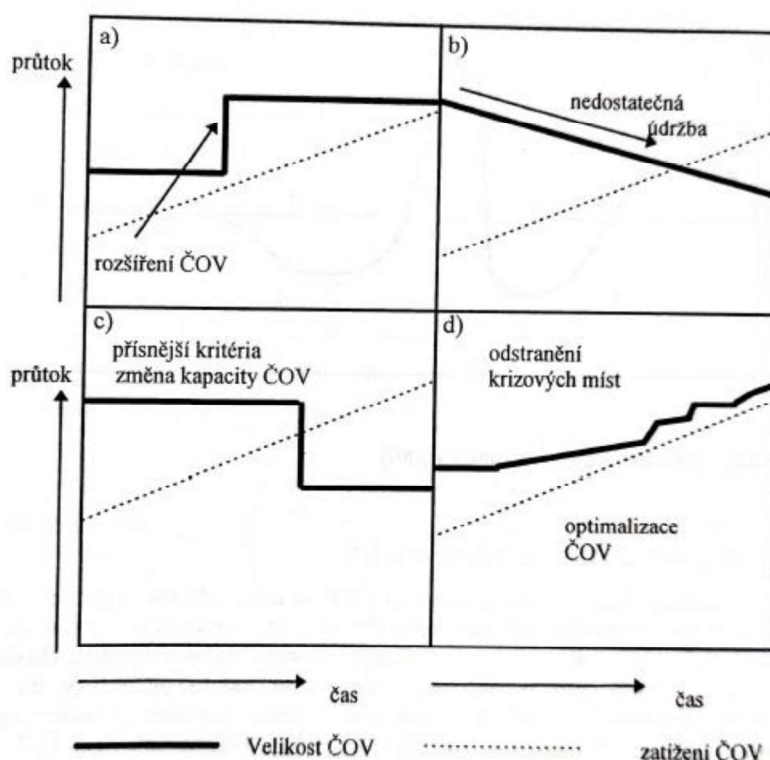
| | BSK ₅ | CHSK | P | N | N-NH ₄ | NL |
|---|------------------|------|-----|----|-------------------|----|
| základní čištění | 20 | 90 | 10 | 35 | 30 | 20 |
| základní s nitrifikací | 15 | 80 | 10 | 30 | 10 | 20 |
| dvoustupňové s nitrifikací | 12 | 75 | 10 | 25 | 5 | 15 |
| aktivace s predenitrifikací a R = 200% | 15 | 80 | 9 | 20 | 10 | 20 |
| základní + rybník | 12 | 75 | 8 | 30 | 25 | 12 |
| základní + nitrif. + rybník | 10 | 70 | 8 | 25 | 10 | 10 |
| základní + nitrif. + mikrosíta | 10 | 70 | 10 | 30 | 10 | 10 |
| základní + rychlofiltrace | 10 | 70 | 10 | 35 | 30 | 10 |
| základní + nitrif. + rychlofiltr. | 7 | 60 | 10 | 30 | 10 | 7 |
| aktivace + simult. flokulace | 15 | 75 | 1 | 35 | 30 | 25 |
| aktivace + nitrif. + flokulace | 12 | 65 | 1 | 28 | 12 | 20 |
| aktivace + flokulace + filtr. | 5 | 5 | 0,2 | 32 | 28 | 5 |
| aktivace + nitrifikace + srážení + filtrace | 5 | 5 | 0,2 | 25 | 10 | 5 |

Zdroj: Internacional institut for hydraulice and enviromental engineering – cyklus přednášek – Modul I, Delft, 1991

Výše uvedená tabulka uvádí průměrné hodnoty na odtoku pro různé typy technologie čištění. Hodnoty v tabulce byly převzaty od Nizozemské konsultační firmy DHV. Tato firma hodnoty získala pozorováním desítek ČOV v západní

Evropě. Tyto hodnoty reprezentují jednotlivé technologie a jejich průměrnou účinnost čištění i s hodnotami na odtoku, které lze využitím dané technologie dosáhnout. Na následujícím obrázku č. 3 pak můžeme vidět typické scénáře růstu ČOV.

Obrázek č. 3: Typické scénáře růstu ČOV



Zdroj: Daiger, Glen T., 1992: *Upgrading Wastewater treatment Plants, Pa: Technomic Pub, Lancaster*

Tyto scénáře zmíněné na obrázku č. 3 jsou: a) klasické rozšíření čistírny, b) kapacita ČOV klesá díky nedostatečné údržbě, c) změna kapacity ČOV vlivem přísnějších kritérií a d) zvýšení kapacity ČOV optimalizací a odstranění krizových míst (Hlavínek, Novotný, 1996). Jako poslední důležitou prioritou při stanovení faktorů limitujících účinnost ČOV je identifikace faktorů, které je nutno seřadit podle nepříznivého účinku na účinnost dané ČOV. Výsledkem stanovení priorit je určit pořadí aktivit, které jsou nezbytné ke zlepšení provozu ČOV. Za nejdůležitější faktory považujeme faktory spojené s nedostatečnou kapacitou hlavních jednotek, které se dále dělí na faktory, které mají dlouhodobý závažný efekt, faktory, které mají dlouhodobý nezávažný efekt či krátkodobý závažný efekt a v poslední řadě

faktory, které mají minimální efekt (Aquaconsult Brno, DUIS Brno, 1993), (Hlavínek, Novotný, 1996).

5. Charakteristika studijního území

5.1 Popis polohy a města Brandýs nad Labem-Stará Boleslav

Město Brandýs nad Labem-Stará Boleslav se nachází cca 30 km východně od hlavního města Praha v okrese Praha-východ viz obrázek č. 4. Brandýs leží v podstatě přímo na silnici R 10 ve směru dopravy Praha-Mladá Boleslav. Tato rychlostní silnice je poměrně značně zatížená dopravou.

Obrázek č. 4: Brandýs nad Labem-Stará Boleslav poloha města vůči hlavnímu městu Praha



Zdroj: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

V tomto dvojměstí je velmi dobrá dopravní infrastruktura zajištěná autobusovým a železničním tahem směrem na hlavní město, ale i k jiným větším městům. Ve městě je dále k dispozici následující infrastruktura: 3 základní školy, 5 mateřských škol, 3 střední školy, Základní umělecká škola, kino, knihovna, městský dům dětí a mládeže, pečovatelské služby, plavecký bazén, nemocnice, poliklinika, pošta, oblastní muzeum a městské komunitní centrum. Město přímo oplývá veřejnými aktivitami. Příkladem jsou rozsáhle sportovní akce a turnaje, díky založeným sportovním týmům basketballu, fotbalu, akrobatek a spoustu dalších sdružení. Mezi městské akce patří také masopustní průvody, městské běhy, bazary,

trhy, velikonoční a vánoční veselice, koncerty a spoustu dalších aktivit, které jsou oznamovány a posléze publikovány v oficiálních novinách vycházejících pravidelně jednou měsíčně. Tyto noviny také podrobně informují občany o realizovaném i plánovaném rozvoji města, politické situaci města, rozpočtu města a jiné praktické informace zajišťující velice dobrou informovanost místních občanů (Městské listy, oficiální noviny Brandýs nad Labem-Stará Boleslav, leden 2024; Městské listy, oficiální noviny Brandýs nad Labem-Stará Boleslav, únor 2024; Městské listy, oficiální noviny Brandýs nad Labem-Stará Boleslav, březen 2024).

Ve městě žije cca 20 tisíc obyvatel (ČÚZK, 2023) a je to město, které má současně mezi obcemi druhý nejdelší název na území České republiky. Toto město se dále rozděluje na 3 městské části: Brandýs nad Labem, Popovice a Stará Boleslav. Byla zde v historii také 4 část města a tou byla v letech 1964 až 1990 městská část Zápy (Český statistický úřad, 2006). Hlavní vodní dominantou tohoto města je řeka Labe. Město se široce rozprostírá po obou březích této řeky. Specifikem této oblasti jsou i těžby písku a s nimi související tvorba jezer po ukončené těžbě. Jedno z těchto významných jezer leží nedaleko čistírny a nazývá se Probošťské jezero. Toto jezero slouží především k rekreaci. V roce 2023 zde byla postavena i lanová dráha pro vodní sporty, kterou navštěvují obyvatelé nejen z přilehlých měst.

5.2 Charakteristika popisovaného území

Stavba bude umístěna na stávajícím pozemku ČOV. Navíc bude rozšířena na sousední pozemky, které jsou ve vlastnictví města. Areál původní čistírny je umístěn na katastrálním území Stará Boleslav a vyčištěná voda společně s obtokem čistírny jsou zaústěny do řeky Labe. Původní čistírna se nachází na pravém břehu Labe v území, které je rovinaté a na úrovni Q_{100} . Terén v prostorách nově navržené intenzifikace se bude navrhovat nad tuto hladinu Q_{100} (AQUA PROCON s.r.o., 2020). Situaci širších vztahů týkající se ČOV můžeme vidět na následující obrázku č. 5.

Obrázek č. 5: Situace širších vztahů – ČOV Brandýs nad Labem – Stará Boleslav



Zdroj: AQUA PROCON s.r.o., 2020: DÚR + DSP – Intenzifikace a zkapacitnění ČOV Brandýs n. Labem, C_Situační výkres širších vztahů, 1 s., „nepublikováno“.

Dep.: Město Brandýs nad Labem – Stará Boleslav; AQUA PROCON s.r.o.

6. Současný stav řešené problematiky

6.1 Popis současného stavu čistírny odpadních vod

Na ČOV v Brandýse nad Labem – Starou Boleslaví je napojena stávající jednotná kanalizační síť stejnojmenného města. Na tuto kanalizační síť jsou napojeni obyvatelé města, menší provozovny, běžná občanská vybavenost ale i významnější producenti průmyslových odpadních vod. Do budoucna se počítá s napojením hlavně průmyslových odpadních vod a odpadních vod ze sociálních zařízení po jejich předešlé úpravě (předčištění) na požadovanou úroveň kanalizačního řádu města. Významné producenty průmyslových odpadních vod v této oblasti můžeme rozdělit do dvou skupin. Do první skupiny patří producenti vyrábějící elektrotechnické, strojírenské a automobilové komponenty (Siemens, CIUR, BOSAL) a můžeme u nich uvažovat o splaškovém charakteru odpadních vod. Druhou skupinou producentů jsou potravinářské výroby (Kontinua, United Bakeries, Rootvin). ČOV vybudovaná v roce 2009 pro kapacitu 20 000 EO je mechanicko-biologická a je vybavena modifikovanou technologií R–D–N a simultánním srážením fosforu před dosazovacími nádržemi. Dispozice technologické linky ČOV, která bude následně popisována, můžete vidět přehledněji viz Obrázek č. 6.

Obrázek č. 6: Dispozice stávající ČOV 20 000 EO



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO 10_2018.

z důvodu historického vývoje a původního členění stavby. Potrubí vnitřní recirkulace pak propojuje nitrifikační nádrž a společnou denitrifikační nádrž. Všechny tyto nádrže jsou vybaveny odtoky, pomocí otevřeného přepadu, které značně snižují vytváření biologických pěn. Aktivační směs pak z aktivačních nádrží (nitrifikace a denitrifikace) odtéká do dvojice kruhových dosazovacích nádrží. Z dosazovacích nádrží je kal dále čerpán do dvojice regeneračních nádrží, odkud dále pokračuje přepadem zpět do nádrže denitrifikace. Přebytný kal je pak přímo odebírán z každé regenerační nádrže samostatně a přes jímku přebytečného kalu je dopravován k zahuštění na tlakovou flotační jednotku. Zahuštěný kal na flotační jednotce je dále specifikovaný jako zahuštěný přebytečný kal a je veden do vstupní vyrovnávací nádrže kalového hospodářství založeného na autotermní aerobní termofilní stabilizaci kalu technologií OSS – oxyterm sludge systém. Hygienizovaný a stabilizovaný kal je do finální podoby odvodňován na dekantační odstředivce (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.2 Čerpací stanice na výtlačném řadu ČS I a ČS VII

Dvě hlavní čerpací stanice ČS I (Brandýs) a ČS VII (Stará Boleslav) přivádějí odpadní vodu pomocí kanalizační sítě města na ČOV viz obrázek č. 8.

Obrázek č. 8: Výřez se situace kanalizačního řádu, ČS1 (ČS I – Brandýs), ČS2 (ČS VII – Boleslav)



Zdroj: Archiv provozovatele vodovodů a kanalizací města Brandýs nad Labem-Stará Boleslav STAVOKOMPLET spol. s.r.o.

Obě dvě ČS jsou tvořeny čerpací jímkou s mechanickým předčištěním na přítoku, které je zabezpečeno pomocí hrubých česlí. Čerpací jímky jsou dále vestrojeny kaskádou čerpadel s různými výkony, které zajišťují čerpání přitékajícího množství odpadních vod. Čerpadla jsou spínána podle kontinuálně měřené hladiny. Od čerpadel jsou pak vedeny jednotlivé výtlačky, které jsou opatřeny zpětnými klapkami a zaústěny do dvou hlavních výtlačků na ČOV (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.3 Mechanické předčištění

Toto předčištění se odehrává v objektu hrubého (mechanického) předčištění viz obrázek č. 9 a nachází se mezi žlaby česlí, kde je umístěna čerpací jímka splaškových odpadních vod z areálu ČOV. V této čerpací jímce je dále osazeno čerpadlo Hidrostral a výtlačné potrubí, které tlačí splaškové vody před jemné česle (Dubánek, Krňávek, 2018).

Obrázek č. 9: Sdružený objekt pro mechanické předčištění a dmychárnu



*Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000
EO 10_2018*

6.3.1 Jemné česle

Po hrubém mechanickém předčištění splaškové odpadní vody přitékají před strojně stírané jemné česle typu HUBER SSL 1500 x 765 x 3 s průlinami 3 mm. Součástí jemných česlí je i lis na shrabky s promýváním HUBER WAP 2 200 / 900.

Tyto česle jsou vybaveny obtokovým žlabem a na ten jsou osazeny nerezové ruční česle s průlinami 25 mm viz obrázek č. 10.

Obrázek č. 10: Strojně stírané česle, česlicový kanál s obtokem a ruční stavítka na obtokových žlabech



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO 10_2018

Ruční stavítka na žlabech s česlemi slouží jako opatření pro volbu trasy průtoku odpadních vod k potřebnému přečištění. Zachycené a vylisované shrabky z česlí se po akumulaci přemístí do kontejneru, který je umístěn v česlovně (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.3.2 Lapák písku

Splašková voda, která je zbavena hrubých nečistot z předchozího přečištění na česlích dále gravitačně pokračuje žlabem do jednokomorového provzdušňovaného lapáku písku LPP 2400, který má pět sekcí celkové délky 15 m, kde dochází k odloučení těžkých nečistot a písku. Lapák písku z technologického hlediska zahrnuje přívod vzduchu do lapáku písku, provzdušnění a pojezdovou lávku s čerpáním hydrosměsi, která putuje přes nerezový odtokový žlab v litinové trubce do pračky písku viz obrázek č. 11.

Obrázek č. 11: Strojně stírané česle, česlicový kanál s obtokem a ruční stavítka na obtokových žlabech



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000

Jako pračka písku je zde využit původní vertikální lapák písku o průměru 2,5 m a hloubce vody 4,0 m. Technologické zařízení pračky písku je tvořeno z nerezových materiálů. Mezi tato zařízení patří přívodní žlab obtoku, středový válec a provzdušnění pračky písku. Písek, který je z pračky písku vytěžen, je dále čerpán do objektu česlovny, kde po jeho akumulaci pokračuje do kontejneru. Voda, která byla z pračky písku odsazena (odsazená voda) je svedena do rozdělovací šachty za lapákem písku. Rozdělovací šachta zakončující objekt lapáku písku funguje jako odlehčení dešťových vod, kde bočním potrubím o dimenzi DN 500 vytéká předčištěná voda do spojně směšovací komory, kde je vratný kal. Z této komory pak za pomoci přímého potrubí DN 600 odtékají dešťové nadlimitní vody přes odlehčovací komoru a měrný objekt do recipientu, v tomto případě do řeky Labe. Vertikální lapák písku můžeme vidět na obrázku č. 12 (Dubánek, Krňávek, 2018).

Obrázek č. 12: Vertikální lapák písku – pračka písku



*Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000
EO 10_2018*

6.3.3 Jímka na svážené odpadní vody

Tato jímka je stavební součástí hlavního (centrálního) sdruženého objektu, ve kterém se taktéž nachází jímka přebytečného kalu, který je přiváděn z regenerace. Jímka na svážené odpadní vody je technologicky spadající do biologické části ČOV. Tato jímka se skládá ze dvou prostorů vzájemně propojených otvorem u dna jímky a je vybavena ručními hrubými česlemi na přítoku. Hrubé česle jsou z nerezové oceli s průlinami 20 mm a napouštěcím potrubím. Na dně akumulčního prostoru jímky je osazen provzdušňovací rošt, který je zásobovaný vzduchem pomocí odbočky z rozvodu vzduchu pro regenerační nádrže. V druhém menším prostoru je čerpací prostor, který je vybaven bezpečnostním přepadem DN 200, do kterého ústí výtlak čerpadla, které je osazeno u dna tohoto prostoru. Potrubí dále ústí do směšovací komory, která se nachází za regeneracemi (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.4 Aktivační část

Aktivační část je základem biologického čištění odpadních vod. V případě této čistírny je aktivační část tvořena modifikovaným aktivačním systémem R–D–N (Regenerace-Denitrifikace-Nitrifikace). Tento systém je tvořen oddělenou regenerací kalu, jednou předřazenou denitrifikační nádrží, dvěma nitrifikačními nádržemi s vlastní předřazenou polyvalentní zónou a jednou nitrifikační nádrží. Polyvalentní

zónou je míněna nádrž, kterou lze podle potřeby provzdušňovat nebo míchat. Finální separaci vody a kalu je pak řešení ve dvojici kruhových dosazovacích nádrží (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.4.1 Regenerace kalu

Pro regeneraci kalu jsou v rámci ČOV využívány dvě kruhové nádrže o průměru 12 m, hloubky 2,2 m a objemu 2 x 248,8 m³. Regenerační nádrže můžeme vidět na obrázku č. 13.

Obrázek č. 13: Regenerační nádrže – regenerace kalu



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO 10_2018

Do těchto nádrží (regenerační nádrže) přitéká vratný kal, který je čerpán z kalové recirkulační jímky přes spojnou tlakovou komoru. Tlaková komora je umístěna před regeneračními nádržemi. Do této spojné tlakové komory též natéká odsazená voda z tlakové flotace, popřípadě stahovaná kalová voda z vyrovnávací nádrže kalového hospodářství a kalová voda z odvodnění kalu. Kalová voda je čerpána z akumulární jímky kalové a odsazené vody z kalového hospodářství. Z této spojné komory pak kal smíšený s odsazenou vodou odtéká z kalového hospodářství do obou dvou regeneračních nádrží za pomoci potrubí DN 200. Na dnech těchto nádrží je potrubí DN 200, které slouží právě pro odtah kalu do přečerpávací jímky přebytečného kalu. Celoplošné provzdušňování regenerační nádrže je zajištěno rozmístěním jednobublinnými membránovými aeračními elementy po celé ploše typu AME 350-F (2 x 50 ks). Regenerační nádrže mají odtokový žlab, ze kterého

odtéká vratný kal do směšovací komory, ve které se smísí s mechanicky předčištěnou splaškovou vodou přitékající z hrubého předčištění a sváženými odpadními vodami ze septiků a žump přitékající z jímky svážených vod (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.4.2 Denitrifikace

Do nádrží, kde probíhá proces denitrifikace natékají splaškové vody smíchané s vratným kalem z regeneračních nádrží v potrubí DN 600. Denitrifikační nádrž můžeme vidět na obrázku č. 14. Tato nádrž slouží pouze pro denitrifikaci a v půdorysu má obdélníkový tvar o vnitřních rozměrech 7,0 x 22,4 x 4,8 m s objemem 752 m³. Nádrž slouží k účelu zajištění ideálního míchání a je vybavena dvěma horizontálními míchadly Flyght.

Obrázek č. 14: Denitrifikační nádrž



*Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000
EO 10_2018*

Splaškové vody pak z denitrifikační nádrže odtékají přes přelivnou hranu do žlabu, ve kterém se vody dělí do tří aktivních linek, kde probíhá proces nitrifikace. Pro rozdělení těchto vod slouží 2 propojovací potrubí DN 400, které po sléze vedou do dvou menších polyvalentních nádrží. Z nitrifikační nádrže pak vede ještě jedno potrubí DN 500, které odvádí již zmíněné splaškové odpadní vody smíchané s vratným kalem do větší koordinované nitrifikační nádrže. Na těchto třech propojovacích potrubích jsou osazeny průtokoměry a šoupátko DN 200 (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.4.3 Polyvalentní nádrže a nitrifikace 1 a 2

Na obrázku č. 15 můžeme vidět dvě nitrifikační nádrže vnitřního rozměru každé z nich 5,5 x 22,4 x 4,8 m. Tyto dvě nádrže mohou posloužit jako nitrifikační nádrže (nitrifikace 1 a 2) s objemem 2 x 441 m³ a mohou posílit proces denitrifikace za pomoci vyřazení aerace v polyvalentní zóně v části nátoku, které jsou odděleny přepážkou a mohou tak vytvářet prostor o objemu 2 x 145 m³.

Obrázek č. 15: Nitrifikace 1 a 2 – Polyvalentní nádrže



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO 10_2018

Nitrifikační nádrže jsou opatřeny celoplošnými provzdušňovacími rošty Fortex AME-D (55 + 16 ks v každém roštu) s přívodem vzduchu, který je řízený. Řízený vzduch je přiváděn z dmyhární za pomoci horizontálních míchadel Flyght v polyvalentní zóně. Horizontální míchadla zajišťují dostatečné míchání v době mimo dodávku vzduchu. K vnitřní recirkulaci pak v nádržích slouží čerpadla KSB-Amarex, která jsou osazena před odtokovým žlabem. Tato čerpadla zajišťují výtlač směsi na nátok do denitrifikační nádrže a jsou opatřena frekvenčním měničem sloužící k regulaci četnosti recirkulované směsi. V obou nádržích je výtlačné potrubí s dimenzí DN 150. Aktivační směs z obou nádrží posléze odtéká přes přelivnou hranu do společného odtokového žlabu. Z odtokového žlabu pak pokračuje dále potrubím DN 500 přímo do rozdělovací jímky, která se nachází před dosazovacími nádržemi (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.4.4 Nitrifikační nádrž 3

Nitrifikační nádrž 3, je další samostatná nitrifikační nádrž o vnitřních rozměrech 17,9 x 22,4 x 4,8 m s objemem 1 850 m³. Nádrž se dělí na čtyři sekce za pomoci přepážek, které usměrňují tok v nádrži viz obrázek č. 16.

Obrázek č. 16: Nitrifikace 1 a 2 – Polyvalentní nádrže



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO 10_2018

I tato nádrž je provzdušňována pomocí celoplošně rozmístěnými jednobublinnými membránovými elementy typu AME 350 F, které obsahují 56 ks elementů v každé jedné sekci. V nádrži je dohromady 224 ks elementů. Vnitřní recirkulaci nádrže zajišťuje opět čerpadlo KSB-Amarex, které je osazeno před odtokový žlab. Výtlak čerpadla je zaústěn na začátek denitrifikační nádrže. I zde je čerpadlo opatřeno frekvenčním měničem pro zajištění regulace výkonu. Dimenze výtlačného potrubí je DN 300. Samotný proces nitrifikace je řízen pomocí řídicího systému, který funguje na základě měření kyslíkovými sondami. Z nitrifikační nádrže pak aktivační směs odtéká pomocí přelivné hrany do odtokového žlabu, z kterého pak za pomoci potrubí DN 500 přitéká do rozdělovací jímky před dosazovacími nádržemi (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.4.5 Srážení fosforu

Pro proces srážení fosforu je určen prostor odtokových žlabů nitrifikace, kam je dávkován koagulant Fe₂(SO₄)₃. Tento koagulant je dávkován pomocí přenosného

dávkovacího kompletu ze zásobní dvouplášťové nádrže o objemu 15 m³. Tento dávkovací komplet se skládá ze dvou dávkovacích čerpadel (Dubánek, Krňávek, 2018). Dávkovací soupravu můžeme vidět na obrázku č. 17.

Obrázek č. 17: Dávkovací souprava síranu železitého (Fe₂(SO₄)₃)



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO 10_2018

6.4.6 Dosazovací nádrže

Z rozdělovací jímky, která je součástí společného objektu s kalovou recirkulační jímkou vratného kalu z denitrifikační nádrže, přitéká aktivační směs do dvou kruhových dosazovacích nádrží. Do každé jímky ústí jedno potrubí dimenze DN 500 z nitrifikačních nádrží a z každé jímky pak ode dna odchází dvojice paralelních potrubí také DN 500. Každé výtokové potrubí je vybaveno uzavírací armaturou vedoucí do dosazovacích nádrží. Dosazovací nádrže jsou kruhového tvaru s průměrem 21 m a hloubkou vody u obvodové stěny 3,6 m. Účinná plocha nádrží je 2 x 346 m². Nádrže dále obsahují sedimentační zónu s kapacitou 867 m³ (není počítána zahušťovací a vyklízcí zóna 1 m nade dnem u obvodu nádrže a vtoková zóna průměru 4 m) a žlábek po obvodu s jednostranným přelivem, jehož délka přelivné hrany činí 61 m. Dosazovací nádrž můžeme vidět na obrázku č. 18.

Obrázek č. 18: Dosazovací nádrž – zde dochází k separaci kalu



*Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018*

Zahuštěný kal, který vzniká sedimentací je ze středové jímky odváděn gravitačním potrubím do kalové recirkulační jímky. Již vyčištěná splašková odpadní voda odtéká z dosazovací nádrže sběrným obvodovým žlabem ústícím do odtokového potrubí do jímky vyčištěných vod a z ní pak přes měrný objekt do recipientu (řeka Labe). V jímce na vyčištěné vody je zařízení na provádění odběru provozní vody, která slouží pro potřeby kalového hospodářství. K čerpání vratného kalu do regeneračních jímek je využívána kalová recirkulační jímka, do které jsou pomocí potrubí o dimenzi DN 300 odváděny kaly z dosazovacích nádrží. Komora této nádrže se dělí na dvě části. Tyto dvě části jsou vzájemně propojeny prostupem u dna a jsou vybaveny šoupátkem. V každé části již zmiňované nádrže jsou osazena dvě kalová čerpadla. Tato čerpadla jsou osazena v sestavě tzv. 1+1 což znamená, že jedno z čerpadel slouží jako provozní a druhé čerpadlo slouží jako 100 % záloha při poruše provozního čerpadla. Výtlačky každého z dvojic kalových čerpadel jsou propojeny vždy do jednoho společného výtlačného potrubí DN 100. Na tomto společném výtlačném potrubí je umístěn indukční průtokoměr, který měří množství čerpaného kalu. Konečně pak na výstupu z jímky jsou obě potrubí spojena do potrubí o dimenzi DN 200. Toto potrubí pak pokračuje do spojné tlakové komory, která se nachází před regeneračními nádržemi (Dubánek, Krňávek, 2018). Recirkulační a rozdělovací jímku můžeme vidět níže, na obrázku č. 19.

Obrázek č. 19: Rozdělující a recirkulační jímka



*Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018*

6.4.7 Dmychárna

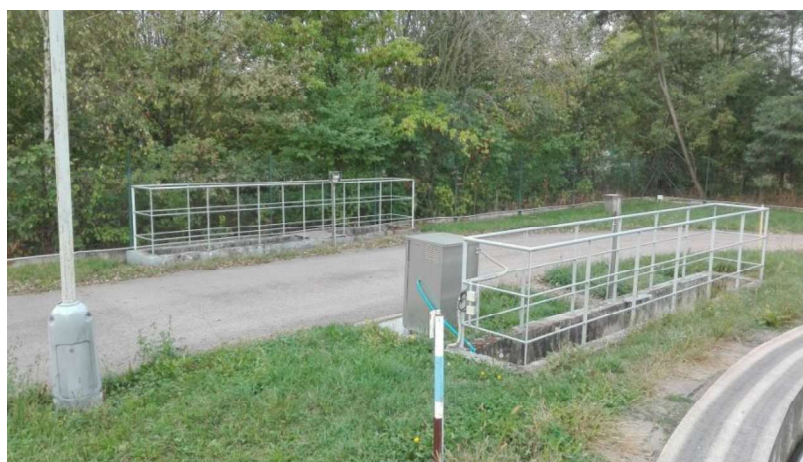
Dmychárna se nachází v prostoru sdruženého objektu pro mechanické předčištění viz obrázek č. 9. Jsou zde osazena dmychadla, které zajišťují přísun vzduchu pro aktivační nádrže a také dmychadla zajišťující přísun vzduchu do lapáku písku a pračky písku. Dmychadla pro aktivační nádrže (aktivaci) jsou typu KAESER 236 C, $Q = 1\,119 / 450 \text{ m}^3/\text{h}$, $nm = 3\,867 / 1\,860 \text{ ot}/\text{min}$, $\Delta p = 60 \text{ kPa}$, $Pe = 23,4 \text{ kW}$. V Dmychárně jsou dohromady tři dmychadla a dvě jsou provozní a jedno rezervní. Jedno provozní dmychadlo napojené na rozvod vzduchu z nerezového potrubí DN 300 slouží pro nitrifikační nádrže 1 a 2. Druhé provozní dmychadlo slouží k dodávce vzduchu do nitrifikační nádrže 3, které má rozvodové nerezové potrubí DN 150. Třetí rezervní dmychadlo slouží jako zabudovaná náhrada při výpadku dmychadel pro nitrifikaci i pro regeneraci. Vzduch do regeneračních nádrží a do jímky svážených odpadních vod zajišťuje 4 dmychadlo typu KAESER CB 130 C, $Q = 430 / 258 \text{ m}^3/\text{h}$, $nm = 3\,100 / 1\,860 \text{ ot}/\text{min}$, $\Delta p = 35 \text{ kPa}$, $Pe = 6,51 \text{ kW}$. Všechna dmychadla jsou opatřena protihlukovými kryty a frekvenčními měniči. Posledním dmychadlem zajišťující přísun vzduchu do pračky písku a lapáku písku je dmychadlové soustrojí Robuschi, $Q = 97 \text{ m}^3/\text{h}$, $nm = 2\,200 \text{ ot}/\text{min}$, $\Delta p = 30 \text{ kPa}$, $Pe = 1,41 \text{ kW}$ s příslušným rozvodným potrubím. Je využíváno jako případná záloha přívodu vzduchu pro nitrifikaci. Součástí vybavení dmychadel je přenosné zařízení,

které zajišťuje proplach elementů a je možné jej napojit na rozvod vzduchu pro jednotlivé nádrže (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.4.8 Měření objemu vypouštěné odpadní vody

Za účelem měření objemu vypouštěných odpadních vod jsou v prostorech ČOV vybudovány dva měrné žlaby. Jeden žlab slouží k měření vyčištěných odpadních vod v místech odtoku z dosazovacích nádrží. Druhý žlab se nachází v místě obtoku z hrubého předčištění po oddělení dešťových vod viz obrázek č. 20.

Obrázek č. 20: Měrné objekty vypouštěné odpadní vody – na odtoku a obtoku ČOV



*Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018*

Oba dva měrné objekty se skládají z Parshallova žlabu P3 (11,6 - 190 l/s) a ultrazvukového hladinoměru FDU 80, FMU 861. Ve měrném objektu umístěném na odtoku vyčištěné odpadní vody z dosazovacích nádrží je navíc osazen stacionární vzorkovač s lahvemi, které mají objem 24 litrů a zařízení pro měření teploty vypouštěných čistěných odpadních vod (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.5 Kalové hospodářství

V kalovém hospodářství této ČOV slouží ke zpracování přebytečného kalu již dříve zmíněná technologie stabilizace a hygienizace kalu OSS – oxyterm sludge systém, (Dubánek, Krňávek, 2018) což je autotermní termofilní aerobní stabilizační

proces, který není závislý na externím zdroji energie. Toto je metoda stabilizace a hygienizace kalů, která využívá čistý kyslík k autonomnímu ohřevu kalu na požadovanou hygienizační teplotu. Soubor objektů pro kalové hospodářství můžeme vidět na obrázku č. 21.

Obrázek č. 21: Objekty kalového hospodářství s OSS



*Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018*

6.5.1 Nádrže na svážený aerobní přebytečný kal

K akumulaci svážených aerobních přebytečných kalů a jejich předúpravu slouží dvě kruhové nádrže, které jsou pod ochranou stropu. Potrubím naskladněného kalu je do nádrží napouštěn dovážený aerobně stabilizovaný kal. Každá nádrž je opatřena čerpadlem na vodících tyčích, které zajišťuje čerpaní odsazené kalové vody výtlačným potrubím do jímky kalové a odsazené vody, která je umístěna vedle objektu odvodnění kalu. Tyto čerpadla mohou mimo jiné posloužit i k čerpání samotného akumulovaného kalu do jímky kalové a odsazené vody a dále přes spojnu tlakovou komoru do regeneračních nádrží vratného kalu. V regeneračních nádržích pak dochází k homogenizaci s vratným kalem ČOV Brandýs nad Labem. Tímto řešením se snižuje značným způsobem vliv vychylující se kvality dovážených kalů či kalové vody z jejich zahuštění na flotaci a na odtokové parametry ČOV. Nároky, které jsou kladeny na přesnost regulace systému a zapříčiňují ve větší míře využití vlastností kalové koncovky OSS. V každé nádrži je také osazeno kalové čerpadlo, k potřebě čerpání kalu do kalového hospodářství. Potrubí na výtlaku jsou propojena

do jednotného potrubí o dimenzi DN 65. Toto potrubí je pak dále napojeno na výtlačné potrubí přebytečného kalu přímo před flotační jednotku. Ke snadnější manipulaci s čerpadly jsou v nádržích osazeny patky pro přenosné zvedací zařízení. Tato zvedací zařízení mají naklápěcí rameno a ruční ovládání. Do každé nádrže bylo zabudováno řízené provzdušňování pomocí celoplošně rozmístěných provzdušňovacích roštů se středobublinnými membránovými elementy typu AME - 260 S (72 ks). Zdrojem vzduchu je zde dmychadlo KAESER CB 130 C, které rovněž slouží jako zdroj vzduchu pro vychlazovací nádrže kalového hospodářství a je umístěno ve strojovně kalového hospodářství – stabilizace OSS. Vzduch je řízen za pomoci elektroklapek, které jsou umístěné na nerezovém potrubí (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.5.2 Zahuštění kalu

Dovážený kal společně s přebytečným kalem z ČOV je čerpán za pomoci odstředivého čerpadla značky Hidrostral (1+1). Tato směs je čerpána z přečerpávací jímky přebytečného kalu, která se nachází za regeneračními nádržemi. Jímka pro přebytečný kal je společný objekt s jímkou na svážené vody. Zde se napojuje potrubí ze dvou uskladňovacích nádrží dováženého kalu a putuje do objektu kalového hospodářství přímo na flotační jednotku k zahuštění (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.5.3 Flotační jednotka

Ve flotační jednotce dochází k vlastnímu zahuštění kalu. Na ČOV Brandýs nad Labem je použita flotační jednotka VODATECH UF-ZK-80. Tato flotační jednotka je bez použití flokulantů. Ve flotační jednotce se ve výsledku kal zahustí na 4 %. Kal, který je vyflotovaný (tzn. flotační pěna) je z tlakové flotace odváděn před odtokový žlab, který slouží taktéž jako násypka do vřetenového čerpadla. Tímto žlabem je pak vyflotovaný kal (flotační pěna) dále čerpán do kalových nádrží dle určeného provozního režimu. Z kalových nádrží pokračuje do vyrovnávací nádrže 1 spadající do kalového hospodářství. Výtlačné potrubí tohoto systému je zaopatřeno indukčním průtokoměrem. V případě poruchy flotační jednotky je objekt zabezpečen pomocí obtokového potrubí (Dubánek, Krňávek, 2018). Flotační jednotku můžeme vidět na následujícím obrázku č. 22.

Obrázek č. 22: Flotační jednotka k zahušťování kalu



*Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018*

6.5.4 Jímka kalové a odsazené vody

Tato jímka slouží k akumulaci odsazené vody z odstředivky. Odsazená voda z odstředivky je odsazená voda z tlakové flotace, flugát a kalové vody z kalového hospodářství. Všechny tyto vody jsou svedeny do jímky kalové a odsazené vody. Tato jímka je vybavena čerpadlem Hidrostal, které zajišťuje odvod akumulovaných vod z kalového hospodářství. Výtlač této jímky za pomoci čerpadla je v dimenzi DN 65 a je zaústěn do spojně tlakové komory před regeneraci kalu (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.5.5 Uskladnění a stabilizace s hygienizací OSS

Pro uskladnění a kumulaci, hygienizaci a stabilizaci zahuštěného přebytečného kalu posluhují 4 nádrže, které jsou sériově propojené. Jedná se o nádrž UN1 (vyrovnávací nádrž), UN2 (kde se nacházejí reaktory R1 a R2), UN3 (vychlazovací nádrž) a k nim patřící strojovny. Stavební řešení nádrží je válcového tvaru s kruhovým půdorysem. Průměr nádrží je 8,7 m a hloubka činí 7 m. Vyrovnávací nádrž UN1 a vychlazovací nádrž UN3 jsou otevřené. Reaktory R1, R2 (UN2) jsou zatopené a opatřené tepelnou izolací a dezodorací. Vyrovnávací (UN1) a vychlazovací (UN3) nádrž s reaktory R1 a R2 v rámci OSS společně se zásobníkem a odpařovací stanicí kyslíku (na obrázku vlevo) můžeme vidět na obrázku č. 23.

Obrázek č. 23: Vyrovnávací (UN1) a vychlazovací (UN3) nádrž s reaktory R1 a R2 (OSS) a odpařovací stanice kyslíku (vlevo)



*Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018*

Každá nádrž je opatřena středobublinným aeračním systémem FORTEX kotveným do dna, ve kterém jsou osazeny středobublinné elementy AME – 260 S (72 ks). Přiváděný vzduch do každé nádrže pochází z dmychárny, strojovny stabilizace kalu. Vzduchové rozvody jsou vybaveny elektrickými a ručními armaturami umožňujícími provzdušňování vyrovnávací nádrže UN1 jedním z dmychadel. Druhé dmychadlo pak zajišťuje samostatné či střídavé provzdušňování obou nádrží UN2 (R1 a R2) a třetí dmychadlo zajišťuje samostatné či střídavé provzdušňování vychlazovací nádrže (UN3) a dvou nádrží na svážený kal. V případě poruchy je možné po vhodném přestavění armatur zajistit provoz s omezenou automatizací. Nebo je manuálně provizorní provzdušňování provozovaných nádrží zajištěno zbývajícími agregáty. Nádrže UN2 pro reaktory R1 a R2 jsou také opatřeny pomaluběžným míchadlem, které je osazeno ve stropě nádrže. Dále jsou nádrže vybaveny deflektory (zarážkami) a vždy samostatným sytícím recirkulačním okruhem kyslíku. Okruh kyslíku je veden v potrubí o dimenzi DN 200 s čerpadlem ABS a kyslíkovým směšovačem DN 300. Zdroj kyslíku je v tomto případě kryogenní zásobník s příslušenstvím, který se skládá z odpařovací jednotky a dvou regulačních (dávkových) sad. Procesní sériový průtok kalů (přečerpávání) nádržemi systému OSS (Oxygen Sludge systém) zajišťuje čerpadlo ABS, které je umístěno ve strojovně kalové koncovky. Čerpadlo je zálohované rezervou v podobě čerpadla stejného typu na paralelní potrubní větvi. Potrubní propojovací systém je opatřený nožovými

ručními a elektro-šoupátky. Tato šoupátka zajišťují mimo automatické stabilizace také možnost variabilního přečerpávání kalu mezi nádržemi v případě mimořádných provozních situací. Nádrže jsou opatřeny měřením výšky hladiny za pomoci tenzometru. V nádržích s reaktory je měřena teplota osazeným odporovým snímačem, který je ukotven do stěny nádrží. Dvě recirkulační potrubí v reaktoru jsou v místě strojovny osazena řídicími čidly za účelem měření koncentrace rozptýleného kyslíku, pH, teploty a ORP (Ukazatel kvality pitné vody) – INSA MKT66 (Převodník pro měření kyslíku). Ovládání systému OSS (Oxygen Sludge systém) je zajišťováno autonomním řídicím systémem stabilizace OSS, u kterého je možné přepnutí do režimu I (kyslík) nebo režimu II (dmychadlo a vzduch) a navíc je zde možno vkládání základních řídicích parametrů. Příslušná zařízení jsou zde v automatickém režimu spínána dle řídicího programu stabilizace – hygienizace (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.5.6 Zásobník a odpařovací stanice kyslíku

Toto zařízení se nachází na oplocené zpevněné betonové ploše o rozměrech 6 x 4 m mezi nádržemi OSS. Přesný název pro toto zařízení je zásobník tekutého kyslíku a odpařovací (zplyňovací) stanice (OS). VT11, což je Kryogenní zásobník mající úlohu skladování kapalného kyslíku při teplotě $-182\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zásobník svojí konstrukcí a izolací zajišťuje minimální odpar. Tento odpar činní cca 0,05 % za 24 hodin, při nulovém odběru). Zásobník byl vybudován, jako dvouplášťová nádoba s vakuopráškovou izolací meziprostoru. Kapalným kyslíkem je zde uskladňován ve vnitřní nádobě, která má objem cca 10 m^3 . Tento objem činní 95 % plnění. Ke změně skupenství z kapalného na plynný dochází při atmosférické teplotě ve dvou odpařovačích Ferox Thermax SG 50 HF. Tento odpařovač je konstruován na výkon zhruba $50\text{ m}^3/\text{hod.}$ kyslíku při průměrné teplotě $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Maximální výkon odpařovače je $118\text{ Nm}^3/\text{hod.}$ Odpařovač má maximální pracovní přetlak 3 MPa a jeho celková váha je 125 kg (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.5.7 Odvodnění kalu

K odvodnění stabilizovaného kalu slouží dekantální odstředivec typu ALDEC 30. Toto zařízení je umístěné v objektu odvodnění kalu společně s automatickou stanicí a dávkovacím čerpadlem flokulantu. Ve strojovně mezi

nádržemi kalového hospodářství je pak umístěno podávací vřetenové čerpadlo kalu typu Seepex BN 10 - 6L. Již odvodněný kal je za pomoci šnekového dopravníku akumulován do kontejneru, který je také umístěný v objektu odvodnění kalu viz obrázek č. 24.

Obrázek č. 24: Odvodnění kalu (strojní) – odstředivka ALDEC 30 a kontejner na odvodněný kal



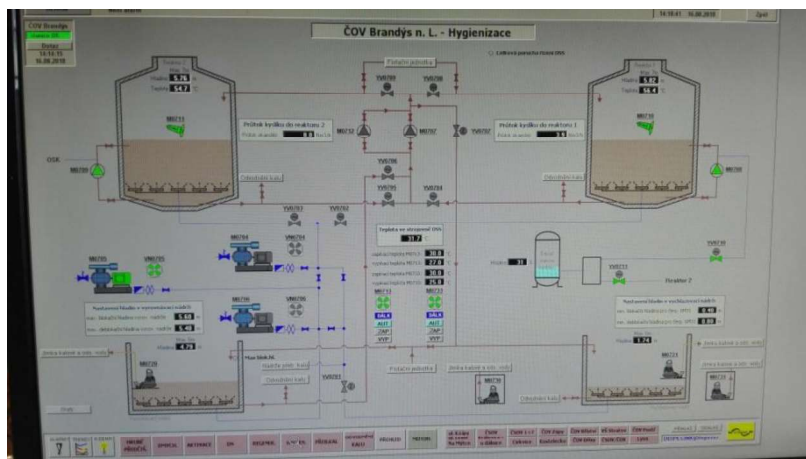
*Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018*

Z odstředivky je pak odsazená voda svedena do jímky pro kalovou a odsazenou vodu (flotace). K dodávce vody do odstředivky a do automatické stanice přípravy roztoku flokulantu slouží vodárna s rozvody vody po objektu (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.6 Automatizace, měření a regulace (MaR)

MaR (Měření a regulace) je systém nainstalovaný na ČOV. Tento systém zajišťuje chod v automatickém režimu dle vnitřních řídicích algoritmů zakládajících se na nastavených parametrech s použitím informací z měřících technologií na zobrazovaných schématech. Tato schémata se zobrazují pomocí dispečerského počítače. Systém archivuje a shromažďuje naměřené procesní hodnoty a také umožňuje jejich prohlížení. Displej řídicího systému ČOV Brandýs můžeme vidět názorně na obrázku č. 25.

Obrázek č. 25: Displej řídicího systému ČOV Brandýs



*Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018*

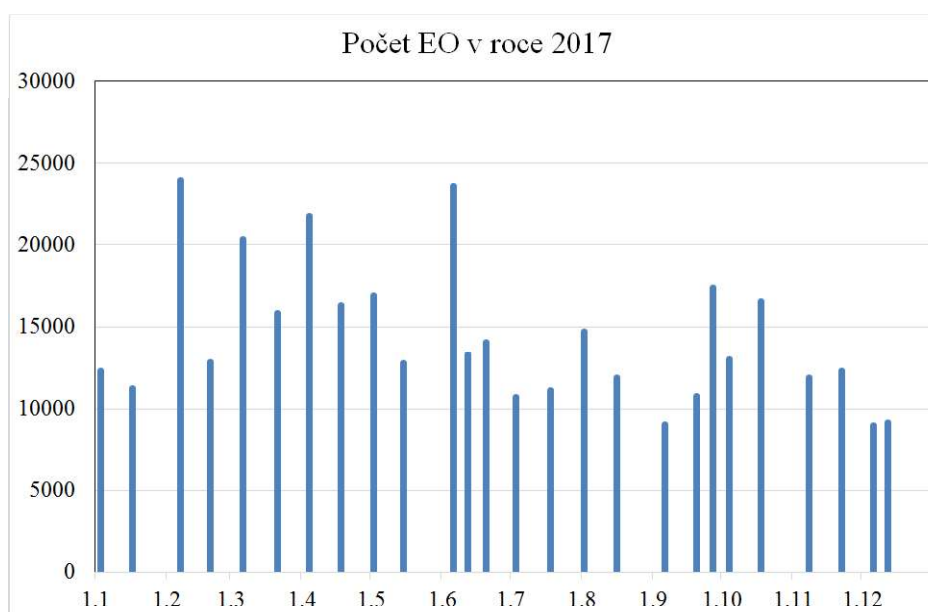
Nastavení jednotlivých potřebných regulačních okruhů musí vycházet z odpovídajících provozních podmínek na ČOV, které jsou dány faktickým zatížením a četností znečištění přiváděných odpadních vod a požadovaným výsledkem. Kvůli těmto podmínkám je pro účely provozu nutné pravidelně aktualizovat základní parametry nastavovaných hodnot regulovaných veličin a ty pak podle aktuálních potřeb a výsledků provozu vhodně upravovat. Hlavním předpokladem pro dobré fungování systému je zajištění maximálně bezporuchového provozu zařízení a optimálních podmínek zatížení ČOV. Autonomní systém měření společně s regulací OSS (Oxygen Sludge System) shromažďují důležité provozní hodnoty, které umožňují řízení provozu a automatizaci. Řízení OSS zajišťují především signály z průtokoměrů, hladinoměrů, teplotních a kyslíkových čidel (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.7 Posouzení stávajícího zatížení ČOV

K posouzení stávajícího zatížení ČOV byly použity záznamy průtoku a hodnoty znečištění z období roku 2017 až března 2018. Výsledky podrobného monitoringu, který realizoval provozovatel vodovodů a kanalizací v Brandýse se odehrával v období od 14. 5. do 27. 5. 2018 v celkové délce 14 dnů, včetně dvou víkendů. V roce 2018, kdy se toto posouzení stávajícího zatížení ČOV vytvářelo, žilo ve městě Brandýs nad Labem – Stará Boleslav přes 17 000 obyvatel. Posouzení

stávajícího stavu se tedy vztahuje na informace z roku 2018. Na kanalizační stoky a ČOV byla připojena většina. Dle ročního hlášení z roku 2017 bylo na ČOV průměrné přivedeno znečištění od 14 638 EO. Z toho vyplývá, že rozdíl mezi EO a obyvateli činí 13–14 %. Doporučený přepočítání mezi obyvateli a EO dle normy ČSN 75 6401 je do 30 % rozdílu. Základní přepočítání se pro lokalitu o této velikosti obvykle používá hodnota 15 %. Konečná hodnota ale vždy záleží na občanské vybavenosti v lokalitě a podílu průmyslových odpadních vod. Dle výsledků průtoku a hodnoty znečištění z období 2017 až březen 2018 můžeme vyčíst, že vstupní zatížení čistírny odpadními vodami je velmi nevyrovnané. Celkové zatížení ČOV bylo v průměru 14 638 EO přitom rozsah byl změřen mezi 9 029 až 23 976 EO viz graf č. 1 (Dubánek, Krňávek, 2018).

Graf č. 1: Vývoj látkového zatížení ČOV Brandýs v ukazateli BSK₅ v roce 2017

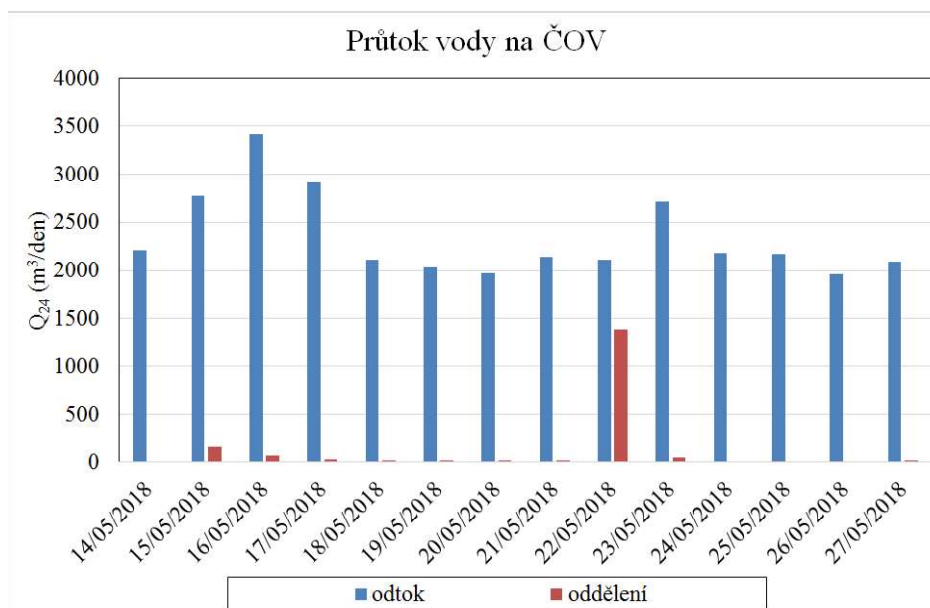


Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018

Z těchto výsledků běžného provozního pozorování nešlo spolehlivě určit podíl jednotné kanalizace nebo producentů z průmyslu na přetěžování technologie ČOV. Pravidelný monitoring probíhá 24 hodin, kdy se slévají vzorky. Toto by v době špičky znamenalo velmi značný podíl biologicky odbouratelných odpadních vod. To by pak s největší pravděpodobností nemohly zapříčinit odpadní vody ze strojírenského a automobilového průmyslu. Mnohem větší pravděpodobností

zapříčinění je, že část producentů se zabývá potravinářskou výrobou (v případě naší lokality je to s největší pravděpodobností United Bakeries, pekárny a cukrárny). Dalšími měřenými hodnotami byl průtok odpadních vod přes biologickou část čistírny, který byl poměrně vyrovnaný a z toho důvodu byl následně proveden podrobný monitoring přítokových odpadních vod viz graf č. 2 (Dubánek, Krňávek, 2018).

Graf č. 2: Vývoj průtoků odpadních vod na ČOV Brandýs v průběhu monitoringu 14. až 27. května 2018



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO 10_2018

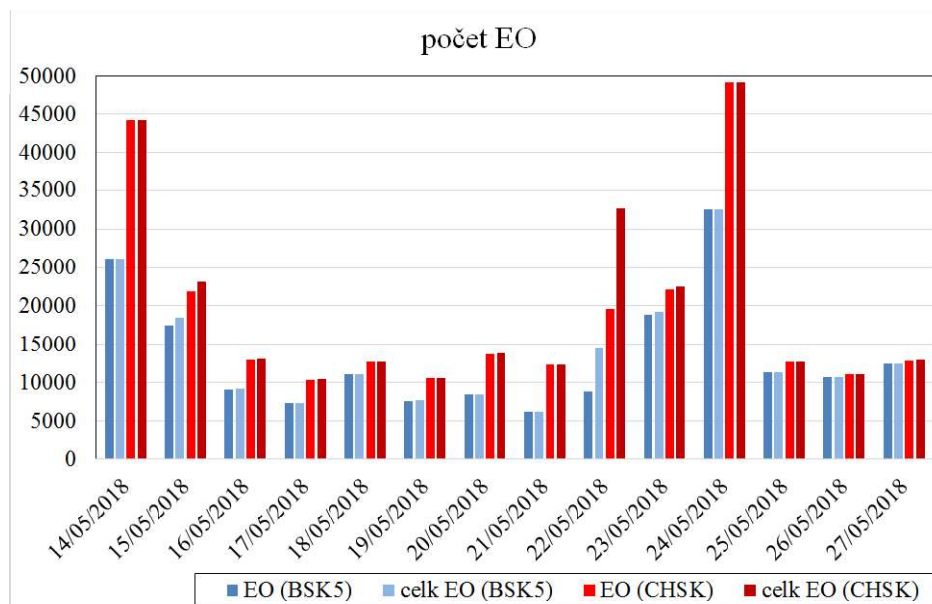
Jak už jsme zmiňovali, tento monitoring probíhal 14 dní včetně 2 víkendů od 14. až 27. května roku 2018. V tomto období se vyskytovaly srážky jen ojediněle, proto výsledky měření byly minimálně ovlivněny jednotným kanalizačním systémem. Monitorovací výsledky hydraulického a látkového zatížení ze zmíněného monitoringu můžeme vidět v tabulce č. 3 a vývoj látkové zatížení ČOV můžeme vidět na následujícím grafu č. 3 (Dubánek, Krňávek, 2018).

Tabulka č. 3: Monitorovací výsledky hydraulického a látkového zatížení

| parametr/jednotka | | po | út | st | čt | pá | so | ne |
|-------------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 14/05/2018 | 15/05/2018 | 16/05/2018 | 17/05/2018 | 18/05/2018 | 19/05/2018 | 20/05/2018 |
| odtok | m ³ | 2211 | 2774 | 3415 | 2911 | 2116 | 2028 | 1966 |
| oddělení | m ³ | 0 | 159 | 60 | 20 | 7 | 7 | 10 |
| CHSK-Cr | 5.0 | 2400.00 | 948.00 | 454.00 | 426.00 | 718.00 | 625.00 | 838.00 |
| NL sušené (105°C) | 5.0 | 373.00 | 289.00 | 108.00 | 126.00 | 100.00 | 74.00 | 324.00 |
| RAS (550°C) | 10 | 552.00 | 514.00 | 400.00 | 270.00 | 544.00 | 454.00 | 536.00 |
| RL sušené (105°C) | 10 | 800.00 | 742.00 | 549.00 | 406.00 | 734.00 | 720.00 | 728.00 |
| RL-ZZ (550°C) | 10 | 248.00 | 228.00 | 149.00 | 136.00 | 190.00 | 266.00 | 192.00 |
| amoniakální dusík | 0.040 | 61.40 | 55.70 | 42.80 | 31.20 | 60.20 | 60.90 | 63.70 |
| anorganický dusík | 0.500 | 79.10 | 71.80 | 55.10 | 40.10 | 77.60 | 78.40 | 82.00 |
| celkový dusík | 1.0 | 81.30 | 70.60 | 47.80 | 47.80 | 77.60 | 70.70 | 91.30 |
| celkový fosfor | 0.050 | 10.90 | 9.21 | 5.35 | 4.13 | 8.42 | 8.00 | 10.70 |
| dusičnanový dusík | 0.0020 | <-0.0020 | 0.00 | <-0.0020 | <-0.0020 | <-0.0020 | <-0.0020 | <-0.0020 |
| dusičnanový dusík | 0.060 | <-0.060 | <-0.060 | <-0.060 | <-0.060 | <-0.060 | <-0.060 | <-0.060 |
| hodnota pH | 1.00 | 7,16 | 7,17 | 7,34 | 7,27 | 7,41 | 7,50 | 7,42 |
| parametr/jednotka | | po | út | st | čt | pá | so | ne |
| | | 21/05/2018 | 22/05/2018 | 23/05/2018 | 24/05/2018 | 25/05/2018 | 26/05/2018 | 27/05/2018 |
| odtok | m ³ | 2140 | 2107 | 2711 | 2180 | 2171 | 1965 | 2093 |
| oddělení | m ³ | 8 | 1389 | 44 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| BSK5 | 1.0 | 173.00 | 250.00 | 418.00 | 897.00 | 315.00 | 326.00 | 359.00 |
| CHSK-Cr | 5.0 | 690.00 | 1120.00 | 978.00 | 2710.00 | 706.00 | 676.00 | 740.00 |
| NL sušené (105°C) | 5.0 | 143.00 | 191.00 | 207.00 | 617.00 | 136.00 | 132.00 | 145.00 |
| RAS (550°C) | 10 | 618.00 | 542.00 | 576.00 | 514.00 | 610.00 | 520.00 | 524.00 |
| RI sušené (105°C) | 10 | 768.00 | 800.00 | 700.00 | 678.00 | 878.00 | 766.00 | 770.00 |
| RL-ZZ (550°C) | 10 | 150.00 | 258.00 | 124.00 | 164.00 | 218.00 | 246.00 | 246.00 |
| amoniakální dusík | 0.040 | 70.40 | 65.80 | 67.10 | 69.40 | 64.60 | 60.70 | 72.20 |
| anorganický dusík | 0.500 | 90.70 | 84.70 | 86.40 | 89.30 | 83.20 | 78.20 | 93.00 |
| celkový dusík | 1.0 | 93.20 | 75.00 | 80.10 | 85.70 | 78.30 | 69.40 | 87.30 |
| celkový fosfor | 0.050 | 9.69 | 9.34 | 10.10 | 13.60 | 8.47 | 8.48 | 9.35 |
| dusičnanový dusík | 0.0020 | <-0.0020 | <-0.0020 | <-0.0020 | <-0.0020 | <-0.0020 | <-0.0020 | <-0.0020 |
| dusičnanový dusík | 0.060 | <-0.060 | <-0.060 | <-0.060 | <-0.060 | <-0.060 | <-0.060 | <-0.060 |
| hodnota pH | 1.00 | 7,55 | 7,24 | 7,04 | 6,82 | 7,43 | 7,36 | 7,37 |

Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018

Graf č. 3: Vývoj průtoků odpadních vod na ČOV Brandýs v průběhu monitoringu 14. až 27. května 2018

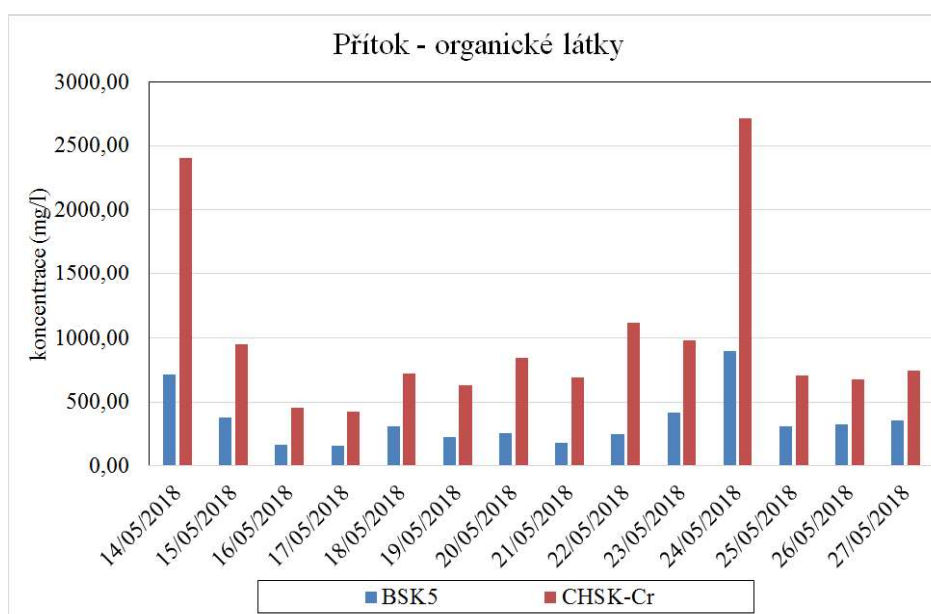


Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018

Když budeme hodnotit průběh látkového zatížení ČOV je očividné velké kolísání hodnot. Základní veličinou pro BSK₅ bylo použito 60 g/EO_d. a pro CHSK 120 g /EO_d. Pro porovnání pak bylo vzato v úvahu i znečištění, které maximálně odcházelo obtokem za hrubým předčištěním (celk. EO). Výsledné rozkolísání těchto výsledků s největší pravděpodobností zapříčinilo nárazové vypouštění potravinářských odpadních vod (Dubánek, Krňávek, 2018).

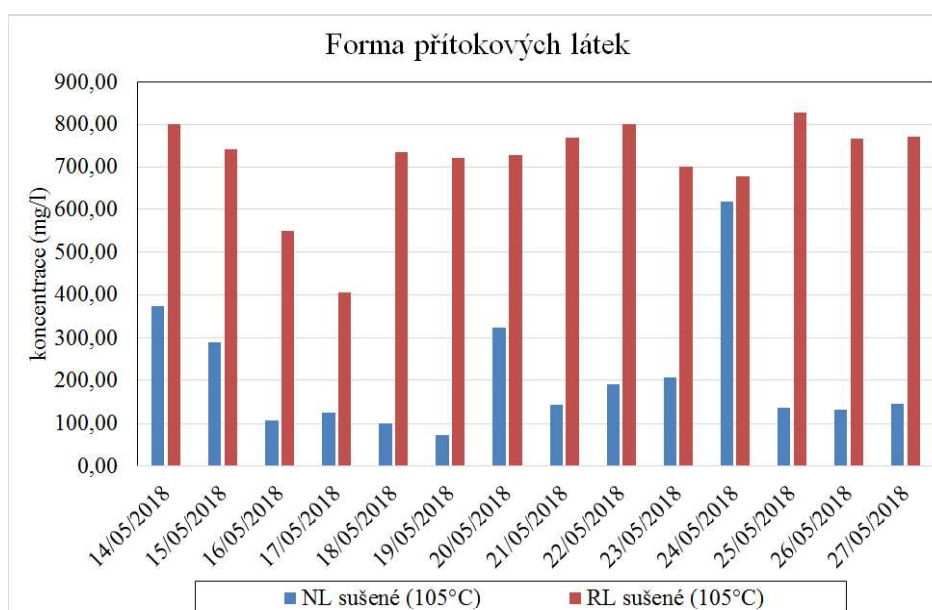
Organické znečištění a jeho přítok na ČOV by odpovídal hrubým koloidům a nerozpuštěným látkám. Dle hodnot koncentrací a poměru nutrientů můžeme odhadovat, že se v tomto případě jedná s největší pravděpodobností o zbytky mouky a podobných nabobtnalých látek. Toto zjištění můžeme vypořádat na následujícím grafu č. 4 (Dubánek, Krňávek, 2018).

Graf č. 4: Přítok organického znečištění na ČOV v průběhu monitoringu 14. až 27. května 2018



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO 10_2018.

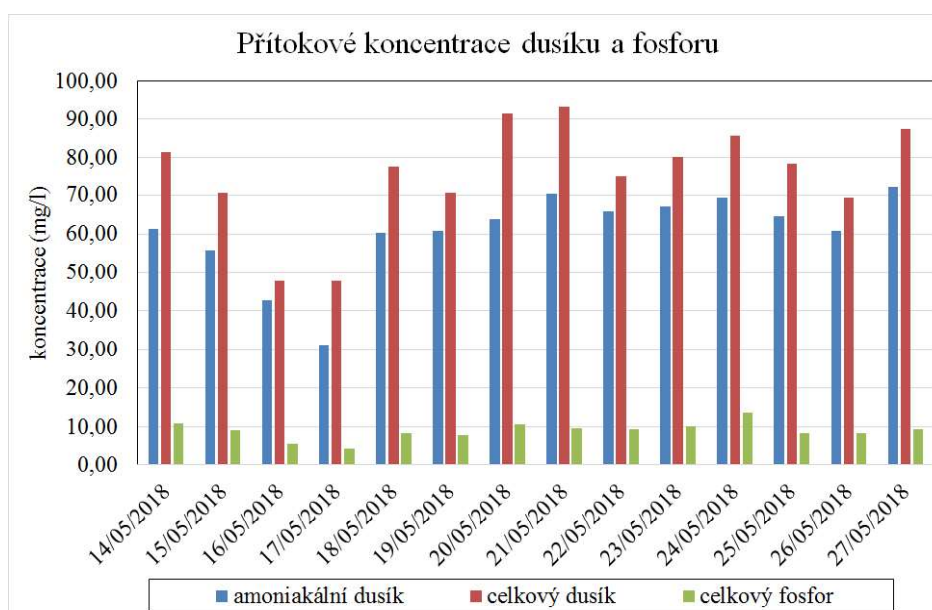
Graf č. 5: Forma znečištění ČOV v rámci monitorovací kampaně



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018

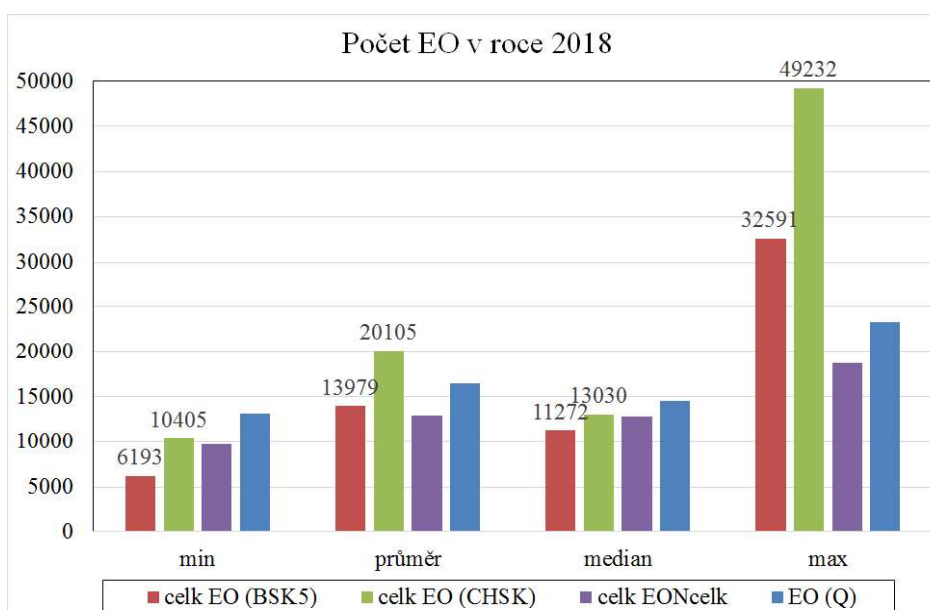
V dalším grafu č. 6 můžeme vidět přítok dusíku a fosforu na ČOV v rámci monitorovací kampaně a v grafu č. 7 je pak znázorněné látkové zatížení ČOV taktéž v průběhu monitorovací kampaně (Dubánek, Krňávek, 2018).

Graf č. 6: Přítok dusíku a fosforu na ČOV



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018

Graf č. 7: Látkové zatížení ČOV během monitorovací kampaně



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO 10_2018

Když porovnáme výsledky z tabulky č. 1 a grafů 1 až 7, tak můžeme vyhodnotit, že k látkovému přetížení ČOV dochází pravidelně v intervalu +/- 10 dnů. Toto je nebývale vysoké látkové znečištění, které vytváří zhruba 50 % zatížení ČOV. V tyto zmíněné dny to znamená více než 3 tuny CHSK_{cr} a více než 1 tuna BSK₅ v přítoku na ČOV za den. Technologie ČOV byla v období monitorovací kampaně průměrně zatížena 13 979 EO. Když nebudeme počítat zatížení ČOV odpadními vodami svedených do obtoku pak je to 13 448 EO dle základního údaje BSK₅. Podle CHSK_{cr} je průměrné látkové zatížení 20 105 EO a bez obtoku to vychází na 19 028 EO. Kvůli tomuto důvodu bylo nezbytné identifikovat příčiny nárazového přetěžování ČOV organickými látkami. Po identifikaci těchto příčin nárazového přetížení ČOV se tyto jevy musí rozložit do delšího časového úseku. V opačném případě hrozí přetěžování ČOV, tím i neplnění požadovaných odtokových limitů, a to i po navrhované intenzifikaci (Dubánek, Krňávek, 2018).

6.7.1 Průměrné stávající zatížení technologie ČOV – technologický výpočet

Posouzení stávajícího technologického zatížení ČOV při běžných provozních podmínkách bylo provedeno následujícím technologickým výpočtem viz tabulky č. 4 a tabulka č. 5 (Dubánek, Krňávek, 2018).

Tabulka č. 4: Průtok odpadních vod na ČOV

| průtok | | jednotka | hodnota |
|---|------------------------|-------------------|---------|
| průměrný bezdeštný denní průtok | Q ₂₄ | m ³ /d | 2340,0 |
| | | m ³ /h | 97,5 |
| | | l/s | 27,1 |
| maximální bezdeštný denní průtok | Q _d | m ³ /d | 2904,8 |
| | | m ³ /h | 121,0 |
| | | l/s | 33,6 |
| maximální bezdeštný hodinový průtok | Q _h | m ³ /h | 202,7 |
| | | l/s | 56,3 |
| průtok odpadních vod za deště biol část | Q _{dešť biol} | m ³ /h | 225,0 |
| | | l/s | 62,5 |

Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018

Tabulka č. 5: Znečištění odpadních vod na ČOV

| ukazatel | | jednotka | hodnota |
|--------------------------------|--|----------|---------|
| počet ekvivalentních obyvatel | | EO | 13 448 |
| BSK ₅ | | g/EO.d | 60,0 |
| | | kg/d | 806,9 |
| | | mg/l | 345 |
| CHSK | | g/EO.d | 170,6 |
| | | kg/d | 2294,2 |
| | | mg/l | 980 |
| NL | | g/EO.d | 36,0 |
| | | kg/d | 484,1 |
| | | mg/l | 207 |
| N-celk | | g/EO.d | 12,8 |
| | | kg/d | 172,1 |
| | | mg/l | 74 |
| N-NH ₄ ⁺ | | g/EO.d | 10,4 |
| | | kg/d | 139,4 |
| | | mg/l | 60 |
| P-celk | | g/EO.d | 1,5 |
| | | kg/d | 20,6 |
| | | mg/l | 9 |

Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018

Dle propočtů viz následující tabulka č. 6 je stávající technologie pro průměrné zatížení ČOV kapacitní. U obou nádrží aktivační i dosazovací jsou objemy vyhovující. Taktéž strojní vybavení technologie pro čištění ČOV je vyhovující s dostatečnou kapacitou (Dubánek, Krňávek, 2018).

Tabulka č. 6: Technologický výpočet ČOV při aktuálním průměrném zatížení

| parametr | | jednotka | hodnota |
|---|-------|----------------------|---------|
| navrhované (dosahované) celkové stáří kalu | Q_x | d | 43,7 |
| produkce aktivovaného kalu | | kg/d | 435,8 |
| produkce přebytečného kalu (bez chem. kalu) | | kg/d | 433,3 |
| potřebná zásoba kalu | | kg | 19045 |
| provozní koncentrace aktivovaného kalu | X | kg/m ³ | 4,0 |
| konc. kalu v regeneraci | X | kg/m ³ | 8,0 |
| potřebný objem aktivační nádrže | V | m ³ | 3769 |
| objem regenerace | V_R | m ³ | 496 |
| objem denitrifikace | V_D | m ³ | 749 |
| objem nitrifikace | V_N | m ³ | 3022 |
| doba kontaktu v reg při max. průtoku | | h | 1,37 |
| doba kontaktu v anox při max. průtoku | | h | 1,32 |
| doba kontaktu v nit při max. průtoku | | h | 5,34 |
| střední doba zdržení v aktivaci bez recirkulace | Q | h | 39 |
| objemové zatížení | B_v | kg/m ³ .d | 0,267 |
| zatížení kalu | B_x | kg/kg.d | 0,042 |
| recirkulační poměr kalu | R_k | % z Qd | 100 |
| spotřeba 40 % roztoku Fe ₂ (SO ₄) ₃ | | l/d | 136,2 |
| produkce chemického kalu | | kg/d | 59,4 |

| parametr | | jednotka | hodnota |
|--|------------------|----------------------|---------|
| celková provozní spotřeba kyslíku | OC _p | kg/d | 1932,7 |
| standardní oxygenační kapacita | OC _{st} | kg/d | 3965,6 |
| hloubka aktivační směsi v nádržích | | m | 4,8 |
| využití kyslíku ze vzduchu E _a | E _a | % | 26,5 |
| potřebné množství vzduchu na aeraci | Q _{vz} | m ³ /h | 2312 |
| množství vzduchu na regeneraci | Q _{vz} | m ³ /h | 430 |
| množství vzduchu pro OAN | Q _{vz} | m ³ /h | 1904 |
| potřebný přetlak dmyhadla | | mbar | 537 |
| počet dosazovacích nádrží | | ks | 2 |
| průměr dosazovací nádrže | | m | 21 |
| celková plocha dosazovacích nádrží | | m ² | 692,7 |
| hydraulické zatížení plochy při Q _h | n | m/h | 0,294 |
| hydraulické zatížení plochy při Q _{dešť biol} | n | m/h | 0,325 |
| zatížení plochy nerozp.lát. při Q _h | NA | kg/m ² .h | 1,2 |
| zatížení plochy nerozp.lát. při Q _{dešť biol} | NA | kg/m ² .h | 1,3 |
| koncentrace vratného kalu | X _r | kg/m ³ | 8,0 |
| skutečná hloubka dosazovacích nádrží | hc | m | 3,60 |
| únik NL z dos.nadržé při Q _h | | mg/l | 0,9 |
| únik NL z dos.nadržé při Q _{dešť biol} | | mg/l | 1,1 |
| průměrná konc. BSK ₅ na odtoku při Q _h | | mg/l | 5,2 |
| průměrná konc. BSK ₅ na odtoku při Q _{dešť biol} | | mg/l | 5,2 |
| produkce přebytečného kalu | | kg/d | 433,3 |
| produkce chemického kalu | | kg/d | 59,4 |
| maximální dovoz kalu | | kg/d | 225,0 |
| celkové množství kalu | | kg/d | 717,7 |
| zahuštění přebytečného kalu při stabilizaci | | % | 5,0 |
| množství přebytečného kalu | | m ³ /d | 14,4 |
| maximální stáří kalu v N1 | | d | 14,0 |
| velikost vyrovnávací nádrže N1 | | m ³ | 201 |
| potřebné množství vzduchu pro max hl N1 | | m ³ /h | 257 |
| zdroj vzduchu | | m ³ /h | 390 |
| návrhová teplota při hygienizaci kalu | | °C | 56 |
| spotřeba kyslíku regulace horní | | kg/d | 381 |
| množství kyslíku regulace horní | | Nm ³ /h | 12,1 |
| spotřeba kyslíku regulace spodní | | kg/d | 211 |
| množství kyslíku regulace spodní | | Nm ³ /h | 6,7 |
| velikost nádrže reaktoru | | m ³ | 780 |
| redukce org. podílu v kalu v R | | % | 35 |
| množství stabilizovaného kalu | | kg/d | 523 |
| celková redukce organického podílu kalu | | % | 21,2 |
| organický podíl kalu v N3 | | % | 39,4 |
| sušina kalu pro N3 | | kg/d | 405,0 |
| zahuštění kalu v N3 | | % | 2,8 |
| velikost vychlazovací nádrže - N3 | | m ³ | 201 |
| doba uskladnění ve vychlazovací nádrži | | d | 14,0 |

Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO

10_2018

6.7.2 Maximální stávající zatížení technologie ČOV – technologický výpočet

Na ČOV bylo vypočítáno maximální stávající zatížení technologie v průběhu monitoringu 32 591 EO. V rámci této předložené studie se provedlo technologické posouzení schopnosti čistírny plnit určené limity i v rámci uvedeného provozního

stavu s následujícími výsledky viditelné v tabulkách č. 7 a 8 (Dubánek, Krňávek, 2018).

Tabulka č. 7: Maximální stávající zatížení ČOV – průtok odpadních vod

| průtok | | jednotka | hodnota |
|---|------------------------|-------------------|---------|
| průměrný bezdeštný denní průtok | Q ₂₄ | m ³ /d | 2566,5 |
| | | m ³ /h | 106,9 |
| | | l/s | 29,7 |
| maximální bezdeštný denní průtok | Q _d | m ³ /d | 3422,1 |
| | | m ³ /h | 142,6 |
| | | l/s | 39,6 |
| maximální bezdeštný hodinový průtok | Q _h | m ³ /h | 266,3 |
| | | l/s | 74,0 |
| průtok odpadních vod za deště biol část | Q _{dešť biol} | m ³ /h | 225,0 |
| | | l/s | 62,5 |

Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018

Tabulka č. 8: Maximální stávající zatížení ČOV – znečištění odpadních vod

| ukazatel | | jednotka | hodnota |
|--------------------------------|--|----------|---------|
| počet ekvivalentních obyvatel | | EO | 13 448 |
| BSK ₅ | | g/EO.d | 60,0 |
| | | kg/d | 806,9 |
| | | mg/l | 345 |
| CHSK | | g/EO.d | 170,6 |
| | | kg/d | 2294,2 |
| | | mg/l | 980 |
| NL | | g/EO.d | 36,0 |
| | | kg/d | 484,1 |
| | | mg/l | 207 |
| N-celk | | g/EO.d | 12,8 |
| | | kg/d | 172,1 |
| | | mg/l | 74 |
| N-NH ₄ ⁺ | | g/EO.d | 10,4 |
| | | kg/d | 139,4 |
| | | mg/l | 60 |
| P-celk | | g/EO.d | 1,5 |
| | | kg/d | 20,6 |
| | | mg/l | 9 |

Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018

Z technologických propočtů v tabulce č. 9 pod tímto textem vyplývá, že současné maximální zatížení ČOV už přesahuje možnosti posuzované stávající technologie. Na ČOV dochází v době uvedeného látkového přetížení k deficitu kyslíku a pro obsluhu je velmi náročné nastavení a kontrola provozu. Provoz čistírny

v přijatelných mezích je udržitelný jen za předpokladu, že látkové přetížení je způsobeno organickými látkami nikoliv dusíkem (Dubánek, Krňávek, 2018).

Tabulka č. 9: Maximální stávající zatížení ČOV – znečištění odpadních vod

| parametr | | jednotka | hodnota |
|---|-----------|----------------------|---------|
| navrhované (dosahované) celkové stáří kalu | Q_x | d | 13,3 |
| produkce aktivovaného kalu | | kg/d | 1430,3 |
| produkce přebytečného kalu (bez chem. kalu) | | kg/d | 1427,6 |
| potřebná zásoba kalu | | kg | 19051 |
| provozní koncentrace aktivovaného kalu | X | kg/m ³ | 4,0 |
| konc. kalu v regeneraci | X | kg/m ³ | 8,0 |
| potřebný objem aktivační nádrže | V | m ³ | 3771 |
| objem regenerace | V_R | m ³ | 496 |
| objem denitrifikace | V_D | m ³ | 749 |
| objem nitrifikace | V_N | m ³ | 3022 |
| doba kontaktu v reg při max. průtoku | | h | 1,16 |
| doba kontaktu v anox při max. průtoku | | h | 1,08 |
| doba kontaktu v nit při max. průtoku | | h | 4,35 |
| střední doba zdržení v aktivaci bez recirkulace | Q | h | 35 |
| objemové zatížení | B_v | kg/m ³ .d | 0,647 |
| zatížení kalu | B_x | kg/kg.d | 0,103 |
| recirkulační poměr kalu | R_k | % z Qd | 100 |
| spotřeba 40 % roztoku Fe ₂ (SO ₄) ₃ | | l/d | 17,0 |
| produkce chemického kalu | | kg/d | 7,4 |
| parametr | | jednotka | hodnota |
| celková provozní spotřeba kyslíku | OC_P | kg/d | 3399,3 |
| standardní oxygenační kapacita | OC_{ST} | kg/d | 4496,6 |
| hloubka aktivační směsi v nádržích | | m | 4,8 |
| využití kyslíku ze vzduchu E_a | E_a | % | 26,5 |
| potřebné množství vzduchu na aeraci | Q_{VZ} | m ³ /h | 2622 |
| množství vzduchu na regeneraci | Q_{VZ} | m ³ /h | 430 |
| množství vzduchu pro OAN | Q_{VZ} | m ³ /h | 2300 |
| potřebný přetlak dmyhadla | | mbar | 537 |
| počet dosazovacích nádrží | | ks | 2 |
| průměr dosazovací nádrže | | m | 21 |
| celková plocha dosazovacích nádrží | | m ² | 692,7 |
| hydraulické zatížení plochy při Q_h | n | m/h | 0,385 |
| hydraulické zatížení plochy při $Q_{dešt\ biol}$ | n | m/h | 0,325 |
| zatížení plochy nerozp.lát. při Q_h | NA | kg/m ² .h | 1,5 |
| zatížení plochy nerozp.lát. při $Q_{dešt\ biol}$ | NA | kg/m ² .h | 1,3 |
| koncentrace vratného kalu | X_r | kg/m ³ | 8,0 |
| skutečná hloubka dosazovacích nádrží | hc | m | 3,60 |
| únik NL z dos.nadrže při Q_h | | mg/l | 1,5 |
| únik NL z dos.nadrže při $Q_{dešt\ biol}$ | | mg/l | 1,1 |
| průměrná konc. BSK ₅ na odtoku při Q_h | | mg/l | 5,5 |
| průměrná konc. BSK ₅ na odtoku při $Q_{dešt\ biol}$ | | mg/l | 5,3 |

Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO

10_2018

7. Výsledky

7.1 Technologické výpočty při zatížení ČOV 30 000 EO

Tabulka č. 10 níže pod textem obsahuje příslušné technologické výpočty pro návrh intenzifikace ČOV při zadání zatížení 30 000 EO.

Tabulka č. 10: Průtok odpadních vod 30 000 EO – technologické výpočty

| průtok | | jednotka | hodnota |
|---|------------------|----------|---------|
| průměrný bezdeštný denní průtok | Q_{24} | m^3/d | 4320,0 |
| | | m^3/h | 180,0 |
| | | l/s | 50,0 |
| maximální bezdeštný denní průtok | Q_d | m^3/d | 5580,0 |
| | | m^3/h | 232,5 |
| | | l/s | 64,6 |
| maximální bezdeštný hodinový průtok | Q_h | m^3/h | 394,5 |
| | | l/s | 109,6 |
| průtok odpadních vod za deště biol část | $Q_{dešt\ biol}$ | m^3/h | 720,0 |
| | | l/s | 200,0 |

Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018

Tabulka č. 11: Znečištění odpadních vod 30 000 EO – technologické výpočty

| ukazatel | | jednotka | hodnota |
|--------------------------------|--|----------|---------|
| počet ekvivalentních obyvatel | | EO | 30 000 |
| BSK ₅ | | $g/EO.d$ | 60,0 |
| | | kg/d | 1800,0 |
| | | mg/l | 417 |
| CHSK | | $g/EO.d$ | 170,6 |
| | | kg/d | 5118,0 |
| | | mg/l | 1185 |
| NL | | $g/EO.d$ | 36,0 |
| | | kg/d | 1080,0 |
| | | mg/l | 250 |
| N-celk | | $g/EO.d$ | 12,8 |
| | | kg/d | 384,0 |
| | | mg/l | 89 |
| N-NH ₄ ⁺ | | $g/EO.d$ | 10,4 |
| | | kg/d | 311,0 |
| | | mg/l | 72 |
| P-celk | | $g/EO.d$ | 1,5 |
| | | kg/d | 45,9 |
| | | mg/l | 11 |

Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO
10_2018

Během navrhování technologie týkající se OSS a kalové koncovky je zapotřebí počítat s nezbytnou provozní rezervou až do hodnot 35 000 EO. Tento výpočet můžeme vidět podrobně v tabulce č. 12 (Dubánek, Krňávek, 2018).

Tabulka č. 12: Navrhované zatížení ČOV při znečištění odpadních vod 30 000 EO

| parametr | | jednotka | hodnota |
|---|----------------|----------------------|---------|
| navrhované (dosahované) celkové stáří kalu | Q_x | d | 24,4 |
| produkce aktivovaného kalu | | kg/d | 1085,6 |
| produkce přebytečného kalu (bez chem. kalu) | | kg/d | 1064,9 |
| potřebná zásoba kalu | | kg | 26452 |
| provozní koncentrace aktivovaného kalu | X | kg/m ³ | 4,0 |
| konc. kalu v regeneraci | X | kg/m ³ | 8,0 |
| potřebný objem aktivační nádrže | V | m ³ | 5621 |
| objem regenerace | V_R | m ³ | 496 |
| objem anaerobie | V_{An} | m ³ | 749 |
| objem denitrifikace | V_D | m ³ | 1172 |
| objem nitrifikace | V_N | m ³ | 3700 |
| doba kontaktu v reg | | h | 2,67 |
| doba kontaktu v anaer při max průt | | h | 2,05 |
| doba kontaktu v anox při max. průtoku | | h | 1,12 |
| doba kontaktu v nit při max. průtoku | | h | 3,54 |
| střední doba zdržení v aktivaci bez recirkulace | Q | h | 27 |
| objemové zatížení | B_v | kg/m ³ .d | 0,486 |
| zatížení kalu | B_x | kg/kg.d | 0,068 |
| recirkulační poměr kalu | R_k | % z Qd | 80 |
| spotřeba 40 % roztoku Fe ₂ (SO ₄) ₃ | | l/d | 304,7 |
| Max produkce chemického kalu | | kg/d | 132,8 |
| parametr | | jednotka | hodnota |
| celková provozní spotřeba kyslíku | OC_F | kg/d | 4017,3 |
| standardní oxygenační kapacita | OC_{ST} | kg/d | 8242,6 |
| hloubka aktivační směsi v nádržích | | m | 4,8 |
| využití kyslíku ze vzduchu E_a | E_a | % | 26,5 |
| potřebné množství vzduchu na aeraci | Q_{vz} | m ³ /h | 4806 |
| množství vzduchu na regeneraci | Q_{vz} | m ³ /h | 430 |
| množství vzduchu pro OAN | Q_{vz} | m ³ /h | 4398 |
| potřebný přetlak dmyhadla | | mbar | 537 |
| počet dosazovacích nádrží | | ks | 3 |
| průměr dosazovací nádrže | | m | 21 |
| celková plocha dosazovacích nádrží | | m ² | 1039,1 |
| hydraulické zatížení plochy při Q_n | n | m/h | 0,385 |
| hydraulické zatížení plochy při $Q_{dešt\ biol}$ | n | m/h | 0,694 |
| zatížení plochy nerozp.lát. při Q_n | NA | kg/m ² .h | 1,5 |
| zatížení plochy nerozp.lát. při $Q_{dešt\ biol}$ | NA | kg/m ² .h | 2,8 |
| koncentrace vratného kalu | X _r | kg/m ³ | 8,0 |
| skutečná hloubka dosazovacích nádrží | hc | m | 3,60 |
| únik NL z dos.nadrže při Q_n | | mg/l | 1,5 |
| únik NL z dos.nadrže při $Q_{dešt\ biol}$ | | mg/l | 4,8 |
| průměrná konc. BSK ₅ na odtoku při Q_n | | mg/l | 5,4 |
| průměrná konc. BSK ₅ na odtoku při $Q_{dešt\ biol}$ | | mg/l | 6,2 |

Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO

10_2018

Tabulka č. 13: Výpočet produkce kalu ČOV při znečištění odpadních vod 35 000 EO
– technologický propočet

| parametr | jednotka | hodnota |
|---|--------------------|---------|
| produkce přebytečného kalu | kg/d | 1064,9 |
| produkce chemického kalu | kg/d | 132,8 |
| maximální dovoz kalu | kg/d | 225,0 |
| celkové množství kalu | kg/d | 1422,6 |
| zahuštění přebytečného kalu při stabilizaci | % | 5,0 |
| množství přebytečného kalu | m ³ /d | 28,5 |
| maximální stáří kalu v N1 | d | 12,0 |
| velikost vyrovnávací nádrže N1 | m ³ | 341 |
| potřebné množství vzduchu pro max hl N1 | m ³ /h | 456 |
| zdroj vzduchu | m ³ /h | 390 |
| návrhová teplota při hygienizaci kalu | °C | 56 |
| spotřeba kyslíku regulace horní | kg/d | 752 |
| množství kyslíku regulace horní | Nm ³ /h | 23,9 |
| spotřeba kyslíku regulace spodní | kg/d | 418 |
| množství kyslíku regulace spodní | Nm ³ /h | 13,3 |
| velikost nádrže reaktoru | m ³ | 1170 |
| redukce org. podílu v kalu v R | % | 35 |
| množství stabilizovaného kalu | kg/d | 1045 |
| celková redukce organického podílu kalu | % | 21,2 |
| organický podíl kalu v N3 | % | 39,4 |
| sušina kalu pro N3 | kg/d | 809,6 |
| zahuštění kalu v N3 | % | 2,8 |
| velikost vychlazovací nádrže - N3 | m ³ | 341 |
| doba uskladnění ve vychlazovací nádrži | d | 12,0 |

Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO

10_2018

7.2 Návrh a koncept intenzifikace na 30 000 EO

Díky technologickým výpočtům z předchozí kapitoly 7.1. (tabulky č. 10 až 13) můžeme odvodit, že pro návrh na zatížení ČOV 30 000 EO je stávající technologie ČOV kapacitně nevyhovující. Během návrhů na zlepšení a úpravy původní technologie ČOV byla pozornost zaměřována na maximální využití možného stavebního objemu. Dalším nezbytným faktorem bylo také v době návrhu intenzifikace přihlídnutí ke stavu strojně technologického zařízení v době předpokládané realizace. Tento odhad byl minimálně 3 roky zahájení realizace od tohoto návrhu intenzifikace. Závěrem návrhu na intenzifikaci ČOV 30 000 EO byla úprava následujících stavebních objektů ČOV:

1. Stavební úpravy, sanace a opravy sdruženého objektu česlovny a dmýchárny
2. Stavba nových lapáků písku
3. Nová rozdělovací a směšovací komora na přítoku
4. Sanace betonových konstrukcí denitrifikace (2 x 586 m³ - původní polyvalentní a nitrifikační nádrže 1 a 2)
5. Nová nitrifikační nádrž 1 850 m³
6. Sanace betonových konstrukcí dosazovacích nádrží 1 a 2
7. Nová dosazovací nádrž DN 3
8. Nová rozdělovací jímka vratného kalu
9. Nový měrný objekt na odtoku a čerpací jímka na terciální dočištění
10. Repase a úprava měrného objektu na obtoku
11. Nové nádrže terciálního dočištění
12. Nový sdružený objekt dmychárny a strojního odvodnění
13. Repase a stavební izolace reaktorů UN2 kalové koncovky OOS
14. Nový reaktor OSS UN 415 m³
15. Zpevněná plocha pro generátory kyslíku 12 x 3 m
16. Nová manipulační zpevněná plocha 1 500 m³ s částečným zastřešením 100 m²
17. Nové propojovací potrubí a úprava stávajícího
18. Nové komunikace
19. Nové oplocení
20. Nové osvětlení

Souhrnný návrh technologie byl pojat s cílovou myšlenkou dosažení kvality odtoku na úrovni BAT (Best Available Techniques). To v našem případě znamenalo návrh změny z původního R-D-N (Regenerace-Denitrifikace-Nitrifikace) systému na R-An-D-N (Regenerace-Anaerobie-Denitrifikace-Nitrifikace), systém, který má výhodnější vlastnosti pro eliminaci nutrientů, u kterých se v budoucnu očekává při jejich odstraňování i zpoplatnění kvůli zpřísněným limitům.

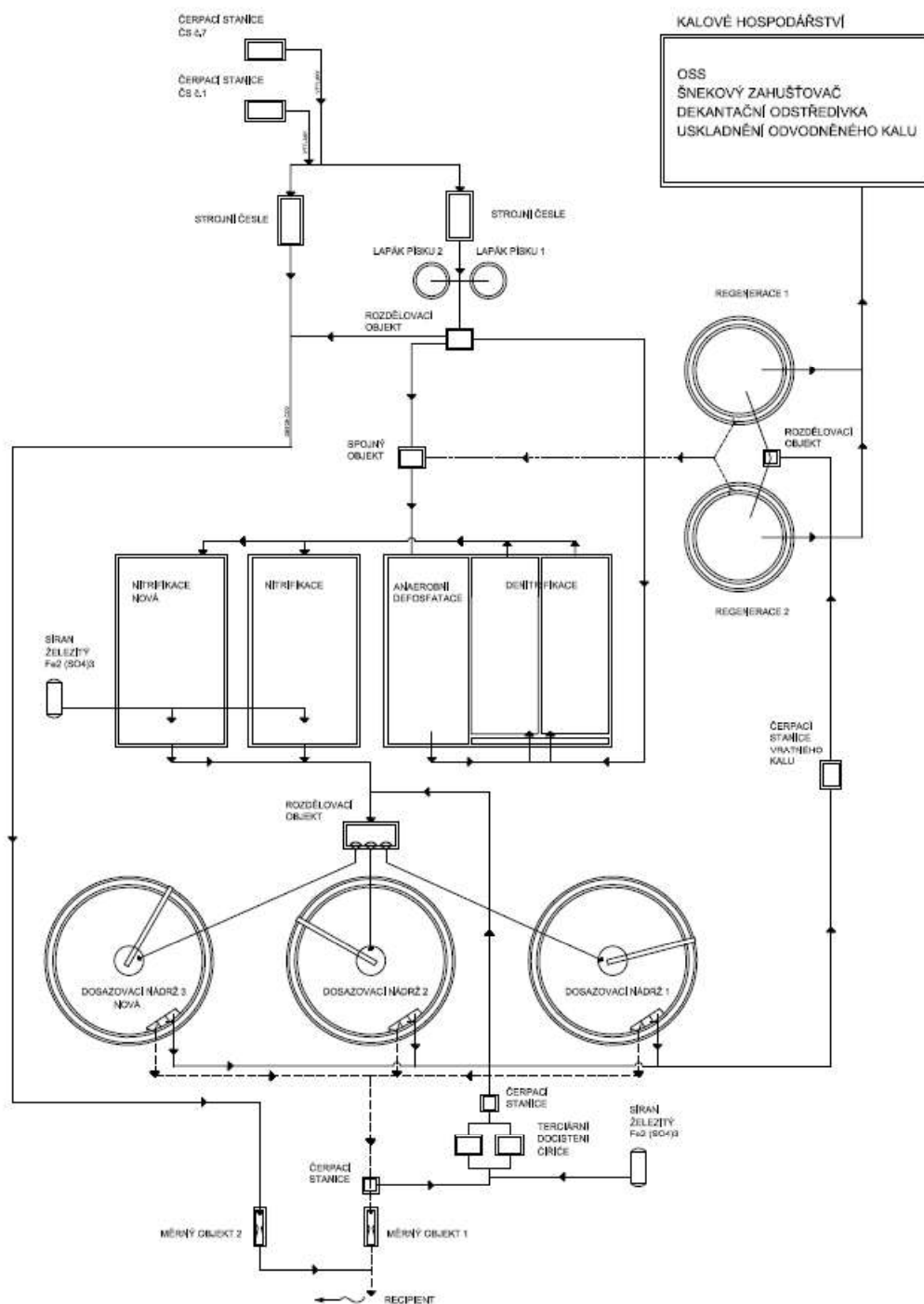
Během projednávání návrhu intenzifikace ČOV s investorem (zastupitelstvo města Brandýs nad Labem-Stará Boleslav) bylo zhotovitelem studie (provozovatel vodovodů a kanalizací ve městě Brandýs nad Labem-Stará Boleslav) navrženo upuštění od využití řešení technologických trendů (hygienizace vyčištěných odpadních vod, nosiče biomasy, membrány atd.) z důvodů absence dostatečného

prostoru pro rozvoj ČOV a z důvodu současných legislativních podmínek, které však blíže nebyly uvedeny. Uplatnění těchto technologických trendů však v budoucnu nelze vyloučit a za příznivých finančních okolností bude možná jejich realizace (Dubánek, Krňávek, 2018).

Z výpočtů uvedených v návrhu na intenzifikaci a aktuální stavební dispozice vyplynulo, že bude zapotřebí zajistit větší kapacitu mechanického předčištění přivedených odpadních vod a taktéž nahradit strojní zařízení tohoto předčištění. Důvodem je stáří tohoto strojního zařízení, což bude v době realizace více než 10 let. Dalším nezbytným aktem intenzifikace je navýšení provozovaného objemu aktivačního systému, separace kalu a kalové koncovky včetně úpravy ASŘTP (Automatizované systémové řízení technologických procesů). Tyto zmíněné body intenzifikace budou zajištěny především za pomoci stavebních úprav a sanací, které budou doplňovat nové stavební objekty a propojovací potrubí s vhodnou dimenzí. Doplňkem této intenzifikace je i oprava komunikací v areálu ČOV, oprava oplocení, osvětlení a rekonstrukce trafostanice (Dubánek, Krňávek, 2018).

V budoucnu se v rámci ČOV uvažuje o vybavení využívající obnovitelné zdroje energie jako jsou výměníky tepla na kalové koncovce a kolektory na střeších provozních objektů. Další investicí, která čistírnu v budoucnu nemine, je po možném zpřísnění požadavků na hygienizaci vyčištěných odpadních vod na odtoku osazení UV zářiče pro splnění požadovaných výsledků. Zřízení bioplynové stanice nebo kompostárny bylo prozatím vyloučeno z důvodu blízkosti ČOV k občanské zástavbě města. Na dalším obrázku č. 26 můžeme vidět zjednodušené technologické schéma navrhované intenzifikace ČOV na 30 000 EO (Dubánek, Krňávek, 2018)

Obrázek č. 26: ČOV po navrhované intenzifikaci – Zjednodušené technologické schéma



Zdroj: Dubánek, Krňávek, 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO

10_2018

7.3 Přítok splaškových vod - technický popis návrhu intenzifikace

Odpadní vody přitékající z odpadních jímek zůstanou v rámci navrhované intenzifikace v původním provedení. Jediné, co se musí posoudit je výměna či repase čerpadel a oprava propojovacích potrubí. Čerpací stanice ČS I (Brandýs) je osazena 5 kusy čerpadly Flyght CP s průtokem 96, 60, 40 a 20 l/s a čerpací stanice ČS VII (Stará Boleslav) je osazena také 5 kusy čerpadly stejného výrobce s průtoky 30, 20, 10 l/s (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.4 Mechanické předčištění - technický popis návrhu intenzifikace

7.4.1 Jemné česle

Tento objekt mechanického předčištění bude nutné v rámci intenzifikace upravit, a to v objektu česlovny. Zde se předpokládá výměna a doplnění o zcela nová zařízení. Splaškové vody budou natékat před strojně stírané česle od výrobce HUBERT STEP SCREEN, které má průliny 3 mm. Bude zde vyměněn i lis na shrabky s promývací stanicí BUBER WAP. Kapacita současných česlí je nedostačující, proto je potřeba jí ze stávajících 160 l/s zvýšit minimálně na 200 l/s (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.4.2 Lapák písku

Stávající lapák písku LPP, jednokomorový provzdušňovaný i vertikální lapák písku sloužící jako pračka písku mají být dle návrhu intenzifikace nahrazeny dvěma novými vírovými lapáky písku o velikosti LP 150 a průměru 3,3 m. I strojní vybavení lapáků písku bude nové, doplněno o nový separátor písku výrobní značky HUBER COANDA. Dále je zde navržena nová rozdělovací komora na přítoku (anaerobie x denitriface x obtok ČOV) (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.4.3 Rozdělovací a směšovací objekt

Nový rozdělovací a směšovací objekt zaopatrí rozdělení proudu splaškových vod a kalu z regenerace v požadovaném poměru po mechanickém předčištění do anoxické denitrifikace a anaerobní nádrže. V rámci tohoto objektu bude řešeno

oddělování dešťových vod, které natékají do biologického stupně (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.4.4 Jímka na svážené odpadní vody

Tento stavební objekt zůstane beze změny. V úvaze je pouze repase či výměna starého čerpadla Hidrostat 5,3 l/s za nové (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.5 Aktivační část – technický popis návrhu intenzifikace

Po intenzifikaci bude základem biologického čištění aktivační systém R-An-D-N (Regenerace-Anaerobie-Denitrifikace-Nitrifikace), který bude tvořen oddělenou regenerací kalu, předřazenou jednou anaerobní nádrží defosface, dvěma denitrifikačními nádržemi a dvěma nitrifikačními nádržemi. Konečné oddělení vody od kalu bude řešeno ve třech kruhových dosazovacích nádržích dortmundského typu. Jedna z těchto tří dosazovacích nádrží bude nová, dvě zůstanou stávající. Vnitřní recirkulace bude řešena mezi denitrifikačními a nitrifikačními nádržemi viz následující kapitola 7.5.4 (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.5.1 Regenerace kalu

Ze stavebního hlediska budou tyto nádrže beze změny. Bude zde provedena pouze drobná oprava či sanace betonu. Předpokládá se výměna strojního zařízení. Regenerace bude ponechána ve dvou kruhových nádržích. Nádrž má průměr 12 m, hloubku 2,2 m a objem 2 x 248,8 m³. Do těchto nádrží bude přiveden vratný kal, který je čerpaný z nově vybudované kalové recirkulační jímky procházející spojnou tlakovou komorou. Tlaková komora je umístěna před nádržemi regenerace. Do spojných tlakových komor dále natéká odsazená voda z technologie zahuštění kalu, stahovaná kalová voda z vyrovnávací nádrže kalového hospodářství a kalová voda z odvodnění kalu. Kalová voda z odvodnění kalu je čerpána z akumulární jímky kalové a odsazené vody z kalového hospodářství. Ze spojitých tlakových komor pak odtéká kal smíšený s odsazenou vodou z kalového hospodářství do obou regeneračních nádrží. Pro vzdušňovací aerační systém regeneračních nádrží zůstává stejný (celoplošně rozmístěné jemnobublinné membránové elementy typu AME 350-F (2 x 50 ks)), bude pouze vyměněn starý, za nový. Vratný kal odtékající

z odtokového žlabu do nově vybudované směšovací komory neboli spojné komory se zde mísí s mechanicky předčištěnou splaškovou vodou, která přitéká (2/3 nátok) z hrubého předčištění. V případě potřeby se vratný kal v nově vybudované směšovací komoře může smísit i se sváženými odpadními vodami ze septiků a žump, které přitékají z jímky svážených vod (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.5.2 Anaerobní defosfatace

Tato nádrž bude stavebně také beze změn, opět s úvahou opravy a sanací betonových konstrukcí. I v tomto objektu se předpokládá výměna strojního zařízení. Do stávající denitrifikační nádrže přitékají splaškové odpadní vody z rozdělovacího a směšovacího objektu, který má objem 2/3 okamžitého přítoku a vratného kalu po regeneraci. Defosfatační nádrž má v půdorysu obdélníkový tvar s vnitřními rozměry 7 x 22,4 x 4,8 m a objem 752 m³. Tato nádrž je pro zajištění dokonalého míchání vybavena dvěma horizontálními míchadly typu Flyght ITT SR. Aktivační směs pak z defosfatační nádrže odtéká přes přelivnou hranu do žlabu. Ve žlabu se vody rozdělují do dvou linek denitrifikace (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.5.3 Denitrifikace

Jako nádrž denitrifikace budou přestrukturovány starší z aktivačních nádrží (viz kapitola 6.4.3 Polyvalentní nádrže a nitrifikace 1 a 2), u kterých se navrhuje výměna strojního zařízení a sanace betonových konstrukcí. Do nové denitrifikační nádrže budou přitékat splaškové odpadní vody v poměru 1/3 splaškové vody z rozdělovací směšovací komory a 2/3 bude tvořit přítok aktivační směsi z anaerobní nádrže defosfatace. Dvojice původních aktivačních nádrží o vnitřním průměru 5,5 x 22,4 x 4,8 m budou sloužit jako dvě denitrifikační nádrže o objemu 2 x 586 m³. Z těchto původních aktivačních nádrží bude demontován aerační systém, který bude nahrazen novými horizontálními míchadly Flyght 2 x 2 ks (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.5.4 Nitrifikační nádrž

Tato nádrž je z roku 2009 a bude stavebně beze změny. K této nádrži bude přistavěna nová, druhá nitrifikační nádrž se stejnými parametry první nádrže. Výměna strojního zařízení bude provedena u stávající nitrifikační nádrže, druhá, nově vybudovaná nitrifikační nádrž bude vybavena novým strojním zařízením.

K nitrifikaci pak v rámci ČOV budou sloužit dvě nitrifikační nádrže o objemu 2 x 1 850 m³ a vnitřních rozměrech 17,9 x 22,4 x 4,8 m. Nádrže budou rozdělovat přepážky, které budou usměrňovat tok v nádrži do dvou koridorů. Pro vzdušňování nádrží bude zajištěno celoplošným rozmístěním jemnobublinnými membránovými elementy typu AME 350 F a propojeno potrubím vnitřní recirkulace s denitrifikací. Vnitřní recirkulaci do každé nádrže před odtokový žlab budou zajišťovat čerpadla KSB – Amarex KRTD s výtlakem, který bude zaústěn na začátek denitrifikační nádrže. Toto čerpadlo je vybaveno frekvenčním měničem pro regulaci výkonu. Celý proces nitrifikace je pak řízen za pomoci řídicího systému na základě měření kyslíkovými sondami. Z nitrifikační nádrže pak aktivační směs odtéká přes přelivnou hranu přímo do odtokového žlabu, ze kterého dále pokračuje do nového rozdělovacího objektu, který se nachází před dosazovacími nádržemi. V rámci intenzifikace se tedy u objektu nitrifikační nádrže bude provádět výstavba nového rozdělovacího objektu, výstavba nové nitrifikační nádrže vybavené novým aeračním systémem, výměna starého aeračního systému ve stávající nitrifikační nádrži za nový, osazení nových čerpadel vnitřní recirkulace 2 x KSB a nové kyslíkové sondy (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.5.5 Dosazovací nádrže

Dosazovacích nádrží se nebude týkat žádná stavební změna. Počítá se zde pouze se sanací betonových konstrukcí, repasí pojezdové dráhy a vybudováním nové třetí dosazovací nádrže s novým strojním zařízením. U dvou stávajících nádrží se počítá s výměnou strojního zařízení za nové. Z nového rozdělovacího objektu bude přitékat aktivační směs do třech nově vybudovaných nádrží o průměru 21 m, hloubky vody obvodové stěny 3,6 m, účinné plochy 3 x 346 m². Sedimentační zóna nádrží činí 867 m³ a každá nádrž má žlábek po obvodu s jednostranným přelivem. Délkou přelivné hrany všech 3 nádrží činí 61 m. Zahuštěný kal, který sedimentuje, bude gravitačně odváděn potrubím ze středové jímky do nové kalové recirkulační jímky. Pro čerpání kalu budou osazena 3 čerpadla Hidrostal s průtokem cca 35 l/s. Bude zde také vybudována nová společná jímka na plovoucí kal s čerpadlem HCP. Z dosazovací nádrže pak odseparovaná a vyčištěná voda odtéká za pomoci sběrného obvodového žlabu do odtokového potrubí, který vede do jímky vyčištěných vod. Jímka vyčištěných vod je vystrojená jako čerpací stanice pro terciální dočištění viz další

kapitola 7.5.6 Srážení fosforu, terciální dočištění a rozdělovací objekt. Z této jímky pak přes měrný objekt tečou vyčištěné vody do recipientu. Intenzifikace se v rámci dosazovacích nádrží týká výstavby nové nádrže + strojní osazení, výstavby nové kalové recirkulační jímky vratného kalu s měřením proudu vratného kalu za pomoci indukčního průtokoměru, výměny strojního zařízení ve stávajících nádrží a osazení nových čerpadel pro recirkulaci (Hidrostat 35 l/s, 6 ks a čerpadel na čerpání plovoucího kalu (HCP, 3 ks) (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.5.6 Srážení fosforu, terciální dočištění

Uskladňovací nádrž síranu železitého s dvěma dávkovacíma čerpadly pro srážení fosforu bude zachována. Nádrž se nachází na odtoku z nitrifikací do rozdělovacího objektu před dosazovacími nádržemi. V této uskladňovací nádrži budou vyměněna pouze dávkovací čerpadla. Intenzifikace ale navrhuje pro dočištění odpadních vod na odtoku vybudování nového objektu terciálního dočištění s novým strojním vybavením. Potřebná část vyčištěné odpadní vody z nové jímky vyčištěných vod bude čerpána ještě na terciální stupeň. Tento terciální stupeň bude tvořit přívodní potrubí se statickým rychlomísíčem, dvě nádrže čířiče s pomalým hydraulickým mícháním, z kterých bude voda gravitačně natékat do nového rozdělovacího objektu před dosazovacími nádržemi. Odčerpání vody z jímky vyčištěných odpadních vod budou zajišťovat čerpadla 2 + 1 s průtoky max. 32 l/s. Síran železitý jakožto koagulant bude pomocí nových dávkovacích čerpadel dávkován z nové zásobní dvouplášťové nádrže do potrubí před statický rychlomísíč. Tato nádrž bude mít objem 15 m³ a bude umístěna vedle stávající zásobní nádrže. Nádrž čířiče bude tvořena dvěma nádržemi, které budou mít užitnou hloubku 4 až 5 m a objem 115 m³. Celkový objem pak bude 230 m³. Směs vody a chemického kalu bude čerpána dále do rozdělovacího objektu před dosazovací nádrže. V této části intenzifikace týkající se srážení fosforu a terciálního dočištění se bude realizovat osazení nových čerpadel v jímce vyčištěné vody a nová čerpací stanice na terciální dočištění, vybudování nové nádrže pro mísení a číření odpadních vod o objemu 2 x 115 m³, osazení nového mísiče a míchadel čířiče a vybudování nového propojovacího potrubí do rozdělovacího objektu před dosazovací nádrž (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.5.7 Měření vypouštění odpadní vody

K účelu měření vypouštěných odpadních vod v tomto případě budou sloužit dva měrné žlaby. Tyto měrné žlaby budou měřit vypouštění odpadních vod na odtoku z dosazovacích nádrží a na obtoku z hrubého předčištění po oddělení odpadních vod. Na odtoku bude k měření osazen nový měrný žlab a na obtoku bude teprve posouzena nutnost výměny stávajícího Parshallova žlabu za nový s potřebným průtokem 240 l/s (20 % rezerva průtoku). Automatický odběr vzorků, který už je součástí měření zde bude zachován. Bude zde tedy vybudován nový objekt měření vypouštěných vod do 240 l/s. Dále zde bude provedena úprava objektu měření obtoku ČOV (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.5.8 Dmychárny I a II

Dmychadla, která zajišťují přívod vzduchu do regenerace, nitrifikací a pro biologický stupeň budou v návrhu oproti stávajícímu řešení rozdělena do dvou objektů. V současném sdruženém objektu česlovný a dmychárny, se kterým se počítá s rekonstrukcí, budou umístěna pomocná zařízení a dmychadla regenerace. Nový stavební objekt bude sloužit k umístění dmychadel nitrifikace. V tomto objektu bude Dmychárna II spojena s objektem strojního odvodnění kalu z OSS. Strojní vybavení se předpokládá kvůli stáří vyměnit za nové. Dmychadla pro účel nitrifikace budou v sestavě 2 + 2 + 1. Dvě dmychadla budou vždy provozní pro obě nitrifikační nádrže. Rezervní páté dmychadlo bude sloužit jako záskok dmychadel provozních. Dimenze dmychadel bude minimálně 1 100 m³/h a 60 kPa. Přívod vzduchu do jímky svážených odpadních vod a do regeneračních nádrží obstarají dmychadla typu KAESER v sestavě 1 + 1 + 1, kde jedno dmychadlo bude vždy provozní pro každou regenerační nádrž. Třetí dmychadlo bude sloužit jako rezerva. Dmychadla budou s dimenzí min. 250 m³/h a 60 kPa. Všechna zmíněná dmychadla budou vybavena frekvenčními měniči a protihlukovými kryty. V rámci tohoto objektu se tedy bude realizovat výstavba nového objektu dmychárny „Dmychárna II“ a budou osazena nová dmychadla KAESER 1 100 m³/h, 5 ks + FM a KAESER 250 m³/h, 3 ks (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.5.9 Automatizace, měření a regulace (MaR)

Stávající řídicí systém bude zapotřebí samozřejmě upravit a doplnit o nové technologické uzly. Toto opatření sníží nároky na manuální obsluhu a přímou kontrolu provozu. Systém měření a regulace OSS (Oxyterm Sludge System) bude zvětšen a řešen jako nezávislý a autonomní (Dubánek, Krňávek, 2018). Osoby provádějící obsluhu těchto zařízení musí splňovat podmínky spojené s příslušnou normou (ČSN 38 6405), musí být starší 18 let, jejich duševní vlastnosti musí být na úrovni odpovídající charakteru vykonávané práce (lékařská prohlídka), musí absolvovat teoretické i praktické školení na příslušném úseku zaměřené zejména na technické předpisy bezpečnostní a požární opatření a poskytování první pomoci. Tyto znalosti jsou pravidelně přezkušovány komisí. Obsluha musí být také vybavena příslušnými ochrannými pomůckami a oděvy viz příslušné normy

7.6 Kalové hospodářství – technický popis návrhu intenzifikace

Intenzifikace týkající se kalového hospodářství bude spočívat především ve zpracování přebytečného aktivovaného kalu za pomoci využití technologie OSS (Oxyterm Sludge System), která je velmi účinná a osvědčená. Tato technologie zabezpečuje kvalitu hygienizace kalu, která umožňuje jejich následující bezproblémové použití na zemědělskou půdu. Dalším kladným aspektem využití této technologie je velice účinné strojní odvodnění kalu, a to až o cca 50 %. Za pomoci technologie OSS vzniká redukce celkového objemu vyprodukovaného odvodněného čistírenského kalu, a to až zhruba o 1/3 více než v předchozí navržené standardní kalové koncepci, ve které bylo použito aerobní stabilizace (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.6.1 Nádrže na svážený aerobní přebytečný kal

Tyto nádrže zůstanou v rámci stavebních úprav v původním stavu. Předpokladem pro intenzifikace budou repase či výměna zařízení. Za účelem skladování a předúpravu svážených aerobních přebytečných kalů budou ponechány dvě stávající kruhové nádrže, které jsou zastropeny. Aerobně stabilizovaný kal je do nádrží dopravován za pomoci potrubí naskladněného kalu. Obě tyto nádrže budou zajištěné řízeným provzdušňováním za pomoci dmyhadla KAESER jakožto

zdrojem vzduchu. Toto dmychadlo zároveň slouží jako zdroj vzduchu pro nádrž kalového hospodářství. V rámci tohoto objektu bude tedy osazen nový aerační systém typu AME 260 S (2 ks), nová čerpadla kalové vody typu HIDROSTAL 3,2 l/s (2 ks), a nová čerpadla kalu taktéž od výrobce HIDROSTAL 3,8 l/s (2 ks) (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.6.2 Zahuštění kalu

K zahuštění kalu se bude využívat původní objekt strojního zahuštění a odvodnění. V rámci intenzifikace zde budou vyměněny flotační jednotky (příprava a dávkování flokulantu), které budou nahrazeny novými zařízeními. Zahuštění kalu pak bude zajišťovat nově osazený šnekový zahušťovač typu HUBERT ROTAMAT. Dále zde bude osazeno nové vřetenové čerpadlo čerpající zahuštěný kal do nádrže UN1 (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.6.3 Jímka kalové a odsazené vody

Tato jímka zůstane stavebně beze změn. Dojde zde opět k repasi a případné výměně zařízení. Do jímky kalové a odsazené vody jsou svedeny kalové vody z kalového hospodářství a flugát. Tuto směs nazýváme odsazená voda z odstředivky. Jímka je osazena čerpadlem HIDROSTAL, které bude vyměněno za nové. Výtlak tohoto čerpadla je zaústěn do spojně tlakové nádoby před regenerací kalu (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.6.4 Uskladnění a stabilizace s hygienizací OSS

Realizace návrhu intenzifikace týkající se tohoto objektu bude velice rozsáhlá. Nezbytnou součástí bude stavební úprava obou dvou stávajících reaktorů z důvodu zlepšení zabezpečení tepelné izolace dna a výstavba třetího nového reaktoru UN2. Beze změny pak zůstane vyrovnávací a vychlazovací nádrž, kterou lze využít tak, jak je. U stávajících reaktorů je však nutné vyměnit stávající zařízení. Nově vybudovaný reaktor bude osazen zařízením novým. K uskladnění kalu a jeho akumulaci zde budou využity vyrovnávací nádrž UN1 a vychlazovací nádrž UN3 a s nimi spojené strojovny. Vychlazovací nádrž UN3 bude vybavena novým dmychadlem. Do každé nádrže bude instalován nový středobublinný aerační systém. Do nádrží UN1 a UN3 bude vzduch přiveden z dmychárny strojovny stabilizace kalu OSS. Tato dmychadla

budou vyměněna za nová viz kapitola 7.5.8 Dmychárny I a II. Nově vybudovaná nádrž UN2 s reaktory R1 a R3 budou vybaveny pomaluběžným míchadlem ABS. Dále budou vybaveny samostatným sytícím recirkulačním okruhem opět s čerpadly ABS a kyslíkovým směšovačem dimenze DN 300. Samotný proces přečerpávání, což znamená v tomto případě procesní sériový průtok kalů skrz nádrže systému OSS, bude zajišťovat čerpadlo ABS, které bude umístěno ve strojovně kalové koncovky. Toto čerpadlo bude zálohované rezervním čerpadlem stejného typu osazeného na paralelní potrubní větvi. Propojovací potrubní systém vybavený nožovými ručními a elektro-šoupátky zajišťují mimo automatického průběhu stabilizace i v mimořádných provozních situacích možnost variabilního přečerpávání kalu mezi jednotlivými nádržemi. Měření výšek hladin v nádržích jsou zajišťovány pomocí tenzometrů, a teplota v reaktorech je měřena odporovým snímačem, který je osazený do stěn nádrží. Každý reaktor má recirkulační potrubí, které bude osazeno odbočkou zajišťující měření koncentrace rozpuštěného kyslíku, pH, ORP a teploty. Ovládání těchto měrných prvků zajišťuje místní samostatný řídicí systém stabilizace OSS. Tento systém umožňuje přepnutí do režimu č. I (kyslík) nebo do režimu č. II (dmychadlo a vzduch). Do systému lze vkládat základní řídicí parametry. V automatickém režimu jsou tato příslušná zařízení jednotlivě spínána dle řídicího programu stabilizace, která zajišťuje hygienizaci. Obecně tedy intenzifikace tohoto objektu zahrnuje výstavbu nového třetího reaktoru UN2, repase a izolace stávajících dvou reaktorů UN1 a UN3, nový aerační systém pro UN1 a UN2 (AME 260S), nové míchadlo pro reaktor UN2 (SCABA 3 ks), nové míchadlo pro nádrž UN3 (ABS), nové čerpadla recirkulace kalu AFC (4 ks), nové přečerpávací čerpadlo z UN1 do UN2 (2 ks), nová přečerpávací čerpadla z UN2 do UN3 (2 ks), nová šoupátka s elektropohonem (6 ks), kyslíkový směšovač (3 ks), měřící cela na ORP, O₂ a pH včetně čidel, snímání teploty a výšky kalu (3 ks) a nová autonomní řídicí jednotka (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.6.5 Autonomní zdroj kyslíku

Autonomní zdroj kyslíku bude osazen na nově zřízené betonové ploše 12 x 3 m. Jako rezerva bude v omezeném prostorovém řešení uchována stávající odpařovací stanice s kryogenním zásobníkem a stáčištěm. Hlavním zdrojem kyslíku OSS zde bude sloužit autonomní zařízení s molekulovým sítem (kyslíkový generátor). Tento

generátor vyrábí kyslík ze stlačeného vzduchu, a tak je kyslík vyráběn přímo na ČOV a odpadá tak externí dovážení kyslíku v tekutém stavu. Požadovaná minimální čistota kyslíku je 90 %, je možno zajistit čistotu kyslíku i 95 %. Zmíněný generátor bude možno umístit do objektu, který je zastřešený, nebo do kontejneru ISO. Generátor používá technologie PSA (Pressure-Swing-Adsorption), která se používá k oddělování plynů ze směsi plynu pod tlakem. Tato technologie je založena na absorpci jednotlivých složek vzduchu (především dusíku) na molekulové síti za pomoci metody proměnných tlaků. Tato stanice se skládá ze vzduchového kompresoru, filtrační a sušící jednotky, zásobníku na stlačený vzduch, kyslíkového generátoru a zásobníku na stlačený kyslík. Kyslíkový generátor se skládá z dvou tlakových reaktorů, které mají molekulové síti. Jednotlivé reaktory se střídají v provozu a v regeneraci. Intenzifikace tohoto objektu uvažuje s rekonstrukcí ploch pro generátor kyslíku v kontejneru a novým vybavením v podobě generátoru kyslíku O100 Oxywise i s kontejnerem a jeho napojení do systému (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.6.6 Strojní odvodnění kalu

Objekt týkající se strojního odvodnění kalu bude přemístěn do nově vybudovaného sdruženého objektu dmychárny II a strojního odvodnění. Samotné odvodnění již stabilizovaného kalu bude prováděno na dekantační odstředivce. Tato odstředivka bude umístěna taktéž v nově vybudovaném objektu sdruženém objektu dmychárny II spolu s odvodněním kalu, dávkovacím čerpadlem flokulantu a automatickou stanicí flokulantu. Již odvodněný kal bude akumulován do kontejneru s možností využití mezideponie na nově vybudované manipulační ploše, která bude částečně zastřešena. Z odstředivky bude odsazená voda svedena do kalové jímky a odsazené vody. Přívod vody do odstředivky a do automatické stanice na přípravu roztoku flokulantu zajistí automatická vodárna s příslušnými rozvody vody po objektu. Bude zde tedy vybudováno nové propojovací potrubí pro zahuštěný kal z OSS a kalové vody do jímky kalové a odsazené vody a zároveň zde bude osazena nová odstředivka pro 950 kg sušiny. Drobnou úpravu zde bude tvořit nově vybudovaná manipulační deponie pro odvodněný kal (Dubánek, Krňávek, 2018).

7.7 Strojní technologie a materiály

Všechna dodávaná technologická zařízení, prováděné práce a materiály na stavbě podle specifikace musí vždy vyhovovat posledním vydáním následujících norem: ČSN, EN, ISO a DIN. Konkrétně se v rámci návrhu intenzifikace musí dodržovat následující normy: ČSN 13 0010, 13 0072, 13 0300, 13 0420, 13 0725, 13 0871, 13 1022, 13 1075, 13 1180, 13 1520, 13 1530, 13 1540, 13 1550, 13 1564, 13 2605, 13 3020, 13 3060-1, 13 3060-3, 13 3503, 13 4001, 13 4202, 13 4309-2, 38 6405, 41 1375, 75 5911, 75 6401, 75 6406, 75 6415; ČSN EN 1092-1, 1092-2, 1171, 1333, 10027-1, 10027-2, 10253-1, 12201-1, 12944-5, 12982, 13480-2, 13480-3, 13480-5, 13709, 4200; ČSN EN ISO 1043-1, 1127, 6708 .Taktéž veškeré prováděné práce musí probíhat za dodržování všech norem a předpisů zákonem platných v ČR (Nařízení vlády č. 11/2002 Sb., 101/2005 148/2006 Sb., 178/2001 Sb., 362/2005 Sb., 378/2001 Sb., 494/2001 Sb., 495/2001 Sb., 591/2006 Sb.; Vyhláška č. 48/1982 Sb., 77/1965 Sb., 137/1998 Sb., 246/2001 Sb.; Zákon č. 17/1992 Sb., 20/1966 Sb., 102/2001 Sb., 174/1968 Sb., 254/2001Sb., 258/2000 Sb., 262/2006 Sb., 309/2006 Sb.; Zákon ČNR č. 100/2001 Sb., 133/1985 Sb.).

7.8 Odhad pořizovacích nákladů intenzifikace ČOV a délka realizace

Odhadované náklady na plánovanou intenzifikaci v rámci stavebních objektů a technologické změny týkající se stávající ČOV s finálním cílem navýšení stávající kapacity na možnou kapacitu 30 000 EO byly stanoveny v cenové úrovni obvyklých standardů i v rámci přihlédnutí na velký rozsah problematiky, který stanovil odborný odhad. Přesné rozpočtové náklady bude možno identifikovat až po detailním navržení řešení a zpracování projektové dokumentace v odpovídajícím stupni podrobnosti související s informacemi týkajícími se kapitoly 6 a 7 této diplomové práce. Odhad pořizovacích nákladů v rámci návrhu na intenzifikaci byl provozovatelem vodovodů a kanalizací ve městě Brandýs nad Labem – Stará Boleslav určen v rozsahu necelých 100 miliónů korun (Dubánek, Krňávek, 2018). Ze zkušenosti se reálná částka může během detailního návrhu a následné provedení realizace intenzifikace navýšit o 20 až 70 %. Celková délka realizace intenzifikace se

odhaduje minimálně na 3 roky s možností při vhodném dodržování postupu prací realizace stavby bez větších odstávek provozu čistírny.

8. Diskuze

Dle mého názoru byl návrh na intenzifikaci čistírny zpracován důkladně a technicky velmi dobře. Jedním z důvodů takto dobře zpracovaného návrhu je fakt, že návrh zpracovával provozovatel vodovodů a kanalizací ve Městě Brandýs nad Labem-Stará Boleslav, který tu působí svojí činností od roku 1991 a o této konkrétní čistírně ví opravdu úplně všechno. Otázkou je však vždy rozhodnutí investora (Město Brandýs nad Labem-Stará Boleslav), kolik finančních prostředků je ochoten v rámci řízení rozvoje města do této stavby vložit. Návrh intenzifikace čistírny odpadních vod byl vypracován a schválen na 30 000 EO. Jeho realizace byla zahájena v roce 2023 s předpokládaným koncem výstavby 2026. Nicméně už teď víme, že v rámci aktuálně realizované výstavby nových bytových domů a rezidenčních komplexů v rámci tohoto dvouměstí bude svým zatížením na hraně kapacity objemu nově modernizované ČOV. Intenzifikace této čistírny odpadních vod se tedy bude muset v dohledné době řešit znovu. Je velká škoda, že politika a působení jednotlivých politických období a osob na určitých politických postech zamezuje zdravému úsudku a přemýšlení nad budoucností města a jejich občanů v delším časovém horizontu. Když tedy opomenou politické záležitosti, návrh na intenzifikaci čistírny zahrnuje mimo zvýšení kapacity objemu i její dopad na životní prostředí. V tomto ohledu hrají opět roli finance a schopnost investora skrze své administrativní a finanční prostředky či dotace z EU naplnit při návrhu intenzifikace co nejvyšších požadavků na udržitelnost a vliv stavby na životní prostředí. V návrhu se mimo zpřísněnou legislativu týkající se vyčištěné vody vypouštěné do recipientu (Labe) a použití technologie dle BAT uvažuje pouze v možné vzdálené budoucnosti s instalací kolektorů nápomocných k přechodu provozu ovládacího a provozního systému čistírny na obnovitelný zdroj energie. Tato varianta se ale dle návrhu uvažuje pouze za předpokladu, jestliže se zpřísní legislativní požadavky na hygienizaci vyčištěné odpadní vody na odtoku. Pak by zde totiž musely být instalovány UV zářiče, které budou svou spotřebou elektrické energie velice zatěžovat chod čistírny. Dle mého názoru by se nad instalací kolektorů a přechodem provozu čistírny na obnovitelné zdroje energie mělo uvažovat i mimo nátlak legislativy, realita je bohužel jiná. Možnost výstavby vlastní kompostárny či bioplynové stanice v rámci čistírny byla prozatím vyloučena z důvodu blízkosti občanské zástavby. I tento problém by se dal

vyřešit za pomoci stavebních úprav, fungující navržené technologie a správného odvětrání. Ve všem bohužel hrají roli již zmíněné finance a snaha investorů.

9. Závěr a přínos práce

Tato diplomová práce byla vytvořena jakožto studie intenzifikace ČOV na základě analýzy provozních údajů ČOV z let 2017 až 2018, z dostupných dat monitorovací kampaně provedené od 14. až 27. 5. 2018 a technologických výpočtů stávajícího a navrhovaného zatížení ČOV. Závěrem této práce je výsledek ve formě poznatku, že stávající kapacita ČOV je nevyhovující a nedostatečná při aktuálním vývoji městské aglomerace města Brandýs nad Labem – Stará Boleslav. Nedostatečná kapacita čistírny výrazně omezuje budoucí rozvoj aglomerace města. Z tohoto důvodu byl projekt intenzifikace a zpracování technicko-ekonomické studie ČOV zařazen jako priorita rozvoje města. Návrh intenzifikace má zajišťovat zkapacitnění a modernizaci stávající čistírny z 20 000 EO na cílovou kapacitu 30 000 EO. Toto zvýšení kapacity vychází z územního plánu města.

1. Kapitola 7.1. Technologické výpočty při zatížení 30 000 EO obsahuje technologické výpočty zaměřené na určení látkových, objemových a průtokových parametrů ČOV Brandýs nad Labem v návrhové kapacitě 30 000 EO. Z těchto technologických výpočtů následně vychází návrh technologie intenzifikace čistírny.
2. Závěrečná koncepce navrhované technologie, která je podrobně popsána v kapitole 7.2. Návrh a koncept intenzifikace na 30 000 EO vycházela z maximálního možného využití původních stavebních objektů s finálním cílem o dosažení kvality odtoku z čistírny v úrovni BAT (Best Available Technology). Stávající systém R-D-N (Regenerace-Denitrifikace-Nitrifikace) byl návrhem intenzifikace změněn na systém R-An-D-N (Regenerace-Aerace-Denitrifikace-Nitrifikace), který má výhodnější vlastnosti při odstraňování nutrientů. Systém R-An-D-N má zpřísněné limity, které zřejmě zapříčiní v budoucnu zpoplatnění, které zaplatí uživatelé. Technologické výpočty a nově navrhované stavební objekty a jejich dispozice vycházejí z návrhu komplexního řešení zahrnujícího navýšení kapacity mechanického předčištění přiváděných odpadních vod, výměnu a modernizaci původního zařízení, navýšení objemu aktivačního systému, oddělení kalu a zkapacitnění

kalové koncovky jejímž cílem je snížit na co nejmenší úroveň manuální činnost vykonávanou obsluhou a zefektivnění dohledu.

3. Technický popis navrhované intenzifikace v kapitolách 7.3. Přítok splaškových vod, 7.4. Mechanické předčištění. 7.5. Aktivační část a 7.6. Kalové hospodářství spočívají především v úpravách zahrnující stavební část, sanace stávajících zařízení, výstavba nových stavebních objektů s propojovacím potrubím o vhodné dimenzi a vybudování nových manipulačních ploch sloužící k dočasnému uskladnění strojně odvodněného kalu. Velmi prospěšnou částí intenzifikace je přechod na technologii OSS v rámci kalového hospodářství viz kapitola 7.6., která zajišťuje až o 50 % větší účinnost odvodnění kalu než stávající řešení. Nedílnou součástí návrhu intenzifikace je i oprava komunikací, osvětlení, oplocení areálu a rekonstrukce stávající trafostanice, kterou ale tato diplomová práce neřeší z důvodu zaměření práce spíše na technologie a kapacity. U čistírny odpadních vod se v budoucnu také počítá s instalací zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie (kolektory) a v úvahu také připadá při zpřísnění požadavků na hygienizaci vyčištěné odpadní vody na odtoku s montáží UV zářiče. Vlastní kompostárna či bioplynové stanice v rámci čistírny byly prozatím vyloučeny z důvodu blízkosti občanské zástavby.
4. Odhadovaná cena plánované intenzifikace viz kapitola 7.7. Odhad pořizovacích nákladů intenzifikace byla odborným odhadem stanovena na necelých 100 milionů korun. Konečná cena však bude přesněji určena po vypracování detailní projektové dokumentace určené k realizaci díla. Realizace intenzifikace se odhaduje minimálně na 3 roky.

10. Přehled literatury a použitých zdrojů

Aquaconsult Brno, DUIS Brno, 1993: Projekt intenzifikace ČOV Prostějov, Brno.

AQUA PROCON s.r.o., 2020: DÚR + DSP – Intenzifikace a zkapacitnění ČOV Brandýs n. Labem, A_PRŮVODNÍ ZPRÁVA, 3 s., „nepublikováno“. Dep.: Město Brandýs nad Labem – Stará Boleslav; AQUA PROCON s.r.o.

AQUA PROCON s.r.o., 2020: DÚR + DSP – Intenzifikace a zkapacitnění ČOV Brandýs n. Labem, B_SOUHRNNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA, 5 s., „nepublikováno“. Dep.: Město Brandýs nad Labem – Stará Boleslav; AQUA PROCON s.r.o.

AQUA PROCON s.r.o., 2020: DÚR + DSP – Intenzifikace a zkapacitnění ČOV Brandýs n. Labem, C Situační výkres širších vztahů, 1 s., „nepublikováno“. Dep.: Město Brandýs nad Labem – Stará Boleslav; AQUA PROCON s.r.o.

Barnard J. L., Randal C. W., Stensel H., 1992: Design and Retrofit of Wastewater Treatment Plants for Biological Nutrient Removal, Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, U.S.A.

Český statistický úřad, 2006: Historický lexikon obcí České republiky – 1869-2005, D91 IV, Český statistický úřad, Praha.

Český statistický úřad, 2023: Počet obyvatel v obcích – k 1.1.2023 (online) [cit. 2024.03.11], dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112023>>.

ČÚZK, 2024: Geoportál ČÚZK, Geoprohlížeč (online) [cit. 2024.03.11], dostupné z <<https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>>.

Daiger, Glen T., 1992: Upgrading Wastewater treatment Plants, Pa: Technomic Pub, Lancaster.

Design and Operation of Large Wastewater treatment Plants, 1923-1988: Vienna, Austria 1923, Pergamon Press, 1984 Developments in Design and Operation of Large Wastewater Treatment Plants: IAWPRC workshop Budapest, Hungary, 14-18 September 1987, Pergamon Press 1988.

Drnek K., 2020: Historie vodárenského a kanalizačního oboru (on-line) [cit. 2024.24.1], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/21071-historie-vodarenskeho-a-kanalizacniho-oboru>>.

Dubánek V., Krňávek B., 2018: ČOV Brandýs nL – TES intenzifikace 30 000 EO 10_2018, Praha.

Ebel M., Hulec M., Kroftová K. [eds], 2022: Tradiční stavitelství za císaře Franze Josefa, Praha: ČVUT v Praze.

Hlavínek P., 1996: Metodika návrhu intenzifikací čistíren odpadních vod, habilitační práce, leden 1996, Brno.

Hlavínek P., Novotný D., 1996: Intenzifikace čistíren odpadních vod, NOEL 2000 s.r.o., Brno.

Horníčková E., Pekárková V., Šolcová D., 2002: Historie kanalizací, Dějiny odvádění a čištění odpadních vod v Českých zemích, MILPO MEDIA s.r.o., Praha.

Internacional institut for hydraulice and enviromental engineering – cyklus přednášek – Modul I, Delft, 1991.

Městské listy, oficiální noviny Brandýs nad Labem-Stará Boleslav, leden 2024

Městské listy, oficiální noviny Brandýs nad Labem-Stará Boleslav, únor 2024

Městské listy, oficiální noviny Brandýs nad Labem-Stará Boleslav, březen 2024

PROJEKT IV s.r.o., 2011: Technologické řešení městské ČOV intenzifikace ČOV Brandýs nad Labem, 8.1 Přehledná situace, 1 s., „nepublikováno“. Dep.: *Město Brandýs nad Labem – Stará Boleslav; PROJEKT IV s.r.o.*

Tempus konference, 1992: Čištění odpadních vod – sborník přednášek, KZI FS ČVUT, IHE Delft, Praha, 7.-11. 9. 1992.

U.S. Enviromental Protection Agency, 1989: Handbook – Retrofitting POTWs, U.S.EPA, EPA, Washington, D.C.

| | |
|-------------|---|
| ČSN 05 0610 | Svařování. Bezpečnostní ustanovení pro svařování a řezání kovů plamenem |
| ČSN 13 0010 | Potrubí a armatury. Jmenovité tlaky a stupně |
| ČSN 13 0072 | Potrubí. Označování potrubí podle provozní tekutiny |
| ČSN 13 0300 | Potrubí. Materiál pro normalizované součásti potrubí |
| ČSN 13 0420 | Potrubí. Povrchová ochrana potrubí pro přepravu a skladování |
| ČSN 13 0725 | Potrubí třmeny pro potrubí |
| ČSN 13 0871 | Potrubí. Stojany kotvení |
| ČSN 13 1022 | Potrubí. Svařování a bezešvé trubky z ocelí třídy 17 pro potrubí. Konstrukční požadavky |
| ČSN 13 1075 | Potrubí. Úprava konců součástí potrubí pro svařování |
| ČSN 13 1180 | Potrubí a armatury. Záslepky potrubí PN 6 až PN 40 |
| ČSN 13 1520 | Potrubí. Svorníkové šrouby pro přírubové spoje potrubí. Rozměry |
| ČSN 13 1530 | Potrubí. Šestihranné matice vysoké pro přírubové spoje potrubí. Rozměry |
| ČSN 13 1540 | Potrubí a armatury. Kruhové podložky s kulovou dosedací plochou |
| ČSN 13 1550 | Potrubí a armatury. Kovové příruby. Tvary a rozměry těsnění |
| ČSN 13 1564 | Potrubí a armatury. Vlnité těsnící kroužky s vložkou. Technické předpisy |

| | |
|----------------|--|
| ČSN 13 2605 | Potrubí. Svařované oblouky z trubek. Technické dodací předpisy |
| ČSN 13 3020 | Průmyslové armatury. Materiál na hlavní součásti. Technické požadavky a podmínky použití |
| ČSN 13 3060-1 | Armatury průmyslové. Technické předpisy. Všeobecná ustanovení |
| ČSN 13 3060-3 | Armatury. Armatury průmyslové. Technické předpisy. Balení, doprava, skladování, montáž a opravy |
| ČSN 13 3503 | Průmyslové armatury. Ventily s regulační kuželkou. Technické dodací předpisy |
| ČSN 13 4001 | Průmyslové armatury. Ventily zpětné. Technické předpisy |
| ČSN 13 4202 | Průmyslové armatury. Zpětné a koncové klapky. Technické dodací předpisy |
| ČSN 13 4309-2 | Průmyslové armatury. Pojistné ventily. Část 2: Technické požadavky |
| ČSN 38 6405 | Plynová zařízení. Zásady provozu |
| ČSN 41 1375 | Ocel 11 375 |
| ČSN 75 5911 | Tlakové zkoušky vodovodního a závlahového potrubí |
| ČSN 75 6401 | Čistírny odpadních vod pro ekvivalnetní počet obyvatel (EO) větší než 500 |
| ČSN 75 6406 | Nakládání s odpadními vodami ze zdravotnických zařízení (ZZ) vypouštěnými do stokové sítě pro veřejnou potřebu |
| ČSN 75 6415 | Plynové hospodářství čistíren odpadních vod |
| ČSN EN 10027-1 | Designation systems for steels – Part 1: Steel names |
| ČSN EN 10027-2 | Designation systems for steels – Part 2: Numerical system |
| ČSN EN 10253-1 | Butt-welding pipe fittings – Part 1: Wrought carbon steel for general use and without specific inspection requirements |
| ČSN EN 1092-1 | Flanges and their joints – Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, ON designated – Part 1: Steel flanges |
| ČSN EN 1092-2 | Flanges and their joints – Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, ON designated – Part 2: Iron Flanges |
| ČSN EN 1171 | Industrial valves – Část iron gate valves |

- ČSN EN 12201-1 Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure – Polyethylene (PE) – Part:1 General
- ČSN EN 12944-5 Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part5: Protective paint systems
- ČSN EN 12982 Industrial valves – End-to-end-and centre-to-end dimensions for butt welding end valves
- ČSN EN 1333 Flanges and their joints – Pipework components – Definition and selection of PN
- ČSN EN 13480-2 Metallic industrial piping – Part 2: Materials
- ČSN EN 13480-3 Metallic industrial piping – Part 3: Design and calculation
- ČSN EN 13480-5 Metallic industrial piping – Part 5: Inspection and testing
- ČSN EN 13709 Industrial valves – Steel globe and globe stop and check valves
- ČSN EN ISO 1043-1 Plastics – Symbols and abbreviated terms – Part 1: Basic polymers and their special characteristics
- ČSN EN ISO 1127 Stainless steel tubes – Dimensions, tolerances, and conventional masses per unit length
- ČSN EN ISO 6708 Pipework components – Definition and selection of DN (nominal size)
- ČSN ISO 4200 Trubky ocelové svařované a bezešvé s hladkými konci. Všeobecné tabulky rozměrů a hmotností na jednotku délky
- Nařízení vlády č. 101/2005 Sb., o podrobnějších požadavcích na pracovišti a pracovní prostředí
 - Nařízení vlády č. 11/2002 Sb., kterým se stanoví vzhled a umístění bezpečnostních značek a zavedení signálů, ve znění pozdějších předpisů
 - Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
 - Nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, ve znění pozdějších předpisů
 - Nařízení vlády č. 362/2005 Sb., o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovišti s nebezpečím pádu z výšky nebo hloubky
 - Nařízení vlády č. 378/2001 Sb., kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí

- Nařízení vlády č. 494/2001 Sb., kterým se stanoví způsob evidence, hlášení a zasílání záznamu o úrazu, vzor záznamu o úrazu a okruh orgánů a institucí, kterým se ohlašuje pracovní úraz a zasílá záznam o úrazu
- Nařízení vlády č. 495/2001 Sb., kterým se stanoví rozsah a bližší podmínky poskytování osobních ochranných pracovních prostředků, mycích, čistících a dezinfekčních prostředků
- Nařízení vlády č. 591/2006 Sb., o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništi souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška ČBÚ č. 48/1982 Sb., kterou se stanoví základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška Ministerstva stavebnictví č. 77/1965 Sb., o výcviku způsobilosti a registraci obsluh stavebních strojů
- Vyhláška Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)
- Zákon č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobků a o změně některých zákonů (zákon o obecné bezpečnosti výrobků), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 174/1968 Sb., o státním odborném dozoru nad bezpečností práce, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci)
- Zákon ČNR č. 100/2001 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů

- Zákon ČNR č. 133/1985 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění pozdějších předpisů

11. Přílohy

- Obrázek č. 1: Čistírna odpadních vod v Praze-Bubenči
- Obrázek č. 2: Čistírna odpadních vod v Mladé Boleslavi – letecký snímek z období povodní 10. 3. 2000
- Obrázek č. 3: Typické scénáře růstu ČOV
- Obrázek č. 4: Brandýs nad Labem-Stará Boleslav poloha města vůči hlavnímu městu Praha
- Obrázek č. 5: Situace širších vztahů – ČOV Brandýs nad Labem – Stará Boleslav
- Obrázek č. 6: Dispozice stávající ČOV 20 000 EO
- Obrázek č. 7: Přehledná situace technologického zařízení stávající ČOV 20 000 EO
- Obrázek č. 8: Výřez se situace kanalizačního řádu, ČS1 (ČS I – Brandýs), ČS2 (ČS VII – Boleslav)
- Obrázek č. 9: Sdružený objekt pro mechanické předčištění a dmychárnu
- Obrázek č. 10: Strojně stírané česle, česlicový kanál s obtokem a ruční stavítka na obtokových žlabech
- Obrázek č. 11: Strojně stírané česle, česlicový kanál s obtokem a ruční stavítka na obtokových žlabech
- Obrázek č. 12: Vertikální lapák písku – pračka písku
- Obrázek č. 13: Regenerační nádrže – regenerace kalu
- Obrázek č. 14: Denitrifikační nádrž
- Obrázek č. 15: Nitrifikace 1 a 2 – Polyvalentní nádrže
- Obrázek č. 16: Nitrifikace 1 a 2 – Polyvalentní nádrže
- Obrázek č. 17: Dávkovací souprava síranu železitého ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)
- Obrázek č. 18: Dosazovací nádrž – zde dochází k separaci kalu
- Obrázek č. 19: Rozdělující a recirkulační jímka
- Obrázek č. 20: Měrné objekty vypouštěné odpadní vody – na odtoku a obtoku ČOV
- Obrázek č. 21: Objekty kalového hospodářství s OSS
- Obrázek č. 22: Flotační jednotka k zahušťování kalu

- Obrázek č. 23: Vyrovnávací (UN1) a vychlazovací (UN3) nádrž s reaktory R1 a R2 (OSS) a odpařovací stanice kyslíku (vlevo)
- Obrázek č. 24: Odvodnění kalu (strojní) – odstředivka ALDEC 30 a kontejner na odvodněný kal
- Obrázek č. 25: Displej řídicího systému ČOV Brandýs
- Obrázek č. 26: ČOV po navrhované intenzifikaci – Zjednodušené technologické schéma
- Tabulka č. 1: Faktory návrhu intenzifikace a jejich způsoby řešení
- Tabulka č. 2: Předpokládané hodnoty na odtoku pro jednotlivé technologie čištění
- Tabulka č. 3: Monitorovací výsledky hydraulického a látkového zatížení
- Tabulka č. 4: Průtok odpadních vod na ČOV
- Tabulka č. 5: Znečištění odpadních vod na ČOV
- Tabulka č. 6: Technologický výpočet ČOV při aktuálním průměrném zatížení
- Tabulka č. 7: Maximální stávající zatížení ČOV – průtok odpadních vod
- Tabulka č. 8: Maximální stávající zatížení ČOV – znečištění odpadních vod
- Tabulka č. 9: Maximální stávající zatížení ČOV – znečištění odpadních vod
- Tabulka č. 10: Průtok odpadních vod 30 000 EO – technologické výpočty
- Tabulka č. 11: Znečištění odpadních vod 30 000 EO – technologické výpočty
- Tabulka č. 12: Navrhované zatížení ČOV při znečištění odpadních vod 30 000 EO
- Tabulka č. 13: Výpočet produkce kalu ČOV při znečištění odpadních vod 35 000 EO – technologický propočet
- Graf č. 1: Vývoj látkového zatížení ČOV Brandýs v ukazateli BSK₅ v roce 2017
- Graf č. 2: Vývoj průtoků odpadních vod na ČOV Brandýs v průběhu monitoringu 14. až 27. května 2018
- Graf č. 3: Vývoj průtoků odpadních vod na ČOV Brandýs v průběhu monitoringu 14. až 27. května 2018
- Graf č. 4: Přítok organického znečištění na ČOV v průběhu monitoringu 14. až 27. května 2018
- Graf č. 5: Forma znečištění ČOV v rámci monitorovací kampaně
- Graf č. 6: Přítok dusíku a fosforu na ČOV
- Graf č. 7: Látkové zatížení ČOV během monitorovací kampaně