

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel



**Fakulta životního
prostředí**

Vyhodnocení provozu a účinnosti čištění ČOV

Litvínov

Diplomová práce

Vedoucí práce: Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka

Autor: Bc. Ladislav Süss

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ladislav Süss

Voda v krajině

Název práce

Vyhodnocení provozu a účinnosti čištění ČOV Litvínov

Název anglicky

Evaluation of the operation and cleaning efficiency of the Litvínov wastewater treatment plant

Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce je vyhodnotit účinnost biologického čištění čistírny odpadních vod Litvínov a porovnat hodnoty BSK₅, CHSK, N_{celk}, P_{celk}, a NL na vstupu do čistírny a na výstupu do čistírny, kdy je voda vypouštěna do povrchové vody, řeky Bíliny. Jednotlivé výsledky budou následně porovnány s „Povolením pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových“ vydaného pro ČOV Litvínov, které je pro čistírnu závazné a stanovuje emisní limit jako minimální účinnost čištění. Dále vyhodnotit výsledky a jako doplňující údaj porovnat s hodnotami účinnosti čištění dle ekvivalentního obyvatele (EO) v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Dílčími cíli diplomové práce je sepsání literární rešerše, která se bude věnovat stručné historii využívání vody, stokování a čištění odpadních vod. Dále rozdělení typů odpadních vod a jejich typické složení, rozdělení stokové soustavy a kanalizační soustavy Litvínova. Podrobně bude popsána ČOV Litvínov.

Metodika

Prvním krokem při tvorbě diplomové práce bude seznámení s problematikou čištění odpadních vod. Bude vypracována literární rešerše o jednotlivých typech odpadních vod, stokování a stokové soustavy a podrobně popsáno bude také čištění odpadních vod. Další část diplomové práce se bude věnovat čistírně odpadních vod Litvínov, kde bude podrobně popsáno čištění odpadních vod. Závěr práce se bude věnovat vyhodnocení provozu a účinnosti čištění na ČOV Litvínov.

Doporučený rozsah práce

cca 50 normovaných stran textu bez příloh

Klíčová slova

ČOV Litvínov, čištění odpadních vod, odpadní vody, stokování

Doporučené zdroje informací

1. Bindzar, J. a kol. 2009: Základy úpravy a čištění vod. VŠCHT, Praha.
2. Chudoba, J., Dohányos, M., Wanner, J. 1991: Biologické čištění odpadních vod. SNTL Praha.
3. Pitter, P. 2009: Hydrochemie. VŠCHT, Praha.
4. Richter, M. 2005: Technologie ochrany životního prostředí. Ochrana čistoty vod. 1. část. FŽP UJEP, Ústí nad Labem.
5. Synáčková, M. 2014: Vodárenství a stokování. ČZU, Praha

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Konzultant

Ing. Radek Klíč

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2024

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 13. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 13. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: *Vyhodnocení provozu a účinnosti čištění ČOV Litvínov* vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, 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 vědom, 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 verzi tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Ústí nad Labem dne 16. 3. 2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Jakubu Štibingerovi, CSc., za jeho cenné rady, připomínky a čas, který mi věnoval při vypracování diplomové práce. Dále chci vyjádřit poděkování Dr. Ing. et Ing. Miroslavu Kravkovi za jeho vedení při dokončení diplomové práce. Také bych rád poděkoval technologce odpadních vod společnosti Severočeská servisní, paní Ing. Martině Macurové, a zvláště panu Mgr. Ladislavu Turbákovi ze Scholy Humanitas. Za odborné konzultace v průběhu psaní diplomové práce chci poděkovat Ing. Heleně Kabíčkové a Ing. Martinu Kadeřábkovi. Děkuji rovněž všem zaměstnancům společnosti Severočeské vodovody a kanalizace, kteří mi poskytli informace a data k diplomové práci. Mé díky patří všem, kteří mi během studia pomáhali a konzultovali mou diplomovou práci při zpracování.

Abstrakt

V diplomové práci se zabývám vyhodnocením provozu a účinnosti čištění odpadních vod na čistírně odpadních vod Litvínov. V první části diplomové práce se věnuji literární rešerši, která obsahuje rozdělení odpadních vod, stokové soustavy, systémy stokových sítí, obecně procesu čištění odpadních vod, související legislativou a stanovovaných ukazatelů znečištění v odpadních vodách. V druhé části diplomové práce se pak věnuji čistírně odpadních vod Litvínov. Popisuji zde celý technologický proces čištění odpadních vod. Dále se pak věnuji vyhodnocení provozu a účinnosti čištění na ČOV Litvínov. Vyhodnocenými parametry čištění jsou $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , NL , N_{celk} a P_{celk} . Porovnávám průměrná roční data z období 2017-2022. Roční bilanci na odtoku porovnávám s platným povolením k vypouštění odpadních vod vydaného pro ČOV Litvínov. Vypočítanou účinnost čištění porovnávám s hodnotami minimální účinnosti čištění v nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Klíčová slova: odpadní vody, čistírna odpadních vod, Litvínov, vyhodnocení provozu, účinnost čištění

Abstract

In my diploma thesis, I deal with the evaluation of the operation and efficiency of wastewater treatment at the Litvínov wastewater treatment plant. In the first part of the diploma thesis, I am devoted to literature research, which includes the distribution of wastewater, sewage systems, systems of sewage networks, the process of wastewater treatment in general, the related legislation and established indicators of pollution in wastewater. In the second part of the diploma thesis, I focus on the Litvínov wastewater treatment plant. Here I describe the entire technological process of wastewater treatment. I then focus on evaluating the operation and cleaning efficiency at the Litvínov WWTP (wastewater treatment). The evaluated cleaning parameters are COD (chemical oxygen demand) by potassium dichromate, BOD₅ (biochemical oxygen demand), SS (suspended solids), N_{tot} (total nitrogen) and P_{tot} (total phosphorus). I am comparing average annual data from the period 2017-2022. I compare the annual discharge balance with the valid wastewater discharge permit issued for the Litvínov WWTP. I compare the calculated cleaning efficiency with the minimum cleaning efficiency values in Government Regulation No. 401/2015 Coll.

Keywords: wastewater, wastewater treatment plant, Litvínov, evaluation of operation, efficiency of treatment

Seznam použitých zkratk

ČOV	čistírna odpadních vod
OK	odlehčovací komora
OV	odpadní vody
EO	ekvivalentní obyvatel
BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku 5denní
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
CHSK _{Cr}	chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným
N _{celk}	dusík celkový
P _{celk}	fosfor celkový
NL	nerozpuštěné látky
N-NH ₄ ⁺	amoniakální dusík
P-PO ₄ ³⁻	orthofosforečnany
LDO	luminescent dissolved oxygen (luminiscenční rozpuštěný kyslík)
R	regenerace
N	nitrifikace
AR	anaerobní regenerace
AS	anaerobní selektor
D	denitrifikace
SčVK	Severočeské vodovody a kanalizace
SVS	Severočeská vodárenská společnost
PVK	Pražské vodovody a kanalizace
NV	Nařízení vlády

Obsah

1. Úvod.....	12
2. Cíle práce	15
3. Metodika	15
4. Literární rešerše.....	16
4.1 Odpadní vody	16
4.1.2 Komunální odpadní vody.....	17
4.1.3 Průmyslové odpadní vody.....	18
4.1.4 Srážkové vody.....	19
4.1.5 Balastní vody.....	19
4.2 Stokové soustavy.....	20
4.2.1 Jednotná stoková soustava	20
4.2.2 Oddělená (oddílná) stoková soustava.....	21
4.2.3 Stoková soustava kombinovaná	22
4.3 Systémy stokových sítí.....	23
4.3.1 Úchytný systém.....	23
4.3.2 Větevový systém	24
4.3.3 Radiální (dostředný) systém.....	24
4.3.4 Pásmový systém.....	25
4.3 Čištění odpadních vod.....	25
4.3.1 Předčištění a mechanické čištění odpadních vod.....	25
4.3.2 Biologické čištění odpadních vod	27
4.3.3 Terciární čištění odpadních vod.....	29
4.3.4 Zpracování čistírenských kalů.....	30
4.3.5 Vypouštění odpadních vod do vod povrchových.....	30
4.4 Legislativa.....	31

4.5 Sledované látky v odpadních vodách.....	35
4.6 Stanovované ukazatele znečištění v odpadních vodách.....	36
4.6.1 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK ₅).....	36
4.6.2 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK).....	36
4.6.3 Celkový dusík (N _{celk}).....	36
4.6.4 Celkový fosfor (P _{celk}).....	37
4.6.5 Nerozpuštěné látky (NL).....	37
4.6.6 pH.....	37
4.6.7 Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺).....	38
4.7 Stanovené hodnoty ukazatelů pro znečišťující látky.....	38
5. Charakteristika zájmového území.....	41
5.1 Geomorfologie.....	42
5.2 Geologie.....	43
5.3 Klimatické poměry.....	44
5.4 Hydrologie.....	44
5.5 Pedologické poměry.....	45
5.6 Krajinový pokryv.....	45
6. Čistírna odpadních vod Litvínov.....	46
6.1 Základní údaje o ČOV Litvínov.....	46
6.2 Kanalizační soustava Litvínova.....	46
6.4 Popis funkce jednotlivých částí ČOV Litvínov.....	48
6.4.1 Mechanické čištění.....	48
6.4.2 Biologické čištění.....	49
6.4.3 Kalové hospodářství.....	52
6.4.4 Plynové hospodářství.....	53
6.4.5 Tepelné hospodářství.....	54

6.4.6 Chemické hospodářství	55
7. Vyhodnocení provozu a účinnosti čištění ČOV Litvínov	56
8. Diskuse	65
9. Závěr	67
10. Seznam použitých zdrojů	69
11. Seznam tabulek	76
12. Seznam obrázků	77
13. Přílohy	79

1. Úvod

Význam kvalitní pitné vody pro městské obyvatelstvo si lidé uvědomovali už od starověku. Přesto důležitost správné hygieny pro ochranu veřejného zdraví nebyly pochopeny moderními městy až do 19. století. Počátky nakládání s odpadními vodami se datují do období již před 5000 lety. V Athénách, Olympii, Samosu, Milétu a Alexandrii byly vybudovány odvodňovací systémy.

Úroveň odvádění a způsob nakládání s odpadními vodami často vypovídá o kulturním, technickém a ekonomickém stupni rozvoje dané společnosti. Prvním pokrokem v oblasti nakládání s odpadními vodami v historii lidstva bylo uvědomění si souvislosti mezi odpadní vodou a možností šíření epidemií, které vedlo k pokusům o odvádění odpadních vod do vod povrchových. Zdrojem pitné vody byly tehdy především studny, proto bylo vypouštění splašků do vod povrchových v dané situaci nejjednodušším řešením. Problém s odpadními vodami se tak přenesl z měst a sídelních útvarů do vodních toků. Rozvoj průmyslu a zvýšené nároky na spotřebu pitné vody vedly k nutnosti systematicky se zabývat kvalitou a využíváním povrchové vody a také ovlivňování podzemní vody vodou povrchovou. Dalším významným krokem bylo hledání, jak odpadní vody čistit a poté vracet zpět do přírody. Prvními doloženými pokusy čistit odpadní vody jsou doloženy z období antiky. Byly to metody, které dnes známe pod pojmem přírodní procesy čištění.

S vysokou mírou industrializace a urbanizace v průběhu 18. století, která předcházela a doprovázela průmyslovou revoluci, došlo k uvědomění si důležitosti likvidace odpadů a odpadních vod. Myšlenka, že existuje způsob, jak čistit odpadní vodu pomocí mikroorganismů, se postupně začala objevovat koncem 19. století. V roce 1870 zjistil Edward Frankland základní principy filtrace přes půdu, na čemž závisela velká část postupného vývoje, který vedl ke konceptu skrápěcího filtru. V 19. století byl nejrychlejší rozvoj čistírenství zaznamenán v Anglii, která se v té době potýkala s problémy, který způsoboval rostoucí průmysl a koncentrace obyvatelstva. Na kontinentě se čištění odpadních vod nejrychleji rozvíjelo v Německu. V Rakousku-Uhersku dospěla situace na přelomu 19. a 20. století do takového stadia, kdy bylo nutno zahájit čištění odpadních vod vypouštěných z městských kanalizací. Za zlom ve vývoji čistírenských technologií, bylo objevení principu aktivačního procesu, který byl poprvé popsán v Manchesteru ve Velké Británii, chemiky Ardernem a Lockettem.

Krátce po skončení 1. světové války vypukly patentové spory okolo priority řešení některých technických detailů procesu. Skutečný rozmach procesu v celosvětovém měřítku nastal tak až po skončení 2. světové války, po vypršení platnosti sporných patentů. První doloženou zmínkou v oblasti nakládání s odpadními vodami na našem území je z roku 1310. Šlo o odkanalizování domu hradčanského probošta v Praze, který se nacházel v dnešní Nerudově ulici. Až do začátku 19. století se však nedá hovořit o systematickém odkanalizování. Prvních 44 km stokové sítě bylo vybudováno v letech 1818-1828. V roce 1889 je vypsána soutěž na odkanalizování města Prahy a výstavbu čistírny, kterou připravoval William Heerlein Lindley. Vybudována byla čistírna s mechanickým stupněm čištění odpadních vod, která v té době patřila mezi nejmodernější na kontinentě.

Stará čistírna odpadních vod v Praze-Bubenči byla uvedena do provozu v roce 1906 a sloužila k čištění většiny odpadních vod města Prahy až do roku 1967, kdy byla na Císařském ostrově uvedena do provozu největší aktivační čistírna ve střední Evropě – Ústřední čistírna odpadních vod. V naší republice se dříve věnovalo nejvíce pozornosti výstavbě vodovodní sítě, čištění odpadních vody se zanedbávalo. V tehdejší Československu se v meziválečném období postavila pouze jedna demonstrační aktivační čistírna v Praze-Jinonicích. Skutečný vývoj i teoretické poznávání různých stránek procesu nastaly v plné míře rovněž až počátkem 50. let 20. století. Dalším důvodem k rozvoji bylo vytvoření legislativy, přijetí zákona o vodách v roce 1973 (Broncová, 2002; Hlavínek, 2003; Sojka, 2004; Kolektiv autorů, 2006; Vuorinen 2007; Lofrano, 2010; Wanner, 2015; Časopis Stavebnictví, 2019).



Obr. 1: Stará čistírna odpadních vod v Praze-Bubenči (zdroj: autor).

V první části diplomové práce je vypracována literární rešerše, kde jsou popsány jednotlivé druhy odpadních vod, popsáno stokování a stokové soustavy. Dále je popsáno čištění odpadních vod od jejich předčištění až po vypouštění vyčištěné vody do vodního toku. Pozornost je věnována také legislativě v oblasti nakládání s odpadními vodami. Druhá část práce se věnuje čistírně odpadních vod Litvínov, kde jsou podrobně popsány jednotlivé technologie čištění odpadních vod. Dále je popsána historie a charakteristika zájmového území a také kanalizační soustava nacházející se v Litvínově. V závěru práce bude vypracováno vyhodnocení provozu a účinnosti čištění na ČOV Litvínov.

2. Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce je vyhodnotit účinnost biologického čištění čistírny odpadních vod Litvínov. Porovnat hodnoty BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, N_{celk} , P_{celk} a NL na vstupu do čistírny a na výstupu z čistírny, kdy je voda vypouštěna do povrchové vody, řeky Bíliny. Jednotlivé výsledky budou následně porovnány s „Povolením pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových“ vydaného pro ČOV Litvínov, které je pro čistírnu závazné a stanovuje emisní limit jako minimální účinnost čištění. Dále vyhodnotit výsledky a jako doplňující údaj porovnat s hodnotami účinnosti čištění dle ekvivalentního obyvatele (EO) v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Dílčími cíli diplomové práce je sepsání literární rešerše, která se bude věnovat stručné historii využívání vody, stokování a čištění odpadních vod. Dále rozdělení typů odpadních vod a jejich typické složení, rozdělení stokové soustavy a kanalizační soustavy Litvínova. Podrobně bude popsána ČOV Litvínov.

3. Metodika

Prvním krokem při tvorbě diplomové práce bude seznámení s problematikou čištění odpadních vod. Bude vypracována literární rešerše o jednotlivých typech odpadních vod, stokování a stokové soustavy a podrobně popsáno bude také čištění odpadních vod. Další část diplomové práce se bude věnovat čistírně odpadních vod Litvínov, kde bude podrobně popsáno čištění odpadních vod. Závěr práce se bude věnovat vyhodnocení provozu a účinnosti čištění na ČOV Litvínov.

4. Literární rešerše

4.1 Odpadní vody

Produkce odpadů z lidské činnosti je nevyhnutelná. Značná část těchto odpadů je produkována jako odpadní voda. Množství a kvalita odpadních vod je dána mnoha faktory. Lidé a průmysl v porovnání produkuje rozdílné množství odpadů. Druhy odpadů a jejich množství produkovaného v domácnostech je ovlivněno chováním, životním stylem a životní úrovní obyvatelstva a také technickým a právním rámcem, kterým jsou lidé obklopeni.

Za odpadní vody se považují vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných objektech či zařízeních, pokud po použití mají změněnou jakost (složení, teplotu), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ovlivnit jakost povrchových a podzemních vod. Jiné vody jsou srážkové, pokud byly po dopadu na zemský povrch znečištěny. Znakem odpadních vod vzniklých použitím pitné nebo užitkové vody je především okolnost, že jde o vody, které v důsledku použití mají změněnou jakost. U jiných vod je to takový stupeň znečištění, který by mohl ohrozit jakost povrchových a podzemních vod.

Odpadními vodami jsou všechny druhy vod odváděné stokovou sítí, ať už se sem dostaly jakkoli. Dále to jsou odčerpávané vody podzemní z hydraulické ochrany u rafinérií, skladů ropných látek, odkališť z rudných, energetických nebo chemických výrobních a průzkumných těžebních činností. Mezi odpadní vody řadíme také vody z drenážních systémů jako součásti zařízení k odvodnění pozemních staveb, vody jakkoli znečištěné z výrobního provozu a tekuté odpady, kterým je například kejda (Nypl, 1998; Henze, 2008).

4.1.2 Komunální odpadní vody

Komunální odpadní vody jsou splaškové a městské odpadní vody. Jsou to odpadní vody z domácností, sociálních a zdravotních zařízení, provozů veřejného stravování a ubytování, provozoven služeb a které neobsahují odpadní vody průmyslové. Pokud v daném městě není žádný průmysl, jsou městské odpadní vody pouze vodami splaškovými. V současné době však většina městských odpadních vod obsahuje i vody průmyslové, které pocházejí z potravinářských a průmyslových podniků. Splaškové odpadní vody bývají často zakalené a mají zpravidla šedou až šedohnědou barvu.

Čerstvé splaškové odpadní vody nemají příliš intenzivní pach do doby, než se vyčerpá rozpuštěný kyslík. V tento moment začnou probíhat anaerobní pochody a odpadní voda začíná intenzivně páchnout a tmavnout. Splaškové odpadní vody můžeme ještě rozdělit na žluté, hnědé, černé a šedé vody. Do žluté odpadní vody je zařazena moč oddělená v okamžiku vzniku například z pisoárů. Hnědé odpadní vody jsou vody obsahující fekálie. Žluté a hnědé vody dohromady tvoří černé odpadní vody. Šedá odpadní voda je definována jako odpadní voda bez jakýchkoliv vstupů z toalet. Jsou to tedy odpadní vody produkované ve vanách, sprchách, umyvadlech a pračkách v domácnostech, kancelářských budovách a školách. Celkem šedé odpadní vody tvoří přibližně 75 % z celkového objemu splaškových vod vypouštěných do kanalizace. V případě, že je šedá voda zbavená nečistot, vzniká voda bílá. Ta může být pak použita například ke splachování nebo zalévání zahrad. Splaškové vody jsou zpravidla zbarveny šedě až šedohnědě a jsou silně zakalené. Jejich teplota v průběhu roku kolísá v rozmezí od 5 do 20 °C a hodnota pH je v rozmezí od 6,8 do 7,5. Odpadní vody obsahují zbytky jídel z mytí nádobí, záchodové odpadní hmoty a nečistoty z mytí, koupání a praní i pracími a mycími prostředky.

Nečistoty jsou hrubě dispergované (papíry, kusy jídla apod.), jemně rozptýlené a rozpuštěné. Zhruba víc jak polovina přítomných znečišťujících látek je organického původu. Koncentrace znečišťujících látek v komunálních odpadních vodách má dlouhodobě stoupající tendenci. Je to z důvodu jednak vzrůstem spotřeby chemikálií obyvatelstvem, ale také růstem cen teplé užitkové vody, vodného a stočného. Očekává se vzrůst znečištění o 30-50 % (Čížek a kol., 1970; Eriksson, 2002; Richter, 2005; Bindzar, 2009; Plotěný, 2011; Sýkora, 2016; Beler Baykal, 2019).

4.1.3 Průmyslové odpadní vody

Průmyslové odpadní vody jsou vypouštěny z průmyslových závodů a výroben. Vznikají při zpracování nebo těžbě organických a anorganických surovin a při výrobním procesu. Mezi průmyslové odpadní vody patří i odpadní vody ze zemědělství a z chovu zvířat.

Průmyslové odpadní vody mají velmi různorodé složení v závislosti na typu průmyslu a zpracovávaných materiálech. Některé z těchto odpadních vod mohou být organicky silně znečištěné, snadno biologicky odbouratelné, převážně anorganické nebo potenciálně inhibiční. To znamená, že hodnoty NL, BSK a CHSK mohou být v desítkách tisíc mg/l. Kvůli těmto velmi vysokým koncentracím organických látek mohou mít průmyslové odpadní vody mít vážný nedostatek živin. Na rozdíl od odpadních vod se také často setkáváme s hodnotami pH daleko za rozsahem 6-9. Takové odpadní vody mohou být také spojeny s vysokými koncentracemi rozpuštěných kovových solí. Podle charakteru znečištění se průmyslové odpadní vody dělí na převážně anorganicky znečištěné a převážně organicky znečištěné.

Typickými představiteli odpadních vod s převážně organickým znečištěním jsou odpadní vody z potravinářského, papírenského, farmaceutického, textilního a koželužského průmyslu a tepelného zpracování uhlí. Odpadní vody s převážně anorganickým znečištěním pochází z těžby a úpravy uhlí a rud, hutního, keramického a sklářského průmyslu, výroby hnojiv a povrchové úpravy kovů.

Průmyslové odpadní vody jsou buď znečištěny látkami, které mohou být vypouštěny do veřejné kanalizace, a umožňují společné čištění se splašky (městské odpadní vody), nebo musí být před vypouštěním do veřejné kanalizace v závodě předčištěny. Oproti čištění městských odpadních vod je častěji využíváno fyzikálně-chemických procesů (Chudoba 1991a; Wanner, 1997; Nypl, 1998; Jern, 2006; Sýkora, 2016; Kolektiv autorů, 2018).

4.1.4 Srážkové vody

Srážkové vody jsou vody ze všech druhů atmosférických srážek, spadlých na povrch území, které se po povrchu dostávají do kanalizace pomocí uličních nebo chodníkových vpustí. Tyto vody průchodem ovzduším, ale případně hlavně následným oplachem terénu získávají anorganické i organické znečištění.

Srážkové vody mohou být znečištěné nebo neznečištěné. Znečištěné jsou tehdy, kdy odtékají ze znečištěných povrchů a silničních komunikací. Neznečištěné vody jsou obecně odtoky z neznečištěných povrchů, jako jsou střechy, silničních komunikací s nízkou hustotou provozu, pěších zón, zahrad a parků. Znečištěné srážkové odpadní vody mají být odváděny spolu se splaškovými vodami stokami jednotné soustavy nebo stokami oddílné dešťové soustavy. Neznečištěné srážkové vody se doporučuje v maximální možné míře vsakovat, případně odvádět samostatnými stokami oddílné dešťové soustavy rovnou do recipientu.

Problémem u srážkových vod, je především v zimních měsících zvýšená koncentrace chloridů. Je to způsobené solí, která se z tajícího ledu dostává do kanalizace (Nypl, 1998; Sojka, 2013; Kolektiv autorů, 2018).

4.1.5 Balastní vody

Hlavním zdrojem balastních vod v kanalizaci jsou vody vnikající do stok netěsnostmi spojů stok, napojení stok na objekty a do objektů na stokové síti, a to buď nárazově nebo kontinuálně. Nárazově se může voda dostat například z havárií vodovodů a hydrantů. Kontinuálně se voda dostává například z drenáží vybudovaných za účelem trvalého snížení hladiny podzemních vod v základech podzemních staveb nebo také zachycení pramenů. Dále může podzemní voda vnikat do stokové sítě netěsností spojů trub, netěsností napojení stok na objekty, netěsností konstrukce objektů na stokové síti, případně ze zrušených potoků, rybníků nebo netěsností zatrubnění potoků. Balastní vody jsou převážně málo znečištěné. Jejich přítomnost v odpadních vodách je proto příčinou ředění, která může snížit celkovou koncentraci vyjádřenou parametrem BSK₅ pod 50 mg/l. Tato hodnota je již problematická pro biologické čištění na čistírně odpadních vod (Wanner, 1997; Nypl, 1998; Sojka, 2013).

4.2 Stokové soustavy

Soustavy stok jsou určeny k odvádění odpadních vod do čistírny odpadních vod nebo případně přímo do recipientu. Záleží na druhu odpadních vod a soustavě stoky. Stokové soustavy existují v podstatě tři, a to soustava jednotná, soustava oddílná a modifikovaná. Dnešní jednotná nebo oddílná soustava a všechny jejich modifikace jsou soustavou splachovací.

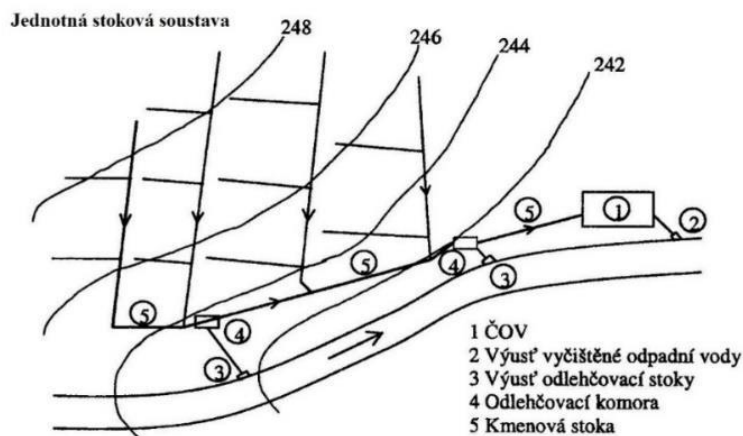
Základním principem užívaných soustav je gravitační doprava odpadních hmot vodu, sítí stok s volnou vodní hladinou do jediného nejnižší položeného místa. Není-li to možné, je takových míst několik a soustředění odpadních vod z několika bodů, ke kterým voda stéká gravitačně, se dosahuje zdvihem, to znamená, že jsou odpadní vody na stokové síti přečerpávány (Čížek, 1970; Nypl, 1998).

4.2.1 Jednotná stoková soustava

V jednotné soustavě se dopravují všechny druhy odpadních vod v jedné stokové síti, dochází zde k jejich směšování. Přináší to řadu technických i hospodářských výhod.

Nevýhody spočívají zejména z hygienického hlediska, kdy je nezbytné užití odlehčovacích komor. Jsou to objekty na stokové síti nebo v čistírně odpadních vod, které odlehčují systému při dešťových průtocích. Při těchto průtocích voda v odlehčovací komoře přepadá do odlehčovací stoky a odtud do recipientu nebo do dešťové nádrže. I při vysokém naředění splášků dešťovou vodou dochází k fekálnímu a jinému znečištění recipientu. Za odlehčovací komorou pokračuje stoka do čistírny odpadních vod zmenšeným profilem.

Výhodou je menší investiční náročnost oproti oddílné soustavě a menší riziko zanášení stok oproti oddílné soustavě. Nevýhodou je také potřeba velké dimenze stok jednotné soustavy, protože musí být navrženy na odvádění velkých dešťových průtoků (Nypl, 1998; Hasík, 2009; Kolektiv autorů, 2018).



Obr. 2: Schéma jednotné stokové soustavy (zdroj: Hlavínek a kol.).

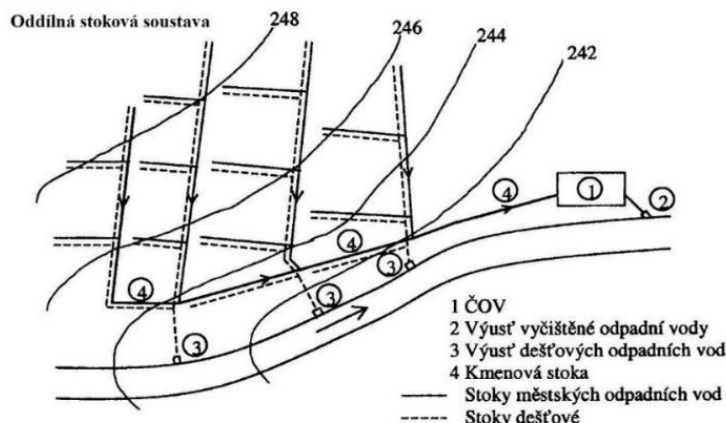
4.2.2 Oddělená (oddílná) stoková soustava

V oddělené soustavě se různé druhy odpadních vod navzájem nesměšují. Jednotlivé druhy odpadních vod se tak odvádějí samostatně (splašková voda, srážková voda a odpadní voda průmyslová).

Oddělená stoková soustava stok má dvě paralelní samostatné větve. Jedna větev je určená pro odvádění splaškových vod do čistírny odpadních vod a druhá větev je určená pouze pro odvádění srážkové vody. Srážkové vody bývají do recipientů odváděny bez čištění. Někdy jsou opatřeny lapáky šterku a písku, případně lapáky oleje pro oddělení ropných látek, v blízkosti ochranných pásem zdrojů vod.

Doprava splaškových vod do ČOV může být buď gravitačně, podtlakovou (vakuovou) kanalizací, tlakovou kanalizací nebo pneumatickou dopravou splaškových vod. Srážkové vody se oddělenou soustavou dopravují pouze gravitačně.

Výhodou oddělené soustavy stok je, že nedochází ke kontaktu odpadních vod s povrchovými vodami. Nevýhodou je náročnější investice a větší prostorové požadavky z důvodu umístění dvou trubních vedení v souběhu v ulicích (Nypl, 1998; Richter, 2005; Božíková, 2014).



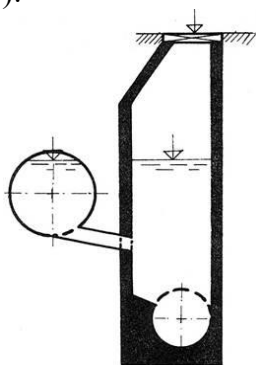
Obr. 3: Schéma oddílné stokové soustavy (zdroj: Hlavínek a kol.).

4.2.3 Stoková soustava kombinovaná

Nejčastěji jsou navrhovány dvě varianty. První variantou je prostá kombinace jednotné a oddělené soustavy pro dané zájmové území. Výsledkem pak může být odkanalizování převážné části území soustavou jednotnou a menší nebo okrajové části zájmového území odkanalizovány soustavou oddělenou.

Druhou variantou je modifikace oddělených soustav. Nejčastěji je tato takzvaná polooddílná soustava řešená tak, že oddělená soustava pro srážkové vody odvádí vodu pouze ze neznečištěné srážkové vody ze střech a z ostatních neznečištěných ploch a tyto vody se tak vypouštějí přímo do recipientu. Znečištěná odpadní voda srážková, která vzniká například oplachem silnic, je odváděna společně se splaškovou odpadní vodou k vyčištění do ČOV.

Výhodou modifikované verze kombinované soustavy je šetrnost k životnímu prostředí. Naopak nevýhodou je, že jsou investičně velice náročné. Při absenci odlehčovacích komor je potřeba velké dimenze stok (Rusnák, 2008; Rec, 2015; Kolektiv autorů, 2021).



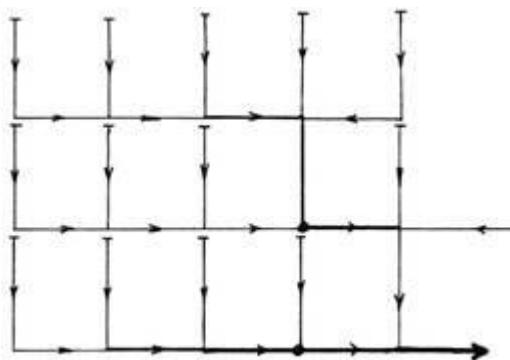
Obr. 4: Modifikovaná stoková soustava (zdroj: ...)

4.3 Systémy stokových sítí

Systematické uspořádání stok za účelem soustředění musí být prováděno s ohledem na konfiguraci terénu a zástavby. Stoky jsou navrženy tak, aby jimi byly odváděny odpadní vody nejvýhodnější trasou do ČOV. Je důležité navrhnout stoky tak, aby nedocházelo k jejich zanášení. Zároveň je nutné, aby nebyly navrhovány velké sklony stok v dlouhé trati ve spádnicí terénu tam, kde by byly soustavně dosahovány velké rychlosti nebo překračovány dovolené rychlosti ve stokách. Maximální rychlost proudění v odpadních stokách je 5 m/s (Čížek, 1970; Nypl, 1998; Háňková, 2005).

4.3.1 Úchytný systém

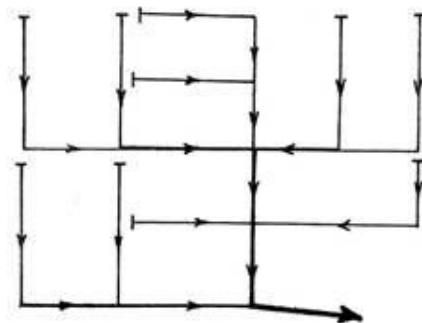
Úchytný systém se používá v dlouhých táhlých údolích, při pravidelném uspořádání území s jednotným sklonem k vodnímu toku a současně podél vodního toku. Úchytná stoka je vedena podél vodního toku a do ní ústí jednotlivé sběrače s uličními stokami (Nypl, 1998; Kolektiv autorů, 2021).



Obr. 5: Úchytný systém stokové sítě (zdroj: Nypl a Synáčková).

4.3.2 Větevný systém

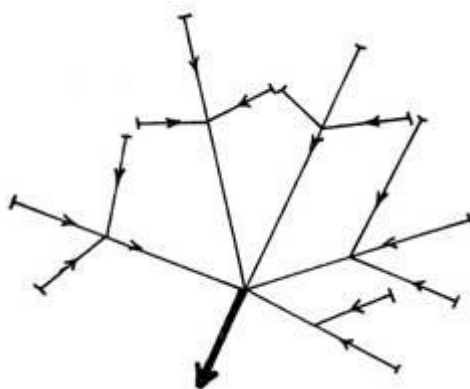
Větevný systém je vhodný v členitém terénu, kde není možné pravidelné uspořádání stok. Nejnižšími místy území je vedena kmenová stoka, do které jsou napojeny hlavní stoky a na ně jsou napojeny sběrače s uličními stokami (Nypl, 1998; Kolektiv autorů, 2021).



Obr. 6: Větevný systém stokové sítě (zdroj: Nypl a Synáčková).

4.3.3 Radiální (dostředný) systém

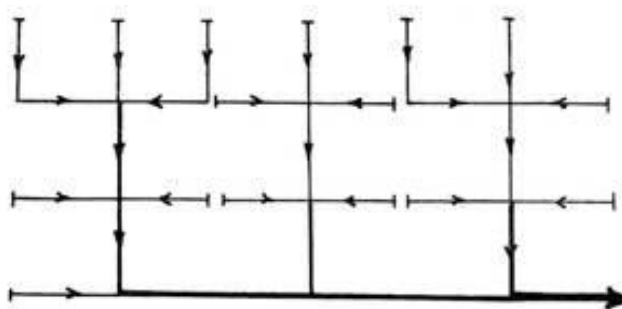
Radiální (dostředný) systém se používá při odvodnění kotlin, a to buď gravitačně nebo přečerpáváním odpadních vod do ČOV. Uspořádání stok v kotlině je pak většinou větevným způsobem (Nypl, 1998; Kolektiv autorů, 2021).



Obr. 7: Radiální systém stokové sítě (zdroj: Nypl a Synáčková).

4.3.4 Pásmový systém

Pásmový systém je uplatňován v územích, kde je nutné odvodňovanou oblast rozdělit do několika výškových pásem. V jednotlivých pásmech může být systém stok úchytný, větvový i úchytný. Rozdělení odvodňovaného území na výšková pásma je výhodně tam, kde je nutné počítat s umělým zdvihem odpadních vod, aby mohly být zaústěny do recipientu a aby bylo čerpané množství minimální. Z nejvyššího pásma odtékají odpadní vody gravitačně ze všech vodních stavů ve vodním toku, ze středního pásma bude gravitační odvodnění funkcí pouze za nízkých stavů ve vodoteči, za vyšších vodních stavů bude nutné přečerpávání odpadních vod. Odpadní vody z nejnižšího pásma je nutné přečerpávat vždy (Nypl, 1998; Kolektiv autorů, 2021).



Obr. 8: Pásmový systém stokové sítě (zdroj: Nypl a Synáčková).

4.3 Čištění odpadních vod

4.3.1 Předčištění a mechanické čištění odpadních vod

Objekty mechanického čištění odpadních vod jsou určeny k zachycení a odstranění plovoucích předmětů na hladině nebo vznášejících se ve vodním proudu. Dále sunutých látek po dně, kterými jsou zejména štěrky, písek nebo minerální hmoty. Zachycují se i plovoucí látky jako jsou oleje a tuky. Usaditelné látky, které postupně sedimentují, se zachytí v usazovacích nádržích (Broža, 1993).

Hlavní úlohou hrubého předčištění je ochrana čistírny a dochází při něm k odstranění velkých plovoucích nebo vodou sunutých předmětů. Pokud by nedošlo k jejich odstranění, mohly by tyto předměty narušit pracovní procesy vlastního čištění

odpadních vod, ale také zejména by mohly způsobovat nežádoucí poruchy strojního zařízení. K hrubému předčištění se používají česle a lapáky šterku. V lapácích šterku se odstraňují velké a těžké předměty. Lapák šterku je jímka, která je umístěná těsně před čistírnou na přivaděči odpadních vod. Česle jsou určeny, jak k zachycování větších předmětů jako jsou větve, shluky trávy, hadry, obaly tak i k hrubých nerozpuštěných částic jako jsou větší zbytky ovoce, zeleniny, papíry, korkové zátky, cigaretové filtry. Česle jsou tvořeny řadou ocelových prutů, které se nazývají česlice. Česlice jsou zasazeny do pevného rámu, který je většinou umístěn pod úhlem 60° v přítokovém žlabu za lapákem šterku. Česle rozlišujeme podle šířky mezi česlicemi. Hrubé česle mají šířku mezi česlicemi větší než 60 mm a jemné česle s průlinami menšími než 40 mm. Na velkých čistírnách odpadních vod jsou zařazeny hrubé a jemné česle za sebou, na čistírnách menších se instalují pouze česle hrubé. Shrabky, které se hromadí mezi česlicemi mohou být strojně stírány nebo ručním stíráním pomocí hrabel. Shrabky jsou poté odvezeny k likvidaci do spalovny, či skládkování (Dohányos, 2011).

V lapácích tuků a olejů se zachycují a odstraňují z odpadní vody částice tuků a olejů. Častá je jejich kombinace s lapákem písku. Oleje a tuky se ve zvláštní nádrži zachytí nornou clonou na hladině ve sběrném prostoru nádrže. Z něj se pak stahují nebo odvádějí přepadem k dalšímu zpracování. Účinek lapáku tuků a olejů se dá zvýšit provzdušňováním ode dna nádrže. V lapácích písku je nutné oddělit těžké anorganické látky jako je písek apod. od ostatních nerozpuštěných látek organického původu (Bindzar, 2009).

Usazovací nádrže jsou určeny k zachycení jemných usaditelných látek. Většinou je jejich provoz kontinuální ale může být i přerušovaný. Po nátoku do nádrže dochází ke zpomalení proudu vody a dochází tak k sedimentaci usaditelných částí. Usazený kal je odčerpáván mimo nádrž do zásobníku kalu. Odsazená voda přepadá přes hranu do odtokového kanálu na následné biologické čištění. Pokud nedochází k odstraňování usazeného kalu, dochází k vyplavování kalu z nádrže společně s vodou na další dočištění, což je pro samotné potřeby čištění nežádoucí. Usazovací nádrže mohou být kruhové nebo obdélníkové a jsou vybaveny pojezdovým zařízením se šterkou. Průtok vody může být horizontální, vertikální nebo radiální (Čížek, 1970; Broža, 1993; Richter, 2005).

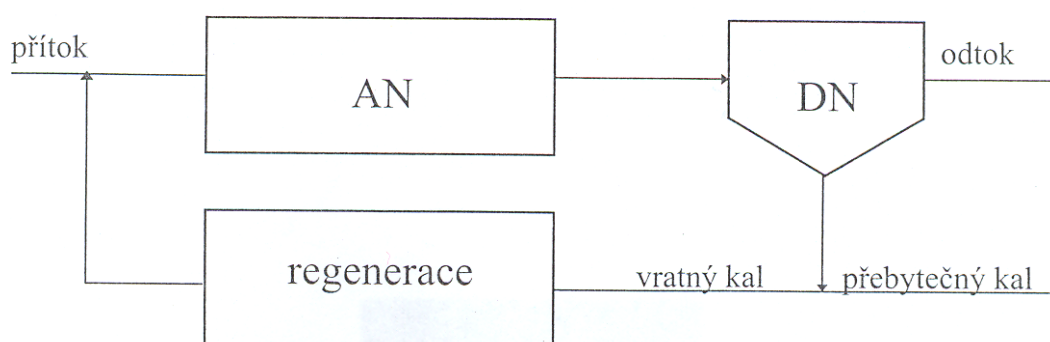
4.3.2 Biologické čištění odpadních vod

Hlavní úlohou biologického stupně čištění je odstranění organických látek obsažených v čištěných odpadních vodách za mechanickým stupněm čistírny odpadních vod. V biologickém stupni čištění jsou uměle navozeny podmínky pro intenzivní růst heterotrofních mikroorganismů tvořících biomasu. Biomasa tvoří buď povlak biofilmu na nosičích nebo se volně vznáší v objemu čištěné vody. Tato směsná kultura mikroorganismů tvoří aktivovaný kal. Při aerobních podmínkách (za přístupu vzduchu), a teploty nad 10 °C část organických látek podléhá biologické oxidaci za přítomnosti mikroorganismů. Tímto procesem mikroorganismy získávají energii, materiál pro růst a množení buněk. Organické látky se přemění na oxid uhličitý a vodu. Při aerobním postupu vzniká velké množství biomasy. Sloučeniny fosforu se přemění na fosforečnany a sloučeniny dusíku na dusičnany. Tyto sloučeniny jsou základní živiny nutné pro vývoj biomasy. Při anaerobních podmínkách (bez přístupu vzduchu) probíhá biochemický rozklad organických látek optimálně při teplotě mezi 35-45 °C. Kyslík a energii získávají mikroorganismy z organických sloučenin. V tomto případě zde probíhají redukční procesy. Produkce biomasy je oproti aerobních podmínkách přibližně 5krát nižší. Většina organických látek se přeměňuje na plynné produkty. Bioplyn obsahuje hlavně oxid uhličitý a methan, v menším množství dále amoniak a sulfan (Malý, 1996; Richter, 2005; Černecký, 2006; Bindzar, 2009).

Aktivovaný kal je směsná kultura organismů, která je složena z mnoha zástupců mikroorganismů, které můžeme obecně rozdělit na rozkladače a konzumenty. Rozkladači tvoří až 95 % mikroorganismů aktivovaného kalu. Jsou zodpovědní za biochemický rozklad znečišťujících látek v odpadní vodě. Konzumenti využívají bakteriální a jiné mikrobiální buňky jako substrát. Jsou zde zastoupeny bakterie rodů *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Chromobacterium*, *Azotobacter*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter*, *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Lophomonas*. Dále se zde mohou vyskytovat houby, plísňe a kvasinky. V aktivovaném kalu bývají přítomny i nitrifikační bakterie rodu *Nitromonas* a *Nitrobacter*. Častý je také výskyt vláknitých mikroorganismů jako jsou například *Leptomitus*, *Leucothrix*, *Thiothrix*, *Toxothrix*, *Beggiatoa*, *Microaccila*, *Nocardia*, *Flexibacter*, *Vitreoscilla*, *Geotrichum candidum*, *Lineola longa*, *Pelonema subtilissum*, *Spirulina albida*, *Microthrix parvicella*, *Sphaerotilus*, *Nostocoida*

limicola. Problém může nastat v případě, že v aktivovaném kalu převládnu vláknité mikroorganismy. Aktivovaný kal poté špatně sedimentuje a mohou nastat potíže s jeho zahušťováním. Z vyšších organismů se zde vyskytují protozoa, vířníci a hlístice. Z prvoků jsou nejčastějšími zástupci *Vorticella*, *Opercularia* a *Epistylis*. Prvoci mají v aktivovaném kalu důležitou funkci, protože snižují obsah volně pohyblivých bakterií a tím zlepšují vyčiření čištěné vody (Richter, 2005; Bindzar, 2009).

Aktivace je v dnešní době nejrozšířenějším způsobem biologického čištění odpadních vod. Aktivační proces je tvořen biologickou a separační jednotkou. Aktivační směs, vzniklá smísením odpadní vody a vratného aktivovaného kalu, přitéká do aktivační nádrže, kde je provzdušňována. Následně je aktivovaný kal separován od vyčištěné vody v dosazovací nádrži. Zahuštěný aktivovaný kal je následně recirkulován zpět jako vratný aktivovaný kal a přebytečný aktivovaný kal je ze systému odstraňován (Bindzar, 2009).



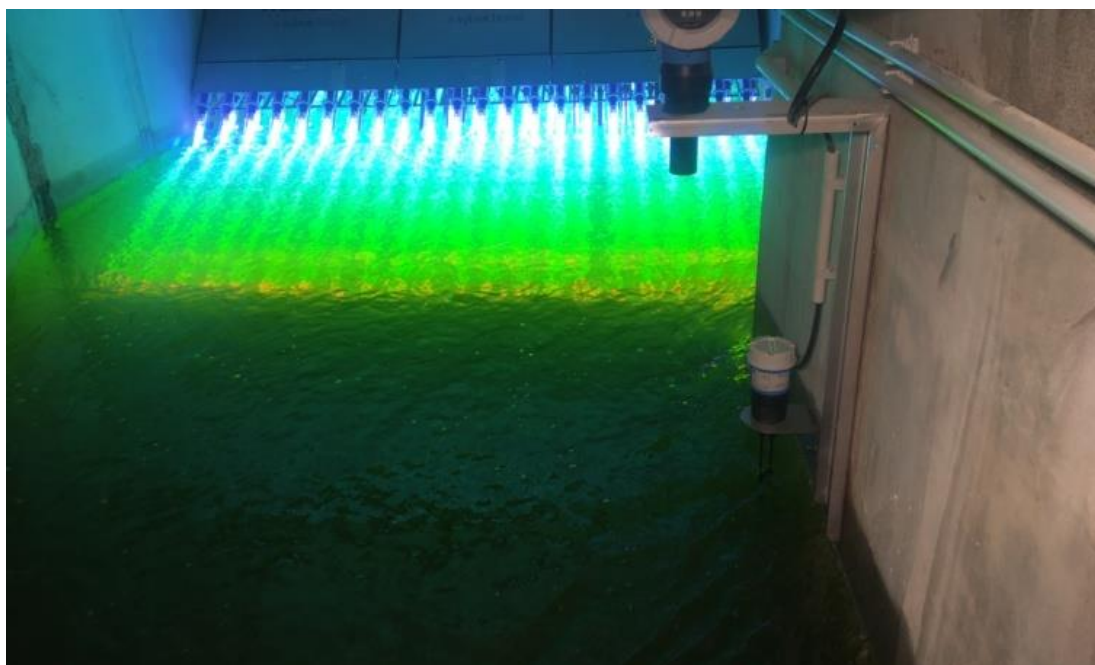
Obr. 9: Schéma aktivace s regenerací vratného kalu (zdroj: VŠB-TUO).

Dosazovací nádrže slouží k separaci aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody. Účinná separace biomasy je rozhodující pro kvalitu finálního odtoku. V případě špatně fungující dosazovací nádrže se může zcela zvrátit dobrý čistící efekt předchozího biologického reaktoru. Unikající suspenze z dosazovací nádrže může zvýšit hodnoty BSK₅ odtoku až o 50 %. Podle způsobu protékání aktivační směsi lze dosazovací nádrže rozdělit na kruhové nádrže s horizontálním průtokem, pravoúhlé nádrže s horizontálním průtokem a nádrže s vertikálním průtokem (Černecký, 2006; Bindzar, 2009).

4.3.3 Terciární čištění odpadních vod

V některých případech se podrobuje vyčištěná odpadní voda k dalšímu čištění. Terciální stupeň čištění odpadních vod zajišťujeme pomocí doplňujících biologických, fyzikálně chemických a jiných procesů dodatečné snížení odtokových koncentrací nutrientů a dalšího znečištění. Jedná se o zpracování odtoku z mechanicko-biologického čištění za účelem snížení chemického a mikrobiologického znečištění.

Mezi převládající procesy terciálního čištění odpadních vod řadíme: postdenitrifikaci, chemické srážení fosforu, koagulaci, sorpci nebo separaci suspendovaných látek, při které se používá filtrace, sedimentace nebo je použita membránová filtrace. K terciálnímu čištění lze využít také chloraci, ultrafialové záření, vybudované mokřady, mikrořasy, ozonizaci nebo foto-Fentonovy reakce. V některých případech lze využít kombinaci těchto uvedených postupů (Černecký, 2006; Vodní hospodářství, 2018; Zagklis, 2022).



Obr. 10: Terciární stupeň čištění OV pomocí UV záření na ÚČOV v Praze (zdroj: PVK).

4.3.4 Zpracování čistírenských kalů

Čistírenské kaly jsou významným vedlejším produktem biologického čištění odpadních vod. Jsou velmi bohaté na dusík a fosfor, který prospívá půdě. Proto se řeší i jeho využití v zemědělství. To je ale možné pouze po jeho předchozí úpravě. Na druhou stranu ale čistírenské kaly mají vysoký obsah těžkých kovů, především je problematický zinek a kadmium. Dále obsahují patogenní organismy a organické zbytky, které se těžko rozkládají. Na čistírně je potřeba nějakým způsobem kaly zpracovat, využít nebo transportovat k dalšímu využití nebo likvidaci. Účelem je, aby výsledný kal měl co možná nejmenší vliv na životní prostředí. Technologie zpracování kalů vedou k jeho stabilizaci, zredukování, hygienizace, využití a likvidaci. Při zpracování čistírenských kalů dochází k jejich stabilizaci, která probíhá působením aerobních mikroorganismů, které rozkládají lehce rozložitelné organické látky za vzniku tepla. Dále se kal zahušťuje, kdy dochází ke zvýšení obsahu pevných látek a zároveň se kal odvodňuje. Zahuštění a odvodňování kalu nemá vliv na obsah léčiv, protože se neodstraňuje sušina kalu a koncentrace se tak před a po zahušťování nemění. Důležitá je také hygienizace kalu, při které dojde ke zničení choroboplodných zárodků. Hygienizace je dosaženo v izolovaném reaktoru, při které se využívá řízená oxidace části biomasy, u které se uvolňuje potřebná energie. Vzniklé teplo pak zlikviduje choroboplodné zárodky (Směrnice Rady 86/278/EHS; Stopher, 2006; Bindzar, 2009; Crittenden a kol., 2012; Mailler, 2014; Čechmánková a kol., 2017; Danso-Boateng, 2017).

4.3.5 Vypouštění odpadních vod do vod povrchových

Vypouštění odpadních vod do vod povrchových musí být povoleno vodoprávním úřadem, který stanoví podmínky vypouštění a zároveň je povinen přihlížet k nejlepším dostupným technologiím v oblasti likvidace odpadních vod. Vyčištěné vody z čistírny odpadních vod jsou stále považovány za odpadní vody a platí pro ně veškeré předpisy pro odpadní vody. V citlivých oblastech je kvalita vyčištěných odpadních vod velmi důležitá. Proto je nutný z hlediska zájmů chráněných zákonem vyšší stupeň čištění těchto odpadních vod.

Čistírny odpadních vod musí být navrženy a provozovány tak, aby zajistili dostatečný výkon čištění odpadních vod za běžných klimatických podmínek. Vypouštění čistírenských kalů do vodních toků je zakázáno. Kvalita vody je na výpustech z čistírny odpadních vod a v recipientu pravidelně monitorována. Dle směrnice Rady č. 91/271/EHS musí být místo vypouštění městských odpadních vod vybráno, pokud možno tak, aby se minimalizovaly účinky na recipient. Nejčastějším recipientem vyčištěné odpadní vody jsou povrchové vody. Recipientem může být například vodní tok, nádrž nebo rybník. V místě vtoku odpadní vody do recipientu probíhá postupné míchání povrchové a odpadní vody. Tím je obvykle zhoršena kvalita povrchové vody. Průtok v tomto toku v průběhu roku kolísá v závislosti na ročním období. Poměr mísení odpadní vody se provádí výpočtem podle směšovací rovnice, z níž vyplyne posouzení vlivu zdroje znečištění na vodní tok a výpočet se provádí pro průměrný průtok v toku. Údaje o průtocích a kvalitě vody ve vodních tocích lze získat v Českém hydrometeorologickém ústavu (Richter, 2005; Kolektiv autorů, 2006; Pitter, 2015; Kolektiv autorů, 2007).

4.4 Legislativa

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí

Zákon vymezuje základní pojmy a stanoví základní zásady ochrany životního prostředí a povinnosti právnických a fyzických osob při ochraně a zlepšování stavu životního prostředí a využívání přírodních zdrojů. Životní prostředí je vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jednou ze složek přírodního prostředí je voda. Voda jako přírodní zdroj je ta část neživé přírody, kterou člověk využívá k uspokojování svých potřeb (§ 7). Tento přírodní zdroj má schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to jen za přispění člověka. Znečišťování vodního prostředí je vnášení takových fyzikálních, chemických nebo biologických činitelů do vody v důsledku lidské činnosti, které jsou svou podstatou nebo množstvím pro vodu cizorodé. Ochrana životního prostředí zahrnuje činnosti, jimiž se předchází znečišťování vody, nebo se toto znečišťování omezuje a odstraňuje. Zákon stanoví, že

každý je povinen především opatřeními předcházet znečišťování nebo poškozování zdrojů vody a minimalizovat nepříznivé důsledky své činnosti na kvalitu vod. Je povinností každého (§ 17), kdo využívá území (část území) a k tomu příslušné zdroje projektovat a provádět stavby k zamezování znečišťování vod a k obnově těchto zdrojů. Tato povinnost je splněna především výstavbou a provozováním předčisticích zařízení, kanalizací a čistíren odpadních vod.

Zákon č. 544/2020 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony

Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů. Zákon upravuje právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha. V rámci vztahů upravených tímto zákonem se bere v úvahu zásada návratnosti nákladů na vodohospodářské služby, včetně nákladů na související ochranu životního prostředí a nákladů na využívané zdroje, v souladu se zásadou, že znečišťovatel platí.

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Tento zákon upravuje některé vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužících veřejné potřebě (dále jen „vodovody a kanalizace“), přípojek na ně, jakož i působnost orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů na tomto úseku. Vodovody a kanalizace pro veřejnou potřebu se zřizují a provozují ve veřejném zájmu. Tento zákon se vztahuje na vodovody sloužící k rozvodu jiné než pitné vody, oddílné kanalizace sloužící k odvádění povrchových vod vzniklých odtokem srážkových vod, vodovody a kanalizace nebo jejich části, na které není připojen alespoň jeden odběratel.

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech

Účelem tohoto zákona je zajistit vysokou úroveň ochrany životního prostředí a zdraví lidí a trvale udržitelné využívání přírodních zdrojů předcházením vzniku odpadů a nakládáním s nimi v souladu s hierarchií odpadového hospodářství za současné sociální únosnosti a ekonomické přijatelnosti tak, aby bylo dosaženo cílů odpadového hospodářství stanovených v příloze č. 1 k tomuto zákonu a umožněn přechod k oběhovému hospodářství.

Směrnice Rady 91/271/EHS ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod.

Tato směrnice se týká odvádění, čištění a vypouštění městských odpadních vod a čištění a vypouštění odpadních vod z určitých průmyslových odvětví. Cílem této směrnice je ochrana životního prostředí před nepříznivými účinky vypouštění odpadních vod.

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

Toto nařízení v souladu s právem Evropské unie stanoví ukazatele vyjadřující stav povrchové vody, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, znečištění odpadních vod pro citlivé oblasti a pro vypouštění odpadních vod do povrchových vod ovlivňujících kvalitu vody v citlivých oblastech, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění pro zdroje povrchových vod, které jsou využívány nebo u kterých se předpokládá jejich využití jako zdroje pitné vody, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které jsou vhodné pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů, ke koupání, normy environmentální kvality pro prioritní látky a některé další znečišťující látky, náležitosti a podmínky povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a kanalizace, seznam prioritních látek a prioritních nebezpečných látek, nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování městských odpadních vod a podmínky jejich použití a v souladu s právem Evropské unie vymezuje citlivé oblasti.

Nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních

Toto nařízení stanovuje ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod do vod podzemních a nejvýše přípustné hodnoty těchto ukazatelů a jsou uvedeny v příloze č. 1 k tomuto nařízení. Dále uvádí klasifikace výrobku označovaného CE, který je podstatnou součástí vodních děl ohlášených podle § 15a zákona a je uvedena v příloze č. 2 k tomuto nařízení.

Vyhláška č. 183/2018 Sb., o náležitostech rozhodnutí a dalších opatření vodoprávního úřadu a o dokladech předkládaných vodoprávnímu úřadu

Tato vyhláška stanoví doklady, které žadatel předkládá vodoprávnímu úřadu a stanoví náležitosti rozhodnutí, opatření obecné povahy, souhlasů, vyjádření a závazných stanovisek vydávaných podle vodního zákona.

4.5 Sledované látky v odpadních vodách

Odpadní vody obsahují celou řadu látek, které je nutno sledovat a zabývat se jimi. V odpadní vodě se vyskytují rozpuštěné a suspendované organické pevné látky. ČOV dokážou odstranit většinu BSK a suspendovaných pevných látek, které se nacházejí v odpadních vodách. Rozdělení znečišťujících látek je důležité pro zvolení vhodného procesu jejich čištění. Základní přehled znečišťujících látek a jejich vlastností v odpadních vodách je uveden v tabulce č. 1 (Sonune, 2004; Pošta, 2005).

rozpuštěné	organické	biologicky rozložitelné	cukry, mastné kyseliny
		biologicky nerozložitelné	barviva
	anorganické		těžké kovy, sulfidy
nerozpuštěné	organické	biologicky rozložitelné	škrob, bakterie
		biologicky nerozložitelné	plasty, papír
		usaditelné	celulosová vlákna
		neusaditelné	koloidní
	plovoucí		papír
	anorganické	usaditelné	písek, hlína
		neusaditelné	brusný prach

Tab. 1: Přehled znečišťujících látek (zdroj: Pošta).

4.6 Stanovované ukazatele znečištění v odpadních vodách

4.6.1 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK₅)

Parametr BSK₅ se používá pro charakterizaci úrovně znečištění povrchových vod nebo odpadní vody organickými látkami, posouzení jeho vlivu na vodní tok, možností a účinnosti samočisticích procesů. Biochemická spotřeba kyslíku BSK₅ je takové množství kyslíku v mg/l znečištěné vody, které se spotřebuje na biochemický rozklad organických látek přítomných ve vodě za 5 dní při 20 °C a ve tmě, z důvodu vyloučení vlivu fotosyntézy (Richter, 2005).

4.6.2 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)

Chemická spotřeba kyslíku je spotřeba kyslíku v mgO₂/l znečištěné vody, které je potřeba k oxidaci vodu znečišťujících organických látek působením oxidačních činidel za standardních podmínek. Podle použitého oxidačního činidla rozlišujeme CHSK_{Cr} nebo CHSK_{Mn} (Richter, 2005).

4.6.3 Celkový dusík (N_{celk})

Celkový dusík je analytický skupinový ukazatel, který je dán součtem koncentrací dusíku ve všech anorganických (NH₃, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻) a organických dusíkatých sloučeninách (s dusíkem N^{-III}). Obsah celkového dusíku se udává jako hmotnostní koncentrace v mg/l (Horáková, 2003).

4.6.4 Celkový fosfor (P_{celk})

Celkový fosfor je součtem rozpuštěného a nerozpuštěného fosforu. Rozpuštěný a nerozpuštěný fosfor se dále dělí na anorganicky a organicky vázaný. Fosfor tvoří s různými kationty komplexní a nerozpustné sloučeniny. Antropogenním zdrojem anorganického fosforu je užití fosforečných hnojiv v zemědělství a odpadní vody z prádelen a textilního průmyslu. Organického původu je fosfor obsažený v živočišných odpadech. Při čištění odpadních vod je rozhodující koncentrace celkového fosforu, který se určuje ve vodách po rozkladu. Hygienický význam sloučenin fosforu je malý ale je klíčový při eutrofizaci vod, proto se na čistírnách odpadních vod chemicky nebo biologicky odstraňuje (Žáček, 1998; Pytl, 2012; Kolektiv autorů, 2018).

4.6.5 Nerozpuštěné látky (NL)

Mezi nerozpuštěné látky patří různé hlinitokřemičitany, hydratované oxidy kovů (nejčastěji železa, manganu a hliníku), fytoplankton, zooplankton, organický detrit (neurčitelné zbytky odumřelých organismů spolu s organickými částicemi různého původu v suspendovaném nebo koloidním stavu), tuky a oleje (Pitter, 2015).

4.6.6 pH

Hodnota pH je záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Roztoky s pH 7 jsou neutrální, nad pH 7 jsou zásadité a pod pH 7 jsou kyselé. V čistých přírodních vodách se hodnota pH většinou pohybuje mezi hodnotami 4,5 – 8,3. Pokles pH pod 4,5 bývá většinou způsoben například přítomností anorganických a organických volných kyselin. Vyšší hodnotu pH než 8,3 způsobují ionty CO_3^{2-} nebo OH^- . Atmosférické vody v oblastech, které nejsou znečišťovány kyselými depozicemi mají hodnotu pH v rozmezí 5-6. V ojedinělých případech byly naměřeny i hodnoty pH kolem 3. Takto nízká hodnota pH byla naměřena za bouřky a v důsledku dálkového

transportu emisí síry a dusíku. Hodnota pH podzemních vod bývá obvykle mezi 5,5-7,5. Kyselou reakci mají například vody v okolí nalezišť sulfidických rud a vody z rašelinišť. Městské odpadní vody mají hodnotu pH přibližně kolem 7-7,6 (Grünwald, 1993).

4.6.7 Amoniakální dusík (N-NH₄⁺)

Amoniakální dusík je primárním produktem rozkladu organických dusíkatých látek rostlinného a živočišného původu. Amoniakální dusík se ve vodách vyskytuje ve dvou formách, v disociované formě (NH₄⁺) a nedisociované formě (NH₃). Vliv na zastoupení NH₄⁺ a NH₃ v odpadní vodě má především vliv pH a teplota odpadní vody. V poměru 1:1 disociované a nedisociované formy nabývá hodnota pH 9,3 a teplota 20°C. Klesne-li hodnota pH pod 9,3 převažuje disociovaná forma amoniakálního dusíku. Stoupne-li hodnota pH nad 10, převažuje forma nedisociovaná amoniakálního dusíku. Zdrojem amoniakálního dusíku organického původu jsou hlavně splaškové odpadní vody, dále odpady ze zemědělských vyrob a kalová voda z anaerobní stabilizace čistírenských kalů. Antropogenním zdrojem amoniakálního dusíku anorganického původu jsou především dusíkatá hnojiva (Anthonisen et al., 1976; Pitter, 2015).

4.7 Stanovené hodnoty ukazatelů pro znečišťující látky

Při navrhování velikosti kanalizační sítě a ČOV je potřeba určit průměrné množství odpadních vod a stanovit míru jejich znečištění, které člověk vyprodukuje za jeden den. Ekvivalentní obyvatel (EO) je definovaný dle nařízení vlády č. 401/2015 produkcí znečištění 60 g BSK₅ za den (Švehla, 2007).

Přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru (prům.) vypouštěných odpadních vod v mg/l jsou uvedeny v tabulce č. 2:

Kategorie ČOV (EO)	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk.}		P _{celk.}	
	p	m	p	m	p	m	p	m	prům.	m	prům.	m
<500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 – 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2 001 – 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3	8
10001 – 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
>100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Tab. 2: Emisní standardy (zdroj: NV č. 401/2015 Sb.)

Minimální přípustná účinnost čištění vypouštěných odpadních vod v procentech, vztažená k zátěži na přítoku do ČOV v tabulce č. 3:

Kategorie ČOV (EO)	CHSK _{cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	N _{celk.}	P _{celk.}
< 500	70	80	-	-	-
500 - 2 000	70	80	50	-	-
2 001 - 10 000	75	85	60	-	70
10 001 - 100 000	75	85	-	70	80
> 100 000	75	85	-	70	80

Tab. 3: Přípustná minimální účinnost čištění odpadních vod (zdroj: NV č. 401/2015 Sb.)

Minimální roční četnosti odběrů vzorků vypouštěných městských odpadních vod pro sledování jejich znečištění dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. jsou uvedeny v tabulce č. 4. Rozlišují se tři základní typy vzorků, typ A, B a C, které se liší způsobem odběru. Typ A je 12hodinový směsný vzorek získaný sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut. Typ B je 24hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 objemově stejných dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin. Typ C je 24hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin o objemu úměrném aktuální hodnotě průtoku v době odběru dílčího vzorku.

Velikost zdroje znečištění (EO)	Typ vzorku	četnost
<500	A	4
500 – 2000	A	12
2001 – 10000	B	12
10001 – 100000	C	26
> 100000	C	52

Tab. 4: Minimální četnosti odběrů vzorků vypouštěných městských odpadních vod pro sledování jejich znečištění (zdroj: NV č. 401/2015 Sb.).

Vzhledem k velkému množství znečišťujících látek by bylo jejich kvantitativní vyhodnocení velmi složité, pracné a ekonomicky nevýhodné. Z tohoto důvodu se využívá k vymezení hodnot znečišťujících látek zařazení do skupin jako souhrnu všech organických látek. K přiřazení do skupin pro určení obsahu organického znečištění se využívají indikátory (Švehla, 2007).

V příloze č. 7 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb. jsou uvedeny nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování odpadních vod a podmínky jejich použití v tabulce č. 5. Dále jsou v příloze uvedeny dosažitelné hodnoty koncentrací a účinností pro jednotlivé ukazatele znečištění při použití nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování městských odpadních vod.

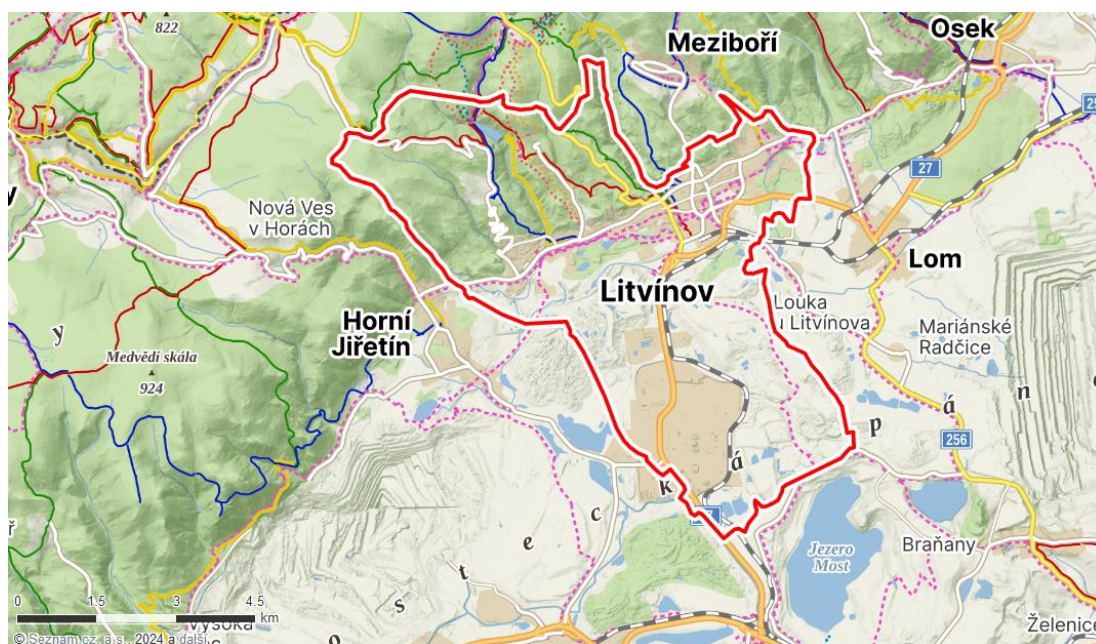
Kategorie ČOV [EO]	Nejlepší dostupná technologie	CHSK _{Cr}			BSK ₅			NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk}			P _{celk}			
		p mg/l	m mg/l	účinnost [%]	p mg/l	m mg/l	účinnost [%]	p mg/l	m mg/l	prům mg/l	m mg/l	účinnost [%]	prům mg/l	m mg/l	účinnost [%]	prům mg/l	m mg/l	účinnost [%]
<500	Nízká až středně zatěžená aktivace nebo biofilmové reaktory	110	170	75	30	50	85	40	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500-2000	Nízká zatěžená aktivace se stabilní nitrifikací	75	140	75	22	30	85	25	30	12	20	75	-	-	-	-	-	-
2001-10000	Nízká zatěžená aktivace se stabilní nitrifikací a se simultánním srážením fosforu + mikrofiltrací či jiná filtrace	70	120	80	18	25	90	20	30	8	15	80	-	-	-	2	5	75
10001-100000	Nízká zatěžená aktivace s odstraňováním nutričních +terciární stupeň včetně srážení fosforu eventuelně dávkování externího s ubstrátu	60	100	80	14	20	90	18	25	-	-	-	14	25	70	1,5	3	80
> 100000	Nízká zatěžená aktivace s odstraňováním nutričních + terciární stupeň včetně srážení fosforu, dávkování externího s ubstrátu	55	90	85	10	15	95	14	20	-	-	-	10	16	75	0,7	2	85

Tab. 5: Nejlepší dostupné technologie čištění (zdroj: NV č. 401/2015 Sb.)

5. Charakteristika zájmového území

Město Litvínov se nachází na úpatí Krušných hor v Ústeckém kraji, 10 km severně od okresního města Mostu a 35 km západně od krajského města Ústí nad Labem. Ze severu město obklopují hory a lesy. Ze zbylých stran pak hnědouhelné lomy, výsypky a rekultivovaná území. Litvínov silně ovlivnila podpovrchová i povrchová těžba hnědého uhlí a petrochemický průmysl, který se na území města nachází.

Historie města sahá až do 13. století. První zmínka se pak objevuje v roce 1352. Tradice, dostatek surovin, vodních toků a pracovních sil, umožnily vznik první manufaktury na výrobu sukna v roce 1715, kterou založil Jan Josef z Valdštejna. Císař Karel VI. ještě v témže roce povýšil Horní Litvínov na městys. Roku 1852 získal Litvínov status města. Rozvíjeli se zde nejrůznější obory. Dřívější rudné dolování nahradila těžba hnědého uhlí a klíčovým se stal právě petrochemický průmysl. V Litvínově žije přibližně 25 000 obyvatel a s propojenou aglomerací Litvínova, Horního Jiřetína, Meziboří a Lomu dosahuje počtu až 40 000 obyvatel (Vávrová, 1990; David, 2015).



Obr. 11: Mapa zájmového území (zdroj: Mapy.cz).

5.1 Geomorfologie

Zájmové území geomorfologicky náleží do území Komořanské kotliny, která je součástí Krušnohorské soustavy. Postavení území v rámci geomorfologického členění České republiky je následující (Balatka, 1972):

Systém: Hercynský

Subsystem: Hercynská pohoří

Provincie: Česká vysočina

Subprovincie: Krušnohorská subprovincie (soustava)

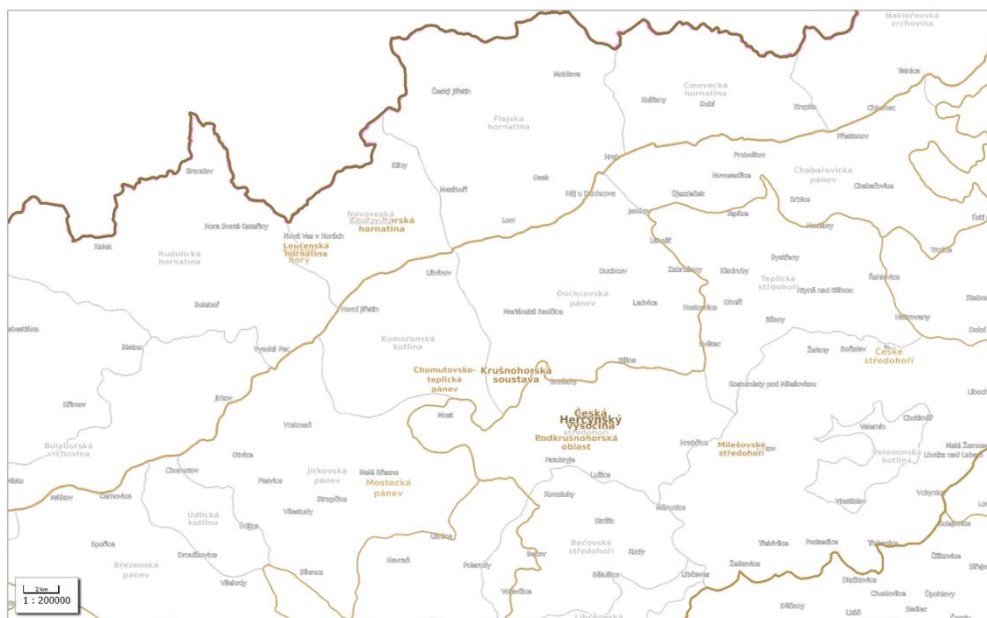
Oblast: Podkrušnohorská oblast (hornatina)

Celek: Mostecká pánev

Podcelek: Chomutovsko - teplická pánev

Okrsek: Komořanská kotlina

Krušnohorská subprovincie je charakteristická hornatinným, vrchovinným i pánevním reliéfem. Vrcholová část Krušných hor má parovinný ráz. Morfologicky výrazný je zlomový stupeň při krušnohorském zlomu, kde dosahuje výška skoku až 500 m. Dále vcelku plošný reliéf severočeské pánve. Pánevní část a přilehlé České středohoří byly geomorfologicky utvářeny v kvartéru, zapříčiněné hlavně erozí řek. Komořanská kotlina ve střední části Chomutovsko-teplické pánve, vytváří mělkou tektonickou sníženinu na miocenních jílech a píscích s uhelnými slojemi nacházející se v místech už zaniklého Komořanského jezera, s původně měkkým reliéfem hranáčových osypů, náplavových kuželů, nízkých teras a širokých niv se slatinami. Povrch je v současné době z největší části zcela pozměněn antropogenními tvary, jako jsou hnědouhelné lomy a výsypky (Czudek, 1972; Demek, 1987).



Obr. 12: Geomorfologie zájmového území (zdroj: geoportal.gov.cz)

5.2 Geologie

Zájmové území je tvořeno Krušnohorským krystalinikem, které náleží do krystalinika Českého masivu. Metamorfované horniny lze rozčlenit na šedé (krystalické břidlice) a červené ruly (migmatity a ortoruly). Významné zastoupení představují vrstvy tvořené sedimenty. Jsou to sedimenty splachové (zvětraliny vulkanických hornin, jíly, tufy), jezerní (jíly, jílovce, písky) a sedimenty náplav. Výsledná uhelná sedimentace poté představuje nejvýznamnější zdroj nerostných surovin v oblasti. Geologické poměry jsou ve studijním území složité. Ve svazích nad Krušnohorským zlomem je horninové prostředí tvořeno prekambrijskými metamorfovanými horninami. Oblast Mostecké pánve je silně ovlivněna povrchovou těžbou hnědého uhlí. Nacházejí se zde masivní výsypky hnědouhelných dolů a antropogenní navážky. Nadložní vrstvy jsou tvořeny kvartérními uloženinami pleistocénu (Žídková, 2018).

5.3 Klimatické poměry

Severní část území spadá do oblasti chladné, modelované podkrušnohorským klimatem s vyšší nadmořskou výškou. Jižní část území, je dle Quittovy klasifikace, součástí skupiny teplých klimatických oblastí, a to konkrétně oblasti T2. Tyto oblasti se vyznačují vyššími průměrnými teplotami vzduchu a nižším úhrnem srážek, který je způsobený srážkovým stínem Krušných hor. Teplejší podnebí podkrušnohorských pánví sebou přináší déle trvající léta s mírnějšími zimami. Roční průměrná maxima mohou překročit i hranici 33°C, minima poté zpravidla neklesají pod hranici -17°C. Tento fakt se posléze promítá do počtu letních, mrazových a ledových dní. Intenzita atmosférických srážek vykazuje spíše nižší hodnoty průměrných ročních a denních úhrnů (Quitt, 1971; Tolasz, 2007).

Klimatická charakteristika oblasti	T 2
Počet letních dnů	50 – 60
Počet dnů s průměrnou teplotou nad 10 ⁰ C	160 – 170
Počet mrazivých dnů	120 - 130
Počet ledových dnů	30 – 40
Průměrná teplota v lednu	-2 - -3
Průměrná teplota v červenci	18 – 19
Průměrná teplota v dubnu	8 – 9
Průměrná teplota v říjnu	7 – 9
Průměrný počet dnů se srážkami nad 1 mm	90 – 100
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 – 400
Srážkový úhrn v zimním období	200 – 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 – 50
Počet dnů zamračených	120 – 140
Počet dnů jasných	40 – 50

Tab. 6: Klimatická charakteristika oblasti T2 (zdroj: Quitt)

5.4 Hydrologie

Území náleží do povodí Labe, dílčího povodí Bíliny. Toky studijního území se nacházejí ve srážkovém stínu Krušných hor, který způsobuje značnou rozkolísanost průtoků na vodních tocích. To má pak vliv na velikost a stálost vodních zdrojů celé oblasti. Vzhledem k vysoce rozvinutému průmyslu, je pak silně nedostatkové množství vody. Především v povodí Bíliny. Tento problém je pak řešen převodem vody z povodí horní Ohře podkrušnohorským přivaděčem nebo přečerpáváním ze

severovýchodních svahů Krušných hor z Flájského potoka. Uměle jsou ovlivněny i trasy toků (umělá koryta, přeložky toků) v důsledku těžby hnědého uhlí v povrchových dolech. Například kvůli těžbě hnědého uhlí na dole ČSA, tak musel být přirozený tok řeky Bíliny převeden v místě těžby do trubek. Celý průtok řeky Bíliny, byl v minulosti využíván jako technologická voda v chemických závodech v Záluží. Celý tok byl bez života, silně znečištěn fenoly a dalšími chemickými látkami. V 90. letech 20. století se ale situace radikálně zlepšila a v současnosti se do řeky Bíliny vrací život a koryto se postupně pročišťuje. Řeka Bílina je recipientem pro odpadní vody z ČOV Litvínov (Martinovský, 2006).

5.5 Pedologické poměry

Na úpatí Krušných hor, na přechodu do pánevní oblasti se nacházejí dystrické kambizemě, v pánevní části jsou to kyselé kambizemě a modální kambizemě, místy se může nacházet modální pelozem na jílech. Oblast Mostecké pánve je tvořena půdami na sedimentech miocénu, kdy je značná část tvořena hnědouhelnými doly nebo antropozeměmi haldovými či urbánními (Komrská, 2019).

5.6 Krajinný pokryv

Na území převládá devastovaná odlesněná krajina povrchových dolů s obnaženým sedimentárním podloží bez vegetačního krytu. Oblast rekultivovaných ploch, kde převládá zejména lesnická rekultivace, se vyskytují převážně listnaté lesní porosty s převahou břízy, dubu a dalších listnatých stromů a keřů. Z jehličnanů je nejvíce uplatňován nepůvodní modřín. Největší lesní plocha se nachází na Kopistské výsypce, která byla rekultivována v 60. letech 20. století. Významným krajinným prvkem současné vytvořené post-těžební krajiny se staly vodní plochy antropogenních jezer. Největší z nich je jezero Most, vytvořené v místech bývalého královského města Most. Významnou část krajiny zaujímají umělé povrchy dopravních koridorů, továrních objektů a dalších staveb, a to funkčních či opuštěných (Lipský, 2022).

6. Čistírna odpadních vod Litvínov

6.1 Základní údaje o ČOV Litvínov

Čistírna odpadních vod Litvínov byla uvedena do provozu v roce 2010. Před výstavbou nové ČOV, byly městské odpadní vody z Litvínova, Meziboří a okolí přiváděny na ČOV v areálu Unipetrol Litvínov. Tato čistírna byla uvedena do provozu v 70. letech 20. století a již nesplňovala požadavky nové a přísnější legislativy. ČOV Litvínov je mechanicko-biologická typ R-D-N (regenerace-denitrifikace-nitrifikace) s předřazenou usazovací nádrží a kompletním kalovým, plynovým a tepelným hospodářstvím. Kapacita nové čistírny je 36 000 ekvivalentních obyvatel, z toho 32 EO od připojených obyvatel včetně vybavenosti dílen a průmyslu a 4000 EO je určeno jako rezerva pro zvýšení počtu obyvatel, případně zvýšení produkce od dílen a průmyslu (SVS, 2010).



Obr. 13: Pohled na areál ČOV Litvínov (zdroj: autor).

6.2 Kanalizační soustava Litvínova

Odpadní vody pocházející z Litvínova a Meziboří, jsou čištěny na ČOV Litvínov. Kanalizační soustava je tvořena převážně jednotnou kanalizací s částečným podílem oddílné kanalizace. Celý systém je převážně gravitační. V místech, kde nelze odvádět odpadní vodu gravitačně, se nachází tlaková kanalizace. Její potřeba je pouze na území města Litvínova, a to v místních částech Janov, Hamr, Chudeřín a Horní Litvínov (ulice Důl Pavel II). Až na pár výjimek je kanalizací pokrytá většina území

měst Litvínova a Meziboří. Kanalizační soustava a její objekty jsou různého stáří a odlišné kvality.

Vlastníkem kanalizace je Severočeská vodárenská společnost. Provozovatel kanalizace je společnost Severočeské vodovody a kanalizace. Pro jednotný kanalizační systém obcí Litvínov a Meziboří zakončený čistírnou odpadních vod Litvínov je vypracován kanalizační řád z roku 2020. Celkový počet obyvatel měst Litvínova a Meziboří je 28 694, dle údajů z roku 2019. Na jednotný kanalizační systém zakončený ČOV je napojeno 27 896 obyvatel, z toho je 23 114 obyvatel z Litvínova a 4 782 obyvatel z Meziboří. Počet přípojek je 2 369, které mají celkovou délku přibližně 14 km, z toho je 2 072 přípojek v Litvínově s délkou přibližně 11 km a 297 přípojek v Meziboří s délkou přibližně 3 km. Celkové množství fakturovaných odpadních vod odváděných kanalizací pro veřejnou potřebu je 3 358 m³/den. Specifická produkce na jednoho připojeného obyvatele je 120,38 l/den. Pro porovnání tvoří celkový odběr fakturované pitné vody z vodovodu pro veřejnou potřebu 3 871,18 m³/den a specifický odběr na jednoho připojeného obyvatele 135,55 l/den.

Páteří celého systému odkanalizování měst Litvínova a Meziboří jsou kmenové kanalizační stoky A, AB, AC a AD. Stoka A je hlavní stoka, do které se napojují stoky AB, AC a AD. Stoka A odvádí splaškové vody z centra Litvínova a z Meziboří. Stoka AB odvádí splaškové vody z místní části Chudeřín, Hamru a Janova. Stoka AC odvádí splaškové vody z hlavní části města-centra, ze zámeckého parku, z ulice Tyrše a Fügnera, Ruské, Ukrajinské, Studentské a Valdštejské. Stoka AD odvádí splaškové vody z místní části Horní Litvínov.



Obr. 14: Kanalizační systém Litvínov (zdroj: Kanalizační řád Litvínov)

Celková délka kanalizačních stok je 86 956,63 m. V Litvínově je délka kanalizačních stok 71 085,32 m, včetně délky tlakové kanalizace 2 674,58 m. Na Meziboří délka kanalizace dosahuje délky 14 774,85 m a na území Dolního Jiřetína zasahuje zbylých 1 096,46 m. Na jednotné stokové soustavě se nachází 27 dešťových oddělovačů s poměry ředění 1:0,48 – 1:4,43 a 8 čerpacích stanic odpadních vod. Ty jsou určeny k čerpání odpadní vody do gravitační kanalizace (Weiss, 2020).

6.4 Popis funkce jednotlivých částí ČOV Litvínov

6.4.1 Mechanické čištění

Lapák štěrku se nachází na přítoku do ČOV. Lapák je jednokomorový a je vybaven strojním zařízením pro těžení štěrku. Štěrky z lapáku je vyklízen do kontejneru. Za lapákem štěrku odpadní voda natéká do dvojice žlabů, ve kterých jsou osazeny automatické hrubé česle. Shrabky z česlí jsou dopravovány do kontejneru na shrabky pomocí bezhřídelového šnekového dopravníku. V případě poruchy česlí nebo nutného servisního zásahu, jsou před česlemi a za nimi osazena kanálová stavidla s elektropohonem. Z česlí natéká odpadní voda do čerpací stanice a poté do kompaktní jednotky mechanického předčištění. Pro předčištění odpadních vod jsou osazeny dvě jednotky integrovaného hrubého předčištění. Jednotky zahrnují automatické česle s lisem shrabků a podélný lapák písku. Shrabky z jednotek jsou dopravovány dopravníkem do kontejneru na shrabky. Zachycený písek z obou jednotek je vynášen do společného kontejneru. Odpadní voda z hrubého předčištění odtéká do usazovací nádrže. Kruhová usazovací nádrž se nachází mezi odtokem z hrubého předčištění a nátokem odpadní vody na biologické čištění. Výstroj kruhové usazovací nádrže je typové a je sestavené z pojezdového mostu, zařízením pro shrabování dna a stírání hladiny. Shrabování kalu ze dna nádrže probíhá do kalové jímky, která se nachází ve středu nádrže. Plovoucí nečistoty z nádrže jsou štěrkou hladiny dopravovány k jejich gravitačnímu odběru u odtokového žlabu. Primární kal z usazovací nádrže je odváděn do jímky směsného kalu (Srb, 2011).



Obr. 15: Dosazovací nádrž ČOV Litvínov (zdroj: autor).

6.4.2 Biologické čištění

Biologické čištění odpadních vod se skládá z aktivace typu AR-R-AS-D-N se současně probíhajícím chemickým srážením fosforu, s jemnobublinnou aerací a kruhovými dosazovacími nádržemi. Aktivační nádrž se skládá ze tří anoxických selektorů společných pro obě vodní linky a dvou linek biologického čištění pracujících na principu R-D-N. Každá z linek je tvořena nádržemi regenerace s anoxickou a oxickou zónou, nádržemi denitrifikace, které mohou být v případě potřeby provozovány jako nitrifikační, a také nádržemi nitrifikace s interní recirkulací aktivační směsi zpět do denitrifikace. Předčištěné odpadní vody přitékají do prvního anoxického selektoru, do kterého je přiveden i vratný kal odtékající gravitačně z oxických regenerací obou linek. Aktivační směs protéká postupně jednotlivými selektory, které jsou u dna vzájemně propojené.

Všechny tři selektory jsou vybaveny ponornými míchadly, která jsou určena k dostatečnému promíchání. V prvním selektoru je osazeno čerpadlo odvětvení, které čerpá část aktivační směsi do nátoky vratného kalu do anoxických regenerací obou linek. Na odtoku ze třetího selektoru jsou u dna vytvořeny dva otvory, kde se aktivační směs rovnoměrně rozděljuje a odtéká směrem do denitrifikací obou linek. Otvory jsou navíc osazeny dvěma šoupátky. S jejich pomocí je možné odstavit kteroukoliv biologickou linku z provozu. V denitrifikačních nádržích obou biologických linek jsou

osazeny ponorná pomaluběžná míchadla, které zajišťují dostatečné promíchání celé nádrže. V případě nutnosti podpořit proces nitrifikace, je do denitrifikace umístěn aerační systém se stejnou plošnou hustotou elementů jako v případě nitrifikace.

V místě osazení pomaluběžného míchadla má aerační systém zesílené kotvení, z důvodu ochrany před poškozením vlivem chodu míchadla. Míchadlo a aerační systém ale nesmí být provozován současně, je to z důvodu, aby nedošlo k poškození míchadla vlivem kavitace. Standardně je v trvalém provozu míchadlo a v případě potřeby obsluha nejprve odstaví míchadlo z provozu a až poté otevře přívod vzduchu k nádrži. Přívod vzduchu k tomuto aeračnímu systému je u obou linek proveden odbočkou z hlavního přívodu vzduchu k nitrifikaci odpovídající linky. Na konci denitrifikační nádrže obou linek je instalována sonda, která měří koncentrace N-NO_3^- v aktivační směsi. Pomocí sondy se z velínu ČOV řídí celková recirkulace kalu (účinnost procesu odstraňování dusíku). Na odtoku z denitrifikace obou linek je u koruny proveden otvor, kterým odtéká aktivační směs do nitrifikace. Otvor se nachází i u dna nádrže. Nitrifikace obou linek je osazena jemnobublinným aeračním systémem. Pomocí činností nitrifikačních bakterií, zde dochází k oxidaci amoniakálního dusíku na dusitany až dusičnany. Ty se adsorbují na aktivovaný kal a později se vrací zpět před denitrifikaci, kde jsou odstraňovány. Každá nitrifikace má samostatný přívod vzduchu z dmychárny, ve které jsou instalována dmychadla sloužící pro provzdušňování aktivačních nádrží a regeneraci kalu. Na konci nitrifikačních nádrží se nachází čerpadlo interní recirkulace. Pomocí čerpadla je dopravována aktivační směs na začátek denitrifikace. V nitrifikační nádrži je u obou linek instalována sonda, která určuje koncentraci rozpuštěného kyslíku, která se pohybuje okolo 2 mg/l.



Obr. 16: Nitrifikační nádrže ČOV Litvínov (zdroj: autor).

Na základě dat ze sondy se také řídí výkon odpovídajícího dmychadla. Z nitrifikace obou linek, odtéká aktivační směs na dvě kruhové dosazovací nádrže.

V každé nádrži je umístěn středový vtokový válec s flokulační zónou a deflektorem sloužící pro rovnoměrné rozdělení nátoky aktivační směsi po celé ploše nádrže. Obě nádrže jsou vybaveny mostem se zařízením pro stírání dna a hladiny nádrže. Usazený kal je stírán do středu nádrže, odkud je potrubím odváděn k čerpadlům vratného kalu. Plovoucí nečistoty jsou stírány směrem do nádržky s čerpadlem, která je součástí mostu. Výtlak čerpadla plovoucích nečistot je zaústěn do žlabu plovoucích nečistot, který je součástí horní flokulační zóny. Z tohoto žlabu odtékají plovoucí nečistoty gravitačně potrubím vedeným středem nádrže směrem k jejímu dnu a dále ven z nádrže, kde je potrubí napojeno na potrubí vratného kalu.

Vyčištěná voda odtéká do žlabu opatřeného pilovou přepadovou hranou, který je umístěn po obvodu dosazovacích nádrží. Aby se zamezilo úniku plovoucích nečistot do odtoku, je před tímto žlabem umístěna norná stěna. Vyčištěná voda odtéká z přepadového žlabu do odtoku z čistírny a do recipientu, kterým je řeka Bílina (Srb, 2011).



Obr. 17: Dosazovací nádrž ČOV Litvínov (zdroj: autor).

6.4.3 Kalové hospodářství

Kalové hospodářství je navrženo s dvoustupňovým mezofilním vyhníváním ve dvou vyhnívacích nádržích a dvoustupňově řazených. Do budoucna je připraveno termofilní vyhnívání, které bude nutné pro výhledovou potřebu zajištění hygienizace kalu. Je navrženo strojní zahušťování směsného kalu a přebytečného kalu a strojní odvodňování vyhnílého kalu. Zahušťování primárního kalu je řešeno gravitačně přímo v usazovacích nádržích. Vratný a přebytečný kal je odčerpáván ze dna dosazovacích nádrží čerpadly čerpací stanice vratného kalu.

Vratný kal je čerpán na začátek biologické linky, do sdruženého rozdělovacího žlabu před regenerací kalu. Přebytečný kal je nasáván z potrubí výtlačku vratného kalu a je dále čerpán na strojní zahuštění. Strojní zahuštění přebytečného kalu je osazeno zahušťovací odstředivkou. Ta se nachází v budově zahuštění a odvodnění kalu.

Flokulant potřebný pro zahuštění kalu, je připravován ve flokulační stanici a dávkuje se do výtlačného potrubí přebytečného kalu před zahušťovací odstředivkou. Zahuštěný přebytečný kal je ze zahušťovací odstředivky odváděn do jímky směsného kalu, kde se mísí s primárním kalem z hrubého předčištění. Fugát ze zahuštění gravitačně odtéká do kanalizace ČOV.

Směsný kal je v jímce směsného kalu homogenizován ponorným míchadlem. Z jímky směsného kalu je čerpán do dvou vyhnívacích nádrží, kde dochází k anaerobní stabilizaci kalu. Organické látky obsažené v kalu, se rozkládají za vzniku bioplynu. Ve vyhnívajících nádržích dochází současně i k hygienizaci kalu. Vyhnívací nádrže mají plynotěsné zakrytí, jsou řazené za sebou a jsou vybaveny potrubním systémem pro přívod a odběr kalu, jeho cirkulaci a jeho ohřev.

Pro zajištění požadované teploty ve vyhnívajících nádržích, jsou v budově kalového a plynového hospodářství instalována čerpadla cirkulace ohřevu a tepelný výměník voda-kal. Cirkulace ohřevu je spouštěna vždy pouze pro jednu vyhnívací nádrž samostatně a je řízena pomocí teplotních čidel. Udržováním požadované teploty ve vyhnívacích nádržích, která je zhruba 35 °C, je zkrácena doba vyhnívání z 30-60 dní na přibližně 15 dní. Míchání obou vyhnívacích nádrží se zajišťuje pomocí hydraulické cirkulace čerpadly, nebo mícháním bioplynem. Obojí nesmí být spuštěno zároveň. Pomocí čerpadla hydraulické cirkulace je možné přepouštět kal z jedné nádrže do druhé, nebo odčerpávat do uskladňovací nádrže, kde je stabilizovaný kal

uskladněn. Odtah vyhnílého kalu do uskladňovací nádrže je možný také gravitačně.

Ponorné míchadlo zajišťuje homogenitu vyhnílého kalu, nacházející se v uskladňovací nádrži. Vyhnílý zhomogenizovaný kal je z uskladňovací nádrže čerpán do odvodňovací odstředivky, z které je vynášen do kontejnerů. Fugát z odvodnění gravitačně odtéká do jímky, kde se homogenizuje. Z jímky je odstředivým čerpadlem čerpán do rozdělovacího objektu před regeneračními nádržemi. Z důvodu úpravy pH kalu, se do vyhnívajících nádrží dávkuje 5% hydroxid sodný. Přidává se také odpeňovač (Srb, 2011).



Obr: 18: Odvodňovací odstředivka ve strojovně ČOV Litvínov (zdroj: autor).

6.4.4 Plynové hospodářství

Součástí ČOV je plynové a tepelné hospodářství. V budoucnu je ČOV připravena na osazení kogenerační jednotky. Bioplyn je jímán z vyhnívacích nádrží do membránového plynojemu. Plynojem je tvořen ocelovou nádrží. Přiváděný plyn se v plynojemu postupně akumuluje za konstantního tlaku, který je dán proměnným objemem plynového prostoru.

Uvnitř plynojemu se nachází plynotěsný disk se závažím, který slouží pro vytvoření požadovaného tlaku plynu. Přívod a odtah uskladněného plynu se provádí pouze pomocí instalovaného potrubí, které je umístěno v obvodovém plášti plynojemu. Součástí plynojemu je také ochrana proti přeplnění a ochrana proti přetlaku. Ochrana proti přetlaku je tvořena kapalinovou pojistkou, která při nadměrném zvýšení tlaku v plynojemu odpustí plyn ven do atmosféry. Ochrana proti přeplnění se spustí v okamžiku, kdy stále stoupající disk v plynojemu dosáhne maximální výšky.

Disk mechanicky otevře odpouštěcí ventil a dojde k odpuštění plynu do atmosféry. Jakmile disk klesne pod maximální výšku, ventil se uzavře. Kondenzát ze dna plynojemu je vypouštěn potrubím, které je uloženo v podlaze plynojemu. Pro spalování přebytečného bioplynu, který není spálen v kotelně, je na ČOV osazen hořák zbytkového plynu (Srb, 2011).



Obr. 19: Pohled z vyhnívacích nádrží na plynojem a okolí (zdroj: autor).

6.4.5 Tepelné hospodářství

Pro potřeby vytápění, technologického tepla ohřevu teplé užitkové vody je v kotelně instalována trojice litinových kotlů. První kotel je osazen hořákem pro spalování bioplynu, druhý kotel je osazen kombinovaným hořákem pro spalování zemního plynu i bioplynu, třetí kotel je osazen hořákem pro spalování zemního plynu.

Kotle jsou provozovány podle aktuálního vývinu bioplynu a potřeby tepla pro topné okruhy technologického tepla ohřevu kalu, vzduchotechniky a teplovodního vytápění. Celá otopná soustava se skládá ze tří větví.

První topná větev slouží pro teplovodní vytápění jednotlivých místností provozní budovy. Druhá topná větev je určena pro zásobování topných vložek vzduchotechnických jednotek pro větrání plynové kompresorovny a strojovny odvodnění. Pokud vnější teplota dosáhne nad 5 °C, není nutné ohřívat větrací vzduch. Třetí topná větev má úlohu pro zásobování výměníku voda – kal.

Provoz oběhového čerpadla je řízen na základě teploty kalu ve vyhnívací nádrži a aktuální teploty a potřeby přívodu topné vody do výměníku (Srb, 2011).



Obr: 20: Kotelna (zdroj: autor).

6.4.6 Chemické hospodářství

Chemická eliminace fosforu z odpadních vod, je realizována dávkováním 41% síranu železitého s automatickou regulací dávkování v závislosti na aktuálním průtoku ČOV. Síran železitý se dávkuje podle rozborů aktivační směsi na začátek každé nitrifikační nádrže, proměnlivě do odtokového žlabu z nitrifikace do dosazovacích nádrží.

Denní spotřeba síranu železitého je 156 l/den, výhledové až 748,5 l/den. Maximální dávka je 7,5 l/h, výhledově 35,9 l/h. Minimální dávka je 3,9 l/h, výhledově 18,7 l/h. Pro uskladnění síranu železitého je určen jeden dvouplášťový plastový zásobník, instalovaný venku. U zásobníku je instalována dávkovací stanice se třemi dávkovacími čerpadly, která obsahuje propojení se zásobníkem a rozvaděčem. Jedno čerpadlo dávkuje síran do levé linky, druhé čerpadlo do pravé linky a třetí čerpadlo je rezerva, která umožňuje záskok kteréhokoliv z provozních čerpadel. Výkon čerpadel je řízen automaticky dle aktuálního průtoku čistírnou (Srb, 2011).



Obr. 21: Zásobník na síran železitý

7. Vyhodnocení provozu a účinnosti čištění ČOV Litvínov

Pro vyhodnocení provozu a účinnosti čištění na čistírně odpadních vod Litvínov, byla použita data poskytnutá společností Severočeské vodovody a kanalizace. Byla využita roční průměrná data z přítoku a z odtoku na ČOV Litvínov. Vyhodnoceny byly parametry $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , NL , N_{celk} a P_{celk} , bylo provedeno vyhodnocení celkového ročního množství znečištění vypouštěného z ČOV do recipientu řeky Bíliny. Dále bylo vyhodnoceno u jednotlivých parametrů účinnost čištění. Podrobnější data nebyly společností Severočeské vodovody a kanalizace poskytnuty z důvodu, protože si společnost nepřála podrobnější data zveřejňovat. Tabulka s poskytnutými daty je uvedena v přílohách.

Provoz čistírny odpadních vod Litvínov je zajištěn nepřetržitě, tj. 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. V provozu se nachází vždycky jeden až dva strojníci. V rámci provozu jsou prováděny pravidelné objížďky, které mají na starosti pověřené osoby z provozu a těmi jsou mistr, manažer provozu a specialista – technolog v oblasti odpadních vod. Technolog má k dispozici přenosné přístroje, jako jsou pH a LDO sonda a zákaloměr.

LDO sonda měří rozpuštěný kyslík pro stanovení biochemické spotřeby kyslíku (BSK). Přístroje pomáhají identifikovat případný problém na ČOV. Na provozu jsou instalovány LDO sondy, analyzátor Amtax a analyzátor Phosphax s kontinuálním měřením a přenosem do hlavního počítače na velínu a s dálkovým přenosem. Analyzátor Amtax stanovuje koncentrace $N-NH_4^+$ a analyzátor Phosphax stanovuje koncentrace P_{celk} a $P-PO_4^{3-}$. Provoz čistírny je kontrolován laboratorně každý týden a odebíráno je tedy 52 vzorků ročně. Vzorky se odebírají z přítoku na ČOV, odtoku z ČOV a z kalů.

Podle nařízení vlády 401/2015 Sb., musí být na ČOV Litvínov minimální roční četnost odběrů vzorků z odpadních vod 26. Z 52 vzorků ročně je tedy 26 vzorků klasifikováno jako provozní a jsou určeny pouze pro potřeby společnosti Severočeské vodovody a kanalizace. V případě problémů, jako jsou například odstávky nebo mimořádné problémy, je možné vzorkovat provoz každý den. Vzorky přítoku a odtoku

odpadních vod a odtoku z usazovací nádrže se odebírají pomocí automatických odběráků umístěných na provozu ČOV.

Vzorky kalů odebírají strojníci, ty jsou následně sváženy technickými pracovníky laboratoří společností SčVK, které jsou poté v laboratoři analyzovány. Provoz čistírny mohou ohrozit například intenzivní srážky. Proto jsou v kanalizační síti před čistírnou vybudované odlehčovací komory, které část odpadních vod nařazenými srážkami odvádí přímo do recipientu. Na nátoky odpadních vod do čistírny, se občas objevuje znečištění neznámého původu, které je povětšinou olejovité báze. Čistírna s tím má problém, ale zatím to není nic vážného. Na nádržích se poté objeví hustá tuková pěna, jejíž likvidace většinou trvá jeden měsíc, někdy i měsíce dva. Zbytek tohoto znečištění je poté obsažen i v kalu a dochází k pění vyhnívací nádrže, nebo se špatně odvodňuje kal. ČOV Litvínov nemá problém s parametry P_{celk} a $P-PO_4^{3-}$. Čistírna nepoužívá ani srážení síranem železitým, i když je na provozu instalován.

Modernizace a dostavba technologií na ČOV Litvínov je určitě v plánu. Rozhodujícím parametrem bude nedostatečná kapacita ČOV nebo investiční záměry měst jako je výstavba domů nebo dožívající technologie. ČOV Litvínov je vystavena v roce 2011, tudíž je necelých třináct let v provozu a na výše uvedenou modernizaci má tato čistírna ještě svůj čas.

Výsledky naměřených průtoků na ČOV Litvínov

V tabulce č. 7 jsou uvedené hodnoty naměřených ročních průtoků na ČOV Litvínov v letech 2017-2022. Hodnoty jsou uvedené v m^3/rok . Z tabulky č. 7 je patrné, že nebylo ve sledovaném období 2017-2022 překročeno maximální proteklé množství, které je $6\,000\,000\,m^3/rok$. Tato hodnota je uvedena v povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových vydaného pro čistírnu odpadních vod Litvínov

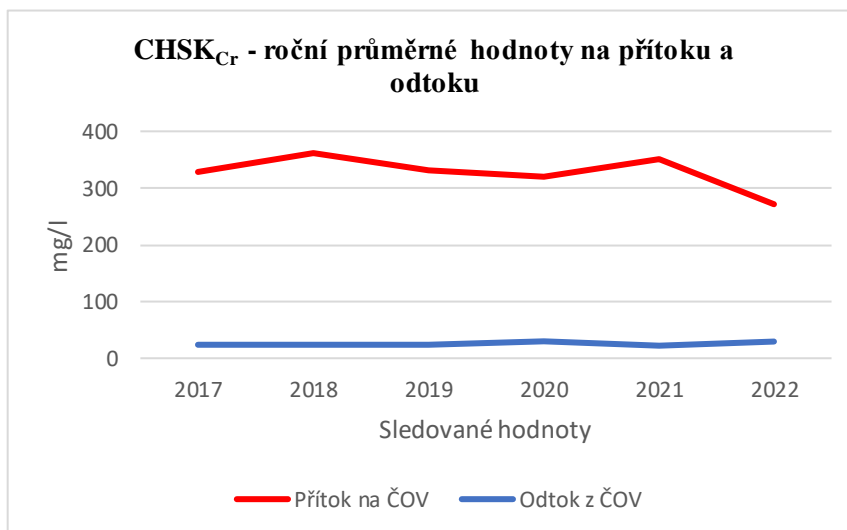
ROK	Proteklé množství m3/rok
2017	3 815 755
2018	3 416 967
2019	3 272 701
2020	3 189 694
2021	3 688 651
2022	3 483 681

Tab. 7: Proteklé množství odpadních vod ČOV Litvínov (zdroj: SčVK).

Chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným

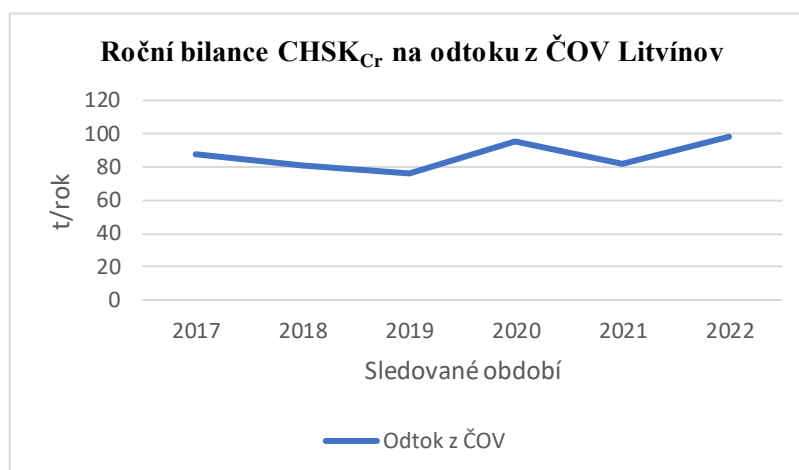
CHSK_{Cr} je chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným. Hodnota CHSK_{Cr} je mírou celkového obsahu organických látek ve vodě. Jedná se o množství kyslíku, které je potřeba na oxidaci organických látek ve vodě.

Na obrázku č. 22 jsou znázorněny roční průměrné hodnoty v mg/l na přítoku na ČOV Litvínov, které byly porovnány s hodnotami na odtoku ve sledovaném období 2017-2022. Z výsledků je zřejmé, že na ČOV Litvínov dochází k výraznému odstraňování CHSK_{Cr}. V nařízení vlády č. 401/2015 Sb., je určena minimální účinnost čištění pro CHSK_{Cr} 75%. Znečištění CHSK_{Cr} odstraňovala čistírna ve sledovaném období 2017-2022 průměrně s hodnotou 92%. Tudíž tento limit čistírna naplňuje.



Obr. 22: Roční průměrné hodnoty CHSK_{Cr} na přítoku a odtoku

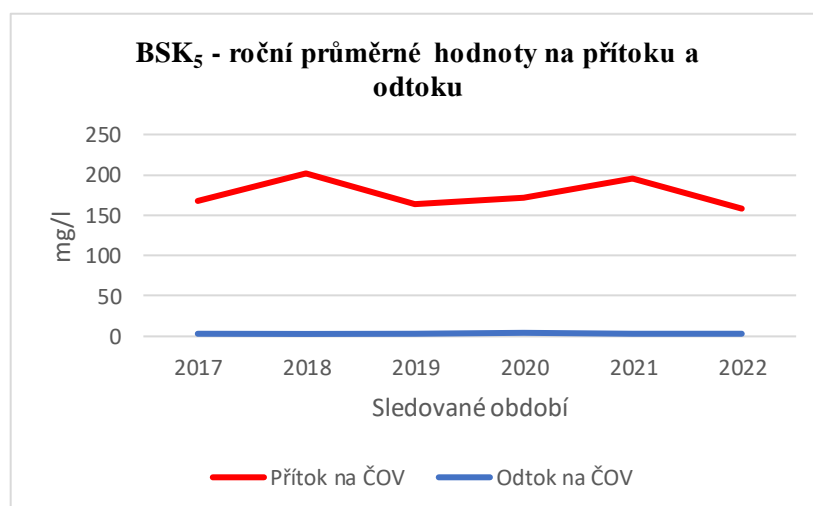
Na obrázku č. 23 jsou znázorněny roční celkové hodnoty $CHSK_{Cr}$ v t/rok, které byly vypouštěny do řeky Bíliny v letech 2017-2022. Z výsledků vyplývá, že roční bilance $CHSK_{Cr}$ na odtoku je nestálá. Jednoznačně však splňuje limit pro roční bilanci $CHSK_{Cr}$, uvedený v povolení k vypouštění odpadních vod, který je 312 t/rok.



Obr. 23: Roční bilance $CHSK_{Cr}$ na odtoku

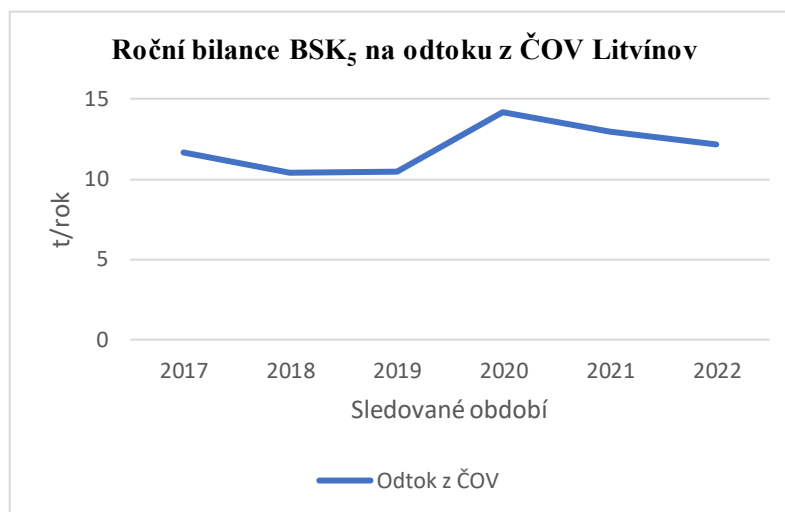
Biochemická spotřeba kyslíku

BSK_5 udává množství kyslíku spotřebovaného k biochemické oxidaci látek ve vodě za 5 dní při teplotě cca 20 °C. Vyšší hodnoty BSK indikují větší množství organického znečištění a tím mohou ve vodním prostředí způsobovat pokles rozpuštěného kyslíku.



Obr. 24: Roční průměrné hodnoty BSK_5 na přítoku a odtoku

Na obrázku č. 24 jsou znázorněny roční průměrné hodnoty BSK₅ v mg/l na přítoku a odtoku z ČOV v letech 2017-2022. Z výsledků vyplývá, že dochází k jasnému úbytku znečištění BSK₅. V nařízení vlády č. 401/2015 Sb., je určena minimální účinnost čištění pro BSK₅ 85%. Znečištění BSK₅ odstraňovala čistírna ve sledovaném období 2017-2022 průměrně s hodnotou 98%, a proto tento limit s přehledem splňuje.

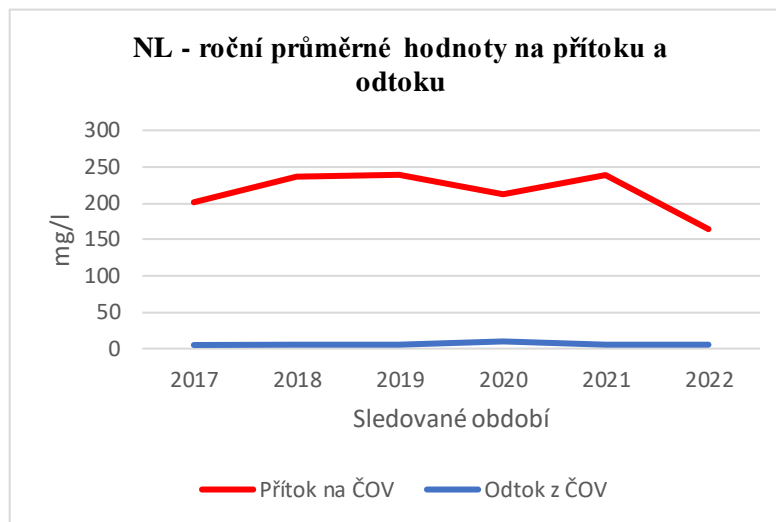


Obr. 25: Roční bilance BSK₅ na odtoku

Na obrázku č. 25 jsou znázorněny roční celkové hodnoty BSK₅ v t/rok, které byly vypouštěny do řeky Bíliny v letech 2017-2022. Z výsledků je zřejmé navýšení hodnot znečištění na odtoku od roku 2020 s klesající tendencí. Limit 60 t/rok pro roční bilanci BSK₅, uvedený v povolení k vypouštění odpadních vod, čistírna splňuje.

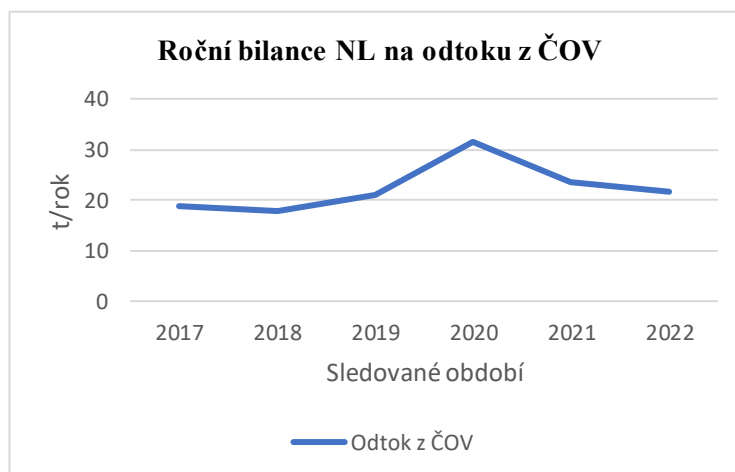
Nerozpuštěné látky

NL jsou definovány jako tuhé látky, které lze za určitých podmínek odstranit filtrací nebo odstředěním. Dělí se na usaditelné, neusaditelné a vzplývavé. Hodnoty NL vzrůstají například při zvýšených srážkách v důsledku splachu ze zpevněných ploch urbanizovaného území.



Obr. 26: Roční průměrné hodnoty NL na přítoku a odtoku

Na obrázku č. 26 z uvedených výsledků vyplývá, že dochází k výraznému usazování nerozpuštěných látek na mechanickém předčištění. Přípustná minimální účinnost čištění pro NL není dána nařízením vlády č. 401/2015 Sb. Účinnost odstranění NL se pohybuje okolo 97%.



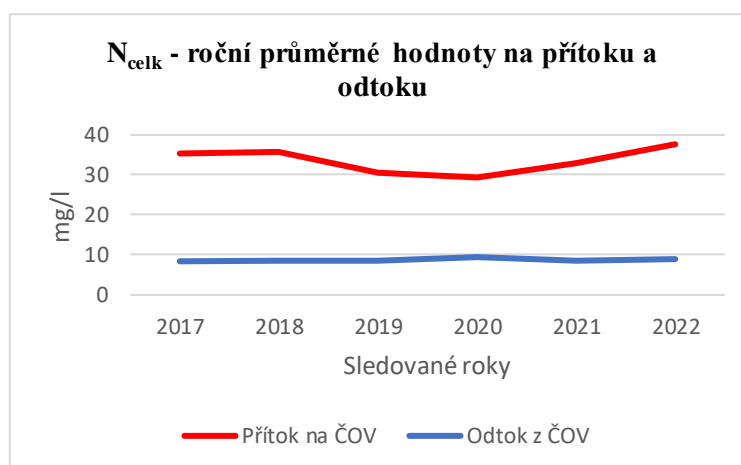
Obr. 27: Roční bilance NL na odtoku

Z obrázku č. 27 celkové roční bilance NL v letech 2017-2022 je patrné, že došlo k postupnému navýšení hodnot nerozpuštěných látek na odtoku z ČOV Litvínov a následně k jejich pozvolnému poklesu. I přes zvýšené hodnoty NL v části sledovaného období 2017-2022, je splněn limit roční bilance NL, který je 84 t/rok.

Dusík celkový

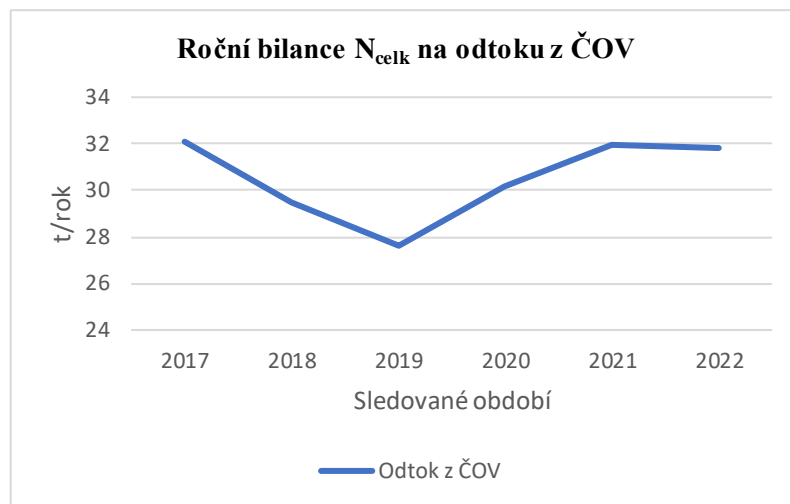
N_{celk} je součtem anorganického a organického dusíku. Jeho zvýšená hodnota v odpadní vodě může způsobit eutrofizaci.

Na obrázku č. 28 z uvedených hodnot vyplývá, že dochází k prokazatelnému úbytku všech forem dusíku v čištěné odpadní vodě. V nařízení vlády č. 401/2015 Sb., je určená minimální účinnost čištění pro N_{celk} 70%. Znečištění N_{celk} je čistírnou odstraňováno v průměru kolem 74%, a proto je i tento limit splněn.



Obr. 28: Roční průměrné hodnoty N_{celk} na přítoku a odtoku

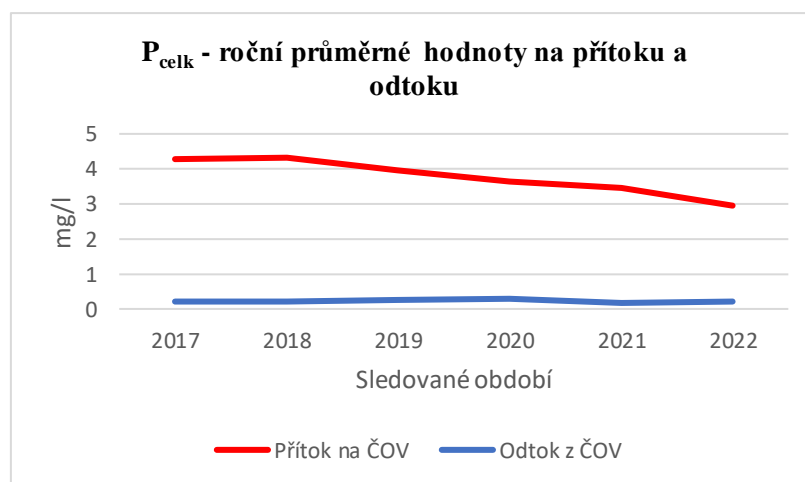
Na obrázku č. 29 jsou uvedeny celkové roční bilance množství celkového dusíku vypouštěného do řeky Bíliny v t/rok ve sledovaném období 2017-2022. Je patrný pokles a následné zvýšení celkových ročních hodnot na odtoku z ČOV Litvínov. V povolení k vypouštění odpadních vod pro ČOV Litvínov, je uveden limit pro roční bilanci N_{celk} , který má hodnotu 90 t/rok. Tento limit čistírna splňuje



Obr. 29: Roční bilance N_{celk} na odtoku

Fosfor celkový

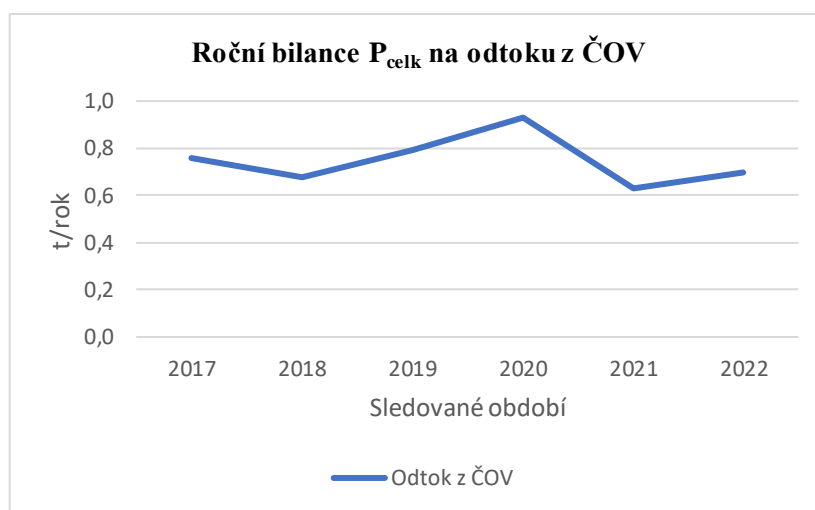
P_{celk} je součtem rozpuštěného a nerozpuštěného fosforu. Zvýšená hodnota fosforu ve vodě způsobuje eutrofizaci povrchových vod.



Obr. 30: Roční průměrné hodnoty P_{celk} na přítoku a odtoku

Z obrázku č. 30 vyplývá, že koncentrace P_{celk} na přítoku do ČOV Litvínov pozvolně klesá a zároveň dochází k jeho výraznému odstraňování. V nařízení vlády č. 401/2015 Sb., je určena minimální účinnost čištění pro P_{celk} 80%. Znečištění P_{celk} odstraňovala čistírna ve sledovaném období 2017-2022 průměrně s hodnotou 94% a minimální účinnost čištění je splněna.

Na obrázku č. 31 jsou zřejmé výkyvy hodnot na odtoku z ČOV Litvínov. Limit 12 t/rok pro P_{celk} , nacházející se v povolení k vypouštění odpadních vod, čistírna s přehledem splňuje.



Obr. 31: Roční bilance P_{celk} na odtoku

8. Diskuse

V důsledku stále rostoucí populace a vysoké produkci odpadních vod, a to hlavně v místech s vysokou hustotou obyvatelstva, je již přes 100 let nezbytné odpadní vody čistit. Vodní recipienty si již s tak velkým znečištěním neporadí. Vodní toky jsou čistší, oproti předešlým stoletím, avšak i nyní je důležité o vodu pečovat.

Dle článku Ekolistu podle pana Chmelaře, v současném "modernějším" období jsou znečištění natolik nová, že na ně nejsou přizpůsobeny ani velké moderní čistírny, s čímž souhlasím. Vodním tokům nejvíce škodí sloučeniny dusíku a fosforu. „*Pokud se bavíme o fosforu, který je jedním z největších problémů našich povrchových vod, jsou hlavním původcem nečištěné nebo nedostatečně čištěné odpadní vody z měst a obcí. Na vině je jednak struktura sídel, jednak benevolentní předpisy,*“ uvedl Petr Chmelař, mluvčí Povodí Moravy.

Dalším problémem jsou mikropolutanty a mikroplasty. Používáním léčivých přípravků, hlavně hormonů a antibiotik, nebo kosmetických přípravků se dostávají tyto látky do odpadních vod. Běžné technologie na čistírnách odpadních vod si ale nedokážou s tímto druhem znečištění poradit, a tak tyto látky putují dále do recipientů. Je nezbytné pečovat o kvalitu životního prostředí tak, aby byla zajištěna i pro budoucí generace. Vzhledem k tomu, jaké jsou podmínky kladeny na životní prostředí je podstatné o něj pečovat. V návaznosti na to Ministerstvo životního prostředí spustilo i dotační Opatření 1.4.1 - Výstavba čistíren odpadních vod; dobudování a výstavba kanalizací, které podporuje přístup k vodě a udržitelnost hospodaření s vodou. Dle ministra životního prostředí „Chceme podpořit nakládání s odpadními vodami tam, kde není možné efektivní řešení na centrální čistírně odpadních vod. Jde nám o takzvané decentralizované čištění, které je za určitých podmínek efektivnější než nákladná výstavba rozlehlých stokových systémů,“ popsal v roce 2016 cíl poskytování dotací ministr životního prostředí Richard Brabec.

Cílem Evropské Unie je dosáhnout do roku 2050 nulového znečištění životního prostředí. Za tímto účelem aktualizuje svá pravidla pro čištění odpadních vod z roku 1991. ČOV Litvínov už se zabývala Jana Mušková ve své diplomové práci *Vyhodnocení provozu a účinnosti čistírny odpadních vod Litvínov-Meziboří*, kdy vyhodnocovala zkušební provoz čistírny. Bakalářská práce *Porovnání ČOV Litvínov a ČOV Neštětice*, se zabývá porovnáním a zhodnocení technologií čištění odpadních

vod na ČOV Litvínov a ČOV Neštětice. Dle grafů popsaných v předešlé kapitole můžeme říct, že ČOV Litvínov neměla ve sledovaném období 2017-2022 problémy se zvládnutím maximálního povoleného proteklého množství odpadních vod.

Dále také účinnost čištění u jednotlivých parametrů dosahovala skvělých hodnot, především u BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, NL , a P_{celk} . U parametru N_{celk} by mohla být účinnost čištění v budoucnu o pár procent lepší. Roční bilance jednotlivých parametrů znečištění nepřekročila u žádné maximální povolené roční množství. Podle technologa odpadních vod, paní Ing. Martiny Macurové, se na ČOV Litvínov odebírá 52 vzorků odpadních vod za rok. Podle mého názoru je počet odebíraných vzorků více než dostačující, neboť nařízení vlády č. 401/2015 Sb. konkrétně pro tuto čistírnu ukládá minimální počet vzorků 26 za rok. Souvisí s tím sice vyšší náklady na provoz, ale může se tak včas předejít nežádoucím vlivům, které mohou ohrozit provoz čistírny (Adámek, 2008; Veselíková, 2016; ČTK, 2023; European Council, 2024).

9. Závěr

Diplomová práce se zabývá problematikou čištění odpadních vod a vyhodnocením provozu a účinnosti čištění čistírny odpadních vod Litvínov. Cílem práce bylo vyhodnocení dat a jejich porovnání s nařízením vlády č. 401/2015 Sb. a vodoprávním povolením vydaným pro tuto čistírnu. Text práce je rozdělen do dvou částí.

První část diplomové práce obsahuje literární rešerši, která se věnuje problematice čištění odpadních vod. Zde jsou vysvětleny jednotlivé druhy odpadních vod, stokové soustavy a systémy stokových sítí. Dále je vysvětleno, jak probíhá samotné čištění odpadní vody, a to od vtoku do čistírny až po vypuštění vyčištěné vody do recipientu. Zmíněna je také související legislativa. Důraz je kladen na stanovované ukazatele znečištění v odpadních vodách a jejich stanovované hodnoty.

Druhá část práce se zaměřuje na čistírnu odpadních vod Litvínov. Zároveň je i přiblížena charakteristika zájmového území. Vysvětlen kanalizační systém, nacházející se na území měst Litvínova a Meziboří. Současně podrobně popsána čistírna odpadních vod Litvínov, včetně její stručné historie, jednotlivých technologií potřebných k vyčištění odpadních vod a další související objekty, nacházející se v areálu ČOV Litvínov. Stěžejní částí této práce bylo samotné vyhodnocení provozu a účinnosti čištění této čistírny ze získaných dat. Vyhodnoceny byly jednotlivé parametry: průtoky odpadní vody čistírnou, BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, NL , N_{celk} a P_{celk} . Následně byla data porovnána s nařízením vlády č. 401/2015 Sb. a platným povolením k vypouštění odpadních vod vydaném pro čistírnu odpadních vod Litvínov. Vyhodnocení provozu ukázalo současný stav ČOV Litvínov.

Na základě vyhodnocení sledovaných parametrů znečištění bylo zjištěno, že je ČOV Litvínov plně funkčním, moderním zařízením, které je schopné v souladu s evropskou i českou legislativou účinně odstraňovat znečištění z odpadních vod. U všech vyhodnocených parametrů byly posouzeny výrazně lepší výsledky, než které jsou požadovány vodoprávním povolením a nařízením vlády č. 401/2015 Sb. Vypočítaná účinnost čištění dosahovala u všech ukazatelů skvělé výsledky. Hodnoty byly vysoko nad hodnotami minimální přípustné účinnosti čištění odpadních vod. Čistírna odpadních vod Litvínov dlouhodobě splňuje a výrazně překonává legislativní požadavky na minimální účinnosti čištění. Z těchto důvodů lze konstatovat, že čistírna

plní svou funkci více než dobře. Díky vysoké kvalitě čištění městských odpadních vod se čistírna odpadních vod Litvínov podílí na zlepšení životního prostředí už v tak zdevastované krajině, kterou způsobila rozsáhlá těžba uhlí a petrochemický průmysl.

Přínosem práce je přiblížení a seznámení s problematikou čištění odpadních vod a také s čištěním odpadních vod z měst Litvínova a Meziboří. Byly vyhledány informace z různých literárních zdrojů a zapracovány do této diplomové práce, které tak mohou být oceněné případnými zájemci o danou problematiku čištění odpadních vod v Litvínově a Meziboří, s podrobným popisem čistírny odpadních vod Litvínov a kanalizační soustavě na území měst Litvínova a Meziboří. Návrhem pro další zájemce o toto téma by bylo, jak se například bude vyvíjet čištění odpadních vod ať už městských nebo vod průmyslových v Litvínově.

10. Seznam použitých zdrojů

ADÁMEK, Zdeněk, Jan HELEŠIC, Blahoslav MARŠÁLEK a Martin RULÍK. *Aplikovaná hydrobiologie*. 1. vyd. Vodňany: VÚRH JU Vodňany, 2008. 256 s. Učebnice. ISBN 978-80-85887-79-2.

Anthonisen, A. C., Loehr, R. C., Prakasam, T. B. S., Srinath, E. G., 1976. Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. *J. Water Poll. Contr. Fed* 48 (5), 835-852

BELER BAYKAL, Bilsen, 2019. Recycling/reusing grey water and yellow water (human urine): motivations, perspectives and reflections into the future. *DESALINATION AND WATER TREATMENT*. 172, 212-223. Dostupné z: doi:10.5004/dwt.2019.24667

BINDZAR, Jan, 2009. *Základy úpravy a čištění vod*. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 978-80-7080-729-3.

BOŽÍKOVÁ, Jarmila a Michal BOŽÍK, 2014. *Vodohospodářské stavby*. Bratislava: STU. ISBN 978-80-227-4240-5.

BRONCOVÁ, Dagmar (ed.). Historie kanalizací: dějiny odvádění a čištění odpadních vod v Českých zemích. Z historie průmyslu. Praha: Milpo Media s.r.o. ve spolupráci s Vydavatelstvím a nakladatelstvím Milpo, 2002. ISBN 80-86098-25-7.

BROŽA, Vojtěch, 1993. *Vodohospodářské stavby*. 2.přeprac. vyd. Praha: ČVUT. ISBN 80-010-1021-X.

Crittenden, JC, Trussell, RR, Hand, DW, Howe, KJ, Tchobanoglous, G, Howe, KJ, Trussell, R, Hand, IW, Howe, R, & Tchobanoglous, R 2012, *MWH's Water Treatment: Principles and Design*, John Wiley & Sons, Incorporated, Hoboken. Available from: ProQuest Ebook Central. [9 February 2023].

CZUDEK, Tadeáš (ed.). *Geomorfologické členění ČSR*. [Praha]: Academia, 1972.

Časopis Stavebnictví, 2019. Praha: INFORMAČNÍ CENTRUM ČKAIT. ISSN 1802-2030.

Čechmánková J., Matějka J., Nobilis L., Maňhal J., Horváthová V., Skála J., 2017: Přehled technologií kalového hospodářství komunálních ČOV. *Waste Forum* 1. S. 24-32.

ČERNECKÝ, Jozef, Petra KVASNOVÁ a Jozef DOČKAL, 2006. *Technika úpravy vôd a ich čistenia*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. ISBN 80-228-1594-2.

ČÍŽEK, P., F. HEREL a Z. KONÍČEK. 1970: *Stokování a čištění odpadních vod*. Praha: SNTL/ALFA. 404 s.

ČTK. Hlavní příčinou znečištění řek je nedostatečné čištění odpadních vod. *Ekolist.cz* 2023, ISSN 1802-9019. [Citováno 2023-12-12]. Dostupné z WWW <<https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/odbornici-hlavni-pricinou-znecistení-rek-je-nedostatecne-cistení-odpadních-vod>>

DANSO-BOATENG, Eric, 2017. *Sewage Sludge*. New York: Nova Science Publishers. ISBN 978-1536110722.

DAVID, Petr, Petr LUDVÍK a Vladimír SOUKUP, 2015. *Malý špalíček výletů*. Praha: S & D Nakladatelství. Autem po Čechách, Moravě a Slezsku. ISBN 978-808-6899-701.

DEMEK, Jaromír. *Obecná geomorfologie: Učebnice pro přírodovědecké fakulty*. Praha: Academia, 1987. ISBN (váz.).

DOHÁNYOS, Michal, Nina STRNADOVÁ a Jan KOLLER, 2011. *Čištění odpadních vod*. Dotisk 2. vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 978-80-7080-316-5.

ERIKSSON, Eva, Karina AUFFARTH, Mogens HENZE a Anna LEDIN, 2002. Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*. Taylor & Francis, 1(4), 85-104. ISSN 17449006.

EUROPEAN COUNCIL. Wastewater treatment [online]. [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/wastewater-treatment/>

GRŮNWALD, Alexander, 1993. *Hydrochemie*. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-01-00952-1.

HÁNKOVÁ, D. *Kanalizační stoky*. Praha, 2005. Dostupné také z: <http://people.fsv.cvut.cz/www/hanekpav/K154/PDF/Stokovani.pdf>.

HASÍK, Otakar, 2009. *Stavby vodovodů a kanalizací. 2., upr. vyd.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-1984-6.

HENZE, Mogens, Mark C. M. VAN LOOSDRECHT, G. A. EKAMA a Damir BRDJANOVIC, 2008. *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modeling, and Design*. IWA Publishing. ISBN 978-1843391883.

HLAVÍNEK, Petr a Jiří HLAVÁČEK. *Čištění odpadních vod: praktické příklady výpočtů*. Brno: NOEL 2000, 1996. ISBN 80-86020-0-2.

HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX, 2003. *Stokování a čištění odpadních vod*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 80-214-2535-0.

HORÁKOVÁ, Marta, 2003. *Analytika vody*. Vyd. 2., opr. a rozš. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 978-80-7080-520-6.

CHUDOBA, Jan, 1991b. *Odpadní vody a jejich čištění*. Praha: KONEKO. ISBN 80-85122-09-X.

CHUDOBA, Jan, Jiří WANNER a Michal DOHÁNYOS, 1991a. *Biologické čištění odpadních vod: vysokoškolská příručka pro vysoké školy chemicko-technologické*. Praha: SNTL. Ochrana životního prostředí. ISBN 80-030-0611-2.

JERN, Ng Wun, 2006. *Industrial Wastewater Treatment*. London: Imperial College Press. ISBN 1860945805.

KOLEKTIV AUTORŮ, 2006. *Voda v České republice*. Praha: Consult. ISBN 80-903482-1-1.

Kolektiv autorů, 2018. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*, 2018. 3. aktualizované vydání. Libeznice: Medim. ISBN 978-80-87140-55-0.

Kolektiv autorů, 2021. *Příručka provozovatele stokové sítě*. Třetí aktualizované a doplněné vydání. Libeznice: Medim. ISBN 978-80-87140-52-9.

Kolektiv autorů. 2007: Čištění odpadních vod jako nástroj k ochraně životního prostředí v zemědělské praxi a na venkově. Brno: MŽP. 57 s.

KOMRSKA, Ladislav: Územní studie krajiny pro správní obvod obce s rozšířenou působností Litvínov, Praha, 2019.

LIPSKÝ, Zdeněk, 2022. Mostecko: Charakteristika území: Zaniklá a přeměněná krajina Mostecka. In: UNIVERZITA KARLOVA. *Digitální atlas zaniklých krajín Česka* [online]. [cit. 2024-02-06]. Dostupné z:

<http://www.zaniklekrajiny.cz/atlas/charakteristika-uzemi-13/151-modelova-uzemi/mostecko/charakteristika-uzemi/765-fyz-charakter-uzemi>

LOFRANO, Giusy a Jeanette BROWN, 2010. Wastewater management through the ages: A history of mankind. *Science of The Total Environment*. Amsterdam: Elsevier, 408(22), 5254-5264. ISSN 0048-9697.

MAILLER, R., J. GASPERI, G. CHEBBO a V. ROCHER, 2014. Priority and emerging pollutants in sewage sludge and fate during sludge treatment. *Waste Management*. Elsevier, **34**(7), 1217-1226. ISSN 0956-053X. Dostupné z: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.03.028>

MALÝ, Josef a Petr HLAVÍNEK, 1996. *Čištění průmyslových odpadních vod*. Brno: NOEL 2000. ISBN 80-860-2005-3.

MARTINOVSKÝ, Martin: Oznámení E.I.A. Litvínov – čistírna odpadních vod, SVHF, Liberec, 2006.

MOŁONIEWICZOVÁ, Wanda, T. SEDZIKOWSKI a T. BONIKOWSKI, 1983. *Malé čistiarne odpadových vôd*. Bratislava: Alfa. ISBN 80-86020-0-2.

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

Nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních

NYPL, Vladimír a Marcela SYNÁČKOVÁ, 1998. *Zdravotně inženýrské stavby 30: stokování*. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 80-010-1729-X.

PITTER, Pavel, 2015. *Hydrochemie*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7080-928-0.

PLOTĚNÝ, Karel. Dělení vod, bílé a šedé vody – nové poznatky a možnosti využití. In: Sborník semináře Vodohospodářské chuťovky. 2011.

POŠTA, Josef, 2005. *Čistírny odpadních vod*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta. ISBN 978-80-213-1366-8.

PYTL, Vladimír, c2012. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod.* 2. vyd. Líbeznice: Medim pro SOVAK ČR. ISBN 978-8087140-26-0.

QUITT, Evžen. *Klimatické oblasti Československa.* Studia Geographica. Brno: Geografický ústav ČSAV, 1971.

REC, Oldřich. *Posouzení centralizovaného a decentralizovaného systému čištění odpadních vod: Obec Mariánské Radčice - Odvedení a likvidace splaškových vod.* Hradec Králové, 2015

RICHTER, Miroslav, 2005. *Technologie ochrany životního prostředí.* Ústí nad Labem: Fakulta životního prostředí UJEP Ústí nad Labem. ISBN 80-704-4684-6.

RUSNÁK, Duša, Pavel URČIKÁN a Štefan STANKO, 2008. *Stokovanie a čistenie odpadových vôd.* Bratislava: STU. ISBN 8022728898.

Směrnice Rady 86/278/EHS ze dne 12. června 1986 o ochraně životního prostředí a zejména půdy při používání kalů z čistíren odpadních vod v zemědělství

Směrnice Rady 91/271/EHS ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod.

SOJKA, Jan, 2004. *Malé čistírny odpadních vod.* 2. aktualit. vyd. Brno: ERA. Stavíme. ISBN 80-865-1780-2.

SOJKA, Jan, 2013. *Čistírny odpadních vod: pro rodinné domy.* Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4504-6.

SONUNE, Amit a Rupali GHATE, 2004. Developments in wastewater treatment methods. *Desalination* [online]. Amsterdam: Elsevier, (167), 55-63 [cit. 2024-01-10]. ISSN 0011-9164. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.06.113>

SRB, Jindřich, 2011. *Provozní řád pro trvalý provoz ČOV Litvínov.* Severočeské vodovody a kanalizace a.s., Teplice, 175 s.

Stopher, PR, Stecher, C, & Scholz, M 2006, *Wetland Systems to Control Urban Runoff: Quality and Future Directions,* Elsevier Science & Technology, Amsterdam. Available from: ProQuest Ebook Central. [9 February 2023].

SVS. Severočeská vodárenská společnost dokončila výstavbu nové ČOV Litvínov, tisková zpráva [online]. Teplice, 1. prosince 2010 [2023-11-15]. Dostupné z:

<https://www.svs.cz/cz/verejnost/aktuality/archiv/severoceska-vodarenska-spolecnost-dokoncila-vystavbu-nove-cov-litvinov.html>

ŠÝKORA, Vladimír, Hana KUJALOVÁ a Pavel PITTER, 2016. *Hydrochemie pro studenty bakalářského studia*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7080-949-5.

ŠVEHLA, Pavel, Pavel TLUSTOŠ a Jiří BALÍK, 2007. *Odpadní vody*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Česká zemědělská univerzita, katedra agrochemie a výživy rostlin. ISBN 978-80-213-1716-1.

TOLASZ, Radim. *Atlas podnebí Česka*. Praha: Český hydrometeorologický ústav; Olomouc, 2007. ISBN 978-80-86690-26-1.

VÁVROVÁ, Helena, ed. *Severní Čechy: účelová publikace*. Ústí nad Labem: Sociálně ekonomický ústav ČSAV, 1990.

VESELÍKOVÁ, M. Dotace na domovní čistírny odpadních vod: Kdo může žádat a kolik dostane? In: *Peníze.cz* [online]. Praha: NextPage Media, ©2000-2024, 26.10.2016 [cit. 2024-02-12]. Dostupné z: <https://www.penize.cz/bydleni/317207-dotace-na-domovni-cistirny-odpadnich-vod-kdo-muze-zadat-a-kolik-dostane?>

Vodní hospodářství, 2018. 68. Praha: Vodní hospodářství. ISSN 1211-0760.

VUORINEN, Heikki S, Petri S JUUTI a Tapio S KATKO, 2007. History of water and health from ancient civilizations to modern times. *Water Science and Technology: Water Supply*. London: IWA Publishing, 7(1), 49-57. ISSN 1606-9749.

Vyhláška č. 183/2018 Sb., o náležitostech rozhodnutí a dalších opatření vodoprávního úřadu a o dokladech předkládaných vodoprávnímu úřadu

WANNER, Jiří a Petr HLAVÍNEK, 1997. *Moderní trendy v čištění odpadních vod: Brno, 2.-4. duben 1997*. Brno: NOEL 2000. ISBN 80-860-2007-X.

WANNER, Jiří. Čištění odpadních vod v ČR: vývoj a současná situace. *Vodní hospodářství*, 2015.

WEISS, Lukáš, 2020. *Kanalizační řád pro kanalizační systém Litvínov zakončený ČOV Litvínov*. Severočeské vodovody a kanalizace a.s., Teplice, 35 s.

Zagklis, D.P.; Bampos, G. Tertiary Wastewater Treatment Technologies: A Review of Technical, Economic, and Life Cycle Aspects. Processes 2022, 10, 2304.
<https://doi.org/10.3390/pr10112304>

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech

Zákon č. 544/2020 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony

ŽÁČEK, Ladislav, 1998. *Hydrochemie*. Brno: VUTIUM. ISBN 80-214-1167-8.

ŽÍDKOVÁ, Pavla: Vyhodnocení vlivů územního plánu města Litvínova na životní prostředí podle přílohy stavebního zákona, Mokré Lazce, 2018.

11. Seznam tabulek

Tab. 1: Přehled znečišťujících látek (zdroj: Pošta).

Tab. 2: Emisní standardy (zdroj: NV č. 401/2015 Sb.)

Tab. 3: Přípustná minimální účinnost čištění OV (zdroj: NV č. 401/2015 Sb.)

Tab. 4: Minimální četnosti odběrů vzorků vypouštěných městských odpadních vod pro sledování jejich znečištění (zdroj: NV č. 401/2015 Sb.).

Tab. 5: Nejlepší dostupné technologie čištění (zdroj: NV č. 401/2015 Sb.)

Tab. 6: Klimatická charakteristika oblasti T2 (zdroj: Quitt)

Tab. 7: Proteklé množství odpadních vod ČOV Litvínov (zdroj: SčVK).

12. Seznam obrázků

Obr. 1: Stará čistírna odpadních vod v Praze-Bubenči (zdroj: autor).

Obr. 2: Schéma jednotné stokové soustavy (zdroj: Hlavínek a kol.).

Obr. 3: Schéma oddílné stokové soustavy (zdroj: Hlavínek a kol.).

Obr. 4: Modifikovaná stoková soustava (zdroj: Hlavínek a kol.).

Obr. 5: Úchytný systém stokové sítě (zdroj: Nypl a Synáčková).

Obr. 6: Větevový systém stokové sítě (zdroj: Nypl a Synáčková).

Obr. 7: Radiální systém stokové sítě (zdroj: Nypl a Synáčková).

Obr. 8: Pásmový systém stokové sítě (zdroj: Nypl a Synáčková).

Obr. 9: Schéma aktivace s regenerací vratného kalu (zdroj: VŠB-TUO).

Obr. 10: Terciární stupeň čištění OV pomocí UV záření na ÚČOV v Praze (zdroj: PVK).

Obr. 11: Geomorfologie zájmového území (zdroj: geoportal.gov.cz)

Obr. 12: Mapa zájmového území (zdroj: Mapy.cz).

Obr. 13: Pohled na areál ČOV Litvínov (zdroj: autor).

Obr. 14: Kanalizační systém Litvínov (zdroj: Kanalizační řád Litvínov)

Obr. 15: Dosazovací nádrž ČOV Litvínov (zdroj: autor).

Obr. 16: Nitrifikační nádrže ČOV Litvínov (zdroj: autor).

Obr. 17: Dosazovací nádrž ČOV Litvínov (zdroj: autor).

Obr. 18: Odvodňovací odstředivka ve strojovně ČOV Litvínov (zdroj: autor).

Obr. 19: Pohled z vyhnívacích nádrží na plynojem a okolí (zdroj: autor).

Obr. 20: Kotelna (zdroj: autor).

Obr. 21: Zásobník na síran železitý

Obr. 22: Roční průměrné hodnoty $CHSK_{Cr}$ na přítoku a odtoku

Obr. 23: Roční bilance $CHSK_{Cr}$ na odtoku

Obr. 24: Roční průměrné hodnoty BSK_5 na přítoku a odtoku

Obr. 25: Roční bilance BSK_5 na odtoku

Obr. 26: Roční průměrné hodnoty NL na přítoku a odtoku

Obr. 27: Roční bilance NL na odtoku

Obr. 28: Roční průměrné hodnoty N_{celk} na přítoku a odtoku

Obr. 29: Roční bilance N_{celk} na odtoku

Obr. 30: Roční průměrné hodnoty P_{celk} na přítoku a odtoku

Obr. 31: Roční bilance P_{celk} na odtoku

13. Přílohy

Příloha 1: Data naměřená na ČOV Litvínov 2017-2022 (zdroj: SčVK)

Příloha 2: Schéma ČOV Litvínov (zdroj: SčVK).

Příloha 3: Kontejner na štěrku vytěžený z lapáku štěrku (zdroj: autor).

Příloha 4: Shrabky z hrubých česlí (zdroj: autor).

Příloha 5: Integrované hrubé předčištění (zdroj: autor).

Příloha 6: Usazovací nádrž (zdroj: autor).

Příloha 7: Vzorkovací místo z nátoku na ČOV Litvínov s pH sondou (zdroj: autor).

Příloha 8: Anaerobní regenerace (zdroj: autor).

Příloha 9: Regenerace (zdroj: autor).

Příloha 10: Denitrifikace (zdroj: autor).

Příloha 11: Nitrifikace (zdroj: autor).

Příloha 12: Dosazovací nádrž (zdroj: autor).

Příloha 13: Hořák na spalování plynu (zdroj: autor).

Příloha 14: Detail dosazovací nádrže (zdroj: autor).

Příloha 15: Soutok stok OK 15 a OK 15A (zdroj: autor).

Příloha 16: OK 17 (zdroj: autor).

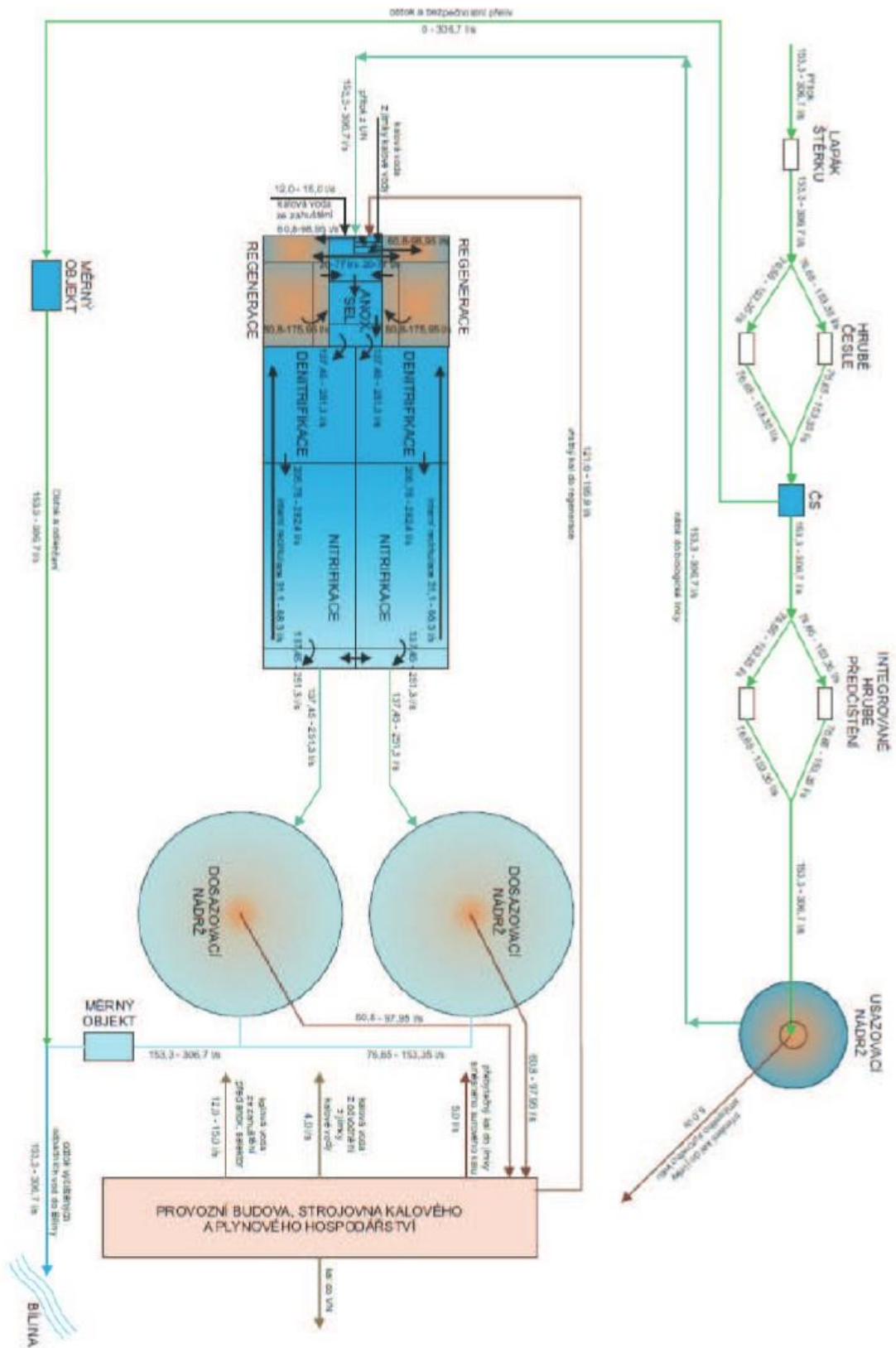
Příloha 17: Detail odlehčovací komory pod Mezibořím (zdroj: autor).

Příloha 18: Detail kanalizace pod Litvínovem (zdroj: autor).

ČOV Litvínov výsledky proteklého množství a kvality na přítoku a odtoku za období 2017-2022

Název ČOV	ROK	proteklé množství m ³ /rok	přítok		přítok		přítok		přítok		přítok		přítok		přítok		odtok		odtok		odtok		odtok		odtok		odtok						
			CHSK mg/l	CHSK t/r	BSK ₅ mg/l	BSK ₅ t/r	NL mg/l	NL t/r	Ncelk mg/l	Ncelk t/r	Pcelk mg/l	Pcelk t/r	CHSK mg/l	CHSK t/r	BSK ₅ mg/l	BSK ₅ t/r	NL mg/l	NL t/r	Ncelk mg/l	Ncelk t/r	Pcelk mg/l	Pcelk t/r	CHSK mg/l	CHSK t/r	BSK ₅ mg/l	BSK ₅ t/r	NL mg/l	NL t/r	Ncelk mg/l	Ncelk t/r	Pcelk mg/l	Pcelk t/r	
Litvínov	2022	3 483 681	271,48	945,7	156,2	551,1	164,2	572,1	37,7	131,3	2,95	10,3	28,19	98,20	3,48	12,12	6,17	21,49	9,13	31,81	0,2	0,70											
	2021	3 688 651	362,13	1298,9	194,8	718,6	238,8	881,0	33,01	121,8	3,45	12,7	22,15	81,70	3,5	12,91	6,35	23,42	8,66	31,94	0,17	0,63											
	2020	3 189 694	319,02	1017,6	171,1	545,8	211,9	675,9	29,38	93,7	3,63	11,6	29,87	95,28	4,44	14,16	9,87	31,48	9,46	30,17	0,29	0,93											
	2019	3 272 701	331	1083,3	164	536,7	238,9	781,7	30,48	99,8	3,94	12,9	23,26	76,12	3,2	10,47	6,37	20,85	8,44	27,62	0,24	0,79											
	2018	3 416 967	361,59	1235,5	201,8	689,4	235,7	805,5	35,86	122,5	4,32	14,8	23,78	81,26	3,04	10,39	5,21	17,80	8,62	29,45	0,2	0,68											
	2017	3 815 755	328,75	1254,4	167,3	638,4	201,8	770,1	35,22	134,4	4,28	16,3	22,9	87,38	3,05	11,64	4,95	18,89	8,41	32,09	0,2	0,76											

*Příloha 1: Data naměřená
na ČOV Litvínov 2017-2022
(zdroj: SČVK)*



Príloha 2: Schéma ČOV Litvínov (zdroj: SčVK).



Příloha 3: Kontejner na štěrk vytěžený z lapáku štěrku (zdroj: autor).



Příloha 4: Shrabky z hrubých česlí (zdroj: autor).



Příloha 5: Integrované hrubé předčištění (zdroj: autor).



Příloha 6: Usazovací nádrž (zdroj: autor).



Příloha 7: Vzorkovací místo z nátoků na ČOV Litvínov s pH sondou (zdroj: autor).



Příloha 8: Anaerobní regenerace (zdroj: autor).



Příloha 9: Regenerace (zdroj: autor).



Příloha 10: Denitrifikace (zdroj: autor).



Příloha 11: Nitrifikace (zdroj: autor).



Příloha 12: Dosazovací nádrž (zdroj: autor).



Příloha 13: Hořák na spalování plynu (zdroj: autor).



Příloha 14: Detail dosazovací nádrže (zdroj: autor).



Příloha 15: Soutok stok OK 15 a OK 15A (zdroj: autor).



Příloha 16: OK 17 (zdroj: autor).



Příloha 17: Detail odlehčovací komory pod Mezibořím (zdroj: autor).



Příloha 18: Detail kanalizace pod Litvínovem (zdroj: autor).