



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

**KOMPARACE MECHANICKÝCH A BIOLOGICKÝCH
ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD Z HLEDISKA
FINANČNÍCH NÁKLADŮ A ENVIROMENTÁLNÍHO
DOPADU**

COMPARISON OF MECHANICAL AND BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT
PLANTS IN TERMS OF FINANCIAL COSTS AND ENVIRONMENTAL IMPACT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Winkler

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR AIGEL, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607R038 Management stavebnictví
Pracoviště	Ústav stavební ekonomiky a řízení

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Ondřej Winkler
Název	Komparace mechanických a biologických čistíren odpadních vod z hlediska finančních nákladů a enviromentálního dopadu
Vedoucí práce	Ing. Petr Aigel, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Havlínek, P., Mičín, J. & Prax, P. (2003). Stokování a čištění odpadních vod. Brno: Akademické nakladatelství CERM.
2. SOVAK & Říhová Ambrožová, J. (2012). Příručka provozovatele úpravny pitné vody. Líbeznice: Medim pro SOVÁK ČR.
3. Libra, J. (2005). Stavby pro odpadové hospodářství. Brno: Mendelova univerzita.
4. Milerski, R., Mičín, J. & Veselý, J. (2011). Vodohospodářské stavby. Brno: Akademické nakladatelství CERM.
5. Junga, P., Vítěz, T. & Trávníček, P. (2015). Technika pro zpracování odpadů. Brno: Mendelova univerzita.
6. Vítěz, T. & Groda, B. (2008). Čištění a čistírny odpadních vod. Brno: Mendelova univerzita.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem této závěrečné práce je zhodnotit rozdíly mezi mechanickými a biologickými čistírnami odpadních vod z hlediska finančních nákladů nutných pro jejich výstavbu a provoz, a z hlediska environmentálního dopadu.

1. Principy konstruování a provozu mechanických čistíren
2. Principy konstruování a provozu chemických čistíren
3. Analýza dat
4. Vyhodnocení

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je analyzovat a porovnat provozní náklady a kvalitu vypouštěné vody u mechanicko-biologických a kořenových čistíren odpadních vod.

V první části se bakalářská práce zabývá teoretickými znalostmi v oblasti čištění odpadních vod. Objevuje se zde legislativa spojená s ČOV, druhy, množství a doprava odpadních vod, je zde popsán také proces a technologie úpravy vody a v neposlední řadě také nakládání s odpadem vzniklým při čištění a jeho úprava.

Následující kapitoly jsou věnovány ekonomickým ukazatelům čistíren odpadních vod a také ukazatelům znečištění. Tato část tvoří přechod mezi teoretickou a praktickou částí bakalářské práce. Dozvíme se zde, jaké jsou náklady na provoz čistírny a jak se tyto náklady promítnou v kalkulaci stočného. Také se zde dozvíme, které ukazatele znečištění se měří v rámci zjištění kvality odpadní vody vypouštěné z ČOV.

V následující části se bakalářská práce věnuje analýze a komparaci již zmíněných nákladů na provoz a kvalitu vypouštěné vody u různých druhů čistíren odpadních vod. Analýza byla provedena u čtyř kořenových a šesti mechanicko-biologických čistíren odpadních vod celkem ve čtyřech okresech. Závěr bakalářské práce patří globálnímu srovnání v rámci České republiky a vyhodnocení cílů bakalářské práce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mechanicko-biologická čistírna odpadních vod, kořenová čistírna odpadních vod, provozní finanční náklady, kalkulace, rozbory vody, odpadní voda, kalové hospodářství, stokové soustavy.

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to analyse and compare the operating costs and quality of water discharged at mechanical-biological and root wastewater treatment plants.

In the first part, the bachelor thesis deals with theoretical knowledge in the field of wastewater treatment. There is legislation related to WWTPs, types, quantities, and transport of wastewater, it also describes the process and technology of water treatment and, finally, the management of waste generated during treatment and its treatment.

The following chapters are devoted to economic indicators of wastewater treatment plants as well as pollution indicators. This part forms the transition between the theoretical and practical part of the bachelor thesis. We will learn here what are the costs of operating the treatment plant and how these costs will be reflected in the calculation of sewerage. We will also learn here which pollution indicators are measured as part of the quality of wastewater discharged from the WWTP.

In the following part, the bachelor's thesis deals with the analysis and comparison of the already mentioned costs of operation and quality of discharged water at different types of wastewater treatment plants. The analysis was performed at four root and six mechanical-biological wastewater treatment plants in a total of four districts. The conclusion of the bachelor thesis belongs to the global comparison within the Czech Republic and the evaluation of the goals of the bachelor thesis.

KEYWORDS

Mechanical-biological wastewater treatment plant, root wastewater treatment plant, operating financial costs, calculations, water analysis, wastewater, sludge management, sewage systems.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Ondřej Winkler *Komparace mechanických a biologických čistíren odpadních vod z hlediska finančních nákladů a enviromentálního dopadu*. Brno, 2020. 90 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Petr Aigel, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Komparace mechanických a biologických čistíren odpadních vod z hlediska finančních nákladů a enviromentálního dopadu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2020

Ondřej Winkler
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu panu doktoru Petru Aigelovi za vedení mé práce a za čas, který mi věnoval.

Dále bych chtěl poděkovat obci Čistá, Roztoky, Velká Jesenice, Chotíkov, Líštany, Štáblovice, Branka u Opavy, Sudice a městysům Pavlíkov a Machov za ochotu při poskytování podkladů potřebných k analýze a následné komparaci. Věřím, že v době koronavirové situace nebylo lehké vyhovět mým požadavkům, o to víc si cením jejich ochoty a času který mi věnovali. Děkuji taktéž firmám RAVOS s.r.o., ČEVAK a.s. a SmVaK a.s. za poskytnutí potřebných podkladů a informací.

Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Markovi Štencelovi a Ing. Zbyňku Skybovi za ochotu a cenné rady.

Na závěr bych chtěl samozřejmě poděkovat mé rodině a přítelkyni za trpělivost a podporu po celou dobu mého studia.

OBSAH

ÚVOD	11
1 LEGISLATIVA	12
1.1 Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)	12
1.2 Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)	12
1.3 Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí.....	13
1.4 Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech	13
1.5 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.	14
2 DRUHY ODPADNÍCH VOD	15
2.1 Splaškové (domovní) odpadní vody	15
2.2 Infekční odpadní vody	16
2.3 Průmyslové odpadní vody	16
2.4 Odpadní vody ze zemědělství a zemědělské výroby.....	17
2.5 Srážkové (dešťové) odpadní vody	17
2.6 Městské odpadní vody	17
2.7 Ostatní odpadní vody	17
PROBLÉM BALASTNÍCH VOD	18
3 MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD	19
4 STOKOVÉ SOUSTAVY	21
4.1 Jednotná stoková soustava.....	21
4.2 Oddílná stoková soustava.....	22
4.3 Modifikovaná stoková soustava	23
5 ZPŮSOB DOPRAVY	25
5.1 Tradiční	25
5.2 Alternativní	25
6 SYSTÉMY STOKOVÝCH SÍTÍ.....	28
6.1 Tradiční	28
7 ZPŮSOB ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	31
7.1 Mechanické čištění	31
7.2 Biologické čištění	36
8 KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ.....	43
8.1 Typy a množství kalu	43
8.2 Odběr kalu ze systému.....	44
8.3 Zpracování kalu.....	45

9	EKONOMICKÁ HLEDISKA ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD.....	50
9.1	Náklady na výstavbu	50
9.2	Náklady na provoz.....	51
10	UKAZATELÉ ZNEČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	55
10.1	Chemická spotřeba kyslíku (CHSK _{Cr}).....	55
10.2	Biochemická spotřeba kyslíku (BSK ₅)	55
10.3	Nerozpuštěné látky (NL)	56
10.4	Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	56
10.5	Dusík (N _{celk}) a fosfor (P _{celk})	56
11	ANALÝZA A KOMPARACE ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD.....	57
11.1	Základní údaje posuzovaných obcí.....	57
11.2	Základní informace o ČOV.....	61
11.3	Porovnání provozních nákladů v rámci okresu.....	65
11.4	Porovnání kvality vody v rámci okresu.....	70
11.5	Globální porovnání v rámci České republiky.....	84
	ZÁVĚR.....	85
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	86

ÚVOD

Ekonomie a ekologie. Tyto vědní obory na sebe v dnešní době podle mého názoru narážejí víc než kdy předtím.

Tyto dva pojmy mají při prvním pohledu něco společného. Ekologie je složenina slov oikos, to je řecky dům nebo také prostředí, a logos, to je věda. Ve slově ekonomie je opět řecké oikos a druhá část slova znamená zákony, pravidla nebo zásady, řecky normos. Zde ale podobnost těchto oborů končí. Zatímco ekologie spočívá ve zkoumání a ochraně přírody, jednou ze základních ekonomických zásad je, že každý člověk se snaží získat maximum užitku, a to při vynaložení co nejmenších nákladů. Jak můžeme vidět, tyto dvě definice spolu ve skutečnosti příliš nesouvisí. [51]

V minulosti byla potřeba získávat peníze, majetek a moc jednoznačně silnější než potřeba studovat a hájit přírodu. Lidí bylo málo a surovin mnoho. Když došlo k určitému vyčerpání darů přírody, nebylo problém se přestěhovat, popřípadě si příroda poradila sama. Tohle ale v dnešní době neplatí. Lidí je mnoho, znečištění přibývá. Tohle je důvod, proč se v dnešní době stále více a více mluví o ekologických aspektech lidského chování. [51]

Tyto vědní obory na sebe narážejí i při nakládání s odpadními vodami. Existují totiž mechanicko-biologické procesy čištění, při kterých je možno použití chemického čištění vody, a extenzivní (přírodní) způsoby čištění.

Jedním z cílů této bakalářské práce je analyzovat a porovnat provozní náklady a kvalitu vypouštěné vody u mechanicko-biologických a kořenových čistíren odpadních vod.

Dalším cílem této bakalářské práce je vyvrátit mýty jednoho či druhého typu čištění odpadních vod a usnadnit obcím rozhodování při případném výběru typu čistírny odpadních vod.

1 LEGISLATIVA

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

„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 závislejících suchozemských ekosystémů.“ [8]

„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.“ [8]

1.2 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.“ [9]

„Vodovody a kanalizace pro veřejnou potřebu se zřizují a provozují ve veřejném zájmu.“ [9]

„Tento zákon se vztahuje na: [9]

- vodovody a kanalizace, pokud je trvale využívá alespoň 50 fyzických osob, nebo pokud průměrná denní produkce z ročního průměru pitné nebo odpadní vody za den je 10 m³ a více,
- každý vodovod nebo kanalizaci, které provozně souvisejí s vodovody a kanalizacemi podle písmene a).“

„Tento zákon se nevztahuje na: [9]

- 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 1 odběratel.“

„Vodoprávní úřad může na návrh nebo z vlastního podnětu rozhodnutím stanovit, že se tento zákon vztahuje též na kanalizace uvedené v odstavci 4 písm. b) a na vodovody, které nesplňují podmínky uvedené v odstavci 3 písm. a) nebo na vodovody uvedené v odstavci 4 písm. a), jestliže je to v zájmu ochrany veřejného zdraví, ochrany zdraví zvířat nebo ochrany životního prostředí a jsou-li na vodovod nebo kanalizaci připojeni alespoň 2 odběratelé.“ [9]

1.3 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 při využívání přírodních zdrojů; vychází přitom z principu trvale udržitelného rozvoje.“ [10]

1.4 Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech

Zákon se ve čtvrtém dílu druhé hlavy zabývá kaly z čistíren odpadních vod a další biologicky rozložitelné odpady. [11]

1.5 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: [58]

- ukazatele vyjadřující stav povrchové vody,
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod,
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod,
- ukazatele a hodnoty přípustného 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,
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které jsou využívány 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.“

„Toto nařízení v souladu s právem Evropské unie vymezuje citlivé oblasti.“
[58]

2 DRUHY ODPADNÍCH VOD

Z pohledu legislativy jsou odpadní vody „Vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu) a jejich směsi se srážkovými vodami, jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody vznikající při provozování skládek a odkališť nebo během následné péče o ně z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních.“ [3]

Norma ČSN 75 6101 rozděluje odpadní vody podle původu a způsobu znečištění na:

2.1 Splaškové (domovní) odpadní vody

Jedná se o odpadní vody, které pocházejí z dílčích domácností, z budov občanské vybavenosti, ze závodních umýváren, toalet, jídelen a kuchyní. Obsahují záchodové odpadní vody a hmoty, zbytky jídla, vody z koupání, mytí a také praní. Tyto znečišťující látky jsou hrubě a jemně rozptýlené, koloidní nebo rozpuštěné. Znečišťující látky jsou z velké části organického původu. Při svévolném vylévání do krajiny by způsobily vážné hygienické a estetické závady. [1] [2]

Přítok splaškové odpadní vody na ČOV je závislý na odběru vody z vodovodní sítě. Odběrová křivka ukazuje minima v nočních hodinách a dvě maxima v průběhu dne okolo 13-15 a 18-20 hodin [14]

Tabulka 1 - Orientační složení splaškových (domovních) odpadních vod [5]

UKAZATEL	ROZMEZÍ HODNOT
Hodnota pH	6,5 až 8,5
Sediment po 1 hodině	3 mg/l až 4,5 ml/l
Nerozpuštěné látky (NL)	200 mg/l až 700 mg/l
z toho usaditelné látky	73 %
z toho neusaditelné látky	27 %
Rozpuštěné látky (RL)	600 mg/l až 800 mg/l
BSK ₅ (s potlačením nitrifikace)	100 mg/l až 400 mg/l
CHSK – Cr	250 mg/l až 800 mg/l
N _{celk}	30 mg/l až 70 mg/l
N-NH ₄ ⁺	20 mg/l až 45 mg/l
P _{celk}	5 mg/l až 15 mg/l.

2.2 Infekční odpadní vody

Jedná se o odpadní vody z infekčních oddělení nemocnic, tuberkulózních léčen a sanatorií, mikrobiologických laboratoří, výroben očkovacích látek apod. Infekční vody mohou obsahovat vysoké množství specificky nebezpečných choroboplodných zárodků. Infekční voda musí být hygienicky upravena tak, aby byly choroboplodné zárodky zničeny ještě před vypuštěním do veřejné stokové sítě a tím bylo zajištěno zdraví obyvatel a pracovníků zajišťujících údržbu a provoz stokové sítě. Také je možné infekční vody likvidovat samostatně v místě vzniku. [1] [2]

2.3 Průmyslové odpadní vody

Jedná se o vodu již použitou při výrobě v průmyslových závodech a menších provozovnách. Druh znečištění se může značně lišit. Proto je velice důležité provádět chemický rozbor vody před vypouštěním do veřejné kanalizace. Podle povahy znečištění se buď může voda vypouštět do veřejné kanalizace, je ji tedy umožněno čištění společně se splašky, nebo charakter vody nevyhovuje platným předpisům, tudíž musíme zajistit její předčištění nebo úplné vyčištění v průmyslovém závodě. [1] [2]

2.4 Odpadní vody ze zemědělství a zemědělské výroby

Jedná se o odpadní vodu vzniklou při očištění a dezinfekci technologických provozů a zařízení, z očištění vnitřních prostor a vnějších ploch pro hospodářská zvířata, o odpadní vody vzniklé z očištění kafilerních trezorů a boxů. Opatření jsou podobná jako u průmyslových odpadních vod. [4]

2.5 Srážkové (dešťové) odpadní vody

Jedná se o odpadní vody padající ve formě všech druhů atmosférických srážek (déšť, sníh, kroupy atd.) a postupně stékající do stok. Při průchodu atmosférou a následném dopadu na terén získává voda organické i anorganické znečištění. V rané fázi deště může znečištění dešťové vody dosahovat úrovně znečištění splaškové vody. Po kontaktu s povrchem můžeme rozlišovat dva druhy dešťových vod. [1] [2]

Prvním je dešťová voda *znečištěná*. Voda, jež odtéká ze znečištěných povrchů např. z průmyslových a zemědělských pozemků a silničních komunikací s vysokou hustou provozu. Tento typ by měl být odváděn stokami jednotné či oddílné dešťové soustavy, popř. čištěny. Druhým typem je dešťová voda *neznečištěná*, která vzniká po oplachu neznečištěných povrchů, to znamená zahrad, parků, střech, pěších zón a silničních komunikací s nízkou hustou provozu. Tyto vody by měly být co nejvíce vsakovány, popřípadě odváděny oddílnou dešťovou soustavou přímo do recipientu. Dešťové vody jsou velmi důležité pro navrhování stokových sítí jednotné soustavy. [1] [2]

2.6 Městské odpadní vody

Jedná se obvykle o směs tvořenou kombinací splaškových, průmyslových/zemědělských a případně dešťových odpadních vod. [5]

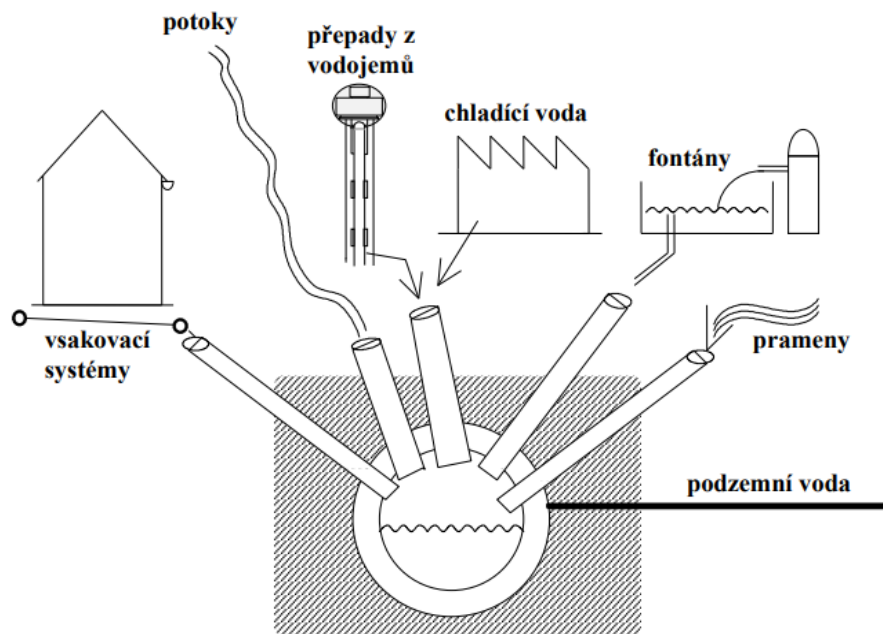
2.7 Ostatní odpadní vody

Jedná se o vody, jež nemůžeme zařadit do výše uvedených skupin nebo se do stokové sítě dostaly za neočekávaných okolností. Neznečištěné vody, např. podzemní nebo pramenité, by přirozeně neměly zatěžovat systém

odvodnění. Odpadní vody by měly být vsakovány nebo odvedeny do recipientu. Pokud tomu tak není, s výjimkou neznečištěných vod dešťových, mluvíme o balastních odpadních vodách. [1]

PROBLÉM BALASTNÍCH VOD

Balastní vody zatěžují stokovou síť nárazově nebo mají tendenci stálého zatížení. [1]



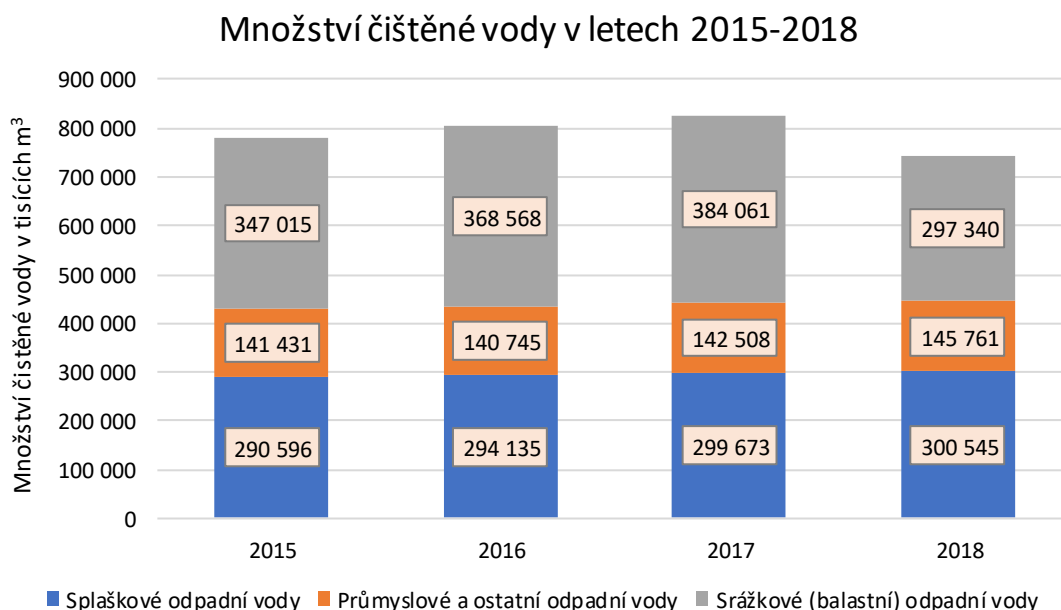
Obrázek 1 - Zdroje balastních vod [7]

Mezi vody, které zatěžují kanalizaci nárazově, patří voda podzemní (dočasná drenáž při výstavbě objektu), voda pitná a užitková (z havárií vodovodů, hydrantů). S tímto zatížením se při návrhu kanalizace počítá, tím pádem by to stoková síť měla bez problému zvládnout. V případě havárie pitné či užitkové vody se její odvod řeší pomocí tzv. havarijní trasy. [1]

Vody podzemní, které jsou odváděny za účelem trvalého snížení hladiny spodní vody, nebo pronikají do stokové sítě netěsnostmi v konstrukci, jsou brány jako trvalé zatížení stokové sítě. Taktéž pitná a užitková voda, která dlouhodobě proniká skrze netěsnosti ve vodovodní síti. Tyto vody jsou při zatížení kanalizace velice podstatné. Ovšem ve většině případů je určení jejich množství náročné, nepřesné a spekulativní. [1]

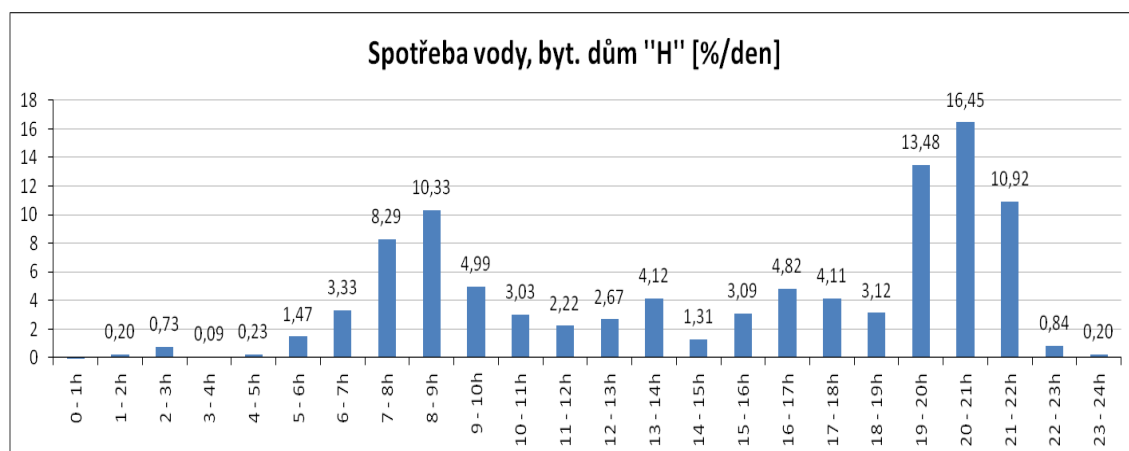
3 MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD

Množství a kvalita odpadních vod závisí na charakteru oblasti, uživatelích a stavu stokového systému. Níže vidíme množství čištěné vody v České republice v letech 2015-2018. [6]



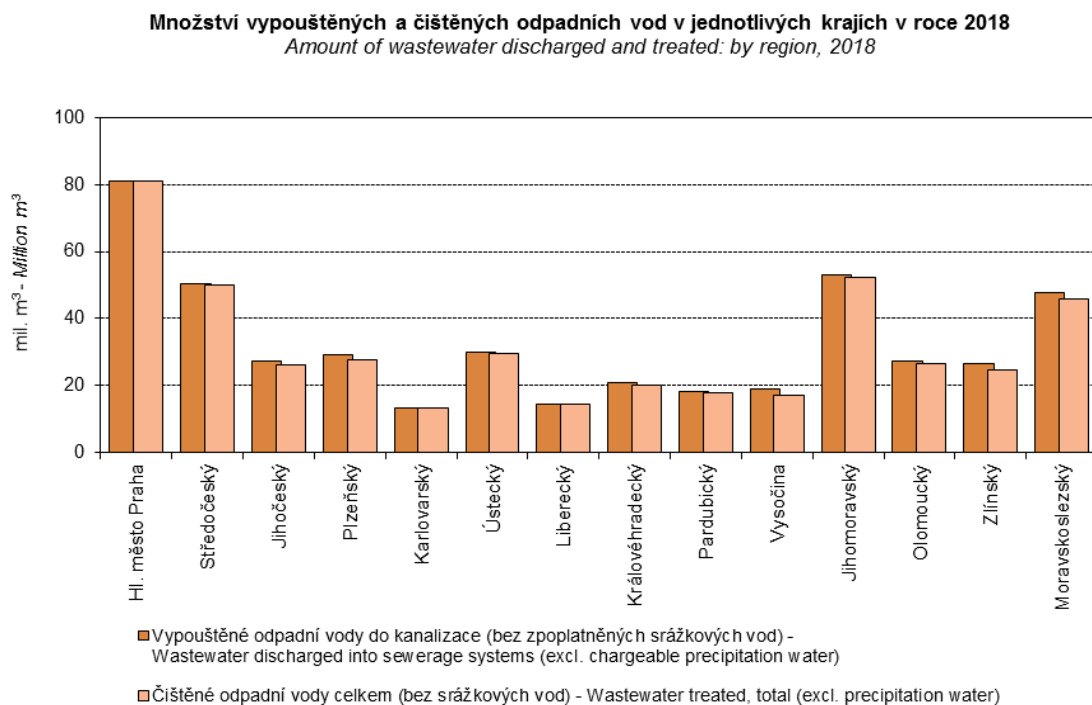
Obrázek 2 - Množství čištěné vody v ČR v letech 2015-2018 [zdroj: vlastní vypracování]

Odtok splaškových vod na čistírnu není během dne rovnoměrný. V nočních hodinách je odběr vody (a tím pádem i množství odvedené splaškové vody) velmi malý. [2]



Obrázek 3 - Ukázka profilu odběru vody v bytovém domě v průběhu dne získaného měřením spotřeby [21]

Množství odpadní vody spotřebované v jednotlivých krajích kopíruje zalidněnost jednotlivých krajů.



Obrázek 4 - Množství vypouštěných a čištěných odpadních vod v jednotlivých krajích v roce 2018 [22]

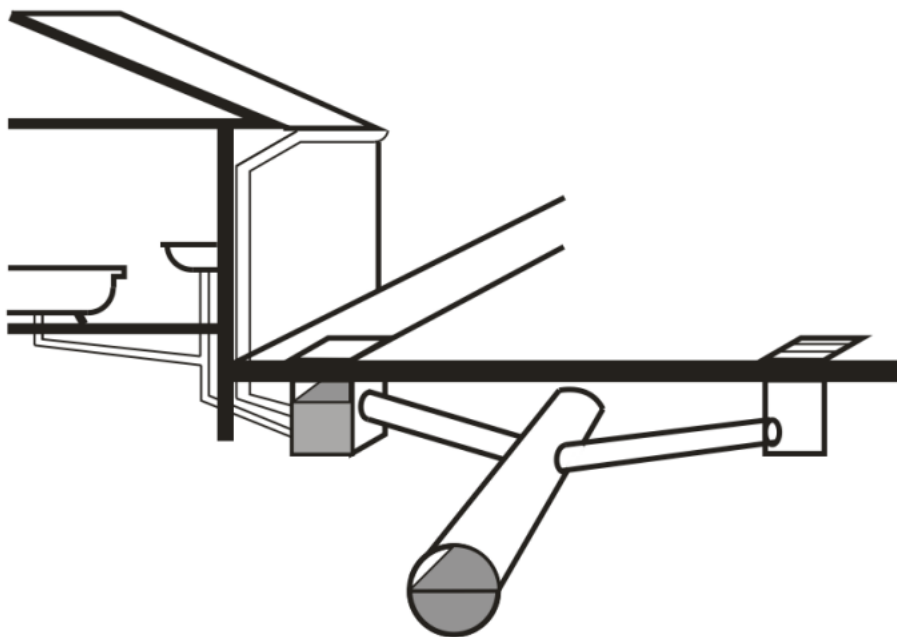
Výpočet návrhových průtoků odpadních vod je blíže specifikován v ČSN 75 6101.

4 STOKOVÉ SOUSTAVY

Z hlediska terminologie rozlišujeme v podstatě tři druhy stokových soustav a těmi jsou: jednotná, oddílná a modifikovaná. Třetí varianta je, jak se později dozvíme, principiálně jakousi kombinací prvních dvou systémů. [1] [2] [6]

4.1 Jednotná stoková soustava

V této soustavě se přepravují všechny druhy odpadních vod v jedné stokové síti. Mezi výhody tohoto druhu patří jistě nízká ekonomická i technická náročnost, což dělá tento druh velice atraktivním. Ovšem mezi neoddiskutovatelné nevýhody náleží zřejmá ekologická a hygienická rizika. [1] [2] [6]



Obrázek 5 - Jednotná stoková soustava [7]

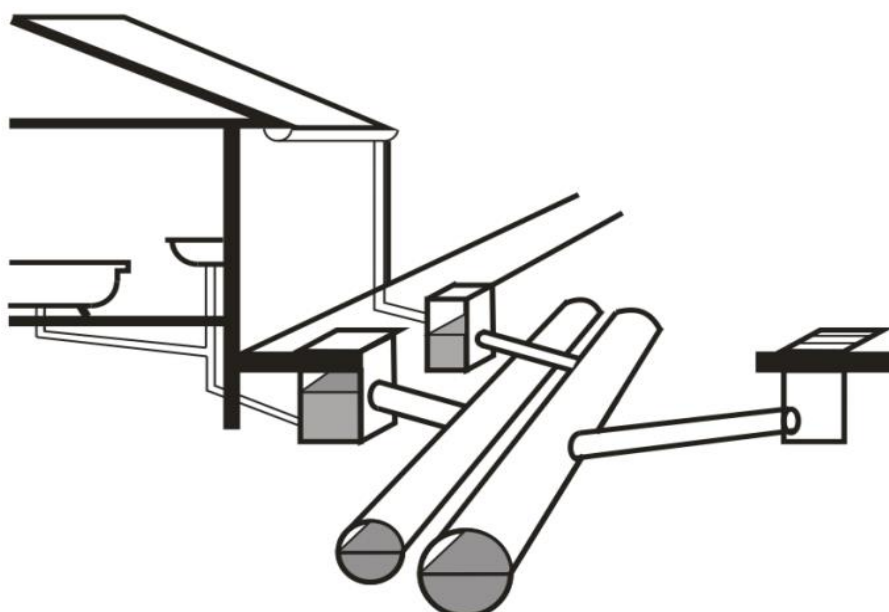
Při dimenzování stoky se ve výpočtu zohledňuje průtok všech druhů odpadních vod. V období mírných dešťových srážek je průtok konstantní, stoka tedy dokáže pojmout všechnu odpadní vodu bez problému i při menší dimenzi stoky. Přívalová dešťová voda, která se během roku objeví jen zřídka, má za následek prudké zvýšení okamžitého průtoku, tudíž se nám

mnohonásobně zvětší potřebný rozměr stoky. Znamenalo by to tedy, že většinu času by byl potenciál dimenze nenaplněn a tento návrh by byl pro nás velice neekonomický. Z tohoto důvodu se na trase osazují odlehčovací komory. [1] [2] [6]

Odlehčovací komory jsou navrženy tak, aby při nárazovém zvýšení průtoku mohly přepadem pojmout přebytečnou vodu ze stoky. Tato voda je následně odvedena bez dalšího pročištění do recipientu. Zde nastává ten největší problém, protože množství odpadní vody odvedené do recipientu může obsahovat velké množství nebezpečných látek a choroboplodných zárodků. V tomto případě je také velice důležité omezit využívání vodních toků v blízkosti odlehčovacích komor k rekreačním účelům. [1] [2]

4.2 Oddílná stoková soustava

Jak už název napovídá jde o stokovou soustavu, která odvádí jednotlivé druhy odpadních vod oddělenými trasami. V území, které chceme odvodnit, se položí dvě i více soustav, z nichž každá je navržena pro odvádění jiného druhu odpadních vod. Nejčastější varianta je soustava tvořena dvěma oddělenými trasami, kdy první trasa odvádí splaškové odpadní vody a druhá dešťové odpadní vody. [6]



Obrázek 6 - Oddílná stoková soustava [7]

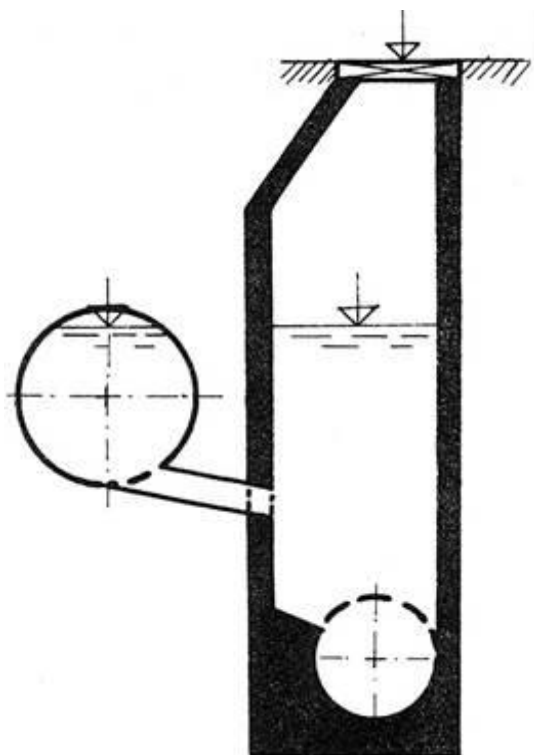
Tento typ, na rozdíl od jednotné stokové soustavy, vylučuje vypouštění zředěné splaškové vody do recipientu, ovšem v dnešní době již nelze považovat dešťové vody vzhledem k recipientu za hygienicky nezávadné. Současná srážková voda může být při oplachu povrchu znečištěna minerálními i organickými látkami, pohonnými hmotami a jinými látkami. Určující pro míru znečištění srážkové vody může být časové období mezi jednotlivými dešti, intenzita a délka trvání deště. Obecně platí, že s délkou trvání deště klesá i znečištění dešťové odpadní vody. Ovšem může nastat i opačný děj, při kterém v raných fázích deště dojde ke změkčení usazeného kalu na zemském povrchu a s postupem času následnému odplavování. Lze tedy konstatovat, že tímto nedokážeme zajistit nezávadnost dešťových vod vypouštěných do recipientu. [6]

Jak lze vidět, tak ani jedna z výše uvedených soustav nevyhovuje dnešním podmínkám, a tudíž není nejideálnějším řešením pro danou oblast. Vidíme také, že v současnosti neřešíme pouze problém odlehčovacích komor u jednotné stokové sítě, jak tomu bylo v minulosti, ale také špatnou úroveň kvality dešťové vody. Tento problém je sice technicky řešitelný, ale ve většině případů velice finančně náročný. Na řadu tedy přicházejí různé modifikace stokových soustav. [6]

4.3 Modifikovaná stoková soustava

Tato stoková soustava může vznikat například sdružením jednotné a oddílné stokové soustavy v rámci jednoho odvodňovaného území. V zahraničí bývá často tato soustava nazývána jako soustava polooddílná.

Jeden z možných principů modifikované soustavy spočívá v tom, že při přívalem dešti je prvotní dešťová odpadní voda, která bývá nejznečištěnější, odvedena hluboko uloženým splaškovým potrubím do ČOV. Po zahlcení šachty do úrovně dna dešťových stok je dešťová odpadní voda odváděna rovnou do recipientu onou dešťovou stokou. [6]



Obrázek 7 - Modifikovaná stoková soustava [6]

Jiná modifikace spočívá například v rozdělení odpadní dešťové vody na méně a více znečištěné. Méně znečištěné dešťové vody, kterými jsou vody ze střech, chodníků a méně frekventovaných komunikací, jsou odváděny stokami pro dešťové vody přímo do recipientu. Naopak značně znečištěné dešťové vody (tzn. vody z komunikací s hustým provozem, prašných a znečištěných dvorů) jsou odváděny hromadně se splašky do ČOV. Díky této úpravě jsme schopni zpravidla navrhovat stoku pro odvod splaškových vod o jednu dimenzi menší, než by tomu bylo u jednotné stokové soustavy. Tato varianta je využívána v České republice pro odvodnění menších obcí. [6]

5 ZPŮSOB DOPRAVY

Způsob výběru dopravy je ovlivněn řadou činitelů. Při výběru musíme zohlednit členitost terénu, hladinu spodní vody, geologické podmínky v místě kanalizace, ale především použitou soustavu odkanalizování. [6]

Dopravu odpadních vod můžeme rozčlenit následovně: [6]

- tradiční způsob dopravy odpadních vod,
- alternativní způsob dopravy vod,
- svoz.

5.1 Tradiční

Mezi tradiční způsoby dopravy patří gravitační doprava odpadních vod, kdy je voda dopravována beztlakovým průtokem o volné hladině. Tato doprava je používána u většiny stokových soustav současnosti. [2]

Uplatňuje se jak u jednotné, tak oddílné kanalizace. Mezi hlavní přednosti tohoto typu dopravy patří jednoduchost a spolehlivost. Tlakové úseky, zvyšovací a přečerpávací stanice jsou v této tradiční metodě použity jen sporadicky, a to ve výjimečných situacích a pouze na krátkých úsecích. Tato metoda je také výhodná při potřebě vysokých dopravních výkonů, a to především při přepravě dešťových odpadních vod. [6]

5.2 Alternativní

Alternivní způsobu dopravy uplatníme v místech s mírnou hustotou zástavby, kde se vyskytuje vysoká hladina podzemní vody, tvar terénu je vlnitý, a tudíž nelze dodržet požadovaný spád. Tento typ využijeme také v místech se špatnými geologickými podmínkami, v místech s občasným odtokem (autokempy, zahrádkářské kolonie nebo jiné sezonní rekreační objekty apod.). [1] [6]

Při vytváření tlakových a podtlakových sítí nemusíme dbát na dodržování spádových poměrů, jak je tomu u tradiční způsobu dopravy, což nám umožňuje vytvářet méně komplikované sítě s racionálnějším vedením tras.

Nedodržením spádových poměrů se nám značně zmenší hloubky výkopů. [2]

5.2.1 Tlaková kanalizace

Tlaková kanalizace se dá považovat za nejrozšířenější možnost alternativního odvodu odpadních vod, protože má na rozdíl od jiných alternativ nižší pořizovací náklady. Celý princip je založen na přetlaku. [1] [6]

Složení tlakové kanalizace:

- *Gravitační přítok do sběrné jímky* – Splašková voda je odváděna gravitačním potrubím z nemovitostí do domovní čerpací jímky. Do jedné sběrné jímky je možné napojit více nemovitostí. [1] [6]
- *Domovní čerpací jímka* – V domovní čerpací jímce se nachází čerpadlo mnohdy doplněno o drtič nečistot. Tato čerpadla vhání splašky do uličního potrubí tlakem 0,5-3,0 MPa (50-300 m vodního sloupce). Fungování čerpadla je automatické s hladinovým spínačem nebo je řízeno počítačem. Optimálně by každá nemovitost měla mít svou vlastní domovní čerpací jímku, situovanou na přístupné části svého pozemku. Vhodné je napojit čerpadlo domovní čerpací jímky na samostatné měřidlo elektrické energie. [1] [6]
- *Sběrné tlakové potrubí* – Tlaková síť může být větevná nebo okružová. Navrhuje se z PVC nebo PE. Minimální DN 80 mm (minimálně DN 50 mm pro drcené splašky). Minimální rychlost 0,7 m/s. Cirka po 300 metrech se zřizuje kontrolní šachta, sloužící k odvodušňování, odkalování nebo proplachování potrubí. [1] [6]
- *Výtok do ČOV* – V případě dopravy splašků z podstatně vyšších oblastí, než je výtok z potrubí, je nutno zajistit přechod z tlakového režimu do klasického. [1] [6]

5.2.2 Podtlaková (vakuová) kanalizace

Jak už název napovídá, jedná se o systém, který odvádí splašky pod stálým podtlakem v síti. Speciální na tomto systému je skutečnost, že se transportní rychlost pohybuje okolo 6-8 m/s, a to bez ohledu na spád

potrubí. Odpadní voda není dopravovaná kontinuálně, nýbrž je dopravována v jednotlivých dávkách. Je to zapříčiněno čidlem, které po určitém naplnění sběrné šachty aktivuje sací ventil, a dávka je dále odvedena podtlakovým potrubím k podtlakové stanici do podtlakových nádob. Z těchto nádob se potom odpadní voda čerpá na ČOV. Dávka je tvořena směsí kapek a proudícího vzduchu. Sací tlak se pohybuje okolo 60–70 kPa. [2] [6]

Podtlaková (vakuová) kanalizace se tedy skládá z těchto úseků:

- *Gravitační přítok* – Odpadní vody přitékají gravitačně do jímky sběrné šachty. Do jedné sběrné šachty může být napojeno více objektů. Pro bezpečnost je nutno gravitační přítok spočítat. [6]
- *Sběrná šachta (domovní přípojková šachta)* – Slouží jako spojení mezi gravitačním přítokem a podtlakovým úsekem domovní přípojky. Skládá se z jímky na odpadní vodu a sacího ventilu. [6]
- *Podtlaková část kanalizační přípojky* – Spojuje sběrnou šachtu s podtlakovou kanalizační stokou. Max. délky 15 m. [6]
- *Podtlaková stoka* – Průměr nejméně DN/ID 65. Největší průměry zpravidla nepřesahují DN 180. Na trase se doporučuje každých 50 m zřídit kontrolní trouby pro zjišťování netěsností a každých 200 m zřizovat speciální uzavírací kusy. Délka větví může dosahovat okolo 2-4 km. [6]
- *Podtlaková stanice* – Vytváří se zde podtlak, který je udržován po celé délce potrubní sítě až k sacím ventilům. Odtud jsou odpadní vody odčerpávány z podtlakových nádob na ČOV. Podtlaková stanice se orientačně navrhuje na 600 domovních přípojek. [6]

6 SYSTÉMY STOKOVÝCH SÍTÍ

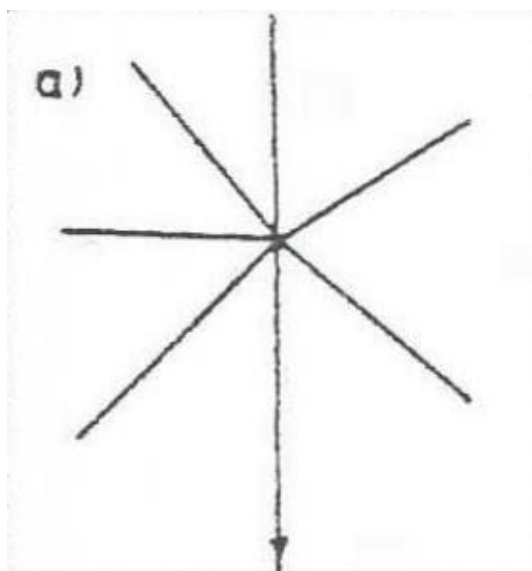
Při navrhování tradičního typu odvodnění musíme brát v potaz tvar terénu, způsob zástavby, popřípadě další podmínky. V zásadě nám jde o vedení nejrychlejší, nejpřímější a provozně bezpečné trasy, která gravitačně dopraví odpadní vodu na ČOV. [1] [20]

Naopak u alternativní způsob dopravy nám umožňuje vytvářet racionálnější trasy, jelikož nemusíme respektovat spádové poměry. Výhodné je pro nás vytvářet soustavy uzavřených systémů, neboť nám umožňují regulaci a automatizaci provozu. [6]

6.1 Tradiční

6.1.1 Radiální (dostředný)

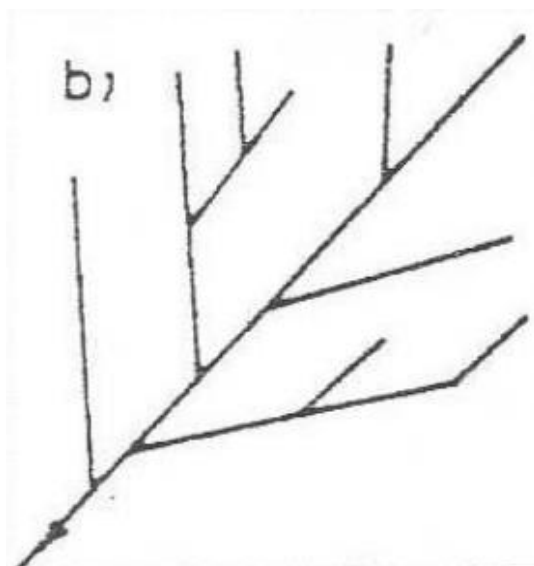
Používá se k odvodnění oblasti ve tvaru doliny. Voda je svedena do nejnižšího místa, odkud je buď gravitačně odváděna raženou štolou, nebo přečerpávána do čistírny odpadních vod. [6] [20]



Obrázek 8 - Radiální systém stokové sítě [1]

6.1.2 Větvný

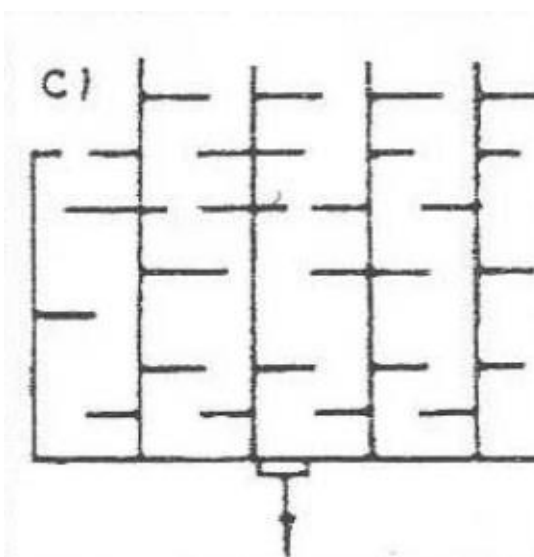
Navrhuje se v členitém území s nepravidelnou zástavbou. Uliční stoky se vedou nejkratší cestou do nejnižše položené hlavní kmenové stoky. Tento systém připomíná rozvětvený strom. [6] [20]



Obrázek 9 - Větvný systém stokové sítě [1]

6.1.3 Úchytný

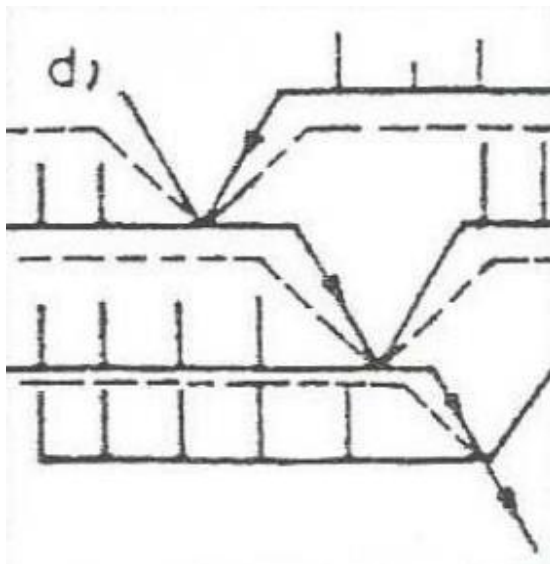
Navrhuje se při pravidelném uspořádání zástavby v říčních údolích s mírným sklonem k vodnímu toku. Kmenová stoka je vedena podél vodního toku a na ni se napojují jednotlivé uliční sběrače. [6] [20]



Obrázek 10 - Úchytný systém stokové sítě [1]

6.1.4 Pásmový

Tento systém se využívá pro odvodňování rozlehlějšího území s výškovou odlišností. Stoková síť je rozčleněna do několika pásem. Výhodou tohoto systému je to, že je možné odvodňovat každé pásmo zvlášť. [6] [20]



Obrázek 11 - Pásmový systém stokové sítě [1]

7 ZPŮSOB ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Proces úpravy odpadní vody se provádí odstraněním mechanického, biologického a bakteriálního znečištění a tím se dosáhne požadované jakosti vody. Pro dosažení tohoto cíle bylo vyvinuto nespočet technologických postupů. Tyto postupy můžeme dělit podle mnoha kritérií. Nejpoužívanější dělení je však na: [26] [27]

- Mechanické čištění
- Biologické čištění
- Chemické a fyzikálně-chemické čištění

7.1 Mechanické čištění

Prvním krokem při úpravě vody je mechanická separace. Tímto odstraníme z odpadní vody hrubé, pevné nečistoty, které by mohly v dalších stupních čištění vést k poruchám a zanášení objektů a zařízení ČOV. Jedná se o jednoduché pochody založené na jevech, jako jsou cezení, sedimentace nebo flotace. [6] [28]

7.1.1 Lapák štěrku

Lapák štěrku je vybudován zpravidla na velkých čistírnách s rozsáhlou stokovou sítí. Jedná se o jímku situovanou těsně před ČOV na přivaděči odpadních vod. Snížením dna dojde k zachycení masivních předmětů (kameny, cihly, dlažební kostky, štěrk apod.), které by mohly poškodit následující zařízení čistírny. [29]



Obrázek 12 - Lapák štěrku [zdroj: vlastní pořízení]

7.1.2 Česle, síta

K odstranění hrubých nečistot až do 1 mm slouží česle a síta. Tato zařízení mají různou velikost průlin, popřípadě otvorů, které vymezují velikost zadržených částic. Hlavní funkcí takového cezení je především ochrana čerpadla proti poškození. Podle šířky průlin dělíme česle na hrubé s obvyklou velikostí průlin 50-200 mm a jemné česle s obvyklou velikostí průlin 10-20 mm. Pomocí sít můžeme zachytit znečištění velikosti okolo 1 mm. Česle a síta můžeme dělit také podle způsobu stírání na ručně nebo strojně stírané, popřípadě samočisticí. [6] [28]



Obrázek 13 - Samočistící česle [zdroj: vlastní pořízení]



Obrázek 14 - Ručně stírané česle [52]

7.1.3 Lapák písku

Je to zařízení sloužící k zachycení a odstranění písku a minerálních částic. Je navržen tak, aby pomocí sedimentace zachytil částice o velikosti 0,2-

0,25 mm. Lapáky písku můžeme rozdělit dle způsobu odstranění písku, a to na ruční a strojní. Dalším možným rozdělením je podle směru průtoku písku. Zde je rozdělení na horizontální a vertikální lapáky písku. Mezi horizontální lapáky písku patří například komorový, nebo štěrbinový. Naopak mezi vertikální patří vírový, provzdušňovací nebo odstředivý lapák písku. Účel tohoto zařízení je zajištění ochrany následujících objektů ČOV. [6] [28]



Obrázek 15 - Provzdušňovací lapák písku [zdroj: vlastní pořízení]

7.1.4 Lapáky tuků a plovoucích nečistot, flotace

Odlučování lehkých částic využívá obrácený princip sedimentace. Proces využívá menší hustoty částic, než je hustota vody, tudíž se částice v separačním procesu pohybují směrem vzhůru. Nečistoty se následně akumulují na hladině, odkud jsou odebrány. [6]

Flotace je separační proces, při kterém se dispergované částice slučují s mikrobublinami plynu lehčích než voda. Vytvořená sloučenina je tedy vynášena k hladině a odebrána. [6]

Odebírání tuků a plovoucích nečistot může být současně prováděno v lapáku písku.



Obrázek 16 - Odstraňování tuků a plovoucích nečistot v lapáku písku [53]

7.1.5 Usazovací nádrž

Primární usazovací nádrže slouží k odstraňování nerozpuštěných látek organické povahy. Separace probíhá pomocí sedimentace. Touto metodou odstraníme části organického znečištění, které nemusíme odstraňovat v biologickém čištění. Vzniká zde primární kal. V malých čistírnách se obvykle primární usazovací nádrže nebudují, jelikož je problém se stabilizací kalu. Usazovací nádrže dělíme podle tvaru a průtoku v nádrži na pravouhlé s horizontálním průtokem, kruhové s horizontálním průtokem, kruhové s vertikálním průtokem a šterbinové usazovací nádrže (s kalovým prostorem). [6] [28] [30]



Obrázek 17 - Kruhová usazovací nádrž [zdroj: vlastní pořízení]

7.1.6 Dosazovací nádrž

Dosazovací nádrž se prakticky od usazovací nějak neliší. Zařazuje se za biologický stupeň čištění a slouží k separaci již aktivovaného kalu, který se nazývá sekundární. Tento proces je klíčový v dosahování vysoké kvality vody. V dosazovacích nádržích obvykle proces čištění končí. Voda odtud odtéká do recipientu, čímž se vrací zpět do přírodního koloběhu, nebo pokračuje na další stupeň čištění. [28]

7.2 Biologické čištění

Základním účelem biologických čistírenských procesů je rozložení organických látek. Tento proces by se dal jednoduše rozdělit na aerobní a anaerobní. [6] [28]

Aerobní biologické pochody závisí na činnosti aerobních mikroorganismů, které rozkládají organické látky obsažené ve vodě oxidačními procesy za přítomnosti kyslíku. Aerobní čištění se dále rozděluje na intenzivní (aktivační proces, biofilmové reaktory) a extenzivní (biologické nádrže, zemní filtry, vegetační čistírny). [6] [28]

7.2.1 Aktivační proces

Patří mezi nejrozšířenější způsob biologického čištění odpadních vod. Princip spočívá ve vytvoření aktivovaného kalu, který je provzdušňován v aktivační nádrži. Aktivovaný kal je nositelem směsné bakteriální kultury, popřípadě i jiných organismů jako například kvasinek, hub, plísní, prvoků, červů aj. [6] [28]

Aktivační systém se v základním upořádání skládá z aerované nádrže (reaktoru), v níž dochází k čištění odpadní vody a zároveň vzniku aktivovaného kalu. Z aktivační nádrže směs vody a aktivovaného kalu odtéká do dosazovací nádrže, v níž jsou tyto složky separovány sedimentací. Vyčištěná odpadní voda je následně odváděna do recipientu. Část aktivovaného kalu je vrácena do aktivační nádrže, jelikož je potřeba udržovat jeho přiměřenou koncentraci, a část je odvedena ze systému jako přebytečný kal. Po celou dobu aktivace je důležité zajistit přívod kyslíku. Provzdušňováním je současně obsah nádrže míchán, a dochází tedy k dokonalé aktivaci. [6] [28]



Obrázek 18 - Aktivační nádrž [zdroj: vlastní pořízení]

7.2.2 Biofilmové reaktory

Charakteristickým rysem biofilmových reaktorů je kumulace biomasy ve formě porostu (biofilmu) na vhodném nosiči. To je také hlavní rozdíl proti aktivaci, ve které se mikroorganismy shlukují ve vločkách. S touto technologií se můžeme setkat u starších ČOV. V současnosti vybudované čistírny využívají spíše možnost aktivačního procesu. [6] [28]



Obrázek 19 – Skrápěný biofilmový reaktor [54]

7.2.3 Biologické nádrže

Patří zde malé účelové nádrže, sloužící jak k čištění, tak dočišťování. Podle technologie a využití dělíme biologické nádrže do čtyř skupin: [31] [32]

- Anaerobní, které se dále člení na průtočné, sedimentační a akumulární.
- Aerobní mohou být nízce i vysoce zatěžované, neprovzdušňované, v zimě provzdušňované nebo celoročně provzdušňované.
- Dočišťovací biologické rybníky, průtočné nebo akumulární.
- Nádrže s akvakulturami

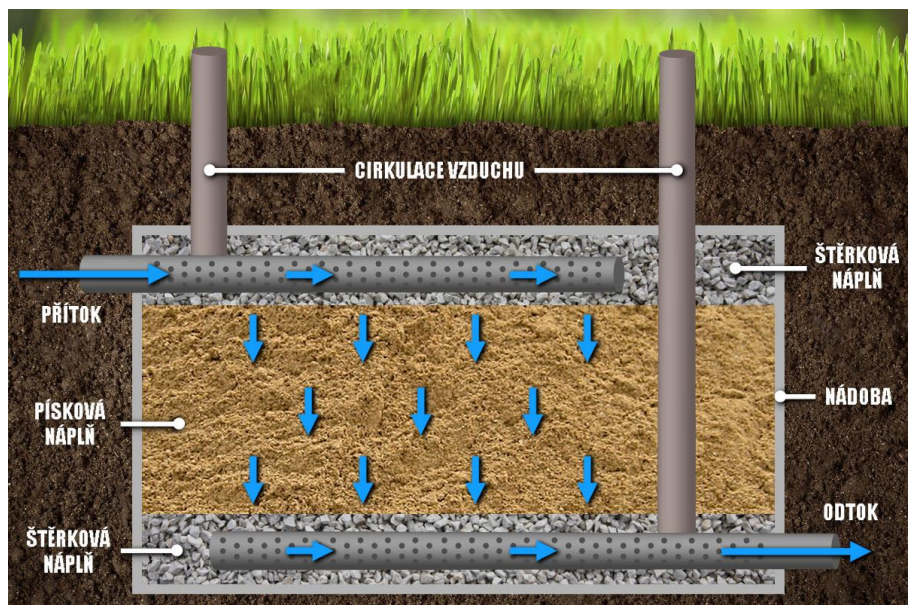
U nás jsou nejrozšířenější aerobní biologické nádrže, které se využívají k čištění odpadních vod z menších obcí, rekreačních zařízení a splachům ze zemědělské půdy. Jsou nevhodné k čištění vod s vysokým obsahem znečištění, vysokým pH, toxickými odpadními vodami. V minulosti se tvaru biologických nádrží dával určitý význam. V současnosti můžeme říct, že tvar není podstatný. [31] [32]



Obrázek 20 - Biologická nádrž [55]

7.2.4 Zemní filtry

Zemní neboli půdní filtry využívají k čištění pórovité prostředí. Jedná se tedy o pomalou biologickou filtraci. Zemní filtry jsou vhodné pro čištění obvyklých nebo zředěných odpadních vod jednotlivých domů, osad, rekreačních zařízení, sportovišť apod. Nehodí se pro čištění odpadních vod s velkým množstvím zanesení. Vznikalo by velké množství kalu a organického znečištění, jež by následně zanášely rozdělovací potrubí a samotný filtr. Zemní filtr se od kořenových čistíren liší v množství přítomného kyslíku při čištění. Zemní filtr pracuje v méně oxických až anoxických podmínkách. [31] [32]

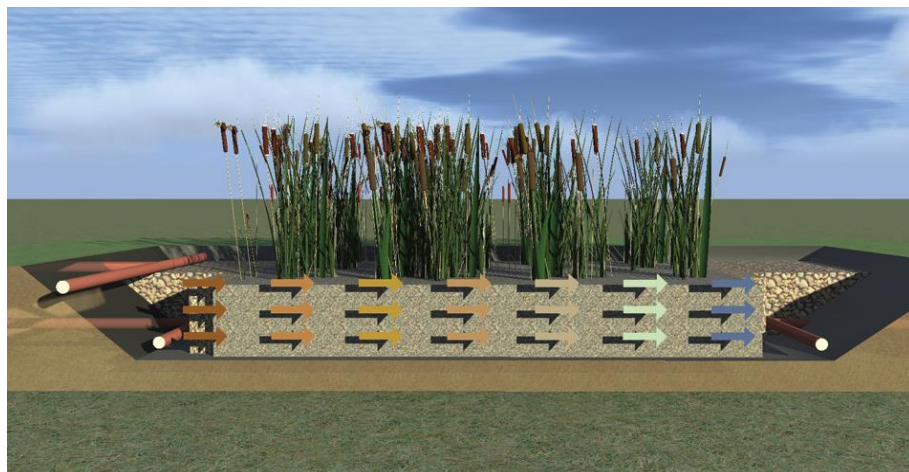


Obrázek 21 - Zemní (půdní) filtr [56]

7.2.5 Vegetační čistírny

Vegetační čistírny odpadních vod, také nazývané jako kořenové, patří k nejrozšířenějšímu typům extenzivních způsobů čištění odpadních vod v ČR. Tento typ čištění je založen na průtoku odpadní vody kořenovým filtrem. Ten je tvořen jemnou frakcí kameniva, ve které se zdržují bakterie obstarávající čisticí proces. Určitou roli v čisticím procesu zajišťují také vysázené rostliny, které dodávají kyslík, částečně obstarávají živiny, v zimě plní funkci tepelného izolantu a také se na jejich kořenech vyskytují potřebné bakterie. Tento způsob čištění lze dále rozdělit podle typu proudění na horizontální nebo vertikální. [33] [34]

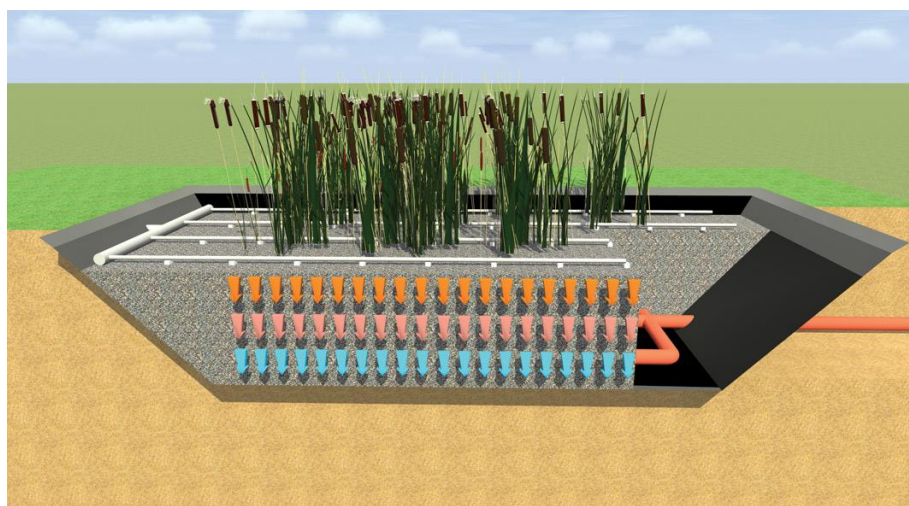
V horizontálním filtru převládá, jak už název napovídá, horizontální proudění. Tento typ je v České republice navrhován v drtivé většině případů. Důvod rozšíření je v jednoduchosti návrhu a realizace. Samotný horizontální filtr nemůže být instalován jako samotná čisticí jednotka. Vždy musí být zařazen za mechanické předčištění, kterým se zbavíme nežádoucího množství hrubých nečistot. [31] [33]



Obrázek 22 - Kořenová čistírna s horizontálním prouděním [57]

Doplňkem k horizontálnímu filtru může být pulzní vypouštění. Princip tohoto vylepšení spočívá v opakované změně hladiny odpadní vody ve filtru. Častá změna hladiny vede k zvýšení účinnosti čištění, zejména v parametrech, při kterém je spotřebováván vzdušný kyslík, tj. BSK₅, CHSKCr, N-NH₄. [33]

Ve vertikálním filtru probíhá proudění převážně ve svislém směru. Filtr je podobný horizontálnímu. Liší se zejména zrnitostí filtračního materiálu a uspořádáním rozdělovacího potrubí. Ve filtru se vyskytuje spíše aerobní prostředí, které umožňuje odstranění amoniakálního dusíku. [33]



Obrázek 23 - Kořenová čistírna s vertikálním prouděním [57]

Doplňkem k vertikálnímu filtru může být pulzní skrápění. Díky tomuto vylepšení jsme schopni provozovat vertikální filtry větších ploch. Principem pulzního skrápění je akumulace vody v akumulární šachtě před filtračním polem. Jakmile dojde k maximálnímu naplnění akumulární šachty, je otevřen její uzávěr a akumulární šachta se v co nejkratším vypustí na vertikální filtr. Rovnoměrné vypuštění odpadní vody je zajištěno pomocí rozdělovacího potrubí. Pulzní skrápění při správném návrhu, realizaci a provozu zabezpečuje dostatečnou zásobu kyslíkem, díky kterému jsou odstraněny z odpadní vody v dostatečné míře amoniakální dusík, CHSKCr i BSK5. [33]



Obrázek 24 - Pulzní skrápění vertikální kořenové čistírny [33]

Anaerobní proces čištění můžeme využít pro odpadní vodu s vysokou koncentrací organických látek nebo na stabilizaci kalu. Celý proces je realizován v anaerobním reaktoru. Princip je založen na recirkulaci čistírenského kalu, který se po vytvoření v prvním procesu stává zároveň substrátem pro následný anaerobní proces. Proces úpravy probíhá při teplotě 35-40°C. Konečným produktem kromě kalu je také bioplyn, který se dá následně využít ke spalování nebo vytápění reaktorů a provozních budov. [6] [28]

8 KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Při úpravě znečištěné vody dochází k vytvoření kalu. Kal je rozptýlená směs vody s rozpuštěnými, koloidními a suspendovanými látkami. Hlavní podíl látek tvoří látky suspendované. Obsah vody převažuje nad obsahem pevných látek. Každá čistírna musí řešit problematiku kalového hospodářství. Nakládání s kalem se musí řídit dle vyhlášek a norem. Kal pro své zpracování a uskladnění potřebuje plochy o dostatečné ploše a objemu. Je třeba zajistit místo pro bezpečné skladování. Mnohdy také kaly obsahují toxické látky, takže musí být zabráněno vsakování do podloží a do odtoku do povrchových vod. [6] [12]

Důležitým faktem také je, že náklady na zpracování kalu tvoří mnohdy až 40 % investičních a provozních nákladů ČOV. Tato nedořešená kalová koncovka může dostat ČOV a její provoz do problémů. [13]

8.1 Typy a množství kalu

8.1.1 Surový kal

Jedná se o kal, který je ještě nezpracovaný a nestabilizovaný. [6]

Specifická produkce sušiny kalu pro středně (vysoko) zatíženou aktivaci pro surový kal je 85 (79) g.EO⁻¹.d⁻¹ [6]

8.1.2 Primární kal

Primární kal se odděluje v místech primárního usazování, kterými jsou usazovací nádrže nebo jiná separační zařízení. Množství primárního kalu závisí hlavně na množství nerozpuštěných látek a na účinnosti sedimentačního zařízení. [6] [13]

Obsah sušiny v primárním kalu bývá zpravidla okolo 2,5 % [6]

8.1.3 Sekundární (aktivovaný) kal

Vznik tohoto kalu probíhá při biologickém stupni čištění a odděluje se v dosazovacích nádržích. Obsahuje nerozložené zbytky organických látek a

přebytečnou biomasu. Na rozdíl od primárního má sekundární kal horší sedimentační vlastnosti a také je méně reaktivní [6] [15]

Obsah sušiny sekundárního kalu bývá pouze 0,5-1,0 % [6]

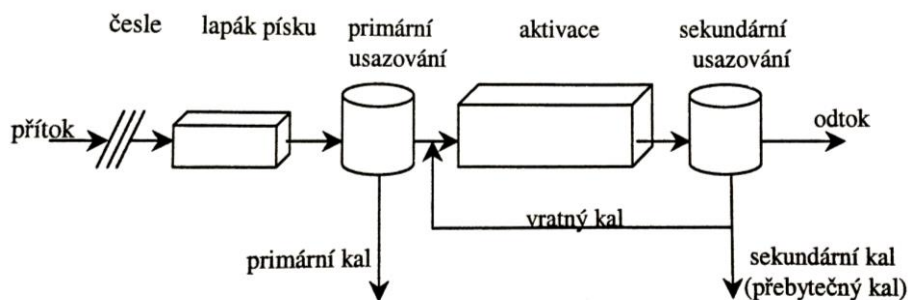
8.1.4 Chemický kal

Vyskytuje se v čistírnách, ve kterých je zakomponováno chemické srážení fosforu. Chemický kal může být součástí primárního nebo sekundárního kalu, záleží při tom na fázi, ve které se aplikuje srážecí látka. V ČR se pro srážení fosforu používá většinou síran železitý. Při odděleném srážení vzniká terciální stupeň kalu, a to samostatný chemický kal. [13] [15]

8.2 Odběr kalu ze systému

8.2.1 Oddělené odebírání

Oddělené odebírání využijeme v případech, kdy se dá použít pouze jeden stupeň vyčištěného kalu. Ten druhý například nejde využít kvůli vysokému obsahu těžkých kovů. [6]



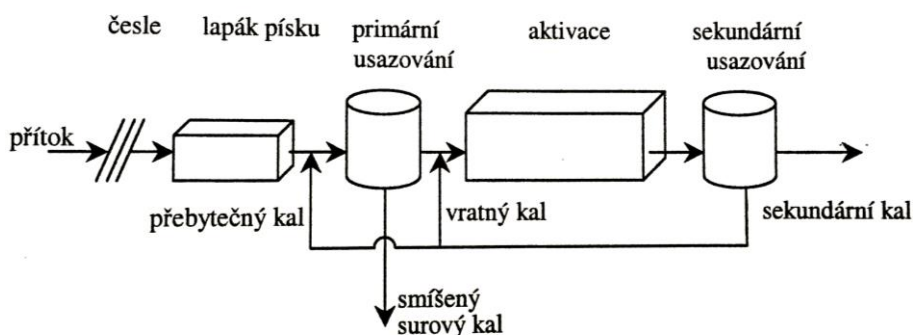
Obrázek 25 - Schéma odděleného odebírání kalu ze systému [6]

Usazovací nádrž pro primární kal je optimální odkalovat 3–4krát za 24 hodin, aby nedocházelo k zahnívání kalu. [13]

Taktéž usazovací nádrž aktivovaného kalu je třeba pravidelně odkalovat. Jelikož sekundární kal obsahuje méně sušiny, postačí odkalovat přibližně 2krát týdně. [13]

8.2.2 Společné odebrání

Tento styl odběru se využívá spíše u starších ČOV. Princip spočívá v tom, že je sekundární kal veden zpět před usazovací nádrž, v ní znovu sedimentován a odváděn společně s primárním kalem k dalšímu zpracování. Takto vytvořený kal se nazývá smíšený surový kal. V dnešní době se od této úpravy ustupuje, jelikož oba produkované kaly mají odlišné vlastnosti a aktivovaný kal zhoršuje vlastnosti primárního kalu. [6]



Obrázek 26 - Schéma společného odebrání kalu ze systému [6]

8.3 Zpracování kalu

Hlavními cíli při zpracování kalu je dosažení: [6]

- Redukce objemu
- Redukce zápachu
- Možnost dalšího využití kalu

Mezi hlavní fáze zpracování kalu se řadí zahušťování, stabilizace, odvodňování a finální likvidace. Mnohdy se do tohoto procesu přidává hygienické zabezpečení kalů a také možnosti předúpravy kalů. Toto je obecný postup zpracování kalů, ovšem existuje také mnoho odlišných variací podle lokálních okolností. [6]



Obrázek 27 - Obecný postup zpracování kalu [6]

8.3.1 Zahušťování kalu

Zahušťování je obvykle prvním stadiem při zpracování kalu. Do této etapy nám vstupuje surový kal. Princip zahušťování spočívá ve zvýšení koncentrace tuhých částic. Kvalita zahušťování nám markantně ovlivňuje následující nakládání s kalem. Odstraněním vody totiž snížíme objem kalu. To nám pomůže při dalších fázích zpracování kalu, protože náklady na skladování, přepravu a ohřev kalu jsou přímo úměrné objemu kalu. Jsme tedy schopni ovlivnit jak investiční, tak provozní náklady kalového hospodářství dané ČOV. [6] [16] [17]

Redukci vody v kalu můžeme realizovat gravitačně nebo strojně. Mezi gravitační metody patří sedimentace v gravitačních nádržích a flotace, strojní jsou naopak pomocí odstředivek nebo rotačních, pásových, šnekových a štěrbinových zahušťovačích. [6]

Při této fázi mohou být biologické kaly zhuštěny v rozmezí 3-6 % a primární v rozmezí 6-8 % sušiny. [17]



Obrázek 28 - Sedimentace aktivovaného kalu [zdroj: vlastní pořizní]



Obrázek 29 - Zahušťování kalu v odstředivkách [zdroj: vlastní pořizní]

8.3.2 Předúprava kalu

Jedná se o předúpravu kalu před samotnou stabilizací. Cílem je snížení množství kalu a zvýšení jejich úrovně hygienizace. [6]

8.3.3 Stabilizace kalu

Procesem stabilizování se snažíme dosáhnout určitých vlastností, které potřebujeme pro jeho následné využití. Obecně se tedy za stabilizovaný kal považuje takový, ve které již neprobíhají intenzivní biologické procesy, a tudíž nezpůsobuje újmy na životním prostředí a nevyvolává obtíže při manipulaci. [6] [13]

Takovýto stav se dá docílit anaerobní, aerobní nebo chemickou stabilizací. Stabilizovaný kal je tedy nepáchnoucí, hygienicky neškodný a je možné ho snadno odvodnit. [6]

8.3.4 Odvodňování kalu

Odvodňování kalu slouží k dalšímu zásadnímu snížení obsahu vody v suspenzi. Dochází zde k odvodnění s obsahem sušiny 20-50 %. Kal je tedy pevné rýpatelné konzistence a lze s ním zacházet jako se zeminou. Tato fáze nám pomůže opět snížit objem kalu, čímž se nám sníží náklady na finální zpracování a následnou likvidaci. [6] [18]

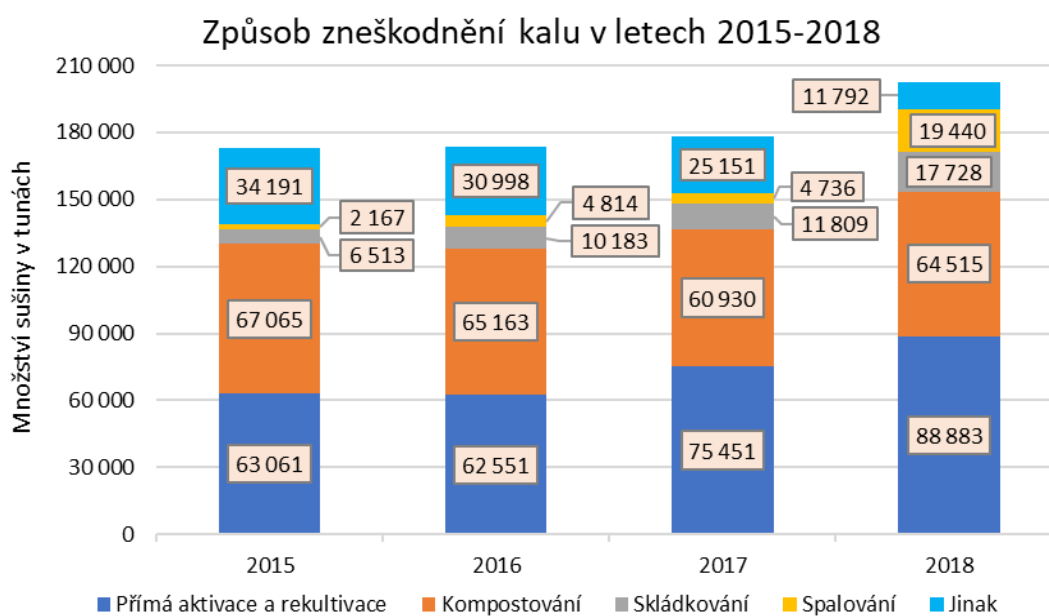


Obrázek 30 - Konzistence odvodněného kalu [zdroj: vlastní pořízení]

Odvodňování může probíhat přirozeně pomocí atmosférického tlaku na kalových polích a lagunách (s výsledným obsahem sušiny 25-30 %) nebo strojně pomocí pásových lisů, kalolisů (35-45 %), odvodňovacích odstředivek (20-25 %) popřípadě za termického sušení (až 95 %). [6] [19]

8.3.5 Finální zpracování kalu

Stabilizovaný a odvodněný kal je zapotřebí určitým způsobem z čistírny odstranit. Z hlediska ČOV je nejlepším možným řešením jeho další využití. Kal se dá využít bez dalších úprav jako hnojivo v zemědělství nebo se dá dále kompostovat. Kal se rovněž může zakomponovat do stavebních materiálů. V neposlední řadě se může také spalovat nebo dále zdržovat na skládce.



Obrázek 31 - Způsob zneškodnění kalu v letech 2015-2018 [zdroj: vlastní vypracování]

9 EKONOMICKÁ HLEDISKA ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Ekonomická hlediska ČOV je možno rozdělit na dva typy. Prvním jsou náklady na samotnou výstavbu. Druhým pak náklady na provoz čistírny odpadních vod.

9.1 Náklady na výstavbu

Prvním a zároveň velice důležitým krokem je rozhodnutí o velikosti odkanalizovaného území a počtu připojených osob. Při tomto rozhodování je třeba stanovit, pro kolik obcí, popřípadě městských částí, bude čistírna vybudována. V této fázi se také do značné míry pracuje s územním plánem, jelikož se v mnohých případech počítá s rozvojem území.

Další fází je výběr typu ČOV a technologie příslušné stokové sítě. Úskalí nastává v okamžiku, kdy toto rozhodování závisí pouze na starostovi obce. Nebývá totiž samozřejmostí, že starosta má technické vzdělání a mohl by tedy sám vyhodnotit nejlepší možnou variantu pro dané území. Situaci mu ztěžuje také fakt, že je v době rozhodování zaneprázdněn jinými věcmi, ať už spojenými či nespojenými s výstavbou ČOV, proto nemusí mít čas na dostatečné nastudování dané problematiky. Následkem této neznalosti bývá rozhodování na základě doporučení. A problém nastává v případě, kdy doporučení poskytuje majitel určité technologie, který prosazuje své řešení bez ohledu na okolnosti. Je proto důležité si při tomto rozhodování zajistit odborníka s nezaujatým pohledem na věc.

Následným krokem je zajištění financování projektu. Díky evropskému fondu soudržnosti a fondům České republiky se zafinancování stává snazší. Při splnění všech požadavků obec obdrží dotaci, která tvoří určitý podíl celkové částky. Procentuální výše dotace bývá okolo 85 %. V současné době řídí Ministerstvo životního prostředí Operační program Životního prostředí (OPŽP) 2014-2020, který navázal na předchozí OPŽP 2007-2013. Předchozí operační program nabídl zhruba 5,3 miliard eur na zlepšení kvality životního prostředí v České republice. Současný Operační program disponuje částkou

2,79 miliard eur. Podporu lze získat v šesti prioritních osách, kterými jsou:
[23]

1. zlepšování kvality vod a snižování rizika povodní,
2. zlepšování kvality ovzduší v lidských sídlech,
3. odpady a materiálové toky, ekologické zátěže a rizika,
4. ochrana a péče o přírodu a krajinu,
5. energetické úspory,
6. technická pomoc.

Po zajištění financí nastává pro obec rozhodování o následném provozování ČOV. Pokud v obci nemá nikdo s provozováním zkušenosti, přichází v úvahu přenechat provoz a správu čistírny odpadních vod vodárenské společnosti. V takovém případě je potřeba specifikovat vztah mezi majitelem a provozovatelem. Zda-li bude soukromý subjekt ČOV provozovat, vybírat stočné a platit obci nájemné nebo bude soukromý subjekt pouze ČOV provozovat a za tuto službu si nechá zaplatit. Z důvodu docílení co nejmenší ceny stočného se snaží obce ponechat provozování čistírny ve své pravomoci. V takovém případě musí mít obec zajištěnou oprávněnou osobu, dle § 6 zákona č. 274/2001 Sb. (zákona o vodovodech a kanalizacích).

9.2 Náklady na provoz

Náklady na provoz jsou hrazeny především z výběru stočného. Existuje varianta, kdy obec dotuje provoz ČOV ze svého rozpočtu. Tato varianta se spíše nevyužívá.

Stočné je cena za odvod a čištění odpadních vod. Cena stočného je počítána v korunách za 1 m³ odpadní vody a měla by pokrýt všechny náklady spojené s provozem. Stočné je blíže vymezeno v § 20 zákona č. 274/2001 Sb. Výše stočného je regulováno ze strany Ministerstva financí České republiky. Pro kalkulaci ceny stočného je povinen provozovatel používat přílohu č. 20 k vyhlášce 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb.

Z vyhlášky 428/2001 Sb., se při kalkulaci stočného považují za hlavní náklady na provoz: [24]

- Materiál
- Energie
- Mzdy
- Ostatní přímé náklady
- Provozní náklady
- Finanční náklady
- Ostatní výnosy
- Výrobní režie
- Správní režie

Dohromady tyto náklady tvoří úplné vlastní náklady včetně prostředků na obnovu. [24]

9.2.1 Materiál

Do položky materiál se započítávají především náklady na nákup chemikálií spotřebovaných při čištění odpadních vod a náklady na ostatní materiál. Mezi ostatní materiál patří běžný materiál spotřebovaný při výrobě. Mezi ostatní materiály se ovšem nezapočítávají osobní ochranné pomůcky. Ty náleží buď do výrobní režie, nebo do ostatních přímých nákladů. [24]

9.2.2 Energie

Zde patří náklady na elektrickou energii a ostatní energie, kterými jsou například plyn, teplo, pohonné hmoty, pitná voda. Tato spotřebovaná energie se eviduje pouze na objektech infrastrukturního majetku. [24]

9.2.3 Mzdy

Jednou složkou jsou přímé a režijní mzdy a druhou jsou ostatní osobní náklady. Mezi přímé a režijní mzdy jsou zahrnuty mzdy pracovníků podílejících se na úpravě vody a také mistrů, vedoucích provozů, účetních. Do ostatních osobních nákladů je pak zahrnuto například pojistné na zdravotní a sociální zabezpečení. [24]

9.2.4 Ostatní přímé náklady

Do této skupiny patří odpisy, opravy, nájem a prostředky obnovy infrastrukturního majetku.

Odpis je prostředek k vyjádření poklesu hodnoty majetku fyzicky či morálně opotřebovaného za jeden rok. Odpisy nám umožňují rozložit pořizovací cenu do celé doby životnosti majetku. Odpisy tedy snižují daňový základ poplatníka. [25]

Do části odpisy evidují vlastníci infrastrukturního majetku a kanalizací, pokud majetek nepronajali provozovateli, odpisy majetku, dispečinků. Uvádí se i odpisy dalšího technického majetku, např. odpisy přenosných čerpadel, IT techniky, mechanizace atd., pokud jsou přímo přiřaditelné k dané službě a vlastníkovi a nejsou vykazovány v rámci vnitropodnikových převodů. [24]

Do kategorie oprav patří náklady na práci, materiál, dopravu a stavební mechanizaci prováděnou ve vlastní režii. Opravou nedochází k zhodnocení majetku. Také zde patří náklad na opravy dopravních a mechanizačních prostředků, pokud jsou vázány ke konkrétnímu infrastrukturnímu majetku. [24]

Nájem se vyčísluje pouze v případě pronájmu infrastrukturního majetku

Náklady na obnovu jsou prostředky potřebné a definované „Plánem financování obnovy vodovodů a kanalizací“, umožňující obnovu nad rámec předchozích nákladových kategorií. [24]

9.2.5 Provozní náklady

Provozní náklady lze rozdělit do tří kategorií. Jedná se o poplatky za vypouštění odpadních vod, ostatní provozní náklady externí, ostatní provozní náklady ve vlastní režii. [24]

9.2.6 Finanční náklady

Jedná se o úroky z úvěrů po uvedení infrastrukturního majetku do užívání. Je zde také zahrnuto finanční vypořádání rozdílu kalkulací prováděných podle metodiky OPŽP. [24]

9.2.7 Ostatní výnosy

Výnosy za poskytované služby. Např. za čištění dovezených odpadních vod. Výnosy z prodeje elektrické energie získané z objektu infrastrukturního majetku. Finanční vypořádání rozdílu kalkulací prováděných podle metodiky OPŽP. Uvádí se v záporné hodnotě. [24]

9.2.8 Výrobní režie

Nákladem jsou odpisy provozního majetku a opravy na budovách provozních středisek ve vlastnictví provozovatele. Dále se zde zahrnuje spotřeba energií provozních středisek, dopravní náklady a ostatní náklady spojené s provozními středisky. [24]

9.2.9 Správní režie

Náklady zahrnují odpisy a opravy na administrativních budovách ve vlastnictví provozovatele, spotřebu materiálů, elektrické energie, plynu a tepla na provozních střediscích a administrativních budovách, nájemné z administrativních budov, náklady na výpočetní techniku, cestovné, dopravu, školení pracovníků. Náklady na správní režii se uvádějí v podílu, v jakém se zahrnují do kalkulací. [24]

10 UKAZATELE ZNEČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Limitní hodnoty sledovaných ukazatelů se řídí podle nařízení vlády č. 401/20015 Sb., resp. přílohou č.1, tabulkou 1a: Emisní standardy. Mezi sledované ukazatele patří níže popsané: CHSK_{Cr} , BSK_5 , NL, N-NH_4^+ , N_{celk} , P_{celk} [33]

Kategorie COV (EO) ¹⁾⁷⁾ nebo velikost aglomerace	CHSK_{Cr}		BSK_5		NL		$\text{N-NH}_4^+ *$		$\text{N}_{\text{celk}}^{2),8) *}$		P_{celk}	
	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	průměr ⁵⁾	m ⁴⁾ 6)	průměr ⁵⁾	m ⁴⁾ 6)	průměr ⁵⁾	m ⁴⁾
<500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2001 - 10000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3	8
10001 - 100000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Obrázek 32 - Emisní standardy [58]

10.1 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Cr})

Udává množství kyslíku, které se spotřebuje na oxidaci organických látek ve vodě prostřednictvím silného oxidačního činidla. V dnešní době se jako oxidační činidlo používá sloučenina dichroman draselný ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). V minulosti jsme se mohli setkat s ukazatelem CHSK_{Mn} . To znamenalo, že se jako oxidační sloučenina používal manganistan draselný (KMnO_4), který se v současnosti již nepoužívá. Pokud vypouštěná voda obsahuje vyšší koncentrace chemické spotřeby kyslíku, znamená to, že čistírna nebyla schopna dodat do čištěné vody dostatek kyslíku. Tato hodnota je obvykle uváděna v mg/l. [33] [35]

10.2 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK_5)

Jedná se o množství kyslíku spotřebované na rozložení biologického znečištění. Hodnota BSK_5 určuje množství nebo koncentraci organického znečištění, které je odbouratelné výhradně pomocí mikroorganismů. Zjištění této koncentrace se provádí pomocí zředovací metody. Tato hodnota je obvykle uváděna v mg/l. Koncentrace BSK_5 se vyskytuje v

stojatých i tekoucích vodách. Jedná se o rozložené listy, větve trávy, mrtvé organismy, výtrusy ryb a ptáků aj. znečištění organického původu. [33] [35]

10.3 Nerozpuštěné látky (NL)

Jedná se o typ znečištění, které je ve vodě viditelné mnohdy pouhým okem, a tedy je lze snadno stanovit zachycením pomocí filtrace (stanovuje se v laboratorních podmínkách). Lze je z vody odstranit většinou mechanickou cestou, relativně snadno. Tato hodnota je obvykle uváděna v mg/l. [33]

10.4 Amoniakální dusík (N-NH₄⁺)

Amoniakální dusík přitéká na čistírnu po rozkladu močoviny. Jeho koncentrace na přítoku do ČOV se může výrazně lišit. Závisí totiž na objemu balastních vod, druhu kanalizace, spotřeby vody. Na odstranění amoniakálního dusíku je potřeba velké množství kyslíku a také správně zvolené prostředí s bakteriemi. Proces rozkladu se nazývá nitrifikace a mění se při něm amoniakální dusík N-NH₄⁺ na dusičnanový dusík N-NO₃. Potencionální hrozbou je změna N-NH₄⁺ na toxickou formu NH₃. Jeho zvýšená koncentrace ve vodě může mít za následek úhyn ryb. [33]

10.5 Dusík (N_{celk}) a fosfor (P_{celk})

Dusík společně s fosforem patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky. Patří do skupiny živin (nutrient). Tento prvek, stejně jako fosfor, má za následek rozvoj mikroorganismů v povrchové, podzemní, odpadní vodě a také při úpravě vody. Při zvýšené koncentraci nutrientu ve vodě dochází k přemnožení jednobuněčných řas a sinic, které se usazují u dna a vytváří nám sekundární znečištění. Pro jejich rozklad je potřeba zvýšená koncentrace kyslíku, což může výrazně ovlivnit hodnotu BSK₅. Celkové množství dusíku a fosforu se určí jako součet všech jeho forem obsažených ve vodě. [33] [35]

11 ANALÝZA A KOMPARACE ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

11.1 Základní údaje posuzovaných obcí

11.1.1 Okres Rakovník

Okres Rakovník se nachází ve Středočeském kraji. Pro porovnání jsem si vybral kořenovou čistírnu v obci Čistá s mechanicko-biologickými čistírnami v městysi Pavlíkov a obci Roztoky.



Obrázek 33 - Poloha okresu Rakovník v ČR [36]

Obec Čistá je rozdělená na části Čistá, Zdeslav, Křekovice, Nová Ves, Kůzová, Smrk, Lhota a Strachovice. Katastrální rozloha obce činí 29,05 km². Obec se nachází v nadmořské výšce 479 m a žije zde 896 obyvatel. [40]

Městys Pavlíkov je rozdělen na části Pavlíkov, Chlum, Ryšín, Skřivaň a Tytry. Katastrální rozloha obce činí 39,46 km². Obec se nachází v nadmořské výšce 462 m a žije zde 1050 obyvatel. [41]

Obec Roztoky je členěna na čtyři sídelní jednotky, Roztoky, Leontýn, Karlov a Placanda. Katastrální výměra obce činí 22,21 km². Obec se nachází v nadmořské výšce 275 m a žije zde 1078 obyvatel. [42]

11.1.2 Okres Náchod

Okres Náchod se nachází ve Královéhradeckém kraji. Pro porovnání jsem si vybral kořenovou čistírnu v obci Velká Jesenice s mechanicko-biologickou čistírnu v městysi Machov.



Obrázek 34 - Poloha okresu Náchod v ČR [37]

Obec Velká Jesenice je členěna na tři části, Velká Jesenice, Veselice a Volovka. Katastrální výměra obce činí 14,72 km². Obec se nachází v nadmořské výšce 286 m a žije zde 735 obyvatel. [43]

Městys Machov je členěn na pět místních částí, Machov, Bělý, Machovská Lhota a Nížká Srbská. Katastrální výměra obce činí 19,39 km². Obec se nachází v nadmořské výšce 450 m a žije zde 1092 obyvatel. [45]

11.1.3 Okres Opava

Okres Opava se nachází ve Moravskoslezském kraji. Pro porovnání jsem si vybral kořenovou čistírnu v obci Štáblovice s mechanicko-biologickou čistírnu v obci Branka u Opavy a obci Sudice.



Obrázek 35 - Poloha okresu Opava v ČR [39]

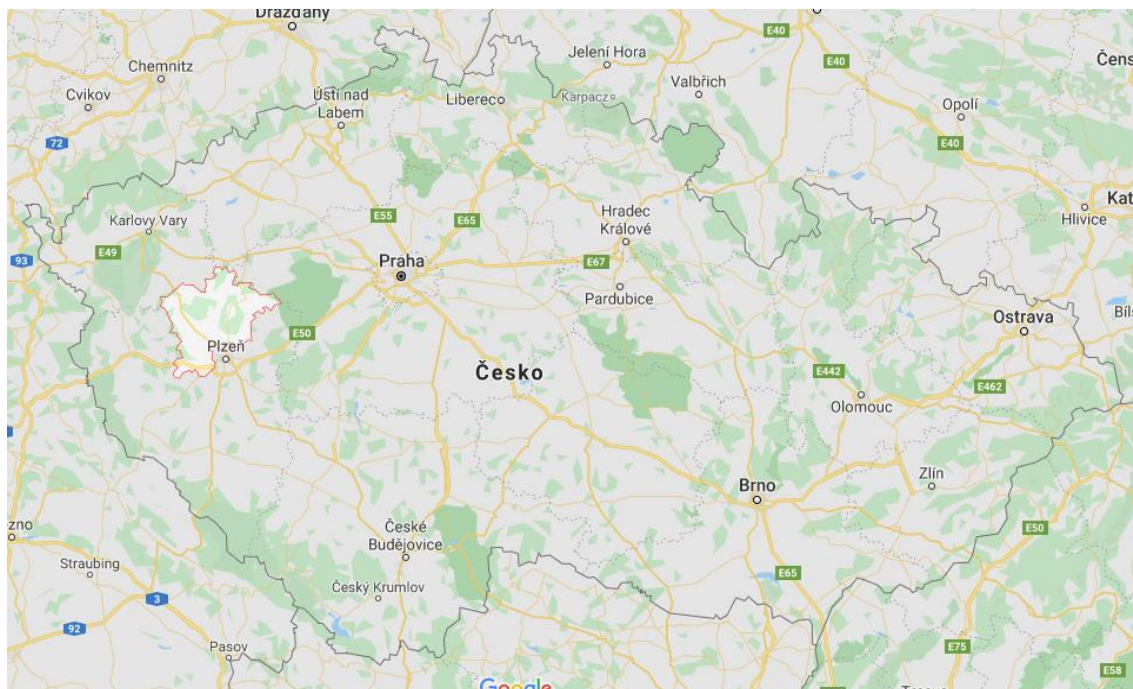
Obec Štáblovice má pouze dvě katastrální části, a to část Štáblovice a Lipina. Katastrální výměra obce Štáblovice činí 10,36 km². Obec se nachází v nadmořské výšce 320 m a žije zde 672 obyvatel. [48]

Obec Branka u Opavy má pouze jednu část obce, a to část Branka u Opavy. Katastrální výměra obce Branka u Opavy činí 6,94 km². Obec se nachází v nadmořské výšce 264 m a žije zde 1076 obyvatel. [49]

Obec Sudice má pouze jednu část obce, a to část Sudice. Katastrální výměra obce Sudice činí 9,42 km². Obec se nachází v nadmořské výšce 244 m a žije zde 634 obyvatel. [50]

11.1.4 Okres Plzeň-sever

Okres Plzeň-sever se nachází ve Plzeňském kraji. Zde se mi bohužel podařilo obstarat pouze podklady pro dvě mechanicko-biologické čistírny, a to v obci Chotíkov a v obci Líštiny. Obec Chotíkov sice měla kořenovou čistírnu odpadních vod, ale ta byla v roce 2013 kvůli zkapacitnění přestavěná na mechanicko-biologickou.



Obrázek 36 - Poloha okresu Plzeň-sever v ČR [38]

Obec Chotíkov má pouze jednu katastrální část. Katastrální výměra obce Chotíkov činí 11,26 km². Obec se nachází v nadmořské výšce 398 m a žije zde 1221 obyvatel. [46]

Obec Líštiny má osm částí, Líštiny, Hunčice, Košetice, Lipno, Luhov, Náklov, Písek a Třebobuz. Katastrální výměra obce činí 36,75 km². Obec se nachází v nadmořské výšce 458 m a žije zde 739 obyvatel. [47]

11.2 Základní informace o ČOV

11.2.1 Okres Rakovník

Obec Čistá

Kořenová čistírna je navržena na čištění odpadní vody od 800 EO. Vlastníkem i provozovatelem je obec Čistá. Mechanická část čištění je tvořena česlemi a štěrbínovou nádrží. Zde se odpadní voda zbaví mechanických nečistot a může pokračovat na kořenové filtrační pole.

Biologický stupeň je tvořen čtyřmi kořenovými poli o celkové ploše okolo 3000 m². Tato čtyři pole jsou rozdělena na dvě současně protékající trasy. Dále odpadní voda protéká přes odtokový objekt, kde se provádí odběr vyčištěné vody, do recipientu.

Městys Pavlíkov

Na čistírnu odpadních vod je připojeno okolo 650 EO. Počítá s průtokem 129,4 m³/d. Je možnost zkapacitnění MBR na 900 EO a 212,34 m³/d, které je ovšem mimo provoz. Čistírnu provozuje společnost RAVOS s.r.o. Vlastníkem je potom městys Pavlíkov a Vodohospodářské sdružení obcí Rakovnicka.

Čištění odpadních vod probíhá mechanicko-biologickým způsobem. Na vtoku je umístěné stírané válcové síto s dvěma mělníci čerpadly. Po mechanickém předčištění je odpadní voda rovnoměrně rozdělena do dvou biologických čisticích linek.

Biologická část je uskutečňována jako proces denitrifikace-nitrifikace. Součástí čištění je jemnobublinná aerace a mikrosíto. Přebytečný kal je uskladněn v kalovém silu se vzduchovým provzdušněním.

Obec Rostoky

Na čistírnu odpadních vod je reálně připojeno okolo 1000 EO. Navržena je ovšem až na 2140 EO. Počítá s průtokem 321 m³/d. Čistírnu provozuje společnost RAVOS s.r.o. Vlastníkem ČOV je obec Rostoky a Vodohospodářské sdružení obcí Rakovnicka.

Čištění odpadních vod probíhá mechanicko-biologickým způsobem. Na vtoku jsou umístěny ručně stírané česle. Po hrubém odstranění nečistot putuje odpadní voda do vertikálního lapáku písku. Následuje odstranění jemných částic na strojně stíraných česlích.

Po mechanické části čištění následuje biologická aktivace s nitrifikací, proces denitrifikace-nitrifikace. Součástí čištění je jemnobublinná aerace a také srážení fosforu. Přebytný kal je uskladněn v kalovém silu se vzduchovým provzdušněním.

11.2.2 Okres Náchod

Obec Velká Jesenice

V roce 2015 došlo na této kořenové čistírně odpadních vod k navýšení kapacity na 670 EO. Počítá s průtokem 432 m³/d. Majitelem je obec Velká Jesenice a provozovatelem je Velkojesenická s.r.o.

Odpadní voda je gravitačně přivedena na KČOV, odkud je vedena přes hrubé česle do šterbinového lapáku písku, dále přes žlabovou odlehčovací komoru a upravenou šterbinovou nádrž do horizontálních kořenových filtrů o ploše 2049 m². Za horizontálními kořenovými filtry je čerpací stanice, která přečerpává odpadní vody na 4ks vertikálních kořenových filtrů o ploše 4x147 m². Dále bude odpadní voda protékat přes HKF2 o výměře 534 m² do recipientu vodního toku Rozkoš. Kořenové filtry budou osázeny Rákosem obecným a Chrasticí rákosovitou.

Městys Machov

Čistírna odpadních vod je navržena na 1060 EO. Počítá s průtokem 151 m³/d. Výhledově při úpravě technologie se počítá se zatížením 1700 EO a průtokem 243 m³/d. Vlastníkem i provozovatelem je zde městys Machov.

Čištění odpadních vod probíhá mechanicko-biologickým způsobem. Na vtoku jsou umístěny česle. Odpadní voda se dále přemísťuje do lapáku písku. Odtud je přes čerpací stanici čerpána do aktivačních nádrží. Je možné rozdělení do dvou linek.

Biologická část je uskutečňována jako proces denitrifikace-nitrifikace. Díky provzdušňovacímu roštu probíhá v části denitrifikace proces čištění. Do nádrže denitrifikace je přiváděn vratný kal z dosazovací nádrže a nitrifikace. Po denitrifikaci následuje nitrifikace. Přebytečný kal je separován v dosazovacích nádržích a odveden do zásobní nádrže kalu. Vyčištěná voda z ČOV odtéká do recipientu (řeka Židovka).

11.2.3 Okres Opava

Obec Štáblovice

Na tuto kořenovou čistírnu je připojeno 600 EO. Počítá s průtokem 82,08 m³/d. Majitel i provozovatel je v tomto případě obec Štáblovice.

Odpadní voda je gravitačně, oddílnou kanalizací, přivedena na KČOV, odkud je vedena přes ručně stírané česle a lapák písku do šterbinové nádrže. Tímto krokem končí mechanický proces čištění a následuje šest kořenových filtrů s horizontální filtrací. Každé filtrační pole má plochu 500 m². To znamená, že celková plocha kořenových filtračních polí je 3000 m². Po biologickém čištění voda odtéká přes měrnou šachtu, kde se provádí kontrolní odběr vzorků čištěných odpadních vod, do vodoteče.

Obec Branka u Opavy

Čistírna sice leží v obci Branka u Opavy, ale primárně čistí odpadní vody z města Hradec nad Moravicí. Čistírna odpadních vod je navržena na 4400 EO. Počítá s průtokem 636 m³/d včetně balastních vod. Reálný průměrný denní průtok je však okolo 400 m³. Vlastníkem je Dobrovolný svazek obcí ČOV a kanalizace Hradec nad Moravicí – Branka u Opavy. Provozovatelem jsou Technické služby Hradec nad Moravicí, příspěvková organizace.

Čištění odpadních vod probíhá mechanicko-biologickým způsobem. Odpadní vody přitékají gravitačně. Na vtoku jsou umístěny jemné strojně stírané česle s průlinou 6 mm. Odpadní voda bez hrubých nečistot postupuje dále na lapák písku. Po mechanickém předčištění je odpadní voda rovnoměrně rozdělena do dvou biologických čisticích linek.

Biologická část je uskutečňována jako proces regenerace-denitrifikace-nitrifikace. Do regenerace je přiváděn vratný kal z dosazovacích nádrží. Z nádrží nitrifikace je kal veden zpět do denitrifikace. Kal je separován v dosazovacích nádržích. Pro obě linky je společná nádrž regenerace kalu. Přebytečný kal je uskladněn v nádrži přebytečného kalu, která je součástí objektu. Koagulant pro chemické srážení fosforu je uskladněn v kruhové nádrži. Vyčištěná voda z ČOV odtéká do recipientu (řeka Moravice).

Obec Sudice

Čistírna odpadních vod byla vybudována v roce 2002 a má kapacitu 600 EO. Počítá s průtokem 115,5 m³/d. Reálný průměrný denní průtok je však okolo 90 m³. ČOV je v majetku obce Sudice. Provozovatel ČOV je SmVaK Ostrava.

Čištění odpadních vod probíhá mechanicko-biologickým způsobem. Odpadní vody protékají přes jemné česle. Voda zbavená mechanických nečistot dále postupuje do aktivační nádrže. V aktivační nádrži systémem denitrifikace-nitrifikace se vysráží zbylé biologické nečistoty, které jsou následně zachyceny v dosazovací nádrži. Přebytečný kal je uskladňován v kalové nádrži. Vyčištěná voda z ČOV odtéká do recipientu (Oldřišovský potok).

11.2.4 Okres Plzeň-sever

Obec Chotíkov

Roku 2015 byla provedena změna ČOV z kořenové na mechanicko-biologickou. Původní kořenová čistírna již nebyla schopná pojmout množství odpadních vod. Dnešní mechanicko-biologická ČOV je navržena na 2000 EO a počítá s průtokem 420 m³/d včetně balastních vod. Čistírnu vlastní i provozuje obec Chotíkov.

Odpadní vody se čerpají přes rotační jemné česle. Následuje vířivý separátor písku. Zde končí mechanické čištění odpadních vod. Voda gravitačně odtéká do biologické jednotky.

Biologické čištění se skládá z aktivace a dosazování. Aktivační nádrž je jemnobublinově provzdušňována. Dodávku vzduchu zajišťují dvě

dmychadla. Z aktivační nádrže voda putuje do dosazovací nádrže. Odtud vyčištěná voda odtéká přes přepadový žlab do měrného objektu a následně je vypouštěna do recipientu. Pro dosažení požadovaných hodnot fosforu je čištění doplněno o chemické srážení.

Obec Líštiny

Mechanicko-biologické čištění odpadních vod je navrženo pro 360 EO. Počítá s přítokem 54 m³/d. Vlastníkem je obec Líštiny a provozovatelem ČEVAK a.s.

Odpadní voda je hnána přes česlicový koš. Dále přes reaktory BIOCLEANER BC 2x180.

Po mechanickém předčištění voda protéká přes nitrifikační, denitrifikační a opět nitrifikační nádrž. Nitrifikační nádrž je opatřena jemnobublinným provzdušněním. Dále voda pokračuje do dosazovací nádrže se stahováním plovoucích nečistot. Vyčištěná voda je odváděna přes Parshallův žlab a součtový průtokoměr do recipientu. Na přebytečný kal je zde uskladňovací nádrž kalu.

11.3 Porovnání provozních nákladů v rámci okresu

11.3.1 Okres Rakovník

Porovnání nákladů v okrese Rakovník probíhalo mezi kořenovou čistírnou v obci Čistá a mechanicko-biologickými čistírnami v městysi Pavlíkov a obci Roztoky. Čistírnu v Pavlíkově a Roztokách provozuje firma RAVOS s.r.o., která kromě výše zmíněných ČOV provozuje i jiné vodohospodářské infrastruktury. Firma RAVOS s.r.o. tedy provádí jednotnou kalkulaci stočného pro všechny ČOV v okrese Rakovník, které provozují. Z ekonomických důvodů mi firma RAVOS s.r.o. nemohla poskytnout přesné náklady na dané čistírny. Kvůli této skutečnosti tedy nelze získat dostatečně relevantní údaje, jelikož se v jednotné kalkulaci počítá s náklady i jiných vodohospodářských objektů. Pro ukázkou jsem provedl porovnání kořenové čistírny s jednotnou kalkulací firmy RAVOS s.r.o. pro okres Rakovník.

Jak vidíme v Tabulce 2, úplné vlastní náklady (ÚVN) se zde v jednotlivých letech liší i o dva řády. Když se ale ÚVN vztáhnou k množství vyfakturované vody v Tabulce 3, tak rozdíl není tak markantní.

Tabulka 2 - Porovnání jednotlivých nákladových položek v okrese Rakovník
[zdroj: vlastní výpočet]

NÁKLADOVÉ POLOŽKY [mil. Kč]	ČISTÁ			PAVLÍKOV A ROZTOKY		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
1. MATERIÁL	0,06652	0,00400	0,01200	1,35200	2,13600	2,04900
2. ENERGIE	0,00000	0,00000	0,00000	3,13600	3,20200	3,61800
3. MZDY	0,23112	0,22700	0,27600	10,61400	11,52600	12,21600
4. OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY	0,21134	0,59000	0,60500	16,63900	18,29100	20,01300
5. PROVOZNÍ NÁKLADY	0,00000	0,04500	0,06800	5,30300	3,72000	4,45200
6. FINANČNÍ NÁKLADY	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
7. OSTATNÍ VÝNOSY	0,00000	0,00000	0,00000	-1,37500	0,00000	0,00000
8. VÝROBNÍ REŽIE	0,00000	0,00000	0,00000	3,27300	3,20900	3,38500
9. SPRÁVNÍ REŽIE	0,00000	0,00000	0,00000	4,17800	4,42600	4,59200
10. ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY	0,50898	0,86600	0,96100	43,12000	46,51000	50,32500

Tabulka 3 - Kalkulace stočného v okrese Rakovník [zdroj: vlastní výpočet]

TEXT	ČISTÁ			PAVLÍKOV A ROZTOKY		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY [mil. Kč]	0,50898	0,86600	0,96100	43,12000	46,51000	50,32500
KALKULAČNÍ ZISK [mil. Kč]	-0,10861	0,00000	0,00000	3,63513	2,58176	2,58185
ÚVN + ZISK [mil. Kč]	0,40037	0,86600	0,96100	46,75513	49,09176	52,90685
VYFAKTUROVANÁ VODA [mil. m ³]	0,02812	0,02600	0,02900	1,45700	1,47600	1,52200
CENA PRO STOČNÉ [Kč]	14,24	33,31	33,14	32,09	33,26	34,76
CENA PRO STOČNÉ + DPH 15 % [Kč]	16,38	38,30	38,11	36,90	38,25	39,98

V Tabulce 4 můžeme vidět ukazatele pro ČOV provozované firmou RAVOS s.r.o., které mně byly poskytnuty. Můžeme tedy aspoň porovnat množství čištěných odpadních vod a náklady na 1 m³ vyčištěné vody.

Tabulka 4 - Provozní evidence ČOV Pavlíkov a Roztoky [zdroj: vlastní výpočet]

	PAVLÍKOV			ROZTOKY			ČISTÁ		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
MNOŽSTVÍ ČIŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD [tis. m ³ /rok]	29,645	33,053	31,062	46,854	46,854	42,577	28,116	26,000	29,000
NÁKLADY VYČIŠTĚNÉ VODY [Kč/m ³]	30,54	32,35	24,97	30,74	31,19	33,98	14,24	33,31	33,14
SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE [MWh]	36,335	37,474	39,088	107,887	108,14	106,699			

11.3.2 Okres Náchod

V okrese Náchod jsem porovnával kořenovou čistírnu v obci Velká Jesenice s mechanicko-biologickou čistírnu v městysi Machov. Jak vidíme v Tabulce 5 městys Machov má v jednotlivých letech větší ÚVN než obec Velká Jesenice. Největší rozdíl mezi čistírnami se nachází v položce energie, mzdy a provozní náklady. Rozdíl ve mzdách může být zapříčiněn rozdílným počtem pracovníků, popřípadě rozdílným úvazkem zaměstnanců. Menší náklady na energie by podle předpokladů měly být jednou z výhod kořenových čistíren. Rozdíl v provozních nákladech může být zapříčiněn například čištěním kanalizace, nájmem majetku, externí dopravou nebo likvidací kalu v daném roce.

Tabulka 5 - Porovnání jednotlivých nákladových položek v okrese Náchod
[zdroj: vlastní výpočet]

NÁKLADOVÉ POLOŽKY [mil. Kč]	VELKÁ JESENICE			MACHOV		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
1. MATERIÁL	0,00000	0,00000	0,00000	0,00725	0,01242	0,00048
2. ENERGIE	0,01996	0,02309	0,02786	0,16323	0,19782	0,17543
3. MZDY	0,06589	0,08296	0,10932	0,22045	0,21967	0,21515
4. OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY	0,39702	0,40069	0,26215	0,21070	0,10885	0,30580
5. PROVOZNÍ NÁKLADY	0,03676	0,05042	0,09921	0,17615	0,32474	0,42020
6. FINANČNÍ NÁKLADY	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
7. OSTATNÍ VÝNOSY	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
8. VÝROBNÍ REŽIE	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
9. SPRÁVNÍ REŽIE	0,01911	0,02907	0,01869	0,00500	0,00350	0,00000
10. ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY	0,53874	0,58623	0,51723	0,78277	0,86700	1,11707

V Tabulce 6 vidíme, že v letech 2018-2019 je u obou čistíren podobná cena stočného. Podobnou cenu jsme dostali díky množství vyfakturované vody, která je v tomto případě přímo úměrná úplným vlastním nákladům.

V Machově, jak vidíme v Tabulce 6, byl v roce 2017 velký kalkulační zisk, který má vliv na nízkou cenu stočného v tomtéž roce.

Tabulka 6 - Kalkulace stočného v okrese Náchod [zdroj: vlastní výpočet]

TEXT	VELKÁ JESENICE			MACHOV		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY [mil. Kč]	0,53874	0,58623	0,51723	0,78277	0,86700	1,11707
KALKULAČNÍ ZISK [mil. Kč]	0,00781	-0,11115	-0,01644	-0,44688	-0,13000	-0,22439
ÚVN + ZISK [mil. Kč]	0,54655	0,47507	0,50079	0,33589	0,73699	0,89268
VYFAKTUROVANÁ VODA [mil. m ³]	0,01700	0,01822	0,01920	0,01519	0,03173	0,03660
CENA PRO STOČNÉ [Kč]	32,15	26,08	26,08	22,12	23,23	24,39
CENA PRO STOČNÉ + DPH 15 % [Kč]	36,97	29,99	29,99	25,44	26,71	28,05

11.3.3 Okres Opava

V tomto okrese jsem si pro porovnávání vybral kořenovou čistírnu v obci Štáblovice a mechanicko-biologickou čistírnu v obci Branka u Opavy a Sudice. V Tabulce 7 můžeme vidět, že úplné vlastní náklady jsou v obcích Sudice a Štáblovice daleko menší než v obci Branka u Opavy. Toto, jak můžeme vidět v Tabulce 8, je zapříčiněno množstvím vyfakturované vody.

Tabulka 7 - Porovnání jednotlivých nákladových položek v okrese Opava [zdroj: vlastní výpočet]

NÁKLADOVÉ POLOŽKY [mil. Kč]	ŠTÁBLOVICE		BRANKA U OPAVY			SUDICE
	2018	2019	2017	2018	2019	2019
1. MATERIÁL	0,00807	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,01400
2. ENERGIE	0,00000	0,00000	0,61400	0,51400	0,53500	0,00000
3. MZDY	0,09320	0,18240	0,14200	0,16800	0,17400	0,12500
4. OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY	0,00000	0,22950	1,47200	1,47200	1,52600	0,42200
5. PROVOZNÍ NÁKLADY	0,08072	0,08300	3,52200	3,43100	3,14100	0,00000
6. FINANČNÍ NÁKLADY	0,01614	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
7. OSTATNÍ VÝNOSY	0,00000	0,00000	-0,06500	-0,07400	-0,12600	0,00000
8. VÝROBNÍ REŽIE	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,06100
9. SPRÁVNÍ REŽIE	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,03900
10. ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY	0,19813	0,49491	5,68500	5,51100	5,25000	0,66100

Při tomto porovnání vyšla cena stočného nejlépe ve Štáblovicích. V obci Branka u Opavy kalkulačně vychází o polovinu vyšší cena stočného než v obci Štáblovice.

Tabulka 8 - Kalkulace stočného v okrese Opava [zdroj: vlastní výpočet]

TEXT	ŠTÁBLOVICE		BRNAKA U OPAVY			SUDICE
	2018	2019	2017	2018	2019	2019
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY [mil. Kč]	0,19813	0,49491	5,68500	5,51100	5,25000	0,66100
KALKULAČNÍ ZISK [mil. Kč]	0,00029	-0,15801	-1,68700	-1,24700	-0,68700	0,00000
ÚVN + ZISK [mil. Kč]	0,19843	0,33689	3,99800	4,26400	4,56300	0,66100
VYFAKTUROVANÁ VODA [mil. m ³]	0,02169	0,02142	0,13200	0,13100	0,13500	0,03451
CENA PRO STOČNÉ [Kč]	9,15	15,73	30,29	32,55	33,80	19,15
CENA PRO STOČNÉ + DPH 15 % [Kč]	10,52	18,09	34,83	37,43	38,87	22,03

11.3.4 Okres Plzeň-sever

V tomto okrese se mi bohužel nepodařilo obstarat kořenovou čistírnu ke dvěma mechanicko-biologickým. Porovnal jsem tedy alespoň mechanicko-biologické. Zde jsou na první pohled vidět o polovinu větší úplné vlastní náklady. Při kalkulaci stočného v Tabulce 10 vidíme, že byl obcí Chotíkov stanoven velký kalkulační zisk, tudíž po přičtení zisku k úplným vlastním nákladům dostáváme podobné hodnoty jako v obci Líštiny. Velký rozdíl v nákladech vidíme v položkách energie a mzdy. Mzdy záleží na počtu pracovníků a typu úvazku. V obci Chotíkov jsou zaměstnáni dva zaměstnanci a v obci Líštiny pouze jeden na poloviční úvazek.

Tabulka 9 - Porovnání jednotlivých nákladových položek v okrese Plzeň-sever [zdroj: vlastní výpočet]

NÁKLADOVÉ POLOŽKY [mil. Kč]	CHOTÍKOV			LÍŠTINY		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
1. MATERIÁL	0,03992	0,10614	0,04253	0,01350	0,00121	0,01000
2. ENERGIE	0,27510	0,27446	0,25336	0,07550	0,06026	0,06800
3. MZDY	0,37294	0,40421	0,46293	0,05948	0,10461	0,08101
4. OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY	0,37303	0,24751	0,35722	0,15100	0,15300	0,18300
5. PROVOZNÍ NÁKLADY	0,00000	0,00000	0,00000	0,08583	0,07005	0,08994
6. FINANČNÍ NÁKLADY	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
7. OSTATNÍ VÝNOSY	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
8. VÝROBNÍ REŽIE	0,00000	0,00000	0,00000	0,01091	0,01214	0,01248
9. SPRÁVNÍ REŽIE	0,00000	0,00000	0,00000	0,01566	0,01742	0,01776
10. ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY	1,06099	1,03232	1,11604	0,41188	0,41869	0,46219

V Tabulce 10 vidíme velký rozdíl v ceně za 1 m³ odpadní vody. Při podobných nákladech je vyfakturovaná voda v obci Chotíkov až čtyři krát vyšší. To má za následek až čtyři krát nižší cenu stočného.

Tabulka 10 - Kalkulace stočného v okrese Plzeň-sever [zdroj: vlastní výpočet]

TEXT	CHOTÍKOV			LÍŠTANY		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY [mil. Kč]	1,06099	1,03232	1,11604	0,41188	0,41869	0,46219
KALKULAČNÍ ZISK [mil. Kč]	-0,74677	-0,71668	-0,60878	0,03888	0,04332	0,04622
ÚVN + ZISK [mil. Kč]	0,31422	0,31564	0,50726	0,45076	0,46201	0,50841
VYFAKTUROVANÁ VODA [mil. m ³]	0,04515	0,04535	0,04859	0,01080	0,01120	0,01200
CENA PRO STOČNÉ [Kč]	6,96	6,96	10,44	41,74	41,25	42,37
CENA PRO STOČNÉ + DPH 15 % [Kč]	8,00	8,00	12,01	48,00	47,44	48,72

11.4 Porovnání kvality vody v rámci okresu

11.4.1 Okres Rakovník

Jak můžeme vidět v následujících čtyřech tabulkách, ve kterých porovnávám každý ukazatel zvlášť, mechanicko-biologické čistírny mají účinnost stabilně okolo 90-100 %. Oproti tomu kořenová čistírna má účinnost od 60 do 90 %. Ukazatel účinnosti ovšem nemusí být dostatečně vypovídající. Při pohledu do Tabulek 11,12,13 a 14 vidíme, že na kořenovou čistírnu v obci Čistá přitéká odpadní voda s daleko menším přítokovým znečištěním. Ve výsledku kořenová čistírna v tomto případě vypouští do recipientu vyčištěnou vodu s menším obsahem posuzovaných látek než čistírny mechanicko-biologické.

Kdybychom porovnávali mechanicko-biologickou čistírnu v městysi Pavlíkov s čistírnou v obci Roztoky, můžeme říct, že mají docela podobný čistící účinek i kvalitu vypouštěných vod. Rozdíl nastává pouze při hodnotách amoniakálního dusíku N-NH₄⁺. V obci Roztoky obsahuje vyčištěná voda menší množství této látky.

V Tabulce 13 při zjišťování nerozpustných látek byla výsledná hodnota v obci Čistá značena jak <5, tudíž nejde zjistit přesnou hodnotu k porovnání.

Tabulka 11 – Výsledky rozboru vody na Rakovnicku – CHSK_{Cr} [zdroj: vlastní výpočet]

Počet měření	KČOV ČISTÁ			ČOV PAVLÍKOV			ČOV ROZTOKY		
	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017									
I.				775	136	82,45%	1165	42,5	96,35%
II.				258	46,8	81,86%	1216	23	98,11%
III.				604	57	90,56%	947	86,6	90,86%
IV.				569	48,1	91,55%	797	52,1	93,46%
V.				1107	50,4	95,45%	1412	55,5	96,07%
VI.				587	68,6	88,31%	1132	50,4	95,55%
VII.				948	55,6	94,14%	797	30,8	96,14%
VIII.				969	52,6	94,57%	838	53,6	93,60%
IX.				766	42,5	94,45%	676	65	90,38%
X.				397	45,7	88,49%	1123	27,1	97,59%
XI.				506	35	93,08%	799	33,8	95,77%
XII.				665	72,4	89,11%	859	42,8	95,02%
2018									
I.				423	66,3	84,33%	1414	20,6	98,54%
II.				729	72,6	90,04%	770	34,3	95,55%
III.				346	50,9	85,29%	864	51,5	94,04%
IV.				573	38,5	93,28%	1153	49,8	95,68%
V.				570	40	92,98%	1021	36	96,47%
VI.				900	71,5	92,06%	1161	55	95,26%
VII.				898	70,3	92,17%	961	53,7	94,41%
VIII.				1200	57,3	95,23%	1218	41,6	96,58%
IX.				1207	35,4	97,07%	1275	29,2	97,71%
X.				803	42	94,77%	694	33,3	95,20%
XI.				879	43	95,11%	1196	42,8	96,42%
XII.				1167	70	94,00%	723	42,8	94,08%
2019									
I.	147	31,7	78,44%	479	70,4	85,30%	368	39,6	89,24%
II.	53,7	20,9	61,08%	471	58,3	87,62%	745	37,3	94,99%
III.	108	17,5	83,80%	560	63,9	88,59%	836	48,9	94,15%
IV.	89,5	32,6	63,58%	804	74,3	90,76%	1367	34,1	97,51%
V.	155	30,6	80,26%	854	57,2	93,30%	1065	38,5	96,38%
VI.	83,5	34,8	58,32%	1112	55,3	95,03%	1116	41,7	96,26%
VII.	138	38,1	72,39%	823	64,5	92,16%	1197	50,8	95,76%
VIII.	97	15,4	84,12%	754	30	96,02%	845	50,9	93,98%
IX.	96,4	24	75,10%	422	32,7	92,25%	592	21	96,45%
X.	167	19,9	88,08%	180	40,4	77,56%	875	47,8	94,54%
XI.	258	21,2	91,78%	830	46	94,46%	546	52,4	90,40%
XII.	176	29,3	83,35%	837	73,6	91,21%	2997	46,9	98,44%

Tabulka 12 - Výsledky rozboru vody na Rakovnícku – BSK₅ [zdroj: vlastní výpočet]

Počet měření	KČOV ČISTÁ			ČOV PAVLÍKOV			ČOV ROZTOKY		
	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017									
I.				346	28	91,91%	431	9	97,91%
II.				109	11,9	89,08%	521	3,6	99,31%
III.				260	16,9	93,50%	241	16,8	93,03%
IV.				201	9	95,52%	361	12,5	96,54%
V.				481	8,3	98,27%	701	13,4	98,09%
VI.				291	14,8	94,91%	641	11	98,28%
VII.				471	13,5	97,13%	386	7,4	98,08%
VIII.				406	8,6	97,88%	421	12,6	97,01%
IX.				306	5,9	98,07%	316	15,8	95,00%
X.				153	12,7	91,70%	581	6,7	98,85%
XI.				274	8,4	96,93%	346	4,7	98,64%
XII.				341	13	96,19%	421	10,4	97,53%
2018									
I.				109	16,2	85,14%	721	4,8	99,33%
II.				361	13,1	96,37%	441	8,5	98,07%
III.				163	8,8	94,60%	431	12,5	97,10%
IV.				291	9,4	96,77%	581	12,7	97,81%
V.				441	7,3	98,34%	471	8,8	98,13%
VI.				261	14,2	94,56%	601	13,3	97,79%
VII.				451	14,4	96,81%	451	13,3	97,05%
VIII.				480	9,2	98,08%	460	7,1	98,46%
IX.				601	6,5	98,92%	491	5	98,98%
X.				406	10,8	97,34%	256	4,6	98,20%
XI.				310	7,6	97,55%	550	7,2	98,69%
XII.				471	12,8	97,28%	251	8	96,81%
2019									
I.	53,3	4,9	90,81%	226	17,2	92,39%	187	5,3	97,17%
II.	12,6	5	60,32%	226	14,9	93,41%	371	9,4	97,47%
III.	26,3	2	92,40%	281	15,9	94,34%	401	11,9	97,03%
IV.	22,8	8	64,91%	401	13,2	96,71%	701	8,3	98,82%
V.	39,5	8	79,75%	280	9	96,79%	541	9,4	98,26%
VI.	22	8,4	61,82%	401	8,2	97,96%	581	9,3	98,40%
VII.	39,4	9,4	76,14%	421	14,1	96,65%	620	12,3	98,02%
VIII.	24	4,8	80,00%	386	7,1	98,16%	421	12,8	96,96%
IX.	23,4	6,2	73,50%	142	4,9	96,55%	241	3,3	98,63%
X.	60	2,2	96,33%	64,8	5,6	91,36%	280	9,2	96,71%
XI.	127	5,1	95,98%	251	6,3	97,49%	141	8,4	94,04%
XII.	51,3	8,8	82,85%	310	13,5	95,65%	1900	11,5	99,39%

Tabulka 13 - Výsledky rozboru vody na Rakovnicku – NL [zdroj: vlastní výpočet]

	KČOV ČISTÁ			ČOV PAVLÍKOV			ČOV ROZTOKY		
	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017									
I.				344	30	91,28%	674	10	98,52%
II.				120	10	91,67%	580	5	99,14%
III.				292	16	94,52%	178	20	88,76%
IV.				240	6	97,50%	320	6	98,13%
V.				474	13	97,26%	768	11	98,57%
VI.				226	10	95,58%	546	0	100,00%
VII.				374	0	100,00%	408	7	98,28%
VIII.				366	0	100,00%	422	0	100,00%
IX.				240	0	100,00%	316	0	100,00%
X.				210	0	100,00%	642	0	100,00%
XI.				306	0	100,00%	386	6	98,45%
XII.				236	6	97,46%	336	5	98,51%
2018									
I.				174	0	100,00%	670	0	100,00%
II.				276	13	95,29%	254	10	96,06%
III.				154	0	100,00%	500	5	99,00%
IV.				238	0	100,00%	570	5	99,12%
V.				266	0	100,00%	564	9	98,40%
VI.				284	0	100,00%	416	5	98,80%
VII.				320	0	100,00%	250	5	98,00%
VIII.				515	0	100,00%	666	0	100,00%
IX.				525	0	100,00%	602	0	100,00%
X.				316	0	100,00%	336	0	100,00%
XI.				415	0	100,00%	342	0	100,00%
XII.				585	8	98,63%	192	0	100,00%
2019									
I.	53	5	90,57%	186	5	97,31%	210	5	97,62%
II.	24	5	79,17%	236	0	100,00%	450	0	100,00%
III.	27	5	81,48%	242	0	100,00%	304	5	98,36%
IV.	20	5	75,00%	408	0	100,00%	900	8	99,11%
V.	48	5	89,58%	290	0	100,00%	412	0	100,00%
VI.	21	5	76,19%	452	5	98,89%	456	0	100,00%
VII.	34	5	85,29%	384	6	98,44%	414	0	100,00%
VIII.	29	5	82,76%	358	0	100,00%	280	18	93,57%
IX.	34	5	85,29%	94	12	87,23%	244	0	100,00%
X.	41	5	87,80%	62	0	100,00%	332	5	98,49%
XI.	59	5	91,53%	326	9	97,24%	240	7	97,08%
XII.	53	5	90,57%	272	0	100,00%	1025	0	100,00%

Tabulka 14 - Výsledky rozboru vody na Rakovnicku – N-NH₄⁺ [zdroj: vlastní výpočet]

	KČOV ČISTÁ			ČOV PAVLÍKOV			ČOV ROZTOKY		
	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017									
I.				99,7	3,32	96,67%	95,7	0,47	99,51%
II.				15,4	1,33	91,36%	93,2	0,76	99,18%
III.				32,64	1,15	96,48%	51,9	0,13	99,75%
IV.				36,5	0,71	98,05%	82,1	1,81	97,80%
V.				144	1,53	98,94%	90,7	3,15	96,53%
VI.				168	3,07	98,17%	170	0,84	99,51%
VII.				132,5	0,95	99,28%	47,7	1,34	97,19%
VIII.				148,3	2,95	98,01%	136,05	1,71	98,74%
IX.				95,7	0,77	99,20%	56,12	0,2	99,64%
X.				59,3	0,56	99,06%	60,7	0,22	99,64%
XI.				74,3	0,97	98,69%	65,6	3,16	95,18%
XII.				98,1	11,44	88,34%	75,8	0,15	99,80%
2018									
I.				102,3	19,05	81,38%	134	0,81	99,40%
II.				143	3	97,90%	132,3	0,99	99,25%
III.				60,3	4,42	92,67%	144,7	0,38	99,74%
IV.				50,65	1,09	97,85%	147	0,32	99,78%
V.				76,2	1,03	98,65%	56,3	0	100,00%
VI.				117	3,4	97,09%	83,2	0,36	99,57%
VII.				136	9,16	93,26%	144,9	1,02	99,30%
VIII.				135	2,04	98,49%	150	0,75	99,50%
IX.				135	17,1	87,33%	78,4	0,87	98,89%
X.				172	5,94	96,55%	61	0,51	99,16%
XI.				225	1,71	99,24%	150	0,51	99,66%
XII.				67,7	0,66	99,03%	95,2	0,21	99,78%
2019									
I.	42,5	9,6	77,41%	117	7,9	93,25%	78,8	1,02	98,71%
II.	52	4,59	91,17%	96,4	10,87	88,72%	97	0,43	99,56%
III.	14,1	5,46	61,28%	54,1	14,53	73,14%	78,5	0,34	99,57%
IV.	21,6	3,45	84,03%	121	10,68	91,17%	130	0,44	99,66%
V.	33,7	5,91	82,46%	87,6	0,46	99,47%	118	0,16	99,86%
VI.	28	4,96	82,29%	174	4,91	97,18%	209	0,92	99,56%
VII.	37,7	8,78	76,71%	179	5,5	96,93%	144	0,72	99,50%
VIII.	16,5	6,78	58,91%	146	2,63	98,20%	129	0,69	99,47%
IX.	27,5	3,85	86,00%	115	1,47	98,72%	81,1	1,23	98,48%
X.	35,5	3,57	89,94%	55,8	1,27	97,72%	86,4	1,16	98,66%
XI.	22,12	8,19	62,97%	145	8,01	94,48%	72,2	0,55	99,24%
XII.	51,25	10,26	79,98%	274	11,83	95,68%	159	0,95	99,40%

11.4.2 Okres Náchod

Při porovnávání odtokových hodnot CHSK_{Cr} , v tabulce 15 nevidíme výrazný rozdíl. Co se týče účinnosti čištění, je účinnost kořenové čistírny, stejně jako mechanicko-biologické, velmi vysoká.

Biologická spotřeba kyslíku, která je porovnávána v Tabulce 16, vychází o něco lépe u mechanicko-biologické čistírny v městysi Machov. Rozdíl je nepatrný, ale je vidět při prvním pohledu.

V Tabulce 17, která srovnává množství nerozpustných látek, můžeme opět vidět o něco lepší výsledek ve prospěch mechanicko-biologické čistírny v Machově.

Při porovnávání výsledků amoniakálního dusíku N-NH_4^+ v Tabulce 18 můžeme vidět podobné hodnoty pohybující se od 0,1 až po 20 mg/l. U kořenové čistírny v obci Velká Jesenice můžeme pozorovat mírné problémy prvních dvou vzorků v roce 2017. Tehdy se množství N-NH_4^+ pohybovalo okolo 40 mg/l. Tento problém byl ale vyřešen a následující vzorky už vycházely lépe.

Při celkovém srovnání kvality odtokové vody těchto dvou čistíren nevidíme výrazné odlišnosti. Dokážeme tedy říct, že kvalita čištění je zde velice podobná, ne-li stejná.

Tabulka 15 - Výsledky rozboru vody na Náchodsku – CHSK_{Cr} [zdroj: vlastní výpočet]

	KČOV VELKÁ JESENICE			ČOV MACHOV		
	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017						
I.		22			15	
II.	1520	31	97,96%	442	52	88,24%
III.		19			31	
IV.		20			19	
V.	302	19	93,71%		10	
VI.		25			10	
VII.		22			10	
VIII.	698	17	97,56%		10	
IX.		12			10	
X.		14		216	10	95,37%
XI.	336	10	97,02%		10	
XII.		10			10	
2018						
I.		12			10	
II.	247	33	86,64%	169	10	94,08%
III.		38			18	
IV.		22			35	
V.	305	23	92,46%		20	
VI.		31			24	
VII.		61			25	
VIII.	725	33	95,45%		31	
IX.		26			25	
X.		37			17	
XI.				442	16	96,38%
XII.					31	
2019						
I.		13			37	
II.	270	27	90,00%		24	
III.		21			13	
IV.		11			44	
V.	1020	28	97,25%		55	
VI.		27			18	
VII.		49			39	
VIII.	436	27	93,81%		10	
IX.		29			28	
X.		37			14	
XI.					31	
XII.					16	

Tabulka 16 - Výsledky rozboru vody na Náchodsku – BSK₅ [zdroj: vlastní výpočet]

	KČOV VELKÁ JESENICE			ČOV MACHOV		
	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017						
I.		6			1,5	
II.	814	5	99,39%	226	2	99,12%
III.		8			1,5	
IV.		7			2,7	
V.	167	5	97,01%		1,5	
VI.		5			1,5	
VII.		5			1,5	
VIII.	394	5	98,73%		1,5	
IX.		5			1,5	
X.		5		72,3	1,5	97,93%
XI.	206	5	97,57%		1,5	
XII.		5			1,5	
2018						
I.		5			1,8	
II.	101	5	95,05%	64,2	1,5	97,66%
III.		9			3,2	
IV.		5			7,1	
V.	132	5	96,21%		3,6	
VI.		7			2,6	
VII.		5			1,7	
VIII.	410	6	98,54%		2,4	
IX.		5			1,9	
X.		5			4,9	
XI.				176	2,4	98,64%
XII.					1,6	
2019						
I.		5			6,7	
II.	130	5	96,15%		5,9	
III.		7			1,5	
IV.		5			12,1	
V.	480	5	98,96%		6,9	
VI.		5			2	
VII.		5			10,9	
VIII.	210	5	97,62%		1,5	
IX.		5			4,4	
X.		5			1,8	
XI.					4	
XII.					3,4	

Tabulka 17 - Výsledky rozboru vody na Náchodsku – NL [zdroj: vlastní výpočet]

	KČOV VELKÁ JESENICE			ČOV MACHOV		
	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017						
I.		10			35	
II.	412	18	95,63%	381	5	98,69%
III.		10			14	
IV.		10			8	
V.	84	10	88,10%		7	
VI.		10			5	
VII.		10			5	
VIII.	268	10	96,27%		5	
IX.		12			5	
X.		10		160	5	96,88%
XI.	94	10	89,36%		5	
XII.		11			5	
2018						
I.		10			5	
II.	87	10	88,51%	87	5	94,25%
III.		22			5	
IV.		11			11	
V.	116	10	91,38%		5	
VI.		10			5	
VII.		10			5	
VIII.	150	10	93,33%		5	
IX.		14			5	
X.		10			10	
XI.				370	5	98,65%
XII.					5	
2019						
I.		10			10	
II.	190	10	94,74%		8	
III.		11			5	
IV.		10			14	
V.	850	10	98,82%		13	
VI.		16			5	
VII.		11			15	
VIII.	140	10	92,86%		18	
IX.		10			5	
X.		10			5	
XI.					13	
XII.					5	

Tabulka 18 - Výsledky rozboru vody na Náchodsku - N-NH₄⁺ [zdroj: vlastní výpočet]

	KČOV VELKÁ JESENICE			ČOV MACHOV		
	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017						
I.		39,9			7,68	
II.	61,7	35	43,27%	61,8	7,05	88,59%
III.		18,3			0,117	
IV.		3,88			0,047	
V.	60	0,16	99,73%		0,249	
VI.		0,16			0,07	
VII.		1,1			0,054	
VIII.	72,2	0,16	99,78%		0,078	
IX.		0,16			0,218	
X.		2,77		57,1	0,086	99,85%
XI.	73,9	0,169	99,77%		0,031	
XII.		0,16			1,44	
2018						
I.		0,16			0,109	
II.	45,8	0,16	99,65%	29,8	1,28	95,70%
III.		0,375			11,1	
IV.		0,16			0,334	
V.	58,4	0,16	99,73%		10,6	
VI.		0,166			10,8	
VII.		0,16			8,32	
VIII.	26,8	0,166	99,38%		8,09	
IX.		10,7			10,9	
X.		0,399			7,59	
XI.				38,5	17,7	54,03%
XII.					2,35	
2019						
I.		0,16			9,38	
II.	237	8,44	96,44%		10,3	
III.		10,9			5,06	
IV.		0,936			17,6	
V.	209	0,209	99,90%		10,3	
VI.		0,322			6,2	
VII.		10,6			11,5	
VIII.	74	2,76	96,27%		0,28	
IX.		6,8			16,4	
X.					6	
XI.					13,5	
XII.					11,9	

11.4.3 Okres Opava

Při pohledu do Tabulky 19 můžeme vidět výsledky kvality odpadní vody z let 2016-2019 v obci Štáblovice. Nejlepších výsledků bylo dosahováno v roce 2017. Podle mého názoru prošla v té době kořenová čistírna jistou opravou nebo vyčištěním. Výsledky v roce 2017 se značně liší od ostatních let.

V Tabulce 20 můžeme vidět výsledky čištění v letech 2017-2019 v mechanicko-biologické čistírně v obci Branka u Opavy.

Při srovnání této kořenové čistírny s čistírnou v Brance u Opavy, vidíme, že kvalitnější proces čištění se nachází v obci Branka u Opavy. Největším problémem kořenové čistírny v obci Štáblovice je zřejmě odstiňování amoniakálního dusíku. Tyto hodnoty se oproti mechanicko-biologické čistírně značně liší.

Tabulka 19 - Výsledky rozboru vody na KČOV ve Štáblovicích [zdroj: vlastní výpočet]

	KČOV ŠTÁBLOVICE			
	CHSK _{Cr} na odtoku [mg/l]	BSK ₅ na odtoku [mg/l]	NL na odtoku [mg/l]	N-NH ₄ ⁺ na odtoku [mg/l]
2016				
I.	126	58	91	67
II.	58	19	5,2	34
III.	49	14	10	64
IV.	42	15	8,4	52
V.	45	20	6,8	39
2017				
I.	33	5,6	34	0,21
II.	35	7,7	5,5	24
III.	28	7,1	5,5	13
IV.	28	5,2	4,8	7,1
2018				
I.	35	12	20	7
II.	30	11	21	6,3
III.	69	12	8	78
IV.	74	16	23	39
2019				
I.	88	43	11	51
II.	49	14	23	10
III.	74	15	16	29
IV.	78	22	8	80

Tabulka 20 - Výsledky rozboru vody na ČOV v Brance u Opavy [zdroj: vlastní výpočet]

	ČOV BRANKA U OPAVY		
	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017			
CHSKCr	778,3	46,7	94,00%
BSK5	423,5	5,9	98,61%
NL	365,4	10	97,26%
N-NH4+	73,3	2	97,27%
2018			
CHSKCr	871	44,3	94,91%
BSK5	445,1	5	98,88%
NL	465,8	9,3	98,00%
N-NH4+	96,9	2,8	97,11%
2019			
CHSKCr	738,3	35,2	95,23%
BSK5	415,2	4	99,04%
NL	364,9	8,2	97,75%
N-NH4+	83,1	1,8	97,83%

11.4.4 Okres Plzeň-sever

V tomto případě se nejedná o porovnávání různých druhů ČOV, ale pouze o ukázkou hodnot dvou mechanicko-biologických čistíren odpadních vod. V následujících tabulkách můžeme vidět vysokou účinnost čištění u ČOV V Líštanech. U obce Chotíkov se při zjišťování množství nerozpustných látek obsažených na odtoku z ČOV dostaneme minimálně na hodnotu 2 mg/l, jelikož toto byla asi spodní hranice rozsahu měřicího systému. Taktéž u měření amoniakálního dusíku se nedostaneme na hodnotu nižší než 0,5 mg/l.

Tabulka 21 - Výsledky rozboru vody na Plzeňsku – CHSK_{Cr} [zdroj: vlastní výpočet]

	ČOV CHOTÍKOV	ČOV LÍŠŤANY		
	Odtok [mg/l]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017				
I.	42	410	23,6	94,24%
II.	61	337	32,9	90,24%
III.	59	398	15,4	96,13%
IV.	28	350	26,7	92,37%
2018				
I.	47	400	58,5	85,38%
II.	39	398	30,9	92,24%
III.	73	380	39,8	89,53%
IV.	38	310	22,6	92,71%
V.	35			
VI.	63			
VII.	45			
VIII.	43			
IX.	45			
2019				
I.	22	410	21,6	94,73%
II.	38	433	57	86,84%
III.	26	382	30	92,15%
IV.	36	390	37,5	90,38%

Tabulka 22 - Výsledky rozboru vody na Plzeňsku – BSK₅ [zdroj: vlastní výpočet]

	ČOV CHOTÍKOV	ČOV LÍŠŤANY		
	Odtok [mg/l]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017				
I.	8,4	200	4,4	97,80%
II.	12	190	2	98,95%
III.	12	280	2	99,29%
IV.	5,1	150	3,9	97,40%
2018				
I.	10	230	9,2	96,00%
II.	4,1	230	3,1	98,65%
III.	15	250	2	99,20%
IV.	8,2	130	2,1	98,38%
V.	7,4			
VI.	12			
VII.	8,2			
VIII.	7,5			
IX.	8,6			
2019				
I.	4,5	290	2,8	99,03%
II.	7,2	300	5,7	98,10%
III.	4,7	270	3,5	98,70%
IV.	4,4	270	2,4	99,11%

Tabulka 23 - Výsledky rozboru vody na Plzeňsku – NL [zdroj: vlastní výpočet]

	ČOV CHOTÍKOV	ČOV LÍŠŤANY		
	Odtok [mg/l]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017				
I.	2	140	9	93,57%
II.	2	140	10	92,86%
III.	8	260	7	97,31%
IV.	2	160	8	95,00%
2018				
I.	2	300	22	92,67%
II.	3	280	6	97,86%
III.	2	250	5	98,00%
IV.	2	160	5	96,88%
V.	2			
VI.	2			
VII.	2			
VIII.	2			
IX.	2			
2019				
I.	2	280	5	98,21%
II.	2	280	8	97,14%
III.	2	280	14	95,00%
IV.	2	260	7	97,31%

Tabulka 24 - Výsledky rozboru vody na Plzeňsku – N-NH₄⁺ [zdroj: vlastní výpočet]

	ČOV CHOTÍKOV	ČOV LÍŠŤANY		
	Odtok [mg/l]	Přítok [mg/l]	Odtok [mg/l]	Účinnost [%]
2017				
I.	0,5	48	10,19	78,77%
II.	0,5	28	18	35,71%
III.	0,5	51	0,1	99,80%
IV.	0,5	62	0,21	99,66%
2018				
I.	0,5	32	11,28	64,75%
II.	0,58	84	0	100,00%
III.	0,5	50	0,17	99,66%
IV.	0,5	39	0,12	99,69%
V.	0,5			
VI.	0,5			
VII.	0,7			
VIII.	0,5			
IX.	0,5			
2019				
I.	0,57	32	1,74	94,56%
II.	0,5	110	8,58	92,20%
III.	0,5	27	0,29	98,93%
IV.	0,5	41	2,65	93,54%

11.5 Globální porovnání v rámci České republiky

V Tabulce 21 vidíme jednotlivé ceny stočného. Mezi obce s levnějším stočným patří obec Chotíkov, Štáblovice a Sudice. Naopak mezi obce s dražším stočným patří Branka u Opavy, Pavlíkov a Roztoky.

Tabulka 25 - Celková cena stočného v posuzovaných obcích v letech 2016-2019
[zdroj: vlastní pořízení]

	CENA STOČNÉHO BEZ DPH [Kč/m ³]			
	2016	2017	2018	2019
KČOV ČISTÁ		14,24	33,31	33,14
ČOV PAVLÍKOV		32,09	33,26	34,76
ČOV ROZTOKY		32,09	33,26	34,76
KČOV VELKÁ JESENICE		32,15	26,08	26,08
ČOV MACHOV		22,12	23,23	24,39
KČOV ŠTÁBLOVICE			9,15	15,73
ČOV BRANKA U OPAVY		30,29	32,55	33,80
ČOV SUDICE				19,15
ČOV CHOTÍKO	6,96	6,96	10,44	
ČOV LÍŠŤANY	41,74	41,25	42,37	

Obec Štáblovice má velice nízké stočné, ovšem při srovnání kvality vypouštěné vody dopadla jednoznačně nejhůře. Obec Roztoky dosahuje vynikajících výsledků v čištění amoniakálního dusíky, kdy se jeho koncentrace dostala pod 1 mg/l odpadní vody.

Tabulka 26 - Celkové porovnání průměrných výsledků kvality vody vypouštěné z čistíren
[zdroj: vlastní výpočet]

	CHSKCr	BSK5	NL	N-NH4+
KČOV ČISTÁ	26,333	6,067	5,000	6,283
ČOV PAVLÍKOV	56,531	11,422	4,139	4,928
ČOV ROZTOKY	43,436	9,467	4,361	0,813
KČOV VELKÁ JESENICE	25,188	5,469	11,125	5,021
ČOV MACHOV	21,889	3,208	8,083	6,242
KČOV ŠTÁBLOVICE	55,353	17,447	17,718	35,330
ČOV BRANKA U OPAVY	42,067	4,967	9,167	2,200
ČOV CHOTÍKOV	43,529	8,194	2,412	0,521
ČOV LÍŠŤANY	33,042	3,592	8,833	4,444

ZÁVĚR

I když se kořenové a mechanicko-biologické čistírny odpadních vod liší svým vztahem k okolnímu prostředí, pořád se snaží čistit odpadní vodu co nejlépe. Mohu s klidem říct, že v měřítku do 2000 EO nezáleží na tom, zda vybudovat kořenovou nebo mechanicko-biologickou čistírnu odpadních vod, ale záleží na vhodnosti výběru čistírny pro danou lokalitu a na kvalitě provedení. V České republice je převážná většina kořenových čistíren řešena jako horizontální. Tato technologie v dnešních dobách bohužel nestačí. Podíváme-li se na příklad obce Velká Jesenice, kde je kořenová čistírna využívající jak horizontální, tak vertikální způsob čištění, tak můžeme říct, že kvalitně navržená a provedená kořenová čistírna může bez problému konkurovat mechanicko-biologické čistírně.

Jak jsme mohli z porovnání zjistit, je velice důležité navrhnout danou čistírnu odpadních vod obci na míru. Kořenová čistírna má jistě své limity, a nehodí se například pro čištění toxických nebo silně znečištěných odpadních vod. Při rozhodování o výběru čisticí technologie je velice důležité zvážit například množství připojených ekvivalentních obyvatel, charakter znečištění odpadních vod. Také je důležité zvolit pro kořenovou čistírnu řádné mechanické předčištění, aby se nám na kořenové pole nedostávalo velké množství nečistot. Nečistoty by totiž měly tendenci ucpávat kořenové filtry a znemožňovat tedy proces čištění.

Při kalkulaci stočného se ve výsledku nákladů nejvíce odrazí cena vynaložená na opravy v určitém roce. Svou roli zde určitě hraje také spotřebovaná energie.

Kvůli obtížím spojeným s epidemií COVID-19 bylo velice složité získat podklady pro komparaci čistíren odpadních vod. I přes tyto komplikace se mi však podařilo od obcí získat podklady, a porovnání tedy mohlo proběhnout.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] NYPL, Vladimír a Marcela SYNÁČKOVÁ. *Zdravotně inženýrské stavby 30: Stokování*. Zikova 4, 166 36 Praha 6: Vydavatelství ČVUT, 2002. 9934. publikace. ISBN 80-01-01729-X
- [2] MIČÍN, Jan. *Stokování a čištění odpadních vod I: Stokování*. Spálená 51, 113 02 Praha 1: Nakladatelství SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1980.
- [3] ČESKO. § 38 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).
- [4] ČSN 75 6190 (756190) A Stavby pro hospodářská zvířata – Faremní stokové sítě a kanalizační přípojky – Skladování statkových hnojiv a odpadních vod. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [5] ČSN 75 6101 (756101) N Stokové sítě a kanalizační přípojky. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [6] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Stokování a čištění odpadních vod*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2535-0.
- [7] JUNGA, Petr, Tomáš VÍTĚZ, Monika VÍTĚZOVÁ, Milan GERŠL. *Technika pro zpracování odpadů II*. Brno, 2015. ISBN 978-80-7509-208-3.
- [8] ČESKO. § 1 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).
- [9] ČESKO. § 1 zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).
- [10] ČESKO. § 1 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí.
- [11] ČESKO. § 32 – § 33b zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů.
- [12] KITTNER, Zdeněk. *Technologie vody*. Brno: Vysoké učení technické, 1978. Číslo publikace 359
- [13] PYTL, Vladimír a Sdružení oboru vodovodů a kanalizací České republiky. *Příručka pro provozovatele čistírny odpadních vod*. Líbeznice u Prahy: Medim, 2004. ISBN 80-239-2528-8.

- [14] HLAVÍNEK, Petr, Jaromír ŘÍHA a Vysoké učení technické v Brně. *Jakost vody v povodí*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2815-5.
- [15] VÍTĚZ, Tomáš a Bořivoj GRODA. *Čištění a čistírny odpadních vod*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-180-7.
- [16] ŠVEHLA, Pavel, Pavel TLUSTOŠ, Jiří BALÍK a Česká zemědělská univerzita v Praze. *Odpadní vody*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, katedra agrochemie a výživy rostlin, 2007. ISBN 978-80-213-1716-1.
- [17] LYČKOVÁ, Barbora, Peter FEČKO, Radmila KUČEROVÁ a Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. *Zpracování kalů*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-1921-1.
- [18] BIELA, Renata a Josef BERÁNEK. *Úprava vody a balneotechnika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2563-6.
- [19] OŠLEJŠEK, Jiří, Bohuslav PIVODA, Milan ŠEREK a Igor TESAŘÍK. *Vodárenství a balneotechnika*. Brno: Vysoké učení technické, 1979. Číslo publikace 489.
- [20] NOVÁK, Josef. *Příručka provozovatele stokové sítě*. Líbeznice u Prahy: Medim, c2003. ISBN 80-238-9947-3.
- [21] tzbinfo: Nová ČSN EN 12831-3 z pohledu zdravotní techniky [online]. [citováno 25. 05. 2020]. Dostupný z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/19322-nova-csn-en-12831-3-z-pohledu-zdravotni-techniky>
- [22] Český statistický úřad: Vodovody, kanalizace a vodní toky - 2018 [online]. [citováno 25. 05. 2020]. Dostupný z: <https://www.czso.cz/documents/10180/91605333/28002119g2.pdf/f45e1b2f-5cce-4ea8-ae90-b1bae1f5d7b0?version=1.1>
- [23] Operační program Životního prostředí [online]. [citováno 25. 05. 2020]. Dostupný z: <https://www.opzp.cz/>
- [24] ČESKO. Vyhláška č. 428/2001 Sb., Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).
- [25] PELC, Vladimír. *Odpisy 2004*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0750-0.
- [26] OŠLEJŠEK, Jiří. *Vodárenství II. Úpravy vody Návody pro cvičení*. Brno: Rektorát Vysokého učení technického, 1978. Číslo publikace 409.

- [27] REŠETKA, Dušan. *Stokování a čištění odpadních vod: Určeno pro posl. Fak. stavební, Část 2: Čištění odpadních vod*. Brno: VUT, 1990. ISBN 80-214-0168-0.
- [28] SOJKA, Jan. *Malé čistírny odpadních vod*. Brno: ERA, 2004. ISBN 80-86517-80-2.
- [29] GRAU, Petr a Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. *Technologie vody, [Díl 1]*. Praha: MON, 1989. ISBN 80-7080-038-0.
- [30] MAZEL, Lubomír. *Vodárny a čistírny*. Brno: Rektorát Vysokého učení technického, 1986. Číslo publikace 1192.
- [31] MLEJNSKÁ, Eva a Česko. *Extenzivní způsoby čištění odpadních vod*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2009. ISBN 978-80-85900-92-7.
- [32] ŠÁLEK, Jan a Vysoké učení technické v Brně. *Přírodní způsoby čištění odpadních vod*. Brno: PC-DIR, 1995. ISBN 80-214-0712-3.
- [33] KRIŠKA, Michal a Miroslava NĚMCOVÁ. *Kořenové čistírny odpadních vod: Metodická příručka pro povolování, návrh, realizaci a provoz*. Vysoké učení technické v Brně
- [34] Kořenové čističky odpadních vod. *Kořenové čističky odpadních vod* [online]. Dostupné z: <http://www.korenova-cisticka.cz/>
- [35] PITTER, Pavel: *Hydrochemie*. 4th ed. Praha: VŠCHT Praha, 2009. P. 01. ISBN 978-80-7080-701-9
- [36] Google Maps [online]. [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/place/Rakovn%C3%ADk/@49.7558375,15.3306184,7z/data=!4m5!3m4!1s0x470a4f18e5febf35:0x300af0f6614a9c0!8m2!3d50.0760363!4d13.6955854>
- [37] Google Maps [online]. [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/place/N%C3%A1chod/@50.4883846,13.8770041,7z/data=!4m5!3m4!1s0x470e66ac9b9f231f:0x300af0f6614abb0!8m2!3d50.492006!4d16.1536817>
- [38] Google Maps [online]. [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/place/Plze%C5%88-sever/@49.6040712,13.7539739,7z/data=!4m5!3m4!1s0x470af53a977e8721:0x300af0f6614aa80!8m2!3d49.8774893!4d13.2537428>

- [39] Google Maps [online]. [cit. 2020-05-21]. Dostupné z:
<https://www.google.com/maps/place/Opava/@49.9062488,15.4938595,7z/data=!4m5!3m4!1s0x4713d90e39cc1c43:0x300af0f6614adb0!8m2!3d49.9083757!4d17.916338>
- [40] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Čistá (okres Rakovník) [online]. c2020 [citováno 22. 05. 2020]. Dostupný z:
[https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=%C4%8Cist%C3%A1_\(okres_Rakovn%C3%ADk\)&oldid=18214083](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=%C4%8Cist%C3%A1_(okres_Rakovn%C3%ADk)&oldid=18214083)
- [41] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Pavlíkov [online]. c2020 [citováno 22. 05. 2020]. Dostupný z:
<https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Pavl%C3%ADkov&oldid=18213815>
- [42] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Roztoky (okres Rakovník) [online]. c2020 [citováno 22. 05. 2020]. Dostupný z:
[https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Roztoky_\(okres_Rakovn%C3%ADk\)&oldid=18251171](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Roztoky_(okres_Rakovn%C3%ADk)&oldid=18251171)
- [43] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Velká Jesenice [online]. c2020 [citováno 22. 05. 2020]. Dostupný z:
https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Velk%C3%A1_Jesenice&oldid=18214552
- [44] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Dolany (okres Náchod) [online]. c2020 [citováno 22. 05. 2020]. Dostupný z:
[https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Dolany_\(okres_N%C3%A1chod\)&oldid=18349582](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Dolany_(okres_N%C3%A1chod)&oldid=18349582)
- [45] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Machov [online]. c2020 [citováno 22. 05. 2020]. Dostupný z:
<https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Machov&oldid=18325706>
- [46] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Chotíkov [online]. c2020 [citováno 22. 05. 2020]. Dostupný z:
<https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Chot%C3%ADkov&oldid=18210818>
- [47] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Líštiny (okres Plzeň-sever) [online]. c2020 [citováno 22. 05. 2020]. Dostupný z:
[https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=L%C3%ADstiny_\(okres_Plze%C5%88-sever\)&oldid=18210819](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=L%C3%ADstiny_(okres_Plze%C5%88-sever)&oldid=18210819)

- [48] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Štáblovice [online]. c2020 [citováno 22. 05. 2020]. Dostupný z: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=%C5%A0t%C3%A1blovice&oldid=18211000>
- [49] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Branka u Opavy [online]. c2020 [citováno 22. 05. 2020]. Dostupný z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Branka_u_Opavy&oldid=18351003
- [50] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Sudice (okres Opava) [online]. c2020 [citováno 22. 05. 2020]. Dostupný z: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Sudice_\(okres_Opava\)&oldid=18372705](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Sudice_(okres_Opava)&oldid=18372705)
- [51] ekolist.cz: Je první ekonomie nebo ekologie [online]. [citováno 25. 05. 2020]. Dostupný z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/je-prvni-ekonomie-nebo-ekologie>
- [52] Asio: Ručně stírané česle AS-ČESLE [online]. [citováno 25. 05. 2020]. Dostupný z: <https://www.asio.cz/cz/as-cesle>
- [53] Veolia CZ, 2016, Odvádění a čištění odpadní vody, YouTube video [online]. [citováno 25. 05. 2020]. Dostupný z: <https://youtu.be/-yIsedPYzZ8?t=50>
- [54] Biologické metody zpracování odpadů: Biologické filtry a disky [online]. [citováno 25. 05. 2020]. Dostupný z: http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Biologicke_filtry.html
- [55] Asio: Biologické nádrže využívané k čištění a dočišťování odpadních vod [online]. [citováno 25. 05. 2020]. Dostupný z: <https://www.asio.cz/cz/as-cesle>
- [56] PEŠEK PLASTSERVIS: Zemní pískové filtry [online]. [citováno 25. 05. 2020]. Dostupný z: http://www.pesek-plastservis.cz/piskove_filtry.html
- [57] Vodní hospodářství: Kořenové čistírny rekapitulace a budoucnost v České republice. [online]. [citováno 25. 05. 2020]. Dostupný z: <http://vodnihospodarstvi.cz/korenove-cistirny/>
- [58] ČESKO. 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