

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ
A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



TECHNOLOGIE ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD
V OBCI ŠABINA
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Bakalant: Ing. Richard Hejlek

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ing. Richard Hejlek

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Technologie čistírny odpadních vod v obci Šabina

Název anglicky

Wastewater treatment plant technology in the village of Šabina

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je charakteristika procesu čištění odpadních vod v obci Šabina. V bakalářské práci budou zmapovány legislativní požadavky na čištění a vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Dále jednotlivé technologie, které se využívají pro čištění odpadních vod a byly pro obec Šabina vyprojektovány a následně byly vybudovány. Součástí práce je také popis metod rozborů odpadních vod u sledovaných ukazatelů znečištění odpadních vod v ČOV.

Metodika

Před zpracováním bakalářské práce bylo nutné se seznámit s příslušnou legislativou a dostupnou literaturou, popisující problematiku čištění odpadních vod, evidenci a likvidaci kalů, které vznikají provozem ČOV. Dalším krokem bylo prostudování technických dokumentací pro jednotlivé části výstavby čistíren odpadních vod v obci Šabina. Velmi přínosná byla osobní prohlídka ČOV a také rozhovor o technologii čištění odpadních vod se zaměstnanci Vodohospodářské společnosti Sokolov, s.r.o., která je provozovatelem ČOV v obci Šabina. Následně byl vytvořen popis odběru vzorků s fotografiemi ve spolupráci s pracovníkem akreditované laboratoře

a vysvětlen základní postup rozboru vzorků odpadních vod a jejich vyhodnocení. Výsledné hodnoty jednotlivých indikátorů znečištění odpadních vod byly zpracovány do tabulky a vyhodnoceny, zda nepřesahují maximální povolené limity hodnot ukazatelů pro vypouštění do povrchových vod dle platné legislativy.

Doporučený rozsah práce

40 + přílohy

Klíčová slova

Čistírna odpadních vod, čištění odpadních vod, znečištění, technologie čištění, Šabina

Doporučené zdroje informací

Dohányos, M., Koller, J., Strnadová, N., 2004: Čištění odpadních vod. Vysoká škola chemicko – technologická, Praha, 177 s. ISBN 80-7080-316-9.

Mlejnská, E., Rozkošný, M., Baudišová, D., Vaňa, M., Wanner, F., Kučera, J., 2009: Extenzivní způsoby čištění odpadních vod. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Praha, 119 s. ISBN 978-80-85900-92-7.

Pošta, J., Hejtmánková, A., Just, T., Růžicková, I., Koller, J., Dohányos, M., 2008: Čistírny odpadních vod. Česká zemědělská univerzita, Praha, 221 s. ISBN 978-213-1366-8.

Rozkošný, M., Kriška, M., Šálek, J., Bodík, I., Istenič, D., 2014: Natural Technologies of Wastewater Treatment. Global Water Partnership Central and Eastern Europe, 138 s. ISBN 978-80-214-4831-5

Švehla, P., Tlustoš, P., Balík, J., 2007: Odpadní vody. Česká zemědělská univerzita, katedra agrochemie a výživy rostlin, Praha, 142 s. ISBN 978-80-213-1716-1.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2020

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 11. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 18. 01. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Technologie čistírny odpadních vod v obci Šabina“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské závěrečné práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Sokolově 25. 03. 2021

.....
(podpis autora práce)

Poděkování

Chtěl bych na tomto místě poděkovat vedoucímu práce doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za vedení této práce, jeho věcné rady a připomínky, trpělivost a motivující přístup. Zejména pak mé poděkování patří paní Ing. Janě Plaché a jejím spolupracovníkům ze společnosti Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r. o. za pomoc a konzultaci při psaní práce. Dále bych rád vyjádřil dík pracovníkům Obecního úřadu v Šabině za poskytnutí projektové dokumentace. Nemalý dík patří také mé rodině, blízkým a všem, kteří mě během psaní práce podporovali.

Abstrakt

Bakalářská práce popisuje technologii čištění odpadních vod ve vybudované aktivační čistírně odpadních vod v obci Šabina. V jednotlivých kapitolách jsou popsány legislativní požadavky na stanovené limity znečišťujících látek vypouštěných odpadních vod do recipientu a dostupné technologie čištění odpadních vod. Součástí práce je také popis metod rozborů odpadních vod u sledovaných ukazatelů znečištění odpadních vod. V diskusi jsou porovnány výsledky nejdůležitějších koncentračních ukazatelů z původní biodiskové čistírny a nové aktivační biologické čistírny odpadních vod v obci Šabina.

Klíčová slova

Čištění odpadních vod, čistírna odpadních vod, Šabina, technologie čištění, znečištění.

Abstract

The bachelor's thesis describes the technology of wastewater treatment in a newly built wastewater treatment plant in the village Šabina. The individual chapters describe the legislative requirements for the set limits of pollutants discharged into the recipient and the available technologies of wastewater treatment. Part of the work is also a description of methods of wastewater analysis for the monitored indicators of wastewater pollution. The results are compared in the discussion of the most important concentration indicators from the original biodisk treatment plant and the new activating biological wastewater treatment plant in the village of Šabina.

Keywords

Pollution, Šabina, wastewater treatment, wastewater treatment plant, treatment technology.

Obsah

1. ÚVOD	1
2. CÍL PRÁCE	1
3. METODIKA	1
4. LEGISLATIVA ČR A EU	3
4.1. Základní legislativa České republiky	3
4.2 Základní směrnice EU	5
5. ODPADNÍ VODY A KANALIZAČNÍ SÍŤ	6
5.1 Základní rozdělení odpadních vod	6
5.2 Odvod splaškové vody	7
5.3 Kontrola kanalizační sítě.....	10
5.4 Sledované látky v odpadních vodách.....	11
5.5 Stanovené hodnoty ukazatelů pro znečišťující látky	11
6. ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD DO 2000 EO	15
6.1 Mechanicko- biologické ČOV	17
6.2 Biologické čištění odpadních vod	19
6.3 Přírodní metody čištění odpadních vod.....	21
7. ČISTÍRENSKÉ KALY	25
7.1 Zpracování kalů.....	26
7.2 Zneškodnění kalů	28
7.3 Využití kalů.....	29
8. TECHNOLOGIE ČOV V OBCI ŠABINA.....	31
8.1 Návrhy technologií kanalizační sítě a ČOV v roce 1993-1995.....	31
8.2 Biodisková ČOV, typ KDČB 30/15.....	34
8.3 Vyhodnocení biodiskové ČOV	36
8.4 Návrhové parametry zatížení aktivační ČOV Šabina	37

8.5 Výstavba a technologie čištění aktivační ČOV v obci Šabina.....	38
8.6 Odpady z ČOV Šabina	43
8.7 Uvedení aktivační ČOV do provozu	43
8.8 Odběr vzorků odpadních vod z aktivační ČOV Šabina	45
8.9 Analytika odpadních vod	48
9. DISKUSE.....	51
10. ZÁVĚR	53
11. LEGISLATIVNÍ ZDROJE	54
12. KNIŽNÍ ZDROJE	57
13. INTERNETOVÉ ZDROJE	59
14. PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE	62
15. SEZNAM OBRÁZKŮ	63
16. SEZNAM URL	65
17. SEZNAM TABULEK.....	66

Přehled použitých zkratk

MŽP	Ministerstvo životního prostředí
ČOV	čistírna odpadních vod
VOSS Sokolov, spol. s. r. o.	Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r. o.
EO	ekvivalentní obyvatel
CE	Comunity Europe
CeHO	Centrum pro hospodaření s odpady
Q_{24}	průměrný 24hodinový průtok
$Q_{24(m)}$	průměrný bezdeštný denní přítok odpadních vod z obce
Q_b	průměrný denní přítok balastních vod z obce
Q_d	maximální bezdeštný denní přítok odpadních vod na ČS
Q_h	maximální bezdeštný hod. přítok odpadních vod na ČS
Q_{max}	max. čerpané množství odpadních vod na ČOV za deště
Q_{min}	minimální přítok na ČOV
N-NH ⁴⁺	amoniakální dusík
N-NO ₃ ⁻	dusičnanový dusík
N-NO ₂	dusitanový dusík
N _(celk)	dusík celkový
P _(celk)	fosfor celkový
BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku
CHSK _{cr}	chemická spotřeba kyslíku (dichromanem draselným)
NL	nerozpuštěné látky
„p“	přípustná hodnota pro rozbory směsných vzorků
„m“	maximální přípustná hodnota pro rozbory směsných vzorků
„průměr“	aritmetický průměr koncentrací za posledních 12 měsíců

1. ÚVOD

Voda jako zdroj energie na naší planetě není nekonečná. Pro naše potřeby využíváme zejména sladkou vodu, které je v hydrosféře přibližně 3 % (Netopil a kol. 1984). V současné době ubývá dostupných zdrojů této vody, podzemních či povrchových, ať již z důvodu nízkých srážek, plýtváním vodou v domácnostech nebo průmyslovým využitím vody. Největší zátěží pro životní prostředí pak představují zejména odpadní vody, které přispívají k vysoké zátěži v ekosystému, kdy jsou do něj bez předchozího vyčištění odpadních vod navraceny látky, které poškozují především životní prostředí a také lidskou populaci. Pro ochranu ekosystému je nutné odpadní vody čistit a zbavit je nebezpečných látek pomocí čistíren odpadních vod dle platné legislativy (Wanner 2015).

2. CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je popis procesu čištění odpadních vod v obci Šabina. V bakalářské práci budou zmapovány legislativní požadavky na čištění a vypouštění odpadních vod do vod povrchových z obce Šabina. Dále jednotlivé technologie, které se využívají pro čištění odpadních vod a byly pro obec Šabina na základě projektu vybudovány a zhodnocení přínosu čistírny odpadních vod pro obec Šabina. Součástí práce je také popis používaných základních technik rozborů odpadních vod u sledovaných ukazatelů znečištění odpadních vod z čistírny odpadních vod (ČOV).

3. METODIKA

Před zpracováním bakalářské práce bylo nutné se seznámit s příslušnou legislativou a dostupnou literaturou popisující problematiku čištění odpadních vod, evidenci a likvidaci kalů, které vznikají provozem ČOV. Dalším krokem bylo prostudování technických dokumentací pro jednotlivé části výstavby čistíren odpadních vod v obci Šabina. Velmi přínosná byla osobní prohlídka ČOV a také rozhovor o technologii čištění odpadních vod se zaměstnanci Vodohospodářské společnosti Sokolov, s. r. o., která je provozovatelem ČOV v obci Šabina. Následně byl vytvořen popis odběru vzorků s fotografiemi ve spolupráci s pracovníkem akreditované laboratoře a vysvětlen základní postup rozboru vzorků odpadních vod a jejich vyhodnocování. Výsledné hodnoty jednotlivých indikátorů znečištění odpadních vod byly zpracovány

do tabulky a vyhodnoceny, zda nepřesahují maximální povolené limity hodnot ukazatelů pro vypouštění do povrchových vod dle platné legislativy.

4. LEGISLATIVA ČR A EU

K vypouštění odpadních vod existuje v České republice rozsáhlá legislativa. Po vstupu do EU se Česká republika zavázala přijmout a dodržovat zákony, směrnice a vyhlášky EU v oblasti vypouštění odpadních vod pro minimalizaci dopadů na životní prostředí.

4.1. Základní legislativa České republiky

Zajištění účinného zneškodňování odpadních vod je v současné době jedním z nejdůležitějších aspektů ochrany životního prostředí. V této kapitole bude představena základní legislativa České republiky týkající se řešení této problematiky.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v platném znění, kde je definován pojem odpadní voda a nakládání s těmito vodami. Dále je zde uveden způsob kontrol odpadních vod, evidence znečištěných vod a vybírání poplatků.

Zákon č. 150/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 200/1990 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů v platném znění.

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), který upravuje nakládání s odpadními vodami odváděné do veřejné kanalizace v platném znění.

Zákon č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů.

Vyhláška č. 428/2001 Sb., vyhláška 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) v platném znění.

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

Vyhláška č. 437/2016 Sb., Vyhláška o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady a změně vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001

Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady) v platném znění.

Vyhláška č. 93/2016 Sb., Vyhláška o katalogu odpadu, v platném znění.

Vyhláška č. 381/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), v platném znění.

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 v platném znění.

Norma ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky. Tato norma stanoví podmínky pro navrhování, posuzování, provádění a sanaci gravitačních stokových sítí a kanalizačních přípojek, včetně objektů na nich, v souladu s ČSN EN 752 a ČSN EN 1610, s platností pro města, obce, sídliště, rozptýlenou zástavbu, dopravní stavby a jiné lidskou stavební činností dotčené lokality v platném znění.

Norma ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel. Tato norma platí pro navrhování, výstavbu a provoz malých mechanicko-biologických čistíren odpadních vod z jednotlivých objektů nebo jejich skupin, malých sídlišť nebo částí sídelních celků, kde vznikají odpadní vody charakteru městských odpadních vod nebo odpadní vody obdobného charakteru a kde velikost zdroje znečištění vyjádřeného biochemickou spotřebou kyslíku (BSK₅) je menší než 30 kg za den (méně než 500 ekvivalentních obyvatel – EO). Norma neplatí pro navrhování čistíren s výrazně odlišnými koncentracemi hlavních ukazatelů znečištění a pro čerpací stanice odpadních vod v platném znění.

Norma ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek v platném znění.

Norma ČSN EN ISO 5667-1 Jakost vod – Odběr vzorků – Část 1: Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků v platném znění.

Norma ČSN EN ISO 5667-10: Jakost vod. Odběr vzorků. Část 10: Pokyny pro odběr vzorků odpadních vod v platném znění.

Norma ČSN EN ISO 5667-14: Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 14: Návod pro prokazování a řízení kvality odběru vzorků vod a manipulace s nimi v platném znění.

Norma ČSN 75 7315: Jakost vod – Úprava vzorků odpadních vod před chemickou analýzou v platném znění.

4.2 Základní směrnice EU

Následující kapitola se bude zabývat příslušnými směrnicemi stanovenými Evropskou unií pro činnost nakládání s odpadními vodami.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, v platném a účinném znění, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Směrnice definuje rozsah vodní politiky a řeší ochranu povrchových a podpovrchových vod před znečištěním.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/118/ES, v platném a účinném znění, o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu.

Směrnice Rady č. 91/271/EHS, v platném a účinném znění, o čištění městských odpadních vod. V této směrnici se řeší čištění městských odpadních vod a odvádění průmyslových odpadních vod.

5. ODPADNÍ VODY A KANALIZAČNÍ SÍŤ

Odpadní vody mohou ohrozit kvalitu podzemních nebo povrchových vod (zákon č. 254/2001 Sb.) (Dohanyos a kol. 2004).

Odpadními vodami se nazývají vody, které byly použity v obytných, zemědělských, průmyslových, zdravotnických zařízeních (zákon č. 254/2001 Sb.), které po použití změní své vlastnosti, např. chemické, biologické nebo fyzikální. Odpadními vodami mohou být i průsakové vody ze skládek a odkališť (Dohanyos a kol. 2004).

5.1 Základní rozdělení odpadních vod

Odpadní voda je voda, která byla nějakou formou znečištěna lidskou činností. Tato kapitola představí základní dělení odpadních vod, které je možno rozdělit dle charakteru na:

Komunální splaškové odpadní vody (Sojka 2013):

- vody jsou odváděny z budov, ve kterých vznikají jako produkty domácností a lidského metabolismu. Složení splaškových vod upravuje norma ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel (Sojka 2013) (norma ČSN 75 6402).

Srážkové odpadní vody:

- srážkové vody smíchané s odpadními vodami.
- voda ze sněhových a dešťových srážek, která je znečištěna pevnými látkami z vozovek především solemi v zimním období (Sojka 2013).

Průmyslové odpadní vody:

- jsou produktem průmyslové nebo i jiné výrobní činnosti. Jejich složení závisí na charakteru výroby v průmyslovém podniku. Kvalitu vypouštěných odpadních látek povoluje správce kanalizační sítě v souladu s provozním řádem kanalizace (Sojka 2013).

Balastní vody:

- jsou málo znečištěné vody a jejich přítomnost v odpadních vodách způsobuje zředění koncentrace odpadních vod u BSK₅ pod 50 mg/l. Při této koncentraci je biologické čištění odpadních vod obtížné (Sojka 2013).

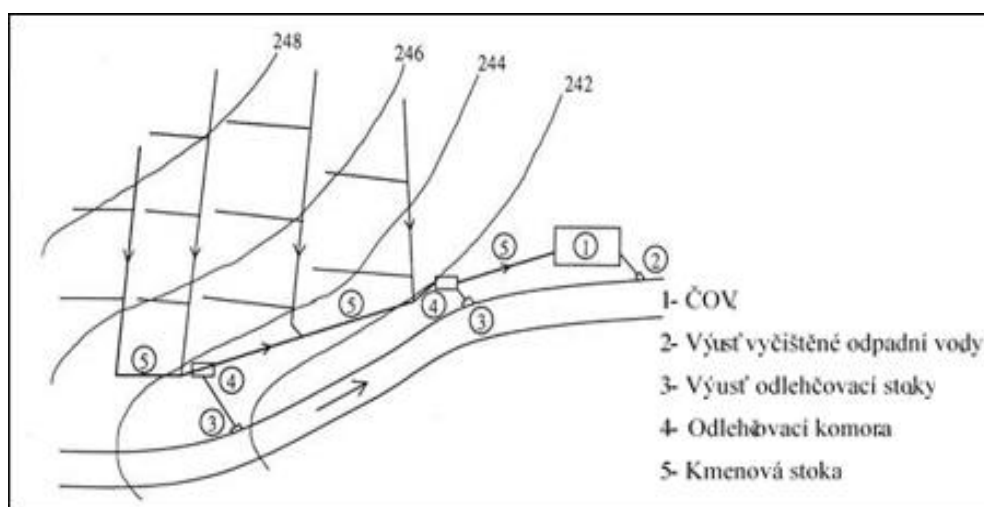
5.2 Odvod splaškové vody

Kanalizační stoky slouží k co nejrychlejšímu odvodu odpadních vod ze zájmového území do ČOV potrubní sítě využívajících gravitaci, kdy splašky odtékají samospádem. Pomocí kanalizační sítě jsou kromě domovních splašků odváděny také průmyslové vody, dešťové srážky a další vody (Jágllová a Šnajdr 2009). Právní vztahy pro vybudování kanalizačních přípojek jsou upraveny v zákoně č. 274/2001 Sb. v platném znění. Odpadní vody z obydlí nebo z daného území, které jsou odváděny pomocí potrubních stok, musí být spolehlivé, zdravotně způsobilé a hospodárné (Sojka 2013).

Stoky jsou rozděleny do tří základních soustav (Mlejnská a kol. 2009) (zákon č. 274/2001 Sb.):

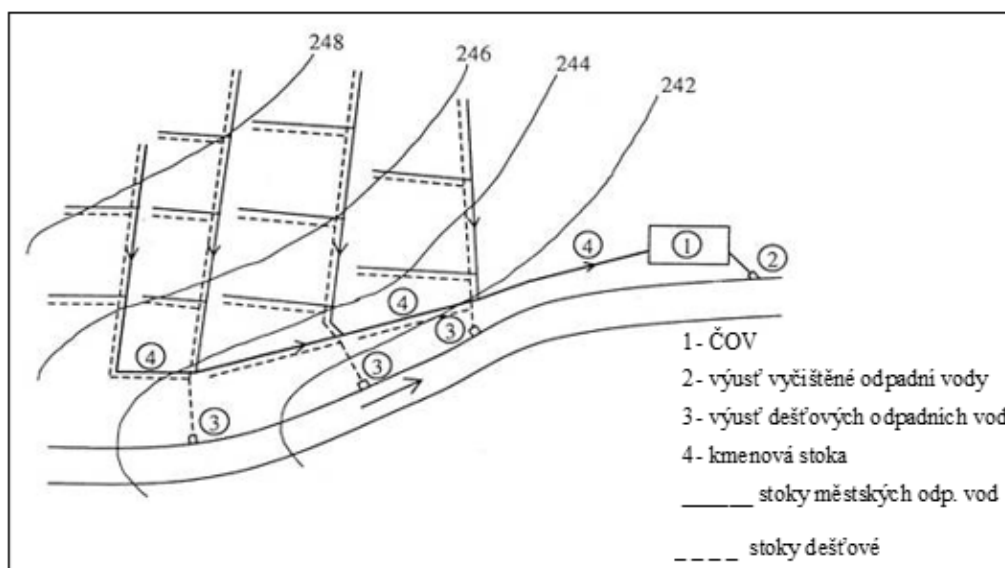
- jednotná stoková síť
- oddílná stoková síť,
- modifikovaná stoková soustava.

Jednotná stoková síť: Splaškové a dešťové vody jsou odváděny jednotnou sítí, která musí být dimenzována na vyšší průtoky vzhledem k dešťovým a sněhovým srážkám způsobujícím jednorázové odtokové vlny mnohonásobně překračující běžné odtoky splaškových vod. Z tohoto důvodu se kanalizace navrhuje na dvojnásobek maximálního hodinového průtoku. Schéma jednotné stokové sítě je zobrazeno na obr. č. 1 (Václavík 2014):



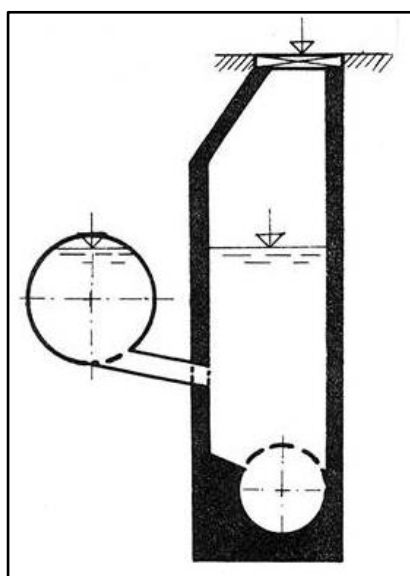
Obrázek 1: Schéma jednotné stokové soustavy (Václavík 2014).

Oddílná stoková síť: Soustava odvádí vody samostatnými trasami stokové sítě. Pro odvod dešťové a splaškové vody se nejčastěji používají samostatné oddělené sítě. Schéma oddílné soustavy je na obrázku č. 2 (Václavík 2014):



Obrázek 2: Schéma oddílné stokové soustavy (Václavík 2014).

Modifikovaná stoková soustava: Vzniká kombinací jednotné a oddílné stokové soustavy, kdy je splašková síť uložena hlouběji než dešťová. V ČR jsou dešťovými stokami odváděny pouze neznečištěné vody. Pro ostatní vody se používají splaškové stoky. Schéma modifikované soustavy je na obrázku č. 3 (Václavík 2014):

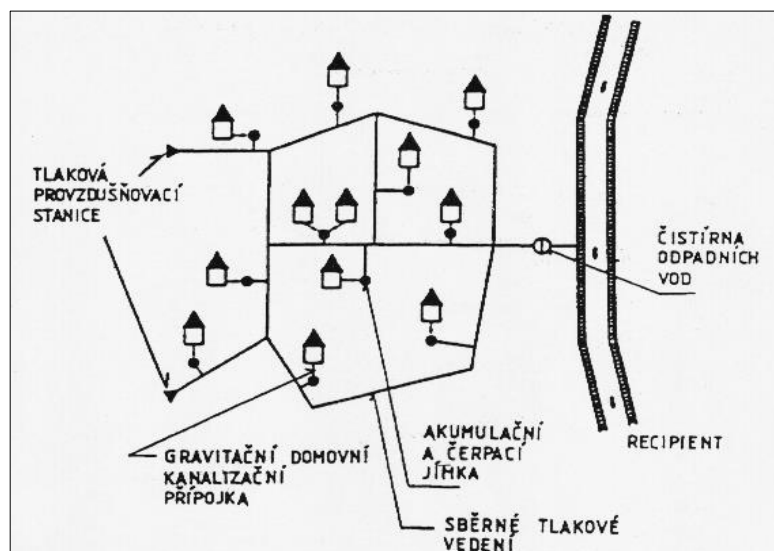


Obrázek 3: Modifikovaná stoková soustava (Václavík 2014).

Dalšími způsoby odkanalizování odpadních vod, kde nelze použít gravitaci, je podtlaková a tlaková kanalizace. Nejčastěji se využívají v místech s nevhodným

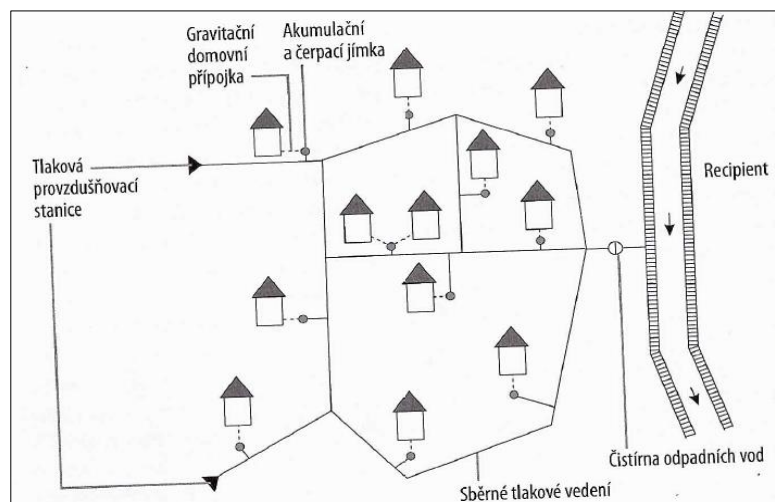
terénem, vysokou spodní hladinou vody, úzkými výkopy a z jiných dalších důvodů (Sojka 2013).

Podtlaková kanalizace: Kanalizační síť pracuje na principu podtlaku přes domovní sací ventily. Ve sběrném zásobníku se pomocí vakuových čerpadel vytváří podtlak a odpadní vody jsou dále čerpány pomocí gravitace nebo čerpáním až do čistírny. Schéma podtlakové kanalizace je na obrázku č. 4 (Sojka 2013):



Obrázek 4: Schéma vakuové kanalizace (Sojka 2013).

Tlaková kanalizace: V tlakové kanalizaci je vytvářen tlak nejčastěji 0,6 – 3 MPa v hlavní stokové síti. Odpadní vody jsou na domovních přípojkách tlačeny do kanalizační sítě přes čerpací stanice z akumulčních jímek. Odpadní vody do jímek natékají pomocí gravitace. Schéma tlakové sítě je na obrázku č. 5 (Sojka 2013):



Obrázek 5: Schéma tlakové kanalizace (Sojka 2013).

5.3 Kontrola kanalizační sítě

Po vybudování kanalizační sítě je povinností správce kanalizace provádět pravidelné kontroly stavu a těsnosti kanalizačních stok. Sítě s gravitačním průtokem vod včetně malých objektů se kontrolují dle normy ČSN 75 6909. Pro kontrolu vodotěsnosti kanalizační sítě lze provést po dohodě s odběratelem zkoušku pomocí tlakového vzduchu nebo vody (Envirox ©2020) (norma ČSN 75 6909):

Pro nové i stávající přípojky: se provádí zkouška tlakovým vzduchem (metoda L). Pro správné provedení kontroly je nutné zbavit kanalizační přípojku nečistot.

Pro jímky a septiky: se provádí zkouška vodou (metoda W). K provedení zkoušky je nutné vyčistit jímku a naplnit ji vodou.

Na kanalizační síti může vzniknout řada poruch, které mohou být způsobeny vadnou montáží při pokládce potrubí, neoprávněným zásahem (černá přípojka), mechanickým přerušením kořenovým systémem stromů, spodní vodou, netěsnostmi spojů, napojení k armaturám a v neposlední řadě také z důvodu stáří kanalizační sítě (Kováčik 2012).

Pro kontrolu potrubí, septiků a jímek lze využít inspekční kanalizační kameru spuštěnou do kanalizačního potrubí v místě, které je nejbližší k pravděpodobnému místu poruchy. Ukázka sestavy pro kontrolu kanalizace je na obrázku č. 6 (Orakle ©2020):



Obrázek 6: Revize kanalizace kamerou (Orakle ©2020) (URL 1).

5.4 Sledované látky v odpadních vodách

V odpadních vodách se vyskytují celé řady látek, které je nutno sledovat a zabývat se jimi. Odpadní vody zahrnují rozpuštěné a suspendované organické pevné látky. Čištění odstraní většinu BSK a suspendovaných pevných látek, které se nacházejí v odpadních vodách (Sunome a Ghate, 2004). Rozdělení znečišťujících látek je důležité pro zvolení správného procesu jejich čištění. Základní přehled znečišťujících látek a jejich vlastností v odpadních vodách je uveden v tabulce č. 1 (Pošta a kol. 2008):

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

Tabulka 1: Přehled znečišťujících látek (Pošta a kol. 2008).

5.5 Stanovené hodnoty ukazatelů pro znečišťující látky

Pro návrhy velikostí kanalizační sítě a čistíren je potřeba definovat průměrné množství odpadních vod a stanovit míru znečištění těchto vod, které vyprodukuje člověk za jeden den (populační ekvivalent). Znečištěné odpadní vody z průmyslu, zemědělství, nemocnic a dalších zdrojů se vypočítávají stejně jako znečištění vody

produkované lidmi a označují se jako ekvivalentní obyvatel (EO). Tento ekvivalent v souhrnu určuje velikost čistírny odpadních vod. V současné době je hodnota jednoho ekvivalentního obyvatele (EO), která definuje produkci znečištění, stanovena na 60 g BSK₅ za den (Švehla a kol. 2007).

Přípustné a maximální hodnoty znečišťujících látek a jejich koncentrace ve vypouštěných odpadních vodách v tabulce č. 2 jsou vymezeny v nařízení vlády NV č. 401/2015 Sb. v platném znění (NV č. 401/2015 Sb.):

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk}		P _{celk}	
	p	m	p	m	p	m	průměr	m	průměr	m	průměr	m
<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

Tabulka 2: Emisní standardy: přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l (NV č. 401/2015 Sb.).

Minimální přípustná účinnost čištění vypouštěných odpadních vod, vztažená k zátěži na přítoku do čistírny odpadních vod v tabulce č. 3 je rovněž definována v nařízení vlády NV č. 401/2015 Sb. v platném znění (NV č. 401/2015 Sb.):

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
<500	70	80	-	-	-
500 – 2000	70	80	50	-	-
2001 – 10000	75	85	60	-	70
10001 – 100000	75	85	-	70	80
> 100000	75	85	-	70	80

Tabulka 3: Emisní standardy: přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod (minimální procento úbytku) v procentech (NV č. 401/2015 Sb.).

Minimální roční četnosti odběrů vzorků vypouštěných městských odpadních vod pro sledování jejich znečištění dle nařízení vlády NV č. 401/2015 Sb. v platném znění je uveden v tabulce č. 4 (NV č. 401/2015 Sb.):

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

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

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

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK): se určuje jako množství kyslíku, kterého je potřeba na chemickou oxidaci všech organických látek ve vodě v mg/l. Pro stanovení CHSK se používá známé množství oxidačního činidla (Švehla a kol. 2007).

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK): se určuje jako množství kyslíku, kterého je potřeba na biochemickou oxidaci všech organických látek v mg/l. Pro určení hodnoty BSK se využívají mikroorganismy, které mají schopnost rozkládat organické látky za přítomnosti kyslíku. Pro stanovení obsahu kyslíku ve vzorku se vzorek zředí kyslíkem nasycenou vodou a změří se obsah kyslíku. Vzorek se uzavře při teplotě 20 °C a uloží ve tmě. Po pěti dnech se znovu změří obsah kyslíku a vypočítá se BSK. Vzhledem k pětidenní zkoušce se výsledek uvádí jako BSK₅ (Švehla a kol. 2007).

Organický uhlík (C_{org}): se využívá jako další indikátor celkového organického znečištění vod pomocí vhodných analyzátorů (Švehla a kol. 2007).

Mezi hodnotami CHSK a BSK platí, že $CHSK > BSK$. Poměr $BSK_5/CHSK$ velmi dobře ukazuje biologickou rozložitelnost v odpadních vodách. Při poměru větším než 0,5 je znečištění odpadních vod organickými látkami velmi dobře biologicky rozložitelné (Švehla a kol. 2007).

Nerozpuštěné látky (NL): tvoří nejzávažnější znečištění odpadních vod, kdy se po jejich vypuštění do vodních toků vytvoří usazeniny a kaly, ve kterých organický materiál bez přístupu vzduchu vyhnívá a vyvíjí se plyny. Rozvířením plynů může dojít k úhynu různých živočichů. Pomalu rozkládající se zbytky potravin znečišťují dlouhé části toků. Syntetické látky v odpadních vodách se v podstatě nerozkládají a ukládají se v rostlinách, na březích a nepříznivě působí na vodní živočichy (Švehla a kol. 2007). Odstranění nerozpuštěných látek z odpadních vod se provádí mechanickými procesy (Švehla a kol. 2007).

Rozpuštěné anorganické sloučeniny: jsou biologicky nerozložitelné, odstraňují se tedy pomocí chemických nebo fyzikálně chemických procesů. Biologické procesy jsou vhodné pro biologicky rozložitelné organické látky, které jsou k životnímu prostředí šetrné a zároveň ekonomicky přijatelné (Švehla a kol. 2007).

Mezi další sledované parametry patří **dusík (N)**, který se vyskytuje převážně ve formě amoniaku NH_4^+ , dusitanové formě NO_2^- , dusičnanové formě NO_3^- . Pro kontrolu čistícího procesu se využívají hodnoty amoniakálního dusíku. Stanovená koncentrace amoniakálního dusíku NH_4^+ u dobře fungující čistírny by v odpadní vodě neměla překročit 2 mg/l (Švehla a kol. 2007).

Zejména v odpadních pevných látkách se může vyskytovat také **fosfor (P)**, který pochází především z pracích prostředků, výkalů a moči. K hydrolyze fosforu dochází při biologických procesech a tento fosfor je následně využíván především rostlinami (Sojka 2013).

Mezi další indikátory znečištění se používá metoda (Sojka 2013):

Ztráta žiháním: po odpaření vzorku a zvažení zbylé sušiny se zjistí rozdíl mezi původním vzorkem a jeho zbytkem po žihání. Výsledná hodnota se udává v mg/l nebo v %.

6. ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD DO 2000 EO

Pro čištění odpadních vod v obcích se využívají ČOV, které umožňují bezpečné vypuštění odpadních vod do vod povrchových, ve výjimečných případech i do vod podzemních (Jágllová a Šnajdr 2009). Stupeň požadovaného vyčištění odpadních vod určuje, zda bude ČOV pracovat na mechanickém principu čištění odpadních vod nebo bude obsahovat i další část pro biologické dočištění (Mlejnská a kol. 2009). Technologický rozdíl mezi velkými ČOV a malými do 5000 EO (cca do 1000 m³/den) spočívá ve vynechání primární sedimentace a anaerobní stabilizace kalu u ČOV do 5000 EO, ve kterých se kal stabilizuje aerobně (Dohanyos a kol. 2004). Dle současné legislativy se ČOV rozdělují dle velikosti do pěti kategorií, tabulka č. 5 (Wanner 2015):

Kategorie	Kapacita ČOV v EO
I.	<500
II.	500–2000
III.	2001–10000
IV.	10001–100000
V.	> 100000

Tabulka 5: Přehled typů ČOV pro čištění komunálních odpadních vod v obcích ČR (Wanner 2015).

Pro potřeby bakalářské práce bude dále využito dělení ČOV do 2000 EO, které lze podle způsobu čištění odpadních vod rozdělit do tří kategorií (Jágllová a Šnajdr 2009):

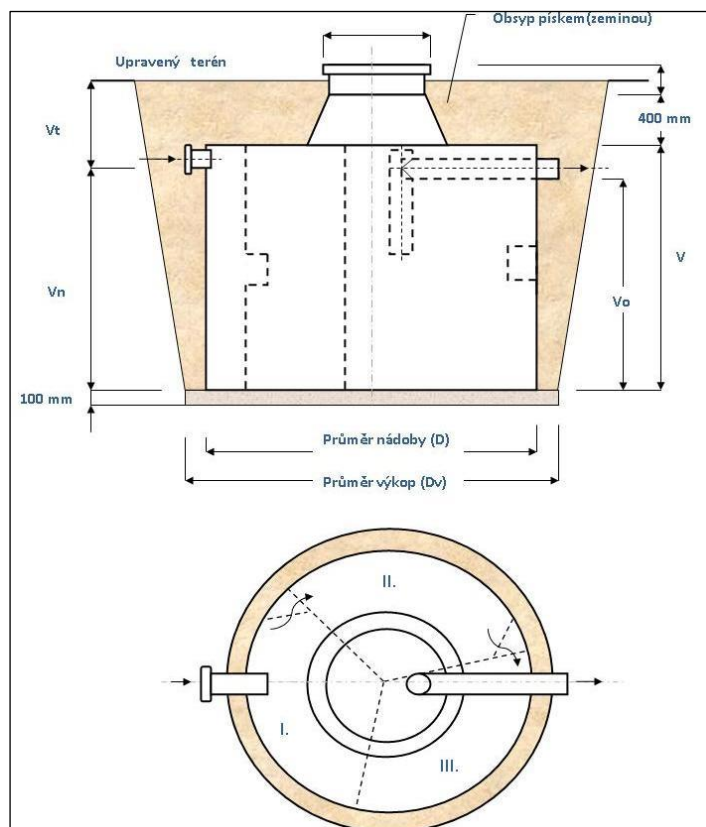
Kategorie do 50 EO: V této kategorii se používají výhradně schválené výrobky se značkou CE, prohlášením o shodě a lze zde použít následná technická řešení:

- **žumpy:** Podzemní vodotěsné jímky, které jsou určeny k zachycení splaškových vod z domácností a nesmí být opatřeny přepadem ani odtokem. Lze je budovat pouze ve výjimečných případech, kdy nelze z ekonomických či jiných důvodů vybudovat malou ČOV. Žumpy se musí pravidelně vyvážet a odpadní vody se musí hygienicky zlikvidovat. Na obrázku č. 7 je uveden příklad možné realizace žumpy (G Servis CZ ©2020):



Obrázek 7: Žumpa 28, projekt G SERVIS CZ (G Servis CZ ©2020) (URL 2).

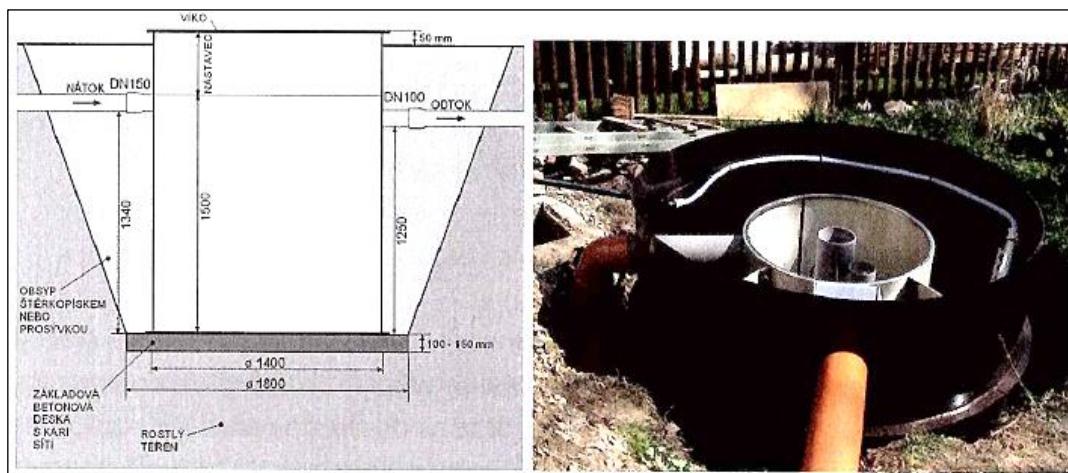
- **septiky:** Používají se pro mechanické předčištění odpadních vod, kdy v nich dojde k záchytu nerozpuštěných látek a za aerobním procesem následně dojde ke snížení organického znečištění, obvykle kolem 30 %. Příklad septiku je na obrázku č. 8 (Ekocis ©2020):



Obrázek 8: Kruhový septik (Ekocis ©2020) (URL 3).

- **domovní ČOV (DČOV):** Technicky jsou řešeny jako aktivační (bakterie ve formě vloček) nebo na nosiči (nárůstové ČOV), obě technologie lze i vzájemně kombinovat. Tyto čistírny nelze použít v průmyslu a nelze k nim

připojit srážkovou vodu. Příklad samonosné ČOV je na obrázku č. 9 (Sojka 2013):



Obrázek 9: Příklad instalace samonosné ČOV (schéma a foto) (Sojka 2013).

2. kategorie 50 – 500 EO (10 – 100 m³/den): V této kategorii se ČOV využívají pro čištění OV v obcích, větších průmyslových objektech a ubytovacích zařízeních. Využívá se mechanické předčištění pomocí česlí. Menší ČOV mají usazovací nádrž, u větších čističek se nevyužívá. Produkce kalu je menší a počítá se s jeho skladováním v provzdušňovací nádrži a následném využití v kompostech nebo na polích (Jágllová a Šnajdr 2009).

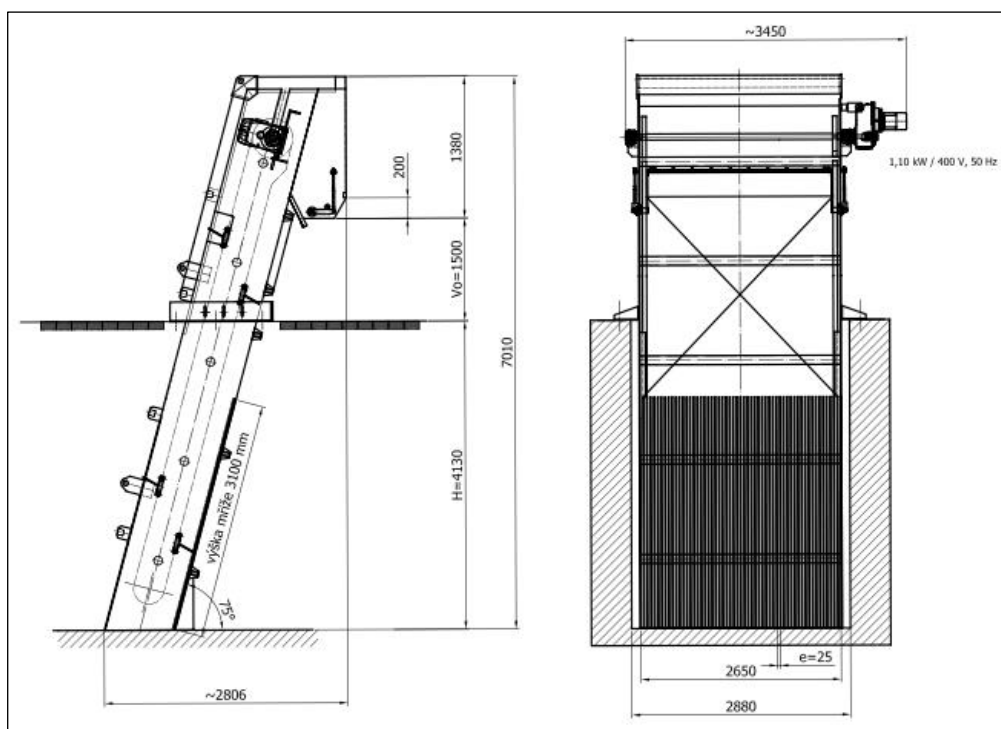
3. kategorie ČOV 500 – 2000 EO (10 – 400 m³/den): V této kategorii jsou již ČOV jako stavební bloky s potřebnými technologiemi pro čištění OV, které zaručí podstatné snížení parametru znečištění N-NH₄⁺ a lze se u nich setkat i s připojením na jednotnou kanalizační síť (Jágllová a Šnajdr 2009).

6.1 Mechanicko- biologické ČOV

Nerozpuštěné látky v odpadních vodách tvoří velkou část znečištění odpadních vod. Pro odstranění těchto látek slouží v ČOV jako první stupeň mechanické čištění, které odstraněním nerozpuštěných látek sníží parametr BSK₅ přibližně o 30 %. Mezi základní zařízení pro mechanické čištění odpadních vod patří (Pošta a kol. 2008):

Česle: používají se k odloučení hrubých plovoucích příměsí. Česle tvoří rám s pruty skloněnými o 30° – 60° ve směru toku. Rozteč průlin hrubých česlí je nad 40 mm, středních mezi 20 – 40 mm, jemných 3 – 20 mm. Rychlost průtoku česlemi nesmí klesnout pod 0,3 m/s z důvodu zanášení pískem a nesmí překročit rychlost o více

než 1 m/s, aby tak nedocházelo k strhávání nečistot vysokým proudem vody. Česle lze shrabávat ručně nebo strojně (Pošta a kol. 2008). Na obrázku č. 10 jsou zobrazeny vrchně stírané strojní česle (FONTANA R ©2020):



Obrázek 10: Vrchně stírané strojní česle (FONTANA R ©2020) (URL 4).

Lapáky štěrku: se používají zejména pro zachycení velkých předmětů při přívalových deštích (Pošta a kol. 2008).

Lapáky písku: v těchto lapácích se snižují průtočné rychlosti vody. Zachytávají se zde suspendované, těžké anorganické látky, například písek, sklo a další o velikosti zrn 0,1 – 0,2 mm bez organických příměsí (Dohanyos a kol. 2004).

Usazovací nádrže: slouží k prvotnímu oddělení organického znečištění. Vzniklý kal je energeticky bohatý a u velkých ČOV slouží k výrobě bioplynu. Usazovací nádrže mohou pracovat kontinuálním provozem (průtočné usazovací nádrže), nebo přerušovaně (dekantační nádrže) (Pošta a kol. 2008).

Dosazovací nádrže: pracují na stejném principu jako usazovací nádrže, jsou zpravidla hlubší z důvodu prodloužení doby zdržení. Slouží k zachycení a separování aktivovaného kalu a jeho separaci. Aktivovaný kal obsahuje organismy z aktivačního čištění. Dosazovací nádrže se ČOV zařazují za biologický stupeň čištění (Pošta a kol. 2008).

Zahušťovací nádrže: slouží k přechodnému zahuštění kalu. Nádrže jsou hlubší než dosazovací nádrže, mají kónické dno, ze kterého se odčerpává kal. Obsah sušiny v kalu z usazovacích nebo dosazovacích nádrží bývá okolo 0,5 % – 2 % a lze je zahustit v zahušťovací nádrži až na 5 % – 8 % (Pošta a kol. 2008).

6.2 Biologické čištění odpadních vod

Biologické čištění odpadních vod využívá schopnosti mikroorganismů rozkládat nečistoty organického původu ve vodním prostředí. Procesy biologického čištění jsou mnohonásobně urychleny oproti procesům, které vznikají přirozeně v povrchových vodách (rybníky, jezera) při odbourávání organického odpadu. Při biologickém čištění je nutné vytvářet vhodné prostředí pro život a další rozvoj mikroorganismů, které odbourávají rozpuštěné a suspendované látky z odpadních vod (Herle a Bareš 1990).

Biologické čištění může probíhat v prostředí (Lellák a Kubíček 1992):

Anaerobním: tato metoda čištění spočívá ve vyhnívání organických silně znečištěných látek bez přístupu vzduchu. Vzhledem k silnému zápachu jsou čistírenské jednotky provozovány v uzavřených kalových komorách, kterými jsou vybaveny zejména aktivační ČOV. Vzniklý odpadní bioplyn s vysokým podílem metanu lze dále energeticky využít (Lellák a Kubíček 1992).

Proces anaerobního vyhnívání je závislý na teplotě. Při teplotě pod 6 °C dochází k útlumu metanového vyhnívání. Se vzrůstající teplotou nastává zrychlování rozkladných procesů, což má za následek zkrácení doby pro vyhnívací procesy. Podle pracovní teploty se určují tři skupiny vyhnívání:

- **kryofilní** vyhnívání do 20 °C s dobou vyhnívání 1,5 až 3 měsíce,
- **mezofilní** vyhnívání ve vyhříváných komorách při teplotě přibližně od 27 °C do 37 °C, doba vyhnívání 20 až 30 dní,
- **termofilní** vyhnívání ve vyhříváných komorách při teplotě přibližně 45 °C až 60 °C, doba vyhnívání je přibližně 15 dní.

Nejčastějším způsob anaerobního čištění odpadních vod je mezofilní vyhnívání (Tuček a kol. 1977).

Anaerobní čištění odpadních vod v různých modifikacích reaktorů se s úspěchem využívá i v rozvojových zemích (Indie, Kolumbie a další). Tento způsob je zde

úspěšný díky své nízké energetické náročnosti, teplotě podnebí a nižším požadavkům na jakost vyčištěné vody (Rozkošný a kol. 2014).

Aerobním: aerobní čištění odpadních vod probíhá za přítomnosti heterotrofních organismů za přístupu velkého množství kyslíku, který lze vyjádřit hodnotou BSK₅. Postupným odbouráváním látek z odpadní vody dochází v samočišticím procesu ke změnám druhového složení biocenózy a tato biocenóza odpovídá množství a druhu látek přítomných (v substrátu) v odpadní vodě. Pro optimální biochemické pochody je nutné, kromě dostatečného přísunu kyslíku, také udržovat vhodné pH prostředí v rozsahu pH 5 – 9, vhodnou teplotu a dostatek živin (Lellák a Kubíček 1992).

Aerobní čištění spotřebuje přibližně 60 % energie na vznik nové biomasy, zbylých 40 % činí ztráty na reakčního teplo. Dále je téměř 50 % uhlíku ze substrátu proměněno v biomasu a 50 % na CO₂. Při anaerobním procesu čištění se zhruba 90 % přemění v bioplyn, 5 % – 7 % na růst nové biomasy a přibližně 3 % – 5 % se přemění v reakční teplo. Do tvorby bioplynu přejde téměř 95 % uhlíku ze substrátu a pouze 5 % uhlíku do biomasy. Anaerobní čištění spotřebuje méně energie, není zde nutné provádět aeraci a také produkce biomasy je nižší. Výsledný kal již není nutné stabilizovat (Dohanyos a kol. 2004).

Srovnání parametrů jednotlivých metod čištění odpadních vod je uvedeno v tabulce č. 6 (Rozkošný a kol. 2014):

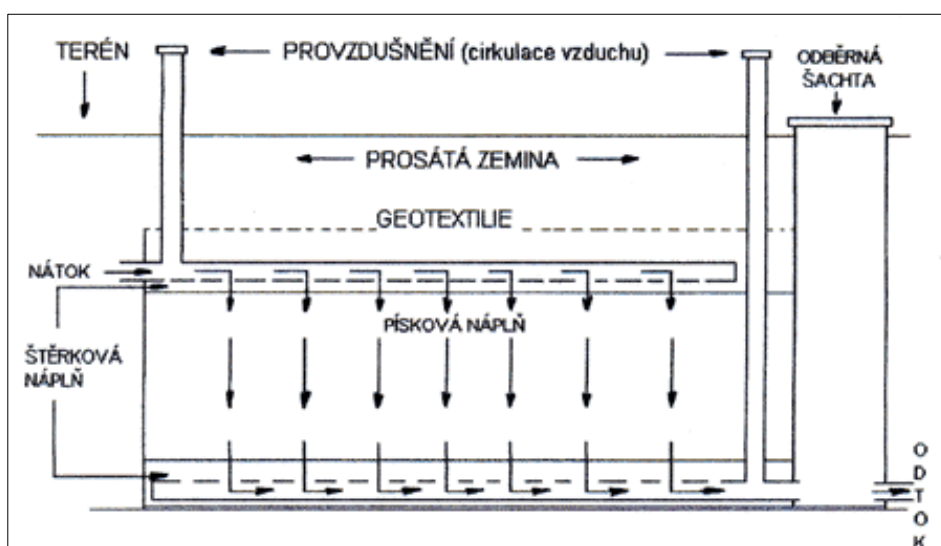
Porovnávací parametr	Anaerobní proces	Aerobní proces
spotřeba energie	nízká	vysoká
stavební náklady	nízké	náročné
výroba kalu	nízká	vysoká
spotřeba živin	nízká	vysoká
reakční rychlost	nízká	vysoká
odstraňování živin	minimální	velmi dobré
doba náběhu procesu	dlouhá	krátká

Tabulka 6: Porovnání anaerobního a aerobního procesu (Rozkošný a kol. 2014).

6.3 Přírodní metody čištění odpadních vod

K přírodě blízkým (extenzivním) způsobům čištění odpadních vod jsou nejčastěji využívány:

Zemní filtry: jsou zemní tělesa naplněná hrubým šterkem, kterým protéká odpadní voda. Pomocí mikroorganismů, které žijí na povrchu náplně filtru, dochází k rozkladu organického znečištění vody. Zemní filtr je od okolní vegetace izolován nepropustnou izolací. Skládá se z rozváděcí drenáže, filtrační náplně a odtokové drenáže. Uplatnění naleznou především jako dočišťovací zařízení za septikem, u ČOV do 500 obyvatel nebo jako dočišťovací zařízení mechanicko-biologických čistíren. Pro svou činnost nepotřebují elektrickou energii a při správné funkci je kvalita vyčištěné vody na úrovni mechanicko-biologické čistírny. Účinnost v odstranění, která je vykazována pomocí BSK₅, dosahuje hodnot 84 % – 95 %. Nevýhoda spočívá v potřebě velké plochy pro výstavbu zemního filtru a odizolování od spodních vod (Pošta a kol. 2008). Na obrázku č. 11 je ukázka zemního filtru (Ekocis ©2020):



Obrázek 11: Zemní pískový filtr (Ekocis ©2020) (URL 5).

Biologické nádrže: slouží k čištění odpadních vod, akumulaci a uplatňují se zejména u samostatných objektů, rekreačních zařízení či menších obcí. Nejsou vhodné pro toxické a silně znečištěné organické odpadní vody a odpadní vody s vysokým pH. Před každou biologickou nádrží musí být vhodné předčištění. Biologické nádrže se nejčastěji používají jako anaerobní, ale mohou být i aerobní (nízko nebo vysoko zatěžované, neprovzdušované, provzdušované), průtočné nebo akumulární dočišťovací biologické rybníky, eventuálně nádrže s akvakulturami.

Tvar biologických nádrží je nejčastěji obdélník. Může však mít i tvar čtverce, lichoběžníku nebo tvar zcela nepravidelný. Dno je zaizolováno jílem, plastovými fóliemi, břehy štěrkem, dlažbou. Zpevnění se provádí vodními rostlinami. Sklon dna je v rozsahu od 0,5 do 1 %. Doba zadržení odpadních vod je v řádech dnů. Účinnost čištění nerozpuštěných látek v biologických nádrží závisí na hydraulickém zatížení, době zadržení vody, rozvoji fytoplanktonu a pohybuje se kolem 67 % (Mlejnská a kol. 2009). Pro zvýšení účinnosti lze před biologickou nádrž vsadit vegetační kořenovou čističku (Šálek a Žáková 2008). Ukázka biologické nádrže odpadních vod je na obrázku č. 12 (Mlejnská 2015):



Obrázek 12: Biologická nádrž využívaná k čištění odpadních vod (Mlejnská 2015) (URL 6).

Vegetační kořenové čističky: jsou nejvíce rozšířeným typem přírodních čistíren vod a řadí se mezi umělé mokřady. (Mlejnská a kol. 2009). První pokusy čištění odpadních vod mokřadními rostlinami proběhly již v 50. letech 20. století v Německu a v současné době je tato technologie pro čištění různých odpadních vod na vysoké úrovni (Vymazal 2010).

Kořenové čističky jsou podobné zemním filtrům s podobným hrubým předčištěním a mechanickým stupněm předčištění. Na rozdíl od zemního filtru je těleso mělké, voda tělesem protéká horizontálně a plocha tělesa je větší. Uplatnění tohoto typu čističek lze najít v obcích do 200 obyvatel (Pošta a kol. 2008).

V kořenových čistírnách je průtok odpadní vody prováděn umělým mokřadem, ve kterém jsou zasazeny bažinné rostliny, v případě kombinovaného provozu také vodními kulturami nebo ponořenými rostlinami. Nejčastější rostlinou, která se používá v kořenových čističkách, je orobinec širokolistý a úzkolistý (*Typha latifolia*, *Typha angustifolia*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), rákos

obecný (*Phragmites australis*), zblochan vodní (*Glyceria maxima*), kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*) (Šálek a Žáková 2008).

Vegetační kořenové čistírny jsou navrženy pro co nejdokonalejší vyčištění odpadních vod, případně jejich úplného odstranění (výparem z rostlin a substrátu). Hlavní procesy, které probíhají v kořenové čističce, lze rozdělit na (Šálek a Žáková 2008):

Fyzikální: sedimentace, filtrace, adsorpce, difuze, evaporace (výpar)

Chemické: srážení, rozklad látek, oxidace, redukce, chemisorpce

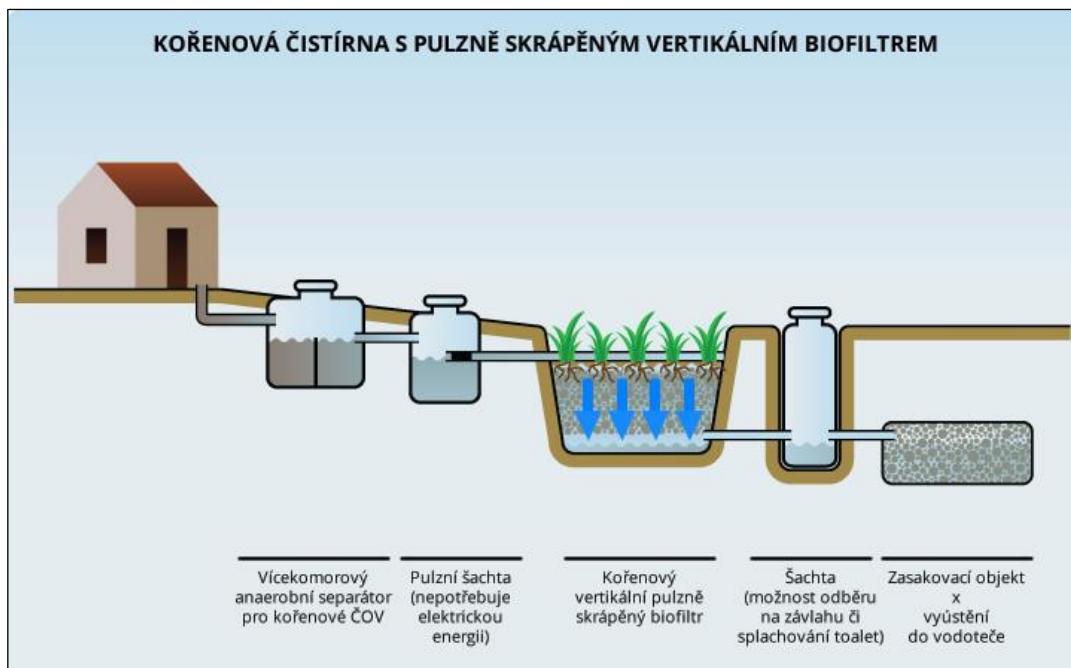
Bakteriologické a biologické:

- **bakteriologické procesy:** jsou důležité procesy pro čištění odpadní vody. Probíhají na povrchu kořenů rostlin a substrátu. Bakterie se pomocí enzymů podílejí na rozkladu cukrů, tuků a škrobů. Pomocí bakterií probíhají nitrifikační a denitrifikační přeměny a rozklad fosforu,
- **biologické procesy:** při metabolismu rostlin dochází k odčerpávání živin, CO₂ a znečišťujících látek organického i anorganického původu transpirací. Pro správný proces čištění odpadních vod je důležitá výška celého filtračního systému (Šálek a Žáková 2008).

Rostliny v čistícím procesu přenášejí kyslík do kořenové zóny, kde zlepšují průběh aerobních procesů, dále odčerpávají živiny a stopové prvky pro další rozvoj biohmoty. V kořenech, které poskytují substrát, se vytváří vhodné podmínky pro rozvoj mikroorganismů podílejících se na hlavních činnostech při čištění. Kořeny také spotřebovávají část živin a stopových prvků potřebných pro růst rostlin. Tato činnost snižuje eutrofizaci vody, při které vzniká nadměrná produkce řas v tocích, do kterých se odpadní voda vypouští. Odpar vody pomocí rostlin vytváří příjemné klima v okolí čistírny (Pošta a kol. 2008).

Mezi základní parametry při návrhu filtračního tělesa kořenové čističky patří objem, plocha čistírny, hydraulické zatížení a doba zadržetí. Při výpočtu plochy vegetační části se uvažuje o ploše 5 m² na jednoho obyvatele, hloubce v rozsahu 0,5 až 0,7 m, ale lze použít i hloubky 1,2 m. Hydraulické zatížení je projektováno v rozsahu 30 až 50 mm/d (Pošta a kol. 2008).

Na obrázku č. 13 je zobrazen princip vegetační kořenové čističky odpadních vod (Filipendula ©2020):



Obrázek 13: Schéma kořenové čističky (Filipendula ©2020) (URL 7).

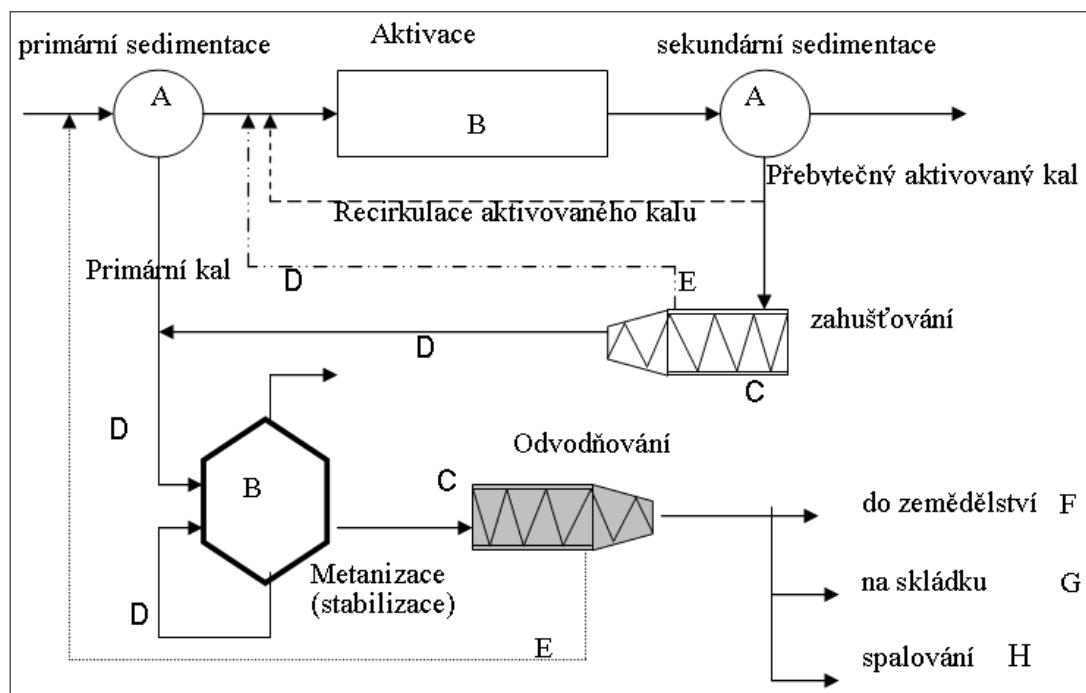
7. ČISTÍRENSKÉ KALY

Problematika kalů je upravena v zákoně o odpadech č. 185/2001 Sb., kde je uvedena definice kalu a stabilizovaného kalu, dále vyhláškou č. 437/2016 Sb. v platném znění o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě a také vyhláškou č. 93/2016 Sb., vyhláška o katalogu odpadu v platném znění (Mařalák a Vaculík 2008) (zákon č. 185/2001 Sb.) (zákon č. 185/2001 Sb.) (vyhláška č. 437/2016 Sb.) (vyhláška č. 93/2016 Sb.).

Čištěním odpadních vod pomocí různých technologických postupů vznikají suspenze anorganických a organických látek ve vodě, které se nazývají kaly. Tyto kaly mohou být v tuhé fázi, formou heterogenních částic různých velikostí nebo ve formě kapalné, což jsou kalové vody, které se oddělují při zahušťování kalu od tuhé fáze (Pitter 1981).

V objemu čištěných odpadních vod reprezentují kaly pouze 1 % až 2 % objemu, ale je v nich soustředěno 50 % až 80 % původního znečištění odpadních vod. Z celkových nákladů představuje kalové hospodářství přibližně 50 % všech nákladů na provoz ČOV. Koncentrace kalu se vyjadřuje jako obsah sušiny kalu v g/l nebo v %. Obsah a složení sušiny kalu závisí na druhu znečištění odpadních vod a čistírenských procesech, kterými byla odpadní voda vyčištěna (mechanické, biologické nebo kombinované čištění, dočištění a další způsoby čištění) (Dohányos 2006).

Množství produkovaného kalu závisí na množství zpracovaných odpadních vod podle počtu EO, typu kanalizace a způsobu čištění odpadních vod, dále na technologickém postupu zpracování kalu (zahušťování, dezintegrace, stabilizace, dezinfekce, odvodnění, sušení apod.) Základní schéma procesů, které ovlivňují kalové hospodářství ČOV, je uvedeno na obrázku č. 14 (Dohányos 2006):



Obrázek 14: Základní schéma čistírny odpadních vod s kalovým hospodářstvím. Proces: A – sedimentace, B – stabilizace, C – kondicionace, zahušťování, odvodnění, D – čerpání, E – vracení kalové vody, F, G, H – využití (Dohányos 2006) (URL 8).

7.1 Zpracování kalů

V surovém kalu je přibližně 70 % organických látek v sušině a mohou se v něm vyskytnout rovněž patogenní mikroorganismy. Z těchto důvodů je surový kal klasifikován jako nebezpečný odpad a je nutné s ním zacházet podle platné legislativy dle zákona č. 185/2001 Sb., v platném znění. Většina ČOV obsahuje technologickou linku pro úpravu kalu, která surový kal promění v kal stabilizovaný. Stabilizovaný kal je pomocí technologických procesů upraven snížením organických látek aerobním nebo anaerobním zastavením nebo utlumením pomocí fermentace, aby se zabránilo jeho dalšímu biologickému rozkladu. Nejdůležitějším požadavkem před dalším zpracováním a využitím kalu je odstranění patogenních mikroorganismů, provedení hygienizace kalu. Pro využití stabilizovaného kalu pro kompostování a v zemědělství je tedy důležité odstranění nežádoucích cizorodých a toxických látek a zamezení mikrobiologické kontaminace půdy. Techniky pro úpravu a zpracování kalů lze rozdělit do dvou skupin (Dohányos 2006) (zákon č. 185/2001 Sb.):

Primární metody zahrnují:

- separaci: oddělení organické frakce (plasty, sklo, kovy a další),
- kondicionaci: chemická, termická nebo fyzikálně-chemická předúprava,

- zahušťování a odvodňování: metody pro zvýšení koncentrace sušiny kalu před jeho dalším zpracováním (na koncentraci sušiny do cca 40 %),
- desintegraci: mechanická (mlýny, vysokotlaké homogemizátory), fyzikální (ultrazvuk), fyzikálně-chemická (termická hydrolýza, kyselá nebo alkalická hydrolýza),
- hygienizaci: inaktivace patogenů (termické metody a další),
- anaerobní biologickou stabilizaci, přeměnu převážné části organické sušiny na bioplyn,
- aerobní biologickou stabilizaci: mezofilní (otevřených nádrží) a termofilní, (uzavřené reaktory),
- sušení: zvýšení obsahu sušiny na 60 % až 95 % (Dohányos 2006).

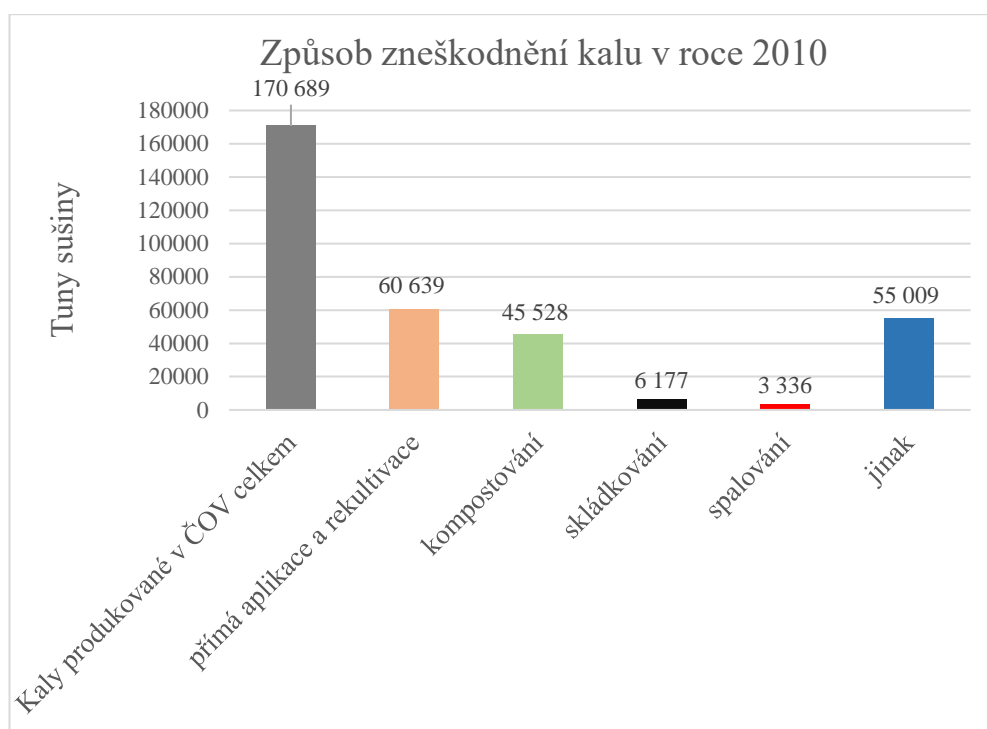
Finální metody pojímají:

- kompostování - aerobní biologická stabilizace materiálů, využití jako hnojivo, na zemědělskou půdu (pouze upravené kaly),
- chemickou stabilizaci vápněním: používá se pro stabilizaci a hygienizaci surových i stabilizovaných kalů před aplikací na pole,
- mokré spalování: metoda výhodná pro likvidaci organických materiálů, hlavně kalů,
- spalování v cementárenské peci: bezodpadová likvidace odpadu (zpracování do cementu),
- spalování společně s dalším palivem: (teplárny a elektrárny, spalovny TKO), přidání kalu do 5 % spotřeby uhlí,
- termické zpracování: pyrolýza a zplyňování,
- spalování: nejúčinnější metoda hygienizace materiálu, využití především pro biologicky nerozložitelné organické materiály nebo materiály, které jsou kontaminované nebo toxické či jinak nebezpečné,
- skládkování: nejméně ekologické řešení, které přesouvá problém na pozdější dobu. Materiál se ukládá na zabezpečenou skládku, skládkování je vhodné především pro inertní materiály (Dohányos 2006).

7.2 Zneškodnění kalů

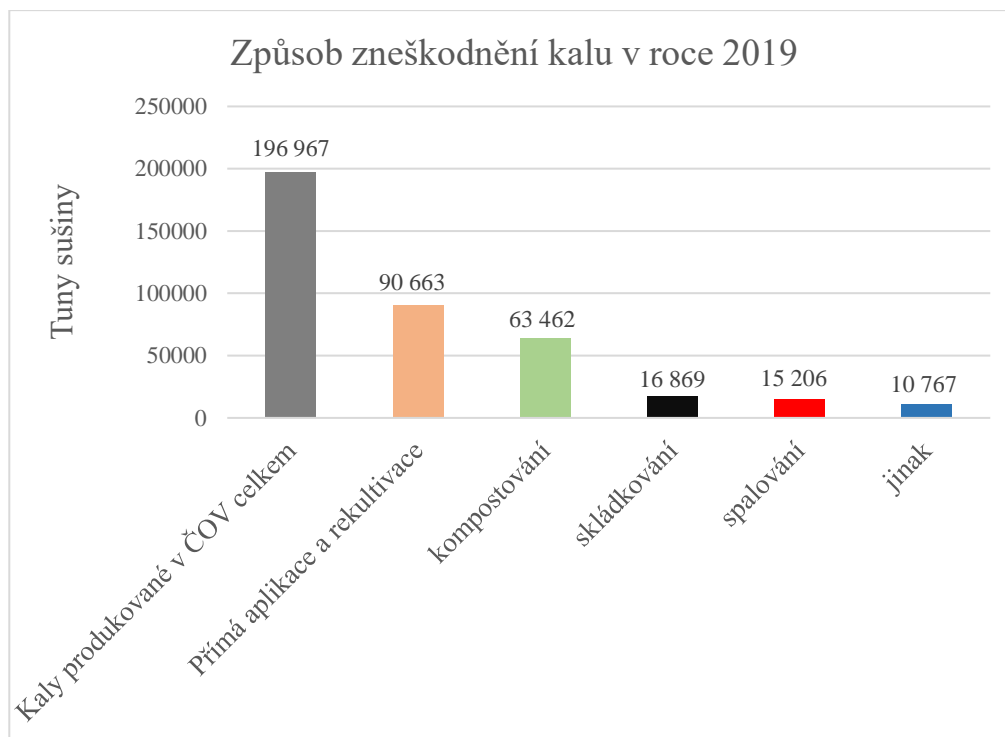
Kaly z ČOV se zabývá Centrum pro hospodaření s odpady (CeHO ©2020), které je součástí Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i., (VÚV TGM v. v. i. © 2020). Centrum provádí výzkum metod pro snižování škodlivých látek v odpadech, včetně řešení otázek stabilizace hygienického zabezpečení čistírenských kalů, dle platné legislativy. Centrum se zaměřuje na podpůrné mechanismy v ochraně zdraví a přírody v celém procesu s nakládáním s odpady (CeHO ©2020).

Jednotlivé způsoby zneškodnění kalů v roce 2010 jsou uvedeny v grafu na obrázku č. 15. V daném roce bylo v České republice vyprodukováno 170 689 tun sušiny. Nejvíce kalu se využilo na zemědělskou půdu a rekultivace 35,5 %, jiným způsobem se kal zpracoval ve 32,2 %, dále následovalo kompostování s 26,7 %, skládkování 3,6 % a spalování s 2 % (Český statistický úřad © 2010).



Obrázek 15: Graf způsobu zneškodnění kalu v roce 2010 (Český statistický úřad © 2010).

V roce 2019 došlo k výraznému posunu ve zneškodnění kalů. Z celkového počtu 196 967 tun sušiny vyprodukovaného kalu bylo nejvíce kalu použito na zemědělskou půdu a rekultivace 46 %, na kompostování 32,2 %, skládkování 8,6 %, na spalování 7,7 % a jiné způsoby zneškodnění 5,5 %. Výsledky jsou uvedeny v grafu na obrázku č. 16 (Český statistický úřad © 2019):



Obrázek 16: Graf způsobu zneškodnění kalu v roce 2019 (Český statistický úřad © 2019).

Z porovnání produkce kalu z obou časových období mezi lety 2010 až 2019 vyplývá, že vzrostla produkce kalu o 15 % tun sušiny, dále došlo k nárůstu využití kalu v roce 2019 v přímé aplikaci na zemědělskou půdu a rekultivace o 33 %, kompostování o 28 %, skládkování o 36 %, spalování o 21 % a naopak došlo k výraznému úbytku zneškodnění kalu jiným způsobem, o 80 % (Český statistický úřad © 2010) (Český statistický úřad © 2019).

7.3 Využití kalů

V procesu s nakládáním s kaly je důležité vymezit možné směry v jeho dalším efektivním využití. Jako možné způsoby využití kalu lze definovat (Dohányos 2006):

Zlepšení kvality kalu:

- předcházení vypouštění pesticidů, těžkých kovů, pracích prášků,
- oddělovat průmyslové vody od městských kanalizací (Dohányos 2006).

Využití cenných látek a energie v kalu:

- produkce bioplynu,
- produkce paliva z kalu pyrolýza a zplyňování (olej, plyn),
- přímé spalování sušeného kalu (Dohányos 2006).

Zpětné získávání fosforu:

- termickým, chemickým nebo mikrobiologickým procesem,
- přímé získání fosforu při čištění odpadních vod,
- získání fosforu z popela po spálení kalu (Dohányos 2006).

Změna strategie čištění odpadních vod:

- kombinace biologického aerobního s anaerobním čištění s anaerobní stabilizací kalu,
- kombinací fyzikálně-biologických a biotechnických metod čištění odpadních vod,
- decentralizovanou sanitací odpadních vod a jejich opětovného použití recyklací za účelem snížení plýtvání vodou (DESAR) (Lens a kol. 2005) (Dohányos 2006).

8. TECHNOLOGIE ČOV V OBCI ŠABINA

Následující kapitola se zabývá projektováním a budováním kanalizační sítě a jednotlivými návrhy technologií pro čištění odpadních vod v obci Šabina v průběhu let 1993 až 2011. Pro zpracování byly použity projektové dokumentace jednotlivých firem poskytnuté pracovníky Obecního úřadu obce Šabina a společností Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r. o., (dále jen VOSS Sokolov, s. r. o.).

8.1 Návrhy technologií kanalizační sítě a ČOV v roce 1993-1995

Obec Šabina neměla až do 90. let minulého století vybudovaný rozvod kanalizační sítě. Jednotlivé nemovitosti měly dle možností vyústěny odpadní vody do vlastních žump nebo septiků s trativody v různé kvalitě provedení. Dešťové vody byly povrchově odváděny do řeky Ohře. První studie na vybudování kanalizační sítě a ČOV byly vytvořeny v roce 1993 firmou Arnholdt Engineering spol. s. r. o. Kanalizační síť byla projektována jako oddílná liniová podpovrchová stavba pouze pro splaškové vody, bude tvořena z odpadních kameninových trub DN 300 s typovými vstupními šachtami. Kanalizační síť byla plánována pro celou stávající obec v délce 3,2 km. Vzhledem k minimálnímu sklonu terénu bylo nutné vyprojektovat přečerpávací stanici. Odvod dešťových vod zůstal stávajícím způsobem (Arnholdt ©1993) (Obec Šabina ©2020).

Plánovaná výstavba čistírny odpadních vod byla rozvržena do dvou etap podle současného počtu obyvatel v obci, plánované výstavby dalších rodinných domů a občanské vybavenosti. V první etapě byla v roce 1993 ČOV navržena pro 300 EO s kapacitou odpadních vod s množstvím 60 m³/den. Pro druhou etapu bylo počítáno se stejným počtem EO i množstvím odpadních vod. ČOV byla navržena jako biologická čistírna odpadních vod s jemnobublinovou aerací firmou Fortex Šumperk bez předčištění, které bylo nahrazeno přečerpávací stanicí s kalovými čerpadly s mělnicím nožem s připojením k vodovodní síti v centrální části obce (Fortex ©1993) (Obec Šabina ©2020).

Navržená ČOV pracovala na principu dlouhodobé aktivace s kaskádovitě uspořádanou nitrifikací a denitrifikací se současnou aerobní stabilizací kalu bez primární sedimentace. Aktivační nádrže byly provzdušňovány pomocí pneumatické jemnobublinné areace membránovými elementy. Čerpání kalu na uskladnění

bylo provedeno pomocí kalového čerpadla s časovým relé. Přívod vzduchu do jednotlivých sekcí bylo možné jednotlivě regulovat v širokém rozpětí až na přerušovaný provoz areace a také v širokém rozmezí řídit procesy nitrifikace a denitrifikace v závislosti na teplotě a znečištění (Fortex ©1993).

V tabulce č. 7 jsou uvedeny návrhy a výpočty pro plánovanou ČOV ve variantě pro 600 EO (Fortex ©1993) (Obec Šabina ©2020):

celkové množství odpadních vod Q_{24}	120 m ³ /d
maximální hod. průtok	12 m ³ /h
minimální hod. průtok	3 m ³ /h
celkové množství BSK ₅	32,4 kg/d
průměrná koncentrace BSK ₅ v přítoku	270 mg/l
průměrná účinnost dle BSK ₅	93 %
odstraněná BSK ₅	30 kg/d
produkce kalu	24,10 kg/d
výstupní parametr BSK ₅ pro odtok do recipientu	20 mg/l
výstupní parametr NL pro odtok do recipientu	25 mg/l
výstupní parametr pro N-NO ₃ pro odtok do recipientu	10 mg/l
výstupní parametr pro N-NH ⁴⁺ pro odtok do recipientu	5 mg/l
výstupní parametr pro dusík N pro odtok do recipientu	18 mg/l

Tabulka 7: Návrh a výpočet ČOV pro 600 EO (Fortex ©1993) (Obec Šabina ©2020).

Na financování stavby obec žádala příspěvek ze Státního fondu životního prostředí ČR formou 79% plánované částky na výstavbu ČOV. Vzhledem k tomu, že na dotaci obec nedosáhla, hledala v dalších letech jiné technologie čištění odpadních vod. Jedním z možných řešení ČOV, kterým bylo dáno především snížení energetické náročnosti původního projektu, byl v roce 1995 předložen návrh a zpracování technického řešení kořenové ČOV. Technický návrh kořenové čistírny objednala společnost Investon spol. s r. o. Karlovy Vary (Investon ©1995) u projekční kanceláře KV*SERVIS 92 spol. s r. o. Návrh vycházel z původní navržené kapacity pro 600 EO s průtokem 120 m³/d (KV*SERVIS 92 ©1995) (Obec Šabina ©2020).

Stavba kořenové čistírny včetně přečerpávací stanice byla situována na pravý břeh řeky Ohře dle požadavku Povodí Ohře nad úrovní hladiny pro povodňový průtok vody stanovený na Q_{25} . Kořenová čistírna se tímto požadavkem dostala se základovou spárou nad úroveň hladiny spodní vody (KV*SERVIS 92 ©1995).

Navržená sestava kořenové čistírny obsahovala:

- **přečerpávací stanici:** dle původní studie,
- **primární předčištění:** štěrbínovou nádrž o rozměrech 4,00 x 5,00 x 4,60 m, ve které bude vybudován samonosnými prvky z polypropylenu usazovací a vyhnívací prostor,
- **kořenovou ČOV:** dvě paralelní nádrže o rozměrech 2 x 24/70 m o celkové velikosti plochy 3360 m², zemní lože bude tvořeno štěrkovou frakcí, plocha bude osázena rákosem obecným. Izolaci stěn bude tvořit folie z PVC, kterou bude chránit geotextilie,
- **další objekty:** pro pracovníky, přípojné místo pro fekální vůz a další.

V tabulce č. 8 jsou uvedeny návrhy a výpočty pro kořenovou ČOV ve variantě pro 600 EO (KV*SERVIS ©1995) (Obec Šabina ©2020):

celkové množství odpadních vod Q_{24}	120 m ³ /d
maximální hod. průtok	18,9 m ³ /h
minimální hod. průtok	2,6 m ³ /h
celkové množství BSK ₅	36 kg/d
celkové množství NL	33 kg/d
průměrná koncentrace BSK ₅ v přítoku	300 mg/l
průměrná koncentrace NL v přítoku	275 mg/l
projektovaná účinnost pro BSK ₅	90 %
projektovaná účinnost pro NL	90 %
projektovaná účinnost pro CHSK	80 %
projektovaná účinnost pro N-NH ⁴⁺	40 %
produkce kalu	60 m ³ /rok

výstupní parametr BSK ₅ pro odtok do recipientu	30 mg/l
výstupní parametr pro NL pro odtok do recipientu	27,5 mg/l
výstupní parametr pro CHSK pro odtok do recipientu	80 mg/l
výstupní parametr pro N-NH ⁴⁺ pro odtok do recipientu	16 mg/l

Tabulka 8: Návrh a výpočet kořenové ČOV pro 600 EO (KV*SERVIS 92 ©1995) (Obec Šabina ©2020).

Provedení projektové dokumentace kořenové čistírny se již nerealizovalo a kořenová ČOV zůstala pouze ve formě technického návrhu (Obec Šabina © 2020).

8.2 Biodisková ČOV, typ KDČB 30/15

Vzhledem k nedostatku finančních prostředků spojených s dostavbou kanalizační sítě a výstavbou nových rodinných domů v centrální části obce, které dle podmínek stavebního povolení bylo nutné připojit k ČOV, byl v roce 1997 vytvořen projekt na část kanalizační sítě a ČOV pro 100 EO s kapacitou 15 m³/d (KV*SERVIS 92 ©1997).

Projektová dokumentace plánovala připojení části objektů gravitačními kanalizačními přípojkami a část rodinných domů pomocí přečerpávací stanice. Ze stanice byly splaškové vody čerpány do výtlačného potrubí pomocí čerpadel do primární sedimentační nádrže. Navržený typ ČOV kontejnerového typu KDČB 30/15 od firmy Aquatech s. r. o. pracoval na principu mechanicko-biologického čištění komunálních odpadních vod s rotujícími biokontakty využívajícími kombinovaný proces biologického čištění za pomoci přisedlé funkční biokultury a polykultury ve vzhledu (Aquatech spol. s. r. o. © 2020) (KV*SERVIS 92 ©1997) (Obec Šabina ©2020).

První část čistírny tvořil prostor s akumulací částí. Probíhala v něm separace sedimentujících a plovoucích nečistot, vyrovnání průtoku a kvality odpadní vody. Spodní část nádrže sloužila k dlouhodobé akumulaci kalu. Usazený kal se vyvážel dle potřeby, obvykle dvakrát do roka. Ve druhé části usazovací nádrže se z nabírací části odpadní voda čerpala do biozóny. Vše bylo řízeno výškou hladiny v nádrži. Při plné hladině v usazovací nádrži rameno nabralo vodu v maximálním množství a dávkovalo ji do biozóny, v opačném případě, při nízké hladině v usazovací nádrži, nabralo rameno minimální množství odpadní vody. Voda, která byla dopravena do biozóny, meandrovitě protékala jejími čtyřmi sekcemi ve směru průtoku vody,

kde byla umístěna hřídel s biokontakty, což jsou rotační tělesa částečně ponořena do odpadní vody. Na povrchu těchto nosičů byly přisedlé mikroorganismy. Zde docházelo ke střídavému smáčení povrchu biofilmu odpadní vodou a následně k prokysličení ulpělé vody stykem s okolním vzduchem. Mikroorganismy čerpaly živiny z odpadní vody proudící okolo. V průběhu čištění docházelo k obnově povrchu biofilmu a odumřelá biomasa byla z reaktoru odplavována vyčištěnou vodou. Pro předcházení zhoršení jakosti vyčištěné vody byla za biozonou umístěna dosazovací nádrž, která separovala strženou biomasu od vyčištěné vody. Kalové vody z dosazovací nádrže bylo možné vyvážet fekálním vozem (KV*SERVIS 92 ©1997). V tabulce č. 9 jsou uvedeny návrhy a výpočty pro ČOV KDČB 30/15 ve variantě pro 100 EO (KV*SERVIS 92 ©1997) (Obec Šabina ©2020):

celkové množství odpadních vod Q_{24}	15 m ³ /d
maximální hod. průtok	3,6 m ³ /h
celkové množství BSK ₅	6 kg/d
celkové množství NL	6,5 kg/d
průměrná účinnost BSK ₅	95 %
průměrná účinnost NL	90 %
produkce kalu	27 m ³ /r
výstupní parametr BSK ₅ pro odtok do recipientu	18,4 mg/l
výstupní parametr NL pro odtok do recipientu	33,5 mg/l

Tabulka 9: Návrhy a výpočty pro ČOV KDČB 30/15 (KV*SERVIS 92 ©1997) (Obec Šabina ©2020).

V roce 2001 bylo dle rozhodnutí Okresního úřadu v Sokolově, referátem životního prostředí, povoleno provozování ČOV do konce roku 2007 (Obec Šabina ©2020). Provozovatelem ČOV se stala Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r. o., která vydala také provozní řád pro obsluhu zařízení a v pravidelných intervalech zadávala akreditované laboratoři požadavek na odběr a rozbor v souladu s vodoprávním povolením. Zaznamenané výsledky rozboru byly odesílané na vodoprávní úřad a správci toku (VOSS ©2020).

Výsledky rozborů odpadních vod jsou uvedeny v tabulce č. 10 (VOSS ©2020):

Ukazatel	Vyčištěná voda	Přípustné znečištění do velikosti zdroje 500 EO	
	mg/l	„p“ [mg/l]	„m“ [mg/l]
CHSK _{Cr}	84,0	150	220
BSK ₅	28,2	40	80
NL	20,9	50	80
N-NH ₄ ⁺	30,0	-	-
P _{celk}	4,1	-	-

Tabulka 10: Rozbor odpadní vody ČOV KDČB 30/15 (VOSS ©2020).

8.3 Vyhodnocení biodiskové ČOV

V roce 2009 byla provedena studie společností EKOEKO spol. s. r. o. ke stávajícímu technickému stavu ČOV KDČB 30/15. Při vyhodnocování hydraulického a látkového zatížení bylo zjištěno, že průtok odpadních vod byl překročen přibližně o 30 % na hodnotu 19,5 m³/d. Průměrná kvalita přiváděných odpadních vod ve sledovaném období je uvedena v tabulce č. 11 (EKOEKO 2009) (VOSS ©2020):

Ukazatel	Přiváděné znečištění	
	mg/l	kg/d
CHSK _{Cr}	289	5,6
BSK ₅	138	2,7
NL	226	4,4
Zatížení ČOV	45 EO	

Tabulka 11: Kvalita přiváděných vod (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).

Průměrná kvalita vyčištěných odpadních vod mezi roky 2005 a 2006 je uvedena v tabulce č. 12 (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020):

Ukazatel	Vyčištěná voda	Účinnost čištění	Přípustné znečištění do velikosti zdroje 500 EO	
	mg/l		„p“ [mg/l]	„m“ [mg/l]
CHSK _{Cr}	84,0	70,9	150	220
BSK ₅	28,2	79,6	40	80
NL	20,9	90,8	50	80
N-NH ₄ ⁺	30,0	-	-	-
P _{celk}	4,1	-	-	-

Tabulka 12: Kvalita vyčištěných vod (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).

Z výsledného měření vyplývá nižší účinnost v odstraňování organických a nerozpuštěných látek pravděpodobně z důvodu překročení hydraulické kapacity ČOV a nižším vnosem kyslíku rotačními biodisky, kterou potvrzuje vyšší obsah amoniakálního dusíku. I přes nižší účinnost nepřesáhla ČOV maximálních požadovaných limitů dle tehdejší platné legislativy pro zdroje do 500 EO.

8.4 Návrhové parametry zatížení aktivační ČOV Šabina

Na základě předešlých zjištění o hydraulickém přetížení biodiskové čistírny a plánované další výstavbě v obci byl vytvořen návrh řešení firmou EKOEKO s. r. o. na výstavbu nové aktivační čistírny odpadních vod pro 400 EO. V tabulce č. 13 je uvedeno plánované hydraulické zatížení ČOV (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).

Veličina	Hodnota			Poznámka
	m ³ /d	m ³ /h	l/s	
Q _{24(m)}	54,0	2,3	0,63	142 osob x 120 l/(os./d)
Q _B	40,5	1,7	0,47	Q _B = 75 % Q _{24(m)}
Q ₂₄	94,5	3,9	1,09	Q ₂₄ = Q _{24(m)} + Q _B
Q _d	121,5	5,1	1,41	K _d = 1,50
Q _h	-	10,5	2,91	K _h = 2,60
Q _{maxB}	-	14,4	4,00	Q _{maxB} = 3,7 x Q ₂₄

Tabulka 13: Hydraulické zatížení ČOV (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).

Látkové zatížení odpadních vod přiváděných na aktivační ČOV je uvedeno v tabulce č. 14 (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020):

Sledovaný ukazatel	Specifická produkce g/den na 1 EO	Produkce znečištění – přítok	
		kg/den	mg/l
CHSK _{cr}	120,0	43,2	457
BSK ₅	60,0	21,6	229
NL	55,0	19,8	210
N-NH ₄ ⁺	10,0	3,6	38,1
N _{celk}	14,0	5,0	53,3
P _{celk}	2,0	0,7	7,6

Tabulka 14: Sledované ukazatele látkového množství přítoku do ČOV (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).

Návrhové hodnoty množství odpadních vod jsou uvedeny v tabulce č. 15 a kvality vyčištěných odpadních vod v tabulce č. 16 (EKOEKO, spol. s r. o. © 2009) (VOSS ©2020):

$Q_{\text{průměr}}$	$Q_{\text{max.}}$	$Q_{\text{max. měsíční}}$	Q_{rok}
1,1 l/s	4,0 l/s	4000 m ³ /měs.	40000 m ³ /rok

Tabulka 15: Návrhové množství odpadních vod ČOV (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).

Sledovaný ukazatel	„p“ [mg/l]	„m“ [mg/l]	Průměr [mg/l]	Vypouštěné znečištění [t/rok]
CHSK _{cr}	110	170	70	2,80
BSK ₅	30	50	15	0,60
NL	40	60	20	0,80

Tabulka 16: Kvalita vyčištěných vod (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).

8.5 Výstavba a technologie čištění aktivační ČOV v obci Šabina

Projekt výstavby nové čistírny odpadních vod plánoval umístění uzavřeného objektu ČOV na jižní okraj obce, mimo zastavěné území (Obec Šabina ©2020). Umístění ČOV mimo zástavbu omezí možnost vzniku negativních vlivů při provozu ČOV (hluk, snížení pachových emisí vznikajících při rozkladu organických látek). Výstavba objektu aktivační ČOV byla provedena v blízkosti biokoridoru řeky Ohře v jejím zátopovém pásmu. Z tohoto důvodu byla horní hrana stěn podzemních nádrží zvýšena o 60 cm nad hladinu povodňové zátopy Q_{100} . Zvýšení umožní zachování provozu ČOV i při případných povodňových stavech (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020). Na obrázku č. 17 je zobrazena budova ČOV v Šabině:



Obrázek 17: Budova ČOV Šabina.

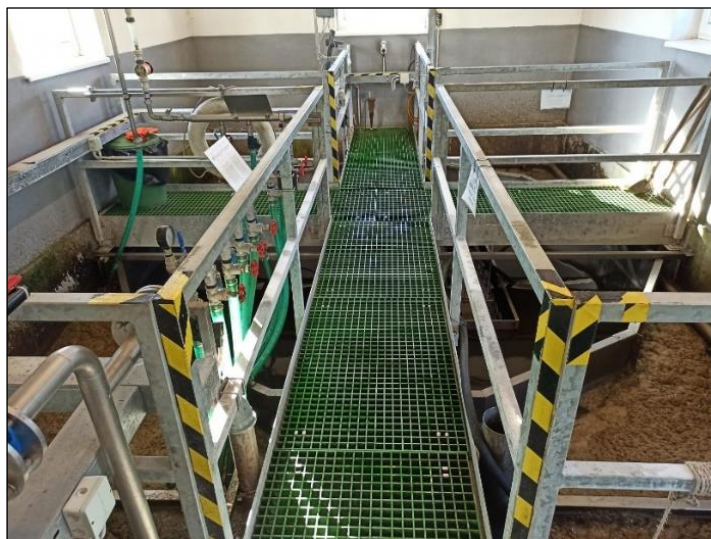
Kanalizační síť pro další výstavbu nových úseků v obci k připojení ČOV byla navržena jako oddílná. Původní část jednotné sítě zůstala zachována. Odpadní voda přiváděná kanalizační sítí je dopravena pomocí kalových čerpadel s funkcí blokování při nízké hladině na integrované hrubé předčištění v objektu ČOV. Jednotka zahrnuje kombinaci stíraného válcového síta se separátorem písku včetně řídicího rozvaděče. Odpadní voda se přivede nejdříve do stíraného válcového síta, kde je přefiltrována, zachycené shrabky jsou vyhrnovány do popelnice. Usazené částice písku s vodou jsou v separátoru propírány a dále vyhrnovacím šnekem dopraveny do další popelnice (VOSS ©2020). Zobrazení separátoru je na obrázku č.18:



Obrázek 18: Válcové síto se separátorem písku.

Odsazená odpadní voda, zbavená hrubých nečistot, je odváděna do biologické části ČOV. Biologické čištění zahrnuje nitrifikační nádrž s oddělenou denitrifikační zónou (nádrží) a vestavěnou dosazovací nádrží. Součástí je také zdroj stlačeného vzduchu (dmychadla), měření průtoku a rozvod provozní vody. Hrubě předčištěná odpadní voda natéká gravitačně do denitrifikační nádrže, kde je osazen středobublinový aerační systém, který zajišťuje promíchání aktivační směsi v anaerobním stavu. Promíchaná směs odtéká do nitrifikační nádrže. V nitrifikační nádrži, tvořené největší částí objemu monolitické podzemní vany ČOV, probíhají řízené nitrifikační procesy, kdy vlivem činnosti aerobních organismů dojde k odstranění převážné části organického znečištění z odpadní vody. V nádrži je osazen jemnobublinový aerační systém, připojený na rozvod tlakového vzduchu. Pro měření koncentrace rozpuštěného kyslíku je osazena měřicí sonda, která reguluje dodávku vzduchu od dmychadel. Přebytný

kal z prostoru nitrifikační nádrže je čerpán do uskladňovací nádrže kalu. Dosazovací nádrž je posledním stupněm procesu biologického čištění. V nádrži dochází k oddělení aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody. Nádrž je vyrobena z nerezového plechu a je osazena do monolitické nádrže. Aktivační směs je tangenciálně přiváděna do středového uklidňovacího válce zavěšeného nad středem nádrže (VOSS ©2020) (EKOEKO ©2009). Na obrázku č. 19 jsou zobrazeny nádrže biologického čištění ČOV:



Obrázek 19: Nádrže biologického čištění.

Aktivovaný kal sedimentuje na dně nádrže, vyčištěná odpadní voda je odváděna sběrným nerezovým žlabem do odtokového potrubí z ČOV. Žlab je opatřen výškově stavitelnou přelivnou hranou a předřazenou normou stěnou (EKOEKO ©2009).

Vratný kal ze dna nádrže je čerpán mamutím čerpadlem do nátokové části nitrifikace stejně jako separované plovoucí nečistoty a biologická pěna z hladiny. Do volného prostoru provozní místnosti v nadzemní části objektu ČOV je vsazena sestava 2 ks rotačních dmychadel opatřených protihlukovými kryty a umístěných ve speciálním rámu nad sebou. Dmychadla pracují v sestavě 1+1R, tj. dodávku vzduchu pro biologickou linku zajišťuje jedno pracovní dmychadlo, druhé slouží jako záloha. Množství dodávaného vzduchu je regulováno změnami otáček elektromotoru frekvenčním měničem ve vazbě na koncentraci kyslíku v aktivaci. Průtok biologicky vyčištěných odpadních vod je sledován v samostatném objektu na odtoku z ČOV. Měrný profil v plastovém provedení je doplněn ultrazvukovou sondou a vyhodnocovací jednotkou. ČOV nepotřebuje bezprostředně ke svému provozu

přívod provozní (pitné) vody. Pro ostřík, čištění nádrží a strojního zařízení je vysazena odbočka z vnitřního rozvodu pitné vody ukončená na stěně místnosti sociálního zařízení ventilem s připojením na hadici (EKOEKO ©2009). Odkalování ČOV je prováděno diskontinuálně čerpáním potřebného množství přebytečného kalu z nitrifikační nádrže do uskladňovací nádrže kalu. Odtud je kal odvážen k odvodnění a likvidaci, popřípadě k dalšímu využití na ČOV Sokolov, kterou provozuje VOSS Sokolov, s. r. o. (VOSS ©2020).

Uskladňovací nádrž je tvořena samostatnou částí monolitické vany ČOV oddělenou od prostoru biologického čištění a zakrytou železobetonovým stropem. Nádrž slouží k akumulaci a anaerobní stabilizaci přebytečného kalu před jeho odvozem. Užitečný objem nádrže zabezpečí uskladnění průměrné produkce kalu po dobu cca 60 dní. Plánované množství vyprodukovaného kalu je 18 kg/den. Obsah kalové nádrže je míchán pomocí axiálního vrtulového míchadla. V úrovni maximální hladiny nádrže je osazen bezpečnostní přeliv zaústěný do nátokové části denitrifikační nádrže. Odsazená kalová voda se odčerpává ponorným kalovým čerpadlem (VOSS ©2020) (EKOEKO ©2009). Nádrž s aktivovaným kalem je na obrázku č. 20:



Obrázek 20: Uskladňovací nádrž na kal.

Pro odtah kalu je z prostoru uskladňovací nádrže vyvedeno potrubí zakončené fekální přípojkou (VOSS ©2020) (EKOEKO ©2009). Fekální přípojka je zobrazena na obrázku č. 21:



Obrázek 21: Fekální přípojka.

Technologické vstrojení ČOV je koncipováno tak, aby její provoz kladl minimální nároky na fyzickou obsluhu při současném zajištění bezporuchového provozu. Navržený systém je řízen programovatelným automatem umožňujícím přenos poruchových stavů důležitých zařízení na centrální dispečink provozovatele nebo pomocí SMS na mobilní telefon pracovníka obsluhy. Běžnou fyzickou kontrolu provozu ČOV provádí 1 pracovník provozovatele v rozsahu 1 hod/den. Provozovatelem zařízení je firma Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r. o., Jiřího Dimitrova 1619, 356 01 Sokolov (VOSS ©2020).

Čerpací stanice je na odtoku do recipientu vybavena bezpečnostním přepadem, kterým případné nadlimitní průtoky mohou odtékat do odtoku z ČOV. Odtok je osazen zpětnou klapkou proti zaplavování vzduťou hladinou recipientu ve žlabu (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020). Na obrázku č. 22 je zobrazena zpětná klapka:



Obrázek 22: Žlab se zpětnou klapkou.

8.6 Odpady z ČOV Šabina

Z použité technologie čištění odpadních vod vznikají odpady. Přehled produkovaných odpadů, které vznikají při provozu ČOV je uveden v následující tabulce č. 17 (VOSS ©2020):

Kód odpadu	Název odpadu	Množství
19 08 01	Shrabky z česlí (bubnového síta integrovaného hrubého předčištění)	cca 0,258 t/rok
19 08 05	Kaly z čištění komunálních odpadních vod	cca 15,892 t/rok

Tabulka 17: Produkce odpadů ČOV Šabina (VOSS ©2020).

Nakládání s odpady musí být prováděno v souladu se zákonem č. 185/2001 Sb. „O odpadech“ v platném znění. Zařazení odpadů určuje vyhláška č. 93/2016 Sb. v platném znění, kterou se vydává katalog o odpadech. (Mařalák a Vaculík, 2008) Uvedené odpady jsou předávány oprávněným osobám, likvidaci odpadů zajišťuje provozovatel ČOV společnost VOSS Sokolov, s. r. o. (VOSS ©2020) (zákon č. 185/2001 Sb.) (vyhláška č. 93/2016 Sb.).

8.7 Uvedení aktivační ČOV do provozu

Čistírna odpadních vod byla v září 2011 uvedena do zkušební provozu, který probíhal v období 09/2011 až 08/2012. (MÚ Sokolov ©2012) Vyhodnocení ročního zkušební provozu bylo provedeno v závěrečné zprávě, která porovnávala povolené parametry ČOV se skutečnými hodnotami získanými 13 odběry vzorků za zkušební provozu ČOV. Schválené a naměřené hodnoty vzorků jsou uvedeny v tabulce č. 18 (VOSS ©2020). Po splnění legislativních požadavků byla ČOV v roce 2012 Městským úřadem Sokolov, odborem životního prostředí, povolena (MÚ Sokolov ©2012).

Množství Odpadní vody	Množství vody			
	prům. l/s	max. l/s	max. m ³ /měs.	m ³ /rok
	1,10	4,00	6500,00	38 000,00
Sledovaný ukazatel znečištění	Kvalita vyčištěné vody			
	„p“ [mg/l]	„m“ [mg/l]	Průměrná změřená hodnota ukazatelů v letech 2011–2012 [mg/l]	Bilance t/rok
	CHSK _{cr}	90,0	120,0	51,6
BSK ₅	25,0	35,0	9,0	0,760
NL	25,0	35,0	11,9	0,760

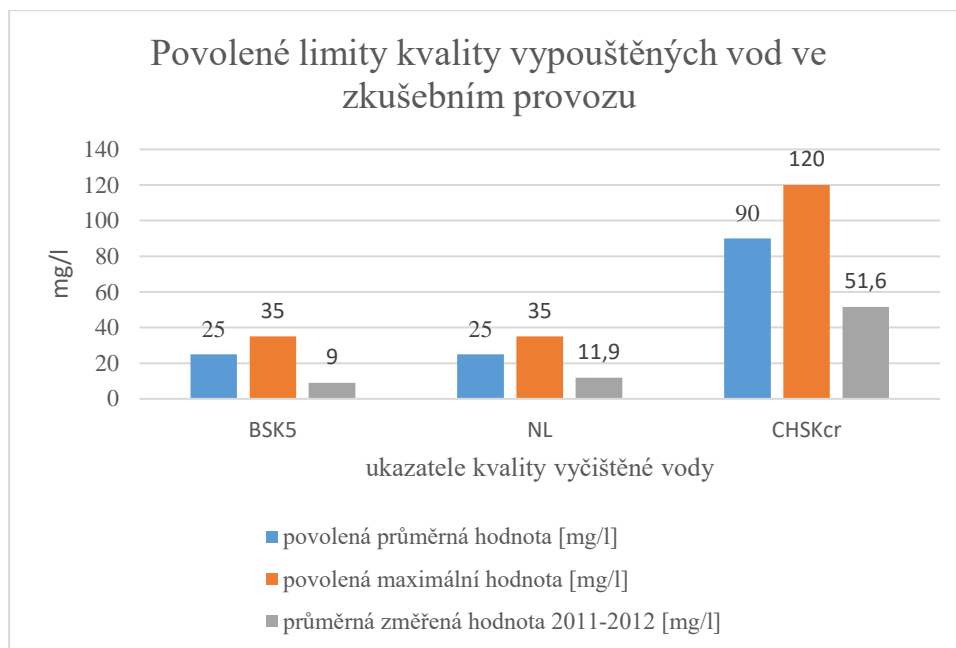
Tabulka 18: Sledované limity kvality vypouštěných odpadních vod (VOSS ©2020) (MÚ Sokolov ©2012).

Legislativní požadavky dle nařízení vlády NV č. 401/2015 Sb. v platném znění na emisní požadavky znečištění pro zdroje do 500 EO a naměřené hodnoty vzorků ze zkušebního provozu jsou uvedeny v tabulce č. 19 (VOSS ©2020) (NV č. 401/2015 Sb.):

Sledovaný ukazatel	Legislativní požadavky		Zkušební provoz 09/2011– 2012(průměr)
	„p“ [mg/l]	„m“ [mg/l]	[mg/l]
CHSK _{cr}	110	170	51,6
BSK ₅	30	50	9,0
NL	40	60	11,9
N-NH ₄ ⁺	-	-	4,2

Tabulka 19: Legislativní požadavky a průměr hodnoty vzorků z 09/2011 až 08/2012 (VOSS ©2020).

Povolené limity kvality vypouštěných vod a skutečné hodnoty sledovaných ukazatelů poskytnutých provozovatelem ČOV jsou pro porovnání uvedeny v grafu na obrázku č. 23 (VOSS s. r. o. © 2020):



Obrázek 23: Graf – porovnané limity kvality vypouštěných vod ve zkušebním provozu.

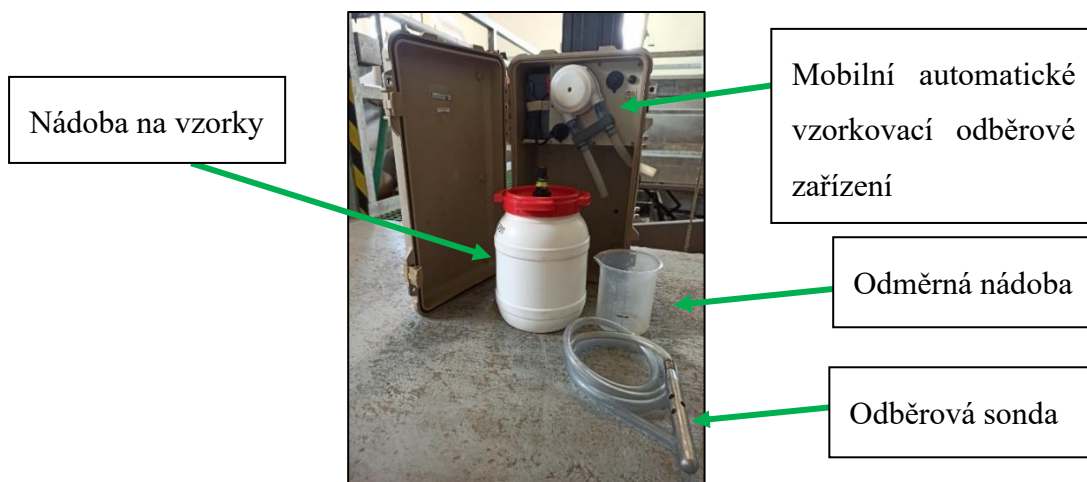
Celková účinnost nové ČOV v obci Šabina za sledované období zkušebního provozu dosahovala pro BSK₅ hodnoty 95,2 % a pro NL hodnoty 90,2 %. Nízké a stabilní hodnoty N-NH₄⁺ svědčí o dobrém průběhu nitrifikace (VOSS ©2020).

Sledované parametry ČOV nepřekročily maximální přípustnou mez znečištění dle nařízení vlády NV č. 401/2015 Sb. v platném znění pro velikost zdroje do 500 EO. Pro další provoz bylo provozovatelem doporučeno používat limity ze zkušebního provozu, které jsou přísnější než hodnoty garantované projektem (VOSS ©2020) (NV č. 401/2015 Sb.).

8.8 Odběr vzorků odpadních vod z aktivační ČOV Šabina

Provozovatel ČOV Vodohospodářská společnost VOSS Sokolov s. r. o. zadává v pravidelných intervalech požadavek na rozbor sledovaných ukazatelů znečištění akreditované laboratoři. V zadaných intervalech provádí pracovník akreditované laboratoře odběr vzorků a jejich následnou analýzu podle norem ČSN EN ISO 5667-1, ČSN EN ISO 5667-10, ČSN EN ISO 5667-14, ČSN 75 7315 v platném znění, na přítoku dle požadavků legislativy pro ČOV Šabina typu „B“ (sléváný 24 hodin. po 2 hod. ze stejných objemů) a na odtoku typ „A“ (sléváný 2 hodiny po 15 min. ze stejných objemů) (NV č. 401/2015 Sb.) (normy ČSN EN ISO 5667-1; ČSN EN ISO 5667-10; ČSN EN ISO 5667-14; ČSN 75 7315).

Odběr vzorku typu „B“ probíhá ve 24hodinovém intervalu pomocí mobilního automatického zařízení, které vždy po dvou hodinách odebere 400 ml vzorku na přítoku do ČOV, celkem tedy 4800 ml vzorku odpadních vod. Mobilní automatické vzorkovací odběrové zařízení je na obrázku č. 24:



Obrázek 24: Automatické vzorkovací odběrové mobilní zařízení

Pracovník pomocí odběrové nerezové sondy, kterou ponoří těsně pod hladinu, odebírané vody nasaje čerpadlem v mobilním automatickém odběrovém zařízení 400 ml vzorku pro kalibraci mobilního automatického vzorkovacího odběrového zařízení, obrázek č. 25:



Obrázek 25: Ponořená odběrová sonda a odběr 400 ml odpadní vody pro kalibraci zařízení.

Po provedení odběru 400 ml odpadní vody pracovník akreditované laboratoře vymění odměrnou nádobu za nádobu na vzorky, obrázek č. 23, a odběrové zařízení je tímto krokem připraveno na automatický 24hodinový automatický odběr vzorků odpadní

vody po každých dvou hodinách. Připravené mobilní automatické vzorkovací odběrové zařízení je na obrázku č. 26:



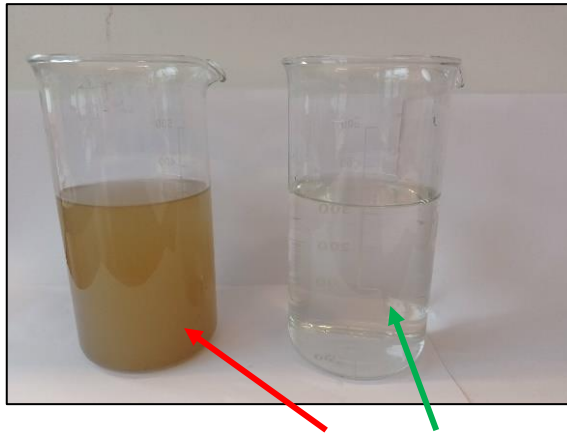
Obrázek 26: Připravené mobilní automatické vzorkovací odběrové zařízení na přítoku do ČOV.

Pro odběr vzorku „A“ odtékající vody z ČOV se používá druhé mobilní automatické odběrové zařízení, které odebere 400 ml odpadní vody z ČOV. Mobilní automatické vzorkovací odběrové zařízení se instaluje shodným postupem ve stejný den do výusti výtoku odpadní vody z ČOV. Na obrázku č. 27 je odběrová sonda ve výtokové výusti odpadní vody z ČOV:



Obrázek 27: Ponořená odběrová sonda z výtoku odpadní vody z ČOV.

Po 24hodinách ze vzorku na přítoku provede pracovník akreditované laboratoře měření teploty a pH a všechny vzorky odveze do laboratoře k analýze jednotlivých ukazatelů znečištění. Na obrázku č. 28 jsou pro srovnání zobrazeny odebrané vzorky odpadních vod z přítoku a odtoku z ČOV:



Obrázek 28: Ukázka odpadních vod z **přítoku** a **odtoku** z ČOV Šabina.

8.9 Analytika odpadních vod

Základní fyzikální a chemické metody analýz odpadní vody pro stanovení sledovaných koncentrací chemických a fyzikálních látek v odpadní vodě z ČOV jsou uvedeny v následujícím přehledu:

Gravimetrické stanovení nerozpuštěných látek [NL]:

Na filtru ze skleněných vláken se zachytí nerozpuštěné látky z přesně odměřeného homogenizovaného vzorku odpadní vody. Filtr se vzorkem se při teplotě 105 °C vysuší do konstantní hmotnosti pro určení hodnoty nerozpuštěných látek. Zbytek se po žihání dále žihá při teplotě 550 °C až do konstantní hmotnosti. Ztráta žiháním se vypočte ze stanovených hodnot pomocí vztahů (Kollerová a kol. 2003a):

Zbytek po žihání:
$$\rho(NL105) = \frac{1000 \times [m_2 - m_1]}{V_0}$$

Ztráta žiháním:
$$\rho(NL550) = \frac{1000 \times [m_4 - m_3]}{V_0}$$

Hmotnostní koncentrace:
$$\rho(Z\check{Z})_{NL} = \rho(NL105) - \rho(NL550)$$

$\rho(NL105)$	<i>hmotnostní koncentrace nerozpuštěných látek NL 105 v mg/l,</i>
$\rho(NL550)$	<i>hmotnostní koncentrace nerozpuštěných látek NL 550 v mg/l,</i>
$\rho(Z\check{Z})_{NL}$	<i>hmotnostní koncentrace ztráty žiháním nerozpuštěných látek v mg/l,</i>
m_1	<i>hmotnost filtru před stanovením v mg,</i>
m_2	<i>hmotnost filtru s nerozpuštěnými látkami v mg,</i>
m_3	<i>hmotnost prázdného kelímku před stanovením v mg,</i>
m_4	<i>hmotnost kelímku se zbytkem po žihání v mg,</i>
V_0	<i>objem vzorku použitý pro stanovení v ml.</i>

Výsledné koncentrace podle obsahu stanovených látek (NL) se uvádí v mg/l.

Stanovení amoniakálního dusíku N – ($NH_3 + NH_4^+$) [$N_{amon.}$]:

Stanovení amoniakálního dusíku se nejčastěji provádí pomocí spektrofotometrie Nesslerovou metodou. Princip metody spočívá v reakci amoniaku a hydroxidů alkalických kovů a Nesslerovým činidlem (tetrajodrtuťnan sodný nebo draselný) za vzniku jodidu. Jodid je málo rozpustná sloučenina, která vytváří při malých koncentracích žlutohnědé koloidní roztoky a tuto barvu lze vyhodnotit rychle pomocí spektrofotometrie. Pro stanovení amoniakálního dusíku lze využít také neutralizační odměrné stanovení, které vyžaduje předběžnou separaci amoniakálního dusíku ze vzorku vody destilací, kdy je plynný vodík jímán do kyseliny borité. Stanovení amoniakálního dusíku se provádí pomocí titrace. Výsledné hmotnostní koncentrace amoniakálního dusíku se uvádí v mg/l (Horáková a kol. 2003a).

Stanovení dusičnanů [N – (NO_3^-)]:

Pro stanovení dusičnanů ve vodě se nejčastěji používá metoda absorpční spektrofotometrie s 2,6 – dimethylfenolem nebo s kyselinou sulfosalicylovou pro přímé a nepřímé stanovení dusičnanů. Při této metodě jsou dusičnany vyhodnocovány jako dusitany nebo jako amoniakální dusík. Výsledné hmotnostní koncentrace dusičnanů se uvádí v mg/l (Horáková a kol. 2003b).

Stanovení dusitanů [N – NO_2]:

Metody pro stanovení dusitanů v odpadních vodách využívají schopnosti kyseliny dusité diazotovat aromatické aminolátky. Při této reakci vznikají diazoniové soli, které reagují s jiným arylaminem za vzniku azobarviva, které se vyhodnocuje pomocí spektrofotometrie. Výsledné hmotnostní koncentrace dusitanů se uvádí v mg/l (Horáková a kol. 2003c).

Stanovení biochemické spotřeby kyslíku BSK₅:

Postup rozboru odpadní vody spočívá ve stanovení obsahu rozpuštěného kyslíku v upraveném vzorku vody (temperovaný vzorek na teplotu inkubace, zředěný vzorek) mezi nultým a pátým dnem inkubace (± 4 hod.) v uzavřené lahvičce v klidu při teplotě 20 °C (± 1 °C) bez přístupu světla a atmosférického kyslíku. Vzorek obsahuje dostatečné množství rozpuštěného kyslíku a organotrofních bakterií.

Hodnoty BSK₅ se vypočtou podle vztahu:

$$BSK_5 = \rho_0 (O_2 - \rho_5 O_2)$$

$\rho_0(O_2)$: hmotnostní koncentrace kyslíku ve vzorku vody v čase nula (nultý den inkubace vzorku) v mg/l,

$\rho_5(O_2)$: hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vzorku vody po 5 dnech inkubace v mg/l.

Výsledná hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek biochemickou oxidací anorganických nebo organických látek (BSK₅) se uvádí v mg/l (Horáková a kol. 2003d).

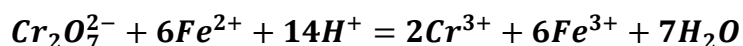
Stanovení chemické spotřeby kyslíku CHSK_{cr} pomocí dichromanu draselného:

Metoda rozboru spočívá v oxidaci vzorku organických látek prostředím dichromanem draselným v silně kyselém prostředí kyseliny sírové během dvouhodinového varu při teplotě 148 °C (± 3 °C). Při oxidaci oxidovatelných látek ve vzorku se dichromanové ionty redukuje na ionty chromité. Po ukončení oxidace se odměrným stanovením zjistí nespotebované množství dichromanu titrací odměrným roztokem síranu diamonno-železnatého na indikátor ferroin dle chemických reakcí (Horáková a kol. 2003e):

Chemická reakce při oxidaci:



Při titraci dichromanu odměrným roztokem síranu diamonno-železnatého:



Výsledné hmotnostní koncentrace kyslíku, které jsou ekvivalentní hmotnosti spotřebovaného silného oxidačního činidla za přesně vymezených podmínek reakce vzorku vody na oxidaci oxidovatelných látek v 1 litru vody (CHSK_{cr}), se uvádí v mg/l.

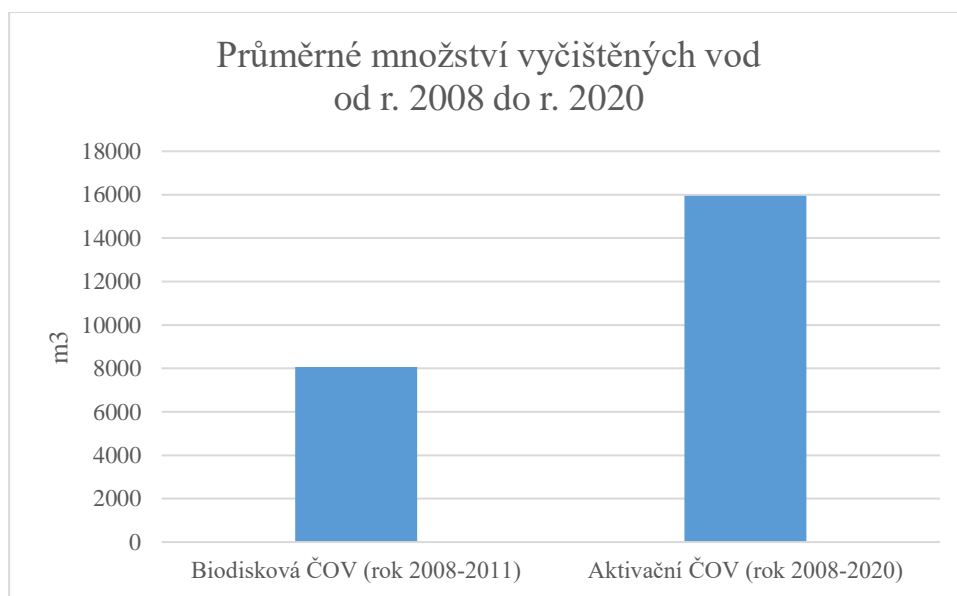
Vyhodnocení celkového fosforu P_(celk):

Fosfor se v odpadních vodách vyskytuje ve formě anorganických P_(anorg.) nebo organických P_(org.) sloučenin. V odpadních vodách je fosfor vyjádřen jako hmotnostní koncentrace celkového fosforu P_(celk) v mg/l v nefiltrovaném vzorku odpadní vody (Kollerová a kol. 2003b).

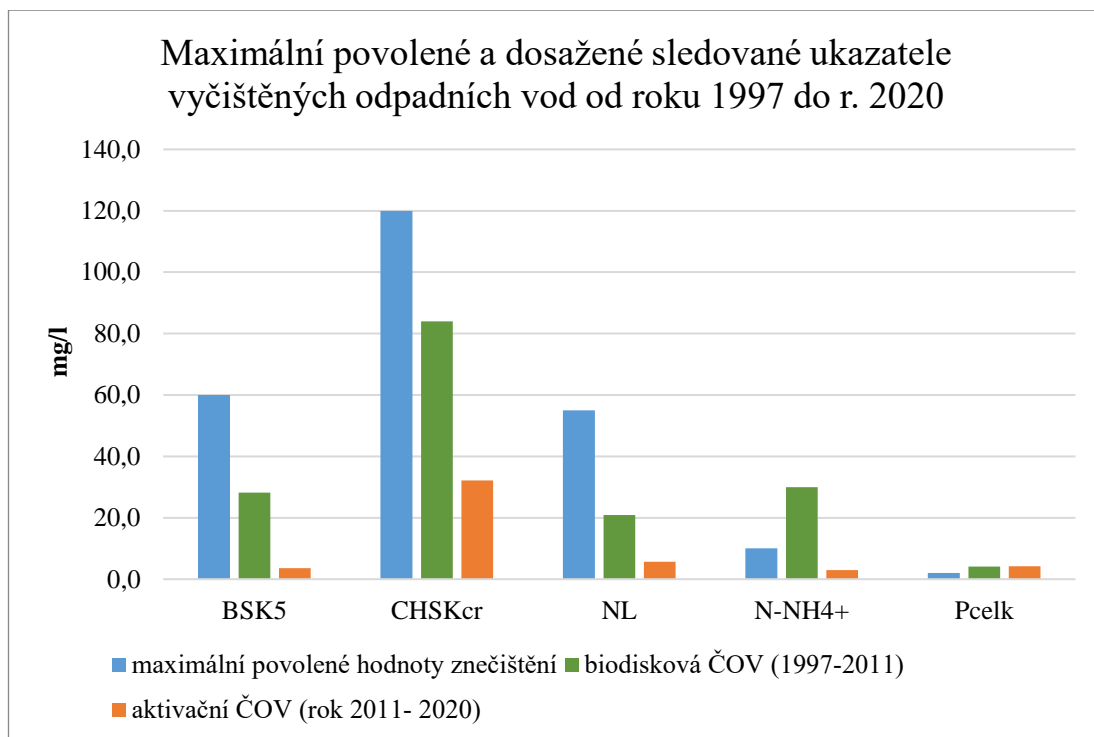
9. DISKUSE

Výstavba kanalizační sítě v části obce a biologické biodiskové čistírny odpadních vod pro 100 EO v obci Šabina přinesla významné snížení produkce znečišťujících látek, které byly do doby před výstavbou ČOV zachytávány do žump nebo čištěny pomocí septiků a následně vypouštěny trativody do povrchových vod řeky Ohře. Z důvodu nevyhovující kapacity kanalizační sítě a stávající biodiskové ČOV byla provedena výstavba kanalizační sítě pro celou obec a postavena nová aktivační biologická ČOV, která již byla kapacitně navržena na další výstavbu v obci dle schváleného územního plánu.

Výstavbou nové ČOV, dle hodnot poskytnutých provozovatelem ČOV společností VOSS s. r. o. (VOSS ©2020), došlo k významnému navýšení objemu vyčištěných odpadních vod, biologickému vyčištění a tím i splnění legislativních požadavků. Průměrné množství vyčištěných vod v obou čistírnách od r. 2008 do r. 2020 je uveden v grafu na obrázku č. 29. Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů znečištění za sledované období od roku 1997 do roku 2020, jsou uvedeny v grafu na obrázku č. 30:



Obrázek 29: Graf průměrné množství vyčištěných vod od r. 2008 do r. 2020.



Obrázek 30: Graf průměrných hodnot sledovaných ukazatelů vyčištěných vod od r. 1997 do r. 2020.

Porovnáním obou grafů lze konstatovat, že za sledované období došlo ke dvojnásobnému vyčištění odpadních vod a ke snížení průměrných hodnot sledovaných ukazatelů znečištění ve vypouštěných odpadních vodách. Vyšší průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů způsobovalo především vyšší zatížení biodiskové ČOV nad rámec plánovaného hydraulického zatížení. Aktivační ČOV v současné době pracuje přibližně na poloviční plánované kapacitě hydraulického zatížení. Z uvedených dat lze predikovat mírné zvýšení hodnot sledovaných ukazatelů znečištění v budoucnosti dané dalším rozvojem obce, které povede k dosažení plánované kapacity ČOV. Obě technologie ČOV nepřekračovaly maximální přípustné limity pro vypouštění odpadních vod dané nařízením vlády NV č. 401/2015 Sb. v platném znění pro ČOV do 500 EO (NV č. 401/2015 Sb.).

10. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo popsání jednotlivých technologických návrhů a kroků, které vedly k výstavbě kanalizační sítě, biodiskové a následně aktivační biologické ČOV v obci Šabina. V rámci bakalářské práce bylo zjištěno, že hodnoty vypouštěných odpadních vod z obou typů ČOV do recipientu řeky Ohře nepřekračovaly maximální hodnoty ukazatelů znečištění požadované legislativou na ochranu životního prostředí, pro obce do 500 EO. Aktivační ČOV v obci Šabina tedy v současné době splňuje požadavky vztahující se k platnému povolení pro vypouštění odpadních vod a je tedy velkým přínosem v ochraně životního prostředí.

Vzhledem k rostoucí výstavbě obytných domů a průmyslových staveb nejen u nás, ale i ve světě, rostou také požadavky na normy pro limity vypouštěných odpadních vod, které vedou ke zvýšené ochraně životního prostředí. Se zvýšenými limity rostou ovšem také nároky na spotřebu elektrické energie potřebné k čištění odpadních vod, která se například v roce 2016 podílela 3 % na celkové spotřebě elektrické energie v USA (Wan a kol. 2016). Úspor lze dosáhnout v procesu čištění odpadních vod především kroky, které povedou k zefektivnění provozu a snížení nároku na údržbu zařízení (Havlínek a Novotný 1996). Dalšími potřebnými kroky je snížení energetické náročnosti při čištění odpadních vod, zvýšení efektivního využití energie z kalu a použitím nových technologií čištění (Wan a kol. 2016). Rozvoj nových technologií jistě povede k dalšímu zvýšení ochrany životního prostředí a tím i k vyšší kvalitě našeho života.

11. LEGISLATIVNÍ ZDROJE

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění (online) [cit. 2020.07.22], dostupné z < <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254> >.

Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platné znění (online) [cit. 2020.07.22], dostupné z < <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274> >.

Zákon č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platné znění (online) [cit. 2020.07.22], dostupné z < <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185> >.

Zákon č. 150/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 200/1990 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů (online) [cit. 2020.07.22], dostupné z < <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-150> >.

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, v platné znění (online) [cit. 2020.07.22], dostupné z < <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401> >.

Vyhláška č. 428/2001 Sb. Vyhláška 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), v platné znění (online) [cit. 2020.08.24], dostupné z < <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428> >.

Vyhláška č. 381/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), v platné znění (online) [cit. 2020.08.24], dostupné z < <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-381> >.

Vyhláška č. 437/2016 Sb. Vyhláška o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady a změně vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání

odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady), v platném znění (online) [cit. 2020.08.06], dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/nabidka/cs/2016-437/zneni-20170101#p13-1_p13-1-1>.

Vyhláška č. 93/2016 Sb., Vyhláška o katalogu odpadu, v platné znění (online) [cit. 2020.07.22], dostupné z <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-93>>.

Vyhláška č. 328/2018 Sb. o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových, v platném znění (online) [cit. 2020.07.22], dostupné z <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-328>>.

Norma ČSN 75 6101: Stokové sítě a kanalizační přípojky. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2012. 41 s. (online) [cit. 2020.07.27], dostupné z <<https://www.tzb-info.cz/normy/csn-75-6101-2012-04>>.

Norma ČSN 75 6402: Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2017. 29 s. (online) [cit. 2020.07.27], dostupné z <[ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel – TZB-info \(tzb-info.cz\)](https://www.tzb-info.cz/normy/csn-75-6402-2017-04)>.

Norma ČSN 75 6909: Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2004. 16 s. (online) [cit. 2020.07.28], dostupné z <<https://www.tzb-info.cz/normy/csn-75-6909-2004-10>>.

Norma ČSN EN ISO 5667-1: Jakost vod – Odběr vzorků – Část 1: Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2007, 31 s. (online) [cit. 2020.08.11], dostupné z <http://www.technicke-normy-csn.cz/757051-csn-en-iso-5667-1_4_79208.html>.

Norma ČSN EN ISO 5667-10: Jakost vod. Odběr vzorků. Část 10: Pokyny pro odběr vzorků odpadních vod. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 1996, 16 s. (online) [cit. 2020.08.11], dostupné z <http://www.technicke-normy-csn.cz/757051-csn-iso-5667-10_4_18859.html>.

Norma ČSN EN ISO 5667-14: Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 14: Návod pro prokazování a řízení kvality odběru vzorků vod a manipulace s nimi. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2017, 36 s. (online) [cit. 2020.08.11], dostupné z <http://www.technicke-normy-csn.cz/757051-csn-en-iso-5667-14_4_501955.html>.

Norma ČSN 75 7315: Jakost vod – Úprava vzorků odpadních vod před chemickou analýzou. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2011, 20 s. (online) [cit. 2020.08.11], dostupné z <<https://eshop.normservis.cz/norma/csn-757315-1.3.2011.html>>.

Směrnice Rady č. 91/271/EHS, v platném a účinném znění, o čištění městských odpadních vod (online) [cit. 2020.07.23], dostupné z <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1991L0271:20081211:CS:PDF>>.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (online) [cit. 2020.07.23], dostupné z <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0060&from=CS>>.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/118/ES, o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu (online) [cit. 2020.07.23], dostupné z <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0118&qid=1595422464887&from=CS>>.

12. KNIŽNÍ ZDROJE

Dohányos, M., Koller, J., Strnadová, N., 2004: Čištění odpadních vod. Vysoká škola chemicko – technologická, Praha, 177 s. ISBN 80-7080-316-9.

Havlínek, P., Novotný, D., 1996: Intenzifikace čistíren odpadních vod. NOEL 2000 s. r. o., 250 s. ISBN 80-86020-01-0.

Herle, J., Bareš, P., 1990: Čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění. Redakce stavební, vodohospodářské a hornické literatury, SNTL, Praha, 207 s. ISBN 80-03-00587-6.

Horáková, M. a kol., 2003 a: Amoniakální dusík. Odd. 4.1.1 In: Horáková, M. a kol.: Analytika vody. VŠCHT, Praha. S. 135-137. ISBN 80-7080-520-X.

Horáková, M. a kol., 2003 b: Dusičnany. Odd. 4.1.2 In: Horáková, M. a kol.: Analytika vody. VŠCHT, Praha. S. 146-148. ISBN 80-7080-520-X.

Horáková, M. a kol., 2003 c: Dusitany. Odd. 4.1.3 In: Horáková, M. a kol.: Analytika vody. VŠCHT, Praha. S. 154-160. ISBN 80-7080-520-X.

Horáková, M. a kol., 2003 d: Biochemická spotřeba kyslíku (BSK). Odd. 5.1 In: Horáková, M. a kol.: Analytika vody. VŠCHT, Praha. S. 243-256. ISBN 80-7080-520-X.

Horáková, M. a kol., 2003 e: Chemická spotřeba kyslíku (CHSK). Odd. 5.2 In: Horáková, M. a kol.: Analytika vody. VŠCHT, Praha. S. 256-269. ISBN 80-7080-520-X.

Kollerová, L., 2003 a: Gravimetrické stanovení organických látek (NL). Odd. 2.11.3 In: Horáková, M. a kol.: Analytika vody. VŠCHT, Praha. S. 93-94. ISBN 80-7080-520-X.

Kollerová, L., 2003 b: Fosfor. Odd. 4.2 In: Horáková, M. a kol.: Analytika vody. VŠCHT, Praha. S. 168-178. ISBN 80-7080-520-X.

Lellák, J., Kubíček, F., 1992: Hydrobiologie. UK Karolinum, Praha, 260 s. ISBN 80-7066-530-0.

Mařalák, J., Vaculík, P., 2008: Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství, Zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Česká zemědělská univerzita, Praha, 170 s. ISBN 978-80-213-1747-5.

Mlejnská, E., Rozkošný, M., Baudišová, D., Vaňa, M., Wanner, F., Kučera, J., 2009: Extenzivní způsoby čištění odpadních vod. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Praha, 119 s. ISBN 978-80-85900-92-7.

Netopil, Rostislav, a kol., 1984: Fyzická geografie I. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 273 s. ISBN 14-383-84.

Pitter, P., 1981: Hydrochemie. SNTL – Nakladatelství technické literatury. 1. vyd. Praha, 376 s.

Pošta, J., Hejtmánková, A., Just, T., Růžicková, I., Koller, J., Dohányos, M., 2008: Čistírny odpadních vod. Česká zemědělská univerzita, Praha, 221 s. ISBN 978-213-1366-8.

Sojka, J., 2013: Čistírny odpadních vod pro rodinné domy. Grada Publishing, Praha, 96 s. ISBN 978-80-247-4504-6.

Šálek, J., Žáková, Z., 2008: Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech. ERA group spol. s r. o., Brno, 115 s. ISBN 978-80-7366-125-0.

Švehla, P., Tlustoš, P., Balík, J., 2007: Odpadní vody. Česká zemědělská univerzita, katedra agrochemie a výživy rostlin, Praha, 142 s. ISBN 978-80-213-1716-1.

Tuček, F., Chudoba, J., Koníček, Z., 1977: Základní procesy a výpočty v technologii vody. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 496 s.

13. INTERNETOVÉ ZDROJE

Aquatech, spol. s r. o. © 2020: ČOV nad 50 EO (online) [cit. 20.8.2020], dostupné z <<https://aquatech.cz/kategorie-produktu/cov-nad-50-eo/>>.

CeHO, © 2020: Centrum pro hospodaření s odpady 2020 2010 (online) [cit. 2020.08.13], dostupné z <[Základní informace \(ceho.cz\)](http://Zakladni_informace_ceho.cz)>.

Český statistický úřad, © 2010: Vodovody, kanalizace a vodní toky – 2010, Způsob zneškodnění kalu v roce 2010 (online) [cit. 2020.08.13], dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/vodovody-kanalizace-a-vodni-toky-2010-Ord7zmr2je>>.

Český statistický úřad, © 2019: Vodovody, kanalizace a vodní toky – 2019, Způsob zneškodnění kalu v roce 2019 (online) [cit. 2020.08.13], dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/vodovody-kanalizace-a-vodni-toky-2019>>.

Dohányos, M., 2006: Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů. Biom.cz (online) [cit. 2020.08.06], dostupné z <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu>>.

EKOCIS spol. s r. o., © 2020: Hranaté septiky pro objekty do 20 osob (online) [cit. 2020.07.27], dostupné z <<https://ekocis.cz/septiky-kruhove>>.

EKOCIS spol. s r. o., © 2020: Zemní pískové filtry Ekocis (online) [cit. 2020.08.06], dostupné z <<https://ekocis.cz/zemni-filtry>>.

Envirox s. r. o., © 2020: Zkoušky vodotěsnosti (online) [cit. 2020.07.27], dostupné z <<https://www.envirox.eu/servis-kanalizaci/zkousky-vodotesnosti/>>.

Filipendula, spol. s r. o., © 2020: Kořenová čistička – schéma fungování (online) [cit. 2020.08.06], dostupné z <<https://www.korenova-cisticka.cz/o-korenovkach/fungovani/Korenova-cisticka%E2%80%93korenova-cistirna%E2%80%93schema-fungovani.html>>.

FONTANA R, s. r. o., ©2020: Strojní česle hrubé vrchem stírané (online) [cit. 2020.07.27], dostupné z <<http://www.fontanar.cz/spolecne-dokumenty/cz/vyrobní-program/mechanicke-predcistení/SCH-V-CZ.pdf>>.

- G Servis CZ, s. r. o., © 2020: Projekty rodinných domů, žumpa 28 (online) [cit. 2020.07.27], dostupné z <<https://www.gservis.cz/projekty-rodinnych-domu/zumpa28.html>>.
- Jágllová, V., Šnajdr, M., 2009: Metodická příručka Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 ekvivalentních obyvatel. Odbor ochrany vod Ministerstva životního prostředí, Praha, 87 s. (online) [cit. 2020.07.27], dostupné z <[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/0989B086A5D140A7C1257589003ACE96/\\$file/Metodicka%20prirucka_zneskodnovani%20odpadnich%20vod.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/0989B086A5D140A7C1257589003ACE96/$file/Metodicka%20prirucka_zneskodnovani%20odpadnich%20vod.pdf)>.
- Kováčik, J., 2012: Jaké jsou časté poruchy kanalizační sítě? (online) [cit. 2020.07.27], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/kanalizacni-pripojky/9336-jake-jsou- caste-poruchy-na-kanalizacni-siti>>.
- Lens, P., Zeeman, G., Lettinga, G., 2005: Decentralised Sanitation and Reuse: Concepts, Systems and Implementation. IWA Publishing, London (online) [cit. 2020.08.13], dostupné z <<https://doi.org/10.2166/9781780402949>>. ISBN 978-1-78040-294-9.
- Mlejnská, E., 2015: Biologické nádrže využívané k čištění a dočišťování odpadních vod. VÚV TGM, v.v.i., Praha (online) [cit. 2020.08.05], dostupné z <<https://www.asio.cz/cz/356.biologicke-nadrze-vyuzivane-k-cisteni-a-docistovani-odpadnich-vod>>.
- Obec Šabina, © 2020 (online) [cit. 2020.08.13], dostupné z <[Obec Šabina: Titulní stránka \(obec-sabina.cz\)](http://obec-sabina.cz)>.
- Orakle s. r. o., © 2020: Revize kanalizace kamerou (online) [cit. 2020.07.28], dostupné z <<http://www.orakle.cz/sluzby/inspekce-kamerou.html>>.
- Sunome, A., Ghate, R., 2004: Developments in wastewater treatment methods. Water and Land Management Institute (online) [cit. 2020.07.27], dostupné z <<http://www.minnwater.com/research/ce06015/2015/Lecture-9-reading-assignment-2.pdf>>.
- Rozkošný, M., Kriška, M., Šálek, J., Bodík, I., Istenič, D., 2014: Natural Technologies of Wastewater Treatment. Global Water Partnership Central and Eastern Europe, 138 s. ISBN 978-80-214-4831-5 (online) [cit. 2020.08.05], dostupné z

https://www.danubis.org/files/File/utility_resources/user_uploads/GWP%20CEE%20Natural%20Treatment%20WW.pdf>.

Václavík, V., 2014: Vodohospodářská zařízení II, Soustavy stokových sítí (online) [cit. 2020.07.27],

dostupné z <http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/5_soustavy_stokovych_siti.html>.

Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r. o. © 2020 (online) [cit. 2020.08.20],

dostupné z <<https://www.voss.cz/>>.

Vymazal, J., 2010: Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Czech University of Life Sciences. Department of Landscape Ecology, Faculty of Environmental Sciences, Prague (online) [cit. 2020.07.30],

dostupné z <<https://doi.org/10.3390/w2030530>>.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., © 2020: Centrum pro hospodaření s odpady (online) [cit. 2020.08.13],

dostupné z <<https://www.vuv.cz/index.php/cz/vyzkumne-odbory/odbor-technologie-vody/centrum-pro-hospodareni-s-odpady>>.

[Wan, J., Gu, J., Zhao, Q., Liu, Y..2016: COD capture: a feasible option towards energy self-sufficient domestic wastewater treatment. Scientific Reports 6. \(online\)](https://doi.org/10.1038/s41598-016-02505-4)

[cit. 2020.08.06], dostupné z <<https://www-nature-com.infozdroje.czu.cz/articles/srep25054#citeas>>.

Wanner, J., 2015: Čištění odpadních vod (online) [cit. 2020.07.20], dostupné

z <<http://vodnihospodarstvi.cz/cisteni-odpadnich-vod-cr/>>.

14. PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE

ARNHOLDT ENGINEERING spol. s r.o., 1993: Šabina – Kanalizace a ČOV, „nepublikováno“. Dep.: Obecní úřad Šabina.

EKOEKO s. r. o., 2009: ČOV Šabina „nepublikováno“. Dep.: Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r. o.

Fortex – Agrostav, a.s., 1993: Čistírny odpadních vod – Šabina, „nepublikováno“.
Dep.: Obecní úřad Šabina

Investon spol. s r.o., 1995: Šabina – Čistírna odpadních vod, Kořenová čistírna odpadních vod, „nepublikováno“. Dep.: Obecní úřad Šabina.

KV*SERVIS 92 spol. s r.o., 1997: Šabina – Čistírna odpadních vod, „nepublikováno“. Dep.: Obecní úřad Šabina.

MÚ Sokolov, 2012: Rozhodnutí Městského úřadu Sokolov ze dne 07. 09. 2012, odbor životního prostředí, č.j. 81009/2012/ZP/SOKI. „nepublikováno“. Dep.: Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r. o.

Okresní úřad Sokolov, referát životního prostředí: Rozhodnutí o povolení k vypouštění odpadních vod v Šabině do Bezejmenného potoka ze dne 15. 3. 2021, č. j. ŽP/231/2001. „nepublikováno“. Dep.: Obecní úřad Šabina.

15. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schéma jednotné stokové soustavy (Václavík 2014).	7
Obrázek 2: Schéma oddílné stokové soustavy (Václavík 2014).	8
Obrázek 3: Modifikovaná stoková soustava (Václavík 2014).	8
Obrázek 4: Schéma vakuové kanalizace (Sojka 2013).	9
Obrázek 5: Schéma tlakové kanalizace (Sojka 2013).	9
Obrázek 6: Revize kanalizace kamerou (Orakle ©2020) (URL 1).	10
Obrázek 7: Žumpa 28, projekt G SERVIS CZ (G Servis CZ ©2020) (URL 2).	16
Obrázek 8: Kruhový septik (Ekocis ©2020) (URL 3).	16
Obrázek 9: Příklad instalace samonosné ČOV (schéma a foto) (Sojka 2013).	17
Obrázek 10: Vrchem stírané strojní česle (FONTANA R ©2020) (URL 4).	18
Obrázek 11: Zemní pískový filtr (Ekocis ©2020) (URL 5).	21
Obrázek 12: Biologická nádrž využívaná k čištění odpadních vod (Mlejnská 2015) (URL 6).	22
Obrázek 13: Schéma kořenové čističky (Filipendula ©2020) (URL 7).	24
Obrázek 14: Základní schéma čistírny odpadních vod s kalovým hospodářstvím. Proces: A – sedimentace, B – stabilizace, C – kondicionace, zahušťování, odvodnění, D – čerpání, E – vracení kalové vody, F, G, H – využití (Dohányos 2006) (URL 8).	26
Obrázek 15: Graf způsobu zneškodnění kalu v roce 2010 (Český statistický úřad © 2010).	28
Obrázek 16: Graf způsobu zneškodnění kalu v roce 2019 (Český statistický úřad © 2019).	29
Obrázek 17: Budova ČOV Šabina.	38
Obrázek 18: Válcové síto se separátorem písku.	39
Obrázek 19: Nádrže biologického čištění.	40
Obrázek 20: Uskladňovací nádrž na kal.	41

Obrázek 21: Fekální přípojka.....	42
Obrázek 22: Žlab se zpětnou klapkou.....	42
Obrázek 23: Graf – porovnané limity kvality vypouštěných vod ve zkušebním provozu.....	45
Obrázek 24: Automatické vzorkovací odběrové mobilní zařízení.....	46
Obrázek 25: Ponořená odběrová sonda a odběr 400 ml odpadní vody pro kalibraci zařízení.	46
Obrázek 26: Připravené mobilní automatické vzorkovací odběrové zařízení na přítoku do ČOV.	47
Obrázek 27: Ponořená odběrová sonda z výtoku odpadní vody z ČOV.....	47
Obrázek 28: Ukázka odpadních vod z přítoku a odtoku z ČOV Šabina.....	48
Obrázek 29: Graf průměrné množství vyčištěných vod od r. 2008 do r. 2020.....	51
Obrázek 30: Graf průměrných hodnot sledovaných ukazatelů vyčištěných vod od r. 1997 do r. 2020.	52

16. SEZNAM URL

URL 1: <<http://www.orakle.cz/sluzby/inspekce-kamerou.html>> [cit. 2020.07.28]

URL 2: <<https://www.gservis.cz/projekty-rodinnych-domu/zumpa28.html>>
[cit. 2020.07.27]

URL 3: <<https://ekocis.cz/septiky-kruhove>> [cit. 2020.07.28]

URL 4: <<http://www.fontanar.cz/spolecne-dokumenty/cz/vyrobniprogram/mechanicke-predcisteni/SCH-V-CZ.pdf>> [cit. 2020.07.27]

URL 5: <<https://ekocis.cz/zemni-filtry>> [cit. 2020.08.06]

URL 6: <<https://www.asio.cz/cz/356.biologicke-nadrze-vyuzivane-k-cistenia-docistovani-odpadnich-vod>> [cit. 2020.08.05]

URL 7: <<https://www.korenova-cisticka.cz/o-korenovkach/fungovani/Korenova-cisticka%E2%80%93korenova-cistirna%E2%80%93schema-fungovani.html>> [cit. 2020.08.06]

URL 8: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu>> [cit. 2020.08.06]

17. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Přehled znečišťujících látek (Pošta a kol. 2008).....	11
Tabulka 2: Emisní standardy: přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l (NV č. 401/2015 Sb.).....	12
Tabulka 3: Emisní standardy: přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod (minimální procento úbytku) v procentech (NV č. 401/2015 Sb.)....	12
Tabulka 4: Minimální roční četnosti odběrů vzorků vypouštěných městských odpadních vod pro sledování jejich znečištění (NV č. 401/2015 Sb.).....	13
Tabulka 5: Přehled typů ČOV pro čištění komunálních odpadních vod v obcích ČR (Wanner 2015).	15
Tabulka 6: Porovnání anaerobního a aerobního procesu (Rozkošný a kol. 2014)....	20
Tabulka 7: Návrh a výpočet ČOV pro 600 EO (Fortex ©1993) (Obec Šabina ©2020).	32
Tabulka 8: Návrh a výpočet kořenové ČOV pro 600 EO (KV*SERVIS 92 ©1995) (Obec Šabina ©2020).....	34
Tabulka 9: Návrhy a výpočty pro ČOV KDČB 30/15 (KV*SERVIS 92 ©1997) (Obec Šabina ©2020).	35
Tabulka 10: Rozbor odpadní vody ČOV KDČB 30/15 (VOSS ©2020).	36
Tabulka 11: Kvalita přiváděných vod (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).....	36
Tabulka 12: Kvalita vyčištěných vod (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).....	36
Tabulka 13: Hydraulické zatížení ČOV (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).....	37
Tabulka 14: Sledované ukazatele látkového množství přítoku do ČOV (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).	37
Tabulka 15: Návrhové množství odpadních vod ČOV (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).	38
Tabulka 16: Kvalita vyčištěných vod (EKOEKO ©2009) (VOSS ©2020).....	38
Tabulka 17: Produkce odpadů ČOV Šabina (VOSS ©2020).	43

Tabulka 18: Sledované limity kvality vypouštěných odpadních vod (VOSS ©2020) (MÚ Sokolov ©2012).	44
Tabulka 19: Legislativní požadavky a průměr hodnoty vzorků z 09/2011 až 08/2012 (VOSS ©2020).....	44