



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT COMMUNITIES

OPTIMALIZACE PROVOZU DOMOVNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

OPTIMIZING THE OPERATION OF DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT PLANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Kovář

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jan Kovář
Název	Optimalizace provozu domovní čistírny odpadních vod
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2014
Datum odevzdání bakalářské práce	29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014


.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] Česká republika. Úplné znění nařízení vlády č. 23/2011 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. In: 2011.
- [2] Sojka Jan. Stavíme malé čistírny odpadních vod. Vyd. ERA, 2001, 98 s. ISBN 80-86517-11-X.
- [3] LIN, Shundar. Water and wastewater calculations manual. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2007, xi, 945 s. ISBN 00-714-7624-5.
- [4] PYTL, Vladimír. Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. 1. vyd. Praha: Medim pro SOVAK - Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, 2004, x, 209 s. ISBN 80-239-2528-8.
- [5] MALÝ, Josef. Chemie a technologie vody. 2., dopl. vyd. Brno: Ardec, 2006, xii, 331 s. ISBN 80-860-2050-9.
- [6] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing.
- [7] Periodika Vodní stavitelství, Sovak.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Student se v rešeršní části práce bude zabývat možnostmi optimalizace provozu čistírny odpadních vod, definuje možnosti využití regulace koncentrace kyslíku při nitrifikaci s ohledem na účinnosti odstranění hlavních ukazatelů organického znečištění a nutrientů. V praktické části práce vyhodnotí zkušební provoz nainstalované poloprovozní jednotky ČOV. Naměřená data vyhodnotí s návrhem optimalizace jejího provozu společně s vyčíslením ekonomických úspor.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozdělte podle dále uvedené struktury:

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



Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá možnostmi optimalizace domovní čistírny odpadních vod. V rešeršní části se zaměřuje na způsoby odvádění splaškových vod z malých zdrojů. Dále jsou uvedeny nejčastější sledované ukazatele, které jsou uváděné v platné legislativě. Praktická část je zaměřena na popis optimalizované domovní čistírny odpadních vod a problémy vzniklé s chodem provozu, dále pak jednotlivé výstupy z odběrů vzorků a jejich srovnání s ukazateli v legislativě. V poslední části jsou uvedena doporučení optimalizace, které řeší vzniklé problémy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Domovní čistírna odpadních vod

Optimalizace provozu

Odpadní voda

Ukazatel

ABSTRACT

The bachelor thesis deals the possibilities of optimizing the domestic wastewater treatment plant. The research part focuses on ways of discharging wastewater from small sources. The most frequently observed indicators, which are reported in the current legislation, are also mentioned in this part. The practical part focuses on a description optimized of an domestic wastewater treatment plant and it is resulting problems with the operation, as well as the individual outputs of samples and their comparison with indicators in the legislation. The last section provides optimization recommendations that address emerged issues.

KEYWORDS

Domestic wastewater treatment plant

Optimizing operations

Wastewater

Indicator

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jan Kovář *Optimalizace provozu domovní čistírny odpadních vod*. Brno, 2015. 72 s.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního
hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29.5.2015

Jan Kovář

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Petrovi Hlušíkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a za odbornou pomoc při vypracování bakalářské práce.

V Brně dne 29.5.2015

Jan Kovář

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	ZPŮSOBY ZNEŠKODŇOVÁNÍ ODPADNÍCH VOD Z MALÝCH ZDROJŮ .	11
2.1	Domovní čistírny odpadních vod	11
2.2	Extenzivní způsoby čištění odpadních vod	12
2.2.1	Septik	12
2.2.2	Zemní pískový filtr	13
2.2.3	Kořenová čistírna odpadních vod.....	14
2.2.4	Zemní infiltrační systém.....	15
3	DOMOVNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	16
3.1	Legislativa v České republice	16
3.1.1	Kategorie domovních čistíren odpadních vod	17
3.1.2	Hodnoty emisních standardů	18
3.2	Legislativa Evropské unie.....	19
3.2.1	Směrnice Evropského parlamentu a rady 2000/60/ES	19
3.2.2	Směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod	20
3.3	Návrh domovních čistíren odpadních vod.....	20
3.4	Účinnost domovních čistíren odpadních vod	20
3.5	Části domovních čistíren opdaních vod.....	21
3.5.1	Vtoková část.....	21
3.5.2	Usazovací nádrž	21
3.5.3	Aktivační prostor.....	21
3.5.4	Dosazovací nádrž	22
3.5.5	Odtokový objekt.....	22
3.5.6	Strojní vybavení domovních čistíren odpadních vod	22
3.6	Výrobci domovních čistíren odpadních vod v české republice.....	23
3.7	Kontrola domovních čistíren odpadních vod ČOI	27
4	NEJČASTĚJI SLEDOVANÉ HODNOTY A JEJICH MĚŘENÍ.....	28
4.1	Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)	29
4.2	Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)	30
4.3	Nerozpuštěné látky (NL).....	30

4.4	Teplota vody.....	30
4.5	Koncentrace vodíkových iontů (Hodnota pH)	31
4.6	Elektrolytická konduktivita	31
4.7	Formy dusíku.....	31
4.8	Celkový fosfor	32
4.9	Koncentrace rozpuštěného kyslíku	33
5	MOŽNOSTI OPTIMALIZACE PROVOZU DOMOVNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	35
5.1	Kontrola bytlnění kalu	35
5.2	Vliv nutrientů.....	36
5.3	Cíl biologického odstranění dusíku.....	36
5.4	Cíl biologického odstranění fosforu	37
5.5	Nedostatek kyslíku v aktivaci	37
5.6	Chrakteristika odpadní vody	37
6	PRAKTICKÁ ČÁST	39
6.1	Popis lokality.....	39
6.2	Popis sledované domovní čistírny odpadních vod	39
6.2.1	Všeobecné parametry AS – VARIOcomp 5 K podle výrobce	40
6.2.2	Proces čištění odpadní vody.....	42
6.3	Posouzení návrhových a skutečných parametrů	44
6.3.1	Zatěžovací stav I	44
6.3.2	Zatěžovací stav II	45
6.4	Historie domovní čistírny odpadních vod	47
6.5	Rozbory vyčištěné odpadní vody.....	47
6.5.1	Odběr vzorku I	48
6.5.2	Odběr vzorku II.....	48
6.5.3	Odběr vzorku III.....	50
6.5.4	Kontrolní pozorování	51
6.5.5	Odběr vzorku IV	52
6.5.6	Problémy domovní čistírny odpadních vod.....	54

6.6	Optimalizace provozu domovní čistírny odpadních vod.....	56
6.7	Vyhodnocení	59
7	ZÁVĚR.....	61
8	POUŽITÁ LITERATURA	63
	SEZNAM TABULEK	65
	SEZNAM GRAFŮ	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	69
	SUMMARY	72

1 ÚVOD

Zneškodňování odpadní vody z malých zdrojů, a to především rodinných domů, penzionů nebo rekreačních objektů v lokalitách, kde není veřejná stoková síť s napojením na centrální čistírnu, je problémem, který vede k zamyšlení, jakým způsobem odvést vyprodukovanou odpadní vodu z těchto objektů. V současné době je několik možných způsobů, jak tuto problematiku řešit.

V úvodní části bakalářská práce je přehled možných způsobů zneškodňování splaškové odpadní vody z malých zdrojů. A to především domovními čistírnami odpadních vod, které se nejčastěji instalují k nově budovaným rodinným domům.

Dále jsou v první části uvedeny kategorie domovních čistíren odpadních vod a jejich přípustné a maximální hodnoty pro vypouštění do vod povrchových, vod podzemních podle platné legislativy České republiky. A také jsou zde uvedeny směrnice Evropské unie zabývající se hospodaření s vodami.

V další části je popsán návrh domovních čistíren podle norem a počtu napojených ekvivalentních obyvatel na danou domovní čistírnu. Jsou zde zmíněné účinnosti čištění, které se řídí platnou legislativou. Dále je v hlavní části ucelený přehled výrobců a cen domovních čistíren odpadních vod do 10 ekvivalentních obyvatel.

Před praktickou částí bakalářské práce jsou uvedeny nejčastěji sledované hodnoty vypouštěné odpadní vody z domovních čistíren a jejich měření. A jsou zde uvedeny možnosti optimalizace domovní čistírny odpadních vod a to především regulací kyslíku a použité aerace v aktivační části čistírny.

V praktické části je popsána sledovaná domovní čistírna a její technologická linka při procesu čištění splaškové odpadní vody. Na této čistírně je proveden výpočet návrhových hodnot, které je schopna čistírna pojmout a zároveň srovnání se skutečnými hodnotami, které byly stanoveny rozborů vzorků. Vzorky byly odebírány postupně od ledna roku 2015 do května roku 2015. Jednotlivé odběry, zkoušky sedimentace aktivovaného kalu a hodnoty rozpuštěného kyslíku a jejich výsledky jsou zde také zmíněny.

Cílem praktické části bylo vyhodnotit instalovanou domovní čistírnu a porovnat návrhové a skutečné parametry odtékající vyčištěné odpadní vody a zjištění možných příčin nevyhovujících parametrů na odtoku s možnostmi optimalizace jejího provozu a ekonomickými úsporami.

2 ZPŮSOBY ZNEŠKODŇOVÁNÍ ODPADNÍCH VOD Z MALÝCH ZDROJŮ

Jedná se především o malé zdroje znečištění, rozptýlenou zástavbu, nově vybudované satelity, penziony, chaty nebo malé průmyslové provozy, zemědělské usedlosti atd. Současná legislativa nám umožňuje v podstatě dvě možnosti, a to akumulaci odpadní vody a její odvoz nebo individuální způsob čištění odpadních vod. Způsob řešení je vhodné projednat na místě příslušným stavebním úřadé odboru životního prostředí. Ten by měl mít jasnou koncepci pro řešení každé lokality s výhledem do budoucna. V oblastech, kde je velmi nákladné budovat kanalizační síť a centrální čistírnu, je menším zlem objekty sdružit do několika malých čistíren nebo vybavit každý objekt samostatnou čistírnou než prosazovat akumulaci odpadních vod v bezodtokových jímkách. [2]

2.1 DOMOVNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

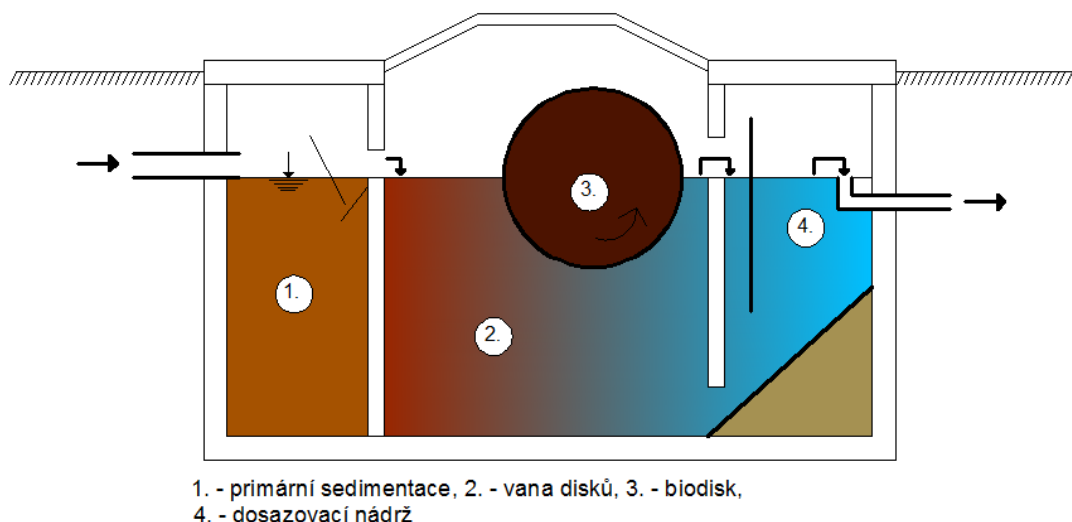
Výrobky této kategorie se používají pro čištění odpadních vod z jednotlivých staveb nebo jejich skupin, přičemž počet napojených obyvatel nesmí převýšit hodnotu 50 EO. Z hlediska technického řešení se používají různé konstrukce domovních čistíren odpadních vod. [4]

Rozeznáváme dva základní způsoby čištění odpadních vod – anaerobní a aerobní, popřípadě jejich vzájemné kombinace. Oba způsoby jsou založeny na principu biologického odbourávání přiváděného znečištění mikroorganismy. Anaerobní způsob lze charakterizovat jako proces bez přístupu kyslíku s nižší účinností čištění než aerobní, který vyžaduje dodávku kyslíku do aktivační směsi (dmychadlem, biokontaktorem, čerpadlem s ejektorem). [3]

Při biologickém čištění odpadních vod se uplatňují procesy podmíněné činností mikroorganismů, které se rozkládají na organické látky. Nejběžnějšími způsoby biologického čištění jsou:

- modifikace aktivačního procesu;
- biologické biofiltry;
- biofilmové reaktory s přisedlou biomasou; (Obr. 2.1)
- anaerobní reaktory s přisedlou biomasou. [2]

V zásadě lze říci, že nelze upřednostňovat konkrétní systém, ale spíše se řídit místními požadavky. Uvedené technologie jsou pro velikostní zdroje znečištění do 50 EO převážně dodávány jako kusové kontejnerové čistírny, které musejí být certifikovány podle normy ČSN EN 12566-3: Balené a/nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod. [2]



Obr. 2.1 Rotační biofilmový reaktor [zdroj: Kovář]

2.2 EXTENZIVNÍ ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Extenzivní neboli přírodní způsoby čištění odpadních vod využívají v přírodě se vyskytující samočisticí procesy, které probíhají v půdním, vodním nebo mokřadním prostředí. Extenzivní způsoby lze úspěšně použít pro odpadní vody s nízkým znečištěním (odpadní vody s vysokým obsahem balastních vod, šedé vody atd.). Extenzivní způsoby čištění odpadních vod lze výhodně využívat k objektům s převážně přerušovaným a víkendovým provozem, kde lze jen obtížně používat aktivační procesy vod. [2]

2.2.1 Septik

V septiku probíhá rozklad zachycených pevných a plovoucích látek. Jedná se o průtočnou nádrž, která je rozdělena na dvě nebo tři komory. Velikost septiku se odvíjí od počtu připojených obyvatel. Doporučená doba zdržení odpadní vody v septiku je 3 – 5 dní. Vzhledem k nízké účinnosti čištění je možné předčištěné vody vypouštět bez dalšího dočištění do recipientu pouze výjimečně (povoleno pouze u samostatně stojících objektů s maximálním počtem ekvivalentních obyvatel 5). Z toho důvodu se septiky kombinují např. se zemním nebo pískovým filtrem. [3] (Obr. 2.2)

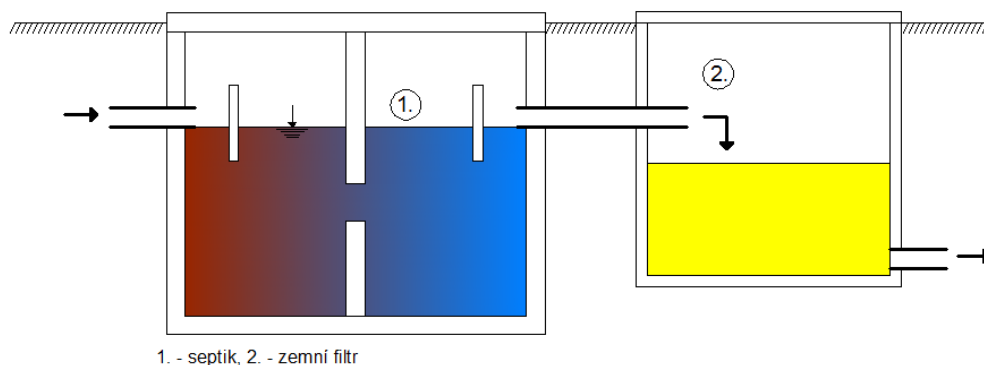
Výhody:

- nízké provozní náklady;
- nulová spotřeba elektrické energie;
- provozní nenáročnost. [3]

Nevýhody:

- omezená životnost filtrů (cca 15 let);
- nízká účinnost čištění;

- vysoký spád na filtru (cca 0,9 – 1,2 m). [3]



Obr. 2.2 Septik se zemním pískovým filtrem [zdroj: Kovář]

2.2.2 Zemní pískový filtr

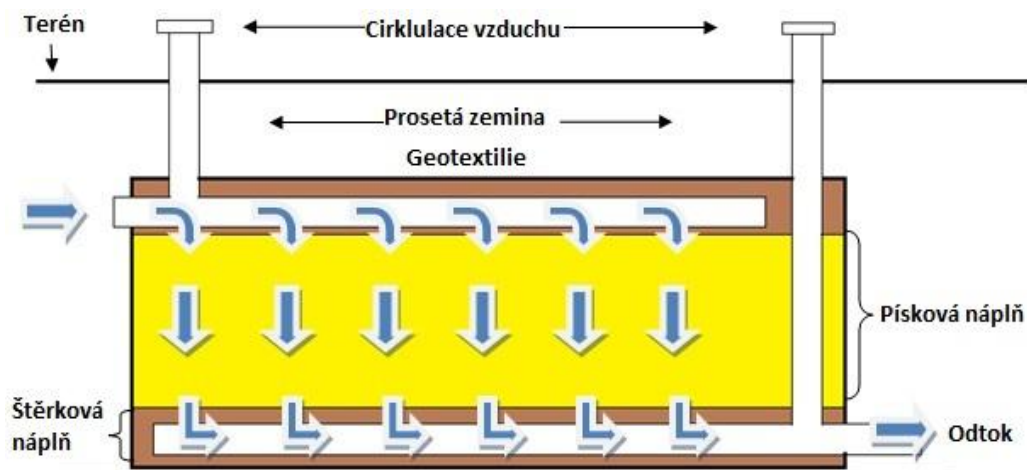
Funkce zemního filtru je založena na současně probíhajících procesech biochemických a fyzikálně-chemických. Zemní filtr může být použit pro čištění odpadní vody předčištěné například v septiku nebo po mechanicko-biologickém čištění. Zemní filtr je objekt zahrnující horní rozváděcí drenáž filtrační lože, dolní sběrnou drenáž. [2] (Obr. 2.3)

Výhody:

- nízké pořizovací náklady;
- nízké provozní náklady;
- nulová spotřeba elektrické energie;
- poměrně vysoká účinnost čištění. [2]

Nevýhody:

- omezená životnost filtrů;
- vysoký spád na filtru (cca 0,9 – 1,2 m);
- zastavěná plocha. [2]



Obr. 2.3 Zemní pískový filtr [zdroj: <http://www.poolone.sk/zemni-filtry/>]

2.2.3 Kořenová čistírna odpadních vod

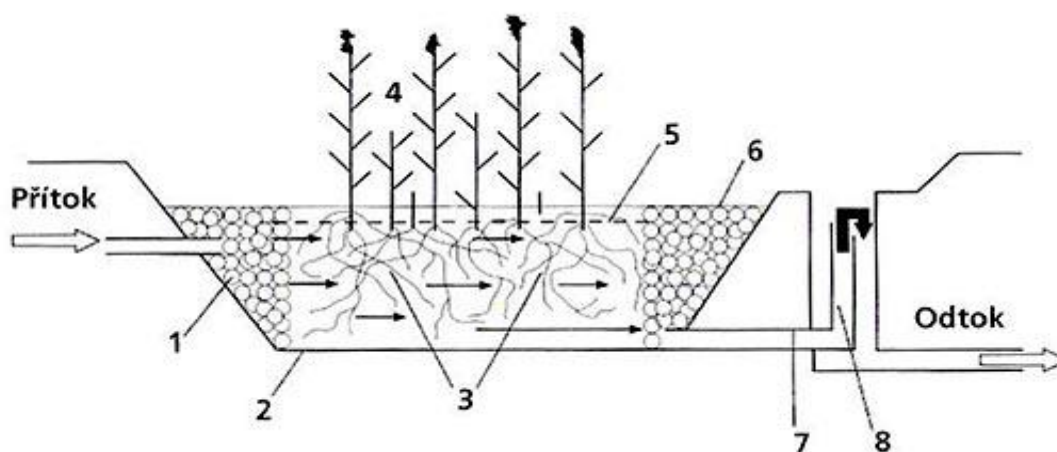
Jako kořenové čistírny odpadních vod jsou označovány systémy umělých mokřadů s podpovrchovým horizontálním tokem, jejichž základním principem čištění je horizontální průtok odpadní vody propustným substrátem, kde jsou vysázeny mokřadní rostliny. Samočistící proces, ke kterému zde dochází, je založen na schopnosti bakterií odstraňovat organické znečištění. Význam rostlin v kořenové čistírně spočívá především v tom, že jejich kořeny poskytují substrátu prostředí pro rozvoj bakterií, které odbourávají organickou hmotu. Kořeny rostlin vylučují totiž látky, které odstraňují bakterie, indikující fekální znečištění. Touto metodou se odstraňují hlavně rozpuštěné látky, nerozpuštěné látky a s menší účinností také odstraňují dusíkaté a fosforečné znečištění. [10] (Obr. 2.4)

Výhody:

- minimální nároky na údržbu;
- nevyžadují elektrickou energii;
- mohou plnit i okrasnou funkci;
- menší náchylnost k poruše systému. [11]

Nevýhody:

- musí mít mechanické předčištění;
- vyšší nároky na plochu. [10]



Obr. 2.4 Kořenová čistírna [zdroj: <http://www.kcov-rostliny.cz/Images/obr.jpg>]

Typické upořádání kořenové čistírny: 1 - distribuční zóna (kamenivo, 50 - 200 mm), 2 - nepropustná bariéra (PE/PVC), 3 - filtrační materiál (kačírek, štěrk, drcené kamenivo), 4 - vegetace, 5 - výška vodní hladiny v kořenovém loži nastavitelná v odtokové šachtě, 6 - odtoková zóna (shodná s distribuční zónou), 7 - sběrná drenáž, 8 - regulace výšky hladiny

2.2.4 Zemní infiltrační systém

Zemní infiltrační systémy umožňují pouze určitou míru čištění. Jsou založeny na podobném principu jako systémy filtrační, rozdíl mezi nimi je v tom, že odpadní vody, které projdou zemním infiltračním systémem, jsou z tohoto systému vypouštěny přímo do půdy nebo do horninového prostředí. Většinou se jedná o systém, který rozvádí vyčištěnou odpadní vodu do půdy skrze infiltrační lože, násyp nebo vsakovací příkop. [2]

Zemní infiltrační systémy jsou používány pro vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních a slouží pouze jako vsakovací prvek, nikoli jako prvek k čištění odpadních vod. [2]

3 DOMOVNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

Domovní čistírna odpadních vod je zdravotně technické zařízení k čištění splaškových vod. Aby čistírna plnila svoje poslání, nelze ji jen postavit, je nezbytné postarat se o její správný provoz a údržbu. Vždy jde o poměrně nákladné a z technologického hlediska složitějšího zařízení, jehož činnost závisí především na pravidelném, odborném a spolehlivém provozu. Toto platí pro všechny velikosti čistíren, tedy i pro domovní čistírny. [5]

Hlavní zásadou úspěšného provozu čistírny, splňujícího požadavky na ochranu vod a životního prostředí, je její nepřetržitý provoz, o který se musí provozovatel čistírny postarat v první řadě. [5]

Kategorie domovní čistírny odpadních vod, je kategorií, u níž je v řadě zemí aplikován zvláštní, tzv. výrobový přístup. Tento přístup vychází z toho, že zdroje odpadních vod jsou si podobné, řešení jsou obdobná a je třeba chránit konečného uživatele před nekvalitními výrobky. Proto musí každý výrobek určený pro tuto kategorii projít zkouškou typu, na jejím základě je poté výrobek označen značkou CE. [4]

Je celá řada domovních čistíren odpadních vod, liší se jak po stránce technologické, tak po stránce užitné hodnoty. V případě technologií, jsou v zásadě dva způsoby:

- bakterie účastníci se čistícího procesu se vznášejí ve formě vloček (aktivační ČOV);
- bakterie přisedlé na nějakém nosiči (ČOV s nárůstovými technologiemi).

Případně jsou možné i kombinace těchto technologií. V zásadě obecně platí, že nárůstové technologie jsou stabilnější, aktivace (čili vločky ve vznosu) pak vhodnější na více zatížené vody a jsou levnější. Kombinace nárůstových kultur a aktivace je sice účinné a stabilní řešení, ale je nejdražší. Pro oba typy je z pohledu dlouhodobé stability vhodné používat akumulární jímku na kal, která umožňuje dlouhodobou retenci kalu v systému bez nebezpečí nedobrovolného odkalování odtokem z DČOV. [4]

3.1 LEGISLATIVA V ČESKÉ REPUBLICE

Rozhodujícím zákonem pro povolení domovní ČOV, je novela vodního zákona číslo 150/2010 Sb. ze dne 23. dubna 2010, kde pro povolení vypuštění přečištěných odpadních vod podle §15a, odstavce 1 (ČOV do kapacity 50 EO, výrobek s certifikací CE) je postačující, ohlášení s náležitostí podle odstavce 2. Přečištěnou odpadní vodu z domovní ČOV lze vypouštět buď do vod povrchových (řeka, rybník, dešťová kanalizace atd.) nebo do vod podzemních (vsak). Toto vypouštění musí splňovat platné Nařízení vlády č. 23/2011 Sb. nebo Nařízení vlády č. 416/2010 Sb. podle toho, jaký způsob vypouštění je zvolen. [12]

3.1.1 Kategorie domovních čistíren odpadních vod

Domovní čistírny odpadních vod jsou rozděleny do 3 kategorií podle minimální přípustné účinnosti čištění při certifikaci domovní čistírny odpadních vod dle Nařízení vlády č.190/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky označené CE, ve znění pozdějších předpisů a dle ČSN EN - 12566-3 Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 3: Balené a/nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod. [6]

Vypouštění přečištěných odpadních vod do vod povrchových

Třída I

DČOV určené pro obvyklé vypouštění do vod povrchových. S DČOV třídy I se uvažuje jako s obvyklým řešením pro většinu lokalit, ve kterých se využití DČOV předpokládá, a to zejména tam, kde se prokáže, že použitím zařízení této třídy nebudou překročeny normy environmentální kvality uvedené v příloze č. 3 k tomuto nařízení. Příslušným certifikátem dle ČSN EN 12566-3 je doložena požadovaná úroveň odstranění uhlíkatého znečištění. [6]

Třída II

DČOV, u nichž je vyšší účinnost odstranění uhlíkatého znečištění a stabilní nitrifikace nutná vzhledem ke zvýšené ochraně recipientu, zejména tam, kde zvýšený obsah amoniaku může působit toxicky na vodní ekosystémy a tam, kde malá vodnatost toku nezaručuje dosažení norem environmentální kvality a požadavků na užívání vod v příloze č. 3 k tomuto nařízení. DČOV musí garantovat při navrhovaném zatížení dostatečné aerobní stáří kalu tj. větší objem aktivace ve srovnání s třídou I nebo jiný konstrukční prvek zaručující zvýšení koncentrace vhodných mikroorganismů v systému např. nosič biomasy apod. [6]

Třída III

DČOV, u nichž je vyšší účinnost nitrifikace a odstranění fosforu nutné z důvodu vypouštění do vod povrchových s přísnějšími požadavky z důvodu užívání vod pro vodárenské účely apod. Jedná se nejčastěji o DČOV třídy II, doplněné např. membránovou filtrací nebo jiným dalším stupněm čištění – chemickým srážením, filtrací (pískový filtr, zemní filtr), sorpci apod. Tyto DČOV musí být vybaveny odděleným prostorem pro akumulaci kalu. [6]

V následující tabulce 3.1 jsou uvedeny třídy domovních čistíren odpadních vod a jejich minimální přípustná účinnost čištění podle NV č. 23/2011 Sb. Tabulka 3.1 se vztahuje na certifikované domovní čistírny odpadních vod podle ČSN EN 12566-3 a na vodní díla ohlašovaná podle §15 vodního zákona č. 254/2001 Sb. [12]

Tab. 3.1 Minimální přípustná účinnost čištění stanovena při certifikaci DČOV v % [6]

Třída DČOV	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
I	70	80	90	-	-
II	75	85	90	75	-
III	75	85	95	80	80

V případě, že vyčištěná voda vypouštěná z DČOV bude znovu využívána (sprchování, mytí, zalévání) nebo bude vypouštěna do vod ke koupání, musí být taková DČOV vybavena i hygienickým zabezpečením (membránová filtrace, UV apod.). [6]

3.1.2 Hodnoty emisních standardů

V této části jsou uvedeny emisní standardy pro vypouštění odpadních vod do povrchových a podzemních vod podle platné legislativy České republiky.

V tabulce 3.2 jsou uvedeny emisní standardy přípustných a maximálních hodnot koncentrací jednotlivých znečištění vypouštěných odpadních vod pro čistírny do 500 EO. [6]

Tab. 3.2 Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění OV podle NV 23/2011 Sb. [6]

ČOV do kapacity 500 EO	přípustné hodnoty „p“	maximální hodnoty „m“
CHSK _{Cr}	150 mg·l ⁻¹	220 mg·l ⁻¹
BSK ₅	40 mg·l ⁻¹	80 mg·l ⁻¹
NL	50 mg·l ⁻¹	80 mg·l ⁻¹

U certifikovaných čistíren podle EN 12566-3, kterým byla naměřena účinnost čištění v akreditované laboratoři a mají udělen certifikát CE, nejsou požadovány odběry vzorků během provozu, pokud se jedná o vypouštění do vod povrchových nebo do kanalizace. [12]

Vypouštění přečištěných odpadních vod do vod podzemních

O náležitostech povolení k vypouštění přečištěných odpadních vod do vod podzemních pojednává Nařízení vlády č.416/2010 Sb., které zmiňuje četnost vzorkování pro tyto případy jako dvakrát ročně. Ukazatele a emisní standardy přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných do vod podzemních se odvíjí podle staveb určené k bydlení a rekreaci nebo stavby poskytující služby. [13]

V následujících tabulkách 3.3 jsou uvedeny hodnoty emisních standardů vypouštěných odpadních vod z domovních čistíren určených pro bydlení a rekreaci podle ekvivalentních obyvatel určujících velikost DČOV. U tabulky 3.4 jsou emisní standardy nepřekročitelné pro vypouštění odpadních vod z objektů poskytující služby. Minimální účinnosti certifikovaných domovních čistíren odpadních vod jsou uvedeny v tabulce 3.5.

Tab. 3.3 Ukazatele a emisní standardy pro OV vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rekreaci v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [13]

Kategorie ČOV (EO)	nepřekročitelná hodnota „m“ ³					nepřekročitelná hodnota „m“ ⁴	
	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	NL	P _{celk}	Escherichia coli	Enterokoky
< 10	150	40	20	40	10	-	-
10 - 50	150	40	20	40	10	50 000	40 000
> 50	130	30	20	40	8	50 000	40 000

3. nepřekročitelná hodnota ukazatele znečištění OV vypouštěné do podzemních vod v $\text{m}\cdot\text{l}^{-1}$

4. nepřekročitelná hodnota ukazatele znečištění OV vypouštěné do podzemních vod v KTJ (kolonie tvořících jednotek)/100 ml

Tab. 3.4 Ukazatele a emisní standardy pro OV vypouštěné z jednotlivých staveb poskytujících služby v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [13]

nepřekročitelná hodnota „m“ ³					nepřekročitelná hodnota „m“ ⁴	
CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	NL	P _{celk}	Escherichia coli	Enterokoky
130	30	20	30	8	50 000	40 000

3. nepřekročitelná hodnota ukazatele znečištění OV vypouštěné do podzemních vod v $\text{m}\cdot\text{l}^{-1}$

4. nepřekročitelná hodnota ukazatele znečištění OV vypouštěné do podzemních vod v KTJ (kolonie tvořících jednotek)/100 ml

U certifikovaných domovních čistíren odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel, ze kterých jsou odpadní vody vypouštěny do vod podzemních je určena minimální přípustná účinnost čištění v procentech podle Nařízení vlády č.416/2010 Sb. [13]

Tab. 3.5 Minimální přípustná účinnost čištění do podzemních vod pro certifikované DČOV v % [13]

Kategorie	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	NL	P _{celk}
DČOV-PVZ	90	95	80	95	80

3.2 LEGISLATIVA EVROPSKÉ UNIE

Mezi dvě hlavní evropské nařízení patří směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod a směrnice Evropského parlamentu a rady 2000/60/ES.

3.2.1 Směrnice Evropského parlamentu a rady 2000/60/ES

Účelem této směrnice je stanovit rámec pro ochranu vnitrozemských povrchových vod, braktických vod, pobřežních vod a podzemních vod, který:

- zabrání další zhoršování a ochrání stav vodních ekosystémů;
- podpoří trvale udržitelné užívání vod založené na dlouhodobé ochraně vodních zdrojů;
- povede ke zvýšené ochraně a zlepšení vodního prostředí;

- d) zajistí snížení znečištění podzemních vod a zabrání jejich dalšímu znečišťování;
- e) přispěje k zajištění dostatečných zásob povrchových a podzemních vod dobré jakosti. [14]

3.2.2 Směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod

Tato směrnice se týká odvádění, čištění a vypouštění městských odpadních vod a čištění a vypouštění odpadních vod z určitých průmyslových odvětví. Cílem této směrnice je ochrana životního prostředí před nepříznivými účinky vypouštění výše uvedených odpadních vod. [15]

3.3 NÁVRH DOMOVNÍCH ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Domovní čistírny odpadních vod se navrhují podle předpokládaného množství ekvivalentních obyvatel. Vztah mezi obyvateli, návštěvníky a ekvivalentními obyvateli se určí podle místních podmínek nebo PRVKÚK. Podle požadavku na úroveň DČOV se volí její typ, podle množství napojených ekvivalentních obyvatel pak její velikost. Důležité je při osazování dodržet pokyny výrobců – zpravidla nutnost odvětrat DČOV nad úroveň nejvyššího podlaží, vhodně ji umístit z hlediska vyklizení kalu i z hlediska hygienického (směr větrů, možnost úniku zápachu, zastínění apod.). [4]

Návrh domovních čistíren odpadních vod se také řídí podle norem:

ČSN 75 6402 – Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel

Tato norma obsahuje podklady pro navrhování, výstavbu a provoz malých mechanicko-biologických čistíren odpadních vod z jednotlivých objektů, kde vznikají odpadní vody charakteru městských odpadních vod a kde velikost zdroje znečištění nepřekročí 500 ekvivalentních obyvatel. [16]

ČSN EN 12566-3+A1 – Malé domovní čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 3: Balené a/nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod

Evropská norma, která stanovuje požadavky, zkušební metody, označování a hodnocení shody pro balené a/nebo na místě montované domovní čistírny používané pro skupiny do 50 obyvatel. Malé čistírny odpadních vod podle této normy se používají pro čištění splaškových (domovních) odpadních vod. [17]

3.4 ÚČINNOST DOMOVNÍCH ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Je třeba si uvědomit, že DČOV jsou určeny výhradně pro splaškové vody, proto se nepočítá s čištěním vod průmyslových. Nejsou do nich zaústěny srážkové vody a odpadá tedy problém s nízkými teplotami (pokud je DČOV zateplená). Dimenzování technologie je prováděno tak, aby byl zajištěn spolehlivý provoz, a tato technologie je prověřena zkouškou typu. Tedy i po stránce technologické jsou předpoklady k dosažení vysokého

stupně čištění. Problém je však nejčastěji ve způsobu provozování, což znamená, že pokud se podaří zavést efektivní systém provozování a kontroly provozu, pak jsou tyto technologie z hlediska úrovně čištění přinejmenším rovnocenným řešením vůči centrálním systémům. [4]

Účinnost domovních čistíren odpadních vod podle tříd v NV č. 23/2011 Sb. je uvedeno v kapitole 3.1.1 Kategorie domovních čistíren odpadních vod.

3.5 ČÁSTI DOMOVNÍCH ČISTÍREN OPDANÍCH VOD

Každá domovní čistírna odpadních vod od různých výrobců se skládá z různých technologických částí, ale mezi běžné části patří:

3.5.1 Vtoková část

Vtokový objekt slouží k uklidnění toku odpadní vody přitékající do nádrže a k jejímu stejnoměrnému rozdělení do nádrže. Do vtokového objektu je obvykle zaústěné potrubí přebytečného biologického kalu, který se odpouští (čerpá) z dosazovací nádrže. [7]

3.5.2 Usazovací nádrž

Usazování patří k nejrozšířenějším separačním procesům, kde separace tuhých částic je dána gravitací závisující na velikosti a tvaru částice a hustotě kapaliny. V technologii vody rozlišujeme suspenze tvořené z částic zrnitých a vločkovitých. Podle umístění v technologické lince rozlišujeme:

Primární – mechanické čištění

Separace suspendovaných částic z odpadní vody.

Sekundární – dosazovací nádrže

Separace biologického kalu při biologickém čištění. [9]

Odstranění usaditelných a plovoucích látek, včetně tuků a pěn, chrání další čistírenské procesy. Vločkovité a zrnité částice při tomto procesu sedimentují ke dnu nádrže. Usazování odstraňuje i část podílu BSK₅. [7]

3.5.3 Aktivační prostor

Probíhá zde biologické čištění, které spočívá ve vytvoření aktivovaného kalu v aktivační nádrži. Odsazená voda z usazovací nádrže přitéká do aktivační nádrže, kde se mísí s recirkulovaným kalem. Směs je intenzivně provzdušňována tlakovým vzduchem nebo mechanickým aerátorem. Po projití směsi aktivační nádrží odtéká kal do dosazovací nádrže, kde se separuje. [9]

3.5.4 Dosazovací nádrž

Slouží k separaci aktivovaného kalu od vyčištěné vody. Zahuštěný aktivovaný kal se recirkuluje zpět na začátek aktivační nádrže. [9]

3.5.5 Odtokový objekt

Odtokový objekt je tvořen odtokovým žlabem, který usměrňuje tok odpadní vody. [7]

3.5.6 Strojní vybavení domovních čistíren odpadních vod

Mezi hlavní prvky tvořící strojní vybavení patří dmychadlo, aerační element a mamutkové čerpadlo.

Dmychadlo

Slouží jako zdroj vzduchu při pneumatické aeraci. [9]

Aerační elementy

Mají za cíl dodat aerobním mikroorganismům potřebné množství kyslíku a zabezpečit homogenizaci obsahu aktivační nádrže.

Podle průměru vzduchových bublin rozeznáváme tři druhy pneumatické aerace na jemnobublinnou, středněbublinnou a hrubobublinnou aeraci. [9]

Mamutka

Je vhodná pro čerpání abrazivní směsi – písek z pískových lapáků a jímek pro čerpání vratného kalu z dosazovacích nádrží u menších ČOV. [7]

Výhody:

- vysoká provozní spolehlivost;
- minimální investiční náklady;
- minimální náklady na obsluhu.

Nevýhody:

- malá výtlačná výška;
- vyšší energetická spotřeba;
- problematické čištění a zpětná montáž. [7]

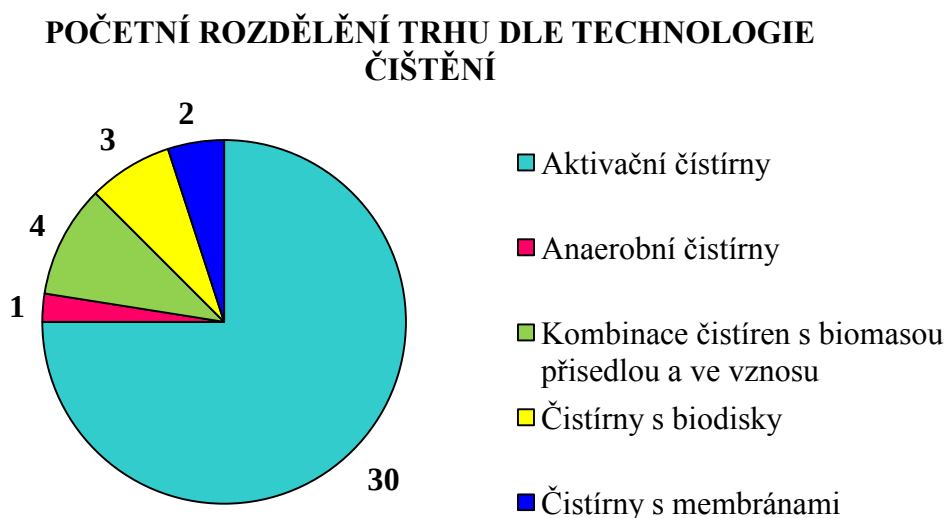
3.6 VÝROBCI DOMOVNÍCH ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD V ČESKÉ REPUBLICE

V České republice se vyskytuje 30 výrobců domovních čistíren odpadních vod. Tito výrobci nabízejí 40 druhů domovních čistíren odpadních vod podle výrobního označení a typu technologie čištění odpadní vody. Mezi tyto typy čištění patří:

- aktivační čistírny;
- anaerobní čistírny;
- čistírny s biodisky;
- čistírny s membránami;
- kombinace čistíren s biomasou přisedlou a ve vznosu. [18]

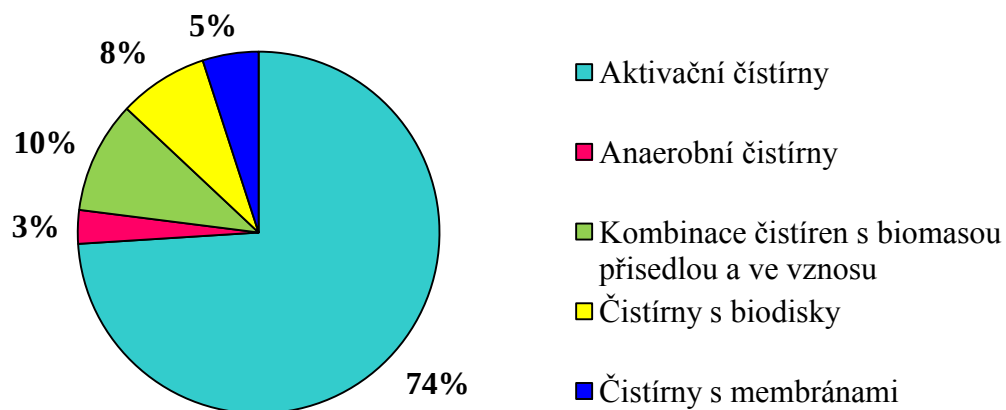
Na následujících grafech 3.1 a 3.2 je zobrazeno početní a procentuelní zastoupení domovních čistíren odpadních vod v České republice do pěti technologických procesů čištění. Z těchto grafů je patrné, že nejběžnějším typem technologie jsou aktivační čistírny

Graf 3.1 Početní zastoupení DČOV na trhu podle technologických procesů čištění [18]



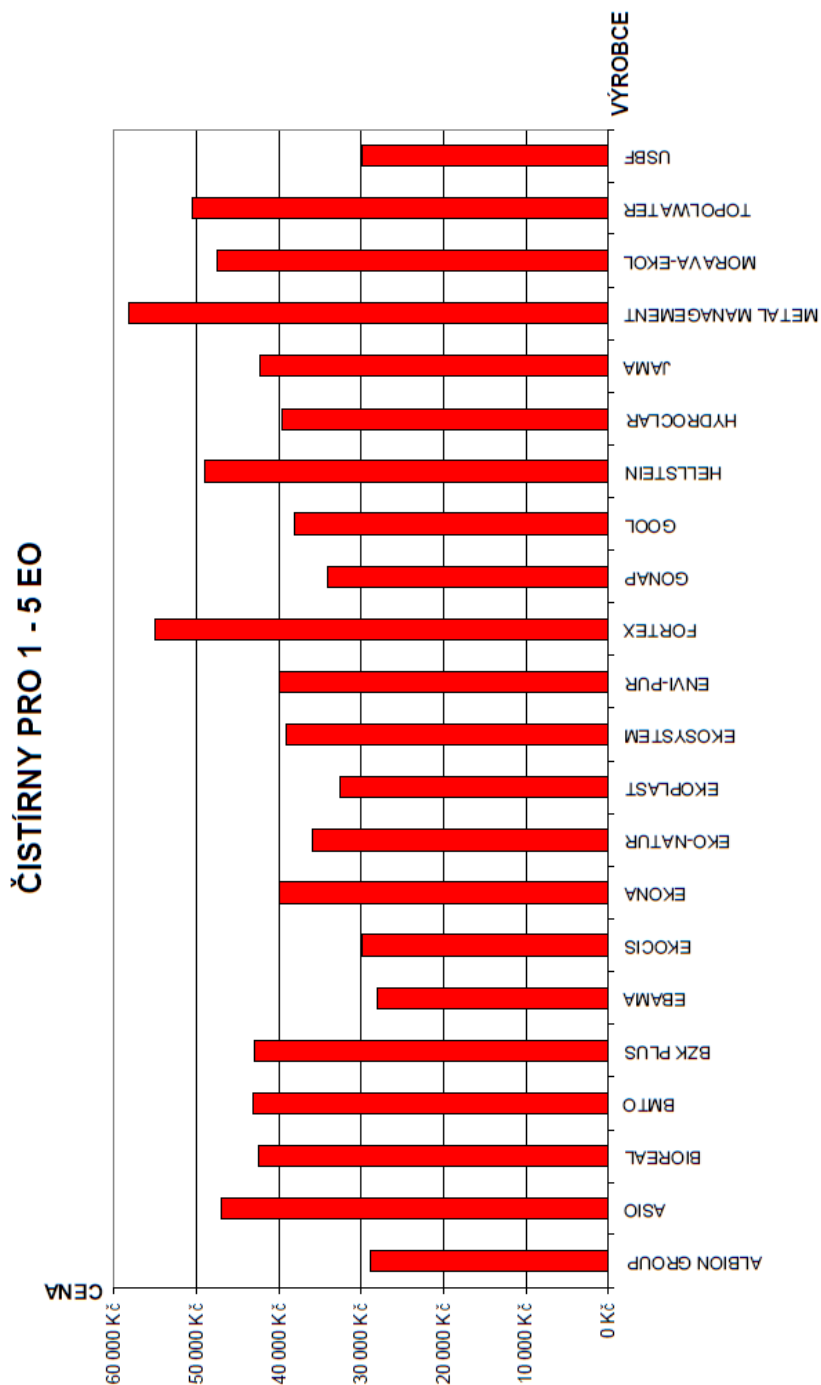
Graf 3.2 Procentuelní zastoupení DČOV na trhu podle technologických procesů čištění [18]

**PROCENTUELNÍ ROZDĚLENÍ TRHU DLE TECHNOLOGIE
ČIŠTĚNÍ**



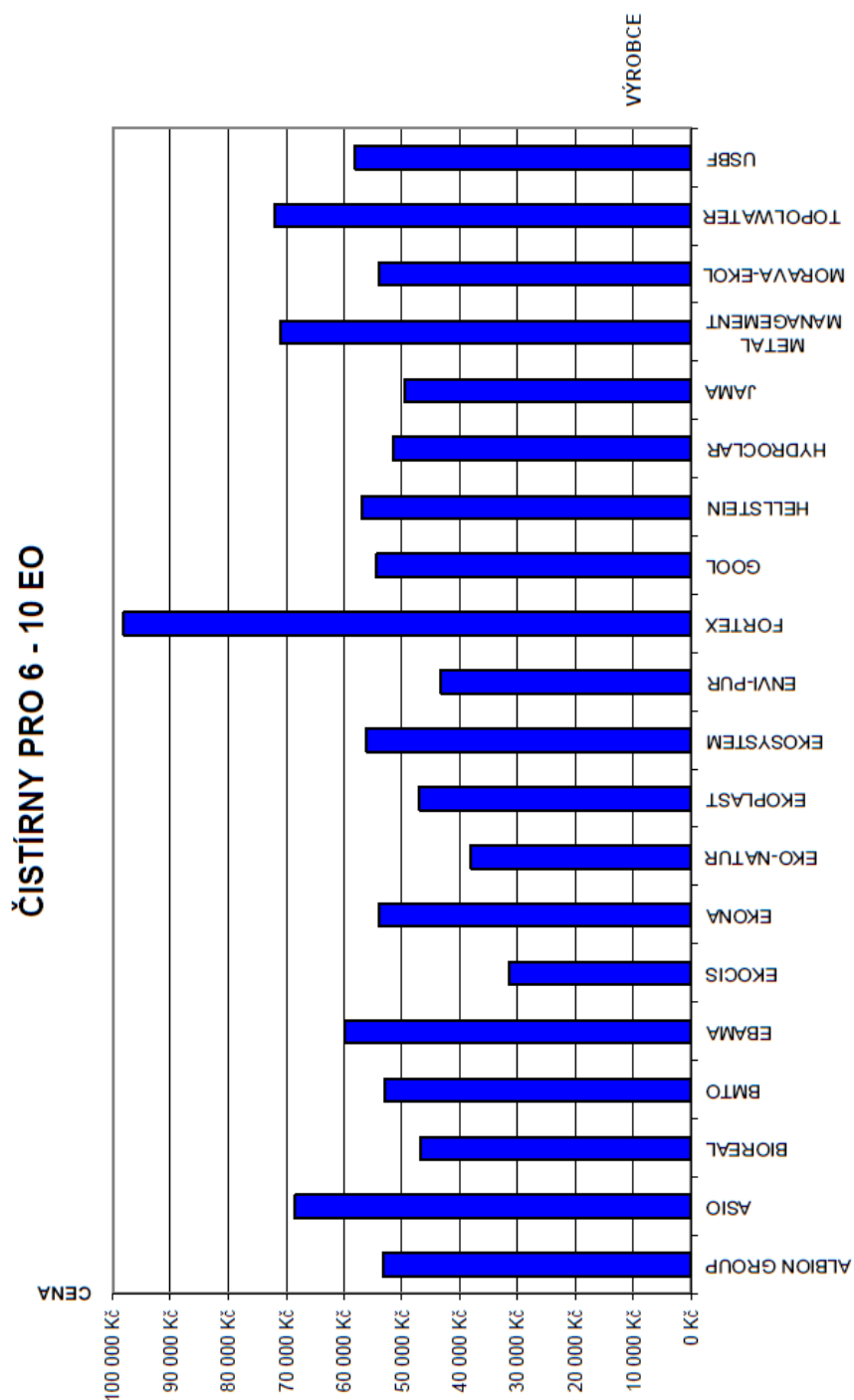
V grafu 3.4 je uveden přehled cen domovních čistíren odpadních, které jsou určené pro 1 - 5 ekvivalentních obyvatel. Cenové rozpětí malých domovních čistíren se pohybuje v rozmezí zhruba od 20 tisíc korun až do částky 60 tisíc korun. Na trhu je 22 výrobců, kteří dodávají domovní čistírny do velikosti 5 ekvivalentních obyvatel.

Graf 3.3 Srovnání cen DČOV pro 1 – 5 EO [18]



U grafu 3.5 je srovnání cenového rozmezí pro domovní čistírny odpadních vody určené pro objekty, kde se vyskytuje 6 – 10 ekvivalentních obyvatel. Je zde patrné, že pořizovací cena tohoto typu domovní čistírny se pohybuje od 30 tisíc korun do 100 tisíc korun. U této velikosti čistíren je na trhu 20 výrobců.

Graf 3.4 Srovnání cen DČOV pro 6 – 10 EO [18]



3.7 KONTROLA DOMOVNÍCH ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD ČOI

Od dubna 2012 do června 2013 provedla Česká obchodní inspekce celoplošnou kontrolní akci u 47 výrobců balených a/nebo na místě montovaných čistíren odpadních vod do 50 EO a prefabrikovaných septiků. Kontrola byla provedena na základě podnětu Ministerstva životního prostředí, Odboru ochrany vod a spotřebitelů. Na tuto výrobkovou oblast je kontrolním orgánem Česká obchodní inspekce, která kontrolu zaměřila na dodržování zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, a Nařízení vlády č. 190/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky označované CE. Při kontrolách bylo využito dokladových dokumentací výrobců, které pro kontrolní účely poskytly vodoprávní úřady, jímž byla předložena v rámci stavebního řízení. [19]

Při kontrolách bylo zjištěno a prokázáno, že někteří výrobci uváděli v prohlášeních o shodě nepravdivé údaje. V tomto případě se jednalo o nadhodnocování účinnosti čištění ve srovnání s výsledky dosaženými při počáteční zkoušce typu a vedení dvojí dokumentace (jednu pro ČOI a druhou pro stavební úřady). Po provedení všech kontrol bylo se závěry kontroly seznámeno Ministerstvo životního prostředí a vodoprávní úřady. [19]

Výsledky kontrol:

Ze 47 kontrolovaných subjektů, včetně 4 zahraničních, porušilo 20 výrobců zákon o technických požadavcích (zákon č. 22/1997). V 5 případech bylo zjištěno, že výrobci uváděli výrobky na trhu bez posouzení shody. V 15 případech bylo výrobcům uloženo opatření k nápravě, které musí ve sjednané lhůtě odstranit a následně informovat orgán dozoru o přijatých opatřeních. V ostatních osmi případech byly za zjištěná porušení uloženy pokuty ve výši 55 000 Kč. V jednom případě byla výrobcům uložena pokuta 150 000 Kč za porušení povinnosti výrobce. U 11 výrobců bylo zahájeno správní řízení. [19]

4 NEJČASTĚJI SLEDOVANÉ HODNOTY A JEJICH MĚŘENÍ

V české technické normě ČSN EN 12566-3 jsou vypsány sledované hodnoty u domovních čistíren odpadních vod. Ve všech zkoušených čistírnách se sledují na přítoku i odtoku následující hlavní hodnoty:

- celková chemická spotřeba kyslíku (COD) a celková biochemická spotřeba kyslíku (BOD); po určité době může být hodnota BOD na přítoku vypočítána z hodnoty COD na přítoku;
- nerozpuštěné látky (SS);
- teplota vody;
- celková spotřeba elektrické energie výrobku, pokud je požadována;
- denní průtok.

Pokud je požadováno, mohou být měřeny i následující hodnoty:

- pH;
- konduktivita;
- formy dusíku;
- celkový fosfor;
- hodinový průtok;
- koncentrace rozpuštěného kyslíku;
- produkce kalu;
- teplota okolního prostředí (vzduchu). [17]

V následující tabulce 4.1 je uvedené orientační složení splaškových vod u vybraných parametrů.

Tab. 4.1 Orientační složení splaškových odpadních vod (vybrané parametry) [9]

Ukazatel	Rozmezí hodnot	Jednotky
Hodnota pH	6,5 - 8,5	
Nerozpuštěné látky	200 - 700	mg·l ⁻¹
<i>*usaditelné</i>	73	%
<i>*neusaditelné</i>	27	%
Rozpuštěné látky	600 - 800	mg·l ⁻¹
BSK ₅ s potlačením nitrifikace	100 - 400	mg·l ⁻¹
CHSK-Cr	250 - 800	mg·l ⁻¹
TOC (DOC)	asi 250	mg·l ⁻¹
N _{celk}	30 - 70	mg·l ⁻¹
N-NH ₄	20 - 45	mg·l ⁻¹
P _{celk}	5 - 15	mg·l ⁻¹
Poměr BSK ₅ : CHSK _{Cr}	0,5	-

4.1 CHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU (CHSK)

Při stanovení chemické spotřeby kyslíku se koncentrace organických látek ve vodě posuzuje podle množství oxidačního činidla, která za určitých podmínek spotřebuje na jejich oxidaci. Výsledky se přepočítávají na kyslíkové ekvivalenty a udávají se mg.l⁻¹. [8]

Jako oxidační činidlo se v současnosti používá zásadně dichroman draselný a jen výjimečně dosud někdy manganistan draselný (při analýzy pitných a užitkových vod). [8]

Organické látky mohou být za podmínek stanovení oxidovány do různého stupně. Stupeň a rychlost oxidace závisí na chemické struktuře organické látky. Stupeň chemické oxidace se porovnává s teoretickou spotřebou kyslíku (TSK), která se obvykle udává v gramech kyslíku potřebného pro úplnou oxidaci 1 gramu organické látky až na CO₂ a H₂O podle stechiometrie. [7]

Předností stanovení CHSK_{Cr} je, že je proveditelné v laboratořích s běžným vybavením, výsledky udávané v kyslíkových ekvivalentech jsou výhodné pro vyhodnocování kyslíkových bilancí při samočištění v tocích a při biologickém čištění odpadních vod a výsledky jsou srovnatelné s BSK. Nedostatkem je spotřeba drahých a toxických chemikálií, doba potřebná pro stanovení je dlouhá, automatizace poměrně obtížná a některé skupiny organických látek se oxidují jen obtížně. [7]

U odpadních vod mohou kolísat hodnoty CHSK_{Cr} v širokém rozmezí. U splaškových odpadních vod z malých sídlišť jsou poměrně koncentrované a hodnoty bývají do 800 mg.l⁻¹. Oproti tomu u velkých aglomerací jsou zředěnější a hodnoty mohou být do 300 mg.l⁻¹. [8]

4.2 BIOCHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU (BSK)

Biochemická spotřeba kyslíku je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek v oxickém prostředí biochemickou oxidací organických, popř. anorganických látek ve vodě. Vyjadřuje se v mg.l^{-1} , hodnota BSK je závislá na době inkubace. Biochemická spotřeba kyslíku se používá jako míra koncentrace biologicky rozložitelných látek, na rozdíl od chemické spotřeby kyslíku, která postihuje organické látky biologicky rozložitelné i nerozložitelné. [8]

Stanovení BSK je běžnou součástí chemického rozboru povrchových a odpadních vod a jedním ze základních parametrů při posuzování účinnosti biologického čištění odpadních vod a při hodnocení biologické rozložitelnosti organických látek. [8]

Stanovení se provádí v uzavřených lahvičkách při teplotě 20 °C a ve tmě, aby nedocházelo k fotosyntetické asimilaci event. přítomných řas, při níž se produkuje kyslík, který by snižoval hodnotu BSK. [7]

Průběh BSK závisí na čase (době inkubace). Úplná biochemická oxidace organických látek obsažených ve splaškových vodách trvá při standardní metodě asi 20 dní. Tato doba je však pro praktickou upotřebitelnost výsledků příliš dlouhá. Proto byla zvolena jednotná inkubační doba 5 dní. Výsledek se označuje jako pětidenní biochemická spotřeba kyslíku se zkratkou BSK₅. Po 20 dnech inkubace se stanoví tzv. úplná biochemická spotřeba kyslíku se zkratkou BSK₂₀. [7]

BSK₅ a CHSK_{Cr} jsou základními parametry pro posuzování organického znečištění odpadních vod. U splaškových odpadních vod je důležitý poměr hodnot BSK₅ : CHSK_{Cr}, který se pohybuje v rozmezí 0,5 – 0,75. [8]

4.3 NEROZPUŠTĚNÉ LÁTKY (NL)

Nerozpuštěné látky jsou významným ukazatelem jakosti jak surových, tak i vyčištěných vod. Nerozpuštěné látky se stanovují filtrací vody přes filtry borosilikátových skelných vláken předepsané jakosti. Filtr se vysuší při 105 °C a hmotnost látek zadržených na filtrech se stanoví zvážením. [7]

Nerozpuštěné látky jsou definovány jako tuhé látky odstranitelné z vody filtrací nebo odstředěním za určitých podmínek. Dělí se na usaditelné, neusaditelné a vzplývavé. Mezi nerozpuštěné látky patří v přírodních a užitkových vodách různé hlinitokřemičitany, hydratované oxidy kovů (nejčastěji, železa manganu a hliníku), fytoplankton, zooplankton, tuky, oleje aj. [8]

4.4 TEPLOTA VODY

Teplota vody je jedním z významných ukazatelů jakosti a vlastností vody. Významně ovlivňuje chemickou a biochemickou reaktivitu vod. Teplota patří mezi imisní standardy ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod s doporučenou teplotou 25 °C. Do

městské kanalizace se nesmějí vypouštět průmyslové odpadní vody s teplotou vyšší než 40 °C. [8]

Teplota odpadní vody závisí na ročním období, v zimě se pohybuje v rozmezí 8 - 12 °C, v létě se teplota odpadní vody pohybuje kolem 20 °C. Se vzrůstající teplotou klesá množství rozpuštěného kyslíku. [1]

4.5 KONCENTRACE VODÍKOVÝCH IONTŮ (HODNOTA PH)

Hodnota pH se definuje jako záporný logaritmus aktivity vodíkových iontů, avšak pro praktické účely stačí definovat hodnotu pH jako záporný logaritmus koncentrace vodíkových iontů. [7]

Hodnota pH má mimořádný význam, protože ovlivňuje většinu fyzikálně-chemických, chemických a biologických procesů probíhajících ve všech druzích vod. Umožňuje rozlišit jednotlivé formy výskytu některých složek a je významným ukazatelem agresivních vlastností vody. Hodnota pH splaškových vod bývá slabě alkalická (pH 7 - 8). [7]

4.6 ELEKTROLYTICKÁ KONDUKTIVITA

Elektrolytická konduktivita je mírou koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody. Složky, které jsou ve vodě přítomné převážně jako neelektrolyty (křemík, bor), se na konduktivitě nepodílejí. [7]

Konduktivita závisí na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti a teplotě. Zvláště vliv teploty je významný. Konduktivita vody se obvykle měří nebo přepočítává na teplotu 25 °C. [7]

4.7 FORMY DUSÍKU

Sloučeniny dusíku spolu se sloučeninami fosforu patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky, ze skupiny tzv. nutrietů. Uplatňují se při všech biologických procesech probíhajících při čištění odpadních vod. [7]

Dusík se ve vodách může vyskytovat zejména v následujících formách:

- amoniakální dusík nedisociovaný NH_3 ;
- amoniakální dusík disociovaný NH_4^+ ;
- dusitanový NO_2^- ;
- dusičnanový NO_3^- ;
- elementární N_2 ;
- kyanatany CNO^- ;
- kyanidy CN^- ;

- oxid dusný N_2O . [9]

Amoniakální dusík je primárním produktem organických dusíkatých látek živočišného i rostlinného původu. Při stanovení jeho obsahu ve vodě se určují vždy obě formy výskytu společně. Celkový amoniakální dusík je tedy dán součtem koncentrací $N-NH_3$ a $N-NH_4^+$. [9]

Dusitanový dusík je ve vodách nestálý a nebývá proto přítomen ve vyšších koncentracích. Dusitany působí toxicky na ryby a nepřímo i na člověka, protože reagují s hemoglobinem za vzniku methemoglobinu, který již nemá schopnost přenášet kyslík. [7]

Dusičnanový dusík je konečným stupněm oxidace sloučenin dusíku ve vodách. Za omických podmínek jsou dusičnany stabilní, za anoxických podléhají denitrifikaci. [7]

Celkový dusík je součtem dusíku anorganicky a organicky vázaného. Mezi hlavní formy dusíku anorganicky vázaného patří dusík amoniakální ($N-NH_4^+$) dusík dusitanový ($N-NO_2^-$) a dusík dusičnanový ($N-NO_3^-$). [7]

Organický dusík se nachází ve vodě zejména ve formě bílkovin, močoviny, aminů, aminokyselin apod. [9]

4.8 CELKOVÝ FOSFOR

Sloučeniny fosforu patří mezi nejdůležitější nutriety ovlivňující eutrofizaci vod. Proto se jejich koncentrace v odpadních a povrchových vodách průběžně sleduje a legislativně omezuje. [7]

Celkový fosfor vyskytující se ve vodách se dělí na rozpuštěný a nerozpuštěný. Obě formy se dále dělí na organicky a anorganicky vázaný fosfor a rozpuštěný anorganicky vázaný ještě dále na orthofosforečnany a polyfosforečnany. V praxi se rozlišují zejména tři formy fosforu:

- orthofosforečnany (soli kyseliny fosforečné, PO_4^{3-});
- polyfosforečnany (soli polyfosforečných kyselin vzniklé polymerací orthofosforečnany, mohou mít lineární nebo cyklickou stavbu molekuly, vysokomolekulární alkalické polyfosforečnany mají schopnost vázat se na kationty);
- organicky vázaný fosfor. [1]

Protože fosforečnany tvoří se základními makrokomponenty vod (vápníkem, hořčíkem, železem, hliníkem a řadou dalších kovů) velmi málo rozpustné sloučeniny, je jejich koncentrace ve vodách značně omezena. Z hlediska čištění odpadních vod je rozhodující koncentrace celkového fosforu, který se stanovuje ve vodách po rozkladu. [7]

4.9 KONCENTRACE ROZPUŠTĚNÉHO KYSLÍKU

Významným ukazatelem jakosti povrchových vod a parametrem při biologickém čištění odpadních vod je koncentrace rozpuštěného kyslíku. Kyslík se dostává do vody jednak difúzí z atmosféry jednak při fotosyntetické asimilaci vodních rostlin a řas. [7]

Rozpustnost kyslíku ve vodě, která je ve styku s atmosférou, zobrazuje tabulka č 4.2. Kyslíkové poměry se kromě koncentrace rozpuštěného kyslíku vyjadřují také procentem nasycení. Pokud je voda nenasyčena kyslíkem, vyjadřuje se někdy toto nasycení tzv. kyslíkovým deficitem. Za určitých podmínek může dojít k přesycení vody kyslíkem, které může dosáhnout i několika desítek procent. K přesycení vody může dojít při mimořádné turbulenci vody (peřeje, jezy) nebo při intenzivní fotosyntetické asimilaci zelených organismů. [7]

Aerobní biologické procesy vyžadují kyslík, který musí být do aktivační nádrže přiváděn. Spotřebou kyslíku se rozumí to jeho množství, které se skutečně v procesu spotřebuje, potřebou pak celkové množství, které se musí do aktivační nádrže přivést s přihlédnutím k tomu, že jen část kyslíku je využita. [22]

Kyslík se v aktivační nádrži spotřebuje na:

- oxidaci organických látek mikrobiálním procesem;
- syntézu buněčného materiálu;
- autooxidaci buněčného materiálu (endogenní respiraci);
- oxidaci NH_4^+ na NO_2^- a NO_3^- nitrifikačními bakteriemi (proces nitrifikace probíhá jen u nízko zatížených systémů). [22]

Koncentrace kyslíku ve vodě je jedním z důležitých ukazatelů, podle nichž se povrchové vody zařazují do tříd čistoty, posuzuje se provoz biologických čistíren odpadních vod a hodnotí se agresivita vody na kovy (kyslíková koroze). [7]

Kyslík je nezbytný pro zajištění aerobních pochodů při samočištění povrchových vod i při biologickém čištění odpadních vod. Je-li z vody vyčerpán, dochází nejprve k redukci některých anorganických látek (dusičnanů) a po vyčerpání těchto zdrojů k redukci síranů na organolepticky závadný a toxický sulfan a organických látek na CH_4 . [8]

Důležité jsou koncentrace kyslíku v odpadních vodách při jejich biologickém čištění. V aktivační nádrži by neměla koncentrace kyslíku klesnout asi pod 2 mg l^{-1} , avšak v případě kombinace nitrifikace s denitrifikací je třeba v denitrifikačním stupni udržovat anoxické podmínky. [8]

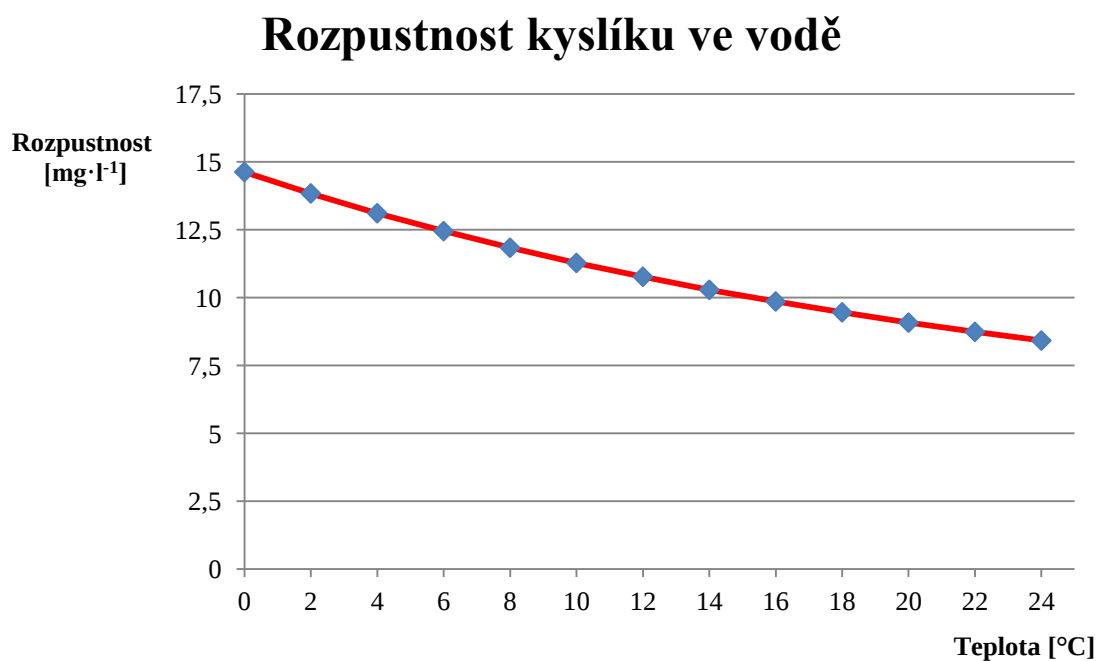
Specifická spotřeba kyslíku pro odstranění uhlíkatého znečištění, vyjádřeného jako BSK_5 , je závislá na teplotě a stáří kalu. [22]

V následující tabulce 4.2 je uvedena rozpustnost kyslíku ve vodě závislá na teplotě a následně je tato závislost uvedena na grafu 4.1.

Tab. 4.2 Rozpustnost kyslíku ve vodě, která je ve styku se vzduchem nasyceným vodní párou při tlaku 101 325 Pa [7]

Teplota [°C]	Rozpustnost [mg·l⁻¹]
0	14,63
2	13,84
4	13,11
6	12,45
8	11,84
10	11,28
12	10,77
14	10,29
16	9,86
18	9,46
20	9,08
22	8,74
24	8,42

Graf 4.1 Křivka rozpustnosti kyslíku ve vodě v závislosti na teplotě



5 MOŽNOSTI OPTIMALIZACE PROVOZU DOMOVNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

Účelem doporučeného metodického postupu návrhu intenzifikace ČOV, je připravit podklad, který by usnadnil zpracování variant intenzifikace konkrétní čistírny odpadních vod. Špatná nebo dobrá funkce kteréhokoliv z technologických postupů totiž ovlivňuje jiný technologický postup a tím i celý technologický proces, který zase ovlivňuje proces následující a v důsledku toho celou výslednou kapacitu ČOV a její účinnost. [23]

Metodický postup je možno rozdělit do čtyř hlavních kroků:

- komplexní analýza ČOV;
- určení faktorů limitujících účinnost ČOV;
- výběr možností intenzifikace;
- vyhodnocení doporučené varianty intenzifikace.

Hlavním cílem návrhu intenzifikace ČOV je vyhodnotit, zda může být dosaženo zlepšení procesu čištění bez významných investičních nákladů. [23]

Komplexní analýza ČOV v sobě zahrnuje vyhodnocení a analýzu projektových možností čistírenského procesu a s ním souvisejících administrativních a provozních postupů. Jestliže jsou však hlavní jednotkové procesy neadekvátní, pak je nutno, pro dosažení potřebné účinnosti, je intenzifikovat. K nejdůležitějším faktorům intenzifikace nejběžnějších tj. aktivačních ČOV náleží:

- charakteristika odpadní vody;
- kapacita mechanického čištění;
- nastavení aeračních nádrží;
- způsob hospodaření s kalem;
- zkušenosti provozovatele.

Významnou součástí analýzy je identifikace faktorů, ovlivňujících a limitujících současnou kapacitu ČOV a výhledový růst zatížení čistírny s přihlédnutím k požadavkům na kvalitu vypouštěné vody. Výsledkem komplexní analýzy je stanovení pracovního postupu, který zahrnuje zhodnocení údržby a provozu ČOV. [23]

5.1 KONTROLA BYTNĚNÍ KALU

Bytnění kalu je způsobeno přítomností nadbytečného množství vláknitých organismů, které vyvolávají expanzi objemu vloček aktivovaného kalu, čímž snižují hustotu, redukují usazovací rychlost. Výsledkem je, že aktivovaný kal se usazuje pomalu a není kompaktní, následkem toho je snížení koncentrace v aktivační nádrži. Účinnost čistícího procesu tím značně klesá. Dosazovací prostor je přetížen a větší množství nerozpustných látek uniká do odtoku. Mezi technologie zamezující bytnění kalu patří reaerace kalu, přerušovaný provoz.

Nebo poslední možností je eliminace podmínek, které jsou příznivé pro růst vláknitých organismů, které se provádí přidáním nutrietů a zvýšení koncentrace rozpuštěného kyslíku. Nejlepším vlivem ke zlepšení usazovacích schopností kalu je snížení kalových indexů, které umožní zvýšení koncentrace kalu v aktivaci. To umožní kratší dobu nitrifikace a lze očekávat lepší účinnost čištění. [23]

5.2 VLIV NUTRIENTŮ

Pod pojmem nutriety v odpadních vodách rozumíme hlavně sloučeniny dusíku a fosforu. Mezi základní formy dusíku patří dusík organický a amoniakální. Průměrné hodnoty obou forem dusíku se pohybují kolem $40 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ z toho $15 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ je dusík organický, $25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ se vyskytuje jako dusík amoniakální. [23]

Fosfor se v odpadních vodách vyskytuje ve formách organických a anorganických. Koncentrace se v odpadních vodách velmi liší. Průměrná hodnota je kolem $6 - 8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Tyto hodnoty jsou uváděny v relaci se zákazem užívání syntetických detergentů obsahující polyfosfáty. Koncentrace organického fosforu se pohybují kolem $3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, anorganického kolem $5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. [23]

Běžné splaškové odpadní vody mají nadbytek těchto nutrietů než by bylo nutné pro potřebnou nutriční vyváženost odpadních vod, která je potřebná pro růst biomasy. U běžných splaškových vod je poměr $\text{BSK}_5 : \text{N} : \text{P} = 100 : 5 : 1$, což zajišťuje optimální růst biomasy. [23]

5.3 CÍL BIOLOGICKÉHO ODSTRANĚNÍ DUSÍKU

Cílem biologického odstraňování sloučenin dusíku je zoxidovat většinu redukováného dusíku na dusičnany a poté snížit jejich koncentraci na hodnoty přijatelné pro odtokové standardy. Těchto požadavků dosáhneme nitrifikací. Nitrifikace probíhá správně při hodnotách pH kolem 8,4. [23]

Na proces nitrifikace by měl navazovat proces denitrifikace, neboť by zůstávaly sloučeniny dusíku ve finálním odtoku. Denitrifikace probíhá v nepřítomnosti rozpuštěného kyslíku. [23]

Kombinací nitrifikace a denitrifikace lze využít až 67 % kyslíku vázaného na oxidaci amoniaku a to na oxidaci organického znečištění za anoxických podmínek. Při pouhé oxidaci amoniaku působí nezredukováné dusičnany problém v dosazovací nádrži, kde se v zahuštěné vrstvě aktivovaného kalu mění podmínky z omických na anoxické, a dochází k spontánní denitrifikaci a uvolňovaný plynný dusík vynáší vločky kalu k hladině a ty následně pokračují do odtoku. [23]

5.4 CÍL BIOLOGICKÉHO ODSTRANĚNÍ FOSFORU

Fosfor není vázán v granulích, ale velmi snadno se z nich uvolňuje, jakmile je vystaven anaerobnímu prostředí. A tomuto by mělo být zabráněno především při příliš dlouhé době zdržení zahuštěného kalu v dosazovacím prostoru, kde by mohlo docházet k zpětnému uvolnění fosforečnanů do odtoku z čistírny. Nebo vrácením zpětného kalu do aktivčního procesu. [23]

5.5 NEDOSTATEK KYSLÍKU V AKTIVACI

Problémem mnohých biologických čistíren odpadních vod je chronický či periodický nedostatek kyslíku v aktivaci. Přítomnost dostatečného množství kyslíku je nezbytnou podmínkou funkce procesů v aktivaci biologické ČOV, neboť je nutný pro vytvoření životních podmínek aerobních mikroorganismů tvořících aktivovaný kal. Růst aktivovaného kalu v biologické ČOV je kromě jiných faktorů limitován rychlostí transportu kyslíku z vnějšího prostředí do těla mikroorganismu. Tento transport lze popsat následujícími fyzikálně – chemickými procesy:

- transport a distribuce kyslíku z vnějšího prostředí do objemu aktivace;
- rozpuštění kyslíku v odpadní vodě;
- transport kyslíku z vody do vločky aktivovaného kalu;
- transport kyslíku buněčnou membránou do těla mikroorganismu;
- endogenní respirace buňky – reakce kyslíku v organelách. [20]

Další možností optimalizace čistírny vyžaduje provedení kontroly přístrojového vybavení. Optimalizace řízení procesu spočívá v dodávce vzduchu a důraz by měl být kladen na optimalizaci aerace. Možností jak toho docílit je instalací např. kyslíkových sond za účelem automatického řízení dodávky vzduchu. Tato opatření lze provést instalací frekvenčních měničů a dmychadel pro možnost vypínání dodávky vzduchu v případě nízkého průtoků a zatížení čistírnou. [20]

Jednou z možností, jak řešit aeraci u malých čistíren, je vnos kyslíku pomocí mechanicky vzduchem poháněných biokontaktorů. Tyto biokontaktory zajišťují dostatečné promíchání a působí jako nosič biomasy, což u málo zatížených čistíren vede ke stabilizování čistících procesů a zvýšení účinnosti nitrifikačních procesů. [21]

5.6 CHRAKTERISTIKA ODPADNÍ VODY

Velmi důležitým parametrem pro intenzifikaci čistírny je potřeba si stanovit vstupní charakteristiky odpadní vody, která do čistírny přitéká. Mezi hlavní ukazatele patří:

- CHSK na přítoku;
- NL na přítoku;

- usaditelné látky;
- snadno odbouratelné CHSK;
- celkový fosfor na přítoku;
- hodnota pH;
- celkový organický dusík.

Některé z výše uvedených ukazatelů je obtížnější získat, proto je nutné spokojit se kvalifikovaným odhadem, což vede k horší kvalitě návrhu. [23]

6 PRAKTICKÁ ČÁST

V následující kapitole je popsána lokalita umístění sledované domovní čistírny odpadních vod. Následuje popis domovní čistírny od společnosti ASIO, spol. s.r.o. pod výrobním označením AS – VARIOcomp 5 K, která je určena pro 3 - 7 ekvivalentních obyvatel.

6.1 POPIS LOKALITY

Domovní čistírna odpadních vod se nachází v městské části Brno - Bosonohy. Bosonohy leží jiho - západně od Brna.

V místě DČOV protéká trubním vedením říčka Leskava, která je chráněná, a proto zde není možno vyčištěnou vodu zasakovat do podzemních vod přes půdní vrstvy drenážním potrubím. Vyčištěná odpadní voda je svedena odpadním potrubím do dešťové kanalizace, která je vedena v komunikaci.



Obr. 6.1 Umístění DČOV

[zdroj:

<http://www.mapy.cz/zakladni?x=16.5271282&y=49.1776216&z=15&source=ward&id=14640&q=Bosonohy>]

6.2 POPIS SLEDOVANÉ DOMOVNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

Domovní čistírna odpadních vod AS – VARIOcomp 5 K byla instalována v říjnu roku 2013 a její zkušební provoz byl spuštěn červenci 2014. Čistírna byla zřízena na základě jediné možné varianty, jak hospodařit se splaškovými odpadními vodami v dané lokalitě,

jelikož v části obce Bosonohy není vybudována splašková kanalizace, ale pouze dešťová. Čistírna byla postavena na základě vodoprávního povolení Magistrátem města Brna s předpokladem, že budou dodržovány odtokové koncentrace sledovaných hodnot garantované výrobcem.

U rodinného domu, kde je osazena domovní čistírna, trvale pobývají dva stálí obyvatelé. Obyvatelé jsou mladí pracující lidé, kteří zatěžují domovní čistírnu pouze v ranních a večerních hodinách a během víkendů. Zároveň jsou v domě instalovány domácí spotřebiče (pračka a myčka nádobí). Majitelé uvádějí, že tyto spotřebiče používají pouze během víkendů. Mezi používané čisticí prostředky uvedli JAR, domácí vyráběný prášek na praní a prášek do myčky nádobí. Hlavními složkami těchto prášků jsou tuhá mýdla různého charakteru, jedlá soda, soda na praní a aroma sušených květin a bylinek, které si majitelka sama pěstuje.



Obr. 6.2 DČOV Bosonohy [zdroj: Kovář]

6.2.1 Všeobecné parametry AS – VARIOcomp 5 K podle výrobce

Optimalizována domovní čistírna odpadních vod je vyrobena českou firmou ASIO spol. s.r.o. Jedná se o čistírnu určenou pro rodinné domy z typové řady K pod výrobním názvem AS – VARIOcomp 5 K. (Obr. 6.3) Tato čistírna odpadních vod slouží pro čištění splaškových odpadních vod z rodinných domů s možností vypouštění přečištěných vod do vod, jak povrchových podle Nařízení vlády č. 23/2010 Sb., tak i vod podzemních podle Nařízení vlády č. 416/2010 Sb.

Čistírna je certifikovaná podle platné legislativy Evropské unie a výrobce garantuje odtokové hodnoty, které jsou uvedeny v tabulce 6.1. Varianta AS – VARIOcomp 5 K je určena pro 3 – 7 ekvivalentních obyvatel (EO).

Tab. 6.1 Garantované hodnoty koncentrací vyčištěné OV na odtoku z ČOV v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [24]

Varianta ČOV	BSK ₅ (p/m)*	CHSK _{Cr} (p/m)*	NL (p/m)*	N-NH ₄ ⁺ (p/m)*	P _{celk} (p/m)*
AS - VARIOcomp 5K	25/40	90/150	30/40	15/20**	8/10**

*p=přípustné hodnoty, m=maximální hodnoty

** není součástí shody CE

Současná platná legislativa požaduje při instalaci tohoto typu domovní čistírny odpadních vod vodoprávní řízení při následném vypouštění přečištěné vody do vod, jak podzemních, tak i povrchových. V tomto případě se vychází z garantovaných hodnot udávaných výrobcem. V případě, že se čistírna instaluje na základě ohlášení tak se vychází z odtokových hodnot z Nařízení vlády 23/2010 Sb. pro povrchové vody (Třída I). Pokud se jedná o citlivé místo pro vypouštění přečištěných odpadních vod, lze provést dvouplášťové provedení DČOV.

DČOV je tvořena kompaktní válcovou nádrží z plastových desek z polypropylénu (PP) s technologickou vestavbou a odnímatelným plastovým poklopem. Jedná se o mechanickou – biologickou aktivační čistírnu odpadních vod, kde v balené jednotce probíhá mechanické předčištění, biologické čištění a je zde umístěn, jak kalový, tak dosazovací prostor. [24]

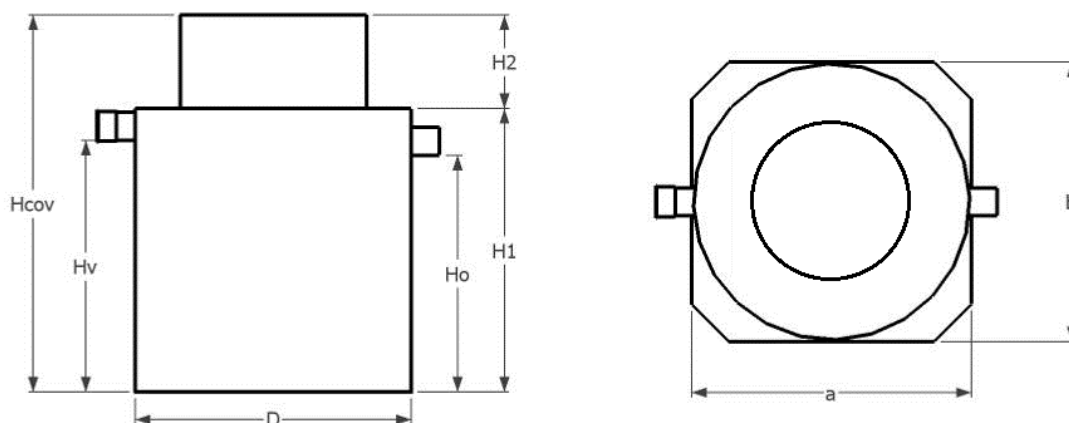


Obr. 6.3 Domovní čistírna odpadních vod AS-VARIOcomp 5 K [24]

V následující tabulce 6.2 jsou uvedeny parametry a rozměry sledované domovní čistírny odpadních vod udávané výrobcem. Rozměrové uspořádání je na obrázku 6.4.

Tab. 6.2 Technické parametry sledované DČOV [24]

AS - VARIOcomp 5 K										
TYP	POČET EO	Q [m ³ ·d ⁻¹]	BSK ₅ [kg·d ⁻¹]	ROZMĚRY ČOV [mm]			vtok Hv [mm]	odtok Ho [mm]	hmotnost [kg]	příkon [W]
				průměr D	a * b	výška h				
5 K	3 - 7	0,75	0,3	1200	1250*1250	2020	1350	1270	170	40



Obr. 6.4 Rozměry DČOV [24]

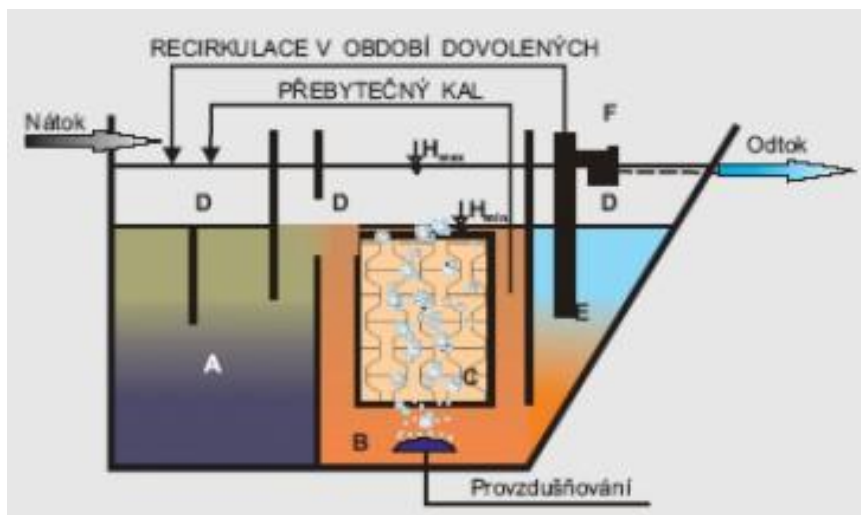
6.2.2 Proces čištění odpadní vody

V materiálech od výrobce je uveden následující popis technologického postupu čištění:

Odpadní voda přitéká vtokovým potrubím do usazovacího kalového prostoru, kde jsou z ní sedimentací odstraněny mechanické, plovoucí a sedimentující látky. Dále tato mechanicky předčištěná voda přepadá do aerobního aktivačního prostoru, kde dochází k procesu biologického čištění stykem odpadní vody s aktivovaným kalem. Aktivační prostor je vybaven u dna jemnobublinným provzdušňovačem, kterým je voda provzdušňována. Následně je směs vody a aktivovaného kalu z aktivačního prostoru čerpána přečerpávací mamutkou do dosazovacího prostoru, kde dochází usazením aktivovaného kalu k oddělení vyčištěné vody. Tato vyčištěná voda je odtokovou mamutkou čerpána do odtokového žlabu, odkud odtokovým potrubím odtéká z čistírny odpadních vod. Usazený kal dosazovacího prostoru je hydraulicky recirkulován zpět do aktivačního prostoru otvorem v technologické přepážce. Přebytný aerobně stabilizovaný kal je pomocí kalové mamutky odčerpán do kalového prostoru dle potřeby. [24]

Do jemnobublinného provzdušňovače je vzduch přiváděn z dmyhadla. Část tohoto přiváděného vzduchu je zachycena v jímači přečerpávací mamutky, která je tímto vzduchem poháněna a následně jsou také poháněny odtokové a kalové mamutky. [24]

Ke zlepšení stability procesu málo zatížené nebo naopak přetížené ČOV lze aktivační prostor osadit nosičem biomasy. (Obr. 6.5)

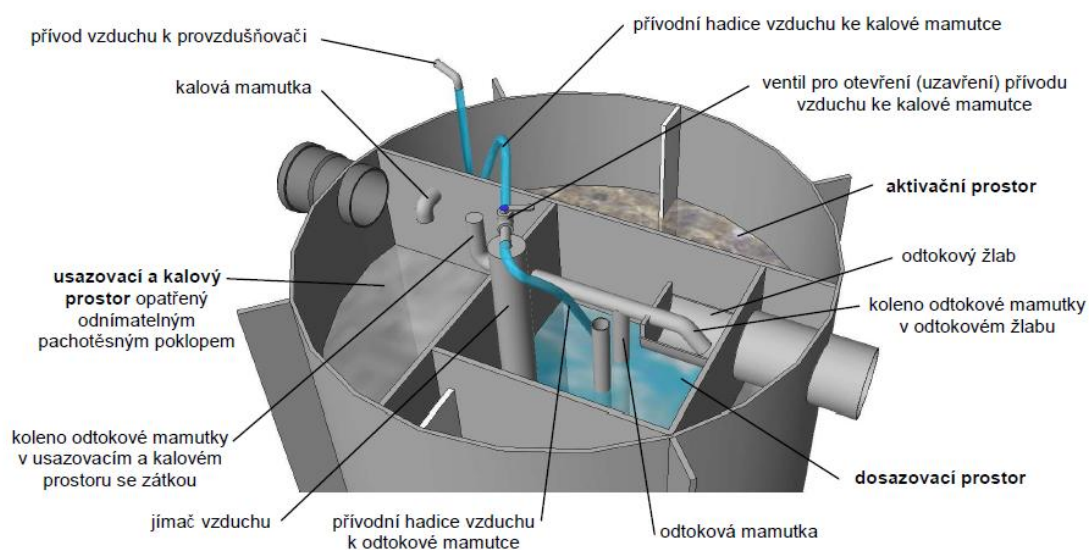


Obr. 6.5 Schéma domovní čistírny odpadních vod [24]

Legenda:

- A – Usazovací a kalový prostor
- B – Aktivační prostor
- C – Nosič biomasy
- D – Akumulační prostor
- E – Dosazovací prostor
- F – Mamutka

Na obrázku 6.6 je vyobrazeno základní technologické schéma domovní čistírny odpadních vod typu AS – VARIOcomp 5 K.



Obr. 6.6 Základní technologické schéma DČOV [24]

6.3 POSOUZENÍ NÁVRHOVÝCH A SKUTEČNÝCH PARAMETRŮ

Uváděné zatěžovací stavy jsou dány počtem obyvatel, kteří domovní čistírnu využívají. U prvního zatěžovacího stavu se vychází ze stávajícího stavu, kdy rodinný dům obývají 2 stálí obyvatelé. U druhého zatěžovacího vztahu se vychází z předpokladu, že domovní čistírnu odpadních vod využívá 7 ekvivalentních obyvatel, což je maximální možné zatížení, které udává výrobce pro tento typ čistírny. Při obou výpočtech bylo vycházeno z odhadů, které poskytli majitelé rodinného domu a čistírny, že denní spotřeba jedné osoby je zhruba $90 \text{ l} \cdot \text{ob}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. Volba specifické zatížení byla brána z hodnot uváděných výrobcem a NV č. 23/2010 Sb.

6.3.1 Zatěžovací stav I

Tento zatěžovací stav odpovídá skutečnému zatížení sledované domovní čistírny odpadních vod. Zatížení zde je tvořeno 2 ekvivalentními obyvateli.

Tab. 6.3 Volba pro zatěžovací stav I – 2EO

PO =	2	obyv
$q_{sp} =$	90	$\text{l} \cdot \text{ob}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$
$Q_{bal} =$	5	%

Tab. 6.4 Specifické zatížení

ukaz.	$So [\text{g} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}]$
BSK ₅	60
CHSK	120
NL	55

Tab. 6.5 Návrhové hodnoty průtoků pro ZS I

$Q_{240} =$	180	$\text{l} \cdot \text{d}^{-1}$	→	$Q_{240} =$	0,180	$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$
$Q_{bal} =$	9	$\text{l} \cdot \text{d}^{-1}$	→	$Q_{BAL} =$	0,009	$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$
$Q_{OTV} =$	100	$\text{l} \cdot \text{d}^{-1}$	→	$Q_{OTV} =$	0,100	$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$
$Q_{24} =$	289	$\text{l} \cdot \text{d}^{-1}$	→	$Q_{24} =$	0,29	$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$

Tab. 6.6 Návrhové zatížení a koncentrace ZS I

Sdp (BSK):			Sdp (CHSK):			Sdp (NL):		
$sdp_o =$	0,120	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	$sdp_o =$	0,240	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	$sdp_o =$	0,110	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$
$\Sigma Sdp_{BSK5} =$	0,120	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	$\Sigma Sdp_{CHSK} =$	0,240	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	$\Sigma Sdp_{NL} =$	0,110	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$
$co_{BSK5} =$	0,415	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$co_{CHSK} =$	0,830	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$co_{NL} =$	0,381	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
$co_{BSK5} =$	415	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	$co_{CHSK} =$	830	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	$co_{NL} =$	381	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$

Tab. 6.7 Emisní limity uváděné v NV č. 23/ 2010 Sb.

standards		
BSK ₅	25	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
CHSK	90	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
NL	30	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$

Tab. 6.8 Výsledné koncentrace a účinnost pro ZS I

ukazatel	koncentrace [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	účinnost [%]
BSK ₅	0,025	93,98
CHSK	0,090	89,16
NL	0,030	92,12

6.3.2 Zatěžovací stav II

Zatěžovací stav II předpokládá maximální zatížení, které uvádí výrobce při 7 ekvivalentních obyvatelích a zároveň je zde maximální průtok, který lze DČOV převést. Ve výpočtech se vychází ze stejných specifických zatížení jako u předcházejícího zatěžovacího stavu pro 2 ekvivalentní obyvatele.

Tab. 6.9 Volba pro zatěžovací stav II – 7EO

PO =	7	obyv
$q_{sp} =$	90	$\text{l}\cdot\text{ob}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$
$Q_{bal} =$	5	%

Tab. 6.10 Specifické zatížení

ukaz.	So [$\text{g}\cdot\text{os}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$]
BSK ₅	60
CHSK	120
NL	55

Tab. 6.11 Návrhové hodnoty průtoků pro ZS II

$Q_{240} =$	630	$\text{l}\cdot\text{d}^{-1}$	→	$Q_{240} =$	0,630	$\text{m}^3\cdot\text{den}^{-1}$
$Q_{bal} =$	32	$\text{l}\cdot\text{d}^{-1}$	→	$Q_{BAL} =$	0,032	$\text{m}^3\cdot\text{den}^{-1}$
$Q_{OTV} =$	100	$\text{l}\cdot\text{d}^{-1}$	→	$Q_{OTV} =$	0,100	$\text{m}^3\cdot\text{den}^{-1}$
$Q_{24} =$	762	$\text{l}\cdot\text{d}^{-1}$	→	$Q_{24} =$	0,76	$\text{m}^3\cdot\text{den}^{-1}$

Tab. 6.12 Návrhové zatížení a koncentrace ZS II

Sdp (BSK):			Sdp (CHSK):			Sdp (NL):		
$sdp_o =$	0,420	$\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$	$sdp_o =$	0,840	$\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$	$sdp_o =$	0,385	$\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$
$\Sigma Sdp_{BSK5} =$	0,420	$\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$	$\Sigma Sdp_{CHSK} =$	0,840	$\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$	$\Sigma Sdp_{NL} =$	0,385	$\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$
$co_{BSK5} =$	0,552	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$co_{CHSK} =$	1,103	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$co_{NL} =$	0,506	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
$co_{BSK5} =$	552	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	$co_{CHSK} =$	1103	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	$co_{NL} =$	506	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

Tab. 6.13 Emisní limity uváděné v NV č. 23/ 2010 Sb.

standardy		
BSK ₅	25	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
CHSK	90	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
NL	30	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

Tab. 6.14 Výsledné koncentrace a účinnost pro ZS II

ukazatel	koncentrace [mg·l ⁻¹]	účinnost [%]
BSK ₅	0,025	95,47
CHSK	0,090	91,84
NL	0,030	94,07

Při výpočtu návrhových zatěžovacích stavů pro DČOV byly použity vzorce, které jsou uvedeny pod textem. Pro výpočet výsledné účinnosti byla použita směšovací rovnice (6.7) pro odtok vyčištěné odpadní vody z čistírny.

Výpočtem návrhových hodnot bylo dosaženo výsledných účinností a koncentrací vyčištěné odpadní vody na odtoku z DČOV pro zatížení způsobené maximálním a minimálním počtem ekvivalentních obyvatel uvedených v parametrech výrobce domovní čistírny odpadních vod. Výpočtem bylo zjištěno, že lze dosáhnout v každém zatěžovacím stavu správným užíváním garantovaných hodnot koncentrací od výrobce. Účinnost domovní čistírny odpovídá platné legislativě vztahující se na balené domovní čistírny odpadních vod.

Výpočtové vzorce:

$$Q_{240} = PO \cdot q_{sp} ; \quad (6.1)$$

$$Q_B = 0,05 \cdot Q_{240} ; \quad (6.2)$$

$$Q_{24} = Q_{240} + Q_B + Q_{OTV} ; \quad (6.3)$$

$$Sdp_o = PO \cdot s_o ; \quad (6.4)$$

$$c_o = \Sigma sdp_o / Q_{24} ; \quad (6.5)$$

$$Ec = (c_o - c_1) / c_o ; \quad (6.6)$$

$$c_1 = c_o - (c_o \cdot Ec) \cdot 1000. \quad (6.7)$$

6.4 HISTORIE DOMOVNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

V této kapitole je rozepsaná historie domovní čistírny odpadních vod, která je popisována v rámci praktické části této bakalářské práce. (Tab. 6.15)

Tab. 6.15 Historie DČOV

5/2013	Zakoupení domovní čistírny odpadních vod AS VARIOcomp 5 K. Získání povolení k osazení DČOV od vodoprávního úřadu.
6/2013	Osazení DČOV do připravené stavební jámy s betonovým opláštěním.
10/2013	Instalace DČOV a napojení na vnitřní kanalizace a osazení odtokového potrubí.
11/2013	Zaškolení majitelů technikem k obsluze domovní čistírny odpadních vod.
7/2014	Povolení zkušebního provozu DČOV magistrátem města Brna na dobu 1 roku.
8/2014	Kolaudace domu a domovní čistírny odpadních vod. Uvedení DČOV do řádného zatěžovacího provozu
1/2015	Odběr prvního vzorku majiteli z dosazovacího prostoru. Výsledkem laboratorních zkoušek bylo nevyhovující CHSK na odtoku z DČOV
2/2015	Informování společnosti ASIO o nevyhovujících parametrech na odtoku. Žádost o provedení nových odběrů a zjištění příčin nevyhovujícího stavu vyčištěné odpadní vody z DČOV. První seznámení a návštěva DČOV.
3/2015	Dne 9. 3. 2015 odběr druhého vzorku a jeho odvoz do akreditované laboratoře k rozboru. Výsledkem byla opět zvýšená koncentrace CHSK. 31. 3. 2015 proběhl třetí odběr vzorků na nátok a odtok z DČOV. Byla provedena sedimentační zkouška a změřena koncentrace kyslíku v aktivační nádrži.
4/2015	Výsledkem třetího odběru vzorku byla opět zvýšená koncentrace CHSK na odtoku. Hodnoty na nátok do DČOV odpovídaly návrhovým hodnotám. Provedena údržba a čištění DČOV majiteli podle provozního řádu. 27. 4. 2015 byla provedena aplikace startovacího kalu (cca 60 litrů).
5/2015	Dne 20. 5. 2015 proběhl čtvrtý odběr vyčištěné odpadní vody. Rozbor odpadní vody byl proveden v chemické laboratoři na FAST VUT. Byla provedena sedimentační zkouška aktivovaného kalu a měření koncentrace rozpuštěného kyslíku v aktivaci.

6.5 ROZBORY VYČIŠTĚNÉ ODPADNÍ VODY

V průběhu vodoprávního řízení při instalaci domovní čistírny byly majitelům uděleny požadavky na doložení 4 protokolů o rozboru vyčištěné vody na odtoku během prvního roku provozu DČOV příslušnému odboru Magistrátu města Brna.

6.5.1 Odběr vzorku I

První odběr provedli majitelé 11. 1. 2015 sami odběrem vyčištěné odpadní vody z hladiny dosazovací nádrže. Tento odběr byl potřebný pro doložení odtokových koncentrací vyčištěné odpadní vody pro odbor životního prostředí Magistrátu města Brna. Odběr byl laboratorně zkoumán v akreditované laboratoři a dostal označení č.346/2015. V tabulce 6.16 jsou uvedeny výsledky prvního rozboru.

Tab. 6.16 Protokol o zkoušce č. 346/2015

ukazatel	jednotka	vzorek	nejistota
BSK ₅	mg·l ⁻¹	28	8 %
CHSK	mg·l ⁻¹	265	7 %
NL	mg·l ⁻¹	52	14 %

Na základě nevyhovujících hodnot vyčištěné odpadní vody byl vznesen požadavek majitelů na firmu ASIO, spol. s.r.o., aby provedla další rozbor a zjistila příčinu, proč domovní čistírna není schopna odbourat vysoké koncentrace CHSK.

6.5.2 Odběr vzorku II

Další odběr byl již proveden technikem společnosti ASIO. Odběr proběhl 9. 3. 2015, kdy byla odebrána vyčištěná odpadní voda z dosazovacího prostoru. Vzorek byl odeslán k laboratornímu zkoumání, kde byl označen č. 3201 – 407/2015.

Pomocí kyslíkové sondy HACH HQ30d flexi byla změřena koncentrace kyslíku v aktivační nádrži domovní čistírny odpadních vod. Koncentrace kyslíku byla v aktivaci při nitrifikačním procesu 10,23 mg·l⁻¹ a celkovém nasycení 97,7 % bylo při teplotě odpadní vody 10,5 °C.

V následující tabulce 6.17 jsou uvedeny výsledky druhého rozboru odpadní vody.

Tab. 6.17 Protokol o zkoušce č. 3201 - 407/2015

ukazatel	jednotka	vzorek	nejistota
BSK ₅	mg·l ⁻¹	35	20 %
CHSK	mg·l ⁻¹	163	20 %
NL	mg·l ⁻¹	40	20 %

Při tomto odběru byly opět zjištěny vysoké koncentrace CHSK. Hodnoty BSK₅ a NL, které se pohybovaly na hranici maximálních přípustných hodnot povolených v NV č. 23/2010 Sb. a hodnot garantovaných výrobcem na odtoku z domovní čistírny odpadních.



Obr. 6.7 Měření koncentrace kyslíku v DČOV [zdroj: Kovář]



Obr. 6.8 Kyslíková sonda HACH HQ30d flexi [zdroj: Kovář]

6.5.3 Odběr vzorku III

Třetí odběr pro rozbor odpadní vody provedl technik společnosti ASIO 31. 3. 2015. Při tomto odběru byla odebrána, jak vyčištěná odpadní voda z dosazovací nádrže, tak i odpadní voda při nátoku do domovní čistírny.

Byla také opět měřena koncentrace kyslíku pomocí kyslíkové sondy HACH HQ30d flexi. Při tomto měření byla v aktivační nádrži naměřena hodnota $9,87 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a celkové nasycení bylo 96,37 % při teplotě odpadní vody $11,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Také byla provedena sedimentační zkouška pomocí kalového indexu, kdy byl odebrán 1 litr kalové suspenze. Tato suspenze poté po dobu 30 minut sedimentovala v odměrném válci. Pomocí této zkoušky bylo stanoveno cca 10 % obsahu kalu, což bylo přisouzeno pouze 2 obyvatelům rodinného domu. (Obr. 6.9 a 6.10)

Při odběru vzorků byla na hladině aktivační nádrže bílo-šedá pěna, která je vidět na obrázku 6.11. Voda při odtoku z domovní čistírny byla s příměsí vloček starého kalu.

Vzorky byly předány laboratoři a dostaly označení pro nátok č. 3201 – 604/2015 a pro odtok č. 3201 – 577/2015. Hodnoty výsledků rozborů jsou uvedeny v tabulkách 6.18 a 6.19.

Tab. 6.18 Protokol o zkoušce č. 3201 - 604/2015 (nátok do DČOV)

ukazatel	jednotka	vzorek	nejistota
BSK ₅	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	379	20 %
CHSK	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	635	20 %
NL	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	420	20 %
pH		7,47	0,2

Tab. 6.19 Protokol o zkoušce č. 3201 - 577/2015 (odtok z DČOV)

ukazatel	jednotka	vzorek	nejistota
BSK ₅	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	22	20 %
CHSK	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	139	20 %
NL	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	22	20 %

Výsledky těchto odběrů neukázaly rozdíly ve vypočtených hodnotách na nátok, ale hodnoty na odtoku z čistírny odpadních vod zůstávaly stále nevyhovující pro koncentrace CHSK. Ostatní hodnoty BSK₅ a NL již byly v garantovaných mezích výrobcem, tak i splňovaly požadavky z NV č. 23/2010 Sb.

Doporučení ze strany společnosti ASIO spol. s.r.o. bylo zvýšit zatížení domovní čistírny, a to přímým házením kusů chleba do aktivační nádrže. Což způsobilo v kombinaci užíváním domácích mýdel a pracích prášků velké množství tvorby pěny v aktivační nádrži, odkud pěna přepadala do ostatních prostorů domovní čistírny.



Obr. 6.9 KI – 3 min. odběr III [zdroj: Kovář]



Obr. 6.10 KI – 30 minuta odběr III [zdroj: Kovář]

6.5.4 Kontrolní pozorování

Dne 23. 4. 2015 bylo provedeno kontrolní pozorování stavu domovní čistírny na žádost majitelů. Při této kontrole byla čistírna zanesena kalem ve všech prostorách. Voda v dosazovacím prostoru byla šedo-černá s příměsí kalu. Zjištěné skutečnosti byly pomocí odborné literatury přisouzeny špatně nastartovanému procesu čištění z důvodu stáří kalu. Po posledním výsledku rozboru bylo majitelům domovní čistírny technikem společnosti ASIO spol. s r.o. doporučeno zvýšit zatížení přímým házením chleba do aktivační nádrže. Dodržením tohoto doporučení došlo k tvorbě zhruba 4 centimetrové vrstvy zbytnělého kalu v kalovém prostoru a husté bílo-šedé pění v aktivační nádrži.

Na základě pozorování, konzultace s odborníky zabývajícími se problematikou provozu domovních čistíren a porovnání zjištěných poznatků s odbornou literaturou bylo dosaženo závěru, že domovní čistírna nemá správně nastartován proces čištění odpadní vody. Po domluvě s majiteli domovní čistírny byl zajištěn odběr startovacího kalu na obecní ČOV v obci Tetčice. Odebraný startovací kal majitelé poté aplikovali do své domovní čistírny. Majitelé byli požádáni o omezení množství používaných domácích mýdel a prášků na praní, jejichž složky by mohly být příčinou vysokých koncentrací CHSK na odtoku z domovní čistírny.



Obr. 6.11 Pěna v aktivaci a starý kal v dosazovací nádrži [zdroj: Kovář]

6.5.5 Odběr vzorku IV

Dne 20. 5. 2015 byl proveden odběr IV vzorku odpadní vody na odtoku z čistírny. Při této návštěvě se na hladině aktivačního prostoru tvořila bílo-šedá pěna v menším množství než při odběru vzorku číslo III. V dosazovacím prostoru již byla vyčištěná odpadní voda s výrazně menším množstvím splývajícího kalu na hladině ve srovnání s kontrolním pozorováním dne 23. 4. 2015. V rámci tohoto odběru byla provedena sedimentační zkouška odběrem 1 litru provzdušňované odpadní vody z aktivačního prostoru odměrným válcem. Zkouška probíhala po dobu 30 minut sedáním kalu v odběráku. Sedimentační zkouškou bylo prokázáno, že se jedná o normální vzorek aktivovaného kalu, kdy aktivovaný kal sedá ke dnu nádoby. Sedimentační zkouškou se stanovil obsah kalu s hodnotou cca 20 % (Obr. 6.13), což je ve srovnání při odběru číslo III zvýšení o 10 %.

Zároveň byla v aktivačním prostoru změřena koncentrace rozpuštěného kyslíku pomocí kyslíkové sondy HACH HQ30d flexi s hodnotou $9,06 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ při teplotě vody $17,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a nasycení 97,2 %.

Vzorek byl předán na rozbor a stanovení ukazatelů do chemické laboratoře na Fakultě stavební VUT v Brně. Výsledky rozborů vzorku jsou uvedeny v tabulce 6.20.



Obr. 6.12 KI – 1 min. odběr IV [zdroj: Kovář]



Obr. 6.13 KI – 30 min. odběr IV [zdroj: Kovář]

Tab. 6.20 Protokol o zkoušce ze dne 20. 5. 2015

ukazatel	jednotka	vzorek
BSK ₅	mg·l ⁻¹	8
CHSK	mg·l ⁻¹	185
NL	mg·l ⁻¹	106
pH	-	6,56
NH ₄ ⁺	mg·l ⁻¹	26,7

V rámci tohoto rozboru byl proveden rozbor amoniakálního dusíku, který nevyhověl v porovnání s hodnotami z Nařízení vlády č. 416/2010 Sb. v tabulce 3.3. U hodnoty CHSK a NL došlo ke zvýšení ve srovnání s rozbohem předcházejícího vzorku v tabulce 6.19. Oproti tomu u hodnoty BSK₅ byl zaznamenán pokles ve srovnání s předcházejícím vzorkem v tabulce 6.19. Při tomto odběru bylo provedeno očištění potrubí na přebytečný kal z aktivační nádrže do dosazovacího prostoru, jelikož zde bylo zjištěno ucpání kale, což vedlo k neprůchodnosti přebytečného kalu do dosazovací nádrže. Průchodnost potrubí a pootočení ventilu tohoto odtahového potrubí má zlepšit odtah přebytečného kalu z aktivačního prostoru do dosazovacího prostoru.

U všech odběrů bylo použito odběráku na tyči (Obr 6.14) a polyethylenové láhve o objemu 1 litru na odběr vzorku. Na měření kyslíku byla použita kyslíková sonda HACH HQ30d flexi. (Obr. 6.8)



Obr. 6.14 Odběrák na tyči [zdroj: Kovář]



Obr. 6.15 Odběr vzorku [zdroj: Kovář]

Odběry všech výše zmíněných vzorků odpadní vody probíhaly v dopoledních hodinách. Vzorky odpadní vody byly řádně označeny a odvezeny do akreditované laboratoře společnosti GEOTest, a.s., kde byly provedeny rozборы. Zkušební postup byl u koncentrace CHSK-Cr; SOP OV-03^A podle ČSN ISO 15705), u BSK₅ to byl postup SOP OV-05^A podle ČSN EN 1899-1) a u NL to byl zkušební postup SOP OV-02^A podle ČSN EN 872. Protokoly o zkouškách s osobními údaji majitelů nejsou na jejich přání součástí této bakalářské práce.

6.5.6 Problémy domovní čistírny odpadních vod

Problémy sledované domovní čistírny odpadních vod jsou uvedené v tabulce 6.21 s přiřazením pravděpodobných příčin problému. Zároveň jsou v tabulce uvedeny možnosti řešení uvedených problémů.

Jedním z několika uvedených problémů sledované domovní čistírny odpadních vod je vysoká koncentrace CHSK na odtoku. Mezi možné příčiny těchto vysokých koncentrací mohou patřit vypouštění domácí mýdla a prášky, případně dezinfekční prostředky, které se do čistírny dostanou ve vyšším množství než je čistící proces schopen odbourat.

Kvalita odpadní vody čištěné aerobním biologickým způsobem závisí na kvalitě odpadní vody přiváděné na biologickou jednotku, na jejím vybavení i parametrech provozu. V systému biologického čištění, v němž je přítomna mikrobiální biomasa, dochází vedle průběžného růstu mikroorganismů i k jejich odumírání, rozkladu buněk a tím uvolňování organických látek. Organické látky jsou vylučovány i živými mikroorganismy. Proto při biologickém čištění nelze dosáhnout libovolně nízké koncentrace organických látek, ani biologicky rozložitelných (BSK₅), včetně biologicky nerozložitelných (CHSK) látek. Se snižováním látkového zatížení se tyto zbytkové koncentrace, blíží limitní hodnotě.

Zbytkové limitní koncentrace biologicky rozložitelných látek budou spíše než na jejich vstupní koncentraci závislé na koncentraci biomasy v reaktoru. Látky v čištěné odpadní vodě, podílející se na CHSK, se skládají z biologicky rozložitelných a biologicky rezistentních sloučenin a jejich zbytkové koncentrace jsou závislé nejen na stupni odstranění v průběhu procesu, ale i na vstupních koncentracích. Poměr CHSK : BSK₅ se biologickým čištěním zvyšuje u městských odpadních vod na 3 : 1 až 5 : 1. [22]

Suspendované látky aktivovaného kalu se podílejí na zbytkových koncentracích CHSK a BSK₅ v závislosti na jeho kvalitě, charakterizované především stářím kalu a podílu organické hmoty v jeho sušině. [22]

Dalším problémem, který může vést ke špatnému provozu čistírny je špatný návrhový výpočet. Sledovaná domovní čistírna je navržena pro 3 - 7 EO, ale ve skutečnosti je užívána 2 EO, což vede k malému zatížení čistírny.

Dalším významným problémem nevyhovujícího provozu je obsluha a údržba čistírny ze strany majitelů. Kdy nebyla prováděna pravidelná údržba a čištění potrubí. A neprobíhala v technologickém procesu správná recirkulace vratného kalu zpět do aktivačního prostoru, a tím docházelo k hromadění kalu v dosazovacím prostoru a jeho následného minimálního odtoku z čistírny. Tento problém spočívá v nedodržení provozního řádu daný výrobcem, jak zacházet a užívat domovní čistírnu odpadních vod.

Tab. 6.21 Identifikace problému a jejich možná řešení [7]

Problém	Pravděpodobné příčiny	Řešení problémy
Chomáče bílé pěny:	• nízké stáří kalu dané nízkou koncentrací kalu (např. při zapracování aktivace);	• sledovat objem usazeného kalu. Jeli příliš nízký, je potřeba zvýšit recirkulaci vratného kalu a snížit odtah přebytečného kalu.
Ostatní problémy s tvorbou pěny:	• vypouštění tuků, mýdel, detergentů;	• bez podrobnějšího rozboru problému nelze konstatovat, že je pěna škodlivá pro provoz.
Nedostatečná schopnost kalu sedimentovat:	• tvorba neusaditelných mikrovloček způsobující zákal na odtoku - příliš vysoké stáří kalu;	• zvýšit odtahování přebytečného kalu.
Ztráty kalu únikem do odtoku:	• vysoká hladina kalu v nádrži;	• zvýšit recirkulaci vratného kalu, snížit intenzitu aerace v aktivační nádrži - potřebná koncentrace rozpuštěného kyslíku a intenzita aerace musí zůstat zajištěné.
	• rozpad vloček aktivovaného kalu;	• snížit stáří kalu.

6.6 OPTIMALIZACE PROVOZU DOMOVNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

Na základě uvedených problémů v kapitole 6.5.6 byly majitelům doporučeny možné způsoby optimalizace provozu domovní čistírny odpadních vod, které by vedly ke správnému chodu sledované čistírny. Optimalizační kroky byly doporučeny na základě výsledků rozborů vzorků vyčištěné odpadní vody a doby pozorování dané čistírny v období ledna 2015 až května 2015.

V rámci optimalizace byla v prvním kroku zjištěna doba zdržení, která je pro nízkozatížený aktivační proces doporučena v rozmezí 24 – 72 hodin podle ČSN 75 6402. Výpočtem byla zjištěna doba zdržení pro uváděné zatěžovací stavy v kapitole 6.3 a jejich doby zdržení jsou uvedeny v tabulce 6.22. Tímto stanovením bylo zjištěno, že při stávajícím zatížení, které odpovídá 2 EO je velká doba zdržení. Což může vést k nesprávnému procesu čištění odpadních vod. Při vysokých koncentracích CHSK je potřebná doba zdržení, která nesmí být krátká. Pro výpočet doby zdržení byly použity denní průtoky, které jsou uvedeny ve výpočtu návrhových parametrů v kapitolách 6.3.1 a 6.3.2. Objem aktivačního prostoru čistírny je 1,35 m³.

Tab. 6.22 Doba zdržení v DČOV

ukazatel	ZS I	ZS II	jednotka
$\theta_{\text{dní}} =$	4,70	1,79	d
$\theta_{\text{hod}} =$	112,71	42,86	h

Při hledání problému provozu DČOV nebylo prokázáno malé množství kyslíku v procesu čištění. Jelikož je DČOV provzdušňována 24 hodin denně a tím dochází k potřebné endogenní respiraci mikroorganismu. Možným řešením snížení dodávky kyslíku do aktivačního procesu je instalace frekvenčního měniče, což by vedlo ke snížení nákladů na energie.

V následujících bodech jsou uvedeny problémy DČOV, které byly po dobu sledování pozorovány a jsou zde uvedeny jejich možné příčiny a návrhové opatření. Každé opatření vedlo k jistým změnám v provozu DČOV, jejich výsledky jsou zde popsány.

- **Zjištění nevyhovujících odtokových poměrů z DČOV:**

Na základě vysokých hodnot u hlavních ukazatelů sledovaných pro danou třídu I podle NV č. 23/2011 Sb., které jsou uvedeny v tabulce 6.16, došlo k zjištění nevyhovujícího fungování provozu sledované domovní čistírny odpadních vod. Tento problém byl ověřen novým odběrem vzorku servisním technikem firmy ASIO spol. s.r.o. Výsledky tohoto odběru jsou uvedeny v tabulce 6.17, kde opět byly zjištěny nevyhovující hodnoty ukazatelů. Na základě těchto výsledků bylo

majitelům doporučeno omezení užívání domácích pracích a čisticích prostředků, které byly vypouštěny do čistírny. A provedení údržby DČOV podle pokynů provozního řádku, který je součástí základního vybavení při zakoupení daného typu DČOV.

- **Opatření:** omezení vypouštění odpadních vod s příměsí domácích prášků a čisticích prostředků, provedení údržby podle zaškolení oprávněnou osobou při instalaci.
 - **Výsledek:** údržba čistírny byla provedena jen povrchově bez údržby technologického vybavení DČOV. Omezení čisticích prostředků jen minimálně.
- *Malé zatížení domovní čistírny a špatný návrh DČOV:*

Po provedení výše uváděných pokynů byly provedeny další odběry vzorků z nátoků a odtoku DČOV a jejich výsledky jsou uvedeny v tabulkách 6.18 a 6.19. Na základě výsledků ze sedimentační zkoušky bylo zjištěno, že při návrhu DČOV došlo k špatnému výpočtu pro zatížení. Jelikož domovní čistírna byla navrhována a zároveň je i garantovaná pro 3 – 7 ekvivalentních obyvatel. Současný stav užívání je pouze 2 EO, což vede k nedostatečnému zatížení a následně k nedokonalému čištění odpadní vody. Jako opatření bylo doporučeno zvýšení zatížení domovní čistírny, házením kusů chleba do aktivací nádrže což vedlo ve spojení vypouštěných mýdel k tvorbě bílé pěny a zanesení všech prostor DČOV včetně potrubí.

 - **Opatření:** zvýšení zatížení DČOV házením kusů chleba do aktivace.
 - **Výsledek:** tvorba bílé pěny v aktivacím prostoru DČOV ve spojení vypouštěných mýdel do čistírny. Všechny prostory zaneseny, včetně potrubí.
 - *Tvorba chomáčů bílé pěny v aktivaci:*

U tohoto problému byla majitelům doporučena eliminace používání domácích mýdel a pracích prášků, které mohly být příčinou vysokých koncentrací CHSK na odtoku z čistírny, jelikož při jejich množství nebylo možné tyto biologicky nerozložitelné látky odbourat při procesu biologického čištění. V tomto případě bylo docíleno minimálního omezení užívání mýdel a také došlo k úbytku tvorby pěny v aktivaci.

 - **Opatření:** eliminace používání domácích mýdel a celkové očištění technologické linky DČOV, včetně potrubí a mamutek.
 - **Výsledek:** očištění čistírny. Majitelé podle svých slov omezili užívání domácích čisticích prostředků. Snížení tvorby pěny v aktivaci.

- *Stáří kalu:*

Při zjištění úniku drobných vloček starého kalu do odtoku byl aplikován zahuštěný kal z obecní čistírny odpadních vod do sledované čistírny, za účelem snížení stáří kalu, a znovu nastartování správného biologického čištění odpadní vody pomocí mikroorganismů. Posílením provozu čistírny aplikací kalu došlo k většímu zatížení čistírny a úplné eliminaci tvorby bílé pěny na hladině aktivace.

- **Opatření:** aplikace zahuštěného kalu z obecní ČOV do sledované DČOV.
- **Výsledek:** snížení stáří kalu v čistírně. Zvýšení zatížení čistírny.

- *Odtah kalu z dosazovacího procesu:*

Nedostatečný odtah vratného kalu z dosazovacího prostoru do aktivace byl zapříčiněn ucpáním potrubí, což bylo napraveno vyčištěním potrubí a zároveň doporučením občasného pootočení ventilu na odtah vratného kalu, který se těmito příčinami shromažďoval v dosazovacím prostoru. Toto opatření vedlo k zvýšení vnitřní recirkulace vratného kalu a snížení usazování kalu v dosazovacím prostoru a také úniku drobných vloček kalu do odtoku.

- **Opatření:** pročištění potrubí na odtah kalu z dosazovacího prostoru a občasné pootočení ventilu na odtah vratného kalu.
- **Výsledek:** zlepšení recirkulačních podmínek v technologickém procesu a úbytku drobných vloček kalu na odtoku.

- *Obsluha a údržba čistírny a osvěta lidí:*

V tomto případě bylo majitelům doporučeno, aby postupovali podle pokynů provozního řádu při pravidelných údržbách a čištění domovní čistírny. Zároveň byli majitelé poučeni o nevhodnosti vypouštění některých druhů odpadních vody.

Po dobu sledování provozu DČOV bylo majitelům doporučováno několik postupů jak správně užívat domovní čistírnu odpadních vod. V několika případech došlo ke zlepšení chodu čistírny. A to v případech omezení házení chleba do aktivace nebo aplikace zahuštěného kalu pro zvýšení zatížení. Ale zároveň v některých případech bylo proti vůli majitelů, aby učinili kroky, které by vedly ke zlepšení provozu domovní čistírny odpadních vod. Především se jednalo o omezení vypouštění domácích mýdel a pravidelné údržbě všech technologických částí domovní čistírny, která by se měla provádět v souladu s provozním řádem daného typu domovní čistírny odpadních vod.

- **Opatření:** poučení majitelů o správném užívání DČOV, údržbě a čištění technologických částí a strojního vybavení. Omezení užívání domácích mýdel a čisticích prostředků a jejich následné vypouštění do DČOV.

- **Výsledek:** majitelé doporučení vzali na vědomí a postupovali podle své vůle v hospodaření s odpadními vodami a provozem DČOV.

6.7 VYHODNOCENÍ

Sledovaná domovní čistírna odpadních vod měla na začátku pozorování, tedy cca 4 měsíce po spuštění zkušebního provozu problém s odtokovými ukazateli. Během doby pozorování a kontroly proběhly odběry vyčištěné odpadní vody, jak na odtoku, tak při nátoku do DČOV. Tyto odběry a jejich rozborů, které jsou uvedeny v kapitole 6.5, měli ukázat a přiblížit možné problémy, které v rámci provozu vznikají a jsou zmíněny v kapitole 6.5.6. Jednotlivé výsledky byly důkladně analyzovány a konzultovány s odborníky zabývající se problematikou domovních čistíren odpadních vod. Následně byly zkoušeny možnosti optimalizace chodu DČOV. Tyto možnosti jsou popsány v kapitole 6.6 i s výsledky.

Několik měsíců sledování a provádění analýz jednotlivých zjištěných problémů a zkoušení optimalizačních možností ke zlepšení technologického provozu a odtokových poměrů mělo vést k požadovaným odtokovým ukazatelům garantovaných výrobcem. Vzhledem k nesjednocení názorů na požadovaná opatření s majiteli vedly optimalizační možnosti ke stále nevyhovujícím hodnotám ukazatelů na odtoku z DČOV.

Tento typ čistírny je běžně užíván u mnoha dalších rodinných domů a ze zkušenosti výrobce, funguje proces správně a splňuje odtokové ukazatele. Ale je třeba dodržovat správné užívání tohoto typu čistírny a uvědomovat si možné následky při vypouštění nevhodných odpadních vod.

Ekonomické úspory provozu domovní čistírny odpadních vod

V rámci optimalizace byl proveden orientační výpočet možných ekonomických úspor provozu a údržby domovní čistírny odpadních vod. Vycházelo se z ročního provozu čistírny, která má pracovní příkon $40 \text{ W} \cdot \text{h}^{-1}$, což je $0,96 \text{ kWh} \cdot \text{d}^{-1}$. Cena jedné kilowatthodiny je zhruba 5 Kč. Při individuální údržbě je potřeba si zakoupit opravnou sadu DČOV za doporučenou cenu 2000 Kč. Součástí užívání DČOV je odvoz a likvidace kalu. Ten je obvykle nutné vyvážet dvakrát za rok a dokládat daňový doklad o vyvezení. Což sebou nese náklady zhruba 4000 Kč.

Tab. 6.23 Položkový roční provoz DČOV

SEZNAM POLOŽEK	INDIVIDUÁLNÍ ÚDRŽBA	AUTORIZOVANÝ SERVIS
energie na provoz DČOV	1752 Kč	1752 Kč
mzdové náklady pracovníka (4 h/měsíc)	x	40 000 Kč
zkušební protokoly (4krát/rok)	4000 Kč	4000 Kč
CELKEM ROČNÍ PROVOZ	5752 Kč	45 752 Kč

V tabulce 6.23 je rozepsán orientační roční provoz domovní čistírny dvou možností údržby. A to individuální údržbou (údržba majiteli DČOV), kdy nejsou vytvářeny žádné mzdové náklady na pracovníka obsluhy, ale je potřeba zakoupit si jednorázově opravnou sadu za doporučenou cenu 2000 Kč. Druhou možností údržby je autorizovaný servis poskytovaný výrobcem, kdy nevznikají náklady na opravnou sadu, jelikož je to součástí vybavení autorizovaného servisu. V obou případech je nutné odvážet a likvidovat kal. Tento problém mnoho lidí neřeší, jen si nechají od provozovatele vozidla se sacím zařízením vystavit daňový doklad o vyvezení za nižší finanční náklady než samotné vyvezení kalu. Z ekonomického hlediska je cenově přijatelnější varianta individuální údržby za předpokladu dodržování správného užívání DČOV podle provozního řádu a zaškolení autorizovanou osobou.

Tab. 6.24 Roční provoz sledované DČOV

SEZNAM POLOŽEK	INDIVIDUÁLNÍ ÚDRŽBA
energie na provoz DČOV	1752 Kč
mzdové náklady pracovníka (2 výjezdy + práce)	2000 Kč
zkušební protokoly (4 krát/rok + 4 rozborů navíc)	8000 Kč
CELKEM ROČNÍ PROVOZ	11 752 Kč

U sledované domovní čistírny odpadních vod bylo zapotřebí provést více odběrů a laboratorních zkoušek k zjištění příčin nevyhovujících odtokových parametrů. Tyto laboratorní zkoušky se promítly do nákladů, které jsou uvedené v tabulce 6.24. Dalším navýšením nákladů na roční provoz byl výjezd servisního technika. Toto zvýšení nákladů by nevzniklo, pokud by nedocházelo k nesprávnému užívání a provozu domovní čistírny. Snížení nákladů na energie potřebné k provozu napojením frekvenčního měniče před dmychadlo, které pohání aerátory, je ve srovnání s náklady na laboratorní zkoušky zanedbatelné. Osazení frekvenčního měniče by bylo v tomto případě neefektivní.

7 ZÁVĚR

V rešeršní části jsou řešeny možnosti zneškodňování odpadní vody z malých zdrojů. Jedna kapitola je věnovaná legislativním požadavkům na kvalitu vypouštěné odpadní vody z domovních čistíren odpadních vod, rozdělení domovních čistíren odpadních vod podle způsobu vypouštění odpadní vody. V této kapitole jsou také uvedeny přípustné a maximální hodnoty emisních koncentrací vypouštěných odpadních vod.

Další kapitola je věnována nejčastěji sledovaným hodnotám a jejich měření podle české technické normy ČSN EN 12566-3. V páté kapitole jsou popsány hlavní problémy čistíren a následně jejich možnosti optimalizace provozu čistíren. Tato kapitola byla zaměřena na možnosti optimalizace provozu domovních čistíren odpadních vod s ohledem na bytění kalu, biologické odstranění dusíku a fosforu a nedostatek kyslíku v aktivačním procesu čištění.

Cílem bakalářské práce byla optimalizace provozu domovní čistírny odpadních vod. Vzhledem k nesplnění některých odtokových ukazatelů bylo potřeba celkově zhodnotit a analyzovat stávající stav sledované domovní čistírny odpadních vod a hledat možnosti, které by vedly ke správnému technologickému procesu čištění splaškové odpadní vody a ke zlepšení odtokových parametrů z čistírny. Závažnými problémy byly především vysoké koncentrace CHSK na odtoku z čistírny, únik vloček kalu do odtoku odpadní vody a nízké zatížení čistírny způsobené špatným návrhem. Další problémy čistírny jsou uvedeny v kapitole 6.5.6.

Během sledované doby, byly provedeny odběry vzorků vyčištěné odpadní vody a stanoveny koncentrace potřebných ukazatelů. Tyto výsledky vedly ke stanovení možností jak správně nastavit technologii sledované domovní čistírny. Jednotlivé možnosti byly po určité době aplikovány do stávajícího chodu domovní čistírny. Navrhnuté možnosti optimalizace provozu jsou popsány v kapitole 6.6 a k nim jsou popsány příčiny vzniku problému a navrhované řešení. Následně jsou uvedeny výsledky, které nastaly po aplikaci jednotlivých možností zlepšení provozu čistírny.

Jednoznačným problémem, bylo nesprávné užívání domovní čistírny odpadních vod, jelikož pro správnou funkci čistírny je nezbytná starost o správný provoz a údržbu. Tento problém vznikl na straně majitelů, jelikož nevěnovali dostatečnou pozornost při zaškolování obsluhy a údržby čistírny servisním technikem. Také vypouštění odpadní vody s velkým množstvím mýdel a tuků do čistírny odpadní vody. Což vedlo k tomu, že čistírna neplnila požadované odtokové poměry, které byly garantovány výrobcem. Tyto garantované odtokové poměry jsou ve shodě s Nařízením vlády č. 23/2011 Sb.

Výsledky posledního rozboru uvedené v kapitole 6.5.5 jsou nevyhovující, a proto bude i nadále probíhat pozorování domovní čistírny odpadních vod a případně budou provedeny další odběry a rozborů vyčtené odpadní vody.

V závěru práce jsou zmíněny ekonomické úspory domovní čistírny odpadních vod. V tabulkách 6.23 a 6.24 jsou srovnány náklady na provoz domovní čistírny odpadních vod při správném a efektivním užívání s náklady na provoz sledované domovní čistírny odpadních vod. U nákladů sledované DČOV je navýšení nákladů za již provedený výjezd servisního technika a provedení většího počtu odběrů a následných laboratorních rozborů.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HLAVÍNEK, Petr. *Stokování a čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003, 253 s. ISBN 80-214-2535-0
- [2] SOJKA, Jan. *Čistírny odpadních vod: pro rodinné domy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 95 s. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4504-6.
- [3] SOJKA, Jan. *Malé čistírny odpadních vod*. 2. aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2004, vii, 98 s. Stavíme. ISBN 80-86517-80-2.
- [4] KAŇKA, Jiří. *Provozování a bezpečnost stok a čistíren odpadních vod*. České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, 2013, 111 s. ISBN 978-80-87472-52-1.
- [5] ŠŤASTNÝ, Josef a Otta KOUKOLÍK. *Provoz domovních čistíren odpadních vod*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987.
- [6] Česká republika. Nařízení vlády: kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 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, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 SB. In: *Sbírka zákonů č. 23/2011*. 2011.
- [7] PYTL, Vladimír. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*. 1. vyd. Praha: Medim pro SOVAK - Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, 2004, x, 209 s. ISBN 80-239-2528-8.
- [8] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009, viii, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [9] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, c2001, vi, 251 s. ISBN 80-86020-30-4.
- [10] Enviwiki: kořenová čistírna odpadních vod. 2013. *Enviwiki* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: http://www.enviwiki.cz/wiki/Ko%C5%99enov%C3%A1_%C4%8Dist%C3%ADrna_odpadn%C3%ADch_vod
- [11] Kcov-rostliny: Kořenové čistírny odpadních vod. *Kcov-rostliny* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://www.kcov-rostliny.cz/KCOV.php#vyhody>
- [12] Usbf: legislativa. 2012. *Usbf* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://www.usbf.cz/legislativa>
- [13] Nařízení vlády: o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních. 2010. In: *Sbírka zákonů 416/2010*.

- [14] SMĚRNICE: ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. 2000. In: 2000/60/ES.
- [15] SMĚRNICE RADY: o čištění městských odpadních vod. 1991. In: 91/271/EHS.
- [16] ČSN 75 6402. *Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel*. 1997. Praha: český normalizační úřad.
- [17] ČSN EN 12566-3+A1. *Malé domovní čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 3: Balené a/nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod*. 2014. Praha: úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [18] BÁRTŮ, Tomáš. 2010. *Přehled domovních čistíren odpadních vod v České republice*. Brno. Bakalářská. VUT Fakulta Stavební. Vedoucí práce Hlušík Petr.
- [19] KOŠLEROVÁ, Monika. 2014. ČOI – Kontroly domovních čistíren odpadních vod. *Vodní Hospodářství*. (1).
- [20] Enviromentální aplikace technických plynů. Messercroup.cz [online]. 2010 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: http://www.messergroup.com/cz/Prospekty/Ekologie/Envi_prospekt.pdf
- [21] PLOTĚNÝ, Karel. *Intenzifikace čistíren odpadních vod-energetický pohled*. 1. Praha: IC ČKAIT, 2013. ISBN 978-80-87438-41-1.
- [22] MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. *Chemie a technologie vody*. 2., dopl. vyd. Brno: ARDEC, c2006, xii, 331 s. ISBN 80-86020-50-9.
- [23] HLAVÍNEK, Petr a Dušan NOVOTNÝ. *Intenzifikace čistíren odpadních vod*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1996, iv, 235 s. ISBN 80-86020-01-0.
- [24] AS-VARIOcomp K [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-variocomp-k>

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Minimální přípustná účinnost čištění stanovená při certifikaci DČOV v % [6] ...	18
Tab. 3.2 Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění OV podle NV 23/2011 Sb. [6]	18
Tab. 3.3 Ukazatele a emisní standardy pro OV vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rekreaci v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [13]	19
Tab. 3.4 Ukazatele a emisní standardy pro OV vypouštěné z jednotlivých staveb poskytujících služby v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [13].....	19
Tab. 3.5 Minimální přípustná účinnost čištění do podzemních vod pro certifikované DČOV v % [13]	19
Tab. 4.1 Orientační složení splaškových odpadních vod (vybrané parametry) [9]	29
Tab. 4.2 Rozpustnost kyslíku ve vodě, která je ve styku se vzduchem nasyceným vodní párkou při tlaku 101 325 Pa [7]	34
Tab. 6.1 Garantované hodnoty koncentrací vyčištěné OV na odtoku z ČOV v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [24]	41
Tab. 6.2 Technické parametry sledované DČOV [24]	42
Tab. 6.3 Volba pro zatěžovací stav I – 2EO Tab. 6.4 Specifické zatížení.....	44
Tab. 6.5 Návrhové hodnoty průtoků pro ZS I	44
Tab. 6.6 Návrhové zatížení a koncentrace ZS I.....	44
Tab. 6.7 Emisní limity uváděné v NV č. 23/ 2010 Sb.	44
Tab. 6.8 Výsledné koncentrace a účinnost pro ZS I.....	45
Tab. 6.9 Volba pro zatěžovací stav II – 7EO 	45
Tab. 6.10 Specifické zatížení.....	45
Tab. 6.11 Návrhové hodnoty průtoků pro ZS II.....	45
Tab. 6.12 Návrhové zatížení a koncentrace ZS II	45
Tab. 6.13 Emisní limity uváděné v NV č. 23/ 2010 Sb.	45
Tab. 6.14 Výsledné koncentrace a účinnost pro ZS II	46
Tab. 6.15 Historie DČOV	47
Tab. 6.16 Protokol o zkoušce č. 346/2015	48
Tab. 6.17 Protokol o zkoušce č. 3201 - 407/2015	48
Tab. 6.18 Protokol o zkoušce č. 3201 - 604/2015 (nátok do DČOV)	50

Tab. 6.19 Protokol o zkoušce č. 3201 - 577/2015 (odtok z DČOV)	50
Tab. 6.20 Protokol o zkoušce ze dne 20. 5. 2015	53
Tab. 6.21 Identifikace problému a jejich možná řešení [7]	55
Tab. 6.22 Doba zdržení v DČOV	56
Tab. 6.23 Položkový roční provoz DČOV	59
Tab. 6.24 Roční provoz sledované DČOV	60

SEZNAM GRAFŮ

Graf 3.1 Početní zastoupení DČOV na trhu podle technologických procesů čištění [18] ..	23
Graf 3.2 Procentuelní zastoupení DČOV na trhu podle technologických procesů čištění [18]	24
Graf 3.3 Srovnání cen DČOV pro 1 – 5 EO [18]	25
Graf 3.4 Srovnání cen DČOV pro 6 – 10 EO [18]	26
Graf 4.1 Křivka rozpustnosti kyslíku ve vodě v závislosti na teplotě	34

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Rotační biofilmový reaktor [zdroj: Kovář]	12
Obr. 2.2 Septik se zemním pískovým filtrem [zdroj: Kovář]	13
Obr. 2.3 Zemní pískový filtr [zdroj: http://www.poolone.sk/zemni-filtry/]	14
Obr. 2.4 Kořenová čistírna [zdroj: http://www.kcov-rostliny.cz/Images/obr.jpg]	15
Obr. 6.1 Umístění DČOV	39
Obr. 6.2 DČOV Bosonohy [zdroj: Kovář]	40
Obr. 6.3 Domovní čistírna odpadních vod AS-VARIOcomp 5 K [24]	41
Obr. 6.4 Rozměry DČOV [24]	42
Obr. 6.5 Schéma domovní čistírny odpadních vod [24]	43
Obr. 6.6 Základní technologické schéma DČOV [24]	43
Obr. 6.7 Měření koncentrace kyslíku v DČOV [zdroj: Kovář]	49
Obr. 6.8 Kyslíková sonda HACH HQ30d flexi [zdroj: Kovář]	49
Obr. 6.9 KI – 3 min. odběr III [zdroj: Kovář]	51
Obr. 6.10 KI – 30 minuta odběr III [zdroj: Kovář]	51
Obr. 6.11 Pěna v aktivaci a starý kal v dosazovací nádrži [zdroj: Kovář]	52
Obr. 6.12 KI – 1 min. odběr IV [zdroj: Kovář]	53
Obr. 6.13 KI – 30 min. odběr IV [zdroj: Kovář]	53
Obr. 6.14 Odběrák na tyči [zdroj: Kovář]	54
Obr. 6.15 Odběr vzorku [zdroj: Kovář]	54

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

aj. ... a jiné

apod. ... a podobně

atd. ... a tak dále

BOD ... biochemická spotřeba kyslíku

BSK ... biochemická spotřeba kyslíku

BSK₅ ... biochemická spotřeba kyslíku po 5 dnech

BSK₂₀ ... biochemická spotřeba kyslíku po 20 dnech

CE ... certifikovaný výrobek

CH₄ ... methan

CN⁻ ... kyanidy

CNO⁻ ... kyanatany

COD ... chemická spotřeba kyslíku

CO₂ ... oxid uhličitý

ČOI ... Česká obchodní inspekce

ČOV ... čistírna odpadních vod

ČSN ... česká technická norma

ČSN EN ... česká technická verze evropské normy

DOC ... celkový organický uhlík

DČOV ... domovní čistírna odpadních vod

EHS ... Evropské hospodářské společenství

EN ... evropská norma

EO ... ekvivalentní obyvatel

ES ... Evropské společenství

FAST ... Fakulta stavební

H₂O ... voda

CHSK ... chemická spotřeba kyslíku

CHSK_{Cr} ... chemická spotřeba kyslíku stanovená dichromanem draselným

Kč ... Koruna česká

KTJ ... kolonie tvořících jednotek

např. ... například

N_2 ... elementární dusík

N_{CELK} ... celkový dusík

NH_3 ... amoniakální dusík nedisociovaný

NH_4^+ ... amoniakální dusík disociovaný

NL ... nerozpuštěné látky

$N - NO_2^-$... dusitanový dusík

$N - NO_3^-$... dusičnanový dusík

$N - NH_4$... amoniakální dusík

NV ... Nařízení vlády

OV ... odpadní voda

P_{CELK} ... celkový fosfor

PE ... polyetylén

pH ... vodíkový exponent

PO ... počet obyvatel

PP ... polypropylén

PO_4^{3-} ... orthofosforečnany

PRVKÚK ... plán rozvoje vodovodů a kanalizací území kraje

PVC ... polyvinylchlorid

Sb. ... sbírka zákonů

spol. ... společnost

s.r.o. ... společnost s ručením omezeným

SS ... nerozpuštěné látky

TOC ... celkový organický uhlík

TSK ... technická spotřeba kyslíku

tzv. ... takzvaný

UV ... ultrafialové záření

VUT ... Vysoké učení technické

ZS ... zatěžovací stav

a ... šířka

b ... délka

c_o ... koncentrace odpadní vody [$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$]

c_1 ... výstupní koncentrace odpadní vody [$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$]

D ... průměr

E_c ... účinnost DČOV [%]

h ... výška

H_o ... výška odtoku

H_v ... výška vtoku

Q_B ... balastní vody (5%) v [$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$]

Q_{OTV} ... provozní voda pro dům a zahradu [$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$]

q_{sp} ... specifická potřeba vody [$\text{l} \cdot \text{ob}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$]

Q_{24} ... maximální denní průtok DČOV v [$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$]

sdp_o ... zatížení na DČOV [$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$]

s_o ... specifické zatížení [$\text{g} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$]

§ ... paragraf

$^{\circ}\text{C}$... stupeň Celsia

θ_{dni} ... doba zdržení [d]

θ_{hod} ... doba zdržení [h]

SUMMARY

In the search part possibilities disposal of the waste water from small sources are solved. One chapter is devoted to legislative requirements on the quality of the discharged waste water from domestic wastewater treatment plants. This chapter also lists permissible and the maximum value of the emission concentration of discharged wastewater.

Another chapter is devoted to the most frequently monitored values and their measurement by the Czech technical standard EN 12566-3. The fifth chapter describes the main challenges of wastewater and consequently their ability to optimize the operation of wastewater treatment plants.

The aim of this thesis was to optimize the operation of domestic wastewater treatment plant. Serious problems were particularly high concentration of COD in the effluent of sewage, loose flakes of sludge to the outflow of wastewater treatment plants and low load caused by poor design.

During the reporting period, samples of treated wastewater were made. The results of the analysis underlying the option to set the right technology to domestic wastewater. Solutions were for some time applied to existing domestic wastewater treatment plants running. The following are the results that occurred after the application of the various options to improve operation of the plant.

The most apparent problem was improper use of domestic wastewater treatment plant. Another major problem was discharging waste water with plenty of soap and grease into the wastewater treatment plant. This meant that wastewater treatment plant did not fulfill the required cleaning runoff conditions.