

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra technologických zařízení staveb**



**Bakalářská práce**

**Možnosti využití šedých vod v domácnostech a  
zahradách**

**Vojtěch Patka**

© 2020 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vojtěch Patka

Procesní inženýrství  
Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

**Možnosti využití šedých vod v domácnostech a zahradách**

Název anglicky

**Possibilities of using gray water in homes and gardens**

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zhodnotit využití odpadních šedých vod v domácnostech a na zahradách. Na základě literárního přehledu bude uskutečněna analýza možností využití šedých vod pro rodinný dům s čtyřčlennou rodinou.

Praktická část práce zahrnuje analýzu spotřeby vody a její opětovné použití. Popis stávajících technologií využívaných pro recyklaci odpadních vod. Závěrem student vypracuje posouzení využití šedých vod s ohledem na výhody a nevýhody spojené s touto recyklací.

### Metodika

Bakalářská práce se bude skládat z těchto částí:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Přehled poznatků z literatury
4. Výchozí podmínky řešení
5. Měření a dosažené výsledky
6. Diskuse a závěry
7. Seznam literatury
8. Přílohy

**Doporučený rozsah práce**

30-40

**Klíčová slova**

Odpadní vody, recyklace, rodinný dům

---

**Doporučené zdroje informací**

Horáková M., Lischke P., Grúnwald A.: Chemické a fyzikální metody analýzy vod. SNTL/ALFA, Praha 1989.  
Chudoba, J.; Dohányos, M.; Wanner, J., (1991): Biologické čištění odpadních vod. SNTL Praha.  
Juchelková, D.; Fibinger, V.; Mika, J.: Metody nakládání s odpady. 1. vydání. Ostrava: VŠB TU Ostrava, 1996. 62 s. ISBN 80-7078-309-5  
Juchelková, D.: Likvidace a využití odpadů. Ostrava, VŠB TU Ostrava, 2000. ISBN 80-7078-747-3  
Kuraš, M. Odpadové hospodářství. 1. vyd. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 2008. 152 str. ISBN 978-80-86832-34-0.  
Pošta. J. a kol., (2005): Čistírny odpadních vod. ČZU v Praze, 211 s. ISBN 80-213-1366-8.  
Wanner, J. a kol., (1997): Technologie vody II – čištění městských odpadních vod. Učební texty, VŠCHT Praha.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2019/2020 LS – TF

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra technologických zařízení staveb

---

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2019

**doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 01. 04. 2020

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Možnosti využití šedých vod v domácnostech a zahradách vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 21.3 2020

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Janu Malat'ákovi, Ph.D. za trpělivé a odborné vedení mé bakalářské práce.

# Možnosti využití šedých vod v domácnostech a zahradách

**Abstrakt:** Bakalářská práce je věnována přehledu možností recyklace šedých odpadních vod v domácích podmínkách a analýzy průměrné denní spotřeby vody čtyřčlenné rodiny. Spolu s analýzou průměrné denní spotřeby vody je také vypracován přehled průměrné denní produkce šedých vod, spolu se zjištěním potřebného množství provozní vody. V kapitole systémy domovních ČOV jsou popsány metody užívané pro předčištění, čištění, dočišťování a finální dezinfekci šedých odpadních vod. V kapitole průměrná spotřeba pitné vody je zdokumentována průměrná denní spotřeba vody a je provedena její analýza na základě desetidenního sledování aktivit rodiny. Získané informace jsou zaznamenané pro každý den zvlášť. Na základě zjištění množství vyprodukované šedé vody je navržený systém, vhodný pro recyklaci šedých vod aplikovatelný pro konkrétní rodinný dům.

**Klíčová slova:** Odpadní vody, recyklace, rodinný dům

# **Possibilities of using gray water in homes and gardens**

**Abstract:** Bachelor theses is written in order to determine recycling possibilities of gray water for home application and to analyse average daily water consumption by family of four. The analysis includes gray water quantity estimation according to average home water consumption and necessary processed water consumption. Methods of gray water pre-purifying, purifying and final disinfection are described in chapter Waste water treatment systems WWT. Chapter Average potable water consumption contains a report analysis including the 10 days of monitoring family activities record. The data analysis are included in a report and sorted in daily records. The gray water quantity turn out is a main criterion for designing a recycling system applicable to the family house.

**Keywords:** Waste water, recycling, family house

## Obsah

1 ÚVOD.....	1
2 CÍL PRÁCE A METODIKA.....	2
3 DRUHY VOD.....	3
3.1 Splaškové vody z domácností.....	4
3.2 Šedé vody z domácností.....	5
3.3 Ukazatele znečištění šedé vody.....	5
3.4 Zatížení šedých vod.....	8
3.5 Požadavky na kvalitu šedých vod.....	10
3.6 Využití šedých vod.....	12
3.6.1 Rizika spojená s využitím šedých vod.....	12
4 SYSTÉMY DOMOVNÍCH ČOV.....	14
4.1 Mechanické předčištění.....	14
4.1.1 Způsoby a zařízení mechanického předčištění.....	14
4.1.2 Septik.....	16
4.2 Čištění přírodními způsoby.....	17
4.2.1 Zemní filtry.....	17
4.2.2 Kořenové čistírny.....	18
4.2.3 Biologické nádrže.....	19
4.3 Čištění strojní technologií.....	21
4.3.1 Aktivační čistírny.....	21
4.3.2 Tlakové filtrační membrány - MBR.....	22
4.3.3 Systém SBR.....	23
4.3.4 Biofilmové čistírny.....	24
4.4 Dočišťování odpadních vod.....	25
4.4.1 Dočištění od nerozpustitelných látek.....	26



4.4.2 Dočištění od nutrietů .....	26
4.5 Dezinfekce šedé vody .....	26
4.6 Akumulace recyklované šedé vody.....	28
5 VÝCHOZÍ PODMÍNKY ŘEŠENÍ.....	30
6 PRŮMĚRNÁ SPOTŘEBA PITNÉ VODY.....	31
6.1 Spotřeba pitné vody z jednotlivých zařízení .....	32
6.2 Produkce odpadní šedé vody.....	35
6.3 Množství provozní vody .....	35
7 NÁVRH SYSTÉMU DOMOVNÍ ČOV.....	36
7.1 Dimenzování systému AQUALOOP .....	36
7.2 Zapojení ČOV do rozvodu vody.....	39
7.3 Údržba .....	39
7.4 Systém AQUALOOP.....	39
8. DISKUZE A ZÁVĚR .....	42
8.1 Seznam použitých zdrojů .....	43
8.2 Seznam obrázků .....	49
8.3 Seznam tabulek .....	50

## **Seznam použitých zkratk**

CHSK = Chemická spotřeba kyslíku

BSK = Biochemická spotřeba kyslíku

pH = Vodíkový exponent

ČOV = Čistírna odpadních vod

MBR = Membrane bioreactor

SBR = Sequencing batch reactors

UV = Ultrafialové

LCD = Liquid crystal display

# 1 ÚVOD

Lidé jsou od počátku věků závislí na darech přírody, pod kterými se skrývá i hojnost vody. Této suroviny bylo v našich končinách vždy dost, ale v průběhu minulých let člověk okusil napříč celou Českou republikou, jaké to je, když tento dar v podobě vody dochází. Zahrady pomalu usychají, pohodlí v podobě napuštěného bazénu začíná být pro mnohé neuskutečnitelné a člověk přemýšlí, jak tento neblahý trend v těchto obdobích alespoň nějakým způsobem zvrátit, aby si člověk nemusel ubírat na svém komfortu. Možným řešením, je recyklovat odpadní šedou vodu. Každý by si měl uvědomit, že množství vody na planetě není neomezené a měl by mít povědomí, kde se voda bere, přehled o tom kolik jí denně využije, k čemu ji spotřebuje, jak se použitá voda rozděluje a jaké znečišťující látky v ní mohou být obsaženy. Průměrný občan spotřebuje během dne velké množství vody a velká část z této vody se dá znovu využít. Existuje celá řada technologií jak toho dosáhnout, jak přírodními tak strojními způsoby aplikovatelnými na rodinný dům se zahradou, které s sebou nesou výhody i nevýhody s různými omezeními a riziky.

## **2 CÍL PRÁCE A METODIKA**

Cílem této práce je zpracovat posudek na spotřebu pitné vody spojený s každodenní hygienickou a závlahovou činností čtyřčlenné rodiny žijící v rodinném domě se zahradou a možnostmi recyklace odpadní šedé vody s jejím následným znovuvyužitím.

Bakalářská práce je založena na literárním přehledu řešící různé možnosti recyklování odpadní šedé vody v domovním prostředí s jejím následným znovuvyužitím a riziky s tím spojenými. Cílem praktické části je vypracovat analýzu průměrné denní spotřeby pitné vody pro čtyřčlennou rodinu z jednotlivých sanitárních a kuchyňských vybavení domu. Do celkové spotřeby vody je zahrnuta i závlaha zahradní vegetace. Na základě této analýzy je vytvořen rozbor množství vyprodukované odpadní šedé vody. Rozbor je dále využit pro návrh systému na recyklaci odpadních vod.

### **3 DRUHY VOD**

Druhy vod se dají základně rozdělit podle jejich původu a použití. Dle původu se vody rozdělují na přírodní, kam spadají vody atmosférické, podzemní, povrchové. Dále na vody odpadní, které se rozdělují na vody splaškové, srážkové, průmyslové, městské a zemědělské. Dle použití se vody rozdělují na pitné, užitkové a provozní. [1]

#### **Jednotlivé rozdělení vod dle přírodního původu:**

- a) Atmosférické vody, vznikající z vodních par v ovzduší, kterými jsou déšť, rosa, mlha, sníh, led, nebo jinovatka.
- b) Podzemní vody, nacházející se pod zemským povrchem.
- c) Povrchové vody, tvořené atmosférickými a podzemními vodami, jež se vyskytují na zemském povrchu. [2]

#### **Jednotlivé rozdělení vod dle odpadního původu:**

- a) Splaškové vody pocházející z domácností, sociálních zařízení, kuchyní, umýváren, restaurací, hotelů a nemocnic. Vznikají každodenní hygienickou lidskou činností.
- b) Srážkové vody jsou druhem odpadních vod odváděných do kanalizačního systému z ulic, střech, veřejných prostranství, parkovišť a nepevněných ploch.
- c) Průmyslové vody jsou vody vznikající z výrobních procesů, kam spadají i vody zemědělské.
- d) Městské vody je společný pojem tvořený z vod výše uvedených. [1]

#### **Jednotlivé rozdělení vod dle použití:**

- a) Pitná voda je taková voda, která je zdravotně nezávadná, kdy ani při trvalém používání nenastávají poruchy zdraví.
- b) Užitková voda je zdravotně nezávadná voda používaná pro jiné účely než k její konzumaci.
- c) Provozní voda je druhem užitkové vody, známá také pod názvem bílá voda. [2]

### **3.1 Splaškové vody z domácností**

Splaškovou odpadní vodou se rozumí voda, která je znehodnocená různou řadou látek z každodenní hygienické činnosti člověka, odtékající z kuchyní, koupelen, prádeln, toalet a technických občanských vybaveností. [1]

#### **Znečišťující látky splaškových vod**

Znečišťující látky obsažené ve splaškové vodě se dají rozdělit do skupin na látky organicky a anorganicky rozpustné ve vodě a na látky organicky a anorganicky nerozpustné ve vodě.

- Rozpustné organické látky jsou zastoupeny cukry, mastnými kyselinami, a barvivy.
- Nerozpustnými organickými látkami jsou škrob, bakterie, plasty, papír, celulosová vlákna, koloidní bakterie a plovoucí papír.
- Rozpustné anorganické látky jsou v zastoupení těžkých kovů a sulfidů.
- Nerozpustnými anorganickými látkami jsou písek, hlína a brusný prach.

[1], [3]

#### **Rozdělení splaškových vod**

Splaškové odpadní vody se podle druhu znečištění rozdělují do čtyř, respektive tří základních kategorií na černé, šedé a dešťové vody. Černé vody se dále mohou dělit na vody hnědé a žluté. Dalším zpracováním šedé vody mohou vznikat provozní vody, které jsou také nazývány vodou bílou. [4]

#### **Černá voda**

Voda v jejímž složení se nachází fekálie a moč, kterou lze dále dělit na vodu hnědou, znečištěnou fekáliemi, a na vodu žlutou, znečištěnou močí. [4]

#### **Šedá voda**

*„Šedou vodou nazýváme podle EN 12056 splaškové odpadní vody neobsahující fekálie a moč, které odtékají z umyvadel, van, sprch, dřezů apod.“* [5]

## **Bílá voda**

Šedou vodu je možné po technologické úpravě využívat jako provozní, takzvaně bílou vodu, pro účely splachování toalet, zavlažování zahrad, úklid, praní prádla, nebo napouštění bazénů. Kvalitou může být přibližně na úrovni pitné vody. [6]

## **Dešťová voda**

ČSN EN 1085 popisuje dešťové vody jako atmosférické srážky, které neobsahují látky ze zemského povrchu. Tyto vody se vyskytují v různých skupenstvích. [27]

### **3.2 Šedé vody z domácností**

Šedá voda je druh odpadní vody, která své pojmenování získala zásluhou specificky našedlé barvy způsobené použitím pitné vody společně s různými druhy saponátů, pro hygienické potřeby člověka. Šedé vody se podle zatížení rozdělují do dvou základních kategorií: na šedou vodu použitelně recyklovatelnou a na šedou vodu podmíněně recyklovatelnou. Pro správné zařazení šedé vody do jedné z kategorií je důležité brát v potaz zdroj, ze kterého šedá voda vzniká, a faktory, které ovlivňují její výstupní kvalitu. Jsou to klíčové informace pro její následnou recyklaci a možnosti zpětného využití v domácnostech a zahradách. [7]

### **3.3 Ukazatele znečištění šedé vody**

Mezi hlavní ukazatele indikující znečištění vody patří chemická spotřeba kyslíku, ve zkratce CHSK, biochemická spotřeba kyslíku, ve zkratce BSK, bakteriální nález *Escherichia coli*, střevní enterokoky, *Legionella pneumophila*, koliformní bakterie, zákal a vodíkový exponent. [8]

## **CHSK**

CHSK je důležitý faktor znázorňující znečištění vody organicky rozložitelnými i nerozložitelnými látkami a je jedním ze základních ukazatelů kvality vody. Za pomoci oxidačního činidla se sleduje množství kyslíku spotřebovaného na oxidaci organických látek ve vodě. „*Udává se jako hmotnost kyslíku, která je ekvivalentní spotřebě oxidačního činidla na 1 litr vody.*“ [1] Ke stanovení CHSK se užívají dvě základní metody, které se liší použitým oxidačním činidlem. První metoda využívá oxidační činidlo na bázi manganistanu draselného, ve zkratce CHSK<sub>Mn</sub>. Druhá metoda využívá dichroman draselný, ve zkratce CHSK<sub>Cr</sub>. U odpadních vod, kam spadají i vody šedé, se využívá pouze metoda s dichromanem draselným. [1], [3]

## **BSK**

BSK je jedním ze základních ukazatelů jakosti vody. Jedná se o úbytek rozpuštěného kyslíku spotřebovávaného mikroorganismy, na rozklad organických látek v aerobním prostředí vody. BSK je ukazatelem jen pro obsah rozložitelných biologických látek. Obsah nerozložitelných biologických látek v tomto ukazateli zahrnut není a tím je dána hlavní odlišnost od ukazatele CHSK. Nejběžnější metodou pro stanovení BSK je rozředovací metoda BSK<sub>5</sub>. Tato metoda spočívá v pěti denní inkubační době, po kterou je vzorek vody obsahující mikroorganismy ponechán v uzavřené láhvi bez přístupu vzduchu a světla, při konstantní teplotě 20°C. Na konci pátého dne se stanoví úbytek rozpuštěného kyslíku, který je úměrný s množstvím rozložitelných organických látek obsažených ve vzorku vody. [1], [3]

## **Escherichia coli**

Escherichia coli je bakterie, která spadá do skupiny Koliformních bakterií. E. Coli poukazuje na možné znečištění fekáliemi a patří k nejspolehlivějším indikátorům znečištění vody. Jedná se o bakterie střevního původu teplokrevných živočichů. Bakterie je citlivá vůči okolním vlivům, kdy mimo tělo do několika týdnů umírá. To může poukazovat na čerstvé bakteriální znečištění. E. Coli může být zdrojem nevolností, krvácivých průjmů a infekcí. U dětí může zapříčinit selhávání ledvin a v extrému způsobit i jejich smrt.



S takto znečištěnou vodou se nedoporučuje napouštět bazény a ani s ní zalévat vegetaci, pro možnou kontaminaci zeleniny. [9], [10]

### **Střevní enterokoky**

Střevní enterokoky jsou dalším ukazatelem znečištění vody fekáliemi. Jde o bakterie vyskytující se v traktu živočichů a v některých ojedinělých případech i v půdách, nebo na rostlinné vegetaci, bez přítomnosti fekálního znečištění. [10]

### **Legionella pneumophila**

Legionella je nebezpečná bakterie, která se často usazuje na vnitřních stranách a koutech vodovodního systému. Ke zvýšenému množství Legionelly přispívá nízká teplota vody v odtokovém systému, nízký tlak vody a nedostatečná údržba. Může poukazovat na nedostatečnou funkci systému na recyklaci vody. [9]

### **Koliformní bakterie**

Koliformní bakterie jsou nejčastěji vyskytující se bakterie z čeledi enterobakterií žijící ve střevním traktu živočichů, půdě a v rozkládajícím se listí nebo jiném rozložitelném biologickém materiálu. Výskyt koliformních bakterií může naznačovat jak kontaminaci vody fekálními látkami, tak technologicky závadný systém. Poukazuje také na znečištění sekundární kontaminací nebo na vysoký obsah živin v upravované vodě. Koliformní bakterie s sebou přinášejí rizika, jakými jsou střevní potíže nebo kolika. [9], [10], [11]

### **Zákal**

Zákal, nazývaný také turbidita, je pojmenování pro nežádoucí nerozpuštěné částice ve vodě. Tyto látky mohou být organického a anorganického původu jakým je rez, písek, prach, jíl, zbytky rostlin, řasy, nebo sinice. Jemně bílé zakalení bývá způsobeno rozpuštěnými plyny a saponáty. Zákal se zjišťuje užitím světelného paprsku procházejícího vzorkem vody snímaného optickým zařízením, jehož výsledky se porovnávají. [12]

## **Vodíkový exponent**

Vodíkový exponent (dále jen pH) určuje kyselost, neutralitu, nebo zásaditost roztoku vody. „Hodnoty pH většiny vodních roztoků leží v rozmezí 0–14.“ [1] Pokud je hodnota pH rovna číselné hodnotě 7, jedná se o neutrální prostředí. Jeli číselná hodnota pH větší než 7, je roztok zásaditý a naopak, jeli hodnota menší než 7, jde o roztok s kyselým prostředím. Ke stanovení pH hodnoty se běžně používá potenciometrické stanovení. [1]

## **3.4 Zatížení šedých vod**

Šedé vody mají různé chemicko-fyzikální vlastnosti podle toho z jakého zdroje v domácnosti pocházejí. Ze zjištěných výsledků lze odvodit, ze kterých zdrojů je šedá voda použitelná, nebo podmíněně použitelná, respektive ze kterých zdrojů je možnost užití šedých vod vhodnější. Sledované parametry pro odvození zatížení jsou hodnoty pH, teplota vody a v nejvyšší míře převážně zákal, plovoucí látky a chemická a biochemická spotřeba kyslíku. [8]

### **Teplota a pH šedé vody**

Hodnota pH šedých vod z praček se pohybuje v rozmezí 9,3 – 10, kdy tyto hodnoty poukazují na zásadité prostředí. Šedé vody z van a umyvadel mají pH v rozmezí 5 až 8,6 a balancují tak hodnoty pH mezi kyselým a zásaditým prostředím. [8]

Teplota šedých vod z van a umyvadel se pohybuje mezi 18 – 38°C. Teplota z praček je mezi hodnotami 28 – 90°C. Vyšší teploty napomáhají k rozvoji mikroorganismů, a tím i k možnému složitějšímu zpracování šedé vody. [8]

### **Plovoucí látky a zákal**

Největší výskyt plovoucích látek je zjištěn u šedých vod z kuchyní a dřezů vzniklých převážně z mytí nádobí, kdy spolu s šedou vodou odtékají i zbytky jídla. Vyšší výskyt plovoucích látek je také zaznamenán z praček, kdy při praní prádla dochází k uvolňování většího množství textilních vláken a nečistot z oblečení. Tyto plovoucí látky mohou znesnadnit recyklaci šedé vody.

Nejnižší podíl plovoucích látek je zaznamenán z van a umyvadel, kde jsou plovoucí látky tvořeny převážně vlasy a chlupy. Obrázek č. 1 znázorňuje množství plovoucích látek v odpadních šedých vodách. [8]

Zdroj šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky
Plovoucí látky [mg/l]	79–280	7–120	134–1 300

Obr. 1 Množství plovoucích látek u šedých vod

### Chemická a biochemická spotřeba kyslíku

Z naměřených výsledků znázorněných v obrázku č. 2 je vidět, že u zdrojů z praček, kuchyní a myček je vyšší podíl hůře rozložitelných organických látek než z van sprch a umyvadel. [8]

Zdroj šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky	Neseparovaná šedá voda
BSK <sub>5</sub> [mg/l]	48–682	19–200	669–756	41–194
CHSK [mg/l]	375	64–8 000	26–1 600	495–623

Obr. 2 Hodnoty BSK<sub>5</sub> a CHSK u šedých vod

Z výše popsaného je vidět, že nejméně zatížené jsou vody ze sprch, van a umyvadel. Na základě těchto údajů lze konstatovat, že vhodně použitelné šedé vody pochází ze zdrojů van, sprch a umyvadel. Naproti tomu šedé vody z myček, praček a dřezů jsou více zatížené a jsou podmíněně vhodné pro recyklaci šedé vody. [8]

### 3.5 Požadavky na kvalitu šedých vod

V České republice stále chybí zpracovaná norma zabývající se kvalitou šedých vod, proto budu vycházet z normy BS 8525 vydané ve Velké Británii. Z normy vyplývá, že systémy na zpracovávání šedé vody mají být koncipovány tak, aby byla zajištěna vhodná recyklace šedé vody pro daný účel, a nevzniklo tak nebezpečí spojené s ohrožením lidského zdraví. [8]

Kvalita šedých vod by měla být testována odebráním vzorku vody při pravidelných odstávkách za účelem údržby systému. Výsledky měření z odebraných vzorků jsou porovnávány s hodnotami uvedených na obrázku č. 3 znázorňující zdravotní rizika spojená s bakteriologickým monitorováním šedé vody. [8]

Parametr	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace			Testování	
	Tlakové mytí, zahradní rozstříkovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad <sup>A)</sup>	Praní	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace
<b>Escherichia coli</b> [počet/ml]	Není zjištěno	250	250	Není zjištěno	BS EN ISO 9308-1	BS EN ISO 9308-3
<b>Střevní enterokoky</b> [počet/ml]	Není zjištěno	100	100	Není zjištěno	BS EN ISO 7899-1 nebo 7899-2	BS EN ISO 7899-1
<b>Legionella pneumophila</b> [počet/ml]	10	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat	BS 6068-4.12	Nelze aplikovat
<b>Koliformní bakterie celkem<sup>B)</sup></b> [počet/ml]	10	1000	1000	10	Blue Book Method 223 D [N2]	BS EN ISO 9308-3

A) Pokud ošetřené šedé vody byly použity v zelinářských zahradách, na domácí půdě, pak informace o růstu těchto plodin před spotřebou by měly být poskytovány pro uživatele v předávací dokumentaci.  
B) „Celková koliformní bakterie“ je ukazatelem provozního parametru pro interpretaci. Bakteriologické orientační hodnoty uvedené pro upravené šedé vody odráží potřebu kontrolovat kvalitu vyčištěné vody pro dodávky a užití.

Obr. 3 Orientační hodnoty (G) pro bakteriologické monitorování

Dále by měly být naměřené hodnoty porovnány s obrázkem č. 4 popisující údaje o jakosti vody spojené s recyklací šedé vody daného systému. [8]

Parametr <sup>C)</sup>	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace			Testování	Typ systému
	Tlakové mytí, zahradní rozstřikovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad <sup>A)</sup>	Praní		
Zákal [NTU]	< 10	< 10	Nelze aplikovat	< 10	BS 1427	Všechny systémy
pH	5–9,5	5–9,5	5–9,5	5–9,5	BS 1427	Všechny systémy
Zbytkový chlor [mg/l]	< 2,0	< 2,0	< 0,5	< 2,0	BS EN ISO 7393-2	Všechny systémy
Zbytkový brom [mg/l]	0,0	< 5,0	0,0	< 5,0	Blue Book 218, Method E10 [N3]	Všechny systémy

C) Kromě těchto parametrů by měly být všechny systémy kontrolovány na nerozpuštěné látky a barvu. Upravené šedé vody by měly být vizuálně čisté, bez plovoucích nečistot a nemá být problematická barva pro všechna použití. Barva je obzvláště důležitá pro automatické pračky.

Obr. 4 Orientační hodnoty (G) pro monitorování obecného systému

Na obrázku č. 5 jsou znázorněny orientační hodnoty z výsledků bakteriologického sledování šedé vody, které jsou také porovnány s výchozí naměřenou hodnotou vzorku. [8]

Výsledek vzorku <sup>D)</sup>	Stav	Výklad
< G	Zelená	Systém pod kontrolou
od G do 10×G	Žlutá	Převzorkování potvrdí výsledek, prozkoumání činnosti systému
> 10×G	Červená	Pozastavit používání šedých vod dokud není problém vyřešen

D) G = směrné hodnoty viz obrázek č. 3

Obr. 5 Interpretace výsledků z bakteriologického sledování

Obrázek č. 6 znázorňuje obecné monitorování vzorku.

Výsledek vzorku <sup>F)</sup>	Stav	Výklad
< G	Zelená	Systém pod kontrolou
> G	Žlutá	Převzorkování potvrdí výsledek, prozkoumání činnosti systému

E) Systém je pod kontrolou, pokud parametry jsou v úrovních, které uvádí tabulka 4. Pokud jsou hodnoty mimo uvedený rozsah, je nutné odebrat další vzorky. V případě přítomnosti barvy nebo nerozpuštěných látek na nežádoucí úrovni je nutné prozkoumat fungování systému a případný problém vyřešit.

F) G = směrné hodnoty viz obrázek č. 3

Obr. 6 Vyhodnocení výsledků z monitorovacího systému<sup>E)</sup>

### 3.6 Využití šedých vod

Při dodržení správného technologického postupu čištění šedé vody lze dosáhnout kvalit vod na úrovni provozní vody, jinak také řečené bílé vody, která má potenciál na mnohé využití jak v obytné části domu, tak i na zahradách. V obytných zařízeních lze šedou vodou splachovat, užívat k osobní hygieně, čistit domovní plochy nebo s ní prát. V zahradách se dá recyklovaná šedá voda využít na závlahu rostlinné vegetace, umývání venkovních ploch a zařízení. Využívání této vody sebou nese i určitá rizika spojená s chybným návrhem systému na recyklaci šedých vod nebo jeho neadekvátní údržbou. [13]

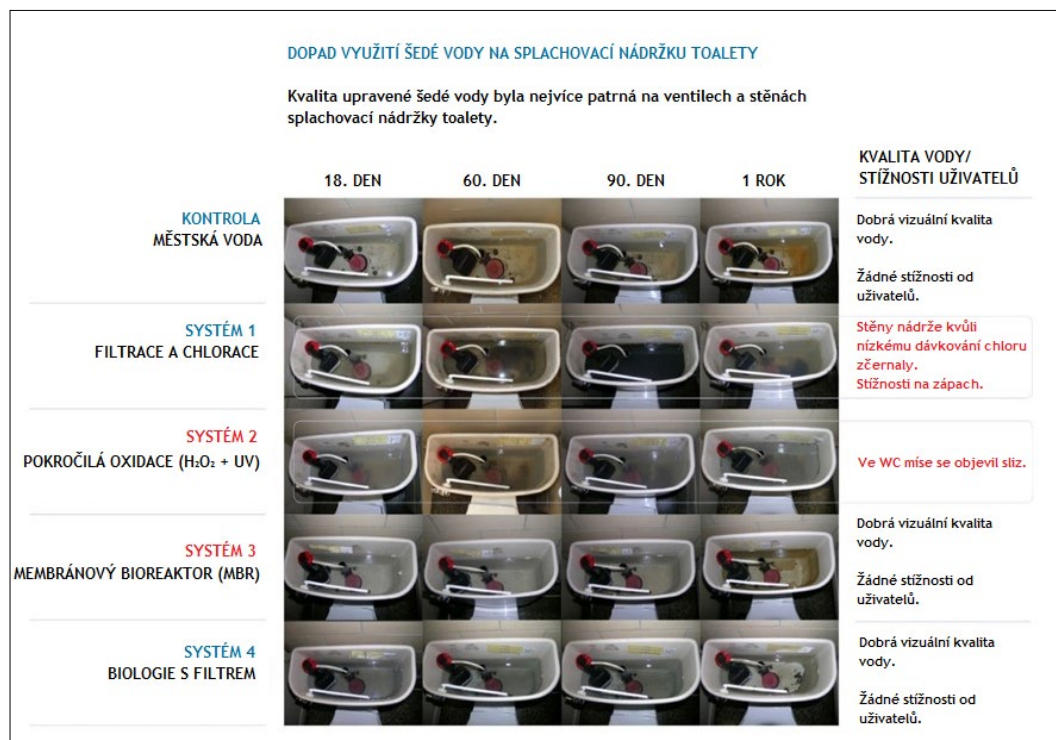
#### 3.6.1 Rizika spojená s využitím šedých vod

Při užití recyklované šedé vody mohou nastat jak rizika spojená s vysoce závažnými problémy, kdy dochází k přímému ohrožení zdraví, tak se závažnostmi menšího charakteru, kterými mohou být obtíže se zápachem. [14]

##### Obtěžující zápach

Systémy na recyklaci šedé vody uskladňují vyčištěnou vodu v akumulacích nádržích. Naakumulovaná odpadní šedá voda obsahuje organické látky, které jsou využity jako zdroj živin potřebné k množení mikroorganismů, které postupně vedou k možnému zahánění recyklované vody spojené s obtěžujícím zápachem. Tento vzniklý zápach je pociťován při užití recyklované vody pro potřeby zalévání zahradní vegetace, kdy je zápach do jisté míry ovlivněn a snižován okolním prostředím. Významnější problémy mohou nastat, pokud je recyklovaná voda použita na splachování záchodů. Důvodem je vnikající zápach

do nevětraných a uzavřených místností ze sanitárního vybavení záchodů, které může být i recyklovanou vodou obarveno. Obrázek č. 7 znázorňuje dopady na sanitární zařízení při použití různých systémů na recyklaci šedých vod. [14]



Obr. 7 Dopady na sanitární zařízení

## Ohrožení zdraví

Osoby využívající recyklovanou šedou vodu mohou ohrozit své zdraví nejčastěji vdechnutím, nebo požitím recyklované vody. Jedna z rizikových situací je vdechnutí možného patogenně infikovaného aerosolu vzniklého při zalévání vegetace, kdy dochází k rozprašování vody. Dalším rizikem je požití recyklované vody v situacích, kdy recyklovanou vodou zaléváme zeleninu s její následnou konzumací. Dále při nechtěné záměně systému provozní vody za rozvody s pitnou vodou v důsledku neadekvátně označených výtokových armatur. Možným rizikem je i nechtěné propojení rozvodu pitné vody s recyklovanou vodou při údržbě systému, kdy se do rozvodu pitné vody dostává v určité míře voda provozní. [14]

## 4 SYSTÉMY DOMOVNÍCH ČOV

Existuje celá řada systémů použitelných k recyklaci šedé vody, které se dají rozdělit na systémy založené na přírodním způsobu čištění a na systémy založené na strojně technologické bázi. Tyto systémy umožňují zužít až 50 % z celého objemu šedých odpadních vod. Primárnímu systému mohou sekundovat strojní mechanická předčištění, která se řadí před samotný systém. Dále terciální dočišťovací systémy používající přírodních nebo strojních metod řazených za primárním systémem a konečná dezinfekce řazená jako poslední finální čištění recyklované šedé vody. [15], [5]

V této práci se budu blíže věnovat pouze vybraným systémům aplikovatelných v domovních ČOV pro recyklaci šedé vody.

### 4.1 Mechanické předčištění

Mechanické předčištění slouží jako předstupeň pro primární čištění v ČOV a zbavuje odpadní vodu nerozpustných látek, které by negativně ovlivňovaly jejich následnou recyklační činnost. Mezi způsoby mechanického předčištění spadá cezení, usazování, vzplývání, filtrace, flotace a odstředování. [1]

#### 4.1.1 Způsoby a zařízení mechanického předčištění

- **Cezení** je způsob, kdy se částice nerozpuštěných látek zachytávají na otvorech menšího rozměru než je rozměr částic obsažených v předčišťované vodě. Použitá zařízení pro tento účel jsou česla a síta.
- **Usazování** spočívá ve využití gravitační síly působící na oddělované částice usazující se na zařízení. Využívají se k tomu lapače šterku a písku, usazovací a dosazovací nádrže a septiky.
- **Vzplývání** je postup, kdy za pomoci vztlakové síly a rozdílu hustot dochází k oddělování složek od čištěné odpadní vody. Použitým zařízením je lapač tuků, odlučovač olejů a usazovací nádrž.



- **Filtrace** je založená na principu cezení, kdy vodou protékané otvory jsou menšího rozměru než u česel a sít. Používaná zařízení jsou pískové lože, bubnové filtry, sítopásové lisy, kalolisy a filtrační membrány.
- **Flotace** pro oddělování složek využívá uměle sníženou hustotu příměsí, která vede k rozdílu hustot a následnému dělení nerozpuštěných látek ve vodě. Pro tento způsob dělení se užívají elektroflotační vany nebo flotační vany s tlakovým vzduchem.
- **Odstřed'ování**, nazývané také jako centrifugace, využívá k eliminaci oddělovaných složek odstředivých sil a rozdílu hustot. Pro tento způsob předčištění se používá komunálních odstředivek. [1]

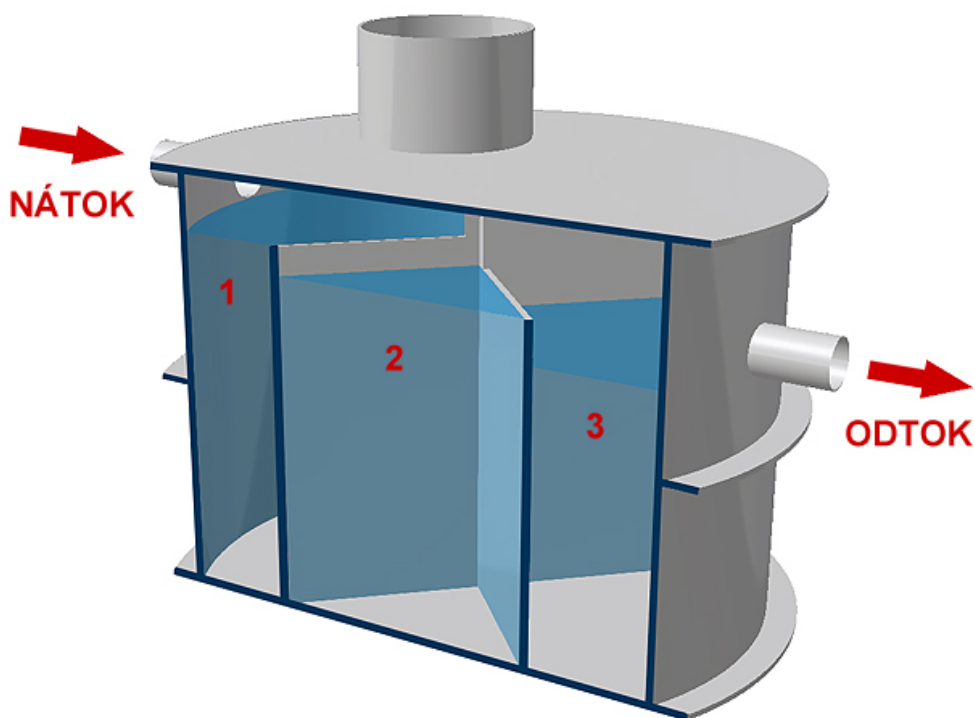


*Obr. 8 z leva lapák tuku, uprostřed česle, zprava lapák písku*

V bakalářské práci je dále blíže popsán pouze septik, v praxi nejvíce užívaným a dostačujícím způsobem pro mechanické předčištění odpadních šedých vod v domovních ČOV. [5]

## 6.1.2 Septik

Septik je průtočná nádrž dvou, tří nebo více komor. Je určen k mechanickému předčištění odpadních vod a řadí se nejčastěji jako fáze předčištění v domovních ČOV. Předčištění spočívá v zachycení nerozpustných látek s případným odstraněním části organického znečištění BSK a CHSK z odpadních vod. Je založen na průtoku odpadních vod komorami, ve kterých jsou nečistoty postupně odstraňované na základě usazování a rozkladu za současného působení biologických kultur probíhající v anaerobním prostředí. Tyto sedimentované nečistoty jsou ustáleny v podobě kalu, který je nutné minimálně jednou ročně odstranit. Pro spolehlivou funkčnost septiku je primárně rozhodující velikost objemu nádrže, kdy minimální objem je stanoven na 0,6 m<sup>3</sup> na jednoho obyvatele. Pro lepší účinnost čištění je do septiku možné instalovat sítový filtr zachytávající hrubé nečistoty doplněný o mechanický mělnič s lapákem tuku a soustavu přepážek zachycující vzplývavý kal. Septiky se vyrábějí zděné, betonové, sklolaminátové nebo převážně termoplastové s válcovitým nebo hranatým tvarem. [5], [16]



Obr. 9 Tříkomorový septik

## 4.2 Čištění přírodními způsoby

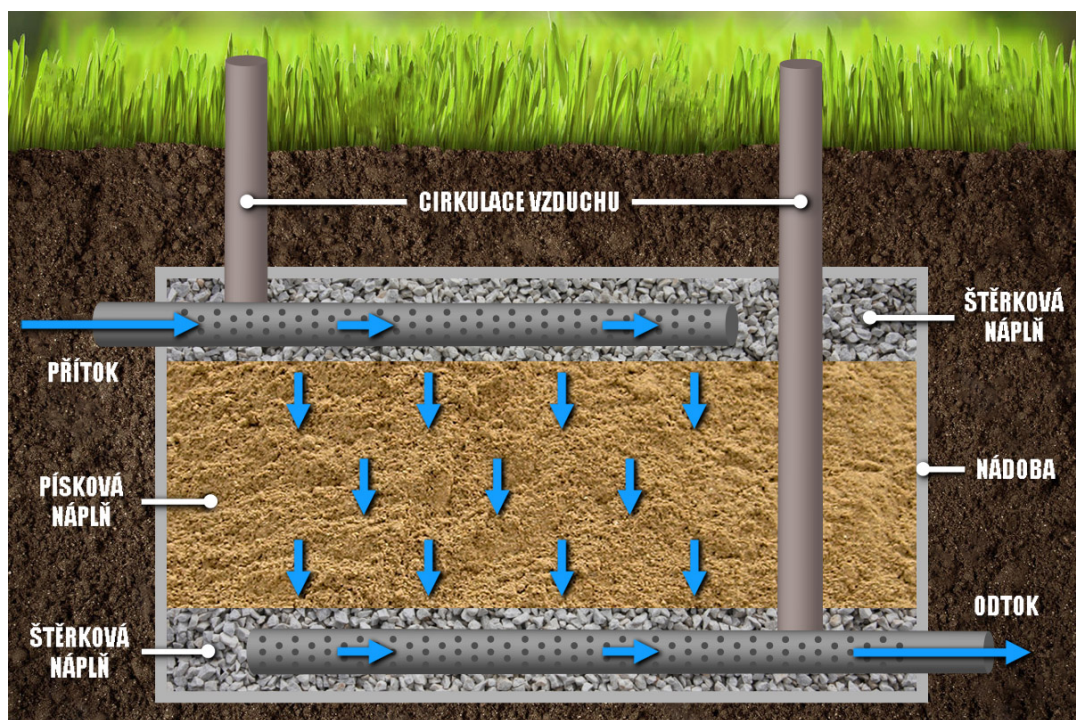
Jedná se o metody založené na přírodě blízkých samočisticích postupech. Tyto metody probíhají ve vodním, půdním a mokřadním prostředí, které vytváří efektivně filtrační, sedimentační a sorpční vlastnosti. Přirozeně se podílí spolu s mikroorganismy na čistícím procesu. [1], [5]

### 4.2.1 Zemní filtry

Principem čištění odpadní vody zemním filtrem je průtok odpadní vody přes náplň filtru, na jehož povrchu prostřednictvím mikroorganismů dochází k rozkladu organické části znečištěné vody. Při samotném čištění se využívá chemicko-fyzikálních a biologických procesů, jež v půdě přirozeně probíhají. Zemní filtry se rozdělují podle uspořádání struktury filtru na filtry vertikálně, horizontálně a radiálně protékané. Dále tyto filtry mohou být navrženy s vegetací a bez vegetace. Filtr je uložen v zemní loži, které je odděleno od vnitřních půd nepropustnou izolací a jeho horní vrstva je navržena bez vegetace za použití tepelné izolace, nebo s vegetací travních porostů pro estetický záměr, či účelově vybraných mokřadních rostlin pro možnost ovládnutí výšky hladiny v zemním filtru. Těleso filtru je tvořeno rozváděcí a sběrnou drenáží s rozváděcím potrubím, odtokovou drenáží s odtokovým potrubím, revizní šachtou na odtoku a výplní zemního filtru. Podle stupně znečištění odpadní vody a zamýšleného využití zemního filtru se volí určitá tloušťka a výplň filtru. Výplň zemního filtru je hrubozrnná písková náplň o různé zrnitosti s tloušťkou od 0,6 do 0,8m pro čištění povrchových vod, s tloušťkou od 0,8 do 1,6m pro čištění odpadních vod malých producentů a s tloušťkou od 1,6 do 2,4m s vícevrstevnými filtračními vrstvami pro čištění prvního stupně biologického čištění. [1], [5]

Pro správnou funkci zemního filtru je nutné zamezit ucpávání filtru částicemi z odpadních vod. Proto je nezbytné mít před samotným čištěním odpadní vodu předčištěnou v mechanických čistírnách. Dalším faktorem ovlivňující správnou činnost filtru je dostatečné provzdušnění filtru a dosažení rovnoměrného proudění odpadní vody po celé ploše filtru. Doporučeným tvarem zemního lože je obdélníkový tvar s delším rozměrem ve směru rozvodného potrubí.

Půdní filtry jsou navrhovány s ohledem na různé provozní potřeby. Konkrétně k čištění mechanicky čistěných odpadních vod nebo k dočištění mechanicko-biologických čistěných odpadních vod. [1], [5]



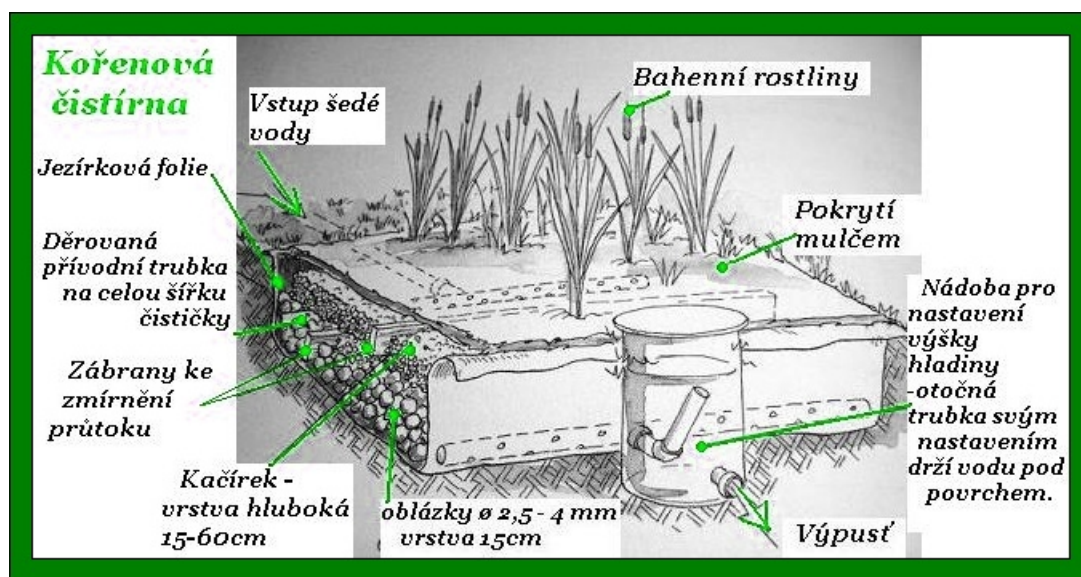
Obr. 10 Zemní filtr

#### 4.2.2 Kořenové čistírny

Principem čištění odpadní vody je průtok vody substrátem, který je tvořen mokřadní vegetací s kořenovým polem. Jako mokřadní vegetace se používá nejčastěji rákos obecný, chřastice rákosovitá nebo orobnice, která je společně se substrátem vložena do zemní nádrže. Voda filtrem může proudit horizontálně nebo vertikálně, kdy při průtoku substrátem probíhají chemicko-fyzikální a biologické procesy, které čistí odpadní vodu. K odstranění nerozpuštěných látek dochází především při fyzikálních procesech filtrace a sedimentace. Organické látky jsou eliminovány na bázi mikrobiální aerobní i anaerobní respirace a koloidní částice obsažené v odpadní vodě mohou být odstraněny filtrací, sedimentací nebo adsorpcí. Kořenová čistírna do jisté míry dokáže také odstranit problematické látky, kterými jsou fosfor a dusík. Fosfor je z odpadní vody odstraňován sorpcí na filtračním substrátu a na částicích obsažených na zachyceném kalu. Dusík je odstraňován procesy amonifikace,



nitrifikace a denitrifikace. Filtrované prostředí, které je tvořeno substrátem a kořenovým polem, je uloženo do zemní nádrže o hloubce od 0,5 do 1,2m, které je odizolováno izolačními plastovými a geotextilními foliemi. Filtračními materiály substrátu mohou být jednotné frakce drceného lomového kameniva nebo plavné říční šterkopisky s oválnými zrny o zrnitosti od 4 mm do 16 mm. Kořenový filtr se tímto substrátem zasypává a následně zaplavuje vodou na úroveň terénu. Stejně jako zemní filtry jsou i vegetační kořenové čistírny náchylné na ucpání částicemi, což vede k nefunkčnosti celého systému. Z tohoto důvodu je kladen velký důraz na mechanické předčištění. Dalším faktorem ovlivňující funkčnost vegetačních kořenových čistíren je snaha rovnoměrného přivádění odpadní vody rozvodným potrubím po celé ploše substrátu spolu s dostatečným přístupem vzduchu ve filtračním prostředí. Doporučeným tvarem zemní nádrže pro vegetační kořenovou čistírnu je obvykle obdélníkový tvar s delším rozměrem ve směru rozvodného potrubí. [1], [5]



Obr. 11 Kořenová čistírna

### 4.2.3 Biologické nádrže

Princip čištění biologických nádrží je založen na složitých fyzikálních, chemických a biologických procesech, které probíhají ve vodním prostředí při součinnosti bakterií, fytoplanktonu, zooplanktonu a vyšších vegetací. Kvalita čištění biologickými nádržemi je ovlivněna velkým množstvím faktorů, kterými jsou množství biologického, fyzikálního a chemického složení přitékané odpadní vody, podíl balastních vod, hydraulické podmínky, doba zdržení vody, délka filtrační trasy, klimatické podmínky, nebo umístění nádrží

v terénu. V provozu jsou nejčastěji užívány aerobní biologické nádrže rybníčního tvaru, které se rozdělují na uměle neprovzdušňované aerobní nádrže a nádrže s umělou aerací, pro pokrytí kyslíkového deficitu v zimním období, dále průběžně provzdušňované aerobní biologické nádrže a dočišťovací biologické nádrže.



*Obr. 12 Dočišťovací biologický rybník*

Z biologického hlediska aerobní biologické nádrže využívají kyslík získaný z řas, které přitékají ve vodě z mokřadní vegetace. Čištění spočívá v saprobní sukcesi, a to nejdříve v anaerobním prostředí a následně v aerobním prostředí. Pomocí složitých biologických a biochemických procesů dochází k rozkladu, přeměně a poutání dílčích látek za přítomnosti bakterií i vyšších organismů. Před použitím aerobní biologické nádrže musí být odpadní voda nejdříve mechanicky očištěna, a to například biologickým septikem doplněným o lapák tuků a olejů. Tvarově se navrhuje mělká nádrž s hloubkou 1 až 1,5m ve tvaru čtvercového, obdélníkového, nebo lichoběžníkového půdorysu o velké ploše. Při nedostatečném těsnícím podloží se nádrže izolují plastovými foliemi. Aerobní nádrže mohou být tvořeny soustavou nádrží, které se sériově řadí za sebou. Mohou být v počtu 2, 4, i více, a to v závislosti na stupni zatížení. Znečištěná odpadní voda v biologických nádržích proudí gravitačně z jedné nádrže do druhé po celé její šířce. Nádrže jsou vybaveny

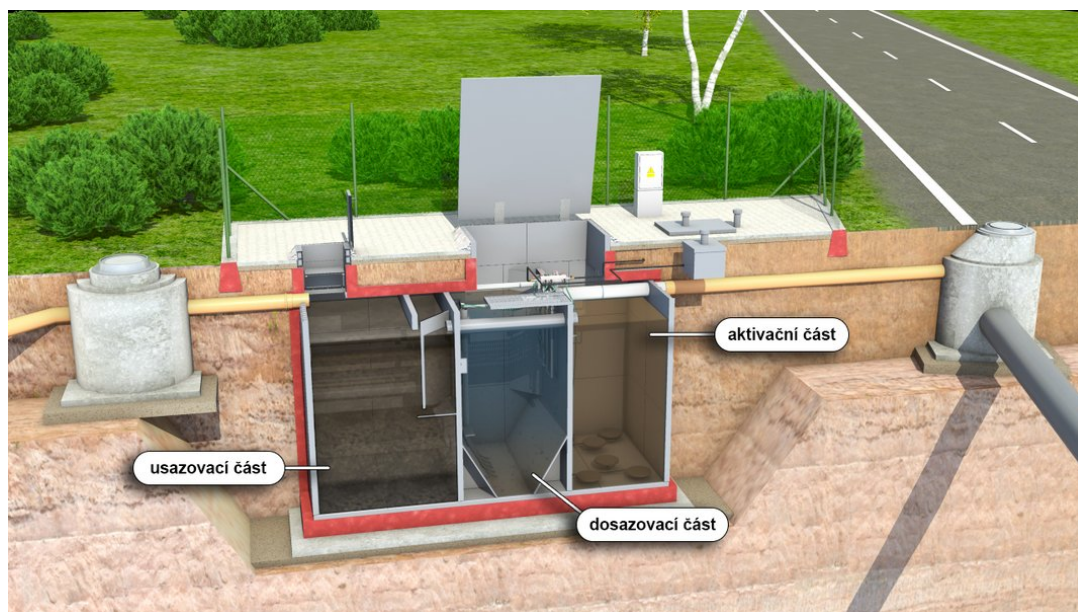
výpustným zařízením, bezpečnostním přelivem a mechanismem pro rovnoměrný odvod vody. Pro případ zamrznutí hladiny, kdy hrozí nedostatek kyslíku, může být využito přídatného aeračního zařízení. Aerobní nádrže se mohou aplikovat i jako dočišťovací nádrže použité jako terciální stupeň čištění u mechanicko – biologických čistíren nebo kořenových čistíren odpadních vod. [1], [5]

### 4.3 Čištění strojní technologií

Postup čištění je založen v zásadě na aerobních, anaerobních, sorpčních nebo fyzikálně-chemických procesech. Nejčastěji v praxi používané systémy, kterým se bakalářská práce věnuje, jsou systémy na bázi aktivačních procesů, systémy s nárůstovou biofilmovou technologií nebo kombinace těchto technologií. [5]

#### 4.3.1 Aktivační čistírny

Základem aktivační čistírny je vzájemné propojení aktivační a dosazovací nádrže. V těchto nádržích probíhá samotné čištění založené na biochemických a sorpčních pochodech za podpory vháněného vzduchu.



Obr. 13 Aktivační čistírna

Znečištěná odpadní voda je odváděna do aktivační nádrže, ve které dochází k mísení odpadní vody se shlukem mikroorganismů v podobě vloček nazývaný aktivační kal. Odpadní voda je spolu s aktivačním kalem provzdušňována stlačeným vzduchem potřebným k tvorbě mikroorganismů podporujících odstranění znečišťujících látek a k promíchání. Promíchání je nutné pro zamezení nežádoucí sedimentace vloček v aktivační fázi čistícího procesu. Stlačený vzduch je do aktivace vháněn pomocí na dně zakotvených děrovaných rozvodů, za pomoci kompresorů, ventilátorů nebo dmychadel. Po dostatečně dlouhé době kontaktu odpadní vody s aktivačním kalem, při které jsou odstraňovány znečišťující látky, je směs čištěné vody a kalu vháněna do dosazovací nádrže. V dosazovací nádrži se vločky aktivovaného kalu oddělují od čištěné vody a sedimentují ke dnu nádrže. Usazený aktivační kal je zpět ze dna odváděn čerpadly do aktivační nádrže a oddělená vyčištěná voda odtéká z vrchní části dosazovací nádrže. V praxi je často využíváno různých úprav a kombinací aktivačních čistíren s usazovacími nádržemi, akumulacími nádržemi, membránovými systémy nebo systémy pro srážení fosforu. [1], [5], [17]

#### **4.3.2 Tlakové filtrační membrány - MBR**

Samotná technologie membránových systémů slouží pro fyzikální desinfekci vody, respektive k mechanickému odstranění částic a organismů. Filtrační membrána je vložena přímo do aktivační nádrže nebo do membránové komory, kde membrána nahrazuje dosazovací nádrž a separuje vyčištěnou vodu od aktivního kalu. Hnací silou průtoku odpadní vody skrze filtrační modul membrány je princip působení rozdílných tlaků působících po stranách membrány. Tyto rozdílné tlaky jsou vytvořeny buď působením tlaku na straně filtrovaného média, nebo vyvinutí podtlaku na straně filtrátu. Čistícího účinku je dosaženo na základě filtrační separace, kdy odpadní voda protéká přes polopropustnou membránu obsahující póry o menší velikosti než jsou velikosti částic a organismů. Tím se zamezuje vstupu těchto nečistot do permeátu, jinak řečeného filtrátu, který je za pomoci čerpadla dále odsáván. Velikost a rozmístění pórů v membráně je zásadním faktorem ovlivňující úroveň dosaženého čištění. Dle velikosti pórů se membrány rozdělují na mikrofiltrační membrány, ultrafiltrační membrány, nanofiltrační membrány a reverzní osmózu. Dále je v bakalářské práci věnován popis pouze mikrofiltračním membránám. [1], [18]



## Mikrofiltrační membrány

Mikrofiltrační membrány se vyznačují velikostí pórů v rozsahu od 0,05 do 10 mikrometru a jsou využívány pro odstranění nerozpustných a koloidních látek v zastoupení bakterií, řas a zákalu. Vytvořený tlak působící na membránu se pohybuje v rozmezí od 0,2 do 3,5 bar. Membrány jsou vyráběny z polymerních nebo keramických materiálů a jsou plně dostačujícím systémem pro účel mechanického čištění odpadních šedých vod. [18]



Obr. 14 Aktivační čistírna s membránovým modulem - MBR

### 4.3.3 Systém SBR

Systém SBR je založen na biologickém čištění se separací mikroorganismů v podobě blízké technologii MBR s tím rozdílem, že samotný proces čištění probíhá v jedné nádrži. Vlastní proces čištění není rozdělen na jednotlivé technologické prvky nebo objekty, jako je tomu u MBR, ale je rozdělen na časové fáze s jednotlivými komorami. V jednotné nádrži obsahující dvě komory probíhá fáze napouštění odpadní šedé vody, po které následuje fáze aerace

a míchání. Tyto dvě fáze umožňují zásobování kyslíkem nezbytným pro mikroorganismy zajišťující látkovou výměnu a vznik kontaktu mezi odpadní vodou a bakteriemi. Následně je aerace ukončena, a dochází tak k sedimentaci, při níž obsah čištěné vody docílí rozdělení na horní část obsahující vyčištěnou vodu a spodní část obsahující usazený kal. Následně je z horní části nádrže odčerpána vyčištěná voda. Dále je část kalu odtažena do kalového prostoru komory a část kalu ponechána v aktivační komoře pro další cyklus začínající napouštěním odpadní vody. Tento proces se opakuje několikrát v průběhu dne. [19], [20]

#### **4.3.4 Biofilmové čistírny**

Z praktického hlediska se z biofilmových čistíren uplatnitelných v domovních ČOV využívají dva typy systémů, biodiskové reaktory a biofiltry. Biofilmové čistírny obvykle nedosahují účinnosti aktivačních čistíren a jsou vytlačovány efektivnějšími způsoby pro recyklaci odpadní šedé vody. [21]

##### **Biofiltry**

Biofiltr je méně běžným způsobem k recyklaci odpadní šedé vody v domovních podmínkách, využívá se spíše pro menší sídla domů. Technologie biofiltru je založena na principu skrápění kolony obsahující materiál s větším obsahovým povrchem, nazývaným také blokové náplně. Náplň je z takového materiálu, který umožňuje prorůstání biomasy mikroorganismů touto náplní. Skrápění odpadní vodou probíhá ze svrhu skrápěcím systémem k tomu určeným. Odpadní voda protéká v tenké vrstvě po obsahu náplně, kde současně proudí vzduch umožňující množení mikroorganismů pro účel odstranění nežádoucích látek v odpadní vodě obsažených. [1], [21]

##### **Biodiskové reaktory**

Technologie čištění biodiskovým reaktorem je v principu založena na reaktoru v podobě válců, disků nebo klecí obsahující náplň o větším povrchu brodící se v odpadní vodě. Náplň umožňující prorůstání mikroorganismů potřebných k čištění odpadní vody rotuje po své ose brodící se z jedné třetiny svého objemu v odpadní vodě. Ve fázi ponoření části zařízení jsou mikroorganismy vyživovány z obsahu odpadní vody. Ve fázi otáčení nad úrovní

odpadní vody jsou mikroorganismy vystaveny průchodu vzduchem umožňujícím oxidaci znečišťujících látek na oxid uhličitý a vodu. Za biofiltry je obvykle řazena dosazovací nádrž, z důvodu sedimentace odumírajícího biofilmu, a dále šěrbinová nádrž, kam odumřelý biofilm odpadá a kde je následně anaerobně eliminován. Často je před biodiskový reaktor předřazen septik pro snížení zatížení vlastního biologického reaktoru. [1], [21]



*Obr. 15 Biodiskový reaktor*

#### **4.4 Dočišťování odpadních vod**

Hlavním úkolem dočišťování je zvýšení kvality odpadní vody, potažmo snížení obsahu nutrientů (dusíku a fosforu) a nerozpuštěných látek. Pro dočištění odpadní vody se používají technologie jak na bázi přírodních postupů, tak strojních technologií. Tyto technologie se dále dají rozdělit podle zamýšleného záměru čištění, a to na dočištění od nerozpuštěných látek nebo dočištění od nutrientů. [5]

#### 4.4.1 Dočištění od nerozpustitelných látek

Pro odstranění nerozpustitelných látek může být použito:

- Pískových filtrů, kdy průtok vody obsahující nerozpuštěné látky zachytává písková náplň obsažená ve filtru.
- Zemních filtrů, které byly popsány v kapitole zemní filtry.
- Mikrosítem, jehož účelem je odstranění vloček kalu na otáčejícím se filtračním bubnu.
- Membránových vestaveb, jejichž princip čištění byl popsán v kapitole tlakové filtrační membrány. [5]

#### 4.4.2 Dočištění od nutrietů

Pro odstranění nutrietů může být použito:

- Chemických způsobů, při kterých se z recyklované vody odstraňuje fosfor vysrážením za pomoci určitého dávkování soli železa, a to do aktivace, nebo samostatného reaktoru, s jeho následným odfiltrováním.
- Sorpce, kdy principem dočišťování je průtok odpadní vody gravitační silou přes sorpční filtr se zeolitovou náplní. Náplň je uložena v samostatném objektu bezprostředně navazující na mechanickou ČOV. Takto filtrem protékající voda vykazuje snížený obsah amoniaku v důsledku jeho vázání na zeolitovou náplň, a tím je snížený i celkový obsah dusíku v odpadní vodě. Spolu s dusíkem se snižuje i zbytek nerozpuštěných látek obsažených v odpadních vodách po čištění z ČOV.
- Dočišťování přírodními způsoby, které jsou popsány v kapitole čištění přírodními způsoby. [5]

#### 4.5 Dezinfekce šedé vody

Dezinfekce vody je pojem spojený s hygienickým zabezpečením vody, který spadá do závěrečné fáze čištění, při níž dochází k eliminaci bakterií a virů. Pro účel dezinfekce se nejčastěji užívají prostředky na bázi chemických nebo fyzikálních postupů. [22]

## **Chemické prostředky**

Nejčastěji využívaným způsobem z oblasti chemické dezinfekce je použití chloru. Chlór je vyznačován velkou bakteriální a oxidační účinností s jednoduchým a nenáročným aplikačním použitím. Využití chlóru je možné jen v těch případech, kdy čištěná voda neobsahuje organické látky, které by spolu s chlórem vytvářeli chlorované sloučeniny. U takovýchto případů je nutno využít jiných dezinfekčních metod. [22]

## **Fyzikální prostředky**

Pro fyzikální dezinfekci vody je možné využít metod membránových procesů, které jsou popsány v kapitole Tlakové filtrační membrány. Dále směsných oxidantů, ionizujícího záření, kovů s oligodynamickými účinky nebo metody s využitím UV záření. [22]

## **Kovy s oligodynamickými účinky**

Kovy s oligodynamickými účinky mají potřebné vlastnosti k zamezení růstu a množení bakterií, virů, řas a plísní, obsažených v recyklovaných vodách se schopnostmi je zcela eliminovat. Oligodynamické účinky vykazují kovy stříbra, mědi a jeho slitin. Pro dostatečnou dezinfekci vody je potřeba dlouhodobého kontaktu kovu s recyklovanou vodou v časovém horizontu 6 až 8 hodin s pH vody mezi 6 až 8. [24]

## **Ionizující záření**

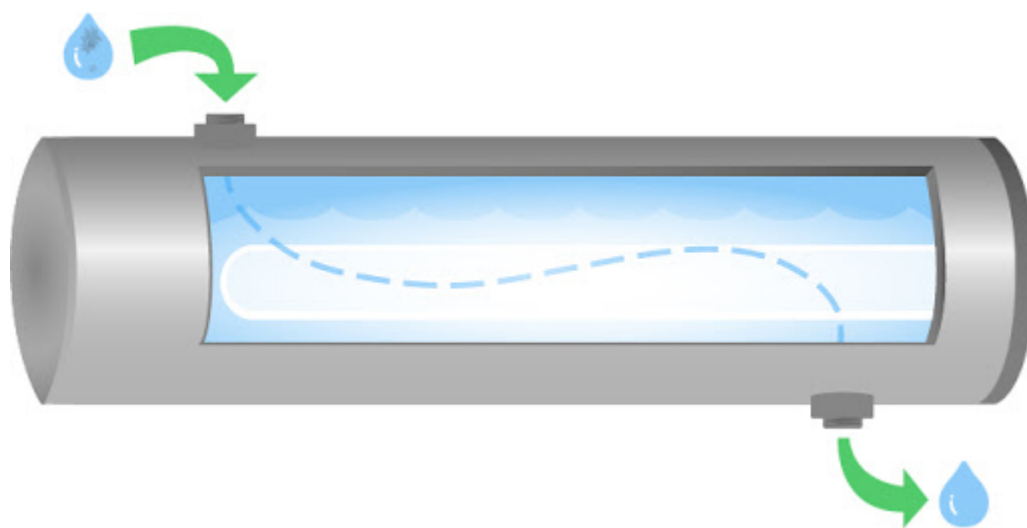
Principem ionizujícího záření je zařízení, které umožňuje vyvolat gama záření nebo elektronové záření, způsobující inaktivaci patogenních organismů v recyklované vodě. [24]

## **Směsné oxidanty**

Technologie dezinfekce směsnými oxidanty je založena na zařízení využívající solí, vody a elektrické energie, vytvářející zředěný roztok chlóru vzniklý elektrolýzou koncentrované solanky. [24]

## UV záření

Dezinfekce UV zářením je založena na zařízení v podobě lamp, které do recyklované vody vyzařují ultrafialové záření s různou vlnovou délkou. Dle konkrétní vlnové délky se UV lampy rozdělují na monochromaticko - nízkotlaké a polychromaticko - střednětlaké. Dezinfekčních účinků je dosaženo fotochemickým poškozením nukleové kyseliny v buňce, které následně vede k zastavení množení bakterií v recyklované vodě. [23]



Obr. 16 Monochromaticko nízkotlaká UV lampa

## 4.6 Akumulace recyklované šedé vody

Šedé vody je nutné uchovávat tak, aby se co nejvíce zamezilo růstu mikroorganismů a trofizaci při jejím skladování. K zamezení rychlého vzniku a množení mikroorganismů je nutné odizolovat vyčištěnou šedou vodu od kontaktu s denním světlem. K tomuto účelu slouží akumulární nádrže, které tomuto svitu zabraňují. Tyto nádrže musí být z takového materiálu, aby mohly splňovat technologické požadavky na vodotěsnost, odolnost proti korozi a dalším jiným vlivům způsobeným recyklovanou šedou vodou. Dále by měly být akumulární nádrže adekvátně označeny symbolem pro nepitnou vodu, doplněné o text provozní voda. Nádrž musí být vybavena uzavíratelným vstupním otvorem, přívodním potrubím určeným pro šedou vodu a bezpečnostním přelivem, potřebným v situacích poruchy nebo údržby, který umožní odtok vyčištěné šedé vody do vnitřní kanalizace.



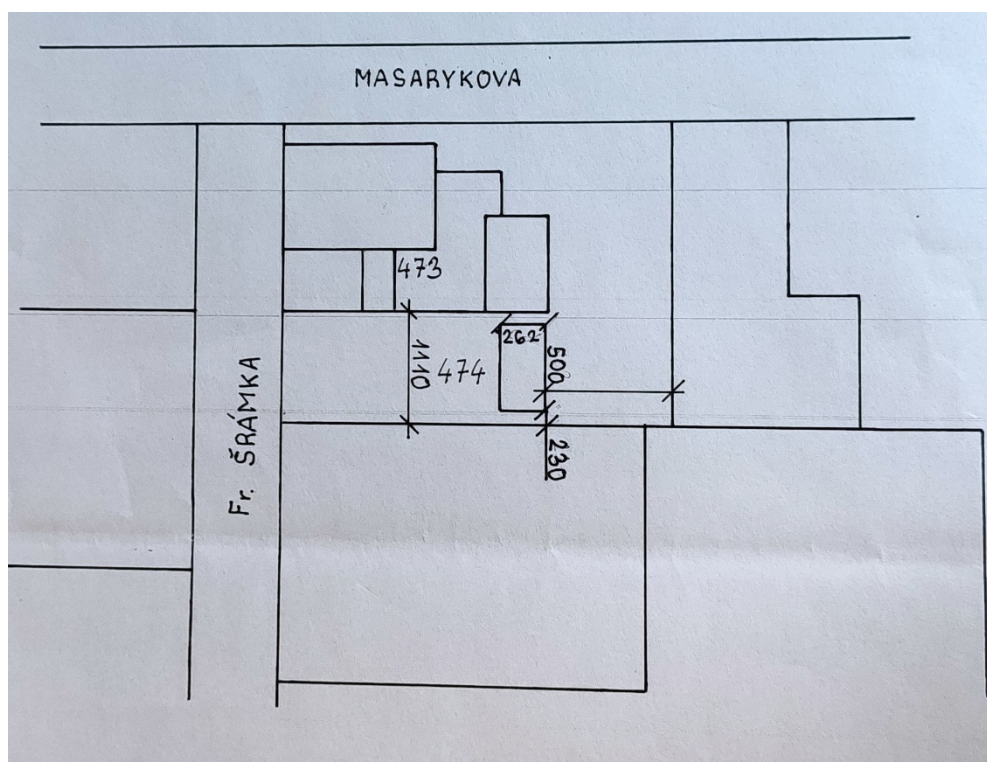
Dále potrubím s uzavíratelnou armaturou napojeným na vnitřní kanalizaci, za účelem vypouštění přebytečné šedé vody, a větracím potrubím. Nádrže mohou být umístěny na povrchu, pod povrchem v zahradách nebo v suterénu budovy. Akumulovanou vodu není vhodné zdržovat déle jak 24 hodin pro její možné zahnívání. [25]



*Obr. 17 Akumulační nádrž*

## 5 VÝCHOZÍ PODMÍNKY ŘEŠENÍ

Analýza v praktické části je situována pro čtyřčlennou rodinu, v zastoupení tří dospělých osob a jednoho dítěte. Měření probíhá v dvoupatrovém rodinném domě, rozděleném na dvě samostatné bytové jednotky, s půdorysnou rozlohou 340m<sup>2</sup>. Dům je vybaven běžnou sanitární a kuchyňskou instalací, jmenovitě v zastoupení dvou kuchyní s dřezy bez myček nádobí, dvou koupelen s dvěma vanami a dvěma umyvadly. Dále dvou toalet a dvou praček. Dům je postaven na parcele bez svahu se zahradou o půdorysné rozloze 920m<sup>2</sup> obsahující větší množství okrasné a užitkové vegetace. Užitná stavební plocha aplikovatelná pro čištnu odpadních šedých vod zaujímá půdorysnou plochu 700m<sup>2</sup>.



Obr. 18 Půdorys parcely

Dům se zahradou je zásobován pitnou vodou z domovní vodárny čerpající vodu ze studně a není připojen na městský vodovodní okruh. Objekt je připojen na městskou odpadní kanalizaci. Obyvatelé rodinného domu chtějí využít možnosti recyklovat odpadní šedou vodu pro účely závlahy vegetace s možností rozšíření působnosti systému v budoucích letech.



## 6 PRŮMĚRNÁ SPOTŘEBA PITNÉ VODY

Praktická část bakalářské práce se věnuje průměrné denní spotřebě pitné vody čtyřčlennou rodinou žijící v rodinném domě se zahradou. Voda je využívána k běžným hygienickým a závlahovým činnostem. Dále je uskutečněna analýza spojená s objemovým množstvím vyprodukované odpadní šedé vody a návrhem systému určeným pro recyklaci šedé vody. Analýza průměrné denní spotřeby vody je založena na měření v jednotlivých zařízeních využívající zdroje pitné vody. Konkrétně toalet, umyvadel, dřezů, praček, van a závlahového zahradního systému. Měření probíhá po dobu deseti dní, kdy na konci desátého dne je vytvořen aritmetický průměr objemu využití pitné vody.

Pro účel měření je využito záslepky na odtokových částech sanitárního vybavení, odměrné nádoby o jmenovitém objemu 16 l, technické dokumentace toalet, zahradní konve o jmenovitém objemu 10 l, odčerpávacího zařízení a dalších doplňků k této analýze potřebných.



*Obr.19 Pomůcky*

## 6.1 Spotřeba pitné vody z jednotlivých zařízení

### Spotřeba vody splachováním

Průběh měření je uskutečněn na základě technické dokumentace toalet popisující množství vody obsažené v nádržích určených pro splachování a zaznamenání četností použití čtyř obyvatelů rodinného domu. Výsledky z měření jsou znázorněny v tabulce č. 1. Dle technické dokumentace, je objem vody určený pro velké spláchnutí dimenzován na 8,4 l a pro malé spláchnutí dimenzován na objemem 3 l.

Tab. 1 Průměrná denní spotřeba vody splachováním

Dny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Četnost spláchnutí	21	23	23	15	12	18	16	21	18	19
Denní objem využití vody (l)	84.6	96	90.6	66.6	52.2	70.2	69.6	79.2	75.6	73.2
Celkový objem využití vody <sub>10</sub> (l)	757.8									
Průměrná denní spotřeba vody (l)	75.78									

### Spotřeba vody z umyvadel

Postup měření spotřebované vody z umyvadel je založen na výtoku vody z armatury k tomu určené do umyvadla s odšroubovaným sifonem. Pod sifon je umístěna odměrná nádoba určená pro zachycení a měření objemu použité vody. Výsledky z měření jsou zaznamenány v tabulce č. 2.

Tab. 2 Průměrná denní spotřeba vody z umyvadla

Dny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Denní objem využití vody (l)	31.5	20.5	35.7	19.5	17	31.7	19.5	29	44	30.7
Celkový objem využití vody <sub>10</sub> (l)	279.1									
Průměrná denní spotřeba vody (l)	27.91									

### Spotřeba vody z dřezů

Měření spotřeby vody z dřezu, které probíhá pod stálým tekoucím proudem vody za účelem mytí nádobí, je založeno na odšroubovaném sifonu, pod kterým je umístěna odměrná nádoba. Nádoba plní funkci zachycení a měření objemu použité vody. Výsledky z měření jsou zaznamenány v tabulce č. 3.

Tab. 3 Průměrná denní spotřeba vody z dřezu

Dny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Denní objem využití vody (l)	14.5	46.5	15	14	12	6	26	83.5	8	30

Celkový objem využití vody <sub>10</sub> (l)	255.5
Průměrná denní spotřeba vody (l)	25.55

### Spotřeba vody z vany

Metoda měření je založena na principu výtoku vody z armatury k tomu určené do vany se zaslepenou odtokovou částí s následným přečerpáním obsahu použité vody do odměrné nádoby. Nádoba plní funkci měření objemu použité vody. Výsledky z měření spotřeby vody z van znázorňuje tabulka č. 4.

Tab. 4 Průměrná denní spotřeba vody z vany

Dny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Denní objem využití vody (l)	112	46	198	45	117	95	50	177	102	118

Celkový objem využití vody <sub>10</sub> (l)	1060
Průměrná denní spotřeba vody (l)	106

### Spotřeba vody z pračky

Měření využití vody pro běžný pracovní cyklus praní je uskutečněno na principu vyvedené odtokové hadice ze spotřebiče do vany se zaslepenou výtokovou částí a následným přečerpáním obsahu vany do odměrné nádoby určené k měření objemu použité vody. Výsledky z měření jsou zaznamenány v tabulce č. 5.

Tab. 5 Průměrná denní spotřeba vody z pračky

Dny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Denní objem využití vody (l)	0	0	96	0	0	48	0	0	96	0

Celkový objem využití vody <sub>10</sub> (l)	240
Průměrná denní spotřeba vody (l)	24

### Spotřeba vody pro závlahu vegetace

Měření spotřeby vody pro závlahu zahradní vegetace je uskutečněno pomocí zahradní konve s jmenovitým objemem deseti litrů a četností jejího použití. Výsledky z měření jsou zaznamenány v tabulce č. 6.

Tab. 6 Průměrná denní spotřeba vody pro závlahu

Dny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Denní objem využití vody (l)	260	210	210	260	110	110	260	210	210	260

Celkový objem využití vody <sub>10</sub> (l)	2100
Průměrná denní spotřeba vody (l)	210

Z výše uvedených tabulek znázorňující průměrnou denní spotřebu vody je zřejmé, že největší podíl využití vody pochází pro závlahu vegetace a nejmenší podíl využití vody pochází z praní prádla.

Celková průměrná denní spotřeba pitné vody čtyřčlenné rodiny činí **469.24 l**

## 6.2 Produkce odpadní šedé vody

Na základě dat z výše popsané analýzy je vytvořena tabulka č. 6 znázorňující průměrnou denní produkci použitelné a podmíněně recyklovatelné odpadní šedé vody.

Tab. 7 Průměrná denní produkce šedých vod

	umyvadla	vany	dřezy	pračky
Použitelná šedá voda (l)	27.91	106		
Podmíněně použitelná šedá voda (l)			25.55	24
<b>Celkové množství šedé vody (l)</b>	<b>183.46</b>			

## 6.3 Množství provozní vody

Potřebné množství provozní vody se opírá o analýzu věnující se spotřebě vody pro závlahovou činnost. Ze zjištěných údajů je množství provozní vody stanoveno na hodnotu **210 l**.

## 7 NÁVRH SYSTÉMU DOMOVNÍ ČOV

Pro efektivní návrh systému jsou směrodatné údaje týkající se množství požadované provozní vody a množství vyprodukované odpadní šedé vody spolu se zatížením odpadní šedé vody, o které se návrh domovní ČOV opírá. [26]

Dle údajů zpracovaných v kapitole zabývající se potřebným objemovým množstvím provozní vody je průměrný denní objem stanoven na **210 l**. Dále, dle údajů zpracovaných v kapitole věnující se průměrné denní produkci odpadní šedé vody, je průměrný denní objem produkce stanoven na **183.46 l**. Zatížení odpadní šedé vody je popsáno v kapitole Zatížení šedých vod znázorňující tabulkou č. 2. Pro možnosti recyklace bude využito pouze objemu použitelné šedé vody, z důvodu užívání agresivních saponátů spojených s praním prádla a mytí nádobí obsažených v podmíněných šedých vodách. Dle hodnot znázorněných tabulkou č. 6 je objemové množství použitelné šedé vody stanoveno na **133.91 l**.

Systém pro recyklaci odpadní vody v domovním prostředí je navržen od firmy Asio a.s. s typovým označením AQUALOOP. Dimenzování systému je vypracováno na základě prospektu vytvořeného výrobcem v kombinaci s použitím údajů analýzy spotřeby vody vypracované v bakalářské práci.

### 7.1 Dimenzování systému AQUALOOP

Pro správné dimenzování systému AQUALOOP je zásadní správný výběr a počet komponentů, tak aby splňovaly dostatečnou funkci čištění a nebyly zbytečně předdimenzované. Výběr z komponentů dle prospektu je v zastoupení membrán, membránové stanice, předčištění, nosiče biomasy, dmychadla, nádrže a přípojních armatur. Správný výběr je opřen o závislost na objemu čištěného množství přitékané odpadní šedé vody. [26]

## Objem nádrží

Dle prospektu a analýzy vypracované v kapitole produkce odpadní šedé vody je dostatečně vyhovující nádrž o jmenovitém objemu 300 l. [26]

Max. čištěné množství (l/den)	300	600	900	1200	1500	1800	2400
Počet EO	6	12	18	24	30	36	48
Užitečný objem $V_{BR,NUTZ}$ (l)	300	600	900	1200	1500	1800	2400
Užitečný objem $V_{KW,NUTZ}$ (l)	300	600	900	1200	1500	1800	2400

Obr. 20 Objem nádrže

## Počet filtračních membrán

Dle analýzy, spolu se závislostí na zatížení přitékající odpadní šedé vody do nádrže, je firmou Asio s.r.o. doporučován maximální průtok přes jednu membránu stanoven na 300 litrů za den. Z toho hlediska vyplývá, že pro dostatečné zajištění čistící funkce je zapotřebí jedné membrány AL – MEM. [26]

Znečištění	Maximální průtok (1 membrána)	Použití
BSK < 5 mg/l	1600 l/d	Užitková voda
BSK < 25 mg/l	800 l/d	Dešťová voda
BSK < 200 mg/l	300 l/d	Šedá voda

Obr. 21 Filtrační membrány

## Dmychadlo

Dle prospektu je vybráno dmychadlo AL – 30 L. Podle zvoleného dmychadla se odvíjí také typ hadice pro přívod vzduchu. Pro dmychadlo AL – 30 L je zvolena půl coulová hadice s maximální délkou 66m. [26]

	AL-30L	AL-60L	AL-100L	AL-120L	AL-200L
Napájecí napětí	230 V AC	230 V AC	230 V AC	230 V AC	230 V AC
Frekvence	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Tlak	110 mbar	150 mbar	180 mbar	180 mbar	200 mbar
Provozní rozsah tlaku:	0,05 - 0,18 bar	0,05 - 0,2 bar	0,05 - 0,18 bar	0,05 - 0,2 bar	0,05 - 0,3 bar
Příkon:	29 W	64 W	100 W	130 W	215 W
Hmotnost včetně držáku:	2,9 kg	5 kg	9,4 kg	9,4 kg	12,5 kg
Připojení hadice:	Ø 18 mm	Ø 18 mm	Ø 26 mm	Ø 26 mm	Ø 26 mm
Krytí:	IP 54	IP 54	IP 54	IP 54	IP 54

Obr. 22 Dmychadla

## Membránová stanice, předčištění a nosič biomasy

Dle prospektu je vybrána jedna membránová stanice AL – MS, jedno předčištění AL – F100 a nosič biomasy o objemu 30 L [26]

Množství šedé vody	(l/d)	300	600	900	1200	1500	1800	2400
Počet EO	EO	6	12	18	24	30	36	48
AL-MEM	Membrány (ks)	1	2	3	4	5	6	8
AL-MS	Mem. stanice (ks)	1	1	1	1	1	1	2
AL-F100	Předčištění	1	1	1	1	1	1	1
AL-Fk	Nosiče biomasy (l)	30	60	90	120	150	180	240
AL-xxL	Dmychadlo (AL-xxL)	30	60	100	120	200	200	200

Obr. 23 Membránová stanice, předčištění a nosič biomasy

## Vnitřní kanalizace

System AQUALOOP bude napojen na stávající vnitřní kanalizaci domu, zapojenou na přípojku městské kanalizace. [26]

## Odvětrání kanalizace

„System AQUALOOP je uzpůsoben pro napojení na systém s hlavním větracím potrubím, kdy všechny nádrže jsou propojeny nad vodní hladinou“. [26]

## Řídící jednotka systému

Recyklační systém je vybaven jednou řídicí jednotkou, která je pro konkrétní návrh recyklační stanice zvlášť nastavena, a tím je provoz celého zařízení AQUALOOP plně zautomatizován. Řídící jednotka disponuje tlačítky pro ovládání celého recyklačního systému a LCD monitorem, na kterém se indikují různé provozní a procesní stavy. [26]



## 7.2 Zapojení ČOV do rozvodu vody

Dle vyhlášky č. 268/2009 SB., ČSN EN 1717 a ČSN 73 6660 nesmí být potrubí a armatury určené pro pitnou vodu přímo spojeny s potrubím a armaturami určenými pro rozvod provozní vody. Dále, při situacích vyžadujících doplnění systému pitnou vodou, je nutné vodovod pitné vody zajistit tak, aby nedocházelo k možnému zpětnému průtoku provozní vody do rozvodů pitné vody. Dalším důležitým kritériem je nutnost adekvátního označení potrubí a armatur určených pro rozvod provozní vody. Prostory využívané pro systém recyklace šedých vod by měly být označeny odpovídajícím nápisem *nepitná voda* doplněným o symbol naznačující nepitnou vodu. [26]

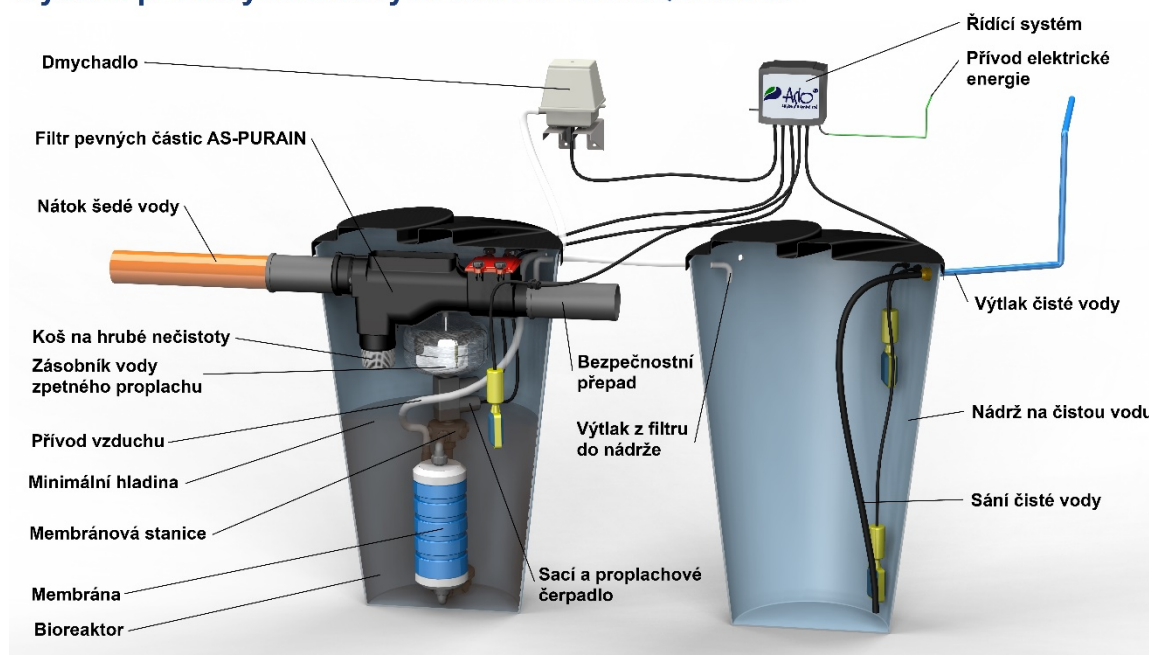
## 7.3 Údržba

Filtr pro mechanické předčištění je nutno v zadaných intervalech udávaných výrobcem kontrolovat a pokud je třeba, tak síto vyčistit pod proudem tekoucí vody. Pokud řídicí jednotka indikuje nedostatečný průtok membránou, je membrána zanesena nečistotami, a je třeba v tomto případě použít možnosti chemického čištění. Pro tento účel slouží kyselina citrónová. Čistící roztok je vléván do nádrže s vyčištěnou vodou. Následně je zapnut čistící mód na řídicí jednotce a obsah je nasáván do prostoru s membránou. Po zhodnocení procesu řídicí jednotkou je systém automaticky uveden do normálního provozu. [26]

## 7.4 Systém AQUALOOP

Funkčnost systému je založena na vzájemně dvou propojených nádržích s technologickým zařízením umožňující jednotlivé recyklační fáze. Tyto fáze jsou založeny na mechanickém předčištění a biologickém čištění aktivačním kalem ve spojení s technologií membránové filtrace. [26]

## System pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP



Obr. 24 AS-GW/AQUALOOP

První recyklační fází je akumulace odpadní šedé vody a její mechanické předčištění. Nejprve je odpadní voda jímána do první akumulární nádrže, ve které probíhá mechanické předčištění. Pro tento účel čištění je v nádrži zabudováno vyjímatelné síto určené k odstranění hrubých nečistot z odpadní vody. Druhou recyklační fází, probíhající ve stejné akumulární nádrži jako u první fáze, je biologické čištění aktivačním kalem, kterému sekunduje membránová filtrace. Hrubě přefiltrovaná voda odtéká do bioreaktoru, kde dochází k biologickému odstranění nečistot za přítomnosti bakterií usazujících se na nosiči biomasy s velkým povrchem, kterému sekunduje vertikálně umístěný membránový modul. Membránový modul slouží pro účel fyzikální dezinfekce čištěné vody. Do bioreaktoru s membránovým modulem je vháněn vzduch pod tlakem pomocí dmyhadla potřebným pro provzdušnění nosiče biomasy a čištění membrány. Pro zajištění stability membrány při vhánění vzduchu do nádrže, je membrána zajištěna závažím. Membrána je dále čištěna oplachovou vodou poháněnou čerpadlem ze zásobní nádrže k tomu určené. Třetí recyklační fází je odtah vyčištěného permeátu. K membráně je připojena armatura odvádějící přečištěný permeát prostřednictvím čerpadla do druhé napojené akumulární nádrže, ve které je skladována vyčištěná provozní voda. Čtvrtou recyklační fází je odtah přebytečné biomasy do vnitřní kanalizace domu. Sedimentující odumřelá biomasa na dně nádrže je z větší části odváděna sacím potrubím, které je napojeno

na přepad umožňující odvádět tento sedimentující kal spolu s plovoucími nečistotami. Primárnímu přepadu sekunduje nouzový přepad sloužící jako pojistka zabraňující naplnění nádrže na maximální možný objem. Tyto dva na sebe navazující přepady jsou napojeny na vnitřní kanalizaci domu, kdy je mezi přepadem a kanalizací zabudovaná zpětná klapka zamezující vniknutí hlodavců, hmyzu a chránící nádrž proti vzdučné vodě. [26]

Dimenzovaný systém AQUALOOP od společnosti Asio a.s. je plně dostačující pro nadefinované účely. [26]

## 8. DISKUZE A ZÁVĚR

S rostoucí cenou vodného a stočného s postupně zvětšujícím se deficitem spodních vod, způsobeným nepříznivými klimatickými podmínkami, se recyklace šedé vody jeví jako dobrá alternativa při boji se suchem v domácích nebo jiných podmínkách.

V teoretické části práce jsem stručně představil druhy odpadních vod a stanovil možné parametry jejího znečištění. Představil jsem možné využití předčištěné šedé vody a možná rizika spojená s jejím využíváním. Další kapitola se věnuje systémům pro zpracování šedých vod.

V praktické části práce byla zpracována analýza průměrné denní spotřeby vody čtyřčlennou rodinou. Tato analýza byla vypracována na základě desetidenního sledování a její výsledky zahrnují spotřebu pitné vody, šedé vody a provozní vody. Následně byl vypracován modelový příklad systému na recyklaci šedé vody podle zjištěných výsledků analýz. Pro tento konkrétní systém jsem si vybral produkt od firmy Asio a.s. Zjištěné výsledky analýz poukazují na celkově velkou spotřebu pitné vody, zejména pro závlahovou činnost. Dále bylo překvapující zjištění celkově malého objemu vyprodukované šedé vody, která není dostačující pro pokrytí nároků pro činnosti spojené se závlahou vegetace. Bylo zjištěno že v domácích podmínkách je možné recyklovat šedou vodu, ale v nedostatečném množství.

Celkově se mi jeví recyklace šedých vod jako ekologický způsob nakládání s vodou a při nedostatku spodních vod jako zajímavá možnost, jak tomuto neblahému trendu čelit. Dalším pozitivem je variabilita umožňující využití šedých vod nejen v domácích podmínkách, ale také v různých institucích. Dále z mého pohledu přináší recyklace šedých vod do jisté míry i svá negativa spojená se zdravotním rizikem, zápachem a stavební náročností. Pokud je ale systém adekvátně navržen, je výčet těchto negativ minimalizován a pozitiva převažují nad negativy.

## 8.1 Seznam použitých zdrojů

### Literatura

- [1] POŠTA, Josef. *Čistírny odpadních vod*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 2005. Učební texty. ISBN 80-213-1366-8.
- [2] Druhy vod. *ELUC* [online]. Olomouc [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: [eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2567](http://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2567)
- [3] CHUDOBA, Jan, Michal DOHÁNYOS a Jiří WANNER. *Biologické čištění odpadních vod: Vysokoškolská příručka pro vysoké školy chemickotechnologické*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1991. ISBN 80-03-00611-2.
- [4] LHOTÁKOVÁ, Zdeňka. Zpětné využívání odpadních vod v domech pro bydlení. *Tzb-info* [online]. V Brně: Fakulta architektury VUT v Brně, 2014, 12.5.2014 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/11202-zpetne-vyuzivani-odpadnich-vod-v-domech-pro-bydleni>
- [5] ŠÁLEK, Jan. *Voda v domě a na chatě: Využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.
- [6] JIRMUS, Vladimír. Recyklace šedé vody – nevyužitý zdroj uvnitř budovy. *Asio* [online]. Brno: ASIO NEW, spol. s r.o., 2016, 3.6.2016 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/538.recyklace-sede-vody-nevyuzity-zdroj-uvnitř-budovy>
- [7] PLOTĚNÝ, Karel. Recyklace šedých vod a jejich využití. *Asio* [online]. Brno: ASIO NEW, spol. s r.o., 2019, 22.7.2019 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/999.recyklace-sedych-vod-a-jejich-vyuziti>
- [8] BIELA, Renata. Kvalita šedých vod a možnost jejich využití. *Tzb-info* [online]. Brno: Ústav vodního hospodářství obcí FAST VUT, 2011, 5.12.2011 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>
- [9] Baktérie ve vodě. *Čistá voda* [online]. Žilina: Čistá Voda [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.cistavoda.cz/bakterie-ve-vode/>

- [10] Co lze zjistit rozbořem vody? Co znamenají jednotlivé položky? *Aprovak* [online]. Praha: Aprovak, 2013, 9. 7. 2013 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: [aprovak.cz/clanky/co-lze-zjistit-rozbořem-vody-co-znamenaji-jednotlive-polozky](http://aprovak.cz/clanky/co-lze-zjistit-rozbořem-vody-co-znamenaji-jednotlive-polozky)
- [11] Výskyt koliformních bakterií ve vodě – mohou vznikat i rozkladem listí ve studni. *Tzb-info* [online]. Brno: Tzb-info, 2018, 25.10.2018 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://m.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/18103-vyskyt-koliformnich-bakterii-ve-vode-mohou-vznikat-i-rozkladem-listi-ve-studni>
- [12] Zákal – signál, že pitná voda není v pořádku. Příčiny, rizika, odstranění. *EuroClean* [online]. Rožtoky: EuroClean, 2019, 19.6.2019 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://euroclean.cz/clanky/zakal-signal-ze-pitna-voda-neni-v-poradku-riciny-rizika-odstraneni/>
- [13] BERÁNKOVÁ, Martina et al. V ČR se začalo využívání tzv. šedých vod skloňovat ve všech pádech. *Tzb-info* [online]. Brno: VÚV TGM, 2017, 7.8.2017 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16101-v-cr-se-zacalo-vyuzivani-tzv-sedych-vod-sklonovat-ve-vsech-padech>
- [14] SOVAK. Jaká jsou rizika spojená s využíváním srážkových/recyklovaných vod v domácnostech? *Vodárenství* [online]. Praha: Mauri, 2017, 6. 9. 2017 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/destovka-rizika-spojena-s-vyuzivanim-srazkovych-recyklovanych-vod-v-domacnostech>
- [15] JIRMUS, Vladimír. Recyklace šedé vody – nevyužitý zdroj uvnitř budovy. *Tzb-info* [online]. Brno: Tzb-info, 2016, 16.5.2016 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/14210-recyklace-sede-vody-nevyuzity-zdroj-uvnitř-budovy>
- [16] PÍREK, Oldřich et al. *SEPTIKY– HISTORIE, NORMY, ZVYKLOSTI: Přírodní způsoby čištění vod VII* [online]. 14.11.2012. Brno, 2012 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <http://uvhk.fce.vutbr.cz/sites/default/files/kzp/pdf/pzcov-08-pirek.pdf>

- [17] PROCHÁZKOVÁ, Lenka. Aktivační čistírna. *Jak se starat o čistírnu* [online]. Praha [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/14210-recyklace-sede-vody-nevyuzity-zdroj-uvnitr-budovy>
- [18] ŠKORVAN, Ondřej. Tlakové membránové procesy ve vodním hospodářství. *Asio* [online]. Brno: ASIO TECH, spol. s r.o., 2014, 24.4.2014 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/264.tlakove-membranove-procesy-ve-vodnim-hospodarstvi>
- [19] PROCHÁZKOVÁ, Lenka. Slovníček: SBR – sequencing batch reaktor. *Jak se starat o čistírnu* [online]. Praha [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <http://jaksestaratocistirnu.cz/obecne-o-domovnich-cistirnach/slovnicek/>
- [20] PLOTĚNÝ, Karel. Proces čištění na ČOV s technologií SBR. *Asio* [online]. Brno: ASIO TECH, spol. s r.o., 2014, 12.6.2014 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/279.proces-cisten-na-cov-s-technologie-sbr>
- [21] PROCHÁZKOVÁ, Lenka. Biofilmová čistírna. *Jak se starat o čistírnu* [online]. Praha [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <http://jaksestaratocistirnu.cz/obecne-o-domovnich-cistirnach/typy-cistiren/biofilmova-cistirna/>
- [22] Dezinfekce vody pomocí chloru. *Čistá voda* [online]. Žilina, 2018, 19.5.2018 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.cistavoda.cz/blog/dezinfekce-vody-pomoci-chloru/>
- [23] ŠAŠEK, Jaroslav. Použití UV záření pro dezinfekci pitné vody. *Tzb-info* [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, 2013, 25.3.2013 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/9697-pouziti-uv-zareni-pro-dezinfekci-pitne-vody>
- [24] BIELA, Renata a Lucie ŠOPÍKOVÁ. Použití UV záření pro dezinfekci pitné vody. *Tzb-info* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2013, 15.4.2013 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/9769-netradicni-metody-dezinfekce-pitne-vody>

[25] Požadavky na nádrže na šedou vodu - II. *Estav* [online]. Brno, 2018, 7. 5. 2018 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/6297.pozadavky-na-nadrze-na-sedou-vodu-ii>

[26] *AS-GW/AQUALOOP: PROJEKČNÍ A INSTALAČNÍ PODKLADY*. Brno: ASIO, spol. s r.o., 2013.

[27] DOHNAL, Radomír. Kvalita srážkové vody využívané k závlahám v ČR. *Tzb-info* [online]. Ostrava: Český hydrometeorologický ústav, 2012, 27.8.2012 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8975-kvalita-srazkove-vody-vyuzivane-k-zavlaham-v-cr>

## Obrázky

Obr. č. 1 BIELA. *Tzb-info* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: <https://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>

Obr. č. 2 BIELA. *Tzb-info* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: <https://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>

Obr. č. 3 BIELA. *Tzb-info* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: <https://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>

Obr. č. 4 BIELA. *Tzb-info* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: <https://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>

Obr. č. 5 BIELA. *Tzb-info* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: <https://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>

Obr. č. 6 BIELA. *Tzb-info* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: <https://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>

Obr. č. 7 *Voda v domě* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: [https://www.vodavdome.cz/img/obr%C3%A1zky%20-%20%C4%8Dl%C3%A1nky/sede%20vody\\_WC%20zasobnik%20na%20vodu.png](https://www.vodavdome.cz/img/obr%C3%A1zky%20-%20%C4%8Dl%C3%A1nky/sede%20vody_WC%20zasobnik%20na%20vodu.png)



Obr. č. 8 *Asio* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: <https://www.asio.cz/cz/356.biologicke-nadrze-vyuzivane-k-cisteni-a-docistovani-odpadnich-vod>

Obr. č. 9 *Bm-plast* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: [https://bm-plast.sk/wp-content/uploads/2019/07/75f13eda1eff7840e1155a886e852f1e\\_septik.jpg](https://bm-plast.sk/wp-content/uploads/2019/07/75f13eda1eff7840e1155a886e852f1e_septik.jpg)

Obr. č. 10 *Pesek-plastservis* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: [https://www.pesek-plastservis.cz/gallery/piskovy\\_filtr\\_01.jpg](https://www.pesek-plastservis.cz/gallery/piskovy_filtr_01.jpg)

Obr. č. 11 *Vlastníma rukama* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: <https://www.vlastnimarukama.cz/wp-content/uploads/2012/06/sch%C3%A9ma-ko%C5%99enov%C3%A9-%C4%8Dist%C3%ADrny.jpg>

Obr. č. 12 *Asio* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: [https://www.asio.cz/img/\\_/zbytiny-docistovaci-biologicke-rybniky/r.jpg](https://www.asio.cz/img/_/zbytiny-docistovaci-biologicke-rybniky/r.jpg)

Obr. č. 13 *Asio* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: [https://www.asio.cz/img/\\_/variocomp-n.foto/cov-3d-model.jpg?1468239223](https://www.asio.cz/img/_/variocomp-n.foto/cov-3d-model.jpg?1468239223)

Obr. č. 14 *AQUACON* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: [http://www.aquacon.cz/out/pictures/z1/cov\\_mbr\\_ultimate\\_z1.jpg](http://www.aquacon.cz/out/pictures/z1/cov_mbr_ultimate_z1.jpg)

Obr. č. 15 *VŠB-TUO* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: <http://hgfl0.vsb.cz/546/bmzo/img/bcov5.jpg>

Obr. č. 16 *WEVODA* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: [https://lh3.googleusercontent.com/proxy/GT\\_OQOkHyeGS9MAzITSoClX4YZIHW\\_WaEM-CNL\\_7EBiUzGz3-wER7xUJuZAMNLsb1sq3J6Ab4N7jEBrZGyfdDU928mcVV1R-QLNFS7ZqtzysW-k7SWQexbnt7lLsfNZld5NFSE1eYsMd](https://lh3.googleusercontent.com/proxy/GT_OQOkHyeGS9MAzITSoClX4YZIHW_WaEM-CNL_7EBiUzGz3-wER7xUJuZAMNLsb1sq3J6Ab4N7jEBrZGyfdDU928mcVV1R-QLNFS7ZqtzysW-k7SWQexbnt7lLsfNZld5NFSE1eYsMd)

Obr. č. 17 *AZ-SHOP* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW: <https://www.az-shop.cz/cms/fiskars/products/nadrze/nadrz-na-destovou-vodu.jpg>

Obr. č. 18 Půdorys parcely, vlastní zpracování

Obr. č. 19 Pomůcky, vlastní zpracování

Obr. č. 20 *AS-GW/AQUALOOP: PROJEKČNÍ A INSTALAČNÍ PODKLADY*. Brno: ASIO, spol. s r.o., 2013.

Obr. č. 21 *AS-GW/AQUALOOP: PROJEKČNÍ A INSTALAČNÍ PODKLADY*. Brno: ASIO, spol. s r.o., 2013.

Obr. č. 22 *AS-GW/AQUALOOP: PROJEKČNÍ A INSTALAČNÍ PODKLADY*. Brno: ASIO, spol. s r.o., 2013.

Obr. č. 23 *AS-GW/AQUALOOP: PROJEKČNÍ A INSTALAČNÍ PODKLADY*. Brno: ASIO, spol. s r.o., 2013.

Obr. č. 24 *Asio* [online]. [cit. 21.3.2020]. Dostupný na WWW:

[https://www.asio.cz/img/\\_/as-gw-aqualoop/as-gwaqualoop2\\_popis.jpg](https://www.asio.cz/img/_/as-gw-aqualoop/as-gwaqualoop2_popis.jpg)

## 8.2 Seznam obrázků

Obr. č. 1 Množství plovoucích látek u šedých vod.....	9
Obr. č. 2 Hodnoty BSK5 a CHSK u šedých vod .....	9
Obr. č. 3 Orientační hodnoty (G) pro bakteriologické monitorování .....	10
Obr. č. 4 Orientační hodnoty (G) pro monitorování obecného systému.....	11
Obr. č. 5 Interpretace výsledků z bakteriologického sledování .....	11
Obr. č. 6 Vyhodnocení výsledků z monitorovacího systému <sup>E)</sup> .....	12
Obr. č. 7 Dopady na sanitární zařízení.....	13
Obr. č. 8 zleva lapák tuku, uprostřed česle, zprava lapák písku .....	15
Obr. č. 9 Tříkomorový septik.....	16
Obr. č. 10 Zemní filtr .....	18
Obr. č. 11 Kořenová čistírna .....	19
Obr. č. 12 Dočišťovací biologický rybník .....	20
Obr. č. 13 Aktivační čistírna .....	21
Obr. č. 14 Aktivační čistírna - MBR.....	23
Obr. č. 15 Biodiskový reaktor.....	25
Obr. č. 16 Monochromaticko nízkotlaká UV lampa.....	28
Obr. č. 17 Akumulační nádrž.....	29
Obr. č. 18 Půdorys .....	30
Obr. č. 19 Měřicí nářadí.....	31
Obr. č. 20 Objem nádrže .....	37
Obr. č. 21 Filtrační membrány.....	37
Obr. č. 22 Dmychadlo.....	37
Obr. č. 23 Membránová stanice, předčištění a nosič biomasy.....	38
Obr. č. 24 AS-GW/AQUALOOP .....	40

### 8.3 Seznam tabulek

Tab. č. 1 Průměrná denní spotřeba vody splachováním .....	32
Tab. č. 2 Průměrná denní spotřeba vody z umyvadla .....	32
Tab. č. 3 Průměrná denní spotřeba vody z dřezu.....	33
Tab. č. 4 Průměrná denní spotřeba vody z vany .....	33
Tab. č. 5 Průměrná denní spotřeba vody z pračky.....	34
Tab. č. 6 Průměrná denní spotřeba vody pro závlahu.....	34
Tab. č. 7 Průměrná denní produkce šedých vod.....	35