

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE**



**ŠEDÉ VODY A JEJICH ZNOVU VYUŽITÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vedoucí práce: prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.  
Bakalant: Ing. Milada Lášková Dlabačová**

**2020**



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autorka práce:	Ing. Milada Lášková Dlabáčová
Studijní program:	Krajinářství
Obor:	Územní technická a správní služba
Vedoucí práce:	prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra aplikované ekologie
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	<b>Šedé vody a jejich znovu využití</b>
Název anglicky:	<b>Grey waters and their reuse</b>
Cíle práce:	Cílem práce je na základě literární rešerše zmapovat problematiku šedých vod, jejich čištění a znovu využití a vyhodnotit způsoby čištění. Zhodnotit možnosti znovu využití šedých vod a navrhnout využití šedých vod v rodinném domě.
Metodika:	1) Literární rešerše 2) Návrh využití šedých vod v rodinném domě a) Návrh technického řešení b) Kalkulace cenových nákladů c) Diskuze alternativních řešení
Doporučený rozsah práce:	45
Klíčová slova:	šedé vody; recyklace; čištění;
Doporučené zdroje informací:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. CASANOVA L. M., GERBA C. P., KARPISCAK M., 2001: Chemical and Microbial Characterization of Household Greywater. Journal of Environmental Science and Health. Part A. Ročník 36. Číslo 4.</li><li>2. DE GISI S., CASELLA P., NOTARNICOLA M. [eds], 2016: Grey water in buildings: a mini – review of guidelines, technologies and case studies. Civic Engineering and Environmental Systems. Ročník 33. Číslo 1.</li><li>3. CHAILLOU K., GÉRENTE C., ANDRES Y. [eds], 2011: Bathroom Greywater Characterization and Potential Treatments for Reuse. Water, Air &amp; Soil Pollution. Ročník 215. Číslo 1.</li><li>4. LI F., WICHMANN K., OTTERPOHL R., 2009: Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. Science of the Total Environment, Ročník 407. Číslo 11.</li><li>5. STEC A., KORDANA S., SLYS D., 2017: Analysing the financial efficiency of use of water and energy saving systems in single – family homes. Journal of Cleaner Production. Ročník 151.</li></ol>
Předběžný termín obhajoby:	2019/20 LS - FŽP

Elektronicky schváleno: 23. 11. 2019  
**prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**  
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 25. 11. 2019  
**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**  
Děkan

#### Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Šedé vody a jejich znovu využití vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

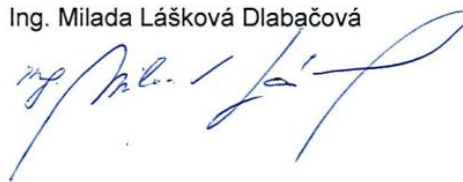
Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

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

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

Praha, 10.03.2020

Ing. Milada Lášková Dlabačová



## Poděkování

Ráda bych poděkovala prof. RNDr. Daně Komínkové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a cenné rady při psaní této bakalářské práce.

## Abstrakt

Předmětem bakalářské práce je rozbor problematiky šedých vod. Literární rešerše mapuje šedé vody z hlediska jejich chemicko – fyzikálních ukazatelů kvality, obsahu živin a mikrobiologického zatížení. Dále se zabývá požadavky na vyčištěné šedé vody, způsoby čištění a znovu využití šedé vody. V závěru teoretické části jsou představeny projekty využívající šedé vody v České republice a v zahraničí.

Praktická část práce se zaměřila na znovu využití šedých vod v rodinném domě. Nejprve byl zhodnocen současný stav hospodaření s vodou v rodinném domě, dále byla výpočtem stanovena denní produkce šedé vody a na základě těchto informací bylo navrženo technické řešení domovní čistírny odpadních vod. Součástí práce byla i analýza trhu s čistírnami odpadních vod a vyhodnocení obdržených nabídek domovních čistíren odpadních vod z hlediska použité technologie, možnosti využití přečištěné vody a celkového přístupu zástupců firem k zákazníkovi. Na základě nejvhodnější nabídky byly vyčísleny celkové náklady na realizaci ve výši 348 000 Kč. Po provedeném odhadu budoucích úspor byla zjištěna návratnost vložených prostředků v délce 15 let, resp. 11 let v případě využití prostředků ve výši 105 000 Kč z národního programu Životní prostředí – Výzva č. 12/2017: Dešťovka II.

## Klíčová slova

Šedé vody, recyklace, čištění, znovu využití

## Abstract

The subject of this bachelor thesis is the analysis of potential reuse of grey water. Desk top research maps grey water in terms of its chemical / physical indicators of quality, nutrient content and microbiological load. The thesis also deals with the requirements for purified grey water, methods of treatment and reuse. The thesis closes with a series of examples of existing buildings which reuse grey water in the Czech Republic and abroad.

The practical part of the work focuses on the reuse of grey water in a family house. At first, the current state of water management in the house is evaluated, then the daily grey water production calculated. Based on this information a technical solution for domestic wastewater treatment plant is proposed. The thesis also includes an analysis of the current market for wastewater treatment plant, evaluation of the offers of domestic wastewater treatment plant in terms of the technology used, the possibility of using recycled water, and the approach of company representatives to their customers. On the basis of the most suitable solutions, the total cost of implementation is around 348 000 CZK. Based on estimated future financial savings, the return on investment is 15 years, and 11 years in case of receipt of a grant of 105 000 CZK from the National Environment programme - Výzva č. 12/2017: Dešťovka II.

## Key words

Grey water, recycling, treatment, reuse

## Obsah

<b>1. ÚVOD</b> .....	1
<b>2. CÍLE</b> .....	3
<b>3. LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	4
3.1 Odpadní vody.....	4
3.2 Šedé vody.....	4
3.2.1 Definice .....	4
3.2.2 Objem vyprodukované šedé vody .....	5
3.2.3 Složení šedé vody .....	8
3.2.4 Požadavky na vyčištěné šedé vody .....	14
3.2.5 Čištění šedých vod.....	17
3.2.6 Využití šedé vody .....	28
3.2.7 Problematika šedých vod v ČR.....	37
3.2.8 Problematika šedých vod ve světě .....	39
3.3 Realizované projekty.....	43
3.3.1 Projekty v České republice .....	43
3.3.2 Projekty v zahraničí.....	52
<b>4. METODIKA</b> .....	58
<b>5. PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	67
5.1 Návrh využití šedých vod v rodinném domě.....	67
5.1.1 Popis nemovitosti .....	67
5.1.2 Bilance šedých vod - stávající stav.....	68
5.2. Výsledky.....	70
5.2.1 Množství šedých vod produkovaných v nemovitosti.....	70
5.2.2 Návrh technického řešení .....	70
5.2.3 Nabídky firem.....	71
5.2.4 Kalkulace nákladů, návratnost .....	73
5.2.5 Zvolená čistírna odpadních vod .....	76
<b>6. DISKUZE</b> .....	80
<b>7. ZÁVĚR</b> .....	84
Seznam použité literatury .....	85
Seznam tabulek.....	94
Seznam obrazových příloh .....	96
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	97

# 1. ÚVOD

Voda je jednou ze základních podmínek života na Zemi, a proto je nezbytné, aby se lidé o vodu a její zdroje řádně starali. Počet obyvatel naší planety se stále zvyšuje, vhodné vodní zdroje naopak ubývají, především v důsledku zvyšujícího se sucha a také špatným hospodařením lidí, jejichž činností je voda znečišťována. Velké množství obyvatel především v chudých rozvojových zemích má k vodě složitý přístup, musejí překonat velké vzdálenosti, aby se dostali ke zdroji vody. Ve vyspělé civilizaci je dnes zatím samozřejmé, že je voda stále k dispozici. Ale je nutné si uvědomit, že vodou je třeba šetřit. V souvislosti s klimatickými změnami, které přinášejí stále větší nerovnoměrnosti v distribuci srážek, dochází ke střídání období sucha a období, kdy je vody nadbytek, a může docházet k větším či menším povodním. Postupy, jak se s povodněmi vyrovnávat a jejich následky zmírňovat, jsou již v zásadě, vzhledem k historickým zkušenostem, zpracované. Nová situace nastává s obdobím sucha. S touto situací se budeme muset vyrovnávat a postupy, kdy a jaká opatření přijímat, nás teprve čekají (Wanner, 2019). Bude se i měnit přístup k současným zdrojům vody, ať už povrchovým, či podzemním. Česká republika jako země, která leží na rozvodí, je prakticky odkázána na množství srážkových vod. Z tohoto důvodu je zvláště důležité, co možná nejvíce využívat veškerou vodu, která na naše území spadne, a zabránit jí v rychlém odtoku z našeho území. Jednou z možností, jak ušetřit zdroje vody, je vodu opakovaně využívat tam, kde je to možné. Na prvním místě stojí využití málo znečištěných vod pro další činnosti nebo znovuvyužití vyčištěné odpadní vody, která v řadě případů je lepší kvality než voda povrchová (Beránková et al. 2017).

V současné době činí spotřeba pitné vody v domácnostech ve vyspělých zemích více než 100 l/os/den. V České republice činí toto množství necelých 90 l/os/den (Havel, 2016). Pouze malá část z tohoto množství je skutečně spotřebována jako voda na pití či k využití v kuchyni na vaření a mytí nádobí. Většinu tohoto množství tvoří položky, na které by stačila voda nižší kvality. Cílené snižování spotřebované vody neznamena pouze zajištění dostatečného množství vody pro všechny obyvatele, ale zároveň lze tímto snížením ušetřit energii na získávání vody, její úpravu a distribuci. Rovněž dojde ke snížení množství odpadních vod.

Existují možnosti lepšího hospodaření s vodou, především její opakované využití pro různé účely. Poprvé se voda využije jako voda pitná, při dalších využitích jako voda pro splachování toalet či zavlažování zahrad. Opětovné využívání



odpadních vod lze považovat za udržitelný přístup, kterým se sníží zatěžování životního prostředí a rovněž v době klimatických změn přispívá k šetření vodních zdrojů (Plotěný, 2011).

Dalším důvodem je otázka prestiže. Zavádí se systémy certifikace budov z hlediska jejich vlivu na zatěžování životního prostředí. Hodnocení na základě těchto systémů by měla motivovat vlastníky budov (resp. projektanty budov), aby využívali takové varianty řešení, které nejméně zatíží životní prostředí (Stec et al. 2017).

## 2. CÍLE

Cílem práce je na základě literární rešerše zmapovat problematiku šedých vod, jejich čištění a znovu využití a vyhodnotit způsoby čištění. Zhodnotit možnosti znovu využití šedých vod a navrhnout využití šedých vod v rodinném domě.

## 3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 3.1 Odpadní vody

Odpadní vody jsou vody, které po použití změnilly své vlastnosti. Lidskou činností došlo ke zhoršení kvality vody. Podle místa vzniku se odpadní vody dělí:

- Splaškové odpadní vody
- Průmyslové odpadní vody
- Srážkové odpadní vody

Splašková neboli komunální odpadní voda je voda vypouštěná do kanalizace. Vzniká každodenní lidskou činností. Pochází z domácností, škol, úřadů, hotelů a z činnosti živnostníků.

Průmyslová odpadní voda je voda vypouštěná do kanalizace, která pochází z průmyslových, výrobních a zemědělských podniků. Některé z těchto podniků samy vypouštěnou vodu čistí ve vlastních čistírnách přímo v místě vzniku znečištění. Jedná se zejména o znečištění toxickými a škodlivými látkami (pvk.cz, 2019).

Zdrojem srážkových odpadních vod jsou srážky spadající na určitou plochu a stékající do kanalizace. Jejich množství je závislé na intenzitě a množství srážek, na velikosti plochy a na schopnosti povrchu plochy vodu zasakovat (Malá, 2016).

Odpadní voda je odváděna pomocí systému stok na čistírny odpadních vod. Před vypuštěním do recipientu, musí být vyčištěna (PVK, 2019). Dělení vod má svůj důvod. Nejen u průmyslových vod, ale i u splaškových vod je ve většině případů ekonomičtější je rozdělit hned v místě jejich vzniku a podle charakteru s nimi pak hospodařit v rámci udržitelného rozvoje (Jirmus, Drew, 2016).

Dále se bude tato práce zabývat vodami pocházejícími z domácností.

### 3.2 Šedé vody

#### 3.2.1 Definice

Šedá voda dostala své pojmenování podle nezaměnitelného zbarvení a zahrnuje splaškové odpadní vody neobsahující fekálie a moč, které odtékají z umyvadel,

praček, van, sprch a dřezů. Šedou vodu jako potenciální zdroj můžeme řadit vedle zdrojů vody, mezi které patří v případě podzemní vody studny, nebo v případě povrchové vody nádrže. Šedá voda však pochází zevnitř budov (Jirmus, Drew, 2016).

Podle německé normy DIN 4045 je šedá voda komunální voda bez fekálií a moče. Jsou to např. vody z van, sprch, umyvadel a výlevků. Za komunální vody od obyvatelstva lze považovat i vody z hotelů, restaurací a obdobných ubytovacích zařízení a míst, kde se lidé shromažďují. Nabízí se rozdělit šedé vody podle toho, kde vznikly nebo na co byly použity. Jak uvádí Biela (2011), lze tedy provést rozdělení na 4 zdroje:

- neseparované šedé vody,
- šedé vody z kuchyní a myček,
- šedé vody z praček,
- šedé vody z umyvadel, van a sprch.

Lze konstatovat, že nejméně zatížené jsou vody ze sprch, van a umyvadel. Vody z kuchyní jsou kvůli vyšším obsahům zbytků jídel hodně zatížené. Na základě těchto poznatků lze pak šedou vodu dělit na vhodnou pro recyklaci a podmíněně použitelnou pro recyklaci. Vhodná, tedy použitelná, je voda z umyvadel, van a sprch, podmíněně použitelná pak voda z kuchyňských dřezů a myček nádobí (Palmquist, Hanaeus, 2005).

Úpravou šedých vod vhodných k recyklaci lze získat kvalitní hygienicky nezávadnou užitkovou vodu s kvalitou blízkou pitné vodě. Takováto voda je pak nazývána bílou vodou a nachází uplatnění při splachování toalet, zalévání či praní. Je to krok ke snížení spotřeby pitné vody (Plotěný, 2011).

Z pohledu znovu využití co největšího množství vody je nejvhodnějším způsobem kombinace využití šedé vody vyprodukované uvnitř budovy a dešťové vody dopadající na budovu a přilehlý pozemek.

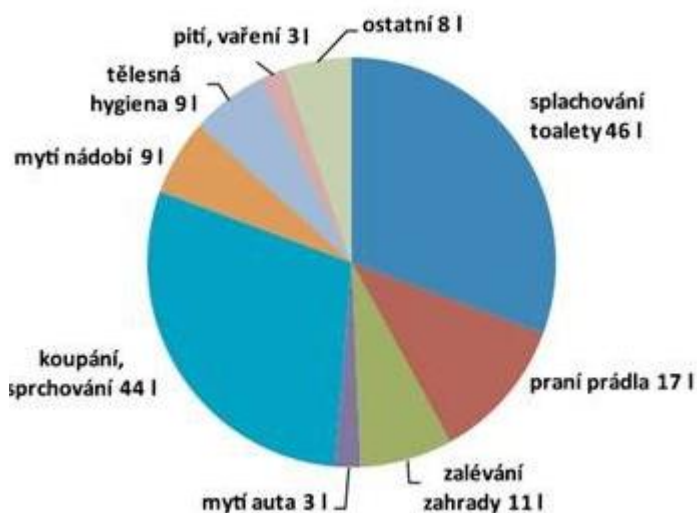
### 3.2.2 Objem vyprodukované šedé vody

Množství vyprodukované šedé vody se obvykle pohybuje v rozmezí 55 - 112 l šedé vody na osobu za 1 den. Toto množství závisí na životním stylu, životní úrovni, zvycích, struktuře populace, věku, pohlaví a především na dostupnosti vody a cenové úrovni. Existují objekty, ve kterých dochází k mnohem vyšší denní

spotřebě vody a tím k vyšší produkci šedých vod, například v hotelech, bazénech, saunách a restauracích. Zde může spotřeba vody dosahovat objemu až 400 l vody na osobu za 1 den a tudíž i objem vyprodukované šedé vody je několikanásobně vyšší (Plotěný, 2012). Například spotřeba vody ve tříhvězdičkovém hotelu je kolem 150 l/(EO.d), v pětihvězdičkovém hotelu až 1000 l/(EO.d). Tento rozdíl je dán vybavením hotelu, zejména je ovlivněn přítomností wellness centra, bazénu, sauny a způsobu udržování kuchyně (Bartoník et al. 2012 b).

Naopak v zemích s nízkými příjmy, nedostatkem vody a velmi primitivním zásobováním vodou, může být objem spotřebované vody velmi nízký a pohybovat se v rozmezí 20-30 l/os/den. Objem vyprodukované šedé vody je zanedbatelného množství, protože těžce získaná voda je znovu využita (Morel, Diener, 2006).

Obrázek 1 vyjadřuje hodnoty spotřeby vody, které jsou přepočítány na 1 EO (ekvivalentního obyvatele). EO je uměle vytvořená jednotka, která představuje spotřebu vody na jednoho obyvatele za jeden den. Z obrázku 1 je patrné, že produkce šedé vody tvoří více než 50 % celkové spotřeby vody v domácnosti. Toto procento může však dosahovat i hodnoty 75%, v případě suchých toalet se počítá s objemem až 90% (Hernandez Leal et al. 2010).



Obrázek 1: Průměrná denní spotřeba vody v domácnosti (asio.cz, 2012).

V tabulce 1 jsou shrnuty výsledky průzkumů zaměřených na zjišťování objemu vyprodukovaných šedých vod ve vybraných vyspělých zemích přepočítané na jednoho ekvivalentního obyvatele a den. Z tabulky vyplývá, že toto množství kolísá v rozmezí 56 – 111 l/(EO.d).

Tabulka 1: Produkce šedých vod dle původu ve vybraných zemích v l/(EO.d).

Země	Kuchyně a myčky	Umyvadla	Tělesná hygiena	Sprchy a vany	Úklid	Celkem	Zdroj
Velká Británie	13	17	13	28	-	71	Butler (1991, 1993)
Malta	15	16	9	25	-	65	Gatt (1993)
USA	-	-	19	13	-	32	Hall et al. (1998)
USA	14	41	- <sup>1</sup>	38	-	93	Siegrist et al. (1976)
USA	14	28	8	32	-	82	Laak (1974)
USA	13	38	- <sup>1</sup>	47	-	98	Lingman et al. (1974)
Nizozemí	9	23	-	40	3	75	NIPPO (1992)
Dánsko	25	10	-	50	-	85	Henze (1997)
Německo	8	16	8	40	3	75	Möhle (1983)
Německo	4-6	20-40	10-15	20-40	3-10	57-111	DVGW – Merkblatt W 410 (1995)
Německo	4	19	10	20	3	56	Pöpel (1994)
Německo	8	12	- <sup>1</sup>	40	5	65	UBA (2005)
Německo	12	13	-	40	5	70	Mehrlart und Bullermann (2001)
Německo průměr	6	13	10	30	5	75	

<sup>1</sup> Množství šedé vody zjišťováno v kategorii sprchy a vany.

Z výsledků studií šedé vody v tabulce 2 jsou zřejmé velké rozdíly v denní produkci šedé vody v jednotlivých oblastech světa. V rozvojových státech jižní Afriky činí toto množství pouze 20l/(EO/den). Naopak například v Ománu činí produkce šedé vody 151 l/(EO/den).

Tabulka 2: Produkce šedých vod dle původu ve vybraných oblastech v l/(EO.d).

Oblast	Produkce šedé vody (l/den)	Zdroj
Afrika a Střední východ	14-161	Al – Hamaiedeh, Bino (2010) Halalsheh et al. (2008) Morel, Diener (2006)
Asie	72-225	Morel, Diener (2006)
Gauteng, jižní Afrika	20	Adendorff, Stimie (2005)
Jordan	50	Faraqui, Al – Jayyousi (2002)
Mali	30	Alderliste, Langeveld (2005)
Muscat, Oman	151	Jamrah et al. (2008)
Nepál	72	Shrestha (1999)
Stockholm	65	Ottoson, Stenstrom (2003)
Tuscon Arizona, USA	123	Casanova et al. (2001b)
Vietnam	80-110	Busser et al. (2006)

### 3.2.3 Složení šedé vody

Složení šedé vody, resp. její znečištění, závisí především na tom, k jakému účelu byla voda primárně použita. Může se jednat o znečištění mechanické, chemické nebo bakteriální. Druh a míru znečištění vody je třeba znát dříve, než bude voda recyklována, aby byla vyčištěná voda následně využívána pouze k účelům, pro které splňuje všechny potřebné parametry a nedošlo k újmě materiální nebo k újmě na zdraví či na životním prostředí. Například voda, která obsahuje nadměrné hodnoty chemických látek, se nemůže dále recyklovat.

Šedá voda se generuje v důsledku životních návyků dotčených osob, použitých výrobků a charakteru zařízení, a proto jsou její vlastnosti velmi proměnlivé. Složení šedé vody může být také ovlivněno nevhodným způsobem a dobou akumulace v nádrži a potrubí (Fatta – Kassinos et al. 2011).

Provedené průzkumy rovněž prokázaly obsah léků, výživových doplňků stravy, kosmetických přípravků, aerosolů a barev v šedé vodě (Eriksson et al. 2003).

Rovněž byla prokázána přítomnost toxických těžkých kovů, např. olova, niklu, kadmia, mědi, rtuti a chromu (Aonghusa a Grey, 2002).

### Chemicko - fyzikální ukazatele kvality šedých vod

V tabulce 3 jsou shrnuty hodnoty chemicko – fyzikálních ukazatelů šedých vod z domácností, řazené podle kategorie vzniku, přepočítané na ekvivalentního obyvatele.

Tabulka 3: Chemicko-fyzikální vlastnosti šedých vod podle kategorie vzniku (Plotěný, 2011).

Chemicko – fyzikální ukazatel	Jednotka chemicko – fyzikálního ukazatele	Umyvadla, vany a sprchy	Pračky	Kuchyně a myčky	ŠV neseparovaná
pH	-	5,0 – 8,6	9,3 – 10,0	6,3 – 7,4	6,1 – 8,4
Teplota	°C	18 - 38	28 - 32	-	-
Barva	Pt.C <sup>-1</sup>	60 - 100	50 - 70	-	-
Zákal	NTU	20 - 370	14 - 296	-	-
Plovoucí látky	mg.l <sup>-1</sup>	7 - 120	79 - 280	134 - 1300	-
NL	mg.l <sup>-1</sup>	-	-	-	45 - 330
BSK <sub>5</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	19 - 200	48 - 682	669 - 756	41 - 194
CHSK <sub>Cr</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	64 - 8000	375	26 - 1600	495 - 623

#### Teplota, pH

Teplota šedých vod z praček kolísá v rozmezí 28 - 32 °C, voda z umyvadel, van a sprch má teplotu mezi 18 - 38 °C, neboť pro hygienické účely i pro praní musí být používána dostatečně teplá voda. Následkem vyšší teploty však dochází k rozvoji mikroorganismů a může docházet ke srážení některých uhličitánů, například CaCO<sub>3</sub> a dalších anorganických solí, které se stávají méně rozpustné při vyšších teplotách (Edwin et al. 2014). U komunálních vod se hodnoty pH pohybují v průměru v rozmezí 7 - 8, u šedých vod pocházejících z praček je pH nejvyšší, 9,3–10, což je důsledkem používání pracích prášků, u šedých vod pocházejících z koupelen a kuchyní je pH 5 - 8,6. Jsou tedy spíše kyselé nebo mírně zásadité. Velmi podobné hodnoty pH má i neseparovaná šedá voda (Casanova et al. 2001a). Hodnoty pH šedé vody se pohybují v širokém pásmu hodnot (5 – 9) a záleží na pH a zásaditosti dodávané vody a způsobu použití vody (Jakobi, Lohr, 1987).



## Barva, zákal a plovoucí látky

Co se týká hodnocení barvy a zákalu šedých vod, jsou tyto hodnoty o něco vyšší u vod z koupelen, než u vod z praček. Naopak šedé vody z praček vykazují vyšší množství plovoucích látek, především uvolněných vláken z praných tkanin a cizích drobných věcí. Ve vodě z van, sprch a umyvadel se nacházejí lidské vlasy a drobné části svrchní kůže. Absolutně nejvyšší množství plovoucích látek lze zaznamenat u šedých vod z kuchyní a myček, jak je uvedeno v tabulce č. 3. Je to způsobeno tím, že se zde vyskytují zbytky jídla. Koloidy a plovoucí látky pak mohou být příčinou problémů při úpravě šedých vod (Plotěný, 2011). Rozsah zákalu šedé vody je na stupnici zákalu v rozmezí 19 – 444 NTU. Výši zákalu ovlivňuje, k jaké činnosti byla voda využívána. Šedá voda pocházející z kuchyní a prádelen je více zakalená z důvodu přítomnosti většího množství nerozpuštěných látek. Mezi tyto nerozpuštěné látky lze zařadit uvolněné nitě z oblečení a bot při praní, kousky zeleniny a ovoce, písek, jíla a další. Koncentrace nerozpuštěných látek v šedé vodě se pohybuje v rozmezí 190 – 537 mg/l (Edwin et al. 2014).

## Chemická a biochemická spotřeba kyslíku

Hodnoty CHSK a BSK<sub>5</sub> jsou uvedeny v tabulce č. 3. Jejich poměr je zpravidla 4:1. U klasických komunálních vod je tento poměr obvykle 2:1. Z těchto hodnot lze vyvodit závěr, že klasické komunální vody jsou méně zatíženy špatně odbouratelnými organickými látkami (Maimon et al. 2014). Pro parametry klasických šedých vod CHSK a BSK<sub>5</sub> vždy platí vztah CHSK > BSK<sub>5</sub>. Biologická rozložitelnost šedé vody je dána poměrem BSK<sub>5</sub>/CHSK. Tento poměr určuje, jak snadno která bakterie rozloží organickou hmotu v šedé vodě. Většinou všechny druhy šedé vody vykazují dobrou rozložitelnost z hlediska poměru BSK<sub>5</sub>/CHSK (Li et al. 2009). Průměrná hodnota poměru BSK<sub>5</sub>/CHSK šedé vody se pohybuje v rozmezí 0,31 – 0,71, což značí, že téměř polovina organické hmoty v šedé vodě je biologicky rozložitelná (Halalsheh et al. 2008).

Ačkoli existují rozdíly v kvalitě šedé vody, analýza charakteristik šedé vody podle různých kategorií naznačuje, že kuchyňská šedá voda a šedá voda z pračky obsahují vyšší množství organických látek a jsou více znečištěny v porovnání s šedou vodou z koupelny a smíšenou šedou vodou. Všechny druhy šedých vod vykazují dobrou biologickou rozložitelnost. Podobně jako šedá voda z koupelny a prádelny je také smíšená šedá voda chudá na obsah dusíku. V důsledku zákazu používání přípravků obsahujících fosfáty je šedá voda z prádelny a smíšená šedá

voda chudá na fosfor. Kuchyňská šedá voda obsahuje nejvyšší množství organických látek, dusíku a má nejvyšší zákal. Z důvodu přítomnosti velkého množství snadno biologicky rozložitelných látek je kuchyňská šedá voda více kontaminována tepelnými koliformními bakteriemi než jiné zdroje šedé vody. Pokud je však šedá voda určena k ošetření biologickým procesem, doporučuje se, aby se malé množství kuchyňské šedé vody sbíralo společně s jinými vodami, aby se zachoval optimální poměr CHSK < BSK<sub>5</sub>. Voda z koupelny a pračky je méně kontaminována mikroorganismy ve srovnání s ostatními šedými vodami (Li et al. 2009). Zvýšení CHSK způsobují syntetické organické sloučeniny, které se vyskytují v lécích a chemických prostředcích používaných v domácnosti, jako jsou bělicí prostředky, změkčovadla a kosmetické přípravky (Fatta – Kassinos et al. 2011).

Tabulka 4 uvádí výsledky studie (Li et al. 2009) zaměřené na zkoumání chemicko–fyzikálních parametrů šedé vody. Cílem studie bylo tyto parametry změřit v závislosti na druhu zdroje odpadní vody. Poslední sloupec tabulky uvádí hodnoty parametrů pro neseparovanou odpadní vodu.

Tabulka 4: Charakteristika šedé vody podle kategorií místa vzniku (Li et al. 2009, Bartoník et al. 2012 b).

Parametr	Jednotka	Koupelna	Pračky	Kuchyně	Myčky	SV neseparovaná
pH	-	6,4 – 8,1	7,1 - 10	5,9 – 7,4	8,2	6,3 – 8,1
Plovoucí látky	mg.l <sup>-1</sup>	7 - 505	68 - 465	134 -1300	100 - 440	25 - 183
Zákal	NTU	44 - 375	50 - 444	0 - 298	-	29 - 375
CHSK	mg.l <sup>-1</sup>	100 - 633	231 - 2950	26 - 2050	1300	100 - 700
BSK <sub>5</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	50 - 300	48 - 472	536 - 1460	-	47 - 466
TN	mg.l <sup>-1</sup>	3,6 – 19,4	1,1 – 40,3	11,4 - 74	-	1,7 – 34,3
TP	mg.l <sup>-1</sup>	0,11 - >48,8	ND - > 171	2,9 - > 74	-	0,11 – 22,8
Celkové koliformy	CFU.100ml <sup>-1</sup>	10 – 2,4 x 10 <sup>7</sup>	200,5 – 7 x 10 <sup>5</sup>	> 2,4 x 10 <sup>8</sup>	-	56 – 8,03 x 10 <sup>8</sup>
Fekální koliformy	CFU.100ml <sup>-1</sup>	0 – 3,4 x 10 <sup>5</sup>	50 – 1,4 x 10 <sup>3</sup>	-	-	0,1 – 1,5 x 10 <sup>8</sup>
N-NH <sub>4</sub>		<0,1-25	<0,1-3,47	0,2-23	-	-
N-NO <sub>2</sub>		<0,05-0,2	0,1-0,31	-	-	-
N-NO <sub>3</sub>		0-4,9	0,4-0,6	-	-	-
P-PO <sub>4</sub>		0,34-35	4-32	0,4-14	-	0,6-7,4

V tabulce 5 jsou srovnány výsledky studií složení šedé vody ve vybraných zemích světa a jsou zde vzájemně porovnány výsledky v nízkopříjmových zemích s výsledky v zemích s vysokými příjmy. Z tohoto porovnání vyplývá, že odpadní voda v chudých státech obsahuje mnohem větší množství plovoucích látek a má vyšší zákal (Al – Mughalles et al. 2012).

Tabulka 5: Chemicko – fyzikální parametry šedé vody v nízkopříjmových a vysoko příjmových zemích.

Parametr	Nízkopříjmové země				Vysoko příjmové země			
	Indie <sup>a</sup>	Pákistán <sup>b</sup>	Niger <sup>c</sup>	Yemen <sup>d</sup>	USA <sup>e</sup>	UK <sup>f</sup>	Španělsko <sup>g</sup>	Německo <sup>h</sup>
pH	7,3-8,1	6,2	6,9	6	6,4	6,6-7,6	7,6	7,6
Zákal (NTU)	-	-	85	619	31,1	26,5-164	20	29
Plovoucí látky (mg/l)	100-283	155	-	511	17	37-153	32	-
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	100-188	56	106	518	86	39-155	-	59
CHSK (mg/l)	250-375	146	-	2000	-	96-587	151-177	109
Oleje a tuky (mg/l)	7	-	-	-	-	-	-	-
Dusičnany (mg/l)	0,67	-	-	98	-	3,9	-	-
TN (mg/l)	-	-	-	-	13,5	4,6-10,4	10-11	15,2
TP (mg/l)	0,012	-	-	-	4	0,4-0,9	-	1,6
FC (CFU)	-	-	-	1,9	-	-	-	1,4x10 <sup>5</sup>
E. coli (CFU)	-	-	-	-	5,4x10 <sup>5</sup>	10-3,9x10 <sup>5</sup>	-	-
Ca (mg/l)	0,13	-	-	-	-	-	-	-
Mg (mg/l)	0,11	-	-	-	-	-	-	-
Na (mg/l)	32-50	-	-	-	-	-	-	-

a) Parjane, Sane (2011)

c) Hu et al. (2011)

e) Jokerst et al. (2011)

g) March, Gual (2007), March et al. (2004)

b) Pathan et al. (2011)

d) Al – Mughalles et al. (2012)

f) Birks, Hills (2007), Pidou et al. (2008)

h) Merz et al (2007)

### Obsah živin v šedých vodách

Šedá voda z kuchyní a praček obsahuje především dusík a fosfor. Hlavním zdrojem dusíku v šedé vodě je kuchyňský odpad. Dusík se zde nachází v množství 4 – 74 mg/l. Zatímco voda z praček je hlavním zdrojem fosforečnanů, které jsou v šedé vodě v množství 4 – 14 mg/l (Boyjoo et al. 2013). Dusík je jedním

ze základních ukazatelů týkajících se odpadních vod, především z hlediska jejich vsakování do půdy a vypouštění do povrchových vod. Množství celkového dusíku se určí jako součet všech forem anorganicky a organicky vázaného dusíku. Jde především o dusík amoniakální, dusitanový, dusičnanový a organický (Fremrová et al. 2007). Z tabulky 4 je zřejmé, že se dusík v šedých vodách vyskytuje ve formě organicky vázaného dusíku. Koncentrace anorganicky vázaného dusíku (dusitany, dusičnany) jsou v zanedbatelném množství. Množství fosforu v odpadní vodě je závislé na složení přípravků, které lidé používají k praní, mytí nádobí i mytí ostatních předmětů v domácnosti. V České republice i v řadě dalších zemí je již delší dobu používání fosfátů omezeno zákonem.

### **Mikrobiologické zatížení šedých vod**

Šedá voda obsahuje mikroorganismy – bakterie a protozoa, která se do ní dostávají prostřednictvím lidského těla. Nevhodné zacházení s potravinami v kuchyni a kontakt s kontaminovanými potravinami jsou zdrojem střevních patogenních bakterií, především salmonelly a campylobacteru v šedé vodě (Ottoson, Stenstrom, 2003). Kontaminace šedé vody výkaly je také běžná a je způsobena nedostatečnou osobní hygienou a praním dětských plen. Jedná se především o přítomnost *Escheria coli* a střevních virů ve vodě z prádelen. Z výsledků průzkumu, který byl proveden v Melbourne v Austrálii, a který monitoroval šedou vodu pocházející z prádelen, vyplývá, že 18% vzorků obsahovalo střevní viry, 7% enterovirus a 11% *E. coli*. Nejběžnějšími indikátory fekální kontaminace jsou koliformní bakterie a *E. coli* (O'Toole et al. 2012).

Tabulka 6 uvádí přehled mikrobiologického zatížení šedých vod. Sledovaný parametr koliformních bakterií se v nejvyšším množství vyskytuje ve vodě pocházející z praček, ale krátkodobě mohou být vyšší koncentrace těchto bakterií ve vodě ze sprch a umyvadel. Přítomnost *E. coli* je v nejvyšší míře obsažena ve vodě z kuchyně, především ve vodě používané k přípravě a úpravě potravin.

Tabulka 6: Mikrobiologické zatížení šedých vod (Bartoník et al. 2012 b).

Mikrobiologické parametry (KTJ/100ml)	Pračky	Sprchy, vany, umyvadla	Kuchyně, myčky nádobí	Neseparované šedé vody
Celkové koliformy	$10^1 - 10^8$	$10^1 - 10^9$	-	$10^5 - 10^8$
Fekální koliformy	$10^1 - 10^8$	$10^1 - 10^6$	-	$10^2 - 10^6$
E. coli	$10^1 - 10^6$	$10^1 - 10^7$	$10^5 - 10^8$	$10^1 - 10^2$
Streptokoky	$10^1 - 10^7$	$10^1 - 10^6$	$10^3 - 10^8$	$10^2$
Celkový počet kolonií	-	$10^2 - 10^8$	-	-
Pseudomonas aeruginosa	-	n.n. – $10^3$	-	$10^2 - 10^5$
Salmonella	n.n.	n.n.	-	-
Cryptosporidium	n.n.	n.n.	-	n.n.
Giardia	n.n.	n.n.	-	-

### 3.2.4 Požadavky na vyčištěné šedé vody

Opětovné využití vyčištěné odpadní vody v České republice neomezuje žádný zákon, vyhláška ani předpis. Pro konkrétní oblast využití by se taková voda zkoumala z hlediska ukazatelů kvality pitné vody, tedy podle vyhlášky č.252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Posouzení, zda je vhodné využít vyčištěnou odpadní vodu, by probíhalo individuálně se zohledněním požadavků na kvalitu vody v dané oblasti využití.

Ve Velké Británii byla v roce 2010 vydána norma zabývající se systémy šedých vod (BS 8525), která obsahuje doporučení týkající se kvality šedých vod a jejího monitorování. Podle této normy je nezbytné, aby systémy šedých vod byly navrženy tak, že bude zajištěna vhodná výroba vody pro daný účel a nevznikne žádné riziko pro zdraví lidí. Není nutné časté testování vzorků vody, nicméně sledování kvality vody by mělo být prováděno během údržby, aby byl ověřen výkon technologie čištění šedých vod (vodavdome.cz, 2019). Pokud systém nepracuje uspokojivě, měly by být zjištěny příčiny a případné problémy se spotřebou vody ze systému. Testování ihned po uvedení systému do provozu se nedoporučuje, protože systémy jsou obecně plněny z veřejného vodovodu, aby se usnadnilo testování příslušenství (Biela, 2011).

K zajištění požadované kvality u veřejných budov je možné využít systém HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points) – „Systém rozhodujících bodů pro ovládání nebezpečí na základě analýzy“. Přičemž k záznamům o provedených úkonech se doporučuje využít provozní deník zařízení (Plotěný, 2013).

Požadavky na jakost bílé vody jsou uvedeny např. v BS 8525-1 (Tabulka 7).

Tabulka 7: Orientační hodnoty pro bakteriologické monitorování bílé vody (British Standard BS 8525-1:2010. Greywater systems, 2010).

Parametr	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace		
	Tlakové mytí, zahradní rozstříkovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad	Praní
<b>Escherichia coli</b> počet/100 ml	Nezjišťuje se	250	250	Nezjišťuje se
<b>Střevní enterokoky</b> počet/100 ml	Nezjišťuje se	100	100	Nezjišťuje se
<b>Legionella pneumophila</b> počet/100 ml	10	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat
<b>Koliformní bakterie celkem</b> počet/100 ml	10	1000	1000	10

Pokud by se upravená bílá voda použila na zavlažování půdy zelinářských zahrad, pak by měly být spotřebitelé předem informováni o tomto použití. Kromě těchto parametrů by měly být všechny systémy kontrolovány na nerozpuštěné látky a barvu. Upravené bílé vody by měly být vizuálně čisté, bez plovoucích nečistot a barva by měla být v pořádku pro všechny druhy použití. Barva je především důležitá pro automatické pračky (tzb.cz, 2019).

Tabulka 8: Orientační hodnoty pro fyzikální a chemické monitorování provozní vody (DIN 1989-1 Regenwassernutzungsanlagen, 2002).

Parametr	Orientační hodnoty
<b>Rozpuštěný kyslík v uložené dešťové vodě</b>	>10% nasycení nebo > 1mg/l O <sub>2</sub> (podle toho, co je menší) pro všechna použití
<b>Nerozpuštěné látky</b>	vizuálně čirý a neobsahuje žádné plovoucí látky pro všechna použití
<b>Barva</b>	není závadná pro všechna použití
<b>Zákal</b>	< 10 NTU pro všechna použití < 1 NTU jestliže je použita UV dezinfekce
<b>pH</b>	5-9 pro všechna použití
<b>Zbytkový chlor</b>	< 0,5 mg/l pro zalévání zahrady < 2 mg/l pro všechna jiná použití
<b>Zbytkový brom</b>	< 2 mg/l pro všechna jiná použití

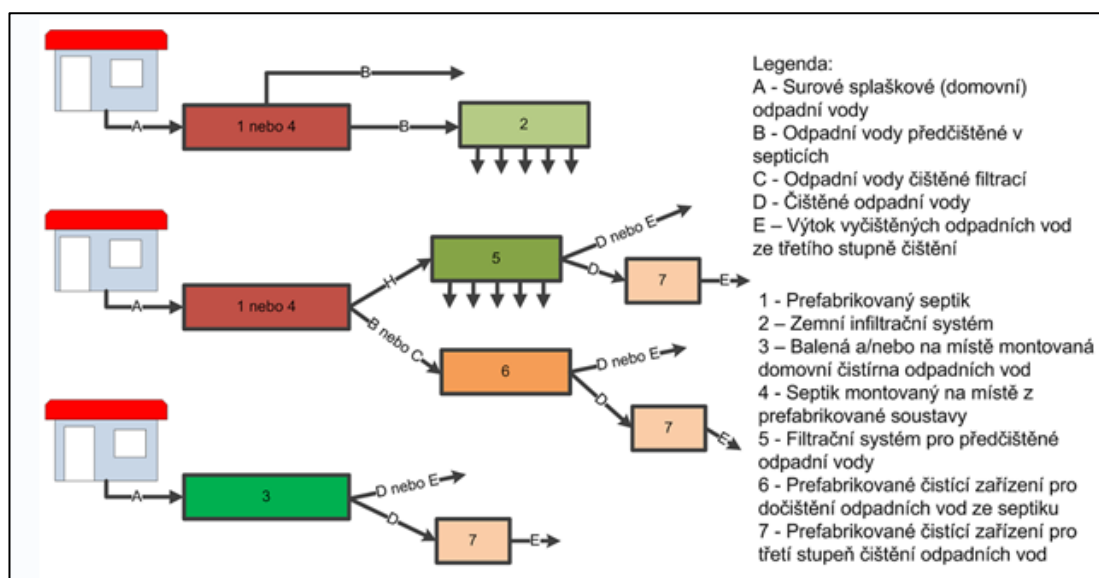
V tabulce 9 jsou uvedeny nároky na kvalitu vyčištěných šedých vod v zemích, které již problematiku šedých vod vyřešily legislativně. Mezi tyto země řadíme Austrálii, Německo, Kanadu a Velkou Británii a další.

Tabulka 9: Požadavky na vyčištěné šedé vody ve vybraných zemích (Chaillou et al. 2011, Bartoník et al. 2012 a).

Parametr	Austrálie	Kanada	Německo	Izrael	Itálie	Španělsko	USA	Velká Británie	WHO
Použití	Splachování WC, mytí podlah, praní, mytí automobilů	Provozní voda	Splachování WC	Regulace čištění odpadní vody	Zavlažování, provozní voda	Provozní voda	Provozní voda	Provozní voda	Provozní voda
pH					6-9,5		6-9		
Nerozpuštěné látky (mg/l)	<30	<10	téměř 0	<10	<10	<10			<20
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	<20	<10	<5	<10	<20		<10		<10
CHSK (mg/l)					<100				
Zákal (NTU)	-	<2	bez zákalu			<2	<2		
Volný chlor (mg/l)	-	>0,5					>1		
Rozpuštěný O <sub>2</sub> (%)			>50						
Celkový fosfor (mg/l)					<2				
Celkový dusík (mg/l)					<15				
Celkové koliformy (KTJ/100ml)	<10	-	<100/ml					1000	
Fekální koliformy (KTJ/100ml)			<10/ml				0		<10
Pseudomonas aeruginosa (KTJ/100ml)			<1/ml						
E. coli (KTJ/100ml)	-	-			10	<0		250	
Hlístice (egg/10l)						1			
Zdroj	Australian capital territory (2004)	Canadian guidelines (2007)	Nolde (1999)	Ramon et al. (2004)	Decreto 2 maggio (2006)	Real Decreto 1620 (2007)	US EPA (2004)	Bartoník et al. (2012 a)	Bartoník et al. (2012 a)

### 3.2.5 Čištění šedých vod

Způsoby čištění šedé vody lze seřadit na stupnici od úplně jednoduchých po velmi složité systémy. Každý z těchto systémů je zaměřen na čištění konkrétních nečistot a má své místo v čistícím procesu. Čistící proces je složen z fází předčištění, prvotního, sekundárního a terciálního čištění. Každá z těchto fází využívá fyzikálněchemické nebo biologické způsoby čištění (Merz et al. 2007). Možnosti použití jednotlivých způsobů čištění, případně jejich kombinace, uvádí soustava Evropských norem ČSN EN 12566. Správná volba řešení však vyplývá z konkrétní situace daného místa vzniku odpadních vod. Každé řešení má svá specifika a jejich znalost umožňuje pak i správnou volbu. Na obrázku 2 jsou znázorněny způsoby čištění odpadních vod schematicky.



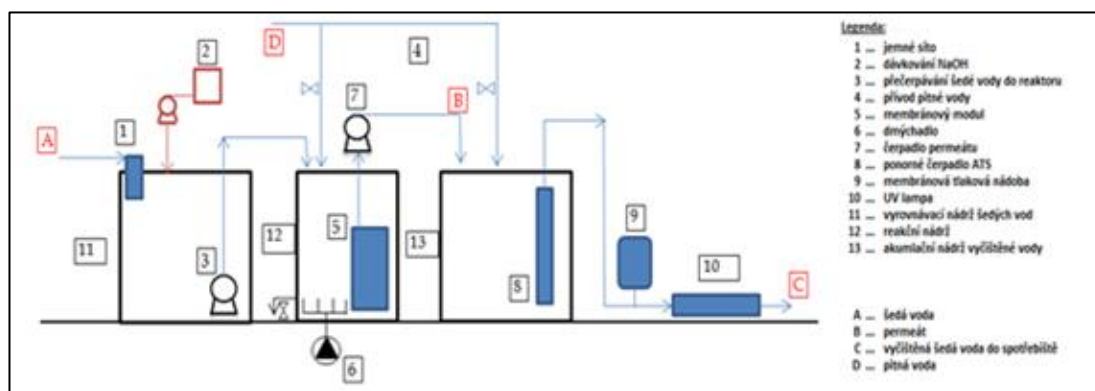
Obrázek 2: Způsoby čištění odpadních vod (ČSN EN 12566, 2006).

Technologie čištění šedých vod lze rozdělit na fyzikální, fyzikálně chemické a biologické. V minulosti se často používaly i přírodní způsoby, především usazování a filtrace na půdním filtru. Tyto starší metody jsou využívány i dnes, ale většinou pouze u malých méně využívaných objektů, mezi které lze zařadit rekreační chaty. Pro větší budovy je standardně využíváno biologické čištění, separace nerozpuštěných látek a jejich hygienické zabezpečení (Bartoník et al. 2012 a). Přesný výběr nevhodnější technologie závisí na mnoha faktorech, jako je rozsah provozu, konečné využití vody, sociálně - ekonomické faktory týkající se nákladů na vodu a regionální zvyky a zvyklosti (Jefferson et al. 2001).

V minulosti to byly spíše extenzivní postupy – aktivace s plovoucím nosičem a písková filtrace. Dnes už většina výrobců nabízí biologický reaktor



s membránovou separací (MBR) a to především z důvodu nižších prostorových nároků. Úspora potřebné plochy činí až 50% plochy. Někdy je součástí i hygienické zabezpečení, i když membrány samy o sobě tuto schopnost již mají (asio.cz, 2012). Na obrázku 3 je znázorněna sestava zařízení na čištění šedých vod, která zahrnuje akumulaci, vlastní reaktor s membránovou separací a zařízení na dodávku užitkové vody do potrubí užitkové vody.



Obrázek 3: Schéma uspořádání na čištění šedých vod (Bartoník et al. 2012 b).

Návrh čistírny šedých vod musí vždy odpovídat typu a množství vody, která do ní bude přiváděna. Jinou technologii bude mít čistírna, která bude čistit vodu použitou pouze v koupelně a jiné zařízení, do kterého bude přiváděna voda z kuchyně, která obsahuje množství tuků. Technologický postup záleží na tom, jakou jakost má mít předčištěná provozní voda. Podle Turnera et al. (2013) je také nutné brát v úvahu skutečnost, že přestože se jedná o šedou vodu bez fekálií a moči, tak i tato šedá voda může být fekáliemi kontaminována, například z vody z pračky při praní látkových plen. Dále je vhodné omezit používání chemických látek, například bělidel a čisticích prostředků na čištění prádla obsahujících fosfáty, toxických barev a rozpouštědel. Toto je důležité dodržet především v případě, že je předčištěná voda využívána na závlivku zahrady. Uvedené látky negativně zatěžují životní prostředí.

#### Popis procesu čištění

Na začátku procesu jsou z přivedené šedé vody filtrací odstraněny hrubé nečistoty, především delší vlákna a lidské vlasy. Tyto zachycené nečistoty jsou odvedeny do kanalizační sítě. Dále probíhá fáze biologického čištění pomocí směsné kultury mikroorganismů. Tento proces se po určité době opakuje. Následuje čištění vody v pískovém loži. Usazené částice jsou odváděny do kanalizace. Konečnou úpravou

vody je použití UV lampy. Takto ošetřená voda odpovídá kvalitě vody vhodné k umývání a koupání.

### **Mechanické čištění**

Nejjednodušší stupeň úpravy vod používaný především v minulosti. Jedná se o procesy usazování (sedimentace) a filtrace. Technologie je založena na použití sedimentační nádrže a česlí. Tento způsob čištění vody lze využít pouze tam, kde by toto čištění dostačovalo. Ve většině případů tvoří mechanické čištění první stupeň čištění (předčištění) před následnými způsoby čištění (ČSN 75 6780). British Standard BS 8525-1 Greywater systems – Part 1 (2010) nazývá toto nejjednodušší čištění šedých vod jako krátké retenční systémy. V těchto systémech se používá nejjednodušší filtrační technika, jako je odstraňování zbytků z povrchu sbírané šedé vody a sedimentace částic na dně nádrže. Vyčištěná odpadní voda nesmí být skladována delší dobu, aby se zabránilo problémům se zápachem a kvalitou vody. Mechanické čištění spočívá v základních čistících procesech, které využívají sedimentaci a filtraci. Doporučenými objekty mechanického předčištění na úpravu šedých vod jsou česle, sedimentační nádrž, spádová a rotační síta a v případě nátoku vod z kuchyně i lapák tuků. Doporučená velikost mezer česlí, spádových a rotačních sít je 0,2 mm až 3 mm v závislosti na dalším stupni čištění. Mechanický stupeň, jako jediný stupeň, se používá v případech, kdy je dostačující jednoduchá úprava. V ostatních případech se mechanický stupeň používá jako předčištění před dalšími stupni (DIN 1989-1 Regenwassernutzungsanlagen, 2002).

### **Chemické čištění**

Mezi chemické procesy upravující vlastnosti vody jsou řazeny koagulace, elektrokoagulace, fotokatalýza a oxidační procesy s OH radikály. Proces koagulace je založen na přidávání koagulantu, tj. chemické látky na bázi kovu, nejčastěji se používá hliník nebo železo, do odpadní vody. Dochází k procesu koagulace a flokulace. Následně jsou vysrážené látky odseparovány. Chemické čištění je vhodné využívat pro šedé vody pocházející z velkých prádel. Elektrokoagulace je proces založený na stejném principu jako výše uvedená koagulace s tím rozdílem, že koagulační proces je způsoben přenosem elektrického proudu za přítomnosti kovových elektrod. Oxidační procesy využívající reakce OH radikálů jsou vhodné využít tam, kde šedá voda obsahuje velké množství těžce rozložitelných zbytků kosmetických přípravků. Může se jednat například o firmu vyrábějící nebo balící

kosmetické přípravky nebo velké kadeřnictví ve wellness centru. Proces je založen na reakci UV záření a peroxidu, solí kovů a železa (ČSN 75 6780).

### **Fyzikální čištění**

Jedná se o princip filtrace, tj. zachytávání nerozpuštěných pevných látek na filtračním loži. Filtrace probíhá přes filtrační materiál, kterým může být křemičitý písek, štěrk, nebo jemné pletivo (Gross et al. 2007). Dále se také používá antracit (druh černého uhlí s vysokým obsahem uhlíku, které bylo vystaveno vysokému tlaku a teplotě) nebo filtry z granulovaného aktivního uhlí. Aktivní uhlí dokáže díky svým vlastnostem odstranit z vody především chlor a jeho sloučeniny, většinu látek organického původu a některé anorganické látky jako jsou pesticidy, těžké kovy, trihalometany a další látky. Membránová filtrace je proces, který závisí na velikosti jednotlivých pórů v membráně. Podle velikosti pórů dochází k zachytávání různě velkých částic z vody, velikostně od mikrofiltrace až po reverzní osmózu, při které musí být membrána propustná pro použité rozpouštědlo, ale ne pro rozpuštěné látky. Membránové filtrační systémy jsou výkonnější než pískové filtry, dokáží lépe snižovat znečištění organickými látkami a zákal (Birks et al. 2004).

Zajímavým příkladem fyzikálního čištění je způsob čištění odpadní vody v Izraeli. Vyčištěné odpadní vody jsou odváděny potrubím do pouště Negev. Čištění odpadní vody zde probíhá pomocí technologie SAT - Sand Aquifer Treatment, která spočívá v tom, že se odpadní voda čistí za využití písečných dun jakožto filtru a přirozené podzemní zvodně jako rezervoáru vody. Dochází k účinnému odstraňování patogenů, dusíku, nerozpuštěných látek a většiny organických mikropolutantů (Sharma, Kennedy, 2017). Další studie zjišťovaly, jakou účinnost čištění odpadní vody by měly další přírodní materiály. Jednalo se například o aktivní uhlí, rašelinové mechy, oblázky vápence, borovicovou kůru a piliny. Výsledky těchto studií jsou shrnuty v tabulce 10.

Tabulka 10: Přirozeně se vyskytující materiály v procesu čištění šedé vody.

Materiál	Znečišťující látka	Procento odstranění	Způsob odstranění	Zdroj
Aktivní uhlí	BSK5	97	Adsorpce	Sarah et al. (2012)
	CHSK	94		
	TN	98		
	TP	91		
Rašelinové mechy a vápenné oblázky	BSK5	95	Filtrace	Dalahmeh et al. (2012)
	CHSK	90		
	E-coli	100		
Borovicová kůra	BSK5	98	Adsorpce	Sahar et al. (2012)
	CHSK	74		
	TN	19		
	TP	97		
Piliny	CHSK	82	Filtrace	Parjane, Sane (2011)
	TSS	83		
	Oleje a tuky	97		

### Biologické čištění

Biologické čisticí metody probíhají za přítomnosti kombinace mikroorganismů a vzduchu, neboli směsné kultury mikroorganismů v nádrži, tzv. aktivního kalu. Jedná se o formu aerobního či anaerobního procesu v biologických reaktorech nebo půdních filtrech. Postupně dochází ke smíchávání šedých vod se směsnou kulturou. Aerobní forma čištění na půdních filtrech je vhodná pro šedé vody pocházející z koupelen a praček. Jedná – li se o vodu převážně pocházející z kuchyňského provozu, z myček nádobí a dřezů, obsahující velký podíl tuků a zbytků jídla, doporučuje se použít anaerobní proces čištění. Mezi systémy biologického čištění se řadí biofilmové reaktory, aktivační nádrže, membránový bioreaktor a biologické provzdušňované filtry (DIN 1989-Regenwassernutzungsanlagen, 2002). U aktivačních čistíren vychází nejvýhodněji poměr mezi cenou a účinností. Většina čistíren tohoto typu má však omezené možnosti zvládnutí nerovnoměrnosti nátok, proto se používá pro čištění odpadních vod pocházejících z trvale obývaných budov. Čistírny docela dobře zvládají přetížení, mají ale problém, na rozdíl od velkých čistíren, s nízkým zatížením (rozpad vloček) zejména v případech, kdy se v objektu používá i minimální množství desinfekčních prostředků na bázi chloru (Hyánek, Bodík, 2002).

Domovní biologické čistírny se dělí:

- čistírny na bázi nárůstových kultur (např. biofiltr nebo biodisky), které jsou vhodné na vody s nízkými koncentracemi.
- čistírny s kombinací aktivace a biofiltru. Jejich předností je stabilita procesu a vysoká účinnost čištění a zvládnání většího rozsahu koncentrací znečištění díky existenci nosičů biomasy. Nevýhodou je vyšší cena.
- čistírny s SBR, ve kterých probíhají procesy biologického čištění i separace po biologickém čištění probíhají v jedné nádrži. Podle toho, jak je samotný průběh čištění řízen a podle velikosti nádrží, je možné nastavit proces tak, aby čistírna i denitrifikovala a také tak, aby byla schopná zvládat značné nerovnoměrnosti v průběhu týdne. Některé ČOV lze nastavit i s ohledem na sezónní nerovnoměrnost.
- čistírny s membránami (MBR). Jedná se o aktivační proces, kde je dosazovací nádrž nahrazena filtračním membránovým modulem. Výhodou procesu je, že odstraní nerozpuštěné látky včetně mikrobiálního znečištění. Reaktor zvládá i výkyvy v koncentraci aktivovaného kalu. Vyčištěnou vodu lze znovu použít. Nevýhodou jsou vyšší provozní náklady (Hyánek, Bodík, 2002).

Anaerobní domovní čistírna

Anaerobní čistírny se většinou používají pro objekty, které nejsou trvale obývány a kde není možné kvůli přerušovanému nátoky použít biologické aerobní způsoby čištění. Nevýhodou je nižší účinnost ve srovnání s aerobními čistírnami a výhodou naopak vyšší účinnost ve srovnání se septiky. Další nevýhodou jsou vyšší hodnoty amoniaku na odtoku a tedy nutnost dalšího stupně k dočištění (De Gisi et al. 2016).

### **Biologicko – mechanické čištění**

Biologicko – mechanické systémy kombinují fyzikální čištění vody metodou usazování a biologické čištění vody pomocí aktivního kalu. Bakteriální aktivita je podporována probubláváním kyslíku skrze sebranou šedou vodu. Jedná se o nejčastěji používané systémy pro domovní čistírny odpadních vod (British Standard BS 8525-1 Greywatersystems – Part 1, 2010).

## Hybridní systémy

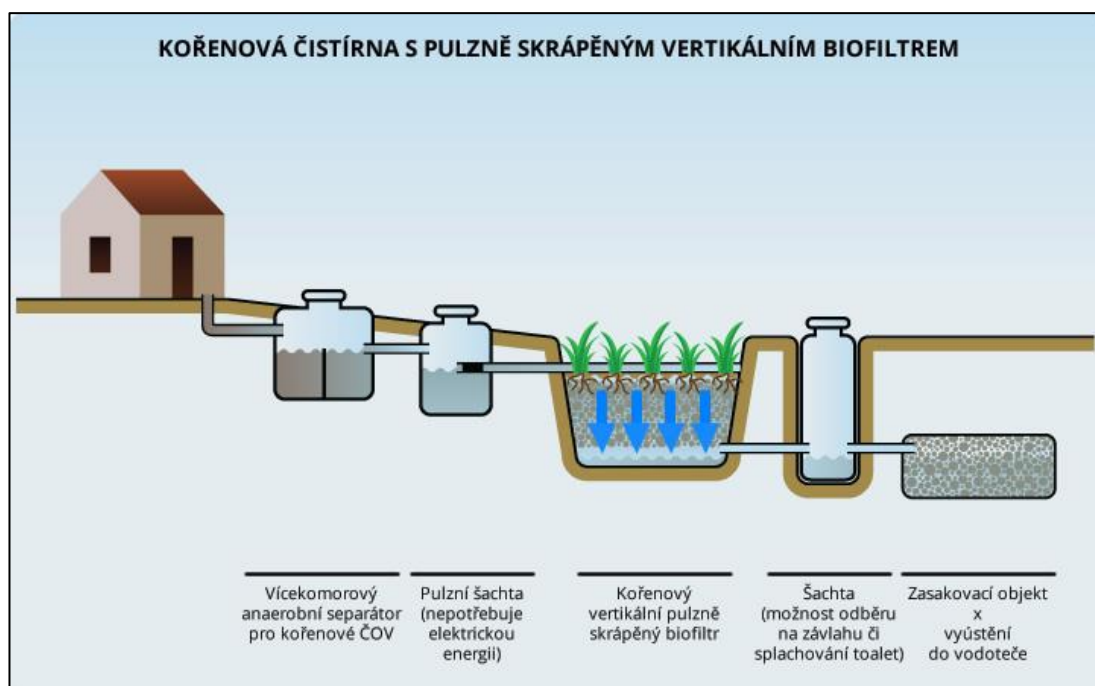
Hybridní systémy používají kombinaci typů výše uvedených systémů.

### Přírodní způsoby čištění - kořenové čistírny

Kořenové čistírny odpadních vod fungují na stejných principech jako přirozené mokřady, kde probíhají samočistící procesy. Základním principem kořenové čistírny je průtok předčištěné odpadní vody kořenovým filtrem. Kořenový filtr je naplněn jemnými kamínky, na jejichž povrchu sídlí bakterie, které zajišťují čistící proces. Rostliny vysázené na kořenovém filtru mají doplňkovou funkci - částečně odsávají živiny, dodávají kyslík, na jejich kořenech sídlí bakterie a v zimě působí jako tepelná izolace. Před průtokem kořenovým filtrem musí být voda zbavena mechanických nečistot a případně anaerobně předčištěna. U domácích kořenových čistíren probíhá předčištění v septiku. Po tomto předčištění voda vtéká do kořenového filtru, kde pomalu protéká přes filtrační materiál osázený mokřadní vegetací. Doba zdržení je přibližně 10 dní (Korenovky.cz, 2019).

Pro čištění vody jsou využívány vertikální pulzně skrápěné filtry. Předčištěná voda nejprve vtéká do pulzní šachty, kde se shromažďuje. Když se šachta zaplní, je vypuštěna na kořenový filtr. Na povrchu filtru je umístěno rozvodné potrubí s mnoha otvory. Díky většímu množství najednou vypuštěné vody a tomuto rozvodnému potrubí, dojde k rovnoměrnému rozdělení vody po povrchu filtru. Voda poté protéká souvrstvím jemného štěrku a písku a zbavuje se nečistot. Pro zvýšení účinnosti je možné vodu vertikálním filtrem několikrát recirkulovat. V kořenové čistírně probíhá řada přirozených procesů, aerobní v nezatopené části filtrů, anaerobní v zatopené části kořenového pole a anoxické. Čistící procesy lze rovněž vnímat jako fyzikální, chemické a biologické. Mezi fyzikální lze zařadit sedimentaci pevných vysrážených látek a jejich filtraci v kořenovém poli. Do chemických reakcí lze zařadit sorpci, rozklad a komplexní oxidační i redukční procesy. Různé druhy mikroorganismů se velmi významně podílí na celkovém čistícím procesu vody. Jedná se o rozklad dusíkatých organických látek, celulózy, tuků, škrobů a cukrů, a také rozklad sloučenin fosforu. Dalším biologickým procesem je i odběr odpadních látek rostlinami v průběhu jejich růstu. V případě potřeby odbourávání celkového dusíku N, je možné zařadit recirkulaci odpadní vody filtrem nebo kombinaci horizontálních a vertikálních filtrů zapojených za sebou, případně lze využít denitrifikační náplně (Hnátková, Šereš, 2016).

Účinnost čištění kořenové čistírny - organické látky, stanovené jako  $BSK_5$  nebo  $CHSK_{cr}$ , jsou v kořenových čistírnách snadno odstraňovány. Účinnost odstranění je 99,9% (Gross et al. 2007). Mikrobiální rozklad organických látek probíhá v septiku anaerobně v kořenovém filtru převážně aerobně. Účinnost odstraňování organických látek je v podstatě nezávislá na ročním období, mocnosti přítoku či na obsahu odpadních organických látek. K eliminaci mikrobiálního znečištění dochází v kořenových čistírnách kombinací fyzikálních, biologických a chemických procesů. Ve většině kořenových čistíren je odstraněno více než 99,99% koliformních bakterií a přes 99,99% fekálních streptokoků. Dnes používané vertikální kořenové filtry dosahují svou účinností čištění parametrů BAT (Best Available Technology), splňují též požadavky pro zasakování do podzemních vod (Korenovky.cz, 2019).



Obrázek 4: Schéma kořenové čistírny s pulzně skrápěným vertikálním biofiltrem (Korenovky.cz, 2019).

### Hygienické zabezpečení

Čištění šedé vody je nutné doplnit o hygienické zabezpečení spočívající v eliminaci a odstranění patogenních organismů z vyčištěné vody. Dezinfekční metody se dělí na chemické a fyzikální. Mezi chemické dezinfekční metody se řadí použití chlóru, ozónu u velkých zařízení, případně dalších pokročilých oxidačních procesů. Mezi fyzikální způsoby, nejčastěji používané, patří dezinfekce UV lampou, která na rozdíl od chemických prostředků neovlivňuje kvalitu bílé vody, a membránová filtrace.

Předpokladem pro maximální dezinfekci je odstranění nerozpuštěných látek filtrací přes filtrační materiál nebo membránu (British Standard BS 8525-1:2010. Greywater systems – Part 1, 2010).

- **Dezinfekce UV zářením**

Dezinfekce odpadní vody pomocí UV záření je proces, který zabraňuje nárůstu patogenních mikroorganismů, které mohou způsobit různé nemoci. Cílem tohoto procesu je hygienicky nezávadná voda, která ani při dlouhodobém pravidelném používání nemá vliv na zdraví člověka. Jde o moderní a ekologický způsob dezinfekce vody bez chemikálií. Při použití UV záření nevznikají ve vodě žádné chemické sloučeniny ani se nemění její parametry. Je tedy ideální metodou dezinfekce tam, kde by použití prostředků na bázi chloru mohlo poškodit zařízení (reverzní osmózy a podobně). UV lampy jsou ideální jako dodatečná dezinfekce pro užitkovou vodu a pro vody odpadní. Přístroj – UV lampa – se skládá z nerezového válce s nátrubky pro připojení do potrubního systému a napájecího zdroje. Uvnitř válce je vložena utěsněná trubice z křemenného skla osazená UV zářivkou. Samotná dezinfekce pak probíhá při průtoku odpadní vody lampou, kdy je protékající proud osvětlován. Vlivem záření dochází k poškození genetické informace bakterií a virů a k jejich rozpadu.

Vzhledem k tomu, že kvalita dezinfekce pomocí UV lampy závisí na čistotě odpadní vody, pro zajištění optimální funkčnosti zařízení je předřazen filtr mechanických nečistot a zákalu. Celý proces je pouze fyzikální, bez nutnosti použití jakýchkoli chemikálií. Germicidní (ničící choroboplodné zárodky) účinky UV lampy nejsou trvalé, upravená voda je určena k okamžité spotřebě, jinak je zde riziko opětovného nárůstu bakterií. Životnost zářivky je cca 8000 provozních hodin. Lampy jsou charakterizované maximálním průtokem, který je nutné nepřekračovat, aby byla zajištěna potřebná dezinfekční účinnost. Pokud je průtok vyšší, než kapacita jednotlivé lampy, tak se instalují sestavy několika UV lamp zapojených paralelně vedle sebe (Euroclean.cz, 2019).

### **Nové technologie čištění odpadních vod**

Podstatou nových technologií je a v budoucnu bude trend udržitelnosti. Především se jedná o úspory energie a vody. Budou se tedy upřednostňovat anaerobní technologie a technologie podporující maximálně možnou recyklaci vody – bezvodá řešení. Již za několik let se podle odborníků mohou čistírny odpadních vod, které



jsou dnes vnímány jako alternativní (mokřady, biofiltry, kombinace biofiltru s mokřadem, nanomateriály jako filtry), stát běžně používanou technologií. Podle Plotěného (2019) půjde vývoj ještě dál. V budoucnosti se dá očekávat, že by klasická kanalizace z řešení domů a sídlišť postupně pomalým tempem zmizela úplně. Již dnes existuje řada institucí, která si dává za cíl řešit nakládání s lidskými exkrementy bezvodým způsobem a šedou vodu aplikují v místě vzniku formou zásaku nebo závlahy zeleně. Tato extenzivní řešení včetně vegetačních se jeví jako nejvýhodnější, neboť podporují malý vodní cyklus, pomáhají řešit problematiku tepelných ostrovů a zlepšují mikroklima ve městech (Dostál, 2019, Plotěný, 2019).

### Účinnost vybraných čistících systémů

Přehled výsledků účinnosti čištění šedých vod vybranými čistícími systémy znázorňuje tabulka 11. Jsou zde shrnuty výsledky studií označených a – f. Z nich lze vyvodit závěr, že nejlepších výsledků v čištění odpadní vody od zákalu a plovoucích látek dosahuje membránový bioreaktor, v hodnotách BSK<sub>5</sub> dosahují nejvyšších hodnot mokřady. Filtrace dosahuje vysoké účinnosti v čištění Ca, Mg, a TP.

Tabulka 11: Účinnost čištění vybraných čistících systémů šedé vody.

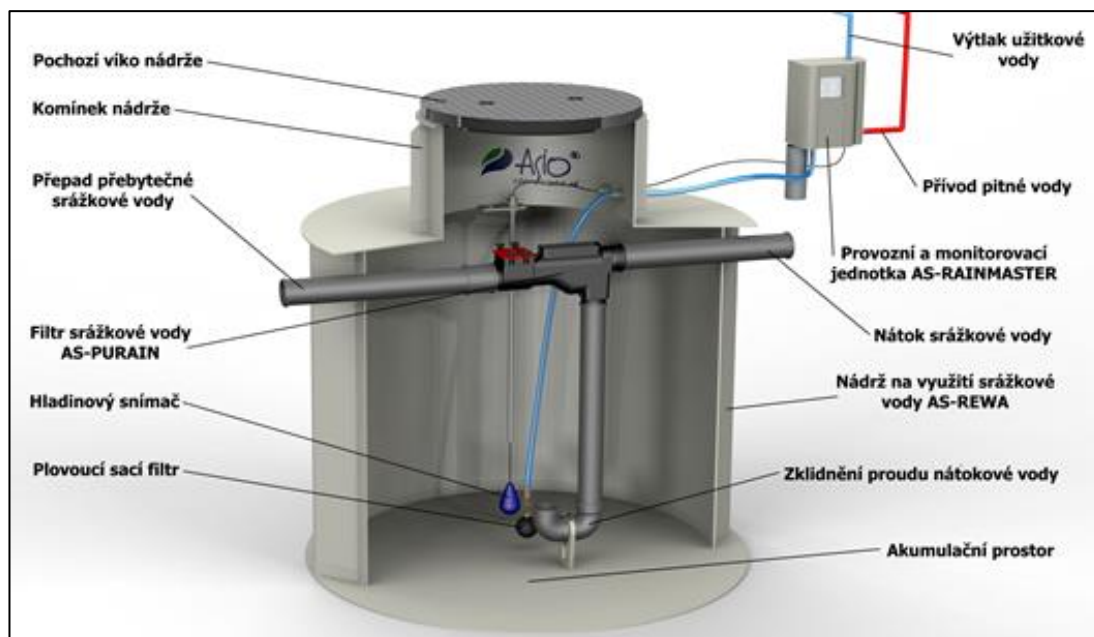
Parametr	Filtrace <sup>a</sup>	Mokřady <sup>b</sup>	SBR <sup>c</sup>	Rotační biodisky <sup>d</sup>	Membránový bioreaktor <sup>e</sup>	Anaerobní kal <sup>f</sup>
Zákal (NTU)	-	-	-	-	98-99%	-
Plovoucí látky (mg/l)	53-93%	90-98%	-	9-12%	až 100%	-
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	89-98%	až 99%	90-98%	27-53%	93-97%	až 67%
CHSK (mg/l)	37-94	81-82%	90-98%	21-61%	86-99%	38-79%
Cl (mg/l)	-	92-94%	-	-	-	-
Oleje a tuky (mg/l)	až 97%	až 95,45%	-	-	-	83,7%
Dusičnany (mg/l)	17-73%	-	-	-	6-72%	-
TN (mg/l)	5-98%	26-82%	80%	-	52-63%	24-58%
TP (mg/l)	až 100%	až 71%	-	-	až 19%	10-39%
Fekální kóli formy (CFU)	-	-	-	88,5-99,9%	až 99%	-
E. coli (CFU)	až 100%	-	-	88,5-99,9%	-	-
Ca (mg/l)	až 100%	-	-	-	-	-
Mg (mg/l)	až 100%	-	-	-	-	-
Na (mg/l)	47%	-	-	-	-	-

- a) *Al – Hamaiedeh, Bino (2010), Dalahmed et al. (2012), Finley et al. (2009), Gross (2008), Parjane, Sane (2011), Zuma et al.(2009)*
- b) *Gross (2008), Gross et al. (2007), Travis et al. (2010)*
- c) *Hernandez Leal et al. (2010), Krishnan et al. (2008), Lamine et al. (2007), Scheumann, Kraume (2009)*
- d) *Friedler et al. (2011), Gilboa, Friedler (2008), Pathan et al. (2011)*
- e) *Atanasova et al. (2017), Huelgas, Funamizu (2010), Jong et al. (2010), Merz et al. (2007)*
- f) *Abdel – Shafy et al. (2015), Elmitwali et al. (2007), Hernandez Leal et al. (2010)*

### **Akumulace šedých vod**

Vyčištěná voda je akumulována v zásobníku (akumulační nádrži). Zdržení šedé vody v nádrži nemá být delší než jeden den (24 hodin), proto je nutné navrhnout objem nádrže na tyto vody na denní potřebu provozní vody. Jedná-li se o společnou nádrž s dešťovou vodou, pak se objem nádrže zpravidla stanovuje na potřebu provozní vody na 14 až 21 dnů. Při stanovení objemu nádrže na dešťovou provozní vodu se bere v úvahu, že zalévání, kropení a úklid se nemusí provádět každý den. Dále se musí vzít v úvahu využití budovy v průběhu 14 až 21 dnů, zda každý den, nebo jen v pracovních dnech apod. (vodavdome.cz, 2019).

Nádrže na dešťovou a šedou vodu se vyrábějí v provedení plastovém samonosném, plastovém pro obetonování a dvouplášťovém pro vybetonování (označení PB), kde plast slouží k izolaci a beton zlepšuje nosnost konstrukce. Umístění nádrží je řešeno buď jako nadzemní varianta v suterénu domu, nebo jako podzemní varianta v zemi na pozemku mimo dům, aby byla chráněna před denním světlem. Podzemní nádrže jsou vyrobeny svařováním z konstrukčních prvků z polypropylenu a jeho kopolymerů lehčených nadouvadlem nebo z extrudovaných desek. Jsou vyráběny jako hranaté (označení ER) nebo válcové (označení EO). Podle potřeb a podmínek na místě využití mohou být vybaveny filtrem mechanických nečistot, čerpadlem, systémem automatického dopouštění z vodovodního řádu při nedostatku vody a vsakovacím tunelem na přepadu. Nadzemní varianta je výhodnější z hlediska investičních nákladů a volného přístupu k nádrži v případě potřeby, podzemní varianta je finančně náročnější, ale je výhodnější v tom, že nezabírá místo v suterénu domu. Podzemní nádrž na vodu, která umožňuje komplexní řešení akumulace a využití dešťových nebo šedých vod, slouží primárně k zachycení srážkové vody z okapů, ale podle potřeby může být využita i k recyklaci dešťové a šedé vody v domácnosti nebo na kropení zahrady. Akumulační nádrže lze použít také na regulovaný odtok dešťové vody z pozemku, který požadují předpisy (asio.cz, 2019).



Obrázek 5: Plastová nádrž na šedou a srážkovou vodu AS-REWA od společnosti ASIO TECH, spol. s r.o. (asio.cz, 2019).

### 3.2.6 Využití šedé vody

#### Alternativní zdroj vody vedle pitné vody

Kvalitní pitná voda by měla být používána pouze tam, kde je to nezbytně nutné. Pro splachování toalet nebo zalévání zahrady je možno využít vodu vyčištěnou. Zejména tam, kde je nízká kapacita dostupného zdroje kvalitní pitné vody (Holt, James, 2006).

Nejběžněji popisovaným opětovným využitím šedé vody je splachování toalet. Nicméně, šedá voda nachází mnoho dalších způsobů využití, především zavlažování (často obsahuje hodnotné živiny) trávníků na hřbitovech, golfových hřištích a univerzitních kampusech, mytí vozidel, využití jako zdroj vody pro protipožární ochranu, voda pro vytápění budov, betonovou výrobu a zakládání a podpora již vzniklých mokřadů (De Gisi et al. 2016).

Využíváním vyčištěných šedých vod lze snížit objem spotřebované pitné vody v domácnostech i v komerčních budovách, především ve školách, ubytovacích zařízeních, hotelech a wellness centrech (Ludwig, 2006). Jak uvádí Vigneswaran (2003), lidé potřebují méně než 5 litrů pitné vody na den, ostatní množství vody lze nahradit recyklací šedé vody. Vzhledem ke skutečnosti, že šedé vody nejsou znečištěny chemikáliemi a toxickými látkami, není jejich čištění tak náročný proces. Je to jeden ze způsobů, jak šetřit nejenom náklady na pitnou vodu dodávanou

z vodovodu, ale zároveň se méně zatěžuje životní prostředí a šetří příroda (Holt, James, 2006).

Nejvhodnější pro recyklaci jsou vody nejméně znečištěné. Mezi ně se řadí šedé vody z koupelen, tj. z van, umyvadel a sprch. Tyto vody můžeme po úpravě využívat jako vodu užitkovou (bílou vodu), například k zavlažování zahrad, splachování toalet a veškerému úklidu v domácnosti. Podmíněně použitelné pro recyklaci jsou šedé vody pocházející z kuchyní – ze dřezů a myček nádobí. Tyto vody již v sobě obsahují větší množství organických složek a fosforu ze zbytků jídel. Jejich vyčištění na kvalitu bílé vody by již bylo mnohem složitější a nákladnější, proto je vhodnější s nimi naložit jako s ostatním biologickým odpadem z kuchyně (Stec et al. 2017).

### Zasakování odpadních vod

Zasakování vyčištěných odpadních vod doplňuje zásoby spodní vody a zabraňuje přetížení kanalizací a čistíren. Při povolování vypouštění odpadních vod z jednotlivých staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci stanoví vodoprávní úřad přípustné hodnoty znečištění do výše emisních standardů uvedených v tabulce 12.

*Tabulka 12: Ukazatele a emisní standardy pro odpadní vody vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci (Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 57/2016 Sb.).*

Velikostní kategorie (EO)	Nepřekročitelná hodnota (mg/l)				
	CHSK <sub>Cr</sub>	BSK <sub>5</sub>	N-H <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NL	N <sub>celk</sub>
< 10	150	40	20	30	X
10 - 50	150	40	x	30	30
> 50	150	30	x	30	20

Od 1. 8. 2010, kdy nabyla účinnosti novela zákona č. 150/2010 Sb., o vodách, v platném znění, lze vypouštět do půdní vrstvy odpadní vody z jednotlivých staveb pouze na základě vyjádření osoby s odbornou způsobilostí (hydrogeologa). Toto vyjádření se vztahuje ke konkrétnímu návrhu čistírny odpadních vod se zasakovacím prvkem, který vypracoval projektant vodních děl. Návrh čistírny obsahuje technické parametry ČOV, její umístění, účinnost, kvalitativní parametry vypouštěné odpadní vody. Pokud není návrh čistírny k dispozici, pak je potřeba provést hydrogeologický průzkum (gpkv.cz, 2020). Pokud hydrogeolog stanoví,

že vzhledem ke zjištěným hydrogeologickým podmínkám a množství vypouštěných odpadních vod hrozí kontaminace podzemních vod mikrobiologickým znečištěním, stanoví vodoprávní úřad také přípustné hodnoty mikrobiologického znečištění (tabulka 13).

*Tabulka 13: Ukazatele a emisní standardy mikrobiologického znečištění prpo odpadní vody vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci (Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 57/2016 Sb.).*

Nepřekročitelná hodnota (KTJ/100 ml)	
Escherichia coli	Enterokoky
150	100

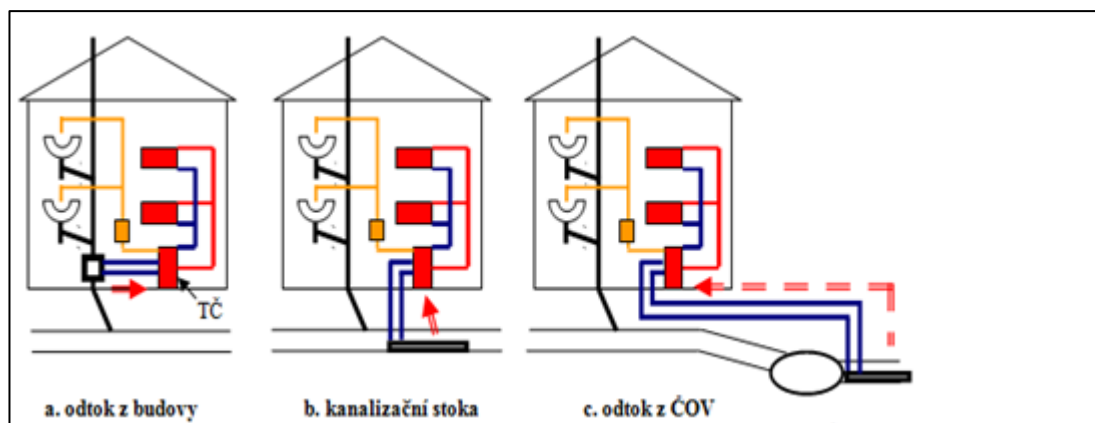
Vodní zákon umožňuje povolení domovních čistíren i na ohlášení, což znamená, že pro určité lokality a pro určité výrobky je možno předepsaným způsobem prokázat vlastnosti požadované harmonizovanou normou a výrobce na základě toho může vydat tzv. CE, který osvědčí, že zkoušená prodávaná ČOV vyhovuje normě. Domovní čistírna odpadních vod - PZV je certifikována podle nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 305/2011 Sb. ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh. Podstatou certifikace je zabezpečit, aby čistírny splňovaly požadované hodnoty v parametrech nerozpuštěných látek, amoniaku a celkového fosforu. Hodnoty pro klasifikaci čistírny označené CE jsou uvedeny v tabulce 14 (Plotěný, 2016).

*Tabulka 14: Klasifikace výrobku označovaného CE (Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 57/2016 Sb.).*

Klasifikace výrobku	CHSK <sub>Cr</sub> (%)	BSK <sub>5</sub> (%)	N <sub>celk</sub> (%)	P <sub>celk</sub> (%)
Domovní čistírna odpadních vod - PZV	90	95	50	40

### Využití tepelné energie vody

Teplota vyprodukovaných šedých vod je vyšší, než u běžných odpadních vod. Dle Plotěného (2011) se teplota šedé vody v průměru pohybuje mezi 18 – 35 °C. Recyklace tepla ze šedých vod je jedním ze způsobů jak snížit náklady na ohřev TUV (teplé užitkové vody), provozní teplé vody, popřípadě na vytápění objektu. Teplo z šedých vod lze odbírat přímo v budově, na odtoku z budovy, v kanalizační síti nebo na (za) čistírnu odpadních vod (Obrázek 6). Každé z těchto míst má své specifické podmínky a omezení.

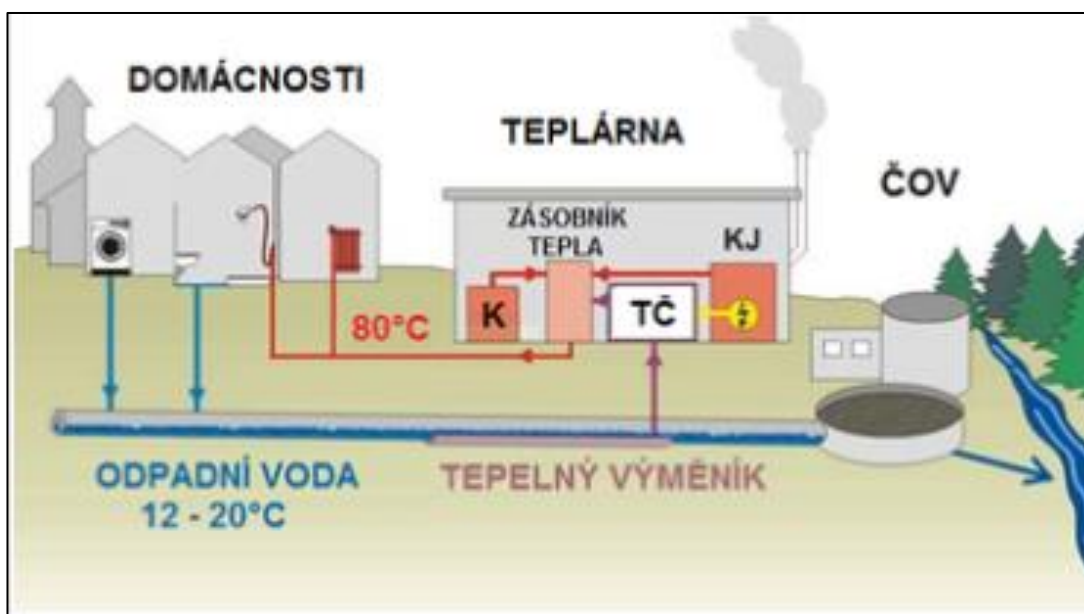


Obrázek 6: Lokalizace míst pro možnost odběru tepelné energie z odpadní vody a možný způsob využití tepla pomocí tepelného čerpadla - vytápění, předehřev teplé vody (asio.cz, 2012).

Odběr na odtoku z objektu či přímo v budově je u většiny staveb omezen nerovnoměrným a přerušovaným průtokem. Vhodné využití je tudíž omezeno na objekty s vyšším množstvím vyprodukované odpadní vody, jejíž odtok je v době provozu nepřerušovaný. Jedná se například o potravinářské nebo jiné průmyslové provozy, aquaparky, léčebná zařízení. V mnoha případech realizovaných v posledních letech je již využití tepla z odpadní nebo technologické vody realizováno v budovách (v jednodušších případech jen předáním energie přes stěny výměníků). Jako příklad odběru tepla z odpadní vody na čistírně odpadních vod v České republice lze uvést ČOV Letonice (asio.cz, 2019).

Odběrové místo může být na kanalizační stoce přímo na trase hlavního průtoku odpadní vody nebo na vedlejším proudu (bypass). Umístění výměníku determinuje jeho tvar. Výměník nesmí zbytečně zmenšovat průřez cesty či způsobit místní ukládání nerozpuštěných látek. Řešit je nutno přístup pro kontrolu a údržbu. Další dopravou odpadní vody v kanalizačním řádu a napojením následujících odběratelů dojde k teplotní úpravě odpadní vody a naprosté minimalizaci vlivu na čistírnu odpadních vod. Mezi výhody umístění odběru na síti je relativní blízkost možného místa pro odběr tepla, otázkou jsou ale právní a finanční vztahy týkající se stokové sítě (asio.cz, 2019). V rámci Evropy již existuje řada instalací, hlavně v Německu, Rakousku a Švýcarsku. Rakousko příkládá tomuto způsobu získávání energie značný potenciál. Jeho využití je dle Rakouské energetické agentury vázáno zvláště na prostorové uspořádání (oblasti s vysokou hustotou zalidnění), důležité z hlediska rozvodu tepla, dostatečnou světlost odpadního potrubí (DN800) a průtok v podmínkách tzv. suchého počasí alespoň 15 l/s a použití nízkoteplotních otopných soustav, zvyšujících efektivitu daného uspořádání (Austrian Energy Agency, 2014). Zkušeností s využitím energie odpadní vody přímo v kanalizaci pro vytápění mají

obyvatelé rakouského města Amstetten, kde byl realizován projekt, využívající kombinace kanalizačního výměníku a tepelného čerpadla. Tento projekt je podrobně charakterizován v kapitole 3.3.2.



Obrázek 7: Schéma uspořádání kanalizačního výměníku s tepelným čerpadlem (Bellò, 2012).

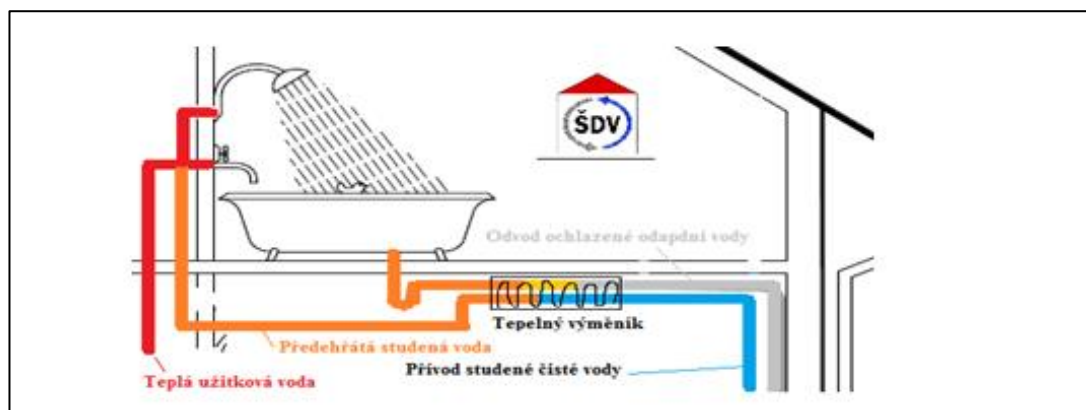
Odběr tepla z šedých vod přímo v budově

Podle velikosti objektu, respektive podle množství a průtoku šedých vod, je možné získávat tepelnou energii dvěma způsoby. Jedná - li se o malý objekt s nižší produkcí šedé vody, pak je vhodné použít lokální systém rekuperace tepla. U velkých objektů komerčních budov, kde je produkce šedých vod velká, je výhodnější vybudovat centrální systémy s akumulací vody (Plotěný, 2012).

Lokální systémy rekuperace tepla

Lokální systém funguje dvěma způsoby. První způsob je ten, že se voda přehřívá až v okamžiku, kdy je požadována, tzv. voda pro okamžitou spotřebu. Teplota takto přehřáté vody dosahuje 20 °C. Využití takto získané teplé vody je v koupelnách, kdy je tato ohřátá voda přimíchávána ke studené vodě v umyvadlových, vanových a sprchových bateriích. Hlavním účinkem je snížení nákladů na teplou užitkovou vodu. Druhým způsobem použití lokálního systému je odvádění přehřáté vody do zásobníku teplé užitkové vody. V tomto zásobníku je poté voda ohřívána na požadovanou teplotu a dále využívána (ČSN 75 6780).

Porovnáním dvou uvedených systémů lze konstatovat, že předehřívání pro okamžitou spotřebu je účinnější, finančně výhodnější a dochází k menším tepelným ztrátám, než jaké jsou u systému předehřívání v zásobníku s teplou užitkovou vodou (Bellò, 2012).

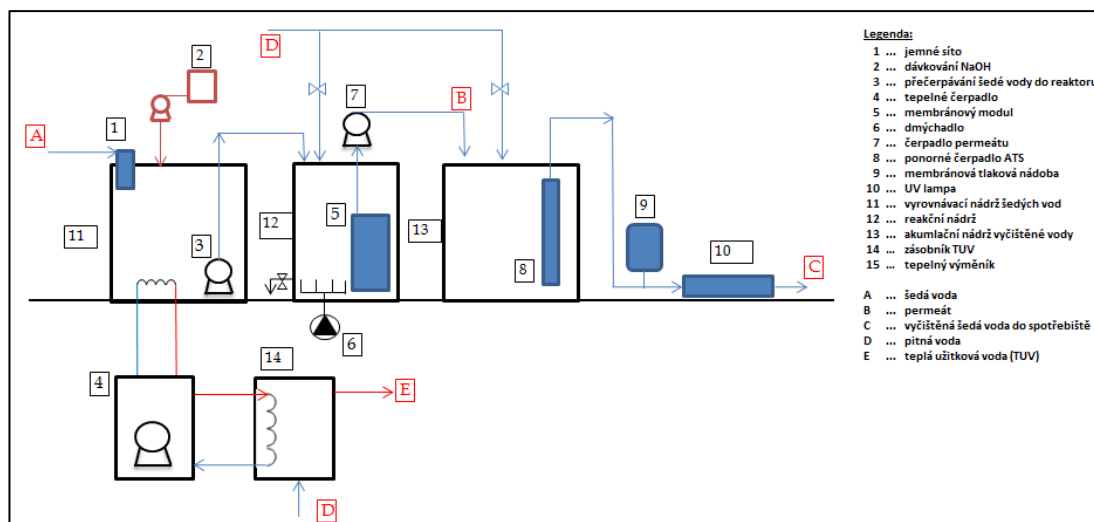


Obrázek 8: Možné zapojení lokálního systému předehřevu pro okamžitou spotřebu (asio.cz, 2012).

### Centrální systémy

Centrální systémy získání tepla jsou vhodné především pro velké komerční budovy, ubytovací zařízení, kde je produkce šedých vod vysoká. Podstata systému spočívá v tom, že se odpadní voda soustřeďuje v akumulční jímce, kde se stává zdrojem tepla pro okruh tepelného čerpadla. Až po odebrání potřebné tepelné energie je voda vypouštěna do čistírny odpadních vod. Výhodou centrálních systémů jsou relativně nízké pořizovací náklady. V období vysokých letních teplot lze tepelné čerpadlo využívat k chlazení budov. Výhodou centrálních systémů jsou relativně nízké pořizovací náklady a také další možný způsob využití v letních měsících ve formě tepelného čerpadla k chlazení budov. Nevýhodou a ohrožením tohoto systému jsou v zimních měsících mrazy. Pokud by teplota vody klesla pod bod mrazu, pak by mohla jímka zamrznout. Aby tedy nedošlo k poklesu teploty vody pod požadovanou teplotu, je třeba tepelnému čerpadlu umožnit čerpat teplo z jiného zdroje, nebo zajistit kombinaci použití tepelného čerpadla s jiným zdrojem tepla (Plotěný, 2012).





Obrázek 9: Využití energie při čištění odpadních vod (tzb.cz, 2012).

V tabulce 15 jsou uvedeny strategie znovu využití šedé vody ve vybraných rozvojových zemích. V těchto zemích jsou tyto projekty ojedinělé a v začátcích. Pro čištění šedých vod jsou budovány především přírodní čistírny – mokřady, kořenové čistírny a rákosová pole. Čištění odpadních vod je důležité zejména v zemích s akutním nedostatkem vody a zemích zužovaných suchem. Z výsledků studie Adewumiho (2010), provedené mezi studenty a zaměstnanci tří univerzit v Jižní Africe, vyplývá, že úspěšnost znovu využití šedé vody závisí na dosaženém vzdělání a povědomí lidí o dané problematice. Čím vyšší je vzdělání lidí a znalost informací o dané věci, tím má projekt větší úspěch. Také náboženství a kulturní zvyklosti ovlivňují ochotu lidí recyklovat vodu. S těmito závěry se ztotožňují výsledky dalších studií (De Sena, 2006, Parkinson, 2008). Závěry těchto studií identifikují hlavní překážky proti znovu využívání šedé vody v desinformacích předávaných mezi obyvateli, nedostatku informací a přirozeném odporu.

Tabulka 15: Strategie opětovného využití šedé vody ve vybraných rozvojových zemích.

Oblast	Druh systému	Oblast využití	Účinnost	Zdroj
<b>Auroville, Indie</b>	Rákosová pole a mokřady s banánovníky	Studentská kolej		Chuck (2004)
<b>Koulikoro, Mali</b>	Vertikální kořenové čistírny a mokřady	Šedá voda z domácností, využití jako podpovrchové zavlažování ovoce a zeleniny		GTZ (2005)
<b>Mexiko</b>	Bioreaktory a mulčování	Dětské rehabilitační centrum		GTZ (2005)
<b>Djenne, Mali</b>	Infiltrační příkopy	Zamezení neregulovanému vypouštění šedé vody na ulice		Alderliste and Langeveld (2005)
<b>Gauteng, Jižní Afrika</b>	Patrové (etážové) zahrady	Propagace zahradničení, pomoc chudým nezaměstnaným		Adendorff and Stimie (2005)
<b>Monteverde, Kostarika</b>	Mokřady, rákosová pole	Šedá voda z domácností, ochrana životního prostředí, využití na zálivku průmyslové rostliny - rákosí		Dallas et al. (2004)
<b>Kuching, Malajsie</b>	Anaerobní filtry, horizontální kořenové čistírny	Zásah proti vypouštění odpadní vody do dešťové kanalizace	Olej a tuk 99% Nerozpuštěné látky 96% CHSK 95% BSK <sub>5</sub> 99% NH <sub>4</sub> -N 94%	Chong (2005)
<b>Billen, Palestina</b>	Anaerobní filtry, aerobní filtry	Zamezení množství kácení zeleně ve městě s nedostatkem vody	Nerozpuštěné látky 93-96% BSK <sub>5</sub> 78-95% PO <sub>4</sub> -P 39-74% NO <sub>3</sub> -N 39-74%	Mahmoud et al. (2003)
<b>Srí Lanka</b>	Anaerobní filtry, vertikální kořenové čistírny	Hotely a školy		Harindra (2001)
<b>Káthmándú, Nepál</b>	Vertikální kořenové čistírny	Snížení spotřeby pitné vody, snížení nákladů na získání pitné vody	Nerozpuštěné látky 97% CHSK 93% BSK <sub>5</sub> 98% PO <sub>4</sub> -P 33% NH <sub>4</sub> -N 96%	Strestha et el. (2001)
<b>Monteverde, Kostarika</b>	Horizontální kořenové čistírny	Zásah proti vypouštění šedé vody na ulice a do toků	BSK <sub>5</sub> 99% NH <sub>4</sub> -N 95% PO <sub>4</sub> -P 84%	Dallas and Ho (2005)
<b>Tufileh, Jordán</b>	Automatizovaný systém na čištění šedé vody	Optimalizace a validace čistícího systému, využití na zálivku soukromých zahrad		Al-Jayousi (2003)

### Výhody použití recyklované šedé vody

- Ekonomické hledisko  
Snížení nákladů na odběr a produkci vody, na výrobu energie, na likvidaci odpadních vod v případě vyvážení jímek
- Úspora objemů centrálních čistíren odpadních vod a kanalizací, úspora nákladů na čištění těchto vod
- Nižší zatížení životního prostředí

Proces recyklace šedé vody probíhá přímo na místě jejího vzniku. Tím se zachytí většina nečistot na místě a snižuje se riziko znečištění řek a půdy v okolí

- Řešení lokalit s nedostatkem vody
- Nižší uhlíková stopa (Bartoník et al. 2012).

### **Rizika spojená s využíváním recyklovaných šedých vod**

Rizika spojená s využíváním recyklovaných odpadních vod lze seřadit do několika skupin od nejméně závažných až po vysoce závažné. Všechna rizika je třeba zvážit před realizací projektu. Jedná se o:

- Obtěžování zápachem

Nedostatečně vyčištěná srážková nebo šedá voda po určité době v akumulární nádrži začíná zahnívat a zapáchat. Je to způsobeno obsahem organických látek ve vodě, které jsou využity jako potrava bakteriemi a plísněmi s návaznou tvorbou pachotvorných látek. Tato skutečnost může být také spojena s tvorbou sedimentu na dně nádrže. U použití srážkové vody na zalévání tato skutečnost nepředstavuje velký problém, protože pach se rozptýlí do okolí s výjimkou např. zalévání trávníku, na kterém si pak v krátkém časovém odstupu od zálivky hrají děti. Odlišná situace je u splachování WC vyčištěnou šedou vodou, protože pach se šíří do obytných prostor a dochází i k zabarvování sanitárního vybavení. Pachu vody je možné předejít pouze důkladným čištěním, třístupňovým systémem čištění včetně konečného hygienického zabezpečení. V takovém případě jsou ovšem vzhledem k velikosti a složitosti technologie úpravy jednotkové náklady na získanou vyčištěnou vodu několikanásobně vyšší než náklady na pitnou vodu (Bábíček et al. 2018). Ohrožení zdraví obyvatel daného domu

Obyvatelé domu, kde se recyklovaná voda využívá, mohou být ohroženi inhalací infikovaným aerosolem, který se vytváří při rozprašování vody při zalévání nebo při splachování WC v případě, že recyklovaná voda obsahuje patogenní mikroorganismy vyvolávající infekci dýchacího traktu (např. legionelu). Další riziko představuje záměna systému pitné a technické (recyklované) vody. Obvykle návštěvník nebo dítě omylem použijí pro pitné účely vodu technickou, pokud její výtoková armatura není dostatečně označena. Pokud není technická voda dostatečně čištěna a dezinfikována, může být zdrojem nákazy při požití, protože obsahuje mikroorganismy fekálního původu (šedá voda z koupelen obsahuje stopy lidských fekálií (např. od kojenců). K riziku rovněž může dojít nechtěným

propojením systému pitné a recyklované vody při opravách jednoho z rozvodů vody, kdy se do rozvodu pitné vody dostane v určité míře voda nepitná.

- Ohrožení zdraví většího počtu obyvatel v okolí

Pokud objekt využívající recyklovanou vodu také odebírá vodu z veřejného vodovodu, hrozí zde riziko neúmyslného propojení obou rozvodů vody, čímž může dojít ke kontaminaci pitné vody v daném objektu. V horším případě, při dostatečném tlaku v rozvodu technické vody a chybějícím nebo nefunkčním ventilu zabraňujícím zpětnému toku, může dojít ke kontaminaci pitné vody ve vodovodní síti v okolí s ohrožením dalších obyvatel. Tento způsob propojení pitné a nepitné vody se v anglické literatuře nazývá cross-connection a je jednou z častých příčin kontaminace pitné vody ve veřejném vodovodu, včetně příčin vzniku epidemií (Kožíšek, 2012).

- Kontaminace pěstovaných plodin

Dalším rizikem je přenos mikropolutantů na zavlažovanou půdu a riziko kontaminace pěstovaných plodin. Z tohoto důvodu je nejvhodnější a nejbezpečnější způsob využití šedé vody pro závlahy v parcích, pro závlahy rychle rostoucích dřevin a nově vysazovaných lesů (Hnátková, Šereš, 2016).

### 3.2.7 Problematika šedých vod v ČR

Česká republika je zemí ležící na rozvodí a je prakticky odkázána na množství srážkových vod. Od roku 2014 zažila pět suchých let za sebou. Ani srážky v zimním období nestačily na doplnění deficitu podzemních vod vzniklého v těchto letech. Voda v České republice se tak stává vzácnější a hospodaření s ní bude muset dodržovat šetrné postupy. Mezi ně patří opakované využívání vody všude tam, kde je to možné, a především zadržování srážkové vody v místě spadu. Projekty zaměřené na tuto oblast je třeba finančně podporovat (Konvalinka, 2019). Ministerstvo životního prostředí vyhlásilo na období 2020 – 2026 program Prostředí pro život – zdravé a kvalitní životní prostředí a udržitelnost využívání přírodních zdrojů. Program je zaměřen kromě jiného na nové postupy, environmentální technologie a ekoinovace s vysokým potenciálem pro rychlé uplatnění v praxi v oblasti přírodních a klimatických změn. Hlavní priority programu jsou z hlediska šedých vod opatření k ochraně klimatu v osídlených oblastech, ochrana ovzduší, odpadové a oběhové hospodářství, ochrana půdy a přírodních zdrojů (TA ČR, 2019).

V současné době je využití šedých vod v naší republice teprve na samém počátku, zatímco v některých státech EU se touto problematikou již široce zabývají. Vzhledem k tomu, že se předpokládá nárůst ceny vody, bude znovu užití odpadních vod nabývat na důležitosti i u nás. Jako příklad je možné uvést i prohlášení ministra životního prostředí Richarda Brabce z ledna 2017: *„Máme celou řadu plánů i s takzvanou šedou vodou, která odchází třeba z umyvadel, a je možno ji opět po zpracování použít ke splachování WC. Splachujeme, stejně jako mnohé jiné evropské země, pitnou vodou, což je barbarství a v některých zemích, včetně třeba Izraele, kde vodou umí šetřit, se to dnes považuje za něco nepřipustného.“* *„Žijeme ve vodním blahobytu, ten ale skončil,“* dodal. Opětovné využívání šedých vod je dnes již technologicky možné a ekonomicky odůvodnitelné, zbývá jen vyjasnit všechny právní aspekty a zajistit přijatelnost takového využívání veřejností.

Česká republika se rovněž ztotožňuje s myšlenkou efektivního hospodaření s vodou a v obecné rovině podporuje kroky, které Evropská komise navrhla ve Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů – Uzavření cyklu – Akční plán EU pro oběhové hospodářství. Mimo jiné se Evropská komise zavázala k zavedení opatření, která povedou ke zvýšení efektivity hospodaření s vodou ve smyslu opětovného využívání upravené odpadní vody v bezpečných a nákladově příznivých podmínkách včetně ustanovení právních předpisů o minimálních požadavcích na opětovné použití vody. Cílem těchto opatření je snížení objemu nadměrně využívaných primárních vodních zdrojů v EU, dále je tlak na využívání živin získaných při čištění odpadních vod, které by z části nahradily pevná hnojiva používaná v zemědělství (Beránková et al. 2017).

V současné době je využití šedé vody, nejen legislativně, ale zejména ekonomicky, vzhledem k potřebě dvojitých rozvodů a dalších stavebních úprav, problematické. Jedná se spíše o trend, který bude tím více aktuální, čím citelnější bude nedostatek vody, jak se bude zvyšovat cena vody, jaký bude legislativní tlak na efektivitu čištění odpadních vod a v neposlední řadě i existence či spíše neexistence vhodného recipientu pro vyčištěnou odpadní vody. I v České republice stále existují oblasti, kde z různých důvodů, nejčastěji z důvodu nedostatku financí, není a ani v blízké budoucnosti nebude veřejný vodovod ani kanalizace. Podle Statistické ročenky České republiky 2016 byl podíl obyvatel trvale bydlících v domech napojených na kanalizace pro veřejnou potřebu 84,2 %.

Počet drobných individuálních systémů na využití šedé vody, které si lidé dělají převážně svépomocí, bude přibývat hlavně na venkově. Co se týče větších projektů na využití šedé vody, tam je trend pomalejší. Vzhledem k tomu, že dodatečné budování dvojích rozvodů vody v rámci rekonstrukce v již existující nemovitosti není jednoduché a je i finančně nákladné, je budování systémů nakládání s šedými vodami výzvou především pro novostavby. Nejsilnější z rezidenčních developerů v Praze, Central Group, a.s., která zaujímá 21 % podíl na trhu v prodaných bytech, dosud žádné zrealizované ani projekty využívající systému znovuvyužití šedých vod nemá. Současná situace ve výstavbě nových bytových domů se nachází spíše v rovině zachytit veškerou srážkovou vodu, např. pomocí speciálních podzemních vsakovacích košů a využít ji k závlahám společných travnatých ploch v okolí novostavby nebo zachycenou srážkovou vodu použít k zavlažování zelených střech. S takovými projekty pracuje např. společnost Trigema, a.s. (projekt Chytré bydlení v Horních Měcholupech), firma Daramis management, s.r.o. nebo firma M & K Real Estate. Příkladem může být také dánský výrobce známé stavebnice Lego v budovách své továrny ve středočeském Kladně. Nejdále se v oblasti znovuvyužití šedých vod zatím dostala firma Skanska Reality, a.s., která je 3. nejsilnějším rezidenčním developerem v Praze s 8 % prodaných bytů na trhu. V říjnu 2015 zahájila prodej prvního bytového domu v České republice, který využívá systém pro hospodaření s šedou vodou - Botanica K v Praze 5 - Jinonicích. Voda z umyvadel, van a sprch je po předčištění využívána pro splachování toalet (Beránková et al. 2017). Podrobně je tento projekt charakterizován v kapitole 3.3.1.

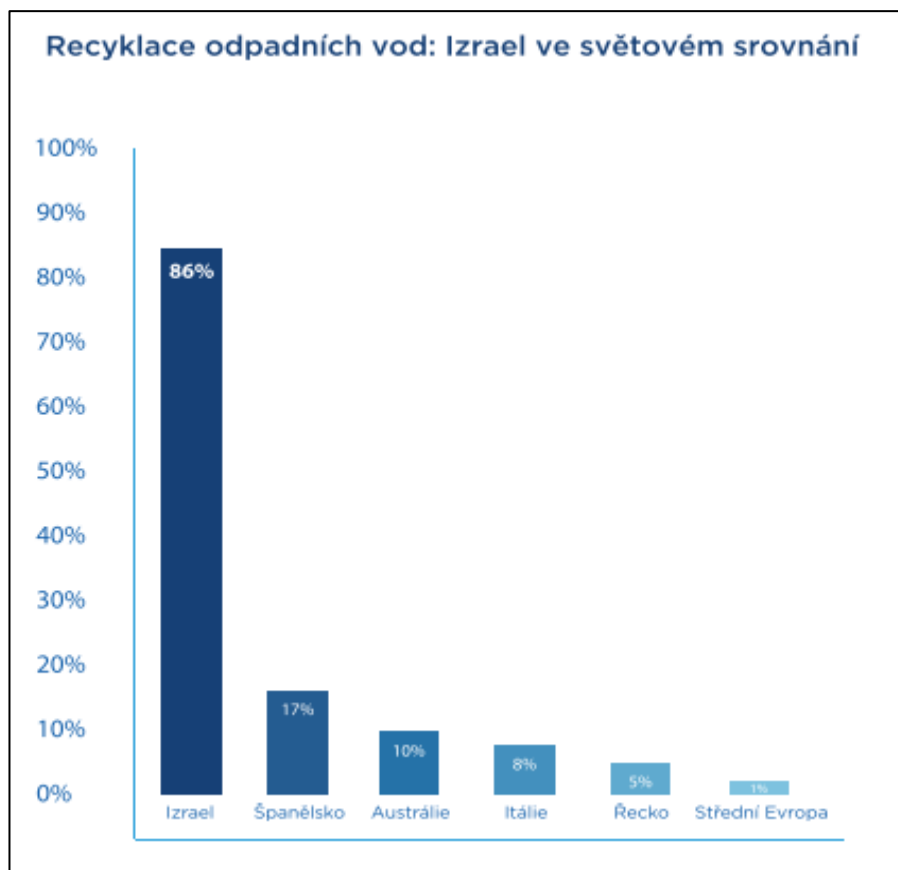
### 3.2.8 Problematika šedých vod ve světě

Ve světovém měřítku je využívání šedých vod v určitých oblastech zavedenou a běžnou praxí. Jedná se zejména o země, kde cena vody je vysoká nebo o země s omezenými zdroji vody.

#### **Izrael**

Izrael se stal v posledních desetiletích světovou jedničkou ve všech aspektech hospodaření s vodou. Přestože je Izrael jednou z nejsušších oblastí na světě a více než 60 % jeho území tvoří poušť, tak díky velkému celostátnímu úsilí již nemusí trpět nedostatkem vody. S nutností šetřit vodou jsou seznamovány již děti v mateřských a základních školách. Nakládání s vodou patří výhradně do státních rukou, zákon již od roku 1955 zakazuje jakoukoliv distribuci vody mimo vodoměry.

Pod státní kontrolu patří veškerá voda povrchová, podzemní ale i dešťová a splašková. Díky tomuto zákonu jsou známy nejen přesné spotřeby každé domácnosti, ale i každého podniku. Dnes je pro každého odběratele stanovena maximální možná spotřeba vody. Pro tuto spotřebu platí základní tarif. Jakmile ale domácnost tuto danou spotřebu přesáhne, pak je jednotková cena mnohonásobně vyšší. Úspěchů v boji s nedostatkem vody je dosahováno především díky odsolování mořské vody a čištění odpadních vod. Izrael má vytvořen právní a regulační rámec nezbytný pro efektivní vodohospodářství. Normy kvality vody a odpadní vody jsou v Izraeli založeny na nejnovějších mezinárodních standardech EPA, WHO a EU. V roce 2015 činila poptávka po vodě asi 2,2 mld. m<sup>3</sup>, množství zásob bylo pouze 1,2 mld. m<sup>3</sup>. Rozdíl tedy činil 1,2 mld. m<sup>3</sup>. Tento deficit vody dokázal Izrael dorovnat právě díky kombinaci šetření vodou, odsolováním mořské vody a opětovným využíváním odpadních vod. Prognóza do budoucna ale není pro Izrael příznivá, zvyšuje se počet obyvatel a množství srážek se snižuje. Předpokládá se, že poptávka po vodě bude činit v roce 2050 asi 3,5 mld. m<sup>3</sup> a deficit díky poptávce po vodě bude ve výši až 2,4 mld. m<sup>3</sup>. Deficit mezi poptávkou a dostupnými zdroji je významně kompenzován využíváním vyčištěných odpadních vod, které jsou konstantním zdrojem nezávislým na klimatických podmínkách. Většina vyčištěné odpadní vody je využita jako závlaha na polích. Kapková závlaha je dílem izraelských zemědělců. V letech 1985 až 2015 se Izraeli podařilo znovu využít více než 500 mil. m<sup>3</sup> vody pro zavlažování v zemědělství. V roce 2015 Izrael upravoval a recykloval 86% svých odpadních vod pro použití v zemědělství, čímž se zařadil na první příčku ve světě v oblasti recyklování vody. Obrázek 10 znázorňuje, kolik procent odpadních vod recyklují vybrané státy v porovnání s Izraelem (Charny, 2017).



Obrázek 10: Recyklace odpadních vod ve světě v roce 2015 (Charný, 2017).

### **Austrálie**

V australském státě Nový Jižní Wales ubývá množství vody v tocích, které přivádějí vodu do přehrady zásobující největší australské město Sydney. V nádrži Warragamba, hlavní zásobárně pro Sydney, je v současnosti takové množství vody, které odpovídá 51,4 % kapacity této přehrady. Proti roku 2018 je to pokles o 18 % a ve srovnání s rokem 2017 je stav přibližně poloviční. Velkým městům ve vnitrozemí hrozí, že jim během příštích dvanácti měsíců dojde voda. Sydney v posledních měsících přijalo různá opatření na omezení spotřeby vody, zatím se týkají jejího využití venku. Lidé například nesmějí přes den zalévat trávníky a zahrady, zakázáno je kropit tvrdý povrch, jako jsou například příjezdové cesty. K napouštění bazénů s objemem vyšším než 10.000 litrů je nutné zvláštní povolení. V Sydney byla uvedena do provozu stanice na odsolování mořské vody s cílem doplnit zásoby vody ve městě na sedmdesátiprocentní úroveň. Vyčištěné šedé vody a vyčištěné odpadní vody z městských čistíren také doplňují stávající povrchové zdroje, jsou vypouštěny do vodárenských nádrží nebo zvyšují zásobu podzemních zdrojů, kdy jsou přes zemní filtry drénovány do podloží (Kožíšek, 2012).



Austrálie má dlouholeté zkušenosti s čištěním a využíváním odpadních vod a zaujímá jedno z předních míst ve vývoji technologií zabývajících se touto problematikou. Jako příklad lze uvést výrobu čistíren odpadních vod AWWA (Advanced Waste Water Systems) v Perthu v západní Austrálii, které jsou známé jako greyflow systémy a které získaly mnoho ocenění. Vyvázejí se do mnoha zemí po celém světě (gwig.org, 2020).

## **USA**

Spojené státy mají velmi propracované směrnice regulující znovuvyužití šedých a odpadních vod. Podle vyjádření profesora Jörga E. Drewse (2017) z Technické university v Mnichově, který je zároveň předsedou odborné skupiny International Water Association pro recyklaci odpadních vod, se více než 80 % států USA zabývá čištěním odpadních vod. V Kalifornii je velkým problémem sucho. Náklady na vodu jsou zde vysoké, hlavní zdroje vody jsou daleko, a tudíž je země závislá na dovážené vodě. Čerpání, čištění, přeprava a ohřev vody v Kalifornii představuje téměř 20% spotřeby energie státu. Nahrazení 10% dovážené vody vodou recyklovanou znamená roční úsporu 80 milionů kWh energie. Kalifornie má s využíváním odpadních vod mnoho zkušeností. Vodní čtvrť Irvine Ranch v Kalifornii má program na recyklování odpadní vody již od roku 1961, slouží oblastem jako je Newport Beach a části Orange County. Objem recyklované vody je v této oblasti 21%. Využívá se pokročilých technologií filtrace a zachycování energie z šedé vody. Vyčištěná odpadní voda se původně používala v zemědělství a zahradnictví pro závlahu, nyní je využívána i v průmyslu, pro doplnění rezervoárů podzemních vod a zavlažování krajiny, pro splachování toalet v komerčních budovách, nebo pro rekreaci. Systém dodává denně 23,5 galonu (cca 89 litrů/1odběratele) recyklované vody více než 4 000 odběratelům (Carrol, 2016).

Systém využívání odpadní vody v USA se označuje jako Laundry-to-landscape, tj. volně přeloženo „voda z praní přímo do krajiny“.

Certifikace NSF/ANSI 350 350-1 stanovuje požadavky pro znovu využití šedé vody. Zahrnuje požadované vlastnosti materiálů, designu, zařízení, objemu a také požadovanou kvalitu vyčištěné vody z hlediska chemického a mikrobiologického složení. Vyčištěná odpadní voda může být použita pro splachování toalety a pisoáru a pro venkovní zavlažování okrasných rostlin a trávníků (nsf.org, 2020).

## **Evropa**

Opětovné využívání odpadních vod zmiňoval materiál Evropské unie k vodohospodářství jako alternativní zdroj vody v oblastech s omezenými zdroji

už v roce 2013. V roce 2015 se začalo s definicí základních parametrů kvality vyčištěných odpadních vod pro zavlažování v zemědělství a doplňování jezer podzemní vody (Ekolist.cz, 2017). Některé státy již problematiku odpadních vod zahrnuly do své legislativy, například Velká Británie v rámci své normy British Standard BS 8525-1 Greywater systems, Německo kvalitu odpadní vody upravuje normou DIN 1989-1 Regenwassernutzungsanlagen. *„Nutností se systémy využívající odpadní vody stávají v jižní Evropě, kde se v řadě oblastí začíná projevovat nedostatek pitné vody a tyto systémy jsou levnější než úprava vody mořské. Mají je nainstalované hotely a různé veřejné instituce například v Řecku nebo na jihu Itálie. Objevují se i v projektech administrativních budov a hotelů ve střední Evropě,“* řekl předseda Technologické agentury ČR Petr Očko (2017).

Ve Francii jsou již zavedeny do provozu suché pisoáry pro veřejnost. Francouzské státní dráhy zahájily u Lyonského nádraží v Paříži provoz dvou ekologických „květinových“ pisoárů. Pisoáry obsahují slámu nebo piliny, které umožňují přeměnit moč v hnojivo. Pokud se novinka osvědčí, železniční společnost je připravena objednat pro francouzská nádraží dalších 360 těchto zařízení (Beránková et al. 2017). V severní Evropě se separační toalety používají již dlouho a ve velké míře, aby se neplýtvalo pitnou vodou na splachování WC.

V Rakousku a Slovinsku jsou dnes kořenové čistírny nejčastěji povolovanými čistírnami odpadních vod v horských oblastech. Jednak je to kvůli provozním nákladům a také kvůli stabilitě čistících procesů i pro malé a nerovnoměrně provozované zdroje. V Rakousku se vertikálně protékané biofiltry používají jako spolehlivé řešení již několik desítek roků, v Německu jsou v současnosti také velmi využívaným řešením (asio.cz, 2019).

### 3.3 Realizované projekty

#### 3.3.1 Projekty v České republice

##### **Hotel Mosaic House**

Hotel Mosaic House otevřela developerská společnost Impact - Corti v Praze 2 v roce 2010. Kromě řady ekologických prvků zde byl podruhé na světě použit systém recyklace a zároveň rekuperace šedé vody. Jedná se o 4hvězdičkový hotel, který svým konceptem otevřeného přízemí s barem a sálem pro koncerty a klubové akce slouží nejen klientům hotelu, ale i široké veřejnosti. Hotel vznikl

rekonstrukcí a změnou užívání budovy z 30. let. Do rekonstruovaného objektu v památkové zóně Prahy 2 se podařilo implementovat všechny požadované technologie. Přívlastek „zelený“ pro Mosaic House neznámá jen úsporu elektřiny, plynu a vody, ale také funkční doplnění zeleně na střeše budovy, v okolí budovy i v interiéru (mosaichouse, 2020).



Obrázek 11: Zelená střecha hotelu Mosaic House (mosaichouse.com, 2019).

Dům má nízkoenergetický standard, hodnocení budovy je B+. Dosažení pasivního standardu bránil požadavek zachovat historickou kachlovou fasádu. Fasáda a dominantní původní schodiště s proskleným průčelím jsou hlavními prvky, které odkazují na původní objekt, který měl hlavně kancelářskou funkci. Při rekonstrukci bylo citlivě přistavěno patro a doplněna nástavba na nádvorní objekt sálu. Upraveno bylo i náměstíčko před objektem. Do budoucna se počítá ještě s nástavbou dvou luxusních apartmánů na hlavní objekt a s instalací systému zachytávání dešťové vody, která by měla napájet fontánu ve dvoře. Od ledna do dubna 2020 je v budově naplánována rekonstrukce (mosaichouse, 2020).

Pasivní úspora energie byla v budově Mosaic House zajištěna zateplením pláště budovy a výměnou původních oken za repliky s nadstandardními tepelně technickými vlastnostmi. Okna jsou osazena čidly, která v případě otevření zajišťují automatické vypnutí topení nebo chlazení. Na osluněných částech budovy byly instalovány žaluzie, které se automaticky přizpůsobují stavu venkovního prostředí. Při provozu se dbá na optimální využití energie, velkou roli hraje měření a regulace.

Aktivní úspora energie spočívá v získávání energie z odpadního tepla technologických zařízení zajišťujících provoz hotelu, především chlazení a vzduchotechnika, a využitím obnovitelných zdrojů (solárních panelů). Recyklace odpadní šedé vody ze sprch a umyvadel je jednou z významných technologií hotelu. Pitná voda není zbytečně používána tam, kde nemusí, tedy například

na splachování WC nebo pro úklid. V hotelu je instalován dvojitý systém vodovodních a kanalizačních trubek, kde je šedá voda oddělena. Tato relativně čistá voda se odvádí do speciálního zařízení, které ji filtruje a čistí. Recyklovaná voda je následně použita znovu při splachování WC nebo jako voda užitková k přívodu studené vody v úklidových komorách. Zařízení zajišťuje efektivní nakládání s vodou a jedná se o první komplexní instalaci v ČR. Jedná se o systém Pontos AquaCycle dodávaný firmou Hansgrohe. Princip čištění spočívá v biologickém čištění pomocí nárostové biomasy na molitanové drti v provzdušňovaných nádržích (Beránková et al. 2017). Ušetří se až 8 % spotřeby pitné vody, což je při provozu hotelu zhruba 6–8 m<sup>3</sup> denně. Úplnou technologickou novinkou je zpětné získávání tepla z odpadní šedé vody, jde o druhou instalaci na světě po prototypu vyrobeném v Německu. Teplá odpadní voda ze sprch a umyvadel předeřívá vstupní studenou vodu (mosaichouse.com, 2020).

Při realizaci se podařilo zachovat oba stávající vzrostlé stromy ve dvoře, přestože bylo povoleno jejich kácení. Původní nepřístupný prostor před budovou byl otevřen, doplněn zelení a dvěma vzrostlými stromy. Osazeny byly také všechny ploché střechy objektu, tj. celkem cca 40 % plochy pozemku. Výsledkem je pozitivní změna mikroklimatu a dodatečná izolace střech. Všechny technologie i jejich efektivní souhrn a využití řídí sofistikovaný systém měření a regulace. Ten monitoruje např. aktuální obsazenost pokojů, stav otevření oken nebo dveří a pak nastavuje optimální parametry vnitřního prostředí každého jednotlivého pokoje. Za každým hostem automaticky zhasíná, resetuje zvolené prostředí na standardní „ekologické“ podmínky. Cílem bylo propojit v projektu Mosaic House nejnovější trendy s tradičními zdroji úspor energií tak, aby byly splněny požadavky na inteligentní a ekologickou budovu. Od začátku projekt vznikl ve spolupráci s budoucím provozovatelem, tak aby co nejlépe vyhovoval jeho potřebám. I při důsledném použití moderních technologií byl kladen důraz na hospodárnost projektu a všechny instalované systémy mají předpokládanou návratnost maximálně 17 let při současných cenách. Celý projekt včetně nákupu objektu vyšel na 400 mil. Kč. Investorem je americká Hampshire Group. Projektový management měla na starosti divize Impact Engineering, projektantem bylo Studio DD+ (Mosaic House hotel, 2010).



Obrázek 12: Střecha hotelu Mosaic House (archiv atelieru Flera, 2019).



Obrázek 13: Čistírna odpadních vod hotelu Mosaic House (mosaichouse.com, 2020).

### **LIKO – Noe**

LIKO – Noe je dalším příkladem unikátního objektu kancelářské budovy budoucnosti, který byl realizován v České republice, konkrétně v roce 2015



ve Slavkově u Brna. Jedná se o vývojové centrum, při jehož stavbě architekti během krátké doby propojili ekologické přístupy s architekturou, interiér s exteriérem a moderní materiály s přírodou. Budova využívá energie z čistě přírodních zdrojů, čímž se stává energeticky soběstačnou. Po vizuální stránce je výjimečná svou zelenou mokřadní fasádou. Mezi šetrné parametry budovy patří střešní kořenová čistírna, tepelné čerpadlo země - voda, solární kolektor, rovnotlaké větrání s rekuperací tepla a přírodní jezírko na zadržování vyčištěné a odpadní vody (LIKO Noe, 2019).

Unikátní u této stavby je skutečnost, že nemusí být napojena na kanalizační síť, k čištění odpadních využívá kořenové čistírny a filtraci mokřadní fasádou. Takto předčištěná voda se dále v budově využívá pro účely splachování toalet nebo zalévání svislých zahrad na fasádě. Před budovou vývojového centra se nachází retenční jezírko, ve kterém je akumulována voda ze střešní kořenové čistírny.



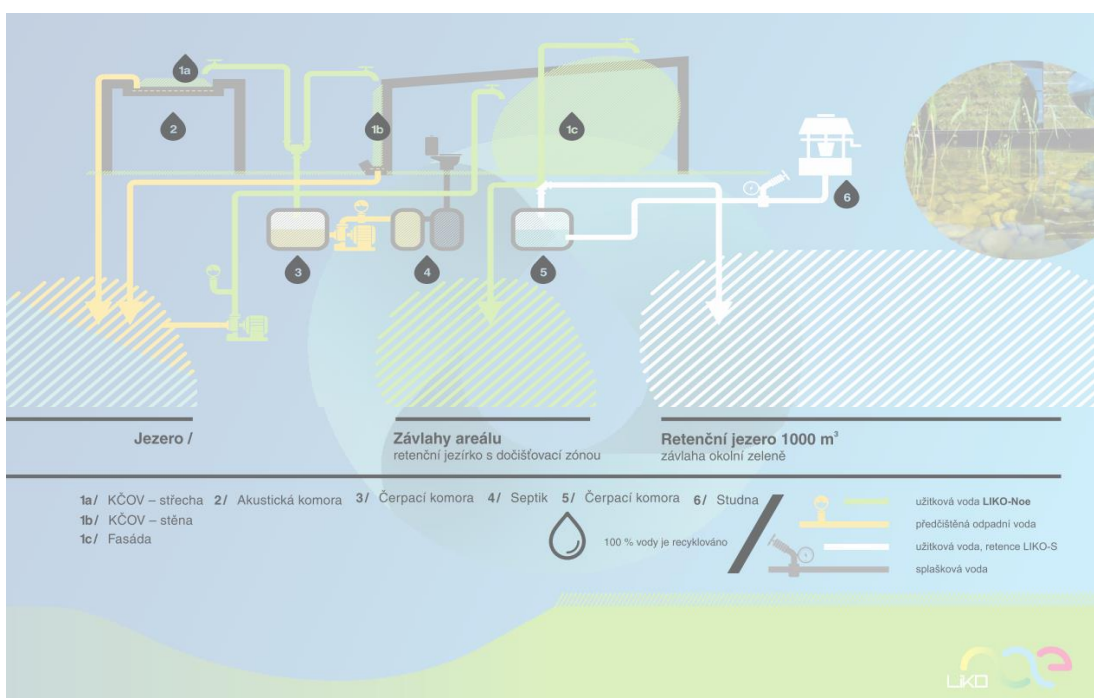
Obrázek 14: Kancelářská budova budoucnosti LIKO Noe (archiv České rady pro šetrné budovy, 2016).

Kromě kořenové čistírny na střeše zde architekti navrhli využít rovněž vertikální čistírnu na fasádě budovy. Jedná se o nerezové nádoby, které jsou vyplněny substrátem s vodou. Využívá se zde bakterií a především výhody velké potenciální plochy a doby probíhajícího čištění. Poté, co voda steče po fasádě budovy,

je zachycena v kontrolní jímce, kde se vyhodnocuje její kvalita pro další využití v budově. Kromě čištění vody slouží mokřadní fasáda jako tepelný izolant a chrání budovu před možným přehříváním (LIKO Noe, 2019).



Obrázek 15: Vertikální čistírna LIKO Noe (liko-noe.cz, 2019).



Obrázek 16: Schéma čistírny LIKO Noe (liko-noe.cz, 2019).

## **Bytový dům Botanica K**

Jedná se o šestipodlažní bytový dům postavený v roce 2015. Dům je rozdělen na dvě samostatné nadzemní sekce propojené společným suterénem, v němž jsou umístěny sklepy, parkovací stání a technické zázemí domu. V obou sekcích bytového domu se nachází 64 bytů o velikosti 1+kk až 4+kk. Stejně jako předchozí domy projektu Botanica je i tento navržen v nízkoenergetickém standardu, což znamená důkladně zateplený obvodový plášť budovy, kvalitní okna a solární termické kolektory pro přehřev teplé vody, umístěné na střeše bytového domu (Skanska, 2019).

Jedno ze zelených řešení bytového domu Botanica K je zcela unikátní. Jedná se o systém pro hospodaření se šedou vodou, v rámci kterého je pro splachování toalet využita přečištěná voda z umyvadel, van a sprch. Pro další použití jsou potřeba pouze základní čisticí procesy jako například filtrace, odmaštění, sedimentace a hygienické zabezpečení či desinfekce. Takto vyčištěné vody pak lze znovu použít jako vody užitkové na splachování toalet. V některých případech jsou šedé vody s minimálním čištěním používány také na závlahu rostlin. Pokud šedé vody z uvedených zdrojů nestačí, je systém doplňován zachycenou dešťovou vodou či vodou pitnou. U domu je navíc umístěna akumulární nádrž pro zachycování dešťových vod, které jsou dále využívány pro zalévání zeleně v okolí domu (Skanska, 2019).

Díky promyšlenému hospodaření s pitnou vodou se podařilo snížit spotřebu vody celkem až o 40 %. Této úspory bylo dosaženo dvěma způsoby. Jednak instalací úsporných armatur, čímž pokleslo množství odebírané pitné vody zhruba o 14 %. A pak tím, že část odpadních vod z umyvadel, van a sprch je recyklována a následně využita především ke splachování toalet. V roce 2018 bylo znovu využito 26% z celkové spotřeby pitné vody, což znamená, že z celkové dodané pitné vody do objektu o objemu 4 834 m<sup>3</sup> bylo pro splachování WC recyklováno 1 241 m<sup>3</sup> šedé vody, tj. 1 241 000 litrů. Z celkové produkce šedé vody bylo pro splachování WC znovu využito 53,10 % a podíl produkce šedé vody z celkového nátoky pitné vody do domu činil 48,30 %. Díky tomuto řešení mohou obyvatelé bytového domu ušetřit až 6 000 litrů pitné vody denně. Roční úspora na vodném a stočném by měla být cca 168 300 Kč (tvarchitECT.com, 2019).

Bytový dům Botanica K získal jako vůbec první v České republice mezinárodní environmentální certifikaci BREEAM na úrovni Excellent (Skanska, 2019).





Obrázek 17: Bytový dům Botánica K (Skanska, 2019).

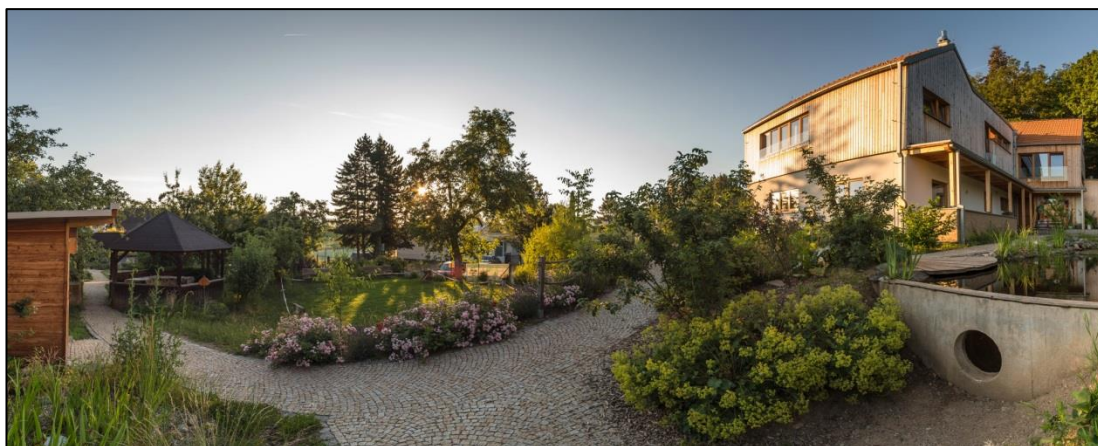
### **Ekocentrum Lipka – pracoviště Rozmarýnek**

Pracoviště ekocentra Rozmarýnek se nachází v brněnské městské části Jundrov. V roce 2013 proběhla celková rekonstrukce a z malého domku s nevyhovujícími prostory se stal prostorný ekodům. Jedná se o nízkoenergetickou stavbu, kde je využita řada technologií šetrných k přírodě i k lidskému zdraví. Především se jedná o izolace z přírodních materiálů, hliněné omítky, zelené střechy, využití dešťové a šedé vody, rekuperaci vzduchu, vytápění biomasou a solární systémy (ekocentra.cz, 2019).

K čištění šedých vod využívá systému AQUALOOP od firmy ASIO, s.r.o., který spočívá v biologickém čištění a následné filtraci přes membrány (Beránková et al. 2017).



Obrázek 18: Ekocentrum Lipka – pracoviště Rozmarýnek (lipka.cz, 2019).



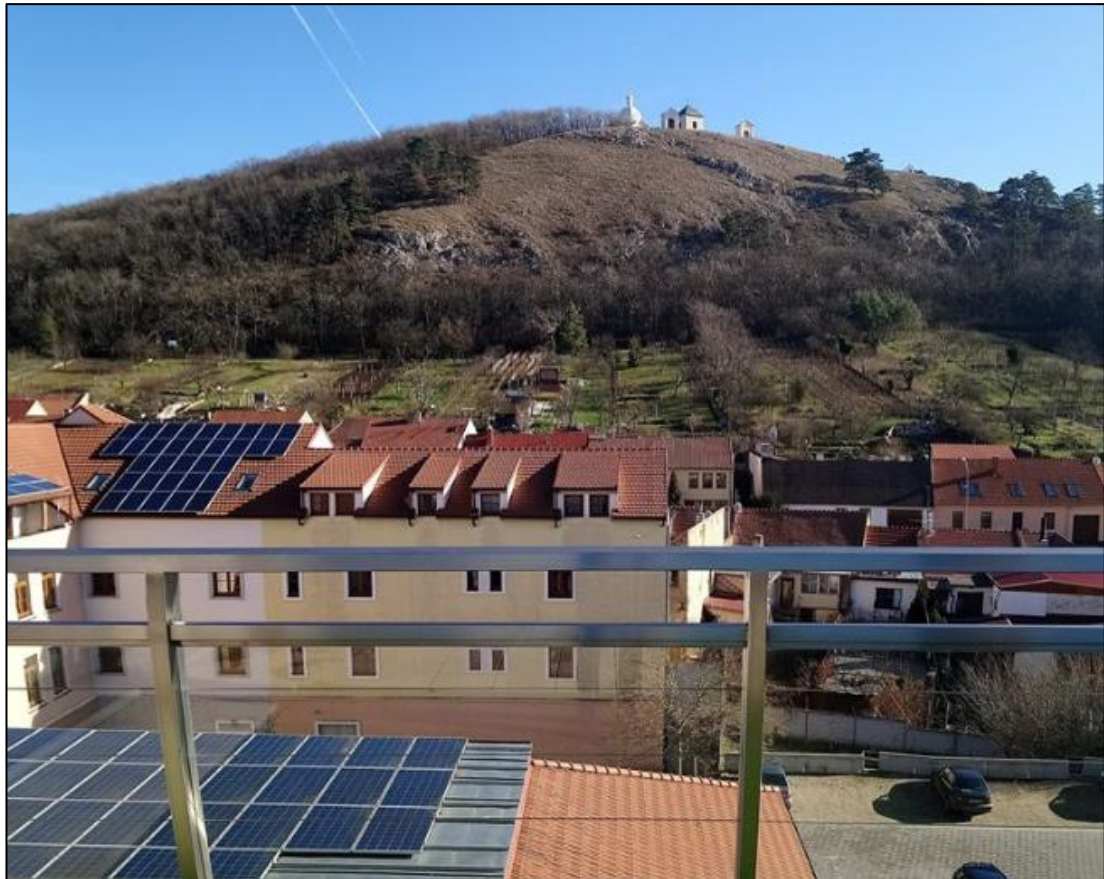
Obrázek 19: Ekocentrum Lipka – pracoviště Rozmarýnek (lipka.cz, 2019).

### **Hotel Galant**

„Nejzelenější“ ekologický český hotel s výjimečnou polohou v historickém centru Mikulova nabízí 126 pokojů a wellness centrum s rozlohou 700 m<sup>2</sup>. Hotel Galant využívá ke svému provozu přebytky tepla, odpadní vody a také skleníkové plyny. Je jednou z prvních komerčních budov v České republice, které využily systém vestavby AS - AQUALOOP od firmy ASIO, s.r.o. Tento systém funguje tak, že předčištěná šedá a dešťová voda je akumulována v jímce o objemu cca 10 m<sup>3</sup>. V jímce je umístěna vestavba AS-AQUALOOP. Voda je po biologickém čištění filtrována přes 6 ks membrán a čerpána do akumulární nádrže umístěné ve sklepních prostorách objektu. Z této nádrže je pak napájen vodovod provozní vody a voda z něj se používá na splachování WC (Bartoník, 2014).

Projekt hotelu Galant byl v roce 2013 nominován na mezinárodní soutěž projektů, které usilují o úspory energií a ochranu přírody, Energy Globe Award, v kategorii vzduch. Stal se vítězem v kategorii firma a zároveň i absolutním vítězem roku 2013.





Obrázek 20: Střechy hotelu Galant (Hotel Galant, 2019).

### 3.3.2 Projekty v zahraničí

#### **Disneyland Paříž, Francie**

Disneyland v Paříži jako první provozovatel zábavních parků v Evropě vybudoval v roce 2014 vlastní čistírnu odpadních vod za účelem recyklace a následného snížení spotřeby pitné vody. Zábavní park se skládá ze dvou tematických parků, golfového hřiště, několika hotelů a obytné a nákupní čtvrti. Ročně areál navštíví 14,5 milionů osob (Disneyland Paris, 2020).

Objem odpadních vod tohoto střediska dosahuje 740 000 m<sup>3</sup>/rok. Prakticky všechny odpadní vody tohoto zábavního parku jsou znovu využity k provozování atrakcí, čištění chodníků a silnic či zavlažování zelených ploch a jsou rovněž částečně využívány pro chlazení elektrárny, která zajišťuje dodávky energie pro celý rozsáhlý zábavní park. Využívána je také dešťová voda, která je jímána do retenční nádrže. Tímto způsobem je dosahováno roční úspory vody ve výši 330 000 m<sup>3</sup>. Čistírna odpadních vod využívá vysoce efektivní technologii membránové filtrace Biosep. Toto aerobní biologické zpracování komunálních a průmyslových odpadních vod vyvinula společnost Veolia. Řešení kombinuje dvě technologie, biologickou

s využitím aktivovaného kalu a membránovou filtrací. Voda vyčištěná touto technologií splňuje standardy pro opětovné využití pro zavlažování a průmyslové využití (Aprovac.cz, 2020).



Obrázek 21: Disneyland (disneyland.com, 2020).

### **Aviva Downtown Markham, Kanada**

Město Markham je jedním z nejrychleji rostoucích kanadských měst a je vysoce ceněné pro své vedoucí postavení v oblasti životního prostředí. Všechny budovy centra Downtown Markham jsou hodnoceny standardem LEED Silver nebo vyšším. Princip ekologie se zde projevuje od všudypřítomné zelené, nabíjecích stanic pro elektrická vozidla až po hospodaření s dešťovou a odpadní vodou. Snížení emisí je až o 50% (downtownmarkham.ca, 2020).

Dvanáctipodlažní věž Aviva v Markhamu postavená společností Able Engineering, je sídlem pojišťovny Aviva s 1 500 zaměstnanci. Budova má vybudovaný systém na využívání šedé a dešťové vody. Greyter Water System (SGW), jak se používá, je systém nazývaný, vodu čistí a dodává na splachování toalet a pisoárů. SGW byl vyvinut jako kombinace domácí a městské čistírny odpadních vod. Vzhledem ke své kompaktní velikosti má velký výkon čerpadla. Základní systém se skládá z primární udržovací nádrže o objemu 500 litrů, filtračního systému se čtyřmi zásobníky, řízeného systému chlorace a čerpací stanice s vysokým výkonem. K tomuto základnímu systému je možné dle potřeby přidávat další 500litrové nádrže, aby se zvýšila celková kapacita čistírny (greyter.com, 2020).





Obrázek 22: Zelené střechy centra Downtown Markham (downtownmarkham.ca, 2020).

### **Amstetten, Rakousko**

V dolnorakouském Amstettenu, ležícím 60 kilometrů jihovýchodně od Lince, využívají odpadní vodu z koupelen, praček a myček nádobí přímo v kanalizaci. Teplo z odpadních vod v zimě vyhřívá a v létě chladí 4000 m<sup>2</sup> obytné plochy. To přináší značné úspory, ale také je to užitečné pro životní prostředí. Do kanalizace byl umístěn tepelný výměník o délce 42 m. Jeho prostřednictvím dochází k ohřevu vody, proudící v uzavřené smyčce, která je napojena na tepelné čerpadlo, které napájí systém ústředního topení. Čerpadlo je umístěno v budově komunálních služeb (Stadtwerke Amstetten), vzdálené necelých 200 m od výměníku. Teplota odpadní vody proudící kanalizací dosahuje až 27 °C díky tomu, že kanalizační systém využívají i nedaleké papírny. Výkon tepelného čerpadla, dodaného společností OCHSNER, je 230 kW. Udávaný topný faktor je 5,6. Elektrický příkon zařízení tak odpovídá cca 18 % jeho tepelného výkonu. Ten je prostřednictvím potrubí dodáván také do nedaleké výtopny. K akumulaci vyrobeného tepla slouží celkem 3 nádrže po 1 500 litrech. Systém je schopen pokrýt 99,9 % poptávky tepla. Stávající kotel na zemní plyn tak nyní slouží pouze jako záložní (EHPA, 2014). Účinnost celého systému zvyšuje fakt, že na straně odběratele je použito podlahové vytápění, které je ve spojení s tepelným čerpadlem účinnější než radiátorové systémy (Phys.org., 2014). Odběrové místo může na kanalizační stoce být přímo v trase hlavního průtoku odpadní vody nebo na vedlejším proudu. Město do tohoto zařízení investovalo 240.000 eur (téměř 6,6 milionu Kč). Předpokládá se, že se investice vrátí během jedenácti let, což odpovídá průměrné návratnosti investic do obnovitelných zdrojů energie.

Použitá tepelná čerpadla, zařízení srovnatelná s těmi, která se používají v ledničkách, spotřebují ročně elektřinu za 6500 eur (více než 178.000 Kč). Podle vedoucího obecního úřadu Amstettenu Simmera (2014) jsou úspory při vytápění ve městě podstatné ve srovnání s tím, kolik by stálo vytápění plynem. Výhodou této technologie je to, že se při ní využívají lokální zdroje a že odpadní vody je stále dostatek (Kretschmer, 2014). Město Amstetten díky tomuto projektu obdrželo ocenění „Heat Pump City of the Year 2013“, udílené Evropskou asociací tepelných čerpadel (EHPA, 2014).



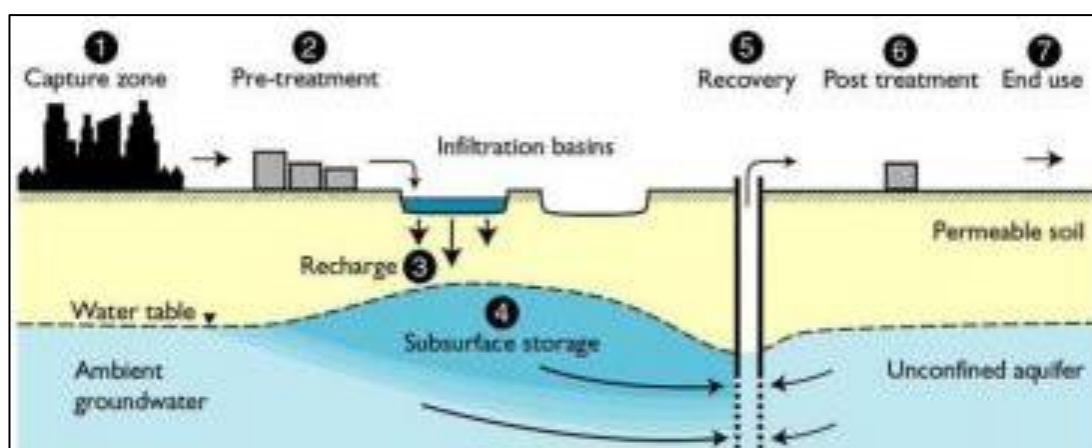
Obrázek 23: Dispoziční řešení využití tepla odpadních vod v rakouském Amstettenu (Bellò, 2012).



Obrázek 24: Detail použitého modulu kanalizačního výměníku ve stoce (Australian Energy Agency, 2014).

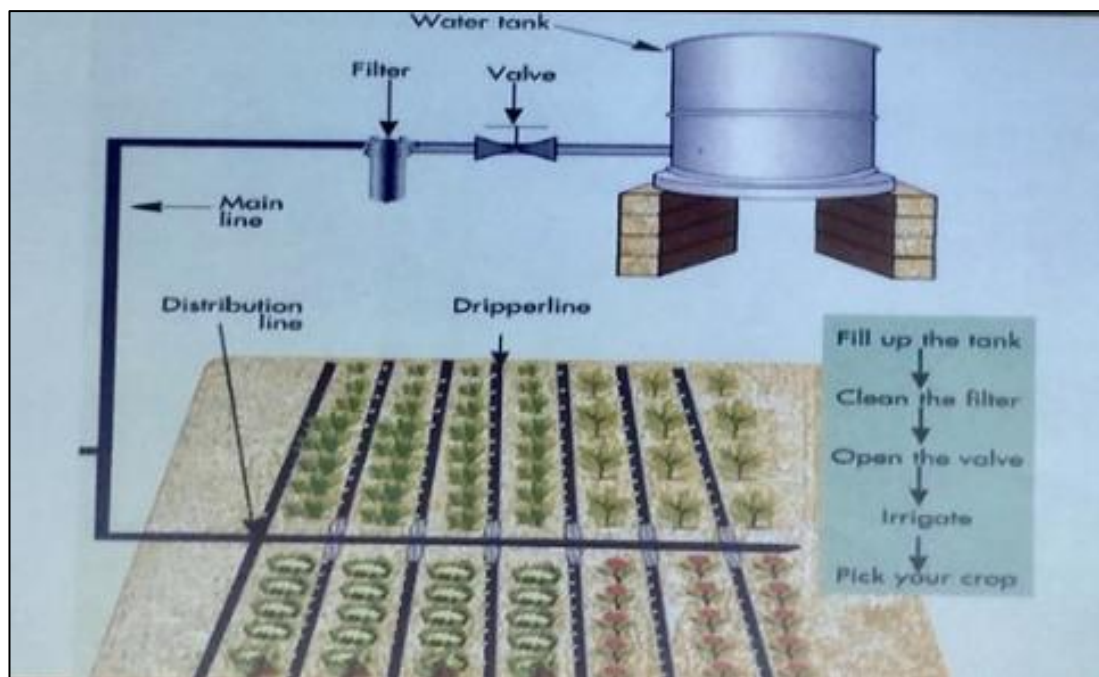
## Negev, Izrael

Před rokem 1969 byla drtivá většina odpadních vod v Izraeli odváděna do moře, po vybudování čistírny Shafdam však došlo přímo k revoluci v nakládání s odpadní vodou. Vyčištěné odpadní vody jsou odváděny potrubím do pouště Negev, což velmi pozitivně ovlivnilo rozvoj celé oblasti. Čištění odpadní vody zde probíhá pomocí technologie SAT - Sand Aquifer Treatment, která spočívá v tom, že se odpadní voda čistí za využití písečných dun jakožto filtru a přirozené podzemní zvodně jako rezervoáru vody. Dochází k účinnému odstraňování patogenů, dusíku, nerozpuštěných organických látek a většiny organických mikropolutantů. Účinnost systému závisí především na kvalitě zdrojové vody a místních hydrogeologických podmínkách. Výkon systému SAT lze zlepšit správným výběrem jeho umístění a vhodnou konstrukcí (Sharma, Kennedy, 2017). Vyčištěná odpadní voda však nadále může obsahovat některé toxické látky, zbytky antibiotik, antikoncepce apod. Zpočátku tedy bylo možné tuto vodu používat jen pro plodiny, které neslouží jako krmivo nebo potraviny. Po několika letech testování kvality vody bylo zjištěno, že metoda SAT představuje vynikající filtr a vyčištěná voda je použitelná i pro zalévání potravin a plodin určených jako krmivo. Nesmí se však používat jako voda pitná. Každoročně se využije cca 400 mil. m<sup>3</sup> odpadních vod. Lídrem v oblasti čištění vod je národní vodárenská společnost Mekorot, založená již v roce 1937 (Siegel, 2017).



Obrázek 25: Technologie SAT - Sand Aquifer Treatment (Sharma, Kennedy, 2017).





Obrázek 26: Kapková závlaha v Izraeli ([netafim.com](http://netafim.com), 2020).



## 4. METODIKA

Praktická část práce se zaměřila na znovu využití šedých vod v rodinném domě. Nejprve byla provedena analýza současného stavu hospodaření s vodou v rodinném domě, zahrnující určení počtu osob užívajících nemovitost a jejich chování v průběhu dne ve vztahu ke spotřebě vody. V dalším kroku následovala analýza objemu spotřebované pitné vody v období 2014 – 2018 na základě faktur zaslaných vodohospodářskou společností. Z uvedených ročních objemů spotřeby byla vypočtena denní spotřeba vody. Odhadem a součtovou metodou byl vypočten objem průměrné denní produkce šedé vody.

### Stanovení průměrné denní produkce šedé vody součtovou metodou

Výpočet na základě údajů z ČSN 75 6780 (tabulka 16)

Objem průměrné denní produkce šedé vody se stanoví podle vztahu

$$Q_{\text{prod}} = \sum_{i=1}^m q_{\text{prod},i} \cdot n_{\text{mj},i}$$

kde

$q_{\text{prod}}$  produkce šedé vody na měrnou jednotku a 1 den [l /d]

$n_{\text{mj}}$  počet měrných jednotek stejného druhu

$m$  počet druhů měrných jednotek

$$Q_{\text{prod}} = 57 \cdot 8 = 456 \text{ l/d} = 0,456 \text{ m}^3/\text{d}$$

Tabulka 16: Produkce šedé vody podle druhu budovy (ČSN 75 6780).

Druh budovy	Vybavení	Měrná jednotka (mj)	Produkce šedé vody na měrnou jednotku a 1 den ( $q_{\text{prod}}$ )
Rodinný dům	Koupelny	Obyvatel	31
	Kuchyně	Obyvatel	11
	Praní	Obyvatel	15

Průměrná denní produkce šedé vody na základě výpočtu činí 456 litrů.

### **Odhad objemu vyprodukované šedé vody**

Pro kalkulaci nákladů je brána spotřeba pitné vody pro rodinný dům ve výši 483 m<sup>3</sup>/rok. Nejprve je potřeba určit, jaké množství vody z tohoto objemu je možno zahrnout do objemu šedé vody, kterou je možné po vyčištění znovu využít. V tabulce 17 je uveden odhad množství spotřebované vody rozdělené dle účelu využití v rodinném domě. Největší množství připadá na splachování WC. Tuto vodu již nelze dále využít z důvodu velkého znečištění. K dalšímu využití po vyčištění je možno využít vodu ze sprch, van, umyvadel a praček. Podle údajů v tabulce 17 činí toto množství odhadem 242 m<sup>3</sup>/rok, resp. 662 l/den. Tudíž je zřejmé, že by toto množství znovu vyčištěné vody pokrylo potřebu vody na splachování WC v celé budově a na zalévání zahrady. Pro účel zálivky zahrady je třeba získat povolení pro vypouštění do podzemních vod dle NV 57/2016 Sb.

Odhad je proveden na základě metodiky společnosti Asio, s.r.o. (2012) pro určení průměrné denní spotřeby vody v domácnosti, průměrné denní spotřeby vody v domácnosti dle účelu využití podle British Standard BS 8525-1:2010 a především na osobní zkušenosti autorky a znalosti životního stylu osob v rodinném domě. Podle odhadu se denně vyprodukuje cca 662 litrů šedé vody.

*Tabulka 17: Odhad spotřeby vody v rodinném domě dle účelu využití (autorka, 2019).*

<b>Účel využití vody</b>	<b>Objem vody (m<sup>3</sup>/rok)</b>	<b>Možnost znovu využití šedé vody</b>	<b>Objem šedé vody (m<sup>3</sup>/rok)</b>	<b>Objem šedé vody (l/den)</b>
<b>WC</b>	148	NE	0	0
<b>Vany, sprchy</b>	147	ANO	147	402
<b>Pračky</b>	55	ANO	55	150
<b>Zahrada</b>	35	NE	0	0
<b>Umyvadla</b>	40	ANO	40	110
<b>Ostatní</b>	20	NE	0	0
<b>Myčky</b>	28	NE	0	0
<b>Pití, vaření</b>	10	NE	0	0
<b>Mytí auta</b>	0	NE	0	0
<b>Celkem</b>	483	-	242	662

Na základě vypočtené hodnoty průměrné denní produkce šedé vody byl zjištěn objem maximální denní produkce šedé vody.

### Stanovení maximální denní produkce šedé vody

Maximální denní produkce šedé vody je stanovena jako součin průměrné denní produkce a součinitele denní nerovnosti.

$$Q_d = Q_{prod} * k_d = 0,456 * 1,35 = 0,616 \text{ m}^3/\text{d} = \mathbf{616 \text{ l/d}}$$

kde

$Q_d$  maximální denní produkce šedé vody

$k_d$  součinitel denní nerovnosti

Maximální denní produkce šedé vody výpočtem činí 616 litrů. Tato vypočtená hodnota je nižší, než hodnota stanovená na základě odhadu (662 litrů). Dále je pracováno s nižší hodnotou zjištěnou výpočtem.

Celková denní produkce šedých vod v domácnosti není rozdělena rovnoměrně na celý den, ale vykazuje výkyvy, jak je uvedeno v tabulce 18. V tabulce 18 je uvedeno srovnání časového rozložení produkce šedé vody podle společnosti ASIO, s.r.o. a podle vlastních zkušeností autorky s danou konkrétní domácností. K nejvyšší produkci šedých vod dochází ráno a večer z důvodu ranní a večerní hygieny, v průběhu odpoledne jsou prováděny běžné domácí práce, úklid, mytí rukou a jiné. V dopoledních a nočních hodinách se produkce šedých vod blíží k nulovým hodnotám, jelikož se v této době obyvatelé nevyskytují doma, resp. spí.

Tabulka 18: Objem produkce šedých vod v průběhu dne (ASIO, spol. s r.o. a vlastní zkušenost autorky, 2019).

Časový interval	Procentní podíl denního objemu (%) (ASIO, spol. s r.o.)	Procentní podíl denního objemu (%) (autor)
6 hod do 9 hod	30	30
9 hod do 12 hod	15	0
12 hod do 18 hod	0	25
18 hod do 20 hod	40	30
20 hod do 23 hod	15	15
23 hod do 6 hod	0	0

Následovalo určení množství potřebné provozní vody na zalévání zahrady a splachování WC.

### Stanovení množství potřebné provozní vody

Denní potřeba provozní vody se určí ze vztahu

$$Q_{24} = q_{WC} * n + q_{zal} * A_{zal} + q_{tech}$$

kde

$q_{WC}$  specifická potřeba vody pro splachování toalet [l/(EO.d)]

$q_{zal}$  potřeba vody pro zalévání [l/(m<sup>2</sup>.d)]

$n$  počet měrných jednotek

$A_{zal}$  zalévaná plocha [m<sup>2</sup>]

$q_{tech}$  potřeba provozní vody pro jiné účely

$$q_{WC} = q_o * p$$

kde

$q_o$  objem jednoho spláchnutí toalety [l] (tabulka 20)

$p$  počet spláchnutí jednou osobou za 1 den (tabulka 19)

$$q_{WC} = 3 * 6 = 18 \text{ l/(EO.d)}$$

$$Q_{24} = 18 * 8 + 1 * 303 + 0 = \mathbf{447 \text{ l/d}}$$

kde

$$n = 8$$

$$q_{zal} = 1 \text{ [l/(m}^2\text{.d)]}$$

$$A_{zal} = 303 \text{ m}^2$$

Denní potřeba provozní vody je 447 litrů.

Tabulka 19: Počet použití záchodových a pisoárových mís (ČSN 75 6780).

Druh mísy a pohlaví uživatelů	Počet použití jednou osobou během dne podle druhu budovy					
	Bytové nebo rodinné domy	Studené koleje	Školy	Administrativní budovy	Maloobchodní prodejny	
					Zaměstnanci	Návštěvníci
Záchodové mísy pro muže, pokud jsou instalovány také pisoáry	-	-	0,7	1	1	0,17
Záchodové mísy pro muže, pokud nejsou instalovány pisoáry	6	4,42	1,5	4	4	1
Záchodové mísy pro ženy	6	4,42	1,5	4	4	1
Pisoárové mísy pro muže	-	-	1	3	3	0,83

Tabulka 20: Splachovací objemy pro záchodové mísy (dodací list výrobce).

Zařizovací předmět	Splachovací objem g0 (l)	
Záchodová mísa	Velké spláchnutí	Malé spláchnutí
	4	2

Tabulka 21: Potřeba vody pro zalévání nebo kropení (ČSN 75 6780).

Způsob použití	Jedno použití (l/m <sup>2</sup> )	Roční potřeba (l/(m <sup>2</sup> .rok))
Zalévání zahrady	1,0 <sup>1)</sup>	60 <sup>2)</sup>
Kropení hřišť	1,2	200
Kropení zeleně	1,0	80 - 200

1) Na plochu celé zahrady, i když se zalévá jen část

2) Předpoklad zalévání nebo kropení od dubna do září

Tabulka 22 zobrazuje požadované množství vyčištěné vody potřebné pro různé činnosti v domácnosti, pro které je předčištěná voda vhodná.

Tabulka 22: Množství požadované vyčištěné vody potřebné na činnosti v domácnosti (Asio, spol. s r.o., 2019).

Účel využití šedé vody	Německo (l/EO.d)
Splachování WC	25
Úklid	5
Závlaha	5
Pračka	13
<b>Celkem</b>	<b>48</b>

Porovnáním zjištěných hodnot objemu produkce šedé vody a objemu potřebné provozní vody bylo zjednodušeným způsobem posouzeno využití šedé vody.

### Posouzení využití šedé vody – zjednodušený způsob

Využití vyčištěné šedé vody je efektivní, pokud platí vztah

$$Q_{\text{prod}} \geq Q_{24}$$

kde

$Q_{\text{prod}}$  denní objem produkce šedé vody [l/d] .....456 l/d

$Q_{24}$  denní objem potřebné provozní vody [l/d] ..... 447 l/d

$$456 > 447$$

Produkce šedé vody pokryje potřebu provozní vody. Není nutné používat vodu dešťovou.

### Výběr velikosti bioreaktoru a nádrže na čistou vodu

Výběr velikosti bioreaktoru a nádrže na čistou vodu závisí na denní produkci šedé vody, na způsobu využití nemovitosti, na počtu obyvatel žijících v budově, na životním stylu obyvatel, na typu a stavu (úspornosti) používaného zařízení a spotřebičů. Nové úspornější zařízení, které je v rodinném domě používáno, spotřebuje méně vody než zařízení, které bylo pořízeno před desítkami let.

Pokud je průměrná denní produkce šedé vody v nemovitosti 456 litrů, měl by mít objem bioreaktoru a nádrže čisté vody minimální objem 456 litrů.

## **Výběr vhodného umístění a instalace čistírny odpadních vod**

Místo pro instalaci musí splňovat základní kritéria. Především musí být umístěné co nejnižší, aby sem mohla odpadní voda gravitačně stékat. Dalším předpokladem je ochrana před teplem a slunečním zářením, které by negativně ovlivňovaly procesy čištění. Existují dvě varianty umístění, vnitřní a venkovní instalace. Předpokladem pro vnitřní instalaci je existence podzemního podlaží (sklepa, garáže nebo technické místnosti) a možnost tam gravitačně šedé vody přivést. Vnitřní instalace se většinou upřednostňuje, její výhodou je menší technická náročnost a nižší finanční náklady (Asio, 2019). Z těchto důvodů byla v rodinném domě zvolena vnitřní instalace. Nástěnná jednotka RAINMASTER se umístí na stěnu technické místnosti v podzemním podlaží rodinného domu.

## **Zajištění přívodu elektřiny**

Dalším krokem je zajištění přívodu elektřiny do technické místnosti, kde bude jednotka umístěna. Potřebnou celkovou elektřinu lze určit jako součet spotřeb všech elektrických spotřebičů, které jsou v čistícím systému zapojeny. Ve vybraném systému AGUALOOP se jedná o tyto komponenty: dmychadlo, sací čerpadlo, proplachovací čerpadlo, čerpadlo pro čerpání vody do rozvodného systému, UV lampa a ozonizér. Dle zkušeností společnosti Asio, s.r.o. z realizací již fungujících zařízení se tato celková spotřeba elektřiny v klasickém rodinném domě pohybuje okolo 3kWh/m<sup>3</sup> vyčištěné šedé vody (Asio, 2019).

## **Stavební úpravy spojené s instalací čistírny odpadních vod**

Ze stavebního hlediska vyžaduje instalace čistírny odpadních vod zajistit v rodinném domě dvojí oddělené domovní rozvody kanalizace, dvojí oddělené domovní rozvody vody, vhodný prostor a rozvody elektroinstalace pro zařízení čistírny odpadních vod.

Vhodný prostor je k dispozici v podzemním podlaží rodinného domu. Potřebné rozvody vody, kanalizace a elektroinstalace, by byly provedeny v rámci plánované celkové rekonstrukce rodinného domu. Provádět stavební úpravy již existujícího domu pouze z důvodu instalace čistírny odpadních vod je z důvodu výše uvedených nutných stavebních zásahů neekonomické.

## **Dodavatelé domovních čistíren odpadních vod**

Časově nejnáročnější fází byl průzkum trhu s čistírnami odpadních vod pro rodinné domy v České republice a ve světě. Průzkum trhu probíhal převážně formou internetového vyhledávání informací o jednotlivých firmách a jejich nabídce. Poté proběhla analýza a syntéza zjištěných informací.

Přehled oslovených dodavatelů čistíren odpadních vod pro rodinné domy v České republice:

- ABPLAST, s.r.o., Litomyšl
- AQUATECH, spol. s r.o., Srbsko u Karlštejna
- ASIO, s.r.o., Brno
- Bazénplast, s.r.o., Turnov
- BLOWA, s.r.o., Hostivice
- BOCR trading, s.r.o., Planá nad Lužnicí
- DAX trade, s.r.o., Mošnov
- Ecocis, spol. s r.o., Bubovice u Karlštejna
- ENVI – PUR, s.r.o., Praha, Soběslav
- Hellstein, spol. s r.o., Kolín
- SINEKO engineering, s.r.o., Mošnov

## **Definice poptávky**

Následně byly vybrané firmy osloveny emailem, telefonicky, resp. online poptávkovým formulářem s přesně definovanou poptávkou domácí čistírny odpadních vod pro rodinný dům. Znění poptávky je uvedeno v poptávkovém formuláři na obrázku 27.



## POPTÁVKOVÝ FORMULÁŘ

\* - takto označené údaje jsou povinné

**Zaměření \***     projekční     stavební     dodavatelská     osobní zájem

Titul	Ing
Jméno	Milada
Firma	
Město	Praha 5
Telefon	
Příjmení	Lásková Dřebačová
Ulice	Tadrova 117
PSČ	156 00
E-mail	

Text poptávky

**Dobrý den,**  
 prosím o zaslání kompletní cenové nabídky na domovní čistírnu odpadních vod pro rodinný dům v Praze, 8 trvale žijících osob, vyčištěná voda bude využita na zálivku okrasné zahrady na přilehlém pozemku, splachování WC a další využití v podobě provozní vody.

**Vyberte materiál/y, které chcete poslat:**

cenovou nabídku (do textu poptávky prosím upřesněte typ výrobku)

"dwg" soubory (pro projektanty)

komplexní prospektovou nabídku (pro projektanty)

přeji si být informován(a) o nových výrobcích a vzdělávacích aktivitách

Souhlasím se zpracováním osobních údajů (viz. <http://www.aelo.cz/cz/ochrana-osobnich-udaju/>)

Obrázek 27: Poptávkový formulář domovní čistírny odpadních vod (asio.cz, 2019).

Po obdržení nabídek jednotlivých firem bylo potřeba tyto nabídky co nejvíce unifikovat, aby bylo možné jejich porovnání, tzn. do výsledné ceny čistírny odpadních vod byly u všech nabídek zahrnuty položky stejného charakteru. Nabídky byly analyzovány a porovnávány z hlediska použité technologie čištění, možností využití předčištěné vody a přístupu zástupce firmy. Faktor účelu využití předčištěné vody byl stanoven jako primární a nejvíce ovlivnil finální výběr čistírny.

Na závěr byla na základě výpočtu nákladů na vybranou čistírnu odpadních vod a odhadu úspor stanovena návratnost investice.

## 5. PRAKTICKÁ ČÁST

### 5.1 Návrh využití šedých vod v rodinném domě

#### 5.1.1 Popis nemovitosti

Nemovitost, pro kterou je navrhováno řešení využití šedé vody, je rodinný dům autorky bakalářské práce. Dům se skládá ze tří bytových jednotek. Byl postaven v roce 2006, kolaudační řízení proběhlo následně v roce 2007. Většina zařizovacích předmětů je původní z roku výstavby. Naopak spotřebiče jako pračka a myčka nádobí jsou pořízeny během posledních dvou let. Voda využívaná v nemovitosti pochází z místního veřejného vodovodu. K domu náleží menší zahrada s okrasnými rostlinami o rozloze 353 m<sup>2</sup>, na jejíž zálivku je rovněž využívána pitná voda z veřejné sítě.

Parcelní číslo: 1067/1

Obec: Praha

Katastrální území: Zbraslav

Číslo LV: 2606

Celková výměra: 560 m<sup>2</sup>

Výměra zastavěné plochy: 207 m<sup>2</sup>

Rok výstavby: 2006

Počet osob užívajících nemovitost: 8

Zařizovací předměty a spotřebiče využívající vodu:

Umyvadlo	5x
WC	5x
Bidet	1x
Kuchyňský dřez	3x
Myčka nádobí	3x
Pračka	3x

### 5.1.2 Bilance šedých vod - stávající stav

Rodinný dům je zásoben pitnou vodou od společnosti Pražské vodovody a kanalizace, a.s. Přehled ceny vody, spotřeby a plateb za období 2014 – 2018 je uveden v tabulce 23. Budova je napojena na jeden vodoměr, který se nachází v podzemním podlaží v místnosti garáže. Veškeré odpadní vody jsou odváděny do veřejné kanalizační sítě. Dešťová voda spadající na budovu i pozemek je zadržována na pozemku formou jímání do 3 vsakovacích jímek.

*Tabulka 23: Roční spotřeba pitné vody v rodinném domě (autorka, faktury vystavené společností Pražské vodovody a kanalizace, a.s., 2019).*

Období	Spotřeba (m <sup>3</sup> )	Cena 1 m <sup>3</sup>	Cena celkem včetně DPH
<b>2014</b>	311	75,84 Kč	23 586,24 Kč
<b>2015</b>	398	77,65 Kč	30 904,70 Kč
<b>2016</b>	459	85,18 Kč	39 097,62 Kč
<b>2017</b>	471	85,42 Kč	40 232,82 Kč
<b>2018</b>	483	87,39 Kč	42 209,37 Kč

Z tabulky 23 je patrné, že se jednotková cena pitné vody v Praze každý rok zvyšuje a trend je takový, že do budoucna se cena vody stále zvyšovat bude. Překvapivým údajem je stále se zvyšující spotřeba pitné vody, přestože je využíváno stále stejné zařízení koupelen a nové úspornější spotřebiče – pračka a myčka. Lze usuzovat, že tento trend zvyšující se spotřeby vody je způsoben vyšší záhlvkou zahrady během suchých letních období posledních let a také jiným složením osob obývajících budovu (jiný životní styl a čas strávený v budově) a zvýšením počtu bydlících osob o 2 osoby.

Tabulka 24 uvádí pro názornost vývoj ceny vodného a stočného v Praze v letech 1997 až 2020. Za uvedené období se cena vody zvýšila na téměř trojnásobek původní ceny. Cena vody je tvořena součtem nákladů spojených s jejím jímáním, dopravou, čištěním, uchováním, daní z přidané hodnoty určenou Ministerstvem financí České republiky a zbytek ceny tvoří zisk pro vodohospodářskou společnost. I v případě poklesu daně z přidané hodnoty je nepravděpodobné, že by do budoucna došlo k poklesu vynaložených nákladů nebo nižšímu zisku pro vodohospodářskou společnost.

Tabulka 24: Vývoj vodného a stočného v Praze v letech 1997 – 2020 (Pražské vodovody a kanalizace, a.s., 2019).

Období	Vodné	Stočné	Cena celkem včetně DPH
1997	14,18 Kč	10,30 Kč	24,48 Kč
1998	14,62 Kč	11,57 Kč	26,19 Kč
1999	16,81 Kč	13,14 Kč	29,95 Kč
2000	18,64 Kč	13,99 Kč	32,63 Kč
2001	19,77 Kč	15,33 Kč	35,10 Kč
2002	20,65 Kč	17,12 Kč	37,77 Kč
2003	20,72 Kč	17,85 Kč	38,57 Kč
2004	21,95 Kč	19,48 Kč	41,43 Kč
2005	22,79 Kč	19,96 Kč	42,75 Kč
2006	23,51 Kč	20,85 Kč	44,36 Kč
2007	26,74 Kč	22,93 Kč	49,67 Kč
2008	27,76 Kč	23,81 Kč	51,57 Kč
2009	28,54 Kč	24,47 Kč	53,01 Kč
2010	30,63 Kč	25,88 Kč	56,51 Kč
2011	34,39 Kč	26,00 Kč	60,39 Kč
2012	38,05 Kč	28,30 Kč	66,35 Kč
2013	43,02 Kč	31,33 Kč	74,35 Kč
2014	43,84 Kč	32,00 Kč	75,84 Kč
2015	44,71 Kč	32,94 Kč	77,65 Kč
2016 I. Q	44,14 Kč	34,86 Kč	79,00 Kč
2016 II. - IV. Q	46,75 Kč	38,43 Kč	85,18 Kč
2017	46,43 Kč	38,99 Kč	85,42 Kč
2018	48,30 Kč	39,09 Kč	87,39 Kč
2019	48,96 Kč	40,70 Kč	89,66 Kč
2020	50,92 Kč	43,17 Kč	94,09 Kč

## 5.2. Výsledky

### 5.2.1 Množství šedých vod produkovaných v nemovitosti

Tabulka 25 uvádí výsledky výpočtů průměrné denní produkce šedé vody, maximální denní produkce šedé vody a množství potřebné provozní vody v rodinném domě. Zároveň je zde uveden údaj objemu produkce šedé vody v rodinném domě určený na základě odhadu. Odhadované množství je vyšší než množství získané na základě výpočtu. Z uvedených výsledků vyplývá, že průměrná denní produkce šedé vody pokryje denní potřebu provozní vody. Není nutné používat vodu dešťovou.

*Tabulka 25: Množství šedých vod produkovaných v nemovitosti a množství potřebné provozní vody (autorka, 2020).*

Parametr	Objem (l/d)	Objem (m <sup>3</sup> /d)
<b>Průměrná produkce šedé vody</b>	456	0,456
<b>Maximální produkce šedé vody</b>	616	0,616
<b>Odhad průměrné produkce šedé vody</b>	662	0,662
<b>Množství potřebné provozní vody</b>	447	0,447

### 5.2.2 Návrh technického řešení

Tato část práce byla vytvořena především za podpory zástupců oslovených firem.

Při navrhování technického řešení je důležité znát hodnoty pro správné dimenzování čistírny šedých vod. Těmito hodnotami jsou:

- Objem vyprodukované šedé vody (tabulka 25)
- Objem vyčištěné vody, který bude v rodinném domě nebo na přilehlém pozemku využit - množství potřebné provozní vody (tabulka 25)

V tabulce 26 je uveden přehled typů zvolené čistírny odpadních vod AS - GW/AQUALOOP podle velikosti, resp. podle počtu ekvivalentních obyvatel využívajících čistírnu odpadních vod.

Tabulka 26: Typy čistíren odpadních vod podle počtu EO (Asio, s.r.o., 2019).

Typ ČOV	Počet EO	Maximální denní nátok (l/d)	Objem akumulace šedé vody (l)	Objem akumulace provozní vody (l)
AS-GW/AQUALOOP 6	6	300	300	300
AS-GW/AQUALOOP 12	12	600	600	600
AS-GW/AQUALOOP 18	18	900	900	900
AS-GW/AQUALOOP 24	24	1200	1200	1200
AS-GW/AQUALOOP 30	30	1500	1500	1500
AS-GW/AQUALOOP 36	36	1800	1800	1800
AS-GW/AQUALOOP 48	48	2400	2400	2400

Na základě výsledků výpočtů průměrné denní produkce šedé vody (tabulka 25) a údajů o čistírnách odpadních vod (tabulka 26), by měla být zvolena velikost čistírny odpadních vod určené pro 12 osob. Po konzultaci s odborníkem, zástupcem společnosti Asio, s.r.o. byla vybrána čistírna AS- /AQUALOOP 6 jako vhodná a velikostně dostačující. K této volbě bylo přistoupeno z hlediska ceny a především z hlediska velikosti nádrží vzhledem k velikosti technické místnosti rodinného domu, kde bude čistírna umístěna.

### 5.2.3 Nabídky firem

Tabulka 27 obsahuje údaje z nabídek firem, které reagovaly na zaslanoú poptávku čistírny odpadních vod. Z 11 oslovených firem jich odpovědělo a zaslalo nabídku 8, tudíž byla úspěšnost oslovení firem a obdržení nabídek 73 %.

Tabulka 27: Přehled nabídek čistíren odpadních vod od oslovených dodavatelů (autorka, 2020)

Dodavatel ČOV	Technologie	Účel využití zálivka	Účel využití splachování WC	Cena včetně 15% DPH
<b>ABPLAST, s.r.o.</b>	Mechanicko - biologické čištění	ANO	NE	61 736 Kč
<b>ASIO, s.r.o.</b>	Biologické čištění, membránový modul	ANO	ANO	122 820 Kč
<b>AQUATECH, spol. s r.o.</b>	Mechanicko – biologické čištění	ANO	NE	43 798 Kč
<b>Bazénplast, s.r.o.</b>	Mechanicko – biologické čištění	ANO	ANO	86 455 Kč
<b>DAX trade, s.r.o.</b>	Mechanicko – biologické čištění	ANO	ANO	53 587 Kč
<b>Ecocis, spol. s r.o.</b>	Mechanicko – biologické čištění	ANO	NE	34 385 Kč
<b>Hellstein, spol. s r.o.</b>	Mechanicko - biologické čištění	ANO	NE	125 400 Kč
<b>SINEKO engineering, s.r.o.</b>	Mechanicko - biologické	ANO	NE	58 138 Kč

Z tabulky 27 vyplývá, že všichni oslovení dodavatelé čistíren odpadních vod pro rodinné domy na českém trhu vyrábějí, resp. dodávají, čistírny odpadních vod fungujících na principu mechanicko – biologického čištění. Firma Asio, s.r.o. nabízí čistírnu s membránovým modulem. Z obdržených nabídek splňují požadavek na použití vyčištěné vody na splachování WC pouze 3 nabídky, a to nabídky od firem Asio, s.r.o., Bazénplast, s.r.o. a DAX trade, s.r.o. Ostatní dodavatelé zamítli možnost využití vyčištěné vody na použití jako vody provozní v domě. Na základě obdržených informací, telefonických konzultací a osobních setkání byla vybrána čistírna odpadních vod s membránovým modulem od firmy Asio, s.r.o. Přestože se jedná se o druhou nejdražší nabízenou čistírnu, byla tato varianta upřednostněna především pro své vedoucí postavení na trhu s čistírnami odpadních vod, počet již realizovaných zakázek, ochotu a vstřícnost zástupce firmy v zodpovídání dotazů a důvěryhodnost firmy. Dále výběr ovlivnila používaná technologie s membránami. Princip a výhody membránové filtrace jsou popsány v kapitole 5.2.5 Zvolená čistírna odpadních vod.

## 5.2.4 Kalkulace nákladů, návratnost

Vzhledem ke skutečnosti, že by případná instalace čistírny šedých vod probíhala v rámci celkové rekonstrukce rodinného domu, nebude se tato kalkulace nákladů týkat nákupu nových zařizovacích předmětů. Ty by byly zakoupeny nové i v případě samotné rekonstrukce domu, která by nezahrnovala čistírnu odpadních vod. Kalkulace vyčísluje pouze náklady na technologie čistírny odpadních vod bez dopravy (dopravu nabízela téměř polovina oslovených firem zdarma v rámci realizace čistírny odpadních vod na klíč). Toto opatření bylo nutné především z důvodu, aby bylo možné co nejlépe porovnat obdržené nabídky dodavatelů. Stavební náklady jsou stanoveny odhadem. Na čistírnu odpadních vod je možné obdržet příspěvek z právě probíhajícího národního programu Životní prostředí - Výzva č. 12/2017: Dešťovka II, jehož výše a podmínky získání podrobně popisuje kapitola 6. Diskuze.

### Vyčíslení celkových nákladů

Náklady na stavební materiál a práce byly stanoveny odhadem. Všichni z oslovených dodavatelů čistíren odpadních vod odmítli sdělit odhad těchto nákladů bez vypracování konkrétního projektu a posouzení situace na místě realizace. Po konzultaci se stavebním inženýrem vykonávajícím stavební dozor staveb rodinných domů byly nejnižší možné náklady na práci a materiál stanoveny ve výši 200 000 Kč. Celková kalkulace nákladů na čistírnu odpadních vod je uvedena v tabulce 28.

Tabulka 28: Kalkulace nákladů na čistírnu odpadních vod (autorka, 2020).

Položka	Cena
Čistírna odpadních vod	123 000 Kč
Stavební práce a materiál	200 000 Kč
Ostatní náklady (projekt, žádost)	25 000 Kč
<b>Náklady celkem</b>	<b>348 000 Kč</b>

Pro srovnání je v tabulce 29 uvedena cenová kalkulace na čistírnu odpadních vod dodavatele Greywater & Wastewater Industry Group v australském městě Perth. Ceny jsou pouze orientační, vždy záleží na posouzení konkrétní situace, domu i pozemku, a bez nákladů na dopravu. Ceny jsou uvedeny v australských dolarech.



Dle kurzu vyhlášeného Českou národní bankou ke dni 31.1.2020  
1 AUD = 15,285 Kč.

*Tabulka 29: Příklad cenové kalkulace na čistírnu odpadních vod dodavatele Greywater & Wastewater Industry Group v australském městě Perth (Mars, 2020).*

Položka	Cena
Prodejní cena čistírny	\$8 000 – 10 000
Instalace čistící jednotky	\$1 500 – 4 000
Instalatérské zařízení	\$400 – 2 000
Instalatérské rozvody	\$750 – 1 500
Poplatky	\$240
Příprava žádosti	\$100 - 500
<b>Celkem</b>	<b>\$10 990 – 18 240</b>
<b>Celkem v Kč</b>	<b>167 982 – 278 798 Kč</b>

### **Odhad budoucích úspor**

Odhad budoucích cen pitné vody byl stanoven na základě výpočtu takto:

- Výchozí hodnoty pro výpočet jsou hodnoty ceny vody v Praze dodávané společnostmi Pražské vodovody a kanalizace, a.s. v letech 2010 a 2020.
- Výpočet průměrného ročního zvýšení ceny vody během let 2010 - 2020:  
 $^{10}\sqrt{\text{cena vody v roce 2020/cena vody v roce 2010}}$ ,
- $^{10}\sqrt{(94,09/56,51)} = 1,05230544$  ...cena vody průměrně roste každý rok o 5,23%
- Výpočet cen vody v následujících letech:  
cena vody v předcházejícím roce \* 1,0523

Odhad budoucích úspor nákladů na pitnou vodu v rodinném domě byl proveden na základě výpočtu úspor v jednotlivých letech.

- Výpočet úspory v daném roce:  
objem šedé vody v daném roce (m<sup>3</sup>) \* cena vody v daném roce
- Výpočet úspor za celé období:  
 $\Sigma$ úspory v jednotlivých letech 2020 – 2035 = 377 496,48 Kč

Z tabulky 30 je zřejmé, že cena pitné vody bude i nadále růst geometrickou řadou.

Tabulka 30: Odhad budoucích úspor (autorka, 2020).

Rok	Úspora vody za celé období (m <sup>3</sup> )	Cena vody v daném roce včetně DPH (Kč/m <sup>3</sup> )	Úspora v daném roce (Kč)	Úspora za celé období (Kč)
2020	166,44	94,09	15 660,34	15 660,34
2021	332,88	99,01	16 479, 46	32 139, 80
2022	499,34	104,19	17 341,43	49 481, 23
2023	665,76	109,64	18 248, 48	67 729, 70
2024	832,20	115,37	19 202, 97	86 932, 67
2025	998,64	121,41	20 207, 39	107 140, 07
2026	1 165,08	127,76	21 264,35	128 404,41
2027	1 331,52	134,44	22 376,59	150 781,00
2028	1 497,96	141,47	23 547,01	174 328,01
2029	1 664,40	148,87	24 778,64	199 106,65
2030	1 830,84	156,66	26 074,70	225 181,35
2031	1 997,28	164,86	27 438,55	252 619,90
2032	2 163,72	173,48	28 873,74	281 493,64
2033	2 330,16	182,55	30 383,99	311 877,63
2034	2 496,60	192,10	31 973,24	343 850,86
2035	2 663,04	202,15	33 645,61	377 496,48

### Návratnost vložených investic

Je-li objem nutných investic na pořízení čistírny odpadních vod ve výši 348 000 Kč a úspory stanoveny výpočtem (tabulka 30), bude návratnost vložených investic v délce 15 let. Pokud bude kladně vyřízena žádost o dotaci na čistírnu odpadních vod z národního programu Životní prostředí – Výzva č. 12/2017: Dešťovka II v maximální možné výši 105 000 Kč, sníží se délka návratnosti vložených prostředků z 15 let na 11 let.

K návratnosti investice dochází tehdy, pokud platí:

(celkové úspory - celkové náklady na investici) > 0

V roce 2035 bude platit vztah: úspory 377 496,48 Kč-348 000,00 Kč = 29 496,48 > 0

### 5.2.5 Zvolená čistírna odpadních vod

Ze všech obdržených nabídek byla vybrána domovní čistírna odpadních vod se systémem AS- GW/AQUALOOP 6 dodávaná firmou Asio, s.r.o.

#### **Čistírna odpadních vod AS-GW/AQUALOOP**

Čištění odpadních vod probíhá tak, že odpadní šedá voda natéká přes filtr mechanických nečistot do reaktoru. V reakční nádrži se voda biologicky čistí. Je zde upevněn membránový modul, v jehož spodní části je umístěn aerační systém. Nad membránovým modulem se nachází čerpadlo, které pod tlakem odsává vodu přes membrány a odvádí již vyčištěnou vodu do akumulární nádrže. Voda z této akumulární nádrže je čerpána do systému rozvodu vody užitkové. Reakční nádrž je opatřena havarijním přepadem. V případě nedostatečného množství vyčištěné šedé vody je možné tento systém doplňovat pitnou vodou dodávanou z veřejného vodovodu (asio.cz, 2019).

#### Princip membránové filtrace

Membránové systémy umožňují fyzikální desinfekci vody na základě síťové filtrace organismů, které jsou větší, než je velikost pórů membrán. Menší částice prochází membránou do čisté vody nebo permeátu. Určení velikosti pórů a jejich rozložení na povrchu membrány je důležitým faktorem pro účinnost odstranění mikroorganismů. Protože primárním účelem ultrafiltrace je zadržení makromolekul, je velikost pórů membrány v rozmezí 0,10 – 0,01  $\mu\text{m}$ , zadržuje viry, které obvykle mají velikost 10 – 100 nm. Bakterie s průměrnou velikostí 1 – 10  $\mu\text{m}$  jsou na membráně také bez problému zadrženy. Mikrofiltrace s velikostí pórů 0,2 - 1,0  $\mu\text{m}$  je schopna zachytit malé bakterie jako je *Pseudomonas diminuta*, viry ale propouští. Transmembránový tlak, který je hnací silou v ultrafiltraci a mikrofiltraci, se pohybuje v rozmezí -0,5 bar až 3,5 bar. Negativní tlak (podtlak nebo vakuum) je aplikován v ponorných systémech, ve kterých jsou membrány ponořeny v nádrži s vodou a čerpadlo vytvářející podtlak je umístěno na straně permeátu. Tato konfigurace je běžná v aplikacích s vysokým obsahem nerozpuštěných látek, které v nádrži mohou sedimentovat a nezatěžují proto tolik membrány, jako např. membránové bioreaktory pro čištění odpadních vod. V zásadě platí, že tlak v membránové filtraci se zvyšuje se snižující se velikostí pórů membrán, kvůli vyššímu odporu membrán (Asio, 2019).

Výhodou je i malá zastavěná plocha membránové technologie v porovnání s konvenčními metodami.

#### Výhody membránové filtrace Asio

- Automatický provoz, snadná obsluha
- Stabilní kvalita filtrátu i při kolísání kvality vstupní vody
- Minimální provozní náklady
- Účinnost procesu
- Flexibilita – možnost předúprav vstupní vody podle typu a kvality zdroje vody k odstranění některých typů kontaminantů (např. Fe, Mn, As)
- Šetrné k životnímu prostředí
- Menší instalační rozměry zařízení
- Nemění chemické složení vody
- Vysoká chemická a mechanická odolnost materiálu membrán

Technologie čistírny se skládá z těchto částí:

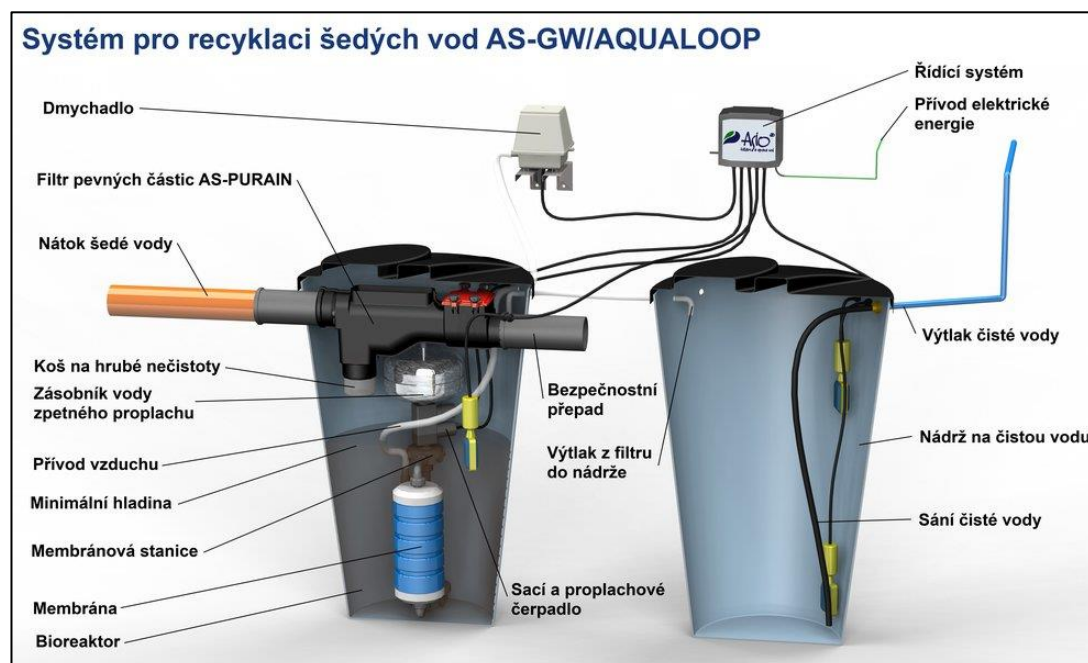
- Nádrž reaktoru šedé vody
- Nádrž akumulace předčištěné šedé vody
- Řídicí systém čistírny šedých vod AS-AQUALOOP
- Dmychadlo
- Plně automatická provozní a monitorovací jednotka s čerpadlem pro předčištěné šedé vody AS-RAINMASTER ECO 10

Hodnoty účinnosti čištění sledovaných parametrů jsou uvedeny v tabulce 31.

Tabulka 31: Účinnost čištění čistírny odpadních vod AS-GW/AQUALOOP (Asio, s.r.o., 2019)

Sledovaný parametr	Limitní hodnota (nařízení EU o pitné vodě)	Po filtraci pomocí AS-GW/AQUALOOP
E. coli	0/100 ml	0/100 ml
Enterokoky	0/100 ml	0/100 ml
Koliformní bakterie	0/100 ml	0/100 ml
Koliformy při 22°C	100/ml	0/ml
Koliformy při 35°C	100/ml	0/ml
Pseudomonas Aeruginosa	-	0/100 ml
Celkový uhlík	-	2,8/100 ml
pH	9,5	10,36
Vápník	-	22,4 mg/l
Hořčík	-	< 0,5 mg/l
Vodivost při 25°C	2790 $\mu\text{s}/\text{cm}$	215 $\mu\text{s}/\text{cm}$
Měď	2mg/l	0,008 mg/l

Schéma systému AS-GW/AQUALOOP je znázorněno na obrázku 28.



Obrázek 28: Systém pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP (Asio, s.r.o., 2019).



Obrázek 29: Příklad umístění čistírny odpadních vod ve sklepních prostorech (Asio, s.r.o., 2019).

## 6. DISKUZE

Jak motivovat a přimět vlastníky objektů k tomu, aby si pořídili domovní čistírny odpadních vod a využívali šedou vodu? Je patnáctiletá, resp. jedenáctiletá návratnost investice do domovní čistírny odpadních vod motivující? V současnosti jsou ceny pitné vody v České republice ještě na úrovni, kdy není vyvíjen dostačující ekonomický tlak na čištění odpadních vod a jejich znovu využití. Rovněž zdroje vody jsou zatím veřejností vnímány jako neohrožené a nevyčerpatelné (Dostál, 2017).

Z těchto důvodů je třeba vyvinout maximální úsilí státu v informování a seznamování obyvatel s prognózami vývoje stavu vodních zdrojů a budoucím růstem ceny pitné vody. Například v Izraeli, jedné z nejsušších oblastí na světě, jsou s nutností šetřit vodou seznamovány již děti v mateřských a základních školách. Pro každého odběratele vody je stanovena maximální možná spotřeba vody. Jakmile dojde k překročení této dané spotřeby, pak je jednotková cena vody mnohonásobně vyšší než základní tarif (Charny, 2017). Široká veřejnost musí být pravidelně a opakovaně informována o problémech změn klimatu a změně vodního cyklu, varována před rizikem nedostatku vody a její stoupající cenou a na druhé straně ubezpečena, že existují finančně a ekologicky výhodná řešení, která stát podporuje, například formou dotací z národních programů (Česká rada pro šetrné budovy, aliance Šance pro budovy, 2019). Je třeba změnit zvyklosti lidí při využívání přírodních zdrojů.

Největších úspor a nejrychlejší návratnosti vložených investic ze znovu využití šedých vod lze dosáhnout tam, kde je jejich nejvyšší produkce a kde je nejvyšší potřeba provozní vody. Jedná se především o objekty hotelů, wellness center, rekreačních areálů, studentských kolejí, bazénů apod. U rodinných domů je návratnost vynaložených investic pomalejší. Pořízení čistírny šedých vod je spojeno s velkým stavebním zásahem do budovy, jedná se o investici v řádu statisíců korun, proto je výhodné spojit pořízení domovní čistírny odpadních vod s celkovou rekonstrukcí objektu. Nejlepším řešením je navrhnout čistírnu šedých vod již v projektu nové budovy (Plotěný, 2011).

Dalším způsobem, jak zvýšit počet nově budovaných domovních čistíren odpadních vod, je, kromě dotací od státu, zakotvení hospodaření s šedou vodou do legislativy. Především chybí definice užitkové vody a účely jejího využití v zákoně č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a příslušné vyhlášce k tomuto zákonu. Dále je v rámci navrhovaného nového stavebního zákona řešeno hospodaření

s vodou, od zásobování, odvádění, akumulaci, čištění odpadních vod až po jejich využití. Bez splnění těchto podmínek hospodaření s vodou nesmí být stavba povolena. Do budoucna zavést celoplošnou povinnost hospodařit s dešťovou a šedou vodou včetně umístění zelených střech pro určité typy novostaveb a renovací. Dalšími opatřeními pro zvýšení motivace v šetrném hospodaření s vodou mohou být opatření ekonomického charakteru, např. zvýhodněná sazba daně z nemovitosti nebo zkrácení odpisové doby u podnikatelů (Česká rada pro šetrné budovy, aliance Šance pro budovy, 2019).

Dále je podrobně charakterizován národní program Životní prostředí - Výzva č. 12/2017: Dešťovka II, jako forma právě probíhající finanční podpory státu při využívání šedé vody.

Ve druhém kole dotačního programu Dešťovka mají majitelé rodinných, bytových a nově i rekreačních domů příležitost získat příspěvek od státu až do výše 105 000 Kč (max. 50 % z celkových výdajů) na využití vyčištěné odpadní vody jako vody užitkové, s možností kombinace s vodou dešťovou. Státní fond životního prostředí ČR vyčlenil na tento program částku 340 milionů Kč. Program byl spuštěn dne 7. 9. 2017 a stále probíhá.

Základní informace o programu:

- Fixní výše dotace se pohybuje od 20 000 Kč do 60 000 Kč podle zvolené technologie
- Příspěvek 3 500 Kč za každý metr krychlový nádrže.
- Minimální velikost nádrže musí být 2 m<sup>3</sup>
- Dotace se vztahuje na nákup zařízení, instalaci, zemní práce a vybudování rozvodů.
- Příspěvek 10 tisíc Kč na úhradu nákladů na projektovou dokumentaci u projektů zaměřených na čištění odpadních vod

Podle vyjádření mluvčí Státního fondu životního prostředí Lucie Früblingové (květen 2019) registroval Státní fond životního prostředí 4 444 vyřízených žádostí o dotaci z programu Dešťovka, z toho bylo více než tisíc žádostí podáno od začátku roku 2019. Dalších více než 3 000 žádostí je evidováno ve fázi rozpracované. Největší zájem je o sběr srážkové vody pro zálivku zahrady, naopak nejmenší zájem je o předčištění odpadní vody (SFŽP ČR, 2020).



První výzva programu Dešťovka byla zahájena 29. 5. 2017 a po velkém zájmu občanů se kapacita prostředků vyčerpala již po 28 hodinách od spuštění. „Celkem lidé podali 2 279 žádostí a dalších 3 260 žádostí za 74 437 251 Kč zůstalo rozpracováno“ sdělil ředitel SFŽP ČR Petr Valdman. Největší zájem byl o nádrže na zachytávání dešťové vody pro splachování WC a zálivku zahrady (SFŽP ČR, 2020).

Výsledky prvního kola programu Dešťovka jsou uvedeny v tabulkách 32 a 33. Tabulka 32 znázorňuje poskytnutí dotací prvního kola programu Dešťovka podle účelu využití. Nejvíce podaných žádostí o poskytnutí dotace bylo za účelem akumulace srážkové vody pro zálivku zahrady a splachování WC. Nejmenší zájem byl o dotaci na využití předčištěné odpadní vody pro splachování WC a zálivku bez využití srážkové vody.

*Tabulka 32: Výsledky prvního kola programu Dešťovka podle účelu využití (SFŽP ČR, 2020).*

Účel	Počet žádostí	Výše dotace
Akumulace srážkové vody pro zálivku zahrady	368	11 840 532 Kč
Akumulace srážkové vody pro splachování WC a pro zálivku zahrady	1 707	78 865 669 Kč
Využití přečištěné odpadní vody pro splachování WC a případně pro zálivku bez využití srážkové vody	48	3 936 300 Kč
Využití přečištěné odpadní vody pro splachování WC a případně pro zálivku s využitím srážkové vody	156	15 412 350 Kč
<b>Celkem</b>	<b>2 279</b>	<b>110 054 851 Kč</b>

Tabulka 33: Výsledky prvního kola programu Dešťovka podle krajů (SFŽP ČR, 2020).

Kraj	Počet žádostí	Výše dotace
Jihomoravský	373	17 175 097 Kč
Jihočeský	82	3 824 144 Kč
Královéhradecký	137	6 575 684 Kč
Vysočina	95	4 628 050 Kč
Karlovarský	32	1 635 750 Kč
Liberecký	84	4 485 450 Kč
Olomoucký	118	5 654 125 Kč
Moravskoslezský	241	12 580 048 Kč
Pardubický	145	7 135 790 Kč
Plzeňský	109	5 140 583 Kč
Středočeský a Praha	588	27 689 369 Kč
Ústecký	131	6 113 811 Kč
Zlínský	144	7 416 950 Kč
<b>Celkem</b>	<b>2 279</b>	<b>110 054 851 Kč</b>

V tabulce 33 je zachycen počet žadatelů o dotaci podle místa bydliště. Z tohoto pohledu byl v prvním kole programu Dešťovka největší zájem o dotace ve Středočeském kraji a Praze (588 žadatelů), dále následoval Jihomoravský kraj s počtem 373 žádostí. Jedná se o kraje s nejvyšším počtem obyvatel a zároveň o kraje s nejvyšším počtem nové výstavby.

Z údajů uvedených v tabulkách 32 a 33 vyplývá, že je zájem obyvatel o znovu využívání šedé vody stále nízký a je třeba více informovat o možnostech recyklace odpadních vod ze strany státu.

## 7. ZÁVĚR

Ve světovém měřítku je využívání šedých vod v určitých oblastech zavedenou a běžnou praxí. Jedná se především o země, kde je cena vody vysoká nebo o země s omezenými zdroji vody. V České republice je čištění a znovu využití šedých vod stále využíváno v malém množství ve srovnání s vyspělými státy Evropské unie. Čištění odpadních vod se vzhledem ke snižujícím se zásobám pitné vody, suchým obdobím posledních několika let a rostoucí ceně pitné vody, stává nezbytnou činností současného života. Opětovné využití vyčištěné odpadní vody v České republice zatím není omezeno žádným zákonem, vyhláškou ani předpisem. Stát podporuje výstavbu čistíren odpadních vod pro rodinné, bytové a rekreační budovy formou dotací z národního programu Životní prostředí - Výzva č. 12/2017: Dešťovka II. Vzhledem k dlouholeté návratnosti vložených investic (15 let pro rodinný dům), která vlastníky domů příliš nemotivuje pořizovat si čistírny odpadních vod, je potřeba obyvatele České republiky neustále vzdělávat a učit trvale udržitelnému chování. To znamená, že je nutné spravovat zdroje vody a energie odpovědně a minimalizovat jejich spotřebu. Využití odpadních vod je jedním z těchto způsobů.

Koncepce využití odpadní vody v místě jejich vzniku rovněž snižuje energii a náklady na jímání, čištění, akumulaci a rozvod pitné vody a sběr a čištění odpadní vody. Díky této koncepci nejsou v takovém množství zatěžovány čistírny odpadních vod, potažmo vodní recipienty a příslušné vodní ekosystémy.

## Seznam použité literatury

### Odborné publikace

- ABDEL-SHAFY, H. I., AL-SULAIMAN, A. M., MANSOUR, M. S., 2015: Anaerobic/aerobic treatment of greywater via UASB and MBR for unrestricted reuse. *Water Science and Technology*, 71, 630-637.
- AL-HAMAIIEDEH, H., BINO, M., 2010: Effect of treated grey water reuse in irrigation on soil and plants. *Desalination*, 256, 115-119 s.
- AL-JAOUSI, O. R., 2003: Greywater reuse: towards sustainable water management. *Desalination*, 165, 181-192 s.
- AL-MUGHALLES, M. H., RAHMAN, R. A., SUJA, F. B., MAHMUD, M., JAHIL, N. A., 2012: Household greywater quantity and quality in Sana'a, Yemen. *EJGE*, 17, 1025-1034 s.
- ALDERLIESTE, M. C., LANGEVELD, J. G., 2005: Wastewater planning in Djenne, Mali. A pilot project for the local infiltration of domestic wastewater. *Water Science and Technology*, 51, 57- 64 s.
- AONGHUSA, C. N., GRAY, N. F., 2002: Laundry detergents as a source of heavy metals in Irish domestic wastewater. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 37, 1 - 6 s.
- ATANASOVA, N., DALMAU, M., COMAS, J., POCH, M., RODRIGUEZ-RODA, I., BUTTIGLIERI, G., 2017: Optimized MBR for greywater reuse systems in hotel facilities. *Journal of Environmental Management*, 193, 503-511.
- BÁBÍČEK, R., BERNARD, J., HARCINÍK, F., HOŠEK, V., KRÁL, P., KUČERA, J., MLEJNSKÁ, E., POLÁK, Z., PROCHÁZKA, J., PROCHÁZKOVÁ, L., STRNAD, Z., SÝKORA, P., TEBICHOVÁ, K., VILÍMEC, J., WANNER, F., ZELENÝ Z., 2018: Příručka provozovatele čistírny odpadních vod, 3. Vydání, 296 s.
- BARTONÍK, A., HOLBA, M., PLOTĚNÝ, K., PALČÍK, J., 2012 a): Znovuvyužití šedých a dešťových vod v budovách. *Sborník konference Pitná voda 2012, České Budějovice*, 315 – 320 s.
- BARTONÍK, A., HOLBA, M., VRÁNA, J., OŠLEJŠKOVÁ, M., PLOTĚNÝ, K., 2012 b): Šedé vody – možnosti využití jejich energetického potenciálu a způsob jejich čištění a znovuvyužití. *Vodní hospodářství*, 2, 60 – 65 s.
- BARTONÍK, A., 2014: AS-GW/AQUALOOP – ta správná vodní smyčka od firmy ASIO (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/10898-as-gw-aqualoop-ta-spravna-vodni-smycka-od-firmy-asio>>.
- BELLÒ, B., 2012: Heat pumps systems from Clivet for year around complete comfort, *The REHVA. European HVAC Journal*, 49, 57 – 60 s.
- BERÁNKOVÁ, M., VOLOŠINOVÁ, D., STEJSKALOVÁ, L., ČEJKOVÁ, E., 2017: V ČR se začalo využívání tzv. šedých vod skloňovat ve všech pádech, *VÚV TGM, v.v.i.*
- BIELA, R., 2011: Kvalita šedých vod a možnost jejich využití, *Ústav vodního hospodářství obcí FAST VUT Brno* (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>>.
- BIRKS, R., COLOBOURNE, S., HOBSON, R., 2004: Microbiological water quality in a large in- building, water recycling facility *Wat. Sci. Tech.*, 50(2), 165-172 s.

- BIRKS, R., HILLS, S., 2007: Characterisation of indicator organisms and pathogens in domestic greywater for recycling. *Environmental Monitoring and Assessment*, 129, 61-69 s.
- BOYJOO, Y., PAREEK, V. K., ANG, M., 2013: A review of greywater characteristic and treatment processes. *Water Science and Technology*, 67, 1403 – 1424 s.
- CASANOVA, L. M., GERBA, C. P., KARPISCAK, M., 2001a): Chemical and Microbial Characterization of Household Greywater. *Journal of Environmental Science and Health. Part A. Ročník 36. Číslo 4.*
- CASANOVA, L. M., GERBA, C. P., KARPISCAK, M., 2001b): Chemical and Microbial Characterization of Household Greywater. *Journal of Environmental Science and Health. Part A. Toxic / Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 34, 395-401 s.
- CHAILLOU K., GÉRENTE C., ANDRES Y. [eds], 2011: Bathroom Greywater Characterization and Potential Treatments for Reuse. *Water, Air & Soil Pollution. Ročník 215. Číslo 1.*
- CHARNY, A., 2017: Izrael: Světová velmoc v hospodaření s vodou a vodohospodářských technologií, Ministerstvo zahraničních věcí státu Izrael, Odbor médií a práce s veřejností, velvyslanectví státu Izrael v České republice, 6 s.
- CHONG, B., 2005: Implementation of an urban pilot scale ecological sanitation wastewater treatment systém in Kuching Sarawak, Malaysia vol. No. UEMS\_TEC\_20\_45. *Natural Resources and Environment Board Sawarak, Malaysia.*
- DALAHMEH, S. S., PELL, M., VINNERAS, B., HYLANDER, L. D., OBORN, I., JONNISON, H., 2012: Efficiency of bark, activated charcoal, foam and sand filters in reducing pollutants from greywater. *Water, Air and Soil Pollution*, 223, 3657 – 3671.
- DALLAS, S., HO, G., 2005: Subsurface flow reedbeds using alternative media for the treatment of domestic greywater in Monteverde Costa Rica, Central America. *Water Science and Technology*. 52, 119-128 s.
- DALLAS, S., SCEFFE, B., HO, G., 2004: Reedbeds for greywater treatment – case study in Santa Elena – Monteverde, Costa Rica, Central America. *Ecological Engineering. Elsevier*, 23, 55-61 s.
- DE GISI S., CASELLA P., NOTARNICOLA M. [eds], 2016: Grey water in buildings: a mini – review of guidelines, technologies and case studies. *Civic Engineering and Environmental Systems. Ročník 33. Číslo 1.*
- DE SENA, N., 2006: Public opposition sidelines indirect potable reuse projects. *Water and Environment Technology*, 1999, 11-16 s.
- EDWIN, G. A., GOPALSAMY, P., MUTHU, N., 2014: Characterization of domestic grey water from point source to determine the potential for urban residential reuse: a short review. *Applied Water Science*, 4, 39-49 s.
- ELMITWALLI, T. A., SHALABI, M., WENDLAND, C., OTTERPOHL, R., 2007: Grey water treatment in UASB reactor at ambient temperature. *Water Science and Technology*, 55, 173-180 s.
- ERIKSSON, E., AUFFARTH, K., EILERSEN, A. M., HENZE, M., LEDIN, A., 2003: Household chemicals and personal care products as sources for xenobiotic organic compounds in grey wastewater. *Water SA*, 29, 135 – 146 s.
- FARAQUI, N., AL – JAYYOUSI, O., 2002: Greywater reuse in urban agriculture for poverty alleviation. A case study in Jordan. *Water International*, 27, 387- 394 s.

- FATTA – KASSINOS, D., KALAVROUZIOS, I. K., KOUKOULAKIS, P. H., VASQUEZ, M. I., 2011: The risks associated with wastewater reuse and xenobiotics in the agroecological environment. *Sci Total Environ*, 409, 3555 – 3563.
- FINLEY, S., BARRINGTON, S., LYEW, D., 2009: Reuse of domestic greywater for the irrigation of food crops. *Water Air Soil Poll*, 199, 235 – 245 s.
- FRIEDLER, E., YARDENI, A., GILBOA, Y., ALFIYA, Y., 2011: Desinfection of greywater effluent and regrowth potential of selected bacteria. *Water Science and Technology*, 63, 931-940.
- GILBOA, Y., FRIEDLER, E., 2008: UV disinfection of RBC – treated light greywater effluent: kinetics, survival and regrowth of selected microorganisms. *Water Research*, 42, 1043-1050.
- GROSS, A., 2008: Reliability of small scale greywater treatment systems and the impact of its effluent on soil properties. *International Journal of Environmental Studies*, 65, 41 – 50 s.
- GROSS, A., SHMUELI, O., RONEN, Z., RAVEH, E., 2007: Recycled vertical flow constructed wetland – a novel method of recycling greywater for irrigation in small communities and households. *Chemosphere*, 66, 916 – 923.
- HALALSHEH, M., DALAHMEH, S., SAYED, M., SULEIMAN, W., SHAREEF, M., MANSOUR, M., SAFI, M., 2008: Grey water characteristics and treatment options for rural areas in Jordan. *Bioresource Technology*, 99, 6635-6641.
- HARINDRA, C., 2001: Appropriate disposal of sewage in urban and suburban Sri Lanka. UK. University of Leeds.
- HERNANDEZ LEAL, L., TEMMINK, H., ZEEMAN, G., BUISMAN, C., 2010: Comparison of three systems for biological greywater treatment. *Water*, 2,
- 155- 169 s.
- HYÁNEK, L., BODÍK, I., 2002: Špecifiká domových čistiarní odpadových vôd. In: Bodík, I. (Ed.): Sborník ze semináře Domové čistiarné odpadových vôd. Trenčín, 8-21 s.
- HNÁTKOVÁ, T., ŠERESĚ, M., 2016: Kořenové čistírny odpadních vod a využití přečištěných odpadních vod – opatření pro snižování rizik sucha a eutrofizace povrchových zdrojů vody v návaznosti na zemědělskou výrobu. *Vodní hospodářství*, roč. 66, č. 8, 19–21 s.
- HOLT, P., JAMES, E., 2006: Wastewaterreuse in the Urban Environment: Selection of the technologies. Armineh Mardirossian.
- HU, M., 2011: Treatment of greywater with shredded – tire biofilters and membrane bioreactors. In: *World Environmental and Water Resources Congress: bearing knowledge for sustainability*. ASCE, 1877-1887.
- HUELGAS, A., FUNAMIZU, N., 2010: Flat – plate submerged membrane bioreactor for the treatment of higher – load greywater . *Desalination*, 250, 162-166 s.
- JAKOBI, G., LOHR, A., 1987: Detergents and textile washing. VCH, Weinheim.
- JAMRAH, A., AL – FUTAIISI, A., PRATHAPAR, S., HARRASI, A. A., 2008: Evaluating greywater reuse potential for sustainable water resources in Oman. *Environmental Monitoring and Assessment*, 137, 315-327 s.
- JEFFERSON, B., JUDD, S., DIAPER, C., 2001: Treatment Methods for Grey Water. In *Decentralised Sanitation and Reuse, Concepts, Systems and Implementation*, edited by P. Lens, G. Zeeman, and G. Lettinga. London.
- JOKERST, A., SHARVELLE, S. E., HOLLOWED, M. E., ROESNER, L. A., 2011: Seasonal performance of an outdoor constructed wetland for greywater treatment in a temperate climate. *Water Environment Research*, 83, 2187-2198.

- JONG, J., LEE, J., KIM, J., HYUN, K., HWANG, T., PARK, J., CHOUNG, Y., 2010: The study of pathogenic microbial communities in greywater using membrane bioreactor. *Desalination*, 250, 568-572.
- KOŽÍŠEK, F., 2012: Šedé vody z pohledu hygienika a legislativy, *Slovak - časopis oboru vodovodů a kanalizací*, č. 2, 14 s.
- KRISHNAN, V., AHMAD, D., JERU, J. B., 2008: Influence of COD:N:P ratio on dark greywater treatment using a sequencing batch reactor. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 83, 756-762.
- LAMINE, M., BOUSSELMI, L., GHRABI, A., 2007: Biological treatment of grey water using batch reactor. *Desalination*, 215, 127-132 s.
- LI F., WICHMANN K., OTTERPOHL R., 2009: Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of the Total Environment*, Ročník 407. Číslo 11.
- LUDWIG, A., 2006: The New Create an Oasis with Greywater, *Choosing, Building and Using Greywater Systems Beerkeley: Oasis Design*, 144 s.
- MAHMOUD, N., AMARNEH, M., N., AL-SAEED, R., GIJZEN, H., LETTINGA, G., 2003: Sewage characterization as a tool for thge application of anaerobic treatment in Palestine. *Environmental Pollution*, 126, 115 - 122 s.
- MAIMON, A., FRIEDLER, E., GROSS, A., 2014: Parameter saffecting grey water quality and its safety for reuse. *Science of the Total Environment*, Volume 487.
- MALÁ J., 2016: *Chemie a technologie vody, Čištění odpadních vod a zpracování kalu. Studijní opory pro studijní program s kombinovanou formou studia. Vysoké učení technické. Brno.*
- MARCH, J. G., GUAL, M., 2007: Breakpoint chlorination curves of greywater. *Water Environment Research*, 79, 828 - 832.
- MERZ, C., SCHEUMANN, R., EL HAMOURI, B., KRAUME, M., 2007: Membrane bioreactor technology for the treatment of greywater from a sports and leisure club, 215, 37- 43 s.
- MOREL, A., DIENER, S., 2006: *Grey Water Management in Low and Middle-income Countries. Water and Sanitation in Developing Countries (Sandec). Eawag.*
- O'TOOLE, J., SINCLAIR, M., MALAWARAARACHCHI, M., HAMILTON, A., BARKER, S. F., LEDER, K., 2012: Microbial quality assessment of household greywater. *Water Research*, 46, 4301 - 4313.
- OTTOSON, J., STENSTROM, T. A., 2003: Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. *Water Research*, 37, 645 - 655.
- PALMQUIST, H., HANAEUS, J., 2005: Hazardous substances in separately collected grey and black water from ordinary Swedish households, *Science of the Total Environment*, 348, 151 - 163 s.
- PARJANE, S. B., SANE, M. G., 2011: Performance of greywater treatment plant by economical way for Indian rural development. *Int J Chem Tech Res*, 3, 1808-1815 s.
- PARKINSON, J., 2008: Waste not: the facts about indirect potable reuse. *Humanist*, 68, 4-6 s.
- PATHAN, A. A., MAHAR, R. B., ANSARI, K., 2011: Preliminary study of greywater treatment through rotating biological contactor Mehran Univ Res. *Journal of Engineering Technology*, 30, 531 - 538 s.
- PIDOU, M., 2008: Chemical solutions for greywater recycling. *Chemosphere*, 71, 147 - 155 s.
- PLOTĚNÝ K., 2011: Dělení vod, bílé a šedé vody – nové poznatky a možnosti využití. *Sborník semináře Vodohospodářské chuťovky. Brno: Asio, s.r.o., 21 - 27 s.*

- PLOTĚNÝ K., 2016: Závlaha odpadními vodami a naše současná legislativa, Vodní hospodářství, roč. 66, č. 10, 24 s.
- SAHAR, S. D., MIKAEL, P., BJORN, V., LARS, D. H., INGRID, O., HAKAN, J., 2012: Efficiency of bark, activated charcoal, foam and sand filters in reducing pollutants from greywater. *Water, Air and Soil Pollution*, 223, 3657 – 3671.
- SHARMA, S. K., KENNEDY, M. D., 2017: Soil Aquifer Treatment for Wastewater Treatment and Reuse. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Volume 119, 671 - 677.
- SCHEUMANN, R., KRAUME, M., 2009: Influence of hydraulic retention time on the operation of a submerged membrane sequencing batch reactor for the treatment of greywater. *Desalination*, 246, 444-451.
- SHRESTHA, R. R., HABERL, R., LABER, J., 2001: Application of constructed wetlands for wastewater treatment in Nepal. *Water Science and Technology*, 44, 381 - 386 s.
- SIEGEL, S. M., 2017: Budiž voda: Izraelská inspirace pro svět ohrožený nedostatkem vody. Aligier.
- STEC, A., KORDANA S., SLYS D., 2017: Analysing the financial efficiency of use of water and energy saving systems in single – family homes. *Journal of Cleaner Production*. Ročník 151.
- TRAVIS, M. J., WIEL-SHAFRAN, A., WEISBROD, N., ADAR, E., GROSS, A., 2010: Greywater reuse for irrigation: effect on soil properties. *Science of the Total Environment*, 408, 2501-2508.
- TURNER, R. D. R., WILL, G. D., DAWES, L. A., GARDNER, E. A., LYONS, D. J., 2013: Phosphorus as a Lifting Factor on Sustainable Grey Water Irrigation. *Science of the Total Environment*, Volume 456 – 457, 287 - 298 s.
- ZUMA, B. M., TANDLICH, R., WHITTINGTON – JONES, K. J., BURGESS, J. E., 2009: Mulch tower treatment systém. Part 1: overall performance in greywater treatment. *Desalination*, 242, 38 – 56 s.

#### Legislativní zdroje

- British Standard BS 8525-1 Greywater systems – Part 1: Code of practice BS 8515:2009 Rainwater harvesting systems – Code of practice.
- British Standard BS 8525-1:2010. Greywater systems – Part 1: Code of practice. UK: BSI, 2010, 46 s.
- ČSN 75 6780 Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích.
- ČSN EN 12566 Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel.
- DIN 1989-1 Regenwassernutzungsanlagen. Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung, 2002.
- Nařízení vlády č. 57/2016 Sb. Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.
- NSF/ANSI 40: Residential Onsite Systems, The Public Health and Safety Organization, USA, 2020: (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <<http://www.nsf.org/services/by-industry/water-wastewater/onsite-wastewater/residential-wastewater-treatment-systems>>.
- Statistická ročenka České republiky 2016 (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/3-zivotni-prostredi-vt3v69q7vi>>.



- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění (vodní zákon).

### Internetové zdroje

- ADENDORFF, J., STIMIE, C., 2005: Food from used water – making the prviously impossible happen. South African Research Commision (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <[http://journals.co.za/docserver/fulltext/waterb\\_v4\\_nl\\_a4.pdf?expires=1493811214&id=id&acname=guest&checksum=510A057CDF6FD48ADB3BCB40047FFDC](http://journals.co.za/docserver/fulltext/waterb_v4_nl_a4.pdf?expires=1493811214&id=id&acname=guest&checksum=510A057CDF6FD48ADB3BCB40047FFDC)>.
- Advanced Waste Water Systems AWWS (online) [cit. 2020.01.30], dostupné z <<https://www.gwig.org/marks-house-greywater-in-a-new-home-greyflow-ps-self-clean-system/>>.
- Aquafed, ©2019: Mezinárodní asociace soukromých provozovatelů vodovodů a kanalizací (online) [cit. 2020.01.30], dostupné z <<http://www.aquafed.org/>>.
- Asio.cz, ©2012: Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich (online) [cit. 2019.11.19], dostupné z <<https://www.asio.cz/cz/153.cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>>.
- Asio.cz, ©2013: Color of water – dělení vod (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <<https://www.asio.cz/cz/177.color-of-water-deleni-vod>>.
- Asio.cz, ©2019: Čistírny odpadních vod (online) [cit. 2020.01.27], dostupné z <<https://www.asio.cz/cz/cistirny-odpadnich-vod>>.
- Austrian Energy Agency, ©2014: Energy from waste water (online) [cit. 2020.01.31], dostupné z <<http://en.energyagency.at/projects-research/energy-management-infrastructure/detail/artikel/energy-from-waste-water.html>>.
- BARTONÍK, A., PLOTĚNÝ, K., 2012: Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <<http://www.asio.cz/cz/153.cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>>.
- BRABEC, R., 2017: Splachovat pitnou vodou je barbarství (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <[https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/diskusni-porad-rozstrel-s-inistrem-zivotniho-prostredi-richardem-brabcem.A170116\\_141237\\_ekonomika\\_fih](https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/diskusni-porad-rozstrel-s-inistrem-zivotniho-prostredi-richardem-brabcem.A170116_141237_ekonomika_fih)>.
- BUSSE, S., PHAM, T. N., MOREL, A., NGUYEN, V. A., 2006: Characteristics and quantities of domestic wastewater in urban and peri – urban households in Hanoi (online) [cit. 2020.02.27], dostupné z <[http://ir.library.osaka-u.ac.jp/dspace/bitstream/11094/13204/1/arfjysps2006\\_395.pdf](http://ir.library.osaka-u.ac.jp/dspace/bitstream/11094/13204/1/arfjysps2006_395.pdf)>.
- Bussinesinfo.cz, ©2019: Sucho v Česku (online) [cit. 2019.11.20], dostupné z <<https://www.businessinfo.cz/cs/clanky/sucho-v-cesku-ohrozuje-vodni-droje-firmy-vyvijej-i-nove-technologie-na-jejich-cisteni-122214.html>>.
- CARROL, J., 2016: Watewater.Using Less Energy To Treat Water. Can Deliver A Deluge Of Savings (online) [cit. 2020.02.28], dostupné z <<https://www.ge.com/reports/getting-green-from-grey-big-opportunities-abound-in-lowering-wastewater-treatments-energy-demand/>>.
- CHUCK, H., 2004: Composting toilet and greywater system (online) [cit. 2020.02.25], dostupné z <[http://www.aviusa.org/projects\\_usapavilion\\_newsletter\\_may\\_aug\\_2006.pdf](http://www.aviusa.org/projects_usapavilion_newsletter_may_aug_2006.pdf)>.
- Česká rada pro šetrné budovy, aliance Šance pro budovy, 2019: Úpravy legislativy pro zlepšení hospodaření s vodou (online) [cit. 2020.02.20], dostupné

- z <[https://www.imaterialy.cz/rubriky/legislativa/aliance-sance-pro-budovy-navrhuje-upravy-legislativy-pro-zlepseni-hospodareni-s-vodou\\_47604.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/legislativa/aliance-sance-pro-budovy-navrhuje-upravy-legislativy-pro-zlepseni-hospodareni-s-vodou_47604.html)>.
- Disneyland Paris, ©2020 (online) [cit. 2020.01.20], dostupné z <<http://disneylandparis-news.com/en/disneyland-pariss-commitments-to-environment-and-sustainable-development/>>.
  - Disneyland ČOV, ©2020 (online) [cit. 2020.01.20], dostupné z <<http://www.aprovak.cz/clanky/disneyland-recykluje-740-000-kubiku-vody-rocne>>.
  - DOSTÁL, D., 2019: Sucho v Česku ohrožuje vodní zdroje (online) [cit. 2020.01.27], dostupné z <<https://www.businessinfo.cz/clanky/sucho-v-cesku-ohrozuje-vodni-zdroje-firmy-vyvijejí-nove-technologie-na-jejich-cistení/>>.
  - DOSTÁL, D., 2017: Český vynález umožní čistit šedou vodu, která vzniká v budovách (online) [cit. 2020.01.27], dostupné z <<https://www.businessinfo.cz/clanky/cesky-vynalez-umozni-cistit-sedou-vodu-ktera-vznika-v-budovach/>>.
  - Downtown Markham, ©2020: Princip udržitelnosti ve městě Downtown Markham (online) [cit. 2020.01.30], dostupné z <<https://downtownmarkham.ca/about/green/>>.
  - DREW, B., HANSON, R., 2018: Greywater recycling – An Untapped Resource Inside Buildings (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <<http://ecovieenvironmental.com/greywater-recycling-an-untapped-resource-inside-buildings/>>.
  - EHPA ©2014: Heat Pump City of the Year Award 2013 (online) [cit. 2020.01.31], dostupné z <[http://www.ehpa.org/projects/heat-pump-city-of-the-year-2014/heat-pump-city-of-the-year-2013/overview-of-2013-applications/?eID=dam\\_frontend\\_push&docID=1292](http://www.ehpa.org/projects/heat-pump-city-of-the-year-2014/heat-pump-city-of-the-year-2013/overview-of-2013-applications/?eID=dam_frontend_push&docID=1292)>.
  - Ekolist ©2017: Čeští vědci vyvinuli unikátní domovní čistírnu šedé vody (online) [cit. 2020.01.30], dostupné z <<https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/zpravy-zd/cesti-vedci-vyvinuli-unikatni-domovni-cistirnu-sede-vody>>.
  - Euroclean, ©2020: UV lampy (online) [cit. 2020.01.25], dostupné z <<https://euroclean.cz/dezinfekce-vody/uv-lampy-prumysl/>>.
  - FREMROVÁ, L., PITTER, P., BŘÍZOVÁ, E., FRANČE, P., 2007: Podklady pro Ministerstvo životního prostředí k provádění Protokolu o PRTR – přehled metod měření a identifikace látek sledovaných podle Protokolu o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek v únicích do vody, HYDROPROJEKT CZ, a.s., MŽP Praha (online) [cit. 2019.11.22], dostupné z <[https://www.irz.cz/dokumenty/irz/metody\\_mereni/voda/celkovy\\_dusk.pdf](https://www.irz.cz/dokumenty/irz/metody_mereni/voda/celkovy_dusk.pdf)>.
  - Geologický průzkum Karlovy Vary, 2020: Zasakování do horninového prostředí (online) [cit. 2020.01.31], dostupné z <<https://www.gpkv.cz/zasakovani.html>>.
  - Greyter Water System SGW, ©2020 (online) [cit. 2020.01.30], dostupné z <<https://greyter.com/commercial-services/data-sheet-sgw-series-system/>>.
  - GTZ, ©2005: Ecosan project. Urban upgrading project (online) [cit. 2020.01.30], dostupné z <[http://www.indiawaterportal.org/sites/indiawaterportal.org/files/ecosan\\_cd/material/D\\_recommended-reading/07\\_project-data-sheets/en-ecosan-pds-010-mali-koulikoro-2005.pdf](http://www.indiawaterportal.org/sites/indiawaterportal.org/files/ecosan_cd/material/D_recommended-reading/07_project-data-sheets/en-ecosan-pds-010-mali-koulikoro-2005.pdf)>.
  - HAVEL, P., 2016: Nadměrné šetření vodou není zas takové terno, jak se zdá (online) [cit. 2020.03.20], dostupné z <<https://www.nase-voda.cz/nadmerne-setreni-vodou-neni-zas-takove-terno-jak-se-zda/>>.
  - JIRMUS, V., DREW, B., 2016: Recyklace šedé vody – nevyužitý zdroj uvnitř budovy (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <[voda.tzb-info.cz](http://voda.tzb-info.cz)>.

- KONVALINKA, P., 2019: Nedostatek srážek může být globálním problémem (online) [cit. 2020.01.28], dostupné z <[https://www.tacr.cz/wp-content/uploads/2019/10/190109\\_TZ\\_nedostatek\\_srazek.pdf](https://www.tacr.cz/wp-content/uploads/2019/10/190109_TZ_nedostatek_srazek.pdf)>.
- Kořenová čistička, ©2019 (online) [cit. 2019.12.15], dostupné z <<http://www.korenovacisticka.cz/o-orenovkach/fungovani/Korenovacisticka-korenova-cistirna-funkce.html>>.
- KRETSCHMER, F., 2014: Odpadní voda v Rakousku vytápí domy (online) [cit. 2020.01.31], dostupné z <<http://www.enviweb.cz/100225>>.
- LIKO Noe, ©2019 (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <<https://www.liko-noe.cz/cs/stavba>>.
- Lipka, ©2019: Ekocentrum Lipka – pracoviště Rozmarynek (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <<http://www.lipka.cz/rozmarynek?idm=22>>.
- MARS, R., 2020: Cost of greywater systém and installation (online) [cit. 2020.01.20], dostupné z <<https://www.gwig.org/cost-of-greywater-system-and-installation/>>.
- Mosaic House Hotel - první instalace recyklace a rekuperace šedé vody v ČR, ©2010 (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <[https://www.imaterialy.cz/rubriky/aktuality/projekty/mosaic-house-prvni-instalace-recyklace-a-rekuperace-sede-vody-v-cr\\_102143.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/aktuality/projekty/mosaic-house-prvni-instalace-recyklace-a-rekuperace-sede-vody-v-cr_102143.html)>.
- Mosaic House Hotel, ©2020 (online) [cit. 2020.01.28], dostupné z <[http://www.mosaichouse.com/cs/#490\\_hotel](http://www.mosaichouse.com/cs/#490_hotel)>.
- PHYS.ORG, ©2014: In Austria, heat is 'recycled' from the sewer (online) [cit. 2020.01.31], dostupné z <<http://phys.org/news/2014-06-austria-recycled-sewer.html>>.
- PLOTĚNÝ K., 2013: Využití šedých a dešťových vod v budovách (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>>.
- PLOTĚNÝ, K., 2019: Sucho v Česku ohrožuje vodní zdroje (online) [cit. 2020.01.27], dostupné z <<https://www.businessinfo.cz/clanky/sucho-v-cesku-ohrozuje-vodni-zdroje-firmy-vyvijej-nove-technologie-na-jejich-cisteni/>>.
- PVK, ©2019: Pražské vodovody a kanalizace: Odpadní voda (online) [cit. 2019.05.26] dostupné z <<https://www.pvk.cz/vse-o-vode/odpadni-voda/>>.
- Schéma kořenové čistírny, 2019 (online) [cit. 2019.12.15], dostupné z <<http://www.korenovacisticka.cz/o-korenovkach/fungovani/Korenova-cisticka-korenova-cistirna-schema-fungovani.html>>.
- Skanska, ©2019: Botanica K (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <<https://reality.skanska.cz/project-archive/Botanica-K-12>>.
- SOBOTKOVÁ, J., 2016: Hotel Galant z Mikulova byl mezi třemi nejlepšími projekty světa na soutěži Energy Globe Award (online) [cit. 2020.01.29], dostupné z <<https://www.novinky.cz/vase-zpravy/clanek/hotel-galant-z-mikulova-byl-mezi-tremi-nejlepsimi-projekty-sveta-na-soutezi-energy-globe-award-297199>>.
- SFZPČR, ©2020: Státní fond životního prostředí České republiky: Národní program Životní prostředí. Výzva č. 12/2017: Dešťovka II (online) [cit. 2020.02.02], dostupné z <<https://www.narodniprogramzp.cz/nabidka-dotaci/detail-vyzvy/?id=50>>.
- Šedé a dešťové vody jako provozní vody v budovách 2019 (online) [cit. 2019.10.23], dostupné z <<https://www.vodavdome.cz/sede-a-destove-vody-jako-provozni-vody-v-budovach/>>.
- TA ČR, ©2019: Technologická agentura České republiky: Program prostředí pro život (online) [cit. 2020.01.28], dostupné z <<https://www.tacr.cz/program/program-prostredi-pro-zivot/>>.

- VIGNESVARAN, S., SUNDARAVADIVEL, M., 2003: Waste Water Recycle, Reuse and Reclamation. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS) (online) [cit. 2019.10.25], dostupné z <<https://www.eolss.net/sample-chapters/C07/E2-14.pdf>>.
- Voda - organismy, ©2019: Druhy vod (online) [cit. 2019.05.27], dostupné z <<https://voda-organismy.webnode.cz/druhy-vod/>>.
- WANNER, J., 2019: Opětovné využívání odpadních vod (online) [cit. 2020.02.27], dostupné z <<https://www.sovak.cz/sites/default/files/2019-05/5%20-%20Wanner%20-%20OP%C4%9ATOVN%C3%89%20VYU%C5%BD%C3%8DV%C3%81N%C3%8D%20ODPADN%C3%8DCH%20VOD.pdf>>.

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Produkce šedých vod dle původu ve vybraných zemích v I/(EO.d).....	7
Tabulka 2: Produkce šedých vod dle původu ve vybraných oblastech v I/(EO.d).....	8
Tabulka 3: Chemicko-fyzikální vlastnosti šedých vod podle kategorie vzniku (Plotěný, 2011). .....	9
Tabulka 4: Charakteristika šedé vody podle kategorií místa vzniku (Li et al. 2009, Bartoník et al. 2012 b). .....	11
Tabulka 5: Chemicko – fyzikální parametry šedé vody v nízkopříjmových a vysoko příjmových zemích. ....	12
Tabulka 6: Mikrobiologické zatížení šedých vod (Bartoník et al. 2012 b).....	14
Tabulka 7: Orientační hodnoty pro bakteriologické monitorování bílé vody (British Standard BS 8525-1:2010.Greywater systems, 2010). ....	15
Tabulka 8: Orientační hodnoty pro fyzikální a chemické monitorování provozní vody (DIN 1989-1 Regenwassernutzungsanlagen, 2002). ....	15
Tabulka 9: Požadavky na vyčištěné šedé vody ve vybraných zemích (Chaillou et al. 2011, Bartoník et al. 2012 a). ....	16
Tabulka 10: Přirozeně se vyskytující materiály v procesu čištění šedé vody. ....	21
Tabulka 11: Účinnost čištění vybraných čistících systémů šedé vody. ....	26
Tabulka 12: Ukazatele a emisní standardy pro odpadní vody vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci (Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 57/2016 Sb.). ....	29
Tabulka 13: Ukazatele a emisní standardy mikrobiologického znečištění prpo odpadní vody vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci (Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 57/2016 Sb.). ....	30
Tabulka 14: Klasifikace výrobku označovaného CE (Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 57/2016 Sb.). ....	30
Tabulka 15: Strategie opětovného využití šedé vody ve vybraných rozvojových zemích. ....	35
Tabulka 16: Produkce šedé vody podle druhu budovy (ČSN 75 6780). ....	58
Tabulka 17: Odhad spotřeby vody v rodinném domě dle účelu využití (autorka, 2019).....	59
Tabulka 18: Objem produkce šedých vod v průběhu dne (ASIO, spol. s r.o. a vlastní zkušenost autorky, 2019). ....	60
Tabulka 19: Počet použití záchodových a pisoárových mís (ČSN 75 6780). ....	62
Tabulka 20: Splachovací objemy pro záchodové mísy (dodací list výrobce). ....	62
Tabulka 21: Potřeba vody pro zalévání nebo kropení (ČSN 75 6780). ....	62
Tabulka 22: Množství požadované vyčištěné vody potřebné na činnosti v domácnosti (Asio, spol. s r.o., 2019). ....	63
Tabulka 23: Roční spotřeba pitné vody v rodinném domě (autor, faktury vystavené společností Pražské vodovody a kanalizace, a.s., 2019). ....	68
Tabulka 24: Vývoj vodného a stočného v Praze v letech 1997 – 2020 (Pražské vodovody a kanalizace, a.s., 2019). ....	69
Tabulka 25: Množství šedých vod produkovaných v nemovitosti a množství potřebné provozní vody (autorka, 2020). ....	70
Tabulka 26: Typy čistíren odpadních vod podle počtu EO (Asio, s.r.o., 2019).....	71
Tabulka 27: Přehled nabídek čistíren odpadních vod od oslovených dodavatelů (autorka, 2020) .....	72
Tabulka 28: Kalkulace nákladů na čistírnu odpadních vod (autorka, 2020). ....	73
Tabulka 29: Příklad cenové kalkulace na čistírnu odpadních vod dodavatele Greywater & Wastewater Industry Group v australském městě Perth (Mars, 2020). ....	74
Tabulka 30: Odhad budoucích úspor (autorka, 2020). ....	75
Tabulka 31: Účinnost čištění čistírny odpadních vod AS-GW/AQUALOOP (Asio, s.r.o., 2019) .....	78

Tabulka 32: Výsledky prvního kola programu Dešťovka podle účelu využití (SFŽP ČR, 2020). .....	82
Tabulka 33: Výsledky prvního kola programu Dešťovka podle krajů (SFŽP ČR, 2020).....	83

## Seznam obrazových příloh

Obrázek 1: Průměrná denní spotřeba vody v domácnosti (asio.cz, 2012).....	6
Obrázek 2: Způsoby čištění odpadních vod (ČSN EN 12566, 2006). ....	17
Obrázek 3: Schéma uspořádání na čištění šedých vod (Bartoník et al. 2012 b).....	18
Obrázek 4: Schéma kořenové čistírny s pulzně skrápěným vertikálním biofiltrem (Kořenovky.cz, 2019). ....	24
Obrázek 5: Plastová nádrž na šedou a srážkovou vodu AS-REWA od společnosti ASIO TECH, spol. s r.o. (asio.cz, 2019). ....	28
Obrázek 6: Lokalizace míst pro možnost odběru tepelné energie z odpadní vody a možný způsob využití tepla pomocí tepelného čerpadla - vytápění, přehřev teplé vody (asio.cz, 2012). ....	31
Obrázek 7: Schéma uspořádání kanalizačního výměníku s tepelným čerpadlem (Bellò, 2012). ....	32
Obrázek 8: Možné zapojení lokálního systému přehřevu pro okamžitou spotřebu (asio.cz, 2012). ....	33
Obrázek 9: Využití energie při čištění odpadních vod (tzb.cz, 2012). ....	34
Obrázek 10: Recyklace odpadních vod ve světě v roce 2015 (Charny, 2017).....	41
Obrázek 11: Zelená střecha hotelu Mosaic House (mosaichouse.com, 2019). ....	44
Obrázek 12: Střecha hotelu Mosaic House (archiv atelieru Flera, 2019). ....	46
Obrázek 13: Čistírna odpadních vod hotelu Mosaic House ( mosaichouse.com, 2020).....	46
Obrázek 14: Kancelářská budova budoucnosti LIKO Noe (archiv České rady pro šetrné budovy, 2016). ....	47
Obrázek 15: Vertikální čistírna LIKO Noe (liko-noe.cz, 2019). ....	48
Obrázek 16: Schéma čistírny LIKO Noe (liko-noe.cz, 2019). ....	48
Obrázek 17: Bytový dům Botanica K (Skanska, 2019). ....	50
Obrázek 18: Ekocentrum Lipka – pracoviště Rozmarýnek (lipka.cz, 2019). ....	50
Obrázek 19: Ekocentrum Lipka – pracoviště Rozmarýnek (lipka.cz, 2019). ....	51
Obrázek 20: Střechy hotelu Galant (Hotel Galant, 2019). ....	52
Obrázek 21: Disneyland (disneyland.com, 2020). ....	53
Obrázek 22: Zelené střechy centra Downtown Markham (downtownmarkham.ca, 2020). ...	54
Obrázek 23: Dispoziční řešení využití tepla odpadních vod v rakouském Amstettenu (Bellò, 2012). ....	55
Obrázek 24: Detail použitého modulu kanalizačního výměníku ve stoce (Australian Energy Agency, 2014). ....	55
Obrázek 25: Technologie SAT - Sand Aquifer Treatment (Sharma, Kennedy, 2017).....	56
Obrázek 26: Kapková závlaha v Izraeli (netafim.com, 2020). ....	57
Obrázek 27: Poptávkový formulář domovní čistírny odpadních vod (asio.cz, 2019).....	66
Obrázek 28: Systém pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP (Asio, s.r.o., 2019).....	78
Obrázek 29: Příklad umístění čistírny odpadních vod ve sklepních prostorech (Asio, s.r.o., 2019). ....	79

## Seznam použitých zkratek a symbolů

EO - ekvivalentní obyvatel, uměle vytvořená jednotka

EPA - Agentura pro ochranu životního prostředí (Environmental Protection Agency)

EU - Evropská unie

BSK - biochemická spotřeba kyslíku (BOD - Biochemical Oxygen Demand)

CHSK - chemická spotřeba kyslíku (COD – Chemical Oxygen Demand), množství kyslíku, které se za přesně vymezených podmínek spotřebuje na oxidaci organických látek ve vodě silným oxidačním činidlem

CFU (Colony Forming Unit)

I/(EO.d) - spotřeba vody v litrech přepočtená na ekvivalentního obyvatele za 1 den

N - dusík

N-NH<sub>4</sub> - dusík amoniakální

N-NO<sub>2</sub> - dusík dusitanový

N-NO<sub>3</sub> - dusík dusičnanový

NTU - nefelometrická turbidimetrická jednotka pro měření zákalu

P - fosfor

PO<sub>4</sub> - radikál fosforečnanu

TP - celkový fosfor (Total Phosphorus)

TSS - celkové pevné látky (Total Suspended Solids)

TOC - celkový organický uhlík (Total Organic Carbon)

DOC - rozpuštěný organický uhlík (Dissolved Organic Carbon)

TC - celkový uhlík (Total Carbon)

WHO – Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)