

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



Znovuvyužití šedých vod pro závlahy

Reuse of grey waters for irrigation

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Martina Klejchová

Vedoucí práce: Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martina Klejchová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Znovuvyužití šedých vod pro závlahy

Název anglicky

Reuse of grey waters for irrigation

Cíle práce

Bakalářská práce popisuje znovuvyužití šedých vod z hygienického hlediska v závislosti na situaci s virem SARS-CoV-2 a zároveň platné legislativy této oblasti, jenž je v současné době ve vývoji. Teoretická část práce popisuje možnosti sanitace šedých vod, na jakém principu konkrétní metody fungují a shrnuje jejich účinnost čištění vod a odstranění viru s ohledem na platné legislativy. Hlavní náplní práce je na základě rešerše dostupných studií a praxe vyhodnotit zda je možné znovu využívat šedé vody pro závlahu zelených střech. Součástí rešerše je sumarizace technických řešení a tvorba standardů/legislativní úpravy zejm. v rámci EU.

Metodika

Bakalářská práce bude zpracována formou rešerše. Čerpat bude ze zdrojů odborné literatury a dalších relevantních zdrojů týkajících se problematiky šedých vod. V práci bude řešena problematika sanitace šedých vod a legislativy této oblasti týkající se SARS-CoV-2.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

šedé vody, znovuvyužití vod, SARS-CoV-2, legislativa

Doporučené zdroje informací

- ČSN EN 16941-2: Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 2: Zařízení pro využití čištěné šedé vody. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2021. 32 s.
- Kožíšek, F., 2012: Šedé vody z pohledu hygienika a legislativy. SOVAK – Časopis oboru vodovodů a kanalizací 2012/2: 10-17.
- Mlejnková, H., Očenášková, V., Sovová, K., Vašíčková, P. Juranová, E. 2020: Coronavirus SARS-CoV-2 v povrchových a odpadních vodách Vodohospodářský technický a ekonomický informační časopis 2020/62: 28–32. ISSN 0322-8916.
- MŽP, 2021: Studie problematiky recyklace šedých vod v sídlech ČR. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 107 s.
- Oliver, M.M.H.; Hewa, G.A.; Pezzaniti, D.; Haque, M.A.; Haque, S.; Haque, M.M.; Moniruzzaman, M.; Rahman, M.M.; Saha, K.K.; Kadir, M.N. 2020: COVID-19 and Recycled Wastewater Irrigation: A Review of Implications (online) [cit. 2021-8-30], dostupné z <<https://www.preprints.org/manuscript/202006.0105/v1>>

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 28. 3. 2022

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Znovuvyužití vod pro závlahy 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.

V Praze

Dne 30.3.2022

.....

(podpis autora práce)

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucí práce, Ing. Tereze Hnátkové, Ph.D. za vedení této práce, věcné rady a připomínky, trpělivost a motivující přístup. Dále poděkování mé rodině, blízkým a všem, kdo mě během práce podporovali.

Abstrakt ČR

Nedostatek vody je globálním problémem. Je potřeba ho řešit, zaměřit se více na hospodaření s vodou, jako je například opětovné využití šedé vody. Právě tímto tématem se v této bakalářské práci autorka zabývá. Jde primárně o opětovné využití šedých vod pro závlahy zelených střech, které mohou mít další estetické, ekonomické a enviromentální využití, jako je například terciální dočištění vody.

Kvůli nepříznivé době a objevení nového viru SARS-CoV-2 vznikly otázky typu, zda je možné, aby se vir dostal i do šedých vod a následně přenášel, případně ohrožoval i ostatní živé organismy. Po důkladném prozkoumání mnohých studií bylo zjištěno, že pokud se použije vhodná technologie pro úpravu šedé vody na tzv. bílou vodu je nemožné, aby se vir dále přenášel. Mezi tyto technologie, kromě klasických tří fází čištění patří závěrečná dezinfekce, například chlorem, ozonem nebo UV zářením.

Cílem práce bylo zjistit, zda je možné znovuvyužití šedé vody pro závlahy, což se potvrdilo. Je také důležité, aby se tato problematika dostala do podvědomí více lidí.

Klíčová slova ČR

Znovuvyužití šedých vod, šedé vody, SARS-CoV-2, zelené střechy

Abstrakt AJ

Water scarcity is a global problem and it's necessary at least try to solve it. One of the possible solution is for example reuse grey water. Reusing grey water is main topic of author's bachelor's thesis. It is primarily a reuse of gray water for green roof irrigation, which may have other aesthetic, economic and environmental uses such as tertiary water purification.

Due to the inauspicious time and the discovery of the new SARS-CoV-2 virus, there are type of question such as whether it is possible for the virus to enter gray waters and then transmit, or threatening, other living organisms. After a thorough examination of many studies, it has been found that if the appropriate technology is used to treat gray water into so-called white water, it is impossible for the virus to be further transmitted. These technologies include, in addition to the classic three stages of cleaning, final disinfection, such as chlorine, ozone or UV radiation.

The aim of the work was to find out whether it was possible to reuse grey water for irrigation, which was confirmed. It is also important that this issue enters the subconscious of more people.

Klíčová slova AJ

Water reuse, gray water, SARS-CoV-2, green roof

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle.....	2
3	Legislativa.....	3
3.1	Zákon č.17/1992 Sb.	3
3.2	Zákon č. 274/2001 Sb.	3
3.3	Zákon č. 254/2001 Sb.	4
3.4	Zákon č. 541/2020 Sb.	4
3.5	Norma ČSN EN 16941-2	4
4	Šedé vody	6
4.1	Rozdělení šedých vod	6
4.2	Složení šedé vody	6
4.3	Charakteristika a vlastnosti GW	7
4.4	Předpisy.....	7
5	SARS-CoV -2.....	8
5.1	Genom SARS-CoV-2.....	8
5.2	Kontaminace vod.....	9
5.3	Riziko přenosu SARS-CoV-2 šedou vodou.....	9
5.4	Metody detekce a kvantifikace RNA koronaviru v odpadních vodách.....	9
5.5	Faktory ovlivňující přežití koronaviru v odpadních vodách.....	9
6	Možnosti úpravy GW.....	10
6.1	Fyzikální čištění.....	11
6.1.1	Popis fyzikálního čištění.....	11
6.1.2	Princip procesu.....	11
6.1.3	Účinnost odstranění viru.....	12
6.2	Čištění vod za pomoci membrán.	12
6.2.1	Popis membránové technologie.....	13

6.2.2	Princip procesu	13
6.3	Biologické čištění	14
6.3.1	Popis biologického čištění	14
6.3.2	Princip procesu	14
6.4	Chemické čištění.....	14
6.4.1	Popis chemického čištění	14
6.4.2	Princip procesu	14
6.5	Přírodní technologie pro úpravu GW.....	15
6.6	Parametry pro charakteristiku GW	15
7	Zelené střechy a zelené stěny	16
7.1	Zelené střechy extenzivní.....	17
7.2	Zelené střechy polointenzivní	17
7.3	Zelené střechy intenzivní	18
7.4	Porovnání zelených střech.....	18
7.5	Vliv substrátu zelených střech.....	19
7.6	Vrstvy vegetačního souvrství	20
8	Nejlepší řešení čištění pro šedé vody ohledně SARS-CoV-2	21
8.1	Chlorace	21
8.2	Ozonizace	22
8.3	UV záření	23
8.4	Porovnání dezinfekcí	23
9	Kvalita šedých vod po dočištění.....	24
10	Využívání šedých vod	27
10.1	Jaké máme možnosti využití šedé vody.....	28
10.1.1	Splachování toalet.....	28
10.1.2	Zemědělské využití.....	29
10.2	Využití pro závlahy zelených střech.....	30

10.3	Další výhody závlahy zelených střech.....	30
11	Normy kvality šedé vody pro znovuvyužití.....	32
12	Rizika znovuvyužití šedé vody	33
12.1	Environmentální rizika.....	33
12.2	Sanitární rizika.....	33
12.3	Riziko přenosu SARS-CoV-2	34
13	Typové řešení recyklace šedých vod – rodinné domky	35
14	Udržitelnost a ekonomika.....	36
15	Výsledné zhodnocení	38
16	Diskuse	39
17	Závěr a přínos práce	42
18	Seznam literatury a použitých zdrojů.....	43
18.1	Odborné publikace.....	43
18.2	Legislativní zdroje	50
18.3	Internetové zdroje	51
18.4	Ostatní zdroje	51
19	Seznam tabulek	52
20	Seznam obrázků	53

Seznam zkratk

MŽP	Ministerstvo životního prostředí
GW	Šedé vody
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
BSK5	Biologická spotřeba kyslíku
RNA	Ribonukleová kyselina
kb	Kilobáze – velikostní jednotka genu
OFR	Otevřené čtecí rámce
NTD	N-terminální doména
RBD	Doména vázající receptory
PCR	Test na přítomnost určité části genetického kódu (DNA nebo RNA)
RT-PCR	Reverzní transkripce-polymerázová řetězová reakce
MBR	Membránový bioreaktor
HMBR	Hybridní membránový bioreaktor
MCR	Membránový chemický reaktor
VFRB	Mokřad, který má lože s vertikální konfigurací proudění
SMBR	Bioreaktor s ponořenou membránou
TSS	Celkové pevné látky

1 Úvod

V bakalářské práci se autorka zajímá o problematiku šedých vod v závislosti na novém viru SARS-COV 2 a jejich opětovné využití. Cílem je zjistit, zda je možné využít právě šedou vodu, které může být infikována virem, pro závlahy zelených střech.

V případě využití šedé vody se z šedé vody stává alternativní zdroj nepitné vody, který potřebuje kvalitní ošetření, aby byly odstraněny všechny kontaminanty. Dále je potřeba odstranit mikropolutanty, které se do vod dostávají z různých produktů osobní péče (mýdla, šampony) (Yazdandoost et al., 2021). V dnešní době je důležitá i schopnost odstranění viru a následné bezpečné využití.

Obecně je potřeba, aby se zamezilo plýtvání pitnou vodou zejména v oblastech, které trápí sucho. Šedá voda by mohla nahradit pitnou při zalévání zahrad, zelených střech, mytí automobilů či splachování toalet (Zenker, 2017). Podle průzkumu v České republice si 66 % lidí myslí, že sucho i velká spotřeba pitné vody je velký problém. Dále pak 34 % obyvatel uvádí, že svoji spotřebu vody snížili (CENIA ©2019). Z toho vyplývá, že lidé o tomto problému nejsou dostatečně informováni, respektive neví, jak tomu zamezit. Osvěta společnosti by měla být prvním krokem ke změně.

Na období 2021-2027 naše vláda chystá velkou nabídku z pohledu finanční podpory i legislativních změn. Výstavbu zelených střech vnímá totiž jako možné opatření k zmírnění dopadu na změnu klimatu (MŽP ©2021).

2 Cíle

Bakalářská práce popisuje znovuvyužití šedých vod z hygienického hlediska v závislosti na situaci s virem SARS-CoV-2 a zároveň platné legislativy této oblasti, jenž je v současné době ve vývoji. Teoretická část práce popisuje možnosti sanitace šedých vod, na jakém principu konkrétní metody fungují a shrnuje jejich účinnost čištění vod a odstranění viru s ohledem na platné legislativy. Hlavní náplní práce je na základě rešerše dostupných studií a praxe vyhodnotit, zda je možné znovu využívat šedé vody pro závlahu zelených střech. Součástí rešerše je sumarizace technických řešení a tvorba standardů/legislativní úpravy zejm. v rámci EU.

3 Legislativa

Problematiku šedých vod a vody obecně, tak jako většinu materiálu upravujeme podle některých legislativních předpisů. Samozřejmě i samotné čištění jakýmkoli způsobem a samotná čistírna odpadních vod je upravována podle právních předpisů.

Jeden ze zákonů je zákon č.17/1992 Sb., o životním prostředí. Další důležitý zákon je zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů. Dále pak zákony č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů. K tomuto tématu můžeme zařadit i kalové hospodářství a tím i zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech. Nesmíme zapomenout na nařízení vlády č. 445/2021 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 401/2015., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Dále tu máme vyhlášky Ministerstva životního prostředí (MŽP) a normy ČSN EN. Momentálně nejdůležitější nová norma ČSN EN 16941-2: Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 2: Zařízení pro využití čištěné šedé vody.

3.1 Zákon č.17/1992 Sb.

Zákon o životním prostředí.

Zákon vymezuje základní pojmy a stanoví základní zásady ochrany životního prostředí a povinnosti právnických a fyzických osob při ochraně a zlepšování stavu životního prostředí a při využívání přírodních zdrojů; vychází přitom z principu trvale udržitelného rozvoje.

3.2 Zákon č. 274/2001 Sb.

Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu.

Zákon upravuje některé vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužících veřejné potřebě, přípojek na ně, jakož i působnost orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů na tomto úseku.

3.3 Zákon č. 254/2001 Sb.

Zákon o vodách a o změně některých zákonů.

Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů.

3.4 Zákon č. 541/2020 Sb.

Zákon o odpadech

Účelem tohoto zákona je zajistit vysokou úroveň ochrany životního prostředí a zdraví lidí a trvale udržitelné využívání přírodních zdrojů předcházením vzniku odpadů a nakládáním s nimi v souladu s hierarchií odpadového hospodářství za současné sociální únosnosti a ekonomické přijatelnosti tak, aby bylo dosaženo cílů odpadového hospodářství stanovených v příloze zákona č. 1 k tomuto zákonu a umožněn přechod k oběhovému hospodářství.

3.5 Norma ČSN EN 16941-2

Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 2: Zařízení pro využití čištěné šedé vody.

Tento dokument specifikuje zásady pro projektování, dimenzování, instalaci, označování, uvádění do provozu a údržbu zařízení pro využití šedé vody na místě. Dále se používá přednostně pro využití čištěné šedé vody pro:

- splachování WC
- zalévání zahrad
- praní
- úklid

Dokument také specifikuje minimální požadavky na zařízení pro využití šedé vody. Nezahrnuje:

- používání jako pitné vody a pro přípravu potravin
- používání pro osobní hygienu
- zařízení pro přímé využití bez čištění
- návrh výrobků pro specifické součásti zařízení
- průmyslové odpadní vody
- získávání tepelné energie a chlazení.

4 Šedé vody

Šedé vody (GW) jsou domácí odpadní vody (z kuchyní, koupelen), které nezahrnují splachování toalety (Ghaitidak et Yadav, 2013).

4.1 Rozdělení šedých vod

Šedé vody se dělí na dva typy podle jejich zdroje. Na světlé a tmavé šedé vody. Do světlých GW spadají vody z koupelen (vany, sprch, umyvadla) a do tmavých GW spadají myčky na nádobí, prádelny i kuchyňské dřezy (Ghaitidak et Yadav, 2013).

GW mají velký potenciál pro opětovné využití a uplatnění pro různé účely jako je například splachování toalet a závlaha či mytí vozidel (do Couto et al., 2013). Tímto by se eventuálně mohlo ušetřit 9-47 % pitné vody (Boyjoo et al., 2013).

4.2 Složení šedé vody

Obecně šedé vody jsou splaškové odpadní vody, co neobsahují fekálie a moč. Z hlediska chemického složení šedé vody řešíme chemickou spotřebu kyslíku (CHSK) a biologickou spotřebu kyslíku (BSK₅), dále pak pozorujeme pH, viz tabulka 1. Poměr CHSK a BSK₅ je zpravidla v šedých vodách 4:1. Tento fakt poukazuje na to, že v šedých vodách je více obtížněji rozložitelných organických látek. Toto platí hlavně pro odtoky ze sprch, kde je nejvyšší použití mýdel a šamponu. Šedé vody z praní prádla jsou zásadité pH = 9-10 a šedé vody z kuchyní jsou kyselější. Ohledně teploty se šedé vody pohybují v rozmezí 18 až 38 °C, neboť se pro hygienické účely využívá teplá voda (ASIO ©2012).

Zdroj šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky	Neseparovaná šedá voda
BSK ₅ [mg/l]	45-682	19-200	669-756	41-194
CHSK [mg/l]	375	64-8000	26-1600	49-623
pH	9,2-10	5-8,6	6,3-7,4	6,1-8,4

Tabulka 1: Chemické složení šedých vod (Plotěný, 2011).

4.3 Charakteristika a vlastnosti GW

Hlavní faktory, které ovlivňují šedé vody, je celkový životní styl, sociální a kulturní chování obyvatel a také dostupnost vody a její spotřeba (Ghaitidak et Yadav, 2013). V šedých vodách jsou různé nečistoty, které se liší podle toho, odkud voda odtéká:

- Vana a umyvadlo
 - produkty osobní péče jako jsou mýdla, zubní pasty, šampony,
 - produkty osobní péče, jako zbytky po holení, vlasy, kůže, kožní maz
 - stopy stolice a moči (Boano et al., 2020)
- Prádelna
 - Vysoká koncentrace chemických produktů – mýdla, prací prášky, oleje a biologicky neodbouratelných vláken (Boano et al., 2020)
- Kuchyně
 - Potraviny, oleje, tuky, detergenty (Boano et al., 2020)

4.4 Předpisy

Díky velkému růstu opětovného využití šedých vod je dnes vyčištěná odpadní voda považována za důležitý zdroj vody v mnoha zemích celého světa a zejména v Tunisku. Z tohoto důvodu je v dnešní době sepsáno mnoho legislativních dokumentů a právních předpisů s požadavky na kvalitu vody pro opětovné využití (Filali et al., 2022). Tyto předpisy se liší v závislosti na tom, jak bude voda dále využívána, jakou funkci bude splňovat a zda bude v lidském kontaktu (Boano et al., 2020).

5 SARS-CoV-2

V prosinci roku 2019 bylo ve Wuhanu v Číně, konkrétně v provincii Hubei nahlášeno propuknutí zápalu plic neznámého původu. Následně se zjistilo, že se jedná o nové infekční onemocnění. Nový koronavirus související se SARS-CoV byl pojmenován jako koronavirus těžkého akutního respiračního syndromu 2 (SARS-CoV-2). Od objevu nového koronaviru se diskutuje o jeho původu. První spekulace byla taková, že vir vznikl jako produkt laboratorních manipulací. Tato spekulace byla vyvrácena, a tudíž se ukázalo, že SARS-CoV-2 nepochází z dříve známé virové páteře. Podle analýzy se zjistilo, že tento vir je velmi podobný netopýřím koronaviřům a netopýř může být rezervoárem (přirozený zdroj) (Ciotti et al., 2020; Wang et al., 2020)

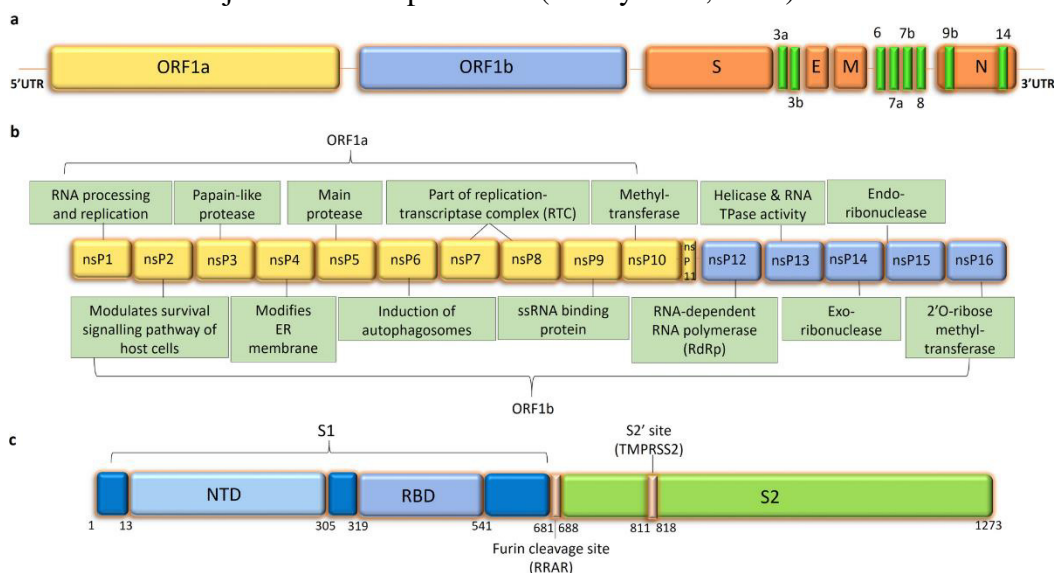
5.1 Genom SARS-CoV-2

SARS-CoV-2 je jednovláknový pozitivní RNA virus s genomem, který je dlouhý ~ 30 kb. Obsahuje 14 čtecích rámců = ORF. ORF jsou zodpovědné za produkci strukturálních a nestrukturálních proteinů. To znázorňuje obrázek 1 (Dubey et al., 2022).

S1= N-terminální doména (NTD) a doména vázající receptory (RBD)

furinové místo = místo štěpení S1/S2

S2= TMPRSS2 je obsaženo v proteinu S (Dubey et al., 2022)



Obrázek 1: Virový genom (Dubey et al., 2022)

5.2 Kontaminace vod

Koronaviry jsou především vylučovány respiračními sekrety, ale genové segmenty viru byly prokázány i ve stolici infikovaných osob. Toto bylo prokázáno cca u 50 % nakažených. Životaschopnost viru však nebyla prokázána. Genové segmenty byly objeveny ve stolici i u lidí, kteří měli slabé či žádné příznaky, a i u lidí po odeznění nemoci (Mlejnková et al., 2020).

5.3 Riziko přenosu SARS-CoV-2 šedou vodou

S ohledem na mikrobiální a virovou kontaminaci skutečně zůstává zdravotní riziko, při manipulaci s recyklovanou šedou vodou i přes veškeré dezinfekční postupy. Tudíž se nabízí myšlenka, zda SARS-CoV-2 dopadá na šedé vody a s tím na znovu využití GW. Dále je tato problematika podrobněji rozebrána v kapitole 12.3.

5.4 Metody detekce a kvantifikace RNA koronaviru v odpadních vodách

Detekce probíhá prostřednictvím molekulárních technik zahrnující metody založené na PCR, jako je reverzní transkripce-polymerázová řetězová reakce (RT-PCR) a digitální PCR. Molekulární detekce zahrnuje tři hlavní kroky (Amoah et al., 2020):

- koncentrace/obohacení viru
- extrakce RNA
- amplifikace virové RNA (Amoah et al., 2020)

5.5 Faktory ovlivňující přežití koronaviru v odpadních vodách

- Virová struktura
 - Bylo zjištěno, že SARS CoV-2 je obalený vir, tudíž má kratší dobu přežití na rozdíl od neobalených virů (Amoah et al., 2020).
- Charakteristika/složení odpadních vod (Amoah et al., 2020)
- Teplota
 - Při vyšších teplotách vody (20 °C) vir zůstává infekční pouze dva dny, proti vodě, která má teplotu kolem 4 °C, kde zůstává vir infekční až po dobu 14 dnů (Gundy et al., 2009).
- pH
 - Přesné informace, jak pH ovlivňuje přežití SARS-CoV-2, chybí.
 - Zvýšení virové infekce je pozorováno s klesajícím pH (Amoah et al., 2020)

6 Možnosti úpravy GW

Máme několik procesů, jak vyčistit šedé vody. Mezi tyto možnosti řadíme mechanické, fyzikální, chemické a biologické způsoby čištění. Také můžeme využít přírodní technologie pro úpravu. Obecně chemické čištění patří k neúčinnějším.

Mezi nejrozšířenější chemické procesy spadá koagulace (čiření vody) a flokulace (tvorba vloček, usazování). Koagulace a flokulace napomáhá odstranění koloidů. Filtrace je běžná technika fyzikálního čištění. Biologické procesy se dělí na aerobní a anaerobní (Ghaitidak et Yadav, 2013).

- Aerobní (bakterie si berou kyslík ze vzduchu nebo vody)
- Anaerobní (bakterie kyslík získávají redukcí kyslíkatých látek)

Většinu technologií čištění předchází separace pevných látek a kapalin. Následuje dezinfekce, aby nedošlo k ucpání následného čištění (Li et al., 2009).

Je důležité zmínit, že účinnost vyčištění závisí na provozních podmínkách, na původu a složení šedých vod. Protože šedé vody z koupelen obsahují nízké koncentrace biologicky esenciálních makro a mikroživin (fosfor, dusík, draslík) s ohledem na uhlík, který se nemusí podařit biologickým procesem odstranit (Boano et al., 2020). Zatímco šedá voda z kuchyně má vyvážený poměr dusík: fosfor (N:P). Celkově jsou šedé vody dobře biologicky rozložitelné. Podle výzkumů se zjistilo, že fyzikální procesy nejsou dostatečné pro důkladné vyčištění podle právní legislativy. Způsob čištění šedých vod se vždy vybírá podle konečného „produktu“ a platné legislativy (Filali et al., 2022).

6.1 Fyzikální čištění

Fyzikální metody jsou počáteční metodou čištění.

6.1.1 Popis fyzikálního čištění

Fyzikální čištění je jedním ze stupňů odstranění SARS-CoV-2 z vody (Teymoorian et al., 2021). Fyzikální metody se nejčastěji používají s jinou čistící metodou. Tyto metody totiž odstraňují hrubé nečistoty, jako jsou klacíky, písky, kousky látek, mastnotu atd. (March et al., 2004). Tento proces se využívá za účelem odstranění možných infikovaných pevných látek (Teymoorian et al., 2021).

Nejjednodušší proces, jak hrubé nečistoty odstranit je např. za pomoci filtrů, lapáků písků. Nejúčinnější fyzikální úpravy jsou za pomoci pískové a půdní filtrace a membránové filtrace, většinou pak následuje dezinfekce (March et al., 2004).

Kdyby se fyzikální čištění vynechalo, mohlo by dojít i k provozním problémům při další úpravě. Fyzikálním čištěním je možné odstranit až 30 % hrubých nečistot (Člověk a příroda: Voda, 2005).

6.1.2 Princip procesu

Základní princip fyzikálního čištění je, že hrubé nečistoty, jako je např. papír a plast zadrží česle. Hrubé minerální látky se usadí v pískovém lapači. Voda tímto lapačem protéká velmi pomalu. Tuky a oleje se odstraňují v odlučovači splavenin. Fyzikální proces ukončuje primární usazovací nádrž, ve které se usazují jemné nečistoty (Člověk a příroda: Voda, 2005).

Při použití půdního filtru, díky hlavním složkám půdy (oxid hlinitý a hydratovaný oxid křemičitý), by mohl systém odstranit organické znečišťující látky a celkové fosfory díky procesům, jako je nitrifikace (odstranění amoniakálního dusíku) a denitrifikace (přeměna dusičnanů na plynný dusík) v půdě, je možné dusík eliminovat. Je nutné říci, že tato metoda není samostatně účinná pro splnění všech požadavků na úpravu šedých vod (March et al., 2004).

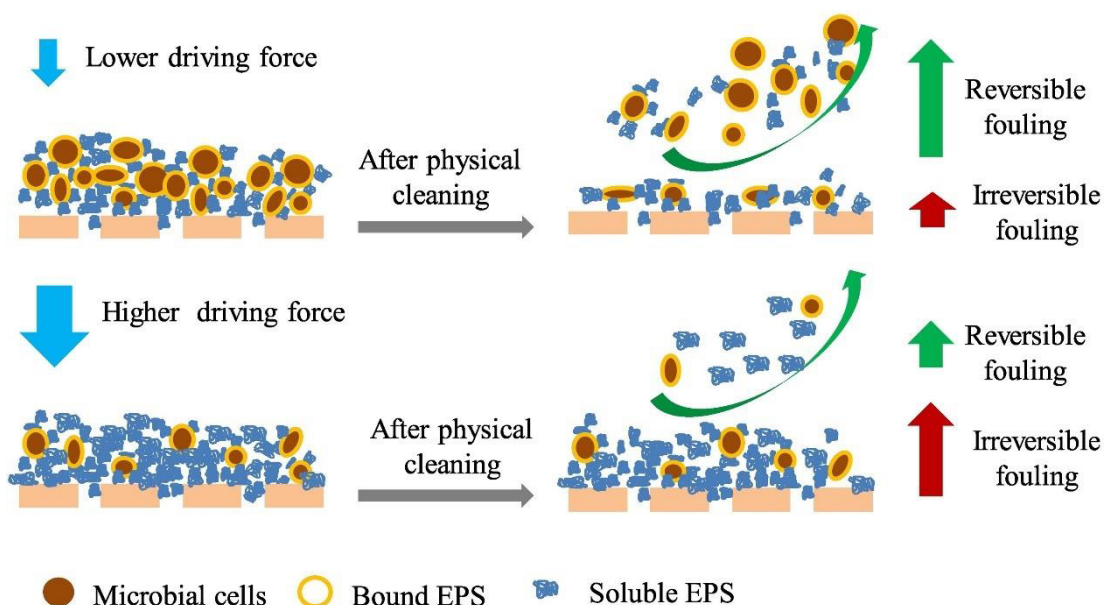
Pro úpravu šedých vod byl zmíněn pískový filtr kombinovaný s aktivním uhlím a dezinfekcí. Filtr nedokázal odstranit zbytky nerozpuštěných látek a zákal, avšak účinně odstranil mikroorganismy (Pidou, 2006).

6.1.3 Účinnost odstranění viru

Úprava šedé vody za pomoci kombinace pískového filtru, membránové filtrace a dezinfekce se ukázala jako účinná, nicméně k odstranění viru SARS-CoV-2 nedostatečná. K odstranění viru je zapotřebí další stupeň čištění a to například chemické čištění za pomoci chloru, ozonu nebo UV záření (Li et al., 2009).

6.2 Čištění vod za pomoci membrán.

Pro znovuvyužití šedé vody je potřeba takové kvality, aby odpovídala právním předpisům. Tudíž se do čištění zahrnuly membránové techniky pro úpravu. Tyto metody jsou brány jako jednu z nejúčinnějších (Wu, 2019). Schématický proces membránového bioreaktory (MBR) je znázorněn na obrázku 2.



Obrázek 2: Schématický diagram ilustrující mechanismy zanášení membrány v procesech úpravy šedé vody na bázi MBR. (Wu, 2019).

Membránové systémy mají několik výhod:

- membrány poskytují trvalou bariéru pro suspendované částice (včetně bakterií a virů) a makromolekuly větší než velikost pórů materiálu membrány, což přispívá ke zlepšení kvality upravené šedé vody (Wu, 2019)
- se sníženou cenou membrán a vývojem nových membránových materiálů mohou membránové systémy dosáhnout efektivnější účinnosti čištění šedé vody s ekonomickou proveditelností (Wu, 2019)
- membránové systémy vyžadují menší půdorys kvůli jejich kompaktnosti (Wu, 2019)

Hlavní nevýhodou membránového systému je časté zanášení a následné nutné čištění membrán. Následně na to se řeší:

- vyšší spotřeba energie
- zvýšené náklady na údržbu

Dále se musíme pozastavit nad tím, zda časté čištění membrán nezpůsobí křehnutí membránových vláken a zhoršený filtrační výkon (Shi et al., 2014).

6.2.1 Popis membránové technologie

Poprvé byly membránové procesy využívány pro malé, decentralizované aplikace úpravy. Díky své kvalitě po vyčištění, se vody rovnou využívají pro druhotné využití, jako jsou závlahy či mytí aut.

V současné době je trendem kombinace MBR s pokročilou úpravou vody, jako je například aktivní uhlí, post-ozonizace nebo reverzní osmóza (varianta filtrace) pro nepřímé opětovné použití v pitné vodě (Judd, 2006).

6.2.2 Princip procesu

Obecně je proces membránového bioreaktoru (MBR) popsán jako kombinace biodegradačního zpracování aktivovaným kalem se separací kapaliny/pevné látky porézními membránami. K výhodám a zlepšení přispívá přítomnost mikrofiltrační nebo ultrafiltrační membrány (částice odmítající fyzickou bariéru větší, než je její velikost pórů, v rozmezí od 0,05 do 0,4 μm) (Le-Clech, 2010).

6.3 Biologické čištění

V tomto stupni je uměle napodobován proces samočištění vody (Člověk a příroda: Voda, 2005).

6.3.1 Popis biologického čištění

Biologickým čištěním je možné odstranit až 90 % odbouratelných nečistot. Biologické metody se dělí na aerobní a anaerobní (Člověk a příroda: Voda, 2005).

6.3.2 Princip procesu

V čištění probíhá rozklad organických látek. Tyto látky se rozkládají za pomoci mikroorganismů, jako jsou bakterie, houby a nálevníci. K tomuto procesu je potřeba přístup kyslíku. Biologické čištění je prováděno mnoha způsoby. V aktivační nádrži je nainstalované zařízení, kterým je voda intenzivně provzdušňována mícháním nebo probubláváním. Dále voda putuje do sekundární usazovací nádrže (Člověk a příroda: Voda, 2005).

6.4 Chemické čištění

Chemické čištění a následná dezinfekce vody je závěrečným procesem odstranění nežádoucích látek.

6.4.1 Popis chemického čištění

Obecně máme po chemickém čištění téměř čistou vodu. Po biologickém čistícím procesu se ve vodě nachází různé sloučeniny nežádoucích látek, například sloučeniny těžkých kovů, dusičnany a fosforečnany a jiné sloučeniny (Člověk a příroda: Voda, 2005).

6.4.2 Princip procesu

Látky, jako jsou fosforečnany a dusičnany způsobují např. eutrofizaci vod. Eutrofizace vod je obohacování vody o živiny, jako je fosfor a dusík. Pro odstranění fosforečnanů se do flokulačních nádrží přidávají sloučeniny železa nebo hliníku. Tyto látky na sebe vážou fosforečnany a tvoří málo rozpustné sloučeniny. Pro odstranění těžkých kovů využijeme neutralizaci, kde nastavíme hodnoty pH na 6-8,5. Dusičnany neodstraníme chemickým procesem, ale musíme je odstranit zvláštním biologickým procesem (Člověk a příroda: Voda, 2005).

6.5 Přírodní technologie pro úpravu GW

V dnešní době máme několik způsobů, jak přírodně vyčistit šedé vody. Tyto způsoby se, ale využívají spíše jako terciální dočištění vody. Jednou z možností jsou vybudované mokřady, které jsou první aplikovanou úpravou vod. Dalším typem jsou zelené střechy a zelené stěny. Sanace šedých vod prostřednictvím těchto typů zahrnuje současnou přítomnost široké škály biologických a fyzikálně chemických procesů v závislosti na provozním režimu. Metody jako např. zelené střechy jsou účinné díky své silné interakci mezi rostlinami, substrátem, atmosférou, biofilmy, živinami z odpadních vod. Základními mechanismy v těchto procesech je filtrace a sedimentace jako fyzikální proces, dále pak srážení a absorpce jako chemické procesy a v poslední řadě mikrobiologická degradace a příjem rostlinami jako biologické procesy (Arden et Ma, 2018; Boano et al., 2020).

6.6 Parametry pro charakteristiku GW

Z pohledu šedých vod hodnotíme fyzikální, biologické a chemické parametry viz tabulka 2.

Fyzikální		Biologické		Chemické	
Parametr	Jednotky	Parametr	Jednotky	Parametr	Jednotky
Teplota	°C	Totální koliformní bakterie	MPN/100 ml	pH	
Zákal	NTU	Fekální koliformní bakterie	MPN/100 ml	Biochemická spotřeba kyslíku	mg/l
Celkový obsah pevných látek	mg/l	<i>Escherichia coli</i>	MPN/100 ml	Chemická spotřeba kyslíku	mg/l
Celkové nerozpuštěné látky	mg/l	F-RNA bakteriofág	MPN/100 ml	Celkový organický uhlík	mg/l
Celkové rozpuštěné pevné látky	mg/l	<i>Clostridium perfringens</i>	MPN/100 ml	Rozpuštěný organický uhlík	mg/l
		<i>Bacteroidales</i>	MPN/100 ml	Dusičnan	mg/l
				Ammonium	mg/l
				Oxidovaný dusík	mg/l
				Celkový dusík	mg/l
				Celkový fosfor	mg/l
				Fosfát	mg/l
				Těžké kovy	mg/l
				Xenobiotické organické sloučeniny	mg/l

Tabulka 2: Konvenční parametry pro charakterizaci domácí šedé vody. (Boano et al., 2020).

7 Zelené střechy a zelené stěny

V dnešní době se se zelené střechy a zelené stěny stávají nedílnou součástí moderních budov ve městech a to, jak z estetického a izolačního hlediska, tak z hlediska ekologie. Konkrétně k čištění odpadních vod.

Modulární systémy zelených střech tvoří izolační vrstva, vodotěsná membrána a vegetační vrstva zasazená do pěstebního substrátu. V závislosti na typu vegetace a nosnosti střechy se hloubka substrátu pohybuje v rozmezí 50 mm až jeden metr a více (Oberndorfer et al., 2007).

Zelené stěny jsou vertikální systémy. Principem zelené střechy a stěny připomínají rákosové záhony (Prodanovic et al., 2017). Pro výběr rostlin pro toto využití jsou konkrétní kritéria:

- vhodnost pro místní klimatické podmínky
- vysoká schopnost přežití
- estetický vzhled
- malý potřebný prostor pro růst kořenů
- nízká hmotnost
- dobrá schopnost odstraňovat živiny (Boano et al., 2020)

Mezi klíčové faktory pro správnou funkci čištění za pomoci zelených střech můžeme zařadit typ rostlin a výběr podpůrných médií. Pro odstranění organických znečišťujících látek jsou účinná hrubá media, jako je například písek, perlit a vermikulit. Tyto látky odstraní téměř 75 % organických znečišťujících látek, tím zamezí problémům, jako je ucpávání dalších materiálů (Prodanovic et al., 2017).

Požadovaných vlastností se pravděpodobně dosáhne při použití hybridních materiálů, čím se získá vhodná kombinace poréznosti, hustoty i fyzikálně-chemických interakcí se znečišťujícími látkami (Pradhan et al., 2019). Proto je skladba zelených střech důležitá.

Důležité je také vzít v potaz, že surová šedá voda by mohla negativně ovlivnit hydraulické vlastnosti půdy. Proto je potřebné šedou vodu před znovuvyužitím k zalévání přefiltrovat a čištění za pomoci zelených střech brát jako terciální dočištění (Maimon et al., 2017).

Zelené střechy můžeme rozdělit do tří kategorií. Jedná se o intenzivní, polointenzivní a extenzivní (Czemieli Berntsson, 2010; Shafique et al., 2018).

7.1 Zelené střechy extenzivní

Extenzivní zelené střechy se liší od intenzivních zakládají tenkými vrstvami zeminy. Plocha je osázena menšími rostlinami, které pokryjí celou plochu střechy (Czemieli Berntsson, 2010).

Vegetace je převážně tvořena sukulenty a rozchodníky s maximální mírou autoregulace a vysokou retenční schopností. Dále netřesky, suchomilné trvalky a směsné byliny. Tyto střechy snesou extrémní teploty a sucho (GreenDek, 2022).

Extenzivní střechy jsou vytvořeny tak, aby nebyla nutná pravidelná a častá údržba. Zalévání je nutné jen v nejsušších částech roku. Jednou až dvakrát do roka pleť, doplnění substrátu nebo hnojení dle vývoje vegetace (GreenDek, 2022).

Realizace extenzivní střechy s rozchodníkem:

Před pokládkou je doporučeno zavlažit substrát. V případě, že je substrát rozpálený od slunce, je to nutné. Potom se rozloží rohože na substrát, následně se hned po pokládce rohože přitlačí k substrátu a rovnoměrně zavlaží do plného nasycení. Pokud se zavlažení podcení, kořeny neprorostou do substrátu a vyschnou. Obnova se provádí řízkováním. Řízky se smíchají se substrátem a následně se rozhodí po volné ploše. I na této střeše je potřeba trocha péče. Jednou až dvakrát do roka se jedná o pleť. Hnojit se doporučuje na začátku jara (GreenDek, 2022).

7.2 Zelené střechy polointenzivní

U těchto střech je vegetace kombinovaná náročnými i nenáročnými rostlinami. Můžou to být kvetoucí trvalky, trávy i byliny atd. Pro náročnější rostliny se pak individuálně zvyšuje vrstva substrátu. Závlaha je nutná hlavně v suchších částech roku. Dvakrát do roka je nutná kontrola. Péče je intenzivnější než u extenzivních střech (GreenDek, 2022).

7.3 Zelené střechy intenzivní

Kategorie intenzivních zelených střech je zakládají s hlubokými vrstvami půdy (Berndtsson, 2010). Mohou být osázeny velkým množstvím druhů vegetace, například travníky, keře, trvalky i stromy a to, jak okrasné, tak užitkové.

Intenzivní zelené střechy potřebují nutnou pravidelnou závlahu. Může se použít zavlažovací systém. Dále je nutná další péče o konkrétní rostliny (kosení, odstranění přebytečné a nežádoucí vegetace – pletí, hnojení, doplnění vegetace a substrátu) (GreenDek, 2022).

Realizace intenzivní střechy s travním kobercem:

Po položení travníku je potřeba ho důkladně zavlažovat, a to 1-3 denně podle počasí. Takto se o travník staráme po dobu 14 dnů a následně zavlažujeme jako klasický výsev. O travník pečujeme se zvýšenou intenzitou. První seče se provádí mezi 8-10 dnem nebo když travník dosáhne výšky 7-8 cm. Seče se šikmo ke směru položení drnu a takto sečeme po celou dobu pěstování. Travník se zkracuje vždy jen o 1/3 jeho délky. Máme dva závlahové systémy pro toto využití, a to kapkový či kapénkový nebo povrchový. Travník začínáme hnojit po dvou až třech týdnech po položení. Musím si však dávat pozor na dávkování, aby nedošlo je spálení travníku (GreenDek, 2022).

7.4 Porovnání zelených střech

Z environmentálního i z ekonomického hlediska jsou právě extenzivní typy střech výhodnější, a to z mnoha důvodů viz tabulka 3 (Koroxenidis et Theodosiou, 2021).

Extenzivní	Intenzivní
Zvýšení odolnosti střechy díky menšímu množství materiálu	větší množství materiálu, menší odolnost střechy
Nižší spotřeba vody při zavlažování	vysoká potřeba zavlažování
vysoká počáteční investice, následná investice minimální	díky potřebě závlahy je nutná i následná investice
úprava po vysazení je minimální	nutná častá úprava po vysazení

Tabulka 3: Porovnání zelených střech (Koroxenidis & Theodosiou, 2021).

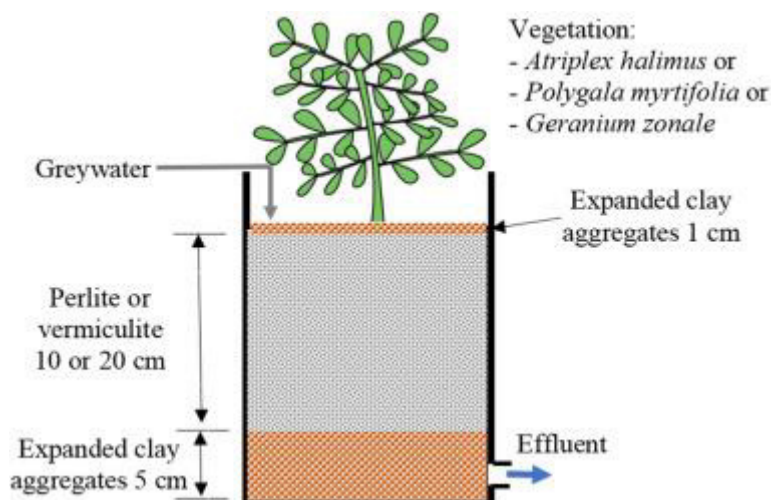
7.5 Vliv substrátu zelených střech

V období od června 2020 do června 2021 probíhal experiment na ploché střeše katedry životního prostředí University of the Egean v Mytilene v Řecku. Cílem práce bylo zjistit, zda hloubka substrátu či různé druhy rostlin mohou ovlivnit odstranění znečišťujících látek při úpravě šedých vod za pomoci zelených střech (Thomaidi et al., 2022).

Na experiment byly použity tyto rostliny: *Atriplex halimus* (*Lebeda slanmilná*), *Polygala myrtifolia* (*Vítod myrtolistý*) a *Geranium zonale* (*Pelargonie páskatá*) (Thomaidi et al., 2022).

Perlit a vermikulit byly v tomto případě využity jako substrát. Tyto produkty jsou běžně dostupné. Dále bylo potřeba, aby pod vrstvou substrátu (10 nebo 20 cm) byla vrstva umělého kameniva keramzitu (5 cm). Keramzit byl potřeba, aby zamezil vyluhování substrátu (Thomaidi et al., 2022).

Experimentálním zeleným střechám v podobě květináčů o průměru 30 cm byla dávkována uměle vytvořena šedá voda každých 8 hodin za pomoci časově řízeného čerpadla viz obrázek 3. Takto množství vody vycházelo na 3,2 l šedé vody na jeden květináč za den (Thomaidi et al., 2022).



Obrázek 3: Schématické znázornění experimentu (Thomaidi et al., 2022)

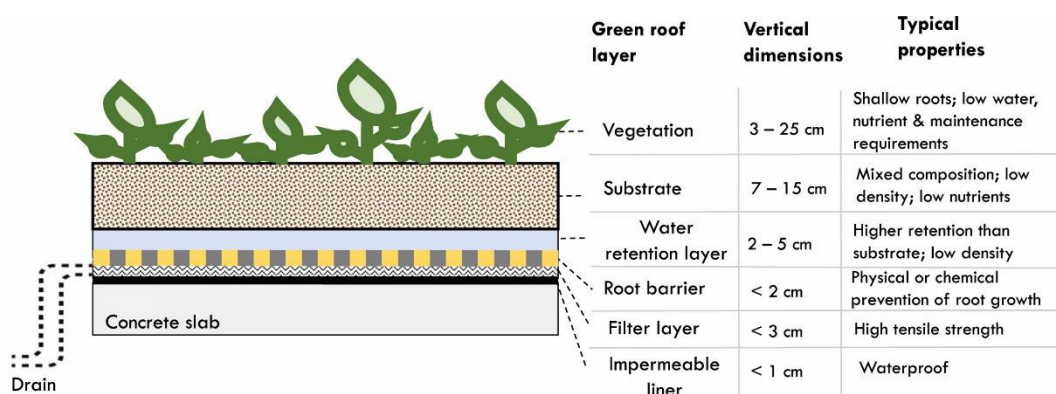
Studie ukázala, že experimentální intenzivní zelené střechy ve složení 20 cm vermikulitu a 5 cm keramzitu účinně vyčistily šedou vodu. Na rozdíl od intenzivních zelených střech, extenzivní zelené střechy s mělkým substrátem menší než 15 cm dosahovaly nižší kvality vody na odtoku (Thomaidi et al., 2022).

Kvalita vody se pozorovala jak z fyzikálního hlediska (zákal, celkové nerozpuštěné látky), tak z chemického hlediska (fosfor, dusík a organické látky). Na odstranění dusíku měly vliv rostliny, a to jak u intenzivních, tak extenzivních střech. Ve srovnání extenzivních zelených střech osázených a neosázených došlo ke snížení koncentrace organických a nerozpuštěných látek (Thomaidi et al., 2022).

Nejlepší výsledky měla rostlina *Atriplex halimus* a nejméně efektivní s téměř žádným účinkem na kvalitu vody byla pomalu rostoucí *Geranium zonale*. Celkově se využití zelených střech pro vyčištění šedé vody jeví jako technicky proveditelné řešení (Thomaidi et al., 2022).

7.6 Vrstvy vegetačního souvrství

Zelené střechy mají obvykle 6 vrstev. První vrstvou je vegetace. Její typické vlastnosti pro správnou funkci jsou mělké kořeny a hlavně nízké nároky na vodu, živiny a údržbu. Další vrstvou je substrát. Substrát má smíšené složení s nízkou hustotou a malým množstvím živin. Následuje vrstva, která zadržuje vodu a má nižší retenci vody než substrát. Kořenová bariéra má zamezit z hlediska fyzikálních a chemických vlastností růstu kořenů. Další vrstvou je filtr a poslední vrstvou je nepropustná vložka, která je vodotěsná, viz obrázek 4 (Cook et Larsen, 2021).



Obrázek 4: Vrstvy vegetačního souvrství (Cook & Larsen, 2021).

8 Nejlepší řešení čištění pro šedé vody ohledně SARS-CoV-2

Čištění šedých vod se obvykle provádí klasickým způsobem čištění:

1. proces aktivovaného kalu
primární a sekundární usazovací nádrže
2. biologický rozklad
3. dezinfekce – chlorace, ozonizace nebo UV záření (Bhatt et al., 2020)

Úprava za pomoci pískových filtrů a membrán se provádí jako terciální čištění při znovuvyužití vod (Zhang et al., 2016). Celkově většina těchto procesů, kromě dezinfekce, není určena k likvidaci virů. Obecně je potřeba v procesu čištění vod dezinfekcí zohlednit odolnost mikroorganismů a další parametry, které by mohli mít vliv na účinek (Kong et al., 2021).

8.1 Chlorace

Pro dezinfekci vody za pomoci chloru se používá chlornan sodný (volný chlor). Chlornan sodný je rozšířený pro kontrolu patogenů ve vodách (Wang et al., 2005).

Chlornan sodný účinně odstraní nežádoucí viry stejně tak jako SARS-CoV-2, viz. tabulka 4. Dezinfekční prostředek s chlorem o dávce 10 mg/l úplně odstraní vir SARS-CoV-2 za dobu 10 minut. Problémem je ale zbytek volného chloru, který se zde vyskytuje. S koncentrací chloru 20 mg/l se vir odstraní do 1 minuty, ale volný zbytek chloru je ještě větší. Při nižší koncentraci chloru by sice volný zbytek chloru nebyl tak velký, ale stoprocentně by se neodstranil vir SARS-CoV-2 (MŽP ©2021).

Výhody:

- nízká cena
- vysoká účinnost (MŽP ©2021)

Nevýhody:

- nutná obsluha
- nákup chemikálie (MŽP ©2021)

Dezinfekční prostředek	Dávka (mg/l)	Míra inaktivace SARS-CoV-2 (%)	Volný zbytek chloru
Chlor	5	68,38	0,11
	10	100	0,4
	20	100	0,5
	40	100	0,82
Desinfekční prostředek	Doba kontaktu (min)	Míra inaktivace SARS-CoV-2 (%)	Volný zbytek chloru
Chlor - 10 mg/l	1	43,77	0,39
	5	68,38	0,33
	10	100	0,40
	20	100	0,4
	30	100	0,35
Chlor - 20 mg/l	1	100	0,59
	5	100	0,57
	10	100	0,51
	20	100	0,5
	30	100	0,53

Tabulka 4: Účinnost chloru (MŽP, 2021)

8.2 Ozonizace

Dezinfekce ozonem je velice účinná proti neobaleným i obaleným virům jako je SARS-CoV-2. Podle studie molekulárního modelování z roku 2020 se ukázalo, že ozon je schopný napadnout proteiny a lipidy virových hrotů a obalu. Tímto zničí integritu viru a zamezí mechanismu dále infikovat (Tizaoui, 2020).

Díky tomuto faktu se začali využívat aplikace ozonu v plynné a kapalně fázi pro odstranění viru v aerosolech, površích i ve vodách. Při čištění ozonem stačí krátká doba kontaktu. Další výhodou je, že nezanechává žádné škodlivé zbytky a nevytváří tolik vedlejších produktů dezinfekce (Morrison et al., 2020).

Ve srovnání s chlorem je tato metoda sice účinnější, ale zároveň vyžaduje vyšší provozní náklady. Metoda ozonizace nemá trvalý dezinfekční účinek (Zhang et al., 2016).

8.3 UV záření

Dezinfekce za pomoci UV záření je méně účinná pro odstranění virů než ostatní metody. Důvodem je, že většina koronavirů není citlivá na UV záření oproti bakteriím, která citlivá jsou. Proto je UV záření účinnější vůči bakteriím. (Kong et al., 2021).

Účinek může být ovlivněn teplotou, pH, organickou hmotou, zákalem a dalším. Odstranění 4 log bakterií lze při dávce UV 10Mj/cm² snadno dosáhnout. Avšak při odstranění stejné dávky a rychlosti viru je UV liší od 10-140 Mj/cm² (Kong et al., 2021).

Výhody:

- není vyžadována běžná obsluha (MŽP ©2021)

Nevýhody:

- při nepravidelném čištění ztrácí účinnost - časem
- vysoká spotřeba energie (MŽP ©2021)

8.4 Porovnání dezinfekcí

Při dezinfekci za pomoci chloru a ozonu byly zaznamenány nejspokojivější výsledky. Proto tyto metody byly doporučeny jako vhodné alternativy pro dezinfekci vody s výskytem viru SARS-CoV-2 (Kong et al., 2021).

UV záření se nedoporučuje z důvodu, že většina koronavirů nejsou citlivá právě na UV záření. Obecně nízké pH podporuje odstranění viru více než vysoké pH, které tomu brání. Neutrální pH může mít vliv na chloraci i ozonizaci (Kong et al., 2021).

Při čištění odpadních vod se doporučuje dezinfekční metody zkombinovat a zohlednit vlivné parametry. Důležité je, aby došlo k odstranění viru efektivně i z ekonomického hlediska (Kong et al., 2021).

9 Kvalita šedých vod po dočištění

Vzhledem k tomu, že odpadní voda má prakticky různé způsoby a možnosti, jak se dostat do životního prostředí, je možné, aby se mikrobiální kontaminanty dostaly k lidem a ostatním organismům. Je důležité dbát na správné zvolení technologie pro účinné odstranění mikrobiálních agens (Aghalari et al., 2020).

Šedé vody po vyčištění se nazývají bílé vody. Tyto vody kvalitou připomínají dešťovou vodu. Jsou vhodné pro využití jako provozní voda (ASIO ©2021). Jak už víme, tak šedou vodu klasickým způsobem (fyzikální, biologické i chemické) dokonale nevyčistíme. Vhodný způsob je jejich kombinace společně s dezinfekcí jak ozonem, chlorem nebo UV zářením. Z pohledu účinnosti samostatných částí jsou nejlepší membránové moduly.

Pro rekultivaci domácí šedé vody byl srovnán hybridní membránový bioreaktor (HMBR) s konvenčním membránovým bioreaktorem (MBR). HMBR je schopný dosáhnout stejných výsledků jako MBR, a dokonce je schopný mít výsledky lepší, viz tabulka 5 (Palmarin et Young, 2019).

	účinnost - HMBR	účinnost - MBR
CHSK	91 %	91 %
BSK ₅	97 %	97 %
celkový dusíku	66 %	58 %
celkový Kjeldaho dusík	74 %	71 %
amoniak	93 %	88 %
celkový fosforu	90 %	90 %

Tabulka 5: Účinnost HMBR/MBR (Palmarin & Young, 2019)

Díky přítomnosti biofilmů v HMBR se zlepšily současné procesy nitrifikace a denitrifikace. Proto je tato varianta lepší pro rekultivaci šedé vody (Khalil et Liu, 2021).

Další příklady účinnosti

Potenciál procesu koagulace závisí na dávce koagulantu, pH i době kontaktu, viz tabulka 6 (Pidou et al., 2008).

KOAGULACE	
BSK5	85,37 %
CHSK	63,59 %
NO ₃ ⁻	8,96 %
TN	0,56 %
TP	96,39 %

Tabulka 6: Účinnost koagulace (Pidou et al., 2008)

Systém filtrace se skládá z vertikálního průtokového bioreaktoru, viz tabulka 7:

- první vrstva: 2 cm drcený dolomit + vápenec
- druhá vrstva: 12 cm plastový filtrační medium s velkým povrchem a velkým prázdňným objemem (Gross et al., 2007)

FILTRACE	
TSS	93,48 %
NH ₄	16,67 %
Aniontová povrchově aktivní látka	98,37 %
NO ₂ - N	96,92 %
NO ₃ - N	48,57 %
TP	73,68 %
E. coli	97,50 %

Tabulka 7: Účinnost filtrace (Gross et al., 2007)

V únoru roku 2008 se prováděla studie na téma mikrobiální kvality šedé voda. Studie zkoumala množství běžných patogenů jako je *Pseudomonas aeruginosa* a *Staphylococcus aureus* v šedé vodě (Winward et al., 2008).

Mezi technologie, které byly použity, patří MBR, membránový chemický reaktor (MCR) a konfigurace 3 vybudovaného mokřadu (Winward et al., 2008).

Vybudované mokřady zahrnovaly dvě pole. První rákosové lože – horizontální proudění, druhé lože – vertikální proudění a třetí vybudovaný mokřad (Winward et al., 2008).

Ze všech metod právě membránový bioreaktor zajistil nejvyšší kvalitu vyčištěných vod. Také tato metoda zůstala nedotčena při zvýšené intenzitě vody na přítoku. Mokřad, který byl ze tří nejlepší, je mokřad s loži s vertikální konfigurací proudění (VFRB). Měl nejspolehlivější výkon a to znamená, že aerobní nenasycené mokřady jsou vhodnou alternativou pro odstranění patogenů (Winward et al., 2008).

10 Využívání šedých vod

V dnešní době je nedostatek vody velkým globálním problémem. Nedostatek vody je problémem kvůli růstu populace i intenzivnímu využívání vody, jak pro průmyslové i zemědělské aktivity, tak i pro zavlažování zahrad, mytí aut a podobně (Rodríguez et al., 2021).

Z tohoto důvodu je potřeba uvažovat nad znovuvyužitím některých typů vod. Šedá voda se v posledních dvou desetiletích dostala do podvědomí mnoha lidí a prováděli se studie ohledně environmentálních i ekonomických přínosů a nesmíme zapomenout na energetické přínosy opětovného využití (Boano et al., 2020).

Pojem šedá voda získal uznání jako relevantní sekundární zdroj vody a živin. Toto může mít velký vliv na celkové udržitelné hospodaření s vodními zdroji (Boano et al., 2020). Znovuvyužití šedé vody je po celém světě rozšířené a pro některé státy opravdu důležité. Některé země mají už dávno propracované technologie na využívání šedých a odpadních vod. Mezi tyto země spadá například USA, Izrael, Holandsko, Austrálie a Švédsko (Beránková et al., 2017).

Opětovné využití šedých vod má několik pozitivních i negativních environmentálních dopadů na životní prostředí. Mezi pozitivní řadíme:

- minimalizace odpadních vod
- menší náklady na dodávky pitné vody
- řešení nedostatku vody
- snížení spotřeby pitné vody
- zvýšení dostupnosti živin a organické hmoty při zavlažování půdy (Memon et al., 2007)

Také máme některé negativní dopady:

- je dokázáno, že zalévání surovou šedou vodou by mohlo potenciálně způsobit akumulaci kovů v půdách (Turner et al., 2016)

Důležitým faktem je, uvědomit si, že v budoucnu by mohlo být znovuvyužívání šedé vody dobrým řešením i z globálního hlediska. Problémem je fakt, že zavést a zprovoznit technologie na čištění vody je náročné z ekonomického hlediska – investiční a provozní náklady. Do těchto nákladů spadá samotná technologie čištění, monitorovací zařízení, kvalifikovaní pracovníci i údržba. Toto by mohlo být finančním problémem pro malé komunity. Je důležité, aby se toto téma dostalo do podvědomí lidstva (Scruggs et Heyne, 2021).

10.1 Jaké máme možnosti využití šedé vody

Přečištěná šedá voda, tedy bílá voda se dá využít mnoha způsoby. Můžeme je rozdělit podle účelu do několika skupin (Khajvand et al., 2022).

Do kategorie městských můžeme zařadit zavlažování krajiny (zahrady, parky, sportovní zařízení, hřiště), čištění ulic, mytí automobilů, protipožární systémy, splachování toalet (Khajvand et al., 2022).

Do zemědělských aplikací zařadíme závlahu plodin, a to jak potravinářské, tak i nepotravinářské a závlahu pastvin (Khajvand et al., 2022).

Znovu využít vodu lze i v průmyslu, například v textilní úpravě, papírenském průmyslu, ocelářském i železářském atd. (Khajvand et al., 2022).

Ekologické/environmentální kategorie zahrnuje obnovu přírodních stanovišť. Jsou tím myšleny mokřady či močály (Khajvand et al., 2022).

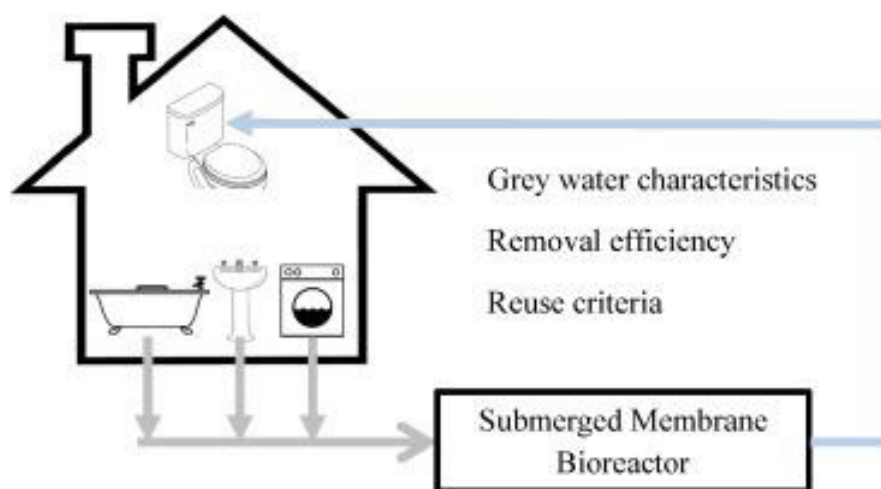
10.1.1 Splachování toalet

Opětovné využití šedé vody pro splachování toalet by mohlo výrazně snížit spotřebu pitné vody v domácnostech až o 30 % (Mahmoudi et al., 2021).

Je prokázáno, že je možné šedou vodu využít k splachování toalet, ale samozřejmě musí být předem přečištěna, aby nedošlo k mikrobiologické kontaminaci. Kontakt s nevyčištěnou vodou by mohl ohrozit zdraví (Eriksson et al., 2002).

Během studie z roku 2008 byla zkoumána účinnost čištění šedé vody za pomoci systému – Submerged Membrane Bioreactor (SMBR) v domě na Krétě, viz obrázek 5. Odstranění CHSK bylo přibližně 87 %, celkových pevných látek (TSS) bylo na přítoku 95 mg/l a na odtoku 8 mg/l. Celkové koliformní a fekální bakterie byli díky SMBR sníženy (Fountoulakis et al., 2016).

Celkově byl systém ohodnocen průměrně, ale naměřené hodnoty vyhovovaly legislativním požadavkům na znovu využití pro splachování toalet (Fountoulakis et al., 2016).



Obrázek 5: Grafický přehled čištění za pomoci SMBR (Fountoulakis et al., 2016)

10.1.2 Zemědělské využití

Čím vyšší je poptávka po potravinách, tím vyšší je spotřeba vody pro zavlažování. Proto je nutné zamyslet se nad hospodařením s vodními zdroji i v zemědělství. Jedním ze způsobů je využití šedé vyčištěné šedé vody. Při nahrazení pitné vody pro závlahu zelených ploch, by se mohla spotřeba vody snížit o 50 % (Mahmoudi et al., 2021).

Opětovné vyžití šedé vody může nést i rizika pro rostliny nebo lidské zdraví i životního prostředí (Chen et al., 2021). Jedná se o změny jak fyzikálně chemické, tak i mikrobiální změny vlastností půd. Pokud jsou ekonomické faktory nepříznivé, je možné, že hledání alternativního zdroje vody může mít spíše negativní výsledky.

Použití nedostatečně vyčištěné vody může vést k rizikům, kterým lze předejít (Jaramillo et Restrepo, 2017).

10.2 Využití pro závlahy zelených střech

Závlaha zelené střechy je něco, bez čeho se systém zelených střech neobejde, a tudíž se v oblastech v období sucha považuje za velký problém. Ze studie z roku 2021, viz tabulka 8, vyplývá, že při využití mlhy by nemusela být potřeba další voda pro závlahu. Při využití rosy, za pomoci fotovoltaických panelů, by mohly zajistit až 15-26 % spotřeby vody, to by znamenalo menší závislost na vodovodní síti. V nejlepším případě by se místo pitné vody pro další potřebu závlah využila právě přečištěná šedá voda (Pirouz et al., 2021).

	průměrná spotřeba vody v létě	během období sucha	
		průměrný potenciál mlhy	průměrný potenciál rosy
vlhké oblasti	3,7l/m ² /den	1,2-15,6l/m ² /den	0,1-0,3l/m ² /den
Středomoří	4,5l/m ² /den	1,6-4,6l/m ² /den	0,2-0,3l/m ² /den
suché oblasti	2,7l/m ² /den	1,8-11,8l/m ² /den	0,5-0,7l/m ² /den

Tabulka 8: Využití jiných zdrojů vody (Pirouz et al., 2021).

10.3 Další výhody závlahy zelených střech

Využití šedých vod pro závlahy zelených střech má mnoho výhod. Jednou z nich je terciální dočištění vody (kapitola č. 7). Mezi další výhody patří tepelná izolace nebo snížení spotřeby energie budov. Následuje vytvoření biotopů pro menší zvěř, estetická hodnota, zlepšení kvality ovzduší a biodiverzity a také snížení hluku a efektu městských tepelných ostrovů (Mahmoudi et al., 2021).

Efekt městského tepelného ostrova je jev, který se vyskytuje v částech města, kde je mnoho budov, velký provoz a průmysl. Toto, plus tmavé povrchy pokryté asfaltem a cementem, vede ke zvýšení teploty oproti okolním částem města, které nejsou tolik v centru. Snížit efekt městského ostrova se dá za pomoci parků, zelených částí města, a i za pomoci zelených střech (Mahmoudi et al., 2021).

Rostliny mohou odstranit i mnoho znečišťujících látek a tím zlepšit kvalitu ovzduší (Li et al., 2010).

Vhodná tepelná izolace by mohla ovlivnit teplotu v budovách a tudíž, by nemusela být velká spotřeba energie na klimatizaci (Berardi, 2016).

Dále bylo zjištěno, že zelené střechy mohou snížit i hluk, ale jen v místech, kam přicházejí rozptýlené zvukové vlny (Renterghem et Botteldooren, 2011).

11 Normy kvality šedé vody pro znovuvyužití

Požadavky na kvalitu vyčištěné šedé vody tzv. bílé vody jsou dány pomocí směrnic a předpisů v mnoha zemích, viz tabulka 9. Požadavky se mění i podle toho, pro jaké znovuvyužití je voda určena a na typu původu šedé vody. Dále pak i na tom, zda přijde vyčištěná šedá voda do lidského kontaktu (Boano et al., 2020). Většinou se tyto vody využívají k zavlažování, splachování toalet i umývání aut.

Územní celek / Stát UKAZATELE (jednotka)	EU	Izrael	Čína	USA	Reference Guide (Singapore,2014)
Hodnota pH	5,0-9,5	6,5 – 8,5	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0
NL (mg/l)	bez viditelných nečistot			≤ 30	
BSK ₅ (mg/l)		≤ 10	≤ 20	≤ 30	< 5
ChSK (mg/l)					
Zákal (NTU)	≤ 10 (1 při UV dezinfekci)	≤ 2 (medián) ≤ 5 (max.)	≤ 10		< 2
Zbytkový chlor (mg/l)	< 2,0	>1,0 (30 minut)		>1,0 (90 minut)	0,5 – 2,0
Celkový fosfor (mg/l)			0,6-27,3		
Celkový dusík (mg/l)			2,1-31,5		
Amoniakální dusík (mg/l)			≤ 20		1-10
Escherichia coli (KTJ/100 ml)	250			≤ 200 (7-denní medián) ≤ 800 (max.)	nedetekovaná no
Enterokoky (KTJ/100 ml)	100				
Termotolerantní koliformní bakterie (KTJ/100 ml)		≤ 0 (medián) ≤ 14 (max.)	≤ 200		
Koliformní bakterie: celkové počty (KTJ/100 ml)	<1000				< 10

Tabulka 9: Normy pro znovuvyužití šedých vod zejména pro závlahy (MŽP, 2021).

12 Rizika znovuvyužití šedé vody

Rizika, v případě využití vyčištěné šedé vody i nevyčištěné šedé vody mohou být různá v závislosti na tom, jaké vlastnosti mají vody. Tyto vlastnosti závisí na lidském chování a látek či materiálech vypouštěných do vody. Mluvíme zde jak o chemických, tak mikrobiálních rizicích (Filali et al., 2022). Celkově klíčovým faktorem pro bezpečné znovuvyužití šedé vody je komunikace jak mezi vědci, profesionály atd. z vodního sektoru, tak s uživateli znovuvyužité vody. Technická řešení problémů by měla být průběžně přizpůsobována vniklým rizikům a včas řešena (Maimon et Gross, 2018).

12.1 Environmentální rizika

V tomto sektoru se jedná hlavně o problémy týkající se kontaminace povrchových nebo podzemních vod a půdy spojenými s účinky na růst rostlin (Rodda et al., 2011).

Při zavlažování lokálních políček s plodinami například *Daucus carota* (mrkev obecná) šedou vodou bylo zjištěno několik výsledků. Je fakt, že zalévání šedou vodou bylo spojeno se zvýšením růstu a zlepšeným obsahem rostlinných živin. Jenomže zalévání nedostatečně vyčištěnou nebo dokonce surovou šedou vodou vede postupem času k akumulaci solí a kovů v půdě a tím pádem k akumulaci sodíku a kovů v rostlinách. Mohlo by to vést k problému, kterým je zasolení půdy (Rodda et al., 2011).

12.2 Sanitární rizika

S ohledem na tyto rizika je potřeba mikrobiální a epidemiologické analýzy a studie pro zhodnocení rizik šedých vod. Navzdory tomu, že šedá voda by neměla obsahovat fekálie, se může stát, že se ve vodě vyskytují. V roce 2003 byla Švédsku kvantifikována kontaminace šedé vody právě fekáliemi. Toto a prevalence (označení počtu osob trpící určitým onemocněním v daném konkrétním čase nebo období) patogenů v populaci vedlo k tomu, aby se provedlo screeningové hodnocení mikrobiálního rizika. Hodnocení rizika bylo zaměřené na *Rotavirus*, *Salmonella enterica*, *Campylobacter jejuni*, *Giardia lamblia*, *Cryptosporangium parvum*. Výsledkem bylo vysoké riziko rotavirů v simulovaných situacích jako závlaha sportovišť či přímý kontakt (Ottoson et Stenström, 2003).

12.3 Riziko přenosu SARS-CoV-2

Kontaminace šedých vod může být velkým problémem v místech, kde šedé vody důkladně nepřečistí nebo vůbec nečistí a používají ji neupravenou například pro závlahy. Ohled musíme brát i na životní prostředí, kde by toto mohlo být problémem. Hlavně v místech jako je Bangladéš, Pákistán a Írán, kde se běžně manipuluje s neupravenou vodou (Ensink et al., 2002; Qishlaqi et al., 2007; Akhtar et al., 2015).

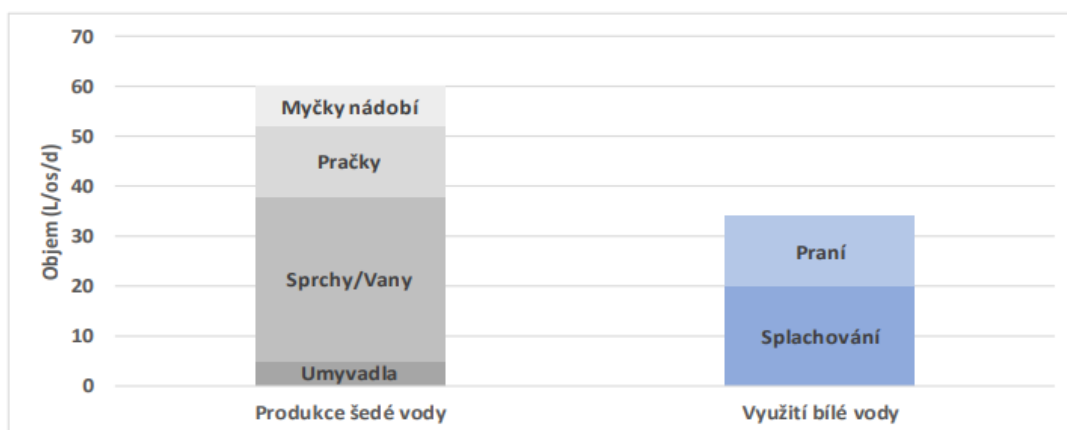
Jelikož je vir SARS-CoV-2 citlivý k běžným antiseptickým prostředkům, je potřeba využít vhodné metody. I přes dezinfekční prostředky šedé vody je přenos SARS-CoV-2 zdravotní riziko spojené s mikrobiálním nebo virovou kontaminací. Vir se může do šedé vody dostat za pomoci slin, moči atd. Tudíž vznikají i otázky nad riziky znovuvyužití šedé vody pro různé účely. V domácnostech s pacienty nakaženými SARS-CoV-2 byl zjištěn vir i v domácích neboli šedých vodách (Chen et al., 2020).

Z tohoto vyplývá, že znovuvyužití surové šedé vody pro závlahy nebo čehokoli jiného se může vir potencionálně přenášet dále. Je proto důležité, aby čističky odpadních vod důkladně zvolily metodu čištění pro odstranění SARS-CoV-2 a následně vodu ještě kontrolovaly, protože zde vir může přežít i několik dní v závislosti na kvalitě vody (Oliver et al., 2020).

13 Typové řešení recyklace šedých vod – rodinné domky

Největším zdrojem šedých vod v rodinných domcích jsou sprchy/vany. Jedná se průměrně o 33 l za osobu na den. Následně pračky, myčky a nakonec umyvadla, viz obrázek 6 (MŽP ©2021).

Potenciální rizika využití přečištěné vody neboli bílé vody jsou různá. Obecně tyto systémy jsou náročnější na údržbu. Při využití na splachování je rizikem nárůst biofilmů v systému, to samé riziko je u využití k praní. Při zavlažování zahrad jinak, než rozstříkem je riziko hlavně při zavlažování plodin ke konzumaci. Může dojít ke kontaminaci plodiny různými organickými látkami například zbytky léčiv. Následně může vzniknout i kontaminace podzemních vod, ale to je z hlediska legislativy nemožné. Hlavním problémem je vznik aerosolů. Tímto způsobem je zvýšené riziko lidského kontaktu, a to jak požitím nebo vdechnutím (MŽP ©2021).



Obrázek 6: Očekávaná bilance vody (produkce /spotřeba) (MŽP, 2021).

14 Udržitelnost a ekonomika

Udržitelné hospodaření s vodou je velmi důležité. Vlivem postupné urbanizace se hlavně v rozvojových zemích zvyšuje poptávka vody. Systémy pro recyklaci/vyčištění šedé vody z domácností jsou vhodnými alternativními zdroji vody a mohly by tak zmenšit poptávku pitné vody od veřejných služeb. Nejen, že by se eventuálně mohla snížit poptávka na pitnou vodu, ale i do kanalizací by odtékalo méně vody (Wanjiru et Xia, 2017).

Závlaha zelených střech a dalších částí měst či obcí jakou jsou parky, zahrady atd. je většinou ve společnosti vnímáno negativně s ohledem na vodní hospodářství. Hlavně v částech světa, kde je vody nedostatek. Nicméně závlaha zelených střech je důležitá z mnoha důvodů (kapitola 10.2) a většina lidí o nich neví. Informace o možném znovuvyužití šedé vody pro závlahy střech mezi lidmi jsou minimální (Wanjiru et Xia, 2017).

Závlaha právě vyčištěnou vodou pro bezpečné využití je ekonomiky výhodná pro snížení spotřeby pitné vody (Wanjiru et Xia, 2017). Celkově nebylo popsáno mnoho studií ohledně ekonomického hlediska využití šedé vody (Khajvand et al., 2022).

Systém zelených střech jako takový, byl navržen hlavně pro udržitelné budovy. Jednalo se o budovy v několika zemích s různými klimatickými podmínkami. Fakta, které máme, jsou nepopíratelné přínosy, jak ekologického charakteru, tak i ekonomické proveditelnosti (Berardi et al., 2014). Mezi ekonomické výhody můžeme zařadit:

- snížení spotřeby energie
- při dobré montáži je zvýšená tepelná izolace
- náklady na údržbu jsou nižší – prodloužená životnost
- při použití šedé vody nižší náklady na pitnou vodu
- zvýšená zelená plocha
- vyšší cena budovy a zajímavější trh (Berardi et al., 2014)

Ekonomické zábrany:

- vysoké počáteční náklady na stavbu
- vysoké náklady na údržbu, hlavně u intenzivních zelených střech
- nutná zálaha
- složitá stavební konstrukce
- rizika selhání
- úprava stávajících budov – přeměna normální střechy na zelenou střechu (Berardi et al., 2014)

Jak už bylo dříve uvedeno, zelené střechy extenzivní jsou ekonomicky výhodnější, na rozdíl od střech intenzivních a polointenzivních, které mají vyšší energetickou účinnost a jsou šetrnější k životnímu prostředí. Tyto střechy jsou schopné pojmout 26 % až 88 % dešťové vody o intenzitě srážek 12 mm. Zelené střechy poskytují i delší životnost pro exteriér i interiér budovy a zároveň poskytují estetickou hodnotu (Mohapatra et al., 2021).

Jedním z důvodů, proč jsou zelené střechy málo využívány, je jejich velká spotřeba vody. Proto využití šedé vody pro zálahu má ekonomický potenciál. Při výběru vegetace pro pokrytí zelené střechy můžeme zohlednit i absorpci vody v závislosti na klimatu, kde se nachází budova (Prodanovic et al., 2019; Mahmoudi et al., 2021).

Potenciální úspora vody v rodinném domku

Šedá voda celkově v domácnosti představuje cca 50-60 % celkové spotřeby. Při využití šedé vody z myček na nádobí se může jednat až o 65 % spotřeby. Důležitý a zásadní je i potenciál využití vody pro zálahu. Z pohledu provozních nákladů je hlavní energie a to, i pokud je využívána UV dezinfekce. Průměrně lze předpokládat náklady na vyčištění 4-6 kWh/m³ bílé vody (vyčištěná šedá voda) (MŽP ©2021).

15 Výsledné zhodnocení

Po prozkoumání daného tématu a teorie vyplývá, že v dnešní době je důležité se o znovuvyužití vod zabývat. Z rešerše vyplívá fakt, že šedé vody mohou být kontaminovány novým virem SARS-CoV-2 a tudíž se vyskytuje problém.

V dnešní době máme už mnoho technologií pro jeho odstranění. Po odstranění viru, jednou z dezinfekčních metod, je bezpečné dále vodu využívat pro další potřeby, konkrétně třeba pro závlahy zelených střech. Správně vyčištěná voda, podle legislativních požadavků, není následně zdravotně závadná jak pro lidské životy ani pro ostatní organismy.

Navíc mají zelené střechy další možnost využití, a to terciální dočištění šedé vody. Autorka zmiňuje, že není mnoho lidí, kteří vědí o dalším využití zelených střech, a proto tato možnost není tolik využívána. Je potřeba tuto problematiku dát do podvědomí více lidí.

Podle názoru autorky, by právě zelené střechy mohly ovlivnit další vývoj v problematice znovuvyužití šedé vody a recyklaci vod a následně snížení spotřeby pitné vody.

16 Diskuse

Z výsledného zhodnocení je patrná důležitost tématu recyklace a opětovného využití šedé vody. Opětovné využívání napomáhá snížení spotřebované vody ve městech. K dosažení potřebných vlastností a nutných standardů je potřeba odstranit povrchově aktivní látky, například mikropolutanty, organické látky a ostatní mikroorganismy, které by mohly znečišťovat vodu. Proto by bylo lepší zavést konkrétní a účinné technologie pro bezpečné ošetření vody.

Nové nařízení ČSN EN 16941–2 specifikuje zásady pro projektování, instalaci atd. a především se využívá pro využití čištěné šedé vody, jako je splachování toalet, zalévání zahrad a zelených střech, praní a úklid.

Mahmoudi et al. (2021) se zmiňují, že využití šedé vody k závlaze zelených střech má budoucnost, ale zároveň je potřeba větší informovanost obyvatelstva o této problematice.

Jak už se autorka zmiňuje je důležité správně vyčistit šedou vodu před opětovným využitím. Na základně literatury ve studii z roku 2009 bylo prokázáno že šedé vody mají dobrou biologickou rozložitelnost. Šedé vody z koupelen nemají dostatek dusíku (N) a fosforu (P) na rozdíl od kuchyňských vod, které mají poměr CHSK : N : P vyvážený. Pokud by se šedá voda z kuchyní měla čistit biologickým procesem je potřeba, aby se promíchala i s jinou vodou. Mohlo by dojít k nedostatku makroživin a stopových živin. Pro šedé vody není vhodný fyzikální proces odstranění, proto se nedoporučuje využívat samostatně. Použití MBR se zdá jako vhodné řešení pro středně až vysoce silnou recyklaci vody, a to hlavně ve velkých městech. (Li et al., 2009)

Problém je rozdíl mezi méně vyspělými a vyspělejšími zeměmi, kde už některé výzkumy na téma zelených střech proběhly. Těchto výzkumů bylo více uskutečněno v oblastech s chladným podnebím, například Švédsko, Německo nebo USA. Je důležité tyto průzkumy uskutečnit i v jiných klimatických i geografických podmínkách. I když, by zelené střechy měly být vodné pro jakékoli podmínky, je důležité, se zaměřit na vhodně vybrané materiály pro jejich výstavbu. Substrát a vegetace by se měla vybírat lokálně, aby se snížili celkové náklady. Nicméně je potřeba, aby lidé z oborů architektury a enviromentálního sektoru byli schopni spolupracovat a vyvíjet technologie prospěšné z obou stran. Je důležité docílit faktu nákladové efektivnosti zelených střech, a to i v každé zeměpisné oblasti světa (Shafique et al., 2018).

V roce 2017 vznikla studie kde srovnávali sedm různých systémů zelených střech lišících se tloušťkou, použitým materiálem i konstrukčními vrstvami. Mezi faktory rozdílů se zařadila i vodní kapacita drenážního materiálu. Pozorování se zaměřilo na stavebně fyzikální vlastnosti a probíhalo 15 měsíců. Jednalo se o pět extenzivních zelených střech, které byly osety ze 30 % směsí trav, bylin a sukulentů. Zbylé dvě střechy byly intenzivní a byly osety tou samou směsí, ale na 80 % (Scharf et Zluwa, 2017).

Výsledkem bylo, že zelené střechy přispívají k tepelné izolaci budov. Klíčovým faktorem byla tloušťka konstrukce, volba materiálu a roční období. Nelze se zaměřit pouze na tloušťku konstrukce, ale na celek. Fyzikální a stavební vlastnosti jsou ovlivněny konstrukcí a to znamená, že čím silnější konstrukce, tím lepší vlastnosti. Tyto vlastnosti také zlepšuje vhodná drenážní vrstva (Scharf et Zluwa, 2017).

V období pandemie, která nás zasáhla, tak jako všechny okolo, je důležité dbát na vyšší úroveň vyčištění vody. Vir SARS-CoV-2 se totiž může objevit i v šedých vodách. S tím je spojeno riziko přenosu viru. Jelikož jsou šedé vody možným alternativním zdrojem vody, mohlo by dojít k ohrožení života lidí i ostatních organismů (Filali et al., 2022).

SARS-CoV-S-2 se při příznivých podmínkách (vhodná teplota, pH, množství nerozpuštěných látek, faktory okolního prostředí atd.) je schopný přežít i několik dnů. Odstranění viru je efektivní proces primárního čištění (fyzikální čištění) do kterého spadá například sedimentace a usazovák. Další fází je sekundární proces čištění. Jde o biologické čištění a následné chemické čištění. Po těchto procesech je důležitá dezinfekce, a to buď chlorem, ozonem nebo za pomoci ultrafialového záření. Nejlepší proces odstranění SARS-CoV-2 viru je kombinace těchto metod čištění s následnou dezinfekcí vody, protože ani jeden proces čištění samostatně důkladně neodstraní vir (Sangkham, 2021).

Když se zaměříme na dezinfekci různými způsoby, tak dezinfekci chlorem může ovlivnit přítomností organických látek a částic. Tato koncentrace nijak neovlivnila koliformní bakterie a jejich odolnost dezinfekce vůči chloru. Pro účinnou dezinfekci by se při čištění vod mělo nejprve zaměřit na odstranění nerozpuštěných látek a dále by pak dezinfekce byla účinná. Následné odstranění organických látek vytváří stabilní a nízkou spotřebu chloru, a tudíž se potenciál pro opětovný růst mikrobů, například při opětovném využití šedé vody v toaletách i v nádržce na vody, snižuje (Winward et al., 2008).

V důsledku čím dál větší urbanizace do měst ubývá zelených ploch a půd. Toto způsobuje odlesňování a degradaci biosféry. Zelené střechy by mohly být efektivním ekonomickým řešením, jak tento problém vyřešit. Zelené střechy jsou řešením pro různé klimatické podmínky a jsou ekonomicky efektivní. Z ekonomického hlediska jsou na tom lépe střechy extenzivní oproti intenzivním a polointenzivním, které představují vyšší šetrnost k životnímu prostředí. Tyto střechy mají výhodu, že při intenzitě srážek 12 mm jsou schopné pojmou 26 % - 88 % vody. Zelené střechy mají výhodu i v jejich estetickém vzhledu a možnosti využití plochy pro stanoviště zvířat a rostlin (Mohapatra et al., 2021).

17 Závěr a přínos práce

Šedá voda je po kvalitním a správném postupu ošetření vhodná pro další využití. Šedou vodou je myšlena veškerá voda z domácností, mimo splachování toalety, protože tato voda by neměla obsahovat fekálie. Jde o vody, které obsahují obtížněji rozložitelné organické látky, hlavně to platí u vod ze sprch, kde se používá mnoho šamponu a mýdel.

V dnešní době pandemie je důležité zmínit možnost šíření SARS-CoV-2 šedou vodou, kdy se vir může dostat do vody při mytí ruky při nepoužití dezinfekce nebo za pomoci slin či nechtěnému úniku moči. Z toho je patrná důležitá dezinfekce šedé vody při čišťení.

Čišťení probíhá třemi fázemi: fyzikální pro odstranění hrubých nečistot, chemické a biologické pro odstranění organických a neorganických látek a následné dezinfekce za pomoci chloru, ozonu či UV záření. Dezinfekce slouží k odstranění mikrobů a konkrétně SARS-CoV-2.

Následně je pak možné tuto šedou vyčištěnou vodu (bílá voda) znovu využít například k závlahám zelených střech. Při tomto využití správně vyčištěná voda neovlivňuje lidi při lidském kontaktu ani organismy v půdě či rostliny na nich vypěstované.

Díky funkci zelených střech můžeme využít vlastnosti pro další terciální přečištění a tím snížit poptávku pitné vody, a to jak z ekonomického hlediska, tak z enviromentálního. Znovuvyužitím šedé vody vy se dalo ušetřit až 9-47 % pitné vody. Tato myšlenka má v současné době perspektivní využití a na některých místech se i využívá.

Největším problémem zelených střech je právě jejich velká spotřeba vody pro závlahy, a proto nejsou zelené střech tak využívány. Řešením tohoto problému by právě mohly být šedé vody a jejich opětovné využití, jenomže o této možnosti dost lidí neví a souviselo by to s dalšími počátečními náklady.

Jestliže vezmeme v úvahu fakt, že jde vyčištěná voda využívat i pro jiné účely, než závlahu zelených střech, jako je třeba splachování toalety nebo mytí vozidel je to velmi výhodné ekonomické i enviromentální východisko.

18 Seznam literatury a použitých zdrojů

18.1 Odborné publikace

Aghalari, Z., Dahms, H. U., Sillanpää, M., Sosa-Hernandez, J. E., et Parra-Saldívar, R., 2020: Effectiveness of wastewater treatment systems in removing microbial agents: A systematic review. In *Globalization and Health* 16: 13

Akhtar, P., Ahmed, Y., Islam, F., et Alam, K., 2015: Efficiency of Effluent Treatment Plants and Threat to Human Health and Aquatic Environment in Bangladesh Bioprospecting novel microbial natural products from underexplored habitats. View project Fig breeding View project. Article in *Asian Journal of Chemistry*: 60–68.

Amoah, I. D., Kumari, S., et Bux, F., 2020: Coronaviruses in wastewater processes: Source, fate and potential risks. *Environment International* 143: 105962.

Arden, S., et Ma, X., 2018: Constructed wetlands for greywater recycle and reuse: A review. *Science of The Total Environment* 630: 587–599.

Beránková M., Vološinová D., Stehskalová L., et Čejka E., 2017: Vypustit nebo znovu využít?: 1–5.

Berardi, U., 2016: The outdoor microclimate benefits and energy saving resulting from green roofs retrofits. *Energy and Buildings* 121: 217–229.

Berardi, U., GhaffarianHoseini, A. H., et GhaffarianHoseini, A., 2014: State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy* 115: 411–428.

Berndtsson, J. C., 2010: Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering* 36(4): 351–360.

Bhatt, A., Arora, P., et Prajapati, S. K., 2020: Occurrence, fates and potential treatment approaches for removal of viruses from wastewater: A review with emphasis on SARS-CoV-2. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 8(5): 104429.

Boano, F., Caruso, A., Costamagna, E., Ridolfi, L., Fiore, S., Demichelis, F., Galvão, A., Piseiro, J., Rizzo, A., et Masi, F., 2020: A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits. *Science of The Total Environment* 711: 134731.

Boyjoo, Y., Pareek, V. K., et Ang, M., 2013: A review of greywater characteristics and treatment processes. *Water Science and Technology* 67(7): 1403–1424.

Chen, C. Y., Wang, S. W., Kim, H., Pan, S. Y., Fan, C., et Lin, Y. J., 2021: Non-conventional water reuse in agriculture: A circular water economy. *Water Research* 199:117193.

Chen, Y., Chen, L., Deng, Q., Zhang, G., Wu, K., Ni, L., Yang, Y., Liu, B., Wang, W., Wei, C., Yang, J., Ye, G., et Cheng, Z., 2020: The presence of SARS-CoV-2 RNA in the feces of COVID-19 patients. *Journal of Medical Virology* 92(7): 833–840.

Ciotti, M., Ciccozzi, M., Terrinoni, A., Jiang, W. C., Wang, C. bin, et Bernardini, S., 2020: The COVID-19 pandemic 57(6): 365–388.

Cook, L. M., et Larsen, T. A., 2021: Towards a performance-based approach for multifunctional green roofs: An interdisciplinary review. *Building and Environment* 188: 107489.

Člověk a příroda: Voda, 2005. Nakladatelství Fraus, Plzeň, ISBN 80-7238-337-X.

do Couto, E. D. A., Calijuri, M. L., Assemany, P. P., Santiago, A. D. F., et Carvalho, I. D. C., 2013: Greywater production in airports: Qualitative and quantitative assessment. *Resources, Conservation and Recycling* 77, 44–51.

Dubey, A., Choudhary, S., Kumar, P., et Tomar, S., 2022: Emerging SARS-CoV-2 Variants: Genetic Variability and Clinical Implications. *Current Microbiology* 79(1): 1–18.

Ensink, J. H., van der Hoek, W., Matsuno, Y., Munir, S., et Rizwan Aslam, M., 2002: Use of Untreated Wastewater in Peri-Urban Agriculture in Pakistan:

Risks and Opportunities RESEARCH 64 Water Management International Institute: 1–32.

Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., et Ledin, A., 2002: Characteristics of grey wastewater. *Urban Water* 4(1): 85–104.

Filali, H., Barsan, N., Souguir, D., Nedeff, V., Tomozei, C., et Hachicha, M., 2022: Greywater as an Alternative Solution for a Sustainable Management of Water Resources&mdash. A Review. *Sustainability* 2022 14(2): 665.

Fountoulakis, M. S., Markakis, N., Petousi, I., et Manios, T., 2016: Single house on-site grey water treatment using a submerged membrane bioreactor for toilet flushing. *Science of The Total Environment* 551–552: 706–711.

Ghaitidak, D. M., et Yadav, K. D., 2013: Characteristics and treatment of greywater-a review. *Environmental Science and Pollution Research* 20(5): 2795–2809.

Gross, A., Kaplan, D., et Baker, K., 2007: Removal of chemical and microbiological contaminants from domestic greywater using a recycled vertical flow bioreactor (RVFB). *Ecological Engineering* 31(2): 107–114.

Gundy, P. M., Gerba, C. P., et Pepper, I. L., 2009: Survival of Coronaviruses in Water and Wastewater. *Food and Environmental Virology* 1(1): 10–14.

Jaramillo, M. F., et Restrepo, I., 2017: Wastewater Reuse in Agriculture: A Review about Its Limitations and Benefits. *Sustainability* 2017 9(10): 1734.

Judd S., 2006: *The MBR book: principles and applications of membrane bioreactors in water and wastewater treatment*. Elsevier, Oxford.

Khajvand, M., Mostafazadeh, A. K., Drogui, P., Tyagi, R. D., et Brien, E., 2022: Greywater characteristics, impacts, treatment, and reclamation using adsorption processes towards the circular economy. *Environmental Science and Pollution Research* 29(8): 10966–11003.

Khalil, M., et Liu, Y., 2021: Greywater biodegradability and biological treatment technologies: A critical review. *International Biodeterioration & Biodegradation* 161: 105211.

- Kong, J., Lu, Y., Ren, Y., Chen, Z., et Chen, M., 2021: The virus removal in UV irradiation, ozonation and chlorination. *Water Cycle* 2: 23–31.
- Koroxenidis, E., et Theodosiou, T., 2021: Comparative environmental and economic evaluation of green roofs under Mediterranean climate conditions – Extensive green roofs a potentially preferable solution. *Journal of Cleaner Production* 311: 127563.
- Le-Clech, P., 2010: Membrane bioreactors and their uses in wastewater treatments. *Applied Microbiology and Biotechnology* 88(6): 1253–1260.
- Li, F., Wichmann, K., et Otterpohl, R., 2009: Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of The Total Environment* 407(11): 3439–3449.
- Li, J. F., Wai, O. W. H., Li, Y. S., Zhan, J. M., Ho, Y. A., Li, J., et Lam, E., 2010: Effect of green roof on ambient CO₂ concentration. *Building and Environment* 45(12): 2644–2651.
- Mahmoudi, A., Mousavi, S. A., et Darvishi, P., 2021: Greywater as a sustainable source for development of green roofs: Characteristics, treatment technologies, reuse, case studies and future developments. *Journal of Environmental Management* 295: 112991.
- Maimon, A., et Gross, A., 2018: Greywater: Limitations and perspective. *Current Opinion in Environmental Science & Health* 2: 1–6.
- Maimon, A., Gross, A., et Arye, G., 2017: Greywater-induced soil hydrophobicity. *Chemosphere* 184: 1012–1019.
- March, J. G., Gual, M., et Orozco, F., 2004: Experiences on greywater re-use for toilet flushing in a hotel (Mallorca Island, Spain). *Desalination* 164(3): 241–247.
- Memon, F. A., Zheng, Z., Butler, D., Shirley-Smith, C., Lui, S., Makropoulos, C., et Avery, L., 2007: Life Cycle Impact Assessment of Greywater Recycling Technologies for New Developments. *Environmental Monitoring and Assessment* 2007 129(1): 27–35.

Mlejnková, H., Očenášková, V., Sovová, K., Vašíčková, P., et Juranová, E., 2020: Koronavirus SARS-CoV-2 v povrchových a odpadních vodách. *Vodohospodářské Technicko-Ekonomické Informace* 62(3): 28.

Mohapatra, S., Verma, S., Chowdhury, S., Dwivedi, G., et Harish, V. S. K. V., 2021: A critical appraisal of green vegetated roofs: Energy and environment in focus. *Materials Today: Proceedings* 46: 5703–5710.

Morrison, C., Atkinson, A., Zamyadi, A., Kibuye, F., McKie, M., Hogard, S., Mollica, P., Jasim, S., et Wert, E. C., 2020: Critical Review and Research Needs of Ozone Applications Related to Virus Inactivation: Potential Implications for SARS-CoV-2 43(1): 2–20.

Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K. K. Y., et Rowe, B., 2007: Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *BioScience*. 57(10): 823–833.

Oliver, Md. M. H., Hewa, G. A., Pezzaniti, D., Haque, Md. A., Haque, S., Haque, Md. M., Moniruzzaman, Md., Rahman, Md. M., Saha, K. K., et Kadir, Md. N., 2020: COVID-19 and Recycled Wastewater Irrigation: A Review of Implications. 2020060105.

Ottoson, J., et Stenström, T. A., 2003: Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. *Water Research* 37(3): 645–655.

Palmarin, M. J., et Young, S., 2019: Comparison of the treatment performance of a hybrid and conventional membrane bioreactor for greywater reclamation. *Journal of Water Process Engineering* 28: 54–59.

Pidou, M., Avery, L., Stephenson, T., Jeffrey, P., Parsons, S. A., Liu, S., Memon, F. A., et Jefferson, B., 2008: Chemical solutions for greywater recycling. *Chemosphere* 71(1): 147–155.

Pirouz, B., Palermo, S. A., et Turco, M., 2021: Improving the efficiency of green roofs using atmospheric water harvesting systems (An innovative design). *Water (Switzerland)* 13(4): 546.

- Pradhan, S., Al-Ghamdi, S. G., et Mackey, H. R., 2019: Greywater recycling in buildings using living walls and green roofs: A review of the applicability and challenges. *Science of The Total Environment* 652: 330–344.
- Prodanovic, V., Hatt, B., McCarthy, D., Zhang, K., et Deletic, A., 2017: Green walls for greywater reuse: Understanding the role of media on pollutant removal. *Ecological Engineering* 102: 625–635.
- Prodanovic, V., Wang, A., et Deletic, A., 2019: Assessing water retention and correlation to climate conditions of five plant species in greywater treating green walls. *Water Research* 167: 115092.
- Qishlaqi, A., Moore, F., et Forghani, G., 2007: Impact of untreated wastewater irrigation on soils and crops in Shiraz suburban area, SW Iran. *Environmental Monitoring and Assessment* 2007 141(1): 257–273.
- Renterghem, T., et Botteldooren, D., 2011: In-situ measurements of sound propagating over extensive green roofs. *Building and Environment* 46(3): 729–738.
- Rodda, N., Salukazana, L., Jackson, S. A. F., et Smith, M. T., 2011: Use of domestic greywater for small-scale irrigation of food crops: Effects on plants and soil. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 36(14–15): 1051–1062.
- Rodríguez, C., Sánchez, R., Rebolledo, N., Schneider, N., Serrano, J., et Leiva, E., 2021: Life cycle assessment of greywater treatment systems for water-reuse management in rural areas. *Science of The Total Environment* 795: 148687.
- Sangkham, S., 2021: A review on detection of SARS-CoV-2 RNA in wastewater in light of the current knowledge of treatment process for removal of viral fragments. *Journal of Environmental Management* 299: 113563.
- Scharf, B., et Zluwa, I., 2017: Case study investigation of the building physical properties of seven different green roof systems. *Energy and Buildings* 151: 564–573.

- Scruggs, C. E., et Heyne, C. M., 2021: Extending traditional water supplies in inland communities with nontraditional solutions to water scarcity. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 8(5): 1543.
- Shafique, M., Kim, R., et Rafiq, M., 2018: Green roof benefits, opportunities and challenges – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 90: 757–773.
- Shi, X., Tal, G., Hankins, N. P., et Gitis, V., 2014: Fouling and cleaning of ultrafiltration membranes: A review. *Journal of Water Process Engineering* 1: 121–138.
- Teymoorian, T., Teymourian, T., Kowsari, E., et Ramakrishna, S., 2021: Direct and indirect effects of SARS-CoV-2 on wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering* 42: 102193.
- Thomaidi, V., Petousi, I., Kotsia, D., Kalogerakis, N., et Fountoulakis, M. S., 2022: Use of green roofs for greywater treatment: Role of substrate, depth, plants, and recirculation. *Science of The Total Environment* 807: 151004.
- Tizaoui, C., 2020: Ozone: A Potential Oxidant for COVID-19 Virus (SARS-CoV-2). *Ozone: Science and Engineering* 42(5): 378–385.
- Turner, R. D. R., Warne, M. S. J., Dawes, L. A., Vardy, S., et Will, G. D., 2016: Irrigated greywater in an urban sub-division as a potential source of metals to soil, groundwater and surface water. *Journal of Environmental Management*, 183: 806–817.
- Wang, H., Li, X., Li, T., Zhang, S., Wang, L., Wu, X., et Liu, J., 2020: The genetic sequence, origin, and diagnosis of SARS-CoV-2. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases* 2020 39(9): 1629–1635.
- Wang, X. W., Li, J. S., Jin, M., Zhen, B., Kong, Q. X., Song, N., Xiao, W. J., Yin, J., Wei, W., Wang, G. J., Si, B. Y., Guo, B. Z., Liu, C., Ou, G. R., Wang, M. N., Fang, T. Y., Chao, F. H., et Li, J. W., 2005: Study on the resistance of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus. *Journal of Virological Methods* 126(1–2): 171–177.

Wanjiru, E., et Xia, X., 2017: Optimal energy-water management in urban residential buildings through grey water recycling. *Sustainable Cities and Society* 32: 654–668.

Winward, G. P., Avery, L. M., Frazer-Williams, R., Pidou, M., Jeffrey, P., Stephenson, T., et Jefferson, B., 2008: A study of the microbial quality of grey water and an evaluation of treatment technologies for reuse. *Ecological Engineering* 32(2): 187–197.

Winward, G. P., Avery, L. M., Stephenson, T., et Jefferson, B., 2008: Chlorine disinfection of grey water for reuse: Effect of organics and particles. *Water Research* 42(1–2): 483–491.

Wu, B., 2019: Membrane-based technology in greywater reclamation: A review. *Science of The Total Environment* 656: 184–200.

Yazdandoost, F., Noruzi, M. M., et Yazdani, S. A., 2021: Sustainability assessment approaches based on water-energy Nexus: Fictions and nonfictions about non-conventional water resources. *Science of The Total Environment* 758: 143703.

Zhang, C. M., Xu, L. M., Xu, P. C., et Wang, X. C., 2016: Elimination of viruses from domestic wastewater: requirements and technologies. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 32(4): 1–9.

18.2 Legislativní zdroje

Zákon č.17/1992 Sb., o životním prostředí.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů.

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech

ČSN EN 16941-2: Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 2: Zařízení pro využití čištěné šedé vody, Praha, 2021.32 s.

18.3 Internetové zdroje

ASIO, 2012: Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich (online) [cit.2021.03.27], dostupné z <<https://www.asio.cz/cz/153.cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>>.

ASIO, 2021: ENERGIE ŠEDÝCH VOD (online) [cit.2021.03.27], dostupné z <<https://www.asio.cz/cz/energie-sedych-vod>>.

CENIA, 2019: Voda (online) [cit.2021.03.27], dostupné z <https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2019/06/04_Voda.pdf>.

MŽP, 2021: MŽP chystá na výstavbu zelených střech miliardy korun (online) [cit.2021.03.27], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/news_20210122-MZP-chysta-na-vystavbu-zelenych-strech-miliardy-korun>.

MŽP, 2021: Studie problematiky recyklace šedých vod v sídlech ČR. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 103 s.

Pidou, M., 2006: *Hybrid membrane processes for water reuse* (online) [cit.2021.02.15], dostupné z <<https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/4372>>.

Zenker P., 2017: *Aktuálně.cz: Využijte dešťovou vodu nebo “odpad” ze sprchy. Startují nové dotace pro domácnosti - Ministerstvo životního prostředí.* (online) [cit.2021.03.27], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/articles_170503_aktualne.cz_destovka_program_dotace>.

18.4 Ostatní zdroje

GreenDek, 2022: Vegetační střechy. GreenDek, Praha 96 s.

19 Seznam tabulek

Tabulka 1: Chemické složení šedých vod (Plotěný,2011)	6
Tabulka 2: Konvenční parametry pro charakterizaci domácí šedé vody. (Boano et al., 2020)	15
Tabulka 3: Porovnání zelených střech (Koroxenidis & Theodosiou, 2021)	18
Tabulka 4: Účinnost chloru (MŽP, 2021)	22
Tabulka 5: Účinnost HMBR/MBR (Palmarin & Young, 2019)	24
Tabulka 6: Účinnost koagulace (Pidou et al.,2008)	25
Tabulka 7: Účinnost filtrace (Gross et al.,2007)	25
Tabulka 8: Využití jiných zdrojů vody (Pirouz et al., 2021)	30
Tabulka 9: Normy pro znovuvyužití šedých vod zejména pro závlahy (MŽP,2021)	32

20 Seznam obrázků

Obrázek 1: Virový genom (Dubey et al., 2022)	8
Obrázek 2: Schematický diagram ilustrující mechanismy zanášení membrány v procesech úpravy šedé vody na bázi MBR. (Wu, 2019).....	12
Obrázek 3: Schématické znázornění experimentu (Thomaidi et al., 2022)	19
Obrázek 4: Vrstvy vegetačního souvrství (Cook & Larsen, 2021)	20
Obrázek 5: Grafický přehled čištění za pomoci SMBR.....	29
Obrázek 6: Očekávaná bilance vody (produkce /spotřeba) (MŽP, 2021).....	35