

ČESKÉ VYSOKÉ ÚČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**Zdravotně technické instalace v objektu
hotelového typu se zpětným využitím
dešťové a šedé vody**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval:

Bc. Zdeněk Řanda

Vedoucí práce:

Ing. Ilona Koubková, Ph.D.

Školní rok:

2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Řanda</u>	Jméno: <u>Zdeněk</u>	Osobní číslo: <u>477147</u>
Zadávací katedra: <u>K125</u>		
Studijní program: <u>(N3649) Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor/specializace: <u>(3608T006) Budovy a prostředí</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Zdravotně technické instalace v objektu hotelového typu se zpětným využitím dešťové a šedé vody

Název diplomové práce anglicky: Public health engineering in hotel-type building with re-use of rain and gray water

Pokyny pro vypracování:

1. Zpracujte projektovou dokumentaci ZTI na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení. Zpracujte všechny půdorysy v měřítku 1:50, zadané svislé řezy, podélné profily, podrobné výpočty DN, situaci 1:400 až 1:500 a technickou zprávu.
2. Zpracujte řešerši na téma zpětné využití dešťových a šedých vod v hotelových objektech.

Seznam doporučené literatury:

Technická zařízení budov 1: Zdravotní technika, Vytápění. prof. Ing. Karel Kabele, CSc. a kol.

Zdravotně technické instalace budov. Jaroslav Valášek a kol.

ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace

ČSN 75 5409 Vnitřní vodovody

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Ilona Koubková, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 20.09.2022 Termín odevzdání DP v IS KOS: 09.01.2023
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Iloně Koubkové Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, konzultace a dohled.

Dále bych chtěl poděkovat MUDr. Anně-Marii Kubištové za podporu, trpělivost a motivaci.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je návrh zdravotně technických instalací se zpětným využitím dešťových a šedých vod v hotelovém objektu na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení. Obsahem první části je teoretická rešerše, která se zabývá možnostmi využití dešťových a šedých vod, kategorizací, analýzou kvality, dále jejich čištěním a požadavky vyplývající z předpisů a norem. Praktická část se zabývá návrhem vsakovacích zařízení, retenční nádrže na dešťovou vodu a čistírny šedé vody za účelem využití bílé vody na splachování WC a závlahu zeleně. Práce je doplněna o projektovou dokumentaci kanalizace a vodovodu.

Klíčová slova

kanalizace, vodovod, potrubí, dešťová voda, šedá voda, kvalita dešťové vody, kvalita šedé vody, znečištění, čištění, filtrace, likvidace, vsakování, retence, akumulární nádrž, čistírna šedých vod, bezpečnostní přepad, čerpadlo, výměník tepla

Abstract

The purpose of this master's thesis is design of public health engineering with reuse of rain and grey water in hotel-type building on the level of extended documentation for building permit. First part consists of theoretical research which focuses on different ways to reuse rainwater and greywater, categorization, quality analysis, as well as their purifying and requirements from regulations and standards perspective. The practical part focuses on specific design of soaking devices, retention tank and grey water treatment device with the purpose of redistributing white water for flushing within sanitary facilities and irrigation. The thesis also contains project documentation of sewerage and water supply.

Keywords

sewerage, water supply, pipes, rainwater, greywater, rainwater quality, greywater quality, pollution, purifying, filtration, disposal, soaking, retention, rainwater storage tank, grey water treatment, safety overflow, pump, heat exchanger

Obsah

1.....Teoretická část rešerše – zpětné využití dešťových a šedých vod v hotelových objektech.....	8
1.1 Úvod.....	8
1.2 Rozdělení odpadních vod.....	9
1.2.1 Černé vody.....	10
1.2.2 Žluté vody.....	10
1.2.3 Šedé vody.....	10
1.2.4 Dešťové vody.....	11
1.3 Zahraniční legislativní požadavky ve vztahu k odpadní vodě.....	12
1.4 Stávající legislativa ČR ve vztahu k odpadní vodě.....	12
1.5 Kvalita šedé vody a čištění.....	14
1.5.1 Způsoby čištění šedé vody.....	16
1.5.1.1 Mechanická úprava.....	17
1.5.1.2 Chemická úprava.....	17
1.5.1.3 Fyzikální úprava.....	17
1.5.1.4 Biologické čištění.....	18
1.6 Kvalita dešťové vody a čištění.....	19
1.6.1 Možnosti čištění dešťové vody.....	22
1.6.1.1 Sedimentace.....	22
1.6.1.2 Filtrace.....	22
1.7 Využití dešťové vody.....	25
1.7.1 Vsakování dešťové vody.....	26
1.7.2 Retence dešťové vody.....	27
1.7.3 Další způsoby využití dešťové vody.....	28
1.8 Využití šedé vody.....	29
1.9 Příklady využití dešťové a šedé vody v hotelech.....	31
1.10 Závěr teoretické části.....	34
2. Praktická část rešerše.....	35
2.1 Bilanční výpočty potřeby vody na splachování a závlahu.....	35
2.1.1 Denní potřeba vody na splachování WC a pisoárů.....	36
2.1.2 Potřeba vody na závlahu.....	36
2.1.3 Roční potřeba vody na splachování a závlahu.....	37
2.2 Bilance odtoku dešťových vod.....	37

1.2.1	Roční odtok dešťových vod.....	37
2.3	Bilance produkce šedých vod.....	37
2.3.1	Roční produkce šedých vod	40
2.4	Návrh vsakovacích zařízení	40
2.5	Návrh čistírny šedých vod	48
2.6	Návrh retenční nádrže	50
2.7	Návrh čerpadel a hydraulické posouzení rozvodu SVD.....	51
2.8	Závěr praktické části.....	52
2.9	Seznam obrázků	54
2.10	Seznam tabulek	54
2.11	Seznam citované literatury.....	55

1. Teoretická část rešerše – zpětné využití dešťových a šedých vod v hotelových objektech

1.1 Úvod

Hospodaření s dešťovou a odpadní vodou prošlo v posledních letech značným vývojem. Dřívější model s použitím vody a její následnou likvidací v dnešní době stále častěji nahrazují různé formy zpětného využití. Přesto však nelze vodu považovat za plně obnovitelný zdroj.

Přestože je voda jednou z nejdůležitějších složek života člověka vůbec, je na problematiku nahlíženo rozdílnými optikami. Potřeba vody je nepochybně nutná, avšak v určitých situacích z mé osobní zkušenosti v odvětví stavební realizace představuje problémy a překážky.

Ve většině oblastí České republiky jsme se zatím nedostali do stavu, kdy by byl vody nedostatek a již by nebyla považována za jistotu, ale zcela nepochybně k tomu svou činností přispíváme. Celý přírodní koloběh vody je totiž přímo výrazně ovlivňován lidským faktorem. Rozvoj průmyslu, nezastavitelná zemědělská produkce a dynamická výstavba spojená s nárůstem zpevněných ploch omezuje přírodní odtokové podmínky. Celkovou problematiku vnímám do budoucna jako těžce udržitelnou. Vyjma hospodaření s dešťovou vodou existují i decentralizovaná řešení nakládání s odpadními vodami, která v sobě skrývají energetické úspory.

Cílem mé práce je zpracování možností nakládání s dešťovou a šedou vodou s ohledem na kvalitu při zpětném využití. Textová část je doplněná o konkrétní světové příklady hospodaření s dešťovými a šedými vodami v hotelech za účelem snížení spotřeby pitné vody. V praktické části rešerše se věnuji návrhu vsakovacích těles, retenční nádrže a čistírny šedých vod v zadaném hotelovém objektu. Součástí diplomové práce je také příloha s projektovou a výpočtovou dokumentací kanalizace a vodovodu zadaného hotelového objektu.

1.2 Rozdělení odpadních vod

Volba řešení odvodu a likvidace odpadních vod z objektů je podmíněná původem vzniku odpadní vody. Při zamyšlení se nad touto problematikou lze tvrdit, že novodobé nakládání s komunálními odpadními vodami se v jisté míře podobá hospodaření s vodami průmyslovými. Základním principem je oddělení a zamezení ředění. Z hlediska ekologického faktoru znečištění tyto dva nadřazené pojmy samozřejmě nelze srovnávat, ale ve větším měřítku se jedná o stejný individuální přístup. [1]

Dělení odpadních vod zpravidla podléhá způsobu znečištění lidskou činností. Kvalitativní ukazatele se při zvyšujícím se obsahu rozpuštěných a nerozpuštěných látek ve vodě zhoršují. Odpadní vody lze dělit na:

- „*Splaškové vody (obecně ze sociálního zázemí, kuchyní či prádeln)*
- *Černé vody (vody obsahující exkrementy moč)*
- *Hnědé vody (vody obsahující pouze exkrementy)*
- *Žluté vody (vody obsahující pouze moč)*
- *Šedé vody (vody neobsahující exkrementy ani moč)*
- *Dešťové vody (vody srážkové přirozeně znečištěné dopadem a ovzduším)*
- *Průmyslové vody (vody znečištěné v průmyslu)*
- *Kondenzát (odpadní vody z kondenzačních zdrojů tepla, chladících jednotek apod.)“*

[2]

U rozdělení odpadních vod podle způsobu vzniku je velice zajímavě zastoupen poměr hlavních živin, který se ve vyprodukovaných vodách vyskytuje. Na obrázku č. 1 je uvedené procentuální zastoupení dusíku, fosforu a draslíku.

Prvky	Produkce [kg.(obyv.rok) ⁻¹]	Šedé vody [%]	Žluté vody (moč) [%]	Hnědé vody (fekálie) [%]
N	3,2–5	3–8	80–87	7–13
P	0,48–0,75	10–28	35–55	25–40
K	0,33–1,8	13–34	54–60	12–27

Obrázek č.1 Zastoupení hlavních živin v jednotlivých druzích vody [3]

1.2.1 Černé vody

Produkce černé vody obsahující fekálie a moč vzniká odvodem z WC. Za předpokladu decentralizovaného řešení a zadržení těchto vod v místě vzniku je lze přeměnit na přírodní hnojivo. Důležitým vstupním parametrem této myšlenky je ovšem aktivní přístup uživatelů, kteří se svou činností musí podílet na separaci odpadní vody. [4]

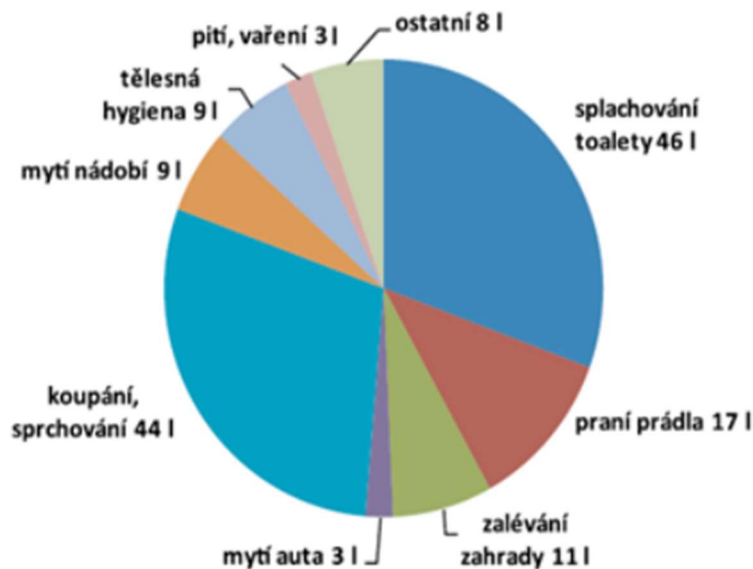
1.2.2 Žluté vody

Žluté vody mají největší podíl v zastoupení nutrientů. Největší potenciál na zpětné a energetické znovuvyužití mají provozy s již oddělenými sanitárními předměty. Patří mezi ně například restaurační provozy. Dalšími zástupci mohou být administrativní či školní budovy. Získané živiny naleznou využití v zemědělském průmyslu. [4]

Problematikou žluté vody se v České republice zabíral Pilotní projekt I. systému DESAR (Decentralised Sanitation and Reuse). Cílem této studie byl monitoring a vyhodnocení zadržovaných žlutých vod v akumulární jímce provozovny Žarošice. Závěrem bylo zjištěno, že s prodlužující se dobou uskladnění klesá procentuální zastoupení fosforu, a naopak se navyšuje zastoupení dusíku. Na základě výsledků autoři doporučují minimální dobu uskladnění 6-9 měsíců před následným použitím v zemědělském průmyslu. [5]

1.2.3 Šedé vody

Pojem šedá voda se zavedl s ohledem na barvu. V dnešní době je spojován zejména s decentralizovanou likvidací této vody. Jedná se o odpadní vody, které nejsou kontaminovány exkrementy a močí. Vznikají tedy produkcí z van, sprch, umyvadel, praček či dřezů a myček nádobí. [6]



Obrázek č.2 Průměrná spotřeba vody v domácnosti [6]

Z koláčového grafu znázorněného na obrázku č. 2 je patrné, že průměrná produkce šedé vody v domácnosti tvoří více než 50% podílu z celkové hodnoty. V hotelových objektech se míra produkce šedé vody odvíjí zejména od přiřčených provozů, hodnocení a vybavení. Hodnoty se pohybují od 150 l/EO.d po 1000 l/EO.d. [6]

Samotné hotelové apartmány mají velice podobný provoz jako například bytové domy. Spotřeba vody a následná produkce odpadní vody je ovšem velmi individuální a podle mého názoru může být ovlivněna instalací poměrového měření vody. Opačně tomu bývá u budov administrativních a komerčních, kde zpravidla jedinou produkci zastávají umyvadla a čajové kuchyňky. Ve vztahu k výše uvedenému grafu a poměru spotřeby vody na tělesnou hygienu tak bude značně vyšší spotřeba vody na splachování a následná produkce odpadní vody. Pro účely výpočtu lze upustit od empiricky stanovených hodnot celkové produkce a využít podrobný vzorec podle ČSN 75 6780, který uvažuje počty použití jednotlivých zařizovacích předmětů.

1.2.4 Dešťové vody

Dešťové vody vznikají atmosférickými srážkami. Vznik probíhá kondenzací molekul vodní páry kolem kondenzačního jádra, kterým může být například prach, pyl či vykrytalizovaná sůl nad hladinou oceánů. Ještě před dopadem dešťových kapek dochází

ke kontaktu vody s různými látkami a plyny, které se v ní rozpouští. Touto chemickou reakcí vznikají roztoky kyselin přímo ovlivňující pH vody. [7]

1.3 Zahraniční legislativní požadavky ve vztahu k odpadní vodě

Řada světových zemí disponuje právními předpisy a pokyny, které řeší problematiku šedých a odpadních vod a požadavky na zpětné využití. Obecné řešení spočívá ve stanovení platného předpisu nebo normy. Pokud neexistuje pro danou zemi platný právní předpis, stává se směrodatným pokynem ISO norma. V opačném případě dochází k nahrazení mezinárodní celosvětové normy vydaným právním předpisem. [8]

Dle studie MŽP ČR se jako země s nejpropracovanější strategií a právním rámcem jeví Austrálie. Kompletní soubor pokynu s názvem National Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks (Phase 1, Phase 2) je využit k prospěšné a udržitelné recyklaci a likvidaci odpadních vod. Fáze 1 se skládá z pokynů pro řízení zdravotních a environmentálních rizik a zároveň pokrývá možnosti zpětného využití. Kromě známých alternativ hospodaření s upravenou recyklovanou vodou zavádí možnosti využití v oblasti protipožárních systémů či chladicí vody v průmyslovém využití. [8]

Přestože hospodaření s šedou vodou nabývá na popularitě a stává se častějším, ve státech Evropské unie zatím není jednotně řešeno právním předpisem. Kvalitativní požadavky na odpadní vody spolu s využíváním jsou pro jednotlivé země individuální a závisí zejména na místních podmínkách, technologiích a potřebě recyklace. Jednotlivé státy tak využívají své vlastní právní předpisy a doporučené ISO normy. Mezi evropské zástupce využívající šedé vody jsou například Norsko, Švédsko, Dánsko, Německo či Velká Británie. [8]

1.4 Stávající legislativa ČR ve vztahu k odpadní vodě

Možnosti hospodaření s odpadními vodami jsou v ČR dány a popisovány pouze nezávaznými normami. Neexistuje tedy přímo legislativní rámec, který by se využitím odpadních vod zabýval. Ve smyslu právní úpravy se ovšem nakládání s odpadními vodami dotýká zejména následujících předpisů:

- Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách (vodní zákon)
- Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu (zákon o vodovodech a kanalizacích)
- Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví
- Další související vyhlášky a nařízení vlády [8]

Mezi nezávazné normy s doporučenými pokyny a postupy v souvislosti s likvidací a nakládání s odpadními vodami patří zejména:

- ČSN 75 5409 Vnitřní vodovody
 - Definiuje vnitřní vodovod a stanovuje termíny užitkové vody, provozní vody a vlastní zdroj vody (například retenční nádrže)
- ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace
 - Představuje základní dokument pro navrhování a výstavbu rozvodů kanalizace
- ČSN EN 1717 Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným tokem
 - Popisuje způsoby ochrany proti zpětnému toku vody [8]
- ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích
 - Zahrnuje podklady pro navrhování, montáž, zkoušení a provoz zařízení pro využití šedých a srážkových vod
 - Uvádí způsoby čištění, úpravu vody a popisuje kvalitu nepitné vody
- Další přímo související normy s hospodařením s dešťovou a šedou vodou (například ČSN 75 9010, ČSN 75 6261, ČSN EN 16941-1, ČSN EN 16941-2), EN normy a ISO normy

Pokud bychom hovořili pouze o hospodaření s dešťovou vodou a jednoduše oddělili srážkové vody od vod odpadních, stavebníci mají povinnost dešťové vody likvidovat a hospodařit s nimi. Tato skutečnost je dána zejména neustálým rozšiřováním zpevněných ploch a strategií decentralizované likvidace dešťové vody ve vztahu k ekologické a ekonomické udržitelnosti. Přednostním způsobem je vsakování dešťové

vody. Za předpokladu nevyhovujícího hydrogeologického průzkumu je další variantou zadržování dešťové vody a následný regulovaný odtok do oddílné kanalizace. Pokud se v místě oddílná kanalizace nenachází, poslední možností je regulovaný odtok do jednotné kanalizace. [9]

1.5 Kvalita šedé vody a čištění

Přestože jsme se v České republice zatím nedostali do pozice, kdy by bylo bezpodmínečně nutné řešit zpětné využití odpadní šedé vody, z kvantitativního hlediska se jedná o poměrně významnou energetickou úsporu.

Stejně jako u celkového rozdělení odpadních vod lze i šedé vody rozdělit podle jejich vzniku na:

- „Neseparované šedé vody
- Šedé vody z kuchyní a myček
- Šedé vody z praček
- Šedé vody z umyvadel, van a sprch“ [10]

V závislosti na použití pitné vody a tedy vzniku jednotlivých šedých vod se liší hodnoty pH. Zatím co šedé vody z praček mají pH 9-10, šedé vody z koupelen, kuchyní a neseparované vody jsou spíše kyselé nebo mírně zásadité s pH mezi 5 – 8,6. Hodnoty jsou ovlivněny využitím pracích a mycích prostředků. Vzhledem k hygienickému využití je zřejmé, že teplota vody bude vyšší než u ostatních odpadních vod. U šedých vod z praček se teplota pohybuje mezi 28-32 °C a u umyvadel, van a sprch je teplota mezi 18-38 °C. Obecně platí, že s rostoucí teplotou dochází k většímu rozvoji nežádoucích mikroorganismů. [10]

Dalším sledovaným parametrem je množství koloidních a nerozpuštěných plovoucích látek, jejichž největší množství je zastoupeno u šedých vod vyprodukovaných v kuchyních. V těchto vodách se vyskytují zbytky jídla a mohou tak vznikat potenciální problémy při úpravě vody.

Zdroj šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky
Plovoucí látky [mg/l]	79-280	7-120	134-1300

Tab. č. 1 – Množství plovoucích látek v šedých vodách [10]

V následující tabulce č. 2 jsou uvedena rozmezí hodnot biologické a chemické spotřeby kyslíku (dále jako BSK a CHSK). Poměr CHSK a BSK u šedých vod bývá zpravidla 4:1. V tomto ohledu lze ještě šedé vody rozdělit na použitelné a podmíněně použitelné. Mezi použitelné šedé vody patří odpadní vody z umyvadel, van a sprch, které mají oproti podmíněně použitelným vodám z kuchyní nižší obsah pevných nerozpuštěných částic. [10] Za předpokladu vysoké produkce šedé vody z kuchyní se před samotné čištění předsazuje odloučení tuků v kombinaci se zachycením pevných částí například košíčkovými filtry.

Zdroj šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky	Neseparovaná šedá voda
BSK ₅ [mg/l]	48-682	19-200	669-756	41-194
CHSK [mg/l]	375	64-8000	26-1600	495-623

Tab. č. 2 – Hodnoty BSK₅ a CHSK v šedých vodách [10]

Z hlediska mikrobiologického zatížení a znečištění můžeme sledovat výskyt *Escherichia coli*, koliformních bakterií či streptokoků v jednotkách CFU/100 ml (Colony Forming Unit). Původ tohoto znečištění pochází z osobní hygieny, mytí rukou, močení při sprchování nebo zpracování potravin. [10]

Escherichia coli se běžně vyskytuje u teplokrevných živočichů ve střevní mikroflóře. V této podobě je pro správný chod organismu prospěšná. Existují však kmeny produkující toxiny, které jsou zdraví nebezpečné. Tyto bakterie fekálního původu mohou kontaminovat maso či na povrch zeleniny. [11]

Koliformní bakterie se rovněž vyskytují ve střevním traktu organismů a ve vztahu k odpadní vodě jsou indikátorem fekálního znečištění. Stejně jako *E. coli* vyvolávají zdravotní potíže. Limit koliformních bakterií a *E. coli* pro pitnou vodu je 0 CFU/100 ml. [12]

Mikrobiologické parametry [CFU/100ml]	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky	Neseparovaná šedá voda
Fekální koliformy	10 ¹ -10 ⁴	10 ¹ -10 ⁶	-	10 ² -10 ⁶
<i>E.coli</i>	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

Tab. č. 3 – Mikrobiologické zatížení šedých vod (výběr) [6]

Následující tabulky uvádí orientační hodnoty pro monitorování stavu vyčištěné šedé vody pro jednotlivé účely zpětného využití.

Parametr [KTJ/100ml]	Aplikace postřikem	Aplikace bez postřiku		
	Tlakové mytí, zahradní postřik, mytí vozidel	Splachování WC	Závlaha	Praní
E. coli	Nezjištěno	250	250	Nezjištěno
Střevní enterokoky	Nezjištěno	100	100	Nezjištěno
Legionella	10	-	-	-
Koliformní bakterie	10	1000	1000	10

Tab. č. 4 – Orientační hodnoty pro bakteriologické monitorování provozní vody [6]

Parametr	Orientační hodnoty	Typ systému
Rozpuštěný kyslík v uložené dešťové vodě	> 10% nasycení nebo > 1mg/l O ₂ (podle toho, co je menší)	Všechny
Nerozpuštěné látky	vizuálně čirý a neobsahuje plovoucí látky	Všechny
Barva	není závadný	Všechny
Zákal	< 10 NTU (< 1 NTU jestliže je použito UV desinfekce)	
pH	5-9	Jedno místo a komunální domácí systémy
Zbytkový chlor	< 0,5 mg/l pro zalévání zahrady < 2 mg/l pro ostatní využití	Všechny
Zbytkový brom	< 2 mg/l	Všechny

Tab. č. 5 – Orientační hodnoty pro fyzikální a chemické monitorování provozní vody [13]

Ve výše uvedené tabulce č.5 jsou uvedeny jednotky pro zákal NTU (Nephelometric Turbidity Units). Typické míry zakalení jsou například pro pitnou vodu 0,02 – 0,5 NTU a pro vodu povrchovou 0,05 – 10 NTU. [14]

1.5.1 Způsoby čištění šedé vody

Základním vstupním parametrem a předpokladem pro návrh a správný chod systému čištění je přivedení pouze šedé vody a zohlednění zastoupení šedých vod vyprodukovaných v kuchyních. Z výše uvedených odstavců je patrné, že tyto odpadní

vody obsahují značné zastoupení plovoucích částic a tuků. Zároveň je při návrhu nutné stanovit jakost čištěné vody, a to i s ohledem na její další použití. Z technologického hlediska můžeme procesy čištění rozdělit na:

- „*Mechanická úprava*
- *Chemická úprava*
- *Fyzikální úprava*
- *Biologické čištění*
- *Přírodní způsoby čištění*“ [13]

1.5.1.1 Mechanická úprava

Princip čistící mechanické úpravy se zakládá na filtraci a sedimentaci. V rámci celého systému hovoříme o předčištění odpadní šedé vody na česlích, sedimentační nádrži, spádových sítích a rotačních sítích. V případě produkce šedé vody z kuchyní se do předčištění zahrnuje i lapák tuků. Vzhledem k dalším stupňům čištění odpovídají velikosti průlin česlí. V případě potřeby jednoduché úpravy postačí pouze mechanická. [13]

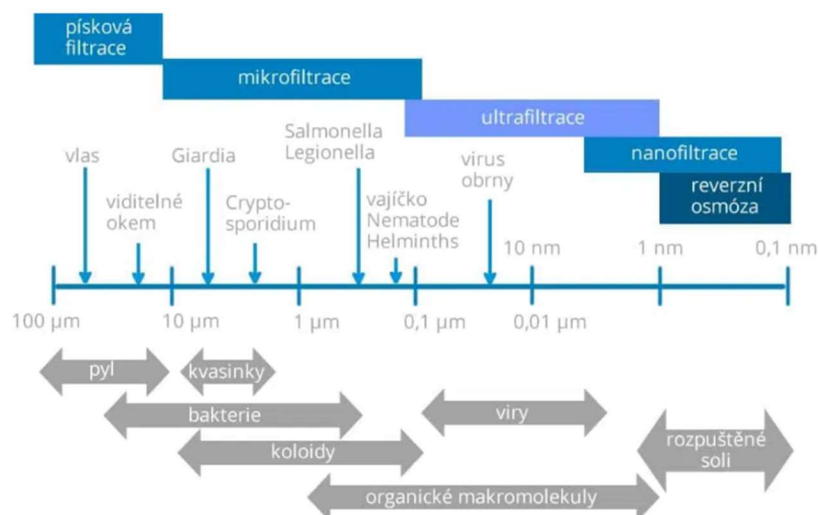
1.5.1.2 Chemická úprava

Chemická úprava je založena na dávkování koagulačních činidel s opačným povrchovým nábojem. Příkladem mohou být soli kovů železa a hliníku. Při úpravě dochází ke shlukování nežádoucích částic, které se separují filtrací či sedimentací. [15]

1.5.1.3 Fyzikální úprava

Do procesu fyzikální úpravy řadíme membránovou filtraci a také pískovou filtraci založenou na adsorpci nerozpuštěných látek. Frakce filtračního materiálu se odvíjí od složení šedé vody a může být z křemičitého písku, granulovaného aktivního uhlí či antracitu. [13]

Membránová filtrace spočívá ve využití polopropustné membrány za rozdílů tlaků. Jednotlivé typy filtrace závisí na velikosti pórů membrány a pracovním tlaku [16] [17].

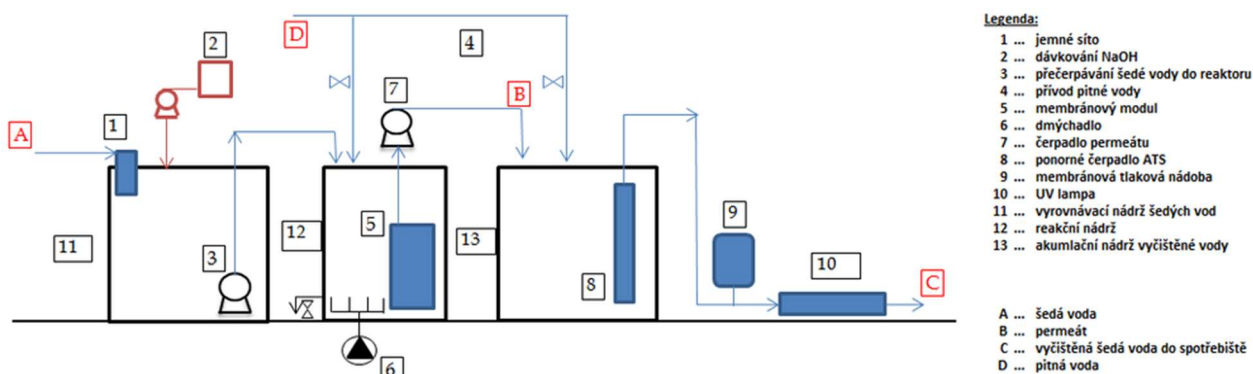


Obrázek č.3 Druhy filtrací dle velikosti pórů [17]

1.5.1.4 Biologické čištění

Systémy biologické úpravy zahrnují biofilmové reaktory, aktivační nádrže, membránové reaktory a provzdušňovací filtry. [13] Proces čištění probíhá aktivací kalu provzdušněním. V aktivovaném kalu se nachází kultura mikroorganismů podílející se na čištění odpadní vody. [18]

Z hygienického hlediska je zároveň nutné vodu dezinfikovat. Provedení může být chemické využitím chloru či ozonu a také fyzikální pomocí UV záření, které je často užívané. Do fyzikálního procesu dezinfekce spadá i membránová filtrace. Akumulovat vyčištěnou šedou vodu, tedy vodu bílou či provozní, není doporučeno déle než 24 hodin. Zároveň je nutné zamezit přístup denního světla a tepla. Z tohoto důvodu je doporučováno umístit nádrže do suterénu či do země včetně tepelného zaizolování. [18]



Obrázek č.4 Schéma uspořádání zařízení pro čištění šedé vody [19]

1.6 Kvalita dešťové vody a čištění

Kvalitativní parametry dešťové vody mají svůj počátek již v atmosféře. Zde dochází k prvotnímu znečištění vlivem mísení s atmosférickými plyny a polutanty. Výchozí sledovanou veličinou při průchodu atmosférou může být například pH, které je přibližně 5,6. Po dopadu dešťové vody lze dále přiřazovat kontaminaci kontaktu s materiály a také nahromaděnému znečištění na povrchu odvodňovaných ploch. [20]

Celková kvalita dešťové vody dopadající na povrchy je ovlivněna několika faktory. Patří mezi ně zeměpisná poloha, klimatické podmínky a dále také zemědělské, průmyslové a dopravní emise. Známým úkazem extrémního znečištění jsou kyselé deště. Dešťové kapky absorbující síru a oxidy dusíku mají za následek snížení pH. Tato skutečnost je obecně důsledkem procesu spalování v různých odvětvích průmyslu. [21]

Kromě výskytu kyselých dešťů byl studiem zjištěn i výskyt těžkých kovů. Příkladem může být stát Selangor v Malajsii, kde byly odebrány vzorky dešťových kapek bezprostředně před dopadem. V tomto případě byl stanoven výskyt olova 4x vyšší, než předepisují směrnice WHO. Dalším příkladem může být východní Texas, kde se v dešťové vodě objevuje zvýšený poměr mědi a zinku. Příkladáno je to rafinaci ropy a celkovému ropnému průmyslu. [21]

Při klasifikaci znečištění dešťové vody je rovněž důležitá délka bezdeštného období. V tomto intervalu dochází k usazování nečistot na odvodňovaných plochách, což má negativní vliv na kvalitu dešťové vody na začátku srážek. Tento efekt je v literatuře nazýván jako „první splach“ a vykazuje zvýšené koncentrace znečištění v prvních 1-3 mm srážek. [20]

Efekt prvního splachu („first flush“) je také popisován v knize Essential Rainwater Harvesting, kde autoři popisují možnosti eliminace kontaminované vody. Zajímavý způsob zamezení znečištění dešťové vody prvním splachem pro pozdější účely zpětného využití spočívá v jednoduchém potrubním obtoku. V obtokové části potrubí dochází k sedimentaci pevných a rozpuštěných látek. V dolní části potrubí je pomalý regulovaný odtok. [22] Předpokladem pro toto řešení je však dle mého názoru malá a nenáročná

sběrná plocha. Toto řešení by mohlo najít uplatnění u menších rodinných domů s jednodušším zpětným využitím.

Hlavní zdroje znečištění dešťových vod u odvodňovaných ploch běžných objektů se vyskytují zejména na střešních konstrukcích. Můžeme mezi ně zařadit například prach, pyl, listí, jehličí či ptačí trus. Dalším druhem znečištění po dopadu srážek je, jak je definováno v prvním odstavci, kontakt s různými druhy materiálů. Tento druh znečištění se může odvíjet od životnosti materiálů, střídání ročních období či koroze a uvolňování toxických látek. [20]

Ukazatel	Jednotka	Šikmé střechy	Ulice	Hygienický limit pro pitnou vodu dle vyhlášky č. 252/2004 Sb.
PH	pH	5,5-7-7	7,4	6,5-9,5
Cu (Cu instalace)	µg/l	100-300	150 000	1000
Pb (Pb instalace)	µg/l	100-300	300	10
Fe	µg/l	90-1000	6000	200
NH ₄	mg/l	0,4-2	0,4-2	0,5
Cl	mg/l	0,3-1	150	100
Zn (Zn instalace)	µg/l	50-200	500 000	3000
TOC (celkový org. uhlík)	mg/l	5-10	16	5

Tab. č. 6 – Porovnání koncentrací různých látek (výběr) v dešťové vodě a ve vodě pitné [20]

Z výše uvedené tabulky je patrné, že koncentrace látek v dešťové vodě odtékající z komunikací je mnohdy řádově vyšší. Tento rozdíl je dán zejména automobilovou dopravou, kdy dochází ke znečištění uhlovodíky z paliva, olovem z přísad či uhlovodíky a zinkem z pneumatik a olejů. V zimních obdobích je dalším výrazným znečištěním použití solí na vozovkách. To se projevuje zvýšenou koncentrací chloridů a případnou podporou koroze exponovaných částí vozidel, což způsobuje další možnou kontaminaci. [20]

S ohledem na předpokládanou nebo zjištěnou koncentraci znečišťujících látek můžeme dešťové vody rozdělit podle ČSN 75 9010 na:

- „Srážkové povrchové vody přípustné
- Srážkové povrchové vody podmíněně přípustné“ [23]

Srážkové vody přípustné mohou pocházet ze zatravněných ploch, menších střech, teras či pěších chodníků a mohou být bez předčištění likvidovány vsakováním. Opačně tomu je u podmíněčně přípustných vod, u kterých může být v závislosti na míře kontaminace předčištění nutné. Tyto vody vznikají z pozemních komunikací, velkých střech či parkovišť. Vždy je však nutné individuálně posoudit možnou míru kontaminace s ohledem na možnosti zpětného využití. [23]

Kvalitativní požadavky na provozní dešťovou vodu jsou definovány například v ČSN EN 16941-1. *„Zařízení pro využití srážkových vod musí být navrženo a instalováno tak, aby nepitná voda byla vhodná pro daný účel a nepředstavovala zdravotní riziko podle národních předpisů, norem a návodů.“* [24]

Pro zamezení nesprávného použití dešťové či provozní vody a také zabránění ohrožení zdraví uživatelů musí být všechna potrubí a odběrná místa označena výstražnými štítky znázorňující nepitnou vodu. [24]

Další kvalitativní požadavky na nakládání s dešťovou vodou jsou dle článku Ing. Denisy Dvořákové definovány tak, že nesmí dojít k:

- *„ohrožení zdraví uživatele“*
- *„ohrožení kvality pitné vody“*
- *„omezení komfortu užívání vody“*
- *„kontaminaci životního prostředí“* [25]

Vzhledem k možnostem zpětného využití, které budou konkrétněji popsány v následujících kapitolách, lze dle mého názoru přihlídnout k požadavkům na kvalitu vyčištěné šedé vody. Sledované hodnoty ukazatelů přípustných povrchových dešťových vod u běžných objektů budou ve většině případů výrazně nižší. Výjimkou mohou být přidružená parkoviště.

1.6.1 Možnosti čištění dešťové vody

Způsoby čištění zachycené dešťové vody se zpravidla odvíjí od účelu zpětného využití. Mezi základní principy, které se uplatňují při úpravě vody, jsou sedimentace, filtrace a dále také adsorpce, chemické a biologické procesy. [20]

1.6.1.1 Sedimentace

Úprava vody sedimentací probíhá usazováním částic na dnech nádrží. Pro zefektivnění procesu se musí zabránit rozvíření přitékající vody. Tento jev je eliminován osazením zklidňujících tvarovek na přítoku u dna nádrží. Sedimentace se může odehrávat přímo v retenčních nádržích nebo také v předsazených usazovacích nádržích. Látky, které se neusadí na dně, stoupají vzhůru a shromažďují se na vodní hladině. Při úplném naplnění akumulčních nádrží vlivem vydatných srážek jsou tyto nečistoty odváděny bezpečnostním přelivem dále do domovní kanalizace a stoky. [20] [25] [26]

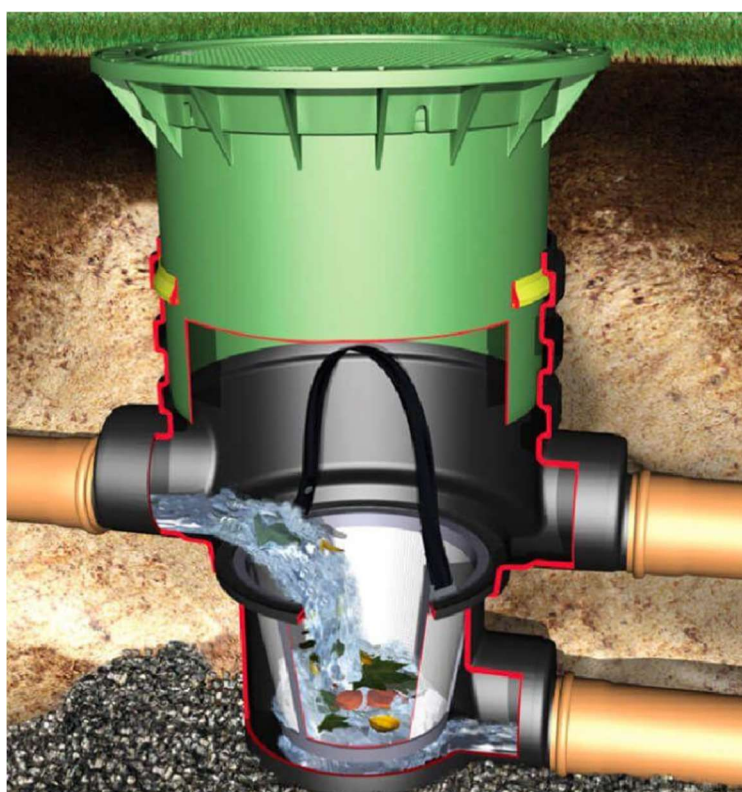
1.6.1.2 Filtrace

Filtrace dešťové vody se do systému úpravy zavádí k zamezení znečištění čerpadel a armatur, k omezení čištění zásobníků vody a také obecně ke snížení obsahu organických látek ve vodě. [26]

Z hlediska terminologie můžeme rozlišovat filtry externí a interní. Externí filtrace probíhá na trasách přívodů před zaústěním do akumulčních jímek. Tato úprava vody se může odehrávat již před nátokem do kanalizační instalace pomocí ochranných košů vpustí či filtračních mřížek v okapových žlabech, které zabraňují pronikání hrubých nečistot. [25]

Další z řady externích filtrů mohou být filtrační vestavby do okapových svodů. Z materiálového hlediska není vhodné kombinovat zinek a měď. Filtrační vestavby mohou být instalovány jednak do paty dešťového svodu a také do různých výšek pro jímání vody do nadzemních nádrží. [26] Varianty v patách svodů v dnešní době disponují košíčkovým filtrem a přístupovým otvorem pro možnost čištění.

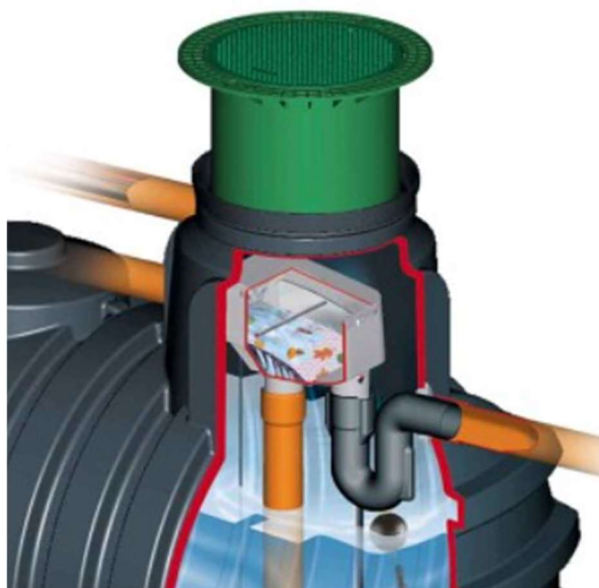
Pro filtraci dešťové vody v kanalizaci pod úrovní terénu slouží zemní tělesa, která jsou v literatuře označována jako filtrační podokapové hrnce. Jedná se o filtrační vrstvu kameniva uložené na geotextilii, skrze kterou je voda filtrována a dále odváděna do jímacích zařízení. Dále se na komplexnějších variantách odvodnění objektů osazují filtrační šachty. Jedná se o plastové revizní šachty, které mají na dně umístěný košíčkový filtr se sítkem. Pro případy nadměrného znečištění vlivem nepravidelného čištění filtru mají šachty integrované bezpečnostní přepady. [25]



Obrázek č.5 Filtrační šachta [27]

Výrobci zároveň doporučují umístění filtračních šachet před vsakovací objekty. Nežádoucí mechanické znečištění může ve větší míře omezit vsakovací schopnosti a snižovat tak celkovou účinnost. Na obrázku lze vidět filtrační koš s poutkem pro snadnou manipulaci. V pravé části se zároveň nachází bezpečnostní přepad.

Mezi interní filtry lze zařadit filtry nacházející se přímo v jímacím zařízení. Může se jednat opět o košíčkové filtry nebo také samočistící filtry, které jsou přímo napojeny na odtok. Filtrační zařízení disponuje vložkou s velikostí ok 0,35 mm, skrze kterou protéká vyčištěná voda do nádrže. Zbytkové částice jsou odplavovány dále do domovní kanalizace například napojením na bezpečnostní přepad. [25]

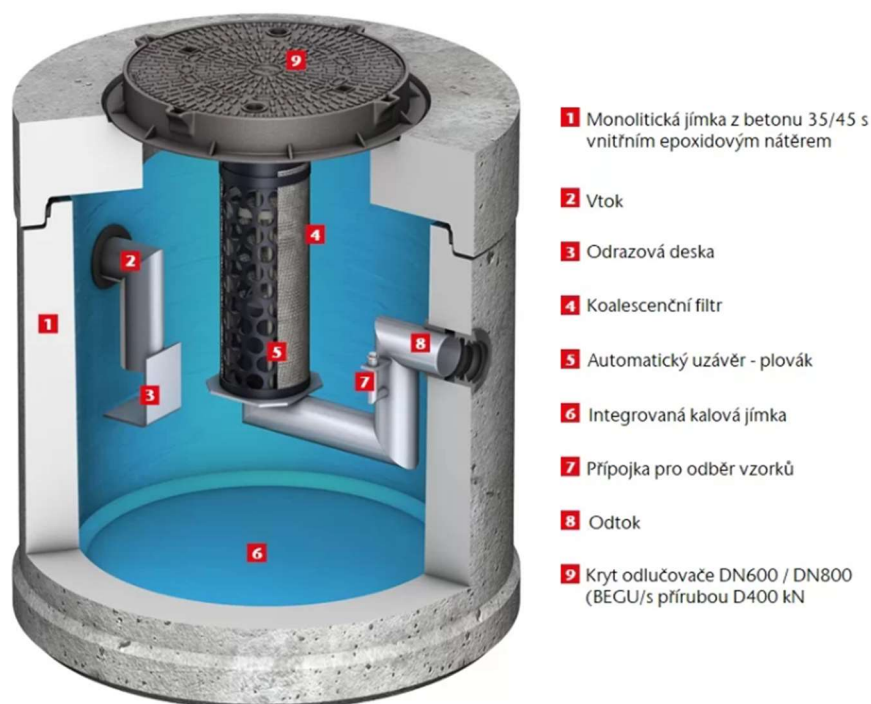


Obrázek č.6 Interní provedení samočistícího filtru [25]

K zamezení prostupu jemných vláken a částic do potrubí provozní vody vnitřního vodovodu lze na tlakové potrubí osadit jemné filtry s hustotou síta 0,1 mm. [20] Existují však i varianty výrazně jemnější s kombinací více vložek odstraňující například pachy a stopy organických látek. [28]

Za předpokladu výskytu mikrobiálních zárodků bakterií se do systému úpravy vody zavádí i sterilizace dešťové vody UV zářením. Literatura uvádí redukci počtu zárodků použitím UV záření z 15 000 zárodků/ml na 10 zárodků/ml. [26] Kromě UV záření lze využít i dávkování chloru či ozonu. [21]

Silně znečištěné dešťové vody s vyskytující se rizikem kontaminace ropnými látkami musí být před samotnou likvidací upraveny. K tomuto účelu slouží odlučovače ropných látek. Vzhledem k rozdílným hustotám kapalin dochází ve vodě k tvorbě emulzí, které se v odlučovači gravitačně oddělují. Gravitační odlučovače se skládají z kalového prostoru, odlučovače a kontrolní šachty. Z materiálového hlediska může být provedení železobetonové, plastové či kovové. [29]



Obrázek č.6 Betonový odlučovač lehkých kapalin ACO [30]

Samotné využití, návrh a provoz upravují ČSN EN 858-1 a ČSN EN 858-2. Norma definuje použití odlučovačů v průmyslových provozech, mycích linkách, čerpacích stanicích a také na parkovištích a komunikacích znečištěných olejem a dalšími ropnými látkami. Normativní postup a oblasti využití mohou být zároveň zpřísněny nařízením příslušným úřadem. [31] V případě zaolejovaných vod šedých například z velkokuchyňských provozů restaurací se rovněž použijí odlučovače. Odlučovačům tuků se samostatně věnují ČSN EN 1825-1 a ČSN EN 1825-2.

1.7 Využití dešťové vody

Nakládání s dešťovou vodou na pozemku podléhá nejen právnímu rámci stanovujícímu povinnosti s vodou hospodařit, ale také hydrogeologickému průzkumu a analýze potenciální staré krajinné zátěže. Vstupními parametry pro zjištění, jak lze v daném území s dešťovou vodou nakládat, je stanovení propustnosti hornin koeficientem vsaku, hladiny podzemní vody či posouzení stability zemin s ohledem na možné nadměrné sedání či sesuvy. [20]

1.7.1 Vsakování dešťové vody

Abychom částečně omezili odtok dešťových vod ze zpevněných povrchů na pozemcích, můžeme již při koncepčním řešení a studiích zvážit využití polopropustných ploch. Typickým zástupcem mohou být zelené a štěrkové střechy. Zelené střechy mají díky své skladbě možnost dešťovou vodu částečně filtrovat, zpomalit celkový odtok vlivem vsaku a zvýšit evapotranspiraci. Tento druh střech se běžně navrhuje s pokrytím suchomilnými rostlinami. Zpevněné plochy na úrovni terénu se snažíme rovněž nahradit polopropustnými variantami. Příkladem mohou být mlatové a štěrkové cesty, polopropustné asfalty či zatravňovací tvárnice, které svým použitím částečně podporují přirozený vsak a snižují součinitele odtoku. [32]

Pokud budeme hovořit o cíleném vsakování dešťové vody, dalším důležitým faktorem pro návrh je dostatečný prostor. Přestože je dešťová voda částečně předčištěna využitím jednotlivých komponentů popsanych v předchozích kapitolách, u podpovrchového řešení vsaku nedochází k přímé filtraci přes aktivní vegetační vrstvu tvořenou humusem. V porovnání se vsakováním povrchovým je tak účinnost nižší. [32]

Mezi povrchové objekty řadíme plošné vsakování, které může mít již zmíněné podoby polopropustných komunikací či parkovišť. Na tyto plochy se však nesmí přímo přivádět dešťová voda. Dalšími zástupci, a to i na úrovni krajinné, mohou být vsakovací rýhy, průlehy a povrchové vsakovací nádrže. [32]

Podpovrchové vsakování lze řešit například využitím trativodů. Dešťové vody jsou vedeny perforovaným potrubím, které je obsypáno štěrkovým či jiným jímovým materiálem. Toto řešení lze kombinovat i s dalšími druhy podpovrchového vsaku. Dimenze potrubí musí ovšem splňovat hydraulickou kapacitu a může být při velkých průtocích dešťové vody náchylné na svou délku. V případě nedostatečné plochy pozemku lze využít vsakovací šachty, které mohou být provedeny z betonových skruží s bočními prostupy nad filtrační vrstvou nebo pod filtrační vrstvou. U provedení šachty s bočními prostupy nad filtrační vrstvou se potenciální znečištění usazuje na filtračním vaku. V druhém případě se nečistoty usazují na filtračním loži na dně šachty. [20] V dnešní době však výrobci nabízí i dostupnější varianty v plastovém provedení s perforovanými plášti.

Alternativou trativodů jsou také plastové vsakovací bloky, které jsou instalovány v různých kombinacích a disponují velkými kapacitami. Takto vytvořené vsakovací galerie se umísťují na vrstvu kameniva o tloušťce 10-20 cm a obalují se geotextilií. Pro možnosti variabilního využití jsou v dnešní době k dispozici i speciální vysokopevnostní bloky, které lze umístit například pod komunikace či parkoviště. Všechny zmíněné varianty musí být opatřeny bezpečnostním přepadem pro eliminaci přeplnění a často jsou doplňované o regulovaný odtok. [20] Výrobci také doporučují doplnění vsakovacích objektů o revizní šachty, které slouží pro kontroly kamerovými systémy.



Obrázek č.7 Vsakovací bloky AS-Rigofill, ASIO [33]

1.7.2 Retence dešťové vody

Akumulace byla řešena již dávno předtím, než se s ní lidstvo muselo do jisté míry nutně zabírat. Příkladem může být Itálie a Indie, kde byly nalezeny kamenné nádrže a cisterny na dešťovou vodu datované přibližně 3000 let př.n.l. [21]

Za předpokladu nevyhovujícího hydrogeologického průzkumu se snažíme o decentralizovanou likvidaci zadržováním vody. K účelům jímání vody se využívají retenční nádrže, které mohou být opět povrchové nebo podpovrchové. Z hlediska podpory evapotranspirace jsou vhodnější nádrže povrchové. Kladou však zvýšené nároky na dostatečný prostor. Opačně tomu je u nádrží podzemních, které plochu nezabírají.

Realizovány jsou formou šachet či betonových a plastových konstrukcí. Obě konstrukční varianty musí být rovněž vybaveny bezpečnostním přelivem a také regulátorem odtoku. Regulátory odtoku jsou vzhledem k velikosti pozemků a nutnosti omezovat odtok vody do stoky náchylné na ucpání vlivem nízkého průtoku. [32]

Zadržování dešťové vody má vysoký význam zejména v infrastruktuře měst. Zpevněné plochy zde tvoří značnou část a jejich přetvářením a koncepční změnou hospodaření s dešťovou vodou mohou vznikat nejen značné úspory, ale také tím lze částečně přispět k návratu původních odtokových podmínek. Příkladem může být park Pod Plachtami v Brně, kde bylo vytvořeno retenční jezírko, do kterého jsou svedeny srážkové vody ze střech přilehlých panelových domů. Kromě zmíněných benefitů, které hospodaření s dešťovou vodou na úrovni měst přináší, se důležitost nakládání se srážkovou vodou dostává i do povědomí obyvatel. [34] Právě tuto skutečnost považují v celkové problematice za velice důležitou.

1.7.3 Další způsoby využití dešťové vody

Vedle možností decentralizované likvidace srážkových vod existují rovněž další alternativy využití, které jsou v dnešní době velice často realizované a populární. Patří mezi ně:

- „*Splachování WC*“
- *Praní prádla*
- *Úklid*
- *Závlaha zahrad*“ [32]

Energetické úspory lze také nalézt ve využití dešťové vody na chlazení budov. Může se jednat přímo o tepelné výměníky nebo nepřímo o závlahu zelených energetických fasád, které napomáhají chlazení vnitřních prostor objektů. [32]

Pokud je navržen vnitřní systém provozní vody na výše uvedené účely, je nutné, aby byl do sběrné nádrže doveden i přívod pitné vody pro případné dopouštění a zajištění plynulého provozu. [32] Dle ČSN EN 1717 musí být samotné potrubí provozní vody oddělené od potrubí pitné vody. Norma zakazuje mísení užitkové a pitné vody v potrubí,

respektive umožňuje smísení pouze volným výtokem. [35] Volné výtoky jsou samostatně předmětem norem ČSN EN 13076 a 13077.

1.8 Využití šedé vody

Vyčištěné šedé vody (bílé vody) stejně jako srážkové vody jsou ve smyslu zpětného využití obecně označovány jako vody provozní. Z toho vyplývá, že je lze využít na stejné výše uvedené účely. V závislosti na konkrétním nakládání je důležité šedou vodu patřičně vyčistit a zbavit nežádoucích látek. Pokud bychom například využívali bílou vodu s vyšším pH a vyššími obsahy sodíku, bóru, zinku a hliníku na závlahu zeleně, dopad na vlastnosti půdy by mohl být velmi negativní. [6]

Základním předpokladem pro využití šedé vody je v první řadě oddělení odpadních potrubí. Černé vody musí mít své vlastní separované odkanalizování. Pro návrh a trasování domovní kanalizace platí stejné požadavky dle ČSN 75 6760. [6] Pro správné koncepční řešení je zároveň nutné si stanovit potřebu provozní vody a také produkci odpadní šedé vody. Bilančními rovnicemi lze jednoduše zjistit, zda bude potřeba provozní vody vztažená k produkci šedé vody dostatečná. [13] Pro tento účel lze v méně náročných budovách přihlídnout k empiricky stanoveným hodnotám denní produkce šedé vody na jednoho obyvatele. Pro přesnější návrh komplexních budov s více provozy je doporučováno provést podrobný výpočet v závislosti na počtu využití jednotlivých zařizovacích předmětů. [18]

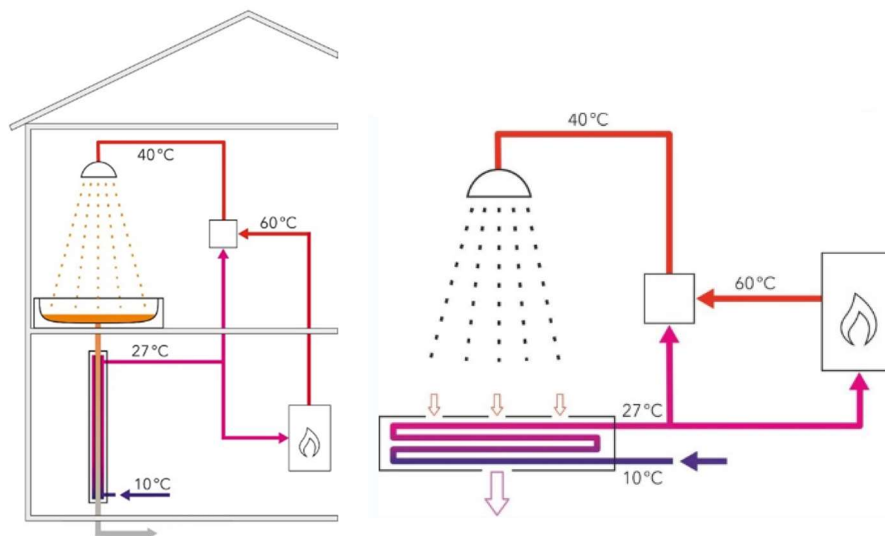
Šedé vody mají svůj energetický potenciál i v systémech zpětného získávání tepla. Z ekonomického a environmentálního hlediska se opět jedná o úsporné a zajímavé řešení. Vzhledem k hygienickému využití se teplota vyprodukované šedé vody pohybuje v rozmezí 20-40 °C. Tuto hodnotu však do značné míry ovlivňuje umístění a typ zařizovacího předmětu. Z hlediska možných variant zpětného získávání tepla můžeme systémy rozdělit na lokální a centrální. [2]

Lokální způsob získání tepla spočívá v odběru tepelné energie přímo u zdroje. V nejjednodušších provedeních lze hovořit o výměníku se studenou vodou, který je veden kolem odpadního potrubí šedé vody. Odtékající šedá voda předává teplo vodě studené, která se přehřívá. Takto přehřátou vodu lze následně přímo dopravit do směšovací

baterie zařizovacího předmětu a smísit s vodou teplou, nebo ji můžeme uložit do zásobníku teplé vody, ve kterém dojde k dalšímu ohřátí. [2]

Centrální systém zpětného získávání tepla z šedé vody lze realizovat na úrovni celého objektu obdobně jako způsob lokální. Tepelným výměníkem může být předáváno teplo z akumulční nádrže do zásobníku teplé vody, kde je voda opět dohřívána. Výhodnější variantou je využití tepelného čerpadla přímo odebírajícího teplo z akumulční nádrže, které je poté určeno pro ohřev teplé vody. Systémy s tepelným čerpadlem lze uplatnit i v kombinaci s technologií čištění šedé vody. Okruh tepelného čerpadla může být integrován do akumulční nádrže čistírny. [2]

Při návrhu využití tepelného čerpadla je důležité zohlednit možnost odběru tepla i z jiného zdroje. Při nekontrolovaném získávání tepla z akumulční nádrže šedé vody může v krajních případech dojít k zamrznutí. [2]

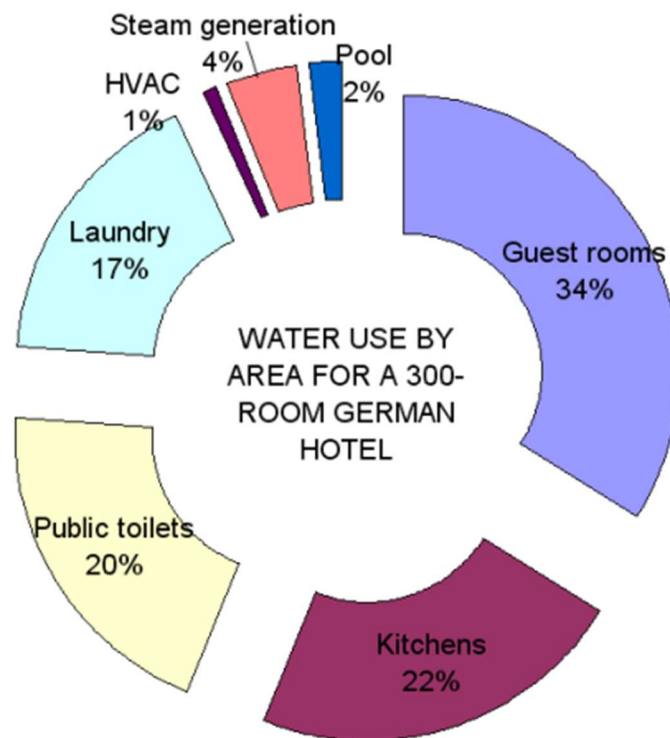


Obrázek č.8 Vertikální a horizontální výměník tepla, lokální systém [36]

Na obrázku č.8 jsou zobrazeny příklady lokálních systému zpětného získávání tepla při sprchování. V levé části je výměník tvořen dvouplášťovým potrubím, podél kterého protéká odpadní voda. V pravé části je výměník součástí odtokového žlabu. Výhodou tohoto řešení je okamžité využití odebraného tepla. [36]

1.9 Příklady využití dešťové a šedé vody v hotelech

Spotřeba vody v hotelech je obecně výrazně vyšší a vlivem přidružených provozů je procentuální rozložení od bytových či administrativních budov odlišné. Obrázek níže demonstruje poměry spotřeby vody v hotelu s 300 lůžky v Německu a průměrnou spotřebou vody 620 l/os.den. [37]



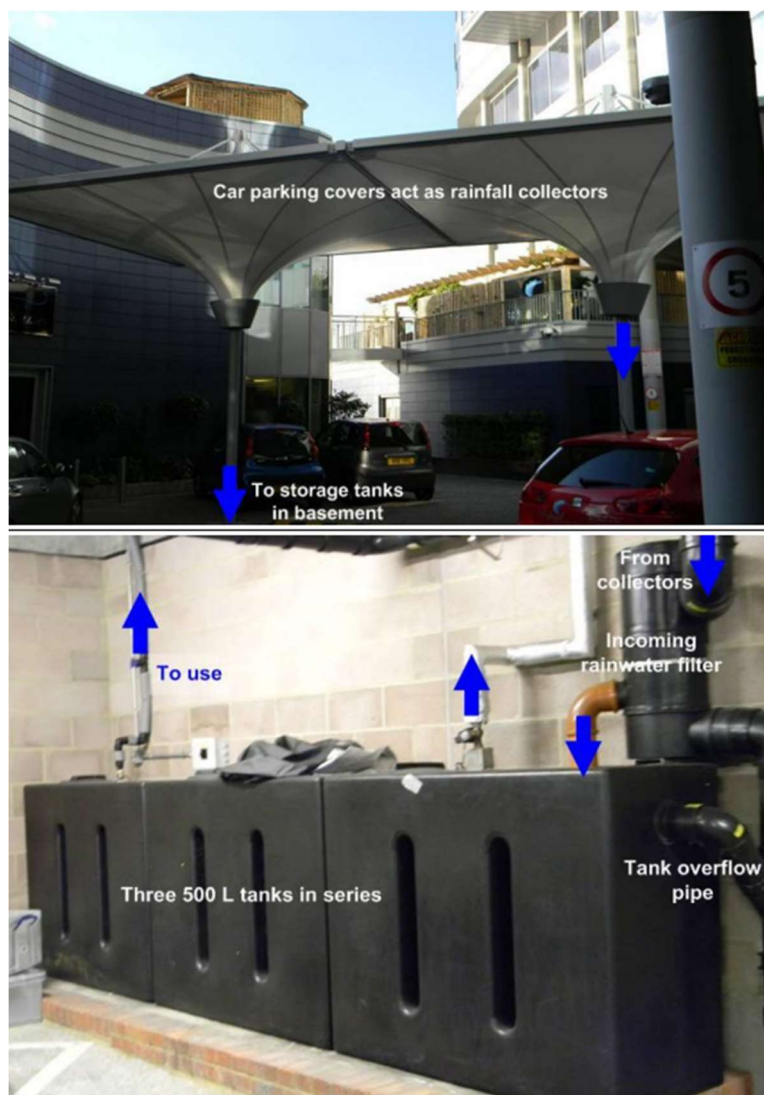
Obrázek č.9 Spotřeba vody, hotel s 300 lůžky v Německu [37]

V akademické publikaci Water Saving Plan by Water Reuse in the Hotel Building je uvedeno, že na základě studií byla zjištěna průměrná denní produkce odpadní vody u 2-3 hvězdičkových hotelů 160 l/os.den. Z této hodnoty tvoří šedá voda podíl přibližně 52 l/den. [38]

Zpětné využití dešťové vody lze demonstrovat na hotelu ETAP city-centre s 250 lůžky v Birminghamu. V tomto případě je ročně ušetřeno přibližně 780 m³ pitné vody, což představuje přibližně 5-10 % z celkové roční potřeby. Investiční návratnost byla stanovena na 14 let. Hotelové instalace s užitím provozní vody jsou často doplňovány o

úsporná opatření. Příkladem mohou být pisoárové a WC nádržky s nižším objemem na jedno spláchnutí. [37]

Obrázek níže schematicky znázorňuje zachycení a hospodaření s dešťovou vodou v hotelu Rafayel v Londýně. Zastřešení parkoviště v tomto případě slouží jako sběrná plocha. Dešťová kanalizace je zde v podobě svislých potrubí, která dopravují vodu do podzemního podlaží. V pravé části sestavy nádrží je zároveň bezpečnostní přepad.

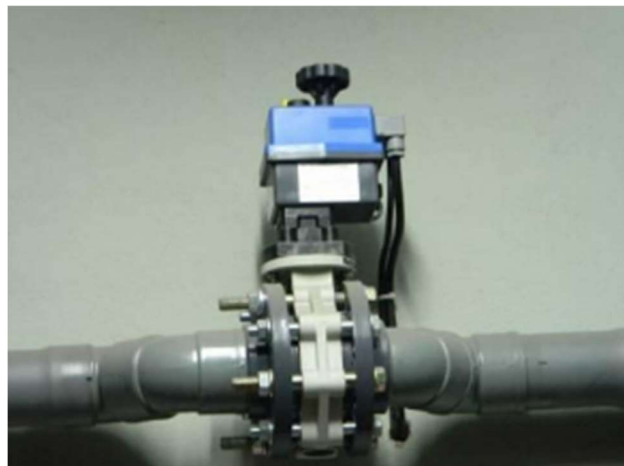


Obrázek č.10 Příklad hospodaření s dešťovou vodou v hotelu Rafayel, Londýn [37]

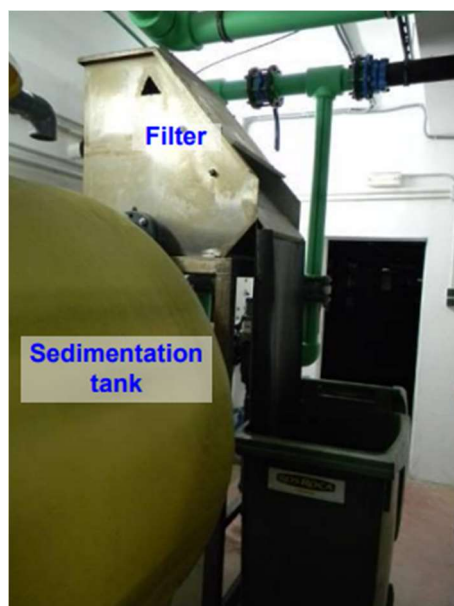
Další ukázkou hospodaření s dešťovou vodou lze nalézt v hotelu Strattons v Norfolk. Technické zázemí disponuje akumulací dešťové vody s kapacitou 15,9 m³, která se skládá z nádrží různých velikostí. Zachycená srážková voda je v tomto případě zpětně využívána na závlahu přilehlé zahrady, na které se pěstuje ovoce a zelenina

pro účely zpracování v hotelové restauraci. Z tohoto provozu je rovněž využívána voda na závlahu. Produkce šedé vody zde činí 2 m³ týdně. [37]

Příkladem využití šedých vod může být hotel NH Campo de Gibraltar ve Španělsku s kapacitou 100 pokojů. Odpadní voda z umyvadel a sprch je akumulována, čištěna a jako provozní bílá voda zpětně napojena na splachování WC. Bilance studie uvádí snížení spotřeby pitné vody o 20 %. Technologické řešení spočívá v první řadě v elektromagnetickém ventilu, který reguluje průtok šedé vody. Při naplnění nádrže se průtok přesměruje dále do kanalizace. Po nátoku jsou do šedé vody dávkovány sloučeniny chloru a následně dochází k membránové filtraci. Přefiltrovaná voda dále přetéká do sedimentační nádrže, přechodových nádrží a do odběrných nádrží. [37]



Obrázek č.11 Grey water diversion (elektromagnetický ventil) [37]



Obrázek č.12 Úprava šedé vody [37]



Obrázek č.13 Akumulační nádrže [37]

1.10 Závěr teoretické části

Hospodařením s dešťovou a šedou vodou přispíváme nejen k environmentální otázce a přírodním ekosystémům, ale rovněž snižujeme celkovou spotřebu pitné vody a energetickou náročnost budov. Pomocí systémů likvidace a zpětného využití vody tak pitnou vodu a energii dokážeme používat jen na nezbytně nutné činnosti, aniž bychom ovlivnili uživatelský komfort. Myslím, že se tím naopak životní úroveň zvyšuje.

V textové části diplomové práce byly odpadní vody rozděleny, byly stanoveny kvalitativní parametry šedých a dešťových vod včetně možností likvidace a zpětného využití uvedených obecně a také na konkrétních příkladech.

2. Praktická část rešerše

Předmětem praktické části rešerše bude návrh vsakovacích zařízení, retenční nádrže a čistírny šedých vod. Účelem těchto domovních technologií je snížení spotřeby pitné vody využitím dešťové a vyčištěné šedé vody a také decentralizovaná likvidace dešťové vody v místě dopadu srážek.

2.1 Bilanční výpočty potřeby vody na splachování a závlahu

Využití dešťové a vyčištěné šedé vody je uvažováno pro celý objekt. Z hlediska provozu je pro bilance nutné rozdělit hotelový objekt na jednotlivé zóny:

Zóna	Způsob přípravy TV	Uživatelé
Apartmány, pokoje	WC	Hosté
Restaurace a zázemí	WC, pisoáry	Hosté, zaměstnanci, veřejnost
Sociální zázemí wellness	WC	Hosté

Tab. č.7 – Rozdělení řešeného objektu na zóny

Celkové počty lůžek a zaměstnanců – vstupní parametr pro výpočet bilancí:

Celkový počet hotelových pokojů:	21
Celkový počet lůžek – pokoje: (<i>poměr žen a mužů 1:1</i>)	55
Celkový počet jídel – hosté, veřejnost: (<i>stravování 3x denně, 3 . 55 lůžek a 1x plné obsazení veřejností</i>)	269
Celkový počet zaměstnanců – restaurace:	9
Celkový počet zaměstnanců – hotel: (<i>z toho 3x pracovník na úklid</i>)	6

Celkový počet jídel byl stanoven odhadem a bylo přihlédnuto k nepříznivé kombinaci na straně bezpečnosti návrhu. Uvažuji proto plnou kapacitu hostů s plnou penzí a předpokládanou maximální obsazeností v závislosti na počtu míst 1x denně.

Následující tabulka převzatá z ČSN 75 6780 uvádí počty použití zařizovacích předmětů jednou osobou během dne dle typu budovy. Normová tabulka přímo nespécifikuje počty použití pro návštěvníky restaurace. Hodnoty byly proto převzaty stejné jako pro zákazníky, kteří mají možnost použít WC.

Zařizovací předmět	Ubytování v hotelech	Zaměstnanci	Návštěvníci restaurace
WC pro muže, pokud jsou instalovány také pisoáry	-	1	0,17
WC pro muže, pokud nejsou instalovány pisoáry	7	4	1
WC pro ženy	7	4	1
Pisoáry	-	3	0,83

Tab. č. 8 – Počty použití ZP dle ČSN 75 6780

Pro stanovení objemu jednoho spláchnutí daného zařizovacího předmětu bylo přihlédnuto jednak k technickým listům výrobců a také k ČSN 75 6780.

WC – velké spláchnutí: $q_{wc,v} = 6 \text{ l/spláchnutí}$

WC – malé spláchnutí: $q_{wc,m} = 3 \text{ l/spláchnutí}$

Pisoár: $q_{pis} = 2 \text{ l/spláchnutí}$

2.1.1 Denní potřeba vody na splachování WC a pisoárů

$$Q_d = \sum n_i \cdot q_i \text{ [l/den]}$$

n_i – počet hostů, zaměstnanců, návštěvníků

q_i – objem spláchnutí ZP, níže ve výpočtu rozděleno vždy jako minimálně 1x velké spláchnutí WC z celkového počtu použití dle výše uvedeného

$$Q_d = (55 \cdot 6 \cdot 3 + 55 \cdot 1 \cdot 6) + (52 \cdot 0,17 \cdot 2 + 52 \cdot 0,83 \cdot 3 + 52 \cdot 1 \cdot 3) + (8 \cdot 1 \cdot 6 + 8 \cdot 3 \cdot 3 + 7 \cdot 1 \cdot 6 + 7 \cdot 3 \cdot 3) = \mathbf{1848,2 \text{ l/d} = \mathbf{1,85 \text{ m}^3/\text{den}}$$

2.1.2 Potřeba vody na závlahu

Potřeba vody na závlahu bude stanovena odhadem. Ve výpočtech bude uvažována týdenní závlahová dávka $5 \text{ l/m}^2/\text{týden}$. Plocha zelené střechy činí $631,5 \text{ m}^2$. Plocha zalévané zahrady bude oproti celkové nezastavěné ploše redukována na 1200 m^2 .

$$Q_{d,z} = 5 \cdot (631,5 + 1200) = \mathbf{9158 \text{ l/týden} = \mathbf{9,16 \text{ m}^3/\text{týden}}$$

2.1.3 Roční potřeba vody na splachování a závlahu

$$Q_r = \sum 365 \cdot Q_{di} \text{ [m}^3\text{/rok]}$$

Roční potřeba vody bude násobena předpokládanými týdny sucha – 26 týdnů.

$$Q_r = 365 \cdot 1,85 + 26 \cdot 9,16 = \mathbf{913,4 \text{ m}^3\text{/rok}}$$

2.2 Bilance odtoku dešťových vod

V následující tabulce jsou stejně jako ve výpočtové části ZTI uvedeny plochy asfaltových parkovišť včetně jejich příjezdových cest. Pro bilanční výpočet odtoku srážkových vod bude uvažováno s celkovou plochou. Pro výpočet vsakovacích zařízení budou jednotlivé typy ploch rozděleny v závislosti na zaústění.

Typ plochy	Plocha A [m ²]	Součinitel odtoku C [-]	Redukovaná plocha A _r [m ²]
Sedlová střecha	607,3	1	607,3
Zelená střecha	631,5	0,4	252,6
Lodžie	84	1	84
Malé parkoviště asf.	172	0,8	137,6
Malé parkoviště zat.	114	0,3	34,2
Velké parkoviště asf.	451	0,8	360,8
Malé parkoviště zat.	420	0,3	126
		Celkem A _r	1602,5

Tab. č. 9 - Typy odvodňovaných ploch a redukované plochy součiniteli odtoku

1.2.1 Roční odtok dešťových vod

$$Q_{rd} = A_r \cdot h$$

h – dlouhodobý srážkový úhrn pro Liberecký kraj dle ČSN 75 6780 ZMĚNY Z1 – 850 mm

$$Q_{rd} = 1602,5 \cdot 0,850 = \mathbf{1362,2 \text{ m}^3\text{/rok}}$$

2.3 Bilance produkce šedých vod

Pro přesnost a správnost bilančních výpočtů produkce šedé vody je opět nutné zohlednit různé druhy provozů. V objektu jsou kromě koupelen v apartmánech navrženy také hygienické zázemí zaměstnanců, restaurace, wellness a úklidové místnosti s rozdílnými druhy výtokových armatur.

Výtokové armatury	Popis	Doba používání	Počet použití uživatelem za 1 den
Sprchová baterie	Produkce 6-7 l/min	8-10 min	1
Vanová baterie	Objem vody při použití vany 60 - 120 l	-	1
Umyvadlová baterie	Produkce 5 l/min	0,2 min	9/2
Umývátková baterie	Produkce 5 l/min	0,2 min	7
Dřezová baterie	Produkce 5 l/min	5-10 min	1-2

Tab. č. 10 - Tabulka produkce šedé vody v apartmánech

Hodnoty produkce šedých vod a počty použití uživateli za 1 den jsou převzaty z ČSN 75 6780. Počty použití kuchyňských dřezů jsou stanoveny odhadem a závisí zejména na počtu jídel v tarifu hostů. Počty použití umyvadel u apartmánů s WC v koupelně byly navýšeny o použití při ranní a večerní hygieně. Doby používání jednotlivých ZP jsou stanoveny odhadem.

V hotelovém objektu se nachází 2 apartmány, které disponují vanou, o celkovém počtu 8 lůžek. Dále je zde 9 apartmánů s odděleným WC od koupelny s celkovým počtem 15 lůžek a také 12 apartmánů s kuchyňským dřezem s celkovým počtem 40 lůžek.

$$Q_{\text{š,ap}} = 7 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 47 + 100 \cdot 1 \cdot 8 + 5 \cdot 0,2 \cdot 2 \cdot 15 + 5 \cdot 0,2 \cdot 7 \cdot 15 + 5 \cdot 0,2 \cdot 9 \cdot 40 + 5 \cdot 5 \cdot 12 \cdot 2$$

$$Q_{\text{š,ap}} = 4527 \text{ l/den} = 4,53 \text{ m}^3/\text{den}$$

Výtokové armatury	Popis	Doba používání	Počet použití uživatelem za 1 den
Sprchová baterie tlačítková	Produkce 6-7 l/min	1/6x12 s	1/2
Umyvadlová baterie senzorová	Produkce 5 l/min	2x6 s	1

Tab. č. 11 - Tabulka produkce šedé vody v sociálním zázemí wellness a restaurace

Využití wellness je uvažováno pouze pro hotelové hosty a celková produkce šedých vod ze sprch bude proto navýšena o další použití. Bude uvažováno s krátkým osprchováním před vstupem do wellness (1x12 s) a následně s osprchováním před odchodem z wellness (6x12 s).

Odhadem bude také stanoveno využití umyvadel. V zázemí wellness pouze 1x a v restauraci také 1x po dobu 12 s.

$$Q_{\text{š,w+r}} = 7 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 55 + 7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 55 + 5 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 55 + 5 \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot 269$$

$$Q_{\text{š,w+r}} = 1187 \text{ l/den} = 1,19 \text{ m}^3/\text{den}$$

Výtokové armatury	Popis	Doba používání	Počet použití uživatelem za 1 den
Sprchová baterie	Produkce 6-7 l/min	8-10 min	0,03/1
Umyvadlová baterie	Produkce 5 l/min	0,2 min	6

Tab. č. 12 - Tabulka produkce šedé vody v sociálním zázemí zaměstnanců

ČSN 75 6780 uvádí počet použití sprch pro zaměstnance hodnotou 0,03. Pro zaměstnance restaurace bude však uvažováno s hodnotou 1.

$$Q_{\text{š,z}} = 7 \cdot 8 \cdot 0,03 \cdot 6 + 7 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 9 + 5 \cdot 0,2 \cdot 6 \cdot 15 =$$

$$Q_{\text{š,z}} = \mathbf{604,1 \text{ l/den} = \mathbf{0,6 \text{ m}^3/\text{den}}$$

Pro výpočet produkce šedých vod z hotelové kuchyně, prádelny a výlevek bude přihlédnuto k hodnotám stanoveným ve výpočtové části ZTI dle Vyhlášky č. 120/2011 a ČSN 06 0320.

Produkce šedé vody v kuchyni: **22 l/jídlo . den**

Produkce šedé vody v prádelně: **82 l/zaměstnanec . den**

Produkce šedé vody úklidem: **20 l/100m² . týden**

$$Q_{\text{š,k+p}} = 22 \cdot 269 + 82 \cdot 3$$

$$Q_{\text{š,k+p}} = \mathbf{6164 \text{ l/den} = \mathbf{6,16 \text{ m}^3/\text{den}}$$

$$Q_{\text{š,ú}} = 20 \cdot 10,75 = \mathbf{215 \text{ l/týden} = \mathbf{0,22 \text{ m}^3/\text{týden}}$$

Celková denní produkce šedých vod:

$$Q_{\text{š,C}} = 4,53 + 1,19 + 0,6 + 6,16$$

$$Q_{\text{š,C}} = \mathbf{12,48 \text{ m}^3/\text{den}}$$

$$Q_{\text{š,C}} = \mathbf{12,7 \text{ m}^3/\text{den} \text{ (včetně produkce šedé vody úklidem)}}$$

2.3.1 Roční produkce šedých vod

$$Q_{r\dot{s}} = \sum 365 \cdot Q_{\dot{s}i} \text{ [m}^3\text{/rok]}$$

$$Q_{r\dot{s}} = 365 \cdot 12,48 + 52 \cdot 0,22$$

$$Q_{r\dot{s}} = \mathbf{4563,6 \text{ m}^3\text{/rok}}$$

Do celkové roční bilance nejsou zahrnuty odtoky podlahových vpustí, které nelze s přesností stanovit.

2.4 Návrh vsakovacích zařízení

Návrh vsakovacích objektů bude proveden podle ČSN 75 9010. Předpokladem pro samotný návrh je vyhovující hydrogeologický průzkum, který pro účely této práce nebyl k dispozici. Z tohoto důvodu jsou některé hodnoty stanoveny odhadem.

Retenční objem vsakovacího zařízení s regulovaným odtokem:

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \left(\frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} + Q_o \right) \cdot t_c \cdot 60$$

h_d – návrhový úhrn srážek podle přílohy A

A_{red} – redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [m²]

A_{vz} – plocha hladiny vsakovacího zařízení – pouze u povrchových = 0

f – součinitel bezpečnosti vsaku – zvoleno $f = 2$

k_v – koeficient vsaku – $5 \cdot 10^{-6}$ (pro jílovité zeminy/hlíny)

A_{vsak} – vsakovací plocha zařízení, pro výpočet retenčního objemu bude uvažována jako $0,1 \cdot A_{red}$ [m²]

Q_o – regulovaný odtok 0,5 l/s (minimální doporučený výrobcí)

t_c – doba trvání srážky určité periodicity podle přílohy A – horské oblasti

Hodnota specifického odtoku: 3 l/s . ha.

Vypočtený regulovaný odtok: $2396 \cdot 3/10000 = 0,72 \text{ l/s}$

Po dohodě se správcem kanalizace bude vzhledem k vysokému podílu zastavěné plochy a nutnosti likvidace dešťové vody uvažováno s regulovaným odtokem 2,5 l/s a přímou likvidací srážkové vody z odvodňovacího žlabu OŽ2.

Tabulka odvodňovaných ploch svedených VN1:

Ozn.	Odvodňovaná plocha	A [m ²]	C [-]	A _{red} [m ²]
D17	Střešní konstrukce	31,2	1	31,2
D14	Střešní konstrukce	81,5	1	81,5
D1	Zelená střecha	168,4	0,4	67,36
D11	Střešní konstrukce	70,3	1	70,3
D2	Zelená střecha	77,6	0,4	31,04
OŽ1	Parkoviště	128	0,8	102,4
OŽ1	Parkoviště	114	0,3	34,2
CELKEM				418

Tab. č. 12 – Označení odvodňovaných ploch pro VN1

Tabulka odvodňovaných ploch svedených VN2:

Ozn.	Odvodňovaná plocha	A [m ²]	C [-]	A _{red} [m ²]
OŽ5	Pěší komunikace	27	0,6	16,2
D3	Zelená střecha	57,9	0,4	23,16
OŽ6	Pěší komunikace	44	1	26,4
D8	Střešní konstrukce	31,2	1	31,2
OŽ4	Příjezdová cesta	174	0,8	139,2
CELKEM				236,16

Tab. č. 13 – Označení odvodňovaných ploch pro VN2

Tabulka odvodňovaných ploch svedených VN3:

Ozn.	Odvodňovaná plocha	A [m ²]	C [-]	A _{red} [m ²]
OŽ3	Parkoviště	279	0,8	223,2
OŽ3	Parkoviště	420	0	126
CELKEM				349,2

Tab. č. 13 – Označení odvodňovaných ploch pro VN3

Tabulka odvodňovaných ploch svedených VN4:

Ozn.	Odvodňovaná plocha	A [m ²]	C [-]	A _{red} [m ²]
D10	Střešní konstrukce	66,6	1	66,6
D9	Střešní konstrukce	73,4	1	73,4
D6	Střešní konstrukce	31,2	1	31,2
D7	Střešní konstrukce	39,6	1	39,6
D7	Zelená střecha	242,9	0,4	97,16
CELKEM				307,96

Tab. č. 14 – Označení odvodňovaných ploch pro VN4

Tabulka odvodňovaných ploch svedených VN5:

Ozn.	Odvodňovaná plocha	A [m ²]	C [-]	A _{red} [m ²]
D13	Střešní konstrukce	72,7	1	72,7
D16	Střešní konstrukce	38,6	1	38,6
D15	Střešní konstrukce	31,1	1	31,1
D21	Lodžie	21,5	0,8	17,2
D12	Střešní konstrukce	74,45	1	74,45
CELKEM				234,05

Tab. č. 15 – Označení odvodňovaných ploch pro VN5

Retenční objem zařízení VN1:

t_c	h_d	V_{vz}
5	10,4	4,17
10	14,5	5,70
15	17	6,56
20	19,4	7,38
30	22,7	8,40
40	25,7	9,29
60	30	10,36
120	39,7	12,24
240	48,7	11,65
360	57,8	11,10
480	66,8	10,51
600	75,8	9,92
720	84,9	9,37
1080	99,1	2,25
1440	103,7	-8,88
2880	155,7	-39,38
4320	178,8	-81,95

Tab. č. 16 – Retenční objem zařízení VN1

$$A_{vsak} = 41,8 \text{ m}^2$$

Vsakovaný odtok:

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak}$$

$$Q_{vsak} = 0,28 \cdot 10^{-3}$$

Doba prázdňení:

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak} + Q_o}$$

Doba prázdňení: **12,2** hod < 72 hod

Návrh zařízení: Navrhuji vsakovací podzemní galerii skládající se z PP bloků AS-RIGOFILL ST 800x800x600 pro možnost vysokého zatížení vzhledem k umístění pod parkovištěm. Bude navrženo celkem 24 bloků doplněných o 24 bloků polovičních. Celkové rozměry tedy jsou 6,4x2,4x0,9 m. Před nátokem do vsakovacího tělesa bude osazena filtrační šachta. Na odtoku z nádrže bude osazena odtoková šachta se škrťící clonou a bezpečnostním přepadem. Celkový retenční objem zařízení činí 14,61 m³.

Retenční objem zařízení VN2:

t_c	h_d	V_{vz}
5	10,4	2,29
10	14,5	3,09
15	17	3,51
20	19,4	3,91
30	22,7	4,35
40	25,7	4,73
60	30	5,07
120	39,7	5,35
240	48,7	3,45
360	57,8	1,57
480	66,8	-0,32
600	75,8	-2,22
720	84,9	-4,10
1080	99,1	-12,82
1440	103,7	-23,81
2880	155,7	-59,83
4320	178,8	-102,68

Tab. č. 17 – Retenční objem zařízení VN2

$$A_{vsak} = 23,61 \text{ m}^2$$

Vsakovaný odtok:

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak}$$

$$Q_{vsak} = 0,16 \cdot 10^{-3}$$

Doba prázdňení:

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak} + Q_o}$$

Doba prázdňení: **9,4** hod < 72 hod

Návrh zařízení: Navrhuji vsakovací podzemní galerii skládající se z PP bloků AS-RIGOFILL ST-B 800x800x600. Bude navrženo celkem 18 bloků. Celkové rozměry tedy jsou 7,2x1,6x0,6 m. Před nátokem do vsakovacího tělesa bude osazena filtrační šachta. Na odtoku z nádrže bude osazena odtoková šachta se škrťící clonou a bezpečnostním přepadem. Celkový retenční objem zařízení činí 7,31 m³.

Retenční objem zařízení VN3:

t_c	h_d	V_{vz}
5	10,4	3,46
10	14,5	5,70
15	17	6,56
20	19,4	7,38
30	22,7	8,40
40	25,7	9,29
60	30	10,36
120	39,7	12,24
240	48,7	11,65
360	57,8	11,10
480	66,8	10,51
600	75,8	9,92
720	84,9	9,37
1080	99,1	2,25
1440	103,7	-8,88
2880	155,7	-39,38
4320	178,8	-81,95

Tab. č. 18 – Retenční objem zařízení VN3

$$A_{vsak} = 34,92 \text{ m}^2$$

Vsakovaný odtok:

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak}$$

$$Q_{vsak} = 0,23 \cdot 10^{-3}$$

Doba prázdnění:

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak} + Q_o}$$

Doba prázdnění: **14,6** hod < 72 hod

Návrh zařízení: Navrhuji vsakovací podzemní tunel AS-KRECHT-T. Bude navrženo celkem 10 středových tunelů s počátečním a koncovým tělem. Celkové rozměry tedy jsou 24,85x1,375x0,85 m. Před nátokem do vsakovacího tělesa bude osazena filtrační šachta. Na odtoku z nádrže bude osazena odtoková šachta se škrťící clonou a bezpečnostním přepadem. Celkový retenční objem zařízení činí 16,5 m³. Pro vyrovnání tlaků bude z vsakovacího tunelu vyvedeno větrací potrubí DN100 nad terén.

Retenční objem zařízení VN4:

t_c	h_d	V_{vz}
5	10,4	3,03
10	14,5	4,12
15	17	4,72
20	19,4	5,28
30	22,7	5,95
40	25,7	6,53
60	30	7,16
120	39,7	8,07
240	48,7	6,69
360	57,8	5,34
480	66,8	3,95
600	75,8	2,57
720	84,9	1,22
1080	99,1	-6,87
1440	103,7	-17,92
2880	155,7	-51,75
4320	178,8	-94,49

Tab. č. 19 – Retenční objem zařízení VN4

$$A_{vsak} = 30,79 \text{ m}^2$$

Vsakovaný odtok:

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak}$$

$$Q_{vsak} = 0,20 \cdot 10^{-3}$$

Doba prázdnění:

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak} + Q_o}$$

Doba prázdnění: **10,9** hod < 72 hod

Návrh zařízení: Navrhuji vsakovací podzemní galerii skládající se z PP bloků AS-RIGOFILL ST-B 800x800x600. Bude navrženo celkem 24 bloků. Celkové rozměry tedy jsou 6,4x2,4x0,6 m. Před nátokem do vsakovacího tělesa bude osazena filtrační šachta. Na odtoku z nádrže bude osazena odtoková šachta se škrťící clonou a bezpečnostním přepadem. Celkový retenční objem zařízení činí 9,74 m³.

Retenční objem zařízení VN5:

t_c	h_d	V_{vz}
5	10,4	2,27
10	14,5	3,06
15	17	3,48
20	19,4	3,87
30	22,7	4,31
40	25,7	4,67
60	30	5,01
120	39,7	5,27
240	48,7	3,36
360	57,8	1,46
480	66,8	-0,45
600	75,8	-2,37
720	84,9	-4,26
1080	99,1	-13,00
1440	103,7	-23,98
2880	155,7	-60,07
4320	178,8	-102,92

Tab. č. 20 – Retenční objem zařízení VN5

$$A_{vsak} = 23,40 \text{ m}^2$$

Vsakovaný odtok:

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak}$$

$$Q_{vsak} = 0,26 \cdot 10^{-3}$$

Doba prázdnění:

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak} + Q_o}$$

Doba prázdnění: **9,38** hod < 72 hod

Návrh zařízení: Navrhuji vsakovací podzemní galerii skládající se z PP bloků AS-RIGOFILL ST-B 800x800x600. Bude navrženo celkem 16 bloků. Celkové rozměry tedy jsou 6,4x1,6x0,6 m. Před nátokem do vsakovacího tělesa bude osazena filtrační šachta. Na odtoku z nádrže bude osazena odtoková šachta se škrťící clonou a bezpečnostním přepadem. Celkový retenční objem zařízení činí 6,49 m³.

Odstupové vzdálenosti vsakovacích těles od budov (ČSN 75 9010):

$$X = X_1 + X_2$$

$$X_1 = \frac{h+0,5}{15 \cdot k_p^{0,25}} + 2$$

h - rozdíl výšek mezi maximální hladinou vody a úrovní podzemního podlaží = 0

X_2 - rozšíření dna výkopu = 2 m

$$X_1 = 2,7 \text{ m}$$

$$X = 2,7 + 2 = 4,7 \text{ m}$$

Navržené vsakovací objekty z hlediska odstupové vzdálenosti od budovy vyhovují.

2.5 Návrh čistírny šedých vod

Na začátku praktické části rešerše byly na základě ČSN 75 6780 vypočteny denní produkce šedých vod dílčích zón v hotelovém objektu a také celková denní produkce. Rovněž byla stanovena denní potřeba provozní vody na splachování WC a pisoáru spolu s potřebou vody na závlahu zeleně.

Potřeba provozní vody na splachování WC:	1,85 m³/den
Potřeba provozní vody na závlahu:	9,16 m³/týden
Potřeba provozní vody na závlahu (denní):	1,31 m³/den
Celková produkce šedých vod v objektu:	12,7 m³/den

Z výše uvedených hodnot je patrné, že produkce šedých vod značně převyšuje potřebu provozní vody: **12,7 m³/den > 1,85 + 1,31 m³/den**. Tyto vypočtené hodnoty a postup jejich získání lze dle ČSN EN 16941-2 považovat za podrobnou metodu výpočtu, která předpokládá konstantní denní produkci šedé vody a potřebu vody provozní.

ČSN EN 16941-2 dále také obecně ustanovuje, že celková dimenze zařízení pro čištění má být určena nejnižší hodnotou výsledků výpočtů produkce nebo potřeby. Zároveň doporučuje minimalizování akumulace šedé vody z důvodu téměř konstantního přítoku nečištěné šedé vody a specifikaci hierarchie potřeby vody.

V hierarchii potřeby provozní vody je dle odstavce 6.2.2 normy na prvním místě splachování WC. Využití provozní vody na závlahu není považováno za prioritní, a proto se nachází na konci.

S ohledem na zjištěné informace a vstupní parametry byla pomocí volně dostupného výpočetního modelu společnosti ASIO, spol. s.r.o. vypočtena doporučená velikost čistírny šedých vod. Vstupními parametry jsou:

- Celková hodnota produkce šedé vody **12,7 m³/den**
- Celková denní potřeba provozní vody **3,16 m³/den**

Posouzení využití šedé vody			
Celková denní produkce šedé vody:	Q_{prod}	12 700	l/den
Celková denní potřeba provozní vody:	Q_{24}	3 160	l/den
Nutnost doplňování dešťovou nebo pitnou vodou:		NE	
Množství doplňované vody:		0	l/den
Výpočet využití dešťové vody:			
Minimální objem nádrží:	2 x	3200	l
Doporučená velikost čistírny:		AS-GW/SiClaro - 5	
Poznámka: Výpočet je orientační pro běžnou kvalitu šedé vody, v případě rozdílné kvality vody nebo pro jiné použití vody kontaktujte výrobce pro detailnější návrh.			

ASIO, spol. s r.o., Kšírova 552/45, 619 00 Brno, tel.: 548 428 111, e-mai: asio@asio.cz

www.sedevody.cz

Návrh: Navrhuji čistírnu šedé vody AS-GW/SiClaro – 5 s objemem akumulace šedé vody 5000 l a objemem akumulace provozní vody 5000 l. Součástí návrhu čistírny a výrobního modelu je filtr mechanických nečistot, reakční nádrž s membránovým modulem a aeračním systémem, čerpadlo pro výtlač čistěné a vyčištěné vody a bezpečnostní přepad. Návrh čerpadla pro výtlač provozní vyčištěné vody do objektu bude proveden samostatně. Do akumulační nádrže bude vyvedeno dopouštění vodou pitnou pomocí elektromagnetického ventilu s plovákem. Sestava čistírny bude umístěna v podzemním objektu, jehož návrh a přístup bude řešen v součinnosti s architektonicko-stavební částí vyššího stupně PD. Přesná výkresová dokumentace bude dodávkou společnosti ASIO. Součástí výkresové dokumentace je schéma s jednotlivými komponenty.

2.6 Návrh retenční nádrže

Při návrhu čistírny šedých vod bylo zjištěno, že za daných vstupních parametrů není nutné dopouštět akumulární nádrž vyčištěné šedé vody vodou dešťovou. Z tohoto důvodu bude navržena retenční nádrž, ze které bude pouze možnost čerpat vodu na zalévání severní části zahrady.

Vzhledem k účelům využití dešťové vody bude přihlédnuto k ČSN 75 6261 odstavci 7.4.1.3, ve kterém je uvedeno, že pro výpočet objemu lze použít i empiricky stanovené vzorce uvedené v literatuře. V následujícím návrhu budu tedy uvažovat, že na každých 100 m² zalévané plochy připadá 1 m³ objemu nádrže. Pro srovnání bude proveden ještě druhý empirický návrh, podle kterého lze na každých 25 m² odvodňované plochy připojit maximálně 1 m³ objemu nádrže. [39] Výsledná hodnota bude vybrána jako minimum ze dvou vypočtených hodnot.

Uvažovaná plocha zavlažované zahrady:	1200 m²
Redukované odvodňované plochy (VN1, VN2): (<i>napouštění nádrže bude regulovaným odtokem z VN1 a VN2</i>)	542 m²
Uvažovaná potřeba vody na závlahu:	5 l/m² . týden

$$V_{RN} = \min \left(\frac{1200}{100}; \frac{542}{25} \right) = \min (12; 21,68) = \mathbf{12 \text{ m}^3}$$

Návrh: Navrhuji monolitickou retenční nádrž o rozměrech 3x2x2,25m o objemu 12 m³. Součástí nádrže bude filtr mechanických částic osazen po prostupu do nádrže, zklidňující nátoková tvarovka, bezpečnostní přepad a ponorné čerpadlo. Vstupní šachta do nádrže bude provedena jako prefabrikovaná s šachtovými stupadly a poklopem. Výtlač pro napojení zahradního ventilu navrhuji z potrubí PE 25x2,3.

2.7 Návrh čerpadel a hydraulické posouzení rozvodu SVD

Pro zpětný výtlačk provozní vody z akumulární nádrže do objektu bude navrženo ponorné čerpadlo. Podkladem pro samotný návrh je výpočtová část ZTI s navrženými dimenzemi a výkresová část se zakreslenými trasami potrubních rozvodů.

Požadovaný tlak čerpadla:

$$p_p = p_e + p_{\min FL} + p_z \text{ [Pa]}$$

p_e – tlaková ztráta způsobená výškovým rozdílem mezi geodetickými úrovněmi začátku a konce posuzovaného úseku [Pa]

$p_{\min FL}$ – minimální hydrodynamický přetlak před výtokovou armaturou = 120 Pa (WC splachovač)

p_z – tlakové ztráty místními odpory a třením [Pa]

$$p_e = h \cdot \rho \cdot g$$

h – geodetická výška mezi čerpadlem a nejvyšším ZP = 16,67 m

ρ – hustota vody = 1000 kg/m³

g – gravitační zrychlení = 9,81 m/s²

$$p_e = 16,67 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 163532 \text{ Pa} = 163,532 \text{ kPa}$$

V níže uvedené tabulce jsou stejně jako ve výpočtové části uvedeny tlakové ztráty třením a místními odpory. Jednotlivé tlakové ztráty byly určeny z tabulek tlakových ztrát výrobců a mezilehlé hodnoty byly interpolovány.

Úsek č.	Průtok [l/s]	d ₁ . t [mm]	Délka L [m]	Ztráty třením		Místní odpory	Tlakové ztráty
				R [kPa/m]	R . L	Z	R . L + Z
1	0,2	20x2,3	4,52	1,15	5,20	Uvažovány jako 30% ze ztráty třením.	6,76
2	0,28	20x2,3	3,20	2,12	6,78		8,82
3	0,35	25x2,8	2,20	1,01	2,22		2,89
4	1,57	50x6,9	1,675	0,74	1,24		1,61
5	1,75	50x6,9	1,3	0,91	1,18		1,54
6	1,86	50x6,9	8,067	1,00	8,07		10,49
7	2,18	50x6,9	5,37	1,34	7,19		9,35
8	2,18	50x5,4	9,45	6,45	60,95		79,24
						CELKEM	120,70

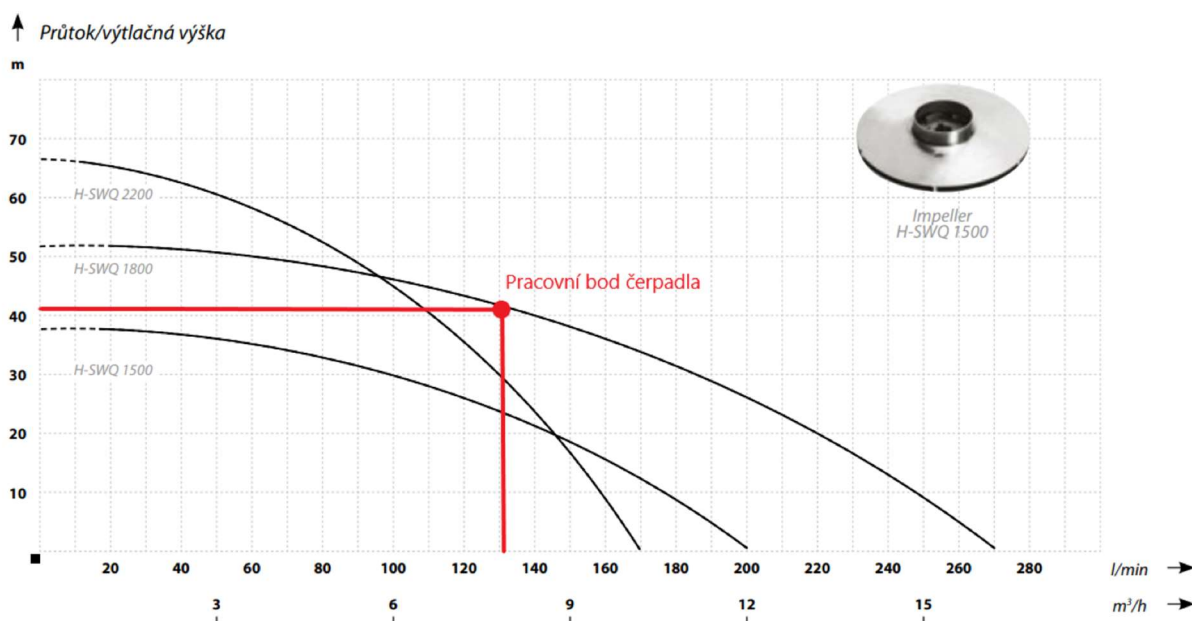
Tab. č. 21 – Tlakové ztráty vodovodu provozní vody

$$p_z = 120,70 \text{ kPa}$$

$$p_p = p_e + p_{\min FL} + p_z$$

$$p_p = 163,532 + 120 + 120,70 = 404,232 \text{ kPa}$$

Návrh: Navrhuji ponorné čerpadlo IBO H-SWQ 1800, 230 V s maximálním výtlakem 53 m a maximálním průtokem 270 l/min. Pro zabránění chodu na sucho bude v akumulční jímce instalován elektromagnetický ventil pro případné dopouštění pitnou vodou.



Obrázek č.14 Pracovní diagram ponorného čerpadla [40]

Čerpadlo pro retenční nádrž:

Čerpadlo v retenční nádrži bude sloužit pouze pro výtlak dešťové vody na závlahu zeleně a nebude proto tlakově posuzováno. Navrhuji ponorné čerpadlo GARDENA 9025-29 s plovákem o maximálním výtlaku 23 m a maximálním průtoku 1,3 l/s.

2.8 Závěr praktické části

Pro hotelový objekt byly na základě vstupních parametrů a bilancí navrženy vsakovací galerie ve výkresech značené jako VN1-VN5. Jako materiálové řešení byly zvoleny PP bloky RIGOFILL a PP tunel KRECHT společnosti ASIO. Dále byla předběžně navržena čistírna šedých vod AS-GW/SiClaro – 5 se dvěma nádržemi o objemu 5000 l. Přesné řešení jednotlivých komponent bude součástí specializované dodávky společností ASIO. Pro účely závlahy přilehlé zeleně byla rovněž navržena monolitická retenční

dešťová nádrž s objemem 12 m³. Součástí výkresové dokumentace jsou schematické výkresy jednotlivých zařízení včetně popisu dílčích komponentů. Tento návrh má za cíl úsporu pitné vody využitím vody provozní a také zlepšit odtokové charakteristiky území za předpokladu vyhovujícího hydrogeologického průzkumu a staré krajinné zátěže.

2.9 Seznam obrázků

Obrázek č.1 Zastoupení hlavních živin v jednotlivých druzích vody [3]	9
Obrázek č.2 Průměrná spotřeba vody v domácnosti [6].....	11
Obrázek č.3 Druhy filtrací dle velikosti pórů [17]	18
Obrázek č.4 Schéma uspořádání zařízení pro čištění šedé vody [19].....	18
Obrázek č.5 Filtrační šachta [27].....	23
Obrázek č.6 Interní provedení samočisticího filtru [25].....	24
Obrázek č.6 Betonový odlučovač lehkých kapalin ACO [30]	25
Obrázek č.7 Vsakovací bloky AS-Rigofill, ASIO [33].....	27
Obrázek č.8 Vertikální a horizontální výměník tepla, lokální systém [36]	30
Obrázek č.9 Spotřeba vody, hotel s 300 lůžky v Německu [37].....	31
Obrázek č.10 Příklad hospodaření s dešťovou vodou v hotelu Rafayel, Londýn [37].....	32
Obrázek č.11 Grey water diversion (elektromagnetický ventil) [37]	33
Obrázek č.12 Úprava šedé vody [37]	33
Obrázek č.13 Akumulační nádrže [37].....	34
Obrázek č.14 Pracovní diagram ponorného čerpadla [40]	52

2.10 Seznam tabulek

Tab. č. 1 – Množství plovoucích látek v šedých vodách [10].....	14
Tab. č. 2 – Hodnoty BSK ₅ a CHSK v šedých vodách [10]	15
Tab. č. 3 – Mikrobiologické zatížení šedých vod (výběr) [6]	15
Tab. č. 4 – Orientační hodnoty pro bakteriologické monitorování provozní vody [6]	16
Tab. č. 5 – Orientační hodnoty pro fyzikální a chemické monitorování provozní vody [13]	16
Tab. č. 6 – Porovnání koncentrací různých látek (výběr) v dešťové vodě a ve vodě pitné [20].....	20
Tab. č.7 – Rozdělení řešeného objektu na zóny	35
Tab. č. 8 – Počty použití ZP dle ČSN 75 6780	36
Tab. č. 9 - Typy odvodňovaných ploch a redukované plochy součiniteli odtoku	37
Tab. č. 10 - Tabulka produkce šedé vody v apartmánech.....	38
Tab. č. 11 - Tabulka produkce šedé vody v sociálním zázemí wellness a restaurace	38
Tab. č. 12 - Tabulka produkce šedé vody v sociálním zázemí zaměstnanců	39
Tab. č. 12 – Označení odvodňovaných ploch pro VN1	41

Tab. č. 13 – Označení odvodňovaných ploch pro VN2	41
Tab. č. 13 – Označení odvodňovaných ploch pro VN3	41
Tab. č. 14 – Označení odvodňovaných ploch pro VN4	42
Tab. č. 15 – Označení odvodňovaných ploch pro VN5	42
Tab. č. 16 – Retenční objem zařízení VN1	43
Tab. č. 17 – Retenční objem zařízení VN2	44
Tab. č. 18 – Retenční objem zařízení VN3	45
Tab. č. 19 – Retenční objem zařízení VN4	46
Tab. č. 20 – Retenční objem zařízení VN5	47
Tab. č. 21 – Tlakové ztráty vodovodu provozní vody	51

2.11 Seznam citované literatury

- [1] PLOTĚNÝ, Ing. Karel. Odpadní vody jako zdroj surovin. In: *TZB-Info* [online]. [cit. 2022-12-19]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/4955-odpadni-vody-jako-zdroj-surovin>
- [2] TEICHMANN, Ing. a doc. KUDA. Možnosti využití odpadních vod v domech, bytech a v průmyslu. *Vytápění, větrání, instalace*. 2014, **23**(1), 98-101. ISSN 1210-1389.
- [3] BERÁNKOVÁ, Ing. Martina. Odpadní voda - odpad nebo poklad?. In: *TZB-Info* [online]. VÚV TGM, 2017 [cit. 2022-12-19]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16057-odpadni-voda-odpad-nebo-poklad>
- [4] ŽABIČKA, Ing. Zdeněk. Lze udělat z odpadní vody pitnou? Jak ušetřit za vodu a chovat se ekologicky. In: *EStav.cz* [online]. 2019 [cit. 2022-12-19]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/7373.lze-udelat-z-odpadni-vody-pitnou-jak-usetrit-za-vodu-a-chovat-se-ekologicky>
- [5] MIFKOVÁ, Ing. Tatiana. Pilotní projekt I. - DESAR systém v podmínkách poloprovozu. In: *TZB-Info* [online]. 2011 [cit. 2022-12-19]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/7623-pilotni-projekt-i-desar-system-v-podminkach-poloprovozu>
- [6] BARTONÍK, Adam, Marek HOLBA, Jakub VRÁNA, Monika OŠLEJŠKOVÁ a Karel PLOTĚNÝ. Šedé vody - možnosti využití jejich energetického potenciálu a způsoby jejich čištění a znovuvyužití. *Vodní hospodářství*. 2012, **62**(1), 60-64.

- [7] KRAUS, Mgr. Michal. Složení dešťové vody a jak ji efektivně vyčistit?. In: ZAKRA [online]. 2022 [cit. 2022-12-27]. Dostupné z: <https://zakra.cz/blog/slozeni-destove-vody-a-jak-ji-efektivne-vycistit/>
- [8] BARTÁČEK, Ph.D., Ph.D., DOLEJŠ, Dr. KABELKOVÁ, Ing. MATĚJŮ, Ph.D., STRÁNSKÝ a Ing. ŠÁTKOVÁ. Studie problematiky recyklace šedých vod v sídlech ČR. In: MZP [online]. 2021 [cit. 2022-12-27]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prioritni_osa_6_seznam_projektu/\\$FILE/ofeu-studie_sede_vody-20210517.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prioritni_osa_6_seznam_projektu/$FILE/ofeu-studie_sede_vody-20210517.pdf)
- [9] KABELKOVÁ, Ivana, David STRÁNSKÝ a Vojtěch BAREŠ. TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami, 1. část: Volba způsobu odvodnění a technického řešení. *Vodní hospodářství*. 2013, **63**(9), 289-294. ISSN 1211-0760.
- [10] RACLAVSKÝ, Jaroslav, Petr HLUŠTÍK, Renata BIELA, Jakub RAČEK a Adam BARTONÍK. Hospodaření s šedou a dešťovou vodou v budovách. *Vodní hospodářství*. 2012, **62**(1), 65-68.
- [11] E. coli. In: *World Health Organisation* [online]. 2018 [cit. 2022-12-27]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
- [12] Výskyt koliformních bakterií ve vodě - mohou vznikat i rozkladem listí ve studni. In: *TZB-Info* [online]. 2018 [cit. 2022-12-27]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/18103-vyskyt-koliformnich-bakterii-ve-vode-mohou-vznikat-i-rozkladem-listi-ve-studni>
- [13] PLOTĚNÝ, Ing. Karel. Využití šedých a dešťových vod v budovách. In: *TZB-Info* [online]. 2013 [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>
- [14] Voda a její využití: Měření zákalu. In: *Vernier* [online]. [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: <https://www.vernier.cz/experimenty/aquamundi/mereni-zakalu.pdf>
- [15] VURM, Ing. a Ing. BYSTRIANSKÝ. *Čištění odpadních vod pomocí koagulace* [online]. Praha, 2013 [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: https://uchop.vscht.cz/files/uzel/0011054/Navody_koagulace.pdf?redirected
- [16] ZELINKA, Zdeněk a Zdeněk FORMÁNEK. *Úpravy vody*. 1. Brno: ERA, 2005. ISBN 80-7366-036-9.
- [17] Membránová filtrace v čištění odpadních vod. In: *EuroClean* [online]. 2021 [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: <https://euroclean.cz/clanky/membranova-filtrace-v-cistení-odpadnich-vod/>
- [18] ČSN 75 6780. *Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.

- [19] PLOTĚNÝ, Ing. a Ing. BARTONÍK. Čištění šedých vod a možnosti využití energie z nich. In: *TZB-Info* [online]. 2012 [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/9411-cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>
- [20] HLAVÍNEK, CSc., Ph.D., PRAX, Ing. SKLENÁROVÁ, Ing. DVOŘÁKOVÁ, Ing. POLÁŠKOVÁ, Ing. HLUŠTÍK a Ing. BERÁNEK, Ing. Jiří KUBÍK, ed. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. 1. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 80-86020-55-X.
- [21] NOVAK, Celeste, G. VAN GIESEN a Kathy DEBUSK. *Designing Rainwater Harvesting Systems: Integrating Rainwater into Building Systems*. 1. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2014. ISBN 978-1-118-41047-9.
- [22] AVIS, Rob a Michelle AVIS. *Essential Rainwater Harvesting: Guide to home-scale system design*. 1. Canada: New Society Publishers, 2018. ISBN 978-0-86571-874-6.
- [23] ČSN 75 9010. *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [24] ČSN EN 16941-1. *Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod*. Česká agentura pro standardizaci, 2018.
- [25] DVOŘÁKOVÁ, Ing. Denisa. Využívání dešťové vody (I) –kvalita a čištění. In: *Tzbinfo: Dešťová voda* [online]. 2007 [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>
- [26] BÖSE, Karl-Heinz. *Dešťová voda pro dům a zahradu*. 1. čes. vyd. Ostrava: HEL, 1999. ISBN 8086167-08-9.
- [27] Filtrační šachta DN400 pochozí. In: *Dešťové nádrže* [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://www.destovenadrze.cz/eshop/filtracni-sachta-dn-400-pochozi-detail>
- [28] PTÁČEK. Filtry na dešťovou vodu HONEYWELL FF. In: *PTÁČEK* [online]. nedatováno [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://www.ptacek.cz/blog/filtry-na-destovou-vodu-honeywell-ff>
- [29] VALÁŠEK, Jaroslav a kolektiv. *Zdravotnětechnická zařízení a instalace*. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2001. ISBN 80-88905-65-6.
- [30] ACO odlučovač lehkých kapalin. In: *ACO* [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://www.aco.cz/produkty/odlucovace-ropnych-latek/odlucovace-z-betonu>
- [31] ČSN EN 858-2. *Odlučovače lehkých kapalin (např. oleje a benzínu) - Část 2: Volba jmenovité velikosti instalace, provoz a údržba*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2003.

- [32] ČKAIT. Srážkové vody a urbanizace krajiny (TP 1.20.1). In: *Profesní informační systém ČKAIT* [online]. 2019 [cit. 2022-12-30]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-20/tp-1-20-1/>
- [33] Vsakovací blok AS-RIGOFILL. In: *ASIO* [online]. [cit. 2022-12-30]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-rigofill>
- [34] SÝKOROVÁ, Martina, Jan MACHÁČ a Pavel TOMÁNEK A KOL. *Voda ve městě. 2.* Praha: ČVUT, 2022. ISBN 978-80-01-07024-6.
- [35] ČSN EN 1717. *Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem.* Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2002.
- [36] Recyklace tepla z šedých vod. In: *ASIO* [online]. 2019 [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/1000.recyklace-tepla-z-sedych-vod>
- [37] STYLES, David, Harald SCHÖNBERGER a Jose MARTOS. *Best Environmental Managment Practive in the Tourism Sector: Learning from frontrunners* [online]. Luxembourg: Publications Office of the EU, 2013 [cit. 2022-12-30]. ISBN 978-92-79-30895-6. Dostupné z: https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/inline-files/TourismBEMP_0.pdf
- [38] RYSULOVA, Martina, Daniela KAPOSZTASOVA, Gabriel MARKOVIC a Frantisek VRANAY. *Water saving plan by water reuse in the hotel building* [online]. Kosice, 2015 [cit. 2022-12-31]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/283769792_Water_saving_plan_by_water_reuse_in_the_hotel_building
- [39] POČÍTÁME S VODOU. Jak velký zásobník na dešťovou vodu zvolit? A jak se řeší případný nedostatek nebo naopak velké množství dešťové vody, když někdy přší méně a někdy zase více?. In: *Počítáme s vodou: Poradna: Dům a byt* [online]. nedatováno [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/poradna/dum-a-byt-2/>
- [40] Ponorné čerpadlo IBO. In: *REDED* [online]. [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.reded.cz/zbozi/vysokotlake-nerezove-ponorne-cerpadlo-ibo-h-swq-1800-230v--kabel-10m-s-plovakem/>