

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY



DIPLOMOVÁ PRÁCE

KOMPLEXNÍ HOSPODAŘENÍ S VODOU V RODINNÝCH DOMECH

Bc. Kateřina Suchardová

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Kateřina Suchardová

Voda v krajině

Název práce

Komplexní hospodaření s vodou v rodinných domech

Název anglicky

General water management in family houses

Cíle práce

Cílem práce je poskytnutí ucelených informací o technologiích pro úsporu a recyklaci vody s využitelností v rodinných domech. Dále zpracování vlastního projektu rodinného domu s návrhem systému těchto technologií a následné vyhodnocení efektivity tohoto návrhu hospodaření s vodou z pohledu ekonomického s ohledem na životní prostředí.

Metodika

Rešeršní zpracování teoretické části – popis řešené problematiky a technologií pro úsporu a recyklaci vody v obytných budovách.

Zpracování praktické části – projekt rodinného domu s návrhem systému technologií pro úsporu a recyklaci vody.

Výstupem této práce je návrh systému pro opětovné využívání dešťové a šedé vody, vycházející ze získaných poznatků z rešeršní části. Tento navržený systém umožní úsporu pitné vody a s tím spojenou úsporu finančních nákladů na provoz projektovaného rodinného domu. Součástí výstupu jsou i nezbytné hydrotechnické výpočty a projektová dokumentace dle platné legislativy. Efektivita návrhu bude posouzena v ekonomické rozvaze na základě doby návratnosti pořizovacích nákladů.

Doporučený rozsah práce

40 – 60 stran textu + grafy + tabulky + výkresová část

Klíčová slova

hospodaření s vodou, šedé vody, srážkové vody, voda, recyklace, úspora

Doporučené zdroje informací

Böse K. H., 1999: Regenwasser für Garten und Haus, ökobuch Verlag GmbH, Staufen

Hlavínek a kol., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území, Ardec, Brno

Lhotáková Z., 2011: Decentralizované systémy odvádění a opětovného využití odpadních vod v praxi, FA VUT, Brno

Novak a kol., 2014: Designing rainwater harvesting systems, Wiley, USA

Šálek a kol., 2008: Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech, Era, Brno

Šálek a kol., 2012: Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod, Grada, Praha

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

Konzultant

Ing. Synáčková, I

Elektronicky schváleno dne 13. 3. 2018

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 13. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů, pod vedením doc. Ing. Jakuba Štibingera, CSc..

V Praze dne 16.4. 2018

.....
Kateřina Suchardová

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Jakubovi Štibingerovi, CSc. za poskytnutí cenných rad a odborné vedení. Dále bych ráda poděkovala své rodině za umožnění studia a za podporu.

V Praze dne 12.4. 2018

.....
Kateřina Suchardová

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou úspory pitné vody v rodinných domech. První část, rešeršní, se věnuje popisu této problematiky, tedy popisu možností úspor pitné vody, které zahrnují jak jednoduchou změnu návyků či použití úsporných spotřebičů, tak složitější technologie pro znovuvyužití srážkových či šedých vod. Zároveň se tato část zabývá popisem zařízení, které umožňují tuto vodu navracet zpět do přírody, resp. je zasakovat.

Druhá část, praktická, se zabývá zpracováním vlastního projektu rodinného domu s návrhem systému technologií umožňujících využití srážkové a šedé vody. Tento návrh nezohledňuje pouze ekonomicky efektivní řešení, ale bere také ohled na životní prostředí. Součástí návrhu jsou hydrotechnické výpočty, projektová dokumentace i ekonomická rozvaha s dobou návratnosti pořizovacích nákladů.

Cílem je vytvořit takový návrh, který bude využívat zmiňované systémy umožňující úsporu pitné vody v takové míře, aby zvolené řešení bylo ekonomicky efektivní, či alespoň přijatelné, a zároveň bralo ohled na životní prostředí. Práce má obecně posoudit, zda jsou zmiňované systémy do takto malých provozů, tedy rodinných domů, vůbec vhodné.

Klíčová slova: hospodaření s vodou, šedé vody, srážkové vody, voda, recyklace, úspora

Abstract (EN)

This diploma thesis covers the problem of drinking water savings in family houses. The first part deals with the research-based description of drinking water savings options which contains both elementary changes in habits and the usage of economical appliances as well as more sophisticated technologies for the reusage of rain and grey water. Moreover, the description of appliances which allow for infiltration and return into nature grounds is included.

The second and practical part deals with the creation of a particular project for a family house with the proposal of technologies allowing for reusage of rain and grey water. Besides the economical benefits, the solution also considers environmental factors. It comprises hydrotechnical calculations, a project documentation and an economic balance-sheet including return of investment.

The aim is to deliver a proposal utilising the given systems allowing for drinking water savings up to the extent to offer both economical convenience as well as environmental protection. This thesis also evaluates whether the given systems are an appropriate measure for the group of smaller entities such as family houses.

Key words: water economy, grey water, rainwater, water, recycling, savings

Obsah

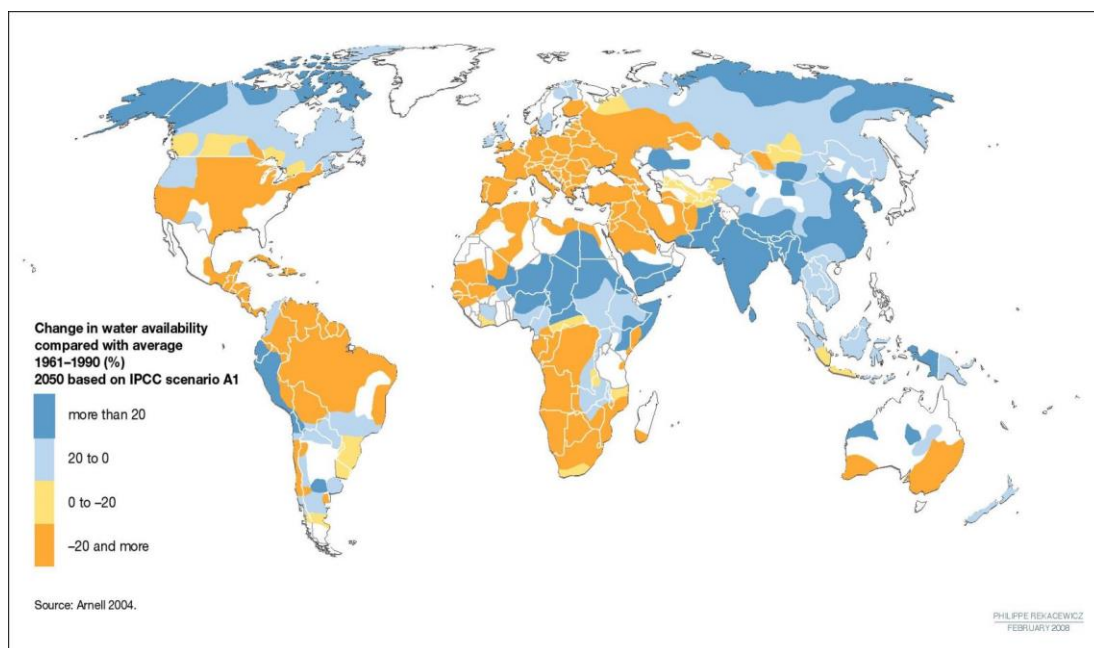
1	ÚVOD	1
2	CÍL A METODIKA	3
A.	TEORETICKÁ ČÁST	4
3	DĚLENÍ VOD V OBYTNÝCH OBJEKTECH	4
3.1	Odpadní vody	4
3.1.1	Černá voda	6
3.1.2	Šedá voda	7
3.2	Srážkové vody	9
3.3	Pitná voda	10
3.4	Užitková voda	11
3.5	Bílá voda	11
4	TECHNICKÉ MOŽNOSTI ÚSPOR PITNÉ VODY	12
4.1	Přímá úspora	15
4.1.1	Změna návyků	15
4.1.2	Baterie, perlátory a šetřiče vody	15
4.1.3	Sprcha, vana	16
4.1.4	Toalety	17
4.1.5	Pisoáry	19
4.1.6	Mytí nádobí	20
4.1.7	Pračky	20
4.1.8	Povrchová a podpovrchová kapková závlaha	21
4.2	Nepřímé úspory	21
4.2.1	Vlastní zdroj – studna	22
4.2.2	Využití srážkové vody jako vody užitkové	23
4.2.2.1	<i>Možnosti přečištění srážkových vod</i>	26
4.2.2.2	<i>Nádrž na srážkovou vodu</i>	30
4.2.2.3	<i>Dešťová vnitřní kanalizace a rozvod užitkové vody</i>	34
4.2.3	Využití srážkové vody jako vody pitné	36
4.2.4	Využití šedých vod	39
4.2.4.1	<i>Nádrž na šedou a bílou vodu</i>	40

4.2.4.2	<i>Možnosti čištění a recyklace šedých vod</i>	42
4.2.4.3	<i>Vnitřní kanalizace a vodovod užitkové vody</i>	49
4.2.5	Využití tepla z odpadních vod	50
4.2.5.1	<i>Získávání a využití tepla z šedých vod přímo v budově</i>	51
4.2.5.2	<i>Lokální systémy</i>	52
4.2.5.3	<i>Centrální systémy</i>	54
4.2.6	Závlaha recyklovanou vodou	57
5	MOŽNÁ DOTACE PODZEMNÍ VODY	58
5.1	Infiltrace vyčištěných odpadních vod do půdy	60
5.2	Infiltrace srážkových vod do půdy	61
5.3	Zasakovací (infiltrační) zařízení	63
B.	PRAKTICKÁ ČÁST	69
6	NÁVRH RODINNÉHO DOMU SE SYSTÉMEM PRO ZNOVUVYUŽITÍ ŠEDÝCH A SRÁŽKOVÝCH VOD	69
6.1	Popis lokality a objektu	69
6.1.1	Popis zájmového území	69
6.1.2	Popis objektu	70
6.2	Množství vyprodukovaných šedých a zisk srážkových vod	71
6.2.1	Množství vyprodukované šedé vody	71
6.2.2	Stanovení zisku srážkové vody	73
6.3	Stanovení potřeby vody v jednotlivých oblastech	74
6.3.1	Potřeba vody pro splachování toalet	74
6.3.2	Potřeba vody pro technologické procesy	75
6.3.3	Potřeba vody pro mytí nádobí v myčce	77
6.3.4	Potřeba vody pro osobní hygienu (sprchy, vany, umyvadla)	77
6.3.5	Potřeba vody pro zalévání a kropení	78
6.3.6	Přehled potřeby vody v řešeném RD	79
6.4	Posouzení využití šedé a srážkové vody	80
6.5	Návrh systému pro hospodaření s šedou a srážkovou vodou	82
6.5.1	Schéma zapojení systému	84
6.5.2	Stanovení objemu nádrží	85
6.5.2.1	<i>Nádrže šedých vod</i>	85

6.5.2.2	<i>Nádrže srážkových vod</i>	86
6.5.2.3	<i>Nádrž na teplou užitkovou vodu</i>	91
6.5.3	Návrh vnitřní kanalizace a vodovodu	91
6.5.3.1	<i>Vnitřní kanalizace</i>	92
6.5.3.2	<i>Vnitřní vodovod</i>	97
6.5.4	Navrhovaná zařízení pro úpravu, čištění a distribuci vody	100
6.5.4.1	<i>Prvky systému úpravy srážkových vod</i>	101
6.5.4.2	<i>Prvky systému čištění šedých vod</i>	104
6.5.4.3	<i>Čerpání vyčištěné vody do spotřebišť</i>	106
6.5.5	Likvidace odpadní vody	108
6.5.6	Vsakovací zařízení srážkových vod	109
6.6	Posouzení ekonomické efektivity návrhu	115
6.6.1	Vstupní náklady vynaložené na pořízení systému (IN)	115
6.6.2	Bilance spotřeby vody a potenciál úspory	117
6.6.3	Ekonomická efektivnost investice (prostá doba návratnosti)	122
7	VÝSLEDKY	123
8	DISKUZE	124
9	ZÁVĚR	127
10	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	129
11	SEZNAM PŘÍLOH	135

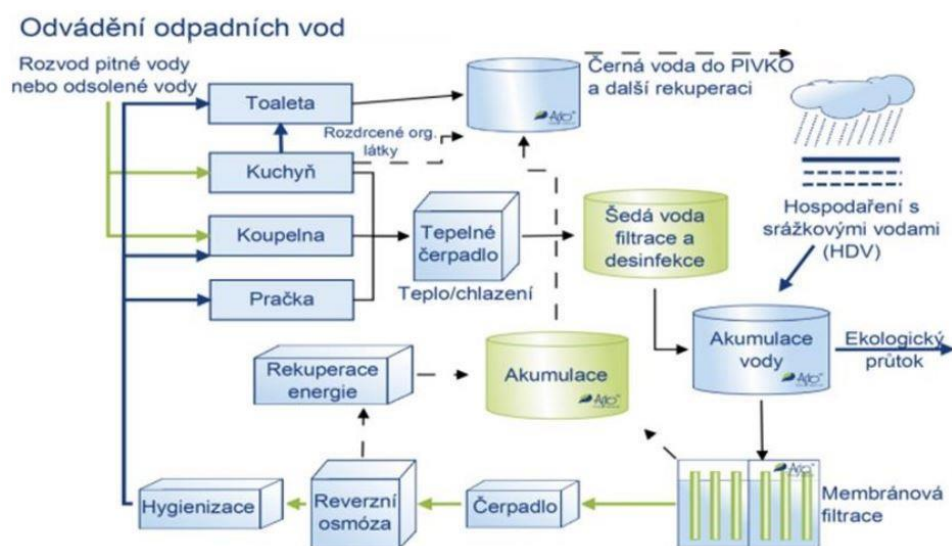
1 ÚVOD

Voda, nedoceňované přírodní bohatství, jedna z nejdůležitějších podmínek života na naší planetě. Voda sehrála zásadní úlohu již při vzniku života. Medium, jež denně používáme a bereme jej jako samozřejmost. Skutečný význam vody si často uvědomujeme až ve chvíli, kdy z vodovodního kohoutku neteče, anebo v případě, kdy nám nějakým způsobem ničí majetek. Dnes nám přijde naprosto v pořádku zavlažovat zahradu, mýt auto či splachovat toaletu tak snadno přístupnou pitnou vodou z veřejné vodovodní sítě, ale lze takto „hospodařit“ do nekonečna? V zemích jejího nedostatku hodnotu vody zajisté znají lépe. Dle některých předpovědí budou ovšem zdroje pitné vody ubývat i nám (viz obr. č. 1). Čím dál častěji se setkáváme s označováním pitné vody jako „ropy budoucnosti“, a proto je třeba se zamyslet nad tím, zda pitnou vodou zbytečně neplýtváme na nesprávných místech a zda je nutné a správné například vodu srážkovou, zadarmo získanou, odvádět do kanalizace. Zamyslet se nad tím, zda není lepší pro vhodné účely, využívat právě vody srážkové, ale také vody šedé namísto pitné. Bylo by však příliš naivní, myslet si, že dojdeme k takové míře uvědomění, že budeme ochotni bezhlavě investovat do systémů umožňující tyto vody využívat, hnáni „pouze“ záměrem neplýtvat vodními zdroji. Proto je důležité, aby budování systémů umožňující šetření pitné vody bylo i ekonomicky zajímavé, a tedy využívat vodu srážkovou a šedou pro vhodné účely, ve správné míře a na vhodných místech tak, aby za nejnižší či alespoň přijatelné náklady bylo dosaženo co nejvyššího efektu.



Obr. č. 1 Dostupnost zdrojů pitné vody v roce 2050 (oranžová označuje nejvíce ohrožené oblasti) (ovodarenstvi.cz, 2010)

Bavíme-li se o systémech umožňujících znovuvyužití srážkové a šedé vody v obytných budovách, je nezbytné na úvod říci, co tento způsob hospodaření vlastně obnáší. Tento současný trend vychází z prosazovaných představ např. EU o tzv. „oběhovém hospodářství“ (viz obr. č. 2) a také inovativních pojetí jako jsou „města budoucnosti“. Cílem těchto vizí je minimalizovat spotřebu nejen pitné vody, ale i dalších vyčerpateľných zdrojů. Je zcela zřejmé, že snižováním spotřeby pitné vody dochází také ke snižování produkce vod odpadních. Se snížením potřeby pitné vody samozřejmě souvisí i minimalizace spotřeby energie, která je nezbytná pro provoz úpraven pitné vody, a nakonec i snižování objemů odpadních vod snižuje spotřebu energie pro provoz ČOV. Zároveň nám právě odtékající odpadní voda umožňuje získávat energii novou.



Obr. č. 2 Nový přístup (princip oběhového hospodářství) k sanitaci v rodinném domě (Plotěný a kol., 2015)

Na straně druhé je třeba si uvědomit, že samotné snížení spotřeby pitné vody nevede přímo lineárně k úspoře nákladů za tuto vodu, ani za odstranění vody odpadní. Veškeré náklady související s provozem, ale třeba i výstavbou rozvodů, vodojemů a dalších zařízení se budou muset rozdělit do menšího množství vody, dá se tedy očekávat, že s tímto snížením objemů odebírané pitné vody dojde paradoxně k navýšení její ceny. To samé bude samozřejmě platit i pro vody odpadní. Zamysleme-li se ovšem nad těmito fakty, snižování spotřeby vody za současného zdražování provozu vodovodů a kanalizací prodlouží dobu návratnosti nákladů za tyto technologie umožňující úsporu pitné vody. Dále je důležité počítat se situací, kdy vlivem menších průtoků vod mohou u centrálních systémů vznikat technické potíže, jako je zanášení kanalizací, ale také např. hygienické problémy u vod pitných. Je

logické, že tyto situace vyvolají nutné rekonstrukce těchto objektů a dojde k dalšímu navýšení provozních nákladů. Na tuto situaci by provozovatelé vodovodů a kanalizací mohli reagovat například zavedením dvousložkové ceny vodného a stočného, kdy by vedle ceny za odebrané množství pitné vody existovala i složka pevná, pro každého odběratele konstantní. Tímto by se opět prodloužila doba návratnosti vynaložených investic pro ty, jenž mají v úmyslu do úspor vody investovat a celý proces šetření pitnou vodou by se jen zpomalil (Plotěný a kol., 2015).

V případě decentralních systémů zásobení vodou je situace jiná, zde se úspory projeví v podstatě ihned a promítnou se tak do nákladů z celkového pohledu přímo. Dá se tedy domnívat, že největší zájem o systémy umožňující úsporu pitné vody bude právě v této oblasti. Dále také tam, kde je spotřeba vody vyšší, např. v oblasti průmyslu a služeb (Plotěný a kol., 2015).

Přes všechny tyto možné důsledky, které problematika úspory pitné vody přináší, je nezbytné s tímto současným trendem počítat, neboť je velmi podporovaný i legislativně v rámci směrnic EU. Je však důležité k řešení technologií spojených s úsporou vody přistupovat komplexně, vytvořit rozumný koncept, který vede ke snížení nákladů, ale také ke snížení spotřeby vody, vyčerpatelného zdroje. Je důležité si uvědomit oba tyto aspekty a následně „zdravě“ vytvářet systémy pro úsporu pitné vody.

2 CÍL A METODIKA

Cílem této práce je poskytnutí ucelených informací o technologiích pro úsporu a recyklaci vody s využitelností v rodinných domech. Dále zpracování vlastního projektu rodinného domu s návrhem systému těchto technologií a následné vyhodnocení efektivnosti tohoto návrhu z pohledu ekonomického s ohledem na životní prostředí.

V části diplomové práce bude zpracována literární rešerše, která má zmapovat dostupné možnosti vedoucí k úspoře pitné vody v rodinném domě. Na základě těchto poznatků bude následně zpracován návrh rodinného domu se systémem pro znovuvyužití srážkové a šedé vody. V poslední části práce bude posouzena efektivita návrhu na základě doby návratnosti počátečních nákladů, ale také na základě zhodnocení vlivu na životní prostředí.

A. TEORETICKÁ ČÁST

3 DĚLENÍ VOD V OBYTNÝCH OBJEKTECH

3.1 Odpadní vody

Odpadní voda je specifická zhoršenou kvalitou důsledkem lidské a jiné činnosti. Pro tyto vody se zejména v zahraniční literatuře používá aktuálnější termín – použité vody (Šálek a kol., 2012).

Přesné množství odpadních vod získáme pouze přímým měřením, přibližné objemy lze vypočítat dle spotřeby vody na obyvatele za den (viz tab. č. 1). Zde je ale potřeba vypočítané množství snížit přibližně o 10 až 20 %, tedy o předpokládané „ztráty“, jako je voda použitá např. na mytí automobilu, zálivku či ztráty výparem atd. (Šálek a kol., 2008).

	Průměrné denní hodnoty [l]	Průměrné denní hodnoty [Kč]
WC	24	2,04
Os. Hygiena, sprchování	40	3,4
Praní, úklid	18	1,53
Příprava jídla, mytí nádobí	9	0,77
Mytí rukou	6	0,51
Zalévání	5	0,43
Pití	2	0,17
Ostatní	4	0,34
CELKEM	108	9,19

Tab. č. 1 Příklad průměrné denní hodnoty spotřeby pitné vody na osobu při různých činnostech v pražských domácnostech (v ostatních regionech ČR je spotřeba vody na osobu a den nižší) (PVK, 2018)

Jednotlivé koncepty uvažují různé obměny dělení odpadních vod, v zásadě jsou však jednotlivým druhům odpadních vod přiřazovány barvy. Např. na úrovni domácností je základem dělení odpadních vod na černou, hnědou, žlutou a šedou vodu (viz obr. č. 3). Tyto vody se dále dělí dle znečištění na skupinu vod silněji znečištěných, avšak bohatších na živiny a energii (vody černé, žluté a hnědé) a

skupinu šedých vod, které jsou naopak znečištěním zatíženy výrazně méně. Šedé vody zároveň tvoří největší část z vyprodukované domovní odpadní vody, a tak je recyklace těchto vod nejaktuálnějším tématem (Plotěný, 2013).

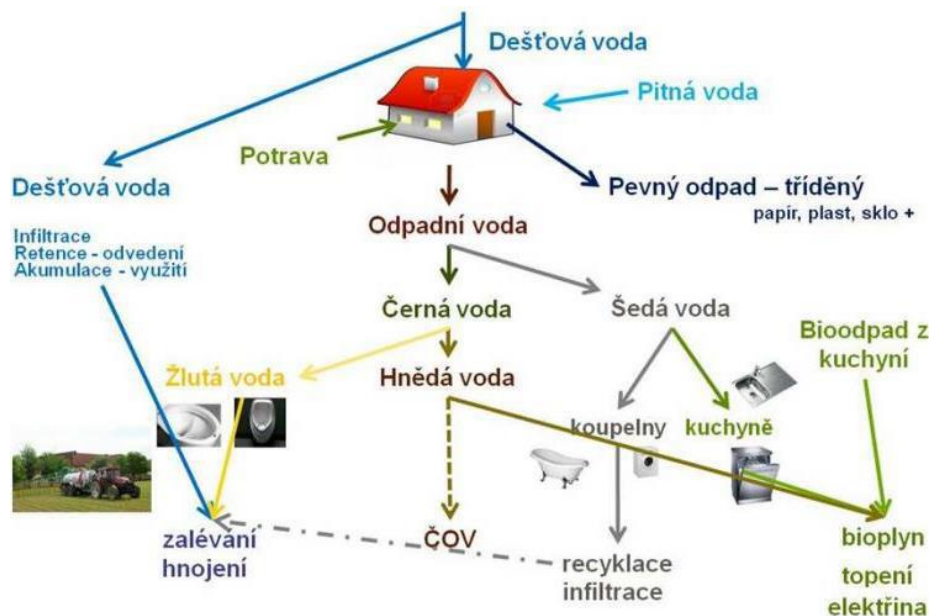


Obr. č. 3 Dělení odpadních vod na úrovni domácností (Plotěný, 2013)

Při opětovném pohledu na průměrné denní hodnoty spotřeby pitné vody (viz obr. č. 2) je zřejmé, že více jak polovina celkové spotřeby pitné vody vzniká v oblastech, ve kterých lze tuto spotřebu kompenzovat vodou jiného původu. Právě zde najdou své využití vody šedé v kombinaci s vodami srážkovými, kdy patřičnou úpravou vznikne zcela dostačující voda pro tyto účely. Na této podstatě pracují systémy zpětného využití šedých a srážkových vod, kterými se zabývá tato práce (Lhotáková, 2014).

Existují však i metody, které opětovné využitelnosti odpadních vod dávají další rozměr. Odpadní vody je možné likvidovat několika způsoby, a to centrálně v ČOV, nebo decentralizovaně přímo v místě, kde tyto vody vznikly. Decentralizované zneškodňování odpadních vod pak mění náhled na odpadní vody, kdy je s těmito vodami nakládáno jako s cennou surovinou, kterou je možné využít a zpracovat v místě vzniku a následně ji zpětně využívat, a to od zalévání, přes hnojení až po energetické využití. V zahraničí se pro tento proces používá název DESAR (decentralised sanitation and reuse) a začíná se v současné době prosazovat i u nás (Lhotáková, 2014). Samotné rozdělení odpadní vody na jednotlivé složky pojmenované dle názvů barev, má za úkol charakterizovat vlastnost daného typu

vody, což je zcela inovativní přístup k řešení sanitační, který vychází ze skutečnosti, že na odpadní vodu je třeba pohlížet jako na zdroj živin, energie a vody samotné. Cílem je dosažení takové situace, kdy nebude potřeba vypouštět odpadní vodu do toků vůbec (Plotěný, 2013).



Obr. č. 4 Decentralizované nakládání s odpadními vodami DESAR (OPPA, 2013)

3.1.1 Černá voda

Pod pojmem černá voda se rozumí voda splašková, obsahující fekálie a moč. Tento pojem tedy souhrnně označuje vody hnědé a žluté, které jsou významnými nositeli živin a energie. Pokud jsou tyto vody separované od odpadních vod, lze je pak za použití vhodné technologie přeměnit na přírodní hnojivo, případně energii (Lhotáková, 2014).

Produkce žlutých vod na jednu osobu odpovídá 1,5 l/den, za rok je to tedy kolem 500 litrů. Tento objem je navýšen o objem vody z jednoho spláchnutí toalety, které se pohybuje od 0,75 l (úsporné pisoáry) až po 10 litrů. Jak již bylo zmíněno, moč obsahuje významné množství živin. Z celkového obsahu živin v odpadní vodě produkované domácnostmi připadá na žluté vody cca 90 % celkového dusíku, 50 % fosforu, 54 % draslíku a 12 % CHSK (Komínková, 2014).

Produkce hnědých vod na jednu osobu odpovídá přibližně 0,2-0,5 l/den, tj. 50 l za rok. Tyto vody jsou zastoupeny především směsí látek organického původu (47 % CHSK ze všech odpadních vod) a z hlediska živin na ně připadá cca 10 % celkového

dusíku, 40 % fosforu a 12 % draslíku. Živiny v hnědých vodách nejsou v porovnání se žlutými vodami tak dostupné, a tak je třeba myslet i na to, že tyto vody obsahují rizikové patogeny. Pro separaci žlutých a hnědých vod se používají speciální dělené toalety se samostatným odvodem, kterých dnes již existuje celá řada (Komínková, 2014).

3.1.2 Šedá voda

Voda šedá získala své pojmenování na základě svého zbarvení. Dle ČSN EN 12056-1 a podle DIN 4045 je voda šedá definována jako splašková odpadní voda neobsahující fekálie a moč (BSI, 2010). Evropská norma potom definuje šedou vodu jako mírně znečištěnou odpadní vodu, odtékající z umyvadel, van, sprchových koutů, praček a kuchyňských dřezů (Raček, 2012). Produkce šedé vody kolísá v jednotlivých zemích v rozmezí od 57 do 111 litrů na ekvivalentního obyvatele za den (Plotěný, 2011).

Šedé vody lze rozdělit do 4 kategorií podle toho, kde vznikly (Šálek a kol., 2012):

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

Je zřejmé, že se chemicko-fyzikální parametry výše uvedených kategorií budou navzájem lišit. Hodnoty pH u komunálních vod kolísají v rozmezí od 7 do 8, u vod šedých z praní se pH pohybuje v rozmezí od 9,3 do 10 a pro šedé vody z koupelen a kuchyní jsou charakteristické hodnoty pH od 5 do 8,6. Neseparovaná šedá voda se vyznačuje podobnými hodnotami pH jako poslední zmiňovaná skupina. Dá se tedy snadno vyvodit, že vody z praní jsou zásaditého charakteru a ostatní kategorie šedých vod jsou spíše kyselé či mírně zásadité. Co se teploty týče, šedé vody z praní se pohybují mezi teplotou 28 až 32 °C a teplota šedé vody z van, sprch a umyvadel kolísá mezi 18 až 38°C. Následkem této skutečnosti však dochází k rozvoji mikroorganismů. Dalším parametrem, který je možné pozorovat i pouhým okem, je barva a zákal šedých vod. Zde jsou hodnoty u vod z koupelen, v porovnání s vodami z praček, o něco vyšší. Nicméně šedé vody z praní vykazují vyšší množství plovoucích látek (viz tab. č. 2) než vody z van, sprch a umyvadel. Největší množství nerozpuštěných plovoucích látek však obsahují šedé vody z kuchyní a myček.

Obecně koloidy a plovoucí látky mohou být důvodem problémů při úpravě šedých vod (Raclavský a kol., 2012).

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

Tab. č. 2 Množství plovoucích látek v šedých vodách (Raclavský a kol., 2012)

Z pohledu chemického složení šedých vod (viz tab. č. 3) je vzájemný poměr mezi CHSK a BSK₅ obvykle 4:1 (v běžných komunálních vodách je tento poměr zpravidla 2:1), což představuje vyšší podíl obtížněji rozložitelných organických látek (Bartoník a kol., 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

Tab. č. 3 Hodnoty BSK₅, CHSK, pH v šedých vodách (Bartoník a kol., 2012)

Pro šedé vody je specifické kolísání výše uvedených hodnot, což je zapříčiněno různými životními styly. Avšak obecně bývají nejméně zatížené vody z van, sprch a umyvadel, oproti tomu vody šedé vzniklé v kuchyních jsou vzhledem k vysokému obsahu organických zbytků a nerozpuštěných látek zatížené značně. Dle těchto poznatků je možné šedé vody dělit na vhodné k recyklaci a podmíněně použitelné k recyklaci. Vody z koupelen, tedy z van, sprch a umyvadel jsou logicky brány jako vhodné k recyklaci, zatímco vody z kuchyní a myček jsou vodami podmíněně použitelnými (Palmquist a kol., 2005). Úpravou šedých vod vhodných k recyklaci lze dosáhnout hygienicky nezávadné užitkové vody s kvalitou blížíící se vodě pitné. Takto upravená voda je pak nazývána bílou vodou, která nachází využití při splachování toalet, zalévání zahrad či praní. Avšak pokud chceme šedou vodu využívat, je potřeba určitých omezení. Není vhodné prát například silně znečištěné nebo zakrvácené oblečení a plenky, a to navíc za použití bělidel a čistících prostředků obsahující fosfáty. Tyto látky by mohly mít negativní vliv na růst rostlin, pokud je šedá voda používána k závlaze zahrad. Žádoucí je používat prací a čistící prostředky, které jsou šetrné k životnímu prostředí (Raclavský a kol., 2012).

3.2 Srážkové vody

Dle ČSN EN 1085 jsou srážkové vody formulovány jako vody z atmosférických srážek, které neobsahují látky z povrchu. Vesměs lze tedy prohlásit, že jde o vodu různého skupenství, která je ve vznosu a nedotýká se žádným kouskem svého momentálního objemu zemského povrchu ani budov na něm umístěných. Jakmile se srážková voda dotkne povrchu, stává se vodou povrchovou a změní-li se její jakost znečištěním z povrchu, stává se vodou odpadní. Pokud dojde k jejímu zasáknutí pod zemský povrch, stává se vodou podzemní (Chaloupka, 2006). Zavedení legislativní zkratky „srážkové vody“ do zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, a také do zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích přineslo však rozpor mezi § 5 odst. 3 vodního zákona a § 1 odst. 3 zákona o vodovodech a kanalizacích. Na rozdíl od pojmu „srážkové vody“ ve vodním zákoně obsahuje pojem „srážková voda“ zákona o vodovodech a kanalizacích také povrchové vody vzniklé odtokem srážkových vod dopadajících na pozemky, nikoliv pouze na stavby, a jde tedy o pojem širší (Dohnal, 2012).

Dešťová voda je ve své podstatě vodou čistou, bez jakýchkoliv rozpuštěných látek, tedy vodou „destilovanou“, neboť samotné dešťové mraky vznikají odpařováním. Čistá dešťová voda má hodnotu pH asi 5,6, jelikož se váže s CO_2 , vyskytujícím se ve vzduchu. Kvalita dešťové vody je tedy významně ovlivněna znečištěním vzduchu. Hodnota pH dešťové vody může během dopadu klesnout až pod 4,0, což je vlastně kyselý déšť. Za tuto skutečnost mohou sloučeniny síry a dusíku vzniklé spalováním topného oleje, plynu a uhlí, které jsou pohlcovány vodními parami a kapénkami. Hodnotu pH může ovlivnit také kontakt s betonem, kdy u betonových střešních tašek a cisteren bylo pozorováno, že hodnota pH vzrostla až na 7, nebo nepatrně výše (Böse, 1999). Při dopadu srážkové vody na zemský povrch se navíc přidává znečištění ve formě nahromaděného materiálu, který je spolu s touto vodou v průběhu dešťové události unášen. Jedná se především o různorodé částičky krytin střech, cihel, betonu, kovů, barev, asfaltu apod., které tvoří velkou část znečištění v povrchovém odtoku srážkových vod (Hlavínek, 2007). Co se tvrdosti srážkové vody týče, zodpovídají za ní logicky sloučeniny vápníku a hořčíku. Zatímco se ve spodní vodě tyto sloučeniny nacházejí někdy až v pozoruhodných koncentracích, obsahuje jich srážková voda jen velice malé množství, takže se jedná o vodu měkkou. V důsledku toho se v případě využívání těchto vod, spotřebiče nezanášejí vodním kamenem a v toaletách se nevytvářejí žádné urinové povlaky. Jako pozitivní se také

jeví fakt, že v oblasti praní není třeba používat žádné změkčující prostředky (Böse, 1999).

Pro získání stavebního povolení, rozhodnutí o dodatečném povolení stavby, o změně stavby, o změně užívání stavby a získání kolaudačního souhlasu jsou lidé (stavebníci) povinni zajistit likvidaci dešťové vody na pozemku stavby. Česká legislativa tak vyžaduje její vsak, akumulaci či řízené odvádění dle toho, co lokální podmínky připustí. Pokud jsou tedy v místě vhodné podmínky a nachází se zde uspokojivě propustné podloží, upřednostňuje se nechat srážkovou vodu zasakovat. Pokud se v místě vyskytují horší vsakovací podmínky, je možné kombinovat vsakování s retencí a regulovaným odpouštěním. Jestliže panují podmínky, za kterých se nevsákne nic, je možné dešťové vody pouze zadržovat a regulovaně odpouštět. Přednostně by se pak měl regulovaný odtok z retenčních nádrží odvádět do povrchových vod a dešťové kanalizace a až jako poslední variantou je odvod do kanalizace jednotné. Nejúčelnějšími opatřeními hospodaření s dešťovou vodou, tedy jakýsi souhrn technických řešení snižující rychlost a množství odváděné vody, jsou ta, která jsou právě v místě, kde voda spadne. Takovým vhodným řešením je například akumulace s následným využíváním srážkové vody na zalévání zahrad či již zmiňované využívání v domácnostech, kde nahrazuje pitnou vodu v mnoha oblastech, např. na splachování toalet, praní atd. (Samek, 2013).

3.3 Pitná voda

„Pitná voda je zdravotně nezávadná voda, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým či pozdním působením zdraví fyzických osob a jejich potomstva, jejíž smyslově postižitelné vlastnosti a jakost nebrání jejímu požívání a užívání pro hygienické potřeby fyzických osob. (Podle definice pitné vody, která je obdobně zakotvena i v zákoně 258/2000 Sb. a vyhlášce MZe ČR 252/2004 SB., které se pitné vody bezprostředně týkají)“ (Šálek a kol., 2012)

Pitná voda je všechna voda v původním či upraveném stavu, jenž je určena k pití, vaření, voda přicházející do styku s potravinami, voda určená k péči o tělo a k dalším účelům lidské spotřeby. Jakost pitné vody se určí hygienickými limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů (Pitter, 2009). Pitná voda musí uspokojit smyslové požadavky člověka a

musí obsahovat dostatek biogenních prvků. Zmiňovaná vyhláška č. 252/2004 Sb., stanovuje hygienické požadavky na pitnou vodu a také určuje četnost a rozsah kontroly pitné vody (Komínková, 2014). Obvykle se vyhodnocují ukazatele: pH, tvrdost, mangan a železo, dusičnany, amoniak a bakteriální znečištění. Co se týče tvrdosti vody, čím vyšší bude, tím větší bude spotřeba pracích prášků, případně změkčovačů, a může docházet i k provozním problémům s potrubím a armaturami. Obsah manganu a železa se vyhodnocuje vzhledem k uspokojení smyslových požadavků, které již byly zmiňovány. Jejich vyšší obsah je zodpovědný za žluté skvrny na zařizovacích předmětech, nepříjemnou chuť vody, a eventuálně může docházet k růstu železitých bakterií v potrubí a jejich vyplavování, což je běžně zaměňováno se rzí. Vysoké hodnoty amoniaku naznačují, že se poblíž zdroje pitné vody nalézají kontaminace vodou odpadní, což se obvykle projevuje i bakteriálním znečištěním. Dusičnany jsou nebezpečné v první řadě pro kojence a malé děti. Tyto ukazatele a situace vzniklé z překročení jejich dovolených hodnot je povinen řešit u veřejných vodovodů dodavatel vody. U místních zdrojů je řeší odběratel sám (Šálek a kol., 2012).

3.4 Užitková voda

Užitkovou vodou se rozumí hygienicky nezávadná voda, která však není určena k pití a vaření. Na její kvalitu z hygienického hlediska se sice kladou totožné požadavky jako na vodu pitnou, nicméně např. na její chemické a fyzikální vlastnosti může být nahlíženo méně přísně (Pittner, 2009). Teplá voda je pokládána za speciální druh užitkové vody, třebaže v obytných domech je k její přípravě dovoleno používat výhradně vodu pitnou (Šálek a kol., 2012).

3.5 Bílá voda

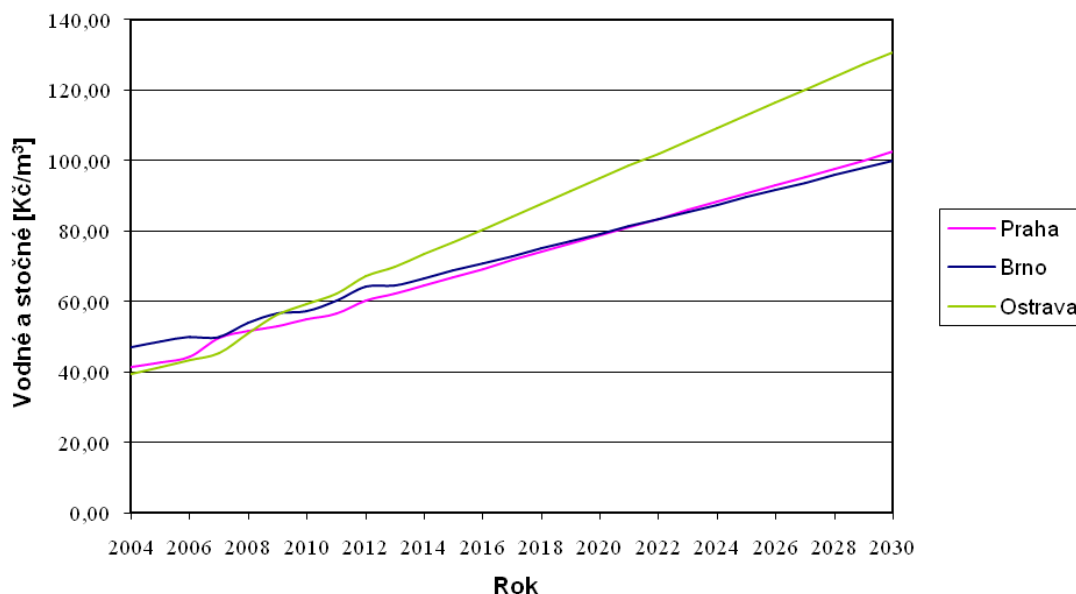
Bílá voda vzniká recyklací šedé vody, zejména z koupelen, a je možné jí po vhodné úpravě využívat jako vodu užitkovou (provozní), např. pro splachování toalet, pisoárů, úklid nebo zalévání zahrad (Plotěný a kol., 2015). Požadavky na ukazatele jakosti bílé vody lze prozatím najít pouze v zahraničních předpisech, např. v britské normě BS 8525-1 (Šálek a kol., 2012).

4 TECHNICKÉ MOŽNOSTI ÚSPOR PITNÉ VODY

V poslední době se s problematikou úspory pitné vody setkáváme čím dál častěji. Koncepce znovuvyžití odpadních vod a dešťových vod nabývá většího významu i v Evropě, kde dosud takový tlak na využívání těchto vod nebyl. Situace se však rychle mění a v některých státech jižní Evropy se nedostatek zdrojů pitné vody začíná pomalu projevat a je nezbytné hledat zdroje jiné. Koncepci opětovného vyžití odpadních a dešťových vod nahrává také fakt, že tyto systémy jsou výrazně levnější, než náklady spojené s úpravou vody mořské. Dnes jsou již často projektovány tyto systémy do větších budov, jako jsou administrativní budovy či hotely, a přímo vyžadovány jsou samozřejmě v budovách s nízkoenergetickým standardem (Bartoník a kol., 2012).

Jak již bylo zmiňováno, ve světě je více jak miliarda lidí ohrožena nedostatkem pitné vody a lze očekávat, že bude docházet ke každoročnímu nárůstu tohoto množství. Co se týče České republiky, zde je zdrojů pitné vody zatím dostatek, takže nevzniká bezprostřední potřeba využívání šedých a dešťových vod. Pokud jde však o ceny vodného a stočného (viz obr. č. 5), ty v České republice podléhají každoročnímu nárůstu, což vyvolává zájem o problematiku využívání těchto vod v budovách i u nás (Bielá, 2013).

Vodné a stočné - Praha, Brno, Ostrava



Obr. č. 5 Graf výhledu ceny vody ve vybraných městech do roku 2030 (Bielá, 2012)

Ke skokovému nárůstu ceny vodného a stočného v ČR došlo již v 90. letech minulého století, načež obyvatelstvo začalo s vodou šetřit. Posledních 20 let tak přineslo snížení denní spotřeby pitné vody na osobu o více než třetinu. Rostoucí ceny za vodné a stočné tak u lidí vyvolávají čím dál častější zájem o nejrůznější úsporná zařízení, jako například o úsporné baterie, pračky nebo myčky na nádobí. Rozmach moderních technologií přináší klesající spotřebu vody také do oblastí průmyslu či zemědělství. Na snižující se spotřebu pitné vody má také vliv stále vzrůstající zájem o budování vlastních studen (Bielá, 2013).

Možností, jak docílit úspory pitné vody existuje celá řada. V podstatě se dají dělit na přímé a nepřímé úspory. **Přímé úspory** jsou takové úspory, kterými šetříme spotřebu pitné vody přímo. Toho lze docílit vhodným použitím již zmiňovaných zařizovacích předmětů, úsporných spotřebičů, závlahových systémů nebo prostou změnou návyků. **Nepřímé úspory** jsou takové úspory, kdy dochází k nahrazení části pitné vody jiným zdrojem. Tento zdroj, kterým může být např. studna, zmiňovaná šedá či srážková voda, můžeme využít např. na splachování toalet, praní prádla, zalévání zahrad a jiné.

Dostupných opatření, jak uspořit pitnou vodu je tedy opravdu mnoho, ačkoliv jejich variabilnost a vhodnost užití se velmi značně liší dle konkrétních podmínek. Rozhodujícím faktorem je zajisté počáteční investice, míra úspory a samozřejmě návratnost opatření (viz tab. č. 4). V případě zavádění těchto úsporných opatření, je nutné brát v úvahu i to, že se zmenšením spotřeby pitné vody dojde ke snížení nákladů za likvidaci vody odpadní. Zároveň je vhodné brát v potaz skutečnost, že výrazně vyšší ekonomické návratnosti dosáhneme zaváděním těchto opatření tam, kde se budova rekonstruuje či se staví nová. Z finančních důvodů je v současné době u novostaveb častým řešením pouhá příprava rozvodů provozní vody s tím, že zařízení pro recyklaci šedých vod bude instalováno později (Plotěný a kol., 2015).

Opatření	Investice	Úspora	Návratnost	Změna stávajícího objektu	Pozn.
Změna návyků	+	+++	+++	+++	
Omezovače průtoku a úsporné spotřebiče	+	++	+++	+++	
Bezvodé toalety a pisoáry	++	+++	++	+	1
Využití srážkových vod na závlahu	++	++	+++	+++	
Využití srážkových vod na WC apod.	+++	++	++	+	2
Využití srážkové vody jako pitné vody	++	+	+++	+	3
Kapková závlaha (pitnou i šedou vodou)	++	++	++	+++	
Využití šedých vod jako vody provozní	+++	++	++	+	4
Využití vyčištěných odpadních vod na závlahu	+++	++	+	+++	5
Přímé využití odpadních vod na závlahu	+++	++	+	+++	5

+ minimální (nebo nulová) úroveň nebo vhodnost

++ střední úroveň nebo vhodnost

+++ vysoká úroveň nebo vhodnost

Tab. č. 4 Investice, úspory a návratnost dílčích opatření pro úsporu pitné vody (Plotěný a kol., 2015)

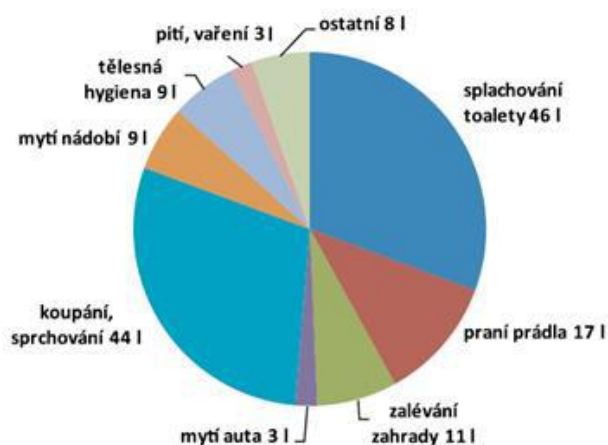
Poznámky k tabulce č. 4:

1. Významná úspora i na zneškodnění odpadních vod. V první řadě se po stránce ekonomické zvažuje použití tohoto opatření ve veřejných budovách.
2. Jde spíše o investici dlouhodobou, s dobou návratnosti přibližně 10 let. Opatření má význam v případě nových domů nebo při rekonstrukci domů starších, jeho samostatnou aplikaci je nutné zvážit v závislosti na místních podmínkách.
3. Využití dešťové vody na sprchování a eventuálně i jako vody pitné, je spíše ve specifických případech, kde by náklady spojené se zajištěním pitné vody byly nepřiměřené či přeje-li si to uživatel z osobních důvodů.
4. Opatření je výhodné u větších objektů. Efektivnost narůstá se spotřebou užitkové vody. U hotelů bývá návratnost přibližně 10 let, jestliže je současně využíváno i teplo, návratnost se dále zkracuje.
5. Opatření vyžaduje specifický přístup. Důležité je brát zřetel na hygienické požadavky a v této souvislosti volit i způsob aplikace. Například pouze mechanicky upravené odpadní vody se nemohou aplikovat rozstříkem, ale jejich použití na kapkovou závlahu možné je. Míra účinnosti opatření pak závisí na tom, nahrazuje-li čištění odpadních vod či pouze zmírňuje jejich produkci po část roku atd.

(Plotěný a kol., 2015)

4.1 Přímá úspora

Jak již bylo řečeno, jedná se o takovou úsporu pitné vody, které bylo dosaženo přímo a okamžitě. Tato opatření se zavádějí především tam, kde voda doslova protéká mezi prsty, tedy tam, kde dochází k nejvyšší spotřebě pitné vody, a to často i zbytečně. Nejvíce takové vody „proteče“ v koupelnách, ale také při mytí nádobí a závlaze zahrady (viz obr. č. 6). Přímé úspory v těchto oblastech můžeme docílit použitím omezovačů průtoku, úsporných spotřebičů, kapkové závlahy či pouhou změnou návyků (Plotěný a kol., 2015).



Obr č. 6 Graf průměrné spotřeby vody v domácnosti (Plotěný a kol., 2015)

4.1.1 Změna návyků

Jednoznačně nejdostupnější a nejjednodušší metodou, jak snížit spotřebu pitné vody je změna návyků. Mezi nevhodné zvyky jistě patří např. mytí nádobí, rukou i čištění zubů pod tekoucí vodou, denní koupele ve vaně a jiné. Ke zbytečné spotřebě pitné vody také přispívají dlouho přehlížené drobné závady, jako jsou protékající záchody a kapající kohoutky či starší koupelnové vybavení, jako jsou kohoutkové baterie a toalety s jednou možností splachování. Osvojením alespoň některých návyků je možné dosáhnout úspory snadno a především rychle (Škardová, 2015).

4.1.2 Baterie, perlátory a šetřiče vody

Již samotná volba vodovodní baterie má významný vliv na spotřebu pitné vody. V tomto případě je nezbytné volit baterie pákové namísto starších kohoutkových. U

pákové baterie lze totiž výrazně rychleji zregulovat optimální teplotu vody a je tak přibližně o 30 až 40 % úspornější. Další výhodou těchto baterií je jejich snadné ovládání, kdy lze docílit zastavení průtoku vody jednoduchým pohybem, což také pozitivně působí na spotřebu pitné vody (Keramika Soukup, 2014). Vše se dá ještě podpořit použitím pákové baterie v termostatickém provedení, kdy je možné používat stále stejnou teplotu vody tak, jak si ji přednastaví samotný uživatel. Samozřejmostí těchto baterií je navíc bezpečnostní pojistka, která baterii zcela uzavře, dojde-li k výpadku studené vody, a proto nehrozí opaření (Škardová, 2015). Ještě účinnějšími z pohledu úspor jsou baterie bezdotykové, které poskytují pouze omezené množství vody, avšak dostačující pro aktuální potřebu. Tyto baterie jsou schopny v porovnání s těmi běžnými uspořit i více než 60 % pitné vody (Keramika Soukup, 2014).

Dalším, dnes již poměrně častým, opatřením pro úsporu pitné vody jsou tzv. perlátory, které jsou buď součástí baterie, či je lze pořídit jako samostatný nástavec a následně jej přišroubovat jako koncovku na stávající baterii. Principem perlátoru je mísení vody se vzduchem, což snižuje množství protečené vody kohoutkem o 40 až 50 %. Vytékající voda pak působí měkčím a objemnějším dojmem, avšak zachovává si dostatečný proud a zároveň dochází k nižší spotřebě pitné vody (Keramika Soukup, 2014). Ještě výhodnější jsou perlátory, u kterých je možné množství vody přednastavit. Další možnou volbou jsou zařízení pro snížení průtokového množství, tzv. šetřiče vody, které pracují pouze s daným množstvím vody, či si lze vybrat z několika možností a využívat je tak při sprchování, mytí rukou, mytí nádobí, a dokonce i při splachování toalet. Opět se tedy jedná o speciální nástavec, avšak oproti perlátoru, který je využíván pouze v souvislosti s vodovodní baterií, je jeho využití širší (Škardová, 2015).

4.1.3 Sprcha, vana

Průtok vody v obvyklé ruční sprše s obyčejnou hadicí činí okolo 10 litrů pitné vody za minutu. Doba, za kterou je možné se snadno a pohodlně umýt je 7 minut, potom spotřeba vody se vším všudy činí cca 70 litrů. Stejně tak je tomu i u modernějších a komfortnějších hlavových sprch, které jsou sice vybaveny hlavicí například o průměru až 30 centimetrů, ta ale může mít naprosto obdobný průtok. V tomto případě se dá spotřeba vody snížit, a to pořízením úsporné sprchové hlavice s menším průtokem až kolem 6 litrů vody za minutu. Co se týče vany, zde spotřeba vody činí více než 100 litrů vody na jednu koupel s tím, že je třeba ještě přičíst závěrečnou krátkou

sprchu, při které proteče dalších 10 až 20 litrů vody. Z těchto faktů je patrné, že sprchování vychází daleko úsporněji, avšak pouze v případě, netrvá-li příliš dlouhou dobu (Škardová, 2015).

4.1.4 Toalety

a) klasické toalety

V dřívějších dobách, kdy se ještě na úsporu pitné vody příliš nehledělo, se splachovací nádržky standardně vyráběly s objemem vody až 12 litrů a s jednotlačítkovou možností spláchnutí. S narůstajícím tlakem na úsporu pitné vody a postupem času se tyto běžné splachovací nádrže měnily co do velikosti, tak způsobu splachování. Od května 2016 musí všechny nabízené splachovače v České republice odpovídat normě ČSN EN 14055+A1 (91 4640), která dělí splachovače do tří tříd (Dřevojánková, 2017).

- Třída 1: splachovače se jmenovitým splachovacím objemem do 4, 5, 6, 7 nebo 9 l
- Třída 2: splachovače se jmenovitým splachovacím objemem 6 litrů nebo s dvojitým spláchnutím, kdy se kombinuje maximální spláchnutí 6 l a redukované ne větší než dvě třetiny maximálního spláchnutí
- Třída 3: splachovače třídy 1 určené pro pisoáry

Zároveň se u těchto splachovačů provádí splachovací zkoušky těsnosti, protože norma uvádí, že splachovač může být úsporný pouze tehdy, je-li sám těsný a nepropouští samovolně vodu do mísy. Mezi dnes běžně používané úsporné splachovače patří např. dvoutlačítkové, tlakové a infračervené. *Duální splachování*, které se používá nejdéle, dnes umožňuje malé spláchnutí nejčastěji o objemu 3 litry a velké spláchnutí o objemu 6 litrů. Tyto objemy splachovací vody jsou navíc nastavitelné dle požadavků uživatele a lze se např. dostat až na 4,5 / 3 litry. *Tlakové splachovače* se instalují tam, kde není dostatek prostoru pro umístění klasické splachovací nádrže. V tomto případě je splachovací ventil napojený přímo na vodovodní potrubí a voda z ventilu vytéká tak dlouho, jak dlouho se na ventil tlačí. Úspory vody se tak docílí tím, že se na splachovací ventil bude tlačit pouze takovou dobu, která je pro požadované spláchnutí nezbytně nutná. Další variantou splachovače je *infračervený splachovač*, který je automatický a vyžaduje napojení na

elektrickou energii. Některé modely disponují možností manuálního ovládní v případě výpadku elektrického proudu. U tohoto typu splachovače dochází k automatickému spláchnutí přiblížením ruky do blízkosti snímače či při opouštění toalety. Objem splachované vody může být 6 litrů z továrního nastavení, či je opět nastavitelný, a to v rozmezí od 3,5 – 9 litrů dle požadavku uživatele (Dřevojánková, 2017).

Existují však i další způsoby, jak snížit spotřebu splachované, tedy pitné vody. Mezi ty nejpoužívanější patří např. *WC stop splachovač*, který je možné instalovat do většiny splachovacích nádrží ať už s jednotlačítkovým typem splachovače či s novějším duálním splachovačem. Tato souprava pěti válečků se umísťuje do přepadové trubice, kdy se objem ušporené vody reguluje přidáváním či odebráním válečků. Každý přidaný váleček umožňuje úsporu vody přibližně 14 %, použije-li se tedy všech pět válečků, dojde k úspoře cca 70 % splachované vody. V tomto případě je ovšem nutné zregulovat množství splachované vody tak, aby bylo dostatečné pro spláchnutí obsahu WC mísy. Dalším dostupným úsporným zařízením, které je v zahraničí používáno již několik let, avšak u nás se jedná o novinku, je kombinace *umyvadla a WC* (viz obr. č. 7). Tento zařizovací předmět umožňuje spláchnutí toalety vodou, která již posloužila k umytí rukou. Jakmile dojde ke spláchnutí toalety začne nejprve vytékat čistá voda přes baterii k mytí rukou, a z umyvadla následně putuje do splachovací nádrže, kde se uchová a je připravena ke spláchnutí. Z tohoto důvodu je umyvadlo vždy osazeno výš než splachovací nádržka, což je patrné i z obrázku č. 6. K dispozici jsou opět dvě varianty spláchnutí, tedy velké a malé (9 / 3). V porovnání s klasickou splachovací toaletou je možné touto inovativní kombinací dosáhnout snížení spotřeby vody až o 25 % (Dřevojánková, 2017).



Obr. č. 7 Kombinace umyvadlo – WC (Dřevojánková, 2017)

b) toalety s minimální spotřebou vody

Kompromisem mezi uživatelským komfortem a užitnou hodnotou jsou toalety, kterým na spláchnutí postačí minimální množství vody v řádu několika decilitrů. Tato zařízení však najdou své využití především tam, kde je voda nedostatkovým zbožím, či je problém s její likvidací. Vhodné je použití těchto toalet na místech, kde se nepravidelně shromažďuje vyšší počet osob, kteří požadují větší komfort, než nabízejí suché záchody (Plotěný a kol., 2015).

c) další druhy toalet

Na místech, kde je úsilí minimalizovat množství vody z důvodu jejího omezeného nebo žádného přístupu, lze volit i několik dalších typů toalet.

- **Chemické toalety** – v tomto zařízení jsou exkrementy shromažďovány a současně chemicky a biologicky upravovány. Následně lze vzniklý odpad z toalety kompostovat, ale pouze za podmínky, že byly pro rozklad použity pouze biologicky rozložitelné přípravky.
- **Suché toalety** – uvnitř toalety dochází ke shromažďování exkrementů, které jsou prosypávány suchým materiálem, jako je rašelina, piliny atd. Po nějakém čase lze vzniklý odpad využít jako hnojivo.
- **Toalety s vysoušením** – vnitřní prostor toalety je vybaven ventilátorem, který exkrementy vysušuje, čím dochází ke snížení jejich zápachu, objemu i počtu bakterií. Vzniklý vysušený odpad lze kompostovat.
- **Separáční toalety** – tato zařízení separují moč, která je odváděna, od pevné části, která je naopak shromažďována ve vnitřním zásobníku, ve kterém dochází ke kompostování. Obvykle jsou tyto toalety bezvodé, případně mohou mít funkci splachování přední části, která je vyhrazena pro odvod moči (Plotěný a kol., 2015).

4.1.5 Pisoáry

Klasické pisoáry

Jedno spláchnutí u klasických pisoárů vyžaduje obvykle 2 litry vody. V současné době je ale možné pořídit úspornější varianty, kde výrobci slibují spotřebu vody na jedno spláchnutí od 0,5 až 1 litr (Plotěný a kol., 2015).

Bezvodé pisoáry

Tyto zařizovací předměty se po použití nesplachují, nanejvýš se omyjí malým množstvím mýdlové vody či desinfekčním prostředkem, podle toho, jak určuje výrobce. Pisoár je vybaven zápachovou uzávěrkou (Plotěný a kol., 2015).

4.1.6 Mytí nádobí

Při ručním mytí nádobí proteče dřezem průměrně 20 litrů teplé vody. Při mytí nádobí pod tekoucí vodou dosahuje spotřeba vody dokonce 40 litrů teplé vody. Oproti tomu myčka na nádobí spotřebuje od 7 do 15 litrů vody studené na mycí cyklus. Množství spotřebované vody se liší jednak dle výrobce, ale především dle použitého mycího programu, kterých myčky nabízejí hned několik, včetně programů úsporných. Protože myčky na nádobí využívají vodu studenou, nedochází pouze k úspoře pitné vody a času, ale také k úspoře energie. Aby však mytí nádobí v myčce bylo opravdu hospodárné, je potřeba dbát na to, aby byla při spouštění opravdu plná. Proto jsou také efektivnější myčky určené pro více sad nádobí. (Plotěný a kol., 2015).

4.1.7 Pračky

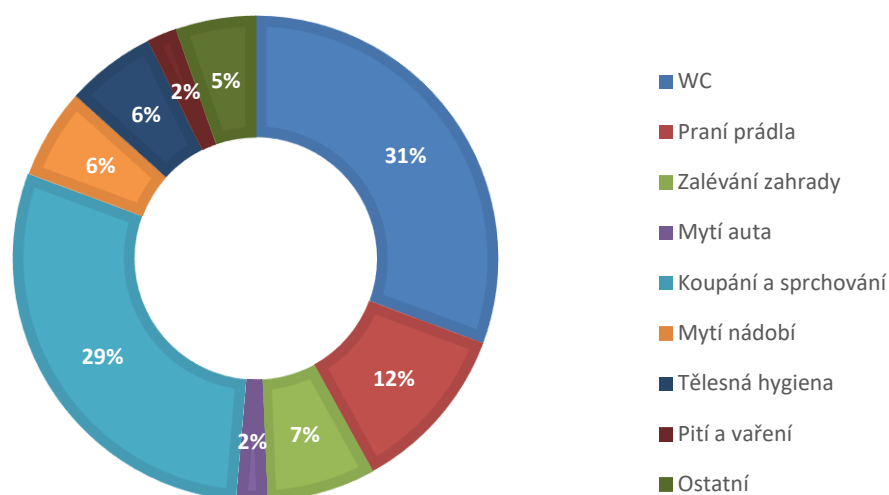
U starších typů praček je základním pravidlem dbát na to, aby pračka byla při jejím spouštění opravdu plná. Novější pračky jsou však vybaveny funkcí vážení, kdy jsou schopny prádlo v bubnu převážit a podle váhy použít přiměřené množství vody. Spotřeba deset let staré pračky je zhruba 80 až 90 litrů vody, zatímco spotřeba pračky nejmodernější může být mezi 40 a 45 litry vody, tedy až dvojnásobně nižší (Ceny energie, 2017). Obecně se ale spotřeba vody u praček jen těžko vymezuje. I zde záleží na konkrétním výrobcu, použitém pracím programu a typu prádla. Běžně je spotřebováno cca 55 až 70 litrů vody na praní bavlněného prádla a 40 až 50 litrů vody na praní prádla syntetického. Při výběru pračky je tedy určitě vhodné sledovat její spotřebu, třebaže je nutné myslet i na to, že se menší množství spotřebované vody může odrazit na kvalitě výsledku, např. na nedostačujícím máchání na konci praní apod. (Plotěný a kol., 2015).

4.1.8 Povrchová a podpovrchová kapková závlaha

Kapková závlaha patří k nejúspornějším a zároveň nejúčinnějším typům závlahy, a proto je tento způsob jeden z nejvíce využívaných u nás i ve světě. Tato metoda zavlažování vznikla v Izraeli a je využívána již několik let, zhruba od 70. let minulého století. Principem tohoto druhu závlahy je cílené, úsporné dávkování vody přímo k rostlině, kdy se k ní dostane jen takový počet kapek vody, které pro svůj růst potřebuje. Tímto způsobem dochází ke snížení spotřeby vody až o dvě třetiny, v porovnání s klasickou závlahou (Maroušek, 2008). Protože je voda dodávána přímo ke kořenům, patří k dalším výhodám tohoto typu závlahy také fakt, že rostliny netrpí přílišnými stresy ze studené vody, které způsobují jiné druhy závlah, např. závlaha postřikem. Zároveň dochází k minimálnímu vyplavování přidaných živin do podzemních vod, protože je rostlina efektivně zpracuje téměř všechny (Horinka, 2002). K dalším benefitům jistě patří minimální eroze půdy a s ní spojené odplavování půdních částic nebo také minimální výpar, který snižuje ztráty používané vody (Postel a kol., 2011). Výhodou dávkování vody lokálně ke kořenům je také např. omezení růstu plevelů a vzniku plísní na listech rostlin, či zmiňovaná rychlá a snadná dostupnost přidaných hnojiv k rostlině v potřebném množství (Plotěný a kol., 2015). Systém kapkové závlahy se skládá z plastových hadic a ve vhodných podmínkách jej lze používat i gravitačně bez přídavného čerpadla. Jedná se tedy o levný systém, kdy lze rozvod snadno přizpůsobit a využívat ho k zalévání rostlin, zeleniny, živého plotu atd. (Maroušek, 2008).

4.2 Nepřímé úspory

Nepřímé úspory zahrnují použití vlastních zdrojů, jako např. studen, srážkových vod či recyklovaných vod odpadních. Vhodnými úpravami vody ze studny či vody dešťové, lze dosáhnout takové kvality, že jí bude možné použít jako vodu pitnou. Recyklované odpadní vody jsou pak obvykle uplatňovány jako vody užitkové. Nejčastějším řešením, se kterým se lze v této době setkat, je systém využívání šedých vod v kombinaci s vodami srážkovými, pro účely vody užitkové, tedy ke splachování toalet, zavlažování zahrad, kropení zeleně či k praní. Z grafu na obr. č. 8, který je procentuálním vyjádřením grafu z obrázku č. 6, je zřejmé, že se více jak polovina spotřeby pitné vody v domácnosti dá nahradit užitkovou vodou. Vesměs by se tedy dalo tvrdit, že systém nepřímé úspory dokáže uspořit více než polovinu pitné vody (Plotěný a kol., 2015).



Obr. č. 8 Graf průměrné spotřeby vody v domácnosti (Suchardová, 2018)

4.2.1 Vlastní zdroj – studna

Alternativním zdrojem pitné vody v domácnosti může být podzemní voda z vlastní studny. Studna je vodohospodářské zařízení svislého směru, sloužící k jímání a k odběru podzemní vody. Aby bylo vůbec možné tento alternativní zdroj vody využívat, je nutné najít pramen v podloží, čehož lze dosáhnout geofyzikálními metodami, a to zkušebními vrtmi za použití těžké techniky či jednodušším a levnějším biofyzikálním způsobem, např. virgulí. Tento kolektor podzemní vody musí disponovat dostatečnou zásobou (Herzán, 2008).

Studna nesmí být prováděna svépomocí a je třeba brát v potaz fakt, že se jedná o typ podzemní stavby, vyžadující ve smyslu vodního a stavebního zákona veškeré náležitosti nutné k jejímu povolení. Musí být vyhotoven projekt, který je nezbytnou součástí žádosti o stavební povolení, které vydává stavební úřad. Vodohospodářský úřad potom vydává povolení odběru vody ze studny na základě vyjádření hydrogeologa. Zásady pro návrh, výstavbu a provoz nové či zrekonstruované studně podléhají závazné technické normě ČSN 75 5115 (Jímání podzemní vody). Samotné provedení takovéto stavby zahrnuje geologické práce, tedy realizace výkopu či vrtu. Nejběžnější jsou studny vrtané, které jsou levnější a snazší na provádění, oproti studnám kopaným. Kopané studny se zpravidla nehlobají do více než 15 metrů a umísťují se spíše do méně vododajného prostředí, tedy tam, kde je zvládnutelný

přítok podzemní vody pro jejich hloubení. V současné době se již kopané studny nedoporučují budovat, a to hned z několika důvodů. Jedním z nich je jejich často nedostatečná hloubka pro jímání kvalitní podzemní vody. Protože jsou obvykle velmi mělké, dochází k využívání podpovrchové vody, kterou lze jen málokdy jímat bez vyšších nákladů na její úpravu pro zajištění dostatečné jakosti. Dalším z důvodů, který je opět důsledkem jejich nedostatečné hloubky, je mnohdy malý sloupec vody. Dochází-li pak v průběhu roku ke kolísání úrovně podzemní vody, existuje riziko nedostatečného množství vody ve studni (Zelinka, 2013).

Výhodnost studny po stránce ekonomické závisí na kvalitě surové vody a s ní spojených nákladech na její případnou úpravu. Obvykle se vyplatí studnu budovat tam, kde kvalita jímané vody dovolí nahradit pitnou vodu zcela, či nejméně z 50 %. Dále tam, kde se náklady nutné pro její realizaci pohybují v řádu desetitisíců či naopak tam, kde by byly celkové náklady spojené s vybudováním vodovodní přípojky značně vysoké. Pokud jde o samotné náklady za provoz, ty se včetně poplatku za odběr pohybují v jednotkách korun. Znamená to tedy, že se vlastním odběrem dá uspořit až cca 50 Kč/m³. Záleží však také na již zmiňovaných nákladech, které závisí na kvalitě vody a s ní spojenou potřebou úpravy. Provozní náklad tedy narůstá s potřebou úpravy a celkový náklad pak roste s cenou za realizaci studny (Plotěný a kol., 2015).

4.2.2 Využití srážkové vody jako vody užitkové

Opatření, vycházející z obecných požadavků na hospodaření s dešťovými vodami (HDV) a z principů udržitelného rozvoje, tedy z všeobecné potřeby šetřit zdroje a problémy řešit přímo v místě vzniku. Zachycená srážková voda, po případných úpravách, tedy slouží jako voda užitková pro praní, kropení, zálivku a zavlažování zahrady, splachování toalet, úklid a podobně. Množství využitelné srážkové vody je samozřejmě závislé na množství srážek v místě dopadu. Pakliže množství srážkové vody nepokryje potřebu vody užitkové, je nejvhodnějším řešením vzdát se některého či některých způsobů využití nebo je možnou alternativou dorovnat tento deficit vodou z jiného zdroje (Plotěný a kol., 2015).

Využívání dešťové vody zpravidla zahrnuje separátní odvádění srážkových vod z málo znečištěných ploch, a to především ze střech, kdy je odtok sváděn okapními žlaby a svody přes obvykle jednoduchá čistící zařízení do akumulární nádrže. K zachycení odtoku ze zpevněných ploch slouží jímací žlábků spolu s trubními

odvody vody. Tyto vody však před svým využitím zpravidla vyžadují složitější úpravu, avšak záleží na charakteru užívání zpevněné plochy. Je tak možné hospodařit i se srážkovými vodami z domovních chodníků či jiných poměrně čistých ploch, nicméně pokud jde např. o komunikaci, jsou tyto vody natolik znečištěné a jejich čištění natolik nákladné, že se většinou odvádějí bez využití (Šálek a kol., 2012).

Bohužel motivace k investici do zařízení umožňující využívání srážkových vod je značně negativně ovlivněna poměrně dlouhou dobou návratnosti, která se pohybuje přibližně okolo 20 let. Důvodem je ve své podstatě současná relativně nízká cena pitné vody, avšak jak bylo zmiňováno, záleží na konkrétní oblasti a faktem také je, že obecně dochází k postupnému narůstání těchto cen (Plotěný a kol., 2015). Motivaci vedoucí k pořízení systému je třeba hledat i v jiných oblastech, jako je pozitivní vliv na životní prostředí atd. (Böse, 1999).

Důvody pro pořízení zařízení na srážkovou vodu:

- *Zásoby vody jsou omezené*

Úprava pitné vody podzemní, říční či povrchové je s postupem času čím dál více náročnější. Především v zemědělských oblastech se používané dusičnany a pesticidy negativně podepisují na kvalitě vod. V důsledku lidské činnosti jsou tu také např. kontaminace chlorovanými uhlovodíky, které působí problémy a další. Kvalitní pitná voda se tedy pomalu stává vzácností.

- *Šetří se peníze*

Ceny pitné vody postupně rostou s narůstající obtížností úpravy pitné vody. Jak vysoké úspory za pitnou vodu lze dosáhnout, je možné snadno spočítat z průměrné roční spotřeby vody, pokud je např. určeno, že 50 % pitné vody bude nahrazeno vodou dešťovou. Je ale potřeba také počítat s náklady vynaloženými na stavbu a provoz zařízení a také s cenou stočného, účtovanou za odvod použité srážkové vody do kanalizace, což celkové úspory snižuje.

- *Nižší energetická náročnost*

Čerpadla dopravují pitnou vodu potrubím na dlouhé vzdálenosti, k čemuž je zapotřebí určité množství elektrické energie. Při využívání srážkové vody se potřeba energie snižuje z důvodu potřeby nižšího tlaku a kratšího potrubí.

- *Méně pracích prostředků*

U tvrdé pitné vody je obvykle doporučeno dvojnásobného dávkování pracích prostředků, než u vody měkké. Součástí pracích prostředků jsou totiž jisté změkčovače, jejichž dávky jsou spolu s narůstajícím obsahem vápníku ve vodě navyšovány. Dochází tak k zatěžování toků fosfáty, tenzidy a bělidly. Výhodou srážkových vod je právě absence vápníku, což umožňuje sporné používání pracích prostředků a zároveň nedochází k zanášení pračky.

- *Snížení potřeby retenčních nádrží a ochrany před povodněmi*

Při větších deštích může docházet ke zhoršenému, či dokonce žádnému zasakování vody do půdy z důvodu jejího přesycení, ale také kvůli čím dál rozsáhlejší výstavbě silnic, domů a zpevněných ploch. Tato dešťová voda pak rychle odtéká po povrchu či kanalizací do toků, a v případě jednotné kanalizace zatěžuje ČOV. Aby se předešlo obávanému rozvodnění toků, stavějí se retenční nádrže, které jsou schopny tento nápor utlumit. Zařízení na dešťovou vodu mají v podstatě stejný efekt jako retenční nádrže, které kumulují vodu v místě, kde zrovna naprší a nedochází tak k jejímu okamžitému odvodu do kanalizace. Nadto může být přebytečná srážková voda zasakována do půdy, což dělá dešťovou kanalizaci nadbytečnou.

- *Rostliny mají srážkovou vodu rády*

Protože srážková voda neobsahuje vápno, netvoří se na keramických květináčích vápenatý povlak a zároveň ji rostliny velmi dobře přijímají.

- *Využitím srážkové vody vzniká menší množství vody odpadní*

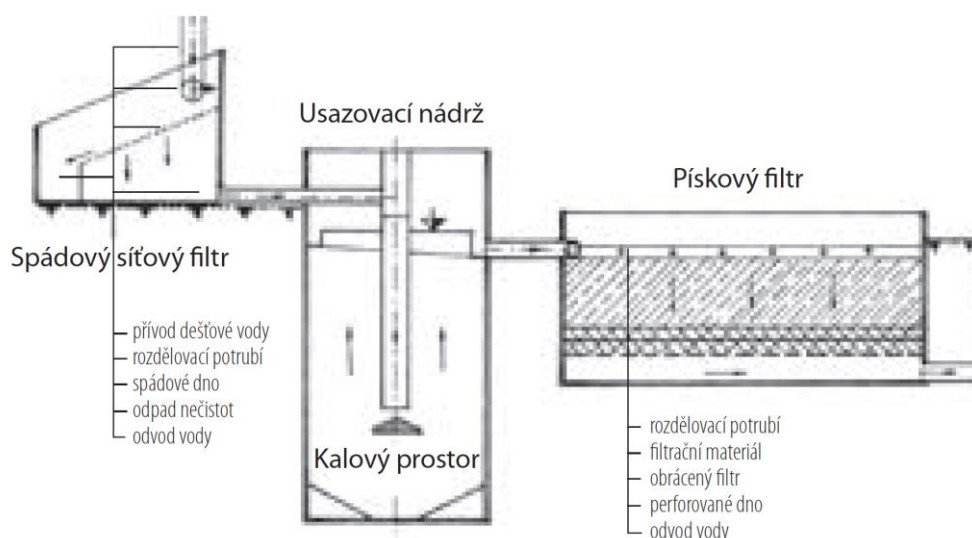
Nahrazením části pitné vody vodou srážkovou dochází ke vzniku menšího množství vody odpadní. Za předpokladu, že se srážkovými vodami bude takto hospodařit velké množství lidí, bude možné stavět menší splaškové kanalizace a čistírny, čímž se uspoří na stavbě nových či větších čistíren a s menšími náklady klesnou případně i poplatky.

(Böse, 1999)

4.2.2.1 Možnosti přečištění srážkových vod

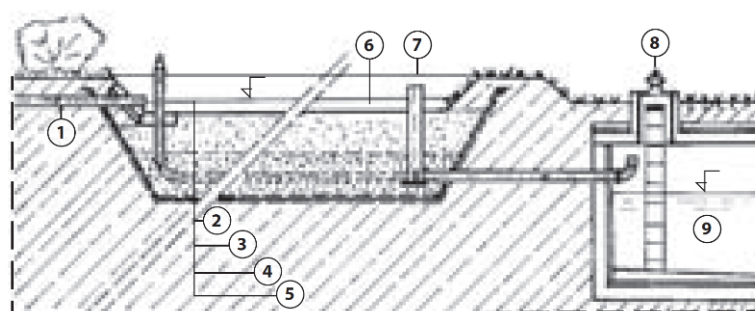
Využití srážkových vod předchází jejich mechanická úprava, která nejčastěji zahrnuje tato opatření (viz obr. č. 9):

- samočisticí spádový síťový filtr na oddělení hrubších nečistot,
- vertikální či lamelová usazovací nádrž pro separaci usaditelných látek,
- filtry s jemným kamenivem z křemičitého či vodárenského písku nebo drceného krystalického vápence pro zachycení jemných částic (Šálek a kol., 2012).



Obr. č. 9 Schéma mechanické úpravy srážkových vod (Šálek a kol., 2012)

Pro úpravu dešťových vod lze také využít konstrukčně obdobné kořenové čistírny. K jednodušším možnostem úpravy pak patří také úprava na zemním filtru (viz obr. č. 10), která postačuje pro využití srážkové vody k zavlažování trávníků, zemědělských plodin a dřevin. (Šálek a kol., 2012).



Legenda

- 1) přívod srážkových vod
- 2) retenční prostor filtru
- 3) filtrační prostředí
- 4) jímací perforované prostředí
- 5) těsnicí fólie
- 6) srážková voda
- 7) revizní šachtice
- 8) vstup do akumulační nádrže s větracím komínkem
- 9) akumulační nádrž na srážkovou vodu

Obr. č. 10 kombinace umyvadlo – WC (Šálek a kol., 2012)

Je-li srážková voda určena výlučně pro závlivku zahrady, postačí separovat hrubé nečistoty (především listí) prostým lapačem listí, který se instaluje do okapu do místa zaústění svodu. Efektivnější jsou drátěná síta, která se do okapového žlabu osazují stočená. Výhodou tohoto řešení je, že se listí do žlabu jednak nedostane, a zároveň dojde k jeho uschnutí, což umožní větru listí odvanout pryč (Tůma, 2001).

Po určité době provozu se však v mechanických filtrech nahromadí množství částic různorodých látek, které jsou ve vodě nežádoucí. Proto je potřeba tyto filtry správně a pravidelně čistit. Existuje také druh filtru pracující na chemickém principu. Možností jsou rovněž chemické granuláty, jejichž úkolem je na sebe vázat škodlivé částice. Oba typy filtrů mají však pouze omezenou dobu životnosti, a je tak nezbytné je po nějakém čase nahradit novými (Kalmusová, 2000).

Návrh způsobu předúpravy srážkové vody je však potřeba hodnotit individuálně, případ od případu, a není tak možné určit jednotný postup. Dle obsahu látkového znečištění a působení na podzemní vody lze dešťové vody dělit do tří skupin:

- **Neškodné** – dešťové vody svedené ze střech (vyjma vod ze střech z měděného nebo pozinkovaného plechu), chodníků a zelených ploch.
- **Tolerovatelné** – srážkové vody z obytně-průmyslových oblastí, parkovišť a komunikací. Podstoupí-li tyto vody vhodnou úpravu, mohou být zasakovány.
- **Netolerovatelné** – dešťové vody pocházející z frekventovaných komunikací, nekrytých skladišť či překladišť škodlivých a toxických látek. Tyto vody je nutné před vsakem náležitě upravit, nebo je přímo odvádět do stokové sítě. (Hlavínek a kol., 2007)

Způsob předčištění dešťové vody se tedy vybírá dle jejího typu. Vesměs jsou však základem následující metody.

Sedimentace

Vzhledem ke skutečnosti, že srážkové vody obsahují poměrně značnou část nežádoucích látek v podobě částic, je sedimentace velice efektivní metodou předčištění. Sedimentující částice zároveň zachycují rozpuštěné látky. Aby byl sedimentační proces efektivní, je nezbytné obstarat prostředí s minimální turbulencí vody a předejít tak rozvíření sedimentu (Hlavínek a kol., 2007).

Filtrace

V průběhu vsakování srážkových vod přirozenými povrchy, vodopropustným dlážděním, minerálním betonem či drenážním asfaltem dochází k filtraci. Účinnost odstranění nerozpuštěných látek touto cestou je velmi dobrá. Již v průběhu prvních 30 cm vertikálního vsakování půdním prostředím dochází k výraznému hromadění pevných částic, které jsou mechanicky poutány v půdě. Vsakem přes velmi jemnozrnné materiály je možné docílit separace i velmi jemných částic (<0,2 μm). Filtrační účinnost určuje průměr a kontinuita pórů, kterými voda protéká (Hlavínek a kol., 2007).

Adsorpce

Působení elektrostatických nebo kovalentních sil způsobuje vázání molekul vody na nabitě i nenabitě povrchy adsorbentů. Odstraňování těžkých kovů je pak realizováno adsorpcí na výměnících, kde jsou v ekvivalentním poměru vyměňovány adsorbované ionty (kationty) za kationty obsažené v půdním roztoku. Existuje adsorpce nespecifická, ke které dochází působením coulombovských sil a adsorpce specifická, která je výrazně silnější. Jednoznačně nejsilnější specifickou adsorpcí v půdním prostředí projevuje olovo. Nejvýznamnějšími výměníky kationtů v půdním prostředí jsou jílové minerály a také huminové látky (Hlavínek a kol., 2007).

Chemické procesy

Pomocí těchto procesů dochází v půdním prostředí k ukládání a odbourávání nežádoucích látek. V případě, že se v půdním prostředí vyskytuje volný rozpuštěný kyslík, je umožněn rozklad jinak těžko rozpojitelných vazeb, kterými jsou například oxidy a hydroxidy kovů. Důležitou funkci mají při těchto procesech anorganické látky, vytvářející s těžkými kovy komplexní sloučeniny. Nadto se organické komplexy, kterými jsou např. fulvonové a huminové kyseliny, podílejí na dekontaminaci škodlivých látek (Hlavínek a kol., 2007).

Biologické procesy

Mikroorganismy nacházející se v půdním prostředí (bakterie a houby), mají schopnost odbourávat nežádoucí organické látky jejich přetvořením na anorganické substance. Vývoj odbourávání prochází několika mezistupni, kdy finální etapou rozkladu je vznik oxidů uhlíku a vody. Důležitou podmínkou pro zcela účinný mikrobiologický rozpad je aerobní prostředí. Aby mohlo dojít ke zcela účinnému mikrobiologickému rozpadu, je nevyhnutelnou podmínkou zajištění aerobního prostředí. Kromě mikroorganismů jsou schopny odbourávání škodlivých látek z půdy

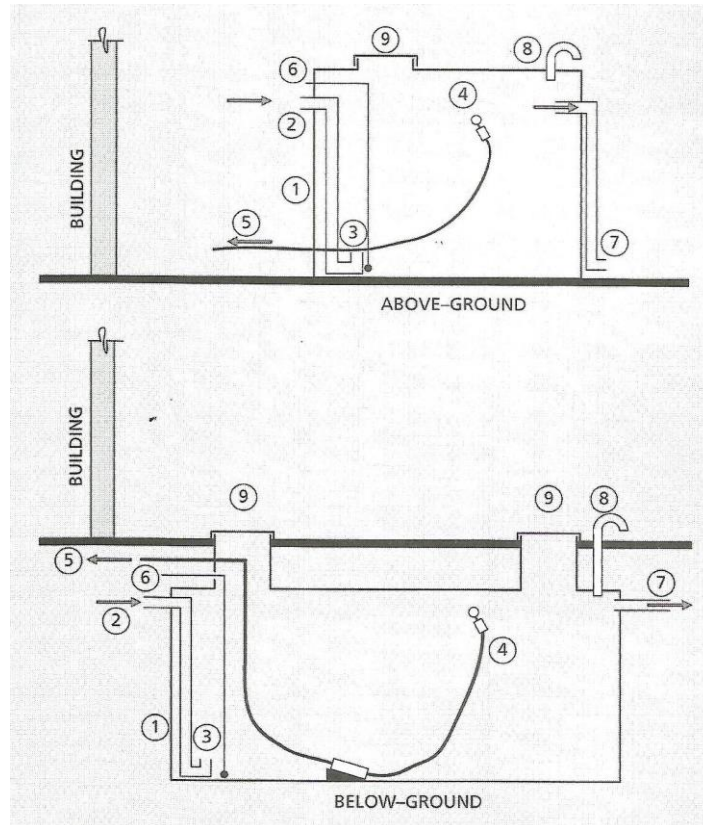
také rostliny, kdy jejich kořeny přijímají těžké kovy, zejména Cd, Cu, Ni a Zn. Vlivem vysokého obsahu těžkých kovů v půdě, může dojít k dlouhodobému či dokonce trvalému poškození mikrobiálního života.

Předčištění pomocí biologických procesů je obvykle spojené s procesy mechanickými. Čistící schopnost půdního prostředí je postavena na spojení biologických, fyzikálních i chemických procesů. Mezi nejpoužívanější technická vybavení, která jsou založena na výše popsaných předpokladech, patří především šachty usazovací a vsakovací se zachytáváním bahna na dně či filtrační vak z geotextilie pro vsakovací šachty (Hlavínek a kol., 2007).

Mechanické způsoby čištění srážkových vod je v některých případech nutné doplnit hygienickým zabezpečením. Zároveň je nezbytné tyto vody přechovávat tak, aby se zamezilo případnému růstu mikroorganismů, řas apod. (Plotěný a kol., 2015).

4.2.2.2 Nádrž na srážkovou vodu

Než dojde k využití srážkové vody v rámci HDV, je nezbytné tyto vody po jejich přečištění patřičně skladovat. K těmto účelům se používají nádrže na srážkovou vodu (viz obr. č. 8). Je evidentní, že dešťová nádrž je po finanční i prostorové stránce hlavní a největší položkou. Přesto je třeba brát v potaz, že pro patřičnou funkčnost celého systému je potřeba dalších komponentů, jak je i zjevné z obrázku č. 11 (Novak a kol., 2014).



Obr. č. 11 Obvyklá sestava nádrže na srážkovou vodu (Novak a kol., 2014)

Legenda k obrázku č. 8:

- ① Nádrž nadzemní / podzemní
- ② Přívod předupravené srážkové vody
- ③ Ustálení přítoku (minimalizace vířivých proudů)
- ④ Plovoucí sání od čerpadla
- ⑤ Čerpání srážkové vody k její distribuci
- ⑥ Indikátor výšky vodní hladiny (plovoucí / elektronický)
- ⑦ Bezpečnostní přepad s řízeným odtokem
- ⑧ Ventilace + redukce tlaku v nádrži
- ⑨ Vstup do nádrže

V současné době je na trhu dostupných mnoho různých typů akumulčních nádrží, které jsou dodávány převážně už jako celistvý systém skládající se z veškerých zmíněných součástí, které jsou k provozu nezbytné. Nutnou součástí každé dešťové nádrže je bezpečnostní přepad, jehož světlý průřez potrubí se rovná minimálně světlemu průřezu na přívodu srážkové vody. Pokud je nádrž umístěna v objektu, je nezbytné zajistit z bezpečnostního přepadu odvod vody. Při navrhování patřičného systému hospodaření s dešťovou vodou by měl projektant brát v úvahu všechny faktory, které mají vliv nejen na funkčnost ale také estetiku a počáteční i provozní náklady (Novak a kol., 2014).

Umístění nádrže

O tom, zda přechovávat dešťovou nádrž v domě (ve sklepě) či v zemi, rozhoduje mnoho kritérií, nejčastěji však prostorové podmínky a cenové rozdíly těchto dvou řešení. Vybudování zemního zásobníku přináší výhodu v úspoře prostoru uvnitř domu a zároveň nehrozí nebezpečí potenciálního vytopení domu. Realizace zemní nádrže se doporučuje především při novostavbách, kdy je možné vykopat prostor pro zásobník současně např. s výkopem základů, a tak je toto řešení finančně příznivější. I přes nezbytné zemní práce a s nimi spojenými vyššími náklady je třeba zemní zásobník upřednostnit, a to například z důvodu, kdy vlivem nižší teploty půdního prostředí zůstává voda v zásobníku stále chladná a ve tmě, riziko znehodnocení mikroorganismy je proto nižší. Zásobníky určené k umístění do domu jsou oproti tomu lehké, cenově dostupnější a dovolují rychlou stavbu bez pracných zemních prací. Hodí se pro dodatečnou vestavbu stejně jako pro novostavbu, za předpokladu, že je v budově dostatečný prostor pro umístění této nádrže. Nádrž může být rozdělena do více navzájem propojených nádrží, což umožní umístění rozděleného zásobníku do dvou (více) prostor, či ho dopravit na určené místo i přes užší dveře. Ve sklepním prostoru, kde má být dešťová nádrž umístěna, by nemělo být více než 18 °C, kvůli možnému riziku kontaminace mikroorganismy. Předzásobení srážkovou vodou v budově sice ulehčují všechna nepostradatelná trubní a elektrická spojení, nicméně i tak existuje potenciální riziko zaplavení při poruchách přítoku, odtoku či při jiné závadě na nádrži (Böse, 1999).

Materiály nádrže

V současné době se nejčastěji využívá nádrží umístěných v zemi. Zemní srážkové nádrže se vyrábějí z různorodých materiálů, kdy každý z nich má své výhody i svá omezení. U rodinných domů je možné využít např. nádrže betonové, které jsou vhodným řešením při vysoké hladině podzemní vody, avšak nevýhodná je jejich značná hmotnost. Zároveň jsou s pořízením betonové nádrže spojeny poměrně vysoké náklady na dopravu a náklady za pronajmutí jeřábu nepostradatelného pro následnou manipulaci a uložení nádrže do země. Za předpokladu pečlivého provedení je naopak výhodou jejich velice dlouhá životnost.

Jinou možností jsou nádrže vyrobené z plastu, kterých je hned několik druhů. Například nádrže svařované, které jsou vyhotoveny z polyetylenových desek. Pořízení takovéto samotné nádrže je celkem finančně nenáročné, avšak instalace do země, spojená s nezbytným obetonováním nádrže opět vyžaduje další práce, které celkové náklady na pořízení navyšují. Někteří výrobci uvádějí, že obetonování nezbytně nutné není, avšak samotní uživatelé mají při absenci betonu četné zkušenosti s praskáním těchto nádrží ve svárech.

Další alternativou jsou nádrže vyrobené ze sklolaminátu, což je velice flexibilní a lehký materiál. Tyto nádrže jsou bohužel velice často specifické svým relativně úzkým vstupem a již zmiňovanými potížemi s prasklinami (Boukhemisová, 2016).

Třetí a nejlepší možnou alternativou plastových nádrží je homogenní polyetylenová nádrž, tzv. skořepinová, vyrobená odstředivým litím. Hlavní výhodou těchto nádrží je vysoká stabilita i při jejich nízké hmotnosti. Další předností litých nádrží je jejich omezené riziko výskytu nekvalitních svárů, a také nižší nebezpečí podcenění statiky, jako je tomu právě u nádrží svařovaných, kde je úsilí o co nejpríznivější ceny a snaha o neúměrné odlehčení, spolu s nedodržováním předepsaných stavebních opatření, příčinou hojných problémů se statikou. Vyztužení těchto nádrží, které je zajištěno pomocí prostorových prvků, napomáhá předcházet obtížím s potenciálními deformacemi stěn, např. při nepředvídaném zvýšení úrovně podzemní vody (ASIO, 2016). Takováto pevná konstrukce nepotřebuje obetonování a v případě, že jsou splněny všechny předpisy a správné technologické postupy, lze nádrž umístit i pod zatěžované zpevněné plochy, např. pod parkovací stání. Zpravidla disponují šachtou ve formě teleskopického nástavce, díky němuž lze poklop umístit do vhodné výšky podle okolního terénu (Boukhemisová, 2016).

Nádrže na srážkové vody určené k umístění do budovy jsou samonosné a jejich design je velmi rozmanitý (Boukhemisová, 2016). Opět jde o nádrže plastové, které mohou být zabezpečeny proti deformaci zpevněním pomocí železné konstrukce (obruče, koše). Obyčejně mají tmavou barvu, která zabraňuje průniku světla do nádrže, čímž je zamezeno růstu řas a mikrobiálních zárodků (Böse, 1999).

Stanovení objemu nádrže na srážkovou vodu

Objem dešťové nádrže se obvykle dimenzuje na potřebu užitkové vody na 14 až 21 dní. Při dimenzování objemu zásobníku je třeba posoudit využití objektu v průběhu těchto 14 až 21 dní (denně, jen v pracovních dnech atd.). Z ekonomického hlediska je tak pro rodinný dům obvykle výhodná nádrž o objemu mezi 3 až 4 m³, což přijde cca na 15 tis. Kč. Celá sestava, tedy zařízení pro přečištění, čerpací mechanismus pro distribuci užitkové vody a zařízení pro doplňování pitné vody, pakliže dojde k deficitu vody srážkové, včetně montáže přijde na cca 45 tis. Kč. Tato cena se však může vyšplhat až na částku kolem 100 tis. Kč, připočtou-li se náklady spojené se stavebními pracemi a instalací vnitřních rozvodů. Ušetřit se dá v případě instalace svépomocí, kdy lze za příhodných podmínek celá částka ponížít až na cca 60 tis. Kč (Plotěný a kol., 2015).

Rychlost plnění nádrže

Možná překvapujícím faktem je, že k naplnění nádrže srážkovou vodou, není potřeba každodenního vydatného deště. V létě je hojnost bouřkových dešťů, které jsou natolik intenzivní, že během krátké chvíle přinesou 10 až 50 mm srážek. Zásobu vody v nádrži však navýší i méně intenzivní příležitostné deště. Mrholení pak vytvoří úhrn srážek 1 až 2 mm a celodenní drobný déšť přináší 10 až 20 mm srážek. Protože úhrn je udávaný v milimetrech na metr čtvereční, odpovídá 1 mm srážek 1 litru vody. Pokud se pak voda svádí ze střechy o ploše např. 100 m², může i mrholení, v závislosti na okolnostech, pokrýt denní spotřebu vody. V případě průměrného deštivého dne se srážkovým úhrnem 10 mm, jde o zisk cca 800 litrů dešťové vody, která pokryje spotřebu užitkové vody až na několik dní. *Zisk dešťové vody = množství srážek [mm/den] x využitelná plocha střechy [m²] x koeficient odtoku střechy [-].* Využitelný objem dešťové vody svedené ze střechy je ve skutečnosti nižší než

naměřený srážkový úhrn, poněvadž určitá část tohoto objemu (cca 1/3) se do nádrže ani nedostane. Výnos dešťové vody je totiž závislý na několika dalších faktorech, a to na materiálu střešní krytiny, směru a sklonu střechy, větru, teplotě a ročním období. Nadto hraje svou roli také fakt, zda pršelo už den předtím, či ne. Rozdíl mezi množstvím srážkové vody napadané na střechu a skutečně využitelným množstvím této vody, tedy zisku, lze vyhodnotit pomocí tzv. koeficientu odtoku, který byl již zmiňován ve vzorci výše (Böse, 1999). Zda je střecha budovy pro zachycování srážkových vod, právě z hlediska koeficientu odtoku a také možného znečištění vůbec vhodná, vyjadřuje následující tabulka č. 5 (Reinberk, 2013).

tvár střechy	střešní krytina	koeficient odtoku střechy	vlastnosti z hlediska znečištění
plochá	asfalt s násypem křemíku	0,6	velmi vhodná
	plast	0,7	velmi vhodná
	pozinkovaný plech	0,7	vhodná
	ozelenění	0,2	méně vhodná
šikmá	pálené tašky	0,75	velmi vhodná
	betonové tašky	0,75	velmi vhodná
	břidlice	0,75	velmi vhodná
	šindel	0,6	velmi vhodná
	pozinkovaný plech	0,8	vhodná
	plast	0,8	velmi vhodná
	ozelenění	0,25	méně vhodná
	osinkocement	-	nevhodná

Tab. č. 5 Vlastnosti různých typů střech (Reinberk, 2013)

4.2.2.3 Dešťová vnitřní kanalizace a rozvod užitkové vody

Dešťová vnitřní kanalizace zahrnuje dešťová odpadní a svodná potrubí, sloužící pro dopravu dešťové vody do systému čištění a nádrže, a svodného potrubí, které má za úkol odvádět nadbytečnou vodu z nádrže nejlépe do vsakovacího zařízení či do dešťové / jednotné kanalizace (Plotěný a kol., 2015).

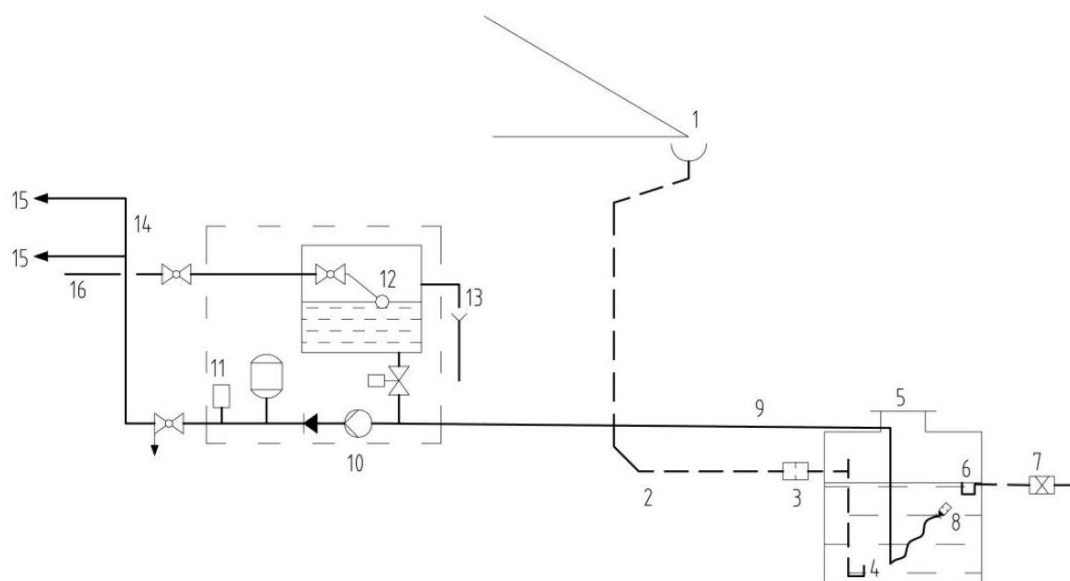
Pro vnitřní gravitační kanalizaci platí norma ČSN EN 12056-1 až 5 (Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy) a ČSN 75 6760 (Vnitřní kanalizace) (Raclavský, 2012).

Nádrž na srážkovou vodu, ať už zemní, či vnitřní je vybavena sacím potrubím napojeným na automatickou tlakovou čerpací stanici či ponorným čerpadlem. Protože takto upravená srážková voda slouží pro účely vody užitkové a nikoliv pitné, musí být jejich rozvody samostatné. V zásadě budou použita dvě oddělená potrubí, a to pro

rozvod přečištěné dešťové vody (užitkové vody) z nádrže a standardní rozvod pitné vody z veřejné vodovodní sítě (Vrána, 2011).

Pro navrhování vnitřních vodovodů jsou k dispozici dvě základní normy, a to ČSN EN 806 (Vnitřní vodovody pro rozvod vody určené k lidské spotřebě) a ČSN EN 75 5409 (Vnitřní vodovody) (Vrána, 2013).

Na obr. č. 12 je uvedený příklad řešení zachycování a následného využívání dešťových vod. Zachycená srážková voda je ještě před vtokem do zemní nádrže přečištěna pomocí filtru a do nádrže vtéká přes trubní systém, zajišťující zklidněný přítok. Dopravu vody z nádrže do spotřebiště pak zajišťuje automatická tlaková čerpací stanice. Pokud nebude v nádrži k dispozici dostatek srážkové vody, dojde k dorovnání tohoto deficitu přívodem pitné vody, kterým je systém vybaven.



1 - střešní žlab, **2** – potrubí dešťové kanalizace, **3** – filtr, **4** – uklidněný přítok do nádrže (dvě kolena u dna), **5** – nádrž na dešťovou (nepitnou) vodu, **6** – přepad se zápachovou uzávěrkou (pokud je napojen přímo na kanalizaci), **7** – zpětná armatura, je nutná při přímém napojení na kanalizaci, **8** – sací koš s plovákem a zpětnou armaturou, **9** – sací potrubí dešťové (nepitné) vody, **10** – automatická tlaková čerpací stanice, **11** – tlakový spínač nebo jiné ovládání čerpadla, **12** – nádržka pro doplňování pitné vody s plovákovým ventilem a elektromagnetickým ventilem na sacím potrubí (doplňování pitné vody přes volný výtok), **13** – přepad s přerušením (volný výtok), **14** – rozvod provozní vody, **15** – výtokové armatury provozní vody, **16** – přívod pitné vody.

Poznámka: Automatická tlaková čerpací stanice (10, 11) tvoří komplet s nádržkou pro doplňování pitné vody (12). Zařízení se dodává jako typový výrobek.

Obr. č. 12 Zařízení pro využívání dešťové vody (Vrána, 2011)

Firma ASIO, spol. s.r.o., zabývající se vývojem, výrobou a dodávkou technologií pro čištění odpadních vod, vytvořila modelové situace, na jejichž základě byla provedena kalkulace provozních nákladů a návratnosti při využití systému pro hospodaření se srážkovými vodami. V tabulce č. 6 jsou uvedeny provozní náklady a doba návratnosti investice za systém pro rodinný dům, kde srážková voda pokrývá ½ spotřeby vody pitné a pro dům bytový, kde je srážková voda využívána na splachování toalet. Ceny za navržená zařízení, se kterými bylo v modelech počítáno, jsou stanoveny dle nabídky zmiňované firmy. Konkrétně jde o dešťovou nádrž (AS-REWA), filtr srážkové vody (AS-PURAIN) a plně automatickou provozní a monitorovací jednotku s čerpadlem, ovládáním a s integrovaným automatických doplňováním pitné vody (RAINMASTER). V kalkulaci bylo počítáno se spotřebou vody obvyklých toalet. V případě svépomoci při instalaci těchto zařízení, by se pořizovací náklady daly zredukovat až na polovinu, čímž dojde i ke zkrácení doby návratnosti (Plotěný a kol., 2015).

	½ spotřeby rodinného domu	Splachování toalet v bytovém domě
Účel	praní, splachování – 4 osoby	splachování – 50 osob
Cena	100 000 Kč	300 000 Kč
Plocha střechy	min. 120 m ²	min. 400 m ²
Realizace	14 dní	30 dní
Provozní náklady	150 Kč / rok	2000 Kč / rok
Návratnost	13 let	11 let
Životnost	30 let	30 let

Tab. č. 6 Kalkulace provozních nákladů a doby návratnosti modelových situací (Plotěný a kol., 2015)

4.2.3 Využití srážkové vody jako vody pitné

Dalším možností, jak ještě umocnit úsporu pitné vody v domě, je využití dešťové vody jako vody pitné, např. ke sprchování. Důvodem, proč se využití srážkové vody do nedávné doby soustředilo spíše na její využití pro závlahu, je, že instalace oddělného rozvodného potrubí byla vyhodnocena jako nákladná. Dalším faktem, zapříčiňujícím omezené využití dešťové vody je, že tradičně dodávané systémy pro srážkovou vodu nebyly schopny poskytnout vodu v takové kvalitě, aby je bylo možné použít jinde než jako vody závlahové či pro splachování toalet (Bartoník, 2016).

Důležité je docílit požadované jakosti pitné vody, což lze vyřešit instalací speciálního systému přímo pod výtokové ventily. Takovýto systém se zpravidla skládá z podřezové reverzní osmózy s UV lampou a mechanické předfiltrace. Cena systému se víceméně odvíjí od kvality vstupující vody, obvykle lze však toto zařízení bez čerpání, byť s posilovacím čerpadlem a UV lampou, pořídit za částku cca 10 000 Kč. Parametry takového zařízení jsou závislé na typu membrán, avšak v průměru je výtěžnost cca 50 % a produkce zhruba 7 litrů za hodinu. Doba návratnosti za pořízení systému se odvíjí od ceny napojení na veřejnou vodovodní síť. V případě, že by tato voda měla být využívána přímo k pití, lze k uvedenému systému ještě připojit zařízení, umožňující obohacení této vody minerály. V tomto případě je ale přece jen pro doplnění potřebných minerálů do organismu výrazně jednodušším a lacinějším řešením nákup minerálních balených vod (Plotěný a kol., 2015).

Konkrétním řešením umožňujícím velice ekonomickou úpravu srážkové vody na vodu pitnou, může být systém *AQUALOOP*, vytvořený německou společností INTEWA GmbH ve spolupráci s českou firmou ASIO, spol. s.r.o., která systém v ČR dodává. Systém dovoluje použití takto upravené srážkové vody pro osobní hygienu, jelikož jsou splněny kvalitativní požadavky EU, kdy voda využívaná v koupelnách, tedy pro sprchování a umývání rukou, musí odpovídat kvalitě vody pitné. Další výhodou je, že mimo kuchyně není nutná rozsáhlá rekonstrukce vodovodního potrubí (zdvojení) u již stávajících domů. Tento systém umožňuje v rodinných domech snížit spotřebu pitné vody až o 90 % (Bartoník, 2016).

Firma ASIO, spol. s.r.o. tento koncept zrealizovala (demonstrační projekt v belgickém La Calamine) a dovybavila tímto systémem již stávající dům. Princip celého konceptu spočívá v několika krocích. Zachycená srážková voda ze střechy (plocha 120 m²) je odváděna do zemní nádrže (objem 10 m³), na jejímž vstupu je instalován samočisticí filtr s průlinami 0,8 mm (*AS-PURAIN*). Srážková voda je filtrována a zároveň sterilizována membránovou stanicí s mikrofiltrací, která je instalována přímo v nádrži a pracuje s vláknovou membránou o velikosti pórů 0,2 μm (*AQUALOOP*). Z membránové stanice voda pokračuje do zásobníku, který je umístěn ve sklepním prostoru. Na výtlaku ze zásobníku je ještě instalována UV lampa, díky níž se zamezí případné pozdější mikrobiologické aktivitě. Takto upravená voda je dále čerpána za pomoci jednotky s čerpadlem (*AS-RAINMASTER Favorit SC*) do rozvodné sítě domu. Pitná voda z veřejné vodovodní sítě je dodávána pouze do kuchyně, a pokud by došlo k poruše či nedostatku srážkové vody, tak také do zmiňované čerpací jednotky. Kontroly takto upravené vody probíhají v pravidelných

intervalech. V případě, že tato voda bude dlouhodobě dosahovat stále stejně vysoké kvality, je možné do budoucna přemýšlet o dopojení systému také do kuchyně.

Jakost srážkové vody a schopnost tohoto zařízení vodu účinně sterilizovat byla ověřována na různých úrovních systému v průběhu instalace i za plného provozu. Příslušné rozbory jasně nasvědčují tomu, že je bakteriální znečištění surové srážkové vody ze zásobníku zanedbatelné. Nadto nebyly v žádném ze vzorků přítomny bakterie *E. Coli*, indikující fekální znečištění, ani patogeny *Pseudomonas Aeruginosa*. Výsledky analýz také ukazují, že použití UV lampy není v současné době nutné, avšak umožňuje doplňkovou ochranu systému. Jak je vidět z tabulky č. 7, tak k překročení limitních hodnot plynoucích z požadavků EU pro „vodu určenou k lidské spotřebě“ došlo pouze u pH, a to u první sady vzorků, což bylo s největší pravděpodobností zapříčiněno zbytkem cementu, který se do nádrže dostal při stavební realizaci (Bartoník, 2016).

Sledovaný parametr	Limitní hodnota (nařízení EU o pitné vodě)	Dešťová voda	Po filtraci pomocí AS-GW/ AQUALOOP
E.coli	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml
Enterokoky	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml
Koliformní bakterie	0/100 ml	2/100 ml	0/100 ml
Koliformy při 22 °C	100/ ml	11/ ml	0/ ml
Koliformy při 35 °C	100/ ml	12/ ml	0/ ml
Pseudomonas A.	---	0/100 ml	0/100 ml
Celkový uhlík (TOC)	---	3/100 ml	2,8/100 ml
pH	9,5	10,79	10,36
Vápník			22,4 mg/l
Hořčík			<0,5 mg/l
Vodivost při 25 °C	2790 µs/cm		215 µs/cm
Měď	2 mg/l		0,008 mg/l
Vápník			22,4 mg/l
Hořčík			<0,5 mg/l
Vodivost při 25 °C	2790 µs/cm		215 µs/cm
Měď	2 mg/l		0,008 mg/l

Tab. č. 7 Výsledky analýz srážkové vody a srážkové vody po úpravě systémem AS-GWAQUALOOP (Bartoník, 2016)

Protože ne vždy jsou vhodné podmínky pro využití výhradně srážkových vod, či pro využití srážkových vod vůbec, lze tento systém také použít k recyklaci vody ze sprch, van a umyvadel, tedy k využití šedých vod (Bartoník, 2016).

4.2.4 Využití šedých vod

S odpadní vodou bylo odjakživa nakládáno jako s nevyužitelným odpadem. Postupem času se způsob nakládání s těmito vodami vyvíjel, a to přes jejich odvádění mimo osídlené oblasti až po jejich soustředění do jednoho místa (ČOV), kde dojde k jejímu „vyčistění“ a „zneškodnění“ svedením do vodního toku. Nicméně v posledních letech se tento postoj k odpadní vodě mění, a to nejen v oblastech, kde je pitné vody nedostatek. Spolu se stupňujícími se nároky na likvidaci odpadních vod, se zásluhou moderních technologií zvyšuje i jakost vyčištěné vody, a tak se namísto termínu „wastewater“ (odpadní voda) začínají rozmáhat termíny vzešlé z nového přístupu k hospodaření s odpadní vodou, jako „water reuse“, „water reclamation“ či „water recycling“ (Šrámková a kol., 2010).

Jak již bylo řečeno, šedou vodou je myšlena splašková odpadní voda neobsahující fekálie ani moč, tedy voda odtékající ze dřezů, myček, van, sprch, umyvadel a podobně. Předmětem zájmu je ale především šedá voda pocházející z koupelen, kterou je po příslušné úpravě možné využívat jako vodu užitkovou pro splachování toalet, pisoárů, zálivku zahrad atd. Tento přístup jednoznačně vede k dosažení tzv. udržitelnosti, tedy k jednomu ze současných požadavků na novou výstavbu, kdy je kladen důraz na odpovědné hospodaření se zdroji, jako je energie a voda (Šálek, 2012). Koncept znovuvyužití odpadní vody tak přináší sníženou spotřebu vody pitné a zároveň nižší produkci vody odpadní, což se vyplatí především tam, kde je o vodu nouze či je problém s likvidací vody odpadní a musí se odvážet. K ekonomickému zefektivnění dojde především spojením s recyklací tepelné energie šedých vod. Ještě výhodnější je použití tohoto konceptu v objektech, kde se hospodaří s většími objemy teplé vody, tedy např. ve wellness centrech, bazénech apod. Vhodné je také tyto systémy spojit s již zmiňovanými systémy pro využívání vody srážkové.

Šedé vody tvoří až 55 % celkové produkce odpadních vod v domácnosti. Za zhodnocení stojí, zda je vhodné do systému recyklace zahrnout i vody pocházející z kuchyní a praní, které kvůli svým vyšším nárokům na úpravu celý systém prodraží. Šedé vody, které tak pocházejí výhradně z koupelnových umyvadel, van a sprch představují cca 29 až 34 % z celkové produkce odpadních vod. Objemy produkované šedé vody na jednoho EO za den samozřejmě kolísají dle konkrétního místa jejich vzniku, stejně tak, jako denní spotřeba užitkové vody, na kterou se dimenzují nádrže šedé vody (Plotěný a kol., 2015).

4.2.4.1 Nádrž na šedou a bílou vodu

Jak již bylo zmíněno, objem nádrže pro šedou vodu se navrhuje na denní spotřebu užitkové vody, na rozdíl od nádrže pro srážkovou vodu, která se dimenzuje na 2 až 3 týdny bezdeštného počasí, s přihlédnutím k intenzitě využívání užitkové vody v objektu a případně k počtu dní, ve kterých se zalévá zahrada (Plotěný a kol., 2015). Zrovna tak, jako dešťové zásobníky, mohou být i nádrže na šedou vodu umístěny buď uvnitř budovy, či venku pod terénem (Plotěný, 2013).

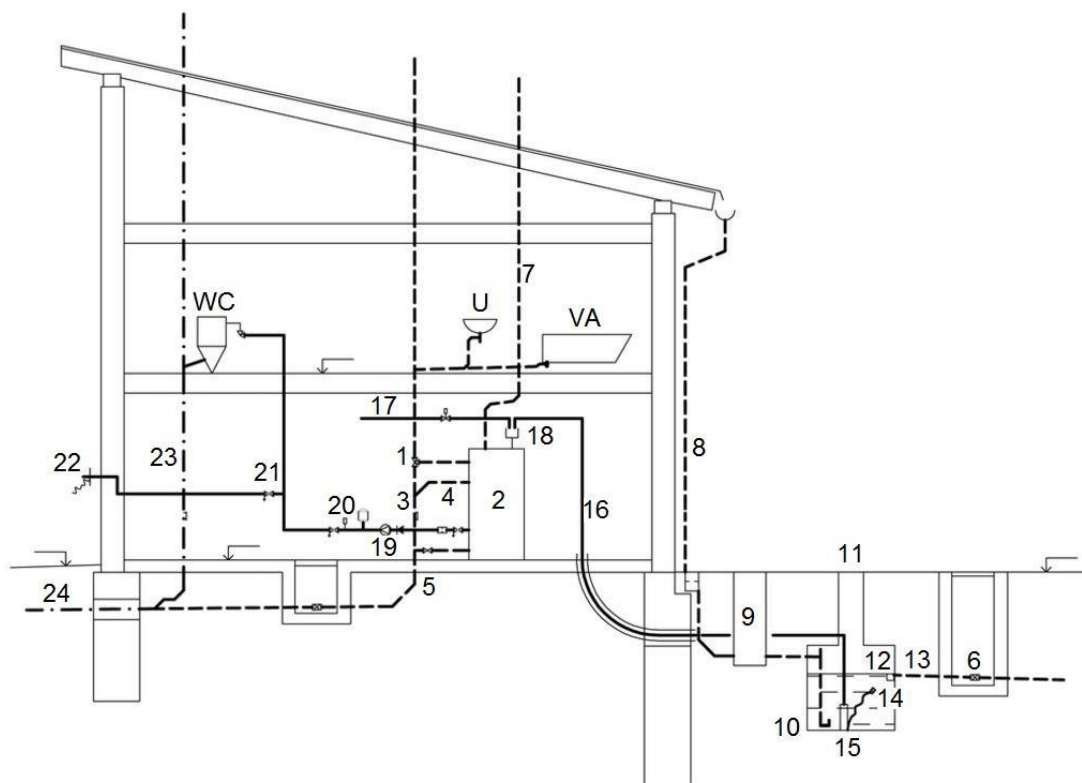
V případě, že samotný výrobce nestanoví jinak, musí být nádrž na šedou vodu, která je situovaná uvnitř budovy, vybavena uzavíratelným vstupem, potrubím pro přívod šedé vody, bezpečnostním přelivem a potrubím pro vypouštění s uzavírací armaturou napojeným přímo na vnitřní kanalizaci. Dále musí být nádrž vybavena odběrem šedé vody do čistírny, ventilačním potrubím a případně také zařízením pro sledování úrovně hladiny vody.

V případě, že samotný výrobce nestanoví jinak, musí být nádrž na šedou vodu situovaná mimo budovu pod úrovní terénu, vybavena uzavíratelným vstupem, potrubím pro přívod šedé vody, bezpečnostním přelivem napojeným přímo na vnitřní kanalizaci, odběrem šedé vody do čistící jednotky, ventilačním potrubím a případně potrubím pro vypouštění s uzavírací armaturou napojeným na vnitřní kanalizaci a eventuálně zařízením pro sledování úrovně hladiny vody.

Dalším obecným požadavkem na tyto nádrže je, že musí být vybaveny obtokem, sloužícím pro odvod šedé vody do vnitřní kanalizace, dojde-li k odstávce a veškerá potrubí, směřující do/z nádrže, nesmí v žádném případě dovolovat únik nebo rozstřík vody do okolí.

Šedá voda je z nádrže vedena na čistící jednotku a po jejím vyčištění je akumulována v nádrži na vodu bílou. I v tomto případě, pokud výrobce nestanoví jinak, musí být nádrž vybavena uzavíratelným vstupem, bezpečnostním přelivem a potrubím pro vypouštění s uzavírací armaturou napojeným na vnitřní kanalizaci, ventilačním potrubím, sacím potrubím automatické čerpací stanice a eventuálně zařízením pro sledování úrovně hladiny vody. Samozřejmostí pro nádrže na šedé i bílé vody, by měla být zpětná armatura a zápachová uzávěrka doplňující vypouštěcí potrubí a bezpečnostní přeliv nádrže (Plotěný, 2013).

V případě nedostatečného množství šedé vody pro pokrytí spotřeby vody užitkové je tento deficit opět možné dorovnávat pitnou vodou, avšak jak již bylo zmíněno, neekonomičtější řešením je tento systém recyklace šedé vody kombinovat se systémem pro použití vody srážkové (viz obr. č. 13) (Plotěný a kol., 2015).



1 – vnitřní kanalizace odvádějící šedé vody, 2 – zařízení pro akumulaci a úpravu/čištění šedé vody a akumulaci vody bílé, 3 – obtok, 4 – bezpečnostní přeliv, 5 – vypouštění, 6 – zpětná armatura, 7 – větrací potrubí, 8 – dešťová kanalizace, 9 – filtr na dešťovou vodu, 10 – uklidněný přítok dešťové vody, 11 – nádrž na dešťovou vodu, 12 – zápachová uzávěrka, 13 – bezpečnostní přeliv, 14 – sací koš s plovákem, 15 – ponorné čerpadlo, 16 – potrubí pro doplňování dešťové vody, 17 – potrubí pro doplňování pitné vody, 18 – doplňování pitné a dešťové vody přes volný výtok, 19 – automatická tlaková čerpací stanice, 20 – tlakový spínač, 21 – vnitřní vodovod provozní vody, 22 – výtoková armatura užitkové vody, 23 – vnitřní kanalizace černé vody, 24 – splašková vnitřní kanalizace

Obr. č. 13 Příklad systému na využití šedé vody spolu se systémem na využití vody srážkové (Plotěný, 2013)

4.2.4.2 Možnosti čištění a recyklace šedých vod

Výběr technologie čištění a vhodné sestavy zařízení se odvíjí od množství vyprodukované šedé vody, které je závislé především na počtu obyvatel a samozřejmě od míry jejich znečištění a požadavcích na výslednou kvalitu. Jak již bylo několikrát zmiňováno, kuchyňské vody ze dřezů a myček nádobí jsou pro recyklaci podmíněně použitelné, a to kvůli jejich výraznému zatížení vyšším obsahem zbytků potravin. Za zvážení tedy stojí, zda nevyužívat pouze vody z umyvadel, van a sprchových koutů, které jsou díky svému nižšímu znečištění pro recyklaci vhodné. V každém případě je nutné brát na vědomí, že pokud mají být šedé vody využívány, je tomu třeba jít naproti a namísto používání nejrůznějších chemických látek, bělidel, čistících prostředků apod., přistoupit k používání pracích a čistících prostředků bez fosfátů, tedy šetrných k životnímu prostředí (Raclavský a kol., 2012).

Dostupných technologií pro čištění šedých vod je nepřeberné množství, a to od prostých dvoustupňových procesů zahrnujících hrubou filtraci a dezinfekci až po propracované fyzikální, fyzikálně – chemické a biologické procesy. Jednoduché dvoustupňové technologie nejčastěji zahrnují filtraci přes nerezové síto a dezinfekci chlórem či UV zářením. Oba způsoby dezinfekce však přináší jistá úskalí, kdy při aplikaci sloučenin chlóru (vyjma ClO_2) existuje nebezpečí vzniku chlorovaných uhlovodíků či chloraminu a vyšší koncentrace nerozpuštěných látek, pro šedé vody často typická, zase omezuje použití UV záření (Bartoník, 2012).

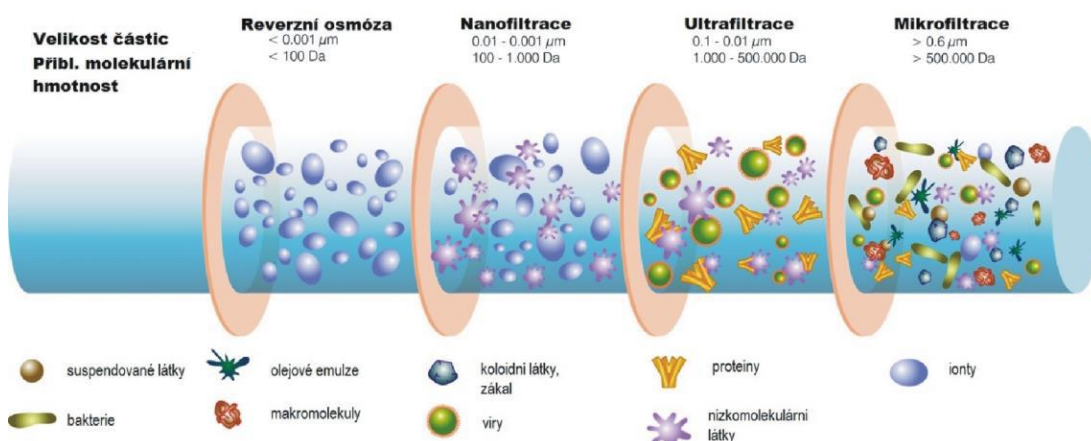
Navzdory tomu je chlór pro svou nízkou cenu velice dostupným dezinfekčním činidlem. Je však nutné ho aplikovat v dostatečném množství, a především dodržovat potřebnou reakční dobu tak, aby bylo docíleno požadované jakosti vody. Obsah chlóru pak příznivě působí i na další procesy, např. zamezuje vzniku povlaků v rozvodech vody a také pomáhá předcházet sekundárnímu růstu mikroorganismů. Pokud to podmínky dovolují, je velice účinným způsobem hygienizace již zmiňované UV záření, které pracuje na principu narušování struktur buněčné stěny, čím dochází k zamezení reprodukce. Efektivnost tohoto procesu je závislá na intenzitě záření a době expozice. Z důvodu omezeného průniku záření vodným prostředím s ohledem na zmiňovaný obsah nerozpuštěných látek je vhodné, aby byla voda ozařována v tenkém filmu. Další možností dezinfekce je ozonizace, kdy je ozon opravdu silným oxidačním činidlem, tudíž je při ničení virů a bakterií velice účinný. Metody UV záření a ozonizace se však vyznačují relativně vysokou finanční náročností, ačkoliv metoda

UV záření se v současné době stává nejrozšířenější dezinfekční metodou (Šrámková a kol., 2010).

Proti tomu se **fyzikální procesy**, jako je filtrace (náplňové filtry, filtrační lože, pískové filtry) nebo v současné době nejvyužívanější membránová filtrace, vypořádají se zatížením bakteriocidních látek (např. bělících činidel), které by mohly mít značný vliv na následující biologické procesy a zároveň jsou schopny produkovat vyčištěnou vodu nejvyšší kvality. Těmto procesům předchází náležitě předčištění, aby se zabránilo častému zanášení filtrů. Protože fyzikální procesy čištění nejsou schopny řešit organickou složku šedé vody, jsou z tohoto důvodu obvykle doplněny koagulací, adsorpcí, procesy iontové výměny či zmiňovanou ozonizací.

Zmiňované membránové filtrační technologie zahrnují metody, jejichž použitím lze docílit vysoké kvality vyčištěných šedých vod, a to díky jejich schopnosti odstranit zbytkové polutanty a zároveň vodu hygienizovat. Dle průměru pórů filtru lze rozdělit membránové technologie následovně (viz. obr. č. 14):

- *Mikrofiltrace (MF)*, průměr pórů od 0,1 do 1 μm , dokáže zachytit většinu částic velikosti bakterií,
- *Ultrafiltrace (UF)*, průměr pórů od 0,01 do 0,1 μm , separuje bakterie, viry a větší molekuly,
- *Reverzní osmóza (RO)*, spojuje filtraci a elektrochemickou interakci mezi polutantem a membránou, umožňuje tak zachytit i volné ionty a docílit tak demineralizované vody,
- *Nanofiltrace (NF)*, funguje podobně jako reverzní osmóza, avšak pracuje při nižším tlaku, a proto i stupeň zachycení je nižší (Šrámková a kol., 2010).



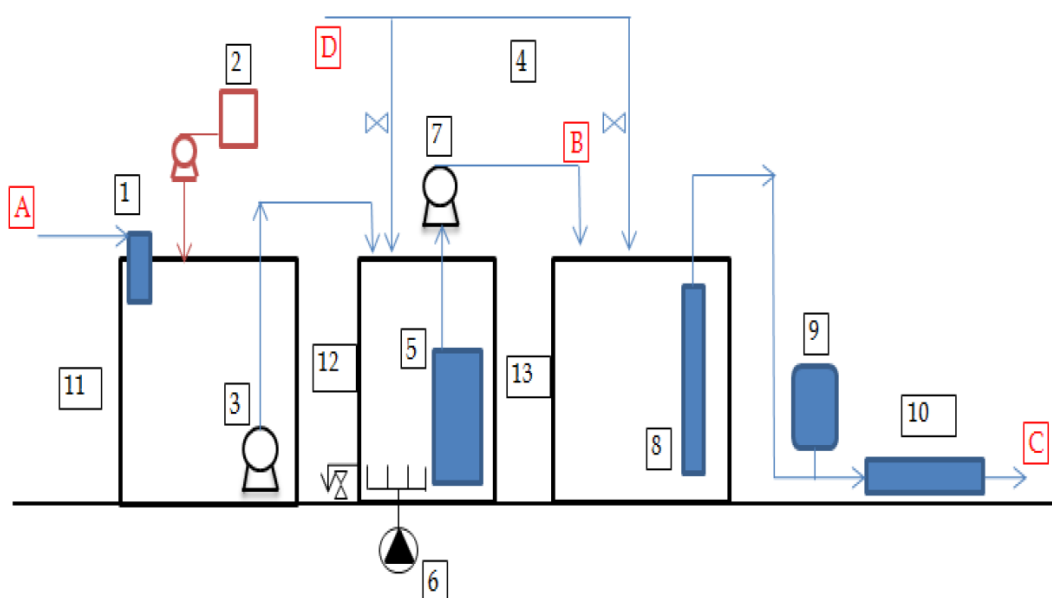
Obr. č. 14 Rozdělení membránových filtračních technologií (Asio.cz, 2012)

Jak již bylo naznačeno, po procesu membránového čištění obvykle následuje **biologický proces**, kterým mimo osvědčené aktivační procesy může být také filtrace přes biofiltry. Spojením fyzikálních procesů s biologickými lze docílit i těch nejpřísnějších požadavků na recyklovanou vodu (Bartoník, 2012). Biologická fáze čištění může tedy probíhat aerobně nebo také anaerobně v biologických reaktorech či půdních filtrech. Aerobní technologie čištění šedých vod je vyhovující především pro vody pocházející z koupelen, tedy ze sprch, van, umyvadel a praní. Čištění pomocí půdního filtru je žádoucí tam, kde je produkce šedých vod vyšší, a tedy u vod pocházejících ze sociálních zařízení veřejných prostor. Jiný způsob čištění probíhá v aktivačních nádržích, kde dochází k biologickému odstraňování nutrientů (nitrifikaci a denitrifikaci) a eventuálně k chemickému srážení fosforu. K biologickému čištění dochází pomocí membránových modulů, které jsou umístěny v bioreaktoru. V případě, že jsou šedé vody zatíženy zbytky potravin, je vhodné zvolit anaerobní systém čištění, jehož montáž se od obvyklého systému nijak zvlášť neliší, avšak voda vyčištěná tímto způsobem je výrazně kvalitnější a tím pádem tolik nezatěžuje životní prostředí. Nejlépe by toto zařízení mělo zahrnovat třístupňový septik, nádrž na kal a lapák tuku. Protože je šedá voda odtékající ze septiku anaerobní, je do dalšího postupu zařazen pískový filtr s geotextílií nebo biologická jednotka pro znovunavrácení aerobních podmínek. Následnou hygienizaci vody může zabezpečit např. již zmiňované UV záření (Raclavský a kol., 2012).

Ze šedé vody se po jejím vyčištění stává voda bílá, která se akumuluje v nádrži, kde čeká na své opětovné využití, kterým je nejčastěji splachování toalet, kropení zahrad či eventuálně praní. Pokud jde o závlahu zahrady, zde je nutné následovat normu ČSN 75 7143 (Jakost vody pro závlahu). Pro účelnou závlahu je dobré, aby aplikovaná bílá voda obsahovala některé soli zahrnující především nutrienty a nejlépe v nějakém patřičném poměru, aby se zamezilo škodlivým až toxickým účinkům na rostliny. V případě, že by používaná voda obsahovala vysoké koncentrace bóru, zinku, sodíku, hliníku či měla pH vyšší než 9, mohlo by docházet k podstatným negativním účinkům na vlastnosti půdy (Bartoník a kol., 2012).

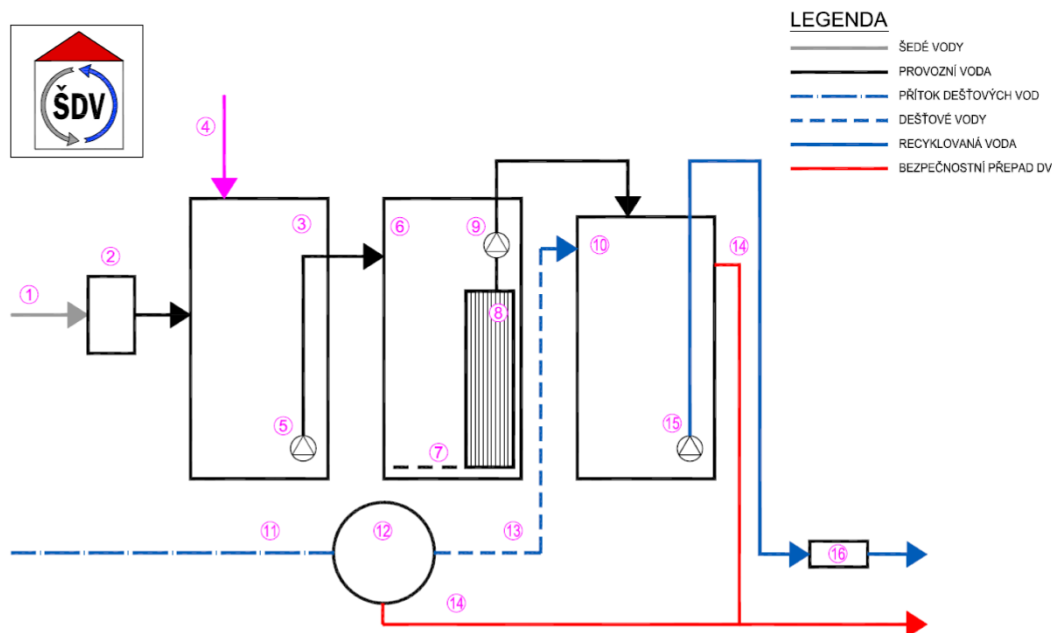
Membránový bioreaktor (MBR)

Dříve byly pro čištění šedých vod hojně využívány systémy sestávající z MBBR (aktivace s vloženým plovoucím nosičem), pískového filtru a UV zařízení. V současné době je nejvíce využíván systém složený z MBR reaktoru a UV zařízení pro hygienické zabezpečení. Příklad takového systému s doplňováním pitné vody je uveden na obrázku č. 15, na obrázku č. 16 je znázorněn podobný systém, avšak s doplňováním vody srážkové (Plotěný a kol., 2015).



1 – jemné síto, 2 – dávkování NaOH, 3 – přečerpávání šedé vody do reaktoru, 4 – přívod pitné vody, 5 – membránový modul, 6 – dmýchadlo, 7 – čerpadlo permeátu, 8 – ponorné čerpadlo ATS, 9 – membránová tlaková nádoba, 10 – UV lampa, 11 – vyrovnávací nádrž šedých vod, 12 – reakční nádrž, 13 – akumuláční nádrž vyčištěné vody, A – šedá voda, B – permeát, C – vyčištěná šedá voda do spotřebiště, D – pitná voda

Obr. č. 15 Schéma uspořádání zařízení s doplňováním vody pitné (Bartoník a kol., 2012)



1 – přítok šedých vod, 2 – mechanické předčištění, 3 – vyrovnávací nádrž, 4 – dávkování chemikálií, 5 – čerpadlo, výtlač do biologie, 6 – biologická jednotka, 7 – aktivace, 8 – jednotka MBR, 9 – čerpadlo, výtlač do akumulace, 10 – akumuláční nádrž, 11 – přítok dešťových vod, 12 – akumuláční nádrž dešťových vod, 13 – odběr dešťových vod do akumulace, 14 – bezpečnostní přepad do kanalizace, 15 – automatická tlaková stanice, 16 – hygienické zabezpečení

Obr. č. 16 Schéma uspořádání zařízení s doplňováním vody srážkové (Raclavský a kol., 2012)

Technologie MBR kombinuje tradiční biologické čištění s membránovou filtrací. Výhodou této metody čištění odpadních vod je, že membrána zamezuje průchodu biomasy, nerozpuštěných látek a také bakterií a virů, což umožňuje značné zlepšení kvality vyčištěné odpadní vody. Rozpuštěné organické látky, jako jsou např. dusičnany, dusitany apod., však membrána zachytit nedokáže, a pokud voda obsahuje jejich vyšší koncentrace, dochází k zarůstání membrán a ke zkracování doby jejich regenerace. Aby k tomuto nedocházelo, je vhodné zajistit kvalitní biologickou aktivaci, díky níž lze rozpuštěné organické látky v podobě aktivovaného kalu membránou zachytit. Předpokladem účinné ČOV s membránami je tedy správně fungující biologie (Plotěný, 2007).

Biologická fáze čištění využívá pro odbourávání organického znečištění dosazené kultury mikroorganismů, a to především bakterií. Tyto mikroorganismy rozkládají a odstraňují organické nežádoucí znečištění v rámci svých životních procesů tak, že ho přeměňují na biologické vločky. Tento proces je velice složitý a

zahrnuje řadu reakcí. Rychlost procesu se navíc odvíjí od množství faktorů, např. od obsahu kyslíku, pH, teploty čištěné vody, druhu znečištění a přítomnosti toxických látek, použité metody čištění a velikosti částic obsažených v šedé vodě. Při biologickém procesu čištění se odbourá pouze takové množství živin (solí, dusíku a fosforu), jaké může být navázáno do buněčné hmoty. Jak již bylo řečeno výše, biologické čištění může probíhat aerobně, či anaerobně za nepřítomnosti kyslíku. Nejpoužívanějším způsobem biologického čištění je aktivace, která probíhá za přístupu kyslíku. Směsná kultura mikroorganismů, neboli aktivovaný kal, v čištěné vodě utváří volně suspendované vločky. Aby mohl tento děj probíhat, je nutné zajistit intenzivní provzdušňování vody v nádrži přívodem stlačeného vzduchu. V průběhu aktivace dochází ke koagulaci a sorpci suspendovaných a koloidních látek na shlucích mikroorganismů (vločkách) tvořících směsnou kulturu. Proces odbourávání rozpuštěných organických látek je složitější (difúze, sorpce, koagulace). Organické látky jsou zároveň účinkem enzymů rozkládány na vodu a oxid uhličitý (Dolejš, 1996). Po biologické fázi čištění je aktivovaný kal od čištěné vody bezproblémově separován pomocí již zmiňované membránové filtrace (Bartoník a kol, 2012).

Druhy membránových filtrací byly již specifikovány a znázorněny na obrázku č. 14 výše. Z těchto druhů jsou však pro účely recyklace šedých vod nejvíce využívány procesy mikrofiltrace (MF) a ultrafiltrace (UF). Membránové filtrační systémy zajišťují fyzikální desinfekci vody díky sítové separaci organismů, jejichž velikost je větší než velikost pórů membrán. Částice menší než póry použité membrány, pak logicky prochází do čisté vody nebo permeátu. Membránová filtrace tak zajišťuje také desinfekci vody a nemusí být použita žádná chemická činidla. Stanovení velikosti pórů a jejich rozmístění na povrchu membrány je významným faktorem pro efektivní odstranění mikroorganismů. Protože základní funkcí ultrafiltrace je zachycování makromolekul, je velikost pórů membrány často označována parametrem MWCO (Molecular Weight Cut-Off) s jednotkou Dalton (Da; g/mol). Tento údaj udává molární hmotnost nejmenší složky, která je přinejmenším z 90 % zachycena. Ultrafiltrací jsou zachyceny viry, které mají zpravidla velikost 10 až 100 μm a také bakterie, jejichž průměrná velikost je 1 až 10 μm . Oproti tomu mikrofiltrace dokáže zadržet malé bakterie jako je *Pseudomonas diminuta*, avšak viry propouští. Velikosti pórů se liší dle různých výrobců, a tak je při výběru membrán třeba dávat pozor a spolehlivě znát velikost jejich pórů se zřetelem na použití technologie (Asio.cz, 2012).

Transport čištěné vody přes filtry při ultrafiltraci a mikrofiltraci zajišťuje transmembránový tlak, který se pohybuje mezi -0,5 až 3,5 bary. Podtlak je aplikován

v systémech, kde jsou membrány ponořeny v nádrži s čištěnou vodou a čerpadlo tvořící podtlak situováno na straně permeátu. Tato sestava je obvyklá právě pro membránové bioreaktory pro čištění odpadních vod. V podstatě platí, že se potřebný tlak pro membránovou filtraci zvyšuje spolu se snižující se velikostí pórů membrán. Příčinou je vyšší odpor membrán při dané filtrační rychlosti (tzv. flux), která je definována jako objem permeátu (vzniklé směsi po průchodu membránou) protékající za jednotku času jednotkou povrchu membrány ve směru transportu. Filtrační rychlost, tedy flux ultrafiltrace, se pohybuje mezi 50 l/m².h až 1000 l/m².h. Vysoký flux tedy logicky znamená nižší náklady za membrány, díky potřebě menší filtrační plochy, avšak s tím související zvýšené zanášení filtru a nutné čištění navyšuje provozní náklady. Optimální flux a vhodnou metodu předčištění pomůže stanovit provedení poloprovozní zkoušky s reprezentativním vzorkem čištěné vody (Asio.cz, 2012).

Konkrétním řešením umožňujícím velice ekonomickou úpravu šedé vody, může být systém *AS-GW/AQUALOOP*, který byl zmiňován již v souvislosti s vodou dešťovou, kterou lze pomocí membránové vestavby tohoto systému upravit tak, že dosáhne kvalit vody pitné. Firma ASIO, spol. s.r.o. tento koncept využívání srážkové vody zrealizovala (demonstrační projekt v belgickém La Calamine) a dovybavila tímto systémem již stávající dům (viz. kapitola 4.2.3. Využití srážkové vody jako vody pitné). Protože však v tomto konkrétním projektu bylo potřeba pokrýt spotřebu vody 4členné domácnosti a pouze srážkové vody by toto kritérium nesplnily, byl tento systém doplněn systémem recyklace šedé vody. Kombinací dešťové a šedé vody tak bylo dosaženo pokrytí téměř celé spotřeby této konkrétní domácnosti, která je přibližně 100 m³ vody za rok. Použitý systém recyklace šedé vody zahrnuje šedou vodu pocházející z koupelen, tedy lehce znečištěnou vodu z osobní hygieny. Tato voda je odváděna do čistícího systému (*AS-GW/AQUALOOP*) a po vyčištění je opět použita, a to pro splachování toalet. Rozdíl mezi zařízením na úpravu srážkové vody a zařízením na čištění vody šedé je v použití dvou menších nádrží, jejichž objem postačuje pro pokrytí spotřeby na splachování toalet během jednoho dne. Princip použitého řešení je následující. Po mechanickém přečištění šedé vody je voda biologicky čištěna v nádrži s provzdušňováním. Směsná kultura mikroorganismů utváří volně suspendované vločky, které jsou následnou mikrofiltrací na membránové stanici odstraněny. Mikrofiltrace zároveň zajistí potřebnou hygienizaci a takto vyčištěná voda vyhovuje limitům pro vodu na koupání. Vyčištěná voda je následně akumulována ve druhé nádrži a za pomoci systému jednotky s čerpadlem (*AS-RAINMASTER ECO*) je vedena do rozvodné sítě k toaletám (Bartoník, 2016).

4.2.4.3 Vnitřní kanalizace a vodovod užitkové vody

Při konceptu hospodaření se srážkovými a šedými vodami v budovách se řešení vnitřního vodovodu a kanalizace liší od konvenčního způsobu navrhování těchto rozvodných systémů (Raclavský a kol., 2012).

Pro vnitřní gravitační kanalizaci je platná ČSN EN 12056-1 až 5 a dále ČSN 75 6760 pro kanalizaci v rámci nemovitosti, a tedy i vně budov. Oddělení odvodu šedé a černé vody je řešeno v ČSN EN 12056-2 v systému vnitřní kanalizace č. IV. Tento systém uvažuje použití dvojího odpadního potrubí, kdy jedno potrubí odvádí černé vody z toalet a pisoárů, a to druhé vody šedé ze všech ostatních zařizovacích předmětů. Vnitřní kanalizace pro odvádění šedé vody do procesu čištění i odvod přebytečné vody z přepadu nádrže, stejně jako všechny nádrže, musí být odvětrány (Bartoník a kol., 2012). U potrubí svádějícího vodu z koupelen je možné instalovat lapák vlasů a u potrubí z kuchyní síto či filtr, aby se zabránilo vnosu tohoto znečištění do čistící jednotky šedých vod (BSI, 2010).

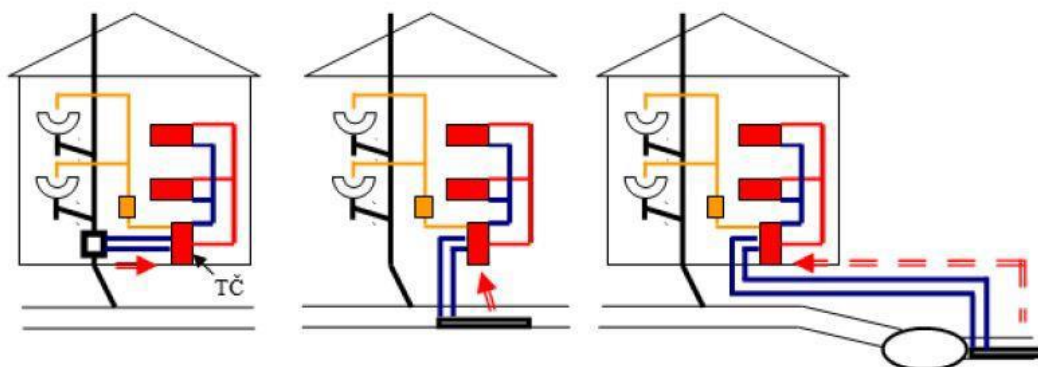
Vyčištěním šedé vody vzniká voda bílá, která je dále používána jako užitková, nikoliv pitná. K jejímu rozvodu do spotřebiště proto slouží vodovod užitkové (provozní) vody. Pro navrhování, provádění a zkoušky vnitřních vodovodů jsou k dispozici dvě základní normy, a to ČSN EN 806 (Vnitřní vodovody pro rozvod vody určené k lidské spotřebě) a ČSN EN 75 5409 (Vnitřní vodovody) (Vrána, 2013). ČSN EN 806-4 upozorňuje na povinnost řádného označení armatur, především těch výtokových, a vodovodu užitkové vody. Náležitosti pro toto označení spolu se symbolem pro nepitnou vodu jsou součástí ČSN EN 806-2. Systém zásobování užitkovou vodou tedy musí být důkladně označen zřetelným nápisem „Nepitná voda“ či zmiňovaným symbolem tak, aby si kdokoliv provádějící údržbu tohoto systému či samotní uživatelé označení všimli a byli si vědomi, že zde není pitná voda (viz obr. č. 17). Rozvodné potrubí užitkové vody nesmí být v žádném případě přímo spojováno s potrubím pro rozvod pitné vody. V případě nedostatku šedé vody v systému je možné tento deficit dorovnat vodou pitnou. Při technickém řešení tohoto doplňování je nutné vodovod pitné vody chránit proti případnému zpětnému toku šedé vody a kontaminaci vody pitné podle ČSN EN 1717 (Bartoník a spol., 2012).



Obr. č. 17 Symbol nepitné vody (ČSN EN 806-2, 2005)

4.2.5 Využití tepla z odpadních vod

Zařízení pro zpětné využití tepelné energie z odpadních vod můžeme instalovat na několika místech trasy kanalizace a podle toho je i rozdělit. Na zařízení instalovaná v budovách, v místě odtoku z budovy a zařízení instalovaná ve stoce, a to především jako součást ČOV (viz obr. č. 18). Každé z uvedených řešení má své výhody a nevýhody, a tak musí být vždy přizpůsobeno podmínkám v místě. Zařízení instalovaná v budovách nebo na výtoku z budovy jsou závislá na množství odpadních vod. U menších objektů je odvod odpadních vod velice proměnlivý a přerušovaný, proto se navrhuje především do veřejných budov jako jsou hotely či nemocnice, větších průmyslových výrobních objektů, nebo koupališť s termální vodou či aquaparků apod. Jejich výhodou je naopak možnost využití jednoduchých technických zařízení, např. klasických výměníků, které však mají nižší účinnost, a tedy výsledný efekt. Další výhodou je spojení s konkrétním objektem, a tedy využití získané energie přímo v místě.



Obr. č. 18 Místa možného odběru tepelné energie z odpadní vody a využití tepla za pomoci čerpadla (Plotěný a kol., 2015)

Zatímco zařízení instalovaná v budovách a na výtoku z budovy jsou v ČR již využívána, zařízení instalovaná ve stokách nikoliv. Hlavní součástí těchto řešení je tepelné čerpadlo, což přináší několik problémů. Takovéto zařízení na hlavní či vedlejší stoce musí být někde umístěno a musí k němu být zajištěn běžný servisní přístup, nesmí ovlivňovat daný průtok stoky, tedy kapacitu potrubí a způsobovat ukládání nerozpuštěných látek. Vzniká tak problém s umístěním především v zastavěné oblasti a obecně s vlastnickými vztahy, kdy pozemky patří více vlastníkům (Plotěný a kol., 2015).

4.2.5.1 Získávání a využití tepla z šedých vod přímo v budově

Šedá voda vzniká především v sociálních zařízeních, umývárkách, a jedná se tedy o vodu teplou. Možnost a vhodnost instalace systému na recyklaci a využívání tepla je však třeba řešit vždy konkrétně na daný objekt, kde je třeba posoudit právě jejich teplotu, množství odpadních vod a cyklus jejich vzniku. Ekonomická výhodnost instalace zařízení na recyklaci tepla je přímo úměrná s efektivitou takového zařízení. Takto získaná tepelná energie je zpětně využita pro ohřev užitkové vody (TUV), provozní vody, nebo pro potřeby vytápění budovy. Tím se může výrazně podílet na celkových provozních nákladech při zajištění teplé užitkové vody či vytápění (Bartoník, 2012).

Ohřátím studené pitné vody vzniká nepitná teplá užitková voda (TUV), která je určena k jednorázovému použití, spotřebě. Označení teplá voda (TV) se využívá pro specifikaci teplé vody v uzavřeném okruhu, tedy kolující v otopném systému. Teplá voda (TV) není, na rozdíl od teplé užitkové vody (TUV), určena k užívání (Jelínek, 2003).

Dalším důležitým faktorem pro posouzení vhodnosti využití zařízení pro recyklaci tepla je množství šedých vod. Běžná domácnost v rodinném domě vyprodukuje cca 55-111 l/EO/den, tedy cca 220-444 l/den, při uvažovaném počtu 4 obyvatel. V hotelu s wellness službami, bazénech apod., je možné uvažovat s produkcí šedých vod až 400 lit./EO/den. Dalším důležitým faktorem při zvažování recyklace je teplota vypouštěných šedých vod, která se zpravidla pohybuje od 18 do 35 °C. Všechna zařízení pro recyklaci tepla z šedé vody mají bezpečnostní přepad, který odpouští přebytek vody do kanalizace, což je velice prospěšné pro fungování čističek

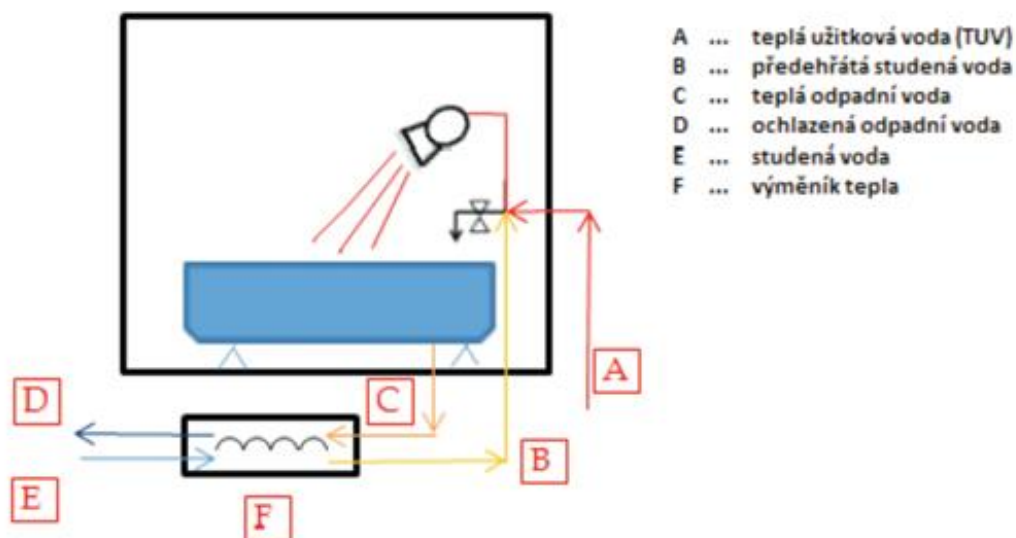
odpadních vod na stokových sítích, kdy má teplota vody příznivý vliv na čisticí proces. Využití tepla při zpracování šedých vod má v ČR zatím malé využití, avšak již vznikají první realizace (Plotěný a kol., 2015).

Obecně lze způsob získávání tepla z šedých vod rozdělit na lokální a centrální systém, a to především v souvislosti s množstvím šedých odpadních vod. Lokální systém je vhodné navrhnout tam, kde je těchto vod méně a je třeba volit investičně méně náročnou metodu získávání tepla. Ta probíhá v relativně levných výměnících, které podporují okamžitou spotřebu a které jsou nenáročné na zabudování do stavby a jejichž velikost a tvar se navrhuje s ohledem na konkrétní stavbu. Naopak centrální systémy se navrhuje ve větších provozech, kde je množství odpadních šedých vod větší a lze tak zpětně získat i vyšší teplotu, kterou lze úspěšně akumulovat. Vychlazená odpadní voda je pak odváděna do kanalizace. Oba tyto systémy jsou navrhovány na konkrétní provozy pomocí počítačového modelování tak, aby bylo dosaženo maximální účinnosti při co nejmenších nákladech (Plotěný a kol., 2015).

4.2.5.2 Lokální systémy

Jak již bylo naznačeno, lokální systémy rekuperace tepla z odpadních vod jsou vhodné především pro rodinné domy a malé provozy, kde je množství odpadních vod malé a nepravidelné. Celý systém je navržen tak, aby teplo získané z odpadní vody pomohlo ohřát, resp. předehřát, vodu používanou ve sprchách a umývárkách. Tyto systémy lze navrhnout dvěma způsoby, a to buď jako předehřev pro přímou spotřebu, nebo s akumulací tepla v zásobnících TUV.

Systém pro předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu je takový systém, kdy k předehřevu dochází vždy, kdy dojde k průtoku odpadní vody výměníkem ven z budovy. Předehřátá studená voda tak dosahuje teploty okolo 20 °C a je v systému k dispozici s ohledem na umístění instalace výměníku a délce vedení vodovodu k odběrnému místu. Předehřátou studenou vodu lze využít v okruhu sprch a umyvadel, kde šetří spotřebu teplé užitkové vody (viz obr. č. 19). K úsporám dochází díky jinému míscímu poměru teplé a předehřáté vody oproti standardnímu řešení bez předehřevu (viz tab. č. 8 a č. 9). Tento způsob je u lokálních systému účinnější než akumulace do zásobníku TUV, jelikož výměník lze umístit relativně blízko výtokovým armaturám a nedochází k významným ztrátám na potrubí (Bartoník 2012).



Obr. č. 19 Možné zapojení lokálního systému předehřevu vody pro okamžitou spotřebu (Bartoník a kol., 2012)

Systém s akumulací tepla v zásobníku TUV je takový systém, kdy předehřátá voda je ukládána v akumulčním zásobníku, kde je dohřívána na požadovanou teplotu. Výhodou je možnost využít stratifikace vody do zásobníku, což umožňuje odvádět teplotu do přesného místa v zásobníku, tedy do vrstvy vody se stejnou teplotou (Bartoník, 2012).

Tabulka č. 8 a č. 9 znázorňuje porovnání investic vynaložených na ohřev vody a dosažených úspor při použití předehřevu vody studené různými způsoby ohřevu.

Popis	Jednotka
Spotřeba teplé vody (40 °C)	0,328 m ³ /den
Teplota studené vody v zimě	5 °C
Teplota studené vody v létě	15 °C
Teplota teplé vody	55 °C
Teplota předehřáté vody	20 °C
Spotřeba tepla na ohřev vody (10 °C)	8 100 kWh/rok
Spotřeba tepla na ohřev předehřáté vody (20 °C)	6 285 kWh/rok
Rozdíl	1 815 kWh/rok

Tab. č. 8 Vstupní informace pro kalkulaci (Bartoník a kol., 2012)

Způsob ohřevu vody	Bez předehřevu	S předehřevem	Rozdíl
	Kč/rok	Kč/rok	Kč/rok
Elektřina	17 479	13 870	3 609
Plyn	14 732	12 128	2 604
Tepelné čerpadlo	7 661	6 543	1 118

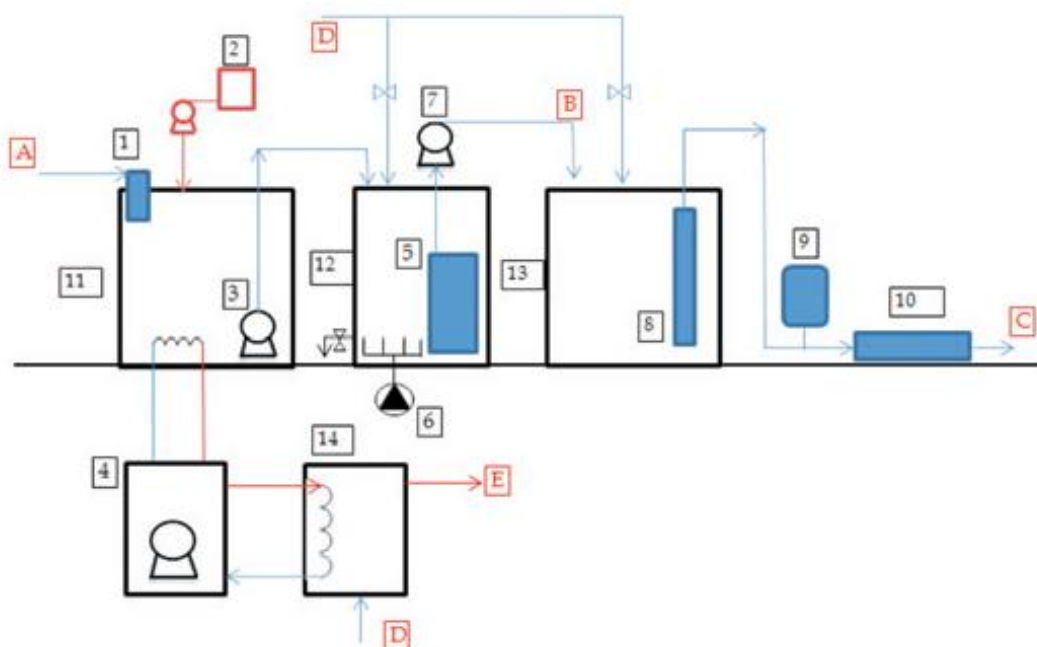
Tab. č. 9 Kalkulace úspor při předehřevu studené vody (Bartoník a kol., 2012)

4.2.5.3 Centrální systémy

Centrální systémy rekuperace tepla je vhodné využívat ve větších provozech, kde je větší množství odpadních šedých vod a kolísavý odběr vody. Systém pracuje na principu využívání tepelného čerpadla, které odčerpá a koncentruje zbytkovou teplotu odpadní vody, která je ukládána do akumulární nádrže. S výhodou se zde jako výměník využívá jednoduchá a finančně nenáročná konstrukce tepelného výměníku z trubek nebo hadic, což vede k úsporám v pořizovacích nákladech. Určitou nevýhodou je nutnost instalace kontrolního zařízení pro zbytkovou teplotu v nádrži, neboť hrozí zamrznutí odpadních vod při odčerpání veškeré tepelné energie. Je tedy nutné neustále hlídat minimální možnou teplotu a průtok akumulární nádrží. Při vyčerpání tepelné energie, tedy překročení minimální možné teploty v nádrži je nutné vyčkat, než dojde k navýšení teploty další odpadní vodou, zajistit odběr z jiného tepelného zdroje či eventuálně k zařízení tepelného čerpadla instalovat zdroj záložní. Další výhodou takového zařízení je díky velké účinnosti tepelného čerpadla možnost využití získaného tepla i do otopného systému. Další výhodou je možnost využití tepelného čerpadla k dodávce tepla i do rozvodu teplovodního vytápění a také k opačné činnosti, tedy vychlazení budovy, a to především v letních měsících. Tato funkce tepelných čerpadel, tzv. bypass, bývá většinou součástí moderních tepelných čerpadel a je již běžně využívána (Bartoník, 2012).

Kombinace využívání tepelné energie šedých vod, spolu s jejím využitím jako vody užitkové představuje maximálně efektivní řešení. Na obr. č. 20 je znázorněno schéma možného uspořádání těchto zařízení. Princip tohoto systému je následující. Šedá voda je po jejím mechanickém přečištění akumulována v nádrži, jejíž součástí je tepelné čerpadlo, pomocí kterého je energie předávána do zásobníku TUV. Přečištěná voda se pak z nádrže čerpá do reaktoru, jehož součástí je membránový modul. Součástí této nádrže je zároveň přívod pitné vody, v případě nedostatku šedé

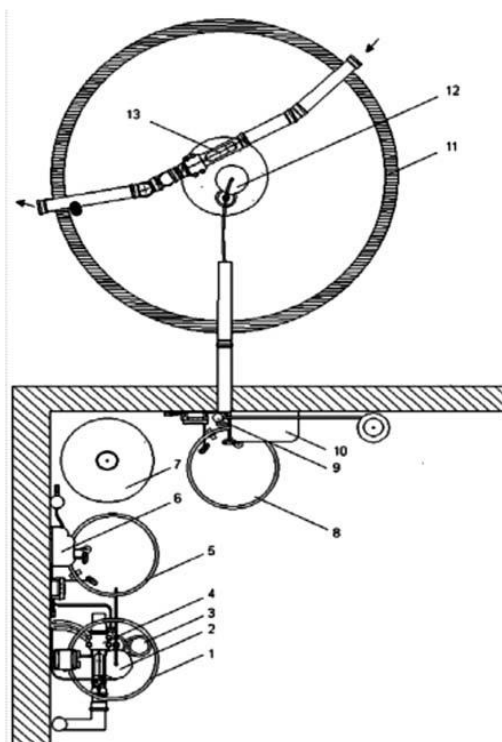
vody. Zde je šedá voda pomocí membrán vyčištěna a vzniklý permeát je dále přečerpáván a akumulován v nádrži již jako voda bílá. Posledním krokem je hygienizace bílé vody za pomoci UV zařízení (Bartoník a kol., 2012).



1 – jemné síto, 2 – dávkování NaOH, 3 – přečerpávání šedé vody do reaktoru, 4 – tepelné čerpadlo, 5 – membránový modul, 6 – dmýchadlo, 7 – čerpadlo permeátu, 8 – ponorné čerpadlo ATS, 9 – membránová tlaková nádoba, 10 – UV lampa, 11 – vyrovnávací nádrž šedých vod, 12 – reakční nádrž, 13 – akumulací nádrž vyčištěné vody, 14 – zásobník TUV
15 – tepelný výměník, A – šedá voda, B – permeát, C – vyčištěná šedá voda do spotřebiště, D – pitná voda, E – teplá užitková voda (TUV)

Obr. č. 20 Schéma uspořádání zařízení na čištění šedých vod a získávání tepla z nich (Bartoník a kol., 2012)

V předchozích kapitolách byla popsána **konkrétní aplikace** zařízení na využití srážkové a šedé vody, ve spojení se systémem *AS-GW/AQUALOOP*. Firma ASIO, spol. s.r.o. tento koncept realizovala v rámci demonstračního projektu v belgickém La Calamine (viz. kapitola 4.2.3. Využití srážkové vody jako vody pitné a kapitola 4.2.4.2. Možnosti čištění a recyklace šedých vod). Součástí již popisovaných technologií, které v tom projektu byly použity je také tepelný výměník umístěný v biologické části čistírny šedých vod. Získaná tepelná energie je využívána k předehřevu upravené srážkové vody, která poté vstupuje do zásobníku TUV. Kompletní systém je tak znázorněn na obrázku č. 21 (Bartoník, 2016).



- 1 Bioreaktor šedé vody, 350 litrů
- 2 Membránová stanice AS-GW/AQUALOOP
- 3 Tepelný výměník v bioreaktoru
- 4 Mechanické předčištění AS-GW/AQUALOOP
- 5 Zásobní nádrž vyčištěné vody, 350 litrů
- 6 AS-RAINMASTER Eco
- 7 Zásobník teplé užitkové vody
- 8 Zásobní nádrž upravené dešťové vody
- 9 UV lampa
- 10 AS-RAINMASTER Favorit SC
- 11 Zásobník dešťové vody, 10 m³
- 12 Membránová stanice AS-GW/AQUALOOP na dešťovou vodu
- 13 AS-PURAIN filtr na dešťovou vodu

Obr. č. 21 Schéma zapojení dešťové a šedé vody (Bartoník, 2016)

Realizace tohoto demonstračního projektu v belgickém La Calamine ukázala, že pomocí systému *AS-GW/AQUALOOP* lze pokrýt téměř celou spotřebu pitné vody jinými zdroji. Nad to bylo prokázáno, že tuto technologii lze snadno instalovat i do již stávajícího rodinného domu. I přesto je však třeba konstatovat, že výhodnější je tyto technologie uvažovat již v samotném projektu stavby nové. Pokud jde o náklady vynaložené na zmiňované technologie a o možnost úspor, je velmi těžké uvedený příklad převést do obecné roviny, protože každý projekt je individuální a zahrnuje odlišné faktory, které je třeba hodnotit. Jde např. o cenu vody či koncepci domu, což jsou faktory, od kterých se odvíjí i doba návratnosti vynaložené investice. Shrnutí výsledků projektu La Calamine vyjadřuje tabulka č. 10 (Bartoník, 2016).

Rodinný dům	La Calamine, Belgie
Plocha střechy	120 m ³
Výnos dešťové vody	cca 90 m ³ /rok
Spotřeba vody pro 4 osoby*	cca 105 m ³ /rok
Spotřeba upravené dešťové vody	cca 70 m ³ /rok
Spotřeba upravené šedé vody	cca 30 m ³ /rok
Celková úspora vody	cca 100 m ³ /rok
Průměrná cena vody v Německu**	5,00 €/m ³
Cena elektrické energie na m ³ upravené vody při ceně 0,23 €/kWh	0,43 €/m ³
Potenciál úspory	4,57 €/m ³
Potenciál tepelného výměníku***	max. výkon 12 kWh/m ³
Úspora tepelným výměníkem	0,23 €/kWh = 2,76 €/m ³
Varianta 1**** Dešťová a šedá voda včetně tepelného výměníku	Investiční náklady cca 15 684,00 € Prostá doba návratnosti 16,73 roků
Varianta 2**** Pouze dešťová voda	Investiční náklady cca 9 621,00 € Prostá doba návratnosti 12,03 roků
Varianta 3**** Pouze dešťová voda – výstavba „svěpomocí“	Investiční náklady cca 7 241,00 € Prostá doba návratnosti 9,05 roků
*Pro srovnání: spotřeba vody v Německu pro 4 osoby je 180 m ³ a v USA pro 4 osoby je 430 m ³	
** Je uvedeno vodné a stočné v jedné ceně	
***Je brán ohřev pomocí elektrické energie	
****Při průměrné spotřebě 125 m ³ /rok	

Obr. č. 10 Výsledky projektu La Calamine, Belgie (Bartoník, 2016)

4.2.6 Závlaha recyklovanou vodou

Závlaha odpadními, nejčastěji však vyčištěnými odpadními vodami je další možností, jak významně omezit spotřebu čisté pitné vody a zároveň minimalizovat produkci odpadních vod. Jde tedy o řešení, které vhodně doplňuje systémy recyklace šedých vod. Navíc zbytkové látky (nutrienty), obsažené v odpadní či vyčištěné vodě ve vhodné koncentraci, pozitivně ovlivňují vývoj a růst rostlin. Odpadní vody od 1 EO (průměrně 150 l) lze za vegetační období využít, v podmínkách České republiky, k závlaze cca 100 m² zatravněné plochy, a to i v případě splnění podmínky bezpečného nevypouštění do podzemní vody (Plotěný a kol., 2015).

Zdrojem závlahové vody tak může být recyklovaná voda z čistících stanic, kterou je možné použít k závlaze okrasných zahrad či ovocných sadů. Při využití recyklované vody je třeba zohlednit zápach a možný výskyt množství mechanických nečistot. Z tohoto důvodu je nutné použít filtrační systém s vysokou účinností a volit uzavřený okruh kapkové závlahy. Tím dojde k zamezení možné kontaminace plodů při použití závlahy rozstříkem, nebo obecně, styku člověka s odpadní vodou. Ať už je

zvolen podzemní systém rozvodů odpadní vody, v malé hloubce cca 5 až 20 cm pod povrchem, nebo rozvod na povrchu, většinou maskován v mulčovací kůře, vždy je nutné mít na paměti vliv klimatických podmínek. Závlaha je v České republice prováděna maximálně v období od jara do podzimu, v zimním období pro tento systém není využití. Zároveň je třeba celý systém navrhnout tak, aby bylo možné jeho jednoduché zazimování, tedy vypuštění, a opětovné spuštění v době vegetace (Plotěný a kol., 2015).

Výhody plynoucí z použití recyklované šedé vody pro závlahy jsou:

- relativně snadné stavební řešení zařízení pro závlahu recyklovanými šedými vodami, které se konstrukčně velmi přibližuje závlahovému zařízením pro závlahu vodou pitnou,
- vysoká hnojivá hodnota odpadní vody má značný vliv na zvýšení výnosů plodin a rychle rostoucích dřevin,
- vysoká čistící schopnost půdního prostředí, především schopnost poutání nutrientů, ovlivňuje zvýšení jakosti vody v krajině, (Šálek a kol., 2012).

5 MOŽNÁ DOTACE PODZEMNÍ VODY

V současnosti jsou velice prosazována a podporována řešení umožňující zadržování vody v krajině, a to hned z několika příčin. Srážkové vody byly v dřívějších dobách jednoduše sváděny do kanalizace. Jakmile však přijde silný déšť, jsou kanalizace a následně ČOV výrazně přetěžovány. Nad to v kanalizaci dojde ke smísení srážkové vody s vodou odpadní a tato směs je pak zbytečně čištěna na ČOV, což navyšuje vynaložené náklady na čištění. Komplikací je i vysoký počet nejrůznějších zpevněných ploch, které brání zasakování srážkových vod, a především podporují jejich rychlý odtok z urbanizovaného území, s čímž je spojené zvyšující se nebezpečí lokálních záplav. Zároveň se tak navyšují průtoky v povrchových tocích, a naopak hladiny podzemní vody klesají, a to globálně. A právě díky těmto důvodům jsou v současné době řešení podporující zasakování nebo umožňující jiný druh využívání dešťové vody přímo na pozemku podporována a často i vyžadována (Plotěný a kol., 2015).

Systémy na využívání srážkové vody a řešení umožňující její zasakování jsou příklady HDV na soukromém pozemku. Využívání srážkové vody např. ke splachování toalet, praní prádla či zalévání zahrady je v první řadě zacíleno na snížení spotřeby pitné vody. Infiltrace srážkové vody pak podporuje tvorbu vody podzemní. Oba tyto způsoby hospodaření s dešťovou vodou mají za cíl, že z pozemku nebude do kanalizace přitékat v nejlepším případě žádná srážková voda (Kabelková a kol., 2009). Řešení umožňující vsakování srážkové vody může systémy pro její využívání vhodně doplňovat, a to např. odvodem přebytečné vody z přeplavu akumulací dešťové nádrže do průsaku. Efektivní zacházení s dešťovou vodou je charakterizováno právě spojením jejího využívání s odvodem vsakováním (Böse 1999).

Podmínky pro použitelnost řešení umožňující zasakování:

- dostatečně propustné půdy,
- musí být dodržovány předpisy a nařízení týkající se ochrany půdy a podzemní vody, např. voda sváděná z kovových střeš z mědi či pozinkovaného plechu musí být před jejím zasakováním upravena na speciálních filtrech,
- dostatečné a vhodné prostorové podmínky pro umístění zasakovacího objektu,
- nízké pořizovací náklady; doprava srážkové vody do zasakovacího objektu, by měla být finančně a technicky opodstatnitelná (Kabelková a kol., 2009).

Geologické podmínky pozemku jsou nejvýznamnějším hlediskem pro návrh zařízení umožňujících vsakování srážkových vod. Podmínkou realizace těchto zařízení je provedení geologického průzkumu, který posoudí možnost vsakování. Způsob a rozsah průzkumu určuje norma ČSN 75 9010 (Vsakovací zařízení srážkových vod) a odvíjí se od místních podmínek. Tento průzkum zahrnuje popis a posouzení:

- vsakovací schopnosti podloží,
- vlastností podloží,
- hloubky ve které se nachází hladina podzemní vody a mocnost nenasycené zóny,
- směru toku podzemní vody,
- sklonu terénu,

- ochranných pásem vod,
 - ekologických zátěží půdy,
 - využití území,
- (Stránský a kol., 2012).

5.1 Infiltrace vyčištěných odpadních vod do půdy a podzemních vod

Možnost vypouštění a následné infiltrace vyčištěné odpadní vody bez škodlivých látek pocházejících z obytných či rekreačních staveb a staveb poskytujících služby, které vznikají v důsledku činností v domácnostech jako produkt lidského metabolismu, řeší novela zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) a jak vyplývá z pozdějších změn uvedených pod č. 273/2010 Sb. Aby bylo možné tyto vody vypouštět a zasakovat, je potřeba získat povolení, které je udělováno pouze výjimečně. Povolení je vydáváno na základě vyjádření osoby s odbornou způsobilostí, kdy je posuzován vliv těchto vypouštěných vod na jakost vod podzemních. Při povolování jsou vodoprávním úřadem ustanoveny limitní hodnoty množství vypouštěných vod z jednotlivých staveb pro bydlení a rekreaci a jejich přípustného znečištění (viz tab. č. 11) v souladu s Nařízením vlády č. 416/2010 Sb. Toto nařízení zároveň stanovuje kategorie certifikovaného výrobku pro čištění odpadních vod, ze kterého jsou odpadní vody po vyčištění vypouštěny a zasakovány (viz tab. č. 12). Vydané povolení také zahrnuje informace o době trvání povolení, charakteru zdroje, způsobu vypouštění, místě a četnostech odběrů a podobně (Šálek a kol., 2012).

Kategorie ČOV (EO)	„m ¹⁾ v mg / l					„m ²⁾ v KTJ / 100 cm ³	
	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	NL	P _{Celk}	Escherichia coli	Enterokoky
< 10	150	40	20	40	10	–	–
10–50	150	40	20	40	10	50 000	40 000
> 50	150	30	20	30	8	50 000	40 000

Pozn. m¹⁾ – nepřekročitelná hodnota v mg / l, m²⁾ – nepřekročitelná hodnota v KTJ / 100 cm³

Tab. č. 11 Ukazatele a emisní standardy pro odpadní vody (Šálek a kol., 2012)

Kategorie výrobku	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	NL	P _{celk}
Domovní čistírna odpadních vod - PZV	90	95	80	95	80

Tab. č. 12 Kategorie certifikovaného výrobku pro čištění odpadních vod – minimální přípustné účinnosti čištění (%) (Šálek a kol., 2012).

5.2 Infiltrace srážkových vod do půdy a podzemních vod

Jak již bylo řečeno, pro získání stavebního povolení, rozhodnutí o dodatečném povolení stavby, o změně stavby, o změně užívání stavby a získání kolaudačního souhlasu jsou lidé (stavebníci) povinni zajistit likvidaci dešťové vody na pozemku stavby (Samek, 2013). Dle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, a Vyhlášky MMR č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, která byla roku 2009 novelizována Vyhláškou č. 269/2009 Sb., je vyžadováno srážkovou vodu vsakovat, akumulovat či řízeně odvádět dle toho, co lokální podmínky připustí. Pokud jsou v místě vhodné podmínky a nachází se zde uspokojivě propustné podloží, upřednostňuje se nechat srážkovou vodu zasakovat (Plotěný a kol., 2015).

V oblasti HDV jsou v současné době dostupné dvě základní české normy:

- **ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod**

Tato norma zahrnuje informace o rozsahu a způsobech provádění geologického průzkumu za účelem infiltrace srážkových vod. Definuje limitní podmínky pro vsakování srážkových vod a obsahuje základní souhrn používaných vsakovacích zařízení současné doby. Dále popisuje postup výpočtů jejich retenčních objemů a věnuje se míře bezpečnosti v případě jejich přeplnění a přetékání dešťových vod na povrch. Součástí normy jsou také aktualizované tabulky s návrhovými úhrny srážek v ČR.

- **TNV 75 9011 – Hospodaření se srážkovými vodami**

Norma se zabývá nakládáním s dešťovými vodami především na pozemku stavby, tedy decentrálními opatřeními, avšak zahrnuje i popis centrálních způsobů odvodnění, jež jsou zařazována za opatření decentrální, a to takovým způsobem, aby byl zajištěn účelný systém přírodě blízkého

odvodnění. Norma také zahrnuje přehled opatření zajišťujících snížení množství srážkového odtoku.

(Plotěný a kol., 2015)

Stejně jako u využívání srážkové vody, tak i u jejího vsakování je důležité věnovat pozornost míře jejího znečištění. Jakost srážkové vody záleží na několika faktorech, z nichž velkou část z nich musí posoudit sám projektant na základě svých zkušeností (Žabička a kol., 2011).

Jakost dešťových vod se dle obsaženého množství znečišťujících látek ve spojitosti s možným ohrožením podzemní vody při jejich infiltraci rozděluje dle ČSN 75 7221 (Jakost vod. Klasifikace jakosti povrchových vod) do tří tříd:

- **tř. jakosti I, neznečištěná voda – srážková voda nezávadná**
 - vody ze střech s vegetačním povrchem, ze zelených ploch a luk; vody ze střech z inertních materiálů, bez pokovování a kovových instalací (měď, zinek, cín, olovo), nacházejících se v neznečištěných oblastech a z teras obytných a neznečištěných průmyslových a obchodních zón,

- **tř. jakosti II, mírně znečištěná voda – srážková voda přípustná**
 - vody ze střech z inertních materiálů, bez pokovování, avšak s běžnými kovovými aplikacemi (měď, zinek, cín, olovo); vody z velmi málo rušných dopravních zón, pěších zón, stezek, cyklostezek a chodníků, které nejsou vystaveny rozstříku ze silnic, odstavných parkovacích ploch, sídlištních komunikací, vedlejších silnic, letištních ploch a ze střech podnikových a průmyslových zón bez výrazného znečištění ovzduší,

- **tř. jakosti III-IV, znečištěná, silně znečištěná a velmi silně znečištěná voda – srážková voda nepřípustná**
 - vody ze střech, které mají vyšší procento neošetřených kovových konstrukcí (měď, zinek, cín, olovo); z komunikací, parkovacích ploch průmyslových zón s vysokým znečištěním ovzduší a vody z jiných výrazně znečištěných ploch

(Žabička a kol., 2011).

5.3 Zasakovací (infiltrační) zařízení

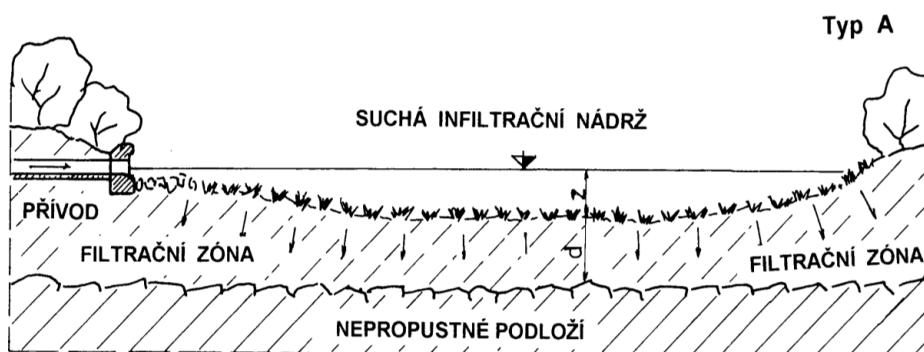
Jak již bylo řečeno, volba infiltračního zařízení (objektu) se odvíjí od okrajových podmínek řešené lokality. V oblasti hospodaření s dešťovými vodami se lze setkat s těmito základními typy infiltračních zařízení (Plotěný a kol., 2015):

Plošné zasakování (umělá infiltrační plocha)

Toto infiltrační zařízení umožňuje přímé zasakování na místě. V podstatě je voda odváděna na zatravněnou či jinak upravenou plochu umožňující vsak. Tímto zařízením může být například parkovací plocha, avšak s ohledem na krátkodobou zasakovací schopnost trávobetonových tvárnic či dlažeb s mezerami, ze kterých jsou tato stání často vybudována, je toto řešení čím dál tím méně vnímáno jako plošné zasakování (Plotěný a kol., 2015). Toto opatření má větší nároky na prostor a je vhodné především u parkovišť nebo liniových staveb. Povoleno sklon terénu je nejvíce 1:20 a jsou vyžadovány dobré vsakovací podmínky (Vítek a kol., 2015).

Zasakovací průleh

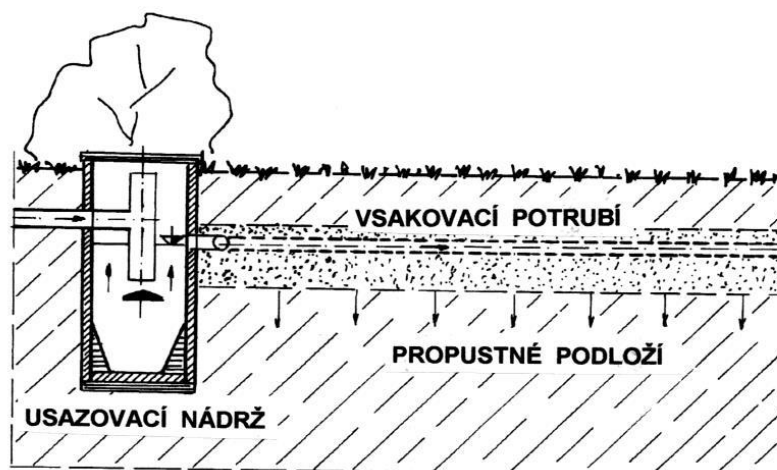
V tomto případě jde o mělké povrchové infiltrační zařízení se zatravněným povrchem a propustnou půdou (viz obr. č. 22). Realizace tohoto zařízení je vhodná pro všechny druhy zpevněných ploch, tedy střechy, komunikace i parkoviště. Než v průlehu dojde k zasáknutí, je v něm voda krátkodobě zadržena (Vítek a kol., 2015). Hloubka zadržené vody by neměla přesáhnout 30 cm. Toto řešení není náročné na prostor, obecně se volí v případě, že na daném pozemku není dostatečně velká či dostatečně propustná plocha potřebná k plošnému zasakování. Propustnost půdy by v tomto případě měla být větší než $5 \cdot 10^{-6}$ m/s (Plotěný a kol., 2015).



Obr. č. 22 Uměle vytvořený vsakovací průleh (Šálek a kol., 2006)

Zasakovací rýha

Zasakovací rýha je liniové infiltrační zařízení. Tato rýha je vyplněna propustným materiálem, jako je štěrk nebo plastové bloky, s retenční a vsakovací schopností do podloží. Toto zařízení je vhodné aplikovat především u liniových staveb nebo např. po obvodu parkovišť a také tam, kde je nedostatek prostoru pro umístění povrchového vsakování. Voda je přiváděna buď po povrchu nebo pod povrchem, pomocí perforovaného potrubí, které je uloženo ve filtračním materiálu (viz obr. č. 23). V případě podpovrchového přívodu musí být vtok opatřen sedimentační jímkou a revizní šachtou, případně proplachovací šachtou na opačném konci této drenáže (Vítek a kol., 2015).



Obr. č. 23 Zasakovací rýha s předřazenou sedimentační nádrží (Šálek a kol., 2006)

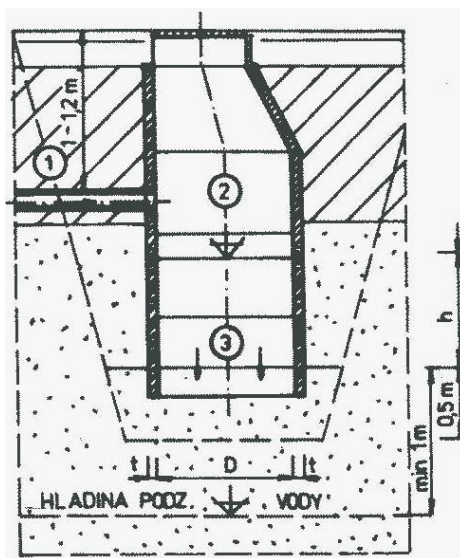
Vsakovací systém průleh – rýha

Toto zařízení tvoří zatravněný průleh a rýha, která je umístěná pod průlehem a je vyplněna propustným štěrkovým materiálem. Tento systém se realizuje v místech, kde je propustnost podloží menší než $5 \cdot 10^{-6}$ m/s a je třeba tuto nevýhodu kompenzovat zvýšenou zasakovací plochou, díky níž dojde k navýšení infiltrace do propustnějších vrstev podloží a navýšení retenčního objemu zařízení. Čistící schopnost vegetačního pokryvu je zachována. V podstatě jde o dva nezávislé retenční prostory s individuálními režimy plnění i prázdnění, ovlivňující srážkoodtokový proces a infiltrační schopnost tohoto kombinovaného zařízení. Průleh i rýha mají různé velikosti, které se odvíjí od převažující funkce. Průleh je určen k retenci, infiltraci a čištění, rýha má funkci zasakovací a retenční. Vespod rýhy je

umístěné perforované potrubí, které na svém konci disponuje šachtovým přelivem s nastavitelnou výškou, vedoucím do kanalizace či do vodoteče. Prvky systému se zapojují buď do série či lépe paralelně, což přináší vyšší bezpečnost (Plotěný a kol., 2015).

Vsakovací šachta

Toto podzemní zařízení (viz. obr. č. 24) slouží k bodovému zasakování a lze jej použít pouze ve vhodných podmínkách. Šachta nemá prostupovat málo propustnými vrstvami, které efektivně chrání hladinu podzemní vody. Distance mezi povrchem vsakovací vrstvy a úrovní středního maxima hladiny podzemní vody by měla být nejméně 1 až 1,5 m (Plotěný a kol., 2015). Před šachtu je vhodné umístit prvek umožňující předčištění srážkové vody a to, sedimentační jímku s nepropustným dnem a stěnami nebo jiný objekt v závislosti na úrovni znečištění srážkové vody (Vítek a kol., 2015).



1 – přívod vody, 2 – vsakovací šachta, 3 – perforovaná část vsakovací šachty

Obr. č. 24 Schéma zasakovací šachty (Šálek a kol., 2006)

Suchá retenční nádrž (poldr)

Jedná se o povrchovou nádrž se značnou retenční schopností. Tento objekt se uvažuje v případě, že je poměr mezi nepropustnou plochou, ze které je voda sváděna, a plochou zasakovací větší než 15. Zároveň by hydraulická vodivost podloží v místě nádrže měla být větší než $1 \cdot 10^{-5}$ m/s. Pokud není tato podmínka splněna, dochází vlivem sníženého infiltračního výkonu nádrže k neúměrnému nárůstu doby, po kterou

je nádrž zatopena (Plotěný a kol., 2015). Navrhují se většinou s travním porostem na povrchu a s konstrukčně oddělenou sedimentační komorou umístěnou na vtoku nádrže tak, aby bylo zabráněno vnosu nerozpuštěných látek do retenčního prostoru (Vítek a kol., 2015).

Podzemní retenční a vsakovací nádrže

Technické řešení zasakování musí být schopné se vypořádat s přívalem velkého množství vod v případě silných dešťů. Retenční prostory mohou vypadat různě, nejčastěji jde ale o prefabrikovaná plastová potrubí velkého průměru, tzv. tunely či o bloky instalované pod úroveň terénu. Tyto typy zařízení přináší nejmodernější a nejvýhodnější řešení, a to z důvodu jejich vysoké akumulární schopnosti, kdy s ohledem na použitý typ, může 95 až 100 % objemu sloužit k nahromadění vody. Bloky je možné skládat vedle sebe či na sebe a tunely lze umísťovat za sebe, případně vedle sebe tak, aby vytvořily objekt o požadovaném objemu. Jednotlivé dílce tohoto systému mají navíc velmi nízkou hmotnost, což umožňuje snazší manipulaci a dochází tak ke snížení nákladů za instalaci (Plotěný a kol., 2015).

- Tunelové systémy

Tunely nemají dno a na jejich stěnách jsou rozprostřeny otvory, což zajišťuje postupné zasakování nahromaděné vody do okolního půdního prostředí (viz obr. č. 25). V počátečním i koncovém čele tunelu je otvor, který slouží pro napojení přívodního potrubí, či pro připojení potrubí umožňujícího regulovaný odtok. Velkým benefitem tohoto systému je jeho akumulární kapacita, která je téměř 100 %. Díky tomu je ve srovnání s prostorem vyplněným štěrkem ušetřeno až 2/3 objemu potřebných výkopů.



Obr. č. 25 Tunelový systém AS-KRECHT (Plotěný a kol., 2015)

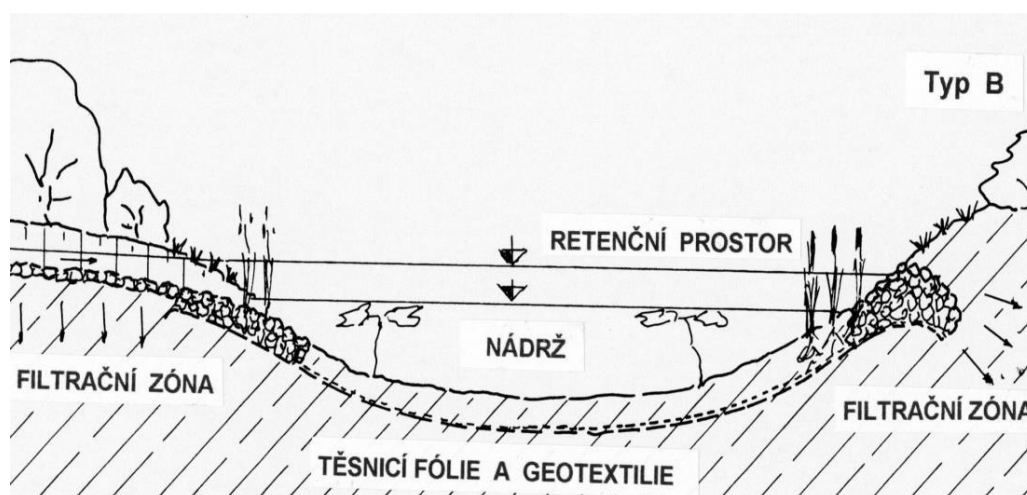
- Blokové systémy

V tomto případě jde o kvádry vyrobené z polypropylenu, které se na sebe dají skládat s převazbou tak, aby vytvořily objekt o požadovaném objemu. Obvykle lze vyskládat nejvíce pět až šest vrstev, záleží však na výrobcí. Také lze využít nepropustné folie, za jejíž pomoci je možné vytvořit retenční nádrž s řízeným odtokem. Některé bloky jsou opatřeny zalisovanou filtrační membránou, která brání vnikání nečistot, záleží však na výrobcí. Bloky, které jsou celoplastové a membránou vybaveny nejsou, musí být před vnikáním nečistot ochráněny jiným způsobem. Systémy se také liší svými nároky na uložení, např. voštinové bloky je nutné instalovat do vrstvy štěrku a jiné tuto podmínku nevyžadují. Stejně tak, jako některé systémy pro svoji instalaci potřebují spojovací příslušenství a jiné nikoliv.

(Plotěný a kol., 2015)

Malá retenční nádrž s břehovou infiltrací

V tomto případě jde o dosud relativně opomíjené řešení. Jedná se o malou nádrž se zásobním prostorem a břehovou infiltrací (viz obr. č. 26). Tuto nádrž lze popřípadě doplnit infiltrační plochou (Plotěný a kol., 2015). Jde o zařízení, které současně plní funkci dekorativní, případně i rekreační (Vítek a kol., 2015).



Obr. č. 26 Možné uspořádání malé retenční nádrže s břehovým vsakováním (Šálek a kol., 2006)

Mokřady a rybníky s biotopem

Uměle vytvořený mokřad je mělká retenční nádrž se stálým nadržáním a s vodním rostlinstvem, díky němuž dochází k biologickému čištění povrchového odtoku. Díky jejich čistící funkci je výhodné použít je v místech, kde může být povrchový odtok znečištěn živinami. Současně slouží jako okrasné zařízení snižující kulminační průtoky (Vítek a kol., 2015). Nádrže s biotopem se zpravidla navrhují tak, aby částí svého objemu zajistily sedimentační funkci a částí zabezpečily biologické čištění vody. Pro zvýšení efektivity čištění je dobré využít cirkulace vody přes biotop (Plotěný a kol., 2015).

B. PRAKTICKÁ ČÁST

6 NÁVRH RODINNÉHO DOMU SE SYSTÉMEM PRO ZNOVUVYUŽITÍ ŠEDÝCH A SRÁŽKOVÝCH VOD

Tato část práce se zabývá návrhem systému pro znovuvyužití šedých a dešťových vod v rodinném domě, jehož návrh bude též zpracován, avšak pouze zjednodušeně pro dané účely. Samotný návrh domu nebude tedy nijak zdůvodňován, neboť není předmětem této práce. Cílem je vytvořit takový koncept, který bude využívat zmiňované systémy umožňující úsporu pitné vody v takové míře, aby zvolené řešení bylo ekonomicky efektivní, či alespoň přijatelné, a zároveň bralo ohled na životní prostředí.

Navržena bude novostavba rodinného domu (dále jen „RD“) pro 4člennou rodinu, tedy jeho dispoziční řešení (půdorys) a umístění stavby na pozemku, který se nachází v obci Děčín, k.ú. Nebočady (osazení do terénu). Na tento návrh bude dimenzovaný systém kombinující využívání šedých a srážkových vod, na základě kterého budou zhotoveny výkresy vnitřního vodovodu a kanalizace. Systém bude složen z výrobků české společnosti ASIO spol. s.r.o, působící v dalších 32 zemích světa. Společnost se zabývá vývojem, výrobou i dodávkou technologií v oblasti čištění odpadních vod, úpravy vod a také čištění vzduchu, nabízí tedy komplexní řešení srážkových a šedých vod v domácnostech, které jsou předmětem této práce.

6.1 Popis lokality a objektu

6.1.1 Popis zájmového území

Novostavba RD bude umístěna na pozemku p.č. 70/3 v obci Děčín, v katastrálním území Nebočady. Pozemek je vedený jako orná půda, je tedy součástí zemědělského půdního fondu (ZPF), avšak v územním plánu je parcela určená k zastavění, tudíž bude výměra zastavěné plochy na základě projektu ze ZPF vyjmuta. Celková výměra pozemku je 1717,4 m². Bonitovaná půdně ekologická jednotka zájmového pozemku je 2.14.00. (ČÚZK, 2018). Parcela se tedy nachází v teplém, mírně suchém regionu s průměrným ročním úhrnem srážek od 500 do 600 mm. Pravděpodobnost suchých vegetačních období je zde od 20 do 30 %. Skupinou

půdních typů tvořící zájmový pozemek jsou luvizemě. Z pohledu hydro-pedologické charakteristiky jde o půdy se střední rychlostí infiltrace i při plném nasycení, zahrnující z velké části půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovité. Půda není náchylná k zamokření ani k vysychání. Parcela se nachází na rovině se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu do 10 %. (VÚMOP, 2018).

Shrnutí základních informací o zájmovém pozemku

Parcelní číslo: 70/3
 Obec: Děčín
 Katastrální území: Nebočady
 Výměra: 1717,4 m²
 Druh pozemku: orná půda
 BPEJ: 2.14.00
 Průměrné měsíční úhrny srážek:

Rok	Měsíc												Rok Σ
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
ø 1981 -2010	42	37	44	38	61	66	79	79	50	41	49	49	635
2011	45	11	27	28	64	70	141	78	47	32	1	74	618
2012	85	33	18	37	42	70	128	59	40	39	64	63	678
2013	59	52	31	27	121	141	35	95	61	63	39	21	745
2014	24	6	26	36	94	34	111	78	88	48	23	38	606
2015	49	7	50	50	28	92	46	87	28	65	71	19	592
2016	45	49	25	29	47	108	90	47	81	65	31	38	655
2017	46	21	47	48	33	84	80	92	42	83	46	45	667
ø 2011 - 2017	50	26	32	36	61	86	90	77	55	56	39	43	652
ø	46	31	38	37	61	76	85	78	53	49	44	46	643

Tab. č. 13 Průměrné měsíční úhrny srážek pro Ústecký kraj (ČHMÚ, 2018)

6.1.2 Popis objektu

Novostavba RD bude navržena jako dvoupodlažní objekt, rozdělená na přízemí a obytné podkroví. Objekt bude trvale obýván 4člennou rodinou. Dispozičně se jedná o 4+kk, kdy se v přízemí nachází společná kuchyň s obývacím pokojem, spíž, koupelna a technická místnost, ve které bude instalován řešený systém pro hospodaření se srážkovými a šedými vodami. Úroveň podlahy technické místnosti je

snížená o 1,6 m. Obytné podkroví zahrnuje tři ložnice, šatnu, druhou koupelnu a samostatné WC. Střecha RD bude valbová s taškovou krytinou. Součástí návrhu je také zimní zahrada umístěná v přízemí, zastřešená terasa a navazující zastřešené automobilové stání. Celková výměra půdorysného průmětu střešní plochy, která bude využita pro sběr srážkové vody, je tedy 262,1 m². Zpevněné plochy kolem objektu tvoří 70 m², ostatní plocha bude sloužit jako zahrada, bude tedy převážně zatravněna.

Shrnutí základních informací o novostavbě RD

Výměra zastavěné plochy (dům + krytá terasa + kryté stání):	224,7 m ²
Výměra obytné plochy:	214,5 m ²
Celková výměra půdorysného průmětu střešní plochy:	262,1 m ²
Výměra zpevněné plochy:	70 m ²
Výměra zatravněné plochy:	1 410 m ²

6.2 Množství vyprodukovaných šedých vod a zisk vod srážkových

Aby bylo možné sestavit správný systém, složený z vhodných zařízení, je nutné v první řadě stanovit objemy vyprodukované šedé vody a zisky vody srážkové, které budou k dispozici pro využívání v řešeném RD. Každý takový návrh je individuální (Plotěný, 2013).

6.2.1 Množství vyprodukované šedé vody

Nejpřesněji lze množství vyprodukované šedé vody stanovit pomocí přímého měření, avšak v případě novostavby toto pochopitelně možné není. Jinou možností je tedy tento objem určit pomocí výpočetního vztahu. K dispozici jsou dvě výpočetní metody, kdy jejich vhodnost použití závisí na dostupných údajích (Plotěný, 2007).

V tomto případě je nejvhodnější použít tzv. součtovou metodu, která je na rozdíl od druhé možnosti výpočtu přesnější. Množství vyprodukované šedé vody (Q_{prod}), v l/den, se tedy určí dle výpočetního vztahu:

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

kde je...

q_{prod} - množství vyprodukované šedé vody na měrnou jednotku a den [l/den], tabulkové hodnoty

n_{mj} - počet měrných jednotek stejného druhu

m - počet druhů měrných jednotek

Druh budovy	Vybavení	Produkce šedé vody	
		Měrná jednotka	Produkce šedé vody na měrnou jednotku a den q_{prod} [l/den]
Bytový dům, rodinný dům	Koupelny	obyvatel	31
	Kuchyně	obyvatel	11
	Praní	obyvatel	15

Tab. č. 14 Produkce šedé vody v různých budovách (ASIO spol. s.r.o., 2013)

Po dosažení příslušných hodnot z tabulky č. 14 a počtu měrných jednotek (obyvatel) do výpočtového vzorce (1) vyjde, že průměrné denní množství vyprodukované šedé vody v řešeném RD činí **228 l/den**, což je 83,22 m³/rok (viz tab. č. 15).

Druh budovy	Vybavení	PRODUKCE ŠEDÉ VODY		Počet měrných jednotek n_{mj}
		Měrná jednotka	Produkce šedé vody na měrnou jednotku a den q_{prod} [l/den]	
Bytový dům, rodinný dům	Koupelny	Obyvatel	31	4
	Kuchyně		11	4
	Praní		15	4
Celková produkce [l/den] Q_{prod}			<i>Tab. hodnoty</i>	228
Celková produkce [m ³ /rok]				83,22

Tab. č. 15 Výpočet celkové produkce šedé vody (Suchardová, 2018)

6.2.2 Stanovení zisku srážkové vody

Zisk dešťové vody (V_d), v l/rok, se vypočte dle vztahu:

$$V_d = A \cdot \psi_d \cdot h_r \cdot \eta \quad (2)$$

kde je...

- A - půdorysný průmět plochy, ze které bude srážková voda zachycována [m²]
- ψ_d - koeficient odtoku plochy, ze které bude srážková voda zachycována [-]
- h_r - průměrný roční úhrn srážek [mm/rok]
- η - hydraulická účinnost filtru (cca $\eta = 0,9$ až $0,95$) [-]

Celkový půdorysný průmět odvodňované plochy, ze které bude voda sváděna, činí 262,1 m². Jedná se o součet střešní a zpevněné plochy. Koeficient odtoku této střechy (betonové tašky) je 0,75 (viz tab. č. 5, která je uvedena v kapitole 4.2.2.2 Nádrž na srážkovou vodu) a koeficient odtoku zámkové dlažby je 0,7. Průměrný roční úhrn srážek je dle ČHMÚ 643 mm (pro Ústecký kraj) (viz tab. č. 13). Hydraulická účinnost použitého filtru pro předčištění srážkové vody (AS-PURAIN) činí 98 %. Po dosazení těchto hodnot do výpočetního vztahu vychází průměrný roční zisk srážkové vody **154 815,4 l/rok**, tedy 154,8 m³/rok (viz tab. č. 16).

Půdorysný průmět střešní plochy	Plocha zpevněné plochy	Koeficient odtoku střešní plochy	Koeficient odtoku zpevněné plochy	Průměrný roční úhrn srážek	Hydraulická účinnost filtru
[m ²]	[m ²]	[-]	[-]	[mm]	[-]
262,1	70	0,75	0,7	643	0,98
Roční zisk srážkové vody [l/rok]					154815,4
Roční zisk srážkové vody [m³/rok]					154,8

Tab. č. 16 Roční zisk srážkové vody (Suchardová, 2018)

6.3 Stanovení potřeby vody v jednotlivých oblastech

Aby bylo možné zvolit vhodná zařízení pro znovuvyužití šedé a srážkové vody, je potřeba v řešeném RD vyhodnotit denní, případně roční potřebu užitkové (provozní) vody (Plotěný, 2013).

Pro lepší orientaci budou jednotlivé oblasti, ve kterých lze pitnou vodu nahradit jiným zdrojem, vyhodnoceny zvlášť.

6.3.1 Potřeba vody pro splachování toalet

Potřeba užitkové vody využívané ke splachování toalet (Q_{WC}), se stanoví dle výpočetního vztahu:

$$Q_{WC} = q_o \cdot p \cdot n + q_{pis} \cdot n \quad (3)$$

kde je...

Q_{WC}	- denní potřeby vody na splachování [l/osoba.den]
q_o	- splachovací objem (WC) [l]
p	- počet použití jednou osobou během dne
n	- počet měrných jednotek (osob)
q_o	- splachovací objem pisoáru [l]
n	- počet měrných jednotek [osob]

Splachovací objem (q_o) se stanoví dle vztahu:

$$q_o = \frac{q_v + 2 \cdot q_m}{3} \quad (4)$$

kde je...

q_o	- splachovací objem [l/osoba.den]
q_v	- objem vody použitý na velké spláchnutí [l]
q_m	- objem vody použitý na malé spláchnutí [l]

V domě budou využívány toalety s nádržkovým splachovačem, který umožňuje duální splachování, tedy malé a velké. V tomto případě je objem malého spláchnutí 3 litry a objem spláchnutí velkého 6 litrů. Potom tedy:

$$q_o = \frac{6 + 2.3}{3} = 4 \text{ l/osoba.den}$$

Počet použití toalety jednou osobou během dne lze stanovit z tabulky č. 17.

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

Tab. č. 17 Počty použití toalet a pisoárových míst jednou osobou během dne (Plotěný, 2013)

Protože pisoáry v řešeném domě osazeny nejsou, je možné do výpočtového vztahu dosadit zjištěné dílčí hodnoty. Potřeba užitkové vody využívané ke splachování toalet je tedy **96 l/den** na celou domácnost.

$$Q_{wc} = q_o \cdot p \cdot n = 4 \cdot 6 \cdot 4 = 96 \text{ l/den}$$

6.3.2 Potřeba vody pro technologické procesy

Potřeba vody pro technologické procesy zahrnuje množství vody využívané pro praní a úklid. Stanoví se tedy následovně:

- Q_{pr} , potřeba vody pro praní

Denní potřeba vody pro praní je stanovena dle tabulkových hodnot (viz tab. č. 18).

Druh budovy	Potřeba vody pro praní q_{pr}
Bytový nebo rodinný dům	15 l/obyvatel . den
Hotel – prádelna	14 l/lůžko . den

Tab. č. 18 Potřeba vody pro praní (Plotěný, 2013)

Protože řešený RD budou obývat 4 stálí obyvatelé, je nutné hodnotu potřeby vody pro praní, která je v tabulce určena na jednoho obyvatele, vhodně vynásobit. Celková denní spotřeba pro praní pak činí **60 l/den** na domácnost.

$$Q_{pr} = 15 \cdot 4 = 60 \text{ l/den}$$

- $Q_{úkl.}$ potřeba vody pro úklid (studená voda)

Denní potřeba vody pro úklid je též určena z tabulkových hodnot, které jsou k dispozici v tabulce č. 19.

Způsob použití	Jedno použití [l/m ²]	Roční potřeba [l/m ² . rok]
Zalévání zahrady	1,0 ¹⁾	60 ²⁾
Kropení hřišť	1,2	200 ²⁾
Kropení zeleně	1,0	80 až 200 ²⁾
Úklid – jen studená provozní voda (pro úklid se zároveň používá také teplá pitná voda)	0,1 ³⁾	--
Úklid – studená provozní voda (bez teplé pitné vody)	0,3 ³⁾	--

¹⁾ Na plochu celé zahrady, i když se zalévá jen její část.
²⁾ Předpokládá se zalévání nebo kropení od dubna do září.
³⁾ Na plochu podlahy, u které se předpokládá mokrý úklid.

Tab. č. 19 Potřeba vody pro zalévání, kropení a úklid (Plotěný, 2013)

Plocha podlahy řešeného RD, u které se předpokládá mokrý proces, činí 214,5 m². Pro tuto činnost bude využíváno kombinace vody studené provozní (0,1 l/m²) a teplé vody pitné (případně upravené srážkové). Denní spotřeba studené vody pro úklid uvnitř domu je tedy **21,5 l/den**. Úklid sice neprobíhá každý den, avšak je potřeba mít množství této vody kdykoliv k dispozici.

K potřebě vody pro úklid ve vnitřních prostorách bude dále připočtena potřeba vody pro očištění okolí RD a očištění osob při činnostech na zahradě. Množství této přičítané potřeby vody je určeno na **1 m³/osobu za rok**, a to dle přílohy č. 12 vyhlášky č. 120/2011 Sb. Po vynásobení této hodnoty počtem obyvatel a převedení na l/den vychází přičítaná hodnota spotřeby **11 l/den**. Celková denní spotřeba vody spojená s úklidem je tedy **32,5 l/den**.

$$Q_{\text{úkl,SV}} = 21,5 + 11 = 32,5 \text{ l/den}$$

- Q_{úkl}, potřeba vody pro úklid (teplá voda)

Z uvedené tabulky č. 19 se dá odvodit vztah mezi použitým množstvím provozní vody studené a teplé. Na úklid pouze studenou vodou je počítáno s 0,3 l/m², na úklid studenou vodou v kombinaci s vodou teplou je počítáno s hodnotou 0,1 l/m². Z těchto údajů uvažují, že potřeba teplé vody k tomuto úklidu je 0,2 l/m². Plocha podlahy řešeného RD, u které se předpokládá mokrý proces, činí 214,5 m². Potom tedy denní spotřeba teplé vody pro úklid vnitřních prostor domu (Q_{úkl,TV}) činí **42,9 l/den**.

6.3.3 Potřeba vody pro mytí nádobí v myčce

Moderní myčky na nádobí jsou vybaveny ECO programem, který na jeden mycí cyklus spotřebuje 7,5 litrů pitné vody (viz kapitola 4.1.6 Mytí nádobí). Ne vždy lze však využít tohoto programu, uvažují proto spotřebu vody na cyklus 10 litrů, což v současné době považují za standardní. Zároveň předpokládám, že je myčka na nádobí spouštěna jednou za den. Celková denní potřeba vody pro mytí nádobí v myčce je tedy **10 l/den**.

6.3.4 Potřeba vody pro osobní hygienu (sprchy, vany, umyvadla)

Průměrná denní spotřeba vody pro osobní hygienu jde dle společnosti Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., 31 l/osoba.den. V případě domácnosti, kterou trvale obývají 4 osoby, je celková potřeba této vody **124 l/den**.

6.3.5 Potřeba vody pro zalévání a kropení

Potřeba vody pro zalévání či kropení zahrady se stanoví dle vzorce:

$$Q_{zal} = q_{zal} \cdot A_{zal} \quad (5)$$

kde je...

- Q_{zal} - celková denní potřeba vody pro zalévání nebo kropení [l/den]
- q_{zal} - potřeba vody pro zalévání nebo kropení [l/m².den]
- q_m - zavlažovaná plocha [m²]

Způsob použití	Jedno použití [l/m ²]	Roční potřeba [l/m ² . rok]
Zalévání zahrady	1,0 ¹⁾	60 ²⁾
Kropení hřišť	1,2	200 ²⁾
Kropení zeleně	1,0	80 až 200 ²⁾
Úklid – jen studená provozní voda (pro úklid se zároveň používá také teplá pitná voda)	0,1 ³⁾	--
Úklid – studená provozní voda (bez teplé pitné vody)	0,3 ³⁾	--

¹⁾ Na plochu celé zahrady, i když se zalévá jen její část.
²⁾ Předpokládá se zalévání nebo kropení od dubna do září.
³⁾ Na plochu podlahy, u které se předpokládá mokřý úklid.

Tab. č. 20 Potřeba vody pro zalévání, kropení a úklid (Plotěný, 2013)

Po dosazení do vzorce (5) vychází potřeba vody pro zalévání **1410 l/den**.

$$Q_{zal} = 1 \cdot 1410 = 1410 \text{ l/den}$$

Zavlažování zahrady však není činnost, která je prováděná každý den. V tomto případě uvažují zavlažování každých 5 dnů ve vegetačním období (duben–září). V tomto období, které je dlouhé 183 dní, tak proběhne 37 cyklů závlahy. Potom je celková potřeba vody pro zalévání zahrady **52,2 m³/rok**.

$$Q_{zal} = 1410 \cdot 37 = 52170 \text{ l/rok} = 52,2 \text{ m}^3/\text{rok}$$

6.3.6 Přehled potřeby vody v řešeném RD

V tabulce č. 21 jsou rozepsány vypočtené objemy potřeby pitné vody v oblastech, ve kterých je tuto potřebu možné pokrýt z jiných zdrojů. Šedá barva zvýrazňuje způsoby využití, které uvažují pokrýt vodou šedou a modrá barva oblasti, které zamýšlí pokrýt vodou srážkovou. Potřeba šedé vody v řešeném RD je dle výpočtů **188,5 l/den**, což je **68,8 m³/rok**. Celková potřeba srážkové vody, včetně vody určené na zalévání zahrady ve vegetačním období, vychází na **101,1 m³/rok**.

ZPŮSOB VYUŽITÍ			l/osoba.den	l/domácnost.den		m ³ /rok
splachování toalet	Q _{WC}		24	96	188,5	68,8
praní + úklid	Q _{pr}		23,1	92,5		
mytí nádobí (myčka)	Q _{myč}		-	10	134	48,9
osobní hygiena	Q _{os}		31	124		
zalévání zahrady	Q _{zal}			1410		52,2*

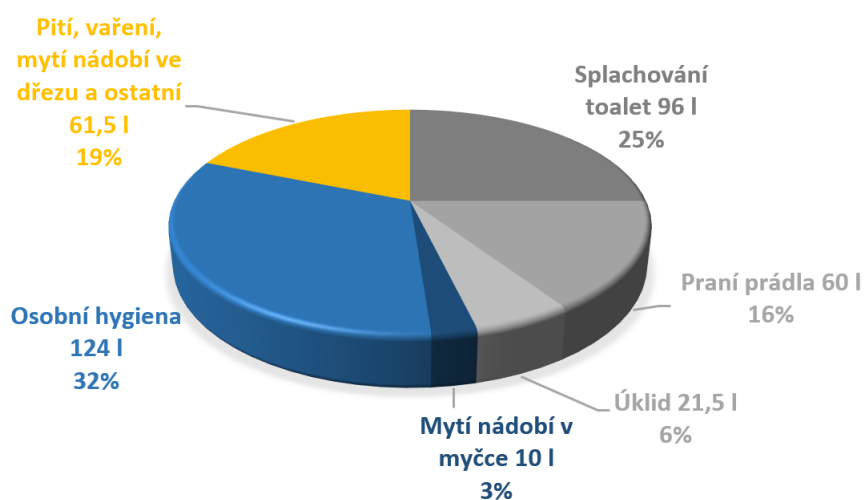
* Zalévání každý pátý den ve vegetačním období = 37 cyklů/rok

Tab. č. 20 Přehled potřeby vody dle způsobu využití (Suchardová, 2018)

V příloze č. 12 k vyhlášce č. 120/2011 Sb., jsou uvedeny směrné hodnoty roční potřeby vody v jednotlivých objektech (bytový fond, veřejné objekty apod.). Roční potřeba vody (studené + teplé) na jednoho obyvatele bytu je dle směrných hodnot 35 m³. Vzhledem k tomu, že se jedná o byt, není do tohoto objemu roční potřeby vody logicky zahrnuta potřeba vody na zavlažování zahrady. V případě rodinného domu se k hodnotě potřeby vody přičítá 1 m³ na každého obyvatele. Jedná se o potřebu vody, která je spojená s očistou okolí RD a s očistou osob při činnostech na zahradě apod. Zároveň je v příloze uvedeno, že zavlažování zahrady a chod bazénů je samostatnou položkou.

Obr. č. 27 poskytuje přehled denní potřeby vody v domácnosti řešeného RD. Objemy uvedené v grafu vychází ze zmiňované směrné hodnoty roční potřeby vody 35 m³, která byla přepočítána na denní potřebu vody domácnosti v litrech, a z výše vypočtených hodnot potřeby vody v jednotlivých oblastech. Přepočítaná denní potřeba vody jednoho obyvatele je tedy přibližně 96 l. Celková denní potřeba vody v domácnosti potom činí 384 l (140,16 m³/rok). Tento objem byl stanoven jako výchozí a od něj byly postupně odečítány vypočítané objemy potřeby vody v jednotlivých oblastech využití. Zbýlý objem je přiřazen k ostatním činnostem, jako je pití, vaření,

mytí nádobí ve dřezu apod. Záměrně zde není zahrnut objem vody spojený s očištěním okolí domu a s činnostmi na zahradě, ani objem potřebný k zalévání či kropením zahrady. Jde tedy čistě o přehled denní potřeby vody uvnitř zájmové domácnosti. Z grafu je pak možné snadno vyčíst, že uvažovaný návrh umožňuje pokrýt až 80 % pitné vody a to, vodou šedou a srážkovou.



Obr. č. 27 Průměrná denní potřeba vody v zájmové domácnosti (Suchardová, 2018)

6.4 Posouzení využití šedé a srážkové vody

Navrhován je tedy takový systém, který bude využívat vhodně vyčištěnou šedou vodu na splachování toalet, praní prádla a na úklid uvnitř i v okolí domu (studená voda). Srážkové vody, které budou patřičně přečištěny a hygienizovány, jsou uvažovány využívat na mytí nádobí v myčce, pro osobní hygienu a na zalévání či kropení zahrady každý pátý den ve vegetačním období. Nejprve je ale třeba posoudit, zda jsou objemy vyprodukované šedé a získané srážkové vody vůbec dostačující pro pokrytí tohoto záměru a zda nebude nutné upustit od některých uvažovaných způsobů využití.

Využití hygienicky zabezpečené srážkové vody pro úklid vnitřních prostor domu (teplá voda) není do výpočtů zahrnuto, a to z toho důvodu, že potřeba tohoto objemu je nepravidelná (nárazová) a zároveň k omezenému množství zisku srážkových vod poměrně vysoká. Potřebný objem je však vypočtený pomocí návrhových tabulek, a tak předpokládám, že skutečná potřeba této vody bude nižší, proto jsem se rozhodla

potřebu teplé užitkové (srážkové) vody pro potřeby úklidu do výpočtů nezahrnovat, avšak napojení rozvodu této vody k cílové výlevce realizováno bude. Ve výsledku pak buď bude toto množství pokryté vodou srážkovou, či v případě jejího nedostatku vodou pitnou.

Využití šedé vody je ideální, pokud je dodržen vztah:

$$Q_{prod} \geq Q_{24} \quad (6)$$

kde je...

- | | |
|------------|---|
| Q_{prod} | - denní množství vyprodukované šedé vody [l/den] |
| Q_{24} | - denní potřeba užitkové vody v uvažovaných oblastech [l/den] |

$$Q_{prod} = 228 \text{ l/den}$$

$$Q_{24} = 188,5 \text{ l/den}$$

$$228 \geq 188,5 \quad \rightarrow \text{denní objem vyprodukované šedé vody}$$

je plně dostačující pro pokrytí objemu užitkové vody v uvažovaných oblastech (splachování toalet, praní a úklid)

Využití šedé vody je ideální, pokud je dodržen vztah:

$$V_d \geq Q_r \quad (7)$$

kde je...

- | | |
|-------|--|
| V_d | - roční zisk dešťové vody [l/rok] |
| Q_r | - roční potřeba vody v uvažovaných oblastech [l/rok] |

$$V_d = 154,8 \text{ l/den}$$

$$Q_r = 101,1 \text{ l/den}$$

154,8 ≥ 101,1 -> roční zisk srážkové vody je plně dostačující pro pokrytí roční potřeby vody v uvažovaných oblastech (mytí nádobí v myčce, osobní hygiena, zalévání zahrady každý pátý den ve vegetačním období)

Vzhledem k tomu, že v domě budou používány úsporné spotřebiče a zařizovací předměty, perlátory a podobná zařízení přímé úspory pitné vody, která již byla popsána výše (viz kapitola 4.1 Přímá úspora), bude jak výsledná produkce šedé vody, tak i potřeba této vody nižší. Toto samozřejmě platí i pro výslednou potřebu vody srážkové, která bude díky instalovaným perlátorům nižší. Pomocí těchto zařízení je možné uspořit výrazné množství vody, avšak vše je závislé i na návycích a životním stylu uživatelů. Pro složitost stanovení velikosti této úspory, jsem se rozhodla ji ve výpočtech nezohledňovat.

6.5 Návrh systému pro hospodaření s šedou a srážkovou vodou v RD

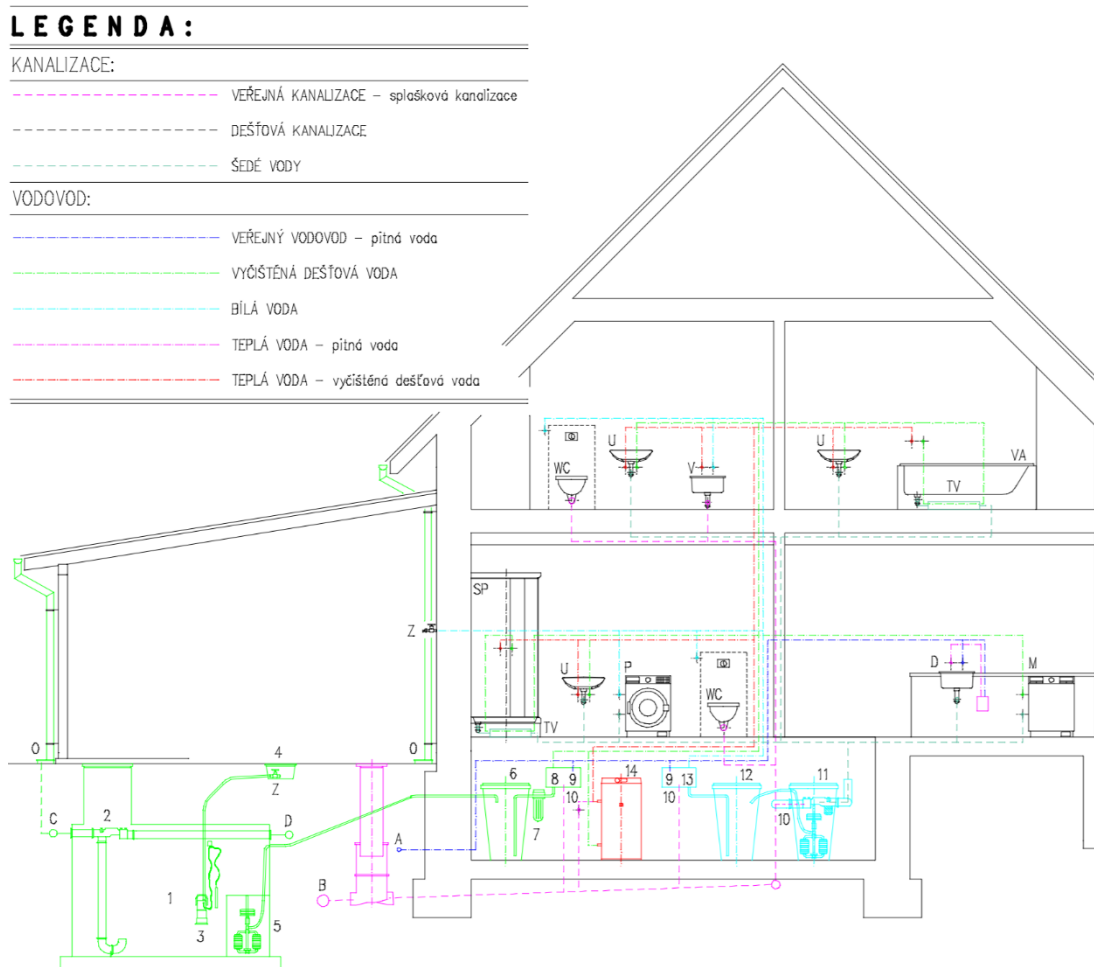
Vzhledem k příznivým výsledkům posudku navrhuji pro řešený RD systém umožňující využívání šedé a srážkové vody, který bude s šedou a srážkovou vodou hospodařit odděleně. Denní objemy vyprodukované šedé vody tedy budou vhodně čištěny a následně používány pro splachování toalet, praní prádla a úklid uvnitř a v okolí domu. Srážková voda bude patřičně přečištěna a zabezpečena tak, aby dosahovala kvality vody pitné a mohla být využívána k mytí nádobí v myčce, osobní hygieně a k závlaze zahrady ve vegetačním období.

Přebytečná šedá voda bude z nádrže sváděna do veřejné kanalizační sítě, a to pomocí bezpečnostního přepadu. Přebytečná srážková voda bude z nádrže prostřednictvím přepadu odváděna do vsakovacích tunelů AS-KRECHT. Hydrologická skupina půd zájmového území spadá do kategorie B, což jsou půdy se střední rychlostí infiltrace.

Zároveň bude systém využívat tepelné energie odtékajících šedých vod, a to lokálně pro předehřev studené vody k okamžité spotřebě (viz kapitola 4.2.5.2 Lokální systémy). Tepelný sprchový výměník AS-SPRCHA bude instalován přímo pod sprchovou vaničku či pod vanu. Spotřeba teplé vody díky tomuto výměníku klesá až o 45 %.

Jak již bylo řečeno, systém bude složen z výrobků české společnosti ASIO spol. s.r.o, která se zabývá komplexním řešením srážkových a šedých vod v domácnostech, nabízí tedy nepřehledné množství zařízení pro tyto účely. Srážková voda bude akumulována v nádrži z řady AS-REWA, která bude vybavena vestavbou AQUALoop umožňující požadované přečištění pomocí membránové filtrace. Šedá voda bude akumulována a čištěna pomocí systému AS-GW/AQUALoop. Pro rozvod vyčištěné srážkové a šedé vody do určených spotřebišť budou sloužit domácí vodárny z řady AS-RAINMASTER ECO, které díky napojení na přívod pitné vody (dle ČSN EN 1717) umožňují dotaci v případě nedostatku šedé či srážkové vody nebo v případě jakéhokoliv problému v systému těchto vod.

6.5.1 Schéma zapojení systému



A – vodovodní přípojka, **B** – kanalizační přípojka, **C** – vtok zachycené dešťové vody, **D** – výtok do vsaku

1 – zemní nádrž AS-REWA 9 EO, **2** – filtr AS-PURAIN, **3** – zahradní čerpadlo, **4** – šachta zahradního ventilu, **5** – vestavba AQUALOOP, **6** – zásobník vycištěné dešťové vody, **7** – UV lamp, **8** – čerpací jednotka RAINMASTER ECO, **9** – přívod pitné vody v případě nedostatku srážkové/šedé vody, **10** – bezpečnostní přepad, **11** – membránový bioreaktor na čištění šedých vod (AS-GW/AQUALOOP), **12** – akumulace bílé vody, **13** – čerpací jednotka RAINMASTER ECO, **14** – zásobník TUV

U – umyvadlo, **V** – výlečka, **WC** – WC, **SP** – sprcha, **D** – dřez, **M** – myčka nádobí, **P** – pračka, **TV** – tepelný výměník, **VA** – vana, **Z** – zahradní ventil, **O** – okap/geiger

Obr. č. 28 Schéma zapojení navrhovaného systému pro znovuvyužití srážkových a šedých vod (Suchardová, 2018)

6.5.2 Stanovení objemu nádrží

6.5.2.1 Nádrže šedých vod

Nádrž pro systém šedých vod dimenzují na denní objem vyprodukované šedé vody v RD, tedy na 228 litrů. Objem nádrže tedy musí pojmout minimálně těchto 228 litrů. V tabulce č. 21 jsou uvedeny typy dostupných zařízení navrhovaného systému AS-GW/AQUALOOP, které disponují různě velkými akumulacími prostory.

Typ ČOV	Počet EO	Maximální denní nátok [L/den]	Objem akumulace šedé vody [L]	Objem akumulace provozní vody [L]
AS-GW/AQUALOOP 6	6	300	300	300
AS-GW/AQUALOOP 12	12	600	600	600
AS-GW/AQUALOOP 18	18	900	900	900
AS-GW/AQUALOOP 24	24	1200	1200	1200
AS-GW/AQUALOOP 30	30	1500	1500	1500
AS-GW/AQUALOOP 36	36	1800	1800	1800
AS-GW/AQUALOOP 48	48	2400	2400	2400

Tab. č. 21 Typy dostupných zařízení AS-GW/AQUALOOP (ASIO, spol. s.r.o., 2018)

Volím tedy zařízení **AS-GW/AQUALOOP 6**, které disponuje akumulacím prostorem o objemu 300 litrů. Tento systém se skládá ze dvou nádrží, kdy první nádrž slouží jako membránový bioreaktor, kde je šedá voda mechanicky předčištěna, následně biologicky čištěna a poté je přes membránový modul čerpána do nádrže druhé, ve které je tato vyčištěná voda akumulována (viz obr. č. 27).



Obr. č. 29 Systém AS-GW/AQUALOOP (ASIO, spol. s.r.o., 2018)

6.5.2.2 Nádrže srážkových vod

System pro využití srážkové vody zahrnuje opět nádrže dvě. Srážková voda ze střech a zpevněné plochy bude sváděna do první nádrže, která bude umístěna pod úrovní terénu venku u RD. Tato nádrž bude sloužit nejen k akumulaci srážkové vody ale také zde bude probíhat její úprava. Součástí navrhované nádrže AS-REWA ECO je filtr AS-PURAIN, který zajišťuje předčištění srážkové vody. Do nádrže bude navíc přidána vestavba AQUALOOP, umožňující membránovou filtraci, která je mnohem účinnější. Po filtraci je dešťová voda čerpána do nadzemní nádrže umístěné v technické místnosti. Voda z této nádrže pak bude přes UV lampu čerpána pomocí zařízení RAINMASTER do spotřebišť, v tomto případě do koupelen a myčky na nádobí. Jak již bylo několikrát zmiňováno, membránová filtrace a UV lampa zajišťují dostatečnou hygienizaci srážkové vody. Objem zemní nádrže navrhuji na stanovenou potřebu užitkové vody, která vystačí na 20 dní v případě bezdeštného období. Objem vnitřní nádrže navrhuji na denní potřebu vody pro osobní hygienu a mytí nádobí v myčce. Voda určená k zavlažování zahrady bude čerpána přímo ze zemní nádrže, nebude tedy zbytečně procházet membránovou filtrací ale pouze přes zmiňovaný filtr AS-PURAIN, což je pro tyto účely naprosto dostačující způsob předčištění. Do zemní nádrže tedy bude umístěno ponorné čerpadlo pro plovoucí sání, a to do takové výšky, aby v nádrži vždy zůstal objem pokrývající spotřebu na osobní hygienu a na mytí nádobí v myčce na 20 dní bezdeštného období (viz nadcházející výpočet b)). Toto bude zajištěno hladinovým spínačem, resp. rozpínačem. Pokud hladina klesne pod danou výšku, čerpadlo nebude funkční.

a) Stanovení objemu zemní nádrže

Objem nádrže na srážkovou vodu se obvykle navrhuje na potřebu užitkové vody, která pokryje 14 až 21 dnů v případě bezdeštného období (Plotěný, 2013). Pro tento návrh volím délku bezdeštného období 20 dnů. Do výpočtu zahrnuji potřebu vody na osobní hygienu, mytí nádobí v myčce a na závlahu zahrady, která je uvažována každý pátý den ve vegetačním období.

▪ Stanovení objemu nádrže dle denní potřeby vody

$$V_v = \frac{(Q_{r24} \cdot z)}{1000} \quad (8)$$

kde je...

- V_v - potřebný objem nádrže [m^3]
 Q_{r24} - denní potřeba vody, která je pokrývána srážkovou vodou [l/den] (viz kapitola 6.3.6)
 z - koeficient optimální velikosti = délka bezdeštného období [-]

$$V_v = \frac{(Q_{r24o} \cdot z_1) + (Q_{r24z} \cdot z_2)}{1000}$$

kde je...

- Q_{r24o} - denní potřeba vody pro osobní hygienu a mytí nádobí v myčce [l/den] ((viz kapitola 6.3.3 a 6.3.4)
 Q_{r24z} - denní potřeba vody pro zavlažování zahrady [l/den] (viz kapitola 6.3.5)
 z_1 - koeficient optimální velikosti = délka bezdeštného období = *uvažují 20 bezdeštných dní*
 z_2 - koeficient optimální velikosti = délka bezdeštného období = *uvažují 20 bezdeštných dní, zálivka je ale uvažována každý pátý den, tudíž bude v těchto 20ti dnech provedena 4x*

$$V_v = \frac{(134 \cdot 20) + (1410 \cdot 4)}{1000} = 8,32 \text{ m}^3$$

Dle výpočetního vztahu (8) musí být objem zemní nádrže na srážkovou vodu minimálně **8,32 m³**. Tento objem je dostatečný pro akumulaci takového množství vody, které pokryje potřebu v navrhovaných oblastech po dobu 20 dnů.

- Stanovení objemu nádrže dle množství zachycené srážkové vody

$$V_p = \frac{Q}{365} \cdot z \quad (9)$$

kde je...

V_p	- potřebný objem nádrže [m ³]
Q	- roční zisk srážkové vody [m ³] (viz kapitola 6.2.2)
z	- koeficient optimální velikosti = délka bezdeštného období [-]

$$V_p = \frac{154,8}{365} \cdot 20 = \mathbf{8,48 \text{ m}^3}$$

Dle výpočetního vztahu (9) musí být objem zemní nádrže, stanovený dle množství využitelné srážkové vody a zohledňující potřebu užitkové vody na 20 dní bezdeštné období, minimálně **8,48 m³**.

- Potřebný objem nádrže a jeho posouzení

Potřebný objem nádrže (V_n) je menší objem ze dvou předcházejících výpočtů.

$$V_N = \mathbf{MIN} (V_v; V_p) \quad (10)$$

kde je...

V_v	- objem nádrže dle denní potřeby [m ³]
V_p	- objem nádrže dle množství zachycené srážkové vody [m ³]

$$V_N = \mathbf{MIN} (8,32 \text{ m}^3; 8,48 \text{ m}^3)$$

Následující tabulka č. 22 je určena k porovnání vzájemného vztahu (souladu) plánované denní potřeby užitkové vody a množství využitelné dešťové vody. Pokud se vypočtené hodnoty V_v a V_p vzájemně neliší o více než 20 %, je situace optimální.

Výsledek výpočtu	Závěr	Možné opatření
$ABS(V_v - V_p) / V_N \leq 0,2$	optimální situace	
$ABS(V_v - V_p) / V_N > 0,2; V_v < V_p$	spotřeba srážkové vody je menší, než možnosti střechy	posoudit, zda do systému nepostačí zapojit pouze část střechy
$ABS(V_v - V_p) / V_N > 0,2; V_v > V_p$	spotřeba srážkové vody je větší, než možnosti střechy	zvětšit plochu střechy (pokud je to možné) nebo počítat s častějším dopouštěním vody do systému

Tab. č. 22 Posouzení souladu plánované spotřeby a množství využitelné dešťové vody (ASIO, spol. s.r.o., 2017)

$$\frac{ABS(V_v - V_p)}{V_N} = \frac{ABS(8,32 - 8,48)}{8,32} = 0,02 = 2 \%$$

→ situace je tedy optimální

Na základě zjištěných hodnot navrhuji nádrž **AS-REWA ECO 9 EO** disponující akumulacním objemem 8,8 m³ (viz tab. č. 22).

AS-REWA ECO EO **							
Název	Akumulační objem [m ³]	Vnější rozměry				Potrubí DN	Hmotnost [kg]
		DxH [mm]	H _v	H _o	H*		
AS-REWA ECO 1 EO	1,02	Ø 1000/1510	1350	1300	1810	100	100
AS-REWA ECO 2 EO	2,00	Ø 1400/1510	1350	1300	1810	100	130
AS-REWA ECO 3 EO	2,78	Ø 1650/1510	1350	1300	1810	100	150
AS-REWA ECO 4 EO	4,21	Ø 1800/2000	1770	1720	2300	150	220
AS-REWA ECO 5 EO	4,70	Ø 1900/2000	1770	1720	2300	150	240
AS-REWA ECO 6 EO	6,30	Ø 2150/2000	1770	1720	2300	150	260
AS-REWA ECO 7 EO	7,20	Ø 2300/2000	1770	1720	2300	150	280
AS-REWA ECO 8 EO	8,00	Ø 2400/2000	1770	1720	2300	150	300
AS-REWA ECO 9 EO	8,80	Ø 2550/2000	1770	1720	2300	150	330

Tab. č. 22 Typy dostupných nádrží AS-REWA ECO (ASIO, spol. s.r.o., 2018)

b) stanovení objemu vody spotřebované pro osobní hygienu a mytí nádobí v myčce za 20 denní bezdeštné období (zemní nádrž)

$$V_v = \frac{(Q_{r240} \cdot z)}{1000} \quad (11)$$

kde je...

V_v	- potřebná objem nádrže [m^3]
Q_{r240}	- denní potřeba vody pro osobní hygienu a mytí nádobí v myčce [l/den] ((viz kapitola 6.3.3 a 6.3.4)
z	- koeficient optimální velikosti = délka bezdeštného období [-]

$$V_v = \frac{(134 \cdot 20)}{1000} = 2,68 \text{ m}^3$$

Objem, který v nádrži vždy zůstane pro účely osobní hygieny a mytí nádobí v myčce na 20 dní bezdeštného období, tedy objem, který nebude možné odčerpat čerpadlem pro závlahu zahrady, je **2,68 m³**.

c) stanovení objemu vnitřní akumulární nádrže na vyčištěnou srážkovou vodu

Tato nádrž na vyčištěnou srážkovou vodu bude umístěna v technické místnosti. Její objem navrhuji na stanovenou denní potřebu vody pro osobní hygienu a mytí nádobí v myčce (Q_{r240}), která je 134 litrů. Protože jde však o potřebu vypočtenou, která se v provozu může lišit, **navrhuji nádrž o objemu 200 litrů**, pro případ vyšší spotřeby. Jak již bylo zmíněno, do nádrže bude čerpána srážková voda z venkovní zemní nádrže, a to přes membránovou vestavbu **AQUALOOP**. Nádrž o takto malém objemu akumulárního prostoru bude zhotovena firmou ASIO spol. s.r.o. na zakázku.

6.5.2.3 Nádrž na teplou užitkovou vodu

Tato nádrž (zásobník TUV) bude sloužit pro ohřev teplé užitkové vody, tedy vycištěné a hygienizované vody srážkové. Do zásobníku bude tato voda čerpána pomocí zařízení RAINMASTER ECO. Teplá užitková voda bude v řešeném RD využívána pouze pro osobní hygienu. Teplá pitná voda v kuchyni bude ohřívána průtokovým ohříváčem umístěným v prostoru pod kuchyňským dřezem. Objem zásobníku TUV navrhuji na celkovou denní uvažovanou potřebu vody pro osobní hygienu, která je 124 litrů (viz kapitola 6.3.4), a to i za předpokladu, že z této celkové potřeby bude využito jen cca 50 % vody teplé. Důvodem pro toto rozhodnutí je fakt, že je výhodnější, aby v zásobníku vždy zůstal nějaký objem vody již ohřáté a docházelo tak k mísení této vody s vodou „novou“ (studenou). Na ohřev vody „namíchané“ pak bude vynaloženo méně energie než na ohřev vody „nové“. Na začátku užívání bude muset být tato nádrž samozřejmě doplněna vodou pitnou.

Navrhuji kombinovaný zásobník teplé vody **OKCE NTR/2,2 kW** značky Dražice o objemu 125 litrů, který je vybavený topným tělesem a jedním výměníkem pro další zdroj tepla (např. elektrokotel).

6.5.3 Návrh vnitřní kanalizace a vodovodu

Navržený systém vnitřní kanalizace a rozvodu vody je patrný již ze schématu v kapitole 6.5.1. Podrobněji je tento návrh popsán v konkrétních stavebních výkresech vnitřní kanalizace a vodovodu, které jsou součástí příloh této práce.

V řešeném RD navrhuji oddělený odvod odpadní vody z výlevky, přepadu šedých vod a toalet, tedy vody hnědé a žluté, a to do veřejné kanalizace. Šedé vody budou sváděny do systému pro recyklaci šedých vod a srážkové vody do systému vod srážkových. Vnitřní vodovod v tomto RD bude veden od vodovodní přípojky, ze systému šedých vod, tedy pro rozvod provozní vody bílé, a také ze systému vod srážkových.

Konkrétní výpočty jmenovitých světlostí DN vnitřního kanalizačního a vodovodního potrubí tato práce nezahrnuje. Práce obsahuje pouze výpočty celkových návrhových průtoků, a to dle platné legislativy. Navrhované světlosti potrubí DN jsou pak patrné z již zmiňovaných stavebních výkresů projektové dokumentace, která je součástí příloh k této práci.

6.5.3.1 Vnitřní kanalizace

Během návrhu vnitřního potrubí pro odvod odpadních vod z toalet, šedých vod a vod srážkových jsem se řídila dle norem ČSN EN 12056-2, ČSN EN 12056-3 a ČSN 75 6760. Při návrhu jmenovité světlosti potrubí se porovnává hodnota stanoveného průtoku odpadních vod uvažovaným potrubím s hodnotou maximálního přípustného průtoku navrhovaným potrubím (hydraulická kapacita potrubí).

a) Stanovení průtoku splaškových (šedých, hnědých + žlutých) vod

$$Q_{spl} = K \cdot \sqrt{\sum DU} \quad (12)$$

kde je...

- Q_{spl} - průtok splaškových vod [l/s]
- z - součinitel odtoku [-] ($K = 0,5$ pro RD)
- $\sum DU$ - součet výpočtových odtoků [l/s] (viz tab. č. X)

Zařizovací předmět	Výpočtový odtok DU [l/s]	Jmenovitá světlost přípojovacího potrubí od jednoho zařizovacího předmětu DN
Umyvadlo	0,5	40
Sprcha s podlahovou vpustí	0,6	50 ¹⁾
Koupačí vana	0,8	50 ¹⁾
Kuchyňský dřez	0,8	50 ¹⁾
Bytová myčka nádobí	0,8	50 ¹⁾
Automatická pračka do 6 kg prádla	0,8	50 ¹⁾
Podlahová vpust' DN 50	0,8	50 ¹⁾
Podlahová vpust' DN 70	1,5	70
Podlahová vpust' DN 100	2	100
Záchodová mísa nebo keramická výlevka s nádržkovým splachovačem o objemu 9,0 litrů	2,5	100
<i>Poznámka: ¹⁾ Přípojovací potrubí s odklonem od svislice menším než 30° musí mít jmenovitou světlost nejméně DN 60.</i>		

Tab. č. 23 Výpočtové hodnoty odtoků DU (pro budovy s rovnoměrným odběrem vody) a jmenovité světlosti DN přípojovacích potrubí od dílčích zařizovacích předmětů (ČSN EN 12056-2, 2001)

Průtok odpadních (šedých, hnědých + žlutých) vod ve svodném potrubí či v přípojce je vypočten dle vzorce:

$$Q_{svod} = K \cdot \sqrt{\sum DU} \quad (13)$$

kde je...

- Q_{svod} - průtok odpadních vod ve svodném potrubí či v přípojce [l/s]
 Q_{spl} - průtok splaškových vod z výpočetního vztahu (12) [l/s]

Při návrhu jmenovité světlosti odpadního potrubí je nutné vypočtené hodnoty Q_{spl} a Q_{svod} porovnat s maximálním přípustným průtokem navrhovaného potrubí, tedy s hydraulickou kapacitou tohoto potrubí Q_{max} (viz tab. č. 24 a 25). Při návrhu pak musí platit:

$$Q_{spl}; Q_{svod} \leq Q_{max} \quad (14)$$

Hydraulická kapacita Q_{max} l/s	Jmenovitá světlost DN
0,5	40 ^{1) 7)}
0,8	50 ^{2) 3) 5)}
1	60 ^{4) 5)}
1,5	70 ⁵⁾
2,25	90 ^{5) 6)}
2,5	100
4	125

*1) Pouze od jednoho zařizovacího předmětu.
2) Připojovací potrubí zatížené průtokem nejméně 0,6 l/s s odklonem od vvislice menším než 30° musí mít jmenovitou světlost nejméně DN 60.
3) Připojovací potrubí od dvou a více pisoárových mís musí mít jmenovitou světlost nejméně DN 60.
4) Připojovací potrubí od pisoárové stěny nebo stání musí mít jmenovitou světlost nejméně DN 70.
5) Při napojení pisoárů o sedmi a více místech je nejmenší jmenovitá světlost připojovacího potrubí DN 70.
6) Nejvýše dvě záchodové mísy.
7) Nesmí být napojeny žádné pisoáry.*

Tab. č. 24 Hodnoty hydraulických kapacit připojovacích potrubí (nevětraných) (ČSN EN 12056-2, 2001)

Hydraulická kapacita Q_{max} l/s		Maximální počet připojených záchodových mís	Jmenovitá světlost odpadního a samostatného větracího potrubí DN
Odbočky s úhlem 60° až 88,5°	Odbočky s úhlem do 45° nebo s obloukovou úpravou		
0,5	0,7	0	60 ^{1) 3)}
1,5	2	0	70 ^{2) 3)}
2,7	3,5	0	90 ^{2) 3)}
4	5,2	13	100
5,8	7,6	27	125
9,5	12,4	73	150

¹⁾ Na odpadní potrubí DN 60 nesmějí být napojovány žádné pisoáry.
²⁾ Na odpadní potrubí DN 70 a DN 90 nesmějí být napojovány žádné záchodové mísy ani keramické vřelky s napojením DN 100.
³⁾ Odpadním potrubím DN 60, DN 70 a DN 90 nesmějí být odváděny splašky s tuky od velkokuchyňských zařízení.

Tab. č. 25 Hodnoty hydraulických kapacit hlavních svodných a větraných potrubí (ČSN EN 12056-2, 2001)

▪ **Průtok šedých vod**

$$Q_{spl} = K \cdot \sqrt{\sum DU}$$

kde $\sum DU$ (viz tab. č. 26)

Zařizovací předmět	Počet [ks]	Výpočtový odtok DU [l/s]	Součet odtoků DU [l/s]
Umyvadlo	3	0,5	1,5
Sprchový kout	1	0,6	0,6
Koupací vana	1	0,8	0,8
Kuchyňský dřez	1	0,8	0,8
Myčka na nádobí	1	0,8	0,8
Automatická pračka	1	0,8	0,8
$\sum DU$			5,3

Tab. č. 26 Vstupní výpočtové odtoky DU [l/s] (Suchardová, 2018)

$$Q_{spl} = 0,5 \cdot \sqrt{5,3} = 1,15 \text{ l/s}$$

$$Q_{svod} = 0,33 \cdot Q_{spl} = 0,33 \cdot 1,15 = 0,38 \text{ l/s}$$

Návrhový průtok šedé vody uvnitř svodného potrubí na vstupu do systému recyklace šedých vod činí **0,38 l/s**.

- Průtok hnědých + žlutých vod

$$Q_{spl} = K \cdot \sqrt{\sum DU}$$

kde $\sum DU$ (viz tab. č. 27)

Zařizovací předmět	Počet [ks]	Výpočtový odtok DU [l/s]	Součet odtoků DU [l/s]
Záchodová mísa	2	2,5	5
Výlevka	1	2,5	2,5
Bezpečnostní přepad šedých vod*	1	0,5	0,5
		ΣDU	8

Tab. č. 27 Vstupní výpočtové odtoky DU [l/s] (Suchardová, 2018)

$$Q_{spl} = 0,5 \cdot \sqrt{8} = 1,41 \text{ l/s}$$

$$Q_{svod} = 0,33 \cdot Q_{spl} = 0,33 \cdot 1,41 = 0,47 \text{ l/s}$$

Návrhový průtok hnědé + žluté vody a přepadové šedé vody ze systému šedých vod uvnitř svodného potrubí činí na odtoku z RD, resp. na přítoku do veřejné kanalizační sítě, **0,47 l/s**.

b) Stanovení průtoku srážkových vod

$$Q_{rain} = i \cdot A_i \cdot f_{s,i} \quad (15)$$

kde je...

- Q_{rain} - průtok srážkových vod [l/s]
- i - intenzita deště [l/s.m²]
- A_i - půdorysný průmět plochy, ze které je srážková voda odváděna [m²]
- $f_{s,i}$ - koeficient odtoku plochy, ze které je srážková voda odváděna (viz kapitola 6.2.2) [-]

Při návrhu jmenovité světlosti odpadního potrubí dešťové vody je nutné vypočtenou hodnotu průtoku srážkové vody Q_r porovnat s maximálním přípustným průtokem navrhovaného potrubí, tedy s hydraulickou kapacitou tohoto potrubí Q_{max} (viz tab. č. 28). Při návrhu pak musí platit:

$$Q_r \leq Q_{max}$$

Hydraulická kapacita Q_{max} l/s	Jmenovitá světlost dešťového odpadního potrubí DN	
	vnitřního	vnějšího
2	70	70
3	70	100
4,8	90	125
6	100	125
8,1	100	150
9	125	150
12,6	125	-
25	150	-

Tab. č. X Hodnoty hydraulických kapacit pro srážková odpadní potrubí (ČSN EN 12056-3, 2001)

Dosazované hodnoty do výpočetního vztahu (15):

- $i = 0,03 \text{ l/s.m}^2$ -> návrhová intenzita deště pro střechy a plochy ohrožující objekt zaplavením
- $A_i = 262,1 \text{ m}^2$ -> půdorysný průmět střešní plochy
- $f_{s,1} = 0,75$ -> koeficient odtoku střešní plochy
- $A_i = 70 \text{ m}^2$ -> plocha zpevněné plochy
- $f_{s,2} = 0,7$ -> koeficient odtoku zpevněné plochy (zámková dlažba)

$$Q_{rain} = 0,03 \cdot (262,1 \cdot 0,75 + 70 \cdot 0,7) = 7,37 \text{ l/s}$$

Po dosazení hodnot do vztahu (15) vychází, že návrhový průtok srážkových vod sváděných ze střechy a ze zpevněné plochy na vstupu do systému srážkových vod činí **7,37 l/s** (při zvolené návrhové intenzitě deště $0,03 \text{ l/s.m}^2$).

6.5.3.2 Vnitřní vodovod

Pro návrh systému vnitřního rozvodu pitné vody z veřejné vodovodní sítě, rozvodu užitkové (bílé) vody ze systému recyklace šedých vod i návrh vnitřní rozvodné sítě přečištěných a hygienicky zabezpečených vod srážkových jsem zvolila zjednodušenou výpočetní metodu dle normy ČSN EN 806-3, jejíž použití je vhodné pro RD. Zvolená metoda tkví ve sčítání hodnot cílových výtokových jednotek (LU) (viz tab. č. 29) jednotlivých úseků potrubí a následného určení průměru potrubí tohoto každého úseku na základě počtu výtokových jednotek, nejvyšší hodnoty LU a zvoleného trubního materiálu (viz tab. č. 30). Jedna výtoková jednotka (LU) je rovna hodnotě jmenovitého výtoku $Q_A = 0,1$ l/s.

Výpočtový průtok Q_D je dle ČSN 75 5455 získán pomocí vztahu:

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Q_{Ai}^2 \cdot n_i)} \quad (16)$$

kde je...

- Q_D - výpočtový průtok uvnitř rozvodu [l/s]
- Q_{Ai} - jmenovitý výtok jednotlivých armatur (viz tab. č. 29) [l/s]
- n_i - počet výtokových armatur stejného druhu [-]
- m - počet druhů výtokových armatur [-]

Výtoková armatura	DN	Jmenovitý výtok Q_A (l/s)	Hodnota LU
Nádržkový splachovač, směšovací baterie u umyvadla, umývatka nebo bidetu	15	0,1	1
Výtokový ventil pro umyvadlo, umývatko, pračku v domácnosti ¹⁾ nebo myčku nádobí ¹⁾ , směšovací baterie pro dřez, výlevku nebo sprchu	15	0,2	2
Tlakový splachovač pisoárové mísy nebo stání, výtokový ventil u výlevky nebo v kotelně	15	0,3	3
Směšovací baterie u vany, velkokuchyňského dřezu nebo prádelnových necek	15	0,4	4
Výtoková armatura na zahradě nebo v garáži	15	0,5	5
Směšovací baterie u velkokuchyňského dřezu, velkoobjemové vany, sprchy	20	0,8	8
Tlakový splachovač záchodové mísy	20	1,5	15
¹⁾ Pro jiné pračky nebo myčky se jmenovitý výtok určí podle údajů výrobce.			

Tab. č. 29 Hodnoty výtokových jednotek LU a jmenovitých výtoků Q_A studené či teplé vody pro jednotlivé výtokové armatury (ČSN EN 806-3, 2006)

Potrubí z PPR - PN20												
Max. součty LU	1	2	3	3	4	6	13	30	70	200	540	970
Největší hodnoty LU			2			4	5	8				
Max. délka potrubí [m]	20	12	8	15	9	7						
Vnější průměr x tloušťka stěny da x s [mm]	16 x 2,7		20 x 3,4			25x4,2	32x5,4	40x6,7	50x8,4	63x10,5	75x12,5	
Vnitřní průměr di [mm]	10,6		13,2			16,6	21,2	26,6	33,2	42	50	

Tab. č. 30 Hodnoty výtokových jednotek LU pro stanovení průměru potrubí z plastu (ČSN EN 806-3, 2006)

- **Stanovení výpočtového průtoku – bílá voda**

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Q_{Ai}^2 \cdot n_i)}$$

→ kde Q_{ai} a n_i (viz tab. č. 31)

Výtoková armatura	Počet n_i [ks]	Jmenovitý výtok Q_{Ai} [l/s]	$Q_{Ai}^2 \cdot n_i$ [l/s]
nádržkový splachovač	2	0,1	0,02
výtokový ventil pro pračku v domácnosti	1	0,2	0,04
směšovací baterie pro výlevku	1	0,2	0,04
výtoková armatura na zahradě	1	0,5	0,25
		$\Sigma(Q_{Ai}^2 \cdot n_i)$	0,35

Tab. č. 31 Vstupní výpočtové hodnoty Q_{ai} a n_i (Suchardová, 2018)

$$Q_D = \sqrt{0,35} = 0,59 \text{ l/s}$$

Výpočtový průtok užitkové bílé vody na výstupu ze systému recyklace šedých vod činí **0,59 l/s**. Tato voda bude ze systému rozváděna k cílovým armaturám pomocí plně automatické provozní a monitorovací jednotky s čerpadlem, ovládáním a s funkcí automatického doplňování pitné vody **AS-RAINMASTER ECO**. Jedná se o optimalizované zařízení pro využití v RD.

- Stanovení výpočtového průtoku – upravená srážková voda

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Q_{Ai}^2 \cdot n_i)}$$

→ kde Q_{ai} a n_i (viz tab. č. 32)

STUDENÁ VODA			
Výtoková armatura	Počet n_i [ks]	Jmenovitý výtok Q_{Ai} [l/s]	$Q_{Ai}^2 \cdot n_i$ [l/s]
směšovací baterie umyvadla	3	0,1	0,03
směšovací baterie pro sprchu	1	0,2	0,04
směšovací baterie pro vanu	1	0,4	0,16
výtokový ventil pro myčku nádobí	1	0,2	0,04
zásobník TUV*	1	0,5	0,25
$\Sigma(Q_{Ai}^2 \cdot n_i)$			0,52

Tab. č. 32 Vstupní výpočtové hodnoty Q_{ai} a n_i (Suchardová, 2018)

$$Q_D = \sqrt{0,52} = 0,72 \text{ l/s}$$

TEPLÁ VODA			
Výtoková armatura	Počet n_i [ks]	Jmenovitý výtok Q_{Ai} [l/s]	$Q_{Ai}^2 \cdot n_i$ [l/s]
směšovací baterie umyvadla	3	0,1	0,03
směšovací baterie pro sprchu	1	0,2	0,04
směšovací baterie pro vanu	1	0,4	0,16
směšovací baterie pro výlevku	1	0,2	0,04
$\Sigma(Q_{Ai}^2 \cdot n_i)$			0,27

Tab. č. 33 Vstupní výpočtové hodnoty Q_{ai} a n_i (Suchardová, 2018)

$$Q_D = \sqrt{0,27} = 0,52 \text{ l/s}$$

Výpočtový průtok upravené srážkové vody na výstupu ze systému srážkových vod, tedy na vstupu do rozvodu studené vody činí **0,72 l/s**. Výpočtový průtok upravené srážkové vody na výstupu ze zásobníku TUV, tedy na vstupu do rozvodu teplé vody činí **0,52 l/s**. Tato voda bude ze systému rozváděna k cílovým armaturám opět pomocí plně automatické provozní a monitorovací jednotky s čerpadlem **AS-RAINMASTER ECO**.

- **Stanovení výpočtového průtoku – pitná voda**

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Q_{Ai}^2 \cdot n_i)}$$

→ kde Q_{ai} a n_i (viz tab. č. 34)

Výtoková armatura	Počet n_i [ks]	Jmenovitý výtok Q_{Ai} [l/s]	$Q_{Ai}^2 \cdot n_i$ [l/s]
směšovací baterie pro dřez	1	0,2	0,04
AS-RAINMASTER Eco 10*	2	0,15	0,045
		$\Sigma(Q_{Ai}^2 \cdot n_i)$	0,085

Tab. č. 34 Vstupní výpočtové hodnoty Q_{ai} a n_i (Suchardová, 2018)

$$Q_D = \sqrt{0,085} = \mathbf{0,29 \text{ l/s}}$$

Výpočtový průtok pitné vody před vtokem do jednotlivých armatur (na vtoku do RD) činí **0,29 l/s**. Tato voda bude v ideálním případě sloužit pouze na vaření, pití a mytí nádobí ve dřezu, pakliže však nastane nedostatek šedé či srážkové vody, bude využívána také pro doplnění tohoto deficitu, a to pomocí již zmiňované jednotky **AS-RAINMASTER ECO**.

6.5.4 Navrhovaná zařízení pro úpravu, čištění a distribuci vody

Do řešeného RD je navrhován systém pro znovuvyužití šedých a srážkových vod. Oba tyto dílčí systémy obsahují dvoustupňovou úpravu vody. První stupeň úpravy

zahrnuje mechanické přečištění filtrem hrubých nečistot. Druhý stupeň úpravy srážkové vody zajišťuje mikrofiltraci pomocí membránové filtrace a u vody šedé je druhým stupněm spojení biologického čištění za přísunu vzduchu s mikrofiltrací pomocí vláknové membrány. Produkt tohoto čištění, tzv. permeát, bude následně akumulován v nádržích, ze kterých bude dále rozváděn do cílových spotřebišť. V případě vody srážkové bude průchodu čerpací jednotkou předřazena UV lampa.

6.5.4.1 Prvky systému úpravy srážkových vod

▪ HRUBÉ PŘEDČIŠTĚNÍ

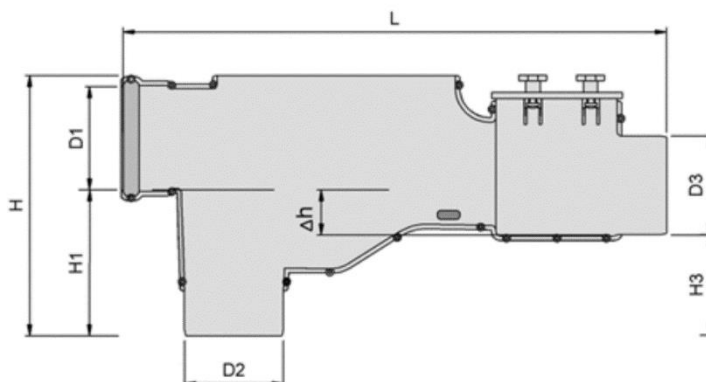
Srážkové vody ze střešní a zpevněné plochy budou sváděny do navrhované nádrže AS-REWA ECO 9 EO. Součástí této nádrže je vždy i filtr systému AS-PURAIN (zahrnuto v ceně nádrže), který zajišťuje mechanické předčištění těchto vod na vtoku do nádrže. Dle hodnoty návrhového deště i a redukované plochy A_{red} , ze které budou srážkové vody sváděny, navrhuji jmenovitou světlost přívodního odpadního potrubí srážkové vody DN 100, tudíž volím filtr **AS-PURAIN PR 100** (viz obr. č. 30 a tab. č. 30). Navržený filtr je vhodný pro použití v rodinných domech a je vybaven zpětnou klapkou, která poskytuje ochranu proti malým živočichům a skimmer pro odtah plovoucích nečistot.

$$i = 0,03 \text{ l/s.m}^2$$

$$A_{red} = 245,58 \text{ m}^2$$

$$Q_{rain} = 7,37 \text{ l/s} \dots\dots \text{ rychlost při maximálním stupni plnění (viz kapitola 6.5.3.1)}$$

$$\Rightarrow \underline{\text{DN} = 100}$$



Obr. č. 30 Filtr AS-PURAIN PR 100 (ASIO spol. s.r.o., 2018)

Rozměry (LxBxH)	605x180x288 mm
Nátok (D1)	DN 100 (ø110) mm
Odtok do akumulární nádrže (D2)	DN 100 (ø110) mm
Odtok do kanalizace (D3)	DN 100 (ø110) mm
Výška nátoku (H1)	164 mm
Výška odtoku (H3)	114 mm
Rozdíl výšek nátoku a odtoku (Δh)	50 mm
Velikost průlin síta	0,8 mm
Účinnost	98 %
Materiál	PP, EPDM, nerez
Hmotnost	2,4 kg

Tab. č. 35 Technické údaje filtru AS-PURAIN PR 100 (ASIO spol. s.r.o., 2018)

▪ MEMBRÁNOVÁ FILTRACE

Jak již bylo zmiňováno, druhým stupněm úpravy srážkové vody je její mikrofiltrace přes vláknové membrány o velikosti pórů 0,2 μm . Toto zajišťuje membránová **vestavba AQUALOOP**, která bude instalována do srážkové nádrže AS-REWA ECO 9 EO. Tato vestavba se skládá z membránové jednotky, předčisticího filtru na vtok, filtrační náplně (nosič biomasy), membránových modulů a dmychadla. Srážková voda bude čerpána přes tuto membránovou vestavbu do akumulární nádrže srážkové vody o objemu 200 litrů (viz kapitola 6.5.2.2).

Počet patron této vestavby je zvolen na základě již vypočtené hodnoty denní potřeby vody pokrývané srážkovou vodou Q_{r240} (viz kapitola 6.3.3 a 6.3.4).

$Q_{r240} = 134 \text{ l/den}$... denní potřeba vody pro osobní hygienu a mytí nádobí v myčce

Předpokládaný denní průtok: 134 l/den (v případě potřeby lze navýšit na 200 l)

Filtrační doba: 4 h/den

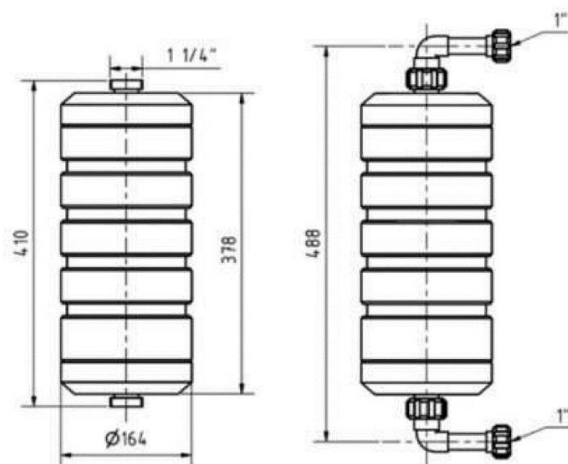
Podtlak od sacího čerpadla: 0,2 bar

Specifický průtok membránou: 50 l/m².h.bar

Hodinový průtok membránou = 200 l/den / 4 h/den = 50 l/h

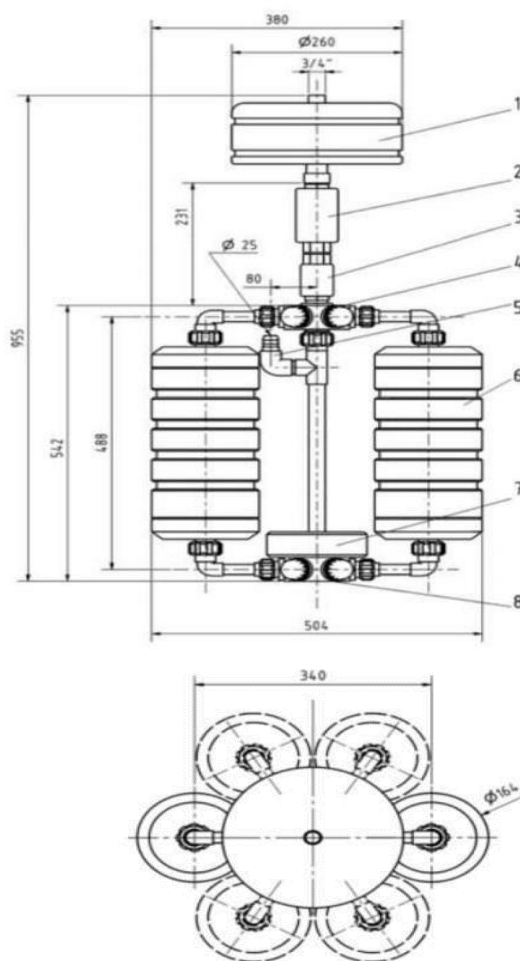
Potřebná minimální plocha filtrace = 50 / 50 / 0,2 = 5 m²

Protože každá membránová patrona disponuje filtrační plochou 6 m², navrhuji osazení **jedné filtrační patrony AL-MEM** (viz obr. č. 31). Do membránové stanice lze osadit až 6 takových patron (viz obr. č. 32).



Obr. č. 31 Membránová patrona AL-MEM (ASIO spol. s.r.o., 2018)

- 1 - Zásobní nádrž proplachové vody
- 2 - Čerpadlo proplachu
- 3 - Čerpadlo permeátu
- 4 - Sběrný port permeátu
- 5 - Připojení tlakového vzduchu
- 6 - Membránové patrony
- 7 - Závaží
- 8 - Rozdělovací port provdušňování



Obr. č. 32 Membránová vestavba se šesti membránovými patronami (ASIO spol. s.r.o., 2018)

	AL-MEM
Rozměry patrony (d x H)	410 x Ø164 mm
Rozměry patrony včetně připojení	486 x Ø164 mm
Hmotnost	1,6 kg
Plocha membrány	6 m ²
Materiál membrán/typ	PE/dutá vlákna
Průměr vlákna/množství/délka:	0,41 – 0,44 mm/1600-2000/740 mm ± 15 mm
Velikost pórů	0,1 – 0,3 µm (0,2 µm jmenovitě)
Anti-fouling	ano
Předvlhčení	ano
Průtok membránou/flux	30 -600 l/h
Dovolené rozmezí teplot	0 - 55°C
Max. tlak filtrace	0,7 bar
Max. tlak proplachu	2,5 bar
Max. volný chlor 25°C	5000 ppm při 9.5 pH během chemického čištění
Max. znečištění (volný chlor)	1.0 Mio ppm/h (hodinově)
Materiál ochranné kazety	PE/PP/U-PVC/ABS
Připojení dmychadla/Připojení hadice permeátu	1 ¼" AG/1 ¼" AG
Těsnění	Ø 26mm x 3,5 mm, NBR
Patentováno	ano
Životnost	Více jak 10 roků
Certifikace na bakteriologii	Accredited laboratory HUS Salzburg
Norma testu	ÖNORM EN ISO 9308-1

Tab. č. 36 Technická data membránové patrony AL-MEM (ASIO spol. s.r.o., 2018)

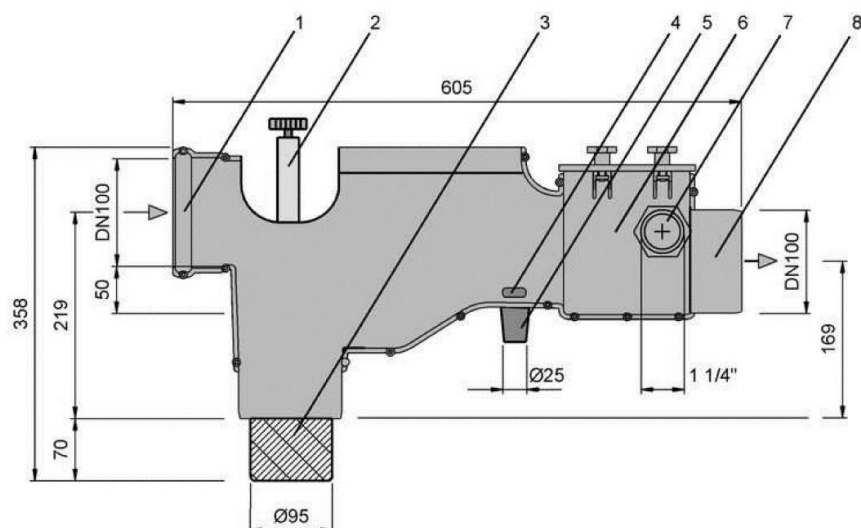
6.5.4.2 Prvky systému čištění šedých vod

Produkovaná odpadní (šedá) voda bude v řešeném RD čištěna systémem AS-GW/AQUALOOP. Princip tohoto systému je následující. Šedá voda přitéká do reakční nádrže, ve které dochází k biologickému čištění, skrze filtr mechanických nečistot. Součástí nádrže je membránový modul, pod kterým je umístěn aerační systém. Nad membránovým modulem se nachází čerpadlo, jehož úkolem je pod tlakem odsávat vodu skrze membrány a následně odvádět tuto vyčištěnou vodu do akumulární nádrže.

▪ HRUBÉ PŘEDČIŠTĚNÍ

Prvním stupněm úpravy je opět zmiňované mechanické předčištění, které je realizováno průtokem skrze instalovaný filtr AL-F100 (viz obr. č. 33 a tab. č. 37). Typ tohoto filtru byl zvolen, dle již vypočtené hodnoty průtoku šedých vod Q_{svod} (viz kapitola 6.5.3.1).

$$Q_{spl} = 1,15 \text{ l/den ... celkový průtok šedých}$$



Obr. č. 33 Technické údaje filtru AL-F100 (ASIO spol. s.r.o., 2018)

AL-F100		
Hmotnost	[kg]	3,5
Připojení	[mm]	DN100/ Ø 110 (Hrdlo)
Odtok	[mm]	DN100/ Ø 110 (čep)
Max. průtok	[l/s]	5
Filtrační síto (dxh)	[mm]	95x120
Velikost ok síta	[mm]	3
Zpětná klapka	[mm]	DN100
Materiál		Nerezová ocel

Tab. č. 37 Technické údaje filtru AL-F100 (ASIO spol. s.r.o., 2018)

▪ BIOLOGICKO-FYZIKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ

Po hrubé filtraci přichází na řadu druhý stupeň úpravy, a to v aeračním membránovém bioreaktoru systému AS-GW/AQUALOOP. V této nádrži se odehrává kontinuální biodegradace v provzdušňovaném fluidním loži prostřednictvím bakterií. Po uplynutí několika týdnů od zahájení provozu se tyto dosazené bakterie usazují na nosiči biomasy AL-FK se specificky velkým povrchem. Významné množství odumřelé biomasy je z nádrže odstraněno (odtaženo) pomocí povrchového skimmeru, který je součástí již zmiňovaného filtru AL-F100. Odvod tohoto kalu je zajištěn bezpečnostním přepadem. Součástí systému je také dmychadlo AL-XXL, které obstarává optimální zásobování kyslíkem. Průtok vzduchu z dmychadla prochází skrze membránovou jednotku osazenou membránovými patronami AL-MEM. Šedá voda je tedy průtokem skrze tuto jednotku filtrována a dále čerpána do akumulární nádrže bílé vody.

Typ tohoto systému byl zvolen již v kapitole 6.5.2.1. Na základě denního množství vyprodukovaných šedých vod Q_{prod} je tedy navržen systém **AS-GW/AQUALOOP 6** (viz tab. č. 38).

$Q_{prod} = 228$ l/den ... množství vyprodukované šedé vody za den (viz kapitola 6.2.1)

AS-QW/AQUALOOP 6		
Počet EO	[-]	6
Rozměry nádrží AS-GW (ϕ /H)	[mm]	2 x 600/1400
Maximální denní nátok	[l/den]	300
Objem akumulace šedé a provozní vody	[l]	300
Počet filtrů hrubých nečistot AS-F100	[-]	1
Počet membránových patron AL-MEM	[-]	1
Plocha membrány 1 patrony	[m ²]	6
Průtok membránou (flux)	[l/h]	30 - 600
Životnost membrány	[rok]	> 10
Nosiče biomasy AL-Fk	[l]	30
Specifický povrch nosičů biomasy	[m ² /m ³]	320
Typ dmyhadla	[-]	AL-30L
Provozní tlak dmyhadla	[bar]	0,05 - 0,18
Příkon dmyhadla	[W]	29

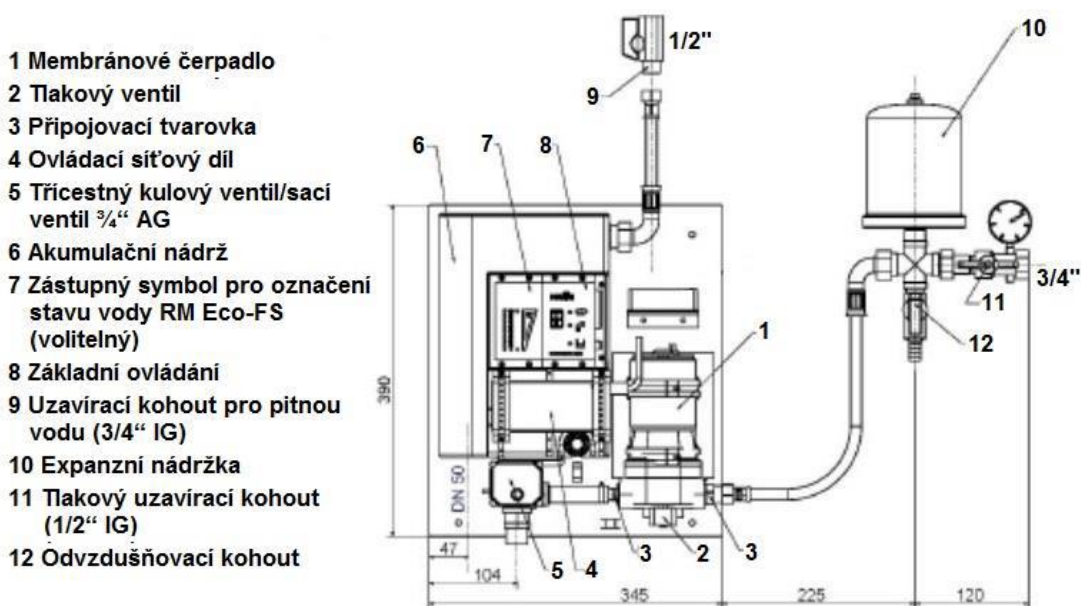
Tab. č. 38 Technické údaje systému AS-GW/AQUALOOP (ASIO spol. s.r.o., 2018)

6.5.4.3 Čerpání vyčištěné vody do spotřebišť

Vyčištěná/upravená voda bude z akumuláčních nádrže bílé a hygienicky zabezpečené srážkové vody čerpána pomocí plně automatické provozní a monitorovací jednotky s čerpadlem **AS-RAINMASTER ECO 10** (viz obr. č. 34). Tyto jednotky budou v řešeném RD celkem dvě. Jedna pro rozvod vody ze systému šedých vod a druhá pro rozvod vody ze systému vod srážkových.

Čerpací jednotka AS-RAINMASTER ECO 10 je plně automatická jednotka, kdy zapnutí a vypnutí chodu čerpadla řídí integrovaný tlakový spínač, který se nachází v akumuláční nádrži čerpané vody. Uživatelská voda je z akumuláční nádrže do jednotky čerpána pomocí nasávací hadice s plovoucím filtrem a je dále rozváděna do cílových

spotřebičů. Pokud v akumulární nádrži není dostatečné množství bílé/srážkové vody, automaticky dojde k přepnutí jednotky pomocí třicestného kulového ventilu na zásobování vodou pitnou z veřejné vodovodní sítě. V takovém případě dojde k uzavření nasávací hadice z akumulární nádrže a voda je čerpána pouze z nádržky nacházející se uvnitř čerpací jednotky. Vnitřní nádržka je napojená na zdroj pitné vody. Jakmile bude v akumulární nádrži opět dostatečné množství bílé/srážkové vody, jednotka se zase automaticky přepne na režim zásobení bílou/srážkovou vodou.



Obr. č. 34 Čerpací jednotka AS-RAINMASTER ECO 10 (ASIO spol. s.r.o., 2018)

	RM Eco 10
Rozměry (v x š x h)	398 x 353 x 200 mm
Hmotnost	8 kg
Síťové napětí	110-230VAC/50-60 Hz
Ovládací síťový díl výstup	24 VDC \pm 5%
Vstup základního ovládání	22 - 28 VDC
Výkon	90 W
Max. provozní tlak	3,5 bar
Max. průtok	10 l/min
Výška sání	viz křivka sání
Vstupní tlak čerpadla	cca 2,4 bar
Třída ochrany	IP 44
Hlučnost	48 dbA
Přetlak pitné vody	2,5 - 6 bar
Max. stavební výška spotřebiče	10 m
Délka kabelu x průměr	15 m x \varnothing 8 mm
Třída ochrany	IP 68

Tab. č. 39 Technická data čerpací jednotky AS-RAINMASTER ECO 10 (ASIO spol. s.r.o., 2018)

6.5.5 Likvidace odpadní vody – odvod do veřejné kanalizace

Výpočet denního objemu vyprodukované odpadní vody:

$Q_{přep}$... denní objem šedé vody putující do přepadu [l/den]

$Q_{prod} = 228 \text{ l/den}$... denní objem vyprodukované šedé vody (viz kapitola 6.2.1)

$Q_{24} = 188,5 \text{ l/den}$... denní potřeba bílé vody (viz kapitola 6.4)

$$Q_{přep} = Q_{prod} - Q_{24} = 228 - 188,5 = 39,5 \text{ l/den}$$

$Q_{wc} = 96 \text{ l/den}$... denní potřeba, tedy objem vyprodukované splaškové vody z toalet (viz kapitola 6.3.1)

$Q_{úkl}$... denní potřeba, tedy objem vyprodukované odpadní vody na úklid uvnitř domu (výlevka) [l/den]

$Q_{úkl,SV}$... objem studené vody použité na úklid vnitřních prostor (viz kapitola 6.3.2) [l/den]

$Q_{úkl,TV}$... objem teplé vody použité na úklid vnitřních prostor (viz kapitola 6.3.2) [l/den]

$$Q_{úkl} = Q_{úkl,SV} + Q_{úkl,TV} = 21,5 + 42,9 = 64,4 \text{ l/den}$$

$$Q_{ODP,1} = Q_{přep} + Q_{wc} = 39,5 + 96 = 135,5 \text{ l/den}$$

$$Q_{ODP,2} = Q_{přep} + Q_{wc} + Q_{úkl} = 39,5 + 96 + 64,4 = 199,9 \text{ l/den}$$

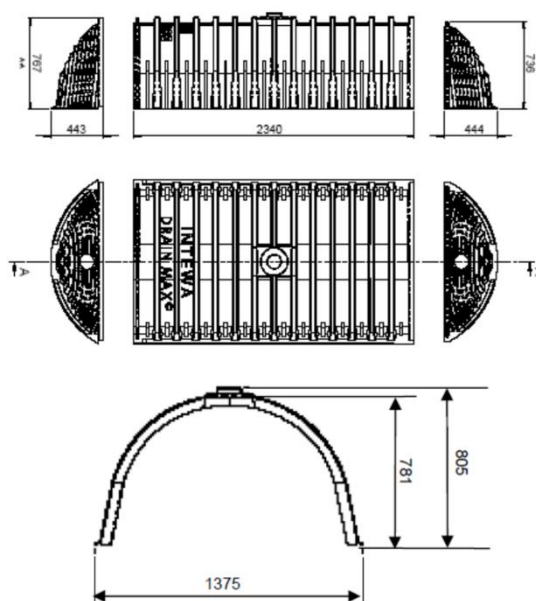
Denní objem vyprodukované odpadní vody ($Q_{ODP,1}$) zahrnuje šedé vody z přepadu a splaškové vody z toalet. V den úklidu je tento denní objem navýšen o vody z úklidu (Q_{ODP}). Vzhledem k velmi malému množství přitékající odpadní vody do případné domovní ČOV, navrhuji pro řešený RD odvádět odpadní vody z toalet, výlevky a přepadu nádrže šedých vod **do veřejné kanalizační sítě**.

6.5.6 Vsakovací zařízení srážkových vod

Přebytečné srážkové vody budou z dešťové nádrže odváděny pomocí přepadu do vsakovacích tunelů **AS-KRECHT**. Hydrologická skupina půd zájmového území spadá do kategorie B, což jsou půdy se střední rychlostí infiltrace.

Podmínkou realizace zařízení pro vsakování je geologický průzkum a mnoho dalších náležitostí (viz kapitola 5). Zároveň je návrh závislý na řadě okrajových podmínek, tedy nejen na vsakovacích schopnostech podloží, ale také na hloubce hladiny podzemní vody atd. Hlavním cílem této práce je návrh systému pro úsporu pitné vody v domě, avšak návrh má brát ohled na životní prostředí. Pro tyto důvody jsem se rozhodla zařízení pro zasakování zmiňovaných vod do návrhu zahrnout, avšak pouze zjednodušeně, kdy jsem v mnoha ohledech (hloubka hladiny podzemní vody atd.) vycházela z ideálních podmínek.

Systém AS-KRECHT je akumuláční a současně drenážní systém (viz obr. č. 35 a tab. č. 40). Toto zařízení je tunelového tvaru a skládá se z lehké, půlkruhové schránky (AS-KRECHT – T 1600 střední tunel) a z plastových čel, které tuto schránku uzavírají (AS-KRECHT – T 100 SE/100 E počáteční a koncová čela). Takto je sestaven podzemní prostor o velké kapacitě, který umožňuje akumulaci a postupnou infiltraci přiváděných vod. Tunel AS-KRECHT má 100 % akumuláční kapacitu. Přiváděná voda zasakuje do půdy dnem tunelu a bočními otvory. Čela tunelu disponují otvorem, který slouží pro nátok přiváděných vod.



Obr. č. 35 Vsakovací tunel AS-KRECHT (ASIO spol. s.r.o., 2018)

Popis	Střední tunel	Počáteční čelo	Koncové čelo
Označení	DM-T-1600-M/60	DM-T-100-S/60	DM-T-100-E/60
Délka [mm]	2340	443	444
Šířka [mm]	1375	1375	1375
Výška (klenby) [mm]	781	767	736
Výška (připojení odvětrání) [mm]	805	--	--
Efektivní délka [mm]	2250	--	--
Třída zatížení	do SLW60	do SLW60	do SLW60
Hmotnost [kg]	32	5,5	5,6
Materiál	PE-HD	PE-HD	PE-HD
Nátok	1 x DN100 (vrchol klenby)	DN100-300	DN100-300
Povolená tolerance [%]	±4	±4	±4
Povolená teplota při manipulaci s výrobkem	+2 do +30°C	+2 do +30°C	+2 do +30°C
Objem zásobníku [m ³]	1,6	0,1	0,1

Tab. č. 40 Technická data vsakovacího tunelu AS-KRECHT (ASIO spol. s.r.o., 2018)

Návrh nezohledňuje odběr srážkové vody na využití uvnitř domu, pracuje tak s možností závady na systému srážkových vod. Tunelový infiltrační systém je tedy navrhován na objem srážkové vody sváděné z redukované střešní a zpevněné plochy během návrhové deště s takovou dobou trvání, za kterou vzniká největší objem srážkové vody z této plochy odvedené (ČSN 75 9010). Hodnoty použitých návrhových úhrnů jsou vztaženy ke srážkoměrné stanici Mšeno (viz tab. č. 41 a 42), která se nachází nejbližše zájmového území. Při dimenzování tohoto zařízení jsem vycházela z normy ČSN 75 9010.

- Stanovení retenčního objemu vsakovacího zařízení

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60 \quad (17)$$

kde je...

- V_{vz} - retenční objem vsakovacího zařízení [m³]
- h_d - návrhový úhrn srážky [mm] stanovené návrhové periodicity a doby trvání
- A_{red} - redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [m²]

- A_{vz} - plocha hladiny vsakovacího zařízení [m²] (uvažuje se pouze u povrchových vsakovacích zařízení)
 f - součinitel bezpečnosti vsaku ($f \geq 2$) [-]
 k_v - koeficient vsaku [m/s]
 A_{vsak} - vsakovací plocha vsakovacího zařízení [m²]
 t_c - doba trvání srážky [min] stanovené návrhové periodicity

→ h_d, t_c

Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení se provádí pro všechny návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5 minut až 72 hodin. Za návrhový objem se potom pokládá největší retenční objem vsakovacího zařízení vypočtený podle vztahu (17). Do výpočtu byly dosazovány návrhové úhrny srážek s periodicitou 0,1/rok (viz tab. č. 41 a 42).

Číslo stanice	Místo	Nadmořská výška [m n. m.]	Periodicita ρ [rok ⁻¹]	Doba trvání srážek t_c [min]							
				5	10	15	20	30	40	60	120
				Návrhové úhrny srážek h_d [mm]							
1	Brno	257	0.2	9.5	13.5	16.5	18.5	21.3	23.9	26.2	33.1
			0.1	11.1	15.7	19.4	21.6	25.1	28.2	31.0	38.9
2	Bruntál	547	0.2	9.1	13.9	16.7	18.4	20.5	22.1	24.1	27.6
			0.1	10.4	16.2	19.5	21.4	24.1	25.9	28.3	32.3
3	Polička	593	0.2	9.7	13.7	16.0	17.8	20.2	21.7	24.1	28.2
			0.1	11.1	15.8	18.5	20.5	23.2	25.2	28.0	32.8
4	Kamýk nad Vltavou	287	0.2	11.6	16.6	19.3	20.8	23.0	24.7	26.8	30.5
			0.1	13.8	20.0	23.0	25.0	27.5	29.5	32.2	36.7
5	Klášteří Hradisko	215	0.2	10.0	15.4	18.7	20.9	23.6	25.4	27.9	31.9
			0.1	11.3	18.0	22.1	24.6	28.1	30.5	33.3	36.5
6	Mariánské Lázně	581	0.2	10.9	15.5	18.2	20.2	22.7	24.7	27.5	32.0
			0.1	12.9	18.5	21.6	24.0	27.2	29.5	32.5	38.0
7	Mšeno	352	0.2	10.9	14.9	17.4	19.1	21.4	23.2	25.6	29.7
			0.1	12.6	17.7	20.7	22.8	25.9	27.8	30.9	36.0

Tab. č. 41 Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5 min až 120 min (ČSN 75 9010, 2012)

Číslo stanice	Místo	Nadmořská výška [m n. m.]	Periodicita ρ [rok ⁻¹]	Doba trvání srážek t_c [h]								
				4	6	8	10	12	18	24	48	72
				Návrhové úhrny srážek h_d [mm]								
1	Brno	257	0.2	37.1	38.7	39.4	40.1	40.7	42.7	44.2	53.9	60.2
			0.1	43.8	47.3	48.6	49.3	50.0	52.2	53.8	63.9	70.9
2	Bruntál	547	0.2	33.4	38.2	38.9	39.7	40.5	42.9	44.3	56.7	63.3
			0.1	39.2	42.9	43.9	44.8	45.8	48.6	50.6	64.6	73.2
3	Polička	593	0.2	34.1	39.9	41.7	42.7	43.7	46.8	49.0	64.3	73.9
			0.1	39.7	46.0	47.3	48.6	49.9	53.9	56.8	75.5	88.3
4	Kamýk nad Vltavou	287	0.2	35.0	36.5	37.2	37.9	38.5	40.6	41.8	52.7	58.4
			0.1	42.1	45.0	46.0	46.8	47.6	49.9	51.2	63.6	69.8
5	Klášteří Hradisko	215	0.2	33.6	34.5	35.4	36.3	37.2	39.9	41.3	56.1	63.0
			0.1	37.5	38.6	39.7	40.7	41.8	45.0	46.5	64.0	71.9
6	Mariánské Lázně	581	0.2	34.9	36.0	37.1	38.2	39.3	42.6	44.6	61.5	70.9
			0.1	41.4	42.7	44.0	45.2	46.5	50.4	52.6	73.1	83.5
7	Mšeno	352	0.2	33.8	36.3	38.0	39.0	39.6	41.4	42.2	52.3	56.4
			0.1	41.1	44.1	46.6	47.2	47.9	50.0	50.8	62.5	67.2

Tab. č. 42 Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 4 h až 72 h (ČSN 75 9010, 2012)

→ A_{red}

$$A_{red} = 245,58 \text{ m}^2 \text{ (viz kapitola 6.5.4.1)}$$

→ k_v

Hydrologická skupina půd zájmového území spadá do kategorie B, což jsou půdy se střední rychlostí infiltrace. Dle BPEJ se na zájmovém území vyskytují půdy s infiltrační rychlostí vody 0,15 mm/min -> **0,0000025 m/s**.

→ A_{vsak}

Vsakovací plochu [m²] lze u zemních tunelových systémů stanovit přibližně ze vztahu:

$$A_{vsak} = (0, 1 \text{ až } 0, 3) \cdot A_{red} \quad (17)$$

kde je...

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

Při výpočtu jsem však postupovala tak, že jsem počítala se součtem ploch určitého počtu vsakovacích tunelů. Protože jsem výpočet prováděla v programu Microsoft Excel, dostávala jsem tam okamžité hodnoty a výpočet optimalizovala na **8 ks** vsakovacích tunelů AS-KRECHT.

Vsakovací plocha 1 ks tunelu činí 4,1 m²:

$$A_{vsak} = 8 \cdot 4,1 = \mathbf{32,8 \text{ m}^2}$$

→ V_{vz}

Po dosazení hodnot do výpočetního vztahu (17) vychází návrhový (největší) retenční objem vsakovacího zařízení **10,26 m³**, a to při návrhovém úhrnu srážky s dobou trvání 8 hodin. Dále je nutné posoudit, zda doba prázdnění vsakovacího zařízení nepřekračuje podmínku 72 hodin.

- **Stanovení doby prázdnění**

$$T_{pr} = \frac{f \cdot V_{vz}}{k_v \cdot A_{vsak}} \quad (18)$$

kde je...

T_{pr}	- doba prázdnění vsakovacího zařízení [s]
V_{vz}	- max. retenční objem vsakovacího zařízení [m ³]
f	- součinitel bezpečnosti vsaku ($f \geq 2$) [-]
k_v	- koeficient vsaku [m/s]
A_{vsak}	- vsakovací plocha vsakovacího zařízení [m ²]

$$V_{vz} = 10,26 \text{ m}^3$$

$$f = 2$$

$$k_v = 0,0000025 \text{ m/s}$$

$$A_{vsak} = 32,8 \text{ m}^2$$

$$T_{pr} = \frac{2 \cdot 10,26}{0,0000025 \cdot 32,8} = 250\,345,37 \text{ s} = 69,54 \text{ hod}$$

69,54 hod < 72 hod

Výsledná doba prázdnění navrhovaného vsakovacího zařízení, které se skládá z **8 ks** vsakovacích tunelů **AS-KRECHT**, činí **69,54 hodin**. Podmínka je splněna.

▪ **Výsledky**

t_c [min]	-	5	10	15	20	30	40	60	120
h_d [mm]	-	12,6	17,7	20,7	22,8	25,9	27,8	30,9	36
V_{vz} [m ³]	-	-0,01	4,32	5,05	5,55	6,29	6,73	7,44	8,55
t_c [min]	240	360	480	600	720	1080	1440	2880	4320
h_d [mm]	41,1	44,1	46,6	47,2	47,9	50	50,8	62,5	67,2
V_{vz} [m ³]	9,50	9,95	10,26	10,12	9,99	9,62	8,93	8,27	5,88
T_{pr} [hod]	-	-	69,54	-	-	-	-	-	-

Tab. č. 43 Výsledné hodnoty návrhu (Suchardová, 2018)

6.6 Posouzení ekonomické efektivity návrhu

Ekonomická efektivnost navrženého systému pro využití šedých a srážkových vod v RD je posouzena dle doby návratnosti vstupní investice za tyto systémy. Doba návratnosti je určena vztahem:

$$T_S = \frac{IN}{CF} \quad (19)$$

kde je...

T_s	- doba návratnosti [rok]
IN	- jednorázové náklady vynaložené na pořízení systému (investiční výdaj) (viz kapitola 6.6.1) [Kč]
CF	- úspora provozních nákladů spojená s pořízením systému (viz kapitola 6.6.2) [Kč]

Tento výpočetní vztah nezohledňuje proměnlivost úspory provozních nákladů v průběhu jednotlivých let provozu systému. Výpočet doby návratnosti a výše úspory provozních nákladů pracuje s cenami platnými pro rok 2018, není tedy uvažován růstový trend ceny vodného a stočného, případně růst cen za elektrickou energii. Dále výpočet nezohledňuje možné vznikající investice spojené s výměnou, či obnovou opotřebovaných komponent systému v průběhu provozu.

6.6.1 Vstupní náklady vynaložené na pořízení systému (IN)

Tabulka č. 44 poskytuje přehled navržených systémových prvků včetně jejich pořizovacích cen (s DPH). Protože se jedná o novostavbu RD, bylo v rámci výpočtu upuštěno od některých vstupních nákladů. Jde například o náklady spojené s montážními a stavebními pracemi a náklady za materiál vnitřního vodovodu a kanalizace. Zároveň do výsledné sumy není započítána cena zásobníku TUV, u kterého se předpokládá pořízení i bez realizace systému šedých a srážkových vod.

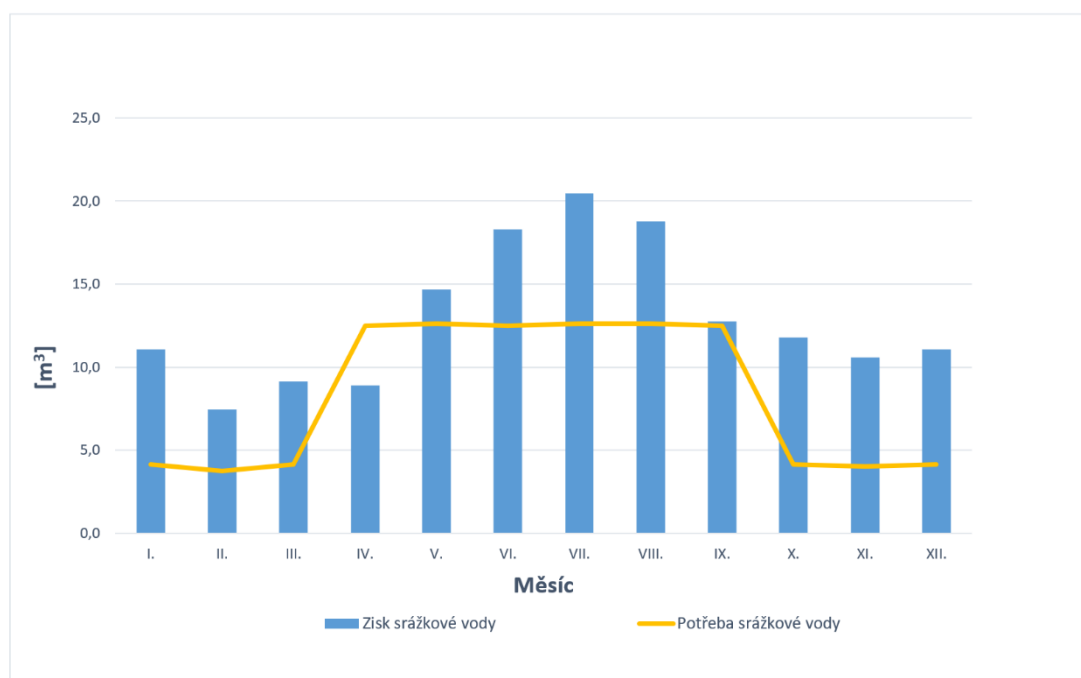
Pořizovací náklady navrženého systému		
System srážkových vod		
Systemový prvek	Počet (ks)	Cena (bez DPH)
Nádrž AS-REWA ECO 9 EO	1	44 900 Kč
Membránová vestavba AQUALOOP *orientační cena stanovená na základě telefonního rozhovoru se zástupcem firmy ASIO spol. s.r.o.	1	50 000 Kč
UV lampa VIQUA Sterilight VT1	1	5 890 Kč
AS-RAINMASTER ECO 10	1	20 500 Kč
Nádrž 200L *orientační cena stanovená na základě telefonního rozhovoru se zástupcem firmy ASIO spol. s.r.o.	1	4 000 Kč
Celková pořizovací cena (bez DPH)		121 290 Kč
Celková pořizovací cena (s DPH)		139 484 Kč
System vsakování srážkových vod		
Systemový prvek	Počet ks	Cena v Kč (bez DPH)
AS-KRECHT DM-T-1600-M/60	8	39 920 Kč
AS-KRECHT DM-T-100-S/60	3	4 770 Kč
AS-KRECHT DM-T-100-E/60	3	4 770 Kč
Celková pořizovací cena (bez DPH)		44 690 Kč
Celková pořizovací cena (s DPH)		51 394 Kč
System šedých vod		
Systemový prvek	Počet ks	Cena v Kč (bez DPH)
AS-GW/AQUALOOP 6	1	87 000 Kč
AS-RAINMASTER ECO 10	1	20 500 Kč
Celková pořizovací cena (bez DPH)		107 500 Kč
Celková pořizovací cena (s DPH)		123 625 Kč
Celkové pořizovací náklady systému (bez DPH)		273 480 Kč
Celkové pořizovací náklady systému (s DPH)		314 502 Kč

Tab. č. 44 Vstupní náklady spojené s pořízením systému (Suchardová, 2018)

Uvedené ceny za jednotlivé prvky systému jsou převzaty z platného ceníku firmy ASIO spol. s.r.o. pro rok 2018. V případě specifičtějších komponent byly ceny zjištěny na základě dotazu. Celkové pořizovací náklady systému činí 314 502 Kč s DPH.

6.6.2 Bilance spotřeby vody a potenciál úspory

Aby bylo možné určit celkovou dosaženou úsporu pitné vody v RD, je nutné nejprve vyhodnotit reálnou spotřebu upravené vody srážkové na základě její dostupnosti. Obr. č. 36 zobrazuje průměrné srážkové úhrny jednotlivých měsíců z let 1981 až 2017 pro Ústecký kraj (viz tab. č. 13 v kapitole 6.1.1). Dále je v něm znázorněna proměnlivost potřeby upravené srážkové vody v řešeném RD, která se odvíjí od počtu dní v měsíci a potřeby závlahové vody ve vegetačním období. Z grafu je snadno čitelné, že deficit srážkové vody nastane pouze ve čtvrtém měsíci, kdy bude nutná dotace pitnou vodou z veřejného vodovodu.



Obr. č. 36 Graf zisku/potřeby srážkové vody (Suchardová, 2018)

Tento graf vychází z celkové bilance potřeby srážkové vody, která je uvedena v tabulce č. 45.

Srážkové úhrny Ústecký kraj (ČHMÚ)	Měsíc												ROK
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
Ø 1981 - 2017 [mm]	46	31	38	37	61	76	85	78	53	49	44	46	644
Zisk srážkové vody z $A_{red} = 240,66 \text{ m}^2$ [m ³]	11,1	7,5	9,1	8,9	14,7	18,3	20,5	18,8	12,8	11,8	10,6	11,1	155,0
Potřeba upravené srážkové vody (RD) [m ³]	4,2	3,8	4,2	4,0	4,2	4,0	4,2	4,2	4,0	4,2	4,0	4,2	48,9
* Potřeba neupravené srážkové vody (zahradá) [m ³]	-	-	-	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	-	-	-	50,8
Celková potřeba srážkové vody [m ³]	4,2	3,8	4,2	12,5	12,6	12,5	12,6	12,6	12,5	4,2	4,0	4,2	99,7
+ Přebytek / - Nedostatek srážkové vody v závislosti na její potřebě [m ³]	6,9	3,7	5,0	-3,6	2,1	5,8	7,8	6,2	0,3	7,6	6,6	6,9	55,4
Spotřeba srážkové vody v závislosti na jejím dostatku [m ³]	4,2	3,8	4,2	8,9	12,6	12,5	12,6	12,6	12,5	4,2	4,0	4,2	96,1
Celkový roční přebytek srážkové vody odváděný do vsakovacího zařízení [m ³]										58,9			
Celkový roční deficit srážkové vody (potřeba dorovnání pitnou vodou z veřejného vodovodu) [m ³]										3,6			
pozn.: * Zavlažování zahrady je uvažováno každý pátý den ve vegetačním období, tedy 6x do měsíce													

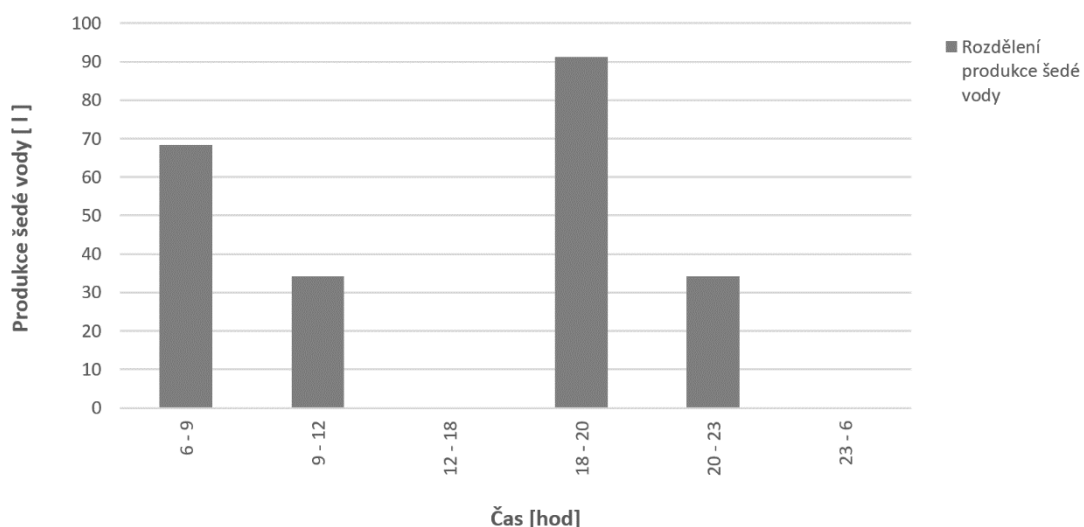
Tab. č. 45 Přehled zisku/potřeby srážkové vody (Suchardová, 2018)

Pokud je pohlíženo pouze na celkový roční zisk srážkové vody, je tento objem plně postačující pro pokrytí roční potřeby. Po rozdělení těchto zisků do jednotlivých měsíců však vzniká deficit srážkové vody v měsíci duben. Tento deficit, který činí 3,6 m³, bude nutné pokrýt vodou z veřejné vodovodní sítě (viz tab. č. 45). Tabulka také zahrnuje vyhodnocení celkového ročního přebytku srážkové vody, který bude odváděn do vsakovacího zařízení. Tento přebytek činí 58,9 m³.

Pokud jde o systém šedých vod, zde je denně k dispozici 228 litrů, tedy 83,22 m³/rok. Potřeba bílé vody činí 188,5 l/den, tedy 68,8 m³/rok. Produkce šedé/bílé vody je tedy plně dostačující pro spotřebu v zamýšlených oblastech. Orientační průměrné rozložení produkce šedých vod v průběhu dne je vyhodnoceno v tabulce č. 46 a zobrazeno na následujícím obrázku č. 37. Z grafu je tedy patrné, že produkce šedé vody je velice proměnlivá a závislá na denní době. Tabulka č. 46 zároveň obsahuje vyhodnocení stupně účinnosti systému, kdy je počítán poměr produkce ku spotřebě šedých vod. Pokud by tato účinnost byla menší než 1, logicky by tak bylo nutné systém doplňovat z jiného zdroje.

Časový interval [hod]	% denní produkce	Produkce šedé vody [l]
6 - 9	30	68,4
9 - 12	15	34,2
12 - 18	0	0
18 - 20	40	91,2
20 - 23	15	34,2
23 - 6	0	0
Celková denní produkce šedé vody [l/den]		228
Celková denní potřeba bílé vody [l/den]		188,5
*Stupeň účinnosti systému (produkce / spotřeba) [-]		1,21
* Pokud je stupeň účinnosti menší než 1, je nutné systém doplňovat z jiného zdroje (pitná či srážková voda)		

Tab. č. 46 Produkce šedé vody v průběhu dne (ASIO spol. s.r.o., 2018)

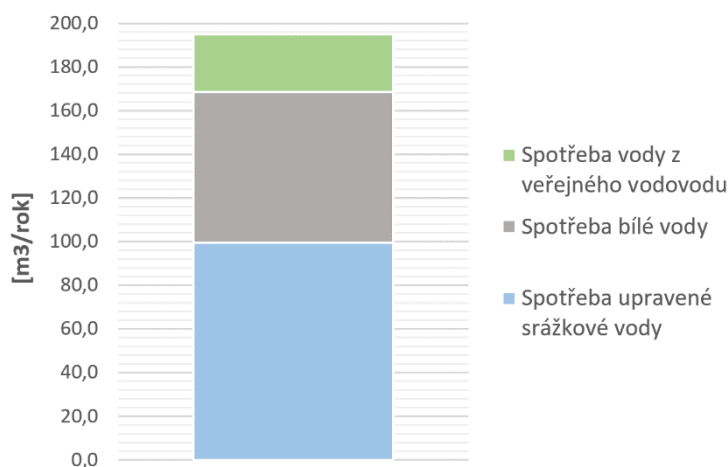


Obr. č. 37 Graf produkce šedé vody v průběhu dne (Suchardová, 2018)

Bilance spotřeby vody v RD	
Roční zisk srážkové vody [m3/rok] Ø srážkové úhrny 1981 - 2017 Ústecký kraj (ČHMU) ($A_{\text{red}} = 240,66 \text{ m}^2$)	155,0
Roční produkce šedé vody [m3/rok] (viz kapitola 6.2.1)	83,2
Celková roční potřeba vody v RD [m3/rok] (viz kapitola 6.3.6) 140,16 m3/rok (uvnitř RD) + 50,8 m3/rok (zálévání zahrady) + 4,01 m3/rok (venkovní úklid)	194,98
Spotřeba upravené srážkové vody [m3/rok] (viz tab. X)	99,7
Spotřeba bílé vody [m3/rok] (viz tab. 33)	68,8
Celková úspora pitné vody v RD [m3/rok]	168,5
Spotřeba pitné vody z vodovodu [m3/rok]	26,5

Tab. č. 47 Bilance spotřeby vody v řešeném rodinném domě (Suchardová, 2018)

Ucelený přehled předpokládaného množství spotřebované/uspořené vody v RD poskytuje tabulka č. 47. Suma spotřebovaných ročních objemů srážkové a bílé vody, tedy celková dosažená úspora pitné vody za rok, činí 168,5 m³. Celková roční potřeba vody v RD dosahuje 189,2 m³. Cca 86,5 % této roční potřeby je tedy pokryto vodou srážkovou a bílou. Zbylých 15,5 %, tedy 34,7 m³/rok, doplní voda pitná. Obr. č. 38 prezentuje tyto předpokládané roční objemy spotřeby jednotlivých „druhů“ vod.



Obr. č. 38 Graf rozdělení celkové spotřeby v RD (Suchardová, 2018)

Použití 1 m³ srážkové či bílé vody namísto 1 m³ vody pitné zajistí úsporu celé ceny vodného a stočného za tento objem. S použitím srážkové či bílé vody jsou však spojeny náklady za el. energii spotřebovanou na jejich úpravu. Výše úspory v korunách na 1 m³ vody, který je pokryt srážkovou či šedou (bílou) vodou, tedy činí 88,42 Kč (viz tab. č. 48).

Potenciál úspory	
Aktuální cena vodného + stočného pro rok 2018 v regionu SVS vč. 15% DPH [Kč/m ³]	98,67
∅ Spotřeba el. energie na 1 m³ vyčištěné vody vč. dopravy do spotřebiště - dle ASIO spol. s r.o. [kWh/m ³]	2,50
∅ Cena el. energie průměrná cena za 1 kWh [Kč]	4,10
∅ Cena za 1 m³ vyčištěné vody vč. dopravy vody do spotřebiště [Kč/m ³]	10,25
"Úspora na ceně pitné vody" Na 1 m ³ vyčištěné vody [Kč/m ³]	88,42

Tab č. 48 Potenciál úspory (Suchardová, 2018)

6.6.3 Ekonomická efektivnost investice (prostá doba návratnosti)

Pro potřeby posouzení ekonomické efektivnosti byla vypočtena prostá doba návratnosti investice za navržený systém, a to dosazením vstupních hodnot do výpočetního vztahu (18) (viz kapitola 6.6). Tabulka č. 49 obsahuje výsledné doby návratnosti investice, a to za celý navrhovaný systém, tedy za systém šedých i srážkových vod včetně systému pro vsakování, dále za systém šedých a srážkových vod vyjma vsakovacího zařízení a také doby návratnosti investice za systém šedých a srážkových jednotlivě.

Kompletní systém systém šedých vod, systém srážkových vod, systém vsakování srážkových vod		Systém srážkových + šedých vod; BEZ SYSTÉMU VSAKOVÁNÍ	
Investiční náklady na realizaci systému (IN) [Kč]		314 502,00	263 108,00
Ø Celková spotřeba vody v RD [m ³ /rok]		194,98	194,98
Ø Spotřeba vody pokrytá z navrhovaného systému [m ³ /rok]		168,5	168,5
Ø Spotřeba vody pokrytá z veřejného vodovodu [m ³ /rok]		26,48	26,48
Ø Roční úspora nákladů pořízením systému (CF) [Kč/rok]		14 898,77	14 898,77
Prostá doba návratnosti investice (IN/CF) [rok]		21,1	17,7
Systém šedých vod			
Investiční náklady na realizaci systému (IN) [Kč]		123 625,00	
Ø Celková spotřeba vody v RD [m ³ /rok]		194,98	
Ø Spotřeba vody pokrytá z navrhovaného systému [m ³ /rok]		68,8	
Ø Spotřeba vody pokrytá z veřejného vodovodu [m ³ /rok]		126,18	
Ø Roční úspora nákladů pořízením systému (CF) [Kč/rok]		6 083,30	
Prostá doba návratnosti investice (IN/CF) [rok]		20,3	
Systém srážkových vod (bez systému vsakování)			
Investiční náklady na realizaci systému (IN) [Kč]		139 484,00	
Ø Celková spotřeba vody v RD [m ³ /rok]		194,98	
Ø Spotřeba vody pokrytá z navrhovaného systému [m ³ /rok]		99,7	
Ø Spotřeba vody pokrytá z veřejného vodovodu [m ³ /rok]		95,28	
Ø Roční úspora nákladů pořízením systému (CF) [Kč/rok]		8 815,47	
Prostá doba návratnosti investice (IN/CF) [rok]		15,8	

Tab č. 49 Ekonomická efektivnost investice (Suchardová, 2018)

7 VÝSLEDKY

Výstupem této práce je koncept systému pro hospodaření se srážkovými a šedými vodami v novostavbě rodinného domu pro 4člennou rodinu. Navržený systém využívá vody srážkové a šedé v co možná nejvyšší míře. Výsledkem tohoto návrhu je tedy systém, který klade důraz na maximální úsporu pitné vody, a s tím spojenou minimalizaci nákladů za její odběr. Systém také zahrnuje lokální využití tepelné energie odtékajících šedých vod, avšak v posudku ekonomické efektivity systému nebyla tato úspora zohledněna, a to pro obtížnost jejího stanovení. Tato uspořená elektrická energie je tedy spíše chápána jako bonus. Součástí konceptu je také systém pro vsakování přebytečné srážkové vody. Tato položka je po stránce ekonomické zátěží, její hodnota je však v pozitivním vlivu na životní prostředí.

Návrh je podložen hydrotechnickými výpočty, a kromě grafického schématu prezentujícího kompletní propojení systému, je součástí této práce také projektová dokumentace, a to v rámci příloh. Projektová dokumentace zahrnuje výkres osazení RD do terénu, návrh domu prezentovaný výkresy půdorysů, výkres zastřešení prezentující půdorysné průměty sběrné plochy a výkresy vnitřního vodovodu a kanalizace.

Hydrotechnické výpočty obsahují stanovení zisku srážkových a produkce šedých vod, výpočty potřeby vody v jednotlivých oblastech navržených pro pokrývání vodou srážkovou či šedou (bílou), výpočty celkových návrhových průtoků na vstupu/výstupu ze systému a výpočet potřebné plochy pro vsakování přebytečných srážkových vod, respektive pro vsakování celého objemu srážkové vody odváděné ze střešní a zpevněné plochy, a to pro případ závady na systému srážkových vod.

Výsledná doba návratnosti investice za kompletní systém hospodaření se srážkovou a šedou vodou činí přibližně 21 let, kdy roční úspora provozních nákladů vzniklá pořízením systému činí cca 14 900 Kč. Návratnost investice za tento systém vyjma zařízení pro vsakování srážkové vody činí necelých 18 let, přičemž roční úspora provozních nákladů je stejná. Doba návratnosti investice za pořízení samotného systému šedých vod činí 20 let, v případě pořízení pouze systému vod srážkových je návratnost investice kolem 16 let.

8 DISKUZE

V současné době obyvatelé České republiky nepocítují nutnost ani potřebu využívat jiné vody než ty z veřejných vodovodních sítí. Na naši společnost totiž nepůsobí takový ekonomický tlak, který by využívání upravených srážkových a vyčištěných šedých vod podpořil. Tato „pohodlná“ situace je způsobena dostatečnou vydatností vodních zdrojů. Podle Vladimíra Jirmuse (2017) ze společnosti ASIO, se však tato situace může velmi rychle změnit a upozorňuje, že již dnes se v některých oblastech České republiky začínají projevovat problémy spojené s dlouhotrvajícím suchem. S tímto bezesporu souhlasím, neboť tuto hypotézu potvrzují i mnohé prognózy, které předpovídají nedostatek zdrojů pitné vody i v naší zemi, a to již ve výhledu pár desítek let. Je tak zcela logické, že tento stav vyvolá rapidní nárůst cen vodného a stočného, a to dle Jirmuse až nad sto korun za m³ pitné vody. Lidé tak budou nuceni na vodu z těchto alternativních zdrojů pohlížet jako na cennou surovinu, nikoliv jako na odpad.

Sazby vodného a stočného se však plynule zvyšují už v současné době a lze předpokládat, že tento růstový trend bude pokračovat i nadále. Důvodem plynulého zvyšování cen není pouze roční inflace, ale především plánovaná postupná obnova převážně zastaralých inženýrských sítí. Dle Raclavského (2012) tato situace vytvoří vhodné podmínky pro lepší návratnost investic za systémy pro hospodaření se srážkovými a šedými vodami. Nicméně dle mého názoru ještě nějaký čas potrvá, než tato situace vyvolaná zvyšujícími se cenami za vodné a stočné, sníží dobu návratnosti investice natolik, aby byla pro širší veřejnost zajímavá. Okamžité snížení doby návratnosti investice za tyto systémy jednoznačně umožní dotační program MŽP Dešťovka, který má k dispozici 100 milionů korun pro rozdělení mezi vlastníky či stavebníky rodinných a bytových domů na systémy pro využívání srážkové a šedé vody v domácnosti i na zahradě. Tento program byl spuštěn v dubnu loňského roku a jeho prostřednictvím lze získat až 60 000 Kč v rámci fixní dotace, kdy tuto fixní část dotace doplňuje část variabilní, a tak je možné dosáhnout na příspěvek ještě vyšší. Toto je dle mého názoru nejlepší způsob, jak oslovit širokou veřejnost, protože pro většinu obyvatel je samozřejmě nejdůležitějším faktorem vedoucím k pořízení systémů hospodaření s šedými a srážkovými vodami ekonomická efektivnost. Jen asi opravdu malá část lidí, si tyto systémy pořídí z důvodu ekologického. V případě, že by se však zájem o tyto systémy zvyšoval, dá se očekávat i rozrůstání trhu s těmito

komponenty, a aby dodavatelé byli konkurenceschopní, budou nuceni své výrobky zlevňovat, což samozřejmě opět sníží dobu návratnosti investice.

Podle Šrámkové (2010) je jedním z aspektů, proč v České republice není taková poptávka po recyklačních systémech šedých vod, rezervovaný názor široké veřejnosti na využívání vyčištěné odpadní vody. Dle mého pohledu je tento problém spojený především s malou informovaností obyvatel o těchto možnostech a je jednoznačně nutné předcházet těmto předsudkům řádnou osvětou. Podle Ing. Karla Plotěného (2013) ze společnosti ASIO musejí být lidé pro novinky získávání a mnohdy jsou nuceni měnit své návyky. Dle jeho názoru však v tomto případě lidé již správné návyky mají a připomíná zvyklosti jako např. umístování sudu pod okap či splachování toalety vodou z předchozího sprchování spořicí babičkou nebo také mytí rukou ve splachovací nádržce.

Dle Bartoníka (2012) je dalším podnětem, proč se systémy pro hospodaření se srážkovými a šedými vodami zabývat, také otázka prestiže zaváděných systémů hodnocení, tedy certifikace budov po stránce jejich vlivu na životní prostředí. Tyto systémy hodnocení by dle Bartoníka měly probudit zájem u projektantů, aby se snažili nacházet úspory nejen ve vytápění a chlazení budov, ale také v oblasti vodního hospodářství budovy. Toto je bezesporu pravda, nicméně je třeba brát na vědomí fakt, že aby se tento trend rozvíjel a ubíral při navrhování těchto systémů správným směrem, je třeba změnit, případně doplnit stávající legislativu o nezbytnou metodiku, která bude jasně udávat a popisovat postupy a pravidla navrhování systémů hospodaření s vodou v obytných budovách. Velice trefně se k této situaci vyjadřuje Plotěný (2017), který upozorňuje na to, že by způsoby využití srážkových a šedých vod, spolu s požadavky na jejich kvalitu měly být nejen doporučovány ale i popsány např. ve Stavebním zákoně a případně Vyhlášce č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby tak, aby se předcházelo nedorozuměním při projektování, resp. povolování staveb a rozdílnému výkladu jednotlivých úřadů. Jindy se Plotěný (2017) k nedostatečné legislativě vyjadřuje takto: *„K usnadnění prosazení v praxi by mohlo pomoci hned několik drobných změn. Dokončení prací na normě a tím by bylo jasné, co má být vyžadováno a skončila by doba experimentů a změny v legislativě. Např. ve Vodním zákoně by mohlo věci pomoci to, že by jinak zákon nahlížel na vody s obsahem produktů lidského metabolismu a na ostatní odpadní vody, což by korespondovalo s pravděpodobným nárokem na hygienizaci do budoucna a s možností jejich recyklace. A umím si představit, že u recyklace vody by se mohlo postupovat obdobně jako se surovinami a výrobky v zákoně o odpadech. Použití*

šedých vod by pak s velkou pravděpodobností spadalo (pokud již nespadá) do kategorie předcházení vzniku odpadu. Což by bylo jak logické, tak i praktické. Současný výklad kdy, pokud to trochu přeženu, si na vylití umývadla, ve kterém si umyjí ruce, musím pozvat hydrogeologa, nechat vystavit povolení k nakládání s vodami a 2x ročně odebrat vzorek je tak trochu tragikomický. Byl by až takový problém okopírovat v této věci např. německou legislativu?“

Krajním, avšak možným řešením, jak prosadit využívání srážkových a šedých vod je přímé nařízení, jako je tomu v některých zemích, např. v Japonsku, kde se šedých vod využívá na splachování toalet. V případě uchýlení k takovému kroku, je však zapotřebí aby byla k dispozici řádná legislativa a „férová“ by jistě byla i dostatečná spoluúčast státu ve formě dotací. Otázkou je, jestli je tato myšlenka udělování dotace „každému“ v podmínkách naší malé země vůbec realizovatelná. Podle současného ministra životního prostředí Mgr. Richarda Brabce (2017) je zjevné, že aby měla dotace na vodu zřetelnější efekt, musela by vyšplhat až k miliardovým částkám. Dle mého názoru je udržitelnost, a to nejen ve vztahu ke zdrojům pitné vody, věcí každého z nás, a tak je chvályhodné, že již dnes, v době „dostatku“ zdrojů pitné vody umožňuje MŽP v rámci dotačního programu Dešťovka přispívání na tyto systémy hospodaření, byť jen v omezeném rozpočtu. Dle Brabce to však nemusí být konečná částka, která je do tohoto programu vložena. Budoucnost financování je prý závislá na zájmu veřejnosti a obcí. Jak se zdá, podpora ze strany státu, tedy začíná vytvářet podmínky pro zvyšování zájmu o tyto systémy využívání srážkových a šedých vod. Jako podporu tohoto trendu lze chápat i zavedení stočného za odvod srážkové vody do veřejné kanalizace. Nezbývá tedy doufat, že zájem o tyto systémy se bude společně s informovaností veřejnosti zvyšovat a realizaci těchto hospodárných projektů bude přibývat tak, jako je tomu např. v Německu, Belgii, Austrálii apod., kde je využívání alternativních zdrojů vody již dlouhý čas naprosto běžné.

Je logické, že po stránce ekonomické je nejzajímavější zařazování systémů pro hospodaření se srážkovými a šedými vodami tam, kde je vyšší produkce, a především spotřeba vody. Z tohoto důvodu lze očekávat, že realizace těchto úsporných projektů bude uplatňována především ve větších provozech, např. v bazénech, wellness centrech, hotelech, administrativních budovách atd.. Přihlédneme-li však ke všem aspektům, které snižují dobu návratnosti investice za tyto systémy či jinak podporují zavádění úsporných opatření do objektů pro bydlení, ať už jde o vzrůstající ceny pitné vody, snižující se kvalitu povrchových zdrojů, ubývající zdroje pitné vody, snižující se ceny systémů vlivem konkurenčního boje či podporu ve formě dotací, zjistíme, že

použití systémů využívající alternativní zdroje vody má smysl. Každý z nás by však měl vidět smysl především ve snaze o zachování životního prostředí budoucím generacím.

9 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo zpracování vlastního projektu rodinného domu pro 4 osoby s návrhem systému pro využívání srážkových a šedých vod. Přínosem této práce je vyhodnocení efektivity tohoto návrhu z pohledu ekonomického, ale také s ohledem na životní prostředí.

System umožňující využívání srážkové a šedé vody byl navržen tak, aby umožnil co možná nejvyšší úsporu pitné vody v řešeném rodinném domě. Ekonomická efektivity návrhu byla vyhodnocena na základě stanovení prosté doby návratnosti investice, tedy doby, za kterou dojde k vyrovnání pořizovacích nákladů a navržený systém začne „vydělávat“. Navržený systém pro úsporu pitné vody v řešeném rodinném domě zahrnuje také zařízení pro vsakování srážkových vod, které pořizovací náklady navyšuje, a to bez vyhlídky budoucího ekonomického přínosu. Na straně druhé má tento prvek spolu s navrženým systémem nevyčísitelnou hodnotu z pohledu pozitivního působení na životní prostředí.

K vyrovnání počáteční investice vynaložené na pořízení navrženého systému by mělo dojít přibližně za 21 let. Výpočet však nezahrnuje mnoho aspektů, které mají na délku doby návratnosti pozitivní vliv. Jde především o vzrůstající trend ceny vodného a stočného a dále možné udělení dotačního příspěvku z programu Dešťovka. Takový rozsah návrhu využívání srážkové a šedé vody by z tohoto programu mohl získat finanční podporu až 100 000 Kč. V takovém případě by došlo ke snížení doby návratnosti investice na 14,5 let, což je vzhledem k zatížení ekonomické efektivity zařazením vsakovacího zařízení velice příznivá skutečnost. Zároveň do tohoto vyhodnocení efektivity není započtena úspora elektrické energie, která vzniká díky navrženému lokálnímu systému využití tepla z odtékajících šedých vod. Tato úspora je víceméně chápána jako takový bonus.

Instalace systémů pro využívání upravené srážkové a vyčištěné šedé vody do obytných budov, resp. rodinných domů, v takovémto roztahu, je tedy prozatím

spíše ekonomicky nevýhodná. Pokud však uvažují příspěvek z dotačního programu, narůstající trend ceny pitné vody a případné klesající ceny zařízení v důsledku nárůstu počtu dodavatelů, nastává situace jednoznačně přijatelnější. V případě, že z navrženého systému dojde k vyloučení vsakovacího zařízení, sníží se prostá doba návratnosti na cca 11 let. Pokud je pak započítána dotační podpora alespoň v minimální výši, tedy 60 000 Kč, dostane se tato doba návratnosti investice až na přibližně 7 let, což je dokonce více než přijatelné. Na straně druhé, je však otázka, zda není škoda, aby přebytečná srážková voda byla odváděna do stokové sítě, a to obzvláště v takovémto případě, kdy je v řešeném RD snaha o hospodaření s alternativními zdroji vody.

Na závěr si dovoluji konstatovat, že za určitých podmínek je realizace úsporných systémů opětovného využívání srážkových a šedých vod v rodinném domě přijatelná, ba dokonce i výhodná, avšak cesta k navození takového stavu, kdy bude využívání těchto systémů naprosto běžné, je ještě dlouhá. V současné době, kdy není vyvíjen ekonomický nátlak na zavádění takových systémů do menších provozů, si tato úsporná zařízení najdou asi jen omezené množství příznivců. V každém případě je ve znovu využívání srážkových a šedých vod veliký potenciál a bylo by škoda jej nevyužít.

10 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

Böse K. H., 1999: Regenwasser für Garten und Haus, ökobuch Verlag GmbH, Staufen. ISBN: 3-922964-67-2.

BSI - BS 8525-2, 2010: Greywaters systems – Part 1: Code of practice. UK: BSI.

BSI - BS 8525-2, 2010: Greywaters systems – Part 2: Domestic greywater treatment equipment – Requirements and test methods. UK: BSI.

Dolejš P., 1996: Příručka pro čištění a úpravu vody. KEMIFLOC, Přerov.

Horinka T., 2002: Technológie hnojenia. AZ print, Nové Zámky. ISBN 80-887-2909-2.

Hlavínek P., Prax P., Kubík J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. ARDEC, Brno. ISBN 978-80-86020-55-6.

Kalmusová U., 2000: Voda v zahradě. Ikar, Praha. ISBN: 80-7202-670-4.

Kabelková I., Doležalová A., 2009: Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku: praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování. Ústav pro ekopolitiku o.p.s., Praha. ISBN: 978-80-87099-06-3.

Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014: Úprava pitných a čištění odpadních vod. ČZU, Praha.

Maroušek J., 2008: Zavlažování. ERA, Brno. ISBN 978-80-7366-119-9.

Novak C. A., Van Giesen G. E., DeBusk K. M., 2014: Designing rainwater harvesting systems, Wiley, USA. ISBN: 978-1-118-41047-9.

Postel S., Polak P., Gonzales F., 2011: Drip Irrigation for Small Farmers. Water International, 2011.

Pitter P., 2009: Hydrochemie. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha. ISBN 978-80-7080-701-9.

Plotěný K., Bartoník A., 2015: Hospodaření s vodou, Asio, s.r.o., Brno

Stránský D., Kabelková I., Bareš V., Vitek J., Suchánek M., Plotěný K., Pírek O., 2012: Srážkové vody a urbanizace krajiny. ČKAIT, Praha. ISBN: 978-80-87438-28-2.

Šálek J., 2012: Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod. Grada, Praha. ISBN 978-80-247-3994-6.

Šálek J., Tlapák V., 2006: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. Informační centrum ČKAIT, Praha. ISBN 80-86769-74-7.

Šálek J., Žáková Z., Hrnčíř P., 2008: Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech. ERA, Brno. ISBN 978-80-7366-125-0.

Tůma J., 2001: Zavlažujeme zahradu. Grada, Praha. ISBN: 80-247-0083-2.

ÚNMZ, 2001: ČSN EN 12056-1 až 5 Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy – Část 1 až 5, Český normalizační institut, Praha.

ÚNMZ, 2014: ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace, Český normalizační institut, Praha.

ÚNMZ, 2012: ČSN EN 806-1 až 5 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě, Český normalizační institut, Praha.

ÚNMZ, 2014: ČSN 75 5455 Výpočet vnitřních vodovodů, Český normalizační institut, Praha.

ÚNMZ, 2012: ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod, Český normalizační institut, Praha.

Vitek J., Stránský D., Kabelková I., Bareš V., Vitek R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. ZO ČSOP Konikleč, Praha. ISBN 978-80-260-7815-9.

Žabička Z., Vrána K., 2011: Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech. ČKAIT, Praha. ISBN: 978-80-87438-14-5.

Odborné články:

Bartoník A., 2016: Sprchování dešťovou vodou? ASIO&NEWS, Brno, ASIO, spol. s.r.o., 2016, 66 (13), s. 9-12.

Bartoník A., Holba M., Vrána J., Ošlejšková M., Plotěný K., 2012: Šedé vody – možnosti využití jejich energetického potenciálu a způsoby jejich čištění a znovuvyužití. Vodní hospodářství 2, s. 60-64.

Bartoník A., Holba M., Plotěný K., Palčík J., 2012: Znovuvyužití šedých a dešťových vod v budovách. Sborník konference „Pitná voda 2012“. W&ET Team, České Budějovice, s. 315-320.

OPPA, 2013: DESAR, Výukový poster č.CZ.2.17/3.1.00/36149. OPPA, Praha.

Palmquist H., Honaeus J., 2005: Hazardous substances in separately collected grey - and blackwater from ordinary Swedish households, Science of the Total Environment 348: 151-163.

Postel S., Polak P., Gonzales F., 2011: Drip Irrigation for Small Farmers. Water International.

Raclavský J., Hlušík P., Biela R., Raček J., Bartoník A., 2012: Hospodaření s šedou a dešťovou vodou v budovách. Vodní hospodářství 2, České Budějovice, s. 65-66.

Raček J., 2012: Ekologické hospodaření s šedou vodou v budovách. Materiály pro stavby 3, s. 32.

Šrámková M., Wanner J., 2010: Opětovné využití vyčištěné odpadní vody. Sborník konference „Pitná voda 2010“, W&ET Team, Č. Budějovice, s. 259-264.

Vrána J., Ošlejšková M., 2011: Britská norma BS 8525-1 a zásady navrhování zdravotně technických instalací při recyklaci vod v budovách. Sborník semináře „Energie z odpadních vod“, W&ET Team, Č. Budějovice, s. 5-10.

Internetové zdroje:

Plotěný K., 2013: Color of water – Dělení vod, online

<http://www.asio.cz/cz/177.color-of-water-deleni-vod>, cit. 12. 2. 2018.

Ovodarenstvi.cz, 2010: Svět trápí nedostatek vody – budeme pít vlastní moč?,

online <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/svet-trapi-nedostatek-vody-budeme-mit-vlastni-moc>, cit. 12.2. 2018

PVK, 2018: Spotřeba vody, online <http://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>, cit. 13.2.2018

Plotěný K., 2013: Využití šedých a dešťových vod v budovách, online

<http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>, cit. 16. 2. 2018.

Plotěný K., 2011: Dělení vod, bílé a šedé vody – nové poznatky a možnosti využití,

online <http://www.asio.cz/cz/55.deleni-vod-bile-a-sede-vody-nove-poznatky-a-moznosti-vyuziti>, cit 16.2. 2018

Chaloupka V., 2006: Srážkové vody a zákon o vodovodech a kanalizacích, online

<http://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/3757-srazkove-vody-a-zakon-o-vodovodech-a-kanalizacich>, cit. 17.2.2018

Dohnal R., 2012: Kvalita srážkové vody užívané k závlahám v ČR, online

<http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8975-kvalita-srazkove-vody-vyuzivane-k-zavlaham-v-cr>, cit. 18.2.2018

Samek O., 2013: Hospodaření s dešťovou vodou podle zákona – jak se dotýká

stavebníků v praxi?, online <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10517-hospodareni-s-destovou-vodou-podle-zakona-jak-se-dotyka-stavebniku-v-praxi>, cit. 18.2.2018

Lhotáková Z., 2014: Zpětné využívání odpadních vod v domech pro bydlení, online

<http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/11202-zpetne-vyuzivani-odpadnich-vod-v-domech-pro-bydleni>, cit. 12. 2. 2018.

Bielá R., 2013: Možnosti úspory pitné vody v budovách, online <http://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/9833-moznosti-uspory-pitne-vody-v-budovach>, cit. 19. 2. 2018.

Škardová M., 2015: Jak doma ušetřit za vodu? Máme moderní tipy, které to udělají za vás!, online <https://www.prozeny.cz/magazin/bydleni-a-zahrada/koupelna/41639-jak-doma-usetrit-za-vodu-mame-moderni-tipy-ktere-to-udelaji-za-vas>, cit. 22. 2. 2018.

Keramika Soukup, 2014: Vodovodní baterie, se kterými ušetříte, online <http://voda.tzb-info.cz/armatury-pro-vodovod/10778-vodovodni-baterie-se-kterymi-usetrite>, cit. 22.2. 2018

Dřevojánková Z., 2017: Úspora vody při splachování WC, online <http://voda.tzb-info.cz/koupelny-a-wc/16489-uspore-vody-pri-splachovani-wc>, cit 24.2.2018

Ceny energie, 2017: Spotřeba vody v domácnosti + Tipy, jak šetřit, online <https://www.topsrovnani.cz/aktuality/usporna-pracka-jak-ji-vybrat-tipy-na-usporny-provoz>, cit 26.2.2018

ASIO, 2016: Nádrže a filtry pro akumulaci a využití srážkových vod, online <http://www.asio.cz/cz/591.nadrze-a-filtry-pro-akumulaci-a-vyuziti-srazkovych-vod>, cit 7.3.2018

Boukhemisová M., 2016: Nádrže na zachytávání dešťové vody, online <https://www.stavebni-vzdelani.cz/nadrze-na-destovou-vodu/>, cit 7.3.2018

Reinberk Z., 2013: Návrh akumulační nádrže pro dešťovou vodu, online http://voda.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000105_help.html#navod, cit. 7.3.2018

Vrána J., 2013: ČSN 75 5409 „Vnitřní vodovody“, online <http://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/10177-csn-75-5409-vnitri-vodovody>, cit 8.3.2018

Plotěný K., 2013: Využití šedých a dešťových vod v budovách, online <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>, cit. 12.3.2018

Asio.cz, 2012: Membránové procesy pro úpravu pitné vody, online
<http://www.asio.cz/cz/74.membranove-procesy-pro-upravu-pitne-vody>, cit. 14.3.2018

Plotěný K., 2007: Od jímky na vyvážení k domovním čistírnám s membránami, online
<http://www.tzb-info.cz/4202-od-jimky-na-vyvazeni-k-domovnim-cistirnam-s-membranami>, cit. 14. 3. 2018.

VÚMOP, 2018: eKatalog BPEJ, online
<https://bpej.vumop.cz/index.php?value=21400>, cit. 1.4.2018

ČÚZK, 2018: Nahlížení do KN, online
http://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=UvrXpY2sx6r00he8v8ZQ3M-EonQIWoiM5ZjPlnESWmEWasLz0sukD_1PhpbtiSrAisw5hubJXhcUgGbC-B3qZSKi35H3tKMz4Uc4SPO4K_NgUbOJFlxuC4OGa69LipgC, cit. 1.4. 2018

ČHMÚ, 2018: Územní srážky, online <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>, cit. 1.4. 2018

Plotěný, 2013: Využití šedých a dešťových vod v budovách, online <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>, cit. 4.4. 2018

Jirmus, 2017: Čestí vědci vyvinuli unikátní domovní čistírnu šedé vody, online
<https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/cesti-vedci-vyvinuli-unikatni-domovni-cistirnu-sede-vody>, cit. 10.4. 2018

Plotěný, 2017: Dotace Dešťovka je smysluplná jako první krok, online
<https://voda.tzb-info.cz/120702-dotace-destovka-je-smysluplna-jako-prvni-krok>, cit. 10.4.2018

Plotěný, 2017: Využití šedé a dešťové vody v budovách, online
<http://www.czqbc.org/zpravy/zprava/577/vyuziti-sede-a-destove-vody-v-budovach>, cit. 10.4. 2018

Brabec, 2017: Právo: Na využití dešťovky 100 miliónů, online
https://www.mzp.cz/cz/articles_170228_Pravo_Destovka_dotace_voda_zalvani, cit. 10.4.2018

11 SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace je v rámci příloh k práci přiložena v samostatných deskách. Jedná se o tyto přílohy:

Příloha č. 1	OSAZENÍ DO TERÉNU
Příloha č. 2	I. NP
Příloha č. 3	PODKROVÍ
Příloha č. 4	ZASTŘEŠENÍ
Příloha č. 5	KANALIZACE
Příloha č. 6	VODOVOD