

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ
A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

VYUŽITÍ ŠEDÝCH A DEŠŤOVÝCH VOD V RODINNÝCH
DOMECH A NA JEJICH POZEMCÍCH, VČETNĚ FINANČNÍHO
POSOUZENÍ A NÁVRATNOSTI VLOŽENÝCH INVESTIC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.
Bakalant: Rostislav Tomáš

2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování
Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Rostislav

Územní technická a správní služba - kombinované Litvínov

Název práce

Využití šedých a dešťových vod v rodinných domech a na jejich pozemcích včetně finančního posouzení a návratnosti vložených investic

Anglický název

The use of grey and rainwater in family houses and on their land, including the financial assessment and return on investments

Cíle práce

Cílem práce je popsat možné využití šedých a dešťových vod v rodinných domech a na jejich pozemcích. Součástí práce bude finanční posouzení navržených řešení a časová návratnost vložených investic. Práce bude obsahovat alternativní řešení resp. využití šedých a dešťových vod poproti odvádění těchto vod do jednotné nebo oddílné kanalizace.

Metodika

V doporučené databázi vyhledávání vhodných literárních zdrojů. Po jejich prostudování sepsání přehledné rešerše na zadané téma.

Harmonogram zpracování

Září - listopad : vyhledávání literárních zdrojů.

Listopad - únor : sepsání rešerše.

Rozsah textové části

Maximálně 40 stran včetně všech příloh

Klíčová slova

Odpadní vody, ekonomické zhodnocení, kořenové čistírny, šedé a dešťové vody.

Doporučené zdroje informací

Původní články v odborných periodikách, patentovaná literatura, monografie, elektronické knihy.
Pro vyhledávání zdrojů budou použity databáze : Web of Knowledge, PubMed, Google Scholar.

Vedoucí práce

Vach Marek, doc. Mgr., Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 22.1.2014

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22.1.2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Mgr. Marka Vacha, Ph.D. a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Litvínově 20.2.2014

.....

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za odborné vedení práce a poskytnutí odborných rad. Dále bych rád poděkoval Ing. Adamu Bartoníkovi za cenné rady a připomínky.

V Litvínově 20.2.2014

.....

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá popisem dešťových vod a rozdělením odpadních vod vyskytujících se při provozu rodinného domu. V teoretické části je popsán celkový stav týkající se nakládání se srážkovými vodami, jejich odváděním, vsakováním, retencí a využitím jako náhrady za vodu pitnou. Odpadní vody vzniklé provozem rodinného domu jsou popsány a rozděleny podle možnosti jejich dalšího využití na vody hnědé, šedé a žluté.

V praktické části bakalářské práce je provedeno finanční posouzení jednotlivých způsobů řešení využití dešťových a šedých vod při provozu rodinného domu.

Abstract

My thesis deals with a description of rainwater and classification of wastewater which occurs during usage of a house. The theoretical part describes the overall state of rainwater management, its drainage, absorption, retention and its utilization as a substitute for drinking water. The wastewater that results from usage of a house is described and classified according to its potential future usage as brown, grey and yellow water.

The practical part of the thesis deals with a financial assessment of the various ways to utilize rainwater and greywater during the usage of a house.

Obsah

A. TEORETICKÁ ČÁST

1. Úvod	9
1.1 Voda na zemi	10
1.2 Spotřeba vody v ČR, v Evropě a ve světě	11
1.2.1 Spotřeba vody v ČR a v Evropě	11
1.2.2 Spotřeba vody ve světě	12
1.3 Cena vody v České republice	12
1.4. Alternativa využití pitné vody	14
2. Dešťové vody	15
2.1 Dešťová voda, její množství a vliv na krajinu	15
2.2 Přehled právních předpisů	17
2.3 Hospodaření a využití dešťových vod u rodinných domů	20
2.4 Vsakování dešťových vod	21
2.4.1 Povrchové vsakování	21
2.4.1.1 Vsakovací průleh	21
2.4.1.2 Vsakovací průleh-rýha	22
2.4.2 Podzemní vsakování	22
2.4.2.1 Vsakovací rýhy	23
2.4.2.2 Dutiny vyplněné štěrkem	23
2.4.2.3 Voštinové bloky	24
2.4.2.4 Tunelové útvary	24
2.4.2.5 Šachtové vsakování	25
2.4.2.6 Vsakovací studna	25
2.5 Akumulace dešťových vod	25
2.5.1 Povrchové akumulční nádrže	26
2.5.2 Podzemní akumulční nádrže	26
2.5.3 Nadzemní akumulční nádrže	26
2.5.4 Akumulční nádrže uvnitř budov	27
2.5.5 Kombinovaná zařízení	27
2.6 Akumulace a využití dešťových vod	28
2.6.1 Sezónní využití dešťové vody	28
2.6.2 Celoroční využití dešťové vody	29
2.6.2.1 Splachování wc	29
2.6.2.2 Praní prádla	29
2.6.2.3 Úklidové práce	30

2.7 Zařízení na úpravu dešťových vod	30
3. Šedé vody	31
3.1 Vznik šedé vody	31
3.2 Kvalita a složení šedých vod	33
3.2.1 Teplota odpadních vod	33
3.2.2 Zákal, plovoucí látky	34
3.2.3 Chemická a biochemická spotřeba kyslíku	34
3.3 Technologie úprav šedých vod	35
3.3.1 Systémy s fyzikální úpravou	35
3.3.2 Systémy s chemickou úpravou	35
3.3.3 Biologické systémy	36
3.4 Akumulace šedých vod	36
3.4.1 Venkovní umístění akumulčních nádrží	36
3.4.2 Vnitřní umístění akumulčních nádrží	37
3.5 Využití šedých vod pro provoz budovy	37

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

4. Použité metody	38
4.1 Spotřeba vody v rodinném domě	38
4.2 Návrh rodinného domu pro výpočtovou část	39
4.3 Postup výpočtu úspor pitné vody s využitím dešťové vody	40
4.4 Postup výpočtu úspor pitné vody s využitím šedých vod	40
4.5 Postup výpočtu úspor pitné vody s využitím dešťových vod a šedých vod	44
4.5.1 Postup výpočtu úspor s využitím dešťových vod	44
4.5.2 Postup výpočtu úspor s využitím šedých odpadních vod	45
5. Výpočty a vyhodnocení diskuze	48
5.1 Výpočet zisku a potřeby dešťové vody pro rodinný dům	48
5.2 Ekonomické posouzení využití dešťové vody pro rodinný dům	49
5.3 Výpočet produkce a potřeby šedé vody pro rodinný dům	50
5.4 Ekonomické posouzení využití šedé vody pro rodinný dům	51
5.5 Výpočet zisku dešťové vody a produkce šedé vody a potřeby dešťové a šedé vody pro rodinný dům	52
5.5.1 Výpočet zisku dešťové vody a potřeby dešťové vody	52
5.5.2 Výpočet produkce a potřeby šedé vody rodinného domu	54

6. Diskuze	56
7. Závěr	58
Použité zdroje	59
Přílohová část	62

A. TEORETICKÁ ČÁST

1. ÚVOD

Teoretická část bakalářské práce se zabývá popisem dešťových vod a rozdělením odpadních vod vyskytujících se při provozu rodinného domu. V teoretické části je popsán celkový stav týkající se nakládání se srážkovými vodami, jejich odváděním, vsakováním, retencí a využitím jako náhrady za vodu pitnou. Odpadní vody vzniklé provozem rodinného domu jsou popsány a rozděleny podle možnosti jejich dalšího využití na vody hnědé, šedé a žluté.

Ve výpočtové části bakalářské práce je provedeno finanční posouzení jednotlivých způsobů řešení využití dešťových vod a šedých vod při provozu rodinného domu.

Cílem práce je posouzení ekonomické návratnosti vložených investic k úpravě a čištění dešťových vod a šedých vod k následnému použití při provozu rodinného domu.

1.1 VODA NA ZEMI

Voda je základní složkou životního prostředí, představuje nezastupitelnou podmínku života na Zemi. Zhruba 96,5 % veškeré vody se nachází ve slané podobě v oceánech a mořích. Slaná voda se však nehodí ani k pití, ani k hospodářským účelům. Sladká voda tvoří jen 3,5 % veškerých vodních zásob, z toho se 69 % nachází v ledovcích, 30 % tvoří podzemní vody a zbytek představuje povrchová a atmosférická voda.

Vodní zdroje v České republice mají jedinečný charakter. Díky poloze ČR, která se nachází na rozvodnici Severního, Baltského a Černého moře, a díky pahorkatému reliéfu naprostá většina vodních toků odvádí vodu na území sousedních států. Obnovitelné zdroje vody jsou proto výhradně závislé na atmosférických srážkách.

Nedostatek zdravotně nezávadné vody představuje jednu z největších hrozeb současného světa. Světová populace v současnosti užívá 54 % všech dostupných zdrojů sladké vody. V důsledku růstu populace se má tento podíl v roce 2025 zvýšit na 70 %. S nedostatkem vody se každodenně potýká přes 1,1 miliardy obyvatel planety. Spotřeba vody se v různých částech světa značně liší. V západní Evropě je spotřeba vody přibližně 120 – 200 litrů na osobu a den a v USA je to dokonce 300 litrů na osobu denně. V chudých zemích Jihu je naopak spotřeba vody výrazně nižší a činí cca 10 litrů na osobu a den. Světová zdravotnická organizace (WHO) považuje za hygienické minimum 100 litrů na osobu a den.

Šetrné nakládání s vodou může přinést snížení spotřeby vody, snížení produkce odpadních vod, a tím i snížení finančních nákladů za vodné a stočné. V konečném důsledku šetrné nakládání s vodou vede k ochraně vodních zdrojů a vodních ekosystémů.

Vodárensky je v ČR ročně upravováno asi 800 miliónů m³ vody. Ztráty ve vodovodní síti činí asi 30%, v domácnostech se spotřebovává 40%, v zemědělství 1% a v průmyslu 11% upravené vody. Průměrná denní spotřeba v domácnosti je v ČR asi 150 l na osobu. Další vodu spotřebováváme skrytě v potravinách a ve zboží, které používáme, a na jehož výrobu byla voda též použita (Kupčíková et Pacák 2006).

1.2 SPOTŘEBA VODY V ČR, EVROPĚ A VE SVĚTĚ

1.2.1 SPOTŘEBA VODY V ČR A V EVROPĚ

Jedním z naléhavých problémů současného tisíciletí je odpovědné hospodaření s vodními zdroji. Se zvyšujícím se nárůstem populace roste i zvyšování potřeby pitné vody. Nedostatek pitné vody je globálním světovým problémem, a proto se stále hledají nové způsoby na co nejefektivnější využívání přírodních zdrojů.

Jakékoli zvyšování efektivnosti ve využití pitné vody jen pro účely potřeb člověka a současně snižování pitné vody na jiné účely má velký význam pro budoucnost. Důvodem je skutečnost, že zásoby pitné vody neustále klesají a potřeba pitné vody bude vzhledem na neustálý nárůst populace stoupat. Nejedná se pouze o vodu pitnou, ale také o hospodárné využívání vody užitkové a vody srážkové z povrchového odtoku. Využívání srážkových vod a šedých vod v objektech pro bydlení je jednou z alternativ šetření vzácné pitné vody.

Současně s měnícím se klimatem počet lidí nemající přístup k pitné vodě roste. Předpokládá se, že do roku 2030 bude 47% světové populace žít v oblastech s obtížným přístupem k vodě. Nedostatek vody může zabránit zemědělnímu produkci potravin, generovat energii, může vyvolat sociální nepokoje. Zatímco nedostatek vody představuje pro bohatší státy zvládnutelný problém, pro chudší země jde o silný destabilizační faktor. To vše by nás mělo nabádat k zamyšlení nad šetrnými způsoby využívání tohoto zdroje, ale především nad jeho ochranou, tj. neznečišťováním (Sojka 2013).

Dostupnost pitné vody, její jímání nebo zadržování, následné čištění a úprava, která musí odpovídat současným hygienickým normám, zvyšuje cenu pitné vody. Cena pitné vody je každým rokem zvyšována jednak z důvodu stále nákladnějších položek na její dostatečnou a hygienickou úpravu, tak u z důvodu investic do rozšiřování technické infrastruktury do rozvíjejících se částí měst a obcí. V České republice činí průměrná spotřeba pitné vody zahrnující také spotřebu podniků či úřadů na jednoho obyvatele okolo 130-150 litrů na osobu a den. Průměrná denní spotřeba vody na osobu u samostatných domácností byla v roce 2011 cca 83 litrů (SČVK 2013).

Spotřeba vody v ČR měla od roku 1989 výrazně klesající tendenci. Dnešní spotřeba v ČR představuje cca 60 % úrovně přelomu 80. a 90. let. V posledních letech u domácností spotřeba opět mírně stoupá. Děje se tak v důsledku napojování dalších odběratelů na vodovody. Odběry se ale dál snižují v průmyslu, kde se

omezuje výroba a nové továrny jsou ve spotřebě vody maximálně úsporné. Podobný trend lze pozorovat například také v Polsku a na Slovensku (Vodárenství 2012).

Mezi evropskými zeměmi se vodou nejméně šetří ve Velké Británii. Zde činí denní spotřeba vody v přepočtu na obyvatele 343 l. Poměrně vysoká spotřeba je rovněž ve Španělsku, kde denně proteče 265 l vody na obyvatele. U následujících zemí – Francie, Portugalska, Maďarska či Finska – je již spotřeba poměrně vyrovnaná mezi 150 – 160 l. Na opačném pólu žebříčku spotřeby vody se kromě ČR a Slovenska, kde se spotřebuje 109 l na obyvatele, nacházejí převážně pobaltské státy (Vodárenství 2012).

1.2.2. SPOTŘEBA VODY VE SVĚTĚ

Ve světě patří mezi největší spotřebitele vody USA a Austrálie, nejméně vody v přepočtu na obyvatele zužitkují v Indii. Bohatší státy s deficitem vody řeší problém odsolováním mořské vody. Typickým příkladem je Kuvajt, který je na odsolenou mořskou vodu plně odkázán. V poslední době se řeší problém nedostatku vody její recyklací. Nejvíce zkušeností s touto technologií má Izrael. Recyklovaná voda se již běžně používá v USA, Británii, Austrálii a Singapuru. Uvedené technologie jsou sice v praxi realizovatelné, vyžadují však značné, zejména energetické a investiční náklady a vedou k výraznému zvýšení nákladů na zemědělskou produkci (Vodárenství 2012).

1.3 CENA VODY V ČESKÉ REPUBLICĚ

Dlouhodobým trendem v České republice je pokles spotřeby pitné vody. Z průměrné spotřeby 159 litrů na osobu a den, která byla v roce 1993, klesla spotřeba v současné době na 80 litrů na osobu a den. Za poklesem spotřeby je především výrazný útlum průmyslu, kdy došlo k rušení pivovarů, textilních a jiných závodů. Hodnota 80 litrů na osobu a den je Světovou zdravotnickou organizací (World Health Organization) považována za hygienické minimum.

Ceny vody se v jednotlivých městech a obcích České republiky liší. V současné době je cena za 1m³ (město Most, pod dodavatelem Severočeská vodárenská společnost) pro rok 2014 stanovena na 92,46 Kč (bez DPH). Cena se dělí na dvě části, vodné a stočné. Vodné je platbou za odebranou vodu a za její distribuci (dodávku), a stočné je platbou za odvádění odpadní vody a její čištění.

Růst cen vodného a stočného v Ústeckém kraji je za posledních deset let zobrazen v tabulce č.1.

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. - VEOLIA						
cena vody						
	vodné	stočné	celkem	růst	inflace	růst%
rok	Kč/m ³	Kč/m ³	Kč/m ³	%	%	za 7let
2014	47,32	45,14	92,46	3,9		
2013	45,41	43,57	88,99	6,83		61,42
2012	42,86	40,44	83,3	10,79		58,52
2011	39,42	35,77	75,19	7,04	3,3	55,22
2010	37,41	32,6	70,01	8,48	1,9	
2009	34,49	30,05	64,54	7	1	
2008	32,22	28,1	60,32	9,41	6,3	
2007	29,54	25,59	55,13	4,91	2,8	
2006	28,17	24,38	52,55	8,48	2,5	
2005	26,07	22,37	48,44	10,22	1,9	

Tab.č.1 Cena vodného a stočného v regionu SVS, Ústecký kraj (SČVK 2013)

Za vodu se v Česku platí stále výrazně méně než v západní Evropě. Asi 80 % nákladů tuzemských vodárenských společností se však již pohybuje na západní úrovni. Je však dobré mít na paměti, že ČR na rozdíl od jiných zemí stále naplňuje princip doporučený Světovou zdravotnickou organizací a Světovou bankou, který upozorňuje na to, že ceny vodného a stočného by měly zůstat sociálně únosné. V praxi to znamená, že výdaje domácností za vodu nesmějí překračovat 2 procenta jejich hrubého příjmu (Vodárenství 2012).

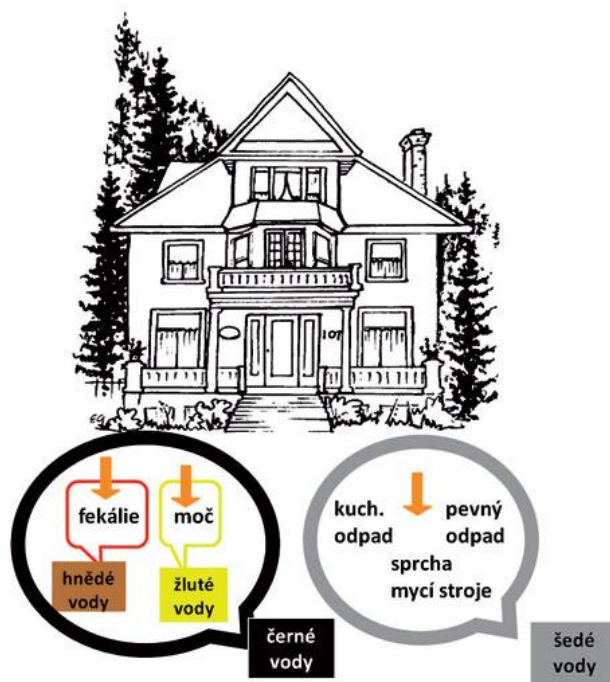
Především dostupnost pitné vody a s ní rozvinutá kanalizační síť jsou jedním z hlavních faktorů zdraví národa. Různé činnosti v domácnosti vyžadují rozdílné nároky na kvalitu vody. Pitná voda musí být použita tam, kde vodu používáme k vaření, mytí nádobí, pití a tělesné hygieně. Ostatní činnosti spojené se spotřebou vody již nevyžadují, aby voda byla pitná. Jedná se zejména o splachování WC, praní prádla, zalévání zahrady, mytí automobilů aj.

1.4 ALTERNATIVA VYUŽITÍ PITNÉ VODY

Na rodinný dům dopadají atmosférické srážkové vody, které se dají využít při provozu rodinného domu namísto pitné vody. Využití dešťových vod je možné po úpravě pro splachování a praní. V případě akumulace dešťových vod bez jejího dalšího využití k provozu v rodinném domě, lze dešťové vody využít pro zalévání zahrady a zasakování dešťové vody na pozemku. Zároveň s využitím dešťových vod lze rovněž snížit kapacitu odváděných splaškových (hnědých) vod do veřejné kanalizace. Oddělením splaškových vod od různých domovních vybavení získáme šedé a žluté vody. Šedé odpadní vody je možné po úpravě znovu využít jako provozní vodu na splachování a zalévání zahrady.

Žluté vody oddělené od ostatní odpadní vody při provozu rodinného domu je možné shromažďovat v nádobách a po určitém čase znovuzískat suroviny obsažené v moči jako například hnojivo. Získání živin separací žlutých vod bylo hlavní hnací silou účastníků výzkumu ve Švédsku v součinnosti s aktivní politikou na místní samosprávy (Mels et al. 2007).

Oddělením šedých a žlutých vod by došlo k odlehčení nátokových parametrů na vstupu do čistíren odpadních vod.



Obr. 1 Dělení odpadních vod vznikajících provozem rodinného domu
(www.abs-portal.cz)

2. DEŠŤOVÉ VODY

2.1. DEŠŤOVÁ VODA , JEJÍ MNOŽSTVÍ A VLIV NA KRAJINU

Jedním z nejdůležitějších procesů na Zemi jsou dešťové srážky, které zajišťují plynulý hydrologický cyklus mezi pevninou a oceány. Voda, která se odpařuje z oceánů a z ostatních vodních ploch na pevnině a z rostlin, stoupá s teplým vzduchem ve formě vodní páry vzhůru. Stoupající vzduch obsahuje prach, soli, pyl a další mikroskopické části, z kterých se stávají kondenzační jádra. Molekuly vodní páry se na těchto jádrech srážejí. V tropických oblastech se tak vytvářejí kapky vody, ve středních a vyšších oblastech vznikají krystalky ledu. Takto vzniklé krystalky se zvětšují do té míry, dokud je výstupný proud teplého vzduchu dokáže udržet. Kondenzací vodní páry z krystalků se vytváří oblak, z kterého pak na zemský povrch dopadají dešťové srážky. Množství dešťových srážek se vyjadřuje v milimetrech. Vrstva vody o tloušťce 1 mm na 1m² odpovídá 1 litru vody.

V posledních letech se na našem území objevují velké výkyvy v intenzitě dešťových srážek, příčinou jsou pravděpodobně důsledky globálního oteplování. Hustá městská zástavba způsobila změny vodního režimu v původním ekosystému a je těžké udržet ve městech vhodné mikroklima. V letním období je městský trávník zežloutlý a půda vyschlá. Při dešti se prvních pár kapek vsakuje do půdy, zbylý déšť smývá vrstvu humusu a prach z trávy. V trávníku vznikají hlušiny, erozní rýhy a kalná voda odtéká na chodník. Většina dešťových vod z chodníku vtéká do veřejné kanalizace, do podzemních vrstev se nedostane skoro žádná voda (Valášek 2006).

Jedním z nepopíratelných projevů klimatických změn v přírodě je změna přirozeného koloběhu vody z dešťových srážek. První příčinou je snižování plochy, na které se může srážková voda přirozeně vsakovat, a to kvůli výstavbě nových budov, dopravních tras různého druhu, chodníků, ale i parkovišť, skladovacích a dalších zpevněných ploch. Situaci dále zhoršuje skutečnost, že vody z většiny těchto ploch se nevsakuje ani poblíž místa dopadu, ale je přímou cestou odváděna do potoků a řek. Tím dochází k výrazným změnám množství a chování pozemních vod, včetně změn chemických a biologických. Aby velké množství odváděné vody po cestě příliš neškodilo, musí se vytvořit podmínky. To opět znamená zásahy do přírody, která se nám za to všechno odvděčuje jak stále častějšími povodněmi, nedostatkem podzemní vody, tak i rostoucím znečištěním vod v místech,

kam je jednotně odvádíme a tak koncentrujeme. Voda, zvláště voda pitná, je stále blíže k předpovídanému cíli stát se pro celý svět strategickou surovinou (Pipelife Czech 2011).

Výstavbou inženýrských sítí a především výstavbou kanalizace, dochází k plošnému snižování hladiny podzemní vody v zastavěném území. Budovami včetně přístupových komunikací k budovám a parkovišti, dochází k zabránění přirozenému doplňování vody do podzemí. Při výstavbě inženýrských sítí dochází k porušení kořenových systémů vzrostlých stromů a současně při pokládání asfaltových povrchů dochází k usychání starších stromů. (Žabička et Vrána 2011).

Předcházením lokálním záplavám v nedostatečně dimenzované kanalizační síti jsou důvodem používání oddělení odpadních vod a využívání recyklovaných šedých odpadních vod v Nizozemsku (Mels et al. 2007).

Z důvodu snižování průtoku dešťových vod ve stávajících přetížených stokách se navrhovaly a navrhují finančně nákladné objekty retenčních nádrží, jejichž kapacita je omezená a zabírají velkou plochu. Na stokových sítích se budují odlehčovací komory, ze kterých v prvních chvílích při přívalových deštích vytékají do recipientu velmi silně znečištěné vody (Žabička et Vrána 2011).

Dešťové srážkové vody jsou významným zdrojem vody pro účely, kde se nevyžaduje jakost pitné vody. Pro vyhodnocování množství srážkových vod jsou k dispozici v Českém hydrometeorologickém ústavu údaje, které se získají vyhodnocením ombrometrických a ombrografických (srážkoměrných) pozorování z nejbližších srážkoměrných stanic. Vlastní výpočet odtoku spočívá jednak ve stanovení odtoku z přívalových srážek, jednak ve stanovení ročních srážkových odtoků, které se nejjednodušeji stanoví bilančními metodami.

Přítok srážkových vod Q se stanoví přibližně z obecného vztahu :

$$Q = \varphi \cdot S_s \cdot q_s [10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}],$$

kde je:

φ součinitel odtoku [-]

S_s plocha jímacího území [ha]

q_s intenzita směrodatné srážky uvažované periodicity p [l/s z 1 ha]

Stokové sítě sídelních útvarů se v minulosti zřizovaly jako soustavy jednotné. Stavba stokových sítí probíhala od nejnižšího místa sídla u vodoteče. Kmenové stoky většiny sídelních útvarů jsou přetížené. Nová zástavba proniká do větších

vzdálenosti od historických center sídelních útvarů. Rekonstrukce stávajících kmenových stok v historických částí sídel jsou investičně nákladné, zvětšování dimenzí je technicky i ekonomicky velmi náročné. Z těchto důvodů vznikl silný tlak na omezení odtoku srážkové vody z nově budovaných staveb a jeho výsledkem je úprava právních předpisů, která přesunuje řešení odtoku dešťové vody z nemovitostí zcela nebo z části na jejich stavebníky (Žabička et Vrána 2011).

2.2. PŘEHLED PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ

Optimální řešení problematiky srážkových povrchových vod v urbanizovaných povodních znamená nejen postupně a koordinovaně vytvořit všechny potřebné nové právní předpisy a podpůrné technické normy, ale také při tom respektovat tuzemské stávající ekonomické podmínky při navrhování, realizaci a provozování souvisejících vodohospodářských objektů. Hlavní zásady pro hospodaření se srážkovými povrchovými vodami jsou deklarované v Plánu hlavních povodí České republiky, který představuje dlouhodobou koncepci v oblasti vodního hospodářství a integruje záměry a cíle rezortních politik ústředních státních úřadů (Šenkapoulová 2013).

Decentralizovaný systém odvodnění urbanizovaných území znamená odklon od stávajícího obvyklého odvedení srážkových povrchových vod ze stavebních pozemků prostřednictvím oddílné nebo jednotné kanalizace. Decentralizace odvodnění je přírodě blízká a znamená zajistit hospodaření s atmosférickou srážkovou vodou přímo tam, kde dopadne na povrch. Povinnost hospodařit se srážkovou povrchovou vodou má tedy při decentralizovaném způsobu odvodnění přímo vlastník pozemku, na který srážková vody dopadne (Šenkapoulová 2013).

Právní rámec v ČR, který umožňuje v souladu s požadavky EU postupný přechod k decentralizovanému odvádění srážkových povrchových vod, tvoří aktuálně vodní zákon (zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, v platném znění).

Další zákonná ustanovení, která vyžadují omezení odtoku srážkové vody z nemovitosti, jsou uvedena ve vyhlášce č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve vyhlášce č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, ve znění pozdějších předpisů, v technické normě ČSN 75 9010 vsakovací zařízení srážkových vod a v odvětvové technické normě TNV 75 9011 hospodaření se srážkovými vodami.

Vodní zákon (zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, v platném znění).

§5 odst. 3 zákona č. 254/2001 Sb. ukládá při provádění staveb, nebo jejich změn, nebo změn jejich užívání stavebníkům povinnost podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním, čištěním, popřípadě jiným zneškodňováním odpadních vod z nich v souladu s tímto zákonem a zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážkové vody“) v souladu se stavebním zákonem.

Stavební úřad nesmí bez splnění těchto podmínek vydat stavební povolení, nebo rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o povolení změn stavby před jejím dokončením, popřípadě kolaudační souhlas, ani rozhodnutí o změně užívání stavby (Profesis, ČKAIT 2013).

V §24 odst. 1 vodního zákona je definován plán hlavních povodí České republiky (PHP) jako strategický dokument plánování v oblasti vod. Nařízením vlády ČR č. 262/2007 Sb. Byly vyhlášeny závazné části PHP z pohledu srážkových vod. V kapitole 2.2 Rámcové cíle v ochraně vod před dalšími škodlivými účinky vod, odst. d): uplatňovat v generelech odvodnění urbanizovaných území koncepcí nakládání s dešťovými vodami, umožňující jejich zadržování, vsakování i přímé využívání (Zákon č.254/2001 Sb).

V kapitole 2.2, odst. 25 nazvané Republikové priority územního plánování pro zajištění udržitelného rozvoje území, je dále mj. uvedeno: vytvářet podmínky pro preventivní ochranu území a obyvatelstva před potenciálními riziky a přírodními katastrofami v území (záplavy, sesuvy půdy, eroze atd.) s cílem minimalizovat rozsah případných škod. Zejména zajistit územní ochranu ploch potřebných pro umístování staveb a opatření na ochranu před povodněmi a pro vymezení území určených k řízeným rozlivům povodní. Vytvářet podmínky pro zvýšení přirozené retence srážkových vod v území s ohledem na strukturu osídlení a kulturní krajinu jako alternativy k umělé akumulaci vod. V zastavěných územích a zastavitelných plochách vytvářet podmínky pro zadržování, vsakování i využívání dešťových vod jako zdroje vody a s cílem zmírňování účinků povodní (Profesis, ČKAIT 2013).

Dále existují tzv. směrné části PHP, kde jsou definovány Programy opatření, které vedou k dosažení rámcových cílů. Z hlediska srážkových vod v intravilánu k tomu patří např. úkol č. 37 – snižovat množství srážkových vod odváděných kanalizací a zlepšit podmínky pro jejich přímé vsakování do půdního prostředí (Zákon č. 254/2001 Sb.).

Vyhláška č. 268/2009 Sb. (ze dne 12. srpna) o technických požadavcích na stavby.

Ve vyhlášce v §6 odst. 4 je uvedeno: stavby, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek (dále jen „srážkové vody“), musí mít zajištěno jejich odvádění, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně vsakováním. Není-li možné vsakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací (Vyhláška č. 268/2009 Sb.).

Vyhláška č. 501/2006 Sb. (ze dne 10. listopadu) o obecných požadavcích na využívání území (ve znění pozdějších předpisů).

V §20 odst. 5 písmeno c) se uvádí: vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno:

1. přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování,
2. jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo
3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace (Vyhláška č. 501/2006 Sb.).

Česká technická norma ČSN 75 9010, vsakovací zařízení srážkových vod, platná od 1. dubna 2013.

Norma reaguje na současné právní předpisy a zabývá vsakováním srážkových povrchových vod jako jedním ze způsobů hospodaření se srážkovými vodami. Stanovuje hlavní zásady pro navrhování, výstavbu a následný provoz povrchových a podzemních vsakovacích zařízení. Návrh hospodaření se srážkovými vodami zpracovává řešitel odvodnění nemovitosti a/nebo území na základě výsledků geologického průzkumu. Pokud nelze srážkové povrchové vody vsakovat podle podmínek uvedených v této normě, je nutno při hospodaření se srážkovými povrchovými vodami postupovat v souladu s právními předpisy podle ČSN EN 752, ČSN 75 6101 a požadavků provozovatele kanalizace pro veřejnou potřebu, správce povodí a případně správce vodního toku.

Technická norma popisuje rozsah a způsoby provádění geologického průzkumu pro vsakování srážkových povrchových vod. Stanovuje omezující podmínky pro vsakování srážkových povrchových vod. Norma přináší základní přehled v současnosti používaných povrchových a podzemních vsakovacích zařízení. Norma uvádí postup a příklady výpočtů retenčních objemů vsakovacích zařízení, zabývá se mírou bezpečnosti proti přeplnění vsakovacích zařízení a přetékání srážkových vod na povrch. Do normy jsou přiloženy aktualizované tabulky návrhových úhrnů srážek v České republice (ČSN 75 9010).

Odvětvová technická norma vodního hospodářství TNV 75 9011, Hospodaření se srážkovými vodami, platná od 1. března 2013.

Odvětvová norma reaguje na současné trendy a předpisy v oblasti vodního a stavebního práva a zabývá se způsoby nakládání se srážkovými vodami odtékajícími z povrchu urbanizovaného území. Norma je návodem pro návrh a provoz odvodnění urbanizovaného území způsobem blízkým přírodě. Podíl normy spočívá rovněž v naplňování vodohospodářské politiky ČR, jejímž smyslem je zajištění trvale udržitelného rozvoje.

Norma řeší nakládání se srážkovými vodami zejména na pozemku stavby (decentrální způsob odvodnění), ale jsou zde uvedena i centrální opatření. Centrální opatření jsou řazena za opatření necentrální (řetězení do série) tak, aby byl vytvořen funkční systém přírodě blízkého odvodnění. V normě jsou uvedena také opatření pro snížení (případně prevenci vzniku) srážkového odtoku (TNV 75 9011).

2.3 HOSPODAŘENÍ A VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD U RODINNÝCH DOMŮ

Na základě vyhlášek o technických požadavcích na stavby a o obecných požadavcích na využívání území má být odvádění srážkových vod řešeno přednostně vsakováním. Při zhoršených geologických podmínkách pozemku se navrhuje akumulace srážkových vod v akumulární nádrži, ze které jsou následně srážkové vody postupně zasakovány. Není-li možné vsakování na daném pozemku z hlediska jeho sklonu případně nevhodných geologických podmínek, navrhuje se akumulace dešťových vod na daném pozemku s pozdějším postupným odpouštěním do kanalizace nebo do vodního toku. Při postupném odvádění dešťových vod do kanalizace případně vodního toku se množství vypouštění řídí údaji podle místních podmínek, které stanovuje provozovatel kanalizace nebo správce vodního toku.

Při vysoké ceně pitné vody v dané lokalitě nebo jejím nedostatku je možnost využití srážkové vody v objektu jako vodu nepitnou. K návrhu možného využití srážkové vody v objektu se určuje poměr mezi možným využitím vody nepitné v objektu a nepravidelností dešťových srážek.

Optimální způsob hospodaření se srážkovou vodou řeší projektant v součinnosti s investorem podle místních podmínek a podle ekonomických možností investora.

2.4 VSAKOVÁNÍ DEŠŤOVÝCH VOD

Vsakování dešťových vod na pozemcích rodinných domů se rozděluje na povrchové vsakování, podzemní vsakování a na bezodtoková jezírka – umělé mokřady.

2.4.1 Povrchové vsakování

Nejlevnější metodou, která slouží k omezení odtoku dešťové vody z daného pozemku je povrchové vsakování návrhem vhodných terénních úprav. Povrchovým vsakováním je možné zachycovat veškerou dešťovou vodu na pozemku. Terénní snížení by mělo být maximálně 100 - 150 mm. Důležitou podmínkou je, že dané území nemá příliš velké sklony a na pozemku jsou k dispozici dostatečně velké travnaté plochy. Vhodným návrhem nivelet travnatých ploch je možné zachytit téměř veškerá dešťová voda ze sídelních útvarů zejména v rovinatých územích.

U pěších komunikací postačí zaměnit výškovou úroveň chodníku s niveletou travnatých ploch a prolomením travnaté plochy vytvořit vsakovací depresi. Zlepšením kvality pochozích ploch selepší i mikroklima v okolí stavby.

Na sklonitých pozemcích se terénní deprese může vytvořit v nejnižší části pozemku s využitím nepropustné podezdívky oplocení. Povrchové vsakování je vhodné doplnit optimální skladbou podloží v závislosti na geologických poměrech pozemku. Pod vrstvu ornice cca 100 mm se doporučuje uložit alespoň 100 mm štěrkopísku. Takto upravené podloží umožňuje vsáknutí vody za 8 hodin i v oblastech s omezenou propustností podloží (Profesis, ČKAIT 2013).

2.4.1.1 Vsakovací průleh

Pokud není k dispozici dostatečně velká plocha lze v místech vyústění svislých dešťových svodů z objektu navrhnout vsakovací průleh. Vsakovací průleh je mělké

povrchové vsakovací zařízení se zatravněnou humusovou vrstvou. V průlehu dochází pouze ke krátkodobé retenci vody, neboť delší zadržování vody by mělo za následek riziko snížení vsakovací schopnosti průlehu a úhyn vegetačního krytu průlehu. Z těchto důvodů není doporučeno, aby hloubka zadržené vody měla větší hloubku než 0,3 m. přívod srážkové vody do průlehu se navrhuje jako povrchový rovnoměrný po délce průlehu. Tímto opatřením se snižuje možnost ziku eroze půdní vrstvy průlehu a současně se omezuje možnost vzniku kolmatace průlehu nerozpuštěnými látkami.

Poměr mezi redukovanou odvodňovanou plochou A_{red} a vsakovací plochou A_{vsak} se u průlehu orientačně pohybuje v rozmezí $5 < A_{red}/A_{vsak} \leq 15$ (TNV 75 9011).

2.4.1.2 Vsakovací průleh - rýha

Na pozemku, na kterém je nedostatečná vsakovací schopnost půdního a horninového prostředí, se navrhuje kombinace vsakovacího průlehu s rýhou.

Plošný prvek se skládá z průlehu se zatravněnou humusovou vrstvou a z rýhy, která je umístěna pod průlehem a je vyplněna štěrkovým materiálem s velikostí zrn 16/32 mm. Štěrkový materiál může být nahrazen prefabrikovanými bloky. Tato kombinace vyvažuje zvýšený vsakovací výkon do propustnějších půdních vrstev. Poměr mezi redukovanou odvodňovanou plochou A_{red} a vsakovací plochou A_{vsak} se u průlehu s rýhou orientačně pohybuje v rozmezí $5 < A_{red}/A_{vsak} \leq 15$ (TNV 75 9011).

2.4.2 Podzemní vsakování

Podzemní nebo také podpovrchové vsakování jsou dutiny uměle vytvořené pod úrovní terénu nad vsakovací plochou. Podzemní vsakovací zařízení je vždy kombinováno s akumulací srážkové vody. Před zaústěním vody do vsakovacích zařízení se podle předpokládané kvality srážkové vody má zařadit vhodná úprava vody (TNV 75 9011).

Jako hlavní součásti podzemních vsakovacích systémů musí být soustava kontrolních a čisticích prvků, mezi které lze zařadit vstupní a čisticí šachty, případně kontrolní vrty zejména u vsakování upravených nepřípustných srážkových vod.⁽¹⁵⁾

Podzemní vsakování se vytváří umístěním dutin vyplněných štěrkem, nebo pomocí voštinových bloků a tunelových útvarů umístěných pod úroveň terénu. Dalším typem podzemního vsakování jsou vsakovací rýhy, šachtové objekty a vsakovací studny.

Podmínkou pro snížení odtoku srážkové vody tímto způsobem je řádně provedený geologický průzkum k upřesnění způsobu a kapacity vsakování a vyloučení nebezpečného vzniku sesuvů. Návrh způsobu řešení se provádí v závislosti na schopnosti horniny pojmout dešťovou vodu (Valášek 2006).



Obr. 2 Příklad uložení vsakovacího objektu do země (www.tzb-inbo.cz)

2.4.2.1 Vsakovací rýhy

Vsakovací rýha je hloubené liniové vsakovací zařízení vyplněné propustným štěrkovým materiálem zrnitosti 16/32 mm, s retencí a vsakováním do propustnějších půdních a horninových vrstev. Přívod vody je zajištěn po povrchu nebo pod povrchem. Povrchový přívod se doporučuje provést přes zatravněný pás, což zlepšuje předčištění srážkové vody vtékající do vsakovacího zařízení.

Při vsakování v rýze s podpovrchovým přívodem musí být na vtoku umístěna kalová jímka a revizní šachta, popřípadě proplachovací šachta na opačném konci drenáže (TNV 75 9011).

2.4.2.2 Dutiny vyplněné štěrkem

Systém spočívá ve vytvoření štěrkového polštáře s vloženými drenážními trubkami. Pro možnost kontroly a proplachování se do systému navrhují vstupní a čistící šachty. Nevýhodou tohoto systému je požadavek na zvětšení objemu dutiny z důvodu jejího vyplnění štěrkem a náročná doprava materiálu pro obsyp drenáže (Profesis, ČKAIT 2013).

Podzemní vsakovací prostory jsou vyplněné propustným štěrkovým materiálem zrnitosti 16/32 mm do kterých je vody přiváděna přes vstupní šachtu nebo vstupním otvorem. Před objekt se doporučuje předřadit prvek pro předčištění srážkových vod. Prvkem předčištění je kalová jímka s nepropustným dnem a stěnami, nebo filtrační šachta (ČKAIT 2013).

2.4.2.3 Voštinové bloky

Pro snížení odtoku dešťové vody a vsakování srážkové vody lze také využít bloků, které bývají vyrobeny z plastické hmoty. Vsakovací bloky jsou vyrobeny ze svisle umístěných prvků nebo trubek (Žabička et Vrána 2011).

Zaplavením vstupní šachty se voda dostává do dutin, jejichž plocha a potřebný objem je navrhován dle rychlosti vsakování. Voda z dutin se vede do rozváděcí šachty, ze které pokračuje pod vrstvy vsakovacích bloků. Proti ucpávání pórů jsou bloky chráněny geotextilií. Lapač splavenin se musí před rozváděcí šachtu tam, kde by voda mohla obsahovat splaveniny (Valášek 2006).

Mezi hlavní výhody systému patří velká akumulační kapacita bloků, která je asi 95 % z celkového objemu. Tato kapacita je přibližně 4x větší než objem pórů u štěrku. K dalším výhodám patří úspora prostoru umístěním akumulace pod zpevněné plochy, protože bloky mají dostatečnou pevnost a odolnost pro zatížení nadloží a pojezdem a malá váha bloků (cca 42 kg/m³ - 50x lehčí než váha štěrku stejného objemu) a snadná ruční manipulace 2 osobami (Žabička et Vrána 2011).

2.4.2.4 Tunelové útvary

Tunelové útvary se skládají z lehkých, plastových, půlkruhových schránek s kapacitou do zásobního množství a pronikání dešťové vody z utěsněných povrchů do půdy. Tunelový systém je vyroben z recyklovatelného HDPE. Půlkruhové schránky mají zásobní kapacitu 100 % objemu a v porovnání se štěrkem průnikové jámy potřebují méně než 1/3 obvyklého objemu. Dešťová voda může volně pronikat dnem a bočními otvory v tunelu do půdy. Ve standardní verzi s rovným víkem tunely mohou zvládnout zatížení ekvivalentu 30tunového kamionu a mají životnost nejméně po desetiletí (Profesis, ČKAIT 2013).

Na začátku a konci každé sekce je vsakovací tunel vybaven otvorem jako nátok a je schopný připojení k potrubí do průměru DN300. Pouze se třemi různými komponenty (tunel, začátek a konec sekce) lze stavět stabilní a rozsáhlý systém s minimálními stavebními náklady. Systém je snadno skladný, čímž se na minimum sníží dopravní náklady (Valášek 2006).

2.4.2.5 Šachtové vsakování

Šachtové vsakování je založeno na principu vsakovací šachty a lze ho navrhnout v oblastech, kde hladina podzemní vody je hluboko a v úrovni dna vsakovací šachty je velmi propustná zemina. Srážková voda je přiváděna svislým potrubím ke dnu šachty. V horní části musí být svislé potrubí opatřeno otevřeným svislým hrdlem pro odvod vzduchu při zaplnění vsakovací šachty (svislého potrubí) vodou. Na dno studny se vloží geotextilie a pod ni min. 300 mm tlustá vrstva písku zrnitosti max. 0,5 mm. Pod vyústění potrubí pro přívod srážkové vody se na geotextilii osadí dlaždice. Poklop vsakovací šachty musí být opatřen otvory (místo poklopu se může použít také mříž) a má být nejméně o 150 mm výše než okolní terén (Žabička et Vrána 2011).

Objem retenční šachty je nutné navrhnout tak, aby se v šachtě mohl naakumulovat celý objem měsíčních srážek, který se pak postupně vsakuje do zeminy. Minimální průměr vsakovací šachty je DN 1000 mm (Valášek 2006).

2.4.2.6 Vsakovací studna

Vsakovací studna využívá skladby podloží v daném místě, bývají spouštěné a dosahují až do propustné vrstvy. Z důvodu zamezení rychlého zanesení studny splaveninami, je vhodné na dno šachty vložit pískovou filtrační vrstvu (Valášek 2006).

2.5 AKUMULACE DEŠŤOVÝCH VOD

Akumulace neboli retence srážkových vod zajišťuje zachycení srážkových vod tak, že je zajištění zadržení srážkové vody v takovém objemu, který vyhovuje místním podmínkám pro regulaci případného odtoku srážkové vody nebo jejímu využití při provozu v rodinném bydlení.

Akumulační nádrž musí být snadno čistitelná a otevřená akumulační nádrž musí umožnit snadný únik splavených živočichů zpět do okolního terénu. Nádrž musí být navržena tak, aby se omezily pohyby dna a stěn nádrže během plnění a vyprazdňování nádrže. Skupina nádrží musí být propojena tak, aby umožnila dilatace propojovacího potrubí. Materiál propojovacího potrubí musí dilataci umožnit (Žabička et Vrána 2011).

Materiálové provedení akumulčních nádrží se odvíjí od její velikosti a způsobu jejího umístění. Akumulační nádrže mohou být plastové, betonové, sklolaminátové nebo ocelové. Z hlediska umístění rozdělujeme akumulční nádrže na povrchové, podzemní, nadzemní a nádrže uvnitř budov (Bose 1999).

2.5.1 Povrchové akumulční nádrže.

Povrchové retenční nádrže se navrhují v lokalitách, kde je k dispozici dostatečná volná plocha pro manipulaci se srážkovou vodou. Povrchové nádrže mohou být v provedení se zatravněným povrchem stěn i dna nádrže, nebo ze stavebních konstrukcí se šikmými nebo svislými stěnami; v případě vodotěsných konstrukcí musí být bezpečné proti vztlaku vody při prázdné nádrži.

Nádrže podle hloubky vody musí být zajištěny proti nechtěnému přístupu osob (např. zábradlí, oplocení apod.).

2.5.2 Podzemní akumulční nádrže.

Pokud se předpokládá vstup, musí být podzemní retenční nádrže podle velikosti vybaveny patřičným počtem vstupních poklopů a žebříky. Do retenčního objemu 40 m³ jedním vstupním poklopem, u větších objemů min. dvěma vstupními poklopy a jedním pevně osazeným žebříkem. Doporučuje se umístit do dna nádrže čerpací jímku pro snadné vyčerpání vody při čištění nádrže nebo gravitační vypouštění vody (Žabička et Vrána 2011).

Umístění akumulční nádrže srážkové vody pod zem je považováno za nejvýhodnější dispoziční řešení z důvodu zamezení přístupu slunečního světla, které je nutné pro tvorbu mikrobiologických procesů. Tyto procesy mají negativní vliv na sensorické vlastnosti vody. Mezi velké výhody nádrží umístěných pod zem patří udržení stále teploty vody, jejího chladu a možnost volby objemu akumulční nádrže. Umístěním akumulčních nádrží pod zem se ve velké míře zabraňuje přístupu zvířat a hmyzu do nádrže. Současně odpadají prostorové nároky na alternativní umístění nádrže v budovách s vyloučením možnosti zaplavení těchto budov.

2.5.3 Nadzemní akumulční nádrže.

Nadzemní akumulční nádrže se umísťují většinou v těsné blízkosti budov z důvodu jejího zásobování. Výhodou tohoto umístění je lehká obsluha, dostupnost

pro kontrolu a případná údržba pro daný typ nádrže. Nevýhodou takto umístěných nádrží jsou prostorové nároky dané především požadovanou velikostí resp. objemem nádrže. U nadzemních nádrží je také možný přístup zvířat a hmyzu. V neposlední řadě bývají nadzemní nádrže vystavené vlivu slunečního záření a působení teploty venkovního prostředí.

2.5.4 Akumulační nádrže uvnitř budov.

Akumulační nádrže uvnitř budov musí splňovat podmínky stanovené pro podzemní akumulaci nádrže. Vnější stěny nádrže musí být chráněny před kondenzací vody na vnějším povrchu nádrže. Nádrže uvnitř budovy musí být opatřeny víkem, aby se zabránilo zvyšování vlhkosti v prostoru kolem nádrží. Nádrže musí být opatřeny bezpečnostním přepadem. Dimenze bezpečnostního přepadu nebo přelivu musí odpovídat maximálnímu možnému přítoku vody při havarijním stavu (při intenzitě deště $0,03 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$). Nádrže mají být opatřeny vypouštěním (Profesis, ČKAIT 2013).

2.5.5 Kombinovaná zařízení

Kombinovaná vsakovací zařízení spojují několik účelů při hospodaření s dešťovou vodou. Jednou z možností je kombinace akumulace srážkové vody se vsakováním a využitím jako estetické nebo užité funkce. Konkrétní způsob řešení musí být vybrán v souladu s místními podmínkami a záměrem investora o způsobu využití nemovitosti. Takovým zařízením je například vsakovací jezírko (Profesis, ČKAIT 2013).

Jezírka se upravují tak, že hladina vody se udržuje asi 1 m nade dnem jezírka. Do této úrovně jsou provedeny břehy a dna vodotěsně (jílem nebo nepropustnou fólií). Nad trvalou hladinou vody je vytvořen akumulaci prostor, který zachycuje přívalové deště. Břehy nad úrovní trvalé hladiny jsou provedeny z propustných hornin a zadržaná voda je postupně vsakována do okolní zeminy. Břehy musí být řešeny tak, aby v zimním období nedošlo k jejich poškození mrazem a ledem. Součástí jezírka musí být návrh systému cirkulace vody. Čím menší je objem vody v jezírku a čím menší je hloubka vody, tím je technické řešení pro udržení přijatelné kvality vody v jezírku náročnější. Limitující podmínkou pro řešení s využitím jezírka je minimální hloubka stálé hladiny vody kolem 1 m. Jezírko by mělo mít takový objem vody, aby voda v zimě nepromrzla a mohly v něm celoročně žít ryby. Jezírka využívaná jako větší okrasný prvek v zahradě musí mít navržen způsob doplňování

čerstvé vody v suchém období. V suchém letním období je odpar vody větší než nepravidelný přítok srážkové vody, proto se musí zajistit její doplňování z jiného zdroje (Žabička et Vrána 2011).

Vsakovací jezírka je možno využít u rodinných domů jako koupací jezírka s břehovým vsakováním. Při návrhu koupacího jezírka je nutné zajistit dostatečnou ochranu před nechtěným utonutím dětí.

2.6 AKUMALACE A VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD

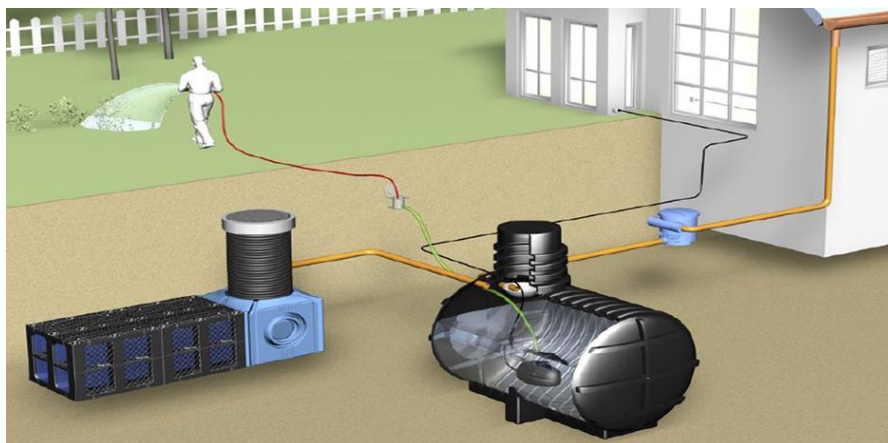
Akumulovanou dešťovou vodu lze využít při provozu rodinného domu a snížit tak spotřebu kvalitní pitné vody. Využití dešťové vody lze rozdělit na sezónní a celoroční.

2.6.1 Sezónní využití dešťové vody

Pro zavlažování zahrady je využití srážkové vody velmi výhodné. Nejjednodušší systém využití srážkové vody pro závlivku je přímý odběr k ručnímu zalévání, které je investičně nejlevnější. Voda se nemusí vůbec upravovat, případné nečistoty se odstraní během činnosti (Profesis, ČKAIT 2013).

Vhodnost dešťové vody k zavlažování zahrady je dána tím, že dešťová voda neobsahuje chlor a je chudá na soli. Při jejím použití nedochází k zasolování půdy. V místech s nedostatkem vody se s výhodou používá takzvaná kapková metoda závlivky. Voda se dopravuje tenkými trubkami a vytéká po kapkách přímo k jednotlivým rostlinám. Systém je ale náročný na délku potrubí. Tento způsob přívodu vody ke kořenům rostlin se používá také v husté výsadbě vyšších rostlin, u kterých by voda rozstříkovaná vzduchem byla zachycena rostlinami rostoucími v cestě paprsku vody a rozmočila by půdu kolem nich. Za rostlinami by vznikl dešťový stín (Žabička et Vrána 2011).

Automatický systém kropení vyžaduje kromě zvýšení tlaku vody čerpadlem, nebo čerpací stanicí úpravu vody (podle velikosti otvorů v tryskách). Akumulační nádrž slouží k zachycení dešťové vody a v období sucha se doplňuje ze zdroje pitné vody. Způsob hospodaření s vodou musí vycházet z vydatnosti zdroje, nebo povoleného množství a časového intervalu odběru vody z veřejného vodovodu (Profesis, ČKAIT 2013).



Obr. 4 Příklad uložení akumulční nádrže a využití dešťové vody s přepadem do vsakovacího objektu (www.tzb-inbo.cz)

2.6.2 Celoroční využití dešťové vody

Při provozu v rodinném domě lze dešťovou vodu celoročně využít jako vodu nepitnou na splachování WC, praní prádla, mytí podlah a vozidel a pro dopouštění vody do systému vytápění. Využitím dešťové vody při těchto činnostech lze dosáhnout snížení spotřeby pitné vody až o 50%.

2.6.2.1 Splachování WC

Na největší spotřebě vody v domácnostech se podílí splachování toalet společně se spotřebou na osobní hygienu. Jelikož splachování toalet nevyžaduje vodu vysoké kvality, je vhodnější používat vodu dešťovou. Použitím dešťové vody, která je měkká, nedochází k usazování vodního kamene.

2.6.2.2 Praní prádla

Využitím dešťové vody při praní prádla je kromě úspory pitné vody vhodné v oblastech, kde pitná voda je příliš tvrdá nebo obsahuje větší podíl manganu, železa apod. Vzhledem k měkkosti dešťové vody se lépe rozpouští prací prostředky, nemusí se používat změkčovadla a dešťová voda nemá sklony k usazování a vytváření vodního kamene.

Způsob využití srážkové (nepitné) vody	Potřeba srážkové vody	
	Úsporná zařízení	Neúsporná zařízení
Záchody v domácnosti	24 l/osoba.den	45 l/osoba.den
Záchody v administrativní budově	12 l/osoba.den	22 l/osoba.den
Záchody ve škole	6 l/osoba.den	12 l/osoba.den
Pračka v domácnosti	12 l/osoba.den	20 l/osoba.den
Zalévání zahrady	cca 1,0 l/m ² (na plochu celé zahrady, i když se zalévá jen její část) 60 l/m ² .rok (zalévá se od dubna do září)	
Kropení hřišť	1,2 l/m ² na jedno kropení 200 l/m ² .rok (kropí se od dubna do září)	
Kropení zeleně	cca 1,0 l/m ² na jedno kropení 80 až 200 l/m ² .rok (kropí se od dubna do září)	
Úklid - jen studená provozní voda	0,1 l/m ² (na plochu podlahy, u které se předpokládá mokrý úklid (pro úklid se zároveň používá také teplá voda)	
Úklid - studená provozní voda	0,3 l/m ² (na plochu podlahy, u které se předpokládá mokrý úklid (bez teplé pitné vody)	

Tab.č.2 Potřeba srážkové (nepitné) vody pro různá využití v budově
(Žabička et Vrána 2011)

2.6.2.3 Úklidové práce

Dešťovou vodu můžeme v rodinném domě dále využít při úklidu a údržbě objektu, mytí aut a doplňování vody do systému vytápění.

2.7 ZAŘÍZENÍ NA ÚPRAVU DEŠŤOVÝCH VOD

Technická zařízení nutná pro využívání dešťové vody obsahují filtraci, zásobní akumulační nádrže, čerpadla, zařízení na případné doplňování nádrže pitnou vodou, bezpečnostní a kontrolní přístroje a případné akumulační provozní nádrže.

Pro využití srážkové vody v budově je podmínkou použití filtrace. Filtrační zařízení by mělo zachytit částice větší než 50 µm (Profesis, ČKAIT 2013).

Mezi filtrační zařízení používané u svodného potrubí patří filtrační podokapový hrnec, okapový filtr, košíčkový filtr a dále samočisticí filtrační jednotky. Samočisticí filtrační jednotky jsou v provedení interním, kdy je filtr uložen v nádrži a v provedení šachtové. Šachtový filtr je umístěn mimo akumulační nádrž.

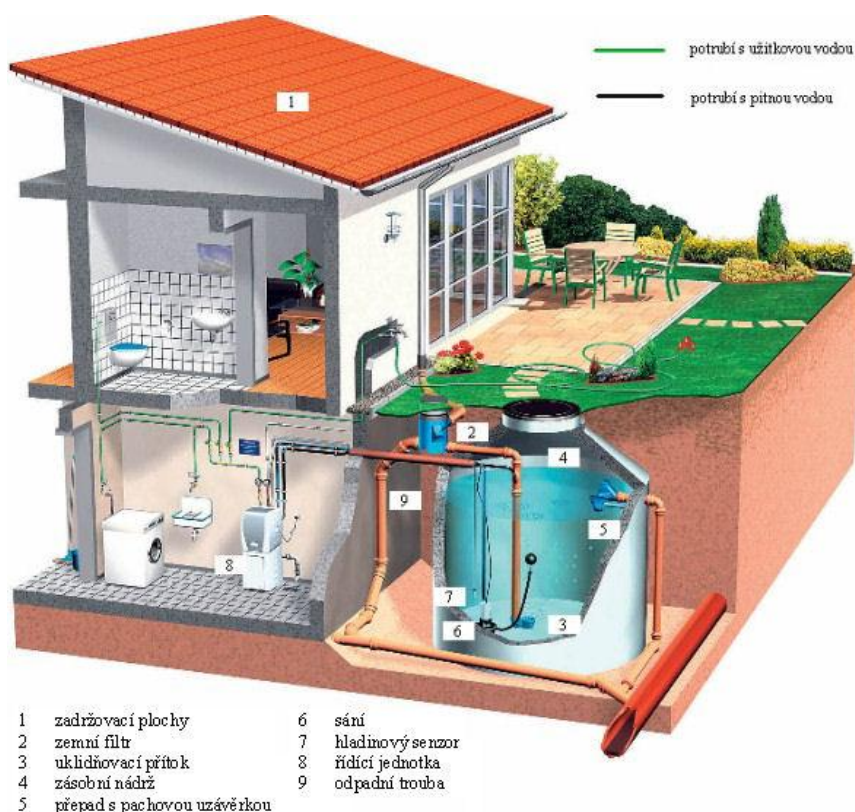
Dešťová voda se zachytí v hlavní akumulační nádrži. Z hlavní akumulační nádrže se voda rovnoměrně čerpá přes filtrační zařízení do provozní akumulační nádrže. Hladina vody je v provozní akumulační nádrži udržována hladinovými spínači.

V případě, že v hlavní akumulční nádrži není žádná srážková voda, doplňuje se do provozní akumulční nádrže voda pitná. Vnitřní vodovod provozní vody se zásobuje z provozní akumulční nádrže pomocí automatické čerpací stanice. Dávkování dezinfekčního činidla se zajišťuje na základě průtoku vody filtrem, objem protékající vody se většinou měří pulzním vodoměrem (Žabička et Vrána 2011).

V oblastech, kde srážková voda vykazuje velmi nízké hodnoty pH, se doporučuje vložit do akumulční nádrže vápencovou drť. Pro veřejné budovy je nezbytné zajistit i dezinfekci vody (Profesis, ČKAIT 2013).

Technická zařízení pro využití dešťové vody se podle způsobu doplňování pitnou vodou dělí na:

- zařízení pro využití dešťové vody s doplňováním pitné vody do sacího potrubí
- zařízení pro využití dešťové vody s doplňováním pitné vody přímo do nádrže na dešťovou vodu
- zařízení pro využití dešťové vody s pomocnou nádrží ⁽⁷⁾



Obr. 4 Příklad technického zařízení pro užívání dešťové vody (www.tzb-inbo.cz)

3. ŠEDÉ VODY

3.1 VZNIK ŠEDÉ VODY

Šedá voda dostala svoje pojmenování podle nezaměnitelného zbarvení.⁽¹⁸⁾ Vodou šedou nazýváme podle ČSN EN 12056-1 a podle DIN 4045 splaškové odpadní vody neobsahující fekálie a moč. Evropská norma definuje šedé vody, jako mírně znečištěnou odpadní vodu, získanou ze sprchovacího koutu, vany, umyvadla, pračky a kuchyňského dřezu (Raček 2012).

Pro šedé vody je specifické zejména kolísání hodnot spojené s rozličným životním stylem. Nejméně zatížené jsou vody ze sprch a mytí, oproti tomu šedé vody z kuchyní jsou díky vyšším obsahům organických zbytků a nerozpuštěných látek hodně zatížené. Z těchto poznatků se dá vycházet a šedou vodu dělit na vhodnou a podmíněně použitelnou pro recyklaci. Použitelná je tedy voda z oblastí umyvadel, van a sprch. Podmíněně použitelná je voda z kuchyně a z myček na nádobí (Palmquist et Honaeus 2005).

V České republice není dosud využívání upravené šedé odpadní vody rozšířené. Většinou se používá v místech, kde osoby nebo organizace mají velmi dobrý vztah k životnímu prostředí. Využívání vyčištěné šedé odpadní vody v České republice neomezuje žádný zákon, vyhláška, ani předpis. Opětovné používání šedých odpadních vod je v různých oblastech světa zavedenou a běžnou skutečností. Jedná se především o země, kde je vysoká cena vody, nebo kde jsou omezené zdroje vody. Šedé odpadní vody se využívají v Izraeli, Jordánsku, Jižní Koreji, Kanadě, USA, Austrálii, ale také v Německu nebo Velké Británii. V Japonsku je například pro splachování WC zpětné využívání šedých vod povinné (Raclavský et al. 2012).

Podle toho, kde šedé vody vznikly nebo na co byly po úpravě použity, je možno šedé vody dělit. Podle vzniku šedé vody můžeme rozdělit na čtyři skupiny :

- neseparované šedé vody
- šedé vody z kuchyní a myček
- šedé vody z praček
- šedé vody z umyvadel, sprch a van (Víra 2012).

Přibližně 70% z celkové produkce odpadních vod v domácnostech odtéká ze sprch, umyvadel, kuchyňských dřezů, van a myček na nádobí. Jenom z koupelen (z umyvadel, sprch a van) odeče přibližně 33-42% z celkové produkce odpadních vod. (Víra 2012).

Produkce šedé vody v domácnostech činí až 55% z celkové produkce odpadních vod. V komerčních budovách je produkce šedých vod cca 27% (Wise et Swaffield).

Přitom z celkové potřeby vody je na splachování toalet a zálivku potřeba přibližně 30% vody a na praní v domácnosti je potřeba přibližně 12% vody. Tuto vodu lze nahradit recyklovanými šedými odpadními vodami z domácností. Z těchto dat je patrné, že produkce šedých vod v domácnostech je mírně vyšší než potřeba vody na splachování toalet nebo zálivku. Velkým plusem je skutečnost, že produkce šedých odpadních vod je v průběhu roku přibližně stejná. Využívání upravených šedých vod nezávisí na dešťových srážkách, což znamená, že úspor lze dosáhnout i v době sucha (Víra 2012), (Wise et Swaffield).

3.2 KVALITA A SLOŽENÍ ŠEDÝCH VOD

Jelikož u nás neexistuje žádná norma, která by se zabývala kvalitou šedých vod, je potřeba podívat se na situaci v této oblasti do zahraničí. Ve Velké Británii byla v roce 2010 vydána norma zabývající se systémy šedých vod, která obsahuje doporučení týkající se kvality šedých vod a jejího monitorování (Biela 2011).

Podle této normy je nezbytné, aby systémy šedých vod byly navrženy tak, že bude zajištěna vhodná výroba vody pro daný účel a nevznikne žádné riziko na zdraví lidí. Není nutné časté testování vzorků, nicméně sledování kvality vody by mělo být prováděno během údržby, aby byl ověřen výkon systému šedých vod (Biela 2011).

3.2.1 Teplota odpadních vod, pH

Teplota šedých vod z praček kolísá mezi 28 až 32° C, voda z van, sprch a umyvadel má teplotu mezi 18 až 38°C, neboť pro hygienické účely je používána teplá voda. Následkem vyšší teploty však dochází k rozvoji mikroorganismů (Raček 2012).

Výsledná kvalita odpadních vod je závislá především na zdroji užití. Šedé vody z koupelen a kuchyní bývají mírně kyselé nebo mírně zásadité s hodnotou pH 5-8,6. U komunálních vod se pH pohybuje v rozmezí 7-8, šedé vody z praní jsou zásadité a jejich pH má hodnoty 9,3-10 (Víra 2012).

3.2.2 Zákaly, plovoucí látky

Pokud se zaměříme na barvu a zákaly šedých vod, jsou tyto hodnoty o něco vyšší u vod z koupelen než u vod z praček. Naopak šedé vody z praček vykazují vyšší množství plovoucích látek, než vody z van, sprch a umyvadel. Největší množství plovoucích látek lze zaznamenat u šedých vod z kuchyní a myček na nádobí. Je to tím, že se zde vyskytují zbytky jídla. Koloidy a plovoucí látky pak mohou být příčinou problémů při úpravě šedých vod (Raček 2012).

3.2.3 Chemická a biochemická spotřeba kyslíku

Chemická a biologická spotřeba kyslíku (CHSK a BSK) šedých odpadních vod se přibližně pohybuje v poměru 4:1. U vod ze sprch, van a umyvadel je hodnota CHSK v rozmezí 64-800 mg/l a hodnota BSK₅ v rozmezí mezi 19-200 mg/l. S ohledem na to, že šedé vody z kuchyní jsou zatíženy obsahem zbytků jídel, jsou tyto vody pouze podmíněčně vhodné na recyklaci, na rozdíl od vod z koupelen. U odpadních vod z kuchyní CHSK činí 26-1600 mg/l a hodnota BSK₅ činí 669-756 mg/l (Víra 2012).

Úpravou šedých vod vhodných k recyklaci lze získat kvalitní hygienicky nezávadnou užitkovou vodu s kvalitou blízko pitné vodě. Takováto voda je pak nazývána bílou vodou a nachází uplatnění při splachování toalet, zalévání či praní (Raček 2012).

Zdroj šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky	Neseparovaná šedá voda
BSK ⁵ (mg/l)	48-682	19-200	669-756	41-194
CHSK ₅ (mg/l)	375	64-8000	26-1600	495-623
Plovoucí látky (mg/l)	79-280	7-120	134-1300	

Tab.č.3 Biochemická a chemická spotřeba kyslíku, množství plovoucích látek v šedých vodách (Plotěný 2011)

3.3 TECHNOLOGIE ÚPRAV ŠEDÝCH VOD

S úpravami a následným využíváním šedých vod bylo započato již v roce 1970, kdy byly v NASA byly vyvíjeny první systémy. K čištění odpadních vod byla použita rozsivková zemina s aktivní uhlíkovou absorpcí (Víra 2012).

Zařízení pro úpravu šedé odpadní vody musí být navrženo s ohledem na biologickou charakteristiku odpadní vody, na její množství i na způsob využití upravené vody (Víra 2012).

Na čištění šedé odpadní vody se používají různé technické postupy. Technologie se velmi liší ve své složitosti, velikosti, výkonu a kvalitě zpracování. Mezi technologické části patří zádržné systémy, fyzikální systémy, chemické systémy, biologické a bio-mechanické systémy (British Standard 2010).

3.3.1 Systémy s fyzikální úpravou

Systémy s fyzikální úpravou lze rozdělit do dvou kategorií:

- pískové filtry
- membránová filtrace.

Použití pískových filtrů se aplikuje buď samostatně nebo v kombinaci s dezinfekcí, případně v kombinaci s aktivním uhlím a s dezinfekcí. Touto úpravou se dosahuje pouze hrubého vyčištění vody.

Výkonnějšími filtracemi oproti pískovým jsou membránové filtrace. Membránové filtrace odstraňují kromě zákalu rozpuštěné a nerozpuštěné látky. Současně eliminují znečištění organickými látkami. V případě použití membránové filtrace předřazuje pískový filtr, z důvodu odstranění hrubší části z šedých odpadních vod.

Tyto systémy využívají filtraci pro odstranění nečistot ze zadržených šedých vod ještě před akumulací, zatímco chemické dezinfekční přípravky (např. chlor nebo brom) jsou obvykle používány k zastavení růstu bakterií během akumulace (British Standard 2010).

3.3.2 Systémy s chemickou úpravou

Systémy s chemickou úpravou využívají tři alternativy:

- princip koagulace s přidavkem hlinitých solí, může být v kombinaci s pískovým filtrem nebo granulovaným aktivním uhlím

- elektrokoagulace v kombinaci s dezinfekcí, která se používá u málo znečištěných vod
- fotokatalytická oxidace oxidem titaničitým v kombinaci s UV zářením (Víra 2012).

3.3.3 Biologické systémy

U biologických systémů se využívá schopnosti aerobních a anaerobních bakterií rozkládat obsažené látky v šedých odpadních vodách. Biologické úpravy vykazují výborné výsledky při odstraňování organických i pevných látek. Za biologickou úpravnou se umísťuje dezinfekce, která je tvořena například UV lampou. V systémech, kde je použit membránový bioreaktor se dosahuje taková úroveň odstranění mikroorganismů, že není potřeba systém doplňovat o dezinfekci (Víra 2012).

3.4 AKUMULACE ŠEDÝCH VOD

Šedá odpadní voda se přivádí sběrným potrubím do úpravny vod. Na čisticí jednotku přitéká šedá voda po mechanickém předčištění. Po čisticím procesu se upravené (provozní) šedé vody shromažďují v nádržích nebo jímkách.

Předčištěnou vodu akumulovanou v zásobníku je nutné uchovávat tak, aby bylo zabráněno růstu mikroorganismů. Akumulační nádrže musí být provedeny z pevného, odolného a vodotěsného materiálu nepodléhajícímu korozi. Umístění je vhodné na místě se stálou nízkou teplotou a bez přístupu světla. Nejvhodnější variantou se z těchto požadavků jeví umístění akumulačních nádrží v zemi.

Nádrže na šedou vodu musí být opatřeny obtokem, pro možnost odstávky, který umožní odtok šedé vody přímo do kanalizace. Nezbytné je rovněž opatření nádrží symbolem „Nepitná voda“ podle ČSN EN 806-2. Symbol může být doplněn textem s uvedením, o jakou vodu se jedná, např. „Provozní voda“.

3.4.1 Venkovní umístění akumulačních nádrží

Venkovní instalace akumulačních nádrží je vhodná pro všechny velikosti systému. Celý systém je tvořen dvěma až třemi polyethylenovými nádržemi, jejichž montáž je prováděna přímo na místě. Řídicí systém se instaluje v suterénu objektu případně v samostatné části technologie. Celý systém je monitorován a umožňuje

upravovat řízení celého procesu. Mezi hlavní výhody venkovní instalace patří úspora místa, neboť nádrže jsou umístovány mimo objekty. Umístění mimo objekty umožňuje budovat velké systémy pro více objektů a jejich umístění v zemi eliminuje tepelné ztráty.

3.4.2 Vnitřní umístění akumulčních nádrží

Při vnitřní instalaci systému se nádrže umisťují obvykle do suterénu domu, garáží nebo do technických místností. Při instalacích uvnitř objektů jsou převážně dodávané polyetylenové kontejnery dodávány připravené s veškerým vybavením. Akumulace je složena v závislosti na vypočteném výkonu dvou až tří nádrží. Předpokládaná obvyklá zpracovací kapacita je až na 1000 litrů za den. K výhodám vnitřní instalace patří umístění veškerých technologií na jednom místě. Vzhledem k použití systému pro jeden objekt se jedná o malé rozměry celého systému, které umožňují snadnou instalaci a současně následnou údržbu.



Obr. 5 Příklad umístění technického zařízení na čištění šedých odpadních vod Aqualoop (www.asio.cz)

3.5 VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD PRO PROVOZ BUDOVY

Vyčištěnou šedou vodu (bílou vodu) můžeme využít k účelům, kde nepotřebujeme pitnou vodu. Využití je možné například u splachování toalet, praní prádla, zvlažování zahrady, mytí automobilů, kropení chodníků, čištění podlah. Vzhledem k rostoucím cenám pitné vody se využití šedých vod stává ekonomicky odůvodnitelné a výhodné.

Zadržetí vyčištěných šedých vod je doporučeno minimalizovat na potřebnou dobu, než budou následně využity. Za dostatečné zdržení je považováno zdržení

rovnající se spotřebě za jeden den. V praxi to znamená, že vypočtená produkce šedé vody by se měla rovnat spotřebě šedé vody za jeden den.

Pokud produkce šedé vody v budovách je nedostatečná, lze systém doplňovat vodou dešťovou. I přesto že kvalita dešťové vody bývá ovlivněna znečištěním vzduchu a druhem povrchu, po kterém odtéká, je vizuálně čistější než voda šedá. Šedá voda spolu s vodou dešťovou však nedosahují kvality pitné vody a to ani po úpravě. Z tohoto důvodu musí být veškerá potrubí s šedou či dešťovou vodou označena tak, aby bylo zřejmé, že se nejedná o vodu pitnou.

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

4. POUŽITÉ METODY

4.1 SPOTŘEBA VODY V RODINNÉM DOMĚ

Potřeba pitné vody na jednoho obyvatele vychází z dosud používané směrnice č.9 MLVH ČR z roku 1973 a metodických pokynů ke splnění specifických potřebám vody zjištěných jednotlivými provozovateli veřejných vodovodů. Nové hodnoty udává zákon č. 274/2001 Sb., O vodovodech a kanalizacích a dále vyhláška č. 428/2001 Sb.

Směrnice č. 9 MLVH ČR dává potřebu vody pro jednoho obyvatele v bytě připojeného na vodovod, včetně bytů se sprchovým koutem 150 l na osobu a den. V příloze č. 12 k vyhlášce č. 428/2001 Sb., je uvedena potřeba na jednoho obyvatele bytu s tekoucí teplou vodou za rok 35 m³. Na jednoho na jednoho obyvatele bytu v rodinném domě s (max. 3 byty – 3 rodiny) se připočítává 1 m³ na spotřebu spojenou s očištěním okolí rodinného domu i s očištěním osob při aktivitách v zahradě apod. Kropení zahrady a provoz bazénů je samostatnou položkou a nespadá pod bytový fond. Přepočtem potřeby podle přílohy č. 12 k vyhlášce č. 428/2001 Sb., dostaneme potřebu na jednoho obyvatele v rodinném domě 98,63 l/den.

4.2 NÁVRH RODINNÉHO DOMU PRO VÝPOČTOVOU ČÁST

Výpočtová část stanovuje množství zachycených srážkových vod stavbou rodinného domu. Na základě výsledků je proveden návrh objemu zásobníku srážkové vody. Zařízení pro využití šedých odpadních vod je stanoveno na základě jejich předpokládané produkce. Ekonomické posouzení využití dešťových a šedých je provedeno na základě navrženého rodinného domu.

Nadmořská výška (m n. m.)	100	200	300	400	500	1000	1500
Průměrný roční úhrn srážek (mm)	600	660	710	760	820	1120	1420

Tab.č.4 Průměrné roční úhrny srážek v ČR v závislosti na nadmořské výšce daného místa (Herle 1983)

Pro výpočtovou část byly navrženy tyto parametry rodinného domu včetně obyvatel:

- plocha rodinného domu - 200,00 m²
- plocha pozemku u domu - 300,00 m²
- počet obyvatel 4 osoby (dva muži a dvě ženy)
- rodinný dům je umístěn v Ústeckém kraji (okres Most [230 m.n.m.], Litvínov [338 m.n.m.]

Územní srážky v Ústeckém kraji													
rok	měsíc												celkem
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2013	59	53	31	27	121	141	36	95	62	64	39	21	749
2012	85	33	18	37	42	70	128	59	40	39	64	63	678
2011	45	11	27	28	64	70	141	78	47	32	1	74	618
2010	46	20	39	27	93	49	128	188	105	12	83	92	879
2009	21	50	62	21	100	77	95	61	23	68	45	58	681
2008	48	27	47	68	36	61	71	70	39	69	35	46	616
2007	67	52	34	2	96	69	86	102	89	26	84	25	732
2006	20	41	54	54	62	54	34	95	23	59	43	30	571
2005	74	54	27	22	81	53	122	77	52	18	28	69	677
2004	79	38	26	17	87	64	82	54	43	37	95	33	657
průměr	54,4	37,9	36,5	30,3	78,2	70,8	92,3	87,9	52,3	42,4	51,7	51,1	685,8

Tab.č.5 Průměrné roční úhrny srážek v ČR v závislosti na nadmořské výšce daného místa (ČHMÚ 2014)

4.3 POSTUP VÝPOČTU ÚSPOR PITNÉ VODY S VYUŽITÍM DEŠŤOVÉ VODY

Pro stanovení objemu zásobníku srážkové vody je nutné znát potřeby pitné vody, kterou lze nahradit vodou srážkovou. Dále je nutné znát roční a měsíční úhrn srážek.

Srážkovou vodu lze při provozu rodinného domu využít jako vodu nepitnou pro zalévání, splachování záchodů a pro praní. Při posouzení využití srážkové vody se ověřuje, zda srážková voda pokryje potřebu nepitné vody. Ve většině případů bude nutné částečné krytí potřeby nepitné vody vodou z vlastního zdroje, nebo pitnou vodou z vodovodu pro veřejnou potřebu.

Roční zisk srážkové vody V_d [l/rok] se stanoví podle vztahu:

$$V_d = A \cdot \psi_d \cdot h_r \cdot \eta \quad (\text{ČKAIT 2013})$$

kde je:

A půdorysný průmět plochy střechy v m^2

ψ_d součinitel využití srážkové vody (podle tab. 6)

h_r průměrný roční úhrn srážek v mm (podle tab. 4,5)

η hydraulická účinnost filtru (podle údajů výrobce, přibližně $\eta = 0,9$ až $0,95$).

Roční potřeba srážkové vody Q_r [l/rok] se stanoví podle vztahu:

$$Q_r = Q_d \cdot d + Q_{zr} \cdot A_z \quad (\text{TNV 75 9011})$$

kde je:

Q_d denní potřeba srážkové vody pro využití v budově [l/den]

d počet dnů v roce, kdy se srážková voda využívá (v bytech 365 dnů)

Q_{zr} roční potřeba vody pro zalévání nebo kropení (podle tab. 2) [l/(m^2 ·rok)]

A_z plocha zahrady, hřiště nebo zeleně [m^2].

Denní potřeba srážkové vody pro využití v budově Q_d [l/den] (bez potřeby vody pro zalévání nebo kropení) se stanoví ze vztahu:

$$Q_d = n \cdot (q_{WC} + q_{pr}) \quad (\text{Žabička et Vrána 2011})$$

kde je:

n počet osob

q_{WC} potřeba vody pro záchody (splachování) (podle tab. 7) [l/(osoba.den)]

q_{pr} potřeba vody pro pračku v domácnosti (podle tab. 2,11) [l/(osoba.den)].

Druh střechy	Součinitel využití srážkové vody ψ_d
Šikmá střecha s propustnou horní vrstvou (vegetační střecha)	0,25
Šikmá střecha s nepropustnou horní vrstvou	0,8
Plochá střecha s propustnou horní vrstvou (vegetační střecha)	0,3
Plochá střecha s kačírkiem	0,6
Plochá střecha s nepropustnou horní vrstvou	0,8

Tab.č.6 Součinitele využití srážkové vody ψ_d (Žabička et Vrána 2011)

Objem nádrže pro srážkovou vodu se stanovuje na 2 až 3 týdny suchého počasí (14 až 21 dní). Pro stanovení objemu nádrže pro srážkovou vodu V_a [l] je možné použít vztah:

$$V_a = Q_d \cdot d_1 + q_z \cdot A_z \cdot d_2 \quad (\text{Herle 1990})$$

kde je

Q_d denní potřeba srážkové vody pro využití v budově [l/den]

d_1 počet dnů v průběhu 14 až 21 dnů se suchým počasím, kdy se voda používá v budově

q_z potřeba vody pro zalévání nebo kropení (podle tab. 2) [l/m²]

A_z plocha zahrady, hřiště nebo zeleně [m²]

d_2 počet dnů v průběhu 14 až 21 dnů se suchým počasím, kdy se zalévá nebo kropí.

Druhy mís a pohlaví uživatelů	Počet použití jednou osobou během dne podle druhu budovy					
	Bytové nebo rodinné domy	Studentské koleje	Školy	Administrativní budovy	Maloobchod. prodejny zaměstnanci	Maloobchod. prodejny 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.7 Počty použití záchodových a pisoárových mís jednou osobou během dne (Raclavský et al. 2012)

4.4 POSTUP VÝPOČTU ÚSPOR PITNÉ VODY S VYUŽITÍM ŠEDÝCH VOD

Před návrhem zařízení pro využití šedých odpadních vod se musí stanovit předpokládané množství vyprodukovaných šedých vod. Pokud není objem vyprodukované šedé vody stanoven měřením, může se stanovit jednou ze dvou výpočtových metod. Způsob stanovení objemu vyprodukované šedé vody se zvolí podle toho, jaké údaje o produkci šedé vody v daném objektu jsou známy.

Součtová metoda produkce šedých vod:

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

kde je:

q_{pro} produkce šedé vody na měrnou jednotku a den [l/den]

n_{mj} počet měrných jednotek stejného druhu

m počet druhů měrných jednotek

Pokud není produkce šedé vody na měrnou jednotku a den (q_{prod}) známa, může se produkce stanovit podle vztahu:

$$Q_{prod} = \sum_{i=1}^j q_{\check{c},i} \cdot n_{\check{c},i}$$

kde je:

$q_{\check{c}}$ produkce šedé vody pro příslušnou činnost [l]

$n_{\check{c}}$ počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne

j počet druhů činností prováděných během dne

Druh činnosti	Produkce šedé vody pro příslušnou činnost
Mytí rukou	3 ¹⁾
Mytí těla v umyvadle	15
Sprchování (běžná sprcha)	40 až 50 ¹⁾
Koupel ve vaně	120

¹⁾ Platí pro běžné výtokové armatury. U výtokových armatur se samočinným uzavíráním se produkce šedé vody může stanovit podle počtu otevření při jedné činnosti, průtoku výtokovou armaturou (uvádí výrobce) a doby výtoku po jednom otevření.

Tab.č.8 Produkce šedé vody podle činnosti (Raclavský et al. 2012)

Denní potřeba provozní vody Q_{24} [l/den] se stanoví ze vztahu:

$$Q_{24} = Q_{wc} \cdot n + q_{pr} \cdot n + q_{ukl} \cdot n + Q_{zal} \quad (\text{Žabička et Vrána 2011})$$

kde je:

Q_{wc} specifická potřeba vody pro splachování záchodových mís (podle tab. 2) [l/(osoba.den)]

q_{pr} potřeba vody pro praní (podle tab. 2,11) [l/den]

q_{ukl} potřeba vody pro úklid (podle tab. 2) [l/den]

Q_{zal} potřeba vody pro zalévání nebo kropení (podle tab. 2) [l/(m².den)]

n počet měrných jednotek (počet osob, obyvatel, lůžek, m²)

Specifická potřeba pro splachování záchodových mís se stanoví podle vztahu:

$$Q_{wc} = q_o \cdot p \cdot n + q_{pis} \cdot n \quad (\text{Herle 1990})$$

kde je

q_o splachovací objem podle navržených splachovačů nebo orientačně podle tabulky (podle tab. 10) [l/den]

p počet použití jednou osobou během dne (podle tab. 7) [osoba.den]

n počet měrných jednotek (počet osob, obyvatel, lůžek)

q_{pis} splachovací objem podle navržených splachovačů nebo orientačně (podle tab. 10) [l/den]

Druh budovy	Vybavení	Měrná jednotka	Produkce šedé vody na měrnou jednotku a den
Bytový dům, rodinný dům	Koupelny	obyvatel	31
	Kuchyně	obyvatel	11
	Praní	obyvatel	15
Internát	Sprchy, koupelny	lůžko	90
	Koupelny se sprchou	lůžko	90
Hotel	Koupelny s vanou	lůžko	150 ¹⁾
	Prádelna	lůžko	14
Administrativní budovy	Umyvadla	osoba	12
	Čajové kuchyňky	osoba	5
	Sprchy	osoba	2 ²⁾
	Umyvadla	osoba	12
¹⁾ Nutno zvážit, zda nebudou vany používány jako sprchy.			
²⁾ Příležitostné sprchy.			

Tab.č.9 Produkce šedé vody v různých budovách (Biela 2011)

Denní potřeba vody pro zalévání nebo kropení se stanoví podle vztahu:

$$Q_{zal} = q_{zal} \cdot A_{zal} \quad (\text{Herle 1990})$$

kde je

q_{zal} potřeba vody pro zalévání nebo kropení (podle tab. 2) [l/(m².den)]

A_{zal} plocha, která se zalévá nebo kropí [m²]

4.5 POSTUP VÝPOČTU ÚSPOR PITNÉ VODY S VYUŽITÍM DEŠŤOVÝCH VOD A ŠEDÝCH VOD

4.5.1 POSTUP VÝPOČTU ÚSPOR S VYUŽITÍM DEŠŤOVÝCH VOD

Pro stanovení objemu zásobníku srážkové vody je nutné znát potřeby pitné vody, kterou lze nahradit vodou srážkovou. Dále je nutné znát roční a měsíční úhrn srážek.

Srážková voda při provozu rodinného domu bude využita jako voda nepitná pouze pro praní. Případné další použití by bylo pro doplňování zásobníku úpravy šedé vody

Roční zisk srážkové vody V_d [l/rok] se stanoví podle vztahu:

$$V_d = A \cdot \psi_d \cdot h_r \cdot \eta \quad (\text{ČKAIT 2013})$$

kde je:

A půdorysný průmět plochy střechy v m²

ψ_d součinitel využití srážkové vody (podle tab. 6)

h_r průměrný roční úhrn srážek v mm (podle tab. 4,5)

η hydraulická účinnost filtru (podle údajů výrobce, přibližně $\eta = 0,9$ až $0,95$).

Roční potřeba srážkové vody Q_r [l/rok] se stanoví podle vztahu:

$$Q_r = Q_d \cdot d + Q_{zr} \cdot A_z \quad (\text{Anonymus 2012})$$

kde je:

Q_d denní potřeba srážkové vody pro využití v budově [l/den]

d počet dnů v roce, kdy se srážková voda využívá (v bytech 365 dnů)

Q_{zr} roční potřeba vody pro zalévání nebo kropení (podle tab. 2) [l/(m².rok)]

A_z plocha zahrady, hřiště nebo zeleně [m²].

Denní potřeba srážkové vody pro využití v budově Q_d [l/den] (bez potřeby vody pro zalévání nebo kropení) se stanoví ze vztahu:

$$Q_d = n \cdot (q_{WC} + q_{pr}) \quad (\text{Žabička et Vrána 2011})$$

kde je:

n počet osob

q_{WC} potřeba vody pro záchody (splachování) (podle tab. 2,10) [l/(osoba.den)]

q_{pr} potřeba vody pro pračku v domácnosti (podle tab. 2,11) [l/(osoba.den)].

Objem nádrže pro srážkovou vodu se stanovuje na 2 až 3 týdny suchého počasí (14 až 21 dní). Pro stanovení objemu nádrže pro srážkovou vodu V_a [l] je možné použít vztah:

$$V_a = Q_d \cdot d_1 + q_z \cdot A_z \cdot d_2 \quad (\text{Herle 1990})$$

kde je

Q_d denní potřeba srážkové vody pro využití v budově [l/den]

d_1 počet dnů v průběhu 14 až 21 dnů se suchým počasím, kdy se voda používá v budově

q_z potřeba vody pro zalévání nebo kropení [l/m²] (podle tab. 2)

A_z plocha zahrady, hřiště nebo zeleně [m²]

d_2 počet dnů v průběhu 14 až 21 dnů se suchým počasím, kdy se zalévá nebo kropí.

4.5.2 POSTUP VÝPOČTU ÚSPOR S VYUŽITÍM ŠEDÝCH ODPADNÍCH VOD

Před návrhem zařízení pro využití šedých odpadních vod se musí stanovit předpokládané množství vyprodukovaných šedých vod. Pokud není objem vyprodukované šedé vody stanoven měřením, může se stanovit jednou ze dvou výpočtových metod. Způsob stanovení objemu vyprodukované šedé vody se zvolí podle toho, jaké údaje o produkci šedé vody v daném objektu jsou známy.

Šedá voda bude využita ke splachování wc. Přebytečná vyčištěná šedá voda bude zasakována na pozemku.

Součtová metoda produkce šedých vod:

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

kde je:

q_{pro} produkce šedé vody na měrnou jednotku a den [l/den]

n_{mj} počet měrných jednotek stejného druhu

m počet druhů měrných jednotek

Pokud není produkce šedé vody na měrnou jednotku a den (q_{prod}) známa, může se produkce stanovit podle vztahu:

$$Q_{prod} = \sum_{i=1}^j q_{\check{c},i} \cdot n_{\check{c},i}$$

kde je:

$q_{\check{c}}$ produkce šedé vody pro příslušnou činnost [l]

$n_{\check{c}}$ počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne

j počet druhů činností prováděných během dne

Denní potřeba provozní vody Q_{24} [l/den] se stanoví ze vztahu:

$$Q_{24} = Q_{wc} \cdot n + q_{pr} \cdot n + q_{ukl} \cdot n + Q_{zal} \quad (\text{Herle 1983})$$

kde je:

Q_{wc} specifická potřeba vody pro splachování záchodových mís
(podle tab. 10) [l/(osoba.den)]

q_{pr} potřeba vody pro praní (podle tab. 2,11) [l/(měrná jednotka.den)]

q_{ukl} potřeba vody pro úklid (podle tab. 2) [l/(m².den)]

Q_{zal} potřeba vody pro zalévání nebo kropení (podle tab. 2) [l/(m².den)]

n počet měrných jednotek (počet osob, obyvatel, lůžek, m²)

Specifická potřeba pro splachování záchodových mís se stanoví podle vztahu:

$$Q_{wc} = q_o \cdot p \cdot n + q_{pis} \cdot n \quad (\text{Herle 1990})$$

kde je

q_o splachovací objem podle navržených splachovačů nebo orientačně (podle tab. 2,10) [l/den]

p počet použití jednou osobou během dne (podle tab. 7)

n počet měrných jednotek (počet osob, obyvatel, lůžek)

q_{pis} splachovací objem podle navržených splachovačů nebo orientačně (podle tab. 2,10) [l/den]

Zařizovací předmět	Splachovací objem	
	Velké spláchnutí	Malé spláchnutí
Záchodová mísa	4	2
	4,5	3
	6 ²⁾	3 ²⁾
	8	
	9 ¹⁾	3 ¹⁾
	10 ¹⁾	3 ¹⁾
Pisoárová mísa bez odsávání	0,75 až 1,5 ³⁾	
Pisoárová mísa s odsáváním	2 až 4	
¹⁾ Splachovací objem se uvažuje přednostně podle konkrétního typu navrženého splachovače.		
²⁾ Nejčastěji používané splachovací objemy.		
³⁾ Podle ČSN 75 6760 nejméně 1,5 l.		

Tab.č.10 Splachovací objemy pro záchodové a pisoárové mísy (Biela 2011)

Denní potřeba vody pro zalévání nebo kropení se stanoví podle vztahu:

$$Q_{zal} = q_{zal} \cdot A_{zal} \quad (\text{Herle 1990})$$

kde je

q_{zal} potřeba vody pro zalévání nebo kropení (podle tab. 2) [l/(m².den)]

A_{zal} plocha, která se zalévá nebo kropí [m²]

Druh budovy	Potřeba vody pro praní
Bytový nebo rodinný dům	15 l/obyvatel . den
Hotel - prádelna	14 l/lůžko . den

Tab.č.11 Potřeba vody pro praní (Biela 2011)

5. VÝPOČTY A VYHODNOCENÍ DISKUZE

Ekonomické posouzení je zpracováno pro následující možnosti úspory pitné vody:

- využití dešťových vod při provozu rodinného domu
- využití šedých vod při provozu rodinného domu
- využití dešťových a šedých vod při provozu rodinného domu.

Pro stanovení ceny za pitnou vodu byla převzata hodnota pro rok 2014, stanovená společností Severočeské vodovody a kanalizace a.s. pro Ústecký kraj (tabulka č. 1). Ke stanovení ročního úhrnu srážek byl použit průměr za posledních deset let v Ústeckém kraji podle údajů ČHMÚ (tabulka č. 5).

Navržená zařízení na čištění dešťových vod a šedých odpadních vod včetně jejich cen jsou v přílohové části (příloha č.1, 2).

5.1 VÝPOČET ZISKU A POTŘEBY DEŠŤOVÉ VODY PRO RODINNÝ DŮM

Roční zisk srážkové vody V_d [l/rok]

$$V_d = A \cdot \psi_d \cdot h_r \cdot \eta \quad (\text{ČKAIT 2013})$$

$$= 200 \cdot 0,8 \cdot 685,8 \cdot 0,9$$

$$V_d = 98\,775 \text{ l/rok} = 98,8 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Denní potřeba srážkové vody pro využití v budově Q_d [l/den] (bez potřeby vody pro zalévání nebo kropení)

$$Q_d = n \cdot (q_{WC} + q_{pr}) \quad (\text{Herle 1990})$$

$$= 4 \cdot (24 + 12)$$

$$Q_d = 144 \text{ l/den}$$

Roční potřeba srážkové vody Q_r [l/rok] bez zalévání zahrady

$$Q_r = Q_d \cdot d + Q_{zr} \cdot A_z \quad (\text{TNV 75 9011})$$

$$= 144 \cdot 365 + 0$$

$$Q_r = 52\,560 \text{ l/rok} = 52,6 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Roční potřeba srážkové vody Q_r [l/rok] se zaléváním zahrady

$$Q_r = Q_d \cdot d + Q_{zr} \cdot A_z \quad (\text{TNV 75 9011})$$

$$= 144 \cdot 365 + 60 \cdot 300$$

$$Q_r = 70\,560 \text{ l/rok} = 70,6 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Objem nádrže pro srážkovou vodu se stanovuje na 2 až 3 týdny suchého počasí (14 až 21 dní)

$$\begin{aligned} V_{a14} &= Q_d \cdot d_1 + q_z \cdot A_z \cdot d_2 \quad (\text{Herle 1990}) & V_{a21} &= Q_d \cdot d_1 + q_z \cdot A_z \cdot d_2 \quad (\text{Herle 1990}) \\ &= 144 \cdot 14 + 1 \cdot 300 \cdot 14 & &= 144 \cdot 21 + 1 \cdot 300 \cdot 21 \\ V_{a14} &= 6\,216 \text{ l} = 6,2 \text{ m}^3 & V_{a21} &= 9\,324 \text{ l} = 9,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ke stanovení ročního zisku, roční potřeby a objemu nádrže byl kontrolně využit výpočtový program společnosti Asio spol. s r.o. (ASIO, spol. s r.o., Spáčilka 83, 664 51 Jiříkovice). Na podkladě výpočtu byly navrženy ekonomické ukazatele nákladů na akumulaci, úpravu a zpětné využití dešťových vod (příloha č.1).

5.2 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ VYUŽITÍ DEŠŤOVÉ VODY PRO RODINNÝ DŮM

Vstupní investice (ceny bez DPH)

Kombinovaný výrobek AS-REWA kombi 6ERZ 68 800,00 Kč

Výpočet úspory pitné vody (ceny bez DPH)

Úspora za potřebu vody ke splachování WC a praní $Q_d = 144$ l/den

Pro výpočet ceny je brána cenová hladina pro rok 2014 – 92,46 Kč.

$$144 \cdot 365 = 52\,560 \text{ l/rok} = 52,56 \text{ m}^3/\text{rok}$$

$$52,56 \cdot 92,46 = 4\,859,70 \text{ Kč} = 4\,860,00 \text{ Kč}$$

Návratnost investice při provozu rodinného domu

$$68\,800 : 4\,860 = 14,16$$

Návratnost investice při využití dešťové vody ke splachování wc a praní v rodinném domě se bude pohybovat přibližně okolo 14 let. Výpočet nezohledňuje zvyšování ceny pitné vody, které celkovou dobu návratnosti sníží.

5.3 VÝPOČET PRODUKCE A POTŘEBY ŠEDÉ VODY PRO RODINNÝ DŮM

Součtová metoda produkce šedých vod:

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

$$= \sum (31 \cdot 4) + (15 \cdot 4) \quad (31 \text{ l/den/osoba} - \text{koupelna}, 15 \text{ l/den/osoba} - \text{praní})$$

$$Q_{\text{prod}} = 184 \text{ l/den}$$

Produkce šedé vody na měrnou jednotku a den (q_{prod}) stanovená podle vztahu:

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

$$= \sum (3 \cdot 4 \cdot 3) + (50 \cdot 2) + (120 \cdot 2)$$

$$Q_{\text{prod}} = 376 \text{ l/den}$$

(mytí rukou 3 l/osoba . 3 mytí denně, sprchování 50l/den/osobu,
koupel ve vaně 120 l/den/osobu)

Specifická potřeba pro splachování záchodových mís

$$Q_{\text{wc}} = q_o \cdot p \cdot n + q_{\text{pis}} \cdot n$$

$$= 9 \cdot 6 \cdot 2 + 3 \cdot 6 \cdot 2 \quad (9 \text{ l} \cdot 6 \text{ použití} \cdot 2 \text{ osoby} + 3 \text{ l} \cdot 6 \text{ použití} \cdot 2 \text{ osoby})$$

$$Q_{\text{wc}} = 144 \text{ l/den}$$

(Výpočet byl proveden bez použití pisoáru, splachování pomocí děleného splachovače celková denní produkce rozdělena na dvě poloviny malého a velkého splachování)

Denní potřeba vody pro zalévání nebo kropení

$$Q_{\text{zal}} = q_{\text{zal}} \cdot A_{\text{zal}}$$

$$= 1 \cdot 300$$

$$Q_{\text{zal}} = 300 \text{ l/den}$$

Denní potřeba provozní vody Q_{24} [l/den] bez zalévání zahrady

$$Q_{24} = Q_{\text{wc}} \cdot n + q_{\text{pr}} \cdot n + q_{\text{ukl}} \cdot n + Q_{\text{zal}}$$

$$= 144 + (15 \cdot 4) + 0 + 0$$

$$Q_{24} = 204 \text{ l/den}$$

Denní potřeba provozní vody Q_{24} [l/den] se zaléváním zahrady

$$Q_{24} = Q_{wc} \cdot n + q_{pr} \cdot n + q_{ukl} \cdot n + Q_{zal}$$
$$= 144 + (15 \cdot 4) + 0 + 300$$

$$Q_{24} = 504 \text{ l/den}$$

Ke stanovení produkce a výpočtu potřeby šedé vody byl kontrolně využit výpočtový program společnosti Asio spol. s r.o. (ASIO, spol. s r.o., Spáčilka 83, 664 51 Jiříkovice). Na podkladě výpočtu byly navrženy ekonomické ukazatele nákladů na zařízení na akumulaci, úpravu a zpětné využití šedých vod (příloha č. 2).

5.4 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ VYUŽITÍ ŠEDÉ VODY PRO RODINNÝ DŮM

Vstupní investice (ceny bez DPH)

Nádrže 2 x 400 l, výrobek AS-GW/Aqualoop 12 72 700,00 Kč

Automatická doplňovací jednotka AS-RAINMASTER 1 200,00 Kč

Celkem náklady 73 900,00 Kč

Výpočet úspory pitné vody (ceny bez DPH)

Úspora za potřebu vody ke splachování WC a praní $Q_d = 204$ l/den

Pro výpočet ceny je brána cenová hladina pro rok 2014 – 92,46 Kč.

$$204 \cdot 365 = 74\,460 \text{ l/rok} = 74,46 \text{ m}^3/\text{rok}$$

$$74,46 \cdot 92,46 = 6\,884,60 \text{ Kč} = 6\,885,00 \text{ Kč}$$

Úspora za potřebu vody jen ke splachování WC $Q_d = 144$ l/den

Pro výpočet ceny je brána cenová hladina pro rok 2014 – 92,46 Kč.

$$144 \cdot 365 = 52\,560 \text{ l/rok} = 52,56 \text{ m}^3/\text{rok}$$

$$52,56 \cdot 92,46 = 4\,859,70 \text{ Kč} = 4\,860,00 \text{ Kč}$$

Návratnost investice při provozu rodinného domu

$$73\,900 : 6\,885 = 10,73 \quad (\text{splachování WC a praní})$$

$$73\,900 : 4\,860 = 15,21 \quad (\text{jen splachování})$$

Návratnost investice při zpětném využití šedé vody ke splachování wc a praní v rodinném domě se bude pohybovat přibližně do 11 let. Při využití upravené šedé vody jen ke splachování se návratnost investic bude pohybovat mezi 15 až 15,5 roky. Výpočet nezohledňuje zvyšování ceny pitné vody, které celkovou dobu návratnosti sníží.

5.5 VÝPOČET ZISKU DEŠŤOVÉ VODY A PRODUKCE ŠEDÉ VODY A POTŘEBY DEŠŤOVÉ A ŠEDÉ VODY PRO RODINNÝ DŮM

Pro posouzení využití kombinace dešťové vody a šedé odpadní vody je navrženo využití dešťové vody k praní, zalévání zahrady a případné doplňování do zásobníku šedé vody. Šedá voda je navržena k využití ke splachování wc a praní.

5.5.1 VÝPOČET ZISKU DEŠŤOVÉ VODY A POTŘEBY DEŠŤOVÉ VODY

Roční zisk srážkové vody V_d [l/rok]

$$V_d = A \cdot \psi_d \cdot h_r \cdot \eta \quad (\text{Profesis, ČKAIT 2013})$$

$$= 200 \cdot 0,8 \cdot 685,8 \cdot 0,9$$

$$V_d = 98\,775 \text{ l/rok} = 98,8 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Denní potřeba srážkové vody pro využití v budově Q_d [l/den] (bez potřeby vody pro zalévání nebo kropení)

$$Q_d = n \cdot (q_{WC} + q_{pr}) \quad (\text{Herle 1983})$$

$$= 4 \cdot (0 + 15)$$

$$Q_d = 60 \text{ l/den}$$

Roční potřeba srážkové vody Q_r [l/rok] bez zalévání zahrady

$$Q_r = Q_d \cdot d + Q_{zr} \cdot A_z \quad (\text{TNV 75 9011})$$

$$= 60 \cdot 365 + 0$$

$$Q_r = 21\,900 \text{ l/rok} = 21,90 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Roční potřeba srážkové vody Q_r [l/rok] se zaléváním zahrady

$$Q_r = Q_d \cdot d + Q_{zr} \cdot A_z \quad (\text{TNV 75 9011})$$

$$= 60 \cdot 365 + 60 \cdot 300$$

$$Q_r = 39\,900 \text{ l/rok} = 39,90 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Objem nádrže pro srážkovou vodu se stanovuje na 2 až 3 týdny suchého počasí (14 až 21 dní)

$$\begin{aligned}
 V_{a14} &= Q_d \cdot d_1 + q_z \cdot A_z \cdot d_2 \quad (\text{Herle 1990}) & V_{a21} &= Q_d \cdot d_1 + q_z \cdot A_z \cdot d_2 \quad (\text{Herle 1990}) \\
 &= 60 \cdot 14 + 1 \cdot 300 \cdot 14 & &= 60 \cdot 21 + 1 \cdot 300 \cdot 21 \\
 V_{a14} &= 5\,040 \text{ l} = 5,04 \text{ m}^3 & V_{a21} &= 7\,560 \text{ l} = 7,56 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Ke stanovení ročního zisku, roční potřeby a objemu nádrže byl kontrolně využit výpočtový program společnosti Asio spol. s r.o. (ASIO, spol. s r.o., Spáčilka 83, 664 51 Jiříkovice). Na podkladě výpočtu byly navrženy ekonomické ukazatele nákladů na akumulaci, úpravu a zpětné využití dešťových vod (příloha č.1, 2).

5.5.2 VÝPOČET PRODUKCE A POTŘEBY ŠEDÉ VODY

Součtová metoda produkce šedých vod:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{prod}} &= \sum_{i=1}^m q_{\text{prod},i} \cdot n_{m,j,i} \\
 &= \sum (31 \cdot 4) + (15 \cdot 4) \quad (31 \text{ l/den/osoba} - \text{koupelna}, 15 \text{ l/den/osoba} - \text{praní}) \\
 Q_{\text{prod}} &= 184 \text{ l/den}
 \end{aligned}$$

Produkce šedé vody na měrnou jednotku a den (q_{prod}) stanovena podle vztahu:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{prod}} &= \sum_{i=1}^j q_{\check{c},i} \cdot n_{\check{c},i} \\
 &= \sum (3 \cdot 4 \cdot 3) + (50 \cdot 2) + (120 \cdot 2) \\
 Q_{\text{prod}} &= 376 \text{ l/den}
 \end{aligned}$$

(mytí rukou 3 l/osoba . 3 mytí denně, sprchování 50l/den/osobu,
koupel ve vaně 120 l/den/osobu)

Specifická potřeba pro splachování záchodových mís

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{wc}} &= q_o \cdot p \cdot n + q_{\text{pis}} \cdot n \\
 &= 9 \cdot 6 \cdot 2 + 3 \cdot 6 \cdot 2 \quad (9 \text{ l} \cdot 6 \text{ použití} \cdot 2 \text{ osoby} + 3 \text{ l} \cdot 6 \text{ použití} \cdot 2 \text{ osoby}) \\
 Q_{\text{wc}} &= 144 \text{ l/den}
 \end{aligned}$$

Denní potřeba vody pro zalévání nebo kropení

$$Q_{zal} = q_{zal} \cdot A_{zal}$$

$$= 1 \cdot 300$$

$$Q_{zal} = 300 \text{ l/den}$$

Denní potřeba provozní vody Q₂₄ [l/den] bez zalévání zahrady

$$Q_{24} = Q_{wc} \cdot n + q_{pr} \cdot n + q_{ukl} \cdot n + Q_{zal}$$

$$= 144 + (15 \cdot 4) + 0 + 0$$

$$Q_{24} = 204 \text{ l/den}$$

Denní potřeba provozní vody Q₂₄ [l/den] se zaléváním zahrady

$$Q_{24} = Q_{wc} \cdot n + q_{pr} \cdot n + q_{ukl} \cdot n + Q_{zal}$$

$$= 144 + (15 \cdot 4) + 0 + 300$$

$$Q_{24} = 504 \text{ l/den}$$

Ke stanovení produkce a výpočtu potřeby šedé vody byl kontrolně využit výpočtový program společnosti Asio spol. s r.o. (ASIO, spol. s r.o., Spáčilka 83, 664 51 Jiříkovice). Na podkladě výpočtu byly navrženy ekonomické ukazatele nákladů na zařízení na akumulaci, úpravu a zpětné využití šedých vod.

5.6 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ VYUŽITÍ DEŠŤOVÉ A ŠEDÉ VODY PRO PROVOZ RODINNÉHO DOMU

Vstupní investice (ceny bez DPH)

Kombinovaný výrobek AS-REWA kombi 3EOZ 46 800,00 Kč

Nádrže 2 x 600 l, výrobek AS-GW/Aqualoop 6 65 900,00 Kč

Automatická doplňovací jednotka AS-RAINMASTER 1 200,00 Kč

Celkem náklady 113 500,00 Kč

Výpočet úspory pitné vody (ceny bez DPH)

Pro výpočet ceny je brána cenová hladina pro rok 2014 – 92,46 Kč.

Dešťová voda

Úspora za potřebu vody k praní $Q_d = 60$ l/den

$60 \cdot 365 = 21\,900$ l/rok = $21,90$ m³/rok

$21,90 \cdot 92,46 = 2\,024,87$ Kč = $2\,025,00$ Kč

Šedá voda

Úspora za potřebu vody jen ke splachování WC $Q_d = 144$ l/den

$144 \cdot 365 = 52\,560$ l/rok = $52,56$ m³/rok

$52,56 \cdot 92,46 = 4\,859,70$ Kč = $4\,860,00$ Kč

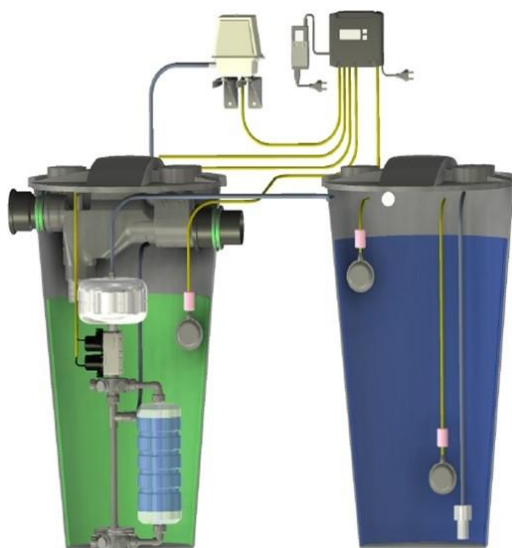
Úspora celkem $2\,025,00 + 4\,860,00 = 6\,885,00$ Kč

Návratnost investice při provozu rodinného domu

$113\,500 : 6\,885 = 16,49$

Návratnost investice při použití dešťové vody k praní a k případnému doplňování zásobníku šedé vody a při zpětném využití šedé vody ke splachování wc v rodinném domě je 16,5 let. Výpočet nezohledňuje zvyšování ceny pitné vody, které celkovou dobu návratnosti sníží.

Životnost veškerého navrženého zařízení na dešťovou vodu a šedou vodu je 20 let (dle vyjádření společnosti výrobců Asio spol. s r.o.).



Obr. 6 Technického zařízení na čištění šedých odpadních vod Aqualoop
(www.asio.cz)

6. DISKUZE

Na základě navržených variant řešení využití dešťových vod, šedých odpadních vod a kombinací využití dešťových a šedých vod a ekonomického vyhodnocení návratnosti vložených investic je patrné, že doba návratnosti je ve všech třech posuzovaných variantách nižší než životnost zařízení. Návratnost investic při využití dešťových vod se pohybuje okolo 14 let, s využitím šedých odpadních vod je přibližná návratnost 11 let a při kombinovaném využití dešťových a šedých vod se návratnost pohybuje do 16,5 let.

K návratnosti převyšující 17 let dospěly rovněž výzkumy na využití dešťové vody a šedé odpadní vody, které byly prováděny v Brazílii. I přes vysokou dobu návratnosti, byl systém využívající kombinaci dešťových a šedých odpadních vod hodnocen jako nejatraktivnější. Celkové úspory pitné vody v různých bytových a rodinných domech ve kterých probíhalo měření byly v rozmezí 33,8% - 36,4%. Hlavním závěrem z tohoto výzkumu bylo konstatování, že je třeba vládní pobídky cílenou na podporu využívání dešťové vody a šedé odpadní vody v domech jižní Brazílie (Enedir 2006).

Vzhledem k době návratnosti lze předpokládat, že ekonomické hledisko nebude pro případné investory rodinného bydlení nebo při rekonstrukcích stávajícího bydlení tím hlavním motivačním aspektem. Motivací k hospodaření s dešťovými vodami a využití šedých odpadních vod může být především hledisko ekologické. Ekologické výhody při hospodaření s dešťovou vodou budou přispívat k obnově podzemních vody jejím vsakováním. Současně s tím se sníží negativní vlivy rychlých odtoků při srážkách na vodních tocích. Ekologické hledisko hospodaření s dešťovou vodou se nejvíce přibližuje přirozenému koloběhu vody v přírodě. Využití šedých odpadních vod napomáhá ke snížení spotřeby pitné vody při provozu v rodinném domě, zejména při splachování wc.

Vedle ekologického hlediska, které využití dešťových vod a recyklace šedých odpadních vod přináší, je hledisko bezpečnostní. Bezpečností hledisko zahrnuje především nepřetěžování stávajících kanalizačních rozvodů a nakládání se srážkovou vodou tam, kde dopadne na nepropustné plochy střech.

Na základě zjištěných informací a skutečností by mé řešení při návrhu bydlení spočívalo v hospodaření s dešťovými vodami a v recyklaci šedých odpadních vod. Hospodaření s dešťovými vodami by bylo zabezpečeno akumulací v podzemní nádrži a využití dešťové vody k zavlažování zelených ploch na pozemku. Případný přebytek dešťových vod bych nechal pomocí přepadového potrubí zasakovat do podloží. Ke splachování záchodových mís a k případnému zalévání zahrady

by byly využity přečištěné šedé odpadní vody z umývadel, sprch, van a praní. Případné doplňování vody do zásobníku šedé odpadní vody navrhuji pitnou vodou, případ by byl vyveden do domovní kanalizace. Ekonomické hledisko tohoto návrhu se mi jeví rovněž přijatelné, neboť pořizuji jen jednu technologii.

Takto navržené hospodaření s dešťovými vodami a využití šedých odpadních vod je rovněž v souladu s požadavky dodavatele pitné vody a provozovatele kanalizace. Doplňováním pitné vody do oběhu recyklace šedých odpadních vod má tu výhodu, že odebíraná pitná voda (vodné) je shodná s vypouštěnými odpadními vodami (stočné). Začlenění doplňování pitné vody do oběhu recyklace šedých odpadních vod navrhuji i vzhledem k tomu, že v současné době neexistuje měření objemů všech vod odtékajících do kanalizace.

K tématu doplňování nádrží na vyčištěnou šedou odpadní vodu dešťovou vodou a k využívání dešťové vody v objektech se věnovala Ing. Šenkapoulová za společnost Vodárenská akciová společnost a.s. V časopisu Sovak (2/2013) mimo jiné uvedla: *„při využití šedých a dešťových vod v budovách se podstatně změní bilance mezi odebíranou pitnou vodou a vodou vypouštěnou do kanalizace, vodné se již nebude rovnat stočnému, jak je tomu v současnosti, proto bude vhodné vyžadovat také měření objemů všech vod odtékajících do kanalizace“* (Šenkapoulová 2013). Měření objemů vod odtékajících do kanalizace není v současné době standardním řešením. Vzhledem k těmto výhradám od provozovatele kanalizační sítě se mi jeví mnou navržené řešení jako nejpříjemnější řešení.

Dalšími možnostmi finančních úspor při provozu rodinného bydlení je využití tepla z odpadních vod, separování žlutých vod a jejich následné využití na pozemku a v neposlední řadě případné využití vlastního zdroje vody.

7. ZÁVĚR

Ve výpočtové části bakalářské práce je provedeno finanční posouzení jednotlivých způsobů řešení využití dešťových vod a šedých vod při provozu rodinného domu.

Cílem práce je posouzení ekonomické návratnosti vložených investic k úpravě a čištění dešťových vod a šedých vod a k jejich následnému využití při provozu rodinného domu.

Bakalářskou prací byly popsány možnosti nakládání s dešťovými vodami a způsoby jejich využití při provozu rodinného domu. Současně byly definovány odpadní vody vzniklé provozem v rodinném domě a jejich rozdělení a případné zpětné využití. Systémy na využití dešťových vod a šedých odpadních vod jsou prací navrženy a finančně vyčísleny. Součástí výsledků je ekonomické posouzení návratnosti vložených investic.

Navržené cíle jsou bakalářskou prací splněny. Způsoby hospodaření s dešťovými vodami na pozemku rodinného domu jsou aplikovatelné i pro zástavbu většího počtu domů. Obdobným způsobem je možné realizovat řešení s využitím recyklovaných šedých odpadních vod. Zpětné využití šedých odpadních vod je dále možno ve větší míře uplatnit v objektech s větší koncentrací osob, např. v hotelech a bytových domech.

Výsledky obsažené ve výpočtové části bakalářské práce vyhodnocují ekonomickou návratnost vložených investic do zařízení na hospodaření s dešťovými vodami nebo zařízení na využití šedých odpadních vod. Ekonomické hodnocení řešení bylo provedeno ve třech návrzích. V prvním návrhu je při provozu rodinného domu využívána pouze dešťová voda, v druhém návrhu je využívána recyklovaná šedá odpadní voda. Třetí návrh posuzuje kombinaci využití dešťové vody společně s recyklovanými šedými odpadními vodami. Ekonomické vyhodnocení bylo vztaženo k ceně za pitnou vodu. Důležitějším aspektem než jen pouhá cena vody je však především úspora pitné vody při provozu v rodinném domě. Současně výrazným prvkem je navrácení dešťové vody do přirozeného oběhu vody v přírodě a efektivní využití odpadních vod.

Vhodným pokračováním v problematice využití dešťových vod a šedých odpadních vod by byl návrh pro centralizované řešení při výstavbě menšího počtu rodinných domů, nebo při výstavbě či rekonstrukci bytových domů. Současně by bylo vhodné provést porovnání skutečné úspory pitné vody s využitím dešťových a šedých odpadních vod u již realizovaného objektu rodinného domu.

SEZNAM POŽITÝCH ZDROJŮ

BIELA R., 2011: *Kvalita šedých vod a možnost jejich využití.*

Časopis TZB- Inko 2011/13: 1-5.

BOSE K.H, 1999, *Dešťová voda pro zahradu a dům.* HEL Nakladatelství,

Ostrava: 84 s.

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

BRITISH STANDARD BS 8525-2:2010,

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

ČHMÚ, *Historická data, územní srážky*, online: <http://portal.chmi.cz>,

cit.2014-01-25.

ČSN 75 9010, *Vsakovací zařízení srážkových vod*, Úřad pro technickou

normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha: 44 s.

ENEDIR G., 2006: *Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil*, Building and Environment 42/4: 1544-1550.

HERLE J. a kol, 1983, *Vodovodní a kanalizační tabulky.* STNL Nakladatelství technické literatury, Praha: 408 s.

HERLE J., 1990, *Voda pro chaty a chalupy.* STNL Nakladatelství technické literatury, Praha: 265 s.

KUPČÍKOVÁ L., PACÁK J., 2006: *Ekologicky šetrný, ekonomicky přínosný provoz kanceláře.* Ústav pro ekopolitiku, o.p.s., Praha: xxs.

MELS A., BETUW W., BRAADBAART O., 2007: *Technology selection and komparative performace of source – separating wastewatermanagement systems in Swedenland the Netherlands.* Water Science and Technology 56/5: 77-85.

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

PIPELIFE CZECH s.r.o., podklady firmy, 2011: *Systémy pro hospodaření s dešťovou vodou Stormbox*, časopis Materiály pro stavbu 2011/9: 35-36.

PLOTĚNÝ K., 2011, *Dělení vod, bílé a šedé vody – nové poznatky a možnosti využití*. Sborník semináře Vodohospodářské chuťovky, Brno: 21-27.

POHODLÍ, katalog společnosti, *Dešťová voda – sběr a využití*, Informační příručka pro uživatele, online: <http://www.pohodli.cz>, cit. 2012-12-01.

PROFESNÍ INFORMAČNÍ SYSTÉM ČKAIT, 2013: *TP 1.20.1, Srážkové vody a urbanizace krajiny*. Středisko vzdělávání a informací, Praha: dostupné z DVD.

RACLAVSKÝ J., HLUŠTÍK P., BIELA R., RAČEK J., 2012: *Hospodaření s šedou a dešťovou vodou v budovách*. In 11. Zdravotno-technické stavby – malé vodné diela – krajina a voda. Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU, Bratislava.

RAČEK J., 2012: *Ekologické hospodaření s šedou vodou v budovách*, časopis Materiály pro stavby 2012/3: x1-x5.

SČVK a.s., *Spotřeba vody*, online: <http://www.scvk.cz/spotreba-vody>, cit. 2013-05-24.

SČVK a.s., *Cena vody*, online: <http://www.scvk.cz/ceny-vody>, cit. 2013-12-12.

SOJKA J., 2013: *Čistírny odpadních vod pro rodinné domy*. Grada Publishing, a.s., Praha: 96 s.

ŠÁLEK J., ŽÁKOVÁ Z., HRNČÍŘ P., 2013: *Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech*, Era group spol. s r.o., Brno: 116 s.

ŠENKAPOULOVÁ J., 2013: *Trendy v hospodaření se srážkovými vodami z pohledu provozovatele kanalizace*, časopis Sovak 2013/2: 14-16.

TNV 75 9011, *Hospodaření se srážkovými vodami*, Odvětvová technická norma vodního hospodářství, Sweco Hydroprojekt a.s., Praha 2013: 65 s.

ÚSTAV PRO EKOPOLITIKU, o.p.s., 2009: *Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku*, Praha: 44 s.

VALÁŠEK J., 2006: *Zdravotnětechnická zařízení budov*, Jaga Group s.r.o., Bratislava: 263 s.

VODÁRENSTVÍ c.z. *Nejvíce-vody-spotřebují-v-usa-nejvíce-zaplatí-v-dánsku*, online: <http://www.vodarenstvi.cz/clanky/nejvice-vody-spotrebuji-v-usa-nejvice-zaplati-v-dansku>, cit. 2012-02-02.

VÍRA B., 2012: *Využití recyklovaných šedých odpadních vod v budovách*, časopis Stavebnictví 2012/09: 54-58.

VYHLÁŠKA č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, v platném znění.

VYHLÁŠKA č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, v platném znění.

WISE A.F.E., SWAFFIELD J.A., 2002: *Water, Sanitary a Saste Services for Buildings*. Routledge: 257 s.

ZÁKON č. 254/2001 Sb. o vodách a změně některých zákonů, v platném znění.

ŽABIČKA Z., VRÁNA K., 2011: *Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech*. Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, Praha: 44 s.

PŘÍLOHOVÁ ČÁST

Příloha č. 1

Ceník výrobků na využití dešťových vod



Sídlo firmy: ASIO, spol. s r.o., Spáčilka 83, Jiřkovice, CZ - 664 51

Kancelář: ASIO, spol. s r.o., Kšínova 552/45, CZ - 619 00 Brno-Horní Heršpice

Tel.: +420 548 428 111, fax: +420 548 428 100, GSM: +420 606 743 368, e-mail: asio@asio.cz

Ceník 2014

platný od: 1. 1. 2014

PROGRAM NA VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD

AS-REWA - program využití dešť. vod - válcové nádrže

katalog. číslo	název	vnější rozměry	hmotnost	cena bez DPH
		D/H [mm]	[kg]	[Kč]
	AS-REWA Kombi 1EO	Ø950/1510	100	39 000
	AS-REWA Kombi 2EO	Ø1400/1510	130	43 800
	AS-REWA Kombi 3EO	Ø1850/1510	150	46 400
	AS-REWA Kombi 4EO/PB	Ø2010/2000	600	65 500
	AS-REWA Kombi 5EO/PB	Ø2240/2000	680	85 500
	AS-REWA Kombi 6EO/PB	Ø2470/2000	800	90 300
	AS-REWA Kombi 8EO/PB	Ø2470/3000	1 000	128 000
	AS-REWA ECO 1EO	Ø1200/1510	100	16 300
	AS-REWA ECO 2EO	Ø1400/1510	130	18 400
	AS-REWA ECO 3EO	Ø1850/1510	150	21 600
	AS-REWA ECO 4EO	Ø1800/1510	170	26 900
	AS-REWA ECO 5EO	Ø1900/1510	190	32 700
	AS-REWA nádrž 4EO/PB	Ø2010/2000	600	46 800
	AS-REWA nádrž 5EO/PB	Ø2240/2000	680	67 500
	AS-REWA nádrž 6EO/PB	Ø2470/2000	800	75 800
	AS-REWA nádrž 8EO/PB	Ø2470/3000	1 000	91 700
	AS-REWA 1EOZ Eko Roto	Ø1320/1830	90	14 300
	AS-REWA 1EOZ Kombi Roto	Ø1320/2230	150	37 000

AS-REWA - program využití dešť. vod - hranaté nádrže

katalog. číslo	název	vnější rozměry	hmotnost	cena bez DPH
		L/B/H [mm]	[kg]	[Kč]
	AS-REWA Kombi 4ER	2000/1160/2160	450	49 500
	AS-REWA Kombi 5ER	3180/1000/2160	800	58 400
	AS-REWA Kombi 6ER	4160/1000/2160	750	68 800
	AS-REWA Kombi 8ER	2500/2000/2160	820	72 800
	AS-REWA nádrž 1FR	1500/720/1510	80	13 600
	AS-REWA nádrž 2FR	2000/720/1510	100	17 900

AS-REWA - příslušenství

katalog. číslo	název	cena bez DPH
		[Kč]
	AS-REWA filtr 630/300	5 000

- Cena obsahuje:
- nádrž včetně vstupního komínku
 - kompozitový poklop 600/600 (Kombi 100/840) mm
 - Kombi - kompletní technologie tj. čerpadlo, automat. doplňovací jednotka, elektromagnetický ventil, el. rozvaděč
 - nerezový filtr
 - nátok potrubí
 - bezpečnostní přepad
- Cena neobsahuje:
- dopravu
 - stavební práce
 - elektrické zapojení

Příloha č. 2

Ceník výrobků čistíren šedých odpadních vod



Sídlo firmy: ASIO, spol. s r.o., Spáčilka 83, Jiříkovice, CZ - 664 51

Kancelář: ASIO, spol. s r.o., Kširova 552/45, CZ - 619 00 Brno-Horní Heršpice
Tel.: +420 548 428 111, fax: +420 548 428 100, GSM: +420 606 743 368, e-mail: asio@asio.cz

Ceník 2014

platný od: 1. 1. 2014

ČISTÍRNY ŠEDÝCH VOD

AS-GW AQUALOOP

katalog. číslo	název	vnější rozměry	hmotnost	cena bez DPH
		Ø/H (L/B/H) [mm]	[kg]	[Kč]
	AS-GW-AQUALOOP/ 8	2 x 800/1400	40	65 900
	AS-GW-AQUALOOP/ 12	1300/700/1300	70	72 700
	AS-GW-AQUALOOP/ 18	2100/700/1300	150	107 400
	AS-GW-AQUALOOP/ 24	2800/700/1300	230	134 500
	AS-GW-AQUALOOP/ 30	3300/700/1300	280	156 600
	AS-GW-AQUALOOP/ 36	2 x 2100/700/1300	540	196 800
	AS-GW-AQUALOOP/ 48	2 x 2700/700/1300	650	228 300

Příslušenství:

katalog. číslo	název	popis	cena bez DPH
			[Kč]
	AS-AQUALOOP FK 30L	nosič biomasy 30 litrů	700
	AS-AQUALOOP FK 180L	nosič biomasy 180 litrů	4 100
	AS-RAINMASTER	automatická doplňovací jednotka	samostatný ceník