



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

STUDIE HOSPODAŘENÍ S VODOU V OBJEKTU RODINNÉHO DOMU S VYUŽITÍM PŘÍRODNÍCH ZPŮSOBŮ ČIŠTĚNÍ

STUDY OF THE WATER MANAGEMENT IN A FAMILY HOUSE WITH AN APPLICATION
OF NATURAL WASTEWATER TREATMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radka Kiszová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA HYÁNKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Radka Kiszová
Název	Studie hospodaření s vodou v objektu rodinného domu s využitím přírodních způsobů čištění
Vedoucí práce	Ing. Eva Hyánková, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- PLOTĚNÝ K. Dělení vod, bílé a šedé vody – nové poznatky a možnosti využití, Sborník semináře Vodohospodářské chuťovky Brno, ASIO, spol. s r.o. 2011, s. 21–27.
- Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku. Ústav pro ekopolitiku, www.ekopolitika.cz, 43 s.
- BIELA, R.; RACLAVSKÝ, J.; HLUŠTÍK, P.; RAČEK, J. Problematika využití šedých a dešťových vod v budovách. In Vodní systém měst zatížený významnými antropogenními změnami. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2011. s. 16-21.
- VRÁNA, J. Dimenzování zařízení pro využití šedé a dešťové vody. In 16. mezinárodní konference Sanhyga Piešťany 2011. TZB SvF STU Bratislava, 2011, s. 77-82,
- ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V.: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod, Praha 2006, 283 s., ISBN 80-86769-74-7
- MLEJNSKÁ, E., ROZKOŠNÝ, M., BAUDIŠOVÁ, D., VÁŇA, M., WANNER, F., KUČERA, J.: Extenzivní způsoby čištění odpadních vod, VUV TGM v.v.i, Praha, 2009, 118s.
- KADLEC, R.H., WALLACE, S.D.: Treatment wetlands, Boca Raton 2009, 1016 p., ISBN 978-1-56670-526-4
- HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J., PRAX, P.: Příručka stokování a čištění, Brno 2001, 251 s., ISBN 80-86020-30-4

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce bude z části koncipována jako literární rešerše v oblasti čištění a znovu využití dešťových a odpadních vod z rodinného domu. Rozebrány zde budou zdroje odpadních vod, dělení těchto vod, možnosti opětovného využití (dešťové vody, šedé vody, vyčištěné odpadní vody). Pro čištění odpadních vod bude pozornost zaměřena na systém čištění pomocí kořenové čistírny.

Druhou částí práce bude aplikace získaných poznatků pro vypracování studie komplexního řešení hospodaření s vodou v objektu konkrétního rodinného domu. Studie bude obsahovat jak textovou, tak výkresovou část.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Eva Hyánková, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřená na hospodaření s vodou v objektu rodinného domu s využitím přírodních způsobů čištění. Práce je z části koncipována jako literární rešerše v oblasti čištění a znovu využití dešťových a odpadních vod z rodinného domu. Jsou zde rozebrány zdroje odpadních vod, jejich dělení, způsoby čištění a možnosti opětovného využití. U čištění odpadních vod je hlavní pozornost zaměřena na systém čištění pomocí kořenové čistírny. Druhou částí práce je studie komplexního řešení hospodaření s vodou v konkrétním objektu rodinného domu. Je zde zpracován výpočet množství odpadních vod z domácnosti při počtu 5 ekvivalentních obyvatel, návrh jejich čištění a akumulace a výpočet předpokládaného množství zachycených dešťových vod. Pro vyčištěné odpadní vody a pro vody dešťové je navržena společná akumulace a následné využití v domácnosti pro splachování a praní a na zahradě pro závlahu.

KLÍČOVÁ SLOVA

čištění odpadních vod, hospodaření s vodou, znovu využití odpadních a dešťových vod, kořenová čistírna, přírodní čištění vod

ABSTRACT

Bachelor thesis focuses on water management in the family house using natural treatment of waste water. Text partially deals with research in the area of treatment and reusing of rain and waste water in the case of a family house. Thesis concentrates on sources of waste water, their division and possibilities of reuse. When talking about waste water, main aim is to explain root waste water treatment.

Second half of the text presents complex solution of water management in one particular family house. The actual amount of waste water is calculated for number of five equivalent residents, suggestion of its treatment, accumulation and enumeration of presumed amount of rain water captured. Shared storage is designed for both waste water treatment and rain water. This storage is subsequently used for flushing, washing and garden irrigation.

KEYWORDS

waste water treatment, water management, waste and rain water reuse, root waste water treatment, natural waste water treatment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Radka Kiszová *Studie hospodaření s vodou v objektu rodinného domu s využitím přírodních způsobů čištění*. Brno, 2017. 59 s., 65 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Eva Hyánková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2017

Radka Kiszová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 26. 5. 2017

Radka Kiszová
autor práce

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	Ing. Eva Hyánková, Ph.D.
Autor práce	Radka Kiszová
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav vodního hospodářství krajiny
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Název práce	Studie hospodaření s vodou v objektu rodinného domu s využitím přírodních způsobů čištění
Název práce v anglickém jazyce	Study of the water management in a family house with an application of natural wastewater treatment
Typ práce	Bakalářská práce
Přidělovaný titul	Bc.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	PDF
Abstrakt práce	<p>Bakalářská práce je zaměřena na hospodaření s vodou v objektu rodinného domu s využitím přírodních způsobů čištění. Práce je z části koncipována jako literární rešerše v oblasti čištění a znovu využití dešťových a odpadních vod z rodinného domu. Jsou zde rozebrány zdroje odpadních vod, jejich dělení, způsoby čištění a možnosti opětovného využití. U čištění odpadních vod je hlavní pozornost zaměřena na systém čištění pomocí kořenové čistírny.</p> <p>Druhou částí práce je studie komplexního řešení hospodaření s vodou v konkrétním objektu rodinného domu. Je zde zpracován výpočet množství odpadních vod z domácnosti při počtu 5 ekvivalentních obyvatel, návrh jejich čištění a akumulace a výpočet předpokládaného množství zachycených dešťových vod. Pro vyčištěné odpadní vody a pro vody dešťové je navržena společná akumulace a následné využití v domácnosti pro splachování a praní a na zahradě pro závlahu.</p>
Abstrakt práce v anglickém jazyce	<p>Bachelor thesis focuses on water management in the family house using natural treatment of waste water. Text partially deals with research in the area of treatment and reusing of rain and waste water in the case of a family house. Thesis concentrates on sources of waste water, their division and possibilities of reuse. When talking about waste water, main aim is to explain root waste water treatment.</p> <p>Second half of the text presents complex solution of water management in one particular family house. The actual amount of waste water is calculated for number of five equivalent residents, suggestion of its treatment, accumulation and enumeration of presumed amount of rain water captured. Shared storage</p>

is designed for both waste water treatment and rain water. This storage is subsequently used for flushing, washing and garden irrigation.

Klíčová slova čištění odpadních vod, hospodaření s vodou, znovu využití odpadních a dešťových vod, kořenová čistírna, přírodní čištění vod

Klíčová slova waste water treatment, water management, waste and rain water reuse, root waste
v anglickém jazyce water treatment, natural waste water treatment

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat své vedoucí práce za cenné rady, zapůjčení důležitých materiálů a čas věnovaný konzultacím. Toto poděkování věnuji rovněž ostatním vyučujícím za podporu a jejich trpělivost.

OBSAH

1.	Úvod.....	4
2.	Cíl práce	5
3.	Literární řešerše.....	6
3.1.	Hospodaření s vodou	6
3.2.	Přímé úspory	8
3.3.	Nepřímé úspory	10
3.3.1.	Voda ze studny	10
3.3.2.	Dešťová voda.....	11
3.3.2.1.	Vlastnosti dešťových vod.....	12
3.3.2.2.	Požadavky na kvalitu dešťové vody.....	13
3.3.2.3.	Čištění dešťové vody.....	14
3.3.2.4.	Výpočet množství srážek	14
3.3.3.	Recyklace odpadních vod.....	16
3.3.3.1.	Vlastnosti odpadních vod.....	18
3.3.3.2.	Požadavky na kvalitu vyčištěné odpadní vody.....	19
3.3.3.3.	Čištění odpadních vod.....	20
3.3.4.	Přírodní způsoby čištění odpadních vod.....	23
3.3.4.1.	Mechanické předčištění u extenzivních způsobů čištění OV	26
3.3.4.2.	Biologické nádrže.....	28
3.3.4.3.	Zemní filtry	29
3.3.4.4.	Kořenové čistírny	30
3.3.4.5.	Filtrační materiály	35
3.3.4.6.	Kalové a odpadové hospodářství.....	37
3.3.5.	Výpočet množství odpadních vod	37
4.	Studie rodinného domu	40
4.1.	Obsah a cíl studie	40
4.2.	Všeobecná charakteristika zájmového území.....	40
4.3.	Popis objektu – současný stav	42

4.4.	Vstupní podklady	42
4.5.	Nový návrh hospodaření s odpadní vodou	43
4.5.1.	Návrh přímých úspor	43
4.5.2.	Výpočet množství odpadních vod a návrh čištění	44
4.5.2.1.	Výpočet množství odpadních vod a znečištění	44
4.5.2.2.	Návrh biologického septiku	44
4.5.2.3.	Parametry septiku	46
4.5.2.4.	Kalové hospodářství	46
4.5.2.5.	Návrh kořenové čistírny odpadních vod	47
4.5.3.	Výpočet množství srážkových vod	47
4.5.4.	Návrh akumulace	48
4.5.4.1.	Provozní voda v domě	48
4.5.4.2.	Kapková závlaha	49
4.5.4.3.	Návrh akumulční nádrže	50
5.	Závěr	51
6.	Použité Zdroje	53
7.	Seznam tabulek	56
8.	Seznam obrázků	57
9.	Seznam použitých zkratk	58
10.	Seznam příloh	59

1. ÚVOD

Voda je nezastupitelný přírodní zdroj, který podmiňuje existenci všech živých organismů. Místně i časově je to však zdroj omezený a vyčerpatelný. ^[1] Vzhledem k neustále rostoucí populaci na planetě a jejím využíváním přírodních zdrojů je více než nutné hledat nové způsoby, jak s touto nenahraditelnou surovinou hospodařit, abychom ji zachovali i pro další generace.

Kvalitu a množství pitné vody, stejně jako kvalitu povrchových i podzemních vod přímo ovlivňuje způsob nakládání s použitou vodou. ^[2] Po staletí byly k čištění odpadních vod používány přírodní ekosystémy. ^[3] Ještě před půl stoletím obyvatelé venkovských oblastí využívali organický odpad jako hodnotný zdroj pro hnojení orné půdy nebo luk. Tento způsob likvidace odpadních vod však způsobil nenávratné poškození mnohých hodnotných ekosystémů. ^[3] V dnešním urbanizovaném prostředí odvádíme rozsáhlou kanalizační sítí jak vody odpadní, tak i srážkové, čímž dochází ke snižování zásob podzemní vody, která je pro úpravu na vodu pitnou nejvhodnější. Pro udržení přírodního koloběhu a zachování principů udržitelného rozvoje je nutná změna dosavadního způsobu nakládání s vodami, spočívající v přechodu z centrálního systému odvodnění na systém decentrální, tedy místo odvádění vod dešťových společně se splaškovými pryč z území, jejich využití v místě vzniku. Nejvhodnějším způsobem se tak jeví využívání extenzivních technologií čištění odpadních vod, jejich znovu využití a vhodném způsobu využití vod dešťových.

2. CÍL PRÁCE

Cílem této práce je přiblížit problematiku hospodaření s vodou v objektu rodinného domu s využitím přírodních způsobů čištění. Práce je z části koncipována jako literární rešerše v oblasti čištění a znovu využití dešťových a splaškových vod.

Hlavní pozornost je věnována hospodaření s vodou, jeho cílům a možnostem. Podrobněji jsou rozebrány možnosti snížení potřeby pitné vody jak přímými úsporami, tak recyklací použité vody. Zde je kladen důraz na přírodní (extenzivní) způsoby čištění odpadních vod od malých producentů.

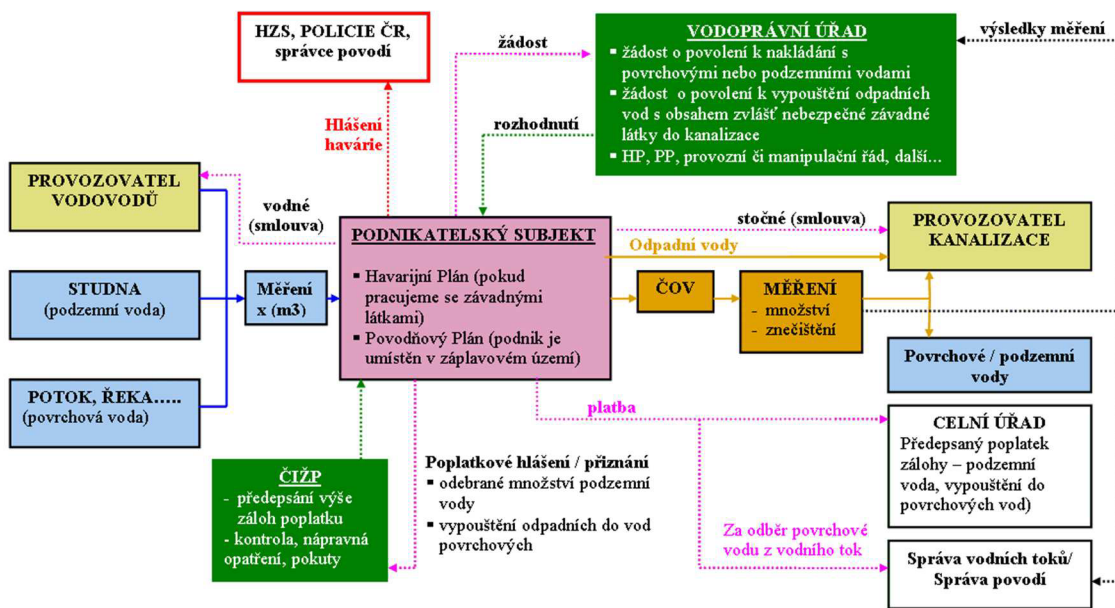
Druhá část práce si klade za cíl zpracovat studii hospodaření s vodou v konkrétním objektu rodinného domu. Je zde zpracován návrh na úsporná opatření pitné vody použitím vhodných zařizovacích předmětů, dále výpočet množství odpadních vod z domácnosti při pěti ekvivalentních obyvatelích, návrh jejich čištění pomocí certifikovaného biologického septiku a kořenové čistírny odpadních vod a akumulace a výpočet předpokládaného množství zachycených dešťových vod. Pro vyčištěné odpadní vody a pro vody dešťové je navržena společná akumulace a následné využití této vody jako vody provozní pro splachování a praní a na zahradě pro závlahu. Studie zpracovává hospodaření s vodami pro rodinný dům č. p. 455 v obci Libhošť.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1. Hospodaření s vodou

Hospodaření s vodou je obsáhlá problematika a zahrnuje řadu dílčích procesů. Jejím cílem je hledání možností, jak snížit spotřebu vody, nebo alespoň potřebu pitné vody a zároveň snaha o snížení míry znečištění při navrácení použité vody zpět do přírody, která by při nedostatečném vyčištění negativně ovlivnila jakost vody v recipientu a následně celou řadu dalších činitelů životního prostředí. Zároveň také hledá možnosti snížení potřebného množství chemikálií pro úpravu vody, čímž by došlo ke zlepšení ekonomické efekty provozu. Snaží se nalézat nové způsoby, jak nahradit vodu z veřejného vodovodu vlastním zdrojem nebo místo vody podzemní využít vodu povrchovou apod. Bere v potaz i to, že za vodu z vlastního zdroje lze platit méně než za vodu z veřejného vodovodu, stejně jako za vodu povrchovou místo vody podzemní.

Hospodaření s vodou se věnuje obor vodní hospodářství (dále „VH“). Mezi jeho nejdůležitější úkoly patří zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Svou činností směřuje k ochraně, využití a rozvoji vodních zdrojů a také k ochraně před škodlivými účinky vod, zajišťuje podmínky pro nakládání a ochranu vod v určitém krajinném prostoru. VH své činnosti a zodpovědnost provádí podle ustanovení platné legislativy a mezinárodních směrnic a dohod. Ve veřejném zájmu a pro naplnění celospolečenských potřeb plní úkoly, jako jsou ochrana a rozvoj trvale udržitelného užívání vodních zdrojů, vytváření vhodných podmínek pro potřebnou dostupnost kvalitní pitné vody a pro odvádění a čištění použitých vod apod.



Obr. č. 1: Přehled vodního hospodářství v ČR [24]

„Základním právním předpisem Evropského parlamentu a Rady ustavujícím rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky členských států je směrnice 2000/60/ES z 23. října 2000. Ochranu vod, jejich využívání a práva k nim upravuje zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Některá jeho paragrafová ustanovení jsou upřesněna či rozvedena tzv. podzákonými předpisy (nařízení vlády, vyhlášky). Ministerstvo životního prostředí společně s Ministerstvem zemědělství každoročně předkládá vládě Zprávu o stavu vodního hospodářství v České republice, která popisuje a hodnotí stav jakosti a množství povrchových a podzemních vod i související legislativní, ekonomické, výzkumné a integrační aktivity.“ [4]

Státní správu vykonávají vodoprávní úřady a Česká inspekce životního prostředí, a to podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v platném znění.

Vodoprávními úřady jsou:

- **Obecní úřady** (upravují, omezují, případně zakazují obecné nakládání s povrchovými vodami); pověřené obecní úřady (povolují především odběr a jiné nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami hlavně pro potřeby jednotlivých občanů/domácností)
- **Újezdní úřady na území vojenských újezdů** (státní správa na území vojenských újezdů v rozsahu potřeb zajištění obrany státu a výcviku ozbrojených sil)
- **Obecní úřady obcí s rozšířenou působností** (uplatňují stanoviska k územním plánům a regulačním plánům, s výjimkou územních plánů těchto obcí)
- **Krajské úřady** (jejich činnost v oblasti vodního hospodářství je rozsáhlá, podrobně je rozvedena ve výše uvedeném zákoně)
- **Ministerstva jako ústřední vodoprávní úřad** (působnost ústředního vodoprávního úřadu vykonává Ministerstvo zemědělství, není-li zákonem stanoveno jinak) ^[5]

Prvním krokem v hospodaření s vodami je náš vztah k vodě. Lepšího nakládání s vodami můžeme docílit několika způsoby, v zásadě je lze rozdělit na úspory přímé a nepřímé.

3.2. Přímé úspory

Přímé úspory znamenají změnu návyků, jako například mytí nádobí pod tekoucí vodou, puštěná voda při mytí zubů, denní koupání místo sprchování a další. Také je zde zahrnuto využití spořicích mechanismů, bezvodých zařizovacích předmětů a úsporných spotřebičů.

V domácnosti můžeme bez výrazného osobního omezení zavést **perlátory a šetřiče vody**, kterými osadíme baterie u umyvadla, dřezu i sprchy. Obecně je uvažováno s 50–60% úsporou vody oproti baterii bez perlátoru či šetřiče.

Sprchováním spotřebujeme zhruba 70 l vody (za předpokladu, že netrávíme pod tekoucí vodou zbytečně hodně času), zatímco koupáním asi 120 l.

Mytím nádobí ve dřezu spotřebujeme zhruba 20 l teplé vody, mytím pod tekoucí vodou nám proteče až 40 l, kdežto myčka spotřebuje zhruba 15 l vody studené.

U **praní prádla** musíme brát v úvahu hned několik parametrů. Zde záleží na výrobci pračky, zvoleném pracím programu a typu prádla. Důležité je tedy správný výběr pračky a následně pracích programů.

Toalety představují další významný faktor při snižování spotřeby vody. Zatímco starší, klasické modely mají pouze jednu variantu splachování, modernější úsporné toalety mají varianty 2, buď s možností spláchnutí 9 nebo 6 litry vody, nebo už i s možností spláchnutí pouhými 4,5 nebo 3 litry vody. Další varianty jsou chemické toalety, suché toalety, toalety s vysoušením nebo separační toalety. Ty jsou však uživatelsky nekomfortní, proto se uplatní pouze v místech, kde není možnost napojení na systém odvádějící odpadní vody.

Kapková závlaha pak představuje nejekonomičtější zalévání rostlin, ať už zeleniny, květin nebo živého plotu. Oproti běžnému zalévání můžeme kapkovou závlahou ušetřit až 75 % vody. Zároveň má tento způsob zalévání i další výhody, například závlahou kořenů se omezuje růst plevelů a plíseň rostlin, distribuce hnojiva přímo k rostlinám, aniž by uživatel trávil spoustu času klasickým zaléváním.



Obr. č. 2: Příklad kapkové závlahy nadzemní ^[25]



Obr. č. 3: Příklad pokládky kapkové závlahy podzemní ^[26]

K zalévání zahrady můžeme provozní vodu využít také pomocí postřikovačů, ty jsou určeny pro velké plochy (trávníky), ale nejsou příliš úsporné. Přehled možných přímých úspor znázorňuje následující tabulka:

Způsob využití provozní vody	Potřeba provozní vody	
	Úsporná zařízení	Neúsporná zařízení
Toalety v domácnosti	24 l/(osoba . den)	45 l/(osoba . den)
Toalety 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 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)	

Tab. č. 1: Potřeba provozní vody pro různá využití v budově^[6]

3.3. Nepřímé úspory

Mezi nepřímé úspory lze zařadit použití vlastních zdrojů vody (studny), srážkové vody a recyklované vody. Takovou vodu můžeme použít zpravidla jako vodu provozní. Provozní voda se uplatní při splachování toalet, praní prádla nebo zalévání zahrad. Splachování toalet představuje zhruba 31–32% celkové potřeby vody v domácnosti, praní asi 12 %.^[6]

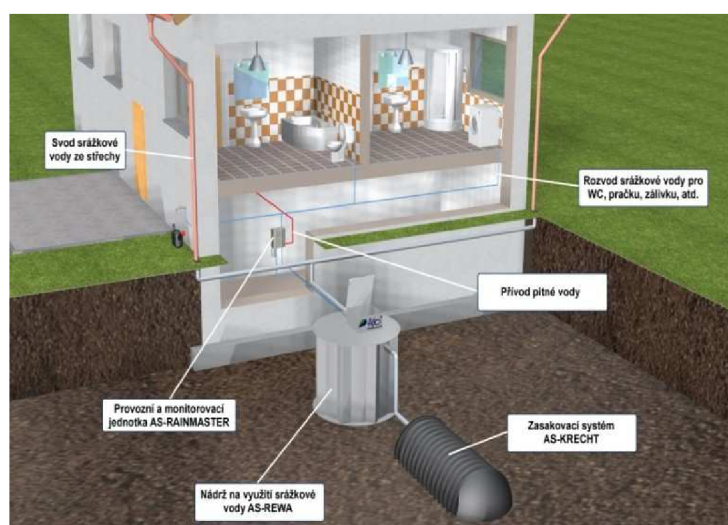
3.3.1. Voda ze studny

Voda ze studny může nahradit i vodu pitnou, pouze však při dostatečné kvalitě jímané vody. Výhodnost studny závisí na několika faktorech, jako jsou náklady na její vybudování vs. náklady na vybudování vodovodní přípojky (v případě možnosti využití

jako vody pitné), kvalita čerpané vody a případná potřeba její úpravy, tudíž se výhodnost nedá shrnout do obecné roviny.

3.3.2. Dešťová voda

Dešťová voda svedená ze střech objektů a kumulovaná do dešťové jímky se dobře uplatní jako voda provozní. Takto získáme vodu s minimálními nároky na úpravu. Dešťová jímka se dimenzuje podle potřeby vody provozní. Obvykle se navrhuje na pokrytí 14 až 21 dní. Cena jímky pro rodinný dům se pohybuje okolo 15 tis. Kč. Náklady na kompletní sestavu, která obsahuje přečištění, zařízení na čerpání do rozvodu vody (odděleného od rozvodu pro vodu pitnou) a doplňování vodou pitnou v případě nedostatku srážkové, se pohybují okolo 45 tis. včetně montáže. Autoři Rešerše o hospodaření s vodou, ze které v kapitolách 3.2 a 3.3 čerpám, uvádějí návratnost u čtyřčlenné rodiny 13 let, životnost systému pak 30 let.



Obr. č. 4: Příklad využití srážkových vod ^[27]

Když hovoříme o vodě dešťové nebo srážkové, obvykle tím myslíme totéž, tedy vodu povrchovou vzniklou dešťovými srážkami. V ČR zatím nejsou tyto termíny sjednoceny ani v legislativě. Například v zákoně č. 254/2001 Sb. („vodní zákon“) se píše

o vodě srážkové, zatím co ve stavebním zákoně č. 183/2006 Sb. je tato voda označována jako dešťová.

Využití vody dešťové je v současném konceptu udržitelného rozvoje jedním z hlavních témat. Podstatou hospodaření s dešťovými vodami (dále HDV) je udržení přirozených odtokových poměrů takových, jaké byly před urbanizací. Hlavní snahou HDV je vytvoření tzv. decentralizovaného způsobu odvodnění, tedy zpracování srážkového odtoku v místě jeho vzniku a vracení jej zpět do přirozeného koloběhu vody. Toho se nejlépe dosahuje zasakováním dešťových vod do půdy. Ve vyspělých zemích již tento model funguje, u nás jej teprve zavádíme. „Příkladem mohou být povinnosti vyplývající z novelizovaného vodního zákona, Plánu hlavních povodí ČR, Politiky územního rozvoje ČR nebo Vyhlášky 269/2009 Sb.“^[7]

3.3.2.1. Vlastnosti dešťových vod

Protože dešťová voda vzniká výparem, mohlo by se zdát, že je čistá. Avšak už v atmosféře se srážky setkávají s různými chemickými látkami. V atmosféře jsou látky jak z přirozeného prostředí (uhličitán vápenatý, uhličitán hořečnatý, amoniakální dusík), tak z antropogenních zdrojů znečištění (kyselina sírová, dusičná, chlorovodíková). Při průchodu atmosférou na sebe srážky tyto znečišťující látky vážou (mokrý depozice), říkáme, že při dešti se atmosféra čistí. V následující tabulce je znázorněno, jak mohou být dešťové srážky znečištěny při dopadu na zemský povrch.

	Ca	Mg	Na	K	NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Fe	Mn	Pb	Zn	F
mg/l	0,37	0,06	0,25	0,19	0,9	1,7	0,31	2,4	0,017	0,007	0,002	0,007	0,012

Tab. č. 2: Chemické složení srážek v ČR – průměrné hodnoty koncentrací naměřené ČHMÚ ve stanici Košetice v roce 2004^[19]

V atmosféře probíhá také suchá depozice, to znamená, že některé látky se nevyplaví srážkami, ale dopadají na povrch v suché formě.

Při dešti jsou pevné částice usazené na povrchu spláchnuty a odneseny společně s dešťovou vodou. V případě, že se zabýváme složením srážkových vod, musíme brát v úvahu jak rozpuštěné a nerozpuštěné látky, tak pevné částice, které se nahromadí na povrchu během bezdeštného období a znečištění, které vznikne při kontaktu dešťové vody s materiály, s nimiž přijdou do styku.

3.3.2.2. Požadavky na kvalitu dešťové vody

Abychom mohli dešťovou vodu využívat, nesmí znečištění takové, aby ohrozilo zdraví uživatelů, ohrozilo kvalitu pitné vody, omezilo komfort užívání vody nebo kontaminovalo životní prostředí.

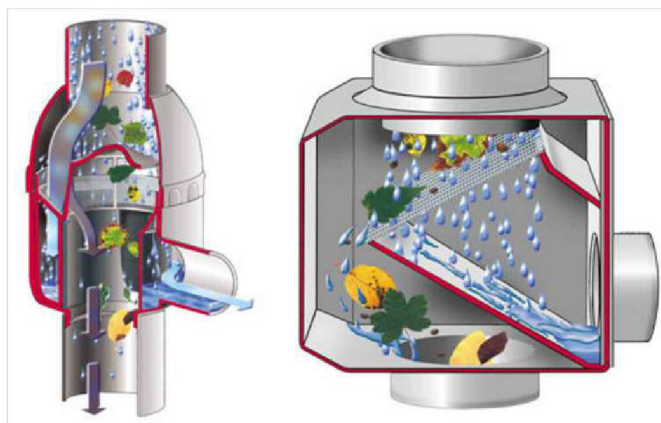
V následující tabulce jsou uvedeny požadavky na složení dešťové vody ze střech pro různé způsoby využití.

Druh znečištění	Požadavky na složení dešťové vody ze střech			
	Závlahy	Úklid	WC	Praní prádla
Nerozpuštěné látky	Inertní NL jsou neškodné	Při vyšších koncentracích nevhodné		Zpravidla nutná úprava (filtrace)
Organické látky	Inertní a lehce odbouratelné jsou neškodné	Zpravidla bez významu	Zpravidla bez významu	V obvyklých koncentracích bez významu
Těžké kovy	Nebezpečí akumulace v půdní vrstvě			
Pesticidy	Ohrožení rostlin a půdních organismů			
Mikroorganismy	Zpravidla bez významného vlivu			
Barva		Zpravidla bez významu	Nebezpečí obarvení	
Zápach			Zpravidla bez významu	
Agresivita vody			Podle složení vody a typu pračky	
Celkové posouzení	Dešťová voda ze střech je často mnohem vhodnější než pitná voda	Použití zpravidla bez omezení	Použití zpravidla bez omezení	V případě nadbytku dešťové vody a v kombinaci s pitnou vodou pro poslední fázi pracího procesu

Tab. č. 3: Požadavky na složení dešťové vody ze střech ^[19]

3.3.2.3. Čištění dešťové vody

Způsob čištění dešťových vod vybíráme podle způsobu jejich využití. Pokud chceme dešťovou vodu využít například pouze k mytí auta, která následně odeče do veřejné kanalizace, nemusíme se čištěním zabývat. Pro ostatní využití je vhodné použít některý ze způsobů čištění. Zde se uplatní filtrace a sedimentace.



Obr. č. 5: Příklad svodových okapových filtrů ^[19]

3.3.2.4. Výpočet množství srážek

Pro dimenzování jednotné nebo dešťové stokové sítě se podle ČSN EN 752-4; 1998 používají základní tři výpočtové postupy:

- **Jednoduché empirické metody.** Zde se uvažuje stacionární, rovnoměrný odtok. Jsou vhodné pro navrhování malých systémů stokových sítí.
- **Hydrologické metody** – jimi můžeme simulovat také stacionární nerovnoměrný odtok (obvykle se této možnosti nevyužívá). Uplatní se při navrhování velkých systémů stokových sítí.
- **Hydrodynamické metody** „jsou založeny na matematicko-fyzikálním popisu nestacionárního, nerovnoměrného odtoku ve zvolených geometrických podmínkách při proudění s volnou i napjatou hladinou.“ ^[8] Tyto metody můžeme použít ke komplexnímu posouzení systému stokových sítí.

Dále nastíním výpočet první z výše jmenovaných metod, nazývanou také „racionální metoda“. Ta vychází z obecného vzorce pro dimenzování jednotlivých stok na průtok dešťových vod.

$$\text{Základní vzorec: } Q = \Psi * S_s * q_s \quad [10^{-3} * m^3 * s^{-1}]$$

kde Q je maximální odtok dešťových vod v l/s,

Ψ je součinitel odtoku (větší než 0), bezrozměrná hodnota,

S_s je horizontálně měřená plocha povodí uvažována k počítané stoce,

q_s je intenzita směrodatného deště v l/(s*ha),

Způsob zástavby a druh pozemku		Součinitel odtoku Ψ při konfiguraci území		
		rovinné při sklonu do 1 %	svažité při sklonu 1 až 5 %	prudce svažité při sklonu nad 5 %
Budovy	v uzavřených blocích (vydlážděné nebo zastavěné dvory)	0,70	0,80	0,90
	v uzavřených blocích (uvnitř bloku zahrady)	0,60	0,70	0,80
	v otevřených blocích	0,50	0,60	0,70
	při volné zástavbě (izolované)	0,40	0,50	0,60
Rodinné domky	sdířené v zahradách	0,20	0,40	0,50
	izolované v zahradách	0,20	0,30	0,40
Tovární objekty	starší typ (hustější zástavba)	0,50	0,60	–
	nový typ (volné a travnaté plochy)	0,40	0,50	–
zpevněné pozemní komunikace (např. asfalt, beton, dlažba)		0,70	0,80	0,90
nezpevněné pozemní komunikace (např. štěrk)		0,50	0,60	0,70
Železniční pozemky		0,25	–	–
Hřbitovy, sady, hřiště		0,10	0,15	0,20
Zelené pásy, pole, louky		0,05	0,10	0,15
Lesy		0,00	0,05	0,10

Tab. č. 4: Doporučené součinitele Ψ odtoku pro výpočet stokové sítě racionální metodou ^[8]

Intenzitu deště získáme výpočtem nebo z tabulky vytvořené na základě statistických měření, pro tento případ volím tabulku.

Místo	doba trvání deště (min)								
	5	10	15	15	15	15	30	60	60
	periodicita deště								
	1	1	5	1	0,5	0,2	1	1	0,5
	intenzita deště (l/s.ha)								
Brno	220	163	62	129	161	203	76	44	74
České Budějovice	200	144	56	113	144	190	69	40	72
Hradec Králové	250	155	55	113	143	182	66	37	62
Jihlava	220	157	54	121	158	210	72	42	75
Karlovy Vary	212	139	52	107	139	184	65	38	68
Olomouc	260	172	62	130	162	206	77	45	73
Ostrava	242	167	66	128	157	198	76	44	73
Plzeň	218	150	51	116	150	196	68	40	69
Praha	240	163	57	126	164	217	72	41	75
Zlín	243	174	69	138	170	213	82	48	78
Znojmo	260	180	57	136	175	229	82	47	82

Tab. č. 5: Intenzita dešťů v některých místech ^[20]

3.3.3. Recyklace odpadních vod

Recyklace odpadních vod je dalším významným způsobem, jak šetřit vodu pitnou. V dnešní době máme dostatečně vyspělou techniku na čištění odpadní vody městského charakteru tak, aby ji bylo možné znovu využít, zpravidla jako vodu provozní. Ačkoli se dnes architekti předhánají v efektivitě úspor energie na vytápění domů, úsporám za náhradu pitné vody vodou recyklovanou tolik pozornosti zatím nevěnují. Tento způsob získávání vody se zatím řeší převážně jen u objektů, kde není možnost napojení na veřejnou kanalizaci. Jedním z hlavních důvodů je pravděpodobně neznalost všeobecné veřejnosti i projektantů a následná nedůvěra k takto získané vodě.

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v § 38 odstavce 1 označuje odpadními vodami vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních

prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Jako odpadní vody jsou zde brány i vody průsakové z odkališť a skládek odpadů.

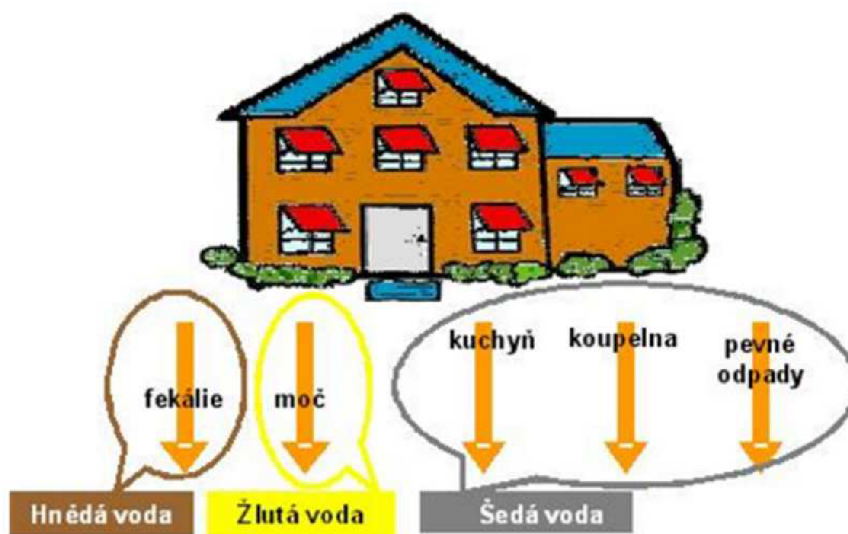
Odpadní vody jsou tedy jakékoliv vody, které prošly nějakým procesem použití a změnily (zhoršily) své vlastnosti (fyzikální, chemické, biologické). Obvykle se jedná o vody z povrchových nebo podzemních zdrojů, které byly po úpravě na vodu pitnou využity v domácnosti, průmyslu, zemědělství nebo jiných institucích. Jsou znečištěné směsí ve vodě rozpustných nebo rozptýlených látek. Z hlediska původu rozeznáváme látky organické, minerální, toxické nebo i s obsahem patogenních mikroorganismů.

Podle normy ČSN 756101 odpadní vody dělíme podle původu a druhu znečištění na vody dešťové (povrchové a smíšené), splaškové, průmyslové, vody ze zemědělství a zemědělské výroby, infekční, balastní a ostatní odpadní vody. Tato práce je zaměřena především na odpadní vody malých producentů, tedy odpadní vody městského charakteru, především OV splaškové.

Zatímco je v současné době zatím nepoužívanějším způsobem čištění komunálních odpadních vod svedení kanalizací, často jednotnou (splaškovou i dešťovou) do centrální mechanicko-biologické čistírny OV, v průmyslu probíhá proces čištění OV smysluplněji, a to jak ve smyslu ekonomickém, tak ekologickém. Základním principem v průmyslu je snaha o vyhnutí se ředění. Obvykle se průmyslové vody separují podle parametrů znečištění a čistí se individuálně. Jedná se především o vody, které nelze zpracovávat v městských čistírnách OV. Tato myšlenka byla postupně převzata i pro čištění komunálních OV a v posledních letech se rozšiřuje snaha o její zavedení do praxe.

Jednotlivé koncepty podněcují k různým variantám dělení odpadních vod z domácností, přičemž jednotlivým druhům přiřazují barvy. V domácnostech, konkrétněji v rodinných domech nám tak vznikají vody černé, šedé, hnědé, žluté a bílé. Šedé vody jsou prakticky všechny vody z domácnosti, vyjma odpadů z WC. Pocházejí z

umyvadel, sprch, van, dřezů a z praní prádla. Jelikož je šedých vod v odpadních vodách z domácností nejvíce, především u nich se řeší problém její recyklace. Vyčištěná voda, která pocházela z vody šedé, se pak v tomto konceptu označuje za vodu bílou. Hnědá voda představuje fekálie, žlutá moč a dohromady jsou tyto dva druhy nazývány vodou černou.^[9] Pro názorné rozdělení odpadní vody z domácnosti přikládám tento obrázek, viz níže.



Obr. č. 6: Dělení odpadních vod na úrovni domácností^[2]

3.3.3.1. Vlastnosti odpadních vod

Městské odpadní vody se obvykle skládají z vod splaškových, průmyslových, srážkových a balastních. Protože má každé město/obec jiný podíl těchto vod, nelze vlastnosti městských vod zobecnit, proto používáme ukazatele průměrné koncentrace znečištění. Ta je uváděna v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek na litr.^[10] Nejvýznamnějším ukazatelem kvality městské odpadní vody je biologická spotřeba kyslíku (BSK_5), dále potom chemická spotřeba kyslíku (CHSK), N_{celk} , P_{celk} , hodnota pH a některé jejich poměry.

Splaškové odpadní vody vznikají v domech nebo zařízeních s podobným provozem, např. hotely, rekreační střediska, zdravotnické zařízení apod. Jsou to vody,

keré byly použity k osobnímu mytí, praní, mytí nádobí, splachování WC apod. Jsou charakteristické svou vyšší teplotou, obsahem dobře odbouratelných organických látek, pevných látek (fekálie, papír, zbytky jídel), saponátů a choroboplodných zárodků. Není přípustné tyto vody vypouštět do vod povrchových, ani podzemních bez předchozího čištění, protože by způsobily značné hygienické obtíže. Množství odpadních vod je závislé na denní spotřebě vody pitné.

3.3.3.2. *Požadavky na kvalitu vyčištěné odpadní vody*

Všechny odpadní vody je nutno vyčistit na takovou úroveň, aby při vrácení do přírody nezhoršily, ani neomezily kvalitu podzemních ani povrchových vod.

Přímé vypouštění odpadních vod do vod podzemních zakazuje „vodní zákon“. Povolení pro vypouštění vod do vod podzemních je možné schválit pouze výjimečně, a to v případě, že vody neobsahují nebezpečné závadné látky, z technického hlediska není možný jiný způsob odvádění a osoba s odbornou způsobilostí dojde k závěru, že vypouštěním nedojde k ovlivnění jakosti podzemních vod (§ 38 odst. 7).

Pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových (případně podzemních) je nutné vodohospodářské rozhodnutí, které stanoví nejvyšší hodnoty množství a znečištění vypouštěných vod. Při povolování vypouštění odpadních vod je vodoprávní úřad vázán ukazateli vyjadřujícími stav vody ve vodním toku, ukazateli a hodnotami přípustného znečištění povrchových vod atd., které stanoví Nařízení vlády ČR č. 61/2003 Sb. ve znění novelizace nařízení vlády ČR č. 23/2011 Sb.

Ve výše uvedené legislativě jsou stanoveny emisní a imisní limity. Emisní limity jsou maximální přípustné koncentrace ve vypouštěných odpadních vodách, stanovené závazně pro městské odpadní vody i pro jednotlivá odvětví průmyslu. U městských odpadních vod jsou stanoveny limity koncentrace BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N-NH⁴⁺ a P-celk. Imisní limity jsou hodnoty koncentrace ve vodním recipientu, které by po vypouštění odpadních vod neměly být překročeny ani při nejméně příznivých hydrologických

poměrech. Imisní limity nejsou závazné, ukazují spíše na cílový stav, ke kterému by se vodní hospodářství mělo ubírat v souladu s ekonomickými možnostmi státu. ^[10] Vodohospodářské rozhodnutí však může stanovit přísnější limity, než stanovuje legislativa.

Tabulka maximálních emisních standardů ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod pro městské odpadní vody podle přílohy č. 1a Nařízení vlády č. 401/2015 Sb:

Kategorie ČOV [EO]	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk} ³⁾	P _{celk}
< 500	220	80	80	-	-	-
500 - 2 000	180	60	70	40	-	-
2 001 - 10 000	170	50	60	30	-	8/10 *
10 001 - 100 000	130	40	50	-	15	6
>100 000	125	30	40	-	10	3

* Tuto hodnotu stanoví vodoprávní úřad

Tab. č. 6: Maximální emisní standardy podle Nařízení vlády ^[7]

3.3.3.3. Čištění odpadních vod

Cílem čištění odpadních vod je odstranění, nebo alespoň snížení kontaminantů na takovou úroveň, aby vyčištěná voda byla zdravotně nezávadná.

Přípustnou minimální účinnost čištění vypuštěných odpadních vod (minimální procento úbytku) v procentech je uvedeno v tabulce č.1b Nařízení vlády č. 401/2015 Sb:

Kategorie ČOV [EO]	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	N _{celk} [*]	P _{celk}
< 500	70	80	-	-	-
500 - 2 000	70	80	50	-	-
2 001 - 10 000	75	85	60	-	70
10 001 - 100 000	75	85	-	70	80
>100 000	75	85	-	70	80

* N_{celk} znamená celkový dusík a zahrnuje všechny formy dusíku

Tab. č. 7: Přípustná minimální účinnost čištění vypuštěných OV dle Nařízení vlády ^[7]

Technologií a postupů pro čištění odpadních vod existuje nepřehledné množství. Jsou to buď klasické mechanicko-biologické čistírny OV, nověji například membránové technologie, nebo v poslední době čím dál častější přírodní způsoby čištění OV.

Mechanicko-biologické čištění OV velkých producentů

Mechanicko-biologické čištění OV probíhá v čistírnách odpadních vod (ČOV), kde jsou svedeny odpadní vody stokovou soustavou z většího území pro velké množství obyvatel, jako jsou obce a města. Tento způsob čištění OV se skládá z několika samostatných stupňů:

- **Předčištění a mechanické čištění** (česle, síta a rozmělnovače shrabků)
- **Lapáky písků**
- **Lapáky tuků a plovoucích nečistot**
- **Flotace**
- **Usazování**
- **Biologické čištění**

Účinnost jednotlivých čistírenských technologií při koncentracích znečištění surové vody odpovídajících odstavci 4.1 ČSN 75 6402 (CHSK do 800 mg/l, BSK₅ do 400 mg/l,

P_{celk} do 15 mg/l, N_{celk} do 70 mg/l a pH v rozsahu 6,5 až 8,5) můžeme orientačně stanovit podle následující tabulky.

Technologie čištění odpadních vod	Účinnost čištění v %				
	BSK ₅	CHSK	NL	N-NH ₄	P-celk
Septik	15 až 30	0 až 20	50 až 60	-	-
Sedimentace	20 až 30	10 až 30	30 až 60	0 až 5	0 až 8
Rotační biofilmové reaktory (biodisky apod.)	80 až 90	60 až 85	65 až 90	5 až 70	5 až 20
Aktivační proces s biofilmovým reaktorem	80 až 95	70 až 90	80 až 90	65 až 95	15 až 25
Aktivační proces s $B_5 \leq 0,3\text{kg/kg}\cdot\text{d}$	80 až 90	60 až 85	85 až 90	5 až 30	15 až 25
Aktivační proces s $B_5 \approx 0,05\text{kg/kg}\cdot\text{d}$	85 až 95	70 až 90	85 až 90	5 až 30 65 až 95 ¹⁾	15 až 25
Biologické dočišťovací nádrže	65 až 70 80 až 90 ¹⁾	60 až 85	85 až 90	20 až 90	5 až 50
Zemní filtry	85 až 95	70 až 90	85 až 95	10 až 15	5 až 25
Vegetační čistírny	65 až 95	70 až 90	85 až 95	10 až 15	5 až 25

¹⁾ v letním období (tj. pro $T \geq 12^\circ\text{C}$)

Tab. č. 8: Orientační hodnoty účinnosti jednotlivých typů čistírenských technologií pro malé zdroje ^[22]

Mechanicko-biologické čištění OV malých producentů

Pro malé producenty, jako jednotlivé domy nebo skupiny domů, se používají tzv. balené neboli strojní čistírny. Ty jsou řešeny obvykle kompaktně a jsou montovány na místě provozu. Biologické čištění v nich probíhá v aerobních či anaerobních podmínkách nebo v kombinaci obou. Výrobky mívají certifikát o zkoušce daného typu, která stanovuje použitelnost typu, dosažitelné hodnoty kvality vod na odtoku atd. Vypadají jako uzavíratelné kontejnery ve tvaru válce nebo kvádrů. Rozměry bývají zhruba 1-2 m na šířku, 1,5-3 m na délku a 1,5-2,5 m do hloubky. Nejčastěji používanými materiály jsou beton, ocel, neměkčený polyvinylchlorid PVC-U, polyetylen PE, polypropylen PP nebo sklolaminát GRP. Z hlediska environmentálního je vhodnější materiál polyetylen či polypropylen než materiály z PVC.

Na trhu je už několik výrobců, kteří zpracovávají projekty a dodávají strojní domovní ČOV. V sortimentu najdeme rozdíly ve velikosti, materiálu, technologii a následné obsluze a samozřejmě i v ceně. Rozdíly jsou i v možnostech naprogramování

podle zatížení. Programy umožňují upravit chod čistírny pro výpadek produkce OV (např. dovolená) nebo naopak nárůst produkce (např. početnější návštěva). Výkopové a stavební práce se cení obvykle zvlášť. Je třeba počítat také s náklady na kanalizační přípojku z objektu do čistírny a z čistírny do recipientu. Také nesmíme opomenout potřebu elektrické energie pro řídicí jednotku (podle vybraného typu ČOV).

Čistírna musí být označena certifikátem shody výrobku (CE). Co všechno certifikát obnáší a jaké požadavky musí výrobek splnit je uvedeno v normě ČSN EN 12566-3. Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – část 3 (Balené a/nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod).^[11]

3.3.4. Přírodní způsoby čištění odpadních vod

Přírodní způsoby čištění (extenzivní) odpadních vod nejsou nové, závlahy odpadními vodami v suchých oblastech se praktikují již několik tisíciletí. Například kolem středověkých měst byly vybudovány umělé vodní nádrže, které fungovaly jako biologické nádrže k čištění splaškových vod vypouštěných z měst. Koncem 19. století některá evropská města jako Paříž, Berlín, Moskva a další, používala k čištění odpadních vod filtrační pole. V dnešní době přírodní způsoby čištění odpadních vod nejen navazují na historickou tradici, ale pokračují ve vývoji metod čištění na podstatně vyšší kvalitativní úrovni.^[12]

Tyto způsoby čištění jsou uplatnitelné především při čištění splaškových odpadních vod od malých producentů, jako jsou jednotlivé domácnosti, hotely, rekreační a restaurační zařízení, letní tábory, dílny a malé průmyslové závody a malé obce (obvykle do 1000 obyvatel). U nejmenších producentů, především jednotlivých domů nebo jejich skupinek můžeme využít zcela specifické využití přírodního čištění odpadních vod, kdy můžeme upravené znečištěné dešťové vody a vody z praní a koupání následně použít jako vodu užitkovou pro splachování nebo závlahu zahrady. Ostatní splaškové vody můžeme takto využít po zařazení předčištění v biologickém septiku před samotné čištění přírodním způsobem.^[12] Extenzivní způsoby nemůžeme využít u odpadních vod

s vysokým obsahem organického znečištění nebo zvýšeným množstvím tuků a olejů a u vod obsahujících toxické látky překračující mez toxicity. ^[12]

Velkou výhodou přírodních způsobů čištění odpadních vod jsou nízké konstrukční a provozní náklady oproti klasickým způsobům čištění odpadních vod a také fakt, že nevyžadují speciálně školenou obsluhu. ^[13] Mezi další přednosti patří možnost příznivého začlenění do okolního prostředí, v celkem jednoduchém technologickém provedení, minimální potřebě energie, v možnosti krátkodobého i dlouhodobého přerušení provozu a v poměrně dobré schopnosti čištění od zahájení provozu. ^[12] Také mohou být využity i v místech s výrazně nařazenými odpadními vodami nebo s nerovnoměrným hydraulickým zatížením. ^[13] I přes všechny tyto výhody jsou přírodní způsoby opomíjeny pro často zmiňovanou malou účinnost čištění, avšak neprávem. Nedostatky nespočívají v metodě čištění, ale nepropracovaností biologického či technického uspořádání, neznalostí některých investorů a projektantů nebo nekvalitní obsluze. Mezi oprávněné nevýhody patří náročnost na plochu (uvažuje se o 5 m² na ekvivalentního obyvatele), absence jednoduchých, snadno přemístitelných zařízení na odkalování nádrží či odstraňování přebytečné plovoucí biomasy.

Výsledný účinek těchto způsobů čištění závisí především na složení přitékající vody, zejména na hodnotě BSK₅, CHSK, amoniaku a dalších látek, dále pak na fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech prostředí, ve kterém čistící proces probíhá. Dále na hydraulických poměrech, typu filtrace, době zdržení protékajících OV, technologickém uspořádání a spoustě dalších kritérií. ^[12] Při využití přírodních metod čištění je třeba věnovat zvláštní pozornost procesu mechanického předčištění, v případě špatného návrhu, či dokonce při absenci předčištění dochází k rychlejšímu zanášení (zakolmatování) filtračního materiálu a tím snížení účinnosti čištění.

Extenzivní (přírodě blízké) způsoby čištění OV jsou založeny na biologických pochodech přirozeně probíhajících v půdním, vodním a mokřadním prostředí v úzkém spojení s vodní, mokřadní a terestrickou vegetací. Vegetace vytváří příznivé podmínky pro rozvoj mikroorganismů a zároveň využívá uvolněné rostlinné živiny jako dusík, fosfor a další z hlavních složek OV, čímž se přímo podílí na čistícím procesu. ^[12]

Přírodní způsoby čištění dělíme na půdní filtry, vegetační čistírny (půdní filtry s vegetací), biologické nádrže, akvakultury a bioeliminátory a závlahu odpadními vodami. Podrobné rozdělení je uvedeno v následující tabulce. ^[13]

Druh přírodního způsobu čištění	Možnosti využití zařízení
Půdní (zemní) filtry	
Vertikální proudění bez vegetace	Čištění a dočištění (úprava) srážkových
Horizontální proudění bez vegetace	splaškových (komunálních) vod
Kořenové čistírny odpadních vod (půdní filtry s mokřadní vegetací)	
Horizontální povrchové proudění,	Čištění OV a znečištěných povrchových
kombinace povrchového	vod v příznivých klimatických
podpovrchového proudění	podmínkách
Horizontální podpovrchové proudění	Čištění splaškových (komunálních) odpadních vod a jejich dočištění; celoroční provoz
Vertikální s prouděním směrem dolů	
Vertikální s prouděním směrem vzhůru	Čištění OV převážně v letním období
Biologické nádrže (součást stabilizačních nádrží)	
Aerobní nízkozatěžované	Čištění povrchových a splaškových OV
Aerobní vysokozatěžované	Čištění OV v klimaticky příznivých oblastech
Aerobní průběžně provzdušňované	Intenzivní čištění OV
Dočišťovací biologické nádrže	Dočištění OV za klasickými čistírnami
Anaerobní průtočné biologické nádrže	Anaerobní čištění předřazené aerobnímu
Anaerobní akumulární biologické	Čištění OV kampaňových producentů
Akvakultury a bioeliminátory	
Nádržní a žlabové akvakultury	Čištění a dočištění OV plovoucími makrofyty (okřehky), biosestonem (řasami)
Kombinace akvakultur s vegetací	Čištění splaškových a průmyslových OV
Bioeliminátory	Čištění OV ve žlabech s přepážkami z nárostů
Závlaha odpadními vodami (minimálně mechanicky čištěnými)	
Závlaha komunálními OV	Vegetační závlahy až celoroční provoz závlah
Závlaha průmyslovými OV	Vegetační provoz i mimovegetační závlahy
Závlaha zemědělskými OV	Vegetační závlahy silážními a provozními OV
Závlaha tekutým kalem a kejdou	Využití hnojivého účinku tekutých odpadů

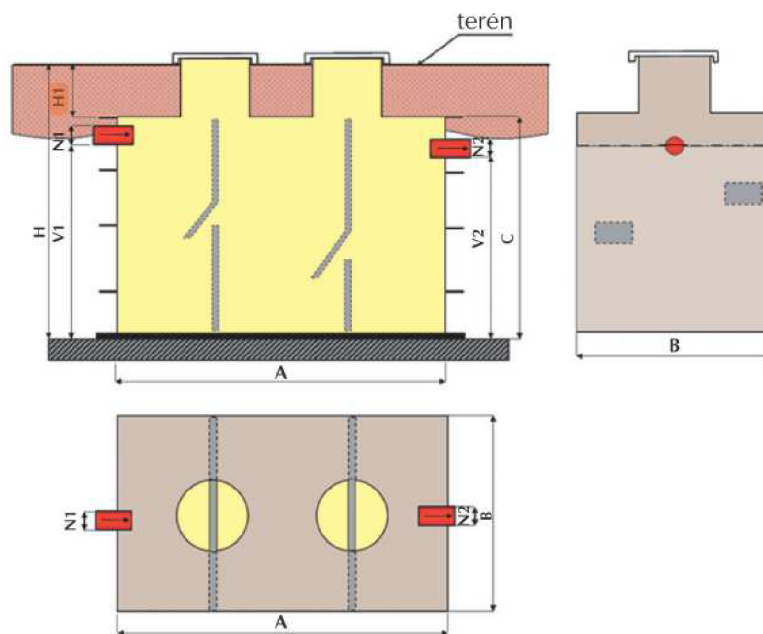
Tab. č. 9: Podrobné rozdělení přírodních způsobů čištění odpadních vod ^[12]

3.3.4.1. *Mechanické předčištění u extenzivních způsobů čištění OV*

V případě absence mechanického předčištění dochází k rychlému zanášení nerozpustnými látkami, dlouhodobému látkovému přetěžování nádrží a následně snižování účinnosti čištění odpadní vody. Mechanický stupeň čištění je tedy nezbytnou součástí každé čistírny OV.

Mechanické předčištění navrhujeme podle charakteru přitékajících odpadních vod. U jednotné kanalizace od většího množství EO, jako jsou sídliště nebo vesnice, se nejčastěji používá úplné mechanické čištění tvořené česlemi, lapákem písku, lapákem tuků a olejů a plně funkční usazovací nádrží. K předčištění OV od malých producentů (50 EO) se používá nejčastěji septik.

Pro účely této práce, tedy pro využití přírodních způsobů čištění odpadních vod pro rodinný dům je nejtypičtější použití septiku. Septik je v podstatě usazovací nádrž obdélníkového nebo kruhového půdorysu s přepadem, členěná na několik komor, obvykle tři. V septiku dochází k částečnému anaerobnímu odstraňování organických látek a ke stabilizaci usazeného kalu, rovněž anaerobně. Aby nedocházelo ke zhoršení kvality odtékající vody vyhnívajícím kalem, používají se septiky s více komorami a s prostupy chráněnými nornými stěnami, které sahají alespoň 15 cm nad hladinu a 30 cm pod hladinu. Ty zabraňují protékání plovoucího kalu z jedné komory do druhé.



Obr. č. 7: Schéma tříkomorového septiku ^[12]

Objem septiku se navrhuje na střední dobu zdržení v účinném prostoru a podle potřeby kalového prostoru. Střední doba zdržení se doporučuje 3 dny. K objemu účinného prostoru septiku se připočítá prostor pro kal o velikosti 50-60 % účinného prostoru. Účinný prostor má být minimálně 3 m³, nejmenší rozměry 1,3 m (hloubka od hladiny vody) x 0,9 m (světla šířka) x 1 m (světla délka). Kal se vyklízí při jeho dosažení do 1/3 užitečné výšky, minimálně však 1x za rok. Při vyklížení se nechává zhruba 0,15 m vyhnílého kalu pro tzv. zaočkování. ^[3] U septiků s více než 3 komorami (6-10) není nutné vyklížení každý rok.

Velikost septiku se vypočítá ze vzorce:

$$V = a * n * q * t \text{ [m}^3\text{]}$$

Kde: V je objem [m³]

a je součinitel kalového prostoru – obvykle a = 1,5

n je počet připojených obyvatel

q je specifická potřeba vody na osobu na den

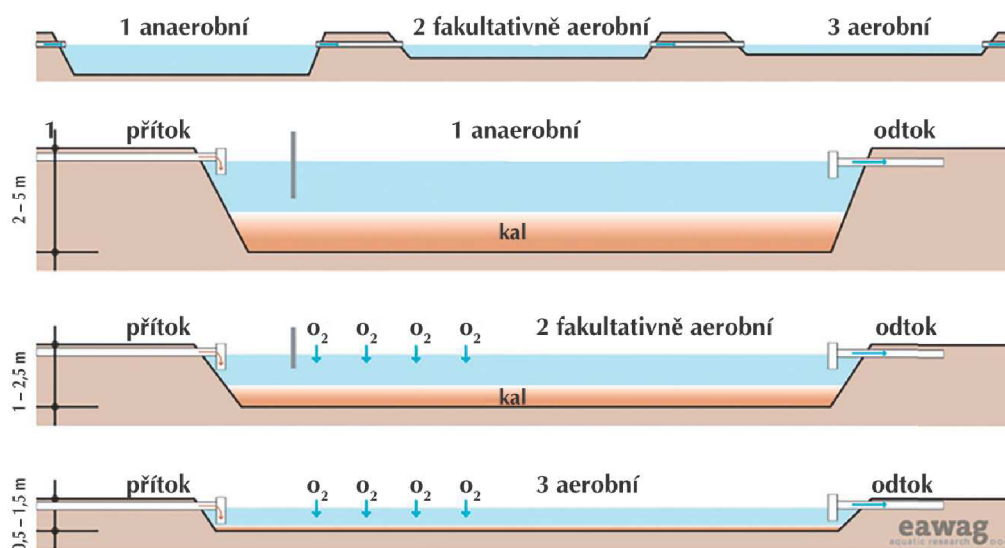
t je střední doba zdržení – obvykle t = 3 dny

3.3.4.2. Biologické nádrže

Biologické nádrže jsou v České republice využívány už více než 60 let. Při čištění odpadních vod se v nich uplatňují procesy mechanické, chemické a biologické (sedimentace, adsorpce, redukce, oxidace, srážení, bakteriální a rostlinný metabolismus).

Biologické nádrže lze rozdělit podle využití do čtyř základních skupin:

- anaerobní průtočné nebo akumulární
- nízko a vysoko zatěžované aerobní (neprovzdušňované, provzdušňované pouze v zimě nebo provzdušňované celoročně)
- dočišťovací
- nádrže s akvakulturami (nádržní a žlabové akvakultury, kombinace akvakultur s vegetací a bioeliminátory)



Obr. č. 8: Schématické znázornění různých typů biologických nádrží^[12]

Biologické nádrže mívají buď pravidelný tvar (obdélníkový, čtvercový, lichoběžníkový) nebo nepravidelný. Přítok a odtok bývá většinou jednoduchý, nejlépe umístěný diagonálně. Dno se izoluje jílovým těsněním, plastovými fóliemi nebo umělou kolmatací tak, aby odpadní vody nepronikaly do podloží. Návodní svahy se zpevňují buď

uměle (dlaždicemi, betonem) nebo pomocí přírodních způsobů (mokřadními rostlinami), aby byly ochráněny před půdní erozí. Dno se navrhuje ve sklonu 0,5-1,0 %. Teoretická doba zdržení OV v biologických nádržích by měla být minimálně 5 dní, lépe 8-12 dní. K zajištění sedimentace nerozpuštěných látek by hloubka vody měla být minimálně 1 m. Účinnost čištění odpadních vod v biologických nádržích do značné míry ovlivňují vedle návrhových parametrů i vnější činitele jako klimatické podmínky, fytoplankton či stárnutí systému. [13]

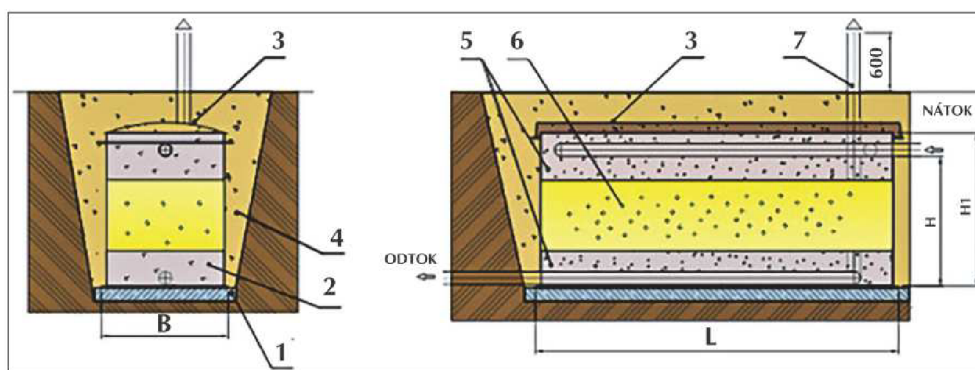
3.3.4.3. Zemní filtry

Zemní filtr je zařízení pro pomalou biologickou filtraci mechanicky předčištěné odpadní vody. Při čištění odpadních vod využívá schopnosti zrnitého materiálu podporovat chemické a biologické procesy. Je vhodný pro čištění komunálních vod bez nadměrného množství obtížně usaditelných minerálních částic a organického znečištění.

V zemních filtrech jsou díky nezatopenému objemu obvykle anoxické až oxické podmínky, které zajišťují lepší odstraňování amoniakálního dusíku. To je hlavní rozdíl oproti horizontálně podpovrchově protékaným kořenovým čistírnám. U zemních filtrů není hlavním procesem fyzikální filtrace, je tedy nutné kvalitní mechanické předčištění přítékajících odpadních vod a ochrana filtrační náplně před částicemi, které by ji mohly ucpávat. Pro správnou funkci a dostatečnou účinnost čištění OV v zemních filtrech je žádoucí převaha mikroorganismů žijících v oxických podmínkách (s volným kyslíkem). Filtrační náplň tedy musí být co nejlépe provzdušněná. Toho dosáhneme nezatopeným objemem a větráním tělesa zemního filtru nebo pulzním plněním a prázdňením. [3] Schopnost odstraňování fosforu je závislá na volbě vhodné náplně zemního filtru a na její sorpční kapacitě.

Pro umístění zemního filtru je důležitý výběr vhodného terénu s ohledem na hladinu podzemní vody, blízkost zdrojů pitné vody, výskyt dřevin s rozsáhlými kořeny, které by mohly ohrozit vodotěsnost tělesa zemního filtru a mimo plochu využívanou vozidly.

Výška filtračního lože by se měla pohybovat mezi 0,6 m a 1,0 m, při čemž by měla mít konstantní mocnost a homogenitu a horní úroveň vodorovnou. Délka přítokového nebo odtokového potrubí by měla být maximálně 30 m. Výškový rozdíl přítoku a odtoku se volí obvykle 1,2 m. Přítok odpadní vody do zemního filtru je nutno zkonstruovat na rovnoměrné rozdělení po celé ploše. Sběrný drén se musí opatřit odvětrávacím potrubím, vyvedeným minimálně 0,5 m nad úroveň terénu a opatřeným clonou, která brání znečištění odvětrávacího a sběrného potrubí zvenčí. [13]



LEGENDA: 1. pískové lože nebo betonová základová deska, 2. nádrž zemního filtru, 3. geotextilie, 4. zasypanou vykopanou zeminou, 5. šterk, 6. filtrační vrstva písku, 7. odvětrání

Obr. č. 9: Schéma zemního filtru [12]

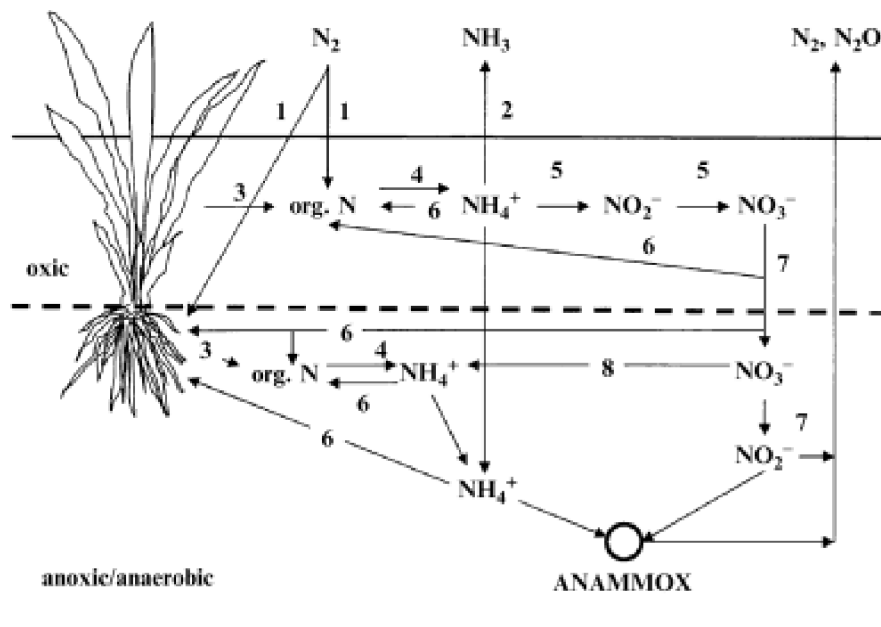
3.3.4.4. Kořenové čistírny

Kořenové čistírny odpadních vod, nazývané také jako vegetační kořenové čistírny, se řadí mezi umělé mokřady. Společně s půdními filtry s vegetací a horizontálně protékanými umělými mokřady jsou v České republice druhou nejpoužívanější extenzivní technologií pro čištění odpadních vod od malých producentů. První místo zauímají biologické nádrže.

Princip čištění je podobný jako u zemních filtrů, podstatným rozdílem je kyslíkový režim. Protože je u kořenových čistíren celé filtrační těleso zatopeno odpadní vodou, čisticí procesy probíhají v anaerobních podmínkách, což má za následek menší účinnost odstraňování amoniakálního dusíku oproti zemním filtrům.

Při čištění odpadních vod v umělých mokřadech probíhají procesy fyzikální, fyzikálně-chemické, chemické a biologické. ^[12] Fyzikálními procesy jsou filtrace a sedimentace. Rychlost filtrace závisí na zrnitosti filtračního materiálu, struktuře, textuře, efektivní pórovitosti, složení přitékajících odpadních vod a obsahu nerozpuštěných látek. Většinu suspendovaných látek zachytí svrchní vrstva filtru, jemné jílnaté a koloidní organické částice proniknou do spodních vrstev. Fyzikálně-chemickými procesy jsou především vazba řady látek na sorpční komplex filtračního materiálu (vápník, hořčík, sodík, amoniak, draslík aj.). Nejvýznamnějšími chemickými procesy jsou oxidačně – redukční pochody související s množstvím kyslíku přítomného ve filtračním prostředí. Hlavními biologickými procesy jsou bakteriální a rostlinný metabolismus. Do rozkladu organických látek a do cyklu nutrientů v umělých mokřadech je zapojena právě různorodá směs aerobních a anaerobních bakterií. Průběh jednotlivých procesů ovlivňuje především množství biologicky rozložitelného materiálu přítomného v přitékající odpadní vodě a dále na množství kyslíku přítomného ve filtrační náplni. ^[13]

Hlavní procesy dusíkatého cyklu v mokřadním systému jsou amonifikace (přeměna organického dusíku na amoniak během rozkladu organického materiálu), nitrifikace (oxidace amoniaku na nitrát za účasti autotrofních bakterií), denitrifikace (heterotrofní bakterie při anoxických podmínkách redukuje nitrát na molekulární dinitrogen, N₂O a NO, pak jsou tyto rozpuštěné plyny uvolňovány do atmosféry), asimilace dusíku (přeměna anorganického dusíku na organické sloučeniny při různých biologických procesech) a odpařování amoniaku (těkavý neionizovaný amoniak může být uvolňován do atmosféry pomocí prosté difúze a odpařováním). ^[14]



Obr. č. 10: Hlavní transformace dusíku v aerobním a anaerobním prostředí mokřadních systémů: 1- N₂ fixace, 2- odpařování amoniaku, 3- louhování, 4- amonifikace, 5- nitrifikace, 6- adsorpce, 7- denitrifikace, 8- amonifikace ^[13]

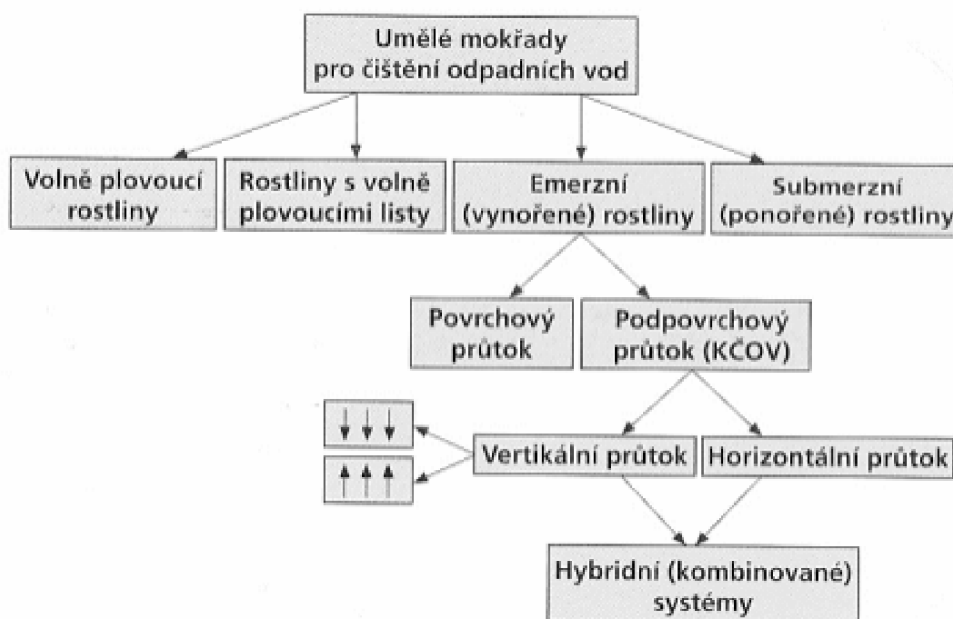
Fosfor je uvolňován během rozkladu organického materiálu. V mokřadu se odstraňování fosforu děje pomocí adsorpce, příjmem rostlinami a srážením. Příjem rostlinami není přímo úměrný růstu rostlin jako u dusíku, část uloženého dusíku se vrátí zpět do vody.

Těžké kovy silně interagují s mokřady, tudíž se v nich účinně odstraní. Hlavními třemi mechanismy odstraňování jsou ukládání (v půdě, v sedimentech, v částicích a rozpuštěném organickém materiálu), srážení (ve formě nerozpuštěných solí) a příjem rostlinami a bakteriemi.

Dalším typickým znečištěním OV od obyvatelstva jsou patogeny (viry, bakterie, houby), které mají přirozené čistící technologie potenciál redukovat díky nepřátelským podmínkám v mokřadním prostředí.

„Ve studii Ranieriho et al. (2011) byla prokázána i schopnost odstraňovat zbytky léčiv a antibiotik, konkrétně bylo experimentálně dokázáno účinné odstranění paracetamolu. Účinnost tohoto odstranění se pohybovala od 51,7% do 87% až 99.9% v závislosti na hydraulickém zatížení (240 mm/d, 120 mm/d, 30 mm/d resp.), minimální rozdíly byly prokázány v závislosti na typu rostlin v mokřadu nebo jejich absolutní absenci.“ [14]

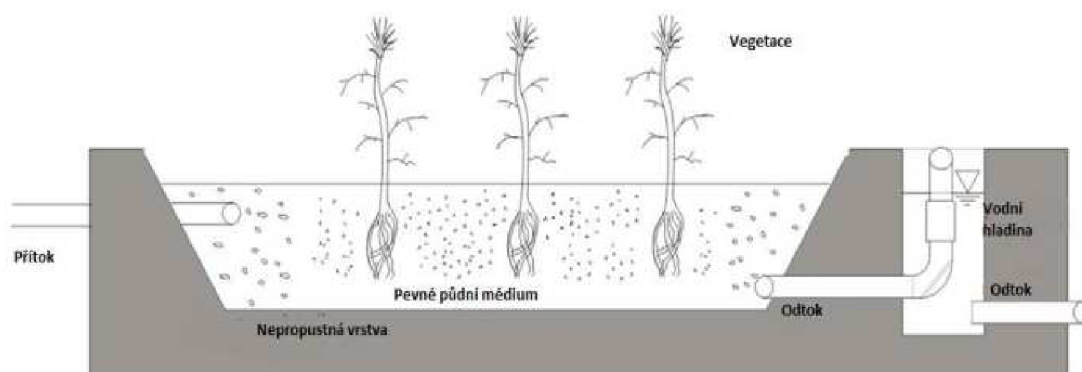
Podle druhů použitých rostlin můžeme umělé mokřady dělit na mokřady s plovoucími rostlinami, s ponořenými (submerzními) rostlinami a s vynořenými (emerzními) rostlinami. Mokřady s vynořenými rostlinami můžeme dále rozdělit podle způsobu průtoku odpadní vody na mokřady s povrchovým tokem, s podpovrchovým vertikálním tokem a mokřady s podpovrchovým horizontálním tokem. Následující obrázek znázorňuje rozdělení lépe než popis.



Obr. č. 11: Rozdělení kořenových čistíren OV [13]

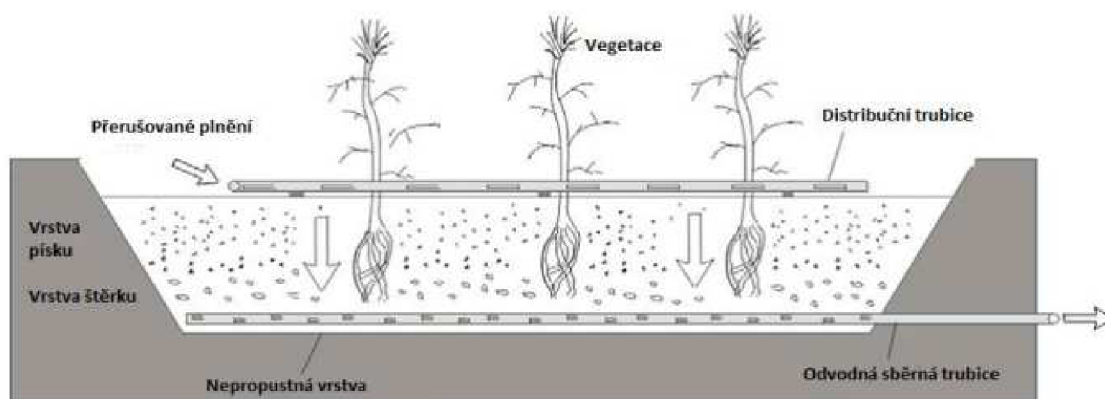
V mokřadu s horizontálním průtokem voda postupuje pod povrchem porézním materiálem, dokud nedosáhne místa odtoku. Organická hmota je zde rozkládána aerobně

i anaerobně, což znamená lepší účinnost čistícího procesu. Kvůli nedostatečnému přísunu kyslíku je však proces nitrifikace nekompletní.



Obr. č. 12: Podélný řez mokřadem s vodorovným (horizontálním) průtokem ^[13]

Vegetační čistírny s **vertikálním** průtokem jsou dnes tou používanější variantou. Voda prosakující do substrátu postupně prostupuje dolů a je sbírána a odváděna na dne pomocí sběrné sítě. Do systému vstupuje velké množství vzduchu, takže procesy jsou zde striktně aerobní.



Obr. č. 13: Podélný řez s vertikálním průtokem ^[13]

Výsledný účinek čištění OV závisí především na složení přitékající vody. Hlavními ukazateli jsou hodnoty BSK₅, CHSK, amoniaku, RL, NL a dalších chemických, fyzikálních a biologických vlastnostech prostředí, ve kterém čistící proces probíhá. Dále

na hydraulických poměrech, typu filtrace, době zdržení protékajících OV, technologickém uspořádání a spoustě dalších kritérií. ^[14]

3.3.4.5. Filtrační materiály

Výběr filtrační náplně je pro správnou funkci umělého mokřadu zásadní. Má hned několik funkcí. Slouží jako podpora pro růst rostlin, povrchu pro růst mikroorganismů a podpora sedimentace a filtrace znečišťujících látek. Některé druhy materiálů také přispívají ke zvýšené sorpci amoniakálního dusíku nebo fosforu (některé sekundární produkty z uhelného průmyslu).

Mezi mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti samotného filtračního materiálu patří zejména: ^[12]

- zrnitost, struktura a textura zrn, odolnost a mrazuvzdornost materiálu,
- chemické složení (podíl železa, hliníku a manganu),
- obsah vyluhovatelných částic (minerálních i organických),
- měrná a objemová hmotnost, hydraulická vodivost, pórovitost,
- dostupnost materiálu (cena, transportní vzdálenost).

Podle fyzikálních a chemických vlastností dělíme filtrační materiály následovně: ^[15]

- přírodní minerální filtrační materiál charakteru tříděného štěrkopísku a hrubého písku a drceného drobného lomového kameniva,
- tříděný minerální filtrační materiál s upravenými sorpčními vlastnostmi různého původu a složení,
- umělé materiály s přesně definovanými sorpčními vlastnostmi, přirozené a umělé organické materiály,
- umělé plastové materiály upraveného tvaru, vhodného složení a předem určených fyzikálních a chemických vlastností.

Vlastnosti filtračních materiálů se během provozu v umělých mokřadech mění, zejména hydraulická vodivost. Propustnost filtračního lože ovlivňuje zhutnění materiálu, údržba, přirozené sedání, prorůstání kořeny a ukládání stařiny mokřadní vegetace,

vyčerpání sorpční kapacity filtrační náplně a kolmatace volných pórů nerozpuštěnými látkami. ^[16]

Druh materiálu	Propustnost	Hydraulická vodivost [m/s]
Kámen lomový	Velmi silně propustný	$> 10^{-1}$
Střední drcený štěrk (16–32 mm)	Silně propustný	10^{-2} až 10^{-1}
Drobný štěrk frakce (4–8 mm)	Středně silně propustný	10^{-3} až 10^{-2}
Hrubý říční písek	Propustný	10^{-4} až 10^{-2}
Střední říční písek	Mírně propustný	10^{-4} až 10^{-3}
Jemný říční písek	Málo propustný	10^{-5} až 10^{-4}
Zahliněný říční písek	Velmi málo propustný	až 10^{-4}

Tab. č.10: Orientační hodnoty hydraulické vodivosti různých filtračních materiálů ^[12]

Při čištění odpadních vod v umělých mokřadech nejsou rozhodujícím faktorem účinnosti čištění rostliny, jak se dříve myslelo, ale složení filtračního lože, které ovlivňuje množství mikroorganismů a jejich kontakt s čištěnou odpadní vodou.

Druh materiálu	Zrnitost [mm]	Pórovitost [-]	Hydraulická vodivost [$m^3/m^2 \cdot \text{den}$]	Hydraulická vodivost [m/s]
Písek	1	0,42	420	$4,86 \times 10^{-3}$
Písek	2	0,39	480	$5,56 \times 10^{-3}$
Štěrkopísek	8	0,35	500	$5,79 \times 10^{-3}$
Štěrk	15	0,34		$9,26 \times 10^{-3}$
Štěrk	25	0,34		$1,56 \times 10^{-2}$

Tab. č. 11: Hydraulické charakteristiky vybraných filtračních materiálů ^[12]

3.3.4.6. Kalové a odpadové hospodářství

Návrh kalového a odpadového hospodářství je nedílnou součástí řešení přírodních způsobů čištění. V případě využití extenzivních způsobů čištění od jednotlivých domů je nutno vyřešit nakládání s kalem z primárních usazovacích nádrží (septiku), biomasou z makrofytní vegetace a kal a kolmatovaný filtrační materiál z druhého stupně čištění.

Kal ze septiku, který je nutno pravidelně odčerpávat, obsahuje množství živin potenciálně vhodných jako hnojivo. Před jeho využitím v zemědělství je však nutné provést rozbor kvůli zjištění možného obsahu populantů (především těžké kovy). Pro malé producenty, jako jsou jednotlivé domy, je nejvhodnější kal vyvážet na větší ČOV vybavenou kalovým hospodářstvím, kde je kal zpracováván na odvodňovacím zařízení. Přeprava podléhá povolení pro nakládání s tímto druhem odpadu. ^[16]

Charakter sklizené vegetace a biomasy se blíží kompostu, je tedy možné tento odpad kompostovat. ^[13]

V případě kolmatace kořenového pole je nutné filtrační náplň odtěžit a skládkovat, případně regenerovat. V praxi se používá zatím skládkování, regenerace je ve stádiu spíše experimentálním. ^[16]

3.3.5. Výpočet množství odpadních vod

Postup výpočtu množství odpadních vod je uveden v normě ČSN 75 6402. Pro výpočet návrh ČOV pro větší množství producentů počítáme s odpadními vodami od obyvatelstva, z průmyslu, s dešťovými vodami a s vodami balastními. Při návrhu domovní ČOV pro rodinný dům bereme v úvahu pouze splaškové vody od obyvatelstva. Jejich množství můžeme určit nejpřesněji z množství vody fakturované, pokud tyto údaje nemáme, pak počítáme s bezdeštným množstvím OV Q_{24} , které spočítáme na základě počtu ekvivalentních obyvatel a specifické produkci odpadních vod v litrech na osobu a den.

Výpočet:

$$Q_{24} = EO * q \quad [l/den]$$

Kde Q_{24} je průměrný bezdeštný průtok v l/den

EO je počet ekvivalentních obyvatel, jednotka neuvedena

q je specifická produkce odpadních vod v l/den

U množství EO počítáme buď se skutečným stavem, nebo využijeme pomocné ukazatele z téže normy, které uvádějí například množství EO podle plochy bytu.

Specifická produkce odpadních vod q je množství OV vyprodukované jedním ekvivalentním obyvatelem. V ČR tuto hodnotu norma uvádí od 100 l/os/den do 150 l/os/den.

Protože množství přítoku není konstantní, ale kolísá během dne, měsíce i během roku, tak se průměrný přítok vynásobí koeficienty nerovnoměrnosti a vypočítá se pro návrh ČOV maximální průtok denní a hodinový. Součinitelé nerovnoměrnosti jsou uvedeni také v normě a jsou rozdílní podle počtu připojených ekvivalentních obyvatel.

Výpočet maximálního denního (bezdeštného) průtoku:

$$Q_d = Q_{24} * k_d \quad [l/den]$$

Kde Q_d je max. denní bezdeštný průtok v l/den

Q_{24} je průměrný bezdeštný průtok v l/den

k_d je součinitel denní nerovnoměrnosti bez jednotky (do 1 000 EO je hodnota rovna 1,5)

Výpočet maximálního hodinového (bezdeštného) průtoku:

$$Q_h = (Q_{24} * k_d * k_h) / 24 \quad [l/hod]$$

Kde Q_h je max. denní bezdeštný průtok v l/den

Q_{24} je průměrný bezdeštný průtok v l/den

k_d je součinitel denní nerovnoměrnosti

k_h je součinitel max. hodinové nerovnoměrnosti bez jednotky (do 30 EO je hodnota 7,2)

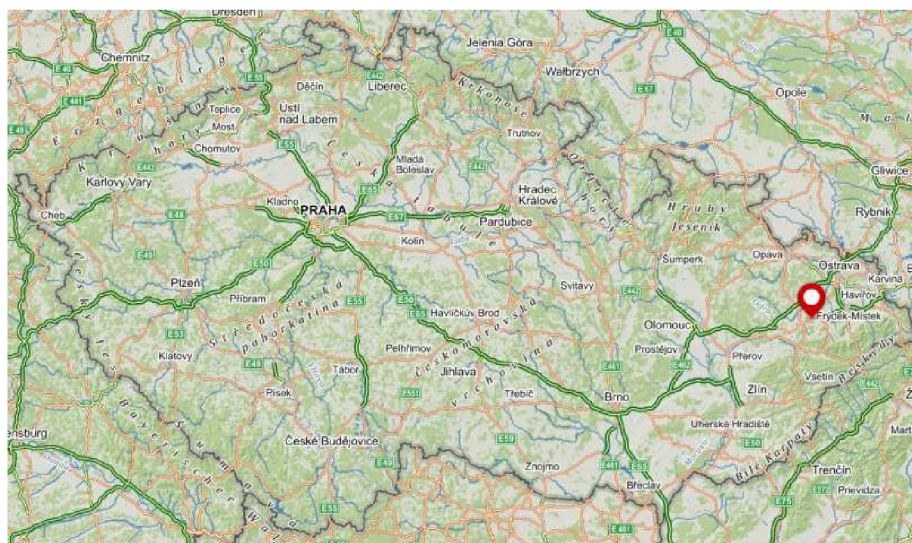
4. STUDIE RODINNÉHO DOMU

4.1. Obsah a cíl studie

Druhou částí této práce je praktické využití poznatků zpracovaných v první, teoretické části. Hospodaření s vodou v rámci rodinného domu je zpracováno pro RD v obci Libhošť. Návrh zahrnuje jak primární hospodaření, tedy přímé úspory pitné vody, tak nepřímé úspory, kterými jsou využití dešťové vody a čištění odpadních vod pomocí kořenové čistírny. Dešťová voda a vyčištěná odpadní voda bude svedena do společné akumulární nádrže, odkud bude využita jako voda provozní pro splachování WC a praní prádla, u garáže je vývod pro mytí auta a na zahradě bude využita k zalévání okrasných rostlin pomocí kapkové závlahy.

4.2. Všeobecná charakteristika zájmového území

Obec leží v Moravskoslezském kraji, zhruba 4 km od města Nový Jičín, jehož byla součástí. Od 1. 1. 2011 je Libhošť samostatnou obcí. Katastrální výměra obce je 819 ha. Počet obyvatel je 1645 (k 1. 1. 2015)^[17]. Nadmořská výška se pohybuje okolo 292 m.n.m. V Libhošti je základní občanská vybavenost, je zde mateřská a základní škola, knihovna, pošta, obchody a restaurace. Obec má veřejný vodovod a plynofikaci.



Obr. č. 14: Mapa ČR, obec Libhošť^[28]

Horninovými typy Nového Jičína jsou černošedé prachovce, jílovce a pískovce. Konkrétní pozemek, jenž je součástí této studie má zhruba 10 cm, v místech až 20 cm silnou vrstvu ornice, pod ní je mocná vrstva jílu.

Obec Libhošť spadá podle biogeografického členění České republiky do nižšího, severního okraje podbeskydského bioregionu v mírně teplé oblasti MT 10. Podnebí je převážně poměrně teplé (Nový Jičín 7,8 °C), vzhledem k nadmořské výšce ale neobyčejně vlhké, viz tabulka níže. ^[18]

měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok 2011
S	30	12	35	57	97	108	179	81	26	45	0	45	721
N	42	44	43	59	94	108	105	98	63	50	58	52	816
%	72	28	82	97	103	100	171	83	41	90	1	86	88
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok 2012
S	90	50	28	41	48	110	80	63	75	102	36	32	755
N	42	44	43	59	94	108	105	98	63	50	58	52	816
%	214	114	65	69	51	102	76	64	119	204	62	62	93
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok 2013
S	66	59	66	28	112	152	26	58	110	31	42	23	771
N	42	44	43	59	94	108	105	98	63	50	58	52	816
%	157	134	153	47	119	141	25	59	175	62	72	44	94
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok 2014
S	31	20	35	58	142	76	108	113	105	55	35	36	814
N	42	44	43	59	94	108	105	98	63	50	58	52	816
%	74	45	81	98	151	70	103	115	167	110	60	69	1000
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok 2015
S	67	34	52	41	76	51	40	47	42	38	53	17	558
N	42	44	43	59	94	108	105	98	63	50	58	52	816
%	160	77	121	69	81	47	38	48	67	76	91	33	68

Tab. č. 12: Územní srážky v Moravskoslezském kraji v letech 2011–2015 ^[21]

S = úhrn srážek [mm]

N = dlouhodobý srážkový normál [mm]

% = úhrn srážek v % normálu

4.3. Popis objektu – současný stav

Předmětný rodinný dům byl postaven v roce 1985. Má dvě podlaží, resp. suterén, ve kterém jsou technické místnosti a 1. NP, které je obytné. Dům je napojen na veřejný vodovodní řád. Splaškové odpadní vody jsou svedeny do biologického septiku SN 3 a po předčištění jsou vedeny do kanalizační šachty, kde se mísí s dešťovými vodami a společně odtékají do kanalizace vybudované svépomocí pro několik okolních domů. Odtud je vyústěna do recipientu (bezejmenný tok). Vzhledem k tomu, že současná legislativa nepovoluje jako jediné čištění odpadních vod septik, je potřeba navrhnout nové řešení nakládání s odpadními vodami.

4.4. Vstupní podklady

Pro návrh přírodního způsobu čištění OV musíme provést průzkumné práce, ty se obvykle dělí na předběžné, podrobné a doplňkové. Jejich rozsah určuje charakter stavby, plošný rozsah, typ a uspořádání vegetační čistírny apod. Hlavním cílem průzkumných prací je získat dostatek podkladů pro návrh vhodného uspořádání a způsobu čištění. Nezbytnou součástí průzkumných prací je zpracování výškopisného a polohopisného plánu a zaměření všech okolních staveb, které by mohly ovlivnit návrh přírodních způsobů čištění.

Hlavní součásti průzkumných prací jsou:

- Všeobecná charakteristika zájmové oblasti v místě předpokládaného umístění jednotlivých částí systému
- Zhotovení výškopisného a polohopisného plánu
- Půdně mechanický průzkum materiálů v místě předpokládané stavby včetně průzkumu a stanovení základových poměrů
- Zjištění současného stavu stokové sítě a souvisejících přírodních zařízení, zejména v případě napojení na navrhovanou vegetační čistírnu
- Výpočet množství a stanovení složení OV, zjištění přítoku jiných vod z extravilánu a výskyt balastních vod

- Kulturně přírodní průzkum (chráněná území) a zjištění všech druhů ochranných pásem
- Zjištění základních meteorologických a klimatických poměrů
- Průzkum jakosti podzemních vod v místě předpokládané stavby
- Zjištění majetkových vztahů dotčených ploch, způsob hospodaření,
- Zjištění vedení všech inženýrských sítí v daném místě

Pro návrh a výpočet technologie jsou nevyhnutelné a rovněž nezbytné doplňující informace o možnostech zneškodnění konečných produktů z čištění odpadních vod. V případě, že se nejedná o návrh pro malé producenty (domy, rekreační zařízení atd.) musíme získat podklady ke všem významným průmyslovým objektům napojených na stokovou síť.

Pro návrh komplexního hospodaření s vodou v tomto konkrétním objektu bylo zjišťováno dosavadní hospodaření v domácnosti, byl výškově i polohově zaměřen okolní pozemek, který bude dotčen úpravami, také byl osloven správce toku, do kterého nyní ústí svedené předčištěné OV, jsou známy majetkové vztahy a uložení inženýrských sítí. Nově navržené opatření nezasahuje do žádného ochranného ani chráněného pásma. Nyní v domě žije pouze jedna osoba, návrh je počítán pro výhledový stav 5 obyvatel.

4.5. Nový návrh hospodaření s odpadní vodou

4.5.1. Návrh přímých úspor

V rámci hospodaření s vodou bylo zjišťováno osazení úsporných zařízení v domácnosti. Všechny vodovodní baterie jsou osazeny perlátory a k mytí nádobí je využívána myčka. Parametry pračky nyní nebyly zjišťovány vzhledem k tomu, že celkový návrh je výhledový pro 5 osob (nyní zde žije pouze 1 osoba) a výběr parametrů pračky se řídí také individuálními potřebami a zvyky jednotlivých osob, které nyní nejsou známy. Toaleta je původní, s jednou nádrží a zde byla navržena výměna za novější typ se dvěma různě velkými nádržemi.

4.5.2. Výpočet množství odpadních vod a návrh čištění

4.5.2.1. Výpočet množství odpadních vod a znečištění

Vstupní hodnoty:

$$\text{Počet EO} = 5$$

$$\text{Specifická spotřeba vody} = 100 \text{ l/os/den (zvoleno)}$$

Výpočet:

$$Q_{24} = \text{EO} * q = 5 * 100 = 500 \text{ l/den}$$

Výpočet znečištění podle ukazatelů znečištění v normě ČSN 75 6402 Čistírný odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel.

Látky	Ukazatele specifického znečištění						
	Látky			Ostatní			
	Minerální	Organické	Celkem	BSK ₅	CHSK	N _{celk}	P _{celk}
Nerozpuštěné:							
a) usaditelné	10	30	40	20	40	1	0,2
b) neusaditelné	5	10	15	10	20	-	-
Rozpuštěné	75	50	125	30	60	10	2,3
Celkem	90	90	180	60	120	11 ¹⁾	2,5

¹⁾ V obcích s hospodářským zvířectvem se doporučuje uvažovat N_{celk} 15 g/d na 1 EO až 20 g/d na 1 EO.

Tab. č. 13: Orientační hodnoty produkce specifického znečištění na 1 obyvatele (populační ekvivalent) v g/d ^[22]

$$\text{BSK}_5 = 60 * 5 = 300 \text{ g/den}$$

$$\text{CHSK} = 120 * 5 = 600 \text{ g/den}$$

4.5.2.2. Návrh biologického septiku

Orientačně se objem septiku uvažuje 0,6 m³/obyvatele. Pro přesnější výpočet můžeme využít rovnici z normy ČSN 75 6402:

$$V = a * n * q * t \quad [\text{m}^3]$$

kde V je vypočítaný nutný objem septiku v m^3

a je součinitel kalového prostoru bez jednotky

n je počet připojených obyvatel, bez jednotky

q je specifická spotřeba vody v l/den

t je střední doba zdržení ve dnech

Jako součinitel kalového prostoru je dosazena hodnota 1,5. Počet připojených obyvatel je roven 5 EO, se kterými je počítáno v celé této studii. Specifická spotřeba vody je 100 l/os/den . Dobu zdržení navrhuji 4 dny (podle normy jsou doporučeny 3 dny).

Výpočet:

$$V = a * n * q * t = 1,5 * 5 * 100 * 4 = 3\,000 \text{ l} = \mathbf{3,00 \text{ m}^3}$$

Předpokládaná produkce kalu za den od 1 EO je 2,16 l.

$$V_{\text{KAL}} = 5 * 2,16 = \mathbf{10,80 \text{ l/den}}$$

Při návrhu by se podle normy měl k vypočítanému účinnému prostoru připočíst objem kalového prostoru o objemu 50%-60% z objemu účinného prostoru septiku. Byl zvolen anaerobní septik AS-ANASEP 4.8 od firmy ASIO, spol. s. r. o., který má jen mírně větší objem, než je vypočítaný nutný objem septiku. Jedná se o čtyřkomorový septik s prostory pro separaci nerozpuštěných látek. Navržený septik nepotřebuje elektrickou energii, funguje gravitačně. Filtr na odtoku je potřeba alespoň jedenkrát za rok regenerovat.

4.5.2.3. Parametry septiku

Objem = **4,79 m³**

Obchodní název	objem	Orientační počet ekvivalent	Rozměry		Přepravní rozměry		Výška			Přepravní hmotnost
			Ø nádrž 1 nebo L x B	Ø nádrž 2 nebo L x B	nádrž 1 A x B	nádrž 2 A x B	H - nádrže	Hv -vtok	Ho - odtok	
	m ³	EO	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg
AS-ANASEP 4.8	4,79	2-7	Ø 1900		1950 x 2220		2 025	1 800	1 650	400

Tab. č. 14: Parametry septiku AS-ANASEP 4.8. [23]



Obr. Č. 15: Schéma navrženého septiku AS-ANASEP 4.8 [23]

4.5.2.4. Kalové hospodářství

$$V_{\text{KAL}} = 5 * 2,16 = \mathbf{10,80 \text{ l/den} = 3,942 \text{ m}^3/\text{rok}}$$

Odkalení septiku je navrženo 2x za rok z první komory a 1x za rok z ostatních komor. Kal bude čerpán fekálním vozem a vyvážen na nejbližší ČOV s kalovým hospodářstvím.

4.5.2.5. Návrh kořenové čistírny odpadních vod

Vstupní hodnotou pro návrh vertikální kořenové čistírny je koncentrace CHSK v odpadní vodě. Obecně předpokládáme, že předčištění v septiku odstraní 50% znečištění, v tomto případě tedy počítáme na vstupu do kořenové čistírny s hodnotou CHSK 300g/den. Předpokladem pro výpočet plochy vertikální kořenové čistírny je odstranění 15 gramů CHSK na 1 m² za den. Vypočítaná plocha je tedy 300/15= **20 m²**.

Půdorysné rozměry filtru jsou navrženy 6,0 m na 3,4 m, výška filtru na 0,9 m, sklony svahu 1:1. Vrstvy filtru budou následující:

- 5 cm písku na původní terén
- PE fólie 1,5 mm
- geotextilie
- 5 cm písku
- drenážní vrstva tl. 20 cm frakce 8/16
(v této vrstvě bude drenážní potrubí DN 110)
- vrstva frakce 4/8 tl. 10 cm
- hlavní filtrační těleso frakce 2/4 tl. 50 cm
- rozvodné potrubí PP-HT DN 40 s otvory velikosti 3 mm
- mokřadní vegetace (navržen rákos obecný, 5 rostlin na 1 m²)

Přívod vody bude potrubím PP-HT DN 40, odvod vody odpadním potrubím DN 110 do kontrolní šachty.

Kontrolní šachta je osazena z důvodu nutnosti odběru vzorků k ověření funkčnosti čistírny. Pro provoz domovní čistírny je nutné mít Povolení nakládání s vodami od vodoprávního úřadu, který nařizuje odběr vzorků 2x za rok.

4.5.3. Výpočet množství srážkových vod

Pro výpočet množství srážkových vod volím vzorec pro „racionální metodu“:

$$Q = \Psi * S_s * q_s = 0,6 * 0,019 * 0,128 = 0,00146 \text{ [m}^3 * \text{s}^{-1}\text{]}$$

Dosazené hodnoty:

$\Psi = 0,6$ pro střechu rovnou s asfaltovou krytinou (dle tab. č. 15)

$S_s = 0,019$ [ha], plocha střechy 190 m^2

$q_s = 128$ [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$] pro periodicitu 1, oblast Ostrava (dle tab. č. 5)

Tvar	Střešní krytina	Koeficient odtoku střechy (fs)	Vlastnosti z hlediska znečištění
Plochá	asfalt s násypem křemíkem	0,6	velmi vhodná
	plast	0,7	velmi vhodná
	pozinkovaný plech	0,7	vhodná
	ozelenění	0,2	méně vhodná
Šikmá	pálené tašky	0,75	velmi vhodná
	betonové tašky	0,75	velmi vhodná
	břidlice	0,75	velmi vhodná
	šindel	0,6	velmi vhodná
	pozinkovaný plech	0,8	vhodná
	plast	0,8	velmi vhodná
	ozelenění	0,25	méně vhodná
	osinkocement	-	nevhodná

Tab. č. 15: Koeficienty odtoku ze střech a znečištění v závislosti na tvaru střechy a materiálu střešní krytiny. ^[30]

4.5.4. Návrh akumulace

4.5.4.1. Provozní voda v domě

Recyklovanou vodu můžeme využít jako vodu provozní pro splachování WC a praní. K těmto účelům jsou v domě nainstalovány samostatné rozvody vody, které měly být napojeny na studnu. Využití recyklované vody pro mytí si investorka nepřeje a

výhodnost rozvedení dalších rozvodů ve starším domě je obsáhlejší úvaha. Z dříve vypsanych poznatků vyplývá, že zhruba 50 % vyčištěné vody se znovu použije v domácnosti jako voda provozní, to znamená, že potřebu domácnosti by pokryly samotné recyklované vody.

Potřeba vody pro 5 EO = 500 l/den, z toho zhruba 31 % připadá na splachování a 12 % na praní prádla (viz. Kapitola 3.3, zdroj [6]). Celkem by bylo možné provozní vodou nahradit $500 * (0,31+0,12) = 215 \text{ l/den} = 0,215 \text{ m}^3$.

4.5.4.2. Závlaha

Kapková zvlaha

V rámci hospodaření s vodou je navržena kapková zvlaha k okrasné a užitkové části zahrady o celkové ploše $420,72 \text{ m}^2$. Byla vybrána kapková zvlaha značky TORO, která má 12 kapkovačů na 1 m^2 zavlažované plochy s průtokem jednoho kapkovače 1,9 l/hod. Zvlaha bude ve vegetačním období probíhat jednou za dva dny, požadovaná intenzita je 2,5 mm/zálivku. Celkový průtok kapkové zvlahy tedy vychází $Q = (420,72 * 12 * 1,9) / 60 = 159,87 \text{ l/min}$. Intenzita udaná výrobcem je 22,8 mm/hod, tzn. že k dosažení požadované intenzity zvlahy 2,5 mm/ zálivku je potřeba zavlažovat 6,58 min provozu. Objem potřebné vody je tedy $V = Q * t = 1,05 \text{ m}^3$.

Zvlaha postřikovači

Na užitné části zahrady byla navržena zvlaha travnaté plochy postřikovači T5 od výrobce TORO. Celkem bylo navrženo 32 postřikovačů s průtokem 6,33 l/min, z toho:
 $5 \times 90^\circ$, $Q=31,65 \text{ l/min}$, $i=32,88 \text{ mm/hod}$, $t=9,13 \text{ min}$, $V= 0,289 \text{ m}^3$
 $18 \times 180^\circ$, $Q= 113,94 \text{ l/min}$, $i=65,71 \text{ mm/hod}$, $t=4,57 \text{ min}$, $V= 0,520 \text{ m}^3$
 $3 \times 270^\circ$, $Q= 18,99 \text{ l/min}$, $i= 6,95 \text{ mm/hod}$, $t=43 \text{ min}$, $V= 0,816 \text{ m}^3$
 $6 \times 360^\circ$, $Q=37,98 \text{ l/min}$, $i= 9,86 \text{ mm/hod}$, $t=30,63 \text{ min}$, $V= 1,160 \text{ m}^3$
Celkový objem vody na zvlahu postřikovači je $V= 0,289+0,520+0,816+1,160=2,758 \text{ m}^3$
Hodnoty byly počítány pro zvlahu o intenzitě 5 mm na zálivku.

Závlaha bude rozdělena do 4 větví s postřikovači a 2 na kapkovou závlahu. Součástí závlahy musí být ventilová šachta a řídicí jednotka s rozvodou. Před vtokem akumulované vody do soustavy závlah bude osazen jemnější filtr s otvory max. 0,105 mm.

4.5.4.3. Návrh akumulční nádrže

Množství recyklovaných vod je uvažováno z potřeby vody pro 5 EO = 0,5m³/den, z toho 0,215 m³ je předpokládáno jako voda provozní a na závlahu zůstane 0,285 m³/den. Navrhují nádrž AS-REWA Kombi od firmy ASIO spol. s r.o. o objemu 4,7 m³, což by mělo zachytit dostatek vody i pro závlahu. V případě dlouhého bezdeštného období bude nutno závlahu omezit, nebo akumulční nádrž doplnit vodou z vodovodu, na který bude připojena. V případě dlouhých a vytrvalých dešťů bude přebytek odtékat do stávající kanalizace ústící do recipientu. Zasakování vzhledem k jílovému podloží není možné.



Obr. č. 16: Nádrž na akumulaci dešťových a recyklovaných vod AS-REWA Kombi ^[29]

5. ZÁVĚR

Bakalářská práce na téma studie hospodaření s vodou v objektu rodinného domu s využitím přírodních způsobů čištění byla zpracována pod vedením Ing. Evy Hyánkové, Ph.D. Práce byla vypracována na základě zadání, se snahou o samostatnost, ale také díky konzultacím s vedoucí práce.

Tato práce má dvě části. První část je teoretická a je koncipována jako rešerše již zpracovaných prací a publikací na dané téma. V jednotlivých kapitolách byla snaha jak o přiblížení tématu z širšího hlediska například obecným rozdělením vod nebo hospodařením s vodami v širším pojetí, tak rozvedení témat hospodaření s vodami, jejich čištění a možnosti dalšího využití z bližšího hlediska. Druhá část představuje studii hospodaření s vodami v konkrétním rodinném domě. Zde je textová část i výkresová.

Vzhledem ke změnám klimatu v posledních dekáдах a hrozícím suchům v budoucnu, si čím dál častěji uvědomujeme, že musíme s vodou okolo sebe nakládat s větší rozvahou a snažit se ji udržet v našem území. Zatím co dříve byla snaha o narovnání toků a rychlé odvedení vod z území a odvodnění polí pro zemědělské plodiny, dnes hledáme způsoby, jak vodu ve svém okolí udržet a chránit, nebo ještě lépe zlepšovat své klima. Základem této myšlenky je udržení srážkové vody v místě vzniku (dopadu) a v ideálním případě její zasakování do půdy. Druhým způsobem, jak vodu ze svého okolí neodvádět, je využít vody odpadní v místě jejího vzniku pro další využití. I zde je vhodné tuto vodu zasakovat do půdy a snažit se tak podpořit zásoby podzemní vody, pokud je k tomu vhodné podloží. Využitím recyklovaných vod můžeme také šetřit vodu pitnou, což přináší i ekonomické výhody.

V rámci studie bylo navrženo komplexní hospodaření s vodami od zjištění a doporučení možných přímých úspor, přes akumulaci dešťových vod až po návrh čištění odpadních vod a jejich znovuvyužití společně s vodami dešťovými. Čištění odpadních vod bylo navrženo využitím biologického septiku jako prvního stupně čištění a následné dočištění a úpravy vody v kořenové vertikální čistírně odpadních vod. Pro přečištěnou odpadní a zachycenou dešťovou vodu byla navržena společná akumulace a následné

využití v domácnosti jako vody provozní a na zahradě k závlaze pomocí kapkové závlahy.

Tento návrh vyřešil nakládání s odpadními vodami v domě, který není z technických důvodů možné napojit na veřejnou kanalizaci a zároveň uspořit díky nahrazení části pitné vody v domácnosti vodou recyklovanou. Přebytečná voda není možná zasakovat do půdy z důvodu nevhodných geologických poměrů. Je možné říci, že se jedná o nejvhodnější řešení nakládání s vodami pro konkrétní dům.

6. POUŽITÉ ZDROJE

- [1] SLAVÍK, Ladislav, NERUDA, Martin. *Hospodaření s vodou v krajině*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-803-3
- [2] PLOTĚNÝ, Karel a PÍREK, Oldřich. Srážkové a šedé vody aneb... „colorsofwater“ Sborník Jaro 2013, ASIO, spol. s.r.o. 2013.
- [3] *Natural Technologies of Wastewater Treatment* [online]. GWP CEE, 2014 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/regional/natural-treatment.pdf
- [4] Metodické pokyny a seznamy OZO. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. V Praze [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/metodicke_pokyny_a_seznamy_ozo
- [5] Zákon: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). *Ministerstvo zemědělství a průmyslu* [online]. 2010 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/2a434831dcbe8c3fc12564e900675b1b/20f9c15060cad3aec1256ae30038d05c?OpenDocument>
- [6] PLOTĚNÝ, Karel a BARTONÍK, Adam. *Rešerše – hospodaření s vodou* [online]. ASIO, spol. s r.o. 2015. [cit. 2016- 04-09]. Dostupné z: <http://www.sanceprobudovy.cz/assets/files/Reserse%20-%20hospodareni%20s%20vodou.pdf>.
- [7] Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Předpis č. 401/2015 Sb.[online]. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>.
- [8] ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: HYDROPROJEKT CZ a.s., 2004.
- [9] HLAVÍNEK, Petr, PRAX, Petr, HLUŠTÍK, Petr a MIFEK, Radim. *Stokování a čištění odpadních vod*. Čištění odpadních vod., modul 2. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2006.
- [10] ROZKOŠNÝ, Miloš. *Domovní čistírny odpadních vod*. V Brně: ZO ČSOP Veronica, 2010. ISBN 978-80-87308-07-3.
- [11] ŠÁLEK, Jan a Václav TLAPÁK. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2006. Technická knihovnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86769-74-7.

- [12] MLEJNSKÁ, Eva, Miloš ROZKOŠNÝ a Dana BAUDIŠOVÁ. *Optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2015. ISBN 978-80-87402-50-4.
- [13] GARDAVSKÁ, Anna. *Modelování čištění komunálních odpadních vod*. Brno, 2013, Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně na katedře Experimentální biologie. Vedoucí diplomové práce Jiří Hřebíček.
- [14] KRIŠKA-DUNAJSKÝ, M., ŠÁLEK, J. Výzkum vlastností filtračních materiálů pro zemní filtry a vegetační kořenové čistírny. In *Alternatívne spôsoby čistenia odpadových vod v malých obciach*. 1. Nitra: SPU v Nitre, 2005. s. 54-58. ISBN: 80-8069-535- 0.
- [15] HYÁNKOVÁ, E., ŠÁLEK, J. Poznatky z výzkumu kolmace filtračního prostředí vegetačních kořenových čistíren s vertikálním prouděním. In *3. vodohospodářská konference 2003*. Brno: FAST VUT Brno, 2003. s. 441 (s.) ISBN: 80-86433-26- 9. (Šálek a Tlapák, 2006; Šálek aj., 2008)
- [16] MLEJNSKÁ, Eva. *Extenzivní způsoby čištění odpadních vod*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2009. ISBN 978-80-85900-92-7.
- [17] Libhošť, oficiální stránky obce [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.libhost.cz/obec/zakladni-informace/>.
- [18] CULEK, Martin, ed. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 1996. ISBN 80-85368-80-3.
- [19] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. *Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>.
- [20] ŽABIČKA, Zdeněk. *Odvodnění zpevněných ploch vsakováním* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4846-odvodneni-zpevnnych-ploch-vsakovanim>.
- [21] *Územní srážky*. ČHMÚ [online]. [cit. 2016-03-16]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>.
- [22] ČSN 75 6402. *Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel*. Praha: HYDROPROJEKT CZ a.s., 1998.
- [23] AS-ANASEP [online]. ASIO. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-anasep>.
- [24] *Třetí ruka* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.tretiruka.cz/povinnosti3/>

- [25] *Závlahové systémy – Kapková závlaha skleníku* [online]. [cit. 2016-05-12].
Dostupné z: <http://hobbyzahrada.cz/clanek-2389-zavlahove-systemy-kapkova-zavlaha-skleniku.htm>
- [26] *Kapková závlaha v zahradě* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z:
<http://stavimbydlim.cz/kapkova-zavlaha-v-zahrade/>.
- [27] *Strategie NEW i pro TZB od společnosti ASIO* [online]. [cit. 2016-05-01].
Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/12108-strategie-new-i-pro-tzb-od-spolecnosti-asio>.
- [28] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z:
<https://mapy.cz/zakladni?x=15.2394836&y=50.0543559&z=8&source=addr&id=9875991>.
- [29] *AS-REWA Kombi* [online]. ASIO. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z:
<http://www.asio.cz/cz/as-rewa>
- [30] *Návrh systému pro využití srážkové vody: Vhodnost střechy* [online]. [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/navrh-systemu-pro-vyuziti-srazkove-vody>

7. SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1: Potřeba provozní vody pro různá využití v budově [6]

Tab. č. 2: Chemické složení srážek v ČR– průměrné hodnoty koncentrací naměřené [19]

Tab. č. 3: Požadavky na složení dešťové vody ze střech [19]

Tab. č. 4: Doporučené součinitele Ψ odtoku pro výpočet stokové sítě racionální metodou [8]

Tab. č. 5: Intenzita dešťů v některých místech [20]

Tab. č. 6: Maximální emisní standardy podle Nařízení vlády [7]

Tab. č. 7: Přípustná minimální účinnost čištění vypuštěných OV dle Nařízení vlády [7]

Tab. č. 8: Orientační hodnoty účinnosti jednotlivých typů čistírenských technologií pro malé zdroje

Tab. č. 9: Podrobné rozdělení přírodních způsobů čištění [12]

Tab. č. 10: Orientační hodnoty hydraulické vodivosti různých filtračních materiálů [12]

Tab. č. 11: Hydraulické charakteristiky vybraných filtračních materiálů [12]

Tab. č. 12: Územní srážky v Moravskoslezském kraji v letech 2011–2015 [21]

Tab. č. 13: Orientační hodnoty produkce specifického znečištění na 1 obyvatele (populační ekvivalent) v g/d [22]

Tab. č. 14: Parametry septiku AS-ANASEP 4.8. [23]

Tab. č. 15: Koeficienty odtoku ze střech a znečištění v závislosti na tvaru střechy a materiálu střešní krytiny [30]

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. č. 1: Přehled vodního hospodářství v ČR [24]
- Obr. č. 2: Příklad kapkové závlahy nadzemní [25]
- Obr. č. 3: Příklad pokládky kapkové závlahy podzemní [26]
- Obr. č. 4: Příklad využití srážkových vod [27]
- Obr. č. 5: Příklad svodových okapových filtrů [19]
- Obr. č. 6: Dělení odpadních vod na úrovni domácností [2]
- Obr. č. 7: Schéma tříkomorového septiku [12]
- Obr. č. 8: Schématické znázornění různých typů biologických nádrží [12]
- Obr. č. 9: Schéma zemního filtru [12]
- Obr. č. 10: Hlavní transformace dusíku v aerobním a anaerobním prostředí mokřadních systémů [13]
- Obr. č. 11: Rozdělení kořenových čistíren OV [13]
- Obr. č. 12: Podélný řez mokřadem s vodorovným (horizontálním) průtokem [13]
- Obr. č. 13: Podélný řez s vertikálním průtokem [13]
- Obr. č. 14: Mapa ČR, obec Libhošť [28]
- Obr. č. 15: Schéma navrženého septiku AS-ANASEP 4.8. [23]
- Obr. č. 16: Nádrž na akumulaci dešťových a recyklovaných vod AS-REWA Kombi [29]

9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

OV – odpadní vody

VH – vodní hospodářství

EO – ekvivalentní obyvatel

ČOV – čistírna odpadních vod

DČOV – domovní čistírna odpadních vod

KČOV – kořenová čistírna odpadních vod

CE – výrobky, které odpovídají předepsaným technickým požadavkům

10. SEZNAM PŘÍLOH

P.1 Situace širších vztahů M 1:25

P.2 Situace stávajícího stavu M 1:25

P.3 Situace nového návrhu M 1:25

P.4 Kořenová čistírna odpadních vod M 1:50

P. 5 Biologický septik M 1:25

P.6 Akumulační nádrž M 1:25