

ČESKÉ VYSOKÉ ÚČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**Zdravotní technika a zpětné využití  
dešťových vod v bytovém domě Rohan**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval:

Zdeněk Řanda

Vedoucí práce:

Ing. Ilona Koubková, Ph.D.

Školní rok:

2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Řanda Jméno: Zdeněk Osobní číslo: 477147  
Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Zdravotní technika a zpětné využití dešťových vod v bytovém domě Rohan  
Název bakalářské práce anglicky: Public health engineering and reuse of rainwater in Rohan apartment building

Pokyny pro vypracování:

1. Zpracujte projektovou dokumentaci ZTI (kanalizace, vodovod) na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení. Zpracujte zadané výkresy v měřítku 1:50 až 1:100, situaci 1:400 až 1:500, zadané výpočty a technickou zprávu.
2. Rešerše na téma zpětné využití dešťových vod v bytových domech.

Seznam doporučené literatury:

Technická zařízení budov 1: Zdravotní technika, Vytápění. prof. Ing. Karel Kabele, CSc. a kol.  
Zdravotně technické instalace budov. Jaroslav Valášek a kol.  
Zdravotně technické instalace. Jakub Vrána, Zdeněk Žabička.  
TP 1.20 Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech. Karel Vrána, Zdeněk Žabička

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

Datum zadání bakalářské práce: 22.02.2021 Termín odevzdání bakalářské práce: 16.05.2021  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## Čestné prohlášení

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

V Praze dne .....

Podpis .....

## Poděkování

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

Také děkuji slečně Anně-Marii Kubištové za podporu a trpělivost a panu Tomáši Krajňákovi za poskytnuté rady.

## Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je návrh zdravotně technických instalací v bytovém domě Rohan na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení. Obsahem první části je teoretická rešerše, která se zabývá hospodařením a možnostmi zpětného využití dešťové vody, a to jednak z hlediska environmentálního, a také z hlediska požadavků vyplývajících z legislativy a norem. Praktická část se zaměřuje na konkrétní návrh retenčních nádrží za účelem výtlačku zachycené vody a následného využití na splachování hygienických zařízení a zalévání zahrady. Součástí práce je rovněž projektová dokumentace kanalizace a vodovodu.

## Klíčová slova

dešťová voda, srážková voda, decentralizovaný systém, kvalita dešťové vody, předčištění, filtry, likvidace, vsakování, retence, zpětné využití, akumulární nádrže, klidný nátok, bezpečnostní přepad, elektromagnetický ventil, plovák se spínačem

## Abstract

The purpose of this bachelor's thesis is design of public health engineering in Rohan apartment building on the level of extended documentation for building permit. First part consists of theoretical research which focuses on different ways to reuse rainwater both from an environmental perspective and also from a legal perspective. The practical part focuses on a specific design of retention tanks with the purpose of redistributing obtained rainwater and subsequent reuse with the intent of flushing within sanitary facilities and watering the garden. The thesis also contains project documentation of sewerage and water supply.

## Keywords

rainwater, stormwater, decentralized system, quality of rainwater, pre-cleaning, filters, disposal, infiltration, retention, reuse, storage tank, regulated inflow, precautionary overflow, solenoid valve, float switch

# Obsah

1.	Teoretická část rešerše – Zpětné využití dešťové vody v bytových domech.....	8
1.1	Úvod.....	8
1.2	Hospodaření s dešťovou vodou .....	9
1.3	Druhy srážkových vod.....	10
1.4	Znečištění dešťové vody.....	11
1.5	Požadavky na kvalitu dešťové vody .....	12
1.6	Čištění srážkových vod .....	13
1.6.1	Předčištění v místě sběrné plochy.....	13
1.6.2	Lapače splavenin a okapové filtry .....	14
1.6.3	Košíčkové filtry.....	16
1.6.4	Samočistící filtry.....	16
1.6.5	Filtry na tlakovém potrubí.....	16
1.6.6	UV záření.....	17
1.6.7	Odlučovače lehkých kapalin.....	17
1.7	Způsoby likvidace srážkové vody.....	18
1.7.1	Vsakování.....	18
1.7.2	Retence.....	20
1.7.3	Akumulační nádrže.....	22
1.8	Možnosti zpětného využití .....	24
1.8.1	Komponenty sestav pro zpětné využití .....	25
1.9	Schématiké možnosti řešení.....	26
1.10	Dotační program Dešťovka.....	29
1.11	Modro-zelená infrastruktura.....	29
1.12	Závěr teoretické části .....	29
2.	Praktická část rešerše – Návrh retenčních nádrží pro zpětné využití dešťové vody .....	30
2.1	Bilance potřeby vody na splachování a zalévání.....	30
2.2	Bilance odtoku dešťové vody.....	30
2.3	Porovnání potřeby vody na splachování a zalévání s odtokem dešťové vody .....	31
2.4	Metody návrhu retenčních nádrží.....	32
2.4.1	Návrh dle ČSN 75 9010 .....	32
2.4.2	Empirický výpočet.....	33
2.4.3	Vyhodnocení obou návrhů.....	34
2.4.4	Návrh retenčních nádrží.....	35
2.5	Návrh čerpadel pro retenční nádrže .....	35

2.6	Závěr praktické části.....	37
2.7	Seznam obrázků.....	38
2.8	Seznam tabulek.....	39
2.9	Seznam citované literatury .....	39

# 1. Teoretická část rešerše – Zpětné využití dešťové vody v bytových domech

## 1.1 Úvod

Ohleduplnost k přírodě má být základem lidského myšlení a konání.

Každým rokem se výrazněji projevují klimatické změny. Nižší a nárazové srážkové úhrny způsobují vysychání půdy. Důsledkem je snižování hladiny podzemní vody. Velké developerské projekty, budování infrastruktury a intenzivní zemědělská produkce mění původní odtokové charakteristiky území. Tyto faktory a jejich kombinace jsou výsledkem lidské činnosti. Exponenciální růst počtu obyvatel a jejich zvyšující se požadavky na kvalitu života jsou příčinou rozvoje průmyslových odvětví, kde je spotřeba pitné vody enormní.

Sami lidé si vody začnou vážit až v okamžiku, kdy pocítí její nedostatek. Mnoho českých rodin začne s vodou šetřit až v momentě, kdy vodu nemají nebo je vody málo. Osobně jsem zažil situaci, kdy naší rodině v horkém létě vyschla studna, která byla pro dům jediným zdrojem vody. Tato prožitá zkušenost, kdy voda najednou nebyla samozřejmou součástí domácnosti, mě o to více motivovala řešit otázku hospodaření s vodou ve společnosti.

Cílem mé práce je zpracování obecných možností hospodaření s dešťovou vodou a zpětného využití za účelem úspory vody pitné. V praktické části se věnuji konkrétnímu návrhu zpětného využití v bytovém domě Rohan. Součástí mé práce je také přiložená projektová dokumentace vodovodu a kanalizace.



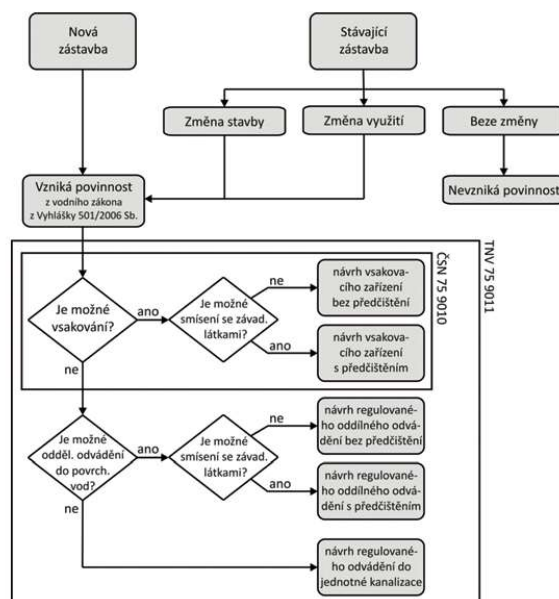
## 1.2 Hospodaření s dešťovou vodou

S prudce rostoucí urbanizací spojenou s neustálým rozšiřováním zpevněných a zastavěných ploch vznikají větší nároky na nakládání se srážkovou vodou. Dopadající voda, která se nemůže vsakovat, se tak ve velkých objemech akumuluje na povrchu a odtéká do kanalizace. Pokud v místě srážkového úhrnu není dešťová kanalizace, následkem není jen přetížení čistíren odpadních vod, ale také zamezení přirozeného vsaku a odpařování. V literatuře je tento způsob nakládání s dešťovou vodou označován jako konvekční způsob odvodnění, který upřednostňuje rychlost před ekologickou a ekonomickou udržitelností [1].

Se zamezením vsakováním souvisí také snižující se hladina podzemní vody. Kromě zmíněné povrchové zastavěnosti je tento jev způsoben zároveň podzemními stavbami. Příkladem mohou být tunely, zářezy komunikací nebo metro [2].

Opakem konvekčního způsobu odvodnění je systém decentralizovaný. Z názvu je patrné, že hlavní princip spočívá v zadržení dešťové vody v místě dopadu a jejímu navrácení do přirozeného koloběhu vody. Jedná se tedy o jisté napodobení a částečné navrácení původních odtokových charakteristik [3].

Hospodaření se srážkovou vodou jako řešení odvodnění zastavěných městských částí je v ostatních zemích (Německo, Švýcarsko, Nizozemsko či USA) rychle se rozvíjejícím odvětvím. České právní předpisy uvádí tři základní způsoby nakládání s dešťovou vodou. Za předpokladu splnění místních geologických poměrů je přednostní volbou vsakování. Pokud vsakování možné není, je nutné posoudit možnost zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací. Při nevyhovění ani jedné z výše uvedených možností zbývá zadržování a následná regulace odtoku do jednotné kanalizace [1].



Obrázek č.1 – Povinnost hospodařit se srážkovou vodou dle ČSN 75 9010 a TNV 75 9011 [1]

## 1.3 Druhy srážkových vod

Při návrhu vsakování či jiného zpětného využití je nutné brát ohled i na míru znečištění. Srážkové povrchové vody, které lze odvádět do vsakovacího zařízení ze zpevněných ploch, se podle ČSN 75 9010 dělí na:

### a) „Srážkové povrchové vody přípustné

*Odtok z následujících ploch:*

- *Zatrávněných ploch, luk a kulturní krajiny s možným odtokem srážkových vod do odvodňovacích systémů*
- *Střech o redukované ploše  $A_{red} < 200 \text{ m}^2$*
- *Teras v obytných částech a jim podobných ploch*
- *Komunikací pro pěší a cyklisty*
- *Vjezdů do individuálních garáží a příjezdů k rodinným domům a stavbám pro individuální rekreaci*

### b) Srážkové povrchové vody podmíněčně přípustné

*Odtok z následujících ploch:*

- *Střech o redukované odvodňované ploše  $A_{red} > 200 \text{ m}^2$*
- *Pozemních komunikací pro motorová vozidla*
- *Parkovišť motorových vozidel do 3,5 t a autobusů*
- *Letištních ploch pro startování a přistávání letadel*
- *Komunikací průmyslových a zemědělských areálů“ [4, s. 12]*

Srážkové povrchové vody je možné vsakovat bez předchozích opatření. Jako případná opatření lze zvolit zachycení splavenin. Podmíněčně přípustné srážkové povrchové vody lze zasakovat až po jejich předčištění, které závisí na druhu znečištění a typu vsakovacího zařízení [4].

Norma dále upravuje potenciální výrazněji znečištěné povrchové vody. Po předčištění je vhodné je odvádět do kanalizační sítě. Na základě článku Ing. Zdeňka Žabičky, který se ve své publikaci zabývá technickým řešením vsakovacích zařízení, lze do rozdělení přidat ještě kategorii:

### c) „Srážkové povrchové vody nepřípustné

*Povrchový smyv z ploch:*

- *Parkovišť nákladních aut*
- *Parkovišť u opraven vozidel a plochy opraven vozidel*
- *Letištní plochy, kde je prováděna zimní údržba letadel (romzrazování povrchu pomocí chemických prostředků)*

- Šrotišť
- Uskladnění aut (ošetřených z výroby)
- Hospodaření s odpady
- Manipulace s lehkými kapalinami“ [5]

## 1.4 Znečištění dešťové vody

Již po vypaření vody dochází v atmosféře k jistému znečištění. Samotná kontaminace chemickými látkami však závisí na míře a obsahu látek ve vzduchu. Znečištění zachycené vody lze přiřadit ke třem původům:

- „Rozpuštěné a nerozpuštěné látky v atmosferických srážkách
- Znečištění, které se během bezdeštného období nahromadí na povrchu území a během dešťové události je odváděno s dešťovou vodou
- Znečištění, které vzniká při kontaktu dešťové vody s materiálem na povrchu území“ [6]

Významnou roli má také délka bezdeštného období, během kterého dochází na odvodňovaných plochách k usazování nečistot. Jedná se zejména o ropné látky, těžké kovy, toxické sloučeniny či nerozpuštěné látky a živiny. Kombinace delšího období sucha a následný intenzivní srážkový úhrn má pak v počáteční fázi deště za následek vysoký odnos znečištění [7].

Na konstrukcích střech může také dojít k mechanickému znečištění v podobě listů, pylů, klacíků či ptačího trusu, které je však podle dosavadních zkušeností nepatrné a lidské zdraví nijak neohrožuje. Kromě mechanického znečištění může dojít i k již zmíněné kontaminaci při kontaktu s různými materiály. Jedná se především o postupně uvolňující se částičky střešních krytin, cihel, kovů, nátěrů či asfaltů [8]. Tabulka na obrázku č.2 uvádí potenciální vlivy sběrné plochy na kvalitu zachycených srážkových vod.

Odvodňovaná plocha	Potenciální vliv na kvalitu jímaných srážkových vod
vegetační střechy	zbarvení
materiál obsahující bitumen	zbarvení
vláknocement	dlouhodobá emise vláken
měděné, olověné nebo zinkové (pozinkované) střechy	zvýšená koncentrace těžkých kovů
zvětralé drsné povrchy	vyplavování pevných látek

Obrázek č.2 – Příklady potenciálních vlivů povrchu odvodňovaných ploch na kvalitu jímaných srážkových vod [9]

Typ plochy	Míra znečištění srážkových vod	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vegetační střechy</li> <li>- Střechy z inertních materiálů</li> <li>- Střechy s plochou neošetřených kovových částí do 50 m<sup>2</sup></li> <li>- Komunikace pro chodce a cyklisty</li> <li>- Málo frekventovaná parkoviště osobních aut</li> <li>- Málo frekventované pozemní komunikace<sup>a</sup> (přijezdy k domům)</li> </ul>		nizká
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Střechy s plochou neošetřených kovových částí 50 m<sup>2</sup> až 500 m<sup>2</sup></li> <li>- Středně frekventované pozemní komunikace<sup>b</sup></li> <li>- (Vysoce) frekventovaná parkoviště (osobní auta a autobusy)</li> </ul>		střední
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Střechy s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m<sup>2</sup></li> <li>- Vysoce frekventované pozemní komunikace<sup>c</sup></li> <li>- Plochy u skladišť, manipulační plochy</li> <li>- Komunikace zemědělských areálů</li> <li>- Parkoviště nákladních aut<sup>d</sup></li> </ul>		vysoká
<sup>a, b, c</sup> viz tabulka A.1 <sup>d</sup> parkoviště, která nejsou součástí veřejných komunikací		

Obrázek č.3 – Orientační klasifikace znečištění srážkových vod z hlediska znečištění nerozpuštěnými látkami, těžkými kovy a uhlovodíky – TNV 75 9011 [10]

## 1.5 Požadavky na kvalitu dešťové vody

Kvalitativní požadavky na dešťovou vodu jsou v ČSN EN 16941-1 stanoveny tak, že využitelná srážková voda nesmí představovat nepřiměřené zdravotní riziko podle národních předpisů, norem a návodů [11].

V případě využití na vsakování jsou požadavky definovány v samotném rozdělení srážkových vod podle znečištění v bodě 1.3. Jinými slovy nesmí dojít ke kontaminaci životního prostředí.

Při zpětném využití dešťové vody na splachování WC, praní, zalevání a čištění nesmí dojít k:

- „K ohrožení zdraví uživatele
- K ohrožení kvality pitné vody
- K omezení komfortu užívání vody“ [6]

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	V obvyklých koncentracích bez významu
Těžké kovy	Nebezpečí akumulace v půdní vrstvě			
Pesticidy	Ohrožení rostlin a půdních organismů			
Mikroorganismy		Zpravidla bez významu	Zpravidla bez významného vlivu	Zpravidla bez významného vlivu
Barva	Zpravidla bez významného vlivu			Nebezpečí obarvení
Zápach			Zpravidla bez významu	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

Obrázek č.4 – Tabulka požadavků na složení dešťové vody [6]

## 1.6 Čištění srážkových vod

### 1.6.1 Předčištění v místě sběrné plochy

Z výše uvedených rozdělení a požadavků na kvalitu je patrné, že před samotnou likvidací je ve většině případů nutné dešťovou vodu předčistit. Tato nezbytnost se netýká srážkových povrchových vod přípustných, kde se pouze doporučuje zachycení splavenin. V dnešní době je toto doporučení spíše samozřejmostí. Bodové vpusti u plochých střech disponují ochranným košem k zachycení, respektive k zamezení vstupu splavenin do sestavy. Obdobné řešení existuje i pro odvodnění teras. Filtrační ochranný koš je však snížený či plochý.



Obrázek č.5 – Střešní vpust' TOPWET [12]

V případě střech šikmých se žlaby a okapovými svody můžeme zachycení splavenin ze sběrné plochy řešit například pomocí ochranných mřížek. Kromě zachycení navátých a jiných nečistot slouží také k zajištění plynulé ventilace a cirkulace vzduchu [13].



*Obrázek č.6 – Ochranná mřížka Leaf Protec [14]*

## 1.6.2 Lapače splavenin a okapové filtry

Lapače střešních splavenin jsou ve své konstrukci vybaveny filtračním košíčkem, který lze vyjmout a vyčistit. Za napojeným okapovým svodem na vymešovací kroužky různého průměru je instalována klapka plnící funkci zápachové uzávěry a také jako zábrana proti průchodu hlodavců [15].



*Obrázek č. 7 – Lapač střešních splavenin Alca Plast [15]*



Další alternativou je okapový filtr, který se instaluje v místě odbočky. Stejně jako u lapačů, ochranných košů a mřížek je primární funkcí odfiltrování hrubších nečistot, které jsou dále odplavovány do kanalizace. Jemné částičky prachu či písku propadnou a sedimentují se na dně nádrže. Konstrukce sběrače je plastová s filtrem z nerezové oceli. Hlavní využití je zejména pro jímání vody do nadzemních nádrží a barelů [6].



Obrázek č.8 – Sběrač dešťové vody se samočisticím filtrem [16]

Mezi další varianty filtračních jednotek patří filtrační podokapový hrnec. Těleso je zapuštěné do země uložené na vrstvě zhutněného kameniva či betonovém podkladu. Jako filtr zde slouží vrstva kačírku na netkané textílii, která z tekoucí vody zachytává hrubší nečistoty. Takto předčištěná voda dále protéká skrze sítko do odtokového potrubí. Využití bývá na zavlažování, vsakování nebo na doplňování vody do rybníčků [6].



Obrázek č.9 – Podokapový filtrační hrnec [17]

### 1.6.3 Košíčkové filtry

Princip řešení košíčkových filtrů je stejný jako u lapačů splavenin. Rozeznáváme umístění v externích filtračních šachtách, které jsou z tohoto hlediska nezávislé na recipientu. Ten však musí mít bezpečnostní přepad. Košíčky zachytávají nečistoty a jsou vyjmutelné pro údržbu. Šachty mají předpřipravené otvory pro napojení kanalizačních trub. Druhou možností je umístění košíčkového filtru na nátoku v nádrži [18]. Obě varianty představují jednoduché řešení se snadným přístupem a čištěním.



Obrázek č.10 – Filtrační koš v tělese filtru [6]

### 1.6.4 Samočistící filtry

Obdobně jako u výše uvedených košíčkových filtrů i samočistící filtry existují v provedení externím šachtovém a interním v nádrži. Principiálně se jedná o filtrační desku nebo válec, přes které natéká na mírně zaoblenou hranu znečištěná voda. Skrze filtrační plochu protéká voda čistá a nečistoty s vodou zbytkovou jsou odvedeny do kanalizace. Stejný mechanismus se uplatňuje i u externí šachtové filtrace [19].

### 1.6.5 Filtry na tlakovém potrubí

Pro jednodušší účely jímání dešťové vody postačí výše uvedené možnosti filtrace hrubších nečistot. Při užití dešťové vody v domácnosti na splachování WC či praní prádla se navíc osazují na výtlačné potrubí i jemnější filtry, které zabraňují vnikání znečišťujících částic v podobě úlomků rzi, vláken nebo zrn písku. Tyto filtry v sobě mají jemné síto. Další varianta vybavena vložkou s aktivním uhlím navíc odstraňuje pachy, stopy organických látek, chlory, insekticidy, pesticidy a rozpouštědla [20].



### 1.6.6 UV záření

UV záření lze použít na odstranění virů a bakterií přímo v nádrži za předpokladu zvýšených nároků na čistotu vody. Ultrafialové záření kolem zařízení likviduje mikrobiální zárodky na několik metrů [21].

### 1.6.7 Odlučovače lehkých kapalin

Při smísení dešťové vody s ropnými látkami vzniká emulze. Takovéto znečištění, které je tvořeno uhlovodíky, je před likvidací dešťové vody nutno odstranit pomocí odlučovačů lehkých kapalin [22].

Problematiku odlučovačů lehkých kapalin upravují ČSN EN 858-1 a ČSN EN 858-2, která obecně definuje použití odlučovacích zařízení k účelům:

- *„Čištění průmyslových odpadních vod z průmyslových provozů, z mycích linek automobilů, z čištění zaolejovaných součástí či jiného původu, např. čerpací stanice pohonných hmot*
- *Čištění dešťových vod (dešťového odtoku) znečištěných(ho) olejem z nepropustných ploch, např. parkovišť, pozemních komunikací a ploch ve výrobních závodech*
- *Ochraně okolních ploch před nekontrolovatelným odtokem lehkých kapalin“ [23, s. 8]*

Z výše uvedené kategorizace se vztahem k bytovým objektům vyplývá, že parkovací stání a příjezdové cesty, které budou napojeny na kanalizaci, je v rámci domovní kanalizace nutno napojit na odlučovač lehkých kapalin.

Tato zařízení se však nepožadují, pokud je kanalizace zaústěna na biologickou čistírnu, která je schopna případný větší únik ropných látek zachytit [24].

Zařízení pro odlučování obsahuje kalový prostor, odlučovací část a případný prostor pro odběr vzorků. U některých systémů se vyskytuje i část sorpční. Kalový prostor, umístěný na nátokové straně odlučovače, je určen pro usazení kalu, bahna a písku. V odlučovací části dochází k odloučení lehké kapaliny od nátokové odpadní vody a ke skladování. Sorpční část slouží k zachycení jemně rozptýlených kapek lehkých kapalin [24].

## 1.7 Způsoby likvidace srážkové vody

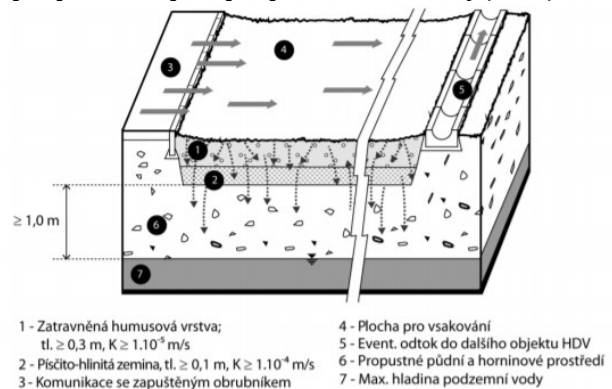
Jak bylo zmíněno v úvodních slovech, Český právní rámec ukládá stavebníkům povinnost likvidace dešťové vody na pozemku stavby. Při intenzivním dešti totiž množství dešťové vody převyšuje odtok odpadních vod, přetěžuje tak čistírny a zároveň narušuje přirozený koloběh.

### 1.7.1 Vsakování

Přednostní volbou pro způsob likvidace srážkové vody je vsakování. Této variantě ovšem dle ČSN 75 9010 předchází geologický průzkum k získání potřebných poznatků o hydrogeologických, inženýrskogeologických a geotechnických poměrech daného území. Jedná se především o stanovení přirozeného režimu hladiny podzemní vody, koeficientu vsaku, rychlostí proudění podzemní vody a posouzení vhodnosti. Jak popisuje obrázek č.1, z hlediska kontaminace rozlišujeme vsakování bez předčistění a s předčistěním, které vyplývá z kategorického rozdělení srážkových vod. Z hlediska proveditelnosti dělíme vsakovací zařízení na:

- Povrchové
- Podzemní [4]

U povrchového vsakování hovoříme v první řadě o plošném vsakování, kdy je srážkový odtok bez předešlé retence přímo odváděn na určenou zatravněnou plochu. Může se jednat o odvodnění školních dvorů, sportovišť či parkovací plochy, u které lze provést i přímé vsakování, kde se snažíme využívat propustné a polopropustné materiály jako jsou zatravněvací tvárnice, dlažby s mezerami nebo štěrkové cesty. Na takovéto plochy však nepřivádíme vodu okolní, protože zde figuruje snížená vsakovací schopnost. Redukovaná plocha a plocha určená pro vsakování se poměrově pohybuje přibližně  $A_{red} / A_{vsak} < 5$  [25].



Obrázek č.11 – Objekt plošného vsakování [26]

Obecně platí, že k povrchovému vsakování je třeba mít k dispozici dostatečně velkou nebo dostatečně propustnou plochu. Pokud tyto požadavky nelze splnit, je možnost využít mělké zatravněné vsakovací průlehy. Tento objekt slouží pouze ke krátkodobému zadržení vody, jinak by mohlo dojít k snížení vsakovací schopnosti a také k úhynu vegetačního pokryvu. Z tohoto důvodu se doporučuje maximální hloubka 0,3m. Přítoky by měly být

vedeny přímo ze zpevněné plochy tak, aby nedocházelo k soustředěnému proudu vody, který by mohl vyvolat erozi podloží. Dlouhé vsakovací průlehy se rozdělují zemními hrázkami. Poměr plochy redukované ku ploše určené pro vsakování je orientačně  $5 < A_{red} / A_{vsak} < 15$ . Při malé vsakovací schopnosti můžeme průleh doplnit o šterkem vyplněnou rýhu a v případě ještě nižší vsakovací schopnosti, kdy nelze celý srážkový objem vsakovat a retenovat, doplňujeme o regulovaný odtok do povrchových vod nebo kanalizace [25].

Další možností je použití vsakovací nádrže. V tomto případě je poměr redukované plochy a plochy k vsakování přibližně  $A_{red} / A_{vsak} > 15$ . U přítoků by opět nemělo docházet k soustředěnému proudu a pokud ano, doporučuje se lokální opevnění svahu v místě zaústění [25].



Obrázek č.12 – Povrchová vsakovací nádrž [27]

Podzemní vsakování můžeme ještě rozdělit v závislosti na typu využitého zařízení. První možností je odvedení dešťové vody drenážním rozvodným potrubím, kolem kterého je prostor vyplněný kamenivem. Nevýhodou tohoto systému je nižší životnost spojená s náklady na obnovu. [27]

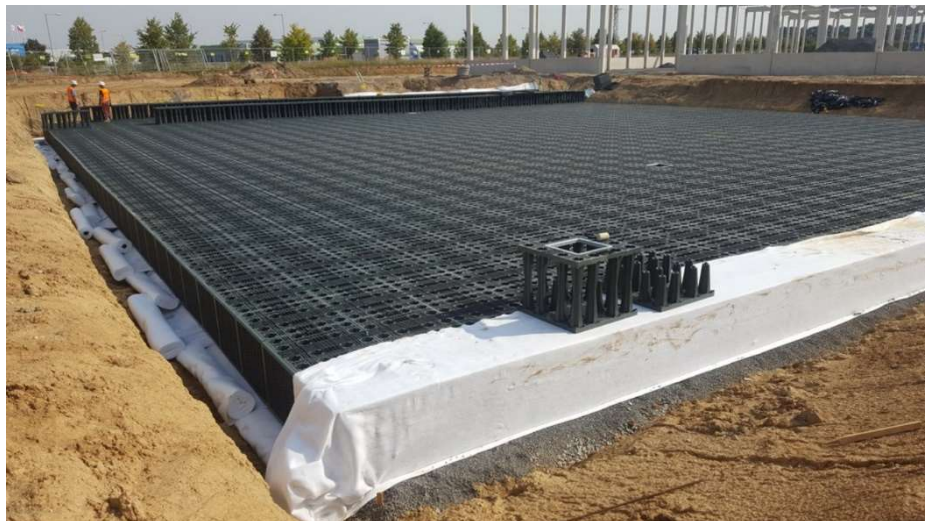
Další možností jak řešit podzemní vsakování je pomocí vsakovacích šachet. Jednoduché řešení je však často omezoáno vsakovací plochou a také nepříznivými vsakovacími podmínkami v samostatném provedení. Pro efektivnější využitelnost bývá zařazeno v kombinaci s jiným podzemním retenčním objektem [27]. Výrobci šachet z tohoto důvodu pro zlepšení vsakovacích vlastností doporučují obsypat perforované části dna kamenivem větší frakce [28].



Obrázek č.13 – Vsakovací šachta [28]

Posledním moderním typem jsou objekty z vsakovacích bloků. Konstrukce vsakovacích galerií je tvořena s ohledem na efektivní využití celého objemu a je vhodná i pro akumulaci při intenzivním dešti s postupným uvolňováním. Tvarově se jedná o plastové tunelové schránky, které lze skládat vedle sebe a o hranaté voštinové bloky s možností skládání na sebe. Vsakovací bloky se umísťují na štěrkový podklad s rozvodným potrubím a oddělují se geotextilií, která brání zanesení objektu zeminou a obsypem. Zároveň musí být zajištěny proti působení vzlakové vody. Součástí sestav jsou i revizní šachty pro údržbu [27].

Stanovení velikosti objemu zasakovacích objektů a odstupových vzdáleností od objektů se provádí podle ČSN 75 9010.



Obrázek č.14 – Vsakovací blok ASIO AS-RIGOFILL [29]

### 1.7.2 Retence

Za předpokladu nevyhovění podmínek pro vsakování je možné zvolit retenci srážkové vody s regulovaným odtokem pomocí decentrálních retenčních objektů. Základně můžeme retenci rozdělit na povrchovou a podzemní. Povrchové retenční objekty jsou stejně jako povrchové vsakovací zařízení náročnější na prostor, ale na druhou stranu kromě své primární funkce zastávají také funkci estetickou. Podzemní retenční zařízení naopak místo na pozemku nezabírají a jsou řešeny formou šachet, bloků nebo betonových konstrukcí [25].

Nedílnou součástí retenčních objektů na pozemku je také bezpečnostní přepad, který při přeplnění vlivem nadměrných srážek vodu odvádí. Dalším důležitým elementem retenčních nádrží či vsakovacích objektů s retenčním prostorem jsou zařízení pro regulaci

odtoku. Ta se například uplatňují při nepříznivých lokálních podmínkách vsakování za předpokladu kombinace retence s přelivem do zasakovacího objektu. Na řízení odtoku se používají škrťací tratě, vírové regulátory či filtrační lože [30].

Kromě decentrálních řešení rozeznáváme také ochranné retenční nádrže, které ve svém článku zabývající se retencí dešťových vod popisuje Ing. Tatiana Mifková: „Retenční nádrže nahrazují přirozené retenční vlastnosti krajiny, ochranu před velkými vodami, dešťovými odtoky, ale zachycují i smyvy, ochranná funkce je však převažující. Ostatní nádrže plní tuto funkci jako vedlejší.“ [30]

Do této skupiny patří:

- Suché retenční nádrže (poldry) – zachycují povodňové odtoky a následně se vyprazdňují, využití k zemědělství, lesnictví
- Retenční nádrže s přesně vymezeným ochranným prostorem – po průchodu povodňové vlny se řízeně vyprazdňují až po hladinu vymezeného zásobního prostoru
- Protierozní nádrže – zachycují splaveniny a chrání proti vodní erozi
- Dešťové nádrže – slouží ke krátkodobě akumulaci vody, úpravě a následně k vsakování nebo vypouštění
- Infiltrační výtopové nádrže – krátkodobě zadržují přebytek přitékající vody, který se využívá na závlahu luk a lesů
- Nárázové nádrže – vyrovnávají nárázové průtokové vlny při řízení průtoku [30]

Povrchovou decentralizovanou retenci lze na nemovitosti řešit například pomocí umělých mokřad nebo nádrže s biotopem. Tento typ objektu disponuje stálým nadržáním a díky přítomnosti vodních rostlin zároveň vodu čistí [25].



Obrázek č.15 – Jezírko s biotopem [31]



Další možností, jak vodu zadržovat a zároveň čistit, jsou zelené střechy. Dopadnuté srážky na půdní substrát se absorbují, což vede k redukci odtoku dešťové vody v zastavěném území nebo alespoň ke zpomalení. Přechodem přes zeleň zároveň dochází k čištění. Opačně pak tato varianta zadržování vody vede k možnému častějšímu čištění zanesených vpustí a žlabů [30].

### 1.7.3 Akumulační nádrže

Využitelnost akumulčních nádrží spočívá zejména ve zpětném využití srážkové vody. Součástí je již zmíněný bezpečnostní přepad, který může být zaústěný do vsakovacího tělesa, jednotné kanalizace nebo povrchových vod. Stanovení velikosti závisí zejména na odvodňované ploše a lze ho provést podle ČSN 75 9011, ČSN EN 16941-1 a také podle empirických vztahů z literatury.

Nejjednodušším způsobem akumulace jsou nadzemní nádrže a barely, které jsou přímo napojeny na dešťový svod. Toto amatérské řešení je velice rozšířené a můžeme ho nalézt téměř u každého rodinného domu a v chatařských oblastech. Nevýhodou je zde nedostatečná cirkulace vody, která spolu se slunečním zářením podněcuje výskyt mikroorganismů, což má za následek zhoršování kvality vody [32].



*Obrázek č.16 – Nadzemní akumulční nádrž [32]*

Druhým typem nádrží z hlediska umístění jsou nádrže podzemní, u kterých je hrozba výskytu bakterií vlivem slunečního záření či teploty eliminována. Materiálově rozeznáváme nádrže plastové, betonové, sklolaminátové a ocelové [33].

Plastové nádrže jsou v dnešní době velice rozšířené zejména kvůli své odolnosti, variabilitě, dostupnosti a jednoduché montáži. Vyrábí se nejčastěji z polypropylenu a polyethylénu se zesílením skelnými vlákny ve variantě bezešvé či svařované. Plastové nádrže bývají samonosné s možným provedením obetonování při výskytu spodní vody

nebo při usazení do snadno propustné zeminy. Osazení se provádí na zhutněný štěrk, případně na železobetonovou desku [33]. Otvory pro napojení potrubí bývají v nádržích předpřipravené výrobcem. Pro případné revize a údržby je součástí nádrže i vstupní komínek.



*Obrázek č.17 – Plastová nádrž Atlantis [34]*

Betonové nádrže jsou oproti plastovým odolnější vůči velkému vnějšímu zatížení. Z tohoto důvodu se užívají například pod příjezdovými komunikacemi. Tvarově výrobci nabízejí nádrže válcové a hranaté. Z hlediska provedení pak skružové a monolitické. U skružových nádrží po delší době užívání vzniká riziko netěsnosti v kontaktních místech. Další výhodou betonového provedení může být přírodní neutralizace kyselosti srážkové vody [33].

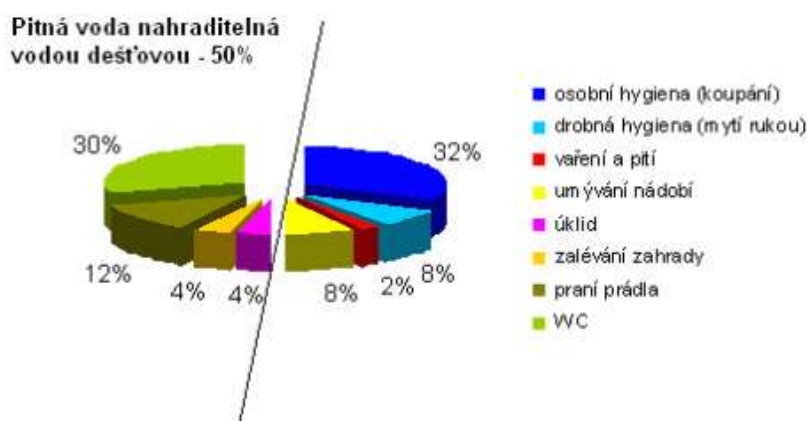


*Obrázek č.18 – Betonová válcová nádrž [35]*

Využití ocelových retenčních nádrží nalezneme zejména v oblasti vodohospodářských projektů. Tyto konstrukce se uplatňují u komplexních systémů kapacitního hospodaření se srážkovou vodou [36].

## 1.8 Možnosti zpětného využití

Nedostatek pitné vody a plýtvání spolu se shromažďováním dešťové vody je v současné době úzce spjatá problematika. Vedle decentralizovaného systému stojí totiž také moderní alternativy využití dešťové vody. Řešením zpětného využití v bytové zástavbě může být kromě zasakování a navrácení vody do koloběhu například splachování hygienických zařízení, praní prádla, zalévání zahrad nebo čištění dešťovou vodou [33]. Z obrázku č.19 je patrné, že nahraditelnost pitné vody vodou dešťovou činí přibližně 50%, což má přínos ekonomický a také environmentální.



Obrázek č.19 – Diagram ukázky množství možné náhrady pitné vody dešťovou vodou [33]

Při možnosti využití dešťové vody na zalévání zahrady je výhodou nízká koncentrace solí. Z hlediska napojení můžeme využít zmiňované nadzemní nádrže, které nevyžadují složitou instalaci. Další možností je zpětný výtlak k zahradnímu ventilu.

Protože je dešťová voda oproti vodě pitné měkčí, docílíme tak v domovním rozvodu kromě úspory na vodném také na nižší opotřebenosti zařízení. Nebude totiž docházet k tvorbě vodního kamene. Výhodné je zároveň využívat dešťovou vodu na čištění povrchů a mytí automobilů, kde je spotřeba velmi vysoká [33].

Hygienické hledisko při obecném užívání užitkové vody ve vnitřních rozvodech upravuje ČSN EN 1717, dle které nesmí dojít k znečištění veřejné nebo soukromé rozvodné sítě pitné vody nežádoucími látkami. Znamená to, že je v případě zpětného využití je nutné mít oddělené rozvody vody pitné a užitkové doplněné o barevné označení [37].



### 1.8.1 Komponenty sestav pro zpětné využití

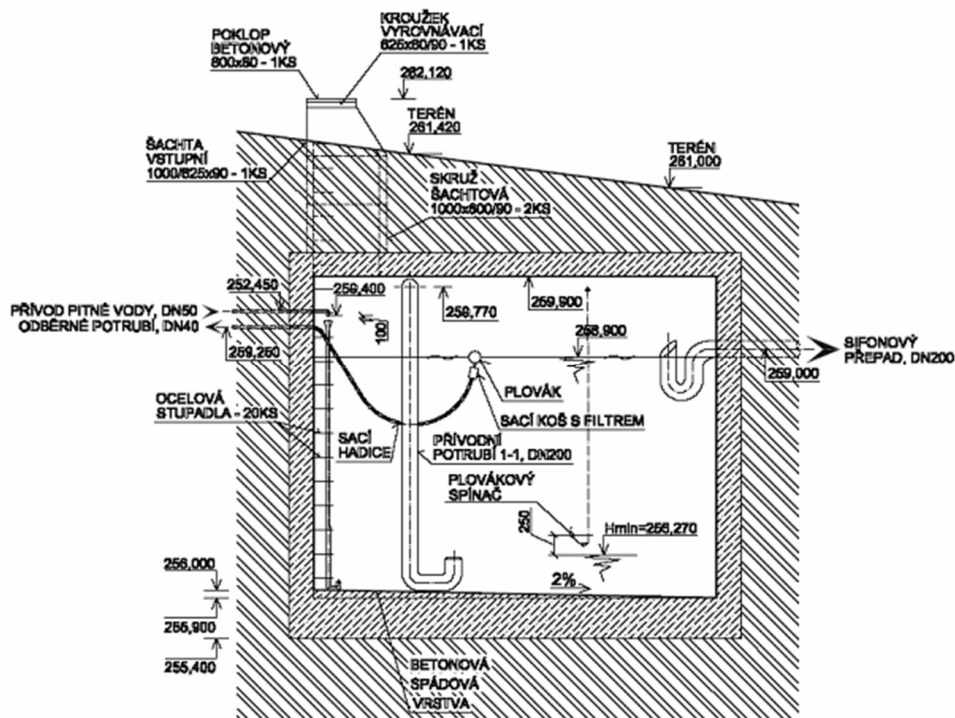
Před nátokem dešťové vody do akumulární nádrže je voda předčištěna v závislosti na míře znečištění. Svodným potrubím se dopraví do nátokového hrdla a pomocí zklidňovacího zakončení nateče do nádrže. Funkcí tohoto prvku je zamezení víření dna nádrže, na kterém dochází k sedimentaci drobných částic [33]. Klidný nátok lze provést pomocí dvou kolen daného přívodního potrubí nebo instalováním tvarovky na obrázku níže.



*Obrázek č.20 – Klidný nátok [38]*

Pro čerpání vody z nádrže se využívají ponorná a sací čerpadla. Ponorná čerpadla se umísťují nad dno nádrže, aby nedocházelo k odebírání usazených nečistot. K zamezení chodu na sucho bývá vybaveno plovákovým spínačem, který čerpadlo při nedostatku vody vypne. Sací čerpadla se umísťují mimo a do nádrže je přivedeno jen čerpací potrubí, součástí kterého je sací koš a plovák. Ten zajišťuje odebírání vody pod hladinou tak, aby opět nedocházelo k čerpání nečistot [33].

Pokud uvažujeme napojení dešťové vody na vnitřní rozvody v domě se stálým odběrem, je nutné zajistit automatické dopouštění nádrže, aby se zásobování při nedostatku vody nepřerušilo. Doplnění může být pitnou vodou z vodovodního řadu nebo užitkovou vodou ze studny a může se provádět pomocí nádržky u čerpací stanice, mezinádrže či přímo do akumulární nádrže volným výtokem se zápachovou uzávěrou [9]. Volné výtoky jsou určeny k ochraně pitné vody před znečištěním a jsou předmětem ČSN EN 13076 a ČSN EN 13077. Tyto normy stanovují požadavky na neomezený volný výtok AA a neomezený volný výtok s nekruhovým přepadem AB [39], [40]. Samotné doplňování vody do nádrže spočívá v sepnutí plovákového spínače při poklesu hladiny, který dá signál magnetickému ventilu na přívodním potrubí, čímž se zahájí odběr respektive dodávka vody. Příklad součástí sestavy v nádrži je na obrázku č.21 [41].

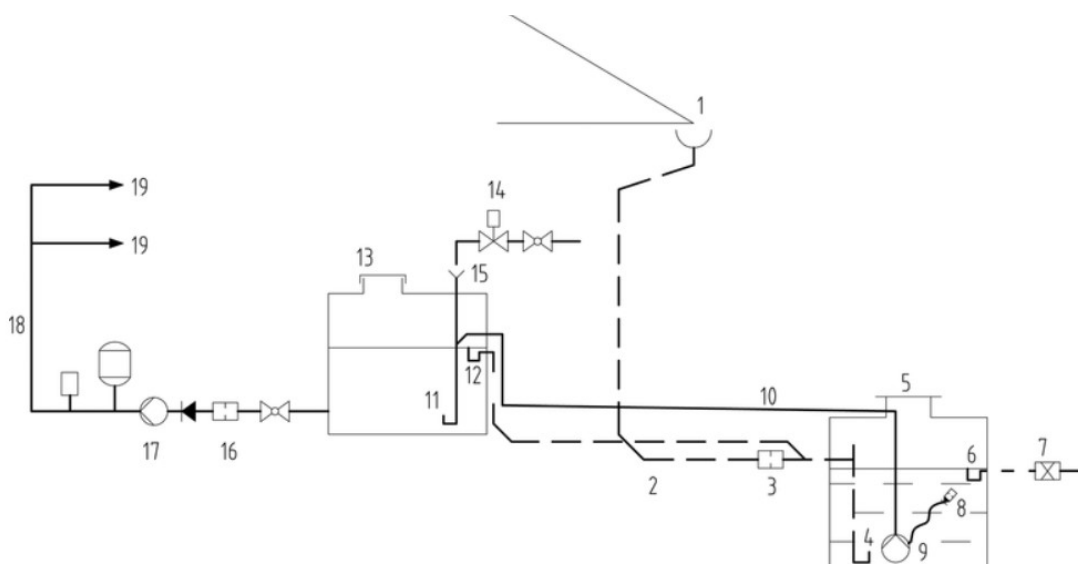


Obrázek č.21 – Zásobní nádrž [41]

## 1.9 Schématické možnosti řešení

Schématiké možnosti řešení využití dešťové vody ve vnitřních rozvodech se odvíjí od volby způsobu doplňování vody pitné nebo užitkové. První variantou je doplňování pitné vody pomocí nádržky u čerpací stanice. Srážková voda ze sběrných ploch (1) je dovedena odpadním potrubím (2) přes filtrační zařízení (3) do nádrže (5). Pomocí zklidňovacího prvku (4) natéká ke dnu nádrže a při přeplnění je odvedena bezpečnostním přepadem (6) na další napojené potrubí se zpětnou armaturou (7). Do nádrže je z automatické tlakové čerpací stanice (10), součástí které je také tlakový spínač s ovládáním čerpadla (11), dovedeno sací potrubí (9) zakončené sacím košem s plovákem a zpětnou armaturou (8). Součástí domovní jednotky (v obrázku čárkovaný obdélník) je nádržka pro doplňování pitné vody s plovákovým ventilem (12) a přeliv s přerušením (13). Při nedostatku dešťové vody v nádrži bude do této nádržky automaticky doplňována přívodem voda pitná (16) a pomocí elektromagnetického ventilu na sacím potrubí, které je napojeno na výtlač z nádrže, bude dodána do soustavy. Rozvody užitkové vody jsou zakončeny výtakovými armaturami pro jednotlivé napojené zařizovací předměty (15) [9].

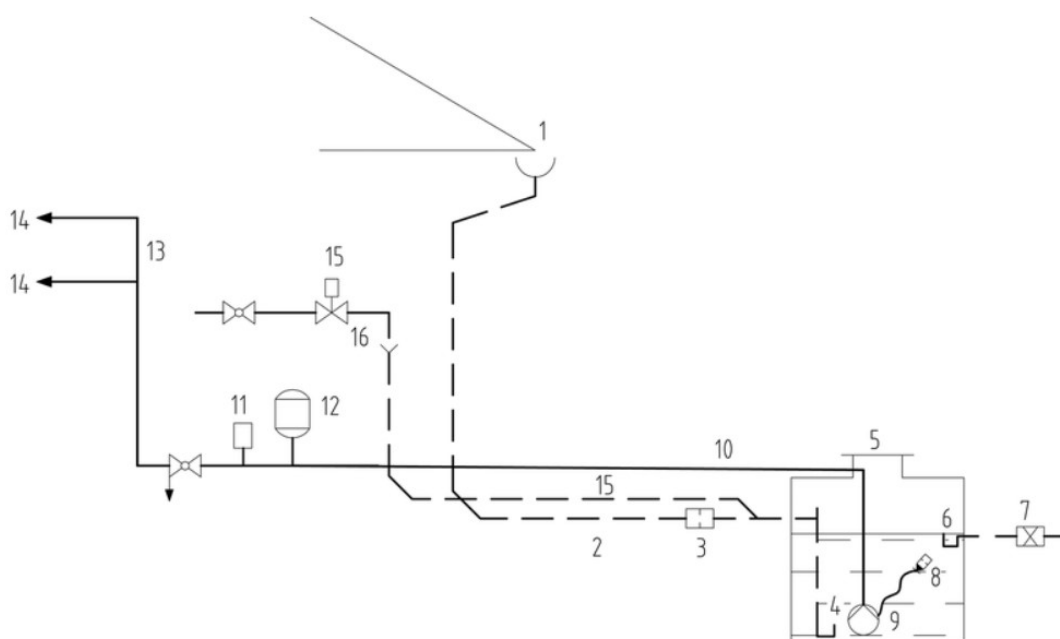




Obrázek č.23 – Zařízení pro využití srážkové vody s mezinádrží pro doplňování pitné vody [9]

Třetí možností je doplňování pitné vody přímo do akumulární nádrže. U této varianty je také výtlač (10) zajištěn ponorným čerpadlem (9) se sacím košem s plovákem a zpětnou armaturou. Na trase výtlačného potrubí je umístěn filtr (11) a tlaková nádoba (12). Pitná voda je zajištěna doplňováním s přerušením volným výtokem typu AA (16) s elektromagnetickým ventilem na přívodu (15) [9].

Společnost ASIO zároveň ve svých projekčních a instalačních podkladech uvádí možnost dopouštění s elektromagnetickým ventilem a plovákem přímo v nádrži [42].



Obrázek č.24 – Zařízení pro využití srážkové vody s s doplňováním pitné vody přímo do akumulární nádrže [9]

## 1.10 Dotační program Dešťovka

V dubnu roku 2017 byla vyhlášena první dotační výzva s názvem „Dešťovka I“ v rámci Národního programu Životního prostředí, který podporuje projekty v oblasti ochrany životního prostředí. Celková alokace činila 100 milionů korun. V srpnu téhož roku byla vyhlášena druhá dotační výzva „Dešťovka II“ s alokací 440 milionů korun. Hlavním cílem a myšlenkou tohoto programu je motivace stavebníků a vlastníků rodinných a bytových domů k hospodaření se srážkovou vodou spojeným s úsporou vody pitné. Žadatelé nemusí být pouze fyzické osoby. Dešťovka nabízí podporu pro podniky, firmy a také pro obce, kraje či veřejné organizace [43], [44].

## 1.11 Modro-zelená infrastruktura

System modro-zelené infrastruktury úzce souvisí s problematikou hospodaření s dešťovou vodou a v dnešní době vstupuje do popředí.

Ing. Jiří Vítek ve svém příspěvku uvádí: *„Úkolem MZI je chránit území proti záplavám, snížením povrchového odtoku v místě, kam srážková voda dopadne a spolu s tím vytvářet pro sídelní zeleň takové podmínky, aby ji bylo možné využít ke zmírňování sucha, přehřívání staveb a jejím prostřednictvím byly poskytovány další cenné ekosystémové služby.“* [45]

Mezi opatření, které modro-zelená infrastruktura přináší do technické infrastruktury obcí a měst, patří zejména obohacení estetických a rekreačních prvků o zeleň, výsadba stromů a stromořadí, realizace povrchových vsakovacích zařízení nebo také zvýšení propustných a polopropustných ploch [46].

## 1.12 Závěr teoretické části

Přestože se řešení této problematiky ve větším měřítku může zdát pomíjivé, v současnosti nám jsou známy možnosti, jak tento rychle jedoucí vlak alespoň částečně přibrzdit. Vedle likvidace srážkové vody stojí totiž také alternativní varianty, jak tuto vodu zpětně využít. V práci byly srážkové vody rozděleny do kategorií, byly uvedeny způsoby, jak s vodou nakládat a jak ji za účelem úspory pitné vody efektivně zpětně využít.

## 2. Praktická část řešerše – Návrh retenčních nádrží pro zpětné využití dešťové vody

Předmětem praktické části bude návrh dvou retenčních nádrží pro zpětné využití dešťové vody. Předpokládá se zadržení vody z odvodňovacích ploch střechy, venkovního parkoviště, příjezdové cesty, balkónů a venkovní terasy, ze kterých bude dešťová voda odvedena do retenčních nádrží. Účelem retence vody z první nádrže bude zpětné napojení potrubních rozvodů pro splachování WC a zalévání zahrady. Dešťová voda z druhé nádrže bude sloužit pouze pro zalévání.

### 2.1 Bilance potřeby vody na splachování a zalévání

Zpětné využití dešťové vody je uvažováno pro celý objekt bytového domu. Objekt má jedno podzemní a čtyři nadzemní podlaží. Celkový počet obyvatel byl stanoven na 21. Denní potřeba vody na splachování WC byla vlastním odhadem určena na 25l/os a potřeba vody na zalévání zahrady se odhadnula na základě týdenní závlahové dávky na m<sup>2</sup>.

$\underline{n}$  – počet obyvatel

$$n = 21 \text{ osob}$$

$\underline{q}_{s,z}$  – potřeba vody na splachování WC [l/os/den]

$$q_{s,z} = 25 \text{ l/os/den}$$

$\underline{q}_{z,d}$  – týdenní závlahová dávka [l/m<sup>2</sup>/týden]

$$q_{z,d} = 5 \text{ l/m}^2/\text{týden}$$

$\underline{A}_v$  – plocha východní části zahrady, která bude zalévána z první nádrže

$$A_v = 834 \text{ m}^2$$

$\underline{A}_z$  – plocha západní části zahrady, která bude zalévána z druhé nádrže

$$A_z = 175 \text{ m}^2$$

$\underline{Q}_{s,z}$  – roční potřeba vody na splachování WC [l/rok]

$$Q_{s,z} = 365 \cdot n \cdot q_{s,z} = 365 \cdot 21 \cdot 25 = \mathbf{191\ 625} \text{ l/rok} = \mathbf{191,625} \text{ m}^3/\text{rok}$$

$\underline{Q}_{z,d,v}$  – roční potřeba vody na zalévání východní části zahrady – předpokládané týdny sucha – 26 týdnů

$$Q_{z,d,v} = 26 \cdot A_v \cdot q_{z,d} = 26 \cdot 834 \cdot 5 = \mathbf{108\ 420} \text{ l/rok} = \mathbf{108,42} \text{ m}^3/\text{rok}$$

$\underline{Q}_{z,d,z}$  – roční potřeba vody na zalévání západní části zahrady – předpokládané týdny sucha – 26 týdnů

$$Q_{z,d,z} = 26 \cdot A_z \cdot q_{z,d} = 26 \cdot 175 \cdot 5 = \mathbf{22\ 750} \text{ l/rok} = \mathbf{22,75} \text{ m}^3/\text{rok}$$

### 2.2 Bilance odtoku dešťové vody

Odtok dešťových vod lze rozdělit na dvě části. První část uvažuje odvodnění ploch ploché střechy a balkónů do první retenční nádrže a druhá část uvažuje odvodnění ploch venkovního parkoviště, příjezdové cesty a venkovní terasy do druhé nádrže.

### První část:

Typ	Plocha A [m <sup>2</sup> ]	Součinitel odtoku C [-]	Redukovaná plocha A <sub>r</sub> [m <sup>2</sup> ]
Plochá střecha	162	1	162
Balkóny	35,25	1	35,25
Plocha A <sub>r</sub> celkem			<b>197,25</b>

Tab. č.1 Typy odvodňovaných ploch a jejich redukované plochy

$Q_{rd1}$  – roční odtok srážkových vod [m<sup>3</sup>/rok]

$Q_{rd1} = A_r \cdot h$  [m<sup>3</sup>/rok]

$h$  – dlouhodobý srážkový úhrn pro Středočeský kraj – 519 mm

$$Q_{rd1} = A_r \cdot h = 197,25 \cdot 0,519 = \mathbf{102,37} \text{ m}^3/\text{rok}$$

### Druhá část:

Typ	Plocha A [m <sup>2</sup> ]	Součinitel odtoku C [-]	Redukovaná plocha A <sub>r</sub> [m <sup>2</sup> ]
Venkovní parkoviště	94,3	0,8	75,44
Příjezdová cesta	48	0,8	38,4
Venkovní terasa	42,2	1	42,2
Plocha A <sub>r</sub> celkem			<b>156,04</b>

Tab. č.2 Typy odvodňovaných ploch a jejich redukované plochy

$$Q_{rd1} = A_r \cdot h = 156,04 \cdot 0,519 = \mathbf{80,98} \text{ m}^3/\text{rok}$$

## 2.3 Porovnání potřeby vody na splachování a zalévání s odtokem dešťové vody

Porovnání potřeby vody z první nádrže s první částí odtoku z odvodňovaných ploch:

$$Q_{s,z} + Q_{z,d,v} = 191,625 + 108,42 = \mathbf{300,045} \text{ m}^3/\text{rok} > Q_{rd1} = \mathbf{102,37} \text{ m}^3/\text{rok}$$

$$Q_{s,z} + Q_{z,d,v} - Q_{rd1} = 300,045 - 102,37 = \mathbf{197,675} \text{ m}^3/\text{rok}$$

### Závěr:

Roční potřeba vody na splachování WC a zalévání východní části zahrady je vyšší než roční odtok dešťových vod. Během roku bude nutné do nádrže dopustit celkem **197,675 m<sup>3</sup>** pitné vody.

Porovnání potřeby vody z druhé nádrže s druhou částí odtoku z odvodňovaných ploch:

$$Q_{z,d,z} = \mathbf{22,75} \text{ m}^3/\text{rok} < Q_{rd2} = \mathbf{80,98} \text{ m}^3/\text{rok}$$

### Závěr:

Roční potřeba vody na zalévání západní části zahrady je nižší než roční odtok dešťových vod. Během roku bude dešťové vody dostatek.

## 2.4 Metody návrhu retenčních nádrží

### 2.4.1 Návrh dle ČSN 75 9010

První návrh retenčních nádrží je proveden podle ČSN 75 9010. Namísto vsakovacího odtoku je uvažován odtok bezpečnostním přepadem do jednotné kanalizace [47].

$V_r$  – retenční objem [m<sup>3</sup>]

$$V_r = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \frac{Q_o}{1000} \cdot t_c \cdot 60 \text{ [m}^3\text{]}$$

$h_d$  – návrhový úhrn srážek podle přílohy A ČSN 75 9010 (počítáno pro Prahu-Hostivař) [mm]

$A_{vz}$  – plocha hladiny vsakovacího zařízení [m<sup>2</sup>] = 0

$Q_o$  – regulovaný (povolený) odtok přepadem do kanalizace = 0,5 l/s

$t_c$  – doba trvání srážek podle určené periodicity  $p = 0,2/\text{rok}$  [min]

#### **Návrh první retenční nádrže – RN1:**

Doba trvání srážek $t_c$ [min]	Návrhové úhrny srážek $h_d$ [mm]	Retenční objem $V_r$ [m <sup>3</sup> ]
5	11,3	2,08
10	16,5	2,95
15	19,5	3,40
20	21,1	3,56
30	23,2	3,68
40	24,7	3,67
60	26,9	3,51
120	30,6	2,44
240	36,6	0,02
360	42,5	-2,42
480	43,2	-5,88
600	43,8	-9,36
720	44,5	-12,82
1080	46,4	-23,25
1440	46,9	-33,95
2880	58,9	-74,78
4320	62,5	-117,27

Tab. č.3 Výpočet retenčního objemu  $V_r$  pro RN1

Největší vypočtený retenční objem a zároveň minimální pro návrh  $V_r = 3,68 \text{ m}^3$ .



### Návrh druhé retenční nádrže – RN2:

Doba trvání srážek $t_c$ [min]	Návrhové úhrny srážek $h_d$ [mm]	Retenční objem $V_r$ [m <sup>3</sup> ]
5	11,3	1,61
10	16,5	2,27
15	19,5	2,59
20	21,1	2,69
30	23,2	2,72
40	24,7	2,65
60	26,9	2,40
120	30,6	1,17
240	36,6	-1,49
360	42,5	-4,17
480	43,2	-7,66
600	43,8	-11,17
720	44,5	-14,66
1080	46,4	-25,16
1440	46,9	-35,88
2880	58,9	-77,21
4320	62,5	-119,85

Tab. č.4 Výpočet retenčního objemu  $V_r$  pro RN2

Největší vypočtený retenční objem a zároveň minimální pro návrh  $V_r = 2,72$  m<sup>3</sup>.

#### 2.4.2 Empirický výpočet

ČSN 75 6261 Dešťové nádrže v bodě 7.4.1.3 uvádí, že pro výpočet objemu retenční nádrže lze také použít empirické vzorce, které jsou uvedené v literatuře [48]. Pro druhý návrh k porovnání výsledků bude uvažováno, že doporučený objem na osobu je 1 m<sup>3</sup> na tři týdny. Tato hodnota byla stanovena na základě zkušeností z praxe, kdy bylo prokázáno, že v období tří týdnů téměř vždy přijde déšť. Objem bude ještě navýšen o 1 m<sup>3</sup> na každých 100 m<sup>2</sup> zahrady [49].

Oproti tomu stojí empiricky stanovená hodnota, že na každých 25 m<sup>2</sup> střechy lze připojit maximálně 1 m<sup>3</sup> objemu nádrže. Přestože se u všech odvodňovaných typů ploch nejedná o střechu, v následujícím zjednodušeném výpočtu tak brány budou.  $V_{rmi}$  znázorňuje retenční objem. Z vypočtených hodnot bude zvolena výsledná nejmenší hodnota pro každou nádrž [49].

Pro první retenční nádrž RN1:

Počet obyvatel (pro splachování WC):	<b>21 obyvatel</b>
Plocha východní části zahrady:	<b>834 m<sup>2</sup></b>
Redukovaná plocha první odvodňované části:	<b>197,25 m<sup>2</sup></b>

$$V_{rn1} = \min\left(21 \cdot 1 + \frac{834}{100}; \frac{197,25}{25}\right) = \min(29,34; 7,89) = \mathbf{7,89\ m^3}$$

Pro druhou retenční nádrž RN2:

Redukovaná plocha druhé odvodňované části:	<b>156,04 m<sup>2</sup></b>
Plocha západní části zahrady:	<b>175 m<sup>2</sup></b>

$$V_{rn2} = \min\left(\frac{175}{100}; \frac{156,04}{25}\right) = \min(1,75; 6,24) = \mathbf{1,75\ m^3}$$

### 2.4.3 Vyhodnocení obou návrhů

Z výše uvedených metod pro výpočet retenčního objemu vychází následující hodnoty:

Retenční objem pro RN1:

Návrh dle ČSN 75 9010	<b>3,68 m<sup>3</sup></b>
Návrh dle empirie	<b>7,89 m<sup>3</sup></b>

Retenční objem pro RN2:

Návrh dle ČSN 75 9010	<b>2,72 m<sup>3</sup></b>
Návrh dle empirie	<b>1,75 m<sup>3</sup></b>

Metoda návrhu dle ČSN 75 9010 se jeví jako přesnější, ale nezohledňuje potřebu vody pro splachování WC. Druhá metoda dle empirie naopak potřebu vody zohledňuje, ale vzhledem k jednoduchosti výpočtu neuvažuje bezpečnostní odtok.

Pokud bychom jako výslednou hodnotu pro nádrž RN1, která bude hlavně využita pro zpětný výtlač k rozvodu vody pro splachování, zvolili 3,68 m<sup>3</sup>, tento objem by pro obyvatele při uvažované spotřebě 25l/os.den postačil na týden. Za předpokladu nulových srážek by to znamenalo, že po jednom týdnu by bylo nutné nádrž dopustit. Pro větší úsporu pitné vody bude přihlédnuto k hodnotě 7,89 m<sup>3</sup>. Tato hodnota ovšem neznamená, že nádrž nebude potřeba nikdy dopouštět, ale docílí se tak nižší spotřeby.

## 2.4.4 Návrh retenčních nádrží

### **Návrh RN1:**

Na základě výpočtů navrhuji retenční nádrž **AS-REWA ECO 8 EO/PB** s retenčním objemem 7,99 m<sup>3</sup> s možností zpětného napojení rozvodu potrubí pro splachování WC a zalévání zahrady. Na nádrž bude současně napojen rozvod pitné vody pro dopouštění s elektromagnetickým ventilem. Součástí bude také bezpečnostní přepad, filtr srážkové vody, tvarovka pro zklidnění proudu nátokové vody a ponorné čerpadlo. Samotná nádrž bude osazena na ŽB desku tl. 200 mm.

Vzhledem k hloubce uložení nádrže bude vstupní šachta provedena jako prefabrikovaná s šachtovými stupadly a poklopem. Přítok i odtok bude proveden z trub KG PVC SN4 DN125. Potrubí pro dopouštění pitné vody a zpětný výtlak bude provedeno z PE100 SDR11 25x2,3. Všechny prostupy skrze plášť nádrže budou realizovány jako vodonepropustné.

Dimenze a trasy vnitřních rozvodů výtlaku z retenční nádrže jsou součástí projektové dokumentace.

### **Návrh RN2:**

Na základě výpočtů navrhuji retenční nádrž **AS-REWA ECO 4 EO/PB** s retenčním objemem 3,94 m<sup>3</sup> s možností zpětného napojení rozvodu potrubí na zalévání zahrady. Součástí nádrže bude bezpečnostní, filtr srážkové vody, tvarovka pro zklidnění proudu nátokové vody a ponorné čerpadlo. Nádrž bude stejně jako RN1 osazena na ŽB desku tl. 200mm. Vstupní šachta bude provedena jako prefabrikovaná s šachtovými stupadly a poklopem. Výtlak pro napojení na zahradní ventil bude realizován z potrubí PE100 SDR11 25x2,3.

Výkresy retenčních nádrží RN1 a RN2 jsou součástí projektové dokumentace bytového domu Rohan.

## 2.5 Návrh čerpadel pro retenční nádrže

Pro zpětný výtlak dešťové vody z nádrže je nutné čerpadlo, které bude instalováno přímo v nádrži. Jeho návrh vychází z následujícího vztahu:

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

$p_p$  – požadovaný tlak čerpadla [Pa]

$p_e$  – dopravní tlak [Pa]

$p_{\min FL}$  – minimální hydrodynamický přetlak před výtokovou armaturou (tlakový splachovač záchodové mísy) = 120 kPa

$p_z$  - tlakové ztráty místními odpory a třením

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

$h$  – výška od čerpadla k nejvyššímu zařizovacímu předmětu = 13,4 m

$\rho$  – hustota vody = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$g$  – gravitační zrychlení = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$p_e = 13,4 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 131454 \text{ Pa} = 131,454 \text{ kPa}$$

### Čerpadlo pro RN1:

Podkladem pro výpočet tlakových ztrát místními odpory a třením je výkresová dokumentace společně s výpočtovou částí ZTI, ve kterých je zakreslena trasa potrubí a současně jsou napočítány dimenze potrubí s průtoky. V následující tabulce jsou uvedeny výsledné hodnoty tlakových ztrát:

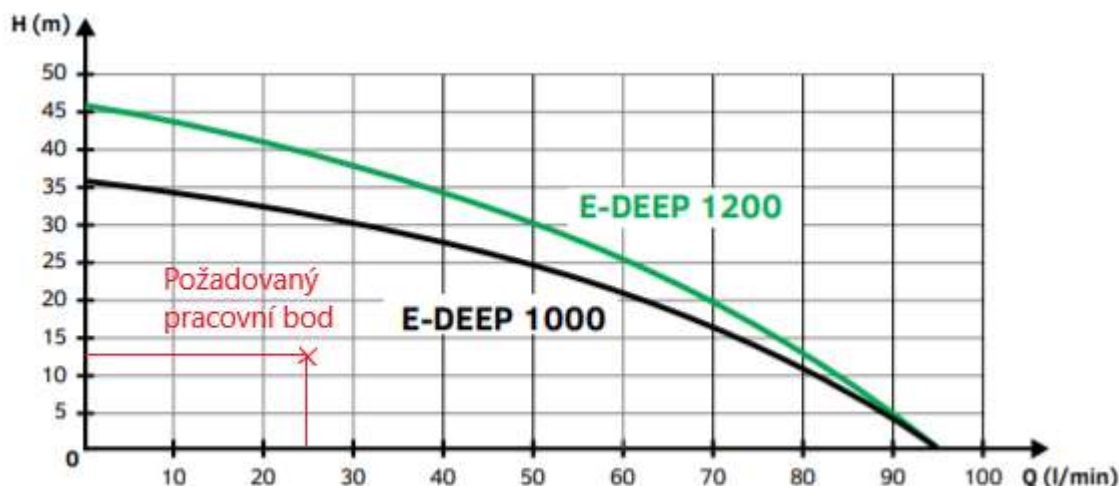
Úsek č.	Průtok [l/s]	$d_1 \cdot t$ [mm]	Délka L [m]	Ztráty třením		Místní odpory	Tlakové ztráty
				R [kPa/m]	R · L	Z	R · L + Z
1	0,15	20x2,3	3,8	0,744	2,827	Uvažovány jako 30% ze ztráty třením.	2,827
2	0,21	20x2,3	3,2	1,272	4,070		4,070
3	0,26	20x2,3	23,01	1,88	43,259		43,259
4	0,30	20x2,3	2,56	2,37	6,067		6,067
5	0,42	25x2,8	2,74	1,393	3,817		3,817
6	0,42	25x2,3	4,06	1,286	5,221		5,221
						<b>CELKEM</b>	<b>84,840</b>

Tab. č.5 Tlakové ztráty nejkritičtější trasy potrubí SVD

$$p_z = 84,68 \text{ kPa}$$

$$p_p = p_e + p_{\min FL} + p_z = 131,454 + 120 + 84,84 = 336,294 \text{ kPa}$$

Návrh: Na základě výpočtů navrhuji ponorné čerpadlo **EASY E-DEEP 1000** o maximálním tlaku 3,6 bar, maximálním výtlaku 36 m, se zabudovanou zpětnou klapkou a integrovanou ochranou proti chodu nasucho.



Obrázek č.25 – Pracovní diagram čerpadla [50]

### Čerpadlo pro RN2:

Čerpadlo pro druhou retenční nádrž bude sloužit pouze k přečerpání dešťové vody k zahradnímu ventilu. Pro toto čerpadlo nejsou stanoveny tlakové ztráty místními odpory. Uvažována je pouze dopravní výška cca 3,5 m. Navrhuji proto ponorné čerpadlo Fieldmann FSC 4001-EK s plovákem, který při poklesu hladiny vody vypne chod čerpadla.

## 2.6 Závěr praktické části

Pro bytový dům Rohan byly na základě výpočtů navrženy dvě betonové retenční nádrže o objemu 7,99 a 3,94 m<sup>3</sup> značené jako RN1 a RN2. Nádrž RN1 v severovýchodní části pozemku bude sloužit k akumulaci vody a k následnému zpětnému využití na splachování WC a zalévání zahrady. Nádrž RN2 v jihozápadní části pozemku bude sloužit pouze k zalévání zahrady. Obě nádrže budou vybaveny betonovou vstupní šachtou, ponornými čerpadly a budou umístěny na železobetonové desce tl. 200mm. Cílem tohoto návrhu je úspora pitné vody, kterou se na dané činnosti zbytečně plýtvá a může být jednoduše nahrazena vodou dešťovou.

## 2.7 Seznam obrázků

Obrázek č.1 – Povinnost hospodařit se srážkovou vodou dle ČSN 75 9010 a TNV 75 9011 [1] .....	9
Obrázek č.2 – Příklady potenciálních vlivů povrchu odvodňovaných ploch na kvalitu jímaných srážkových vod [9].....	11
Obrázek č.3 – Orientační klasifikace znečištění srážkových vod z hlediska znečištění nerozpuštěnými látkami, těžkými kovy a uhlovodíky – TNV 75 9011 [10]	12
Obrázek č.4 – Tabulka požadavků na složení dešťové vody [6] .....	13
Obrázek č.5 – Střešní vpust' TOPWET [12] .....	13
Obrázek č.6 – Ochranná mřížka Leaf Protec [14] .....	14
Obrázek č. 7 – Lapač střešních splavenin Alca Plast [15] .....	14
Obrázek č.8 – Sběrač dešťové vody se samočisticím filtrem [16].....	15
Obrázek č.9 – Podokapový filtrační hrnec [17] .....	15
Obrázek č.10 – Filtrační koš v tělese filtru [6] .....	16
Obrázek č.11 – Objekt plošného vsakování [26].....	18
Obrázek č.12 – Povrchová vsakovací nádrž [27] .....	19
Obrázek č.13 – Vsakovací šachta [28].....	19
Obrázek č.14 – Vsakovací blok ASIO AS-RIGOFILL [29].....	20
Obrázek č.15 – Jezírko s biotopem [31].....	21
Obrázek č.16 – Nadzemní akumulární nádrž [32] .....	22
Obrázek č.17 – Plastová nádrž Atlantis [34].....	23
Obrázek č.18 – Betonová válcová nádrž [35] .....	23
Obrázek č.19 – Diagram ukázky množství možné náhrady pitné vody dešťovou vodou [33].....	24
Obrázek č.20 – Klidný nátok [38].....	25
Obrázek č.21 – Zásobní nádrž [41].....	26
Obrázek č.22 – Zařízení pro využití srážkové vody s doplňováním pitné vody pomocí nádržky u čerpací stanice [9] .....	27
Obrázek č.23 – Zařízení pro využití srážkové vody s mezinádrží pro doplňování pitné vody [9].....	28
Obrázek č.24 – Zařízení pro využití srážkové vody s doplňováním pitné vody přímo do akumulární nádrže [9].....	28
Obrázek č.25 – Pracovní diagram čerpadla [50].....	37

## 2.8 Seznam tabulek

Tab. č.1 Typy odvodňovaných ploch a jejich redukované plochy .....	31
Tab. č.2 Typy odvodňovaných ploch a jejich redukované plochy .....	31
Tab. č.3 Výpočet retenčního objemu $V_r$ pro RN1 .....	32
Tab. č.4 Výpočet retenčního objemu $V_r$ pro RN2 .....	33
Tab. č.5 Tlakové ztráty nejkritičtější trasy potrubí SVD .....	36

## 2.9 Seznam citované literatury

- [1] KABELKOVÁ, Ivana, David STRÁNSKÝ a Vojtěch BAREŠ. TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami, 1. část: Volba způsobu odvodnění a technického řešení. *Vodní hospodářství*. 2013, **63**(9), 289-294. ISSN 1211-0760.
- [2] BERAN, Adam aj. *Město a voda*. Vydání první. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i., 2020. ISBN 978-80-87402-82-5.
- [3] Jaký je princip decentralizovaného systému?. In: *Počítáme s vodou* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/poradna/dum-a-byt-2/>
- [4] ČSN 75 9010. *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [5] ŽABIČKA, Ing. Zdeněk. Technická řešení vsakovacích zařízení. In: *Tzbinfo: Dešťová voda* [online]. 2011 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/8010-technicka-reseni-vsakovacich-zarizeni>
- [6] DVOŘÁKOVÁ, Ing. Denisa. Využívání dešťové vody (I) –kvalita a čištění. In: *Tzbinfo: Dešťová voda* [online]. 2007 [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>
- [7] ŠÁLEK, Jan. *Voda v domě a na chatě: Využití srážkových a odpadních vod*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3994-6.
- [8] Jak je to s čistotou dešťové vody? Stále je její kyselost tak vysoká?. In: *Počítáme s vodou* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/otazky-a-odpovedi/jak-je-to-s-cistotou-destove-vody-stale-je-jeji-kyselost-tak-vysoka/>
- [9] VRÁNA, Ph.D., Ing. Jakub. Nová evropská norma pro využití srážkových vod. In: *Tzbinfo: Dešťová voda* [online]. 2018 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/17616-nova-evropska-norma-pro-vyuziti-srazkovych-vod>

- [10] EAGRI. TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami. In: *EAGRI* [online]. 2013 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/209372/TNV\\_75\\_9011\\_brezen\\_2013.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/209372/TNV_75_9011_brezen_2013.pdf)
- [11] ČSN EN 16941-1. *Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod*. Česká agentura pro standardizaci, 2018.
- [12] TOPWET. Střešní vpusti a nástavce. In: *TOPWET: Produkty* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://www.topwet.cz/stresni-vpusti-a-nastavce/>
- [13] PRAKTIS. Okapová mřížka EAVES GRATE. In: *PRAKTIS: Oblast okapů* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://www.praktis.cz/produkt/838/okapova-mrizka-eaves-grate-80-mm-x-5-m-cerna>
- [14] GEOMALL. Ochranná mřížka do okapu – Leaf Protec. In: *GEOMall: Zahrada* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://www.geomall.cz/ochranna-mrizka-do-okapu-leaf-protect#>
- [15] ALCAPLAST. Lapače střešních splavenin Alca plast. In: *AlcaPLAST: Lapače střešních splavenin* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://alcaplast-shop.cz/lapace-stresnich-splavenin-alca-plast/>
- [16] DEŠŤOVKA.EU. Sběrače dešťové vody se samočisticím filtrem. In: *Dešťovka.eu: Sběrače dešťové vody* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://eshop.destovka.eu/sberac-destove-vody-se-samocisticim-filtrem/>
- [17] UNISORT S.R.O. Podokapový filtrační hrnec. In: *UNISORT s.r.o.: Filtrace* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://793101034.s1.eshop-rychle.cz/Podokapovy-filtracni-hrnec-d146.htm#detail-anchor-description>
- [18] ARCHCENTRUM S.R.O. Externí filtrační šachty. In: *Externí filtrační šachty: Filtrace dešťové vody* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://zaloha.belis.cz/externi-filtracni-sachty.html>
- [19] DVOŘÁKOVÁ, Ing. Denisa. Využití dešťové vody v domácnosti (2). In: *Infobydlení: ZAŘÍZENÍ NA ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÉ VODY* [online]. 2010 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.infobydleni.cz/news/vyuziti-destove-vody-v-domacnosti-2-1/>
- [20] PTÁČEK. Filtry na dešťovou vodu HONEYWELL FF. In: *PTÁČEK* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.ptacek.cz/blog/filtry-na-destovou-vodu-honeywell-ff>
- [21] BÖSE, Karl-Heinz. *Dešťová voda pro dům a zahradu*. 1. čes. vyd. Ostrava: HEL, 1999. ISBN 8086167-08-9.
- [22] VALÁŠEK, Jaroslav a kolektiv. *Zdravotnětechnická zařízení a instalace*. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2001. ISBN 80-88905-65-6.
- [23] ČSN 858-2. *Odlučovače lehkých kapalin (např. oleje a benzinu) - Část 2: Volba jmenovité velikosti instalace, provoz a údržba*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2003.



- [24] PLOTĚNÝ, Ing. Karel. Návrh metodik pro vodoprávní řízení – Odlučovače lehkých kapalin. In: *Tzbinfo: Normy a právní předpisy* [online]. 2004 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/1816-navrh-metodik-pro-vodopravni-rizeni-odlucovace-lehkych-kapalin>
- [25] STRÁNSKÝ, David, Ivana KABELKOVÁ, Vojtěch BAREŠ, Jiří VÍTEK, Radim VÍTEK, Milan SUCHÁNEK, Karel PLOTĚNÝ a Oldřich PÍREK. Stavebnětechnická opatření při hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. *Hospodaření vodou*. 1. vydání. Praha: ČKAIT, 2019, s. 70-79. ISBN 978-80-88265-15-3.
- [26] ČKAIT. Srážkové vody a urbanizace krajiny (TP 1.20.1). In: *Profesní informační systém ČKAIT* [online]. 2019 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-20/tp-1-20-1/>
- [27] VACEK, Ing. Jan. Jak vypadá vsakovací zařízení srážkových vod. In: *Tzbinfo: Dešťová voda* [online]. 2018 [cit. 2021-04-24]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/16968-hospodareni-se-srazkovymi-vodami>
- [28] DEŠŤOVKA.EU. Vsakovací jímka o objemu 2000 litrů. In: *Dešťovka.eu: Vsak a zasakování* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-24]. Dostupné z: <https://eshop.destovka.eu/vsakovaci-jimka-o-objemu-2000-litru/>
- [29] ASIO. Vsakovací blok AS-RIGOFILL. In: *ASIO: Produkty* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-24]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-rigofill>
- [30] MIFKOVÁ, Ing. Tatiana. Retence dešťových vod I. In: *Tzbinfo: Likvidace odpadních vod* [online]. 2009 [cit. 2021-04-24]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/6053-retence-destovych-vod-i>
- [31] FLORA-CS.COM. Jezírka – biotop, dva v jednom. In: *Flora-cs.com: Bazény, zahradní jezírka* [online]. 2011 [cit. 2021-04-24]. Dostupné z: <https://www.flora-cs.com/a/cz/6853-jez%C3%ADrka-biotop-dva-v-jednom/>
- [32] PONCAROVÁ, Jana. Nádrž na dešťovou vodu: Kolik vám ušetří a jak ji vybrat?. In: *Dřevostavitel: Vybavení* [online]. 2017 [cit. 2021-04-24]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/nadrz-na-destovou-vodu>
- [33] DVOŘÁKOVÁ, Ing. Denisa. Využívání dešťové vody (II). In: *Tzbinfo: Dešťová voda* [online]. 2007 [cit. 2021-04-24]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>
- [34] DEŠŤOVKA.EU. Podzemní nádrž na dešťovou vodu Atlantis 2,2 m<sup>3</sup> – 2200l. In: *Dešťovka.eu: Podzemní nádrže na dešťovou vodu* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://eshop.destovka.eu/podzemni-nadrz-na-destovou-vodu-atlantis-2-2-m3-2200l/>
- [35] Kruhové nádrže. In: *PREFA BRNO* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://www.prefa.cz/nadrze-a-prostorove-prefabrikaty/nadrze-2/kruhove-nadrze/>

- [36] PURECO. Ocelové retenční nádrže PURECO SPIREL. In: *PURECO* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://pureco.cz/ocelove-retencni-nadrze-pureco-spirel/>
- [37] ČSN EN 1717. *Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2002.
- [38] DEŠŤOVKA.EU. Klidný nátok. In: *Dešťovka.eu: Příslušenství* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-24]. Dostupné z: <https://www.destovenadrze.cz/eshop/klidny-natok-detail>
- [39] ČSN EN 13076. *Zařízení na ochranu proti znečištění pitné vody zpětným průtokem - Neomezený volný výtok - Skupina A - Druh A*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003.
- [40] ČSN EN 13077. *Zařízení na ochranu proti znečištění pitné vody zpětným průtokem - Volný výtok s nekruhovým přepadem (neomezený) - Skupina A - Druh B*. Česká agentura pro standardizaci, 2019.
- [41] DVOŘÁKOVÁ, Ing. Denisa. Využívání dešťových vod (III). In: *Tzbinfo: Dešťová voda* [online]. 2007 [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3981-vyuzivani-destovych-vod-iii-prakticky-priklad>
- [42] ASIO. Projekční a instalační podklady. In: *ASIO* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/materialy-as-rewa>
- [43] SFŽP. Dešťovka. In: *STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY: Dotace a půjčky* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/destovka/>
- [44] DEŠŤOVKA.EU. Dotační titul Dešťovka. In: *Dešťovka.eu* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://destovka.eu/#o-programu>
- [45] VÍTEK, Ing. Jiří. Definice MODRO-ZELENÉ INFRASTRUKTURY. In: *Počítáme s vodou* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/definice-modro-zelene-infrastruktury/>
- [46] DRABINOVÁ, Ing. Silvie. Modro-zelená infrastruktura změní podobu měst. Pokud ji budeme umět vytvořit. In: *Počítáme s vodou* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/modro-zelena-infrastruktura-zmeni-podobu-mest-pokud-ji-budeme-umet-vytvorit/>
- [47] IGNATYJEVA, Anastasia. *ZPĚTNÉ VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH ODPADNÍCH VOD*. Praha, 2017. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.
- [48] ČSN 75 6261. *Dešťové nádrže*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2004.
- [49] POČÍTÁME S VODOU. Jak velký zásobník na dešťovou vodu zvolit? A jak se řeší případný nedostatek nebo naopak velké množství dešťové vody, když někdy prší méně a někdy zase více?. In: *Počítáme s vodou: Poradna: Dům a byt* [online].

nedatováno [cit. 2021-04-26]. Dostupné z:  
<https://www.pocitamesvodou.cz/poradna/dum-a-byt-2/>

- [50] SIGMASHOP.CZ. Ponorná automatická vodárna EASY E-DEEP 1200 230V 15M kabelu. In: *SIGMASHOP.CZ: Automatická čerpadla* [online]. nedatováno [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://www.sigmashop.cz/cerpadla-a-cerpaci-technika/ponorna-automaticka-vodarna-easy-e-deep-1200>