

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ**



**STUDIE VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD PRO  
OBJEKTY MĚSTA LITOMĚŘIC**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**MICHAL JEŘÁBEK**

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. David Stránský, Ph.D.

Konzultant(i):

**09/2016**





## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Jeřábek	Jméno: Michal	Osobní číslo: 396472
Zadávající katedra: zdravotního a ekologického inženýrství		
Studijní program: stavební inženýrství		
Studijní obor: vodní hospodářství a vodní stavby		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Studie využití dešťových vod pro objekty města Litoměřic	
Název diplomové práce anglicky: Study of stormwater harvesting for city buildings in Litoměřice	
Pokyny pro vypracování: Diplomová práce bude obsahovat rešerši současného stavu řešení problematiky, popis metod práce za účelem analýzy možností využití dešťové vody na objektech města Litoměřic, zahrnující možnosti úspory technologie a návratnosti z dlouhodobého hlediska.	
Seznam doporučené literatury: 1/ Krejčí, V. a kol. (2002). Odvodnění urbanizovaných území - Koncepční přístup 2/ Butler, D. (2012). Urban Drainage 3/ DIN 1989-1:2001. Rainwater harvesting systems	
Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. David Stránský, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 12.10.2016	Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------





Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací

V Praze 8.1.2017

.....





## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat především vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Davidu Stránskému, Ph. D. za kladný přístup, odbornou konzultaci a pomoc při hledání informací ke studii.

Další dík patří panu Ing. Jaroslavu Klusákovi, Ph. D., energetickému manažerovi za město Litoměřice, od kterého jsem dostal seznam budov a zajištění povolení ke vstupu do budov.



## **Abstrakt**

Cílem této závěrečné práce je srozumitelně popsat problematiku nakládání s dešťovými vodami s bližším zaměřením na využití dešťových vod v budovách. To zahrnuje shrnutí stávající legislativy, podmínek, které je nutné dodržet a jednotlivých technologií a prostředků, které je nutno navrhnout či zahrnout do realizace systému nakládání s dešťovou vodou. Praktická část práce obsahuje analýzu možnosti využití dešťových vod na objektech ve vlastnictví města Litoměřice, což zahrnuje zjištění možností umístění nádrží, možnosti technologie, přibližný odhad investičních výdajů a shromážděné dešťové vody a její možné cesty využití na různých typech budov, které se ve městě nacházejí. S tím souvisí i závěrečný verdikt ke každému objektu, jestli se vůbec realizace z dlouhodobého hlediska vyplatí, tedy vypočtení určité doby návratnosti realizace.

Klíčová slova: dešťové vody, splachování, technologie, ekologie, nádrže

## **Abstract**

The aim of this thesis is to clearly describe the problems of harvesting stormwater systems. This includes the actual legislation around rainwater management, the following conditions and technology that is needed to successfully harvest rainwater. The practical part of this thesis is to analyse the possibilities of stormwater harvesting and using for the buildings in the ownership of city Litoměřice, which includes possible water tanks and technology placement solutions, an estimated cost of the whole system, volume of collected stormwater and possible ways to use this water at number of different city buildings. At the end there is a final verdict on each building if the realization is worth the money in the question of long-term period.

Keywords: rainwater, stormwater, harvesting, tank, technology, economy, flushing





# Obsah

1. Úvod .....	5
2. Rešerše .....	6
2. 1. Důvody hospodaření s dešťovou vodou .....	6
2. 2. Hospodaření s dešťovou vodou bez jejího využití .....	7
2. 2. 1. Snížení srážkového odtoku .....	7
2. 2. 2. Vsakování .....	10
2. 3. Hospodaření s dešťovou vodou s jejím využitím .....	12
2. 3. 1. Dešťové nádrže .....	12
2. 3. 2. Filtrace .....	14
2. 3. 3. Čerpání vody .....	16
2. 3. 4. Příslušenství čerpací soupravy .....	17
2. 3. 5. Čerpací sady .....	19
2. 3. 6. Schéma instalace .....	20
2. 3. 7. Kvalita dešťové vody a k čemu ji lze/nelze využít .....	20
2. 4. Způsoby návrhu akumulčních zařízení .....	22
2. 4. 1. Podklady pro výpočet množství srážek .....	23
2. 4. 2. Výpočet množství dešťové vody .....	25
2. 4. 3. Výpočet potřeby dešťové vody .....	26
2. 5. Legislativa k problematice .....	28
2. 5. 1. Zákon o vodovodech a kanalizacích .....	28
2. 5. 2. Vodní zákon .....	31
2. 5. 3. Stavební zákon a související vyhlášky .....	33
3. Cíle .....	34
4. Zájmové území .....	36
5. Metodický postup .....	37



5. 1. Analýza budov .....	37
5. 1. 1. Výběr vhodných budov .....	37
5. 1. 2. Příprava podkladů pro průzkum budov .....	38
5. 1. 3. Terénní průzkum budov .....	39
5. 2. Zjištění návrhových množství vod .....	43
5. 2. 1. Plochy střech .....	43
5. 2. 2. Spotřeba a využitelné množství vod .....	44
5. 2. 3. Objemy nádrží .....	47
5. 3. Zjištění cen realizace .....	49
5. 3. 1. Analýza aktuálních cen .....	49
5. 3. 2. Vyhodnocení investičních výdajů .....	61
5. 4. Zjištění návratnosti realizace .....	61
5. 4. 1. Výpočet provozních výdajů .....	62
5. 4. 2. Výpočet ročních úspor .....	62
5. 4. 3. Vyhodnocení reálné doby návratnosti .....	63
5. 4. 4. Dotační politika .....	65
6. Vyhodnocení analýzy .....	66
6. 1. Vyhodnocení jednotlivých budov .....	66
6. 2. Závěrečné údaje celé analýzy .....	72
7. Diskuze a závěry .....	73
Seznam zdrojů .....	76
Seznam tabulek .....	83
Seznam obrázků .....	85
Seznam příloh .....	87



## 1. Úvod

V dnešní moderní době je důležité se trochu ohlédnout a snažit se dbát na přírodu kolem nás - snažit se myslet ekologicky. Jedním takovým krokem by mohla být úspora pitné vody v těch místech, kde je její použití přímo zbytečné. Než se voda stane pitnou, znamená to dlouhou cestu od zdroje ke spotřebiteli, a když si uvědomíme, že tuhle vodu vlastně „spláchneme do záchodu?“, tak to trochu zamrzí. Od té doby, co lidé začali zaznamenávat, kolik pitné vody denně vlastně spotřebujeme, se začala spotřeba pitné vody snižovat. Např. v našem hlavním městě Praze byla průměrná spotřeba vody na jednoho obyvatele v minulém roce celkem 106 litrů na osobu a den. V ostatních městech se tato hodnota pohybuje trochu níže. Musíme se zamyslet nad tím, že máme stále více moderních odvětví, nových výrobních procesů a hlavně zvyšující se počet obyvatel na Zemi, a tím se sice snižuje spotřeba vody při použití úspornějších technologií, ale v celkovém měřítku zvyšuje celkové množství.

V posledních letech se začínáme více soustředit, na shromažďování dešťové vody, kterou jsme se vždycky snažili co nejrychleji odvézt do kanalizace, pryč na čistírnu nebo přes odlehčovací komory do vodních toků. Tuhle vodu je škoda nevyužít. Sice není z hygienického hlediska pitná, vlastně je svým způsobem čistá a mohla by být použita na určité účely, kde je použití pitné vody zbytečné. Proto se začaly objevovat systémy, technologie a procesy, které by znovuvyužití dešťové vody umožnily, bohužel, ale jak to tak bývá, co je úplně nové, tak bude taky hodně drahé, a to platí i teď po několika letech, co se první technologie na dešťové vody ukázaly na trhu. Dokonce se v posledních letech začaly uvolňovat i výrazné dotace na takováto řešení, a proto již nemusí být realizace v budovách tak náročná a dá se usoudit, že se peníze z investice brzo vrátí.

Myšlenka úspory pitné vody a sbírání dešťové vody vznikla také již před několika lety ve městě Litoměřice. Bohužel v té době byly všechny nápady ukončeny tím, že na realizaci nebyly finance. Vzhledem k současnému celosvětovému problému tzv. globálního oteplování se setkáváme s nedostatkem vody, a proto by bylo nutné s ní šetřit. Od roku 2015 se začal náš stát zabývat tímto problémem a plánuje dotace na systémy pro využití dešťové vody, případně přinejmenším na nádrže k zadržování této vody. Tímto krokem přiměl i město Litoměřice k otázce „Na kolika našich budovách by se vlastně dal tento systém realizovat?“. A tím vlastně odstartoval nejdříve pilotní projekt pro Městský úřad v Pekařské ulici v Litoměřicích a později i celkovou studii pro zbývající objekty ve vlastnictví města.



## 2. Rešerše

### 2. 1. Důvody hospodaření s dešťovou vodou

Při zamyšlení nad hledisky hospodaření s dešťovou vodou, vychází v podstatě důvody ekonomické, tedy úspora a ušetření financí za pitnou vodu. Dále důvody bezpečnostní a ekologické, které spolu úzce souvisí. Pokud je snaha dešťovou vodu vsakovat do půdy, jsou tím doplňovány podzemní vody, jejichž množství se snižuje. A právě zde přichází na řadu třetí faktor a to bezpečnost. Při rychlém odvodu dešťových vod z pozemku do kanalizace může nastat problém s kapacitou městské kanalizace. Hlavně ve městech, kde je velké procento všech ploch nepropustných z důvodu stále se rozšiřující zástavby, se vody nemají kde vsakovat a rychle odtékají po zpevněných, nepropustných površích do vodního toku či kanalizace. Z důvodu zvýšeného povrchového odtoku a tedy množství vody, které je naráz vypuštěno do vodního toku, mohou vznikat povodně. Zvýšení povrchového odtoku může také způsobovat eroze vodních toků za městem. [1], [2]

Bohužel, v České republice není k dešťovým vodám ještě stále přistupováno moc zodpovědně. Jen malé procento budov dnes využívá dešťovou vodu pro vlastní potřebu či pro vsakování. Do České legislativy bylo v novele Stavebního zákona zavedeno několik požadavků, že každá stavba by měla mít vyřešeno nakládání s dešťovými vodami již v místě jejich dopadu na zemský povrch, resp. na střechy budov. Tímto řešením je vlastně ve městech podchycen vznikající problém s dešťovými vodami přímo na jednotlivých pozemcích, snižují se výdaje na využití pitné vody a především je její velké množství ve výsledku za celé město ušetřeno, a pokud se i v případě nevhodného použití dešťových vod v objektech město také postaví ekologicky k tomu, že vybuduje vsakovací zařízení u těchto objektů, je to velký přínos pro přírodu, podzemní vody a také pro zvýšení bezpečnosti a rizika před vznikem povodní. V zahraničí je tento přístup již několik let samozřejmostí. Nastavený je tak aby se to vyplatilo občanům jak z hlediska úspory za pitnou vodu tak i za stočné. Např. u sousedů v Německu je realizováno okolo 80 tisíc těchto systémů ročně a proinvestováno několik milionů euro. [1], [3]

Česká legislativa říká, že je nutné řešit nakládání s dešťovými vodami již na pozemku stavby. Obecně vzato, je to vlastně zpoždění odtoku dešťových vod do kanalizace či vodního toku, aby bylo zabráněno přetěžování kanalizace a dosaženo zvýšení efektivity čistíren odpadních vod. Na výběr existují celkem tři varianty. Zaprvé, nejlepším řešením pro města či jednotlivce, je vody na pozemku zadržovat v akumulacích nádržích, jelikož tak může být voda znovu využita a je tak ušetřeno za použití pitné vody z vodovodu. Dalším způsobem je pak vsakování vody přímo na pozemku pomocí vsakovacích zařízení nebo určitým způsobem zajistit retenci dešťových vod



a odpouštět je postupně. Vypouštění dešťové vody do jednotné kanalizace je až poslední variantou řešení nakládání s dešťovými vodami. Z retenčních nádrží by měly být vody vypouštěny do povrchových vod. [1]

Podtrženo, sečteno, dešťovou vodu je potřeba shromažďovat. Pokud je vsakována, obohacuje podzemní vody, jejichž procento se stále snižuje, z důvodu stále častějšího sucha. Pokud nebude vsakována, ale zadržována v záchytných nádržích, může být dále využita pro splachování toalet či praní prádla v budovách a tím vlastně ušetřena voda pitná, která by byla jinak využita. Pokud je voda částečně zadržena a postupně vypouštěna z retenčních nádrží do vodního toku, snižuje se tím i hydraulický stres vodních toků. V dnešní době je nutné řešit, co s dešťovou vodou udělat již ve fázi projektové dokumentace ke stavbě. [1]

## **2. 2. Hospodaření s dešťovou vodou bez jejího využití**

V předchozím textu je shrnuto, proč je vhodné hospodařit s dešťovou vodou a pokud není potřeba vodu využívat, lze přistoupit k následujícím variantám.

### **2. 2. 1. Snížení srážkového odtoku**

Při dopadu dešťové vody na zemský povrch je jednou možností zčásti zadržet určitý objem, tak aby se snížil povrchový odtok a nedocházelo k nebezpečí vzniku záplav. Tyto prvky mají určitou schopnost retence, další část vody se vypaří. Snížený odtok co se nevsákne, či nevypaří, pak odtéká dále, do kanalizace, vodního toku či vsakovacího zařízení. Zde je uvedeno pár příkladů, realizovaných v současné době ve světě. [7], [86]

### **Zatrávněné tvárnice**

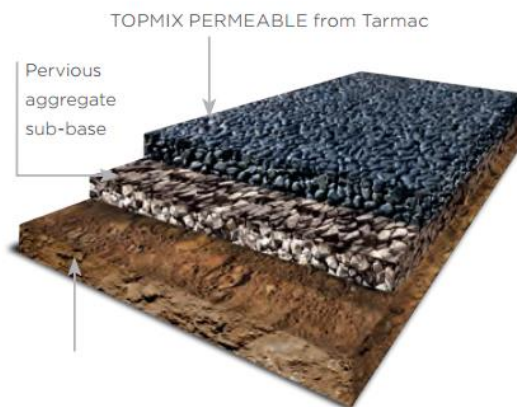
Toto řešení je velice jednoduché. Je tvořeno dvěma vrstvami šterku. Jednou ochrannou a jednou nosnou. Tyto vrstvy se zakryjí pískovým lože, do kterého se již ukládají tvárnice a vyspárují se vykopanou zeminou. Tvárnice mohou být plastové či betonové a zároveň dosahují dobrého čistícího účinku. Příkladem může být využití tvárnice v blízkosti bytových jednotek v Leuvenu v Belgii, které jsem sám navštívil. [7], [86]



Obr. 1: Zatravněné tvárnice v Leuvenu, Belgie

### **Propustné pevné povrchy**

Tyto povrchy jsou uzpůsobeny tak aby byly vysoce pórovité, ale přitom držely tvar a byly celistvé. Tím je zajištěna vysoká propustnost a voda je okamžitě v místě dopadu vsakována. Jsou jím např. beton či asfalt. Na Obr. 2 níže je uveden systém Topmix permeable, neboli propustný beton. Je dodáván v několika barvách a jeho propustnost je až  $1000 \text{ l/m}^2$  za minutu. [75]



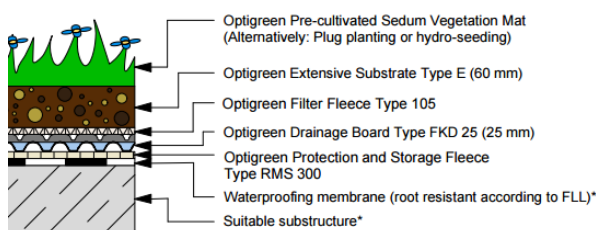
Obr. 2: Propustný beton Topmix permeable [75]

### **Střešní systém s ozeleněním a drenáží**

U tohoto systému tzv. „Zelené střechy“ hraje hlavní roli výpar. Dešťová voda dopadá na povrch. Dojde k její částečné retenci, kdy působí výpar a dále probíhá určité vsakování až na drenážní vrstvu a voda pak odtéká pryč z budovy např. do dešťové kanalizace. Tento systém se obvykle skládá z několika částí. Základem je dodržení nepropustnosti střechy. První vrstvou je tedy většinou PVC fólie, která je dále chráněna měkkým materiálem proti poškození. Dále je osazen odvodňovací systém tvořený plastovou deskou s výstupky. Poslední vrstvou je filtrační vrstva, na kterou se již osazuje kamenivo či přímo substrát. V konkrétním případě obchodního



centra v Holandsku na Obr. 4 níže je vysázeno celkem 19 různých květin a 1 travina. Tento typ ozelenění je vhodný především pro ploché střechy. [5]

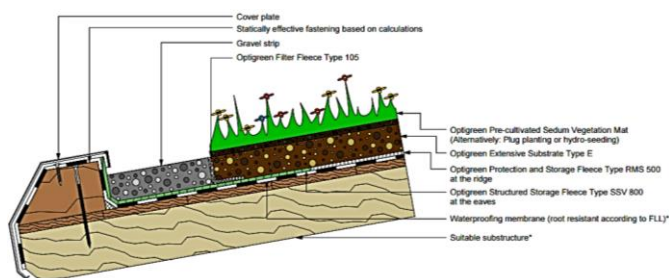


Obr. 3: Schéma uložení jednotlivých vrstev zelené střechy [5]



Obr. 4: Řešení zelené střechy na obchodním centru, Holandsko [5]

Možným řešením na šikmých střechách může být podobný systém jako u plochých střech ale s využitím zadržovací hrany a šterku proti usmýknutí. [6]



Obr. 5: Řešení pro šikmé střechy [6]



Obr. 6: Zelená šikmá střecha Centrální park, Praha [6]

Tyto systémy jsou aktuálně moderním, ale také výrazně nákladným řešením. Drenážní vrstva je řešena již umělým materiálem a tloušťka celého systému na střeše není tak velká jako při použití kameniva jako drenážního materiálu. [6], [7]

### **Bioretenční zóna**

Tento prvek je budován především v okolí parkovišť. Ty jsou vytvořeny do takového sklonu, aby veškerá voda dotekla do tohoto retenčního příkopu, kde je zčásti zadržena, spotřebována rostlinami, vypařena a zbytek vody vsakován do půdy, případně později odváděn drenážním potrubím dále. [66]





Obr. 7: Bioretenciční zóna Tennessee, USA [66]

### 2. 2. 2. Vsakování

V tomto případě se jedná o systémy, které určitým způsobem zadržují dešťovou vodu a zajišťují vsakování vody do půdy v celém jejím objemu. Existují povrchové i podzemní technologie. Voda v podzemních „rezervoárech“ se postupně, dle možností půdy vsakuje a tím zvyšuje kvalitu půdy a také obohacuje podzemní vody. I tyto zařízení mohou mít v případě špatných schopností půdy regulovaný odtok do vodního toku či kanalizace. V následujícím textu je uvedeno několik typových řešení realizovaných ve světě. [7], [86]

#### Vsakovací průleh

Tyto prvky se většinou nachází v blízkosti dopravních komunikací či parkovišť. Množství vody pro vsakování je mnohem nižší než v případě nádrží. Používají se v těch případech, kdy není možnost vytvořit velké vsakovací systémy, případně propustnost půdy není dostatečná. [7], [86]



Obr. 8: Vsakovací průleh u obytné zóny v Mnichově, Německo [87]



## **Vsakovací nádrž**

Jsou to uměle vytvořené povrchové nádrže, do kterých přitéká dešťová voda. V těchto místech je pak zadržena a v jejím celém objemu vsáknuta do půdy. Předpokladem je dostatečná propustnost půdy v místě nádrže. V případě zhoršených vsakovacích podmínek mohou být tyto nádrže opatřeny bezpečnostním přelivem, který vede do vodního toku či kanalizace. [86]



Obr. 9: Vsakovací povrchová nádrž na Rhode Islandu, USA [88]

## **Podzemní prostory vyplněné štěrkem nebo bloky**

U těchto prvků je vytvořen určitý podzemní prostor, který je vyplněn štěrkem, nebo je prostor vyhrazen určitým prefabrikovaným blokem či komorou, ve které se může shromažďovat voda a postupně se vsakovat. Prefa prvky se většinou skládají z geotextilie, samotného prvku z plastu a zásypu štěrkem. Povrch po zasypání je pak přirozeně zatravněn. Do prvku je voda přiváděna šachtou případně trubním přítokem. Níže je uvedeno řešení od firmy Novaplas v Austrálii. [85], [86]



Obr. 10: Podzemní vsakovací komora Perth, Austrálie [85]



Obr. 11: Přítok do vsakovacích komor [85]



## **2. 3. Hospodaření s dešťovou vodou s jejím využitím**

Akumulace je výhodnější způsob především pro obyvatele budov, kteří chtějí ušetřit. Dešťová voda je zachycena, shromažďována a lze ji dále používat na nejrůznější účely. Využití se liší taky podle druhu budovy a jejího provozu. Někde může být voda převážně využita na závlahy, někde na toalety, a pokud je její spotřeba rychlá, tak i jako zdroj vody pro pračky. V následujícím textu jsou uvedeny prvky, které jsou součástí celého systému hospodaření s dešťovou vodou v případě jejího pozdějšího využití v budově.

### **2. 3. 1. Dešťové nádrže**

Dešťové nádrže slouží jako určité rezervoáry na dešťovou vodu, která dopadne na střechy budov a místo toho, aby skrze okapy odcházela přímo do kanalizace, tak je svedena do těchto nádrží, kde se uchovává a používá k dalším účelům. Ideálním řešením u rodinných domů i administrativních budov je umístění takové nádrže v podzemí na zahradě. V takovém případě si voda udržuje stálou teplotu pod 15° C po celý rok a nehrozí riziko snížení jakosti vody. Nádrž je umístěna pod povrchem, tudíž nepřekáží a nezabírá drahocenný prostor v zahradě. Na povrchu je z nádrže viditelný pouze kontrolní poklop.

Základní nádrž by měla být dimenzována pro konkrétní objekt na určité množství vody korespondující se spotřebou a také dle aktuálních prostorových možností. [9]

#### **Otvory v nádržích**

Nádrž by měla obsahovat otvory pro dešťový svod, přes který přichází voda z okapů do nádrže, dále pro bezpečnostní přeliv např. v případě bohatých dešťových událostí, aby nedošlo k přelití nádrže. Další dva otvory by měly být pro výtlak, tedy sání čerpadla a dopravu vody do spotřebiště a pak pro doplňování pitné vody z domovního řádu v případě suchých období. Poslední důležitou součástí je revizní otvor s poklopem.

#### **Umístění nádrží**

Nádrže se umísťují hlavně pod úroveň terénu ideálně tak, aby byla max. voda v nádrži v nezámrazné hloubce asi 0,8 m. Další možností umístění je do sklepních prostorů budov. V takovém případě se většinou vyrobí nádrž na míru, vzhledem k tomu, že přístupové prostory jsou vždycky pouze přes vchodové dveře budovy a prefabrikované nádrže velkých dimenzí by nebylo možné ve sklepech instalovat. Nádrže na míru jsou tvořeny převážně z plastových desek většinou z polyetylenu a jsou sestaveny svařováním přímo ve sklepech, případně podpovrchových místnostech budovy. Toto řešení má ale mnoho nedostatků. Za prvé je to hlavně vysoká vlhkost nepříznivě působící na konstrukce budovy. Někdy jsou teploty v těchto místnostech příliš vysoké, aby si voda



udržela požadovanou kvalitu. Při delším uskladnění se voda může začít kazit, může dojít k ozelenění povrchu a k rozvoji zápachu ve sklepích a dále na toaletách, kde je voda čerpána do nádrží na splachování. Aby nedocházelo k těmto problémům, je vhodné udržovat teplotu celoročně pod  $15^{\circ}\text{C}$  a toho lze spolehlivě dosáhnout pouze v podzemních nádržích. V některých zemích jako např. ve Velké Británii se používají i varianty pro umístění dešťové vody v nádržích na povrchu, v takovém případě je potřeba vodu před zimním obdobím vypustit a vyřadit tak celý systém z provozu. [3], [8]

### **Materiál nádrží**

Většina dešťových nádrží je v dnešní době vyrobena z plastových materiálů. Převážně se jedná o polypropylen a polyetylen. Výhodou těchto materiálů je jejich odolnost proti korozi a vlhkosti a proto mají plasty dlouhou životnost. Z těchto materiálů se vyrábějí nádrže celistvé, prefabrikované, které se přivezou na stavbu. V případě nádrží „na míru“ se přivezou konkrétní části a v místě realizace se svařením vytvoří celistvá nádrž, to platí hlavně u nádrží umístěných ve vnitřních prostorách budovy. [7]



Obr. 12: Plastová nádrž samonosná [56]

Plastové nádrže jsou relativně lehké, a proto je nutno zjistit, jaké je podloží v místě umístění nádrže. Může se jednat o nádrž samonosnou, která je tvořena pouze plastovými stěnami a nemá žádné vyztužení. Tyto jímky není vhodné umísťovat tam, kde je vysoká hladina podzemní vody, nebo jílovité zeminy.

Nádrže dvouplášťové jsou vhodněji uzpůsobeny pro vysoké hladiny podzemních vod a fungují na principu bednění. Mezi dvě stěny nádrže se vylije beton, který je chráněn vnější stěnou proti působení podzemní vody a zároveň způsobuje potřebné přitížení jímky proti vzlaku, který může podzemní voda způsobit.

Poslední variantou jsou nádrže k obetonování, které mají po svém obvodu vytvořeno určité žebrování. Je to vlastně nádrž s vnějším obetonováním, které je přímo v kontaktu s okolní zeminou.

Další možností je vytvořit nádrže betonové. Tyto nádrže mají několik nevýhod. Především u plastové nádrže je tloušťka stěny několik mm. U betonové nádrže musíme uvažovat určitou výztuž a tloušťku stěny, aby nádrž vydržela tlak vody, proto ještě k rozměru nádrže musíme připočítat alespoň 0,3 m z každé strany pro tloušťku stěn. Dále je tu problém s průsaky, beton je velice nasákavý materiál a v případě umístění ve vnitřních prostorách budovy, můžeme časem narazit na problém s prosakujícími vodami. To se dá ale ošetřit vyplněním prostoru pro vodu plastovou fólií. Do betonových jímek je také nutné spočítat výztuž pro daný tlak vody. V dnešní době jsou betonové jímky vyráběny už s výztuží, připravené na instalaci do stavební jámy. [7], [11], [12]



Obr. 13: Betonová jímka [57]

### 2. 3. 2. Filtrace

Aby bylo zajištěno odstranění hrubých nečistot, které se při proudění deště spláchnou z ploch, kam dešťová voda dopadá, je nutné nainstalovat určité jednoduché filtry. Ty mohou být instalovány přímo na okapové svody. Zde je nevýhoda nutnosti osazení filtru na všechny okapové svody.

Další možností je vytvoření šachtového filtru před nádrží, kdy se do šachty zaústí potrubí ze všech využívaných dešťových svodů a do šachty se umístí síto (sítový košíček), který se musí jednou za čas vyčistit. Možností jsou např. i tzv. samočisticí šachty, kdy voda odstraňuje nečistoty na základě vodního skoku. Tento typ filtru je dostupný i přímo na přívodní potrubí do nádrže.

Posledním nejjednodušším řešením je pak jednoduchý filtrační koš přímo na přítoku do nádrže, který potřebuje častou údržbu a také není vhodný pro příliš velké plochy střech. [7], [10], [69]



Obr. 14: Šachtový filtr [65]

Pro zajištění opravdu neškodné vody pro armatury a další prvky systému je možností za čerpadlo připojit jemný tlakový filtr, který je opatřen filtrační vložkou s jemností 0,05-0,1 mm, která zajistí odstranění velmi jemných nečistot, prachu, zrněk písku. [84]



Obr. 15: Jemný tlakový filtr [84]

Zajištění hygienické nezávadnosti vody nelze docílit použitím jednoduchých filtrů. Zde lze využít sílu UV lampy, která produkuje ultrafialové záření v komoře, kudy protéká dešťová voda a zbavuje ji oživení, některých bakterií a virů. [83]



Obr. 16: Průtočná UV lampa [83]

### 2. 3. 3. Čerpání vody

Pro zajištění spolehlivé dopravy dešťové vody z nádrže k dalšímu využití v budově, je potřeba čerpadlo. Čerpadla se používají ponorná případně objemová. Zajímavostí je způsob řešení ve Velké Británii, kdy je čerpadlo využito k dočerpání menší nádrže umístěné v podkroví domu, ze které je pak voda dopravována samospádem přímo do toalet a praček. [3], [7]

Ponorná čerpadla jsou umístěna pod hladinou vody v nádrži a usazena ke dnu. Kapaliny tlačí směrem vzhůru. Musí být ale uzpůsobena tak aby mohla zaručit dlouhodobou životnost při neustálém ponoření pod vodu. [7]



Obr. 17: Ponorné čerpadlo Easy-E-Deep [59]

Objemová čerpadla jsou umístěna mimo nádrž a skládají se ze dvou samostatných potrubí a to sacího potrubí, které je u čerpadel tohoto typu účinné pro vodu, jejíž hladina je max. 8 m pod úrovní terénu. Druhým potrubím je potrubí výtlačné, které je již napojeno na nové dešťové rozvody v budově. [14]



Obr. 18: Samonasávací objemové čerpadlo Blue Line [60]

Při výběru čerpadla je nutné dbát na to, že voda může obsahovat drobné nečistoty a proto vybírat čerpadlo i podle typu média. [14]



Pro zvýšení životnosti čerpadel se u objemových čerpadel používají tzv. „Domácí vodárny“, které se kromě čerpadla skládají také z tlakových nádob. V těchto nádobách je udržován určitý tlak vody, který je upravován za pomoci čerpadla. Když je např. použita toaleta a splachuje, snižuje se celkový tlak v rozvodné síti dešťové vody. Nádoba poskytuje doplnění tohoto tlaku na požadovanou úroveň bez toho, aby se muselo pro tentokrát spustit čerpadlo. Tím je snížen počet spouštění a vypínání čerpadla a je dosaženo delší životnosti čerpací techniky. [7], [14]



Obr. 19: Domácí vodárna Blue Line [58]

#### **2. 3. 4. Příslušenství čerpací soupravy**

V každém případě musí sada obsahovat čerpací jednotku, tlakovou nádobu, plovákový spínač, plovákový či elektromagnetický ventil, pěticestný ventil, na který se umístí tlakoměr, tlaková nádoba, tlakový spínač pro kontrolu tlaku v síti a výtlak od čerpadla. [7], [14]

#### **Tlaková nádoba**

Určitá část této nádoby je naplněna vzduchem a určitá část vodou. Nádobou je vytvořen určitý přetlak vody, který při otevření tlakového ventilu, rozešle vodu do vnitřních rozvodů. Při splachování klesne tlak a místo spouštění čerpadla se pouze doplní požadovaný tlak z tlakové nádrže a čerpadlo pro tentokrát nemusí spouštět a zvyšuje se tak jeho životnost. Zejména u budov s vysokým provozem se může životnost čerpadla výrazně prodloužit, oproti variantě bez tlakové nádoby. [70]

Tlakové nádoby existují jako vakové a membránové. Vakové nádoby jsou nejpoužívanější. Obsahují uvnitř vak z pryže, který je natlakován vzduchem. Přetlak vzduchu se časem ztrácí, a proto tyto nádoby vyžadují pravidelnou kontrolu, např. u 100 l nádoby by to mělo být alespoň 1 x za rok. Výhodou je, že při poruše vaku jej lze snadno vyměnit, takže tlakovou nádobu můžeme využívat vlastně po dobu celé životnosti systému pro využití dešťových vod realizovaného v budově.



Druhým typem jsou méně používané membránové systémy. Tyto systémy by měly vykazovat větší živostnost, než vakové nádoby, nastavení přetlaku u těchto nádob není možné a také ani výměna membrány. Proto v případě poruchy musíme zakoupit novou tlakovou nádobu. Tyto nádoby jsou většinou nákladnější než vakové nádoby. [70]

### **Elektromagnetický ventil**

Pro dopouštění vody v době sucha, musí být provedena každodenní kontrola hladiny v nádrži, jestli je dodržena minimální hladina a je v ní dostatek vody pro využití během dne. Toto nelze ale reálně zajistit. Proto je k nádrži instalován elektromagnetický ventil, který obsahuje čidlo, které kontroluje min a provozní hladinu a když se hladina blíží minimu, vyšle signál, neboli propustí určitý proud, který zaznamená elektromagnetický ventil a otevře přívod pitné vody a tím se dopustí nádrž na požadovanou hladinu. [7], [10]



Obr. 20: Elektromagnetický ventil [64]

### **Plovákový spínač**

Plovák je vyrobený z pryže a je dutý. Plave proto na hladině a na něm je zavěšeno sací potrubí, v některých případech osazené sacím košem. Tím je dosaženo spolehlivé nasávání několik cm pod hladinou a zároveň několik cm nade dnem. Zabrání se tím nasátí nečistot z hladiny a z usazenin na dně nádrže a také případnému chodu čerpadla na sucho. [7], [15]

### **Tlakoměr**

Tlakoměr zobrazuje hodnoty tlaku v rozvodech dešťové vody a k němu je nainstalován tlakový spínač. Spínač může být nastavitelný, či již přednastavený z výroby a dle hodnot tlakoměru spíná a vypíná čerpadlo či odpouštění tlakové nádoby, aby se tlak stále pohyboval v požadovaných hodnotách, tedy při spodní hodnotě tlaku sepne technologii a při vrchní hodnotě tlaku vypne technologii. [7], [14]





Obr. 21: Tlakový spínač s tlakoměrem [63]

### 2. 3. 5. Čerpací sady

Existují dvě varianty čerpací techniky, ke kterým se váže pak dané příslušenství:

- Ponorné čerpadlo a k němu doplňkové příslušenství
- Kompletní domácí vodárna

První variantou je např. ta, kterou dodává firma Remont, která se již v základu skládá téměř ze všech zmíněných komponentů. Postrádá jedině tlakovou nádobu, kterou lze pomocí vícecestného ventilu napojit na výtlak čerpadla. Čerpadlo je ponorné a je umístěno na dno nádrže.

Sání je zajištěno plovákem, kvůli možnému nasávání nečistot a dodržení minimální hladiny vody v nádrži. Podobná sestava se shodným čerpadlem byla využita jako vzorová pro výpočet ceny realizace u všech objektů.

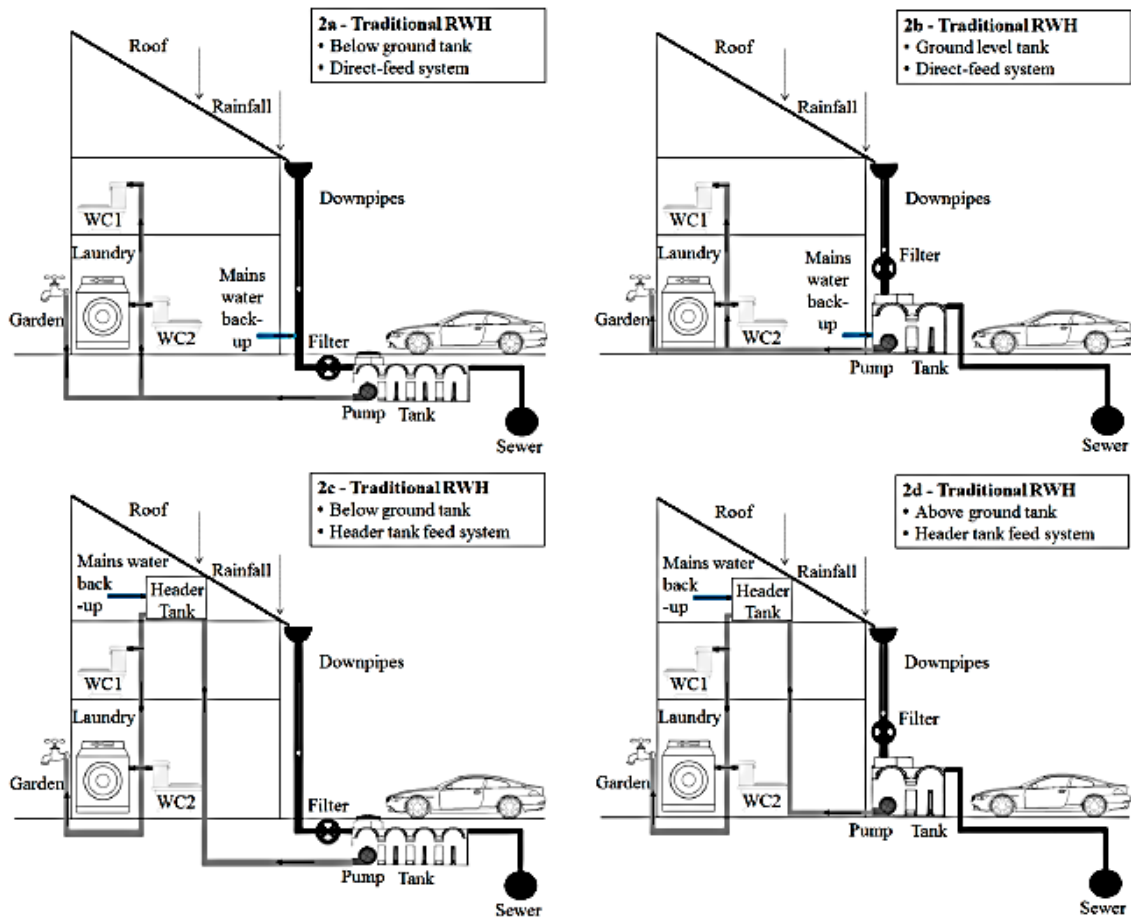


Obr. 22: RainTronic čerpací technologie od firmy remont [16]

Druhou variantou je kompletní domácí vodárna, která je umístěna mimo nádrž a postrádá sací potrubí, které je nutno dokoupit a v tomto případě je nutné zapojit čerpadlo tak, aby nebyla překročena maximální sací výška čerpadla. Na sací potrubí musí být připojen plovákový spínač, který zajistí, aby čerpadlo neběželo na sucho. Těmto sestavám dále chybí část pro dopouštění pitné vody a to plovákový spínač a elektromagnetický ventil. [10], [14], [16]

### 2. 3. 6. Schéma instalace

Na obr. 23 jsou uvedeny možné varianty instalací, které se obvykle provádějí ve Velké Británii. Obrázek 2a a 2c jsou podzemní instalace nádrží. Zajímavostí je využití nádrže v podkrovní domu, do které se načerpá voda a díky gravitaci je pak z této nádrže voda doplňována samospádem. Obrázky 2b a 2d jsou pak realizace nádrží nad úrovní terénu. [3]



Obr. 23: Možnosti instalace systému [3]

### 2. 3. 7. Kvalita dešťové vody a k čemu ji lze/nelze využít

Dešťová voda při dopadu na střechy budov posbírání množství různých nečistot vznášejících se ve vzduchu. To platí také při cestě vody ze střechy, dešťovými okapy až do akumulační nádrže. Tedy od mraků až po výtok do nádrží posbírání určité množství nečistot, které je nutné odstranit. Můžou to být hrubé nečistoty jako je listí, kůra stromů, ptačí trus, tak i atmosférický prach, který všude poletuje, pily, ale také možné nebezpečné mikroorganismy. Voda proto není v žádném případě pitná a nesmí se používat v jakémkoli dotyku s člověkem, tím je myšleno především



sprchování, mytí nádobí, či rukou a jiné. Konkrétně voda shromážděná ze střech může obsahovat velké množství kovů, patogeny z fekálií např. od ptactva. [2], [4]

Proto je její použití vhodné například pro splachování toalet. Další možností je využít vodu pro praní prádla. V takovém případě by voda měla být čerstvě shromážděná, tzn., aby nezapáchala. Voda, kterou se pere prádlo, se zbaví mikroorganismů, díky praní při vyšší teplotě. V současné době existují pračky, které i již využitou vodu k jedné fázi praní mohou analyzovat a uvážit jestli se dá použít pro další fázi praní a tím šetří sami vodu a v tomto případě by se mohla ušetřit voda pitná. Praní s použitím dešťové vody je výhodné díky tomu, že je voda měkká. To má příznivé účinky na rozpustnost pracího prášku a tedy snížení jeho spotřeby, snižuje se tím i riziko výskytu vodního kamene a prodlužuje se životnost potrubí a praček. [4], [7]

Pak je tu mnoho dalších variant např. pro města, nad kterými se dá zamyslet. Voda by se dala využít pro topení v tepelných rozvodech budov. Hasiči by mohli využívat tuto vodu na hašení požárů. Dala by se využít pro technické služby města. To znamená mytí vozidel, čištění ulic. Dešťová voda je vhodná i pro atrakce tvořící příjemnou atmosféru města jako jsou různé kašny, či fontány. [2], [4]

Zajímavou tabulku (Tab. 1) uvádí literatura, kde je uvedeno posouzení vody v ohledu na znečištění a k určitému typu využití v budovách.

Tab. 1: Požadavky na kvalitu dešťové vody [7]

Požadavek na složení dešťové vody ze střech					
Druh znečištění	Závlahy	Úklid	WC	Praní prádla	
Nerozpuštěné látky	Inertní NL jsou neškodné	Při vyšších koncentracích nevhodné	Zpravidla bez významu	Zpravidla nutná úprava (filtrace)	
Organické látky	Inertní a lehce odbouratelné jsou neškodné	Zpravidla bez významu		Zpravidla bez významného vlivu	V obvyklých koncentracích bez významu
Těžké kovy	Nebezpečí akumulace v půdní vrstvě				
Pesticidy	Ohrožení rostlin a půdních organismů				
Mikroorganismy	Zpravidla bez významného vlivu		Zpravidla bez významného vlivu		
Barva	Zpravidla bez významného vlivu	Zpravidla bez významu	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 DV a v kombinaci s pitnou vodou pro poslední fázi pracího procesu	

Jak je vidět z tabulky, použití dešťové vody na toaletách je prakticky možné kdykoli. U praní prádla může vzniknout riziko zápachu či obarvení textilu v případě přítomnosti některých látek.

## 2. 4. Způsoby návrhu akumulčních zařízení

Pro návrh akumulčních zařízení je potřeba provést několik základních výpočtů, které poodhalí, jestli je využití výhodné a např. jestli se počáteční investice do veškeré technologie vrátí.

Pro tyto výpočty je potřeba znát potřebu pitné vody na daném objektu, dále základní srážková data, tedy roční nebo ještě lépe měsíční úhrny srážek, ze kterých lze ještě s údajem o ploše střechy zjistit shromážditelné množství dešťových vod.

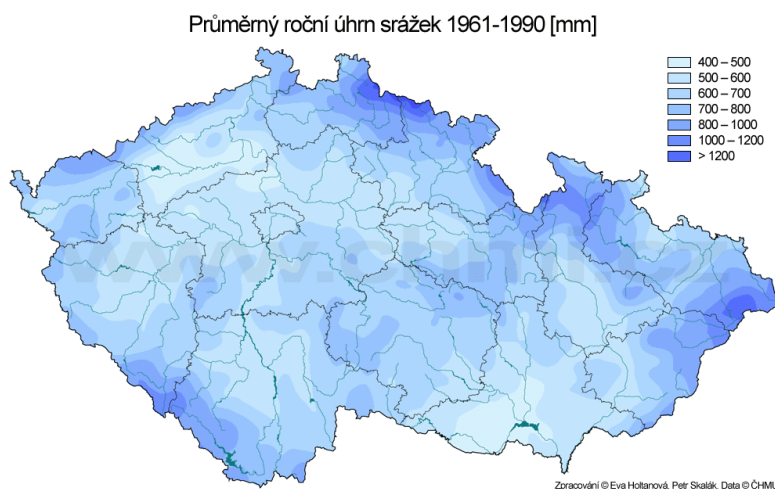
Pro využití vody v budově je dále potřeba zjistit, kolik obyvatel se běžně, denně vyskytuje v budově, o jaký typ budovy se jedná, jestli jde o obytný dům, administrativní budovu či školu. Dle těchto parametrů lze získat konkrétní spotřebu dešťové vody pro jednu osobu na den pro využití toalet. I pro praní prádla jsou předepsané určité spotřeby a dle množství prádla

a možností praček, lze vypočítat denní spotřebu vody. Vodu lze využít na závlahy, ale také na různé další způsoby. V následujícím textu jsou uvedeny především výpočty pro základní využití a to je pro praní a toalety. [7], [8], [10]

## 2. 4. 1. Podklady pro výpočet množství srážek

### Srážkový úhrn

Pro zjištění množství vody, které dopadne na střechu a bude možné ho zadržet, jsou použita srážková data, které lze nalézt například na srážkové mapě od ČHMÚ.



Obr. 24: Průměrný roční úhrn srážek v ČR [17]

Z mapy je vidět, že srážkové úhrny přibližně stoupají s nadmořskou výškou. Ve vzorci je pak tento parametr představující úhrn srážek obsažen jako „j“ nebo dle německé normy „h<sub>r</sub>“. K těmto podkladům lze přistoupit dvěma způsoby. Získaný roční srážkový úhrn lze procentuálně rozdělit do jednotlivých měsíců v roce pro přesnější výpočet, jak je uvedeno v Tab. 2. Nebo lze využít přímo měsíční data získané od ČHMÚ.

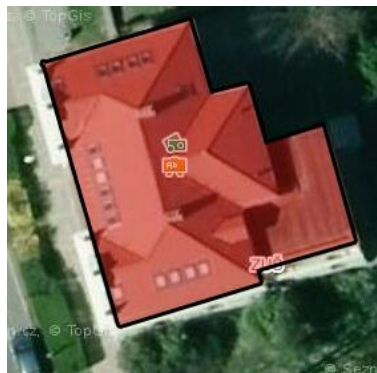
Pro podrobnější výpočty lze pak získat data za jednotlivé dny např. za posledních pár let a dle toho i napočítat potřebu pro konkrétní budovu v dané dny. Tento přístup by byl nejlepší, ale také nejdelší. Dal by přehled, jak se voda spotřebovává a jak se získává každý den v roce. Samozřejmě, že tyto údaje jsou časově velice proměnné.[18]

Tab. 2: Rozdělení srážkového úhrnu do jednotlivých měsíců [18]

Měsíc	Rozdělení ročního úhrnu srážek do jednotlivých měsíců [%]
Leden	6
Únor	5,6
Březen	5,9
Duben	7,3
Květen	9,8
Červen	11,3
Červenec	12,4
Srpen	11,3
Září	8,1
Říjen	7,9
Listopad	7,5
Prosinec	6,8

### Redukovaná plocha

Všechna dešťová voda, která dopadne na povrch střechy je odvedena skrze okapové svody do záchytné nádrže. Je potřeba znát plochu, na kterou množství srážek v mm dopadne. Tím lze získat určité množství vody v m<sup>3</sup>. (Parametr „P“). Na Obr. 25, je vyznačena červeně plocha střechy, ze které sbíráme dešťovou vodu. Otázkou by mohlo být, proč je počítáno pouze s půdorysným průmětem, když je třeba tato střecha šikmá. Je to proto, že déšť padá kolmo na povrch země a tím je uvažován pouze půdorysný průmět.



Obr. 25: Půdorysný průmět střechy [34]

Pro zjištění, jak vhodně střecha odvádí vodu, je zaveden koeficient odtoku ze střechy nebo taky součinitel využití srážkové vody „f“, či „ψ“, nebo dle německé normy „e“, který závisí na typu střechy a jejím povrchu a vlastně redukuje množství spadlé dešťové vody na střechy. Některé součinitele jsou uvedeny v Tab. 3, podrobnější součinitele, které byly použity při výpočtech, jsou uvedeny v Tab. 4. Z této tabulky je např. zřetelné, že zelená střecha nějakou vodu spotřebuje a proto je využitelnost pouze 20 – 25 %. V poslední tabulce Tab. 5 jsou pak uvedeny parametry, jak je uvádí německá norma. [18], [20]



Tab. 3: Součinitel využití dešťové vody [18]

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

Tab. 4: Součinitel využití dešťové vody [20]

Tvar střechy	Střešní krytina	Koeficient odtoku ze střechy	Vlastnosti z hlediska znečištění
Plochá	Asfalt s násypem křemíku	0,6	Velmi vhodná
	Plast	0,7	Velmi vhodná
	Pozinkovaný plech	0,7	Vhodná
	Ozelenění	0,2	Méně vhodná
Šikmá	Pálené tašky	0,75	Velmi vhodná
	Betonové tašky	0,75	Velmi vhodná
	Břidlice	0,75	Velmi vhodná
	Šindel	0,6	Velmi vhodná
	Pozinkovaný plech	0,8	Vhodná
	Plast	0,8	Velmi vhodná
	Ozelenění	0,25	Méně vhodná
	Osinkocement	-	Nevhodná

Tab. 5: Součinitel využití dešťové vody [22]

Composition	Yield Coefficient % e
Slanted hard roof	0,8
Flat roof, without gravel	0,8
Flat roof, with gravel	0,6
Green roof, intensive	0,3
Green roof, extensive	0,5
Paved surface/compound	0,5
Asphalt covering	0,8

#### 2. 4. 2. Výpočet množství dešťové vody

Nyní lze zavést první vzorec pro výpočet zadržené dešťové vody za rok. [20]

$$Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000}$$

Kde:  $Q$ -množství zadržené vody [ $m^3$ /rok],  $j$ -množství srážek [ $mm$ /rok],  $P$ -využitelná plocha střechy [ $m^2$ ],  $f_s$ -koeficient odtoku střechy,  $f_f$ -koeficient účinnosti filtru (uvažuje se 0,9 (90 %))



Podobný vzoreček uvádí i německá norma DIN1989 [22]

$$E_R = A_A \cdot e \cdot h_n \cdot \eta$$

Kde:  $E_R$  – množství shromážděné vody [ $m^3/\text{rok}$ ],  $e$  – yield coefficient,  $A_A$  – plocha střechy [ $m^2$ ],  $h_n$  – srážkový úhrn [ $l/m^2$ , mm],  $\eta$  – již zmíněná účinnost filtru.

### 2. 4. 3. Výpočet potřeby dešťové vody

Hlavním využitím dešťové vody v budovách je pro splachování záchodů a praní prádla. Příručka Water, Sanitary and Waste Services for Buildings uvádí přibližné procentní rozdělení využití vody v některých budovách. [21]

- **Domácnosti:** *splachování* = 31 % z celkové spotřeby vody, *praní prádla* = 12 % z celkové spotřeby
- **Komerční budovy:** *splachování* = 60 % z celkové spotřeby (20 % pisoáry a 40 % záchody)

### Česká varianta výpočtu

Celkem je potřeba spočítat dva objemy nádrží „ $V_v$ “ a „ $V_p$ “, které závisí na potřebě vody a na zachycené srážkové vodě:

#### Objem nádrže $V_v$

$$V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000}$$

Kde:  $V_v$  – objem využitelné vody v budově [ $m^3$ ],  $n$  – počet obyvatel v domácnosti,  $S_d$  – celková spotřeba vody na jednoho obyvatele a den [l] (uvažuje se 100 l),  $R$  – koeficient využití srážkové vody (uvažuje se 0,5 (50%)),  $z$  – koeficient optimální velikosti (zohlednění doby sucha, kdy neprší – obvykle 20 (20 dní)) [20]

#### Objem $V_p$

$$V_p = z \cdot \frac{Q}{365}$$

Kde:  $V_p$  – objem srážkové vody [ $m^3$ ]  $z$  – koeficient optimální velikosti (zohlednění doby sucha, kdy neprší – obvykle 20 (20 dní)),  $Q$  – množství zachycené srážkové vody [ $m^3/\text{rok}$ ] [20]





Tyto dva objemy jsou porovnány a je vybrána minimální hodnota. Potom  $V_N$  je navrhovaný objem nádrže. [20]

$$V_N = \min(V_v; V_p)$$

Následuje posouzení, jestli se hodnoty  $V_v$  a  $V_p$  neliší o více než 20 %. Z těchto výsledků lze vyvodit určitý závěr, jestli je spotřeba vody optimální k množství získané vody či nikoliv.

Tab. 6: Posouzení využití vody [20]

Výsledek porovnání objemů	Závěr	Možné opatření
$\frac{abs(V_v - V_p)}{V_N} \leq 0,2$	optimální situace	
$\frac{abs(V_v - V_p)}{V_N} < 0,2$	spotřeba srážkové vody je menší než možnosti střechy	zapojení pouze části střechy (části okapů)
$\frac{abs(V_v - V_p)}{V_N} > 0,2$	spotřeba srážkové vody je větší než možnosti střechy	častější dopouštění pitné vody

### Německá varianta výpočtu

Norma počítá s konkrétními potřebami vody pro jednotlivá zařízení a jednotlivé druhy provozu dle tabulky č. 7.

Tab. 7: Potřeba vody pro jednotlivé typy využití [22]

The following requirement values are provided for the individual calculation:			
Consumer		Daily Per-Person Requirements	Specific Annual Requirements
Toilets in households		24 l/person x day	-
Toilets in office areas		12 l/person x day	-
Toilets in schools		6 l/person x day	-
Garden waatering per 1 m <sup>2</sup> useful garden area of green spaces		-	60 l/m <sup>2</sup>
Watering or sprinkling amounts during the vegetation period of April to September			
For sports facilities for meadow land	Total amount for 6 months	-	200 l/m <sup>2</sup>
	With light soil	-	100-200 l/m <sup>2</sup>
With heavy soil	Total amount for 6 months	-	80-150 l/m <sup>2</sup>

Pozn.: V tabulce norma dále uvádí, že je důležité připojení úsporných toalet, které spotřebují 6/12 l malé a velké splachování, či 4,5 l pro ještě větší úsporu. Pokud je práno prádlo, tak se denní spotřeba vody dle DIN navyšuje o 10 l.



### Výpočet celkové potřeby vody pro domácnosti

$$BW_a = P_d \cdot n \cdot 365$$

Kde:  $BW_a$ -potřeba vody pro domácnost [l]  $n$ -počet osob v budově,  $P_d$ -daily per-person requirements (potřeba vody na osobu a den)[l/osoba.den]. [22]

### Výpočet celkové potřeby vody pro závlahu

$$BW_a = A_{Bew} \cdot BS_a$$

Kde:  $BW_a$ -potřeba vody pro závlahu [l],  $A_{Bew}$ -závlahové plochy [m<sup>2</sup>],  $BS_a$ -specifická spotřeba na jednotlivé závlahy [dle tab.6]. [22]

### Využitelný objem nádrže

$$V_n = \text{Min.of} (BW_a \text{ or } E_R) \cdot 0,06$$

Kde:  $V_n$ -využitelný objem nádrže [m<sup>3</sup>, l],  $BW_a$  a  $E_R$  jsou hodnoty vypočtené v předchozích vztazích. Použijte se nižší hodnota z těchto dvou čísel a vynásobí se 6 % což je uvažovaný adekvátní využitelný objem. [22]

## 2. 5. Legislativa k problematice

Každé odvětví je svým způsobem omezeno a upřesňováno různými zákony či vyhláškami a u hospodaření s dešťovou vodou tomu není jinak. Důležité je taková pravidla znát a pokusit se je dodržovat, abychom se vyhnuli nepříjemným jednáním s úřady případně pokutám s více nulami než je zdrávo.

V problematice dešťových vod, je třeba zmínit především „Zákon o vodovodech a kanalizacích“, který zahrnuje pravidla pro srážkové vody, které vznikají odtokem z pozemku. Dalším důležitým dokumentem je „Vodní zákon“, který zahrnuje srážkové vody dopadající pouze na stavby.

Konkrétně v „Zákoně o vodovodech a kanalizacích“ č.274/2001 Sb., je několik důležitých informací, na které by měl být brán ohled.

### 2. 5. 1. Zákon o vodovodech a kanalizacích

Každá budova je vybavena dešťovými svody, které bezpečně odvedou dešťové vody z pozemku a zabrání možnému podmáčení okolí či problémům, které může doprovázet voda zadržovaná na střeších budov. Dešťové vody byly ještě donedávna rychle odvedeny do kanalizace, která je buď jednotná či oddílná. Dále pak vody pokračovaly směrem na čistírnu



odpadních vod či přes odlehčovací komoru (dešťový oddělovač) do vodního toku v případě jednotné kanalizace a přímo do vodního toku v případě oddílné dešťové kanalizace. Kanalizace je dle zákona č. 274/2001 Sb., definována podle § 2 jako (2) „Kanalizace je provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující kanalizační stoky k odvádění odpadních vod<sup>3</sup>) a srážkových vod společně nebo odpadních vod samostatně a srážkových vod samostatně, kanalizační objekty, čistírny odpadních vod, jakož i stavby k čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizace. Odvádí-li se odpadní voda a srážková voda společně, jedná se o jednotnou kanalizaci a srážkové vody se vtokem do této kanalizace přímo, nebo přípojkou stávají odpadními vodami. Odvádí-li se odpadní voda samostatně a srážková voda také samostatně, jedná se o oddílnou kanalizaci. Kanalizace je vodním dílem.“ [23] Proto by v ideálním případě měla být dešťová voda odváděna do oddílné kanalizace. Výhodou tohoto řešení je zefektivnění provozu na čistírně odpadních vod, kde se pak zvyšuje účinnost čistících procesů a také další její možné využití. V ideálním případě by se voda přímo na pozemku zachytávala a tím by mohla být využita pro další účely, případně jí efektivně vsakovat a obohacovat podzemní vody. Z důvodu zvýšené urbanizace a rozvoji měst v posledních letech dochází ke zvyšování nepropustných ploch a to příliš nepřispívá pro možnosti obohacení podzemní vody. Vsakovací zařízení umožňují tento problém řešit již na pozemku budovy. V Německu se k této problematice postavili velice originálním způsobem. V případě, že se jednotlivec, případně město odpojí od oddílné dešťové kanalizace, znamená to, že je veškerá dešťová voda využita na pozemku, ať už vsakováním (např. zelené střechy, zasakovací průlehy), či využitím pro splachování v budovách, může být získána finanční podpora v případě měst a v případě obyvatelstva (jednotlivců) může být odpuštěno stočné, případně jeho část. [30]

Stočné je definováno jako voda, která je odvedena kanalizací směrem na čistírnu, kde je následně vyčištěna. Tento poplatek vznikne okamžikem vtoku odpadní vody do kanalizace. [31] Dle zákona č. 274/2001 Sb., se stočné dělí na dva druhy a to podle §20 jednosložkovou a dvousložkovou:

(2) „Jednosložková forma je součinem ceny podle cenových předpisů<sup>17a</sup>) a množství odebrané vody podle §16 nebo vypouštěných odpadních vod a srážkových vod podle § 19.“ [23]

(3) „Dvousložková forma obsahuje složku, která je součinem ceny podle cenových předpisů<sup>17a</sup>) a množství odebrané vody podle § 16 nebo vypouštěných odpadních vod a srážkových vod podle § 19 a pevnou složku stanovenou v závislosti na kapacitě vodoměru, profilu přípojky nebo ročního množství odebrané vody.“ [23]

Se stočným souvisí i způsob stanovení množství této vody a to je dle č. 274/2001 Sb., § 19: (6) „Není-li množství srážkových vod odváděných do jednotné kanalizace přímo přípojkou nebo



*přes uliční vpust měřeno, vypočte se toto množství způsobem, který stanoví prováděcí právní předpis. Výpočet množství srážkových vod odváděných do jednotné kanalizace musí být uveden ve smlouvě o odvádění odpadních vod.“ [23]*

Vlastní systém nakládání s dešťovými vodami se především v případě, kdy je voda znovu využita, dotýká také kanalizačních a vodovodních přípojek, pro které platí další určitá pravidla. Při nedostatku dešťové vody, se dešťové nádrže doplňují pitnou vodou z domovního řadu. V tomhle případě sem vstupuje poznatek ze zákona č. 274/2001 Sb., § 3 (4) *„Vlastník vodovodní přípojky je povinen zajistit, aby vodovodní přípojka byla provedena a užívána tak, aby nemohlo dojít ke znečištění vody ve vodovodu.“* [23]. A dále podle č. 274/2001 Sb., § 11: (2) *„Potrubí vodovodu pro veřejnou potřebu včetně jeho přípojek a na ně napojených vnitřních rozvodů nesmí být propojeno s vodovodním potrubím z jiného zdroje vody, než je vodovod pro veřejnou potřebu.“* [23]. To znamená, že dopouštění musí být provedeno tak, aby bylo zabráněno nasátí dešťové vody z nádrže. Zjednodušeně řečeno, je to umístění přívodu pitné vody do nádrže nad maximální hladinu, aby nebyly jednotlivé vody v přímém kontaktu. Zahrnuje to i osazení bezpečnostních uzavíracích armatur na výstupu z domovního řadu. Tomuto problému se více věnuje norma ČSN EN 1717 (75 5462): 2002 *„Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem.“* [23]

S důvodem proč je nutné dbát těchto pokynů souvisí č. 274/2001 Sb., § 33: (7) *„Právnícká nebo podnikající fyzická osoba se jako odběratel dopustí správního deliktu tím, že a) v rozporu s § 3 odst. 4 nezajistí, aby vodovodní přípojka byla provedena a užívána tak, aby nemohlo dojít ke znečištění vody ve vodovodu,“* a s tím související nepříjemná část (9) *„Za správní delikt se uloží pokuta b) do 50 000 Kč, jde-li o správní delikt podle odstavce 7 písm. a) až d)“* [23]

Při napojení svodů pitné či dešťové vody do nádrže je povoleno množství shromážděné, či proteklé vody kontrolovat dle č. 274/2001 Sb., § 17: (8) *„Odběratel si může na svůj náklad osadit na vnitřním vodovodu vlastní podružný vodoměr (například pro byt, ubytovnu, prodejnu, výrobu, pronajaté prostory). Odpočet z podružného vodoměru nemá vliv na určení množství provozovatelem dodané vody.“* [23]

Z dešťové nádrže je nutné vyvést i bezpečnostní přepad, který je přímo napojen na kanalizaci a v tomto případě platí dle zákona o vodovodech a kanalizacích podle č. 274/2001 Sb., § 3: (5) *„Vlastník kanalizační přípojky je povinen zajistit, aby kanalizační přípojka byla provedena jako vodotěsná a tak, aby nedošlo ke zmenšení průtočného profilu stoky, do které je zaústěna.“* [23].

Pokud je dešťová nádrž provedena jako podzemní a umístěna na pozemku budovy je nutné pamatovat na nezámrnou hloubku či možné poškození proto platí dle č. 274/2001 Sb., § 11:



(3) „Vodovody musí být chráněny proti zamrznutí, poškození vnějšími vlivy, vnější a vnitřní korozi a proti vnikání škodlivých mikroorganismů, chemických a jiných látek zhoršujících kvalitu pitné vody.“ [23]

Poslední otázkou je, proč lze dešťovou vodu využít pouze pro účely splachování, praní či zalévání, tedy ty které se přímo nedotýkají člověka a to dle č. 274/2001 Sb., § 14: (1) „Pitná voda dodávaná odběratelům vodovodem musí splňovat požadavky na zdravotní nezávadnost pitné vody, stanovené zvláštními právními předpisy.^1)“ tedy dle zákona č. 258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví: „Hygienické požadavky na zdravotní nezávadnost a čistotu pitné vody (dále jen "jakost pitné vody") se stanoví hygienickými limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů, které jsou upraveny prováděcím právním předpisem, nebo jsou povoleny nebo určeny podle tohoto zákona příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví.“ [23]

Dalších pár pravidel obsahuje i „Vodní zákon“ č.254/2001 Sb.:

## 2. 5. 2. Vodní zákon

Nově je do zákona uvedena poznámka ohledně nakládání s dešťovými vodami v případě novostaveb či změnách stávajících staveb. Dle č.254/2001 Sb., § 5 platí: (3) „Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání jsou stavebníci povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním, čištěním, popřípadě jiným zneškodňováním odpadních vod z nich v souladu s tímto zákonem a zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážkové vody“) v souladu se stavebním zákonem. Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby.“ [24]

Před realizací zařízení nádrže na shromažďování dešťových vod je nutné vědět jak je to s povolením, kde nám zákon dává svobodnou ruku dle č.254/2001 Sb., § 6: (2) „Povolení nebo souhlasu vodoprávního úřadu rovněž není třeba k zachycování povrchových vod jednoduchými zařízeními na jednotlivých pozemcích a stavbách nebo ke změně přirozeného odtoku vod za účelem jejich ochrany před škodlivými účinky těchto vod.“ [24], nejedná se tedy o vodní dílo dle § 55: „(3) Za vodní díla se podle tohoto zákona nepovažují zejména jednoduchá zařízení mimo koryta vodních toků na pozemcích nebo stavbách k zachycení vody a k jejich ochraně před škodlivými účinky povrchových nebo podzemních vod, další zařízení vybudovaná v rámci geologických prací“ [24], tedy pro realizaci dešťové nádrže nepotřebujeme povolení od vodoprávního úřadu.



V otázce zasakování dešťových vod hovoří vodní zákon konkrétně v § 8: (1) „*Povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami (dále jen "povolení k nakládání s vodami") je třeba b) jde-li o podzemní vody 4. k umělému obohacování podzemních zdrojů vod povrchovou vodou,*“ [24] tedy např. vodou dešťovou vsakováním. Abychom mohli postavit zasakovací zařízení, setkáme se ale na úřadě s překážkou a to nutností vypracování Hydrogeologického posudku. V zákoně je dle č.254/2001 Sb., § 9 uvedeno toto: (1) „*Povolení k nakládání s vodami se vydává na časově omezenou dobu. V povolení k nakládání s vodami se stanoví účel, rozsah, povinnosti a popřípadě podmínky, za kterých se toto povolení vydává. Podkladem vydání povolení k nakládání s podzemními vodami je vyjádření osoby s odbornou způsobilostí, pokud vodoprávní úřad ve výjimečných případech nerozhodne jinak.*“ [24] Tento výklad upřesňuje odůvodnění z Výkladu č. 57 k vodnímu zákonu a souvisejícím právním předpisům: „*Vodní zákon v ustanovení § 9 odst. 1 určuje, že rozhodování příslušného vodoprávního úřadu musí (až na výjimečné případy) v rámci procesu povolování k nakládání s podzemními vodami vycházet mj. z vyjádření odborně způsobilé osoby – hydrogeologa – podle zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění pozdějších předpisů.*“ [27].

Upřesnění této informace přináší Výklad č. 19 k vodnímu zákonu a souvisejícím právním předpisům, který uvádí, že: „*Srážkové vody ze střech a povrchu zpevněných ploch u individuálních rodinných domů jsou povrchovými vodami podle ustanovení § 2 odst. 1 vodního zákona. Jedná se o vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu, které svůj charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky. V pochybnostech o tom, zda se v konkrétním případě jedná nebo nejedná o povrchové vody, rozhoduje podle ustanovení § 3 odst. 3 vodního zákona příslušný vodoprávní úřad.*“ A dále pak „*V případě srážkových vod v těchto jednoduchých zařízeních podle ustanovení § 55 odst. 2 vodního zákona, která např. svou jednoduchostí připomínají uvedené vsakovací studně apod., se jedná o činnost, ke které není třeba povolení nebo jakéhokoliv souhlasu vodoprávního úřadu (dle ustanovení § 6 odst. 1, 2 vodního zákona), neboť se jedná o nakládání s povrchovými vodami pro vlastní potřebu, k němuž není třeba zvláštního technického zařízení. To ovšem platí v případě, pokud takto likvidované srážkové vody nejsou odpadními vodami.*“ Takže povolení k nakládání s vodami není potřeba, ale vyjádření odborně způsobilé osoby, tedy hydrogeologa ano. [28]

Se vsakováním dešťových vod souvisí nová norma z roku 2011: ČSN 75 9010 pro návrh, výstavbu a provoz vsakovacích zařízení srážkových vod. I v této normě je zavedena povinnost navrhnout možnosti vsakování vody na základě zmíněného vyjádření hydrogeologa.

Poslední poznámkou k tomuto povolení je dle č.254/2001 Sb., § 9: (7) „*Povolení k nakládání s vodami pro jejich vzdouvání, popřípadě akumulaci se vydává na dobu užívání*



vodního díla, které takové nakládání s vodami umožňuje.“ Tedy vlastně na dobu neomezenou, případně dobu životnosti celkové technologie vsakování, případně shromažďování dešťových vod. [24]

### 2. 5. 3. Stavební zákon a související vyhlášky

Další poznatky o rozhodnutích a územním souhlasu u staveb týkajících se dešťové vody vymezuje stavební zákon dle § 79: (2) „Rozhodnutí o umístění stavby ani územní souhlas nevyžadují o) ...plocha části pozemku schopného vsakovat dešťové vody po jejím umístění bude nejméně 50 % z celkové plochy pozemku rodinného domu nebo stavby pro rodinnou rekreaci,“ a dále taky dle § 80: (3) „Rozhodnutí o změně využití území ani územní souhlas nevyžadují e) úpravy pozemků, které mají vliv na schopnost vsakování vody, provedené na pozemku rodinného domu nebo na pozemku stavby pro rodinnou rekreaci, které souvisí nebo podmiňují bydlení nebo rodinnou rekreaci, neslouží ke skladování hořlavých látek nebo výbušnin, a plocha části pozemku schopného vsakovat dešťové vody po jejich provedení bude nejméně 50 % z celkové plochy pozemku rodinného domu nebo stavby pro rodinnou rekreaci.“ [25]

Vyhláška 501/2006 říká, jak by měl být rozdělen pozemek, aby byla řešena dešťová voda přímo na pozemku, konkrétně dle § 20: (5) „Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno c) vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno 1. přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování, 2. jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo 3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace.“ Dále pokud se jedná přímo o pozemky, které jsou pro bydlení či rodinnou rekreaci tak podle § 21: (3) „Vsakování dešťových vod na pozemcích staveb pro bydlení je splněno [§ 20 odst. 5 písm. c)], jestliže poměr výměry části pozemku schopné vsakování dešťové vody k celkové výměře pozemku činí v případě a) samostatně stojícího rodinného domu a stavby pro rodinnou rekreaci nejméně 0,4, b) řadového rodinného domu a bytového domu 0,3.“ [26]



### 3. Cíle

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjistit, u kterých budov ve vlastnictví města Litoměřice je možné realizovat systém na akumulaci a využívání dešťové vody.

#### Analýza budov

- **Výběr vhodných budov**

Seznam budov dodaný městem bylo nutné určitým způsobem rozdělit a vynechat budovy, které jsou svým charakterem nevhodné.

- **Příprava podkladů pro průzkum budov**

Samotné analýze, než mohla započít, předcházelo několik důležitých úkonů.

- **Terénní průzkum budov**

Jednání s lidmi, konkrétní zjišťované parametry.

#### Zjištění návrhových množství vod

- **Plochy střech**

Způsob zjištění ploch střech použitelných pro shromažďování dešťové vody.

- **Spotřeba a využitelné množství vod**

Výpočty vedoucí k celkovému ročnímu množství shromážděné vody u konkrétních budov a spotřeby této vody na jednotlivých objektech.

- **Objemy nádrží**

Výpočty vedoucí k objemům nádrží, které byly pak využity při výpočtu ceny realizace.

#### Zjištění cen realizace

- **Analýza aktuálních cen**

Cenová rešerše k jednotlivým prvkům celého systému využití dešťových vod.

- **Vyhodnocení investičních výdajů**

Zjištění přibližné celkové ceny realizace u jednotlivých budov.





### **Zjištění návratnosti realizace**

- **Výpočet provozních výdajů**

Výdaje na provoz čerpadla a údržbu celého systému

- **Výpočet ročních úspor**

Dvě varianty čisté roční úspory při realizaci systému.

- **Vyhodnocení reálné doby návratnosti**

Vyhodnocení reálné neboli diskontované doby návratnosti.

- **Dotační podmínky**

Určité předpoklady pro schválení dotace na systém využití dešťové vody.

### **Vyhodnocení analýzy**

- **Vyhodnocení jednotlivých budov**

Konkrétní vypočtené množství, parametry, ceny a návratnosti u jednotlivých budov.

- **Závěrečné údaje celé analýzy**

Celkové ceny, počty možných objektů k realizaci, množství zadržené vody a další doplňující údaje.

## 4. Zájmové území

### Město Litoměřice

Nacházíme se v Ústeckém kraji v Severních Čechách ve městě Litoměřice. Počet obyvatel v Litoměřicích se v současné době pohybuje okolo 25 tisíc. Směrem od Prahy do Litoměřic lze přijet po starém Tyršově mostě, který vede přes řeku Labe a přímo v jeho blízkosti ústí do Labe také řeka Ohře.



Obr. 26: Mírové náměstí v Litoměřicích [61]

Od Labe pak pomalu stoupá nadmořská výška a Litoměřice jsou vlastně umístěny na počátku CHKO. Několik km od Litoměřic se nachází nejvyšší hora Českého středohoří Milešovka.

Skrze Litoměřice protékají celkem tři malé vodní toky. Hlavním tokem, který je činný po celý rok je Pokratický potok, který sbírá různé pramenné vody z oblasti kolem obce Lbín nad Litoměřicemi. Další dva bezejmenné toky tvořené pramennými vývěry jsou činné pouze, když je dostatek vody. Labe je řeka, do které jsou zaústěny odlehčovací komory a potrubí vyčištěné vody z místní čistírny odpadních vod.

Část Litoměřic a okolí spadá do teplé klimatické oblasti. Jedná se o jednu z nejsušších oblastí v Česku díky stínu, který způsobuje horská a kopcovitá oblast, která začíná těsně za Litoměřicemi směrem na sever. Průměrné roční úhrny srážek se pohybují pod hranicí 500 mm. Průměrné roční teploty se pohybují okolo 8,5 °C. Nejteplejším měsícem je červenec, kdy se teplota pohybuje okolo 18,3 °C. [32]

Historické centrum města a jeho blízké okolí se skládá hlavně z cihlových budov umístěných v těsné blízkosti o jednom či dvou patrech. Pod celým historickým centrem je vybudována rozlehlá síť podzemních chodeb, které byly dříve přístupné ze sklepů každé budovy a jejich celková délka dosahovala i několik desítek kilometrů. V některých



podzemních prostorách budov jsou vybudovány i dvou až tří podlažní sklepy. V současné době je zpřístupněno asi 366 m a tyto prostory jsou otevřeny jako stálá expozice místního muzea. [33]



Obr. 27: Podzemní chodby [33]

Přibližně v okruhu 800 m od historického centra převládá hlavně zástavba panelových bytových domů. Většina budov, které byly součástí analýzy, jsou právě tohoto charakteru a nachází se v okrajových částech města. [33]

Litoměřice spočívají především na jílovém podloží doplněném v určitých místech velkým množstvím písků či vápenců. Poblíž Litoměřic se nachází tzv. „Bílá stráň“, která je plná vápencových hornin a je to aktivní oblast pro sesuvy. Nedaleko Litoměřic se nachází velká pískovna, nyní již nepoužívaná k těžbě, ale k rekreaci. Velké množství budov v okolí centra, tzn. relativně blízko Labe, má problémy s podmáčenými sklepy a s velkým množstvím spodní vody, která v poslední době vyvěrá, přímo do sklepních prostorů budov.

## 5. Metodický postup

### 5. 1. Analýza budov

#### 5. 1. 1. Výběr vhodných budov

Prvním krokem bylo získání seznamu všech objektů ve vlastnictví města, ze kterých bylo nutné vybrat konkrétní budovy a naplánovat jejich prohlídku. Níže je uvedený seznam budov v původní podobě. Šedivě jsou vyznačeny budovy, které byly nevyužité, nedohledatelné, případně se nenacházely na území města a zahrnutí do analýzy by nemělo význam. Kalich Arena jako jediná je objekt docela významný pro řešení dešťových vod, ale v jehož případě byl již projekt ve fázi zpracování. Celkem 6 objektů bylo vyřazeno z analýzy (vyznačeno šedivě) a celkový počet vyhodnocených budov byl 48.



Tab. 8: Seznam objektů

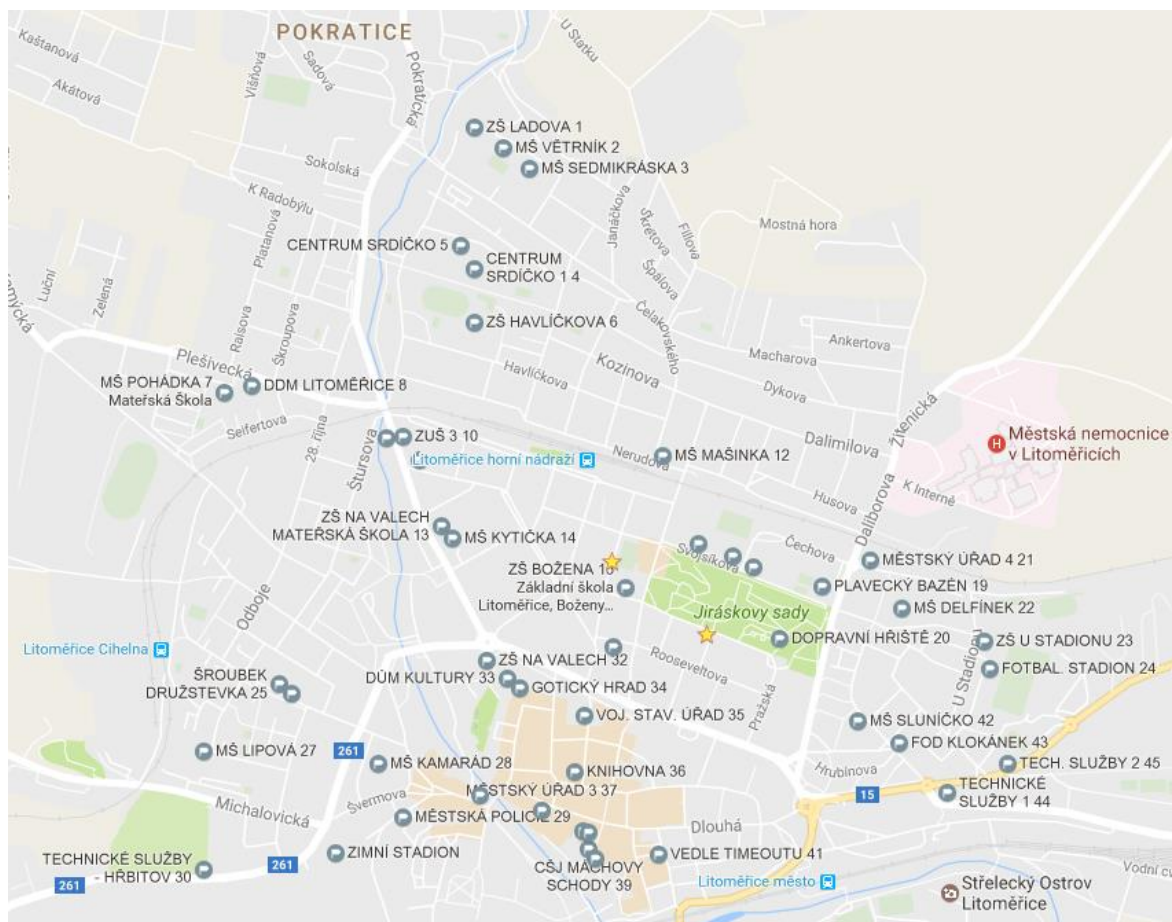
č.	Budova	Adresa	č.	Budova	Adresa
1	1.01_MŠ Paletka	Eliášova 1438/1	28	3.08_Na Vinici	Na Vinici 4008
2	1.04_MŠ Mašinka	Vančurova 813/2	29	3.09_Stránského 2031/38	Stránského 2031/38
3	1.05_MŠ Kamarád	Stránského 22/3a	30	3.10_SDH_Stránského 442/34	Stránského 442/34
4	1.06_MŠ Delfinek	Baarova 374/2	31	3.11_CŠJ Svojsíkova	Svojsíkova 2027/7
5	1.08_MŠ Sluníčko	Alšova 86/33	32	3.12_Centrum Srdíčko I	Revoluční 1846/32
6	1.11_MŠ Lipová	Mládežnická 1751/17	33	3.13_ZUŠ Masarykova I	Masarykova 701/35
7	1.12_Centrum Srdíčko II	Revoluční 1845/30	34	3.14_ZUŠ Masarykova II	Masarykova 635/44
8	1.13_MŠ Pohádka	Plešivecká 1867/17	35	3.15_ZUŠ Masarykova III	Masarykova 621/46
9	1.14_MŠ Kytička	Masarykova 590/30	36	3.16_ZUŠ Masarykova IV Mx	Masarykova 635/44
10	1.15_MŠ Větrník	Ladova 431/3	37	3.17_Fotbalový stadion	U Stadionu 2
11	1.16_MŠ Sedmíkráska	Ladova 428/1	38	3.18_Kalich Arena	Zahradnická 215/28
12	2.01.A_ZŠ Na Valech	Na Valech 582/53	39	3.19_Plavecký bazén	Daliborova 2087/7
13	2.01.B_ZŠ Na Valech - Ma...	Masarykova 2218	40	3.20_FOD Klokánek	Alšova 880/8
14	2.02_CŠJ Máchovy schody	Máchovy schody 13/4	41	3.21_Dům dětí a mládeže	Plešivecká 1863/15
15	2.03_ZŠ Boženy Němcové	Boženy Němcové 873/2	42	3.22_Dopravní hřiště	Jiráskovy sady 1905
16	2.05.A_ZŠ Masarykova - š...	Svojsíkova 1482/5	43	3.23_Knihovna K.H.Máchy	Mírové náměstí 153/26
17	2.05.B_ZŠ Masarykova - d...	Svojsíkova 1016/3	44	3.24_Divadlo K.H.Máchy	Máchovy schody 276/3
18	2.05.C_ZŠ Masarykova - h...	Svojsíkova 1482/5	45	3.25_Kino Máj	Sovova 53/4
19	2.06_ZŠ U Stadionu	U stadionu 522/4	46	3.26_Dům Kultury	Na Valech 2028
20	2.07_ZŠ Havlíčkova	Havlíčková 1830/32	47	3.27_Gotický hrad	Tyršovo náměstí 68/5
21	2.08_ZŠ Ladova	Ladova 413/5	48	3.29_Kostelní náměstí 233/2	Kostelní náměstí 233/2
22	3.01 + 3.02_Městský úřad...	Mírové náměstí 15/7 a 16/8	49	3.30_Mostecká kašna	Mostecká 1111
23	3.03_Městský úřad III	Mírové náměstí 17/9	50	3.31_Technické služby I	Na Kocandě 661/22
24	3.04_Městský úřad IV	Pekařská 114/2	51	3.32_Technické služby II	Na Kocandě 1224/33
25	3.05_Městský úřad V	Topolčianská 447/1	52	3.33_Technické služby III	Vodní 0000
26	3.06_Městská policie Lit...	Zahradnická 600/3	53	3.34_Technické služby IV	Žemosecká 556/2
27	3.07_5. května VUSS	5. května 76/11	54	3.35_Technické služby V	Třeboutice 00000

### 5. 1. 2. Příprava podkladů pro průzkum budov

Přibližně před koncem září byl vytvořen harmonogram návštěv. Pro návštěvy větších objektů byla uvažována hodina, někdy u menších objektů půl až tři čtvrtě hodiny. Počítáno bylo i dobou cesty k daným objektům. Objekty byly seřazeny tak, aby relativně rozumně navazovaly za sebou, vzhledem k tomu, že se jednalo o pěší průzkum. Objekty tedy byly seřazeny, časově rozvrženy do harmonogramu a zaslány pověřenému pracovníkovi města, který doplnil k harmonogramu zodpovědné osoby a zanesl rozpis na další místa. Samotná analýza začala 23.9.2016 a pokračovala až do 4.10.2016, každý den od 8:00 do cca 13:30. Poslední prohlídka budov Městských úřadů proběhla 17.10.2016, hlavně kvůli právě probíhajícím volbám.

Pro jednodušší orientaci v terénu, byly vytvořeny štítky jednotlivých budov do webových map, s názvem budovy a pořadovým číslem. Celkový počet km, který byl nachozen během analýzy, přesahoval stovku. Níže je uvedena zvětšená verze mapky, která byla pro účely analýzy

vytvořena. Čísla uvedená na mapě neodpovídají seznamu budov výše, protože tento seznam byl prvním hrubým podkladem obdržným od města.



Obr. 28: Mapa objektů [35]

### 5. 1. 3. Terénní průzkum budov

Při analýze byly zjišťovány možnosti umístění dešťových nádrží a technologie. Tedy při vstupu do objektu byla první otázka „Máte sklep?“ pokud nebyl, řešilo se, kam by šla umístit technologie, nebo kde jsou volné místnosti. Dalším údajem bylo rozmístění toalet po budově. Pro potřeby základních výpočtů byly zjišťovány počty zaměstnanců, ve školkách počty dětí a v neposlední řadě i počet toalet a pisoárů, kde to bylo možné, a byl k dispozici zodpovědný správce objektu.

Už setkání s lidmi byla určitá zkušenost. Někteří projekt už od začátku zatracovali, ať už kvůli tomu, že je tu plno jiných věcí, na které „prý“ nejsou peníze, ale na tohle jsou, další důvody byly např. zastavení provozu z důvodu výstavby, nebo nesmyslnost a nenávratnost. Někteří byli zvědaví, a když jim byla celá problematika trochu přiblížena, ihned změnili názor a uznali, že tenhle přístup má určitě smysl, zvláště tam, kde je spotřeba vody vysoká.



První problém nastal při doručení informace o analýze na důležitá místa. Zasláný harmonogram byl z města dále přeposilán na jednotlivá odvětví úřadů, odkud se již rozpis nedostal přímo k osobám v jednotlivých objektech. Hlavně ve školkách byl pochopitelně ze začátku problém se vstupem. V prvním případě, stačilo dojít na pár km vzdálenou správu školek, kde po odevzdání harmonogramu (který už tam měli dávno mít) vedoucí obvolala školky, které budou součástí analýzy. Podobný problém nastal při návštěvě ZUŠ, kde nevěděli vůbec nic, a proto byl průzkum v těchto budovách odložen. Vyřešil to oficiální papír od města s razítkem. Bohužel posunutí objektu na jiný čas, kolidoval s ostatními objekty v ten den.

Dalším problémem byly objekty městských úřadů, kde nebyl nikdo, kdo by zajistil přístup do budovy a měl chvíli čas. V tu chvíli byla analýza na těchto objektech odložena na další pondělí. V pondělí byl problém, že zrovna začínaly volby a proto byla analýza odložena na další datum. Tímto způsobem se z původního plánu prozkoumat budovy během jednoho týdne, staly téměř dva týdny.

Občas to bylo už opravdu únavné, když při příchodu do budovy byl někdo, komu jste musel vysvětlit, o co se jedná. Tento člověk odkázal na vedení objektu. Tam byla problematika popsána znovu. Následovalo posláním za správcem objektu, kde padla očekávaná otázka „Tak co byste potřeboval?“ Proto na každém objektu byla vysvětlena problematika celkem 3 x, jelikož se jednalo o 46 objektů x 3, tak po jednoduchém výpočtu Vám vyjde, že už musím umět ty věty jak básničku.

V celkovém měřítku se to týkalo asi max. 10 objektů, kde byl přístup od osob velice kladný a byly získány všechny potřebné informace i o stavu budovy. Následná představa o systému s dešťovými vodami byla o to snadnější.

Za celou analýzu, jsem získal i pár rad, které jsem zohlednil při zpracování, protože, někdy lidé na objektech mají větší přehled co se s vodou v objektu děje, případně jak je využívána.

Zajímavé to bylo především z pohledu návštěvy velkého množství různých objektů a prostor, kde si vybavím jednotlivé problémy a zádrhly. Navštívil jsem také rozsáhlé místnosti, které nebyly několik let využívány, např. staré prostory bývalého velitelství (VÚSS). Dostal jsem se například i na střechu rozsáhlého objektu Domu kultury v Litoměřicích, kam se asi normální člověk nedostane.

Pokud to shrnu, byla to dobrá praxe v jednání s lidmi. Nikdy dříve jsem nekontaktoval takové množství lidí, případně telefonicky nedomlouval tolik schůzek jako tento průzkumný týden. Lidé jsou různí, ale pochopil jsem, když se s nimi jedná férově, tak nikdy nebyl problém zjistit, údaje potřebné pro zpracování studie.



Budovy byly po dokončení analýzy rozděleny do několika kategorií dle jejich charakteru, spotřeby vody, či využití:

### **Kategorie 1**

První kategorií jsou budovy školství. Byly rozděleny na dva konkrétní typy a to mateřské školy a základní školy

#### **Mateřské školy:**

- MŠ Paletka, MŠ Mašinka, MŠ Kamarád, MŠ Delfínek, MŠ Sluníčko, MŠ Lipová, MŠ Pohádka, MŠ Kytíčka, MŠ Větrník, MŠ Sedmikráska, ZŠ Na Valech – družina, ZŠ Masarykova – přidružené objekty, Centrum Srdíčko I, II

#### **Základní školy:**

- ZŠ Na Valech, ZŠ Masarykova, ZŠ Boženy Němcové, ZŠ U Stadionu, ZŠ Havlíčkova, ZŠ Ladova, CŠJ Máchovy schody (KŠPA), ZUŠ Masarykova I, II, III, IV

### **Kategorie 2**

Druhou kategorií jsou administrativní budovy, bytové jednotky a budovy specifické svým využitím.

#### **Administrativní či bytové budovy:**

- Městský úřad I, II, III, IV, V, Budovy technických služeb města (TSM) I, II, III, IV hřbitov, Městská policie, FOD Klokánek

#### **Bez širšího využití:**

- VÚSS, Skladové prostory Stránského, SDH Litoměřice

### **Kategorie 3**

Třetí kategorií jsou budovy pro využití volného času s nárazovým počtem lidí a minimální spotřebou dešťové vody během neveřejných hodin.

- Knihovna K. H. Máchy, Divadlo K. H. Máchy, Kino Máj, Dům kultury, Gotický hrad, Fotbalový stadion, Kalich Arena, Plavecký bazén, Dopravní hřiště, Dům dětí a mládeže Rozmarýn, CŠJ Svojsíkova

Některé budovy měly společné vlastnosti jako např. popis vnitřních dešťových svodů či umístění nádrží.





## **Umístění nádrží**

U všech budov bylo uvažováno umístění akumulční nádrže ve volném prostoru v blízkosti budovy pod zemským povrchem, tak aby byla dodržena nezámrazná hloubka. Tento předpoklad je zaveden u všech budov při výpočtu realizace. Možnosti umístění technologie jsou popsány u každé z budov.

## **Dešťové svody**

Všechny budovy mají v podstatě dva typy dešťových svodů. U těchto budov je v příloze napsána pouze poznámka odkazující na následující popisy.

### **Vnitřní svody**

Budovy mají jeden či několik dešťových svodů, které vedou přibližně ve středu budovy a jsou odváděny společným kanalizačním potrubím uprostřed chodby. Kanalizační potrubí umístěné uprostřed místnosti vede skrze celý objekt a vyústí před budovou pravděpodobně skrze východ, kde dále vede do uliční stoky. Možností je přepojení stávajících svodů do nového potrubí umístěného v blízkosti potrubí kanalizace uprostřed chodeb. Toto potrubí bude odvádět dešťovou vodu směrem do akumulční nádrže.

V některých případech nejsou dešťové svody umístěné v chodbách, ale jsou napojeny na kanalizaci umístěnou hluboko pod terémem, pod budovou.

### **Vnější svody**

Vnější okapové svody vedoucí po obvodu celé budovy. Tyto okapy jsou ve většině případů snadno přepojitelné na společné potrubí vedoucí do nádrže.

## **Inženýrské sítě**

Vzhledem k tomu, že se nádrže nachází na prostoru jednotlivých budov, nebylo řešeno konkrétní umístění městských inženýrských sítí. Při případné realizaci podzemní akumulční nádrže bude dle dostupných plánů budovy zjištěno umístění kanalizace a případně dalších sítí využívaných budovou, které jsou v křížení a tomu uzpůsobeno umístění akumulční nádrže.

## **Hygienické podmínky**

Vzhledem k převažujícímu množství budov charakteru školek a škol je nutné se zamyslet nad hygienickými podmínkami. Dešťová voda může sbírat množství nečistot např. trus od ptactva usazený na střeších. Ten je pak splachován dešťovou vodou do dětských toalet. Nejmenší děti vzhledem k jejich věku mohou sahat do toalety a přivodit si tím možné zdravotní problémy. To je





jen zamyšlení a nemusí to být pravidlem. Řešením může být u každého objektu školky dokoupit ke zbytku technologie UV lampu, která generuje ultrafialové záření a zneškodňuje některé bakterie a viry, které se mohou ve vodě nacházet.

Při výpočtu ceny realizace byla jednoduchá průtočná UV lampy uvažována u každého objektu, kde jsou přítomny malé děti.

### **Vsakovací podmínky**

Vzhledem k tomu, že je uvažováno s vypouštěním do kanalizace, je tu téměř jistá možnost, že správce kanalizační sítě v Litoměřicích bude požadovat určitý poplatek za vypouštění přebytečných vod přes bezpečnostní přepad akumulací nádrže na dešťové vody. To se může stát téměř náhodně např. při delším nevyužívání dešťové vody, nebo při vyšších srážkových úhrnech.

Vhodným řešením tohoto problému, je zaústění bezpečnostního přepadu do vsaku. Zde hodně záleží na podmínkách podloží. Vzhledem k tomu, že lokalita se nachází v blízkosti několika vodních toků, měly by být možnosti vsaku vhodné. Řešením by v takovém případě bylo umístění vsakovacího bloku v blízkosti nádrže.

### **Vysvětlivky ke značení na schématech**

U každé budovy je umístěn schématický půdorysný průmět střechy se zakreslením umístění akumulací nádrže – značeno zeleně **AN**, technologie – značeno červeně **AN** a v případě zjištění okapových svodů – modře značeno písmeny abecedy **A, B, C** atd. Někdy jsou půdorysy vyznačeny červeným ohraničením. Znamená to tu část střechy, kterou je možné přepojit do společného potrubí a vést až do akumulací nádrže.

## **5. 2. Zjištění návrhových množství vod**

### **5. 2. 1. Plochy střech**

Pro zjištění konkrétní plochy střech byla využita webová aplikace mapy.cz, které jsou aktuální a byly poměrně podrobné. Mapová aplikace disponuje měřením vzdálenosti. Vzhledem k tomu, že byla změřená vzdálenost pouze v celých metrech, nebyla přesnost dostatečná. Proto byly zvoleny letecké mapy, přiblíženo pouze na půdorysný průmět střechy a proveden snímek obrazovky. Ten byl vložen do programu Autocad, ve kterém byla za pomoci referenčního měřítka změněna velikost vložené fotky tak, aby měřítko uvedené na mapách odpovídalo 36 m = 36 jednotek v autocadu. Dále bylo již použito měření plochy v tomto programu a pro účely schématických půdorysů (uvedených u každého objektu) s umístěním jednotlivých prvků a toalet obkresleny půdorysy střechy dle podkladního snímku obrazovky. Tento údaj je uveden u každého



objektu jako „Plocha střech“ a někdy je ve schématu vyznačena pouze část střechy, kterou je možné přepojit. [34], [35]



Obr. 29: Práce s půdorysy v programu Autocad [34]

### 5. 2. 2. Spotřeba a využitelné množství vod

V části rešerše byly zmíněny některé parametry, které jsou potřeba pro výpočet množství shromážděné dešťové vody. Jediný volně dostupný srážkový úhrn rozdělený do jednotlivých měsíců byl nalezen na stránkách Přírodovědné Bílinské společnosti. Zde byly uvedeny měsíční srážkové úhrny pro Litoměřice, které jsou uvedeny v příslušném sloupci výpočtů u konkrétních objektů. [71]

Dalšími údaji byl typ střechy, zda plochá či šikmá a použity podrobnější součinitele pro typ střechy dle Tab. 3. Plocha střech byla zjištěna dle předchozí kapitoly „5. 2. 1. Plochy střech“

#### Počty dnů

Pro přesnější výpočty byla vytvořena tabulka s počtem provozních dnů u škol a administrativních budov. U budov škol a někdy školek bylo uvažováno s tím, že učitelé budou posledních 14 dnů v srpnu již ve školách.



Tab. 9: Rozdělení dnů v roce

	Vikend	Svátek	Prázdniny																													škola	školka	adm. budova	
leden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	31	19	21	21
únor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				28	15	20	20
březen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	31	16	18	18
duben	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		30	16	16	16
květen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	31	22	22	22
červen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		30	21	21	21
červenec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	31	0	0	21
srpen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	31	14	14	23
září	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	31	21	21	21
říjen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	31	17	19	19
listopad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		30	21	21	21
prosinec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	22	16	23	23

### Počty zaměstnanců a dětí

Byly přímo vyžádané při analýze od správců objektu, případně odhadnuty dle webových stránek organizací.

### Praní prádla

Pokud se v budově nacházely pračky, tedy hlavně v mateřských školách, bylo zjištěno množství prádla a četnost praní. Níže je uveden příklad pro praní 6x týdně v pračkách co jsou navrženy na 6 kg prádla.

*Příklad: 6x6 kg poděleno počtem pracovních dnů (5) = množství prádla denně, to jsem podělil velikostí pračky (6 kg) a vyšlo v tomto případě 1,2x praní/den, to jsem vynásobil potřebou na praní 65 l/praní a vyšla denní potřeba vody pro praní prádla. [18], [22], [72]*

### Potřeba pro toalety

Při výpočtech denní spotřeby bylo počítáno s potřebou pro toalety ve školách 6 l/os.den a pro toalety v administrativních budovách 12 l/os.den. V některých případech, jako je např. budova divadla byla uvažována pouze poloviční potřeba u obou položek, z osobního názoru na využití budovy. Tyto parametry jsou uvedeny vždy u konkrétní budovy v příloze.

*Příklad: pokud v budově školy bylo 10 zaměstnanců a 100 dětí byly počítány zvlášť spotřeby pro děti 6 l/os.den a pro zaměstnance 12 l/os.den. [18], [22]*

### Ostatní spotřeba dešťové vody

Aby spotřeby vody alespoň trochu odpovídaly odečtům vodoměrů, tak byla ještě v některých případech zavedena potřeba vody pro závlahy a to dle konkrétních ploch



např. sportovních hřišť. U většiny budov, byla závlaha v rozsahu několika konví měsíčně, což v celkovém množství vody nehraje roli.

## Výpočty

Tab. 10: Vzorový výpočet

Měsíc	Odečty [m <sup>3</sup> ]	Srážk. úhrn [mm]	Počet dní	Zisk d.v. V <sub>d</sub> [m <sup>3</sup> ]	Toalety Q <sub>d</sub> [m <sup>3</sup> ]	Praní Q <sub>d</sub> [m <sup>3</sup> ]	Celkem Q <sub>d</sub> [m <sup>3</sup> ]	Potřeba p. v. [m <sup>3</sup> ]	Přebytky d. v. [m <sup>3</sup> ]	Odvod d. v. [kč]	Úspora 1. var. [kč]	Úspora 2. var. [kč]
leden	31	27	21	4,2	9,8	1,6	11,5	7,3	0,0	286,5	492,7	593,0
únor	32	22	20	3,4	9,4	1,6	10,9	7,5	0,0	233,4	401,5	483,2
březen	28	24	18	3,7	8,4	1,4	9,8	6,1	0,0	254,7	437,9	527,1
duben	35	36	16	5,5	7,5	1,2	8,7	3,2	0,0	382,0	656,9	790,6
květen	39	48	22	7,4	10,3	1,7	12,0	4,6	0,0	509,3	875,9	1 054,2
červen	43	58	21	8,9	9,8	1,6	11,5	2,6	0,0	615,4	1 058,4	1 273,8
červenec	3	68	0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	721,6	721,6	721,6
srpen	3	58	14	8,9	6,6	1,1	7,6	0,0	1,3	615,4	995,2	1 179,9
září	38	39	21	6,0	9,8	1,6	11,5	5,5	0,0	413,8	711,7	856,5
říjen	34	34	19	5,2	8,9	1,5	10,4	5,1	0,0	360,8	620,4	746,7
listopad	32	31	21	4,8	9,8	1,6	11,5	6,7	0,0	328,9	565,7	680,8
prosinec	24	28	23	4,3	10,8	1,8	12,6	8,3	0,0	297,1	510,9	614,9
<b>Celkem</b>	<b>342</b>	<b>473</b>	<b>216</b>	<b>72,7</b>	<b>101,1</b>	<b>16,8</b>	<b>117,9</b>	<b>57,0</b>	<b>11,7</b>	<b>5 019,0</b>	<b>8 048,8</b>	<b>9 522,2</b>

## Vysvětlivky

- **Odečty vodoměru** – získané z energetického managementu, přístupného po dohodě s městem, některé budovy neměly odečty k dispozici, proto je tato část např. proškrtnutá, nebo byly odečty zaznamenány za dva měsíce celkem
- **Srážkový úhrn** – získaný ze stránek Přírodovědné Bilinské společnosti [71]
- **Počet prac./škol. dní** – dle tabulky s rozdělením dnů uvedené výše
- **Zisk** – zisk dešťové vody vypočtený dle následujícího vzorce (viz. 2. 4. 2 Výpočet množství dešťové vody)

$$Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000}$$

Kde:  $Q$ -množství zadržené vody [m<sup>3</sup>/rok]  $j$ -množství srážek [mm/rok],  $P$ -využitelná plocha střechy [m<sup>2</sup>],  $f_s$ -koeficient odtoku střechy,  $f_f$ -koeficient účinnosti filtru (uvažuje se 0,9 (90 %)) [20]



- **Toalety** – potřeba pro toalety byla vypočtena dle následujícího vzorce:

$$Q_d = n_z \cdot q_{adm.} + n_d \cdot q_d$$

*Kde:  $n_z$ -počet zaměstnanců,  $n_d$ -počet dětí,  $q_{adm.}$  spotřeba pro administrativní budovy [l/os.den],  $q_d$  - potřeba pro školy [l/os.den]*

- **Praní** – viz. výpočet dle „Praní prádla“ výše
- **Celkem** – suma toalety + praní
- **Potřeba p. v.** – neboli množství vody, které je potřeba každý měsíc dopustit protože nenapršelo dostatečné množství vody
- **Přebytky d. v.** – kdy se shromáždilo více dešťové vody než je potřeba
- **Odvod d. v.** – poplatek spojený s odvodem dešťové vody u nebytových budov
- **Úspora 1. var.** – se skládá ze dvou položek, úspory za odvod dešťových vod, neboli deštné a dále tu část pitné vody, která je opravdu využita a nahrazena vodou dešťovou (dešťová voda vynásobená aktuální cenou vodného), výpočet deštného je uveden u „5. 4. 2. Výpočet ročních úspor“
- **Úspora 2. var.** – vzhledem k tomu, že stočné se platí za veškerou vodu, je tato varianta uvažována jako takový bonus, že úsporou pitné vody je zajištěn kladný přístup k přírodě a je odpuštěno 50 % z ceny stočného (v tomto případě z té části pitné vody, která je nahrazena vodou dešťovou, viz. „Úspora 1. var.“)

Poslední dva sloupce byly později použity pro výpočet dvou variant návratností v následujících podkapitolách.

### 5. 2. 3. Objemy nádrží

Pro nalezení objemu nádrží byly použity celkem čtyři metody, ze kterých byl pak spočten průměr, případně dle osobního názoru na danou budovu vybrán konkrétní nižší objem z ceníku nádrží, který je uveden v „5. 4. Zjištění cen realizace“.

- **1. Varianta:** výpočet byl proveden dle podkapitoly „2. 4. 3. Výpočet potřeby dešťové vody - „Česká varianta výpočtu“
- **2. Varianta:** výpočet byl proveden dle podkapitoly „2. 4. 3. Výpočet potřeby dešťové vody - „Německá varianta výpočtu“



- **3. Varianta:** vypočtena průměrná denní spotřeba dle následujícího vzorce

$$Q_d = n_z \cdot q_{adm.} + n_d \cdot q_d + n_p \cdot q_p$$

Kde:  $Q_d$ -průměrná denní spotřeba [ $m^3$ ],  $n_z$ -počet zaměstnanců (dospělých osob),  $q_{adm.}$ -denní spotřeba na toalety pro administrativní budovy,  $n_d$ -počet dětí,  $q_d$ -denní spotřeba na toalety pro školky a školy,  $n_p$ -počet prání prádla denně,  $q_p$ -spotřeba vody na jedno prání

A dále uvažováno 14 denní sucho a z toho vznikl návrhový objem nádrže:

$$V_N = Q_d \cdot 14$$

- **4. Varianta:** osobní jednoduchý odhad, počítáno bylo se spočtenou roční spotřebou dle sloupce „Celkem“ a poděleno počtem 14 denních období v roce, tím byl získán objem vody pro 14 denní sucho, ale v případě použití roční spotřeby spočtené přesněji po měsících

**Finální návrhový objem nádrže:** průměr ze všech předchozích variant, případně při příliš velkém rozdílu objemů, vybrána hodnota dle Německého výpočtu či dle vlastní úvahy, vždy o něco nižší než vypočtený objem. Následující tabulka je celkovým shrnutím zjištěných údajů a je uvedena u každého objektu v přílohové části této práce.

Tab. 11: Vyhodnocení návrhového objemu nádrže

1. varianta		
$V_v$	40,0	$m^3$
$V_p$	6,9	$m^3$
$V_N$	6,9	$m^3$
2. varianta		
$BW_a$	101,8	$m^3$
$E_R$	125,7	$m^3$
$V_N$	7,5	$m^3$
3. varianta		
$Q_D$	0,48	$m^3/\text{den}$
$V_N$	6,72	$m^3$
4. varianta		
$Q_R$	101,8	$m^3/\text{rok}$
$V_N$	3,90	$m^3$
Finální objem		
$V_N$	5,65	$m^3$

Vysvětlivky:  $V_v$ -objem nádrže dle spotřeby vody,  $V_p$ -objem nádrže dle zachycené vody,  $V_N$ -návrhový objem nádrže,  $BW_a$ -roční spotřeba srážkové vody,  $E_R$ -roční zisk srážkové vody,  $Q_D$ -průměrná denní spotřeba vody,  $Q_R$ -průměrná roční spotřeba vody



## 5. 3. Zjištění cen realizace

### 5. 3. 1. Analýza aktuálních cen

Pro propočty ceny realizace byly pro jednotlivé prvky systému vyhledány aktuální ceny na webových stránkách odborných firem, v některých případech bylo uvažováno i se sídlem v blízkém okolí Litoměřic pro snížení ceny za dopravu. Některé firmy uvádějí již konečnou cenu a nejsou plátcí DPH, případně, mohou nabídnout sazbu DPH ve výši 15 či 21 %. Proto jsou ceny uvedeny bez DPH a k finální ceně je pak připočteno 21 % DPH. Ceny jsou platné k roku 2016.

#### Dešťové nádrže

V 99 % případů byly použity jímky betonové prefabrikované z důvodu ceny realizace. Jedná se o ceny výrazně nižší než v případě plastových nádrží. Jediným nedostatkem je vysoká hmotnost těchto nádrží a proto je nutné zajistit pronájem jeřábové techniky. Uvažována byla celková doba pronájmu jeřábu 1,5 h s hodinovou sazbou dle tab. 29. Pro názornost, jsou zde uvedeny i ceny plastových nádrží v podobných využitelných objemech.

Ve většině případů se jedná již o finální cenu nádrže, tedy s poklopem, revizním komínem a připravenými prostupy pro veškerá potrubí. Záleží na konkrétní firmě a jejich nabídkách. Někdy je nutné dokupovat povrchové poklopy revizních komínů, nebo zajistit vytvoření prostupů. Případně v ceně není zahrnuta cena za dopravu. Množství výrobců ale dnes nabízí i dopravu po celé ČR zdarma. Je tu i varianta nákupu nádrže z Polska, kde stejný objem nádrže vyjde někdy i o polovinu levněji než v ČR, je tu ale nutné počítat s dopravou do Litoměřic, která nebude levná a také někdy nejistou kvalitou provedení těchto jímek.

U nádrží je také uvedena cena za výkop jámy pro umístění nádrže. Ceny a objemy jsou vypočteny dle odstavce „Zemní práce“ a „Manuální práce a technika“.

#### **Cena betonových jímek**

Tab. 12 až 14 uvádí ceny hranatých jedno či více komorových jímek (nádrží) od různých výrobců a s různými objemy. Tab. 15, pak uvádí ceny jednotlivých objemů pro válcové jímky. Tabulky jsou uváděny dle údajů, tak jak je uvedeno na webových stránkách výrobců [36], [47]



Tab. 12: Ceník monolitických jímek [36]

Šířka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Celk. výška [m]	Hmotnost [kg]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Nádrž	Výkop	Cena [kč]
						Cena [kč]	Objem [m <sup>3</sup> ]	
1,8	1,9	1,52	2,14	5 000	3,78	16 600	25,50	1 444,8
1,8	1,9	2,2	2,82	6 200	5,65	23 400	31,02	1 757,7
2,05	2,55	2,25	2,89	7 000	8,5	28 300	42,12	2 386,7
2,3	4,3	1,74	2,38	10 100	12,96	39 400	59,12	3 349,9
2,15	4,15	2,48	3,12	12 700	15,42	47 000	66,84	3 787,4
2,45	6,58	2,93	3,59	24 200	38,9	95 500	120,03	6 801,9

Tab. 13: Ceník jednokomorových monolitických jímek [47]

Šířka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Nádrž	Výkop	Cena [kč]
				Cena [kč]	Objem [m <sup>3</sup> ]	
2	2,5	1,1	4	14 000	22,05	1 249,5
2	2,5	1,35	5	15 000	24,68	1 398,3
2	2,5	1,6	6	16 500	27,30	1 547,0
2,4	3	1,25	7	18 000	30,60	1 734,0
2,4	3	1,5	8	21 000	34,00	1 926,7
2,4	3	1,7	9	23 000	36,72	2 080,8
2,4	3	1,9	10	25 000	39,44	2 234,9
2,4	4	1,65	12	28 000	45,05	2 552,8

Tab. 14: Ceník vícekomorových monolitických jímek [47]

Šířka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Nádrž	Výkop	Cena [kč]
				Cena [kč]	Objem [m <sup>3</sup> ]	
2,5	4	1,1	8	28 000	40,43	2 290,8
2,5	4	1,35	10	30 000	45,24	2 563,5
2,5	4	1,45	11	31 500	47,16	2 672,5
2,5	4	1,6	12	33 000	50,05	2 836,2
2,5	4	2,1	16	42 000	59,68	3 381,6
2,5	4	2,6	20	50 000	69,30	3 927,0

Tab. 15: Ceník betonových válcových jímek [36]

Průměr [m]	Výška [m]	Celk. výška [m]	Hmotnost [kg]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Nádrž	Výkop	Cena [kč]
					Cena [kč]	Objem [m <sup>3</sup> ]	
1,5	2,37	2,97	2 650	3,05	13 300	19,5	1 104,3
1,88	2,3	2,92	4 250	4,42	19 500	25,5	1 447,1
2,35	2,4	3,04	5 700	7,6	26 600	35,6	2 017,8
2,35	2,9	3,54	6 300	9,25	28 700	40,0	2 267,6
2,84	2,16	2,8	6 900	10,44	31 100	44,0	2 493,8
3,75	2,92	3,58	15 000	24,7	63 300	81,2	4 599,1





## Ceny plastových jímek

Tyto jímky jsou vytvořeny jako samonosné, tedy není potřeba je po osazení obetonovávat. Jsou ale podstatně dražší. Výhodou je vysoká životnost, nízká hmotnost a 100% voděodolnost. Jímky mohou být dodávány s přípravou pro použití při vysokých hladinách spodní vody.

Tab. 16: Ceny plastových válcových jímek [37]

Šířka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Hmotnost [kg]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Nádrž	Výkop	Cena [kč]
					Cena [kč]	Objem [m <sup>3</sup> ]	
1,26	2,15	1,59	112	2	13 500	18,44	1 044,8
1,46	2,45	1,785	160	3	16 500	23,64	1 339,4
1,69	2,45	2,01	210	4	21 000	27,93	1 582,9
1,91	2,45	2,23	260	5	24 000	32,43	1 837,6
2,2	2,79	2,5	390	7,5	34 000	42,45	2 405,4
2,45	3	2,54	500	10	45 500	48,85	2 768,3

Tab. 17: Ceny plastových válcových jímek [38]

Průměr [m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Nádrž	Výkop	Cena [kč]
				Cena [kč]	Objem [m <sup>3</sup> ]	
1,6	6,5	380	11	36 000	50,70	2 873,0
1,6	7,1	400	12	39 000	54,76	3 102,8
1,6	7,7	430	13	42 000	58,81	3 332,7
1,6	8,3	460	14	45 000	62,87	3 562,5
1,6	8,9	500	15	48 000	66,92	3 792,4

Poslední tabulkou je ceník samonosných velice pevných plastových hranatých jímek s velkými objemy. Ceny těchto jímek jsou ale příliš vysoké.

Tab. 18: Ceny plastových hranatých jímek [12]

Šířka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Hmotnost [kg]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Nádrž	Výkop	Cena [kč]
					Cena [kč]	Objem [m <sup>3</sup> ]	
2	5,16	2,16	1 210	18,4	90 619	58,40	3 309,2
2	6,16	2,16	1 420	22,1	106 583	67,88	3 846,4
2	7,16	2,16	1 620	25,8	122 546	77,36	4 383,6
2,5	6,16	2,16	1 620	28,1	130 385	79,19	4 487,4
2,5	7,16	2,16	1 840	32,8	149 312	90,25	5 114,1



## Umístění technologie

U některých budov je obtížné umístit technologii přímo do budovy, a proto bylo uvažováno s použitím suché betonové jímky, ve které bude umístěna technologie a bude přístupná vrchním poklopem pro revize.

Tab. 19: Suchá jímka pro čerpadlo [36]

Šířka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Celk. výška [m]	Hmotnost [kg]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Nádrž	Výkop	Cena [kč]
						Cena [kč]	Objem [m <sup>3</sup> ]	
1,2	1,5	1,38	1,98	2000	1,75	7700	13,64	772,9

## Úprava vody

Z dešťové vody musí být při její dopravě do nádrže odstraněno listí a větší částice, které by mohly způsobit problémy v technologii. Jemný prach se i přesto v nádrži usadí, ale tomu se dá vyhnout při nasávání plovákem pod povrchem hladiny.

V tabulce je uvedena externí šachta, do které je umístěn koš se sítím, který vyžaduje pravidelnou údržbu. Vzhledem k tomu, že většina navržených stavů počítá s jímkami betonovými, bude ideálním řešením využití filtrační šachty mimo dešťovou nádrž. Tento systém je jednoduchý a mohl by být vyřešen i levnějším způsobem. Např. při zručnosti některých firem, lze takový filtr vyřešit plastovým sudem umístěným do země, kde se vytvoří prostupy pro potrubí a otvor pro umístění jednoduchého síťového koše. Filtrační šachta je uvedena ve dvou variantách a to pro střechy do 500 m<sup>2</sup> odvodňované plochy a do 1 200 m<sup>2</sup> odvodňované plochy.

Pro zajištění technologicky čisté vody, bez částic větších jak 0,1 mm je doporučeno umístit na výtlačné potrubí za čerpadlo tlakový filtr. Tento jemný filtr redukuje množství malých písečných zrn a dalších cizích částic a chrání tím pračku, toaletu a prodlužuje životnost celého systému. Tento filtr je osazen omyvatelnou vyměnitelnou vložkou. Cena filtru se pohybuje okolo tisíce korun. Životnost filtrační vložky je jeden rok a musí se po třech měsících čistit. Dražší varianta se samočištěním se pak pohybuje okolo 20 tisíc korun. [49]

V předchozím textu byly zmíněny hygienické problémy vedoucí při použití systému ve školkách. Pro tyto účely je doporučeno umístit do systému, např. za jemný (tlakový filtr) UV lampu. Tyto lampy se vyskytují pro různé průtoky a zase záleží na návrhu celého systému pro konkrétní budovu. [83]



Tab. 20: Filtrace [49], [50], [51], [83]

		Cena [kč]
Plastová externí šachta	do 500 m <sup>2</sup>	7 300
	do 1 200 m <sup>2</sup>	22 800
Filtrační koš		1 860
Filtr na vodu		909
UV lampa		2924

### Dešťové potrubí

Pro zásobování akumulární nádrže dešťovou vodou bylo uvažováno potrubí PVC, které se bude lišit dimenzí dle půdorysné plochy střechy a to DN(OD)110 pro budovy do 500 m<sup>2</sup> půdorysné plochy střech a DN(OD)160 do 1200 m<sup>2</sup>. Potrubí bude připojeno k okapovým nebo vnitřním svodům dle typu budovy a v nádrži bude zakončeno uklidněným nátokem, který zabrání víření jemného prachu usazeného na dně nádrže. Délky trubních vedení byly uvažovány přibližně, dle typových objektů uvedených u odstavce „Zemní práce“. Cena potrubí PVC SN4 DN(OD)110 je stanovena na 66 Kč/m a potrubí DN(OD)160 na 104 Kč/m. [46], [48]

Tab. 21: Ceny dešťových svodů [46, [48]

			Délka [m]	Cena [kč]
Vnitřní svody	do 500 m <sup>2</sup>	DN(OD)110	100	6 600
			40	2 640
	nad 500 m <sup>2</sup>	DN(OD)160	100	10 400
			40	4 160
Vnější svody	do 500 m <sup>2</sup>	DN(OD)110	60	3 960
	nad 500 m <sup>2</sup>	DN(OD)160	60	10 400
Uklidněný nátok 0,8 m				868

### Přepadové potrubí

Při nadměrném množství vody, která přitéká do akumulární nádrže, nebo při nízké spotřebě např. v prázdninových měsících ve školách je potřeba přebytečnou vodu odpouštět do vsaku případně do kanalizace. V tomto případě je uvažováno, že nádrž bude mít bezpečnostní přeliv DN(OD)160 vytvořený z PVC potrubí a tvarovek. To zajistí odvedení přebytečné vody do kanalizace, odbočka zajistí napojení na kanalizační přípojku a zpětná klapka zamezí vzdouvání vody a zápachu z kanalizace. Délka potrubí přepadu byla uvažována u menších objektů 10 m a u větších (např. rozlehlých škol) 20 m. Cena potrubí PVC SN4 DN(OD)110 je stanovena na 66 Kč/m a potrubí DN(OD)160 na 104 Kč/m. [48]



Tab. 22: Ceny prvků přeřadového potrubí

	<b>Délka [m]</b>	<b>Cena [kč]</b>
Potrubí PVC - SN4 160x4	10	1 040
	20	2 080
Zpětná klapka DN(OD)160		1 037
Odbočka do hl. kanalizace DN(OD)160/200		242

### **Dopouštění pitné vody**

V případě nedostatku dešťové vody bude nádrž dopouštěna z vodovodního řadu. K ceně se v případě realizace musí započítat určitá délka potrubí od vnitřních rozvodů pitné vody až k nádrži, přitom musí být dodržena podmínka dle zákona 274/2001 Sb., že potrubí pitné vody nesmí přijít do kontaktu s vodou dešťovou. [23]

Celá sestava bude tvořena odbočkou z domovního vodovodního řadu opatřenou uzávěrem (kulový ventil). Toto potrubí uvažované v celkové délce 10 m, bude přivedeno k nádrži a vývod umístěn dostatečně vysoko nad max. hladinu. K potrubí bude dále připojen elektromagnetický ventil, který bude ovládán za pomoci systému hlídání hladiny a k němu připojených čidel (sond) sledujících dvě polohy hladiny.

Tab. 23: Technologie dopouštění [42], [43], [44], [45]

	<b>Cena [kč]</b>
Potrubí PPR 40x5,5 - dl. 10 m	757
Hlídání hladiny dvě úrovně MAVÉ	832
Ponorná sonda, snímání dvou hladin	674
Elektromagnetický ventil	1 849
Kulový ventil	192
<b>Celkem</b>	<b>4 304</b>

### **Rozvody dešťové vody**

Další investicí bude instalace nových rozvodů pro dopravu dešťové vody v budovách. Ty se nebudou nijak lišit od těch pro pitnou vodu. Cenový odhad byl určen podle současné ceny instalatérských prací a ceny materiálu. Konkrétní výdaje budou propočítány, pokud se realizuje projekt na jednotlivých budovách. Proto byly určeny ceny prací a dále ceny materiálu dle aktuálních cenových nabídek. Cena byla pak vyčíslena na jeden metr běžný. Cena za 1 mb se pak jednoduše vynásobila odhadovanou délkou rozvodů pro konkrétní budovy. Větší vzdálenosti jsou uvažovány např. u budov základních škol, kde se nachází více pater a rozvody budou náročnější na realizaci. Konkrétní případ je vždy uveden u ceny realizace u všech objektů.



Vnitřní rozvody obvykle obsahují množství odboček, T-kusů, kolen a napojení na toalety. Dále je nutné započítat práce instalatéra tedy např. ceny za vysekání otvorů ve zdech, montáž tvarovek, jejich usazení a také izolace potrubí. [41], [78]

Tab. 24: Ceny prvků rozvodů dešťové vody [41], [78]

**Práce**

sekání šliců v betonu, či cihle	135	kč/mb
zahození šliců	53	kč/mb
usazení PPR trubky do pr.40mm	90	kč/mb
montáž kolena PPR do pr.40mm	55	kč/ks
uchycení potrubí objímkami	25	kč/ks
izolace trubky	9	kč/mb
izolace kolena, T kus	41	kč/ks
tlaková zkouška tl. potrubí	193	kč/hod

**Materiál**

potrubí PPR 40x5,5	75,7	kč/mb
koleno 90° 40x5,5	22,6	kč/ks
t-kus 40x5,5	35	kč/ks
objímka kovová	42	kč/ks
návleková hadice Mirelon	23,6	kč/mb

Cena za 1 mb se pak skládá ze všech položek počítaných jako na metr běžný, dále 2 ks kolen, 1 ks T-kusu, 2 ks objímek a k těmto materiálům také příslušné práce dle počtu ks. Dále byla připočtena cena za hodinu tlakové zkoušky potrubí. Celková cena na 1 mb je tedy 1 082 Kč. Do reálných výdajů dle objektu je nutné započítat např. i připojení rozvodů k pračce, k toaletě, přechodky na kovové materiály atd. Těchto kusů je ale jen pár a nebyly proto započteny na 1 mb instalace.

Orientačně byla uvažována vzdálenost u menších budov školek a administrativních budov 30 m u budov škol a větších budov pak 60 m. Uvažovaná hodnota je uvedena vždy u konkrétního objektu.

### Čerpací technika

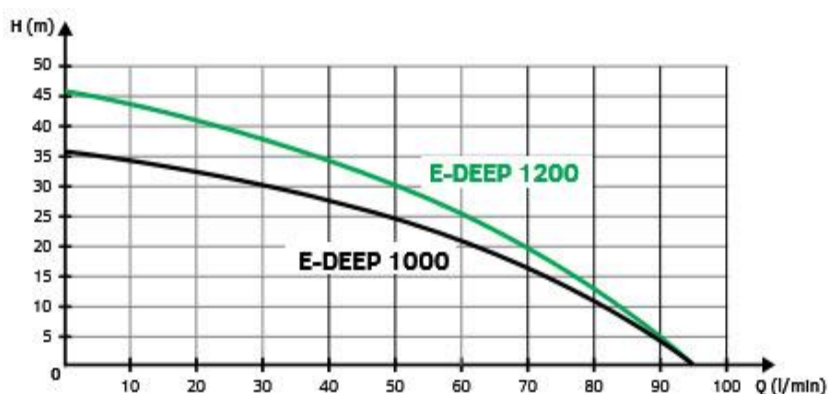
Na trhu existuje obrovská řada čerpadel a výrobců a i vzhledem k počtu a velikosti budov bylo vybráno jedno vzorové, které bylo zahrnuto do cen realizace u všech budov. Samozřejmě je nutné provést konkrétní návrh před realizací, ale v rámci studie je nutné získat pouze přibližný přehled o ceně celé technologie. Čerpadlo bylo vybráno ponorné EASY PUMP X1200 a jeho parametry a ceny příslušenství jsou uvedeny v tabulkách níže. Pro konkrétní budovu bude nutné navrhnout rozvody dešťové vody a s tím souvisí délka potrubí, množství tvarovek a počet toalet. Z těchto údajů můžeme vypočítat průtok a potřebnou dopravní výšku. Tyto dva parametry pak poslouží při výběru konkrétního typu čerpadla. [73]

Tab. 25: Tabulka čerpací techniky [73]

	Cena [kč]
Domácí vodárna EASY PUMP X1200	6 100
Tlaková nádoba 50 l PUMPA	2 008
Sací plovák pro X1200	1 138
Tlakoměr	81
Pěticestná armatura	106
Tlakový spínač	451

Tab. 26: Charakteristika čerpadla [73]

Průtok min. (m <sup>3</sup> /hod.):	0,3
Průtok max. (m <sup>3</sup> /hod.):	5,7
Dopravní výška max. (m):	46
Dopravní výška min. (m):	0



Obr. 30: Graf charakteristik čerpadla [73]

V tab. 25 jsou uvedeny ceny dalšího příslušenství, které v kompletu tvoří domácí vodárnu pro doplňování dešťové vody do toalet. Tlaková nádoba zajišťuje prodloužení životnosti čerpadla, tak, aby nespouštělo příliš často i při minimálních odběrech. Sací plovák zajistí, aby čerpadlo nasávalo v určité výšce u hladiny, kde nebude sbírat povrchové nečistoty a také usazeniny u dna nádrže.

Další tři položky se týkají tlaku. Tlakový spínač včetně tlakoměru bude připojen na pěticestnou armaturu a tato sestava bude zajišťovat spouštění a vypínání čerpadla na přednastavený tlak v rozvodné síti dešťové vody, tak aby byly nádržky toalet vždy dopouštěny v případě splachování.

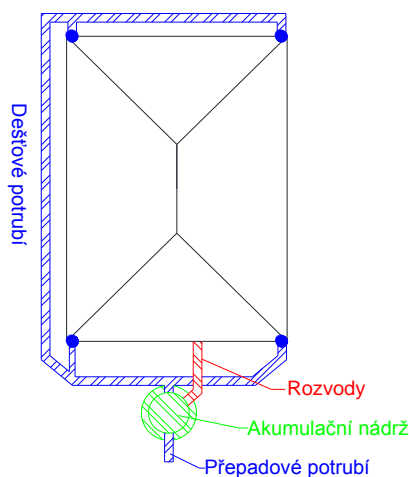
### Zemní práce

Ke každé nádrži byly připočteny také výkopové práce a to rozměrově 0,5 m navíc vodorovně z každé strany, aby bylo umožněno snadné uložení nádrže a svisle 1 m tak, aby byla splněna podmínka uložení nádrže s hladinou v nezámrazné hloubce. Zemní práce jsou již uvedeny

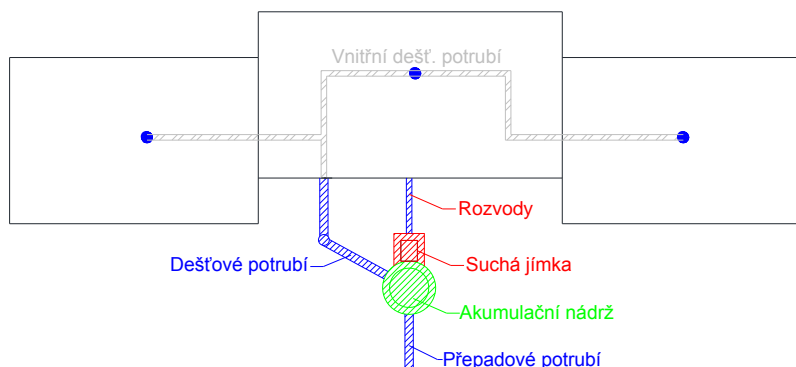
u tabulek v odstavci „Dešťové nádrže“. Ke každé nádrži je ještě připočtena cena za zpětný zásyp zeminy s hutněním v množství  $1 \text{ m}^3$  a dále cena za materiál pro pískový podsyp v tloušťce  $0,1 \text{ m}$ , jehož množství je stanoveno jednotně a to pro nepoužívanější nádrž  $10,44 \text{ m}^3$ . Písek má objemovou hmotnost  $1,8 \text{ t/m}^3$  a jeho cena se pohybuje okolo  $67 \text{ Kč/tunu}$ . [81], [82]

*Příklad:  $2 \text{ m}^3$  hranatá nádrž s rozměry  $(2(+0,5) \times 5(+0,5) \times 2(+1)) = \dots \text{ m}^3$  vynásobeno cenou za  $1 \text{ m}^3$  dle Tab. 29.*

Dále byly uvažovány také výkopové práce pro uložení potrubí. To obnáší vytvoření výkopů od každého dešťového svodu a také od budovy do nádrže pro tlakové potrubí k čerpadlu. Výkopy byly uvažovány do šířky  $0,6 \text{ m}$ , hloubky  $1 \text{ m}$  (dodržení nezámrazné hloubky) a dále délky, uvažované dle typu budovy a jejich dešťových svodů. Zemní práce pro jednotlivé potrubí a jejich celkové ceny pro typové objekty jsou uvedeny v tab. 27. Ceny jsou použity z tab. 29, dle manuálních prací a prací techniky.



Obr. 31: Vzorový objekt (vnější dešťové svody)



Obr. 32: Vzorový objekt (Vnitřní dešťové svody)



Tab. 27: Objem a ceny zemních prací pro výkop a zásyp

Dešťové potrubí		Délka [m]	Šířka [m]	Hloubka [m]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Výkop [kč]	Zásyp [kč]	Celkem [kč]
Vnitřní svody	školy	60	0,6	1	36	2 040	19 800	21 840
	školky	20	0,6	1	12	680	6 600	7 280
Vnější svody		60	0,6	1	36	2 040	19 800	21 840
<b>Přepadové potrubí</b>		20	0,6	1	12	680	6 600	7 280
		10	0,6	1	6	340	3 300	3 640
<b>Trubní vedení užitkové vody</b>		10	0,6	1	6	340	3 300	3 640

Podzemní vedení potrubí musí být zajištěno určitým způsobem proti poškození. Proto bylo uvažováno se šterkopískovým obsypem a podsypem v celkové výšce 0,1 m pod a 0,1 m nad potrubím. Šterkopísek má přibližnou objemovou hmotnost 2 t/m<sup>3</sup> a jeho cena se pohybuje okolo 75 Kč/t. [81], [82]

Tab. 28: Celkové ceny použitého materiálu pro zajištění potrubí

	Délka [m]	Šířka [m]	Hloubka [m]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Cena [kč]
Šterkopískový podsyp a obsyp	60	0,6	0,2	7,2	1 080
	20	0,6	0,2	2,4	360
	10	0,6	0,2	1,2	180
Pískový podsyp	2,84	2,84	0,1	0,81	97,3

Poslední položkou započítanou do zemních prací jsou určité úklidové práce. Bylo počítáno s cenou dle Tab. 29 a celkem dvěma hodinami pro úklid.

### Manuální práce a technika

Pro manipulace, výkopy, zásypy a další práce bude potřeba těžká technika a manuální pracovní síla. Pronájem rypadla Caterpillar se pohybuje okolo 680 Kč/hod. Rypadlo je opatřeno lopatou o objemu 0,29 m<sup>3</sup>. Z těchto parametrů byl uváženo 1 m<sup>3</sup>/5 min a tedy 56,7 Kč. Dále byla připočtena 1 h na manipulaci a jako rezerva. [39]

Tab. 29: Cena těžké techniky a dalších prací [79], [80]

Půjčované rypadla s obsluhou za hodinu	680	kč/hod
Výkop	1 m <sup>3</sup> /5 min	56,7
	+ 2 h manipulace	1 360
Zpětný zásyp zeminy s hutněním	550	kč/m <sup>3</sup>
Ruční zemní úklidové práce	150	kč/hod
Zapůjčení jeřábu	790	kč/hod





## **Bourací práce**

U stávajících objektů bude potřeba vybourat některé podlahy či stěny, kde je vedeno kanalizační potrubí, případně, kde bude nutné umístit potrubí pro dešťovou vodu. To se týká především budov s dešťovými svody uprostřed střech. Všechny ceny jsou pouze orientační a konkrétní cenový rozpočet bude muset být určen v případě realizace pro konkrétní budovu. Budovy byly rozděleny na menší a větší s uvažováním těchto cen do celkových cen realizace u jednotlivých objektů. U jednotlivých objektů je vždy napsáno jaký parametr z těchto cen byl použit.

Tab. 30: Odhady bouracích prací [40]

Menší			
Stěny	2 m <sup>3</sup>	1 700	kč
Betonové podlahy	0,3x0,3x15 m	1 620	kč
Keramická dlažba	0,4x15 m	1 080	kč
		<b>Celkem</b>	<b>4 400</b> Kč
Větší			
Stěny	4 m <sup>3</sup>	3 400	kč
Betonové podlahy	0,3x0,3x20 m	1 530	kč
Keramická dlažba	0,4x20 m	1 440	kč
		<b>Celkem</b>	<b>6 370</b> Kč

## **Projektové práce**

Cena projektu vychází ve většině případů nad 100 tisíc Kč. Spolu s dalšími údaji byla dle stavebních standardů vypočtena orientační cena projekčních prací pro jeden objekt.

Tab. 31: Cenový odhad projektové dokumentace [52]

Odhad předběžné ceny:	100 000 Kč
Honorářová zóna:	č. 1 – nenáročné objekty
Rekonstrukce:	Navýšení o 20 %
Cena projektu:	12 350 Kč

Cena projektových prací se bude také odvíjet od konkrétního typu budovy a hlavně firmy, která bude tuto dokumentaci zpracovávat.

## **Možnost úspory**

Možnosti jak snížit cenu realizace je několik. Jedná se např. o zjednodušení technologie, např. uklidněný nátok by mohl být vytvořen za pomoci dvou 90° kolen s upevněním u dna místo dražšího celistvého uklidněného nátoků. Další úsporou jsou možnosti filtrace dešťové vody.



U každé budovy byla připočtena filtrační šachta pro střechy do 500 m<sup>2</sup> nebo do 1 200 m<sup>2</sup>. Tyto šachty nejsou zrovna levné na pořízení. Šachta se dá při dostatečné zručnosti sestavit za mnohem nižší částku, než celistvý kus dodávaný za cenu 7-25 tisíc Kč. Jednodušším a levnějším způsobem může být jednoduchý síťový koš přímo do nádrže na přítoku, který je ale nutno po srážkové události kontrolovat a vyčistit. Záleží tedy i na konkrétním návrhu, rozhodnutí investora a šikovnosti stavební firmy.

V současné době je především u budov s plochou střechou a vnitřními dešťovými svody možné realizovat podtlakové svedení dešťové vody ze střech. Ušetří to množství bouracích prací v celé budově. Systém počítá s přepojením přímo v místě dešťového svodu na nové potrubí z plastů a díky charakteru střešní vpustě je dosaženo lepší účinnosti při odvádění dešťové vody. Tato možnost byla konzultována s odbornou firmou, co dodává tyto systémy a několik realizací již na objektech podobného typu prováděla a realizace dle jejich slov, vyjde levněji, než zásah do kanalizace uvnitř budovy a přepojení v těchto místech. Problémem je ale systém napasovat na aktuální požadavky a normy. Možnost použití tohoto systému by se proto uvažovala až při realizaci dešťového systému u konkrétních budov. Hlavními podmínkami těchto svodů jsou:

[74]

- Výška objektu minimálně 4 m.
- Plocha střechy min. 70-80 m<sup>2</sup> na jeden střešní vtok.
- Na střeše alespoň 2 vtoky.
- Střecha by měla být opatřena bezpečnostním přepadem.
- Délka trasy max. 10ti násobek výšky objektu.
- Ležaté potrubí pod stropem vede vodorovně beze spádu.
- Výškový rozdíl mezi úrovní hydroizolace (vtok) a osou ležatého potrubí pod stropem min. 500 mm.
- Různé výškové úrovně střech, různé povrchy střech a různé sklony střech nespojovat do jednoho ležatého potrubí.
- Vtoky se napojují ze strany do potrubí, nikoli z vrchu.



### 5.3.2. Vyhodnocení investičních výdajů

Dle výpočtu návrhového objemu nádrže byla vybrána nejbližší možná nádrž, která byla uvedena v ceníku výše spolu s výkopovými pracemi. Finální částka se tedy skládá, z vybraných cen jednotlivých prvků systému. U budovy, je vždy uveden konkrétní seznam položek. Níže je uveden vzorový příklad.

- MŠ Větrník – menší školka s 8 zaměstnanci a 54 dětmi, plochá střecha, vnitřní dešťové svody, zjištěn objem nádrže 6 m<sup>3</sup>

Tab. 32: Příklad: Vyhodnocení celkové ceny realizace

				Cena [kč]
Akumulační nádrž			5,65 m <sup>3</sup>	25 157,7
Filtreační šachta		do 500 m <sup>2</sup>		7 300,0
Tlakový filtr				909,0
UV lampa				2 923,8
Čerpací technologie				9 884,0
Dopouštění pitné vody				4 304,0
Rozvody dešťové vody			30 m	32 445,0
Materiál	Dešťové svody vnější	Potrubí do 500 m <sup>2</sup>	60 m	3 960,0
		Uklid. nátok		868,0
	Přepad	Potrubí	20 m	2 080,0
		Klapka		1 037,0
Koleno		242,0		
Zemní práce	Dešťové svody vnější	Potrubí	60 m	21 840,0
	Přepad	Potrubí	20 m	7 280,0
	Trubní vedení	Potrubí	10 m	3 640,0
	Obsyp nádrže			550,0
Zásyp a obsyp	Dešťové svody vnější		60 m	1 080,0
	Přepad		20 m	360,0
	Trubní vedení		10 m	180,0
	Podsyp pro nádrž	nádrž	10 m <sup>3</sup>	97,3
Bourání			větší	6 370,0
Technika a man.	Jeřáb		1,5 h	1 185,0
	Úklidové práce		2 h	300,0
	Manipulace rypadlo		1 h	680,0
Projektové práce				12 350,0
				147 023
+ 21 % DPH				30 875
<b>Celkem</b>				<b>177 898</b>

### 5.4. Zjištění návratnosti realizace

Pro zjištění doby návratnosti bylo potřeba zjistit cenu realizace, provozní výdaje a výdaje na údržbu a dále celkovou roční úsporu.



### 5. 4. 1. Výpočet provozních výdajů

Pro jednotlivé objekty byla použita cena realizace spočtená z předchozího odstavce „5. 3. Zjištění cen realizace“. Dalším parametrem byla celková roční úspora.

Provozní výdaje byly vypočteny dle roční spotřeby vody, dále dle charakteristiky čerpadla, tedy jeho průtoku a příkonu a aktuální ceny energie za kWh. V tab. 33 je uveden vzorový výpočet pro jednu z budov. [53]

Pro údržbu a čištění byl uvážena částka 1000 Kč/ročně získaná od firmy, která se zabývá realizací těchto systémů pro nakládání s dešťovou vodou. [77]

$$T = \frac{Q_d}{Prutok[m^3/s]}$$

Kde:  $T$ -celková roční doba čerpání (provozu čerpadla),  $Q_d$ -roční spotřeba vody (roční průtok vody v  $m^3$ ),  $Prutok$ -dle charakteristik čerpadla pro průměrnou čerpací výšku 20 m.

Tab. 33: Výdaje na provoz čerpadla

$Q_d$	107,6	$m^3/rok$
Příkon	1,2	kW
$E=P.t$	129,1	Wh
Průtok	70	l/min
Průtok	0,00117	$m^3/s$
$t$	25,6	h
Cena	116,8	kč/rok

Vysvětlivky:  $Q_D$ -průměrné roční množství protékající vody,  $E$ -spotřeba elektrické energie,  $Průtok$ -průtok čerpadla při dopr. výš. 20 m,  $t$ -celková doba čerpání během roku

### 5. 4. 2. Výpočet ročních úspor

Pro výpočet roční úspory peněžních prostředků v případě realizace systému pro využití dešťových vod byly uvažovány dvě varianty výpočtů pracujících s množstvím vody a cenou za vodné, stočné a tzv. deštné, které se platí u budov, které nejsou využívány jako bytové jednotky.

Deštné se vypočte jako součin srážkového úhrnu, zastavěné plochy budovy, typu povrchu A, B nebo C a cenou stočného.



Tab. 34: Odtokové součinitele dle typu plochy [76]

A - zastavěné a těžce propustné zpevněné plochy: rozumí se stavby, asfaltové nebo betonové povrchy, spárovaná dlažba apod.;	0,9
B - lehce propustné zpevněné plochy: rozumí se dlažba nespárovaná nebo z lomového kamene, šterkové povrchy, původně nezpevněné plochy trvale využívané k chůzi nebo pohybu vozidel apod.;	0,4
C - plochy kryté vegetací	0,05

Vzhledem k množství budov byl výpočet uvažován se součinitelem A pouze pro zastavěnou plochu budovy, tedy plochu střechy.

### **I. Varianta**

První varianta výpočtů vyjadřuje úsporu pitné vody, která je nahrazena vodou dešťovou a dále odpuštění poplatku za odvod dešťové vody tedy deštné. Využitá dešťová voda byla vynásobena cenou vodného a k ní byla přičtena úspora za vodu dešťovou. Aktuální ceny vodného a stočného pro Litoměřice jsou uvedeny v tab. 35. Výsledky jsou uvedeny u každého objektu ve sloupci „Úspora 1. var.“ za každý měsíc.

Tab. 35: Vodné a stočné dle místních cen [54]

Vodné	Stočné	Celkem	
49,68	48,32	98	kč/m <sup>3</sup> vč. DPH

### **II. Varianta**

Druhá varianta je vypočtena stejně jako varianta první, ale liší se odpuštěním 50 % poplatku za stočné. I přesto, že je ušetřena určitá částka za vodné, stále je nutné uhradit částku za odvod do kanalizace. V této variantě je uvažováno, že vodohospodářská společnost, vzhledem k tomu, že bude realizace přívětivá k přírodě odpustí 50 % částky obvykle placené za stočné. Stočné se v případě realizace bude zpoplatňovat dle vodoměru umístěného na výtlaku čerpadla z dešťové nádrže. V této variantě je tedy celková úspora složena z vodného, deštného a 50 % stočného (využití množství dešťové vody).

#### **5. 4. 3. Vyhodnocení reálné doby návratnosti**

Reálná neboli diskontovaná doba návratnosti uvažuje provozní výdaje čerpadla, výdaje za čištění nádrže a údržbu. Doba návratnosti vyjadřuje počet let, kolik je potřeba k zaplacení celého systému při uvažování měsíčních úspor či výdělků. [3]



Výpočet byl proveden odečtením provozních výdajů a výdajů na údržbu od měsíční úspory jak v 1. variantě tak v 2. Tím byla získána čistá měsíční úspora, ze které se dle následujícího vzorce vyjádřilo počet let životnosti čerpací techniky.

$$T_{ds} = \frac{IN}{DCF} \quad DCF = \frac{CF}{(1+r)^t}$$

Kde:  $T_{ds}$ -doba návratnosti [roky],  $IN$ -počáteční investice do celého systému,  $r$ -diskontní sazba (dle ČNB = 5 %),  $CF$ -čistá měsíční úspora vypočtená pro dvě varianty,  $t$ -odhadovaná doba životnosti

Následující tabulka vyjadřuje celkovou výši investice, provozní náklady a výpočet návratnosti pro dvě varianty úspor. Tabulka tohoto typu je uvedena dále u všech budov v příloze.

Tab. 36: Tabulka výpočtu reálné návratnosti

<b>IN</b>	123 593	kč
<b>IN<sub>DPH</sub></b>	149 547	kč
<b>PV</b>	110,5	kč
<b>VnÚ</b>	1 000	kč

**I. Varianta**

<b>CF</b>	13 732,9	kč/rok
<b>DCF</b>	5 175,8	kč
<b>T<sub>ds</sub></b>	14,0	let

**II. Varianta**

<b>CF</b>	16 029,8	kč/rok
<b>DCF</b>	6 041,5	kč/rok
<b>T<sub>ds</sub></b>	11,0	let

*Vysvětlivky: IN-výše investice bez DPH, IN<sub>DPH</sub>-výše investice včetně 21 % DPH, PV-provozní výdaje, VnÚ-výdaje na údržbu, CF-čistá roční úspora, DCF-úspora na konci životnosti tedy 20. rok, T<sub>ds</sub>-diskontovaná (reálná) doba návratnosti*

Návratnost se počítala postupně po letech až do konce životnosti s uvažováním snižování úspory diskontní sazbou. Mezi poslední kladnou hodnotou a první zápornou byla provedena lineární interpolace a tím byla zjištěna reálná doba návratnosti investice. V tab. 37 je tak vidět příklad, že návratnost u této budovy vychází někde mezi 13. až 14. rokem.



Tab. 37: Vyhodnocení návratnosti

Rok	Úspora [kč]	Zbývá splatit [kč]
0	13 732,9	135 814,3
1	13 079,0	122 735,3
2	12 456,2	110 279,1
3	11 863,0	98 416,1
4	11 298,1	87 118,0
5	10 760,1	76 357,9
6	10 247,7	66 110,2
7	9 759,7	56 350,4
8	9 295,0	47 055,4
9	8 852,4	38 203,0
10	8 430,8	29 772,2
11	8 029,4	21 742,9
12	7 647,0	14 095,8
13	7 282,9	6 813,0
14	6 936,1	-123,1
15	6 605,8	-6 728,9

#### 5. 4. 4. Dotační politika

Vzhledem k tomu, že počáteční investice do celého systému nakládání s dešťovými vodami jsou vysoké a liší se objekt od objektu, bude nejlepším řešením některé realizovatelné objekty přihlásit do programu dotační politiky pro nakládání s dešťovými vodami, který nově probíhal v roce 2016 a jeho další kolo bude pravděpodobně probíhat i v roce 2017, ve kterém by již několik objektů mohlo být realizováno jako pilotní projekty.

Dotace se řídí určitými pravidly operačního programu životního prostředí pro hospodaření s dešťovou vodou.

V roce 2016 šlo konkrétně o Specifický cíl 1.3, ze kterého vycházela Aktivita 1. 3. 2 – „Hospodaření se srážkovými vodami v intravilánu a jejich další využití namísto jejich urychleného odvádění kanalizací do toků.“

Hlavními podporovanými projekty jsou např. podzemní retenční nádrže s regulací odtoku do povrchových vod nebo kanalizace. To se konkrétně týká nádrží na dešťovou vodu a příslušející technologii.

V případě žádosti o podporu musí mít retenční nádrž se stálým nadržem instalováno určité předčištění (filtr či podzemní filtrační šachtu) a dále bezpečnostní přeliv. U všech budov se s tímto počítalo do ceny realizace. Zároveň lze z těchto dotací podpořit pouze obytné budovy, budovy škol, či administrativní budovy. [67]



Pokud by byla možnost získat několika procentní dotaci na celý systém využití dešťových vod, je u tabulek v části „Vyhodnocení analýzy“ uvedena výše dotace v % i ekvivalentně v Kč, aby byla realizace návratná do 10 let. Přitom je uvažováno s 1. variantou úspory, tedy odpuštění poplatku za deštné a úspora za vodné.

## 6. Vyhodnocení analýzy

### 6.1. Vyhodnocení jednotlivých budov

Jako výhodná realizace byly označeny budovy, které se s reálnou dobou návratnosti vejdou do 10 let. Ty jsou označeny v seznamu modře. Z těchto budov byly ještě vybrány konkrétní, které jsou vhodné k realizaci, ty jsou označeny zeleně. Další budovy, které vychází do doby návratnosti 15 let, byly označeny oranžově. V některých případech vychází návratnost výhodně, ale z osobního hlediska je realizace obtížná, vzhledem k neznalosti umístění rozvodů, složitosti konstrukce budovy, nebo problémům s volným prostorem. Pro objekty, které vychází s rozumnou návratností by měl být vytvořen podrobnější návrh pro realizaci systému využití dešťových vod.

Výsledky jsou rozděleny dle budov do kategorií. Tabulka obsahuje vždy hlavní zjištěné údaje ke konkrétní budově. Vzhledem k tomu, že není předpokládán kladný přístup vodohospodářské společnosti, vyhodnocení počítá pouze s dobou návratnosti pro 1. variantu. Podrobnější rozbor spočtených údajů za jednotlivé měsíce pro konkrétní budovy je pak uveden v příloze č. 1.

Tabulka dává přehled o množství shromážděné vody ze střech jednotlivých budov, množství spotřebované vody během roku, navržený objem nádrže, ceny realizace a době návratnosti pro dvě varianty úspory. Poslední dva sloupce pak vyjadřují výši dotace na realizaci, aby se doba návratnosti zkrátila na cca 10 let.

#### **Kategorie I**

Kategorie I se týká hlavně objektů s využitím pro výukové účely, tedy školky a školy.

#### **Mateřské školy – vyhodnocení**

U budov školek je spotřeba vody vysoká, především kvůli praní prádla pro děti. Z celkového počtu 13 objektů školek (družiny, školky) vyšly 2 jako výhodná investice s návratností do 10 let. Další 3 objekty pak vycházejí s návratností do 15 let. Všechny označené budovy jsou v provedení s plochou střechou a vnitřními dešťovými svody, ve velké většině také s novým zateplením budovy. Proto i přes vycházející návratnost investice do deseti let je nutné se zamyslet,





jestli bude zásah do budovy možný, případně jestli bude budova moci být používána v částečném provozu během realizace, která zasáhne určitou část budovy.

Všechny ostatní budovy většinou nevycházejí s uspokojivou dobou návratnosti především kvůli malé ploše střech nebo kvůli složitosti budovy.

### **Základní školy - vyhodnocení**

Z celkového počtu 10 škol vycházejí vhodné k realizaci pouze 2 objekty, školy „Na Valech“ a „Ladova“. Modře vyznačené školy „U Stadionu“ a „Havlíčková“ jsou obrovské areály s délkami budov přesahujícími 50 m. V těchto budovách je problémem, že jsou podsklepeny pouze částečně nebo nejsou podsklepeny, toalety jsou rozmístěny velice náhodně, nebo mohou být dešťové svody obtížně přepojitelné do akumulární nádrže.

Oranžově označené budovy „Boženy Němcové“ a „KŠPA“ vycházejí s návratností do 15 let. Přesto jsou tyto budovy vhodné k realizaci svým charakterem.

Budovy „ZŠ Boženy Němcové“, „KŠPA“, „ZŠ Na Valech“ a „ZŠ Ladova“ jsou výhodné především díky umístění toalet nad sebou po patrech ve stejném místě. Budova „ZŠ Ladova“ je velice rozlehlá, ale její sklep je výhodně situován pod toaletami a její realizace je tak navržena pouze na část II. stupně školy. Předpokladem je přepojení dešťových svodů u budovy II. stupně. U budovy „ZŠ U Stadionu“ je pak uvažováno pouze s plochou střechy pro vstupní část a pro první stupeň.



Tab. 38: I. kategorie-vyhodnocení

<b>Kategorie 1</b>	<b>Množství shromážděné vody [m<sup>3</sup>/rok]</b>	<b>Spotřeba vody [m<sup>3</sup>/rok]</b>	<b>Navržený objem nádrže [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Cena realizace [kč]</b>	<b>Úspora 1. var. [kč]</b>	<b>1. var. DDN [let]</b>	<b>Úspora 2. var. [kč]</b>	<b>2. var. DDN [let]</b>	<b>Výše dotace [%]</b>	<b>Výše dotace [kč]</b>
<b>Mateřské školy</b>										
MŠ Paletka	72,7	117,9	4,42	164 538	6 920,7	>20	8 394,1	>20	65	106 950
MŠ Mašinka	70,2	105,4	4	157 644	6 310,3	>20	2 909,7	>20	67	105 622
MŠ Kamarád	86,7	163,7	5,65	204 939	9 487,3	>20	11 279,8	>20	60	122 963
MŠ Delfínek	165,9	246,9	10,44	225 488	18 936,2	16,2	22 263,7	12,5	30	67 646
MŠ Sluníčko	135,7	133,5	7,6	190 461	15 062,8	17,9	17 573,9	13,9	35	66 661
MŠ Lipová	129,5	143,0	7	153 237	14 361,2	13,5	16 833,3	10,7	20	30 647
MŠ Pohádka	177,8	187,6	10,44	190 601	20 019,3	11,4	23 378,0	9,1	10	19 060
MŠ Kytíčka	260,2	231,1	12,00	232 061	29 185,4	8,7	33 797,0	7,1	0	0
MŠ Větrník	113,2	107,6	5,65	165 680	12 240,6	>20	14 304,0	15,4	40	66 272
MŠ Sedmíkráska	177,8	242,6	10,44	196 482	20 313,4	11,7	23 844,1	9,2	10	19 648
ZŠ Na Valech - družina	97,4	126,5	5,65	169 633	9 394,5	>20	11 247,8	>20	55	93 298
ZŠ Masarykova - příd. objekty	145,7	39,5	5	169 287	10 307,6	>20	11 261,4	>20	42	71 100
Centrum Srdíčko I, II	319,4	236,4	12,96	249 203	35 679,3	7,3	41 134,5	6,0	0	0
<b>Základní školy</b>										
ZŠ Na Valech	383,4	459,4	20	236 872	39 277,5	5,9	46 235,9	4,7	0	0
ZŠ Masarykova	144,5	610,0	15,42	200 645	13 937,2	>20	16 672,8	16,5	40	80 258
ZŠ Boženy Němcové	312,9	634,5	20	288 766	30 240,4	11,4	35 964,7	8,9	10	28 877
ZŠ U Stadionu	225,2	331,8	12,96	225 732	25 170,0	10,4	29 254,0	8,4	0	0
ZŠ Havlíčkova	336,1	139,7	10,44	188 613	32 852,0	5,5	36 227,1	4,8	0	0
ZŠ Ladova	223,4	279,4	12	184 934	24 998,7	7,9	29 039,7	6,4	0	0
CŠJ Máchovy schody (KŠPA)	185,6	208,4	10,44	186 745	17 645,4	13,4	21 008,0	10,3	20	37 349
ZUŠ Masarykova I	65,2	11,6	3,05	153 084	4 067,1	>20	4 347,1	>20	75	114 813
ZUŠ Masarykova II, IV	101,2	11,6	3,05	153 084	6 548,8	>20	6 828,9	>20	64	97 974
ZUŠ Masarykova III	76,0	74,5	4	154 107	6 546,5	>20	7 874,1	>20	63	97 087

## Kategorie II

Kategorie II se týkala hlavně budov využívaných jako administrační, skladové, nebo budovy, které jsou méně používané.

### **Administrativní a bytové budovy - vyhodnocení**

Budovy městského úřadu I, II vychází s návratností vyšší jak 20 let kvůli malé ploše střech, která je reálně připojitelná do dvora, který se jeví jako nejvhodnější pro umístění nádrže.

Městský úřad IV trápí podobný problém, v jeho případě je ale možnost přepojení všech dešťových svodů z obvodu budovy. V takovém případě by návratnost pravděpodobně vyšla do 10 let. Zeleně vycházející městské úřady jsou vybaveny velkými plochami střech.

V případě MÚ III je problém rozvést dešťovou vodu do všech toalet, vzhledem k tomu, že se tento komplex skládá z několika budov s různým umístěním toalet a rozdílnou vzdáleností od umístění nádrže k toaletě.



V případě MÚ V je obrovská plocha střechy a tedy shromážděné množství vody (pokud budou připojeny veškeré okapy) nevyužité. U této budovy se počítá s určitým množstvím vody na mytí aut.

Budovy technických služeb jsou budovy s otazníkem, co s nimi bude nadále. TSM I je v procesu stěhování do nových prostor. Ta vychází aktuálně s návratností do 15 let.

Budova TSM II je bytový objekt, kde většinou realizace vycházejí obtížněji návratné vzhledem k množství rozvodů do jednotlivých bytových jednotek.

TSM IV – hřbitov je pro využití vody stvořený, bohužel jeho možnosti střech jsou nízké, proto vychází návratnost více jak 20 let. Budova městské policie je velice malý objekt a počet osob během týdne je minimální. FOD Klokánek sice vychází s návratností delší jak 20 let, ale dle typu budovy by měl jistý potenciál pro snadnou realizaci.

### Budovy bez širšího využití – vyhodnocení

Budova VÚSS neboli „Vojenská ubytovací a stavební správa“ je v současné době využívána pouze ve spodních patrech. Zbytek budovy je nevyužitý. V plánu je umístění všech oddělení Základní umělecké školy (ZUŠ) do těchto prostor. V takovém případě bude návratnost do 10 let. Budova má i vhodný charakter pro umístění systému pro využití dešťové vody.

Další objekty jako Sbor dobrovolných hasičů (SDH Litoměřice) a Skladové prostory ve Stránského ulici jsou vlastně bez využití. U objektu hasičů, je na dohodě, jestli je využití dešťové vody reálné. Tyto dvě budovy jsou do tabulky umístěny pouze s údaji o množství shromážděné vody. Budova VÚSS byla počítána se vstupními údaji za všechny objekty ZUŠ.

Tab. 39: II. kategorie-vyhodnocení

<b>Kategorie 2</b>	<b>Množství shromážděné vody [m<sup>3</sup>/rok]</b>	<b>Spotřeba vody [m<sup>3</sup>/rok]</b>	<b>Navržený objem nádrže [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Cena realizace [kč]</b>	<b>Úspora 1. var. [kč]</b>	<b>1. var. DDN [let]</b>	<b>Úspora 2. var. [kč]</b>	<b>2. var. DDN [let]</b>	<b>Výše dotace [%]</b>	<b>Výše dotace [kč]</b>
<b>Administrativní a bytové</b>										
Městský úřad I, II	71,1	174,2	6	163 372	7 251,1	>20	8 968,9	>20	62	101 291
Městský úřad III	236,5	183,0	10,44	221 367	29 620,1	8,0	33 785,1	6,7	0	0
Městský úřad IV	116,3	327,6	6	163 372	11 912,6	>20	14 722,0	14,4	40	65 349
Městský úřad V	375,5	327,6	10,44	202 851	39 246,8	4,8	46 388,0	3,8	0	0
Technické služby I	179,8	215,0	7,6	205 094	19 568,0	13,2	23 647,8	9,9	20	41 019
Technické služby II	56,1	88,6	3,05	155 750	5 537,3	>20	6 880,2	>20	67	104 353
Technické služby IV - hřbitov	53,8	292,0	5,65	115 907	4 825,3	>20	6 125,8	>20	65	75 340
Městská policie	28,5	29,5	2	145 017	2 033,9	>20	2 631,2	>20	88	127 615
FOD Klokánek	84,0	121,7	4,42	164 538	8 760,6	>20	10 752,5	>20	55	90 496
<b>Bez širšího využití</b>										
VÚSS	413,9	97,7	12,96	261 452	32 319,3	9,0	34 679,9	8,1	0	0
Skладové prostory Stránského	66,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SDH Litoměřice	56,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-



### **Kategorie III**

Kategorie III se týkala všech budov, kde je počet osob velice proměnlivý a při jejich výpočtech byl proveden osobní odhad vstupních údajů pro výpočty.

Knihovna je bohužel umístěna celkem nešťastně uvnitř městské zástavby a nemá žádné vnější prostory pro umístění nádrže a její plochy střech pro zachycení dešťové vody jsou nízké.

Divadlo je charakterem historická budova, její využití je pouze občasné pro představení a využití toalet mimo sezónu je minimální. Problémem je také vhodnost umístění nádrže.

Kino Máj vychází s návratností do 15 let. Charakter budovy (pouze část pro kino) se blíží ideálu pro realizaci. V budově není vůbec počítáno s bytovými jednotkami, což by výrazně navýšilo cenu realizace a složitost provedení.

Dům Kultury má díky ploše všech střech jeden z největších potenciálů pro sběr dešťové vody v Litoměřicích. Bohužel, kvůli složitosti celé budovy a náhodnému rozmístění toalet by mohla být realizace až příliš složitá. Počet osob v budově je také velice náhodný a proměnlivý. Navíc je zde převládající problém s kanalizační přípojkou z budovy.

Gotický hrad je s velkou plochou střechy vhodný. Z pohledu realizace a využití pak vychází nevýhodně. Návrat původní pískovcové konstrukce budou obtížné. Využití vody v tomto objektu pro toalety je taktéž minimální.

Fotbalový stadion se jeví jako jediný vhodný z těchto všech budov s reálnou návratností do 10 let. Je to dáno především tím, že voda bude využita pouze na závlahy, nepočítá se tedy s realizací rozvodů v budově, ale pouze se shromažďováním vody z tribun a využíváním především v letním období na závlahy dvou rozlehlých fotbalových hřišť.

Kalich Arena by měl určitý potenciál vzhledem k obrovské ploše střech. Její realizace, je ale v současné době již řešena a proto není součástí studie.

Plavecký bazén je objekt s obrovskou roční spotřebou vody. U něj by bylo reálné dešťovou vodu využít. Bohužel složitost systému střech u budovy téměř zabraňuje svedení dešťové vody na jedno místo do akumulární nádrže. Technologie bazénu musí být navíc uzpůsobena pro to, aby mohla využívat dešťovou vodu. Předpokladem je také konstantní přívod vody pro častou obnovu vody v bazénovém provozu.

Zázemí dopravního hřiště je nově postaveno a využití vody pro max. 2 toalety v budově je minimální.

Dům dětí a mládeže vychází s návratností do 15 let. Svým využitím existuje ale určitý potenciál pro realizaci u této budovy.



Poslední budovou je Centrální školní jídelna (CŠJ Svojsíkova). Budova je nárazově navštěvována velice proměnlivým počtem osob a osoby se zde zdrží pouze během oběda, proto je využití vody pro toalety malé a možnosti přepojení všech svodů z ploché střechy téměř mizivé bez velkého zásahu do budovy.

Tab. 40: III. kategorie-vyhodnocení

<b>Kategorie 3</b>	Množství shromážděné vody [m <sup>3</sup> /rok]	Spotřeba vody [m <sup>3</sup> /rok]	Navržený objem nádrže [m <sup>3</sup> ]	Cena realizace [kč]	Úspora 1. var. [kč]	1. var. DDN [let]	Úspora 2. var. [kč]	2. var. DDN [let]	Výše dotace [%]	Výše dotace [kč]
Knihovna K.H.Máchy	88,5	129,6	5,65	147 607	8 207,4	>20	9 979,5	>20	52	76 755
Divadlo K.H.Máchy	129,5	144,0	7,6	180 534	13 443,3	19,9	16 196,8	14,5	38	68 603
Kino Máj	191,3	307,6	9,25	205 553	21 337,1	11,6	25 941,1	8,7	10	20 555
Dům Kultury	730,5	442,8	24,7	291 883	79 246,7	3,0	89 895,9	2,4	0	0
Gotický hrad	169,9	29,5	3,05	198 148	11 380,5	>20	12 093,7	>20	50	99 074
Fotbalový stadion	404,5	874,0	24,7	170 516	45 034,7	3,1	54 305,6	2,3	0	0
Kalich Arena	1982,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Plavecký bazén	498,5	1737,0	38,9	337 048	55 464,0	5,8	67 104,6	4,5	60	202 229
Dopravní hřiště	116,2	22,1	3,05	159 005	8 098,1	>20	8 633,0	>20	56	89 043
Dům dětí a mládeže	125,7	101,8	5,65	149 547	13 732,9	14,0	16 029,8	11,0	20	29 909
CŠJ Svojsíkova	72,0	297,0	5,65	177 898	7 535,9	>20	9 024,9	>20	65	115 633

### Technicky vhodné budovy

I přesto, že návratnosti u některých budov vyšly více jak 20 let, jsou tu objekty u kterých je provedení technicky výhodné. Týká se to Kategorie I a II. V I. kategorii jsou technicky výhodné objekty MŠ Paletka, MŠ Mašinka, ZŠ Na Valech – družina a dále všechny objekty ZUŠ. V kategorii II jsou to objekty Městského úřadu IV a FOD Klokánek.

Technicky proveditelné znamená ten typ budov, u kterého je umístění toalet po patrech nad sebou např. ve stejném místě v budově, prostranství pro umístění nádrže v blízkosti budovy, sklepní prostory přímo pod toaletami pro umístění technologie a venkovní okapové svody snadno přepojitelné do akumulací nádrže.



## 6. 2. Závěrečné údaje celé analýzy

Na závěr je zde uvedeno několik shrnujících údajů z celé analýzy a z výsledku výpočtů u všech budov. Zajímavé je určitě množství vody, které lze ušetřit při realizaci na budovách přípustných k realizaci. Když se toto množství přepočte na výdaje, vychází úspora téměř půl milionu korun ročně.

- **Celkový počet budov či objektů:** 54
- **Celkový analyzovaný počet budov:** 48
- **Budovy s probíhající realizací:** 3 z 48

*U budovy Městského úřadu IV, Dům dětí a mládeže a Stadionu Kalich již probíhají přípravy k realizaci*

- **Budovy s návratností do deseti let a vhodné k realizaci:** 8 z 48
- **Celkové množství dešťové vody:** 10 493,8 m<sup>3</sup>/rok (*shromážděné na všech budovách*)
- **Celkové množství dešťové vody:** 4 097,1 m<sup>3</sup>/rok (*na budovách přípustných k realizaci*)
- **Celková cena:** 3 338 679 Kč (*při realizaci u budov přípustných k realizaci*)
- **Celková úspora:** 432 579,6 Kč/ročně (*při náhradě pitné vody za dešťovou u všech budov přípustných k realizaci*)

*„Přípustné budovy jsou budovy s návratností do 10 až 15 let a vhodné svým charakterem k realizaci.“*



## 7. Diskuze a závěry

Výsledkem této diplomové práce bylo získání uceleného přehledu o tom, co vše je potřeba zajistit pro případnou realizaci a také jaké má takový systém pro využití dešťových vod přínosy. Skládá se z množství různých prvků, které při vzájemném spolupůsobení tvoří technologii, jež nahrazuje pitnou vodu za dešťovou a představuje přátelský přístup k přírodě a pro nás důležité snížení výdajů za vodu pitnou.

Návratnost do 10 let je považována jako rozumná. Jsou tu budovy, které vycházejí s návratností do 15 let. Pak při životnosti čerpací technologie přibližně 20 let, je tu doba 5 let, ve které je profitováno z realizace tohoto systému. Ať je to doba krátká či dlouhá je ponecháno k zamyšlení. Každopádně myšlenka 15 let, než dojde k návratnosti investice, může být pro většinu lidí nereálná a zdlouhavá.

Budovy ve vlastnictví či správě měst v Litoměřicích jsou ve velké většině betonové stavby s plochou střechou, u kterých je obtížné říci na první pohled, jestli je realizace možná. U těchto budov hodně záleží na možnostech přepojení stávajících dešťových svodů. Plochy střech jsou ve většině případů dostatečné, aby množství shromážděné vody pokrylo alespoň částečně spotřebu v budově. Bohužel vzhledem k otázníkům ke konstrukci a vedení veškerých těchto svodů je realizace poněkud dražší a může stoupat ještě výše, než se podařilo zjistit. Tyto budovy se pak mohou pohybovat v návratnosti třeba úplně ideální do 10 let, ale přesto je realizace v takové budově s připojením všech toalet velice obtížná.

Budovy se šikmou, většinou taškovou střechou nacházející se v blízkém okolí centra města a jejich charakter je většinou ideální pro realizaci takového systému pro nakládání s dešťovými vodami, samozřejmě pokud je k dispozici prostor v zahradní části. Jejich možnost snadného přepojení všech okapů do podzemní nádrže a umístění technologie ve sklepě, který se v mnoha případech nachází přímo pod toaletami a někdy i s v blízkosti umístěným hlavním uzávěrem pitné vody z nich dělá ideální kandidáty pro realizaci takového systému. Bohužel ve velkém případě, množství vody, které střecha shromáždí, není až tak veliké, a proto se i přes snadnou realizaci, návratnost nevede do požadovaných 10 let. Takových budov je v této studii hned několik.

První krok, který by měl předcházet realizaci takového systému je výměna neúsporných toalet ve všech budovách, kde bude realizace přicházet v úvahu, za toalety co nejúspornější. V takovém případě je pak potřeba menších objemů nádrží a vůbec cena celého systému by mohla klesnout. Je to určitý předpoklad, aby se postupnými ekologickými kroky přistupovalo k úspoře přímo od zdroje spotřeby.



První část studie obsahovala zjištění veškerých podkladů pro vyhodnocení návratnosti. Tento přístup přinesl vizuální pohled na danou problematiku a u množství budov odpověděl téměř okamžitě na otázku, jestli je realizace možná. I přesto, že první seznam obsahoval celkem 54 budov, následné vyhodnocení a provedení výpočtů pro všechny budovy odhalilo, že jen 8 budov se vejde do požadované návratnosti 10 let.

Výpočty u všech budov odhalily množství shromážděné vody a daly představu o celkovém množství vody, které by se dalo nahradit vodou dešťovou pro využití na toaletách, při praní prádla či pro závlahové účely. Ve většině případů ale vyšlo, že množství vody i přes velké plochy střech je nedostatečné a mohou za to především převládající období sucha a nízkého úhrnu srážek zejména během letních měsíců. Takové nedostatky je pak stejně nutné nahrazovat pitnou vodou. Celkem u více jak 20 objektů množství dešťové vody nepokryje spotřebu vody pitné.

V dalším kroku byla provedena plošná analýza cen jednotlivých prvků celého systému. Analýza se snaží co nejvíce přiblížit reálným podmínkám při realizaci, ať už dohledáním cen typových nádrží, vypočtením přibližných cen jednotlivých typů potrubí či odhadem výkopových prací pro rozvody a nádrže. Největší část ceny realizace je cena akumulární nádrže či rozvodů dešťové vody uvnitř budov. Výdaje se objekt od objektu budou lišit, a proto i finální cena může být rozdílná a finální návratnost pak zcela jiná. Cena celkové realizace však nikdy nevyšla nižší než sto tisíc korun.

Pro finální část, a to výpočet návratnosti celé realizace, byly provedeny dvě varianty výpočtů ročních úspor v případě realizace systému. Zde hodně záleží na dohodě s vodohospodářskou společností, jak přistoupí k zpoplatnění tzv. deštného či odpuštění části stočného. Některé budovy se tak, co se týče využití vody, mohou stát „téměř“ nezávislými v případě využití vody pouze na toalety. Zde by byl nejideálnější přístup opravdu změřit množství vody, které jde do kanalizace a množství, které je odebráno z hlavního přívodu vody do budovy. Hodně také záleží na tom, jestli bude voda vypouštěna do vsaku.

Konečnou částí bylo zjištění reálné neboli diskontované doby návratnosti, kde u všech objektů byly přibližně vypočteny výdaje na provoz systému. Pak platilo, čím větší vyčíslená roční úspora v korunách, tím rychlejší návratnost. Výpočet návratnosti pak odhalil objekty s návratností 3 let a někdy také vyšší než životnost čerpací techniky tedy 20 let, kdy nelze již mluvit o návratnosti prvotní investice do projektu. Do vyhodnocení bylo nadále také uvedeno kolik procent dotace je potřeba získat, aby díky úsporám za pitnou vodu vycházela návratnost do 10 let.

Konečný přehled o všech údajích z celé analýzy a zhodnocení každého objektu naleznete v příloze k této diplomové práci, kde lze dohledat konkrétní objekt ze seznamu a zjistit problémy, možnosti, jednotlivé vypočtené parametry, ceny realizace a doby návratnosti.





Na závěr je nutno zmínit, že i přes různé typy technologií, prvků a možností úspor stejně ve výsledku závisí nejvíce na množství dešťových srážek a pokud jich bude nedostatek, návratnost se může prodloužit a investice se tak nemusí vůbec vyplatit.



## Seznam zdrojů

- [1] SAMEK, Ing. Ondřej. Hospodaření s dešťovou vodou podle zákona – jak se dotýká stavebníků? In: *IMateriály: stavitel* [online]. 2015 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/legislativa/hospodareni-s-destovou-vodou-podle-zakona-jak-se-dotyka-stavebniku\\_42506.html](http://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/legislativa/hospodareni-s-destovou-vodou-podle-zakona-jak-se-dotyka-stavebniku_42506.html)
- [2] R. VOGEL, Jason a Trisha L. MOORE. *Urban Stormwater Characterization, Control, and Treatment* [online]. 2016 [cit. 2016-12-11]. DOI: <https://doi.org/10.2175/106143016X14696400495938>. Dostupné z: <http://www.ingentaconnect.com/content/wef/wer/2016/00000088/00000010/art00037>
- [3] MELVILLE-SHREEVE, Peter, Sarah WARD a David BUTLER. *Rainwater Harvesting Typologies for UK Houses: A Multi Criteria Analysis of System Configurations* [online]. 2016 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2073-4441/8/4/o129/pdf>
- [4] BÖSE, Karl-Heinz. *Dešťová voda pro dům a zahradu*. Ostrava: HEL, 1999. ISBN 80-861-6708-9.
- [5] ECONOMY ROOF SOLUTION 1 (USING DRAINAGE BOARD): 0-5°. *Optigreen: Roof greening* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.optigreen.com/system-solutions/economy-roof/solution-1/>
- [6] CENTRAL PARK - PRAGUE. *Optigreen: Roof greening* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.optigreen.com/references/pitched-roof/project-pr-1/>
- [7] HLAVÍNEK, Petr, Petr PRAX a Jiří KUBÍK. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: ARDEC, c2007. ISBN 978-80-86020-55-6.
- [8] ŠÁLEK, Jan. *Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada, 2012. Profi. ISBN 978-80-247-3994-6.
- [9] Využívání dešťové vody na zahradě i v domácnosti na veletrhu FOR ARCH 2016. In: *Tzbinfo: Dešťová voda* [online]. 2016 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/14683-vyuzivani-destove-vody-na-zahrade-i-v-domacnosti-na-veletrhu-for-arch-2016>
- [10] DVOŘÁKOVÁ, Ing. Denisa. Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení. In: *Tzbinfo: Dešťová voda* [online]. 2007 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizen>



- [11] Hranaté nadzemní nádrže. *KELLNERcz* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.kellnercz.cz/produkty/nadzemni-nadrze/hranate-nadzemni-nadrze>
- [12] AS-NADRZ PP /ER /EO. *Asio: čištění a úprava vod* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-nadrz-pp-er-eo>
- [13] *Green Parking Lot Resource Guide* [online]. 2008 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100D97A.PDF?Dockkey=P100D97A.PDF>
- [14] Jak vybrat čerpadlo? *E-cerpadla.cz: obchod pro chytré zákazníky* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.e-cerpadla.cz/page.html?chapter=0&id=3>
- [15] SIGNALIZACE A HLÍDÁNÍ HLADINY. *E-cerpadla.cz: obchod pro chytré zákazníky* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.e-cerpadla.cz/signalizace-hlidani-hladiny-c-48.html>
- [16] RainTronic (sada pro hospodaření s dešťovou vodou). *Remont čerpadla* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://obchod.remont-cerpadla.cz/systemy-pro-vyuziti-destove-vody/raintronic-sada-pro-hospodareni-s-destovou-vodou>
- [17] *Průměrný roční úhrn srážek 1961-1990* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/sra6190.gif>
- [18] ŽABIČKA, Zdeněk a Karel VRÁNA. *Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech: TP 1.20 : technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2011. Metodické pomůcky k činnosti autorizovaných osob. ISBN 978-80-87438-14-5.
- [19] HERLE, Jaromír a Antonín NEORAL. *Voda pro chaty a chalupy*. 3., upr. a dopl. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1990. Polytechnická knihnice (SNTL). ISBN 80-030-0351-2.
- [20] REINBERK, Ing. Zdeněk. Posouzení možnosti využití srážkové vody. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/105-posouzeni-moznosti-vyuziti-srazkove-vody>
- [21] WISE, Alan Frederick Edward. a J. A. SWAFFIELD. *Water, sanitary, and waste services for buildings*. 5th ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2002. ISBN 07-506-5255-1.
- [22] *Rainwater harvesting systems - Part 1: Planning, installation, operation and maintenance*. DIN1989-1:2001-10. Berlin, 2001.



- [23] Zákon 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). In: *Sbírka zákonů*. 2001.
- [24] Zákon 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů*. 2001.
- [25] Zákon 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: *Sbírka zákonů*. 2001.
- [26] Zákon 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů*. 2000.
- [27] PUNČOCHÁŘ, CSC., RnDr. Pavel. *Vyjádření osoby s odbornou způsobilostí [k § 9 odst. 1 vodního zákona]: Ministerstvo zemědělství České republiky - Výklad úseku vodního hospodářství* [online]. In: . 2005 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/9585/vyklad\\_VZ\\_c\\_57.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/9585/vyklad_VZ_c_57.pdf)
- [28] PUNČOCHÁŘ, CSC., RNDr. Pavel. *Likvidace srážkových vod ze střech a zpevněných ploch u individuálních rodinných domů [k § 6 odst. 1 a § 8 odst. 1 písm. b) bod 5 vodního zákona]: Výklad č. 19 k vodnímu zákonu a souvisejícím právním předpisům* [online]. In: . 2004 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/9619/vyklad\\_VZ\\_c\\_19.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/9619/vyklad_VZ_c_19.pdf)
- [29] VYHLÁŠKA 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území. In: *Sbírka zákonů*. 2006.
- [30] KOPAČKOVÁ, Ing. Dagmar. Dotace na projekty hospodaření s dešťovou vodou. *Tzbinfo: Dešťová voda* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/13903-dotace-na-projekty-hospodareni-s-destovou-vodou>
- [31] Cena vody: Vodné a stočné. *CenyEnergie* [online]. 2015 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/cena-vody-vodne-a-stocne/#/promo-ele>
- [32] Klimatické poměry. *Agentura ochrany přírody České republiky: Správa CHKO České středohoří* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://ceskestredohori.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/klimaticke-pomery/>
- [33] Katakomy a historické podzemí královského města Litoměřice. *Kudyznudy.cz: Czechtourism* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.kudyznudy.cz/aktivity-a-akce/aktivity/katakomy-a-historicke-podzemi-kralovskeho-mesta-l.aspx>
- [34] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.4667000&y=50.0833020&z=11>



- [35] *Mapy Google* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps>
- [36] Ceníky: Betonové jímky. *EKOMONT Litoměřice s.r.o.* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.ekomonthavel.cz/cs/products/ceniky/1/betonove-jimky>
- [37] Jímky na dešťovou vodu. *Nemecke-jimky.cz* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.nemecke-jimky.cz/produkty/jimky-na-destovou-vodu>
- [38] Ceník: Jímky na dešťovou vodu. *Mirosep: Jímky a septiky* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.mirosep.cz/cenik/jimky-na-destovou-vodu-3>
- [39] Výkopové práce – ceník. *CeníkŘemesel.cz* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.cenikremesel.cz/vykopove-prace-cenik/>
- [40] Ceník bouracích prací 2016. *Rekonstrukce interiérů Libor Straka* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.rekonstrukce-interiery.cz/cenik-stavebnich-praci/bouraci-prace/>
- [41] Instalatéři. *Ceníky řemesel: Zprostředkování stavebních prací* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.cenikyremesel.cz/ceniky/instalateri>
- [42] Hlídání hladiny MAVÉ 2-HH2, 230 V. *E-cerpadla.cz: obchod pro chytré zákazníky* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.e-cerpadla.cz/hlidani-hladiny-mave-2hh2-230-p-8118.html>
- [43] Ponorná sonda dvojitá na signalizaci dvou hladin s rozdílem 5 m. *E-cerpadla.cz: obchod pro chytré zákazníky* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.e-cerpadla.cz/ponorna-sonda-dvojita-signalizaci-dvou-hladin-rozdilem-p-6351.html>
- [44] Elektromagnetický ventil MP-W200-20SV, 3/4", 230 V, nerez. *E-cerpadla.cz: obchod pro chytré zákazníky* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.e-cerpadla.cz/elektromagneticky-ventil-mpw20020sv-230-nerez-p-6915.html>
- [45] PPR kulový kohout 25 - páka. *TOPENILEVNE.CZ* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/ppr-tvarovky-c1371/?f=45>
- [46] TICHÝ NÁTOK. *Kvalitníjímky.cz* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.kvalitnijimky.cz/tichy-natok-71.html>
- [47] Železobetonové jímky, žumpy, septiky. *Ibetonove-jimky* [online]. [cit. 2016-12-23]. Dostupné z: <http://www.ibetonove-jimky.cz/betonove-jimky>
- [48] Hladké potrubí KG-Systém (PVC) SN 4,8. *PVKPLUS: materiály pro inženýrské sítě* [online]. [cit. 2016-12-23]. Dostupné z: <http://www.pkvplus.cz/kg-pvc>



- [49] Filtry na vodu. *E-cerpadla.cz: Obchod pro chytré zákazníky* [online]. [cit. 2016-12-26]. Dostupné z: <http://www.e-cerpadla.cz/filtr-vodu-ovv-manta-ecologica-p-8113.html>
- [50] FILTRACE VODY. *Nicoll: Česká republika* [online]. [cit. 2016-12-23]. Dostupné z: <http://www.nicoll.cz/produkty/destova-voda/nadrze-na-destovou-vodu/filtracni-sachty.html>
- [51] Filtrační koš. *Rainshop* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <https://www.rainshop.cz/Filtracni-kos-d21.htm>
- [52] *VÝPOČET HONORÁŘE ARCHITEKTA/INŽENÝRA (TECHNIKA) PRO POZEMNÍ STAVBY PODLE HONORÁŘOVÝCH ZÓN A ZAPOČITATELNÝCH NÁKLADŮ* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://www.stavebnistandardy.cz/doc/vypocet/vypocet\\_kom.htm](http://www.stavebnistandardy.cz/doc/vypocet/vypocet_kom.htm)
- [53] Aktuální (průměrná) cena 1 kWh elektřiny. *Energie123.cz* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>
- [54] Cena vodného a stočného. *SČVK* [online]. 2016 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.scvk.cz/vse-o-vode/ceny-vody/>
- [55] Cena betonu. *Betonárka Mukařov* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://betonmuk.cz/cen%C3%ADk/cena-betonu.html>
- [56] Plastové samonosné jímky. *UNISORT s.r.o.* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://www.belis.cz/editor/filestore/Image/gar\\_jimk/nept/npt\\_1.jpg](http://www.belis.cz/editor/filestore/Image/gar_jimk/nept/npt_1.jpg)
- [57] Betonové jímky SL/SK. *UNISORT s.r.o.* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://www.stavcentrum.cz/images/gar\\_jimk/jimla2\\_v.jpg](http://www.stavcentrum.cz/images/gar_jimk/jimla2_v.jpg)
- [58] Blueline domácí vodárna. *Pumpa a.s.* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://www.pumpa.cz/img/\\_/ceca0685/blue\\_line\\_domaci\\_vodarna\\_pjm101c\\_pumpa\\_big.jpg](http://www.pumpa.cz/img/_/ceca0685/blue_line_domaci_vodarna_pjm101c_pumpa_big.jpg)
- [59] EASY-E-DEEP. *EuroCERPADLA.CZ: internetový katalog a B2B shop s čerpací technikou* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://www.eurocerpadla.cz/images/sklady/l\\_EASY-E-DEEP.jpg](http://www.eurocerpadla.cz/images/sklady/l_EASY-E-DEEP.jpg)
- [60] PUMPA BLUELINE. *Pumpa a.s.* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://www.pumpa.cz/img/\\_/cebl004/pumpa\\_blue\\_line\\_pjm101c\\_big.jpg](http://www.pumpa.cz/img/_/cebl004/pumpa_blue_line_pjm101c_big.jpg)
- [61] Litoměřice-úvodní fotka. *Město Litoměřice* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <https://www.litomerice.cz/images/sliders/uvodniFotky/slide1.jpg>
- [62] RainTronic (sada pro hospodaření s dešťovou vodou). *REMONT ČERPADLA* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://obchod.remont-cerpadla.cz/images/sklady/l\\_raintronic-img.jpg](http://obchod.remont-cerpadla.cz/images/sklady/l_raintronic-img.jpg)



- [63] Tlakový spínač. *Idnes.cz* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://i.idnes.cz/09/013/gal/BMA28c587\\_03.jpg](http://i.idnes.cz/09/013/gal/BMA28c587_03.jpg)
- [64] Elektromagnetický ventil. *Vše pro svářečský a stlačený vzduch: http://www.svarecky-kompresory.cz* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.svarecky-kompresory.cz/fotocache/bigorig/0355xx.jpg>
- [65] Šachtový filtr. *UNISORT s.r.o.* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://www.belis.cz/editor/filestore/Image/voda/filtr/kanalizacni\\_sachta.jpg](http://www.belis.cz/editor/filestore/Image/voda/filtr/kanalizacni_sachta.jpg)
- [66] Vsakovací biozóna. *Appalachian Voices: Protect the Central & Southern Appalachian Mountain Region* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://appvoices.org/images/uploads/2015/07/Chattanooga-Renaissance\\_Bioretention.jpg](http://appvoices.org/images/uploads/2015/07/Chattanooga-Renaissance_Bioretention.jpg)
- [67] KAPKOVÁ, Květoslava. Možnosti Operačního programu životní prostředí pro HDV. In: *Počítáme s vodou 2016* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2016/02/7\\_KAPKOVA.pdf?d7caed](http://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2016/02/7_KAPKOVA.pdf?d7caed)
- [68] Copenhagen: Green City, Green Parking. *Build a Better Burb: The Hub For Greater Suburban Design* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://buildabetterburb.org/copenhagen-green-city-green-parking/>
- [69] Filtrace dešťové vody. *UNISORT s.r.o.* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.belis.cz/filtrace-destove-vody>
- [70] Tlakové nádoby. *E-cerpadla.cz: obchod pro chytré zákazníky* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.e-cerpadla.cz/tlakove-nadoby-c-44.html>
- [71] Klima v číslech. *Bilinská přírodovědná společnost* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://priroda.sdas.cz/klimatab.htm>
- [72] Kolik vody spotřebujete a kde všude se dá ušetřit. *IDnes.cz: finance* [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [http://finance.idnes.cz/kolik-vody-spotrebujete-a-kde-vsude-se-da-usetrit-fbw-/viteze.aspx?c=A080331\\_012434\\_viteze\\_hla](http://finance.idnes.cz/kolik-vody-spotrebujete-a-kde-vsude-se-da-usetrit-fbw-/viteze.aspx?c=A080331_012434_viteze_hla)
- [73] Domácí vodárna EASYPUMP EASY E-DEEP X-1200. E-cerpadla: obchod pro chytré zákazníky [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.e-cerpadla.cz/domaci-vodarna-easypump-easy-e-deep-x1200-230-p-7779.html>
- [74] Podtlakové odvodnění střech QuickStream. *Wavin: EKOPLASTIK* [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://cz.wavin.com/web/reseni/destove-vody-1/odvodneni-strech-1.htm>



- [75] TOPMIX PERMEABLE. *TARMAC: A CRH COMPANY* [online]. 2016 [cit. 2016-12-17]. Dostupné z: <http://www.tarmac.com/media/957194/topmix-permeable-brochure-march-2016.pdf>
- [76] KOPÁČKOVÁ, Ing. Dagmar. Platba za srážkové vody. *Tzbinfo: Dešťové vody* [online]. [cit. 2016-12-17]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/2713-platba-za-srazkove-vody>
- [77] *Nicoll: Česká republika* [online]. [cit. 2016-12-17]. Dostupné z: <http://www.nicoll.cz>
- [78] Systém Ekoplastik. *WAVIN: EKOPLASTIK* [online]. [cit. 2016-12-23]. Dostupné z: <http://cz.wavin.com/web/reseni/pitna-voda-1/system-ekoplastik-1.htm>
- [79] Výkopové práce - Caterpillar 432E. *PŮJČOVNA MINIBAGRŮ s.r.o.* [online]. [cit. 2016-12-23]. Dostupné z: <http://www.pujcovnaminibagru.cz/9-caterpillar-432e.php>
- [80] Pronájem jeřábů. *Plošiny Rybáček* [online]. [cit. 2016-12-23]. Dostupné z: <http://plosiny-rybacek.cz/jeraby/>
- [81] Ceník štěrkopísku a kameniva pro rok 2015. *TěžebníPísková* [online]. [cit. 2016-12-23]. Dostupné z: <http://www.tezebnipiskova.cz/cenik.php>
- [82] *Hmotnosti staviv, výrobků, zemin* [online]. [cit. 2016-12-23]. Dostupné z: <http://jirkaweb.wz.cz/cvut/tabulka.pdf>
- [83] Trojan Technologies UV lampa Sterilight S5Q [online]. [cit. 2016-12-26]. Dostupné z: <http://www.watex.cz/obchod/trojan-technologies-uv-lampa-sterilight-s5q/>
- [84] Filtry - pitná voda. *VašeTopení* [online]. [cit. 2016-12-26]. Dostupné z: <http://www.vasetopeni.cz/honeywell-f76s-11-2aa-dn40-6-4-filtr-se-zpetnym-proplochtem-8363cz/>
- [85] TRITON STORMWATER CHAMBER SYSTEM. *NOVAPLAS* [online]. [cit. 2017-01-07]. Dostupné z: <http://www.novaplas.com.au/products/triton/triton-stormwater-chambers-stormwater-detention/>
- [86] TNV 75 9011: HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVÝMI VODAMI. Ministerstvo zemědělství, 2013.
- [87] Zpráva z exkurze do Švýcarska a Německa aneb čím jsme se mohli inspirovat, květen 2014. *Počítámesvodou: Obce a veřejný prostor* [online]. [cit. 2017-01-07]. Dostupné z: <http://www.pocitamesvodou.cz/zprava-z-exkurze-do-svycarska-a-nemecka-aneb-cim-jsme-se-mohli-inspirovat/>
- [88] Effects of Stormwater Pollutants: Rhode Island's New Stormwater Manual. *Landscapeonline.com: Design.Build.Maintain.Supply* [online]. [cit. 2017-01-07]. Dostupné z: <http://landscapeonline.com/research/article.php/14301>





## Seznam tabulek

Tab. 1: Požadavky na kvalitu dešťové vody .....	22
Tab. 2: Rozdělení srážkového úhrnu do jednotlivých měsíců .....	24
Tab. 3: Součinitel využití dešťové vody .....	25
Tab. 4: Součinitel využití dešťové vody .....	25
Tab. 5: Součinitel využití dešťové vody .....	25
Tab. 6: Posouzení využití vody .....	27
Tab. 7: Potřeba vody pro jednotlivé typy využití .....	27
Tab. 8: Seznam objektů .....	38
Tab. 9: Rozdělení dnů v roce .....	45
Tab. 10: Vzorový výpočet .....	46
Tab. 11: Vyhodnocení návrhového objemu nádrže .....	48
Tab. 12: Ceník monolitických jímek .....	50
Tab. 13: Ceník jednokomorových monolitických jímek .....	50
Tab. 14: Ceník vícekomorových monolitických jímek .....	50
Tab. 15: Ceník betonových válcových jímek .....	50
Tab. 16: Ceny plastových válcových jímek .....	51
Tab. 17: Ceny plastových válcových jímek .....	51
Tab. 18: Ceny plastových hranatých jímek .....	51
Tab. 19: Suchá jímka pro čerpadlo .....	52
Tab. 20: Filtrace .....	53
Tab. 21: Ceny dešťových svodů .....	53
Tab. 22: Ceny prvků přepadového potrubí .....	54
Tab. 23: Technologie dopouštění .....	54
Tab. 24: Ceny prvků rozvodů dešťové vody .....	55
Tab. 25: Tabulka čerpací techniky .....	56



Tab. 26: Charakteristika čerpadla.....	56
Tab. 27: Objem a ceny zemních prací pro výkop a zásyp.....	58
Tab. 28: Celkové ceny použitého materiálu pro zajištění potrubí.....	58
Tab. 29: Cena těžké techniky a dalších prací.....	58
Tab. 30: Odhady bouracích prací .....	59
Tab. 31: Cenový odhad projektové dokumentace.....	59
Tab. 32: Příklad: Vyhodnocení celkové ceny realizace .....	61
Tab. 33: Výdaje na provoz čerpadla .....	62
Tab. 34: Odtokové součinitele dle typu plochy .....	63
Tab. 35: Vodné a stočné dle místních cen .....	63
Tab. 36: Tabulka výpočtu reálné návratnosti.....	64
Tab. 37: Vyhodnocení návratnosti.....	65
Tab. 38: I. kategorie-vyhodnocení.....	68
Tab. 39: II. kategorie-vyhodnocení .....	69
Tab. 40: III. kategorie-vyhodnocení .....	71



## Seznam obrázků

Obr. 1: Zatravněné tvárnice v Leuvenu, Belgie .....	8
Obr. 2: Propustný beton Topmix permeable.....	8
Obr. 3: Schéma uložení jednotlivých vrstev zelené střechy .....	9
Obr. 4: Řešení zelené střechy na obchodním centru, Holandsko .....	9
Obr. 5: Řešení pro šikmé střechy .....	9
Obr. 6: Zelená šikmá střecha Centrální park, Praha .....	9
Obr. 7: Bioretenční zóna Tennessee, USA .....	10
Obr. 8: Vsakovací průleh u obytné zóny v Mnichově, Německo .....	10
Obr. 9: Vsakovací povrchová nádrž na Rhode Islandu, USA .....	11
Obr. 10: Podzemní vsakovací komora Perth, Austrálie].....	11
Obr. 11: Přítok do vsakovacích komor .....	11
Obr. 12: Plastová nádrž samonosná.....	13
Obr. 13: Betonová jímka .....	14
Obr. 14: Šachtový filtr.....	15
Obr. 15: Jemný tlakový filtr .....	15
Obr. 16: Průtočná UV lampa.....	15
Obr. 17: Ponorné čerpadlo Easy-E-Deep.....	16
Obr. 18: Samonasávací objemové čerpadlo Blue Line .....	16
Obr. 19: Domácí vodárna Blue Line .....	17
Obr. 20: Elektromagnetický ventil .....	18
Obr. 21: Tlakový spínač s tlakoměrem.....	19
Obr. 22: RainTronic čerpací technologie od firmy remont .....	19
Obr. 23: Možnosti instalace systému.....	20
Obr. 24: Průměrný roční úhrn srážek v ČR .....	23
Obr. 25: Půdorysný průmět střechy .....	24



Obr. 26: Mírové náměstí v Litoměřicích .....	36
Obr. 27: Podzemní chodby .....	37
Obr. 28: Mapa objektů .....	39
Obr. 29: Práce s půdorysy v programu Autocad.....	44
Obr. 30: Graf charakteristik čerpadla .....	56
Obr. 31: Vzorový objekt (vnější dešťové svody).....	57
Obr. 32: Vzorový objekt (Vnitřní dešťové svody).....	57



## Seznam příloh

Příloha č. 1 – Vyhodnocení objektů ve vlastnictví města