

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



**Návrh využití dešťových vod v areálu základní školy
v městské části Praha Kunratice**

**Proposal of rain water utilization in area of primary
school in distrikt Prague - Kunratice**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce : prof. RNDr. Dana Komínková, PhD.

Diplomant: Bc. Martina Šotolová

2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. RNDr. Dany Komínkové, Ph.D., a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze 20. 4. 2015

.....

Bc. Martina Šotolová

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat zejména své vedoucí diplomové práce, prof. RNDr. Daně Komínkové, Ph.D., za její odborné rady, trpělivost a pomoc při sestavování této diplomové práci. Dále bych chtěla poděkovat svému manželovi a dětem za morální pomoc, toleranci a trpělivost.

V Praze 20. 4. 2015

.....

Bc. Martina Štolová

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra aplikované ekologie

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Martina Šotolová

Regionální environmentální správa

Název práce

Návrh využití dešťových vod v areálu základní školy v městské části Praha Kunratice

Název anglicky

Proposal of rain water utilization in area of primary school in district Prague -Kunratice

Cíle práce

Rozbor problematiky hospodaření s dešťovou vodou. Na konkrétní stavbě vyřešit variantní možnosti nakládání s dešťovými vodami a vyhodnocení jednotlivých variant.

Metodika

Na základě studia odborné literatury a podkladů bude vypracována rešeršní část diplomové práce, ve které budou popsány možné způsoby hospodaření s dešťovou vodou. V praktické části budou na základě vstupních podkladů navrženy varianty možného využití dešťové vody v areálu základní školy. Na závěr dojde k vyhodnocení navržených variant a doporučení nevhodnější varianty.

Doporučený rozsah práce

60 stran

Klíčová slova

dešťová voda, hospodaření s dešťovou vodou, využití dešťové vody

Doporučené zdroje informací

- 1) Butler, D., Davies, J (2011). Urban Drainage (third edition), Taylor and Francis, London
- 2) Lloyd, S.D, Wong, T.H.F and Porter, B (2002) The planning and construction of an urban stormwater management scheme, *Water Science and Technology*, 45(7):1-10.
- 3) Coombesa, P.J., Argueb, J.R., Kuczeraa, G. (2000) : Figtree Place: a case study in water sensitive urban development (WSUD), *Urban water Volume 1, Issue 4*, 335-343
- 4) Stránský D., Kabelková I., Bareš V., Vitek J., Suchánek M., Ploštěný K. et. Pierk O., 2012: Srážkové vody a urbanizace krajiny, *Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě*, Praha, 72 s.
- 5) Žabička Z. et. Vrána K., 2011: Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech. *Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě*, Praha, 44 s.

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 4. 11. 2014

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 11. 2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 04. 2015

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na problematiku hospodaření s dešťovou vodou. Rešeršní část seznamuje se způsoby vsakování dešťové vody v místě dopadu na Zemský povrch, kterými dochází ke snižování odtoku vody z povodí. Dále seznamuje s možnostmi, kdy lze pitnou vodu nahradit vodou dešťovou. Praktická část práce se zabývá zasakováním dešťových vod nebo jejich využitím v rámci areálu základní školy.

V současné době je veškerá dešťová voda, která dopadne na střechy jednotlivých objektů školy svedena do dešťové kanalizace a odvedena dešťovou kanalizací přes dešťovou usazovací nádrž do Kunratického potoka. Tímto způsobem je dešťová voda odváděna z území. Diplomová práce navrhuje nové řešení nakládání s dešťovou vodou, které je v souladu se současnou platnou právní úpravou a s principy trvale udržitelného rozvoje.

Jedním z návrhu je zasakování dešťové vody ze střech objektů základní školy pomocí vsakovacího průlehu a vsakovacích bloků. Druhou možností, jak nakládat s dešťovou vodou, je její možné využívání v rámci areálu školy jako vody užitkové na splachování WC nebo na závlahu.

Klíčová slova

Dešťová voda, hospodaření s dešťovou vodou, využití dešťové vody

Abstract

This diploma thesis deals with the management of rain waters. The research part presents the infiltration ways of water entering the soil where fallen, that reduce the runoff out of the basin area. Also this part outlines the potential of the rain water to substitute the potable one. The practical part is based on characteristic of infiltration or use of the rain water within the premises of a primary school in Praha, Kunratice.

Currently all the water fallen to roofs of the school houses is led to the drainage and then passes through a settler to be released to the Kunratický creek. That way the water is drained and faded out of the land. The diploma thesis proposes solutions to manage the rain water using the means complying with the applicable legislation as well as with the sustainable development policy.

One solution is about infiltration of the rain water got out from the school roofs, using the contour furrows and infiltration blocks. The second option considers use of the rain water within the school facilities for services such as closet flushing or watering.

Key words

Rainwater, storm water management, use of rainwater

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíl práce	12
3. Rešerše	13
3.1. Voda a vodní cykly	13
3.2. Urbanizace a dešťová voda	15
3.3. Způsoby nakládání	19
3.3.1. Vsakování dešťových vod	20
3.3.2. Odpařování z volné hladiny	22
3.3.3. Povrchové vsakování dešťových vod	23
3.3.4. Podzemní vsakování dešťových vod	24
3.3.5. Odvádění do povrchových vod	25
3.3.6. Návrh vsakovacího a retenčního zařízení	27
3.4. Voda dle použití	27
3.4.1. Způsoby využívání dešťové vody	28
3.4.2. Technická zařízení pro využívání dešťové vody	28
3.5. Akumulace dešťové vody	33
3.5.1. Podzemní nádrže	34
3.5.2. Nadzemní nádrže	35
3.5.3. Akumulace a škracený odtok	36
3.6. Dešťové vody v legislativě	36
4. Metodika	40
5. Návrh využití dešťových vod v areálu základní školy v městské části Praha Kunratice	44
5.1. Popis vybrané lokality	44
5.1.1. Geomorfologické, klimatologické a hydrologické poměry lokality	45
5.1.2. Historie školy	46
5.1.3. Popis současného stavu	46
5.2. Hospodaření s dešťovou vodou v areálu	47
5.2.1. Vsakovací zařízení	48
5.2.2. Využití dešťové vody	51
5.2.3. Návrh akumulační nádrže	56
5.2.4. Výše stočného za odvádění dešťových vod	63
5.2.5. Výpočet množství vypouštěných odpadních vod	64

5.2.6. Návratnost investice	65
5.3. Měsíční porovnání srážek a potřeby vody pro splachování WC	67
5.4. Shrnutí	72
6. Diskuze	75
7. Závěr.....	78
8. Seznam použité literatury	79

1. Úvod

EU vyjádřila svůj vztah k vodě ve směrnici 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000, ve které uvádí, že „Voda není komerčním produktem jako ostatní výrobky, ale spíše dědictvím, které musí být chráněno, střeženo a nakládáno s ním jako s takovým.“

Anglický jazyk užívá výraz „storm water management“, německý jazyk „Regenwasserbewirtschaftung“, což přeloženo do češtiny - znamená „hospodaření s dešťovou vodou“. Od uvedeného by se tedy měl odvíjet náš pohled na dešťovou vodu. O hospodaření s dešťovou vodou začínáme slyšet stále častěji. Důvodem není pouze postoj EU k jejímu využívání, ale i možný nedostatek vody v České republice.

V posledních letech můžeme pozorovat, že ubývá menších srážek a naopak přibývá srážek přivalových. To je důsledkem nedostatečného malého vodního cyklu nad pevninou. Ve městech, kde je minimální podíl zeleně a velké množství zpevněných ploch, dochází k odtoku spadlé vody, místo aby docházelo k jejímu zadržení a následnému výparu a podpoře malého vodního cyklu. Pokud voda zůstane v místě svého spadu dochází v důsledku jejího odpařování ke snižování teploty prostředí a k doplňování zásob podzemní vody.

V současné době se již vyskytují místní vyhlášky, které omezují v letních měsících používání pitné vody na zalévání zahrad a napouštění bazénů u rodinných domů. V těchto případech a nejen v těchto by mohla pitnou vodu nahradit voda dešťová. Přitom se jedná o nejlevnější zdroj vody, který můžeme mít. Její využití je široké, lze ji kromě uvedeného zalévání zahrad a napouštění bazénů využít jako užitkovou ve všech typech staveb na splachování toalet, praní nebo jako technickou vodu. Využit se dá i ke kropení ulic ve městech při vysokých teplotách nebo při jejich úklidu.

Ve stejném duchu jako probíhají kampaně, které nás učí jak třídit odpad, by měly probíhat i kampaně jak s vodou nejen šetřit, ale jak se s ní dá hospodařit. Tomu se snaží napomoci projekt „Počítáme s vodou“, který je podporován z Programu švýcarsko-české spolupráce a z prostředků Ministerstva životního prostředí České republiky. Projekt probíhá od června 2013 do května 2015.

Diplomová práce v rešeršní části seznamuje, jak na dešťovou vodu nahlíží legislativa České republiky, objasňuje, co jsou srážky a jak probíhají. Navazující rešeršní kapitoly popisují vliv urbanizace na dešťovou vodu a způsoby nakládání s ní. Zároveň seznamují se způsoby jejího zasakování, kterými jsou doplňovány i zásoby podzemní vody. V případech, kdy nelze vodu zasakovat, diplomová práce seznamuje s možnostmi jak dešťovou vodu využívat a to nejen v rámci pozemků, ale i ve stavebních objektech.

Diplomová práce se zabývá pouze vodou, která buď v kapalném nebo pevném stavu dopadne na Zemský povrch a navrhne možné vyřešení otázky „Kam s ní?“

2. Cíl práce

Cílem této práce je navrhnout nový způsob likvidace dešťové vody v areálu základní školy Praha Kunratice.

V současné době jsou všechny dešťové vody ze střech jednotlivých pavilónů základní školy odvedeny dešťovou kanalizací ze zájmového území. Cílem práce je navrhnout způsob, jak dešťovou vodu ponechat v území kam dopadla a nebo ji následně využít.

3. Rešerše

3.1. Voda a vodní cykly

Voda na Zemi je rozdělena nerovnoměrně jak v prostoru, tak v čase.

Voda patří mezi nejdůležitější složku přírody na Zemi. Nejen, že je součástí půdy a nenahraditelnou složkou technologických procesů, je i v těle živočichů a rostlin a lidský organismus je tvořen vodou ze 70% (Sobota, 2012).

V životě člověka má jedno z nejdůležitějších postavení. Je hned několik důvodů proč se vodou na Zemi zabývat. Jen lidé vodu potřebují k mnoha činnostem např. jako pitnou, pro závlahu nebo pro získávání elektrické energie. Z celkového povrchu Země zabírá voda 70,8 % a pevnina 29,2 % (Ruda, 2014).

Největší podíl na Zemi tvoří voda slaná 97,23 %, sladké vody je pouhých 2,77 %, z toho nejvíce sladké vody je v ledu a to 77,63 %.

Vodu můžeme na Zemi najít ve skupenství plynném, kapalném nebo pevném, a to v jejím stále trvajícím uzavřeném koloběhu obr. č. 1. Z moří a oceánů voda ve formě páry putuje nad pevninu, kde vlivem změny teplot kondenzuje a v podobě srážek dopadá na zem. Povrchovým odtokem se dostává do vodních toků, nebo se zasakuje do podzemních vod. Z podzemí se voda do vodních toků dostane výronem. Tekoucími povrchovými vodami se dostane opět do moří, kde dochází opět k výparu. V tomto případě hovoříme o tzv. velkém koloběhu vody (Sobota, 2012).



Obr. č. 1 – Hydrologický cyklus (zdroj: Ruda, 2014)

Nad oceány nebo bezodtokovými oblastmi probíhá malý vodní cyklus, při kterém odpařená voda spadne ve formě srážek na území, odkud se odpařila. Takovéto srážky přináší do krajiny největší množství srážek (Nehasil, 2012).

V České republice je odtok závislý na srážkách. Většina toků na našem území pramení a odtéká od nás přes hranice. To je důležité si uvědomit a snažit se vodu v krajině zadržet. Z těchto důvodů by se měla omezit plošná odvodnění pozemků, napřimování vodotečí, zmenšování ploch lesů a nárůst urbanizace (Vrána a kol., 1998).

Zadržaná voda v krajině stabilizuje klima. Odpařovaná voda nejenže krajinu ochlazuje, ale i minimalizuje teplotní rozdíly. Pokud srážky z území odvedeme, pryč dojde k narušení malého vodního cyklu. To má za následek méně menších srážek a více přívalových dešťů, období sucha a pokles hladiny podzemní vody (Nehasil, 2012).

Je známo, že naše vodní zdroje jsou závislé na atmosférických srážkách a rozkolísanosti srážko-odtokového režimu. Důsledkem klimatických změn se dá předpokládat, že dojde ke zvýšení rozkolísanosti a tím poklesu kapacity zdrojů podzemní a povrchové vody o 25%. Plán hlavních povodí České republiky stanovil pro zvládnutí problematiky nedostatku vody a sucha cíle k přípravě a přizpůsobení se předpokládané změně klimatu adaptačními opatřeními, zejména:

- Uplatňovat v generelech odvodnění urbanizovaných území koncepci nakládání s dešťovými vodami, umožňující jejich zadržování, vsakování i přímé využívání
- Zapojit ostatní sektory hospodářství a kraje do dlouhodobých prognóz nároků na vodu při adaptaci na předpokládané klimatické změny

I nepatrné změny v dílčích hydrických režimech se v závěru projeví v celém povodí. Aby bylo dosaženo příznivého vodního režimu, je nutné podporovat přirozenou retenční schopnost krajiny (MŽP, 2011).

Dešťovou vodu je možné považovat v přírodě za jednu z nejčistších vod. V oblacích má vlastnosti a kvalitu stejnou jako destilovaná voda. Během cesty k zemskému povrchu dochází k její kontaminaci látkami, které se vyskytují v atmosféře. Z těchto důvodů nelze zachycenou vodu užívat jako pitnou (Valášek, 1980).

3.2. Urbanizace a dešťová voda

Mezi strategické dokumenty plánování v oblasti vod patří Plán hlavních povodí. Ve své závazné části v kapitole Cíle a opatření v ochraně před povodněmi a dalšími škodlivými účinky vod uvádí, jak uplatňovat v generelech odvodnění urbanizovaných území koncepci nakládání s dešťovými vodami. Tyto koncepce mají umožňovat zadržování, vsakování i přímé využívání dešťových vod (Stránský a kol., 2010).

Lze tvrdit, že voda, která neodteče a zůstane v půdě v místě dopadu, nejvíce přispěje k minimalizaci povodní. Voda je zadržena v půdě pro bezdeštná období. Tuto možnost ztrácíme hutněním půdy a zastavením krajiny (Stránský V., 2013).

Důsledek zmenšování infiltračního území, které má za následek pokles hladiny podzemní vody a snížení vydatnosti podzemních zdrojů, lze spatřovat v nárůstu podílu zastavěné a ostatní plochy na úkor zemědělské půdy (tabulka č. 1). Dalším důsledkem snižování infiltrační schopnosti krajiny je hutnění zemědělské půdy a omezení funkcí vybudovaných melioračních systémů. Pro zlepšení současného stavu by se v zemědělské krajině měly realizovat vhodné komplexní pozemkové úpravy s využitím hydromelioračních staveb. V lesní krajině by ke zlepšení došlo používáním šetrné technologie při těžbě a dopravě. Při vhodné skladbě lesa může dojít k utlumení přívalové srážky s vydatností až 100 mm (Kulhavý, 2012).

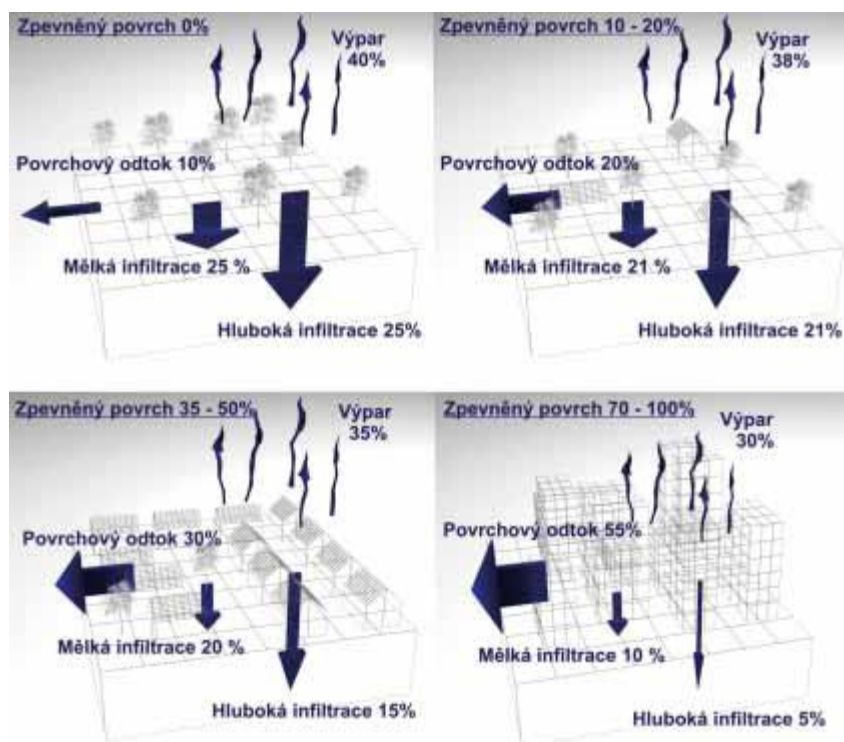
Struktura pozemkového fondu	Výměra v km ²			
	1927	1976	1991	2010
Výměra území celá ČR v km ²	78870	78870	78868	78865
Zastavěné + ostatní plochy	4144	6890	8145	8325
Lesní půda	23530	26130	26293	26574
Vodní plochy	246	1410	1581	1631
Zemědělská půda	50950	44440	42849	42335

Tab. č. 1 – Vývoj environmentálních charakteristik ČR (zdroj: Kulhavý, 2012)

Prováděním stabilizačních a retenčních opatření na horních a středních tocích dochází k zadržování vody v krajině a tím i k preventivním opatřením proti povodním. Zvýšená akumulace a využití vody v krajině, zejména podpořením infiltrace srážkových vod a správným hospodařením se srážkovými vodami se v urbanizovaném území předchází povodním (Kučerová, 2012).

Odtok srážkových vod z přívalových dešťů v zastavěném území patří mezi hlavní smysl hospodaření s dešťovou vodou. Přírný odtok z urbanizované krajiny do recipientu bez zdržení způsobuje navyšování povrchového odtoku. Zvětšovat průtočnou kapacitu jak toků tak, kanalizace však nejde donekonečna. V hospodářsky vyspělých státech se proto do popředí dostávají decentralizované systémy odvodnění. Decentralizované systémy odvodnění mají za cíl snižování záplav a to v důsledku toho, že se problém s odvodněním řeší již na pozemku vlastníka odvodňované stavby. Společnosti, jež přijaly pravidla hospodaření s dešťovou vodou, tak ukázaly na to, jaký mají respekt k vodě a zároveň s tím i převzaly zodpovědnost za majetek a bezpečnost obyvatel v případech kdy voda škodí (Vítek, 2012).

V poslední době města i obce řeší problém nejen povodní, ale i přívalových povodní. Uvedené jevy mají společný původ a tím je rychlý povrchový odtok srážek. Jaký vliv má urbanizace na odtok dešťové vody je znázorněno na obrázku č. 2 (Frank, 2013).



Obr. č. 2 – Podíl odtoku, infiltrace a výparu vzhledem k velikosti zpevněných ploch (zdroj: Frank, 2013)

V urbanizovaném území dosahuje podíl nepropustných ploch 70% i více. Dešťová voda se při dopadu na nepropustný povrch přirozeně neinfiltuje do

podzemních vod, ale odtéká po povrchu z urbanizovaného povodí. Zároveň dochází ke snížení evapotranspirace proti přirozeným podmínkám (Paul a kol., 2001).

Při tomto zvýšení odtokového objemu dochází k lokálním povodním a to zejména v případech, kdy se urbanizované území nachází v blízkosti vodního toku. Zvýšené průtoky mohou mít za následek nejen újmu na majetku, ale i na zdraví obyvatel (Tetzlaff a kol, 2005).

Pro udržitelný rozvoj je důležité zachovat a chránit vodní zdroje. Z toho důvodu si je nutné určit pravidla pro územní plánování, která budou zmírňovat dopad na vodní zdroje tj. hladinu povrchových i podzemních vod (Carmon, 1997).

Vyhrazení ploch vhodných k povrchovému vsaku srážkových vod v rozvojovém území je nutné navrhnout ve fázi územního plánování (Kučerová, 2012).

Základním principem přírodě blízkého nakládání s dešťovou vodou by tedy mělo být napodobení přirozeného odtoku, především takového jaký byl v území před jeho urbanizací. V takovém případě se hovoří o decentralizovaném způsobu odvodnění, který podporuje vsakování, výpar a pomalý odtok. Zároveň takovýto způsob odvodnění napomáhá zachování přirozeného koloběhu vody (Stránský a kol., 2008).

Konvenční odvodnění

Jeho podstatou je dešťová voda rovná se problém. Problému se nejlépe zbavíme tak, že jakmile dopadne na zemský povrch, tak ho odvedeme do kanalizace, potoka nebo řeky. Tím ovšem vzniká problém nejen náhlého velkého množství vody v řekách, nádržích, ale i problém, že voda, která přitéká ze zpevněných ploch urbanizovaného území, sebou přináší velké množství nečistot. Koryta řek a život v nich utrpí kromě hydraulického šoku i šok látkovým zatížením. Negativní vliv konvenčního odvodnění neřeší ani retenční nádrže na odlehčovacích stokách. Finanční náklady na retenční nádrže o odpovídající kapacitě, zvětšování profilů stok a koryt řek jsou již tak veliké, že uvedený způsob odvodnění je u konce (Vítek, 2008).

Při překročení kapacity objemu kanalizace dochází k vystoupení hladiny vody do sklepů, případně revizními šachtami na terén. Protože se většinou jedná o

přivalové deště, které trvají jen pár minut, nelze včas informovat o povodňovém nebezpečí (Stránský D., 2013).

Decentralizovaný systém odvodnění

Decentralizovaný systém odvodnění je založen na principu, že o srážky, se je nutné postarat v místě, kde spadly. U přivalových srážek jde především o to, aby intenzita, s jakou dopadly na zemský povrch, byla snížena a jejich odtok se zpomalil. Pokud to místní poměry dovolují, je nejvhodnější vodu zasakovat do podzemí, čímž se obohacují zdroje podzemní vody. Ve většině případů se však dešťové vody svádějí do podzemních objektů k jejich retenci a krátkodobě se akumulují. Do kanalizace nebo vodoteče tyto vody odtékají se zpožděním a v nižší intenzitě než je přivalová srážka. Rozdíl oproti konvenčnímu odvodnění je tedy ten, že finanční náklady na zařízení nese majitel pozemku, na který dešťová voda dopadne (Vítek, 2008).

Nejvhodnější jsou zařízení a opatření pro hospodaření s dešťovou vodou, která podporují výpar, však a pomalý odtok a nejvíce tak napodobují přírodní podmínky. Je možné sem zařadit i zařízení pro akumulaci a užívání dešťové vody nebo retenci a regulovaný odtok do kanalizační sítě (Stránský D., 2013).

Mezi základní typy objektů pro hospodaření s vodou decentralizovaného systému odvodnění patří vegetační střechy, propustné zpevněné plochy, plošné vsakování, vsakovací průlehy, vsakovací nádrže nebo rýhy, podzemní vsakovací objekty, vsakovací šachty, suché retenční nádrže, umělé mokřady (Stránský D., 2013).

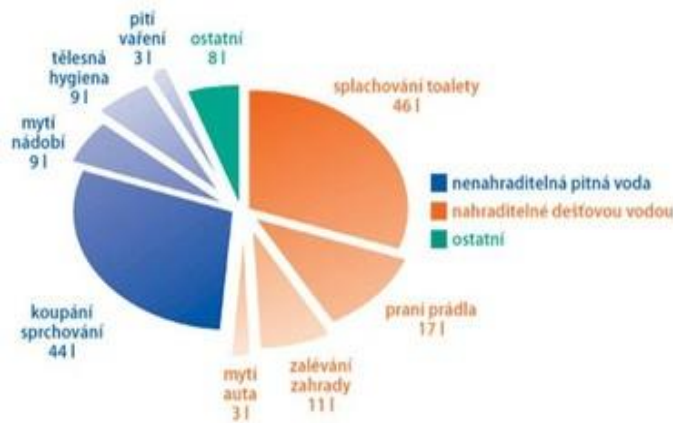
Zadržení dešťové vody u nemovitostí se nazývá decentralizovaná retence. Využívání, retence a infiltrace dešťové vody přímo u nemovitostí patří k postupům, které lze označit jako „source control“ (opatření u zdroje). Takováto opatření jsou efektivní a ekonomicky příznivá (Mífková, 2009).

Tím by mělo docházet k motivaci v hospodaření s dešťovou vodou.

Nabízí se několik skupin motivací:

- 1) Ekologie – obnova podzemní vody vsakováním
 - zmírnění negativních vlivů rychlého odtoku na vodní toky
- 2) Bezpečnost – vysoká míra urbanizace zvyšuje povrchový odtok a tím dochází k větším průtokům na dolních tocích řek, což vede k povodním
- 3) Ekonomické důvody – vzhledem k přetíženosti kanalizační sítě a kapacity čistíren odpadních vod, je méně náročné řešit nakládání s dešťovou vodou

v místě jejího spadu než zvětšovat kapacitu jak kanalizačních sítí, tak čistíren odpadních vod. Jak je vidět na obrázku č. 3 je možné využitím dešťové vody ušetřit až 50% spotřeby pitné vody



Obr. č. 3 - Graf spotřeby vody (zdroj: Samek, 2013a)

4) Legislativa – cílem je necentrální hospodaření s dešťovou vodou. Priority legislativy, týkající se nakládání s dešťovou vodou jsou v tomto pořadí:

1. vsakování
2. zadržování a regulované odpouštění do oddílné soustavy
3. regulované odpouštění do jednotné kanalizace (Samek, 2013a).

Decentralizovaný systém odvodnění městských oblastí se v Německu využívá již od roku 1980 (Nolde, 2007).

Německo a Švýcarsko patří v Evropě k zemím, které mají i legislativní činnost nejlépe propracovanou. Vodní zákon v německých zemích požaduje zachování režimu odtoku bez jakéhokoliv zvýšení nebo zrychlení. V některých oblastech nové zástavby je zákonem stanoveno povinné vsakování dešťových vod. Švýcarský vodní zákon požaduje především vsakování neznečištěných odpadních vod. Pokud je voda znečištěna, musí být předčištěna a následně může být vsakována (Stránský a kol., 2008).

3.3. Způsoby nakládání

Dešťovou vodu, která dopadne na zpevněné plochy, můžeme buď vsakovat, nebo ji akumulovat a dále využívat.

Vsakování je prováděno ve vsakovacích zařízeních, která mohou být povrchová nebo podzemní. Akumulace dešťové vody se provádí v akumulacích

nádržích, které mohou být nadzemní nebo podzemní. Z těchto nádrží lze vodu dále využívat na zavlažování, splachování toalet, praní, údržbu.

3.3.1. Vsakování dešťových vod

V urbanizovaném území se jedná především o dešťové vody, které dopadnou na zpevněné plochy, jako jsou chodníky, komunikace, parkoviště apod. Způsobů likvidace dešťové vody je několik a zaměření bude především na vsak dešťových vod. Na chodnicích a málo frekventovaných komunikacích je možné asfalt nahradit poréznějším propustným asfaltem. Tam kde to prostor dovolí, by podél silnic a zpevněných ploch měly vznikat zasakovací průlehy, do kterých by měly být dešťové vody svedeny místo do kanalizace. Vsak dešťových vod je možné provést i vytvořením mezer v obrubnicích nebo pomocí dlážděných rigolů (Maißner a kol., 2005).

Parkoviště a větší zpevněné plochy by měly být prováděny z porézní dlažby nebo z vegetačních dlaždic obrázek č. 4. Velké nevyužívané plochy by měly být přeměněny a ozeleněny. Takto vzniklé ozeleněné plochy by mohly být využívány na zasakování dešťových vod z okolních komunikací a střech okolních budov. Sváděné dešťové vody se odvádějí do vsakovacích nádrží nebo filtračních jímek, které jsou umístěny pod zemí. Jako další řešení se nabízí zasakování vod pomocí drenáží, voštinových bloků nebo jiných systémů obrázek č. 5 (Maißner a kol., 2005).



Obrázek č. 4 - Vegetační dlaždice (zdroj: www.best.info)



Obrázek č. 5 - Vsakovací blok (zdroj: www.asio.cz)

Ke zmírnění množství odtoku dešťové vody ze zastavěných částí mohou být využívány zelené střechy (Speak, 2013).



Obr. č. 6 - Extenzivní vegetační střecha UFA Fabrik, Berlin, DE (zdroj: Nehasil, 2012)

Zelené střechy obrázek č. 6 lze rozdělit na intenzivní a extenzivní. Intenzivní zazelenění střechy umožní zadržení veškeré spadlé vody. U extenzivního zazelenění dochází k zadržení 30% spadlé vody a u intenzivního více než 50% spadlé vody (Čermáková a kol., 2009).

Podle druhu a náročnosti péče dělíme zeleň na střechách na extenzivní, polointenzivní a intenzivní.

Extenzivní zeleň umožňuje částečné akumulování vody a je tvořena nenáročnými rostlinami, mezi které lze zařadit rozchodníky, netřesky, suchomilné trávy. Takováto zeleň vyžaduje minimální péči a využívá se nejčastěji (Hlavínek a kol., 2007; Čermáková a kol., 2009; Mifková, 2009).

Polointenzivní zeleň je tvořena vegetací extenzivní zeleně doplněná a suchomilné trvalky a nižší keře. Polointenzivní zeleň má větší nárok na péči a vyžaduje i případnou závlahu.

Intenzivní zeleň je náročná na péči a údržbu, která již odpovídá údržbě zahrad. Vyšší nároky jsou i na skladbu a mocnost substrátu. Intenzivní zeleň je na střeše založena jako pochozí zahrada a je zde nutné zavést zavlažovací systém. Vegetace je tvořena keři, stromky nebo travnatými plochami (Čermáková a kol., 2009; Mířková, 2009).

Konstrukce vegetační střechy musí být navržena na zatížení, které zahrnuje i tíhu filtrační a vegetační vrstvy nasycené vodou (TNV 75 9011, 2013).

U zelených střešech se nejedná o nakládání s vodou, ale na množství odtoku vody ze střechy mají zásadní vliv. Oproti klasickým střešům odteče z vegetační střechy 0 – 20 % vody. Rozdíl mezi spadlou a odvedenou vodou je dán akumulační schopností střechy a výparem z ní. Zbylou vodu je možné zasakovat nebo jinak využívat (Nehasil, 2012).

K zasakování slouží různé objekty, které jsou buď přímo k zasakování nebo k pozdržení odtoku dešťových vod do vodoteče nebo kanalizace. Jednotlivé typy objektů je možné různým způsobem kombinovat (Vítek, 2008).

3.3.2. Odpařování z volné hladiny

V technické normě TNV 75 9011 jsou uvedeny decentrální objekty, které slouží k hospodaření se srážkovými vodami. Preferována jsou vsakovací zařízení s povrchovým vsakem a to z důvodu čištění a podpory evapotranspirace. Trvale zavodněné nádrže v letních měsících zlepšují nejen estetickou kvalitu okolí, ale i jeho ovzduší.

Vodní jezírko nebo vodní nádrž obrázek č. 7 je možné navrhnout jak u rodinného domu, tak na veřejném prostranství, tam kde máme dostatek místa. Jezírko nebo nádrž mohou sloužit jako okrasný prvek, u kterého musíme počítat s rozkolísanou výškou hladiny a s hlídáním kvality vody. V případě navržení menší plochy nádrže, je možné pro část vody navrhnout jiné využití. V městských centrech je možné využívat akumulovanou vodu ke kropení ulic při vysokých teplotách (Nehasil, 2012).



Obr. č. 7 - Umělé jezero na dešťovou vodu ze střech okolních budov a zázemí umělého jezera, Postdamer Platz, Berlin, DE (zdroj: Nehasil, 2012)

3.3.3. Povrchové vsakování dešťových vod

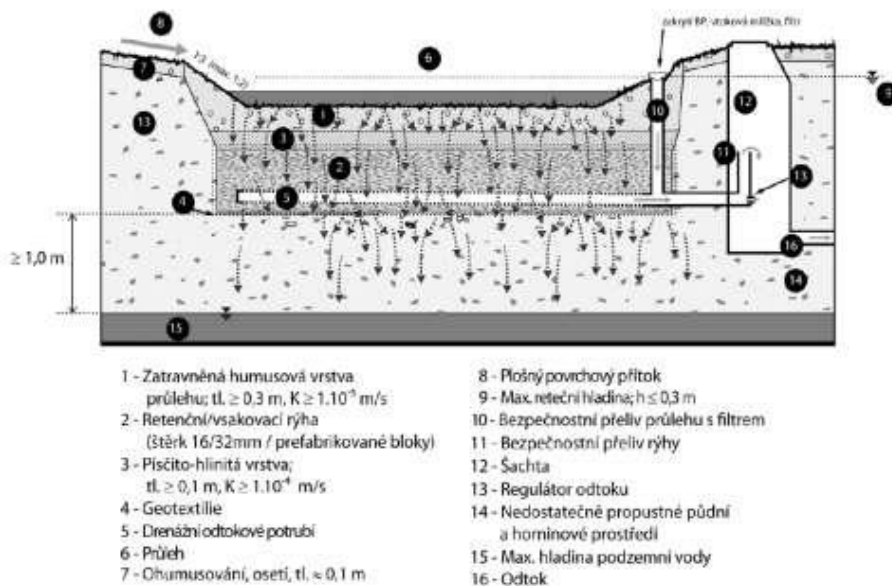
Vsakování je nejméně náročné na technologie, oproti tomu však vyžaduje dostatečné plochy a vhodné geologické poměry. Vsakování může být podzemní (např. vsakovací šachta) nebo povrchové (např. vsakovací průlehy) a akumulační objem musí být navržen na dvouleté srážky. Dešťové vody se do zasakovacích objektů svádí přes filtry mechanických nečistot. Zasakování přispívá nejen ke stabilitě místního klimatu, ale část vody se vrací i do malého vodního cyklu (Nehasil, 2012).

Plošné vsakování

Jedná se o zatravněné plochy, které navazují na odvodňované plochy (parkoviště, komunikace). Srážková voda je odváděna rovnoměrně bez retence na tuto plochu, kde se zasakuje (TNV 75 9011, 2013).

Vsakovací průlehy

Vsakovací průlehy obr. č. 8 jsou zatravněná mělká vsakovací zařízení, která se využívají v případech, kdy nemáme k dispozici dostatečně velkou a propustnou plochu k vsakování. Dochází zde ke krátkodobé retenci, přičemž hloubka zadržené vody by měla být maximálně 0,3 m (TNV 75 9011, 2013).



Obrázek č. 8 - Vsakovací průleh - rýha s regulovaným odtokem (zdroj: TNV 75 9011, 2013)

Vsakovací nádrž

Vsakovací nádrž je zatravněné zařízení s retenční funkcí, jehož hloubka zadržetí se pohybuje od 0,3m do 2,0 m (TNV 75 9011, 2013).

3.3.4. Podzemní vsakování dešťových vod

Vsakovací rýha

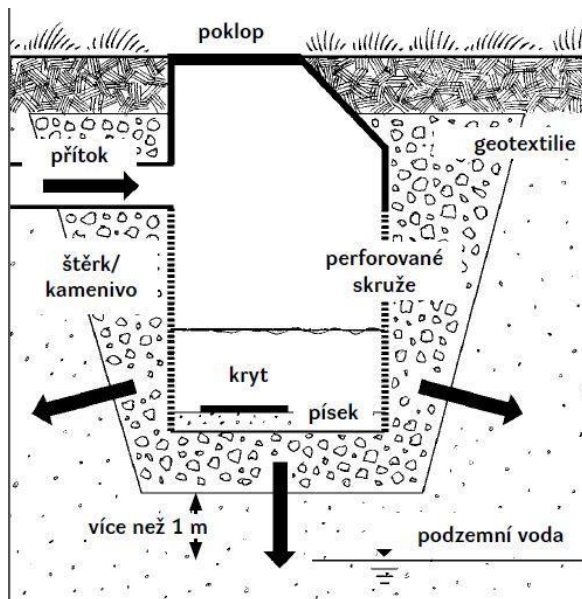
Jedná se o hloubené liniové vsakovací zařízení, které je vyplněno štěrskem o zrnitosti 16/32 mm. Přívod vody je buď povrchový v případě podpovrchového musí být u vtoku navržena kalová jímka a revizní šachta (TNV 75 9011, 2013).

Podzemní prostor vyplněný štěrskem nebo bloky

V tomto případě se jedná o plošné zařízení, které může být vyplněno štěrskem zrnitosti 16/32 mm nebo prefabrikovanými bloky. Voda přiváděná do podzemního zařízení se doporučuje předčistit v kalové jínce nebo ve filtrační šachtě (TNV 75 9011, 2013).

Vsakovací šachta

Vsakovací šachta obr. č. 9 se využívá k bodovému vsakování a její využití je možné jen u některých typů odvodňovaných ploch (TNV 75 9011, 2013).



Obr. č. 9 - vsakovací šachta (zdroj: Markovič, 2012)

Vsakování s regulovaným odtokem

Vsak s regulovaným odtokem se navrhuje v případě, že půdní a horninové prostředí nemá dostatečnou schopnost vsakování. Regulovaný odtok může být do vod povrchových nebo do kanalizace. S regulovaným odtokem může být navržen vsakovací průleh, rýha, nádrž (TNV 75 9011).

3.3.5. Odvádění do povrchových vod

Ke snížení odtoků z území mohou sloužit plochy, které dešťovou vodu zadrží a následně z nich odtéká. Volba takového zařízení spočívá především v dostupnosti plochy. Zařízení by měla být porostlá takovou vegetací, která umožní zdržení nejvýše jeden den. Akumulovaná voda v takovém zařízení může infiltrovat a zároveň se vypařuje. V případě nedostatku plochy je možné kombinovat povrchové zařízení se zařízením podzemním. Povrchové plochy sloužící k retenci je možné v bezdeštném období využívat i k jiným účelům. Velikost retenčního zařízení musí být navržena v závislosti na množství dešťové vody a na nastavení přelivu a na infiltrovaném množství (Bavorský zemský úřad, 2006).

Suché poldry

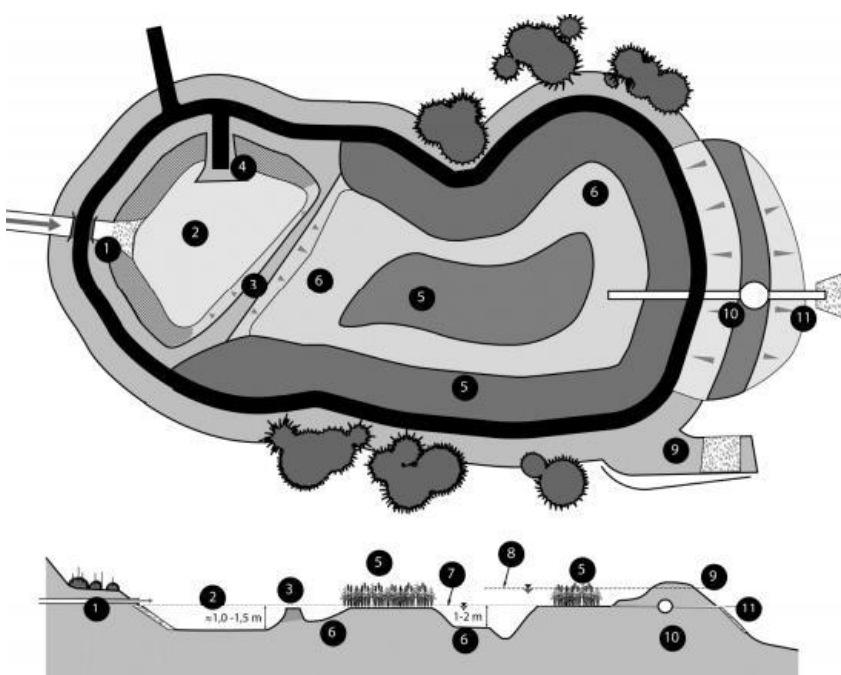
Speciální typ malých vodních nádrží, které jsou tvořeny zemní hrází z propustných zemin nebo kameniva. Jejich cílem není dlouhodobě zadržovat a akumulovat vodu, ale vodu z přívalových dešťů krátkodobě akumulovat. Tím je zabezpečeno zmenšení možnosti povodně v povodí z přívalového deště. Po naplnění

se nádrž prázdní delší dobu, takže nemůže dojít k ohrožení území pod nádrží (Vrána a kol., 1998).

Jde především o zadržení vody při povodni a tím snížení vybraných n-letých průtoků. V některých případech může dojít i k trvalému vzduť hladiny v nádrži. V takovém případě se jedná o poldr. Suché poldry mohou být lesnicky nebo zemědělsky využívány (Vítek, 2008).

Umělé mokřady

Jedná se o uměle vytvořenou nádrž se stálým nadržem vody a s vodními rostlinami, kde dochází k biologickému čištění srážkových vod obrázek č.10 (TNV 75 9011, 2013).



- 1 – vtokový objekt s opevněním
- 2 – část nádrže pro zachycení sedimentů
- 3 – dělicí hrázka
- 4 - vstup pro čištění nádrže
- 5 – zóna emersní vegetace
- 6 – zóna ponořené či plovoucí vegetace
- 7 – hladina stálého nadržení
- 8 – maximální retenční hladina
- 9 – bezpečnostní přeliv
- 10 – regulátor odtoku
- 11 – výtokový objekt s opevněním

Obr. č. 10 - Umělý mokřad (zdroj: TNV 75 9011)

3.3.6. Návrh vsakovacího a retenčního zařízení

K návrhu vsakovacího zařízení jsou zapotřebí vstupní údaje:

- koeficient vsaku podloží,
- velikost a charakter povrchu odvodňovaných ploch,
- určení nejbližší hydrometeorologické stanice.

Vsakovací zařízení je navrženo na základě modelových dešťových událostí s různým srážkovým úhrnem a dobou trvání od 5 minut do 72 hodin. Výsledkem je potom největší retenční objem vsakovacího zařízení a jeho plocha. Objem se musí vsáknout v dané ploše za maximálně 72 hodin (Samek, 2013a).

3.4. Voda dle použití

Je více způsobů, jak se dají druhy vod rozdělovat. V této práci si podrobněji rozdělíme jen vodu podle jejího použití a vodu odpadní.

Voda podle účelu použití:

- Pitná voda – zdravotně nezávadná, její užívání nevyvolává onemocnění nebo poruchy zdraví. Kvalita musí odpovídat parametrům, které stanoví Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. ze dne 22.4.2004, která stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah jejich kontrol. Zdrojem pitné vody je voda podzemní nebo povrchová (Vyhláška 252/2004).
- Užitková voda - nepoužívá se k pití a přípravě potravin. Voda vyhovuje zdravotním a technickým požadavkům, má však pozmeněné fyzikální vlastnosti.
- Technologická voda – využití v zemědělství nebo v průmyslu. Její kvalita je dána požadavky odběratele (Valášek, 1980).

Odpadní vody

Za odpadní vodu je považována voda, která po použití má změněnou jakost a odtéká z obytných domů, obcí, závodů, nemocnic, a nebo jiné vody z nich odtékající, které mohou ovlivnit kvalitu podzemních a povrchových vod. Podle druhu je dělíme:

- Splaškové
- Dešťové (Synáčková, 2010)

3.4.1. Způsoby využívání dešťové vody

V České republice je průměrná spotřeba pitné vody na jednoho obyvatele asi 100 litrů/den. Z uvedeného množství je možné 50% nahradit jinou vodou než pitnou, jedná se například o praní prádla, splachování, zalévání, údržbu. V těchto případech je možné pitnou vodu nahradit dešťovou vodou (Dvořáková, 2007b).

Zalévání – dešťová voda neobsahuje chlor a je prostá na soli. Některé rostliny dokonce dešťovou vodu vyžadují. Oproti tomu pitná voda je příliš cenná na zalévání zahrady.

Praní – dešťovou vodu je výhodné využívat především tam, kde je dostupná pouze podzemní voda, která je příliš tvrdá nebo obsahuje vyšší podíl železa, manganu apod. Pro praní v takové vodě je nutné používat změkčovače, aby nedocházelo k usazování vodního kamene.

Splachování – výhodou dešťové vody je, že nedochází k usazování vodního kamene v přívodním potrubí a WC a lze ušetřit až 40 l pitné vody na osobu a den.

Údržba – dešťovou vodu je možné využít na mytí aut, úklid a tam, kde není potřeba hygienicky nezávadná voda. V uvedených případech je vždy potřeba velkého množství vody a tak využití dešťové vody je nejen ekonomicky výhodné, ale i ekologické (Dvořáková, 2007b).

3.4.2. Technická zařízení pro využívání dešťové vody

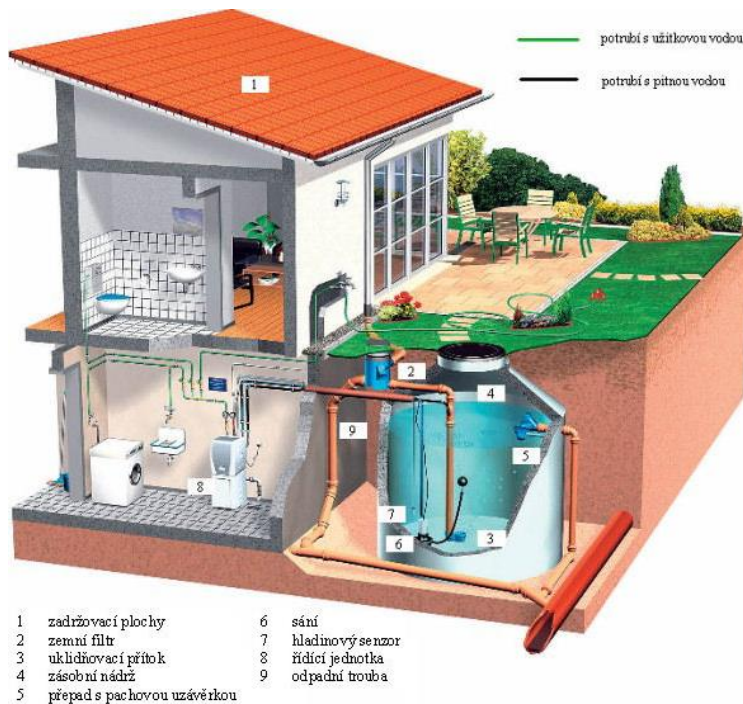
Pro využívání dešťové vody slouží systém, který sestává z uvedených zařízení:

- Filtry
- Akumulační nádrže
- Plovoucí sací soupravy
- Přepadové sifony
- Čerpací zařízení
- Řídící doplňovací jednotky
- Hladinové senzory
- Tvarovky na uklidnění přítoku
- Přívodní, odběrné a odpadní potrubí

Popis funkce

Voda ze střechy stéká dešťovými svody přes filtr do akumulace. Ze sifonového přepadu odtéká voda při naplnění nádrže přes zpětnou klapku do

kanalizace nebo do zasakovacího objektu. Z akumulční nádrže se odběr vody provádí sací soupravou. Čerpací zařízení – vodárna je součástí automatické doplňovací jednotky s řídicí jednotkou, která v případě nedostatku vody přepne pomocí hladinového spínače na odebírání vody z vodovodního řadu. Mezi rozvodem pitné vody a užitkové vody není přímé propojení. Z automatické doplňovací jednotky je voda potrubím výtlačku dopravována k využití. Příklad technického zařízení je patrný z obrázku č. 11 (Dvořáková, 2007b).



Obr. č. 11 - Příklad technického zařízení pro užívání dešťové vody (zdroj: Dvořáková, 2007b)

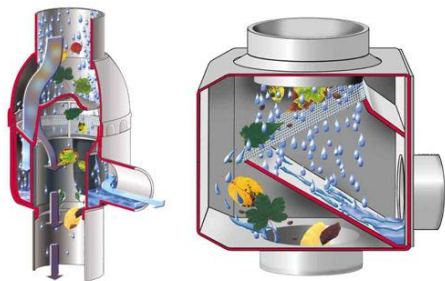
Filtrační zařízení

Dešťová voda, která odtéká ze střech, obsahuje různé nečistoty a z těchto důvodů je nutné před upotřebením vodu filtrovat. Filtry můžeme rozdělit na okapové filtrační jednotky, košíčkové filtry, samočisticí filtrační jednotky a filtry pro montáž do tlakového potrubí (Dvořáková, 2007a).

Okapové filtry

K filtraci dešťové vody od nečistot může docházet již na dešťových svodech obrázek č. 12. Takto umístěné filtry jsou používány pro svoji jednoduchost, snadnou údržbu a nízké náklady (Vieira a kol., 2013).

Jsou určeny k zachycení hrubých nečistot jako je listí, naopak jemnější částice jako je písek nebo prach, sedimentují převážně až v nádrži. Mezi okapové filtry patří filtrační podokapový hrnec obrázek č. 13 a okapový filtr, které se používají převážně pro vodu využívanou k zavlažování (Dvořáková, 2007a).



Obr. č. 12 - Svodové okapové filtry (zdroj: Dvořáková, 2007a)



Obr.č. 13 - Filtrační hrnec (zdroj: Dvořáková, 2007a)

Košíčkové filtry

Tyto filtry se používají při jakémkoliv využití dešťové vody a bývají součástí filtrační šachty nebo mohou být zavěšeny samostatně. Oproti okapovým filtrům vyžadují údržbu. Jejich výhodou je nízká cena a technická nenáročnost obrázek č. 14 a č.15 (Dvořáková, 2007a).



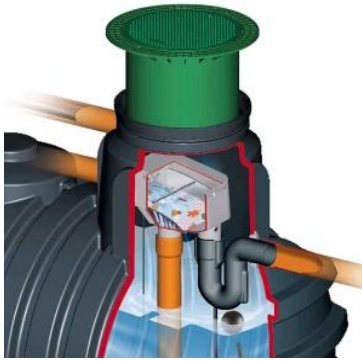
Obr. č.14 - Filtrační jednotka v interním provedení (zdroj: Dvořáková, 2007a)



Obr. č. 15 - Filtrační koš v tělese filtru (zdroj: Dvořáková, 2007a)

Samočisticí filtrační jednotky

V případě napojení přepadu jímek na kanalizaci se mohou využít samočisticí filtrační vložky. Tyto filtry fungují na principu válce nebo desky z filtračního materiálu, přes který protéká znečištěná voda. Tyto filtry mohou být umístěny v nádrži nebo samostatně mimo nádrž jak je patrné z obrázku č.16 a č. 17 (Dvořáková, 2007a).



Obr. č. 16 - Samočisticí filtr v interním provedení (zdroj: Dvořáková, 2007a)



Obr. č. 17 - Šachtový filtr (zdroj: Dvořáková, 2007a)

Filtry pro montáž do tlakového potrubí

Takovéto filtry jsou vhodné při využití dešťové vody pro toalety a pračky. Jedná se o filtry se zpětným proplachem, které zajišťují stálou dodávku filtrované vody. Jemné sítko o hustotě 0,1 mm zajišťuje snížení cizorodých částic ve vodě obrázek č. 18 (Dvořáková, 2007a).



Obr. č. 18 - Jemný filtr se zpětným proplachem pro montáž do potrubí za čerpadlem (zdroj: Dvořáková, 2007a)

Plovoucí sací soupravy

Pro zajištění čistoty nasávané vody je sací koš proveden na plovoucí hadici a je zavěšen na plováku obrázek č. 19. K nasávání vody dochází v hloubce 15 cm pod hladinou a tím je zaručena čistota vody, neboť drobné nečistoty sedimentují na dně nádrže (Dvořáková, 2007b).



Obr. č. 19 - sací souprava s plovákem (zdroj: Dvořáková, 2007b)

Přepadové sifony

Přepadové sifony slouží k odvodu vody v případě přeplnění nádrže. Přepad je chráněn proti zpětnému vzduťi vody z kanalizace, a proto bývá umístěn nad rovinou zpětného vzduťi a opatřen mřížkou proti hlodavcům. V případech, kdy není možné na potrubí před zásobníkem nainstalovat pojistné zařízení proti zpětnému vzduťi, je možné instalovat ponorné čerpadlo s plovákovým spínačem (Dvořáková, 2007b).

Čerpací zařízení užitkové vody

Ponorná čerpadla

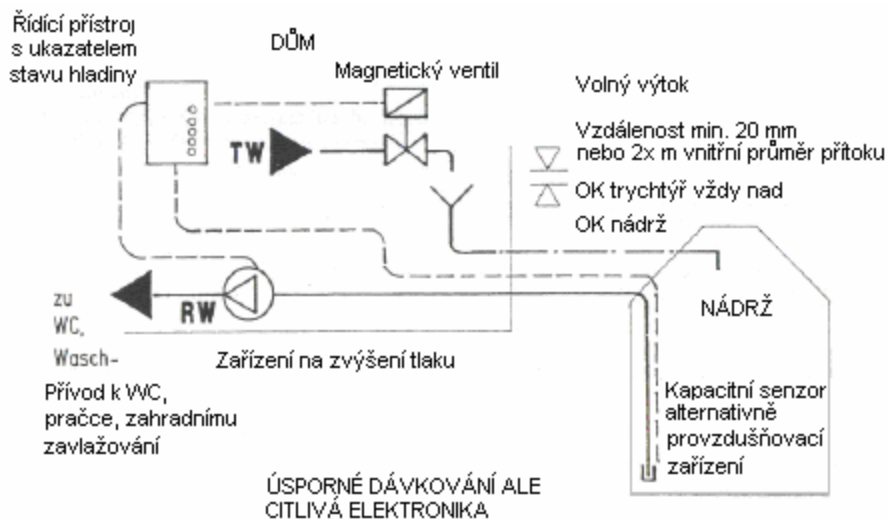
Jedná se o nejjednodušší způsob čerpání vody. Čerpadla jsou opatřena plovákovým spínačem, který v případě nedostatku vody čerpadlo vypne. Ponorná čerpadla je možné využít u systému pro závlahy (Dvořáková, 2007b).

Sací čerpadla

Čerpadla jsou umístěna vně nádrže. Tato čerpadla musí být mimo sacího koše a zpětné klapky opatřena i sacím vedením (Dvořáková, 2007b).

Řídící jednotky

V případě nedostatku dešťové vody v nádrži zajišťují její doplnění pitnou vodou. Doplnění může být prováděno buď přímo do nádrže jak je patrné z obrázku č. 20 nebo do potrubí. V obou případech však musí dojít ke splnění požadavku normy ČSN EN 1717 tj. systém pitné a dešťové vody nesmí být propojen (Dvořáková, 2007b).



Obr. č. 20 - Schéma systému doplňování pitné vody přímo do akumulční nádrže (zdroj: Dvořáková, 2007b)

3.5. Akumulace dešťové vody

Každý stavební objekt má možnost využívat dešťové vody. Vodu je možné zachytávat jak ze střechy, tak ze zpevněných ploch a následně akumulovat v nádržích (Markovič, 2012).

Množství získané dešťové vody závisí na klimatických podmínkách, počasí a sezóně (Ree-Ho Kim a kol., 2007).

Pokud se rozhodneme dešťové vody dále využívat, je vhodná akumulace v nádržích. Nádrže na akumulaci mohou být nadzemní nebo podzemní. V obou případech by nádrž měla být navržena co nejbližší místu, kde hodláme vodu využívat. Dešťové vody se mohou využívat pro splachování WC, zalévání zahrady nebo plodin. Jejich využívání snižuje náklady na úpravu pitné vody (Schets a kol., 2010).

Využití dešťové vody lze navrhnout i pro více objektů. Jako příklad lze uvést komplex čtrnácti objektů kulturního centra na Ullsteinstrasse v Berlíně obrázek č. 21, kde je podzemní nádrž o objemu 300 m³. Takto využívanou dešťovou vodou nedochází k zatěžování kanalizace a zároveň dochází k úsporám pitné vody (Nehasil, 2012).



Obr. č. 21 - Podzemní nádrž na 300 m³ dešťové vody pro toalety a zalévání. UFA Fabrik, Berlin, DE (zdroj: Nehasil, 2012)

3.5.1. Podzemní nádrže

Pro celoroční užívání dešťové vody je vhodné používat podzemní nádrže. Nádrže se umísťují do nezamrzé hloubky. Díky tomu má voda stálou teplotu a nedochází k jejímu znehodnocení. Pro rychlou montáž a snadnou manipulaci jsou vhodné plastové nádrže. Ty mohou být svařované, které je nutno ještě obetonovat, nebo lze používat monolitické samonosné nádrže např. Columbus od firmy GLYVWED obrázek č. 22, u kterých obetonování odpadá (Samek, 2013b).



Obr. č. 22 - Plastové monolitické nádrže GARANTIA Columbus, Cristall a Li-Lo (zdroj: Samek, 2013b)

U podzemních nádrží ke zhoršování kvality akumulované vody dochází pozvolněji a v zimních měsících nedochází k zamrznutí vody. Každá podzemní nádrž by měla být opatřena vstupem pro její čištění a opravy a bezpečnostním přepadem. Přepad může být řešen do kanalizace, zasakovacího zařízení nebo na terén (Samek 2013b).

Naakumulovaná dešťová voda z nepropustných povrchů, která je dále využívána, vyžaduje úpravu jako je sedimentace, filtrace a dezinfekce (Ree-Ho Kim, a kol., 2007).

Další možností kam umístit akumulační nádrž je podzemní podlaží objektu obrázek č.23. Toto umístění má v porovnání s podzemním umístěním tu výhodu, že odpadájí zemní práce a obsluha nádrže je snadnější. Překážkou však může být absence podzemního podlaží nebo jeho nevhodné dispoziční uspořádání. Další nevýhodou je velikost nádrže, která je limitována dispozicí prostoru umístění (Markovič, 2012).



Obr. č. 23 - Nádrž umístěná v rámci dispozice podzemního podlaží (zdroj: Markovič, 2012)

3.5.2. Nadzemní nádrže

Umístění nadzemní nádrže by mělo být co nejbližší u objektu, který bude zásobován srážkovou vodou obrázek č. 24. Výhodou nadzemního umístění je snadná obsluha a dostupnost. Nevýhodou nadzemních nádrží je, že zabírají část pozemku, kvalita dešťové vody je ovlivněna klimatickými podmínkami a k akumulované vodě může mít přístup hmyz (Markovič, 2012).



Obr. č. 24 - Nadzemní nádrž na dešťovou vodu (zdroj: Markovič, 2012)

Z ekonomického hlediska jsou nadzemní nádrže přijatelnější, neboť odpadají náklady na zemní práce, které jsou třeba při instalaci podzemních nádrží. Pro využití vody v domácnosti je nejvhodnější zakoupit prefabrikovanou nádrž, do které svedeme dešťové svody a osadíme čerpadlo. Dále by systém měl obsahovat řídicí jednotku a dešťové čidlo, které řídí odvod první vlny znečištěné vody, plnění a prázdnění nádrže. V domácnosti pak bývá osazena filtrační a čerpací jednotka (Yudelson, 2010).

3.5.3. Akumulace a škrcený odtok

Na kanalizační přípojce je navržena akumulární nádrž, ze které je voda vypouštěna regulovaným odtokem. Nádrž se navrhuje na dvouletý déšť a množství regulovaného odtoku určuje provozovatel kanalizace. Tímto způsobem lze předcházet přívalovým povodním, ale nedochází k podpoře malého vodního cyklu, neboť spadlé vody jsou odváděny z povodí (Nehasil, 2012).

3.6. Dešťové vody v legislativě

K dešťové vodě bychom se měli chovat jako k dědictví, které je důležité chránit a náležitě s ním nakládat.

Evropskou vodní politikou se zabývá Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000, která v čl. 11 uvádí, že - politika pro životní prostředí má přispět k prosazování cílů zachování, ochrany a zvýšení kvality životního prostředí, při uvážení a rozumném využívání přírodních zdrojů (Směrnice 2000/60/ES).

Požadavky uvedené směrnice byly převzaty a zapracovány do legislativy České republiky.

Na terminologii dešťových vod nahlíží česká legislativa nejednotně. Vodní zákon dešťovou vodu zahrnuje pod vodu povrchovou, zákon o vodovodech a kanalizacích užívá označení srážková voda a stavební zákon vody dešťové. Vždy se však jedná o atmosférické srážky, které dopadly na zemský povrch. Diplomová práce používá všechny uvedené možnosti.

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění (vodní zákon)

Vodní zákon používá pojem „srážkové vody“ a dle ustanovení § 5 odstavce 3 stanoví, že 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.

Zákon 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, v platném znění

V uvedeném zákoně se v § 12 odst. 1 uvádí, že - kanalizace musí být navrženy a provedeny tak, aby negativně neovlivnily životní prostředí, aby byla zabezpečena dostatečná kapacita pro odvádění a čištění odpadních vod z odkanalizovaného území a aby byla zabezpečena nepřetržitost odvádění odpadních vod od odběratelů této služby. Současně musí být zajištěno, aby bylo omezováno znečišťování recipientů způsobované dešťovými přívaly.

Dále se zákon o vodovodech a kanalizacích zabývá zpoplatňováním odvedených srážkových vod do jednotné kanalizace. Na druhou stranu ustanovení § 20 odst. 6 uvádí, že povinnost platit za odvádění srážkových vod do kanalizace pro veřejnou potřebu se nevztahuje na plochy dálnic, silnic, místních komunikací a účelových komunikací veřejně přístupných, ploch drah celostátních a regionálních včetně

pevných zařízení potřebných pro přímé zajištění bezpečnosti a plynulosti drážní dopravy, zoologické zahrady a plochy nemovitostí určených k trvalému bydlení a na domácnosti.

Zde je možno spatřovat i důvod, proč se v urbanizovaném území tak málo využívá dešťová voda. Zpoplatnění odváděné dešťové vody by mohlo motivovat k jejímu využívání.

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, v platném znění.

Z uvedeného zákona využívají předešlé zákony především základní pojmy, jako je stavba, změna stavby a změna stavby před jejím dokončením, které jsou uvedeny v § 2 zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, v platném znění.

Problematikou dešťové vody se podrobněji zabývá prováděcí vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území, v platném znění.

Jedná se o prováděcí vyhlášku ke stavebnímu zákonu, ve které je v § 20 odst. 5 písmeno c) uvedeno, že vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití 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 dle § 21 odst. 3 vsakování dešťových vod na pozemcích staveb pro bydlení je splněno, jestliže poměr výměry části pozemku schopné vsakování dešťové vody k celkové výměře pozemku činí v případě samostatně stojícího rodinného domu a stavby pro rodinnou rekreaci nejméně 0,4 a pro řadový rodinný dům a bytové domy 0,3.

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

Dle § 6 odst. 4 je stanoveno, že stavby, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek, musí mít zajištěno jejich odvádění, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými

látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně vsakováním. Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací.

Norma ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod, která vyšla v únoru roku 2012, je pomůckou při navrhování, provádění a provozování povrchových a podzemních vsakovacích zařízení. Podle uvedené normy se postupuje při výpočtech retenčních objemů vsakovacích zařízení. Před vydáním této normy využívali projektanti německou normu ATV-DVWK-A138.

V březnu 2013 vyšla odvětvová technická norma TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami. Dle článku 4.1.4 uvedené normy – při volbě způsobu odvodnění musí být zohledněna jeho místní proveditelnost a přípustnost, z nichž vyplyne technické řešení včetně případné nutnosti předčištění srážkových vod.

Dle článku 4.1.5 se volba způsobu odvodnění řídí těmito prioritami:

1. odvádění srážkových vod do půdního a horninového prostředí (vsakování); při jeho nedostatečné vsakovací schopnosti se vsakování kombinuje s retencí a regulovaným odtokem
2. retence a regulované odvádění srážkových vod do povrchových vod
3. retence a regulované odvádění srážkových vod jednotnou kanalizací.(TNV 75 9011).

4. Metodika

Pro zpracování diplomové práce bylo prvním krokem stanovení cíle, kterého chce práce dosáhnout a provést shromáždění odborných podkladů a literatury, ze kterých bylo možné čerpat. Na základě takto získaných podkladů byly vypracovány teoretické kapitoly rešeršní části práce. Literární zdroje byly vyhledány nejen v knihovně, ale i v elektronické podobě a to především odborné články a zahraniční články.

Návrh velikosti povrchového a podzemního vsakovacího zařízení byl proveden podle technické normy ČSN 75 90 10 Vsakovací zařízení srážkových vod. Při návrhu vsakovacího zařízení je nutné stanovit retenční objem a dobu prázdnění vsakovacího zařízení. Pro výpočty jsem použila zejména následujících částí normy ČSN 75 90 10:

6.2.2 Odvodňovaná plocha

Redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy zjistíme:

$$A_{\text{red}} = A_i \cdot q_i$$

Kde :

A_{red}redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy v m^2

A_ipůdorysný průmět odvodňované plochy určitého druhu v m^2

q_isoučinitel odtoku srážkových povrchových vod pro odvodňovanou plochu

Velikost součinitel odtoku závisí na typu povrchu odvodňované plochy a jeho hodnotu odvodíme pomocí tabulky č. 2.

6.2.3 Vsakovaný odtok

$$Q_{\text{vsak}} = 1/f \cdot k_v \cdot A_{\text{vsak}}$$

Kde.

Q_{vsak} vsakovaný odtok v m^3/s

f součinitel bezpečnosti vsaku (doporučuje se $f \geq 2$)

k_vkoeficient vsaku v m/s

A_{vsak}vsakovací plocha vsakovacího zařízení v m^2

Součinitel bezpečnosti vsaku vyjadřuje bezpečnost a předpokládané změny vsakovací schopnosti horninového prostředí. Koeficient vsaku bývá výstupem z geologického průzkumu.

Druh odvodňované plochy; druh úpravy povrchu	Sklon povrchu		
	do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
	Součinitele odtoku srážkových povrchových vod		
	ψ		
Střechy s propustnou horní vrstvou (vegetační střechy)	0,4 až 0,7 ¹⁾	0,4 až 0,7 ¹⁾	0,5 až 0,7 ¹⁾
Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě	0,7 až 0,9 ¹⁾	0,7 až 0,9 ¹⁾	0,8 až 0,9 ¹⁾
Střechy s nepropustnou horní vrstvou	1,0	1,0	1,0
Střechy s nepropustnou horní vrstvou o ploše větší než 10 000 m ²	0,9	0,9	0,9
Asfaltové a betonové plochy, dlažby se zálivkou spár	0,7	0,8	0,9
Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
Upravené štěrkové plochy	0,3	0,4	0,5
Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
Komunikace ze zatravněovacích tvárníc	0,2	0,3	0,4
Komunikace ze vsakovacích tvárníc	0,2	0,3	0,4
Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
Zatravněné plochy	0,05	0,1	0,15
¹⁾ Podle tloušťky propustné horní vrstvy (s rostoucí tloušťkou propustné horní vrstvy se součinitel odtoku srážkových povrchových vod snižuje až na uvedenou dolní mezní hodnotu).			

Tabulka č.2 - Součinitele odtoku srážkových povrchových vod (zdroj: ČSN 75 90 10)

6.2.3 Vsakovací plocha

Pro podzemní prostor s propustnými stěnami

$$A_{\text{vsak}} = L * (h_{\text{vz}}/2 + b)$$

Kde:

A_{vsak}vsakovací plocha vsakovacího zařízení v m²

Ldélka podzemního prostoru v m

h_{vz}výška propustných stěn v m

bšířka vsakovací plochy podzemního prostoru v m

Před výpočtem retenčního objemu je možné odhadnout vsakovací plochu vsakovacího zařízení ze vztahu:

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

V případě nepropustnosti stěn vsakovacího zařízení nebo pro zjednodušení se předpokládá, že vsakovací plocha je totožná s plochou dna vsakovacího zařízení.

6.2.5 Retenční objem vsakovacího zařízení

Přítok do vsakovacího zařízení je rychlejší než vsakovaný odtok, z těchto důvodů je nutné navrhnout retenční objem zařízení. Při návrhu se neuvažuje s výparem, který je ve vztahu k době prázdnění zanedbatelný. Výpočet je nutné

provést na všechny návrhové úhrny srážek od 5 minut do 72 hodin. Návrhový objem je největší objem, který je vypočítán ze vztahu:

$$V_{vz} = h_d/1000 * (A_{red} + A_{vz}) - 1/f * k_v * A_{vsak} * t_c * 60$$

Kde:

V_{vz} retenční objem v m³

h_d návrhový úhrn srážek podle přílohy A a stanovenou periodicitou podle tabulky 2 technické normy ČSN 75 9010, v mm

A_{red} redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy v m²

A_{vz} plocha hladiny vsakovacího zařízení (jen u povrchových vsakovacích zařízení), v m²

f součinitel bezpečnosti vsaku

k_v koeficient vsaku v m/s

t_c doba trvání srážky určité periodicity v min.

Pro případ přetečení vsakovacího zařízení musí být zařízení opatřeno bezpečnostním přelivem na terén, do recipientu nebo do kanalizace.

6.2.6 Doba prázdnění vsakovacího zařízení

$$T_{pr} = V_{vz} / Q_{vsak}$$

Kde:

T_{pr}doba prázdnění vsakovacího zařízení v s

V_{vz} retenční objem v m³

Q_{vsak} vsakovaný odtok v m³/s

Doba prázdnění vsakovacího zařízení nemá překročit 72 hodin.

Návrh akumulční nádrže pro využívání dešťové vody byl proveden následujícím způsobem.

Množství zachycené vody:

Pro výpočet množství zachycené vody k akumulaci použijeme vzorec (Hlavínek a kol., 2007):

$$Q_D = \psi * A * h$$

Kde:

Q_D množství zachycené srážkové vody (m³/rok)

Ψodtokový součinitel (koeficient odtoku)

A.....půdorysná plocha (m²)

h.....roční srážky (mm/rok)

Množství měsíčních a ročních srážek je možné získat u Českého hydrometeorologického ústavu nebo na srážkoměrných stanicích, jejichž seznam vede Český hydrometeorologický ústav.

Bilance potřeby vody:

Pro výpočet potřeby vody pro splachování WC byly použity hodnoty potřeby vody uvedené ve vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (dále jen „vyhláška“).

Pro výpočet potřeby vody pro závlahu byla vymezena plocha určená k závlahám a množství vody potřebné pro závlahu 1 m².

Návrh akumulční nádrže:

Pro návrh velikosti je nutné sečíst všechny potřeby vody (WC, závlaha) a zjištěné množství porovnat s množstvím, které je možné v daném místě zachytit. V případě, že zachycené roční množství bude větší než potřebné roční množství vody, je možné objem nádrže navrhnout na základě vzorce:

$$V = Q_p/12$$

V.....objem nádrže (m³)

Q_p.....celková roční potřeba vody (m³/rok)

V případě, že zachycené množství je menší než množství potřebné, je nutné chybějící množství vody dopouštět z vodovodu nebo jiného zdroje vody. Velikost nádrže se v takovém případě navrhne na optimální objem potřebné vody.

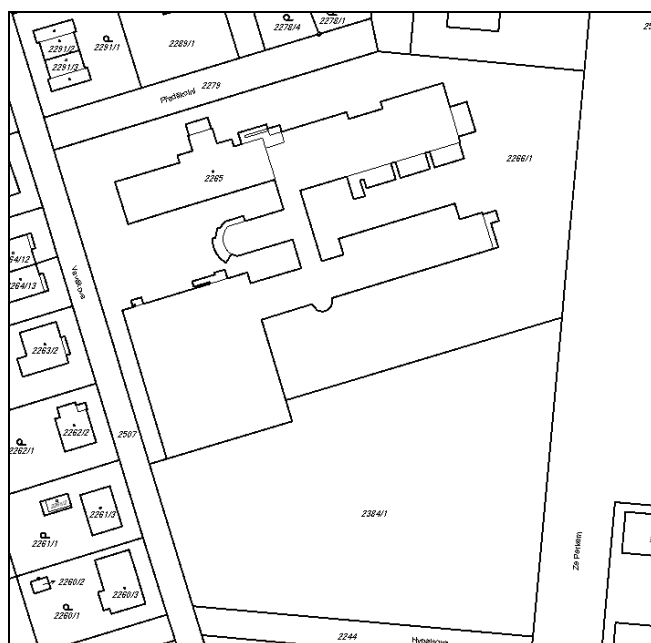
5. Návrh využití dešťových vod v areálu základní školy v městské části Praha Kunratice

5.1. Popis vybrané lokality

Městská část Praha Kunratice je jednou z městských částí hlavního města Prahy, ke kterému byla připojena v lednu 1968. Kunratice jako městská část leží na jihovýchodním okraji hlavního města Prahy a má celkovou rozlohu 809,92 ha. Téměř ve středu městské části leží areál základní školy, který je vymezen ulicemi Předškolní, Vavákova, Za parkem a Hynaisova. Areál základní školy tvoří pozemky č.parc. 2265, 2266/1 a 2384/1 k.ú. Kunratice, z toho zastavěná plocha zabírá 4 919 m² a zeleň 9 100 m² a zpevněné plochy 5 923 m². Zájmové území je vidět z obr. č 25 a 26.



Obrázek č. 25 – ZŠ Kunratice - zájmové území (zdroj. www.google.cz)



Obrázek č. 26 – Zájmové území snímek z katastrální mapy (zdroj: www.nahlizenidokn.cuzk.cz)

5.1.1. Geomorfologické, klimatologické a hydrologické poměry lokality

Katastrální území Kunratice (kód 728314, okres Praha, kraj Hlavní město Praha) leží v jihovýchodní části města Praha na pravém břehu řeky Vltavy.

Geomorfologicky se území řadí do provincie Česká vysočina, oblast Brdská oblast, celku Pražská plošina, podcelku Říčanská plošina a okrsku Úvalská plošina.

Podle klimatického členění lze lokalitu zařadit do oblasti mírně teplé, podoblasti mírně vlhké, okrsku B3 mírně vlhkému, mírně teplému, s mírnou zimou, pahorkatinovému. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 8°C. Nejdeštivější měsíc je ve stanici Praha-Uhřetěves červen a červenec s úhrnem 74 mm a ve stanici Praha-Klementinum červenec s úhrnem 70 mm. Roční průběh srážek je typicky kontinentální se značnou převahou srážek za letní měsíce a s malým množstvím srážek v zimě. Výška sněhové pokrývky je málo významná vzhledem k urbanizovanému území a je zároveň ovlivněna mikroklimatem města a lokálně i antropogenní činností zejména solením a dopravou.

Území je odvodňováno do Dolnomlýnského rybníka, kterým protéká Kunratický potok (č.h.p. 1-12-01-00060-0-00; správce povodí: Povodí Vltava státní podnik).

Z regionálně geologického hlediska je lokalita součástí proterozoika a paleozoika Barrandienu. Skalní podloží lokality a jeho blízkého okolí tvoří horniny svrchního protezoika štěchovické skupiny, která je budována sledem prachovců,

břidlic, drob a slepenců, představujícím vesměs hlubokomořské produkty usazené většinou turbiditními proudy s uplatněním podmořských skluzů. V nadloží pevných skalních hornin se nachází eluvie (zvětraliny) převážně jílovitého charakteru. Kvartérní pokryv je představován diluviálními písčitojílovitými až jílovitými sedimenty o mocnosti v řádech jednotek metrů.

Lokalita náleží hydrogeologickému rajónu základní vrstvy č. 6250 – Proterozoikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy s jedním útvarem podzemních vod č. 62500 – Proterozoikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy. Hladina podzemní vody je mírně napjatá. Koeficient vsaku lze stanovit $k_v = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

5.1.2. Historie školy

Nejstarší částí celého školního areálu je hlavní budova, která byla slavnostně otevřena 1.9.1935. V roce 1985 byly zprovozněny pavilony „Chanos“, ve kterých bylo 6 tříd, objekt družiny, kotelna a tělocvična. Z důvodu výskytu azbestu ve stěnových panelech došlo v roce 2004 k demolici pavilonů „Chanos“ a tělocvičny. Došlo i k odstranění kotelny a to z důvodu jejího nevyužívání, neboť jednotlivé objekty školy měly vlastní kotelny. Dále došlo k demolici i objektu školní družiny, který již nevyhovoval současným standardům.

Nově byla navržena dostavba základní školy Kunratice s navýšením počtu učeben, tělocvičny a univerzálního sálu. Projekt počítal i s rekonstrukcí stávající hlavní budovy a s vybudováním sportovních ploch na pozemku základní školy.

5.1.3. Popis současného stavu

V současné době areál základní školy obsahuje hlavní budovu, dva objekty, ve kterých jsou kmenové a specializované učebny, univerzální sál, úsek dílen, tělocvičnu, spojovací krčky, parkoviště a zpevněné plochy, plochy sportovišť.

Celková rozloha areálu je 19 942 m².

Areál je napojen na veřejný vodovod jednou vodovodní přípojkou. Kromě rozvodu vody do jednotlivých objektů, je ve venkovním prostoru proveden areálový rozvod určený pro zálivku zeleně a údržbu sportovišť.

Splaškové vody jsou z celého areálu odváděny třemi kanalizačními přípojkami. Z toho je jedna přípojka zaústěna do kanalizační stoky, která je vedena v ulici Předškolní, jedna je napojena do kanalizační stoky v ulici Vavákova a jedna do ulice Za Parkem.

Dešťové vody ze střech objektů jsou svedeny dešťovými svody, které jsou vedeny jak uvnitř objektů, tak po fasádě. Na vnitřních svodech jsou v 1. NP umístěny čistící kusy a potrubí je vedeno pod podlahou ven z objektů. Na svodech vedených po fasádě jsou v úrovni terénu osazeny lapače střešních splavenin. Dešťové svody se před jednotlivými objekty napojují na areálovou dešťovou kanalizaci, která se napojuje na dešťovou kanalizaci. Na areálovou dešťovou kanalizaci jsou napojena i parkoviště uvnitř školního areálu.

Dále jsou dešťové vody odváděny dvěma dešťovými přípojkami DN 250 do veřejné dešťové kanalizace v ulici Za Parkem, která je zaústěna přes dešťovou usazovací nádrž v ulici Krále Václava IV, do Kunratického potoka.

5.2. Hospodaření s dešťovou vodou v areálu

V současné době jsou dešťové vody, které dopadnou na střechy jednotlivých objektů školy, odváděny areálovou kanalizací do veřejné dešťové kanalizace. Dešťová voda, která dopadne na plochu hřišť a zpevněných ploch, je zasakována do okolních zatravněných ploch příloha č. 1.

Veškerá voda, která se ve škole spotřebuje, je pitná voda z veřejného vodovodu. K některým činnostem, jako je například splachování WC nebo závlaha zelených ploch, lze pitnou vodu nahradit vodou užitkovou a k tomu může být využita voda dešťová.

V následující části jsem navrhla řešení jak dešťovou vodu ze střech objektů zlikvidovat přírodě blízkým způsobem tj. zásakem v místě spadu. Druhou variantou je navržení využití dešťové vody v rámci areálu školy tj. nahrazení pitné vody vodou užitkovou.

5.2.1. Vsakovací zařízení

Pro vsakování dešťových vod ze střech školy jsem zvolila variantu povrchového vsakovacího zařízení a podzemního vsakování pomocí vsakovacích bloků.

Prvotní záměr jsem měla navrhnout takové zařízení, které bude veškerou dešťovou vodu ze střech objektů školy likvidovat pomocí vsaku povrchového nebo podzemního. Při výpočtu povrchového vsaku jsem zjistila, že tak velké zařízení, které výpočty vyšlo, by bylo velice náročné umístit na pozemku školy a to vzhledem k jeho současné zastavěnosti. Umístění podzemního zařízení, které by likvidovalo dešťovou vodu ze všech objektů školy, by bylo možné provést pod stávajícím parkovištěm.

Vzhledem ke zjištěným skutečnostem jsem zvolila kombinace obou těchto způsobů likvidace dešťové vody. Vycházela jsem ze stávajícího vedení areálové dešťové kanalizace a napojení jednotlivých střech na tuto kanalizaci. Objekty SO 2b, SO 2e a část střechy SO 2f jsou napojeny na jednu větev dešťové kanalizace. Pro tyto objekty jsem navrhla povrchové vsakování pomocí vsakovacího průlehu se zvýšeným retenčním objemem v rýze. Pro zbývající objekty SO 2a, SO 2c, SO 2d a část SO 2f jsem navrhla likvidaci dešťové vody pomocí podzemního vsakovacího zařízení tvořeného vsakovacími bloky. Návrh umístění obou zařízení je zakreslen v příloze č. 2.

Výpočty pro obě zařízení jsem provedla podle normy ČSN 75 9010, kde v tabulce A1 a A2 jsou uvedeny hodnoty návrhových úhrnných srážek a zvolila si nejbližší místo tj. Prahu –Hostivař. Periodicitu jsem zvolila $p = 0,2$ (rok⁻¹), která udává, že daný déšť se vyskytne jednou za 5 let. Na nejvyšší vypočtený objem jsem navrhla velikost vsakovacího zařízení.

Vsakovací průleh s rýhou

Vstupní údaje:

Redukovaná odvodňovaná plocha tab. č. 5 - $A_{red} = 1198 \text{ m}^2$

Součinitel bezpečnosti vsaku $f = 2$

Uvažovaná periodičita srážek $p = 0,2/\text{rok}$

Koeficient vsaku $k_v = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

Odhad vsakovací plochy

$$A_{\text{vsak}} = 0,1 * A_{\text{red}} = 0,1 * 1198 = 119,8 \text{ m}^2$$

Stanovení retenčního objemu:

Doba trvání srážky t_c (min)	výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení	retenční objem vsakovacího zařízení V_{vz} (m ³)
5	$11,3/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 5 * 60$	14,7
10	$16,5/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 10 * 60$	21,3
15	$19,5/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 15 * 60$	25,1
20	$21,1/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 20 * 60$	27,1
30	$23,2/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 30 * 60$	29,5
40	$24,7/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 40 * 60$	31,1
60	$26,9/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 60 * 60$	33,3
120	$30,6/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 120 * 60$	36,3
240 (4)	$36,6/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 240 * 60$	39,6
360 (6)	$42,5/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 360 * 60$	43,3
480 (8)	$43,2/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 480 * 60$	39,6
600 (10)	$43,8/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 600 * 60$	36,1
720 (12)	$44,5/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 720 * 60$	32,7
1080 (18)	$46,4/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 1080 * 60$	22,3
1440 (24)	$46,9/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 1440 * 60$	10
2880 (48)	$58,9/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 2880 * 60$	-25,8
4320 (72)	$62,5/1000 * (1198+119,8) - 5 * 10^{-6} * 119,8 * 4320 * 60$	-73,5

Tab. č. 3 – Výpočet retenčního objemu povrchového vsakování (zdroj: Šotolová)

Stanovení retenčního objemu vsakovacího zařízení jsem provedla výpočtem, který je v tab. č. 3. Největší vypočtený retenční objem se považuje za návrhový objem v daném případě 43,3 m³.

Velikost vsakovacího zařízení

Pokud je vsakovací zařízení vyplněno štěrkem, je nutné při výpočtu velikosti zohlednit pórovitost, která je dána $m = 0,3$.

Celkový objem se vypočítá ze vztahu: $W = V_{vz}/m$ (m³)

$$W = V_{vz}/m = 43,3 / 0,3 = 143 \text{ m}^3$$

Hloubka zařízení se vypočítá $h = W / A_{\text{vsak}}$ (m)

Délka a šířka musí odpovídat vsakovací ploše. Pro povrchový vsak jsem navrhla vsakovací průleh se zvýšeným retenčním objemem v rýze. Rozměr průlehu s rýhou bude délky 20 m, šířky 6 m a hloubky 1,1 m. Rýha bude vyplněna štěrkem o velikosti 16/32 mm.

Stanovení doby prázdnění vsakovacího zařízení

$$Q_{\text{vsak}} = 1/f * k_v * A_{\text{vsak}} = 5 * 10^{-6} * 119,8 = 5,99 * 10^{-4}$$

$$T_{pr} = V_{vz} / Q_{vsak} = 43,3 / 5,99 \cdot 10^{-4} = 71\,786 \text{ s} = 20 \text{ h}$$

Doba prázdnění navrženého vsakovacího zařízení je 20 hodin, což je méně než stanovených 72 hodin. Navržený retenční objem je v souladu se stanovenými podmínkami.

Podzemní vsakování pomocí vsakovacích bloků

Vstupní údaje

Redukovaná odvodňovaná plocha tab. č. 5 - $A_{red} = 2333 \text{ m}^2$

Součinitel bezpečnosti vsaku $f = 2$

Uvažovaná periodičita srážek $p = 0,2/\text{rok}$

Koeficient vsaku $k_v = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

Odhad vsakovací plochy

$A_{vsak} = 0,1 \cdot A_{red} = 0,1 \cdot 2333 = 233,3 \text{ m}^2$

Stanovení retenčního objemu:

Doba trvání srážky t_c (min)	výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení	retenční objem vsakovacího zařízení $V_{vz}(\text{m}^3)$
5	$11,3/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 5 \cdot 60$	26
10	$16,5/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 10 \cdot 60$	37,7
15	$19,5/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 15 \cdot 60$	44,4
20	$21,1/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 20 \cdot 60$	47,8
30	$23,2/1000 \cdot (3531 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 353,1 \cdot 30 \cdot 60$	52
40	$24,7/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 40 \cdot 60$	54,8
60	$26,9/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 60 \cdot 60$	58,5
120	$30,6/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 120 \cdot 60$	62,9
240 (4)	$36,6/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 240 \cdot 60$	68,5
360 (6)	$42,5/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 360 \cdot 60$	73,9
480 (8)	$43,2/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 480 \cdot 60$	67,2
600 (10)	$43,8/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 600 \cdot 60$	60,1
720 (12)	$44,5/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 720 \cdot 60$	53,4
1080 (18)	$46,4/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 1080 \cdot 60$	32,6
1440 (24)	$46,9/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 1440 \cdot 60$	8,6
2880 (48)	$58,9/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 2880 \cdot 60$	-64,2
4320 (72)	$62,5/1000 \cdot (2333 + 0) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 233,3 \cdot 4320 \cdot 60$	-156,5

Tab. č. 4 – Výpočet retenčního objemu podzemního vsakování (zdroj: Šotolová)

Stanovení retenčního objemu vsakovacího zařízení jsem provedla výpočtem, který je v tab. č. 4. Největší vypočtený retenční objem se považuje za návrhový objem v daném případě $73,9 \text{ m}^3$

Velikost vsakovacího zařízení

Pokud je vsakovací zařízení sestaveno z prefabrikovaných bloků stanoví jeho retenční schopnost výrobce. V případě použití vsakovacích boxů AS-NIDAFLOW, jejichž výrobcem je společnost ASIO, spol. s r.o. odpovídá $m = 0,95$.

Celkový objem se vypočítá ze vztahu: $W = V_{vz}/m \text{ (m}^3\text{)}$

$$W = V_{vz}/m = 73,9 / 0,95 = 77,8 \text{ m}^3$$

Na vsakovací zařízení o celkovém objemu $77,8 \text{ m}^3$ bude potřeba celkem 250 ks vsakovacích bloků, kde každý blok má rozměr 2 400/1 200/520 mm.

Stanovení doby prázdnění vsakovacího zařízení

$$Q_{vsak} = 1/f * k_v * A_{vsak} = 5 * 10^{-6} * 233,3 = 1,166 * 10^{-3}$$

$$T_{pr} = V_{vz} / Q_{vsak} = 73,9 / 1,166 * 10^{-3} = 63\,379 \text{ s} = 17,6 \text{ h}$$

Doba prázdnění navrženého vsakovacího zařízení je 17,6 hodin, což je méně než stanovených 72 hodin. Navržený retenční objem je v souladu se stanovenými podmínkami.

Jak jsem již výše uvedla, přítok do vsakovacího zařízení je rychlejší než vsakovací odtok a z těchto důvodů je nutné navrhnout retenční objem na největší vypočítaný objem. Zároveň ale s délkou deště klesá jeho intenzita a tím dochází ke snížení přítoku do vsakovacího zařízení. Z těchto důvodů při navrženém retenčním objemu vychází některé hodnoty retenčního objemu vsakovacího zařízení v záporných hodnotách.

5.2.2. Využití dešťové vody

Dešťovou vodu, která dopadne na střechy objektů školy, je možné také akumulovat a následně využívat k některým činnostem, při kterých lze pitnou vodu nahradit vodou užitkovou.

Výpočet množství dešťové vody

Nejprve zjistím, jaké množství dešťové vody může být v areálu základní školy zachyceno. Pro výpočet je zapotřebí znát množství srážek, které v dané lokalitě spadne, velikost plochy střech a zpevněných ploch, ze kterých bude dešťová voda akumulována, a koeficient odtoku (tzv. součinitel odtoku), který je závislý na druhu odvodňované plochy.

Všechny střechy v areálu základní školy jsou tvořeny vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě se spádem do 5%. Celková plocha všech střech objektů je 3 922 m² z toho objekt SO-2f má plochu 1701 m², objekt SO-2e má plochu 167 m², objekt SO-2b má plochu 813 m², objekt SO-2a má plochu 866 m², objekt SO-2c má plochu 240 m² a objekt SO-2d má plochu 135 m².

V areálu základní školy jsou zároveň i sportovní plochy, jejichž povrch je tvořen umělým vodopropustným povrchem. Pro výpočty v diplomové práci jsem vybrala pouze sportoviště SO-4c, jehož plocha je 1622 m².

Pro určení množství ročních srážek, které na území spadne, jsem použila údaje Českého hydrometeorologického ústavu a to údaj ročního dlouhodobého srážkového úhrnu, který je pro Prahu 588 mm. Pro další výpočty je nutné si tento údaj převést na hodnotu 0,588 l / m²/rok.

Z uvedených údajů jsem následně zjistila, jaké množství dešťové vody dopadne na jednotlivé redukované plochy. Součtem jednotlivých množství jsem zjistila celkové množství dešťové vody, které je možné v areálu zachytit. Všechny hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 5.

označení plochy	výměra A m ²	koeficient odtoku	redukovaná výměra A_{red} m ²	srážky h l/m ² /rok	množství Q m ³
hřiště SO-04	1622	0,7	1136	0,588	668
střecha SO-2a	866	0,9	780	0,588	459
střecha SO-2b	813	0,9	732	0,588	430
střecha SO-2c	240	0,9	216	0,588	127
střecha SO-2d	135	0,9	122	0,588	72
střecha SO-2e	167	0,9	150	0,588	88
střecha SO-2f	1701	0,9	1531	0,588	900
celkem Q_d	5544		4667	0,588	2744

Tabulka č. 5 - množství zachycené dešťové vody (zdroj: Šotolová)

Na uvedených plochách je možné za kalendářní rok zachytit 2 744 m³ dešťové vody.

Výpočet potřeby vody

Následujícím krokem je výpočet potřebného množství vody pro splachování WC a pro závlahu, neboť v těchto případech je možné pitnou vodu nahradit vodou užitkovou.

Bilance potřeby užitkové vody pro splachování WC

Pro stanovení potřeby užitkové vody pro toalety jsem vycházela z vyhlášky č. 428/2001 Sb.. V příloze č. 12 vyhlášky jsou uvedena směrná čísla roční potřeby vody pro veřejné budovy a školy. Pro školy (bez stravování) je uvedena základní potřeba vody na jednu osobu (žáka, učitele, pracovníka) při průměru 200 pracovních dnů za rok na WC a umyvadla 3 m^3 (vyhláška 428/2001).

Dále je nutné znát celkový počet osob, které docházejí do základní školy. Ve výroční zprávě základní školy je uvedeno, že školu navštěvuje 630 žáků a učitelů a ostatních zaměstnanců školy je 100.

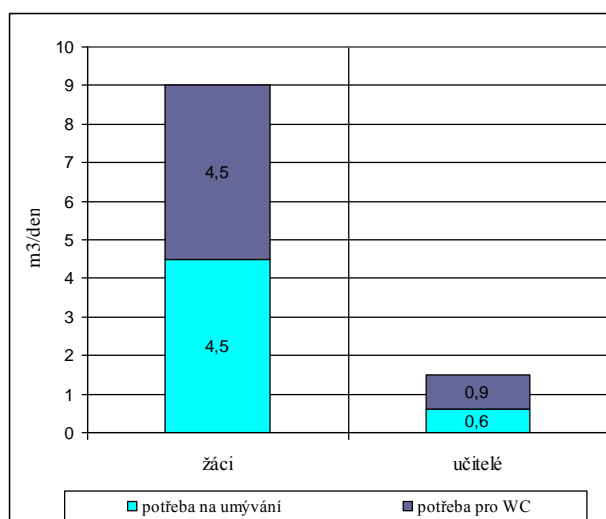
Ze získaných údajů jsem odvodila potřebu vody na osobu a den, která je 15 l/os/den. Z tohoto množství jsem zjistila, že potřeba vody na žáky navštěvujících školu je $9 \text{ m}^3/\text{den}$ a na učitele a ostatní zaměstnance $1 \text{ m}^3/\text{den}$. Ze zjištěných hodnot je dále potřeba stanovit, jaké množství vody se spotřebuje na splachování WC, neboť vyhláška udává potřebu vody na WC a umyvadla. Proto jsem si stanovila, že žáci z množství potřeby vody na jeden den, potřebují 50% na splachování WC a 50% na mytí rukou v umyvadle. U učitelů a zaměstnanců školy jsem si stanovila poměr na splachování WC 40% a 60% na použití v umyvadle, neboť se domnívám, že učitelé a zaměstnanci potřebují více pitné vody, kterou využívají nejen na mytí rukou ale i na jiné potřeby např. vaření kávy, čaje, umývání ovoce a zeleniny, zalévání květin v budově školy.

Z takto vypočítaných hodnot jsem vypočítala potřebu vody na splachování WC pro žáka a pro učitele a zaměstnance školy a to jak na jeden den, tak na jeden měsíc. Měsíční hodnoty jsou vypočítány pouze na 20 pracovních dní, což vychází z vyhlášky č. 428/2001, kde je potřeba na jednu osobu při 200 dnech a kdy školní rok má 10 měsíců.

Z uvedených vstupních údajů jsem získala výsledek, kterým je, že potřeba užitkové vody na splachování WC na žáky je $90 \text{ m}^3/\text{měsíc}$ a na učitele a zaměstnance $12 \text{ m}^3/\text{měsíc}$, dohromady tedy $102 \text{ m}^3/\text{měsíc}$. Potřeba vody na splachování WC je za školní rok 1020 m^3 a za kalendářní 1224 m^3 . Získané údaje jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č. 6 a grafu č. 27.

osoby	počet osob	potřeba celkem	průměrná spotřeba na 1 školní den	specifická potřeba pro WC na osobu			
				%	m ³ /den	dny	m ³ /měsíc
žáci	600	15	9	50	4,5	20	90
učitelé	100	15	1,5	40	0,6	20	12
celkem	700	15	10,5		5,1		102

Tabulka č. 6 - Bilance potřeby užitkové vody na splachování WC (zdroj: Šotolová)



Graf č. 27 - Bilance potřeby užitkové vody na splachování WC (zdroj: Šotolová)

Bilance potřeby užitkové vody pro závlahu

Další potřebnou hodnotou pro následující výpočty a návrhy, je množství vody potřebné na závlahu.

Pro závlahu zatravněných ploch bude navržen automatický zavlažovací systém. Potrubí zavlažovacího systému bude vedeno pod terénem, kde budou i výsuvné postřikovače. Postřikovače jsou vysouvány díky centrální ovládací jednotce, která zároveň otvírá i přívod vody do systému. V případě deště bude systém opatřen automatickým čidlem srážek, které systém vypne.

Závlahu je možné provádět i v nočních hodinách, kdy za optimální dobu je považována 5 hodina ranní. V té době je výpar nejnižší a může dojít až 30% úspore vody. V případě srážek nebo dostatečné vlhkosti zeminy se systém nebude zapínat.

Nejvýhodnější návrh automatického zavlažovacího systému bude třeba si nechat navrhnout odborníkem. Rozhodující pro kvalitní návrh bude nejen zdroj vody, ale i směr převládajícího větru, zastínění pozemku, rozmístění dřevin.

Zavlažování bude účinnější, pokud zavlažovací cyklus bude rozdělen na několik kratších úseků, mezi kterými bude ponechána časová prodleva. Díky tomu dojde k vsáknutí veškeré závlahové vody (ITTEC s.r.o., www.ittec.cz)

Plocha, pro kterou uvažují závlahu, má velikost 5700 m² a je tvořena travním porostem. Jedná se pouze o část školního areálu, kterou je pozemek 2266/1 k.ú. Kunratice bezprostředně přiléhající k jednotlivým objektům školy. Pro ostatní zelené plochy areálu závlaha navržena nebude, neboť se jedná o plochy mezi sportovišti. Do těchto přilehlých travnatých ploch jsou v současné době svedeny dešťové vody ze zpevněných ploch sportovišť, a tudíž jejich další závlaha není nutná.

Potřeba vody na zavlažování travnatých ploch je 6 l/m²/den. Závlaha trávníků je uvažována od května do září tj. 5 měsíců. Potřeba vody na závlahu je uvedena v tabulce č. 7.

plocha m ²	potřeba vody l/m ² /den	denní potřeba m ³ /den	měsíční potřeba m ³ /měsíc
5 700	6	34,2	1 026

Tabulka č. 7 - Bilance potřeby vody na závlahu (zdroj: Šotolová)

Ze zjištěných údajů jsem vypočítala potřebu vody na zavlažování, která je 1 026 m³/měsíc, z toho vyplývá, že na závlahu po dobu 5 měsíců je zapotřebí $Q_1 = 5\,130\text{ m}^3$.

Celkové množství vody pro závlahu je potřebné snížit o množství vody, která přirozeně naprší na zavlažovanou plochu. V období od května do září na zavlažovanou plochu dle dlouhodobého srážkového úhrnu (tabulka č. – období 1961-1990) naprší 290 mm, což odpovídá 0,290 l/m². Na zavlažované plochy naprší: $Q_2 = A * h = 5700 * 0,290 = 1653\text{ m}^3$

Dále je třeba potřebné množství snížit o dešťovou vodu, která do zatravněných ploch steče z ploch zpevněných (chodníky, nástupní plochy, parkoviště). Velikost zpevněných ploch je 1330 m² s povrchem ze zámkové dlažby, kde součinitel odtoku je 0,8 (asfaltové a betonové plochy, dlažba se záhlavím spár do sklonu povrchu 5% - viz tabulka č. Součinitele odtoku srážkových vod) a naprší 588 mm, což odpovídá 0,588 l/m²/rok (tabulka č. – období 1961-1990). Množství dešťové vody, které steče ze zpevněných ploch na zatravněné plochy, je $Q_3 = A * q * h = 1330 * 0,8 * 0,588 = 625,6\text{ m}^3$

Pro zjištění potřeby vody na závlivku, je zapotřebí od celkové potřeby vody odečíst vodu, která na zavlažovanou plochu naprší a vodu, která na zavlažovanou plochu steče ze zpevněných ploch. Pro závlahu na pět měsíců tedy potřebujeme $Q_z = Q_1 - Q_2 - Q_3 = 5130 - 1653 - 625,6 = \underline{2851 \text{ m}^3} = \underline{570 \text{ m}^3/\text{měsíc}}$

5.2.3. Návrh akumulční nádrže

Pro zachycení dešťové vody a k její akumulaci s následným využitím je nutné navrhnout akumulční nádrž. Vzhledem k množství akumulované vody a tudíž k velikosti nádrže se bude jednat o betonovou podzemní nádrž. Nádrž bude podzemní jednak z důvodu, že podzemní nádrže zaručují lepší hygienické podmínky pro akumulovanou vodu, jednak z důvodu zajištění celoročního provozu. U nadzemních nádrží je provoz vyloučen při teplotách, které klesnou pod 0°C. Další výhodou podzemních nádrží je, že je zamezeno výrazným změnám teploty vody a vystavení slunečnímu svitu, čímž nedochází k rozvoji mikroorganismů. Jako nejvhodnější prostor pro umístění nádrže je stávající parkoviště v severovýchodní části areálu, což je parné z přílohy č. 3..

Akumulční nádrž lze navrhnout jako prefabrikovanou nebo monolitickou železobetonovou s provedením přímo na místě.

Prefabrikovaná nádrž

Nádrž je možné provést z prefabrikovaného stavebnicového systému DYWIDAG od společnosti Consoils CZ a.s., který umožňuje provedení nádrže různých rozměrů, tvarů a objemů. Jednotlivé nádrže se provádí buď obdélníkové o objemu 25 – 180 m³ nebo oválné o objemu od 30 do 300 m³ obr. č. 28.

Provedení nádrže

Nádrž se osadí do stavební jámy na šterkové lože o tloušťce 100 mm. Jednotlivé železobetonové díly se na místě montují pomocí autojeřábu. Jednotlivé prvky se spojují pomocí svorníků a vkládaného těsnění. Vstupní šachta se osazuje po sestavení nádrže a na závěr se provede závlivka svorníků. Následně nádrž již nepotřebuje další stavební práce.

Konstrukční systém

Nádrž je provedena jako montovaná železobetonová obrázek č. , sestavená z U-dílů, stropních desek, šachtové nástavby a poklopu. Jednotlivé části jsou vyrobeny z betonu C 35/45 XF4. Montovaný systém vany nádrže využívá patentované spoje DYWIDAG (těsnění kvality NBR). Jedná se o nepropustný systém, který lze využít i při vysoké hladině spodní vody. Stropní desky jsou na stěny nádrže položeny přes plastické těsnění Egoferm, čímž je zabráněno pronikání zemní vlhkosti do nádrže. Konstrukce nádrže a stropů je staticky dimenzována na možnost pojezdu silniční dopravou (Consolis CZ a.s.).



Obr. č. 28 - montovaná železobetonová nádrž (zdroj: www.dwpt)

Monolitická nádrž

Další možností provedení akumulční nádrže je provést betonáž přímo na místě v otevřeném výkopu. V takovém případě ještě před začátkem realizace, je nutné projekčně nádrž navrhnout a to především tloušťku stěn, dna a stropu s návrhem jejich vyztužení.

Po provedení šterkového lože by nejprve došlo k vybetonování dna nádrže, následně by probíhala betonáž stěn a na závěr betonáž stropu. Po vybetonování a odstranění bednění by následovalo provedení hydroizolací, jak uvnitř nádrže tak vně. Mezi jednotlivými fázemi výstavby by musely být zachovány předepsané technologické přestávky.

Velikost nádrže jsem se rozhodla navrhnout ve třech variantách, z toho první varianta počítá s využitím dešťové ze střech a sportoviště pro splachování WC a závlahu. Druhá a třetí varianta uvažuje pouze s využitím dešťových vod ze střech objektů školy a to v druhé variantě pouze na splachování WC a v třetí variantě na splachování WC a závlahu.

Varianta 1- využití dešťové vody ze střech a sportoviště pro splachování WC a závlahu

U této varianty jsem se rozhodla, že velikost akumulční nádrže bude odpovídat měsíční potřebě užitkové vody pro splachování i závlahu.

Pro výpočet velikosti objemu jsem sečetla měsíční potřebu užitkové vody na splachování WC, které je 102 m^3 , která je uvedena v tabulce č 6 a na závlahu, která je 570 m^3 .

$$V_1 = Q_z + Q_{WC}$$

V_1 objem nádrže (m^3)

Q_z měsíční potřeba vody pro závlahu (m^3)

Q_{WC} ... měsíční potřeba vody pro splachování WC (m^3)

$$V_1 = 570 + 102 = 672 \text{ m}^3$$

Uvedeným výpočtem jsem zjistila, že objem nádrže, který by pokryl současně měsíční potřebu užitkové vody na splachování WC a závlahu, by měl být **672 m^3** .

Dále jsem ověřila, zda je požadované množství možné z uvedených ploch zachytit. V tabulce č. 5 je uvedeno množství dešťové vody, které dopadne na plochu

sportoviště a střechy za jeden rok tj. $Q_d = 2744 \text{ m}^3$. Součtem potřeby vody na splachování $Q_{WC} = 1224$ a potřeby vody na závlahu $Q_z = 2851$ jsem získala celkové množství vody $Q_p = 3871 \text{ m}^3$.

$$Q_d = 2744 \text{ m}^3/\text{rok} < Q_p = 3871 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Z uvedeného vyplývá, že roční potřeba vody je větší než množství zachycené vody. V tomto případě bude nutné chybějící množství vody dopouštět.

Varianta č. 2 – využití dešťové vody ze střech pro splachování WC

Tato varianta řeší využití dešťové vody jen na splachování WC a to s využitím dešťové vody pouze ze střech.

Celková potřeba užitkové vody na splachování WC je uvedena v tabulce č. 6. Potřeba užitkové vody na splachování WC je $102 \text{ m}^3/\text{měsíc}$ tj. $Q_{WC} = 1224 \text{ m}^3/\text{rok}$. Cílem této varianty je navržení velikosti akumulční nádrže tak, aby velikost odpovídala měsíční potřebě užitkové vody. Velikost nádrže se počítá z měsíční potřeby vody podle vzorce (Hlavínek a kol. 2007) :

$$V_2 = Q_{WC}/12 \text{ za podmínky, že } Q_s > Q_{WC}$$

V_2objem akumulční nádrže (m^3)

Q_{WC}celková roční potřeba užitkové vody (m^3/rok)

Q_sroční množství dešťové vody ze střech (m^3/rok)

Opět jsem ověřila zda zachycené množství pokryje roční potřebu vody.

$$Q_d = 2076 \text{ m}^3/\text{rok} > Q_{WC} = 1224 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Z uvedeného vztahu vyplývá, že pro pokrytí ročního množství užitkové vody na splachování WC postačí zachycená dešťová voda ze střech, neboť došlo ke splnění podmínky $Q_s > Q_{WC}$ což znamená, že roční potřeba užitkové vody je menší než množství zachycené vody. Je tedy možné použít uvedený vzorec pro výpočet velikosti nádrže.

$$V_2 = 1224/12 = 102 \text{ m}^3/\text{měsíc}$$

Velikost akumulční nádrže na užitkovou vodu, která by pokryla potřebu vody na splachování WC, bude **102 m^3** .

Varianta č. 3 – využití dešťové vody ze střech pro splachování WC a závlahu

V této variantě jsem se rozhodla velikost akumulární nádrže navrhnout aby pokryla měsíční potřebu vody na splachování WC s možností využívání i pro závlahu s tím, že nedostatek užitkové vody bude dopouštěn ze stávající studny.

K této variantě mě vedlo několik důvodů. Jedním z nich bylo zjištění, že roční srážky nepokryjí potřebu užitkové vody pro splachování WC a závlahu. Dalším důvodem je fakt, že celkové množství užitkové vody není nutné mít zajištěno v průběhu celého roku. Pro splachování WC bude užitková voda využívána především během školního roku, to je v měsících leden až červen a září až prosinec. Pro závlahu jsem s potřebou vody uvažovala od měsíce května do září. Kritickými měsíci tedy budou květen, červen a září, kdy bude potřeba užitkové vody, jak ke splachování WC, tak k závlahám.

Takto velkou akumulární nádrž bude v případě nedostatku dešťové vody možno dopustit vodou z vodovodního řádu nebo ze studny. Při obstarávání podkladů pro vypracování diplomové práce, jsem zjistila, že na pozemku areálu školy je kopaná studna, která není v současné době využívána. Proto bych pro dopouštění užitkové vody do nádrže volila dopouštění ze studny.

Velikost akumulární nádrže bude taková, aby především pokryla měsíční potřebu užitkové vody pro splachování WC. Požadovaný objem jsem ještě navýšila o dvoudenní potřebu vody pro závlahu.

$$V_3 = Q_{WC} + (Q_z/30)*2$$

V_3objem akumulární nádrže (m^3)

Q_{WC}celková roční potřeba užitkové vody (m^3/rok)

Q_z měsíční potřeba vody pro závlahu (m^3)

$$V_3 = 102 + (570/30)*2 = 140 m^3$$

Pro variantu č. 3 jsem navrhla nádrž o velikosti **140 m³**. V akumulární nádrži bude osazen plovák, který v případě nedostatku vody sepne čerpadlo ve studni a tím dojde k dopuštění potřebné vody. Zařízení bude uzpůsobeno tak, aby došlo jen k částečnému dopuštění např. pokrytí dvoudenní potřeby vody, a tak v nádrži zůstane volný akumulární prostor pro možné akumulování vody v případě deště.

Výpočet ceny vsakovacího zařízení

Vsakovací průleh – rýha bude proveden jako mělké vsakovací zařízení se zatravněnou humusovou vrstvou a s rýhou, která zvyšuje vsakovací schopnosti průlehu. Rýha bude provedena pod průlehem a bude vyplněna štěrkem o zrnitosti 16/32 mm. Celý prostor se štěrkem bude kryt geotextilií, aby bylo zabráněno zanášení štěrku drobnými částicemi z okolní půdy.

Voštinové bloky umožňují vytvořit podzemní prostor, ve kterém se voda akumuluje a postupně vsakuje. Každý blok je na horní a spodní straně opatřen propustnou geotextilií, která chrání před zanesením nečistot. Vsakovací bloky je možné pokládat na rovné dno výkopu bez dalších úprav. Celé vsakovací zařízení je chráněno před zanášením z okolní půdy geotextilií. Po dokončení sestavy bloků a zakrytím geotextilií, se provede konečný zásyp. Při zásypu je nutné dbát na to, aby zemina neobsahovala ostré kameny a nedošlo k poškození geotextilie (ASIO, spol. s r.o., 2015).

Cena celého vsakovacího zařízení je uvedena v tabulce č. 8. Pro výpočet ceny podzemního vsakovacího zařízení sestaveného z boxů AS-NIDAFLOW jsem použila ceny uvedené v ceníku společnosti ASIO, spol s r.o.. Ostatní ceny, jako je doprava, zemní práce, cena štěrku a geotextilie, jsem stanovila průměrem cen několika společností, které prodávají uvedený materiál a působí v Praze a nejbližším okolí.

materiál	jednotková cena (Kč)	množství (ks,m ³ , hod.)	celková cena (Kč)
boxy AS-NIDAFLOW	5 990	250	1 497 500
geotextilie	1 365	7	9 555
štěrk 16/32	468	142	66 456
doprava štěrku	1 200	120	36 000
zemní práce	2 000	399	798 000
celkem			2 407 511

Tabulka č. 8 – Výpočet ceny vsakovacího zařízení (zdroj: Šotolová)

Cena vsakovacího zařízení (podzemního i povrchového), které zajistí likvidaci dešťové vody ze střech objektů základní školy je 2 407 511 Kč tj. 2 913 088 Kč s DPH.

Výpočet ceny akumulační nádrže

Ve všech třech variantách by se jednalo o podzemní akumulační nádrž provedenou ze železobetonu.

Pro výpočet ceny monolitické nádrže byla zvolena jednotková cena 6 000 Kč/m³, která v sobě zahrnuje zemní práce, materiál a provedení nádrže a zasypání nádrže (konzultováno s autorizovaným projektantem).

Cena prefabrikované nádrže byla získána od výrobce nádrží. Jím uváděna cena je cena nádrže i s dopravou a DPH. V ceně nejsou zahrnuty zemní práce, úprava podloží a následné zasypání nádrže. Na tyto práce jsem k ceně nádrže připočítala 30 % z ceny nádrže s tím, že tato částka chybějící náklady pokryje.

Varianta 1 - objem nádrže 672 m³

Monolitická nádrž - jednotková cena 6 000 Kč/m³

$$672 * 6\,000 = 4\,032\,000 \text{ Kč}$$

Cena monolitické nádrže **4 032 000 Kč**

Prefabrikovaná nádrž

cena nádrže 2 240 000 Kč

$$\text{cena zemních prací } 2\,240\,000 * 0,3 = 672\,000$$

celková cena **2 912 000 Kč**

Varianta 2 - objem nádrže 102 m³

Monolitická nádrž - jednotková cena 6 000 Kč/m³

$$102 * 6\,000 = 612\,000 \text{ Kč}$$

Cena monolitické nádrže **612 000 Kč**

Prefabrikovaná nádrž

cena nádrže 470 000 Kč

$$\text{cena zemních prací } 470\,000 * 0,3 = 141\,000$$

celková cena **611 000 Kč**

Varianta 3 - objem nádrže 140 m³

Monolitická nádrž - jednotková cena 6 000 Kč/m³

$$140 * 6\,000 = 840\,000 \text{ Kč}$$

Cena monolitické nádrže **840 000 Kč**

Prefabrikovaná nádrž

cena nádrže 585 000 Kč

$$\text{cena zemních prací } 585\,000 * 0,3 = 217\,800$$

celková cena **802 800 Kč**

Akumulační nádrž jsem navrhla v místě stávajícího parkoviště SO-3, což je zakresleno v příloze č. 3. Bude provedena jako podzemní železobetonová nádrž o rozměrech odpovídajících zvolenému objemu. Dešťové vody do nádrže budou svedeny stávající areálovou dešťovou kanalizací, na které před zaústěním do nádrže budou provedeny vstupní šachty s kalovým prostorem pro zachycení jemných nečistot. Dále nádrž bude opatřena bezpečnostním přepadem, který bude napojen na stávající dešťovou kanalizační přípojku a tím bude zamezeno možnému přetečení nádrže.

V nádrži bude osazeno čerpadlo, které bude přes řídicí jednotku napojeno na nové rozvody užitkové vody v jednotlivých objektech školy. Náklady na nové rozvody užitkové vody i s prací jsem na základě zjištění ceny materiálu a práce pro celou základní školu odhadla na 800 000 Kč.

Dále bude v nádrži umístěno čerpadlo, na které bude napojen zavlažovací systém. Cena nového zavlažovacího systému pro uvažované plochy dle sdělení společnosti, která se zabývá výhradně závlahami a zavlažovací systémy i realizuje, byla navržena 380 000 Kč.

Pro dopouštění akumulační nádrže v případě nedostatku vody bude vybudováno potrubí mezi stávající studnou a akumulační nádrží.

5.2.4. Výše stočného za odvádění dešťových vod

Odvod dešťových vod do kanalizace v současné době pro základní školu není zpoplatněn. Přesto jsem provedla výpočet výše stočného, které by bylo základní škole fakturováno v případě jeho hrazení.

Způsob výpočtu množství odváděných srážkových vod do kanalizace bez měření upravuje § 31 vyhlášky.

Dle ustanovení § 31 odst. 1 vyhlášky množství srážkových vod odváděných do kanalizace bez měření se vypočte podle vzorce uvedeného v příloze č. 16 na základě dlouhodobého úhrnu srážek v oblasti, ze které jsou srážkové vody odváděny do kanalizace, zjištěného u příslušné regionální pobočky Českého hydrometeorologického ústavu a podle druhu a velikosti ploch nemovitosti a příslušných odtokových součinitelů.

Dlouhodobý srážkový normál je průměrem ročních srážek v dané oblasti za 30ti letí. V současné době je dlouhodobý srážkový normál stanoven z období od roku 1961 do roku 1990 a zjištěné hodnoty se používají následujících 30 let (PVK, 2014).

Druh plochy	Plocha (m ²)	Odtokový součinitel	Redukovaná plocha m ²
A – zastavěné a těžce propustné plochy	4394	0,9	3955
B – lehce propustné zpevněné plochy	1080	0,4	432
C – plochy kryté vegetací		0,05	
Dlouhodobý srážkový úhrn: 588 mm/rok tj. 0,588 m/rok			
Roční množství odváděných srážkových vod: 4387 x 0,588 = 2 580 m³/rok			

Tab. č. 9 - Výpočet množství srážkových vod odváděných do kanalizace dle přílohy č. 16 k vyhlášce. (zdroj: Šotolová)

Od 1.1.2015 byla v hlavním městě Praze stanovena cena stočného 28,64 Kč/m³ (32,94 Kč/m³ včetně 15 % DPH) (PVK, 2014).

Pro výpočet výše ceny stočného za odvod srážkových vod do kanalizace jsem použila vztah, kdy jsem zjištěné množství dešťové vody vynásobila cenou stočného za 1 m³. Roční množství odváděné dešťové vody je uvedeno v tabulce č. 9 a má hodnotu 2 580 m³/rok.

$$2\,580 * 28,64 = 73\,891,2 \text{ Kč/rok}$$

Při odvádění veškerých dešťových vod, které dopadnou na střechy a zpevněné plochy v areálu základní školy a odtečou do kanalizace, by stočné činilo 73 891,2 Kč/rok tj. **84 985 Kč/rok s DPH.**

Využitím dešťové vody jako vody užitkové pro splachování WC a případně závlahu by takovéto náklady byly značně sníženy.

5.2.5. Výpočet množství vypouštěných odpadních vod

Pokud je objekt zásoben vodou z veřejného vodovodu a odpadní vody z něj jsou odváděny do veřejné kanalizace, hradí vlastník objektu vlastníkově veřejného vodovodu vodné a vlastníkově kanalizace stočné.

V § 28 odst. 1 vyhlášky je uvedeno, že za účelem měření množství dodané vody osadí provozovatel na vodovodní přípojce vodoměr. Množství odváděné vody v takovém případě odpovídá množství dodané vody.

V § 30 odst. 2 vyhlášky se uvádí, že pokud bylo množství vypouštěné vody v předchozím období minimálně jeden rok měřeno, množství vypouštěné vody se určí podle tohoto měření.

V současné době základní škola hradí vodné i stočné na základě hodnot zaznamenaných vodoměrem. V případě využívání dešťové vody na splachování WC dojde ke snížení množství odebrané pitné vody. Výše vodného tedy bude dále fakturována podle hodnot zaznamenaných vodoměrem a výše stočného bude fakturována ve stejné výši jako v uplynulém roce, pokud nedojde ke změnám podmínek u odběratele.

Pro výpočet snížení nákladů za vodné jsem vycházela ze směrných čísel, která jsou uvedena v příloze č. 12 vyhlášky. Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v tabulce č.6.

Od 1.1.2015 je výše vodného stanovena na 38,88 Kč/m³ (44, 72 Kč/m³ včetně DPH), potřeba užitkové vody na splachování WC je 1020 m³ za školní rok tj 10 měsíců.

$$1020 * 38,88 = 39\ 657,60 \text{ Kč/rok}$$

Základní škole se při využívání dešťové vody na splachování WC sníží náklady na vodné o 39 657,6 Kč/rok tj. **45 614,4 Kč s DPH.**

Pokud by se dešťová voda využívala i pro závlahu je nutné spočítat k jaké úspoře na vodném by došlo. Množství vody pro závlahu je uvedeno v tabulce č.7. Pro pokrytí pětíměsíčního období je zapotřebí Q_z 2851 m³

$$2851 * 38,88 = 110\ 846,88 \text{ Kč/rok}$$

Při využití dešťové vody pro závlahy by došlo k úspoře na vodném 110 846,88 Kč/rok tj. **127 496,72 Kč/rok s DPH.**

Celková úspora za vodné by byla 45 614,4 + 127 496,7 = **173 111,1 Kč** za rok za předpokladu, že by se v případě nedostatku dešťové vody nádrž doplňovala vodou ze studny.

5.2.6. Návratnost investice

V této části zhodnotím možnou návratnost všech navržených způsobů likvidace dešťové vody.

Provedením zasakovacího zařízení dojde k omezení vypouštění dešťových vod do kanalizace. Návratnost nákladů při provedení navrženého zařízení je tedy nutné vztáhnout k nákladům, které by škola platila za vypouštění dešťových vod do kanalizace (tab.č. 9). Výše stočného za odvádění dešťových vod činí 84 958 Kč/rok s DPH. Celkovou cenu zasakovacího zařízení jsem vypočítala na 2 913 088 Kč s DPH. Návratnost investice by byla 34 let

Náklady na provedení variant pro využívání dešťové vody porovnám s úsporou na vodném, které je spočítáno pro ceny vodného pro rok 2015, a zjistím za jak dlouhé období se vynaložená investice vrátí.

Varianta č. 1

Monolitická nádrž

Celková hodnota nádrže 4 032 000 Kč, cena závlahového systému 380 000 Kč, celková cena za provedené nové rozvody a technologii 800 000 Kč a úspora na vodném 173 111 Kč. Návratnost této investice by byla 30 let.

Prefabrikovaná nádrž

Celková hodnota nádrže je 2 912 000 Kč, cena závlahového systému 380 000 Kč, celková cena za provedené nové rozvody a technologii 800 000 Kč a úspora na vodném 173 111 Kč. Návratnost této investice by byla 24 let.

Varianta č. 2

Monolitická nádrž

Celková hodnota nádrže je 612 000 Kč, celková cena za provedené nové rozvody a technologii 800 000 Kč a úspora na vodném 45 614 Kč. Návratnost této investice by byla 31 let.

Prefabrikovaná nádrž

Celková hodnota nádrže je 611 000 Kč, celková cena za provedené nové rozvody a technologii 800 000 Kč a úspora na vodném 45 614 Kč. Návratnost této investice by byla 31 let.

Varianta č. 3

Monolitická nádrž

Celková hodnota nádrže je 840 000 Kč, cena závlahového systému 380 000 Kč, celková cena za provedené nové rozvody a technologii 800 000 Kč a úspora na vodném 173 111 Kč. Návratnost této investice by byla 12 let.

Prefabrikovaná nádrž

Celková hodnota nádrže je 802 800 Kč, cena závlahového systému 380 000 Kč, celková cena za provedené nové rozvody a technologii 800 000 Kč a úspora na vodném 173 111 Kč. Návratnost této investice by byla 11,5 let.

5.3. Měsíční porovnání srážek a potřeby vody pro splachování WC

V následující části jsem porovnávala, zda zachycené množství dešťové vody ze střech školy pokryje potřebu užitkové vody na splachování toalet v jednotlivých měsících kalendářního roku. Jako základní podklad pro výpočty a porovnávání je brán dlouhodobý srážkový úhrn.

Pro ověření, zda potřebné množství užitkové vody, je možné v areálu základní školy zachytit, jsem provedla následující zjištění.

Pro základní posouzení, jaké množství užitkové vody je možné ze střech zachytit a zda se tím pokryje potřebné množství vody v jednotlivých měsících, jsem vycházela z dlouhodobého srážkového úhrnu. Dlouhodobý srážkový úhrn stanoví Český hydrometeorologický ústav a jedná se o průměrné srážky v dané oblasti za 30-ti leté období. V současné době je období stanoveno od roku 1961 do roku 1990. Hodnoty srážek, které byly používány ve výpočtech, jsou uvedeny v tabulce č. 10.

	Rok/měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	roční úhrn
P R A H A	1961-1990	32	30	36	43	70	75	72	73	46	36	40	35	588
	2002	20	56	32	26	56	87	87	162	57	71	78	48	780
	2008	30	19	40	49	55	55	73	65	22	51	35	33	527
	2009	18	42	53	20	87	83	95	44	16	51	30	57	596
	2010	59	16	27	33	96	57	98	153	86	8	60	61	754
	2011	37	8	28	25	52	82	154	72	43	42	1	42	586
	2012	60	23	12	39	41	61	113	81	42	45	42	56	615
	2013	51	44	21	27	114	164	46	106	52	48	30	10	713
	2014	25	2	34	32	116	26	97	61	83	51			527

Tabulka č. 10 - Množství srážek na území Hlavního města Prahy za vybrané období (zdroj: Šotolová)

Pro porovnávání jsem použila zjištěné množství potřeby vody na splachování WC na jeden měsíc, které je 102 m³/měsíc (tabulka č. 6), množství srážek za daný měsíc

(tabulka č. 10) a redukovanou plochu střech, která je 3 531 m². Pro výpočet množství spadlé vody na střechy jsem použila vzorec:

$$Q_d = A_{Red} * h$$

Q_d množství zachycené vody /m³/

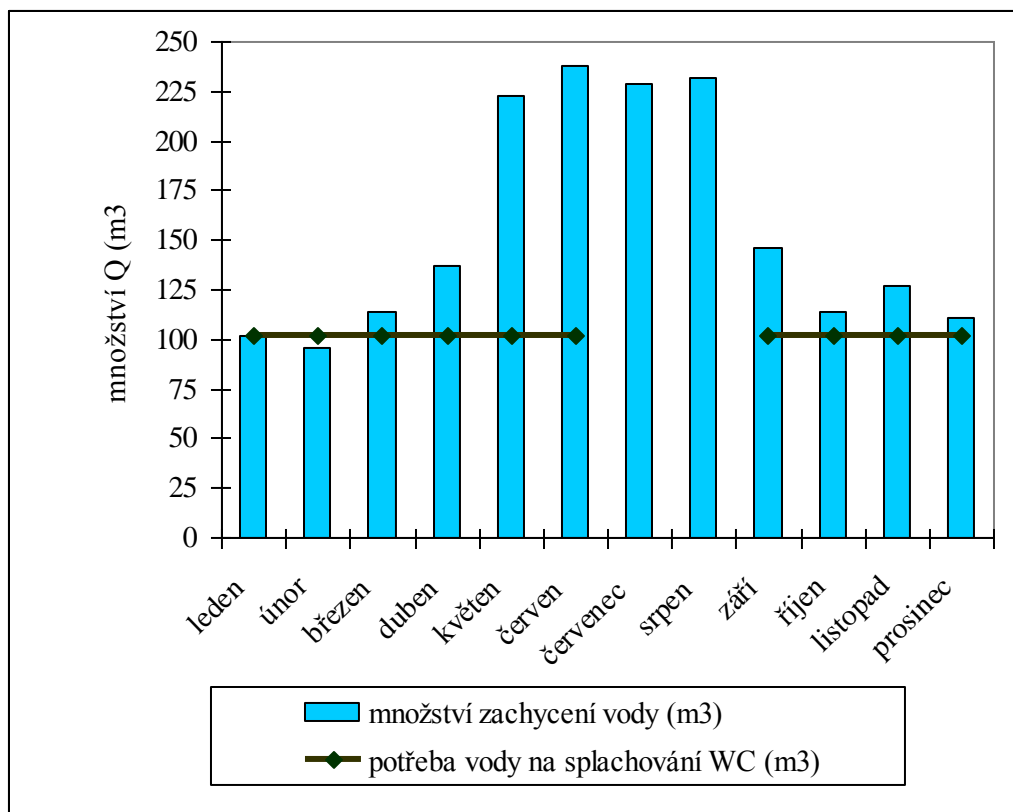
A_{Red} ... redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy /m²/

h množství srážek /mm/

Porovnávání jsem prováděla jen pro školní měsíce. Pro měsíce červenec a srpen, kdy jsou školní prázdniny, jsem uvažovala s nulovým odběrem užitkové vody na splachování WC.

1961-1990	Q _{wc}	Q _d	přebytek Q _d	nedostatek Q _d
leden	102	101,7		0,3
únor	102	95,34		6,66
březen	102	114,41	12,41	
duben	102	136,65	34,65	
květen	102	222,46	120,46	
červen	102	238,35	136,35	
červenec	0	228,82	228,35	
srpen	0	231,99	231,99	
září	102	146,19	44,19	
říjen	102	114,41	12,41	
listopad	102	127,12	25,12	
prosinec	102	111,23	9,23	
celkem	1020	1868,67		

Tab. č. 11 - Porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody pro dlouhodobý srážkový úhm (zdroj: Šotolová)



Graf č. 29 - Porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody pro dlouhodobý srážkový úhm (zdroj: Šotolová)

Z tabulky č.11 a grafu č 29 je možné vidět, že zachycené množství dešťových vod pokryje potřebné množství užitkové vody mimo měsíc leden a únor. V ostatních měsících naopak zachycené dešťové vody převyšují potřebu užitkové vody na splachování WC.

Dále jsem porovnávala možné množství akumulované vody a její potřebu od roku 2008, kdy došlo ke kolaudaci přístavby školy, a školní areál dostal dnešní podobu. Z tohoto období jsem vybrala dva roky, které byly srážkově výrazně nadprůměrné a jeden rok, který byl srážkově podprůměrný, a porovnála měsíční úhrny srážek s potřebou užitkové vody.

Jedná se o rok 2008, který byl vzhledem k dlouhodobému srážkovému úhrnu podprůměrný. Srážkový úhm v roce 2008 činil 527 mm což je 89,6 % dlouhodobého srážkového úhrnu.

Jednotlivá porovnání jsou uvedena v následujících tabulkách č. 12 – 15 porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody v roce 2008, 2010 a 2013.

2008	Qwc	Qd	přebytek Qd	nedostatek Qd
leden	102	95,34		6,66
únor	102	60,38		41,62
březen	102	127,12	25,12	
duben	102	155,72	53,72	
květen	102	174,79	72,79	
červen	102	174,79	72,79	
červenec	0	231,99	231,99	
srpen	0	206,57	206,57	
září	102	69,62	32,38	
říjen	102	162,08	60,08	
listopad	102	111,23	9,23	
prosinec	102	104,87	2,87	
celkem	1020	1674,5		

Tab. č. 12 - Porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody v roce 2008 (zdroj: Šotolová)

Z uvedených hodnot je možné zjistit, že přestože rok 2008 byl srážkově podprůměrný, tak k nepokrytí požadovaného množství užitkové vody by došlo pouze ve dvou měsících a to v lednu a únoru. V ostatních měsících by množství zachycené dešťové vody převyšovalo potřebu.

Oproti tomu jsou uvedeny i roky, které byly srážkově nadprůměrné, takovým rokem byl rok 2010 a 2013. V roce 2010 spadlo 754 mm srážek což je 128 % dlouhodobého srážkového úhrnu a v roce 2013 spadlo 713 mm srážek což je 121 % dlouhodobého srážkového úhrnu. Přestože uvedené roky byly srážkově nadprůměrné, tak by došlo k nepokrytí potřeby užitkové vody ve třech respektive ve čtyřech měsících.

2010	Qwc	Qd	přebytek Qd	nedostatek Qd
leden	102	187,5	85,5	
únor	102	50,85		51,15
březen	102	85,81		16,19
duben	102	104,87	2,87	
květen	102	305,09	203,09	
červen	102	181,15	79,15	
červenec	0	311,44	311,44	
srpen	0	486,23	486,23	
září	102	273,31	171,31	
říjen	102	25,42		76,58
listopad	102	190,68	88,68	
prosinec	102	193,86	91,86	
celkem	1020	2396,21		

Tab. č. 13 - Porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody v roce 2010 (zdroj: Šotolová)

2013	Qwc	Qd	přebytek Qd	nedostatek Qd
leden	102	162,08	60,08	
únor	102	139,83	37,83	
březen	102	66,74		35,26
duben	102	85,81		16,19
květen	102	362,29	260,29	
červen	102	521,19	419,19	
červenec	0	146,19	146,19	
srpen	0	336,87	336,87	
září	102	165,26	63,26	
říjen	102	152,54	50,54	
listopad	102	95,34		6,66
prosinec	102	31,78		70,22
celkem	1020	2265,92		

Tab. č. 14 - Porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody v roce 2013 (zdroj: Šotolová)

Porovnání zachycených srážek a potřeby vody za rok 2002, které je v tabulce č. 15 porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody v roce 2002 uvádím jen pro zajímavost. V uvedeném roce neměl areál Kunratické školy současnou podobu ani ho nenavštěvoval uvedený počet žáků. Rok 2002 byl zvolen jen z toho důvodu, že v uvedeném roce postihly celé území České republiky největší povodně. V uvedeném roce spadlo na území Prahy 780 mm srážek což je 132,65 % dlouhodobého srážkového úhrnu.

Všechny použité hodnoty týkající se ploch pro zachytávání srážek a potřeby vody jsou však vztaheny k současným hodnotám tj. k hodnotám uváděným v této diplomové práci, které jsou z roku 2014.

2002	Qwc	Qd	přebytek Qd	nedostatek Qd
leden	102	63,56		38,44
únor	102	177,97	75,97	
březen	102	101,69		0,31
duben	102	82,63		19,37
květen	102	177,97	75,97	
červen	102	276,49	174,49	
červenec	0	276,49	276,49	
srpen	0	514,84	514,84	
září	102	181,15	79,15	
říjen	102	225,64	123,64	
listopad	102	247,88	145,88	
prosinec	102	152,54	50,54	
celkem	1020	2478,85		

Tabulka č. 15 - Porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody v roce 2002 (zdroj: Šotolová)

5.4. Shrnutí

Přestože je hospodaření s dešťovou vodou zakotveno v zákoně i prováděcí vyhlášce, je velmi těžké prosadit ho mezi veřejností. Přednostně se má dešťová voda zasakovat v místě jejího spadu. Ne vždy lze zasakování realizovat, především z důvodu propustnosti půdy nebo zastavěnosti pozemku, neboť kromě staveb rodinných domů, není stanoveno procentní zastavění pozemku.

Práce si kladla za cíl, navrhnou nové řešení likvidace dešťových vod na dané stavbě.

Jednou z navržených možností je likvidovat dešťové vody zasakováním. Za tímto účelem byl navržen vsakovací průleh s rýhou a podzemní zasakovací zařízení ze zasakovacích bloků. Jedná se o zařízení, které je vhodné provést z hlediska ekologického. Likvidací dešťové vody v místě jejího spadu dojde k doplňování podzemních vod dané lokality a zmírnění odtoku vody z povodí. Povrchové vsakování se nejvíce přibližuje přirozenému vsakování srážkových vod. Výhodou tohoto vsakování je jeho snadná údržba i snadná obnova filtrační vrstvy. Navržené podzemní zařízení dle údajů, které uvádí výrobce, také nevyžaduje nákladnou údržbu. Návržnost této investice jsem vypočítala na 34 let, přesto bych uvedené řešení doporučila, především z důvodu snadné údržby.

Druhou možností je využití dešťové vody v rámci areálu základní školy a to jsem provedla ve třech variantách.

V první variantě jsem uvažovala s využitím dešťové vody ze střech objektů školy a sportoviště ke splachování WC a závlahu. Ve druhé a třetí variantě jsem uvažovala se zachytáváním vody pouze ze střech objektů školy a s jejím využitím v jednom případě ke splachování WC a závlaze a v druhém případě pouze ke splachování. Všechny tři varianty mají své klady i zápory.

Varianta č. 1 má jedinou výhodu, kterou je, že objem nádrže je navržen tak, aby pokryl potřebu vody jak na splachování WC, tak na závlahu. Nevýhod má tato varianta několik. Jednou z nich je, že roční množství spadlé vody $Q_d = 2744 \text{ m}^3/\text{rok}$ nepokryje roční potřebu vody pro obě potřeby $Q_p = 3871 \text{ m}^3/\text{rok}$, a tím by nedošlo ani k naplnění objemu nádrže. Scházející vodu by bylo nutné doplňovat z jiného zdroje.

Posledním záporem je cena nádrže, kdy se domnívám, že vynaložené náklady na její provedení jsou značně vysoké a návratnost této investice je velmi dlouhá. Z uvedených důvodů bych variantu č. 1 nedoporučovala.

Po zjištění, že množství zachycené vody ze sportoviště a střech objektů nepokryje potřebu vody pro splachování WC a současně závlahy, jsem v dalších variantách uvažovala s akumulací vody pouze ze střech objektů. Výhodou využívání dešťové vody ze střech bude především to, že nebude muset dojít k rozšíření stávající areálové dešťové kanalizace, neboť všechny objekty jsou na ni napojeny. Další důvod, který mě k tomuto rozhodnutí vedl, byl, že akumulční nádrž v každém případě bude muset být napojena na jiný zdroj vody, a to vzhledem k nerovnoměrným srážkám během roku. V tabulce č. je porovnáno, kolik vody je možné naakumulovat a zda toto množství pokryje potřebu vody na splachování WC. V případě nedostatku vody v nádrži v daném měsíci bude scházející množství možné doplnit vodou ze stávající studny.

Varianta č. 2 uvažuje s velikostí nádrže o objemu 102 m^3 , která pokryje potřebu vody pro splachování. U této varianty je splněna podmínka, že množství spadlé vody $Q_d = 2\,076 \text{ m}^3/\text{rok}$ je větší než potřebné množství na splachování WC $Q_{WC} = 1\,224 \text{ m}^3/\text{rok}$. Nevýhody této varianty lze spatřovat v tom, že pokud by došlo ke zvýšení počtu osob ve škole, byla by nádrž svým objemem nedostačující. To samé by nastalo i v případě, že by se následně chtěla dešťová voda využívat k závlahám. Z uvedených důvodů tuto variantu také nedoporučuji.

Za nejvhodnější považuji variantu č. 3, která uvažuje s využitím vody jak pro splachování tak závlahu. Objem nádrže nepokryje oba nároky na množství vody zároveň a bude nutné v případě nedostatku její dopuštění. Nádrž je navržena tak, že její objem 140 m^3 pokryje měsíční potřebu vody na splachování WC, která je 102 m^3 . Zbývající objem 38 m^3 pokryje dvoudenní potřebu vody potřebnou na závlahu. Objem vody pro obě potřeby je nutné zajistit především v měsících květen, červen a září, kdy je počítáno se zavlažováním zeleně a kdy zároveň probíhá školní výuka. V uvedených měsících je tedy nutné počítat s dopouštěním vody v případě jejího nedostatku.

U varianty č. 3 je možné uvažovat i s možností nerealizovat navrhované závlahy. V takovém případě bude větší objem nádrže sloužit jako rezerva pro měsíce srážkově podprůměrné což je možné vidět v tabulkách č. 8.

Z uvedených důvodů variantu č. 3 doporučuji.

Návratnost vynaložené investice je ve všech variantách téměř stejná a pohybuje se v rozmezí mezi 25 – 30 lety. Jen u varianty č. 3 je návratnost investice 12 let, ale zde je nutné počítat s tím, že dojde ke zvýšení nákladů za elektrickou energii a to v důsledku dopouštění nádrže. Pokud bychom uvažovali, že nebude zrealizován závlahový systém, pak návratnost investice bude opět 30 let.

Pokud jde o doporučení domnívám se, že navrhované způsoby je z ekonomického hlediska a z hlediska proveditelnosti výhodnější navrhovat při přípravě nových staveb a nebo při zásadních rekonstrukcích stávajících objektů. V takovýchto případech máme větší prostor provést kvalitní návrh pro zařízení na hospodaření s vodou a navrhnout i několik zařízení v rámci jedné stavby v různých kombinacích. Další z možností zmírnění odtoku dešťové vody z území by mohlo být navržení zelené střechy. Toto řešení nebylo možné na základní škole navrhnout, neboť nosná konstrukce stavby není na takovýto typ zatížení navržena.

6. Diskuze

Kučerová (Kučerová, 2012) uvádí: „*V rámci územně plánovací dokumentace je navrhována protipovodňová ochrana sídel a preventivní opatření ke zmírnění povodňových škod, tj. zvýšení akumulace a využití vody v krajině a to zejména podporou infiltrace srážkových vod a dále pak správným hospodařením se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. Opatřením územního plánování je vytvářet podmínky pro minimalizaci odvádění dešťových vod v zastavěných částech obcí do jednotné kanalizace. Opatření spočívá ve vytvoření takového systému hospodaření se srážkovými vodami, které umožní jejich vsakování přímo v místě dopadu a to povrchovým vsakováním do podloží, případně do podzemních vod.*“

Sieker (Seker, 2007) uvádí: „*Volba způsobu odvodnění úzce souvisí s typem povodí, kde je aplikováno. Návrh a aplikace systému hospodaření s dešťovou vodou na nově budovaných či rozvojových lokalitách vychází z předem stanovených návrhových kritérií.*“

Navrhování systémů pro hospodaření s dešťovou vodou v rozvojových lokalitách by mělo být samozřejmostí stejně jako navrhovat tato opatření již při tvorbě územních plánů. Zde však vyvstává problém s tím jaké pozemky k takovýmto zařízením vyčlenit. Jako nejlepší řešení by byly pozemky ve vlastnictví obcí. Pokud jsou takováto opatření navržena na soukromých pozemcích, nastává problém, že vlastník nemá možnost užívat pozemek dle svých potřeb. V takovém případě by ze strany obce mělo dojít k jeho směně nebo odkupu.

Například ve zmiňované městské části Praha Kunratice je územním plánem na soukromých pozemcích navržen suchý poldr. Vlastníci těchto pozemků nemohou pozemky řádně využívat ani udržovat, neboť územní plán jim nedovoluje ani postavení nejnútějšího zázemí pro techniku, která by sloužila k údržbě pozemků. Na druhou stranu jim není nikdo schopen sdělit, zda jejich pozemky obec vykoupí nebo smění.

Vítek a Pelčák (Počítáme s vodou., 2015) uvádí: „*V současné době není v ČR kromě vyhlášky č. 501/2006 Sb. právní předpis, který by účastníkům investiční výstavby předepisoval dodržovat principy hospodaření s dešťovou vodou a není zákon, který by zpoplatňoval odvádění dešťových vod z veškerých staveb. Vybírání poplatků za odvádění dešťových vod ze všech nemovitostí a pozemků v intravilánu je*

nejdůležitější podmínkou pro spuštění tržních principů, které pozitivně ovlivní systémové nastavení společnosti a určí priority.“

Šenkapoulová (Šenkapoulová J., 2013) uvádí: *„Zákon o vodovodech a kanalizacích rozlišuje odpadní a srážkovou vodu, ale platba za odvádění odpadních vod se týká pouze vypouštění srážkových vod do jednotné kanalizační sítě. Výpočet stočného zatím nezohledňuje retenci či přímé využití srážkových vod, ale existují již analýzy, které připouští výhledově motivační variantu slev na stočném, pokud je zajištěno u pozemku úplné nebo částečné vsakování, retence nebo regulovaný odtok. Variant řešení je ovšem mnoho, ale případný výsledný předepsaný způsob výpočtu případných slev ze stočného by neměl zatěžovat administrativně a měl by být ekonomickým přínosem.“*

Stránský a kol. (Stránský a kol., 2013) uvádí: *„Z hlediska ekonomické motivace je pro ekologické zacházení se srážkovou vodou zásadní rozdělení poplatků za odvádění splaškových a srážkových vod, zohledňující kromě spotřeby vody také velikost zpevněných ploch pozemku a napojení na kanalizaci. Majitel stavby tak může aplikací hospodaření s dešťovou vodou ovlivnit výši poplatku za odvádění srážkových vod.“*

Dále Stránský a kol. uvádí: *„Pro realizaci hospodaření s dešťovou vodou je zapotřebí dostatečná informovanost a vzdělanost v oblasti odvodnění a jeho principů, ať již na úrovni státní a veřejné správy, tak i na úrovni škol a široké veřejnosti občanů jednotlivých měst a obcí. Přijetí nových postupů, k nimž hospodaření s dešťovou vodou patří, často závisí především na dostatečné informovanosti. Velmi důležitým předpokladem prosazení jakýchkoliv změn je podpora veřejnosti, nicméně problematika vody (snad s výjimkou povodní) je stále mezi obyvateli v podstatě neznámá. Stále však chybí systematické vzdělávání státní a veřejné správy, což se jeví jako podstatný deficit v situaci, kdy jsou v souvislosti se srážkovými vodami zaváděny změny, které zásadně mění dosavadní zvyklosti výstavby jako celku.“*

Dále Vítek a Pelčák uvádí: *„V českém prostředí nejsou ani investoři ani projektanti ani státní správa a samosprávný aparát obcí územních celků o hospodaření s dešťovou vodou dostatečně a správně informováni. To v praxi znamená, že nejsou investorům předkládána jednoznačná pravidla a požadavky na to jak by odvodnění novostaveb měla vypadat.“*

Problém navrhování hospodaření s dešťovou vodou od roku 2012 pomáhá řešit ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod a od roku 2013 TNV 75 9011. Z praxe

však mohu konstatovat, že projektanti s těmito normami dodnes neumí pracovat a navrhovat zařízení pro hospodaření s dešťovými vodami jim činí problémy. Odbornou pomoc by v tomto případě mohli hledat i u výrobců zařízení pro hospodaření s dešťovou vodou, kteří by jim jistě poradily, jak zařízení navrhovat.

S tím, že hospodaření s dešťovou vodou není ani mezi obyvateli naší republiky dostatečně v povědomí, a když tak jen spíše v negativním smyslu, lze jen souhlasit. Každý vnímá dešťovou vodu spíše jako problém, především díky povodním. Opačný problém, to je nedostatek vody, se v České republice zatím výrazně neřeší. Občas se sice vyskytují místní vyhlášky, které zakazují v letních měsících dopouštění bazénů nebo závlahy pozemků z veřejných vodovodů, ale zatím nikoho významně netrápí.

Jak jsem se zmínila již v úvodu diplomové práce, do května roku 2015 probíhá kampaň „Počítáme s vodou“, která si klade za cíl seznámit s možnostmi jak hospodařit s dešťovou vodou. V rámci této kampaně je možné se seznámit s realizovanými projekty v zahraničí a to především v Německu a ve Švýcarsku, kde s problematikou s hospodařením s dešťovou vodou mají dlouholeté zkušenosti. Na konferenci, která proběhla na konci měsíce března, byly prezentovány i úspěšně realizované projekty z České republiky.

O této kampani jsem se dozvěděla jen díky tématu své diplomové práce. Jako občan ani jako zaměstnanec státní správy jsem se však o kampani nedozvěděla. Proto se domnívám, že pokud by probíhala kampaň obdobná jako například na třídění odpadů (pořady ve sdělovacích prostředcích, články nejen v odborném tisku, vzdělávací programy na základních a středních školách), začali by lidé na dešťovou vodu pohlížet i z jiného úhlu.

Dalším důvodem k jinému náhledu na ni by bylo zpoplatnění za odvádění do kanalizace. A v neposlední řadě jiný náhled na ni přinese její nedostatek, ale to může být pozdě.

Využívání dešťové vody ve školství by mohlo být jedním z krůčků k osvětě jak se dá dešťová voda využívat. Možná by se zde dalo použít i přísloví: “ Co se v mládí naučíš, ve stáří jak když najdeš.“ A tak, jak se děti v mateřských školách učí, do kterého kontejneru patří papír, plast, sklo, karton, tak by žáci základních škol názorně viděli, jak se dá dešťová voda využívat.

7. Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout nové řešení likvidace dešťových vod v areálu základní školy, které by bylo v souladu se současnou legislativou.

Vybraná základní škola se již v roce 2008 zapojila do mezinárodního programu „Ekoškola“. V roce 2011 titul „Ekoškola“ obdržela a v roce 2014 obhájila. Škola se mimo jiné snaží o snižování dopadu provozu školy na životní prostředí např. tím, že využívá elektrickou energii z fotovoltaických panelů na střeše školy, tříděním odpadu, ale i snažením o zlepšení prostředí v okolí školy.

Zavedením systému hospodaření s dešťovou vodou by došlo nejen k dalšímu snížení dopadu provozu školy na životní prostředí, rozšíření ekologických aktivit školy, ale i rozšíření povědomí jak lze hospodařit s dešťovou vodou v rámci stavby a pozemku.

Z hlediska ekologického má hospodaření s dešťovou vodou nemalý význam. Nejen že dojde ke snížení spotřeby pitné vody, ale dešťová voda zůstane v území, na které dopadla. Zasakování vod se nejvíce přibližuje přirozené likvidaci dešťových vod a zároveň dochází ke zvyšování zásob podzemní vody, snížení povrchového odtoku z území a ke zmírnění povodní.

Ekonomické zhodnocení jsem provedla pro všechny uvedené návrhy. Pokud jde o zhodnocení, zda je výhodnější zasakování nebo využívání, nelze jednoznačně říci. Ekonomická návratnost obou možností je přibližně stejná. Zde bude záležet na preferencích pořizovatele zařízení pro hospodaření s dešťovou vodou, pro kterou z možností se rozhodne.

8. Seznam použité literatury

Bavorský zemský úřad pro životní prostředí, 2006: Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech. Bavorský zemský úřad pro životní prostředí, Mnichov: 40 s.

Carmon N., 1997: Water-sensitive Urban Planning: Protecting Groundwater. *Jornal of Environmental Planing and Management*, 40(4)/1997: 413-434

Čermáková B., Mužíková R., 2009: Ozeleněné střechy. Grada Publishing, Praha: 248 s.

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod, vydal Úřad pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví, Praha, 2012, 44 s, ICS 13.060.10; 93.030

Frank S., 2013: Vliv zrychleného odtoku v urbanizovaném území na zásoby podzemní vody. *Urbanismus a územní rozvoj* 2013/3: 8 - 13

Hlavínek P., Prax P., Sklenářová T., Dvořáková D., Polášková K., Kubík J., Hlušík P., Beránek J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec s.r.o., Brno: 164 s.

Kučerová Z., 2012: Problematika vodního hospodářství je věcí nás všech. *Urbanismus a územní rozvoj* 2012/3: 22 - 25

Kulhavý F., 2012: Vodní hospodářství krajiny ČR- právní předpisy a praxe. *Stavebnictví* 02/2012: 54-58.

Meißner E., Nadler A., Rosenzweig G., 2005: Regenwasserversickerung – Gestaltung von Wegen und Plätzen, Pauli Offsetdruck e.K., Wiesbaden, 4. Auflage, 39 s.

MZe: TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami, Sweco Hydroprojekt a.s., Praha, 2013,65 s

MŽP, 2011: Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území

Nolde E., 2007: Possibilities of rainwater utilisation in densely populated areas including precipitation runoffs from traffic surfaces, *ScienceDirect* 2007/215:1 – 11

- Paul M.J., Meyer J.L., 2001: Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 333-365
- Ree-Ho Kim, Sangho Lee, Jinwoo Jeong, Jung-Hun Lee, Yeong-Kwan Kim, 2007: Reuse of greywater and rainwater using fiber filter media and metal membrane, *ScienceDirect* 2007/202: 326 - 332
- Ruda A., 2014: *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele*. Masarykova univerzita Brno 2014, ISSN 1802-128X, publikována na Elportále
- Samek O., 2013b: Akumulace a využívání dešťové vod. *Český instalatér* 2013/2:20 – 21
- Sieker H., 2007: Neue Entwicklungen in der Regenwasserbewirtschaftung – Die Wasserbilanz als Planungskriterium. Landesverbandstagung in Pforzheim, 18.-19.10.2007.DWA – Landesverband Baden-Württemberg
- Schets F.M., Italiaander R., Berg van den L. H.H.J., Roda Husman de M. A., 2010: Rainwater harvesting: quality assessment and utilization in The Netherlands, *Journal of Water and Health* 2010/08.2: 224 - 233
- Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady
- SOBOTA J., 2012: *Vodní hospodářství. Studijní texty*, ČZU Praha.
- Speak A.F., Rothwell J.J., Lindley S.J., Smith C.L., 2013: Rainwater runoff retention on an agend intensive green roof, *Science of the Total Environment* 2013/461 – 462: 28 - 38
- Stránský D., 2013: Přírodně blízké hospodaření se srážkovými vodami na stavebním pozemku a jeho důsledky pro územní plánování, *Fakulta architektury ČVUT v Praze*, Praha 2013, 9 s
- Stránský D., Kabelková I., Vitek J., Suchánek M., 2008: Koncepce hospodaření s dešťovou vodou v ČR – současný stav. *Sborník semináře Hospodaření s dešťovými vodami ve městech a obcích*. ARDEC s.r.o.: 11-20
- Stránský D., Kabelková I., 2013: Aktuální stav hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích v České republice. *SOVAK, Časopis oboru vodovodů a kanalizací* 2013/11: 11/351 – 14/354
- Stránský V., 2013: Proč zase ty povodně? *Vodní hospodářství*, 2013/6: 179

- Synáčková M., 2010: Stokování 2. část. Studijní texty, ČZU Praha
- Šenkapoulová J., 2013: Trendy v hospodaření se srážkovými vodami z pohledu provozovatele kanalizace. SOVAK, Časopis oboru vodovodů a kanalizací 2013/2: 14/46 – 16/48
- Tetzlaff D., Grottker M., Leibundgut C., 2005: Hydrological criteria to assess changes of flow dynamic in urban impacted catchments, Physics and Chemistry of the Earth 30:426-431
- Valášek J., 1980: Hydrologie a hydraulika, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 1. vyd., 336 s., ISBN 80-05-00723-X.
- Vieira A.S., Weeber M., Ghisi E., 2013: Self-cleaning filtration: A novel concept for rainwater harvesting systems, Resources, Conservation and Recycling 2013/78: 67 - 73
- Vítek J., 2008: Odvodňování urbanizovaných území podle principů udržitelného rozvoje. Urbanismus a územní rozvoj, 2008/4: 15 - 26
- Vítek J., 2012: Nepodceňujme omyly, kterých se dopouštíme při zavádění HDV. Vodní hospodářství, 2012: 280 - 284
- Vrána K, Dostál T., Tender J., Zuna J., 1998, Krajinné inženýrství. Český svaz stavebních inženýrů, Praha, ISBN 80 – 902460-4-4, 198 s.
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, v platném znění
- Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, v platném znění
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění
- Vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, v platném znění
- Yudelson J., 2010: Dry run: preventing the next urban water crisis, New Society Publisher, Canada, 1. ed. 312 s., ISBN 978-0-86571-607-4.
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, v platném znění

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

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, v platném znění

Internetové zdroje

ASIO, spol.s r.o., online: <http://www.asio.cz/>, cit. 1.3.2015

Consolis CZ a.s., online: <http://www.dwpt.cz/>, cit. 1.3.2015

Český hydrometeorologický ústav, online: <http://www.chmi.cz/>, cit. 27.12.2014

Dvořáková D., 2007a: Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení., online:<http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>, cit. 28.8.2014

Dvořáková D., 2007b: Využívání dešťové vody (II) – možnosti použití dešťové vody a části zařízení. Kvalita dešťové vody a její čištění., online: <http://www.tzb-info.cz/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>, cit. 24.7.2014

Geoportal, online. <http://www.geoportal.gov.cz/>, cit. 27.12.2014

ITTEC s.r.o., online: <http://www.ittec.cz/> cit. 1.3.2015

Markovič G., 2012: Využití srážkové vody z povrchového odtoku pro zásobování budov, Ústav pozemního stavitelstva, SvT, TU v Košiciach, online: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/8750-vyuziti-srazkove-vody-z-povrchoveho-odtoku-pro-zasobovani-budov>, cit. 24.7.2014

Mířková T., 2009: Likvidace odpadních vod: Retence dešťových vod I. Vysoké učení technické v Brně, Brno, online: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/6053-retence-destovych-vod-i>, cit. 1.3.2015.

Nehasil O., 2012: Proč se musí dešťová voda zdržovat v místě spadu?, ČSOP Konílec, Poradce ekoporadny, online: <http://voda.tzb-info.cz/Proč%20se%20musí%20dešťová%20voda%20zadržovat%20v%20místě%20spadu>, cit. 31.7.2014

Počítáme s vodou, online: <http://www.pocitamesvodou.cz/>, cit. 6.4.2015

Pražské vodovody a kanalizace a.s., 2014, Cena vodního a stočného, online: <http://pvk.cz/vse-o-vode/cena-vodneho-a-stocneho/>, cit. 27.12.2014

Samek O., 2013a: Motivace k hospodaření s dešťovou vodou, online. <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/9961-motivace-k-hospodareni-s-destovou-vodou>, cit. 24.7.2014

Stránský D., Kabelková I., Vitek J., Suchánek M., 2010: Koncepce hospodaření s dešťovou vodou v ČR: Současný stav, online:http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/12008-03-11_JVPVH_2.pdf, cit. 24.7.2014

Základní škola Kunratice, online: <http://www.zskunratice.cz/>, cit. 1.3.2015

Obrázky

Obr. č. 1 Rámcový mechanismus oběhu vody na Zemi: Ruda A., 2014: Klimatologie a hydrogeografie pro učitele. Masarykova univerzita, Brno 2014, publikováno na Elportále

Obr. č. 2 Podíl odtoku, infiltrace a výparu vzhledem k velikosti zpevněných ploch: Frank S., 2013: Vliv zrychleného odtoku v urbanizovaném území na zásoby podzemní vody. Urbanismus a územní rozvoj 2013/3: 8 - 13

Obr. č. 3 Graf spotřeby vody: Samek O., 2013a: Motivace k hospodaření s dešťovou vodou, online. <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/9961-motivace-k-hospodareni-s-destovou-vodou>, cit. 24.7.2014

Obr. č. 4 Vegetační dlaždice, online. <http://www.best.info/produkty/dlazby/zatravnovaci-dlazba/best-vega/>, cit. 1.3.2015

Obr. č. 5 Vsakovací blok, online: <http://www.asio.cz/cz/as-nidaplast>, cit. 1.3.2015

Obr. č. 6 Extenzivní vegetační střecha. UFA Fabrik, Berlin, DE, Nehasil O., 2012: Proč se musí dešťová voda zdržovat v místě spadu?, ČSOP Koniklec, Poradce ekoporadny,online:<http://voda.tzbinfo.cz/Proč%20se%20musí%20dešťová%20voda%20zdržovat%20v%20místě%20spadu>, cit. 31.7.2014

Obr. č. 7 Umělé jezero na dešťovou vodu ze střech okolních budov a zázemí umělého jezera, Postdamer Platz, Berlin, DE, Nehasil O., 2012: Proč se musí dešťová voda zdržovat v místě spadu?, ČSOP Koniklec, Poradce ekoporadny,

online:<http://voda.tzbinfo.cz/Proč%20se%20musí%20dešťová%20voda%20zadržovat%20v%20místě%20spadu>, cit. 31.7.2014

Obr. č. 8 Vsakovací průleh - rýha s regulovaným odtokem. MZe: TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami, Sweco Hydroprojekt a.s., Praha 2013, 65 s

Obr. č. 9 Vsakovací šachta Markovič G., 2012: Využití srážkové vody z povrchového odtoku pro zásobování budov, Ústav pozemního stavitelstva, SvT, TU v Košiciach, online: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/8750-vyuziti-srazkove-vody-z-povrchoveho-odtoku-pro-zasobovani-budov>, cit. 24.7.2014

Obr. č. 10 Umělý mokřad. MZe: TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami, Sweco Hydroprojekt a.s., Praha 2013, 65 s

Obr. č. 11 Příklad technického zařízení pro užívání dešťové vody, Dvořáková D., 2007b: Využívání dešťové vody (II) – možnosti použití dešťové vody a části zařízení. Kvalita dešťové vody a její čištění, online: <http://www.tzb-info.cz/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>, cit. 24.7.2014

Obr. č. 12 Svodové okapové filtry Dvořáková D., 2007a: Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení, online:<http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>, cit. 28.8.2014

Obr. č. 13 Filtrační hrnec Dvořáková D., 2007a: Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení, online:<http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>, cit. 28.8.2014

Obr. č. 14 Filtrační jednotka v interním provedení Dvořáková D., 2007a: Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení, online:<http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>, cit. 28.8.2014

Obr. č. 15 Filtrační koš v tělese filtru Dvořáková D., 2007a: Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení, online:<http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>, cit. 28.8.2014

Obr. č. 16 Samočisticí filtr v interní provedení Dvořáková D., 2007a: Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení, online:<http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>, cit. 28.8.2014

Obr. č. 17 Šachtový filtr Dvořáková D., 2007a: Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení, online:<http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>, cit. 28.8.2014

Obr. č. 18 Jemný filtr se zpětným proplachem pro montáž do potrubí za čerpadlem Dvořáková D., 2007a: Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení, online:<http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>, cit. 28.8.2014

Obr. č. 19 Sací souprava Dvořáková D., 2007b: Využívání dešťové vody (II) – možnosti použití dešťové vody a části zařízení. Kvalita dešťové vody a její čištění, online: <http://www.tzb-info.cz/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>, cit. 24.7.2014

Obr. č. 20 Schéma systému doplňování pitné vody přímo do akumulční nádrže Dvořáková D., 2007b: Využívání dešťové vody (II) – možnosti použití dešťové vody a části zařízení. Kvalita dešťové vody a její čištění, online: <http://www.tzb-info.cz/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>, cit. 24.7.2014

Obr. č. 21 Podzemní nádrž na 300 m³ dešťové vody pro toalety a zalévání. UFA Fabrik, Berlin, DE, Nehasil O., 2012: Proč se musí dešťová voda zdržovat v místě spadu?, ČSOP Konílec, Poradce ekoporadny, online:<http://voda.tzbinfo.cz/Proč%20se%20musí%20dešťová%20voda%20zadržova>
[t%20v%20místě%20spadu](http://voda.tzbinfo.cz/Proč%20se%20musí%20dešťová%20voda%20zadržova), cit. 31.7.2014

Obr. č. 22 Plastové monolitické nádrže GARANTIA Columbus, Cristall a Li-Lo Samek O., 2013b: Akumulace a využívání dešťové vod. Český instalatér 2013/2:20 - 21

Obr. č. 23 Nádrž umístěná v rámci dispozice podzemního podlaží Markovič G., 2012: Využití srážkové vody z povrchového odtoku pro zásobování budov, Ústav

pozemního stavitelstva, SvT, TU v Košiciach, online: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/8750-vyuziti-srazkove-vody-z-povrchoveho-odtoku-pro-zasobovani-budov>, cit. 24.7.2014

Obr. 24 Nadzemní nádrž na dešťovou vodu Markovič G., 2012: Využití srážkové vody z povrchového odtoku pro zásobování budov, Ústav pozemního stavitelstva, SvT, TU v Košiciach, online: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/8750-vyuziti-srazkove-vody-z-povrchoveho-odtoku-pro-zasobovani-budov>, cit. 24.7.2014

Obr. č. 25 ZŠ Kunratice - zájmové území, online: <https://www.google.cz/maps/place/Předškolní,+148+00+Praha-Kunratice/>, cit. 1.3.2015

Obr. č. 26 Zájmové území snímek z katastrální mapy, online: <http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>, cit. 1.3.2015

Graf č. 27 Bilance potřeby užitkové vody na splachování WC autor: Martina Šotolová

Obr. č. 28 Montovaná železobetonová nádrž <http://www.dwpl.cz/produkty-velkoobjemove-nadrze-obdelnikove-skladane>, cit. 1.3.2015

Graf č. 29 Porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody pro dlouhodobý srážkový úhrn (autor: Martina Šotolová)

Tabulky

Tab. č. 1 – Vývoj environmentálních charakteristik ČR, Kulhavý F., 2012: Vodní hospodářství krajiny ČR- právní předpisy a praxe. Stavebnictví 02/2012: 54-58

Tab. č. 2 - Součinitele odtoku srážkových povrchových vod, ČSN 759010 Vsakovací zařízení srážkových vod

Tab. č. 3 – Výpočet retenčního objemu povrchového vsakování (autor: Martina Šotolová)

Tab. č. 4 – Výpočet retenčního objemu podzemního vsakování (autor: Martina Šotolová)

Tab. č. 5 - Množství zachycené dešťové vody (autor: Martina Šotolová)

Tab. č. 6 - Bilance potřeby užitkové vody na splachování WC (autor: Martina Šotolová)

Tab. č. 7 - Bilance potřeby vody na závlahu (autor: Martina Šotolová)

Tabulka č. 8 – Výpočet ceny vsakovacího zařízení (zdroj: Šotolová, 2015)

Tab. č. 9 - Výpočet množství srážkových vod odváděných do kanalizace dle přílohy č. 16 k vyhlášce (autor: Martina Šotolová)

Tab. č. 10 - Množství srážek na území Hlavního města Prahy za vybrané období (autor: Martina Šotolová)

Tab. č. 11 - Porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody pro dlouhodobý srážkový úhrn (autor: Martina Šotolová)

Tab. č. 12 - Porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody v roce 2008 (autor: Martina Šotolová)

Tab. č. 13 - Porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody v roce 2010 (autor: Martina Šotolová)

Tab. č. 14- Porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody v roce 2013 (autor: Martina Šotolová)

Tab. č. 15 - Porovnání potřeby vody a zachyceného množství dešťové vody v roce 2002 (autor: Martina Šotolová)

Přílohy

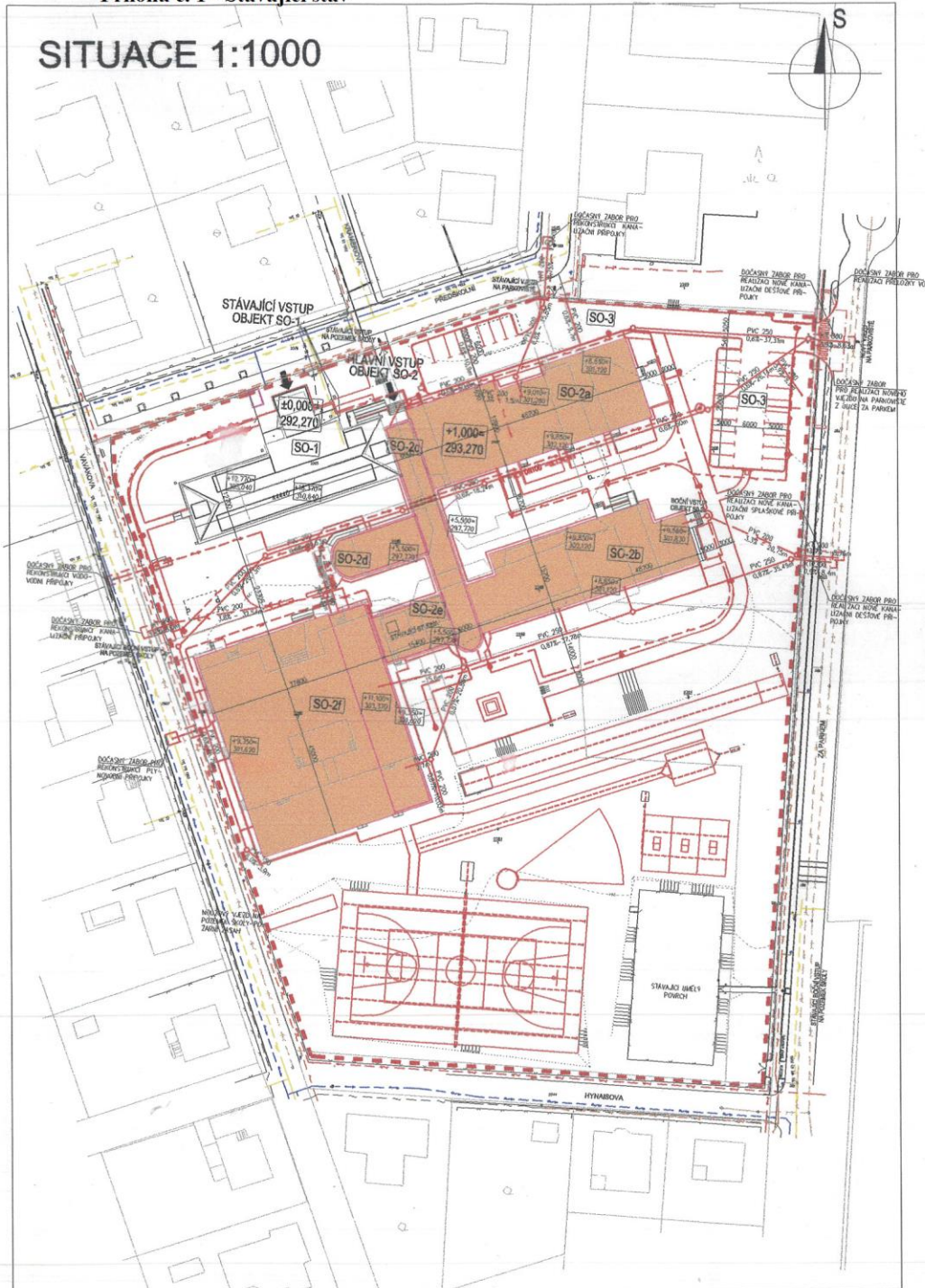
Příloha č. 1 - situace - stávající stav , BOMART spol. s r.o., projekční kancelář

Příloha č. 2 - situace - návrh zasakování (autor: Martina Šotolová)

Příloha č. 3 – situace - návrh akumulční nádrže (autor: Martina Šotolová)

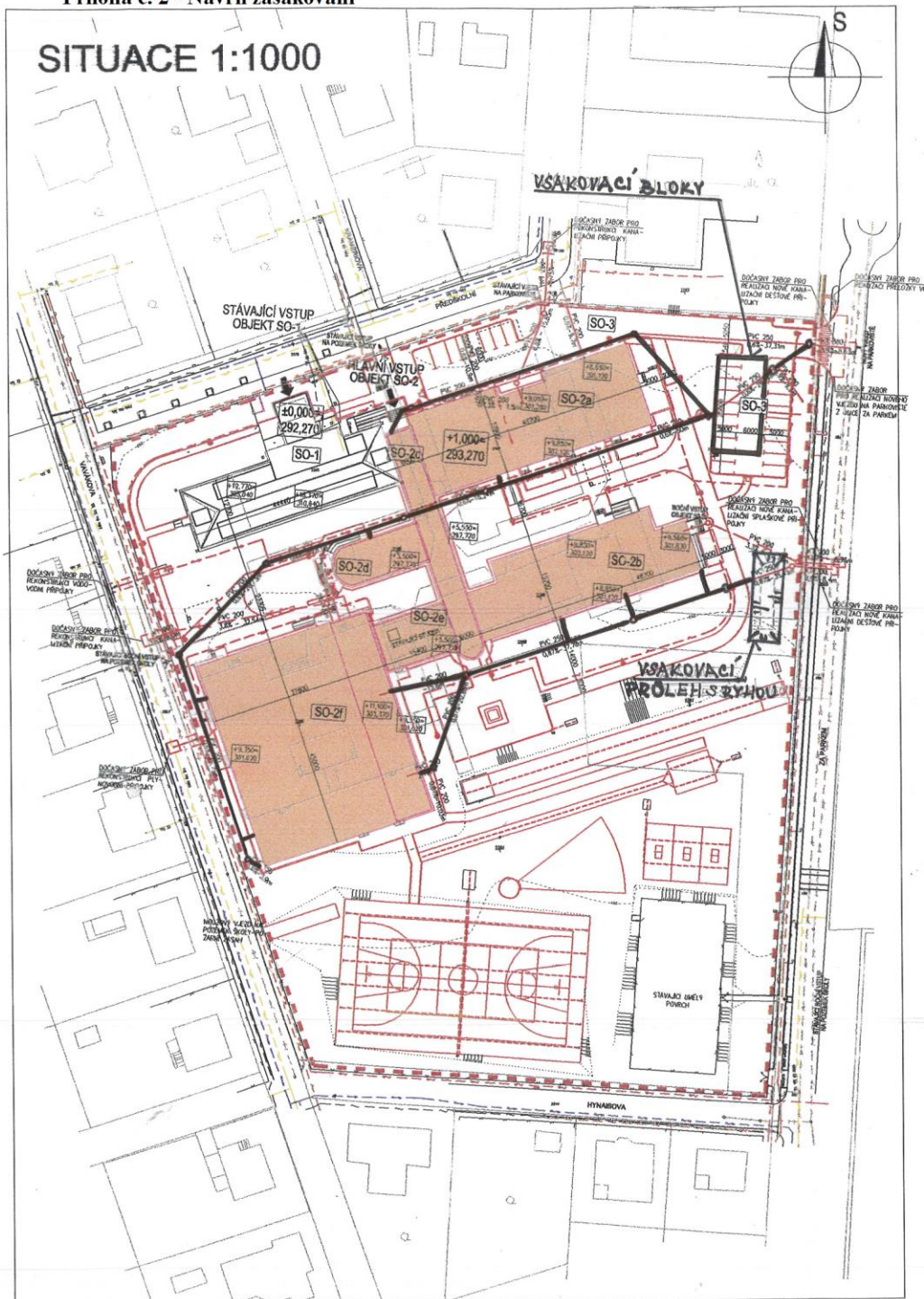
Příloha č. 1 - Stávající stav

SITUACE 1:1000



Príloha č. 2 - Návrh zasakování

SITUACE 1:1000



Příloha č. 3 - Návrh akumulční nádrže

SITUACE 1:1000

