

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování



Hospodaření s dešťovými a šedými vodami

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Diplomant: Bc. Michael Hájek

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Michael Hájek

Krajinné inženýrství

Název práce

Hospodaření s dešťovými a šedými vodami

Název anglicky

Management of gray water and rain water

Cíle práce

Cílem práce je rešerše literatury v oblasti využívání a úpravě vod šedých a vod dešťových. Na konkrétním objektu vyřešit hospodaření s dešťovými a šedými vodami.

Metodika

1. Zásady pro zpracování:

1. Úvod

2. Cíle práce

3. Literární rešerše

4. Metodika

5. Popis řešené lokality

6. Návrh hospodaření s dešťovými vodami

7. Návrh hospodaření s šedými vodami

8. Investiční náklady

9. Diskuze

10. Závěr

11. Použité zdroje

12. Přílohy

Doporučený rozsah práce

40 stran textu a grafické přílohy

Klíčová slova

vsakování, užitková voda, úprava šedých vod, kvalita

Doporučené zdroje informací

BÖSE, K. H., Dešťová voda pro dům a zahradu, 1999, Ostrava. 84 s.: ISBN 80-86167-08-9

ČSN 75 6261- Dešťové nádrže

ČSN 75 6780 – Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích

HLAVÍNEK P., PRAX P., Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. 2007, Ardec Praha, 1. vyd., 164 s., ISBN 80-86020-55-X.

Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku: praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování, Pro Středisko ekologické výchovy, Lesy hl. m. Prahy vydal Ústav pro ekopolitiku ve spolupráci s Asociací pro vodu ČR a Fakultou stavební ČVUT, 2009, Praha, 43 s., ISBN 978-80-87099-06-3.

Nakládání s vodami v urbanizovaných povodích: [ekonomické, ekologické, technické a právní aspekty hospodaření s dešťovými vodami] : sborník příspěvků konference : Konopiště, 17.-18.9.2008, Česká republika. Praha: Vodohospodářská aliance, c2008, 158 s. ISBN 978-80-254-2828-3.

NĚMEC, J., Voda v České republice. 2006. Praha: pro ministerstvo zemědělství vydal Consult, 253 s. ISBN 80-903-4821-1.

TNV 75 9011 – Hospodaření se srážkovými vodami

ŽABIČKA, Z., Vodovod a kanalizace. 2002, ERA Brno, 1. vyd. 118 s., ISBN 80-865-1752-7.

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Elektronicky schváleno dne 11. 3. 2015

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 04. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „**Hospodaření s dešťovými a šedými vodami**“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 9. 4. 2015

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za odborné vedení a hodnotné rady během mé diplomové práce.

Abstrakt

Voda je jedním z nejcennějších zdrojů, které jsou na naší planetě a lidský život je bez ní jen těžce představitelný. Přístup k ní je základním lidským právem a předpokladem udržitelného rozvoje. Přesto ale pouze 60 % světové populace má přístup k čisté a zároveň pitné vodě. Jedna z příčin je právě nepříliš vhodné hospodaření s vodou. Jedním z řešení tohoto problému je využívání dešťových a šedých vod, čímž dochází k předcházení odvádění těchto vod do kanalizace bez jejich využití.

V urbanizovaných územích dochází k velkému povrchovému odtoku z důvodu velkého množství nepropustných ploch, které mají v případě intenzivních srážek negativní vliv. Voda je rychle z území odvedena, nezdržuje se, neinfiltroje se a ihned odchází. Hlavní myšlenkou hospodaření s dešťovými vodami je pravý opak. Při srážkách je voda zadržována v místě dopadu a následně využívána například pro zavlažování porostu v obdobích sucha a splachování toalet, anebo pomocí vsakovacích nádrží je voda vsakována do půdního profilu, kdy je zvyšována hladina podzemní vody a tím i její zásoba v území.

V případě hospodaření s šedými vodami se jedná o směs komunální vody z koupelen a kuchyní bez fekálního znečištění. Tyto vody představují největší podíl odpadních vod z domácností. Cílem šedé vody je její využití pro recyklaci, kde po úpravě jsou tyto vody hygienicky nezávadné a lze je použít jako vodu užitkovou ke splachování toalet, praní, úklidu a jsou vhodné i k infiltraci.

Hospodaření s vodou je velmi důležité pro nás i pro budoucí generace. Pokud bude nadále narušován přirozený hydrologický cyklus vody, může její nedostatek v budoucnu vyvolat ozbrojené konflikty mezi státy.

Klíčová slova: vsakování, užitková voda, úprava šedých vod, kvalita, hospodaření s vodou



Abstract

Water is one of the most valuable resources that are present on our planet, and human life can hardly be imagined without it. Access to water is a fundamental human right and a prerequisite for sustainable development. However, only about 60 % of world human population has access to clean and drinkable water. One of the causes of this situation is incorrect water management. One of the solutions to this problem is using rain and gray water, and the prevention of moving these into the sewer system without its use.

In urban areas, there is a large quantity of surface runoff due to a large amount of impervious surfaces, which, in case of intense rainfalls, has a negative influence. Water is quickly diverted from the area. The main idea of the rainwater management is quite the opposite. During rainfall the water is retained in its impact area and subsequently used. For example, collected rainwater can be used for crop irrigation in dry seasons, used for flushing toilets, or, by using the percolation tanks, water can soak in to the soil, which can raise the level of groundwater in the area.

The gray water is a mixture of municipal water from bathrooms and kitchens without fecal contamination. This water represents the largest share of domestic waste water. The aim of the gray water is its use for recycling, because after the alteration, this type of water is hygienically safe and can be used as supply water for flushing toilets, washing, cleaning and it is also suitable for infiltration.

Water management is very important for us and for future generations. If we keep on disturbing the natural hydrological cycle of water, its low supply may cause armed conflicts between the countries.

Key words: soaking, supply water, treatment of gray water, quality, water management



Obsah

1. ÚVOD	10
2. CÍLE PRÁCE A METODIKA	11
2.1 CÍLE PRÁCE	11
2.2 METODIKA	11
LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
3. VODA NA ZEMI A JEJÍ ZÁSoby	12
4. SPOTŘEBA PITNÉ VODY A JEJÍ CENY V ČR A V ZAHRANIČÍ	14
4.1 SPOTŘEBA PITNÉ VODY V ČR A V ZAHRANIČÍ.....	14
4.2 CENA PITNÉ VODY V ČR A V ZAHRANIČÍ.....	16
5. DEŠŤOVÉ VODY A JEJICH VYUŽITÍ	19
5.1 MOŽNÉ VARIANTY VYUŽITÍ DEŠŤOVÉ VODY.....	19
5.1.1 <i>Využití v centrech měst</i>	19
5.1.2 <i>Městské a smíšené obytné oblasti</i>	20
5.1.3 <i>Zástavby rodinných domů</i>	20
5.1.4 <i>Využívání v domácnostech</i>	20
5.1.5 <i>Obchodní oblasti</i>	22
5.2 KVALITA DEŠŤOVÉ VODY A JEJÍ ZNEČIŠTĚNÍ	22
5.2.1 <i>Znečištění v atmosférických srážkách</i>	22
5.2.2 <i>Znečištění na povrchu</i>	23
5.3 ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÉ VODY.....	24
5.3.1 <i>Filtrační metody</i>	25
5.4 RETENCE DEŠŤOVÝCH VOD.....	27
5.4.1 <i>Retence v urbanizovaném území</i>	27
5.4.2 <i>Decentralizovaná retence</i>	29
5.5 VSAKOVÁNÍ DEŠŤOVÉ VODY	30
5.5.1 <i>Povrchové vsakování</i>	31
5.5.2 <i>Podpovrchové vsakování</i>	33
5.5.3 <i>Kombinované vsakování</i>	35
6. ŠEDÉ VODY A JEJICH VYUŽITÍ	36
6.1 MOŽNÉ VARIANTY VYUŽITÍ ŠEDÉ VODY	36
6.1.1 <i>Využití v budovách a přilehlých pozemcích</i>	37
6.1.2 <i>Energie v podobě tepla</i>	37
6.2 KVALITA ŠEDÉ VODY	39
6.3 ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD.....	40
6.3.1 <i>Mechanická úprava</i>	41
6.3.2 <i>Chemická úprava</i>	41
6.3.3 <i>Fyzikální úprava</i>	41
6.3.4 <i>Biologické čištění</i>	42

6.3.5	<i>Přírodní čištění</i>	42
6.4	AKUMULACE ŠEDÝCH VOD	43
7.	LEGISLATIVA ČR V OBLASTI HDV A ŠV	44
8.	NÁVRH ZAŘÍZENÍ PRO VYUŽITÍ ŠEDÝCH A DEŠŤOVÝCH VOD	47
8.1	STANOVENÍ MNOŽSTVÍ ŠEDÉ VODY	47
8.2	STANOVENÍ MNOŽSTVÍ DEŠŤOVÉ VODY	49
8.3	STANOVENÍ POTŘEBY PROVOZNÍ VODY	49
8.4	POSOUZENÍ MNOŽSTVÍ POTŘEBNÉ A VYPRODUKOVANÉ VODY	52
	PROJEKTOVÉ ŘEŠENÍ	53
9.	POPIS ŘEŠENÉ LOKALITY	53
9.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE	54
9.1.1	<i>Kanalizace</i>	55
9.1.2	<i>Vodovod</i>	56
9.1.3	<i>Hydrogeologické podmínky</i>	56
9.2	VARIANTA 1 – SPLACHOVÁNÍ TOALET DEŠŤOVOU VODOU	57
9.2.1	<i>Zisk dešťové vody</i>	57
9.2.2	<i>Potřeba provozní vody</i>	58
9.2.3	<i>Posouzení návrhu a bilance</i>	59
9.2.4	<i>Bezpečnostní přeliv</i>	59
9.2.5	<i>Rozvody a stavební úpravy</i>	61
9.2.6	<i>Ekonomická návratnost</i>	63
9.3	VARIANTA 2 – ZAVLAŽOVÁNÍ DEŠŤOVOU VODOU	65
9.3.1	<i>Zisk dešťové vody</i>	65
9.3.2	<i>Potřeba provozní vody</i>	66
9.3.3	<i>Posouzení návrhu a bilance</i>	67
9.3.4	<i>Bezpečnostní přeliv</i>	68
9.3.5	<i>Rozvody a stavební úpravy</i>	70
9.3.6	<i>Ekonomická návratnost</i>	71
9.4	VARIANTA 3 – SPLACHOVÁNÍ TOALET ŠEDOU VODOU	73
9.4.1	<i>Zisk šedé vody</i>	73
9.4.2	<i>Potřeba provozní vody</i>	74
9.4.3	<i>Posouzení návrhu a bilance</i>	75
10.	DISKUZE	77
11.	ZÁVĚR	80
12.	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	82
	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
	SEZNAM TABULEK	87
	SEZNAM PŘÍLOH	88

1. Úvod

V dnešní době více než padesát procent populace žije ve městech, kde dochází k urbanizaci území. Tato skutečnost velmi narušuje přirozený koloběh vody. V oblastech, kde dříve nebyla krajina dotčena antropogenní činností je nyní potřeba hledat řešení, jak zabránit snižování zásoby vody na zemi a začít s vodou rozvážně hospodařit.

Prioritou je snažit se v urbanizovaných územích, a nejen tam, co nejvíce přiblížit přírodnímu cyklu koloběhu vody. Dosavadní nastavení, kdy voda, která přiteče na území, a je z důvodu velkého množství zpevněných ploch rychlým povrchovým odtokem odváděna, není ideální. Takto vzniklý rychlý povrchový odtok způsobuje problémy v městské aglomeraci, například lokálními záplavami, ale i zásadním způsobem poškozuje zemědělskou půdu vzniklou vodní erozí. Voda se nemá jak vsáknout do půdního profilu a ihned odchází ze zasaženého území do recipientu nebo kanalizace.

Jedním z řešení tohoto problému je hospodaření s dešťovou vodou v místě vzniku, anebo její vsakování do půdního profilu. V prvním případě se jedná o zachycení dešťové vody v místě vzniku, kdy je například voda ze střech sváděna do záchytných nádrží a dále je distribuována dle potřeby do systému zavlažování, či slouží ke splachování toalet. K těmto procesům není tedy využívána voda pitná, ale voda dešťová a dochází tak k výraznému snížení spotřeby pitné vody. V druhém případě se jedná o vsakování zachycené dešťové vody do půdního profilu pomocí vsakovacích nádrží, kdy se zvyšuje zásoba vody v půdním profilu a dochází tak k retenci vody v území.

Nemalá úspora pitné vody nastává i v případě hospodaření s šedými vodami. Tyto vody z koupelen a kuchyní představují nejvyšší podíl odpadních vod z domácností a jsou jen lehce znečištěné. V případě recyklace šedých vod vzniká voda hygienicky nezávadná a lze jí používat jako vodu užitkovou například ke splachování toalet, praní a uklízení.

Využíváním dešťové a šedé vody lze výrazně zvýšit její zásobu a tím ochránit jeden z nejcennějších zdrojů naší planety, který je nezbytný pro lidský život.

2. Cíle práce a metodika

2.1 Cíle práce

Cílem diplomové práce je rešerše literatury popisující základní terminologii, mimo jiné právní legislativu v České republice, a možnosti v oblasti využívání a úpravě dešťových a šedých vod. Konkrétním cílem je hlavně návrh možného řešení hospodaření s dešťovými a šedými vodami v objektu mateřské školy s přílehlou venkovní plochou, vhodnou k následnému využití a srovnání investičních nákladů s dobou její návratnosti.

2.2 Metodika

Literární rešerše je zpracovaná pomocí dostupné, převážně České, ale i světové, odborné literatury, technických norem a odborných článků v oblasti hospodaření s dešťovými a šedými vodami v souladu s právní legislativou České republiky.

Při problematice popisující využití šedých a dešťových vod v budovách a na přílehlých pozemcích bylo čerpáno mimo jiné z informací zatím neschválené normy ČSN 75 6870, která se prozatím nachází ve fázi návrhu prvního projednání.

Při řešení praktické části byly hlavní podklady zajištěny přímo od ředitelky mateřské školy. Jednalo se hlavně o výkresy objektů, dešťových vpustí, svodů, kanalizací, rozmístění staveb na pozemku, o finanční přehled ceny vody a jejího vypouštění do kanalizační sítě a o počtu uživatelů školy a popis provozu. Podklady pro digitalizaci objektu byly zajištěny nejen od ředitelky školy původními výkresy, ale také na základě studentské žádosti o poskytnutí dat ZABAGED od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního.

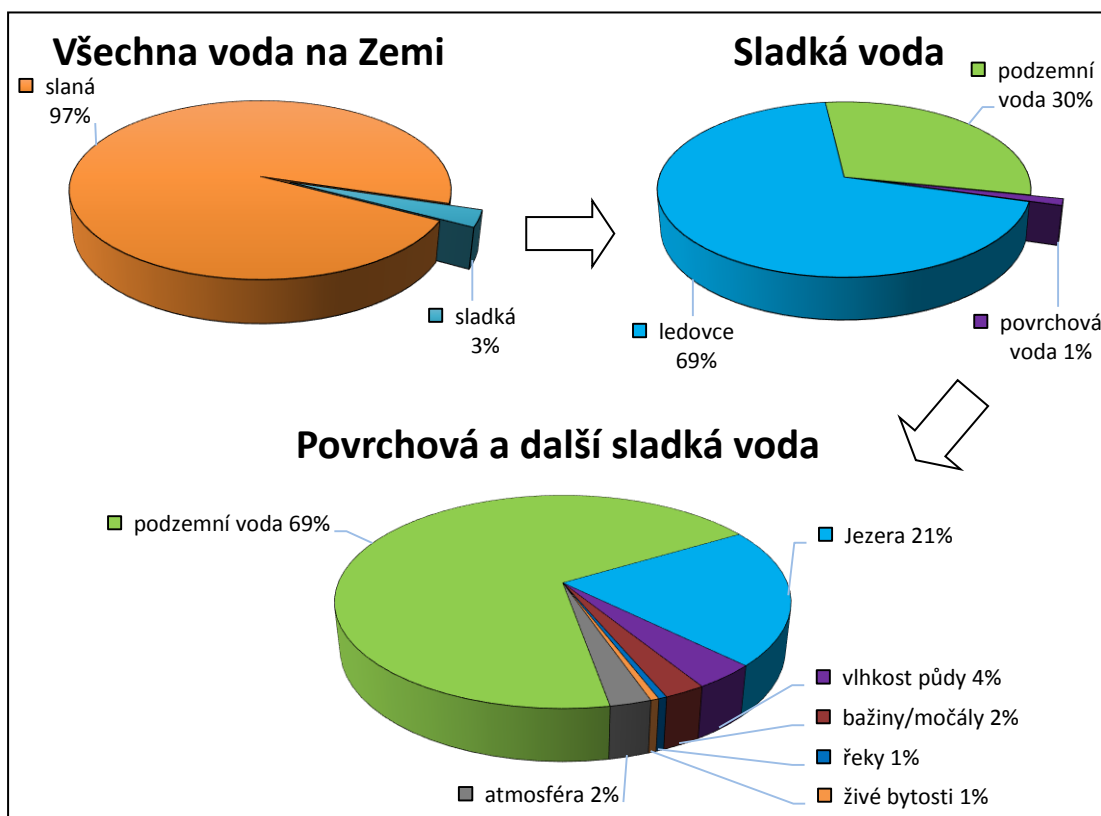
Projektové řešení vychází z popsané literární rešerše, kde byly navrženy tři varianty hospodaření s dešťovou a šedou vodou v areálu mateřské školy. Výpočtová část je založena zejména na normách, zabývajících se touto problematikou a dále na praktických znalostech firmy Nicol Česká republika, s.r.o., dříve známé pod názvem Glymwed, s.r.o., které mi byli v průběhu velkou oporou nejen při výpočtech, ale i samotných návrzích řešení.

Literární rešerše

3. Voda na zemi a její zásoby

Voda je jedním z nejdůležitějších a zároveň nejcennějších zdrojů naší planety, který je nezbytný pro lidský život, avšak pouze 60 % světové populace má k pitné a čisté vodě přístup. Dle zjištění Světové zdravotnické organizace (WHO) přibližně 3 miliardy lidí nemá dostatek vody na pití a zároveň hygienu. Nejen z těchto důvodů vyplývá, že přístup ke kvalitní pitné vodě a hygienickým zařízením není samozřejmostí. S rostoucí populací roste i spotřeba vody a proto je třeba s vodou rozvážně hospodařit.

Více jak 70 % povrchu naší planety je tvořeno vodou, z čehož 97 % veškeré vody se nachází v oceánech, mořích a zátokách v podobě vody slané. Zbylé 3 % tvoří voda sladká, nalézající se v atmosféře, na povrchu a pod povrchem. Největší zastoupení, přibližně 70 %, má sladká voda na povrchu ve formě ledovců a zbylých 30 % je tvořeno vodou atmosférickou, vyskytující se ve formě vodní páry, vodou podpovrchovou a dalšími typy vod povrchových, jako jsou například jezera, močály, řeky a potoky, ale i voda nacházející se v živých bytostech. (Němec, 2006)



Obrázek 1: Zásoba vody na Zemi (upraveno dle: Shiklomanov, 1993)

Z výše znázorněného grafického přehledu vyplývá, že ačkoliv vody jako takové je na Zemi dostatek, pouhé 3 % vody jsou vody sladké. Nutno dodat, že nedostatek vody v určitých částech světa je zapříčiněn jejím nerovnoměrným rozdělením a většina této sladké vody je pro člověka nedostupná. Tyto vody se nacházejí například vázané v ledovcích, anebo se jedná o hluboké podzemní vody. (Komínková, et al., 2014)

V České republice je valná většina všech povrchových zdrojů vody odváděna do Severního, Černého a Baltského moře. Z tohoto důvodu je hlavním zdrojem voda srážková a podzemní. Avšak v posledních deseti letech bylo zaznamenáno oteplení, které se výrazně promítlo do zdrojů podzemních vod. Podzemní vody bývají nejhojněji dotovány sněhovými srážkami, avšak změnou klimatu v posledních letech dochází ke snižování této zásoby. Příčinou je zvýšený výskyt srážek na jaře a v létě, kdy vegetační kryt nedokáže absorbovat přívalové srážky a nespotřebovaná voda odtéká po povrchu. Dešťová voda velmi rychle odtéká a tvoří agresivní přívalovou vlnu, která může způsobit záplavy a vysoké škody. Z toho důvodu se stát snaží, v souladu s EU a trvale udržitelným stavem zdrojů podzemních vod, zajistit rovnováhu mezi jejím odebíráním a přirozeným doplňováním.

Již v dnešní době se na území České republiky potýkáme v některých oblastech s problémem sucha. Konkrétně na jižní Moravě, Kralovéhřecku a Pardubicku. (Mixa, 2013)

V roce 2010 bylo po 20 letech opět zahájeno mapování zásob podzemních vod pod názvem projektu „Rebilance zásob podzemních vod“, který je hrazen evropskými fondy, jehož cílem je přehodnocení zásob podzemních vod a zjištění možností jejího odběru. Toto mapování je vypracováváno v 56 hydrogeologických rajónech pokrývající svou rozlohou přibližně třetinu České republiky. Mapování by mělo být ukončeno na konci roku 2015 a po skončení projektu budou výsledky předány ČHMÚ s možností seznámení veřejnosti na odborných seminářích. (Kadlecová, 2011)

4. Spotřeba pitné vody a její ceny v ČR a v zahraničí

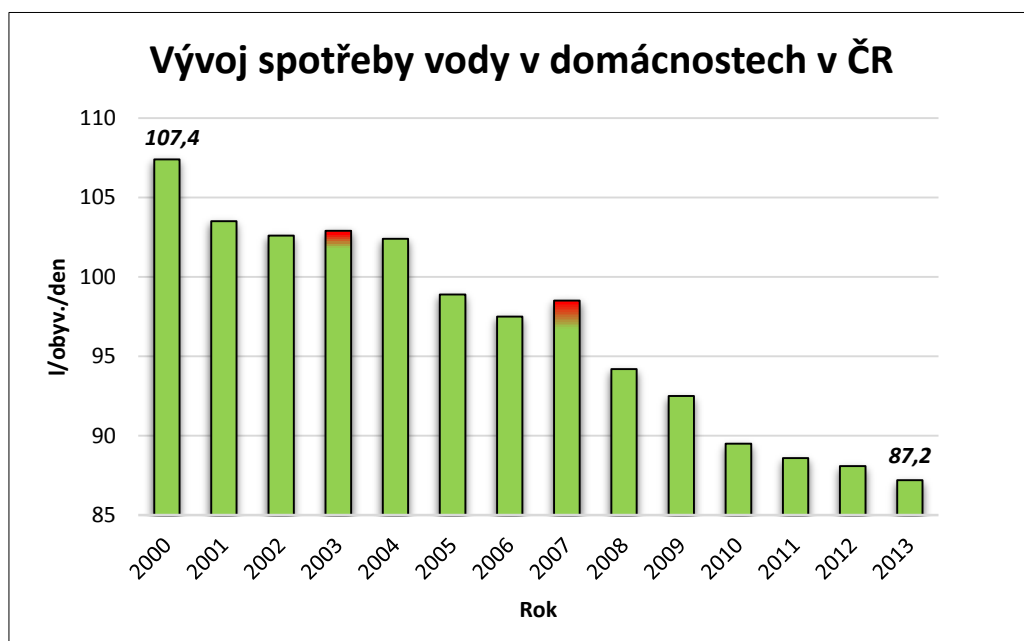
Nedostatkem pitné vody již dnes trpí více jak 40 % lidské populace na Zemi. Velmi důležitým krokem je omezit používání pitné vody k činnostem, při kterých není zcela důležitá a tím omezit její zbytečné plýtvání. Cena vody je každým rokem zvyšována z důvodu stále se zvyšujících nákladů na její čištění a úpravu, které musejí odpovídat hygienickým normám. (Úterský, 2011)

4.1 Spotřeba pitné vody v ČR a v zahraničí

Nedostatek pitné vody v rozvojových zemích a jejím protikladem plýtvání v zemích vyspělých tvoří jeden ze zásadních problémů, kterému čelí obyvatelstvo na naší planetě. Jednou z variant je právě hospodaření s dešťovou a šedou vodou.

Spotřeba pitné vody v ČR

V České republice má spotřeba vody od roku 1990 výrazně klesající tendenci. Spotřeba vody dnes představuje přibližně 60 % spotřeby vody na přelomu 80. a 90. let. Hlavním důvodem poklesu spotřeby pitné vody v České republice je zdražování cen za vodu pitnou. Vodné a stočné za spotřebovanou vodu má naopak oproti spotřebě rok od roku tendence vzrůstající. (Úterský, 2011)



Obrázek 2: Vývoj spotřeby vody v domácnostech (upraveno dle: ČSÚ, 2014)

Dle výše znázorněného grafu Vývoje spotřeby pitné vody v domácnostech v ČR je patrné, že za posledních 13 let je trend poklesu spotřeby vody přibližně 20 % oproti roku 2000, což je přibližně stejné tempo, jako od roku 1990. Podobný trend lze například pozorovat také na Slovensku a v Polsku. Česká republika má ve srovnání se západní Evropou spotřebu pitné vody výrazně nižší. (Vodárenství, 2011)

Spotřeba pitné vody v zahraničí

V Evropě mezi nejméně šetřivé země patří Velká Británie, kde denní spotřeba pitné vody dosahuje v přepočtu na jednoho obyvatele 343 litrů, což je ve srovnání s Českou republikou 4 krát více. Na dalších příčkách se nachází Španělsko, se spotřebou 265 litrů na obyvatele, Francie, Portugalsko či Maďarsko, kde je spotřeba přibližně 150 až 160 litrů na obyvatele za den. Z druhé strany se na nejnižších místech kromě ČR, Slovenska a Polska nacházejí pobaltské státy. (Vodárenství, 2011)

Ve světě se mezi největší spotřebitele vody řadí Spojené státy americké následované Austrálií. Naopak nejméně vody je v rozvojových zemích, zejména v Indii. Pro představu je uváděno, že spotřeba na jednoho obyvatele za den v Indii je přirovnávána k jednomu spláchnutí toalety, které činí přibližně 10 litrů. (Brádková, 2012)

Nedostatečný přístup k vodním zdrojům v rozvojových zemích je příčinou nejen špatného stravování, ale v extrémních případech i hlavní příčinou hladomorů zejména v těch oblastech, kde je obyvatelstvo závislé na zemědělské produkci. Právě v těchto zemích je téměř 90 % vody spotřebováno na zemědělství. (Brádková, 2012)

Pro bohatší státy je jedním z možných řešení snižování deficitu pitné vody odsolováním vody mořské. Pro konkrétní příklad je vhodné uvést například Kuvajt, který je v dnešní době odkázán na odsolenou vodu z moře. (Vodárenství, 2011)

4.2 Cena pitné vody v ČR a v zahraničí

Cena vody je v dnešní době složena ze dvou položek, vodné a s stočné. Vodné je úplata za dodanou vodu z veřejného vodovodu a vybíralo se již od konce 16. století. Stočné je úplata za vodu odváděnou veřejnou kanalizací, respektive za odvedení odpadní vody a její vyčištění. (Jásek, 2000)

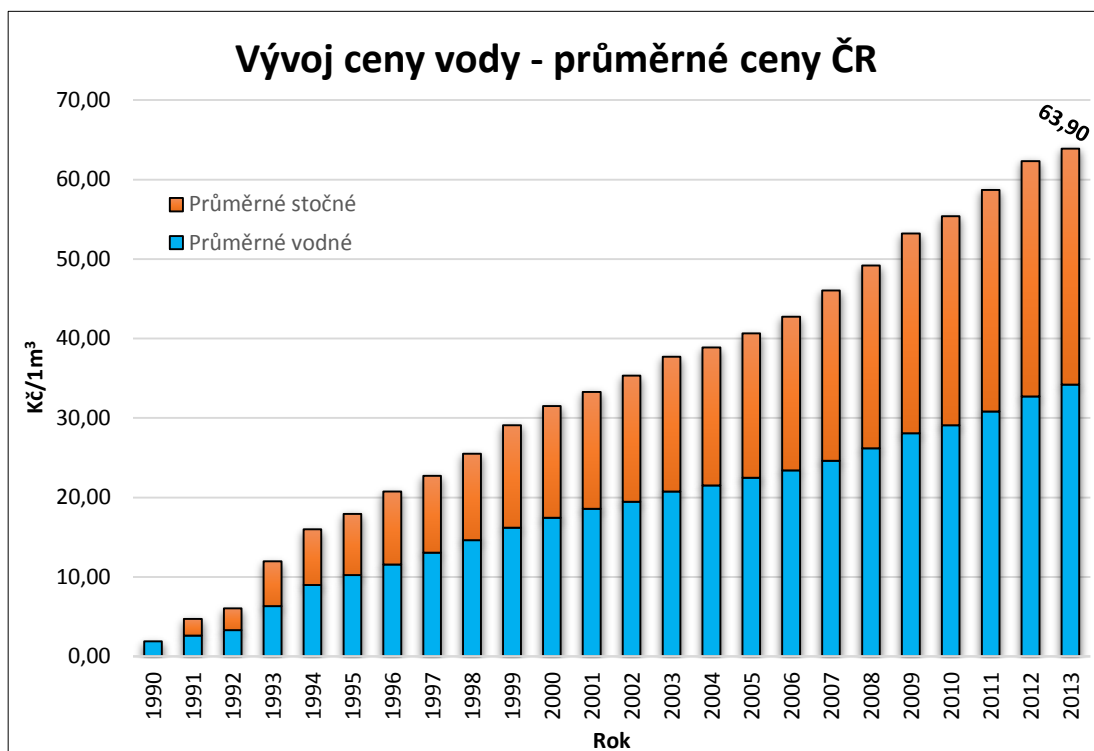
Ceny pitné vody v ČR

Způsob stanovení cen vodného a stočného je přísně podřízen kalkulaci stanovené v cenovém věstníku ministerstva financí České republiky pro každý kalendářní rok, z čehož vyplývá, že cena za vodu je regulována státem. Cenový věstník byl na základě přijetí zákona č. 253/2014 sb. aktualizován a nabyl účinnosti 15. 1. 2015. Kontrolu nad dodržováním kalkulačního vzorce provádí stát prostřednictvím finančního ředitelství příslušného kraje. Mimořádná pozornost je věnována oprávněnosti plánovaným nákladům na příslušný rok. Finanční ředitelství tímto krokem zabraňuje svévolnému a bezdůvodnému zvyšování zisků nebo cen vodného a stočného. (Maštálka, 2015)

Významnými nákladovými položkami, ovlivňující výši cen vodného a stočného, jsou náklady na opravy spravovaného majetku, následované náklady provozními. Dalším významným nákladem je nájemné odváděné provozovatelem vodovodů a kanalizací městům a obcím za provozování vodohospodářské infrastruktury a v neposlední řadě zvyšování cen energií, nákladů na likvidaci nebezpečného odpadu a další. (ÚVHMZE, 2006)

V některých regionech je výše vodného a stočného značně rozdílná. Pro představu cena vody v Praze pro rok 2015 za 1 m³ byla stanovena na 77,66 Kč oproti Ústí nad Labem, kde je cena stanovena na 96,03 Kč. Důvodem jsou rozdílné místní podmínky zmíněné výše, ke kterým se přidává například rozdílná kvalita surové vody a morfologie terénu, avšak velmi důležitým faktorem, který ovlivňuje cenu vody, je systém prodeje vody. V tomto případě existují dvě možnosti prodeje vody, kdy je voda prodávána na přímo, anebo přes prostředníka. V přímém prodeji jsou ve vztahu pouze dva subjekty, vodárna a odběratel. Taková situace je nejvýhodnější pro oba subjekty, kdy vodárna dodává vodu přímo odběrateli a ten jí přímo za vodu zaplatí. Peníze se vrací do vodárenského odvětví. Zcela odlišná situace nastává v případě, kdy se mezi vodárnu a odběratele postaví třetí strana, respektive

prostředník. V tuto chvíli již neplatí přímý vztah mezi vodárnou a odběratelem a ceny za vodu jsou přerozdělovány, kdy prostředník navíc inkasuje zisky ze zprostředkovaného prodeje. To se projeví i na finální ceně za pitnou vodu. (Novotný, 2015)



Obrázek 3: Vývoj průměrných cen vody v ČR (upraveno dle: ČSÚ, 2014)

Na grafu výše lze vidět trend zvyšování cen vodného a stočného od roku 1990 do současnosti. Navzdory zvyšování Česká republika stále naplňuje princip doporučený WHO a světovou bankou, který upozorňuje, že cena za vodu by měla zůstat sociálně únosná. To znamená, že výdaje domácnosti za vodu by neměly překročit 2 % jejich hrubého příjmu. (Vodárenství, 2011)

V případě odvodu dešťových vod do kanalizace vzniká povinnost platit stočné za tyto vody, až na pár výjimek, pouze u nemovitostí, kde je provozována podnikatelská činnost. Platba je vypočítávána součinem plochy nemovitosti, koeficientu odtoku, hodnotou dlouhodobého srážkového úhrnu a aktuální cenou stočného. Není-li možné zaznamenat množství vypuštěných srážkových vod do kanalizace, je vypočteno toto množství dle stanoveného prováděcího právního předpisu. V případě, kdy odběratel prokazatelně spotřebuje více jak 30 m³ vody dodané vodovodem za rok bez vypuštění do kanalizace, je prováděn výpočet vstupu vody do kanalizace měřením,

anebo odborným výčtem dle technických propočtů předložené odběratelem a ověřené provozovatelem, pokud nebylo stanoveno jinak. Konkrétní informace jsou popsány ve Vyhlášce č. 428/2001 MZE, která slouží jako prováděcí předpis k Zákonu č. 274/2001 sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů se změnou 146/2004 Sb. (Kopačková, 2005)

Ceny pitné vody v zahraničí

V západní Evropě je voda výrazně dražší, než v České republice (1,6 USD, cca 30 Kč). Nejvíce za pitnou vodu zaplatí lidé v Dánsku, kde v přepočtu 1 m³ vychází přibližně 9 USD (cca 160 Kč), následuje Francie s Německem, kde stojí 1 m³ na vodném 3,6 USD (cca 65 Kč). Ceny vody mimo Evropu jsou výrazně příznivější. Nejdražší vodné je v Austrálii při ceně vodného za 1 m³ pouze 1,8 USD (cca 35 Kč). Nejlevněji se dá voda pořídit v Indii, kde je cena 0,08 USD (cca 2 Kč) a absolutorium drží Irsko, kde je pitná voda poskytována bez úplaty. (Vodárenství, 2011)

Stočné v rámci Evropské unie nejvíce stojí ve Velké Británii, kde za 1 m³ odvedené odpadní vody občané zaplatí 2,2 USD (cca 40 Kč). Mimo EU je nejdražší stočné v Austrálii, kde vyjde na 1,73 USD (cca 32 Kč). Mezi státy s nejlevnějším stočným patří Jižní Korea či Čína a stočné zadarmo je v Indii a v Dánsku, kde je ale zase nejvyšší cena vodného. (Úterský, 2011)

Ceny vody v Kč jsou pouze orientační a byly vypočteny na základě průměrného kurzu USD v roce 2011, který činil 17,68 Kč.

5. Dešťové vody a jejich využití

Dešťová voda se dnes z většiny urbanizovaných území nedostává přirozenou cestou zpět do přírodního koloběhu vody. To může způsobit změny vodního režimu, které vedou k úbytku přirozené obnovy zásob spodních vod. V extrémních případech, při extrémních srážkách, může docházet k povodňovým stavům. Opatření je často velmi finančně náročné. Z toho důvodu se nabízí, při zohlednění lokálních podmínek území, redukce povrchového odtoku její retencí v místě vzniku, infiltrací do půdního profilu a v poslední řadě k odvádění dešťových vod do stokové sítě. (Hengeveld & De Vocht, 1982)

5.1 Možné varianty využití dešťové vody

Průměrná spotřeba vody na jednoho obyvatele je stanovena přibližně 90 litrů na den, avšak individuální spotřeba je v každé domácnosti odlišná. Nicméně na polovinu námi spotřebované vody není zcela zapotřebí voda splňující kvalitu vody pitné. Z toho důvodu je vhodné jako alternativu využívat vodu srážkovou. (Böse, 1999)

Dle typu zástavby můžeme rozdělit využití dešťových vod na oblasti stávající zástavby, anebo novostavby. Možnost využití se mezi oběma variantami velmi liší a to hlavně z důvodu omezené struktury obytné oblasti v případě dodatečné realizace ve stávajících zástavbách. U nově budovaných staveb lze již od začátku využívat koncepční přístup dle městského urbanizačního plánu, kde se jedná zejména například o opatření odvádění vody z pozemků, namísto povrchového odtoku, pomocí příkopů, rigolů či žlabů a tím zajistit retenci vody v území a zároveň infiltraci do půdního profilu. (Mičinová, 2005; Raclavský, et al., 2011)

5.1.1 Využití v centrech měst

V centrech měst dochází k vysoké hustotě zástavby a tím se snižuje přirozený koloběh vody v území z důvodu velkého množství zpevněných ploch. V takto hustě osídlených centrech měst s vysokým počtem zastavěných ploch a minimem množství zeleně je téměř vyloučena varianta zasakování dešťové vody do půdního profilu. Jako vhodné řešení se nabízí využití střešních ploch budov ozeleněním, avšak toho jde docílit na stávající zástavbě velmi omezeně. Takto ozeleněné střechy jsou schopné zadržet, dle použitých rostlin, 50 až 70 % srážkové vody. (Heisigová, et al., 2014)

5.1.2 Městské a smíšené obytné oblasti

Tyto oblasti se stále nacházejí v blízkosti center měst a tudíž ještě stále vykazují vysokou hustotu zástavby, pohybující se v rozmezí od 60 do 80 %. Tyto hodnoty naznačují, že prostor na infiltraci vody do půdního profilu je zde stále velmi omezený. Hlavní příčinou jsou různá vlastnická práva rozdělena na malá území, kde lze jen těžko najít shodu k danému záměru. Tyto podmínky velmi ztěžují možnosti budování zásobníků a vsakovacích zařízení na srážkovou vodu. (Hlavínek, et al., 2007)

Příznivější podmínky lze shledat u městských oblastí, kde dochází ke kombinaci uzavřené blokové a řadové zástavby zároveň s využíváním vnitřních ploch jako zahrad. Rozmezí hustoty zástavby je zde sníženo o 10 %. Zde již je možné, při vhodných půdních poměrech, přistoupit ke koordinaci. Důvodem jsou stavební bloky, patřící například vlastníkům bytového družstva, anebo společenství, kde mohou být ve vnitřních plochách zrušeny plochy zpevněné a nahrazeny plochou nezpevněnou vhodnou právě ke vsakování vody srážkové z konkrétního objektu. (Hlavínek, et al., 2007)

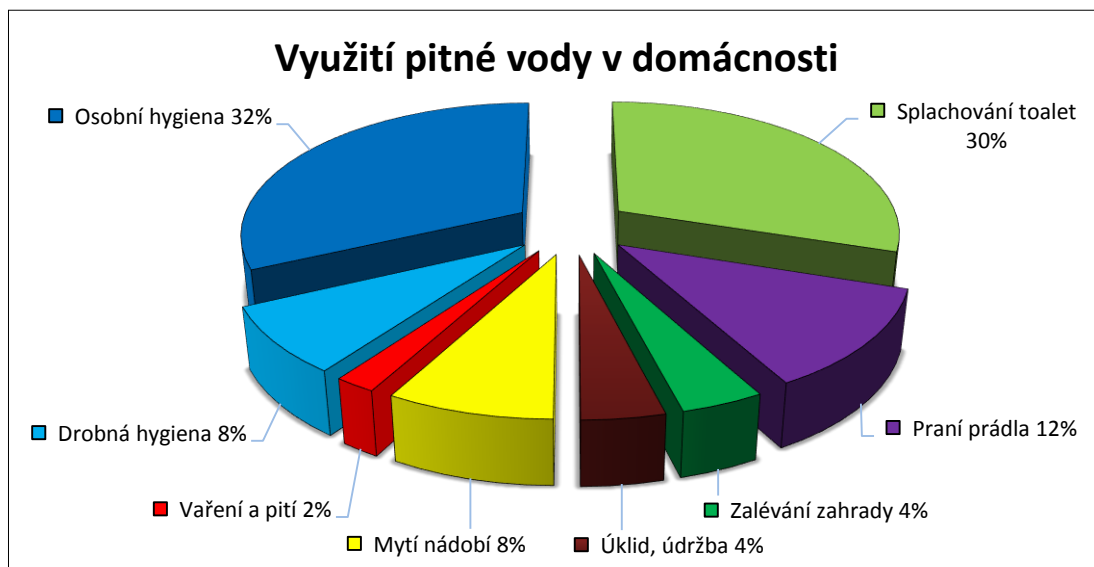
5.1.3 Zástavby rodinných domů

V oblastech, které jsou tvořeny samostatnými rodinnými domy, je velký prostor pro využívání dešťové vody k vsakování nebo využívání k potřebám v místě vzniku. Tato zástavba je charakterizována velmi malým procentem zpevněných ploch, dosahující pouze 20 %. Zbylých 80 % nezpevněné plochy je tvořeno převážně zahradami, kde může být dešťová voda zadržována v retenčních nádržích a využívána k zavlažování zahrad v období sucha, anebo může sloužit například k dotování zahradního jezírka. (Hlavínek, et al., 2007)

5.1.4 Využívání v domácnostech

V různých částech domácnosti nejsou vždy nároky na kvalitu vody jednotné. V místech, kde přicházíme do styku s vodou, musí být voda dodávána pitná. S touto vodou se setkáváme například při vaření, pití, mytí nádobí a osobní hygieně. (Valášek, 1990)

Oproti místům, kde s vodou do přímého kontaktu nevstupujeme, může být použita voda dešťová. Ta může být používána například ke splachování toalet, praní prádla, údržbu, anebo zalévání. (Dvořáková, 2007)



Obrázek 4: Využití pitné vody v domácnostech a její nahraditelnost (upraveno dle: Bartoník, 2012)

Z výše uvedených tvrzení a grafického znázornění vyplývá, že až 50 % vody používané v domácnostech je možné nahradit vodou dešťovou. Pravá část grafu znázorňuje procentuální zastoupení využívání pitné vody v domácnostech, místo které lze použít jako alternativu vodu dešťovou. (Dvořáková, 2007)

Při využívání dešťové vody k zavlažování nedochází k zasoření půdy, protože její obsah je minimální, přibližně 1 mmol/l. Kromě toho je velmi ekonomicky nevýhodné používat pitnou vodu k zavlažování. (Böse, 1999)

Pro toalety a praní je dešťová voda také vhodná, jelikož je to voda měkká a nedochází tak k usazování vodního kamene v instalaci a samotném zařízení. Splachování toalet tvoří jednu z nejvyšších položek spotřeby pitné vody v domácnostech, která by v případě nahrazení vodou dešťovou byla velmi snížena a zároveň ekonomicky výhodná. Při splachování toalet není kladen důraz na vysokou kvalitu pitné vody. (Dvořáková, 2007)

V neposlední řadě je dešťová voda vhodná také na údržbu. Při čištění automobilu, anebo kompletnímu úklidu domácnosti dochází k velké spotřebě vody, kde jako alternativa může být použita právě dešťová voda, kdy při jejím využívání může dojít ke znatelnému poklesu spotřeby pitné vody. (Dvořáková, 2007)

5.1.5 Obchodní oblasti

Tyto oblasti jsou typické velkým zastoupením zpevněných ploch, které jsou tvořeny samotnými budovami, ale i velkým množstvím komunikací a asfaltových ploch, kde pro zeleň zde zbývá minimum prostoru. Nejběžnější způsob, který je dnes využíván, je vsakování vody do půdního profilu. Avšak ne všechna voda může být pro vsakování využita. Dochází zde k silnému znečištění dešťové vody, která musí být odvedena do kanalizace. Mírně znečištěná voda může být pak vsakována například přes přírodní filtr ve formě vrstvy vegetace. (Hlavínek, et al., 2007)

5.2 Kvalita dešťové vody a její znečištění

Již v atmosféře dochází ke kontaktu vody s různými chemickými látkami, které její kvalitu ovlivňují. Dešťová voda po proniknutí zemskou atmosférou nabývá hodnot přibližně 5,6 pH, protože se mimo jiné váže také s oxidem uhličitým CO_2 vyskytujícím se ve vzduchu. Ke znečištění dešťové vody může dojít ale i více způsoby. První byl zmíněn již výše, kdy dochází v atmosféře k nabalování nečistot na srážkovou vodu ve formě rozpuštěných a nerozpuštěných látek. Po dopadu vody na zem dochází ke znečištění nejčastěji po bezdeštném období, kdy je na povrchu velké množství nečistot, které dešťová voda z povrchu smyje. Posledním způsobem je znečištění vznikající při kontaktu dešťové vody s materiály. (Dvořáková, 2007)

5.2.1 Znečištění v atmosférických srážkách

Prvním znečištěním, které nastává, je kontakt vody v atmosféře s okolním prostředím, kde dochází ke kontaktu s rozpuštěnými a nerozpuštěnými látkami. K tomuto znečištění dochází nejvíce ve městech (vysoký počet obyvatel, dopravní zatížení atd.) a průmyslových zónách, kde vzniká velké množství látek znečišťujících ovzduší, jako jsou například výfukové plyny a vedlejší produkty spalování. Děšť vymývá látkové znečištění ze vzduchu a tím čistí atmosféru, avšak zároveň zachycené nečistoty se opět vrací na zemský povrch. Dešťová voda tedy není jen čistý kondenzát, ale odráží v sobě jak přirozené látky ze zemského povrchu, jako jsou například mořské soli a prach, tak i látky vzniklé antropogenní činností uvedené výše. (Herle & Neoral, 1990)

Kyselý déšť je nejvíce známý jev, který nastává právě při vyplachování atmosférických částic dešťovou vodou. Dešťová voda při tomto procesu absorbuje oxidy síry a dusíku z atmosféry (kyselina sírová a dusičná), kdy dochází ke snížení pH a déšť se stává kyselý. Přítomnost těchto látek lze přičíst hlavně již zmíněným problémům, jako je spalování fosilních paliv, emisím a průmyslovým procesům. Dešťová voda po průchodu atmosférou nabývá přibližně hodnoty pH 5,6. (Novak, et al., 2014)

5.2.2 Znečištění na povrchu

K nejpodstatnějšímu znečištění dešťové vody dochází na povrchu Země. Velikost znečištění dešťového odtoku je nejdůležitější sledovat u střech, z důvodu využívání dešťových srážek hlavně odtokem ze střech. Pro jeho stanovení je důležité znát délku bezdeštného období, intenzitu atmosférických srážek a objem dešťového odtoku. Téměř všechna látková znečištění vykazují vyšší koncentrace znečištění na začátku dešťového odtoku, než v jeho následujícím průběhu. Toto zjištění je označováno takzvaným efektem prvního splachu. Z počátku deště dochází k vyplavování atmosférického znečištění a od předešlého deště se na površích nachází nečistoty a produkty koroze. Po proběhnutí efektu prvního splachu, který představuje přibližně 1-3 mm deště, podstatně klesá látkové znečištění v zadržované dešťové vodě. (Hlavínek, et al., 2007)

Na střechách dochází k mnohem menšímu látkovému znečištění, než například u odtoku z dopravních komunikací. Toto znečištění ovlivňuje závažným způsobem kvalitu dešťové vody, jako je například znečištění obsahující zbytky částic z nespáleného paliva, ropné produkty a oleje, které unikají z automobilů přímo na komunikace. Při užívání automobilů dále dochází k postupnému opotřebování pneumatik, které zanechávají na komunikacích částičky zinku a uhlovodíků. Voda způsobuje na kovových částech automobilů korozi, která poté odpadá na povrch vozovky. Dochází k látkovému zatížení například železem, olovem a niklem. Při obrušování povrchu vozovky se uvolňují uhličitany a kovy. V zimních obdobích se dostává do kontaktu s vozovkou posypová sůl, která způsobuje výrazné zvýšení chloridů. Při používání inertních materiálů zase dochází ke zvýšení počtu pevných částic nacházejících se ve vodě. (Krejčí, et al., 2002)

Znečištění dešťové vody je mimo jiné velmi závislé také na kontaktu s různými materiály. Tím, že voda přijde do kontaktu například se střešní krytinou, svody, anebo jiným povrchem, se stává znečištěná. Při použití některých střešních krytin, jako jsou eternit a lepenka, může docházet k uvolňování nežádoucích látek do vody, a proto je vhodné přemýšlet nad tím, jaký materiál použít. U stávajících staveb je situace složitější, protože v případě nevhodného materiálu střešní krytiny může být varianta její výměny velmi drahá. V případě ponechání původní dochází ke složitějšímu a nákladnějšímu předčištění. Nejen z materiálů dochází k vylučování nežádoucích látek. Značné množství vylučují i nátěry střech a okapů, které vlivem klimatických podmínek ztrácejí svoji ochranu. V tomto ohledu by mohly spousta problémů vyřešit předpisy, které by udávaly povinnost předčišťovat znečištěné dešťové vody při použití nevhodných materiálů. (Dvořáková, 2007; Gray, 2010)

5.3 Čištění dešťové vody

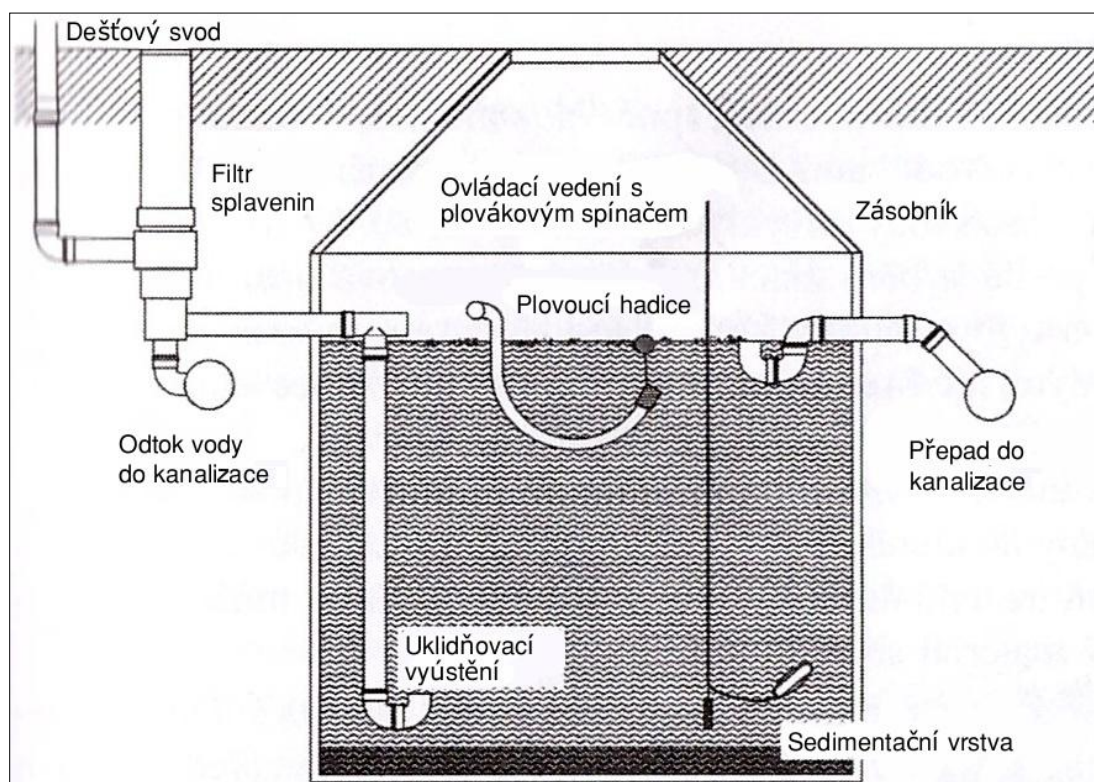
Čištění dešťové vody se odvíjí dle jejího následovného využití. Při jejím čištění se v praxi uplatňují procesy filtrace a sedimentace. Nečistoty jsou sedimentovány v akumulační nádrži, anebo v usazovací nádrži, které se vyskytují ještě před nádrží akumulační. Filtraci můžeme rozlišit na dva druhy filtračních typů - interní a externí. Interní filtry jsou nainstalovány uvnitř nádrže a mají pouze jeden možný přítok, odtok a sifon pro odvedení přebytečné vody v nádrži. Externí typy filtrů se napojují mezi okapový svod a jímku jako samostatná filtrační šachta. V tomto případě je možné napojení dvou větví okapových svodů a voda po přefiltrování odtéká čistá do jímky či v případě přebytku do kanalizační sítě. (Hlavínek, et al., 2007)

Dešťová voda s sebou splavuje nečistoty, jako je prach, listí, větve, koroze a další drobné částice, které se na střeše vyskytují. Tyto částice s nadcházejícím deštěm jsou ze střech odváděny dešťovým svodem dále například do akumulační nádrže. V případě, že bude voda využívána pouze k zalévání zahrady, anebo na údržbu, není nutné vodu nijak filtrovat, avšak je nutno zabránit výše uvedeným nečistotám, aby se nedostaly do akumulační nádrže a zamezit tak jejímu zanášení. K tomuto účelu je vhodné k čištění a zabránění nečistot použít například na hrdlo svodu síto. Toto síto zabráni hrubým nečistotám průnik dále do akumulační nádrže a velmi jemné usazeniny již zahradní čerpadlo nepoškodí. (Böse, 1999)

Pokud má být dešťová voda využívána k praní prádla, musí být splněny i vyšší požadavky na její čistotu, než pro vody k zalévání. Zde je potřebné nasadit kvalitnější filtrační prostředky, poněvadž zde by jemné částice mohly poškodit samotné zařízení. K domácím spotřebičům je přívod vyčištěné dešťové vody přiváděn čerpadlem z akumulární nádrže odděleným vodovodem od vody pitné, kdy musí být zabráněno jejich styku. (Böse, 1999)

5.3.1 Filtrační metody

V praxi je využíváno několik filtračních variant, kterými se dá dešťová voda čistit dle jejího následovného využití. Ne vždy je nutné mít dešťovou vodu velmi kvalitně předčištěnou, čili nemusí být využito všech fází čištění.



Obrázek 5: Stupně čištění vody - filtrace, sedimentace (upraveno dle: Böse, 1999)

Prvním čistícím stupněm je filtr splavenin, do kterého je přiváděna dešťová voda stékající ze střechy dešťovými svody. Ve filtru dochází k oddělení převážně hrubších splavenin, kdy jsou nečistoty odvedeny do kanalizace, anebo zachyceny v záchytném koši. Voda dále putuje do nádrže, kam vtéká uklidňovacím vyústěvacím zařízením, které představuje druhý stupeň čištění vody. Tento výtok vody podporuje sedimentaci jemných částic na dně nádrže a nedochází tak k víření nečistot. Zároveň

přivádí kyslík do nádrže, čímž je zabráněno anaerobnímu rozkladu nečistot a voda zůstává v nádrži čistá. Těžké částice sedimentu sedimentují, ale ty lehké, jako je například pyl, stoupají vzhůru na hladinu vody. Toto znečištění představuje třetí čistící stupeň, kde tyto částice plovoucích nečistot jsou z vody odstraňovány přepadovým sifonem. Při přivedení vody do nádrže voda přepadem odtéká do kanálu a odvádí s sebou právě nečistoty vznášející se na hladině vody. Dešťová voda z nádrže je odebírána plovoucí hadicí z vyšších vrstev nádrže z toho důvodu, že při odběru v nižších místech by mohlo docházet k víření sedimentu a následovnému nasávání a při odběru z hladiny k nasávání plovoucích částic. (Afriso, 2015)

Svodové a okapové filtry

V první fázi čištění je často využíván okapový filtr, sloužící k zachycení hrubých nečistot. Umisťuje se na okapový svod a zamezuje průniku listí, větví a jiným velkým předmětům. Velkou výhodou je jejich samočistící schopnost, kde zachycené nečistoty odcházejí zbytkovou vodou do kanalizace. (Hlavínek, et al., 2007)

Podokapový filtrační hrnec

V případech, kdy vodu není nutno vysoce předčišťovat, se využívá například podokapový filtrační hrnec, který filtruje vodu vytékající z jednoho dešťového svodu. Filtr je zapuštěn v zemi a uložen na betonovém, anebo šterkovém loži. Filtračním materiálem je kamenivo o šířce filtrační vrstvy 5 cm, pod kterým je sítko. Mezi tímto sítkem a kamenivem je filtrační netkaná textilie. Tento způsob filtrace je vhodný například při využívání dešťové vody k zalévání zahrady. (Dvořáková, 2007)

Košové filtry

Tento druh filtrů je velmi univerzální a je vhodný na veškeré možnosti využívání dešťové vody. Oproti samočistícím filtrům zde veškerá voda odchází do nádrže. Koše mohou být instalovány samostatně, kdy tato varianta instalace představuje velmi jednoduchou a cenově dostupnou možnost čištění, ale mohou být také instalovány do filtrační šachty, jako její součást. Nevýhodou těchto filtrů je jejich častá nutnost čištění. (Dvořáková, 2007)

Samočistící filtry

Samočistící filtry je vhodné použít v případě, kdy je přepad jímek napojený na veřejnou kanalizaci. Funkci těchto filtrů zajišťuje válec, anebo deska, z filtračního materiálu, přes kterou protéká znečištěná dešťová voda. Čistá voda, která projde přes filtrační materiál, je odvedena dále do nádrže a zachycené nečistoty jsou s vodou zbytkovou odvedeny do veřejné kanalizace. (Dvořáková, 2007)

5.4 Retence dešťových vod

Rychlý povrchový odtok z území je nežádoucí a v zastavěných oblastech způsobuje v krajních mezích obrovské škody. Přísun vody je natolik velký, že půda není schopna rychle zasakovat takový objem a dochází k masivní přívalové vlně, která může způsobit záplavy.

Nutnost řešení tohoto problému nastává hlavně v urbanizovaných územích, kde dešťový odtok hraje velkou roli. Při přívalových srážkách dochází k enormnímu převýšení množství dešťových vod nad ostatními druhy odpadních vod a je nutné veškerá zařízení a objekty v městském odvodnění vysoce předimenzovat. Velkou roli hraje nejen objem vody, ale také znečištění, které dešťová voda přináší. Při intenzivním dešti voda smývá veškeré nečistoty ze zemského povrchu a zatěžuje tím stokovou síť, čistírnu odpadních vod a recipient, kam je v případě velkého množství vody na čistírnu odtok přemostěn, anebo přepadá například přes odlehčovací komoru. Negen z těchto důvodů je velmi podstatné řešit tento problém, jelikož převedení vody z jednoho území na druhé není řešením. (Mifková, 2009)

V současné době je řešením při odvodňování velkých ploch vybudování retenčních prostorů v podobě retenčních nádrží, které napodobují funkci přirozeného přírodního zadržetí vody, a pro odvodňování konkrétních objektů, tzv. decentralizovaná retence dešťových vod. (Mifková, 2009)

5.4.1 Retence v urbanizovaném území

V urbanizovaném území lze řešit odvodnění velkých ploch retencí přímo regulovaným vypouštěním do recipientu. Retenční nádrže věrně zastupují funkci přírodního zadržetí dešťové vody. Slouží nejen k ochraně před velkými vodami, ale také zachycují nečistoty smyté ze zemského povrchu. Především se však jedná o funkci ochrannou. Variant nádrží však může být celá řada. (Hlavínek, et al., 2007)

Poldry

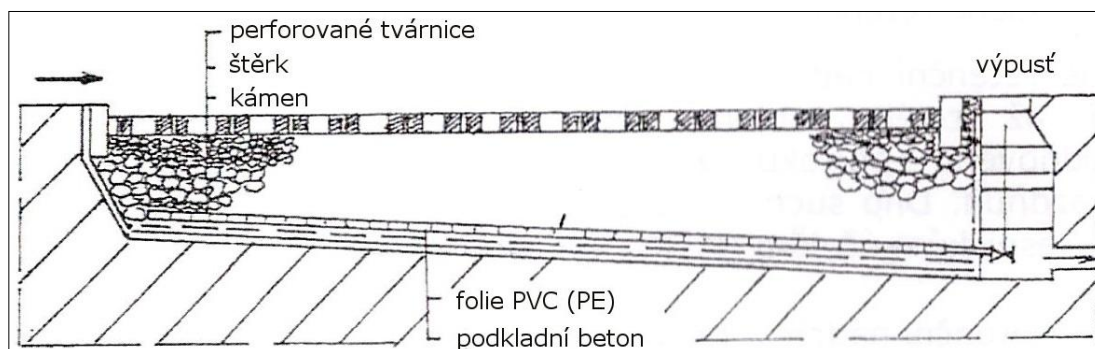
Neboli suché retenční nádrže jsou jedním z neúčinnějších protipovodňových opatření. Využívají totiž celého svého objemu k zachycování povodňových odtoků a razantně snižují velikost povodňové vlny. Po jejím průchodu se opět vyprazdňují a vysychají. Velmi často jsou suché retenční nádrže následně využívány k zemědělským účelům. V praxi je také využíváno retenčních nádrží s přesně vymezeným ochranným prostorem, kde na rozdíl od poldrů zůstává po povodňové vlně voda v zásobním prostoru nádrže. (Hlavínek, et al., 2007)

Protierozní nádrže

Protierozní nádrže mají za cíl zabránit negativním účinkům vzniklých vlivem dešťových a povrchově odtékajících vod. Slouží ke zmenšení podélného sklonu svahů a tím zároveň snižují škody jinak způsobené tekoucí vodou, zlepšují vlhkostní podmínky, kvalitu vody a infiltrací do půdního profilu zvyšují zásobu podzemní vody. (Heisigová, et al., 2014)

Dešťové nádrže

Dešťové nádrže jsou navrhovány ke krátkodobému zadržení dešťových srážek. Dešťová voda může být upravována a následně využita. Nevyužitá upravená voda se posléze vsakuje do půdního profilu, anebo řízeně vypouští do recipientu. Voda s vysokým znečištěním je odváděna do kanalizace na čistírnu odpadních vod. Úkolem dešťových nádrží je ochránit životní prostředí před negativními účinky dešťových a povrchově odtékajících vod a účinně s nimi hospodařit. Nádrže jsou navrhovány jako prismatické železobetonové nádrže, které jsou budovány například pod parkovišti a komunikacemi, anebo jako obyčejné malé vodní nádrže o objemu přibližně 15 až 30 m³ na jeden hektar pevné plochy. (Hlavínek, et al., 2007)



Obrázek 6: Dešťová nádrž umístěná pod parkovištěm (Hlavínek, et al., 2007)

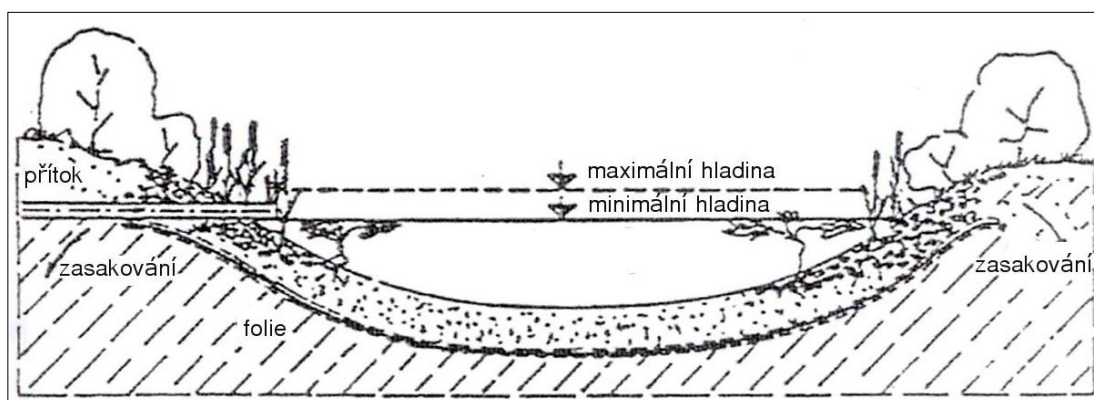
5.4.2 Decentralizovaná retence

Podstatou decentralizované retence je snaha hospodařit s dešťovou vodou v místě jejího vzniku a zabránit jejímu odtoku z území. Dešťové vody se tedy zadržují na každém konkrétním pozemku, kam dopadly, na rozdíl od centralizovaného způsobu zadržování v retenčních nádržích na stokových sítích. V ideálním případě je možné vody zasakovat do půdního profilu, kdy dochází ke zvyšování podzemních zásob vody, avšak takovou možnost má málokterý objekt. Tudiž nejčastěji dochází ke svedení vody do podzemních retenčních nádrží ke krátkodobé akumulaci, ačkoliv může docházet i ke svedení vody do nádrží uvnitř budov. Voda posléze z nádrže pozvolně řízeně odtéká kanalizací do recipientu. Takto pozvolně odváděné dešťové vody mají kladný dopad na vodní hospodářství měst. (Vítek, 2008)

Retenční nádrže nemusí být představovány jen jako nádrže umístěné pod povrchem, ale mohou být i esteticky působícím elementem v podobě rybníčků, anebo jezírek.

Povrchová retenční nádrž

Retenční nádrž na povrchu lze vzhledem k vysoké náročnosti na plochu navrhnout pouze na rozlehlejší pozemek s objektem. Působí velmi esteticky, avšak je nutná pravidelná údržba. (Hlavínek, et al., 2007)



Obrázek 7: Retenční nádrž na povrchu (upraveno dle: Hlavínek, et al., 2007)

Retence na střechách

K zadržování dešťové vody může docházet i na střechách budov, které jsou pokryty vegetačním porostem, anebo na plochých střechách při vybudování zásobní nádrže. V případě těchto variant je nutné statické posouzení objektů, aby nedošlo vzniklou tíhou k destrukci budov. Voda je v půdním profilu zpomalována a dochází

zároveň k jejímu vypařování. Volba zeleně může být tvořena z nenáročných extenzivních rostlin, u kterých po jejich vysazení odpadá náročná péče, anebo ze zeleně intenzivní, kdy střecha představuje jakousi zahradu plnou, kromě travního porostu, keřů a stromků. Při této volbě je nutné o střešní zahradu dbát a zpravidla je nutná instalace doplňkového zavlažovacího zařízení. Na ozeleněných střechách dochází mimo jiné i k vysokému čištění dešťových vod skrze půdní profil a stavby s touto střechou utvářejí přírodní krajinný ráz v území. (Hlavínek, et al., 2007)

5.5 Vsakování dešťové vody

Prioritou nakládání s dešťovými vodami je její vsakování v případě, že jsou pro tento účel vhodné podmínky. Dříve byly dešťové vody přirozeně vsakovány a doplňovaly tak zásoby podzemní vody. Dnes je, hlavně v urbanizovaných územích, voda odváděna pryč kanalizací do recipientů. Voda odtéká z místa vzniku a dochází tak k nedoplňování zásob podzemních vod. Nejen z tohoto důvodu je velmi zásadní vody přednostně zasakovat a až v poslední řadě přecházet k variantě, kdy je voda odvedena do kanalizace. Vsakování vody je důležité i z hlediska ekologického a vodohospodářského a proto je vhodné řešit nejdříve redukci povrchového odtoku vsakováním v místě jeho vzniku. Avšak dešťové vody nelze vsakovat kdekoliv. V ochranném pásmu vodních zdrojů, v územích s vysokou hladinou podzemní vody, anebo ve velmi nepropustných podloží nelze dešťové vody zasakovat do půdního profilu. Do půdního profilu by se neměla dostávat ani voda znečištěná, která by mohla mimo jiné ohrozit lidské zdraví. Při zasakování vod v blízkosti staveb a objektů je důležité provést posouzení hydrogeologem, zda je vhodné, dle lokálních podmínek, vodu v konkrétním místě vsakovat. (Novak, et al., 2014)

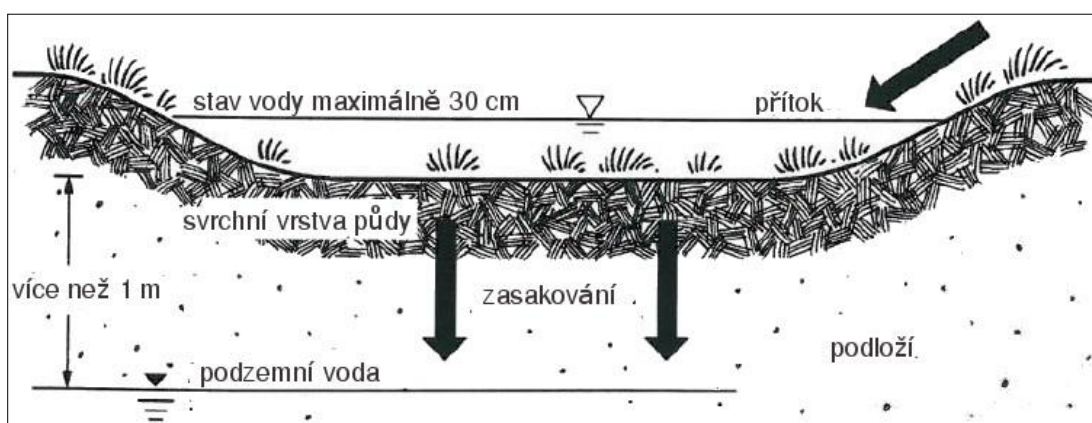
Hlavními dodržovanými zásadami při navrhování vsakovacích zařízení jsou zákony o ochraně vody a půdy. Již ve fázi plánování je nutné mít informace o tom, zda se v okolí nenachází zdroje eventuálního znečištění, jako jsou například starší ekologické zátěže. V případě nejistoty je důležité mít vědecky doložené, že se v oblasti opravdu žádná zátěž s možným znečištěním nenachází. To platí i při volbě materiálů ke vsakování vody do půdního profilu. Je nutné mít průzkumem doložené, že i při delším kontaktu s vodou nemohou negativně ovlivnit kvalitu zasakované vody. (Čechová, 2014)

5.5.1 Povrchové vsakování

Povrchové vsakování je v největší míře přiblíženo přirozenému přírodnímu vsakování. Je vhodné k zasakování přípustných a podmíněně přípustných dešťových vod. Na travnatých plochách probíhá vsakování povrchové dešťové vody přes pokryv vegetace. Přitékající dešťová voda do vsakovacího zařízení nesmí způsobovat erozi půdy, respektive vegetačního pokryvu. Výhodou povrchového vsakování je mimo jiné zachycování nečistot na povrchu půdního profilu. Dochází také ke snadné obnově filtrační vrstvy a eventuálně může docházet i k odbourávání škodlivých látek v půdním horizontu.

Vsakovací průlehy

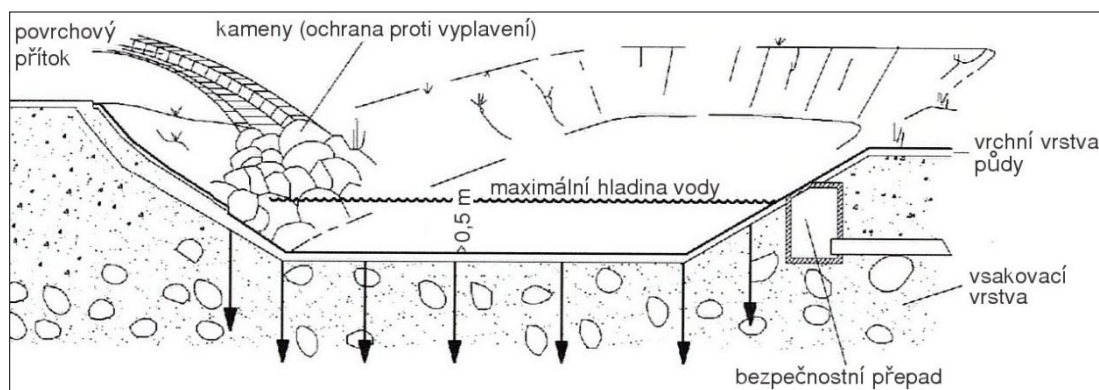
Vsakovací průlehy jsou nejčastěji zatravněné, doplněné vhodnou vegetací, anebo obsypané štěrkem, v závislosti na geologických poměrech daného území. Dimenzují se tak, aby nedocházelo k dlouhodobějšímu vzduťí vody, protože by poté mohlo docházet k zakolmatování a zhutnění povrchu. Z toho důvodu bylo v praxi osvědčeno snížení terénu v průlehu maximálně o 30 centimetrů. Pod ornici o mocnosti 10 centimetrů se doporučuje uložit geotextilie a pod ní alespoň 10 centimetrů štěrku. Ve svažitéjším terénu je vhodné průlehy přerušovat hrázkami. Niveletu dna je zásadní navrhovat vodorovně, protože poté dochází k zajištění rovnoměrného rozdělení vody pro vsakování. Ideální je doplnění průlehu o zatravněné pásy spolu s vegetací. (ČSN 75 9010, 2013)



Obrázek 8: Vsakovací průlehy (upraveno dle: TNV 75 9011, 2013)

Vsakovací nádrž

Ke vsakování dochází přes oživenou vrstvu půdy v zemi nádrži. Přítok do nádrží je veden přímo ze zpevněných ploch z důvodu zabránění soustředěného odtoku vody, který by mohl vyvolat erozi půdy ve svazích. Ve svažitém terénu je důležité oddělovat vsakovací nádrže například zemními hrázkami. V případě, kdy je voda přiváděna do nádrže potrubím, je nutné upravit místo vtoku až na dno nádrže tak, aby nedocházelo k erozi půdy v blízkém okolí vtoku vody. Důležité je také vyspádování dna směrem k přítoku vody do nádrže. Tato úprava zabraňuje zanášení dna, avšak dochází tím k většímu zanášení v místě přítoku. To může být řešeno například předřazením usazovací nádrže před nádrž vsakovací. Pokud není u nádrže předřazené usazování, musí se při dimenzování nádrže počítat s cca o 1/5 menší propustností. Využití tohoto typu vsakování je vhodné při odvodňování ploch větších než 1 ha, anebo u nových zástaveb s dostatečně velkou plochou. Nádrže mají vysoký výkon vsakování, avšak musí být na nich prováděna pravidelná údržba, jinak dochází k zanášení. (Hlavínek, et al., 2007)



Obrázek 9: Vsakovací nádrž (upraveno dle: Hlavínek, et al., 2007)

Plošné vsakování

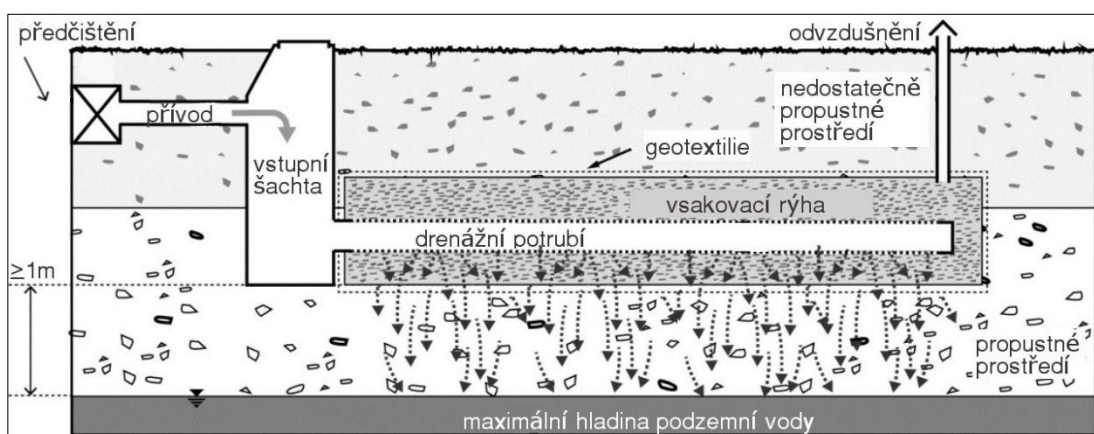
Při plošném vsakování dochází k vsakování dešťové vody do vsakovací plochy povrchového vsakovacího zařízení. Retenční objem se rozkládá na velké ploše a z toho důvodu se počítá pouze s malou hloubkou povrchového vsakovacího zařízení. Vrchní vrstva je tvořena vegetací s významným obsahem organických látek a půdních organismů. Prostřední vrstva je tvořena množstvím kořenů s minimálním množstvím humusu. Spodní vrstva je složena zpravidla nezávětralou horninou téměř bez půdních organismů, kořenů a organických látek. (ČSN 75 9010, 2013)

5.5.2 Podpovrchové vsakování

Podpovrchové vsakování dešťové vody se navrhuje v případech, kdy není dostatek plochy pro vsakování na povrchu. Toto vsakování je vhodné pro přípustné a podmíněně přípustné vody, kde u podmíněně přípustných je nutné vodu před samotným vsakováním předčistit. Svrchní část půdního profilu je odstraněna a voda je přímo zaústěna do spodní části profilu, kde je již minimální obsah humusu. V těchto vrstvách nedochází již k tak kvalitnímu zachycení nečistot a látkovému znečištění, jako u povrchové infiltrace. Proto musí u podmíněně přípustných vod docházet k předčištění před zaústěním, protože by mohlo dojít ke kontaminaci podzemní vody. (Krejčí, et al., 2002)

Rýhové vsakování

Podzemní prostor je obvykle vyplněn štěrkem, anebo jiným porézním materiálem, kam je přiváděn srážkový odtok. V rýhách dochází k akumulaci a postupnému vsakování do okolní půdy, dle její propustnosti. Rýhy musí být vybudovány tak, aby docházelo k rovnoměrnému vsakování přivedené srážkové vody po celé její délce. Pokud k přítoku dešťové vody nedochází přímo do rýhy, ale například přes travnatou plochu, dochází k mírnému čištění, a tudíž není vždy nutné předřazovat čistící zařízení. Rýhy je vhodné doplnit revizními šachtami instalovanými každých 50 metrů v trase rýhy, které slouží mimo jiné ke kontrole vsakovacího procesu. (ČSN 75 9010, 2013)



Obrázek 10: Vsakovací rýha s podpovrchovým přítokem (upraveno dle: TNV 75 9011, 2013)

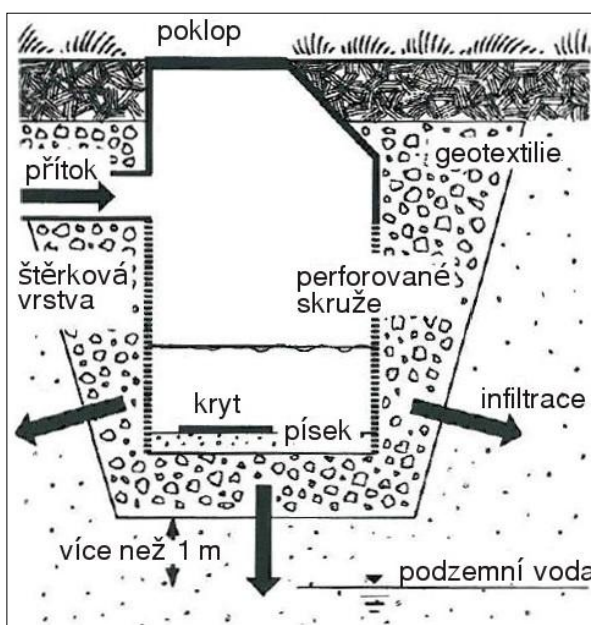
Potrubní vsakování

Dešťový odtok je i při tomto způsobu podpovrchového vsakování přiváděn obvykle na štěrkový materiál, který tvoří lože, na kterém je uloženo perforované potrubí. Tímto materiálem, anebo materiálem s velmi podobnými vlastnostmi, je potrubí i zasypáno. Průměr vsakovacího potrubí musí být navržen na odpovídající hydraulickou kapacitu. Odtok je zaústěn přímo do spodních propustných vrstev a z toho důvodu je nutné předřadit čistící zařízení. Výhodou tohoto vsakování je rychlost, kterou můžeme rozdělit bodové vtoky. Vsakování je vhodné doplnit o revizní šachty, umístěné přibližně 50 až 80 metrů od sebe a odvětráním. Pro oddělení štěrku od zeminy, z důvodu zabránění průniku, je vhodné použít například geotextilii. (Hlavínek, et al., 2007)

Vsakovací šachta

Vsakovací šachty jsou zařízení, kde jejich hloubka převažuje nad půdorysnými rozměry. Doporučená světlost šachty je minimálně DN 1000. Nejčastěji jsou tvořené betonovými skružemi a poklopem, který musí být opatřen otvory a vyčnívat nad povrchem minimálně 150 mm. Svislým potrubím je srážková voda přivedena na dno šachty, které je tvořeno vrstvou štěrkopísku o tloušťce minimálně 300 mm. Na této vrstvě je položena geotextilie, která zabraňuje průniku zeminy do štěrkopískového lože. V šachtách nedochází k žádnému čistícímu procesu, a proto při vsakování vody s větším stupněm znečištění je vhodné předřadit čistící zařízení. (ČSN 75 9010, 2013; Hlavínek, et al., 2007)

Ke zlepšení vsakovacích schopností můžou být zařízení popsaná výše kombinována.



Obrázek 11: Vsakovací šachta (upraveno dle: Kabelková; Doležalová, 2009)

5.5.3 Kombinované vsakování

Kombinovaná vsakování splňují hned několik účelů při hospodaření s dešťovou vodou. Může se jednat například o retenci srážkové povrchové vody s jejím vsakováním a zároveň plnicí estetickou a užitnou funkci. Ke konkrétním způsobům využívání kombinovaných vsakovacích zařízení je přihlíženo v souladu s místními podmínkami a jsou vhodná pro vsakování přípustných a podmíněčně přípustných dešťových povrchových vod. (ČSN 75 9010, 2013)

Příkladem kombinovaného vsakování může být například vsakovací jezírko. Hladina vody je navržena tak, aby byla jeden metr nade dnem. V této oblasti se břehy a dno jezírka vodotěsně zabezpečí například vodotěsnou fólií a nad touto vrstvou se tím vytvoří retenční prostor pro zachycení přívalových dešťů. Břehy nad trvalou hladinou vody jsou z propustných hornin a voda se tak do nich pozvolna vsakuje. Součástí musí být i řešení cirkulace vody. V případě menších objemů jezírka dochází k technicky náročnějšímu řešení pro udržení přijatelné jakosti vody. Jezírko je zároveň osázeno doprovodnou zelení, která má estetický vliv na okolní krajinu. (ČSN 75 9010, 2013)

6. Šedé vody a jejich využití

V legislativě České republiky není nijak specifikovaná jednotná konkrétní definice, která by definovala šedé vody, avšak můžeme vycházet z evropské normy 12056-1, která popisuje šedé vody jako mírně znečištěné odpadní vody ze sprchových koutů, umyvadel, sprch, praček a kuchyňských dřezů. Svůj název nese dle specifického nezaměnitelného zbarvení. (Úterský, 2011)

Využívání, respektive recyklace, šedé vody vede k úsporám, protože není nutné na všechny činnosti využívat vodu pitnou. Opětovné využití šedé vody nabízí dvě hlavní výhody představující snížení produkce odpadu a, vzhledem jejímu nízkému znečištění a relativně malé náročnosti na vyčištění, úsporu pitné vody.

V posledních letech se dostává do popředí decentralizované čištění odpadních vod, známé například pod pojmem DESAR, kdy hlavní vizí je oddělení dešťových vod od vod z domácností a jejich následné rozdělení na základě jejich původu (žluté, hnědé a šedé) a navrácení živin zpět do přirozeného cyklu. Po jejich rozdělení je možné přistupovat ke znovuvyužití. (Komínková, et al., 2014)

6.1 Možné varianty využití šedé vody

Pokud jde o využívání šedé vody v České republice, tak se dá mluvit o tom, že jsme teprve na začátcích. Recyklace šedých vod zde není rozšířená, ačkoliv se i u nás nalézají objekty, kde recyklaci dochází. Důkazem je tomu hotel Mosaic House v Praze, který jako první u nás, od roku 2010, využívá recyklovanou šedou vodu a patří zároveň ke světové špičce ve využívání šetrných technologií. V současné době ale není veden žádný tlak, který by představoval jako alternativu pitné vody využívat vodu šedou. Avšak dá se předpokládat, že ceny pitné vody budou nadále růst a tím by mohly být vytvořeny přívětivější podmínky k využívání těchto vod, které by zrychlily návratnost počáteční investice. V některých státech světa je využívání šedých vod již běžné. Jedná se hlavně o státy, kde jsou omezené zdroje pitné vody, anebo je cena za pitnou vodu velmi vysoká. V těchto případech se totiž návratnost vynaložených finančních prostředků vrátí relativně brzy. Jedná se například o USA, Kanadu, Austrálii, Jižní Koreu, Německo. V Japonsku je zpětné využívání šedých vod povinné pro splachování toalet. (Biela, 2013; Tomáš, 2014)

6.1.1 Využití v budovách a přilehlých pozemcích

Šedou vodu lze využít nejen v domácnostech, ale v podstatě ve všech budovách, jako jsou školy, školky, administrativní budovy, hotely a jiné. Nejčastěji jako náhradu za pitnou vodu při splachování toalet, údržbě a zavlažování vegetace. Avšak k využívání šedé vody je nutná předchozí úprava, kterou musí být zaručeno, že voda nebude škodlivá lidskému zdraví. Při nedostatku šedé vody lze doplnit zásoba dešťovou vodou, čímž je možno minimalizovat či vyrovnat nerovnoměrnosti mezi ziskem a potřebou. (Ludwig, 2006)

V budovách je největší potenciál využití ve splachování toalet. Tento fakt je způsoben veřejným míněním, její neznalostí a nedůvěrou ke znovu využívání šedých vod. U závlahy je potenciál zavlažovat pouze rostliny, které nebudou sloužit k produkci potravy. Obava a nedůvěra vůči těmto vodám je v současné době vysoká, která je mimo jiné způsobená legislativní nepřipraveností. Avšak již nyní se připravuje norma ČSN 75 6780, popisující využití šedých a dešťových vod v budovách a přilehlých pozemcích, která by měla být návodem a zároveň informovat, jak se dá s těmito vodami nakládat a hospodařit. (Čechová, 2014)

U vody k zalévání je velmi nutné sledovat její jakost. Vzhledem k tomu, že šedá voda je tvořena z části také vodou z praní prádla obsahující detergenty, které jsou složeny ze spousty chemických sloučenin, je nutné aplikovat některé soli obsahující nutrienty ve správném poměru k zajištění příznivého stavu vody k rostlinám a půdě. Při vyšších koncentracích například zinku, hliníku, anebo pH větší než 9, může dojít k negativním vlivům na půdu a vegetaci. (Kozub, 2012)

6.1.2 Energie v podobě tepla

Tepelnou energii lze odebírat již v konkrétní budově, na jejím odtoku, anebo v kanalizační síti na čistírně odpadních vod či za ní. Při volbě odběru je nutné počítat s tím, že každé z odběrných míst má své specifické podmínky. U odběru v budovách s menším počtem uživatelů dochází k nerovnoměrnému průtoku odpadní vody. Vhodný odběr je tedy tam, kde dochází k nepřerušovanému průtoku odpadní vody. Z toho důvodu je využití odpadních vod k využívání tepla vhodné používat v místech, kde vzniká velké množství odpadní vody, jako jsou například průmyslové provozy, aquaparky a podobně. V České republice je tepelná energie odebírána hlavně v budovách. Recyklací šedých vod, v podobě tepelného využití, můžeme

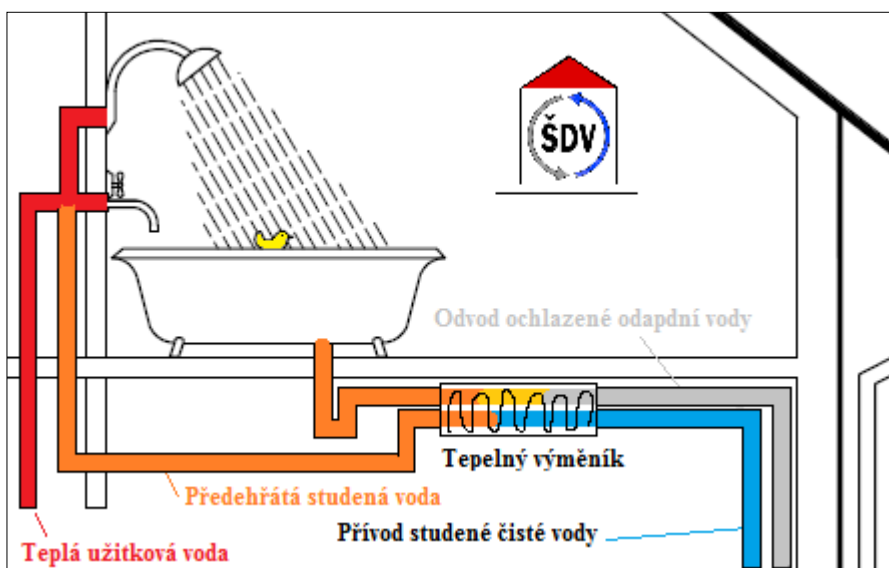
snížit náklady například na vytápění objektu, anebo teplé užitkové vody (TUV). (Plotěný & Bartoník, 2012)

K odebrání tepla může docházet dvěma systémy - lokálně, anebo centrálně. U rodinných domů se pohybuje průměrné vyprodukované množství šedé vody přibližně okolo 50 až 100 litrů na jednoho ekvivalentního obyvatele (EO) za den. Vzhledem k relativně nízkému odtoku odpadních vod je zde vhodné využívat lokální rekuperaci tepla, kterou je řešena aktuální spotřeba. U větších objektů, jako jsou například aquaparky, hotely a jiné zařízení, dochází ke spotřebě teplé vody až 400 litrů na jednoho EO za den. Zde je vhodnější způsob vodu akumulovat a odebírat z ní potřebné teplo. Po jejím znovuvyužití dochází k vypuštění do stokové sítě, anebo na ČOV. (Plotěný & Bartoník, 2012)

Lokální systémy

U lokálních systémů, které se používají u rodinných domků s malou produkcí odpadních vod, dochází k odebrání tepelné energie z odtékající vody, která je poté využívána k ohřevu vody například pro sprchování. Voda může být tedy předehřívána pro její okamžitou spotřebu, anebo předehřívána a zadržována v zásobníku na TUV. (Plotěný & Bartoník, 2012)

Při předehřevu vody pro okamžitou spotřebu vodu předehříváme vždy, kdy je potřeba, avšak dochází k menší prodlevě, která je závislá na délce potrubí a umístění výměníku. Teplota vody má okolo 20° C a lze ji přímo napojit například do okruhu sprch a umyvadel, čímž snížíme spotřebu TUV. (Plotěný & Bartoník, 2012)



Obrázek 12: Varianta zapojení lokálního předehřevu pro okamžitou spotřebu (upraveno dle: Bartoník, 2012)

Druhou variantou je odvádění přehřáté vody do zásobníku TUV, kde dochází k dohřívání vody na určenou teplotu. Tento systém je ale investičně náročnější a méně účinný, než předchozí. (Kozub, 2012)

Centrální systémy

Tyto systémy jsou vhodné především pro velké objekty s vysokou produkcí šedých vod. Při kolísavém průtoku jsou vody akumulovány v akumulární jímce, která je zdrojem tepla pro primární okruh čerpadla. Jedná se o velice jednoduchou konstrukci a uspořádání tepelného výměníku s nízkými investičními náklady. Problémem ale může být zamrzlá akumulární jímka. Tomu se předchází tím, že se teplo odebírá jen při požadovaném průtoku a teplotě. Při poklesu teploty pod limitní hodnotu musíme čerpadlu dodat jiný zdroj tepla. Výhodou tepelného čerpadla je možnost dodávat teplo do rozvodné teplovodní sítě a možnost chlazení v letních měsících. (Kozub, 2012)

6.2 Kvalita šedé vody

Kvalita šedé vody u nás není prozatím nijak legislativně stanovena, protože připravovaná legislativa ještě není schválena. Avšak se dá vycházet například dle normy BS 8525 vydané ve Velké Británii, která udává doporučení ohledně kvality šedých vod. Je nezbytné zajištění využívání šedých vod tak, aby systémy upravující vodu pro daný účel nezpůsobily újmu na zdraví osob. Kvalitu šedé vody je tedy nutné kontrolovat během údržby systému, čímž je zaručena jeho správná funkce. V případě špatných výsledků je nutné nalézt příčiny znečištění. (Biela, 2013)

Teplota šedých vod se pohybuje v rozsahu od 18 až do 38° C. Tato skutečnost je velmi důležitá pro rozvoj mikroorganismů ve vodě. Se zvyšující se teplotou vody dochází k jejich větší koncentraci. Jedná se o patogenní organismy, legionellu, střevní entrokoky nebo například koliformní bakterie, které jsou ve vodě nežádoucí. (ČSN 75 6780, 2012)

V šedých vodách dochází také ke značnému kolísání pH. Celkově se dá ohraničit rozsah od 5 až 9,5 pH, konkrétně nejvyšší hodnoty dosahují šedé vody z praní prádla. Mimo jiné se ve vodě též nachází spousta nerozpustných látek (NL) způsobujících mimo jiné zákal vody. Největší zatížení přichází do vody z kuchyní a myček nádobí, které je tvořeno převážně zbytky jídel. Dále následují nerozpuštěné látky z van,

sprchových koutů a praček. Tyto látky je velmi nutné sledovat, protože stojí za příčinami problémů při úpravě a recyklaci šedé vody. (Raclavský, et al., 2011)

Důležitým poměrem, který je dále nutno kontrolovat, je biochemická spotřeba kyslíku (BSK₅) vůči chemické spotřebě kyslíku (CHSK_{cr}), který musí být zpravidla 1:4. Hodnoty se opět velmi liší dle zdroje. Nejvyšší hodnoty dosahují vody z kuchyní a myček. (Samková, 2014)

Podíl organických prvků, jako je dusík a fosfor, je minimální, avšak v odpadních vodách jsou tyto prvky velmi sledované. I zde platí, že nejvyšší koncentrace těchto látek pocházejí z kuchyní a myček nádobí. (Komínková, et al., 2014)

Zdroje šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky
BSK ₅ (mg.l ⁻¹)	48 - 682	19 - 200	41 - 194
CHSK (mg.l ⁻¹)	375	64 - 8000	495 - 623
NL (mg.l ⁻¹)	19 - 280	7 - 120	134 - 1300

Tabulka 1: Hodnoty BSK₅, CHSK a NL v různých typech šedých vod (upraveno dle: Komínková, et al., 2014)

Kvalita vody kolísá samozřejmě u každého systému jinak. Hlavní příčinou je odlišný životní styl lidí, jako je například množství používání šampónů v koupelnách, množství pracích prostředků do praček, mycích prostředků do myček a na ruční mytí nádobí. Úpravou těchto vod lze získat vodu velmi blízkou pitné vodě, která se nazývá tzv. „bílá voda“, vhodná k výše uvedeným činnostem. Tomu ovšem předchází proces čištění šedých vod a uvedení na požadovanou jakost. (Šálek, et al., 2012)

6.3 Čištění šedých vod

K čištění šedých vod slouží čistírny odpadních vod navržené pro tento účel. Návrh a vybavení ČOV závisí na typu natékajících odpadních vod a hlavně je nutné zohlednit, zda jsou přiváděny současně i vody z myček na nádobí, které obsahují neemulgované i emulgované tuky. Návrh použitých technologií závisí na požadavcích jakosti bílé vody, případně na jejím dalším využití. Rozlišujeme technologie dle typu procesu, které dělíme na úpravy mechanické, chemické a fyzikální, biologické a přírodní způsoby čištění. (Plotěný, 2013)

6.3.1 Mechanická úprava

Mechanická úprava funguje na základních čistících procesech filtrace a sedimentace. Objekty mechanického předčištění jsou tvořeny nejčastěji česlemi, usazovací nádrží, spádovými nebo rotačními sítý a v případě přítoku znečištěné vody z kuchyní lapákem tuku. Tyto objekty se dimenzují na maximální hodinovou produkci šedých vod. Velikost ok česlí a sít se navrhuje od 0,2 až 3 mm v závislosti na navazujícím stupni čištění. Sedimentační nádrže jsou obvykle kruhového, ale i obdélníkového, anebo čtvercového tvaru. Střední doba zdržení vody je doporučena delší než deset minut, z důvodu eliminace možného vzniku turbulencí. Mechanický stupeň se jako jediný volí pouze v případech, kdy je tato úprava dostačující. Pokud tomu tak není, je velmi často doplňován dalšími stupni čištění. (ČSN 75 6780, 2012)

6.3.2 Chemická úprava

Do chemické úpravy šedé vody řadíme procesy, které jsou založené na koagulaci nebo elektrokoagulaci, kdy je do znečištěné vody dávkováno koagulační činidlo nejčastěji na bázi železa nebo hliníku. V současné době se začínají používat destabilizační činidla obsahující obě koagulační činidla dohromady. (Komínková, et al., 2014) Po přimíchání koagulačního činidla do odpadní vody dochází ke shlukování koloidních částic, které jsou z vody následně separovány sedimentací či filtrací. Dále sem můžeme zařadit fotokatalýzu, kdy dochází k rozkladu látek za přítomnosti fotokatalyzátoru, anebo oxidační procesy využívající OH radikály. (Plotěný, 2013)

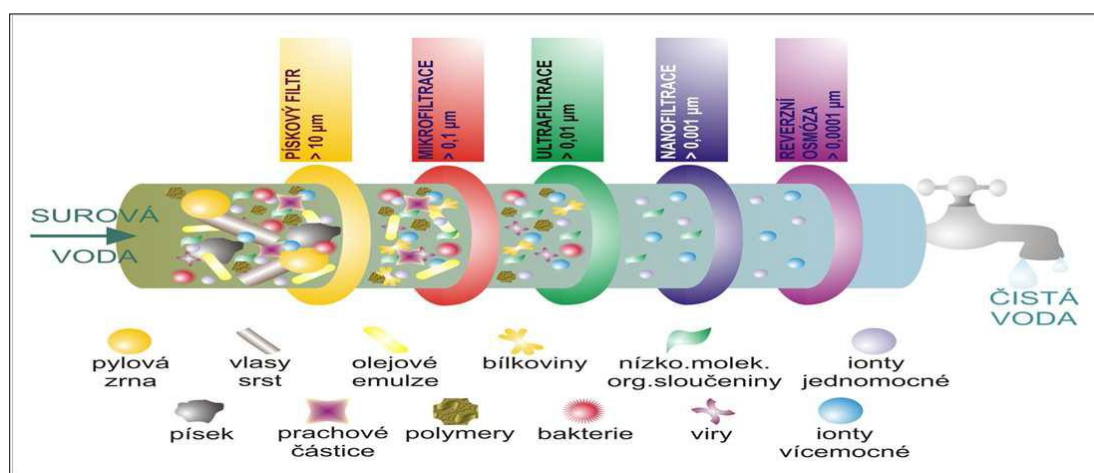
6.3.3 Fyzikální úprava

Do tohoto typu úpravy řadíme procesy, které jsou založené na adsorpci nerozpuštěných látek na filtračním loži a membránové filtraci. K filtraci se nejčastěji používá křemičitý písek, antracit, aktivní uhlí, anebo preparované písky. Volba konkrétního materiálu je závislá na složení znečištěné vody. (ČSN 75 6780, 2012)

Membránová technologie je technologie, která díky přítomnosti selektivní membrány odděluje molekuly směsi kapalin a plynů, zahušťuje roztoky vysoko i nízkomolekulárních látek a zadržuje v kapalině dispergované částice. Membrána vytváří mechanickou bariéru, která zamezuje průchodu různých látek, zatímco čistá voda (permeát) protéká membránou. Obrovskou výhodou je, že tyto procesy

probíhají bez jakékoliv změny fyzikálně-chemických či biologických vlastností zadržovaných látek. Problémem je časté zanášení membrány, které omezuje její bezproblémové využívání a zkracuje životnost. (Komínková, et al., 2014)

Dle potřeby separace různých látek jsou membránové filtrace rozděleny dle velikosti pórů na mikrofiltraci, ultrafiltraci, nanofiltraci a reverzní osmózu. Nejčastěji je v praxi využívána mikrofiltrace a ultrafiltrace. Nejdokonalejší čištění je dosaženo při reverzní osmóze. Membránové filtry pracují mimo jiné na různých tlacích, kdy k největšímu tlaku dochází právě při reverzní osmóze. (Komínková, et al., 2014)



Obrázek 13: Schematické znázornění filtračních metod (Komínková, et al., 2014)

6.3.4 Biologické čištění

Biologické čištění spočívá v provzdušňování aktivovaného kalu v nádrži. Aktivovaný kal je složen ze směsné kultury organismů, díky kterým probíhá čištění. Do systémů biologické úpravy patří například aktivační nádrže, sloužící k provzdušňování aktivovaného kalu, které je vhodné použít u objektů s vysokou produkcí šedé odpadní vody. Dále sem můžeme zařadit biofilmové reaktory, membránové bioreaktory, anebo provzdušňovací biologické filtry. (ČSN 75 6780, 2012)

6.3.5 Přírodní čištění

Mezi tyto přírodní úpravy vody řadíme kořenové čistírny odpadních vod (KČOV), mokřady nebo například rákosová pole. Tyto procesy čištění probíhají hlavně z důvodu přítomnosti vegetace a biofilmu, který vzniká na povrchu filtrátu. Tento způsob čištění je přirozený a, vzhledem ke krajině oproti ostatním úpravám, estetický. (ČSN 75 6780, 2012)

6.4 Akumulace šedých vod

Po vyčištění se šedé vody shromažďují a zadržují v jímkách, anebo nádržích. Voda v nádržích musí být akumulována tak, aby nedocházelo k tvorbě mikroorganismů. Nádrže musí být z kvalitního materiálu, který je odolný, pevný, antikorozi a vodotěsný. Umístění nádrží je ideální tam, kde nedochází k výkyvům teploty vody a je zabráněno ovlivňování vody slunečním zářením. Z toho důvodu je nejvhodnější umisťovat akumulací nádrže po zemský povrch. (Tomáš, 2014)

Akumulační nádrže musí umožňovat uzavíratelný vstup do nádrže, bezpečný odtok vody v případě přeplnění nádrže bezpečnostním přelivem s vypouštěcím potrubím napojeným přímo na splaškovou kanalizaci a také obtokem vody v případě odstávky, anebo havárie. Nesmí chybět také odzdušnění nádrže a štítek, který označuje, že v nádrži je „Nepitná voda“, který bývá doplněn textací s konkrétním typem vody v nádrži, například „Provozní voda“ dle ČSN EN 8062. (Plotěný, 2013)

Hlavní výhodou při instalaci nádrží mimo objekt pod zemský povrch je bezesporu úspora místa a možnost návrhu větší akumulací nádrže či více systémů, než by šlo v objektu. Při vnitřní instalaci se nádrže nejčastěji instalují do suterénu budovy, konkrétně do technických prostor. Výhodou této instalace je umístění veškerých použitých technologií na jednom místě. Instalace a údržba, vzhledem k menším rozměrům, je proto mnohem snadnější, než u venkovního systému. (Tomáš, 2014)



Obrázek 14: označení nádrže na nepitnou vodu (Biela, 2011)

7. Legislativa ČR v oblasti HDV a ŠV

V české republice je hospodaření s dešťovými, anebo šedými vodami provozováno zatím velmi zřídka. Důvodem je hlavně setrvačnost v likvidaci těchto vod odkanalizováním. Zároveň je zde také malá legislativní a ekonomická motivace. V této oblasti je na tom velmi dobře například Německo, kde se platí poplatky za vypouštěnou dešťovou vodu a dochází tedy k motivaci občanů, aby s vodou hospodařili. Naše legislativa zatím tomuto trendu využívání vod není nakloněna. Využívání vody v podobě zadržetí, anebo zasakování probíhá pouze tam, kde nelze vodu odvádět kanalizací. (Hlavínek, et al., 2007)

Dle následujících zákonů a norem je řečeno, anebo doporučeno, jak nakládat s dešťovými a šedými vodami.

Zákon č. 254/2001 Sb. - Zákon o vodách a o změně některých zákonů, tzv. Vodní zákon, byl novelizován Zákonem č. 150/2010 Sb., platným od 1. 8. 2010, který říká, že *„Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů“*. (Zákon č. 150/2010 Sb.)

Zákon č. 274/2001 Sb. - Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, tzv. Zákon o vodovodech a kanalizacích, který byl novelizován Zákonem č. 275/2013 Sb., platným od 21. 8. 2013, který říká, že *„Tento zákon upravuje některé vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužících veřejné potřebě, přípojek na ně, jakož i působnost orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů na tomto úseku“* a vztahuje se na *„vodovody a kanalizace, pokud je trvale využívá alespoň 50 fyzických osob, nebo pokud průměrná denní produkce z ročního průměru pitné nebo odpadní vody za den je 10 m³ a více anebo každý vodovod nebo kanalizaci, které provozně souvisejí s vodovody a kanalizacemi“*. (Zákon č. 275/2013 Sb.)

Vyhláškou 428/2001 Sb., kterou se provádí Zákon o vodovodech a kanalizacích, kde jsou určena další kritéria ve vztahu využívání vody a kanalizace.

Zákon č. 183/2006 Sb. - Zákon o územním plánování a stavebním řádu, tzv. Stavební zákon, byl novelizován Zákonem č. 257/2013 Sb., účinným od 1. 1. 2014, kde se konkrétně problematikou dešťové vody Stavební zákon zabývá ve vyhlášce č. 501/2006 Sb. - o obecných požadavcích na využívání území, která říká, že „*Tato vyhláška stanoví obecné požadavky na využívání území při vymezení ploch a pozemků, při stanovování podmínek jejich využití a umístování staveb na nich a rozhodování o změně stavby a o změně vlivu stavby na využití území.*“ (Vyhláška č. 501/2006 Sb.)

Strategickým dokumentem je Plán hlavních povodí ČR, sloužící k plánování, z hlediska dlouhodobé koncepce, v oblasti vod. Je složen ze závazné a směrné části stanovující požadavky na opatření, které vedou k dosažení rámcových cílů. (Stránský, et al., 2008)

ČSN 75 9010 - Vsakovací zařízení srážkových vod, v nejnovějším znění od dubna 2013, popisuje vsakování srážkových vod jako možný způsob hospodaření se srážkovými vodami. Stanovuje zásady pro návrh, výstavbu a provoz podzemních a povrchových vsakovacích zařízení. Návrh hospodaření je vypracováván na základě geologického posouzení, anebo průzkumu. V případě, že nelze zasakovat vody dle podmínek, které jsou uvedeny v této normě, je nutno postupovat dle ČSN 75 6101. (ČSN 75 9010)

TNV 75 9011 - Hospodaření se srážkovými vodami, v nejnovějším znění od března 2013, popisuje hospodaření a nakládání se srážkovými vodami zejména decentralizovaným způsobem, ale jsou v ní uvedeny i příklady centralizovaného nakládání. Popisuje návod pro návrh a provoz odvodnění urbanizovaného území co nejbližší podobnému přírodě. Norma se podílí na budování vodohospodářské politiky ve smyslu zajištění trvale udržitelného rozvoje. (TNV 75 9011)

ČSN 75 6101 - Stokové sítě a kanalizační přípojky, účinná od 1. 5. 2013, které stanovuje podmínky pro navrhování, posuzování, provádění a sanaci gravitačních stokových sítí s kanalizačními přípojkami, včetně všech objektů na nich. Norma je platná především pro kanalizaci veřejné potřeby a odvodnění veřejných komunikací. Norma platí také pro navrhování dešťových vpustí, navrhování vnitřních příčných profilů, rozměrů stok průmyslových a městských sítí oddílné i jednotné stokové soustavy. (ČSN 75 6101)

ČSN 75 6780 - Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích, která je ve stádiu návrhu pro 1 projednání, sloužící pro navrhování, projektování, montáž, provoz a údržbu zařízení pro využití dešťových a šedých vod v budovách a na přilehlých pozemcích. Norma dále popisuje jakosti provozní vody vzniklé úpravou dešťové, anebo šedé vody, způsob jejich čištění a využití tepla z šedých vod. (ČSN 75 6780)

8. Návrh zařízení pro využití šedých a dešťových vod

Při navrhování zařízení pro využívání šedých, anebo dešťových vod musí být stanoveno vyprodukované množství šedých, anebo zisk dešťových vod. Při dimenzování kombinovaného využívání šedých a dešťových vod je postup individuální a navrhuje se doplňování provozní vody vodou dešťovou v případě, že bude docházet k nedostatku vody šedé.

8.1 Stanovení množství šedé vody

Nejideálnějším způsobem, kdy dochází ke stanovení vyprodukovaného objemu šedé vody, je docíleno pomocí měření. V případě, kdy nelze měřením produkci šedé vody zjistit, je možné pomocí dvou metod, které jsou vhodné dle toho, jaké vstupní údaje o produkci šedé vody jsou dostupné a známé, tyto hodnoty alternativně stanovit. (ČSN 75 6780, 2012)

První metoda – stanovení průměrné denní produkce ŠV (Q_{prod})

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

kde: q_{prod} produkce šedých vod na měrnou jednotku a den [l/s], (tab. 2)

n_{mj} počet měrných jednotek stejného druhu (tab. 2)

m počet druhů měrných jednotek

V případě, kdy není známá produkce šedé vody na měrnou jednotku a den (q_{prod}), přistupuje se k použití stanovení průměrné denní produkce (Q_{prod}) dle následujícího vztahu:

$$q_{prod} = \sum_{i=1}^j q_{c,i} \cdot n_c \quad (2)$$

kde: q_c produkce šedé vody pro příslušnou činnost [l] (tab. 3)

n_c počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne

j počet druhů činností prováděných během jednoho dne

Druh budovy	Vybavení	Produkce šedé vody	
		Měrná jednotka	Produkce šedé vody na měrnou jednotku a den v [l/den]
Bytový dům, rodinný dům	Koupelny	obyvatel	31
	Kuchyně	obyvatel	11
	Praní	obyvatel	15
Internát	Sprchy, koupelny	lůžko	90
Hotel	Koupelny se sprchou	lůžko	90
	Koupelny s vanou	lůžko	150 ¹⁾
	Prádelna	lůžko	14
Administrativní budova	Umyvadla	osoba	12
	Čajové kuchyňky	osoba	5
	Sprchy	osoba	2 ²⁾
Maloobchodní prodejny - personál	Umyvadla	osoba	12
	Sprchy	osoba	2 ²⁾
Maloobchodní prodejny - zákazníci (návštěvníci)	Umyvadla	osoba	3 ³⁾
1) Nutno uvážit, zda nebudou vany používány jako sprchy. 2) Příležitostné sprchy. 3) Pokud jsou v budově záchody pro zákazníky.			

Tabulka 2: produkce šedé vody v různých budovách (ČSN 75 6780, 2012)

Druh činnosti	Produkce šedé vody pro příslušnou činnost [l]
Mytí rukou	3 ¹⁾
Mytí těla v umyvadle	15
Sprchování (běžná sprcha)	40 až 50 ¹⁾
Koupel ve vaně	120
1) Platí pro běžné výtokové armatury. U výtokových armatur se samočinným uzavíráním se produkce šedé vody může stanovit podle počtu otevření při jedné činnosti, průtoku výtokovou armaturou (uvádí výrobce) a doby výtoku po jednom otevření.	

Tabulka 3: produkce šedé vody dle činnosti (ČSN 75 6780, 2012)

Druhá metoda – stanovení průměrné denní produkce ŠV (Q_{prod})

$$Q_{prod} = \frac{N}{100} \cdot Q_p \quad (3)$$

kde: N část z celkové denní produkce odpadních vod, kterou tvoří ŠV [%]

Q_p celková denní produkce odpadních vod [l]

Následuje stanovení maximální denní produkce šedé vody, která je dána součinem průměrné denní produkce vody (Q_{prod}) a součinitelem denní nerovnoměrnosti. Tento součinitel je stanoven dle konkrétních místních podmínek, stejně jako u maximální hodinové produkce šedé vody. (Plotěný, 2013)

8.2 Stanovení množství dešťové vody

Ke stanovení množství dešťové vody za rok je v první řadě nutné znát hodnoty srážek v konkrétním území. Následuje výpočet plochy střech, které dešťovou vodu zachycují a do výpočtu je zahrnut i její tvar. Přesné stanovení zisku dešťové vody je pospáno dle vztahu: (ČSN 75 6780, 2012)

$$V_d = A \cdot \psi_d \cdot h_r \cdot \eta \quad (4)$$

kde: A půdorysný průmět odvodňované plochy [m^2]

ψ_d součinitel využití dešťové vody (tab. 4)

h_r průměrný roční úhrn srážek [mm]

η hydraulická účinnost filtru dle výrobce (anebo přibližně 0,9 až 0,95)

Druh střechy	Součinitel využití dešťové vody ψ_d
Střecha s propustnou horní vrstvou (vegetační střecha)	0,3
Střecha s vrstvou kačírku	0,6
Střecha s nepropustnou horní vrstvou	0,9

Tabulka 4: součinitele využití dešťové vody ψ_d (ČSN 75 6780, 2012)

8.3 Stanovení potřeby provozní vody

Tato voda se využívá v provozu nejčastěji ke splachování toalet, úklidu, praní nebo zalévání a kropení. Při návrhu na využívání šedé, anebo dešťové vody je nutné vypočítat denní či roční potřebu provozní vody. (ČSN 75 6780, 2012)

Denní potřeba provozní vody.

$$Q_{24} = q_{wc} \cdot n + q_{pis} \cdot n + q_{pr} \cdot n + q_{úkl} \cdot n + q_{zal} \cdot A_{zal} \quad (5)$$

kde: q_{wc} potřeba vody pro splachování záchodových mís [l/os.den]

q_{pis} potřeba vody ke splachování pisoárů [l/os.den]

q_{pr} potřeba vody na praní [l/měrná jednotka.den] (tab. 6)

$q_{úkl}$ potřeba vody pro úklid [l/m².den] (tab. 7)

q_{zal} voda potřebná k zalévání či kropení [l/m².den]] (tab. 7)

n počet měrných jednotek

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

Stanovení potřeby vody ke splachování záchodových mís (q_{wc}) závisí na objemu vody, které je potřeba ke spláchnutí toalety a počtu použití toalety za jeden den.

$$q_{wc} = q_o \cdot p \quad (6)$$

kde: q_o splachovací objem dle navržených splachovačů

p počet použití toalety osobou za jeden den (tab 5.)

Splachovací objem je primárně stanoven dle konkrétně nainstalovaného splachovače. Nejčastěji používané splachovače na velké spláchnutí spotřebují 6 litrů vody a na ekonomické malé spláchnutí 3 litry vody. (Plotěný, 2013) Při použití toalet s dvojitým dávkováním se postupuje dle vztahu:

$$q_o = \frac{q_v + 2 \cdot q_m}{3} \quad (7)$$

kde: q_v objem vody při malém spláchnutí [l]

q_m objem vody při velkém spláchnutí [l]

Druh mísy a pohlaví uživatelů	Počet použití jednou osobou během dne podle druhu budovy					
	Bytové nebo rodinné domy	Studentské koleje	školy	Administrativní budovy	Maloobchodní prodejny	
					Zaměstnanci	Návštěvníci
Záchodové mísy pro muže + pisoáry	--	--	0,7	1	3	0,17
Záchodové mísy pro muže bez pisoárů	6	4,42	1,5	4	4	1
Záchodové mísy pro ženy	6	4,42	1,5	4	4	1
Pisoárové mísy pro muže	--	--	1	3	1	0,83

Tabulka 5: počty použití toalet během dne jednou osobou (ČSN 75 6780, 2012)

Stejný postup je zachován i při stanovení potřeby vody pro splachování pisoárů. Minimální objem je dle ČSN 75 6760 nejméně 1,5 l.

$$q_{pis} = q_o \cdot p \quad (8)$$

kde: q_o splachovací objem dle navržených splachovačů

p počet použití toalety osobou za jeden den (tab 5.)

Hodnoty pro stanovení potřeby vody pro praní, úklid a zalévání je možno stanovit tabelárně dle tabulek níže. Nutno podotknout, že zalévání či úklid se nemusí provádět každý den.

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

Tabulka 6: hodnoty potřeby vody k praní (ČSN 75 6780, 2012)

Způsob použití	Jedno použití [l/m ²]	Roční potřeba [l/m ² . rok]
Zalévání zahrady	1,0 ¹⁾	60 ²⁾
Kropení hřišť	1,2	200 ²⁾
Kropení zeleně	1,0	80 až 200 ²⁾
Úklid - jen studená provozní voda (pro úklid se zároveň používá také teplá pitná voda)	0,1 ³⁾	--
Úklid - studená provozní voda (bez teplé pitné vody)	0,3 ³⁾	--

1) Na plochu celé zahrady, i když se zalévá jen její část.
 2) Předpokládá se zalévání nebo kropení od dubna do září.
 3) Na plochu podlahy, u které se předpokládá mokry úklid.

Tabulka 7: potřeba vody pro zalévání, kropení a úklid (ČSN 75 6780, 2012)

Výpočet roční potřeby provozní vody je dán součinem denní potřeby provozní vody bez zalévání a počtem dnů, kdy je voda v konkrétních objektech využívána.

$$Q_r = Q_d \cdot d + Q_{zal} \cdot A_{zal} \quad (9)$$

kde: q_d denní potřeba provozní vody v budově bez zalévání

d počet dnů v roce, kdy je voda využívána

Q_{zal} roční provozní voda pro zalévání [l/m².rok] (tab. 7)

A_{zal} plocha zalévaného území [m²]

8.4 Posouzení množství potřebné a vyprodukované vody

Obecně platí, že vyprodukované vody by mělo být více, než vody potřebné. V případě, kdy k tomuto stavu nedojde, je vhodné omezit potřebnou vodu v některých částech objektu, anebo snížit její využití pouze na konkrétní činnost. Dále se naskytuje možnost doplnit zdroj vody kombinací šedé a dešťové vody. (Plotěný, 2013)

K optimálnímu vztahu při využívání šedé vody dochází tehdy, kdy:

$$Q_{prod} \geq Q_{24} \quad (10)$$

kde: Q_{prod} denní objem vyprodukované šedé vody [l.den]

Q_{24} denní potřeba provozní vody [l.den]

A obdobný vztah platí i u dešťové vody, kdy:

$$V_d \geq Q_r \quad (11)$$

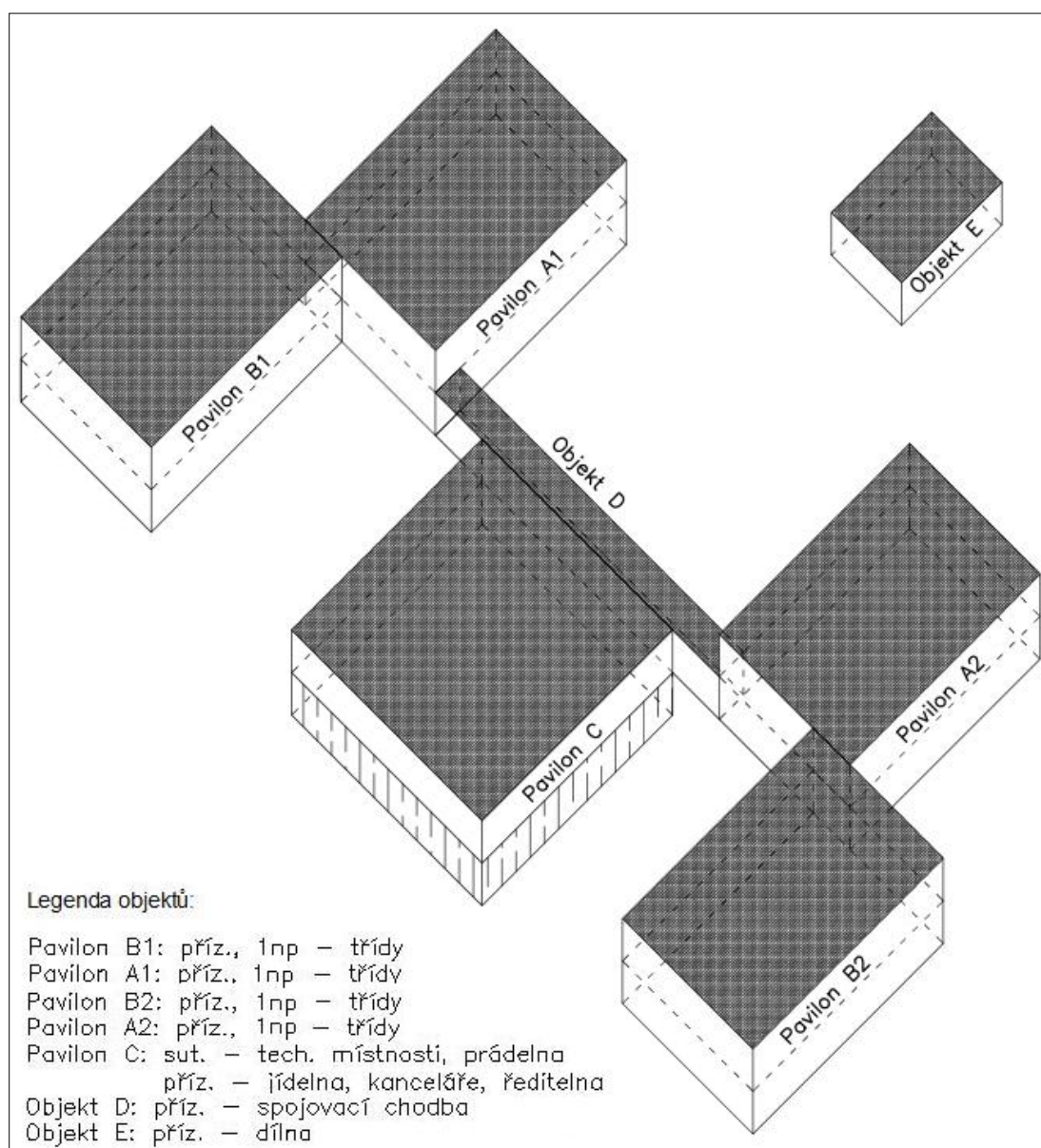
kde: V_d roční zisk dešťové vody [l.rok]

Q_r roční potřeba dešťové vody k provozu [l.rok]

Projektové řešení

9. Popis řešené lokality

V rámci projektu hospodaření s dešťovou a šedou vodou byla zvolena mateřská škola Anny Drabíkové, nacházející se v Hlavním městě Praha, konkrétně v městské části Praha 11 na katastrálním území Háje. Přes 63 % z celého areálu zaujímají trvalé travní porosty, stromy a keře. Necelých 19 % je tvořeno samotnými objekty a zbytek je složen ze zpevněných ploch, jako jsou chodníčky, parkoviště a zahradní objekty (prolézačky, dětské domky, pískoviště, aj.). Celková plocha areálu činí 8 902 m². Detailnější znázornění zastoupených ploch je v příloze č. 1 - „Situční plán MŠ“.



Obrázek 15: Grafické znázornění objektů v MŠ Anny Drabíkové (Autor, 2015)

Grafické znázornění jak objektů, tak i celého areálu bylo vypracováno na základě dat ZABAGED, ČÚZK, původních map a terénního průzkumu. Základní informace o vlastnících jsou k nalezení na listu vlastnictví (LV) číslo 778 v katastrálním území Praha - Háje. Konkrétně se jedná o pozemky:

Parcelní číslo	Obec	KÚ	Výměra [m ²]	Druh pozemku	Doplňující informace
711	Praha	Háje	1969	zastavěná plocha, nádvoří	pavilony + objekt D
712	Praha	Háje	79	zastavěná plocha, nádvoří	objekt E
713	Praha	Háje	6854	ostatní plocha	venkovní plochy

Tabulka 8: Informace o pozemcích (ČÚZK, 2015)

Adresa areálu je Anny Drabíkové, číslo popisné 536/2. Vlastníkem těchto pozemků je Hlavní město Praha, avšak svěřená správa nemovitostí je ve vlastnictví obce, konkrétně městské části Praha 11. Kontaktní adresy jsou uvedeny níže:

- *Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 110 00, Praha 1*
- *Městská část Praha 11, Ocelíkova 672/1, Háje, 149 00, Praha 4*

9.1 Základní informace

Mateřská škola Anny Drabíkové byla první, která byla na sídlišti Jižní Město vybudována. Škola je sídlištního charakteru, nacházející se na kraji sídlištní zástavby v těsné blízkosti parku Hostivař a je dobře dostupná, hlavně z důvodu blízkosti stanice metra C Háje. Mateřská škola zajišťuje celoroční provoz. Nachází se zde 8 tříd, kdy každá třída má svoje patro v pavilonu (4 pavilony o dvou podlaží). Každá třída je tvořena 28 dětmi a dvěma vyučujícími pracovníky. Celkový přehled pracovníků a uživatelů školky je zobrazen v tabulce níže.

Zaměstnanci a uživatelé MŠ	Počet
Počet pedagogů	17
Provozní pracovníci	5
Školní jídelna	6
Počet dětí	224
Celkem	252

Tabulka 9: Počet pracovníků a dětí v MŠ

Z důvodu velkého počtu dětí je zřízeno v nedaleké budově ZŠ Mendelova tzv. detašované pracoviště, kde MŠ provozuje další dvě třídy o 40 dětech a 4 pedagogích.

Tento počet avšak není zahrnut do tabulky výše, protože děti a učitelé využívají prostor ZŠ Mendelova a zároveň i její školní jídelnu.

Mimo pavilonů A1, A2, B1, B2, kde dochází k výuce dětí, je zde i tzv. hospodářský pavilon C. Zde je v přízemí umístěna kancelář hospodářky a ředitelky školy, byty školnic se školní jídelnou. V suterénu se nachází prádelna, sušárny, sklady a technické zázemí. Na pozemku se dále nachází dílna, označená objekt E, která slouží jako pracovní zázemí k údržbě školy a úschovna zahradní techniky. Spojovací chodba, značená objekt D, propojuje všechny pavilony s hospodářským pavilonem mezi sebou.

Škola je obklopena velmi rozsáhlou zahradou, která činí přes 63 % plochy z celého areálu. Zahrada je zarostlá stromy, keři a kompletně zatravněná. Na zahradě jsou chodníčky, které spojují jednotlivé pavilony vně budovy a zpřístupňují cesty k dětským pískovištím a prolézačkám. Celý komplex je kompletně oplocený.

Z výše sepsaných informací vyplývá, že tento areál je vhodný pro návrh hospodaření s dešťovou a šedou vodou vzhledem k velkému venkovnímu prostoru zahrady a hojně využívaných vnitřních prostor. V následujících variantách bude popsán konkrétní návrh hospodaření a v závěru jejich vyhodnocení ekonomické návratnosti.

9.1.1 Kanalizace

Areálová kanalizace je oddílná, tzn. samostatná splašková a dešťová kanalizace. Splašková kanalizace se z areálu napojuje na uliční stoku A16 KT 250 a dešťová na stoku E2 II. KT 250 před pavilonem C revizními šachtami Š₀ (splašková) a ŠD₀ (dešťová). Do těchto šachet je napojen areálový rozvod kanalizace. Areálové rozvody jsou vždy ukončeny revizními kruhovými šachtami a nacházejí se taktéž v místech lomu a napojení. Kanalizace je navržena ve spádu 3 až 5 %. V areálu se nachází několik dešťových vpustí, které svádějí dešťovou vodu z venkovních teras a zpevněných ploch. Detailnější znázornění venkovních rozvodů a napojení je v příloze č. 2 - „Venkovní rozvody v areálu“.

Vnitřní kanalizace je řešena vždy pro pavilony A1, A2 a B1, B2 shodně. Stoupačí a odvětrávací potrubí je z litinových odpadních trub příslušných profilů. Dešťové svody uvnitř objektů jsou z litinových odpadních trub ukončených střešními vtoky

o průměru 100 mm. Svislé odpady jsou opatřeny čistícími kusy a dvířky a ležaté svody jsou z kameninových trub.

9.1.2 Vodovod

Vodovodní přípojka je z litinových tlakových hrdlových trub. Připojení je provedeno na uliční řad HI 2b - NT 150. Vodoměr je osazen v suterénu v pavilonu C. Detailnější znázornění v příloze č. 2 - „*Situace - venkovní rozvody v objektu*“.

Rozvod studené i teplé vody je pro jednotlivé objekty veden ze suterénu pavilonu C kanálem pod spojovací chodbou (objekt D). Zde je hlavní rozvod uložen na konzolách nad sebou. Do pavilonů A1, A2, B1 a B2 je voda vedena v kanálcích společně s ÚT až k jednotlivým stoupačkám. Stoupačky a přípojné potrubí je vedeno v příčkách. Dílna (objekt E) je napojena vodou vedenou v kanálu mezi spojovací chodbou a dílnou. Znázornění vnitřních rozvodů vody a kanalizace je znázorněno v přílohách pro konkrétní objekty:

- Příloha č. 3 - „*Vnitřní rozvody v objektu - Pavilony A1, B1*“
- Příloha č. 4 - „*Vnitřní rozvody v objektu - Pavilony A2, B2*“
- Příloha č. 5 - „*Vnitřní rozvody v objektu - Pavilon C*“

9.1.3 Hydrogeologické podmínky

Zájmová lokalita spadá do pramenní části hydrologického povodí Botiče s číslem pořadí 1-12-01-020. Povrch terénu se mírně svažuje k severu k protékající vodoteči. Ve vrchní vrstvě 0 až 0,3 m se vyskytují písčité hlíny, dále rozpukané křemence 0,3 – 4,0 m a následuje skalní masiv křemenců. Koeficient vsaku je udán hodnotou 1.10^{-5} m/s.

Hladina podzemní vody (HPV) kolísá v závislosti na srážkovém úhrnu, tedy na možnosti infiltrace těchto vod. Na její hloubku a režimní rozkvyv je možné usuzovat z morfologie terénu, který se zde mírně svažuje k severu k nádrži Hostivař na Botiči, kde dochází k drenáži podzemní vody. Hloubka hladiny podzemní vody je cca 3 m pod povrchem terénu.

9.2 Varianta 1 – splachování toalet dešťovou vodou

První variantou hospodaření s dešťovou vodou bude její zachycení a následovně využití ke splachování toalet. Konkrétně se jedná o návrh, kdy bude zachycována voda z dvou přilehlých pavilonů (A1, B1 a A2, B2) a následně využita pro jeden pavilon z každé dvojice ke splachování toalet. Bude docházet tedy k tomu, že voda zachycovaná v pavilonech A1 a B1 bude svedena do retenční nádrže s bezpečnostním přelivem (BP) do kanalizace a voda z této nádrže bude využívána ke splachování toalet v pavilonu B1. Obdobně tomu bude i u pavilonu A2 a B2, kde bude voda ke splachování využívána pouze v pavilonu B2. Tento postup byl zvolen z toho důvodu, protože srážky z obou pavilonů jsou schopné dotovat pouze jeden pavilon ke splachování toalet.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
33,5	29,3	37,1	37,6	67,3	76,7	77,9	73,9	46,8	36,6	39	36,5	592,2

Tabulka 10: Průměrné měsíční srážky Praha - Karlov [mm]: 1961 - 2014 (ČHMÚ, 2014)

9.2.1 Zisk dešťové vody

Ke stanovení zisku dešťové vody (V_d) došlo dle vztahu: (ČSN 75 6780, 2012)

$$V_d = A \cdot \psi_d \cdot h_r \cdot \eta \quad (12)$$

kde: A půdorysný průmět odvodňované plochy [m^2] (tab. 11)

ψ_d součinitel využití dešťové vody (tab. 4)

h_r průměrný roční úhrn srážek [mm] (tab. 10)

η hydraulická účinnost filtru dle výrobce (anebo přibližně 0,9 až 0,95)

Půdorysný průmět odvodňovaný ploch je detailněji znázorněn v příloze č. 6 - „Půdorys mateřské školy A. D.“. V tabulce níže jsou přehledně znázorněny výsledné rozměry odvodňovaných ploch v m^2 .

A1	A2	B1	B2	Σ
18x12	18x12	18x12	18x12	
216	216	216	216	864

Tabulka 11: Odvodňovaná plocha v [m^2] - varianta 1

Při zachycování dešťové vody dochází ke ztrátám, které je třeba vzít v úvahu. Součinitel využití dešťové vody byl zvolen dle typu odvodňované střechy, kterou tvoří v tomto případě střecha s nepropustnou horní vrstvou o hodnotě 0,9 a hydraulická účinnost filtru byla zvolena 0,95.

Detailní výpočet zisku dešťové vody dle vztahu výše je znázorněn v příloze č. 10 - „*Objem srážek spadlý na pavilony - zisk srážek*“. Pro obě dvojice pavilonů je zisk srážek stejný a dosahuje hodnoty 218,73 m³ dešťové vody za rok.

9.2.2 Potřeba provozní vody

Dešťová voda bude využívána ke splachování toalet. Pro určení potřeby provozní vody bude nutné stanovit, jaké množství bude na konkrétní činnost spotřebováno. Vzhledem k návrhu využívání dešťové vody pouze ke splachování toalet, bude výpočet jednodušší. Všechny pavilony jsou vybaveny dvojitým splachovadlem značky Geberit a proto je nutné brát v potaz ten fakt, že ke splachování mohou být využity dva objemy vody, tzv. velké, či malé spláchnutí toalety.

Výpočet potřeby provozní vody byl stanoven dle vztahu: (ČSN 75 6780, 2012)

$$Q_{24} = q_{wc} \cdot n \quad (13)$$

kde: q_{wc} potřeba vody pro splachování záchodových mís [l/os.den]

n počet měrných jednotek

Potřeba vody pro spláchnutí byla stanovena dle počtu použití toalety za den, která byla dle tabulky č. 5 určena na čtyři použití denně. Používání bylo voleno dle zaměření budovy jako administrativní budovy. Dále do výpočtu vstupuje objem vody potřebný ke spláchnutí, který byl vypočten na 4 litry.

Počet měrných jednotek udává počet osob, které toalety využívají. Na každý pavilon spadá 56 dětí a čtyři pedagogové. Přesný postup stanovení lze nalézt v kapitole 8.3 - Stanovení potřeby provozní vody.

Detailní výpočet stanovení potřeby provozní vody ke splachování toalet pro pavilony B1 a B2 je znázorněn v příloze č. 11 - „*Stanovení potřeby provozní vody*“. Pro oba pavilony je potřeba provozní vody 240,96 m³ za rok.

9.2.3 Posouzení návrhu a bilance

Z výše uvedených hodnot je patrné, že dešťová voda získaná ze střech zcela nepokryje spočítanou potřebu provozní vody, sloužící ke splachování toalet. Ke zcela vyváženému vztahu v tomto návrhu chybí 22,23 m³ vody.

Měsíce	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Σ
Objem srážek [m ³]	14,41	13,48	12,37	10,82	13,70	13,89	24,86	28,33	28,77	27,30	17,29	13,52	218,7
Počet dní v měsíci	20	21	21	20	22	21	19	22	22	21	21	21	251
Voda ke splachování [m ³]	19,2	20,16	20,16	19,2	21,12	20,16	18,24	21,12	21,12	20,16	20,16	20,16	241
Zůstatek vody v nádrži [m ³]	-4,79	-11,47	-19,26	-27,64	-35,05	-41,33	-34,71	-27,50	-19,85	-12,71	-15,58	-22,23	-22,2

Tabulka 12: Bilance vody v nádrži - varianta 1

Z bilance je patrné, že v období od května do srpna bude docházet k plnění každé nádrže, kdy po zbytek měsíců bude voda čerpána z její zásoby a posléze dopouštěna vodou pitnou.

Velikost retenční nádrže pro každé dva pavilony byla zvolena na základě měsíční potřeby vody, která nepřevyšuje přibližně 21 m³. Z toho důvodu velikost nádrže byla navržena o velikosti 22 m³.

9.2.4 Bezpečnostní přeliv

Každá nádrž je opatřena bezpečnostním přelivem, v případě intenzivního úhrnu srážek. Nejen z tohoto důvodu je BP důležitý. V letních měsících, kdy dochází k výraznému navýšení množství srážek, nastává výrazný rozdíl mezi potřebou a ziskem dešťové vody.

Měsíc	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Zůstatek max. 22 [m ³]	7,69	1,01	-6,78	-8,38	-7,42	-6,27	6,62	13,83	21,48	22,00	19,13	12,48
Přepadne [m ³]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,62	0,00	0,00

Tabulka 13: Množství přepadlé vody z nádrže - varianta 1

Z tabulky výše vyplývá, že v srpnu přepadne přes bezpečnostní přeliv 6,6 m³ vody, z důvodu naplnění nádrže z předchozích měsíců, kdy byl zisk vyšší, než potřeba. V období mezi lednem a dubnem bude potřeba doplňovat do nádrže pitnou vodu, zbytek měsíců pokryjí srážky a zásoba vody v nádrži z předešlých měsíců.

Zvýšení retenčního prostoru nádrže o toto množství kvůli jednomu měsíci, kdy bude vody více, by bylo neekonomické. Již takto velké retenční nádrže jsou poměrně drahé a návratnost investice by byla prodloužena.

K již chybějící dešťové vodě je tedy nutné připočíst 6,6 m³, které z nádrže přepadnou do kanalizace. Celkový deficit činí 28,84 m³ pitné vody za rok, který bude potřeba do nádrží dotovat.

Bezpečnostní přeliv byl z toho důvodu nadimenzovaný na desetiletou srážku pro Prahu dle stanice Praha - Hostivař, dle vztahu: (ČSN 75 9010, 2013)

$$Q = A \cdot \psi \cdot i_{10} \quad (14)$$

kde: A odvodňovaná plocha [ha]

ψ součinitel využití dešťové vody (tab. 4)

i_{10} intenzita deště [l.s/ha]

i_{10}	16,5	[mm/m ²]	274,989	[l.s/ha]
ψ	0,9			[-]
A	432	[m ²]	0,0432	[ha]
Q	10,69			[l/s]

Tabulka 14: Výpočet dimenz. bezpečnostního přelivu - varianta 1

Dle výše napsaného vztahu byl vypočítán průtok, který by vznikl při desetileté srážce dle stanice Praha - Hostivař. Průtok dosahuje 10,69 l/s.

I	DN	Q kap	v kap
[%]	[mm]	[l/s]	[m/s]
20	80	4,1	0,81
	100	7,4	0,94
	125	13,5	1,1
	150	21,9	1,24
	200	47,2	1,5
	250	85,5	1,74

Tabulka 15: tabulka profilů potrubí

Při porovnání průtoku s tabulkou profilů pro potrubí s 20 % sklonem bude ideální velikost potrubí, kdy voda přepadá z retenční nádrže přepadem do kanalizace, o vnitřním průměru DN 125 mm a maximálním průtoku 13,5 l/s.

Výše popsané výpočty jsou shodné pro obě dvojice pavilonů A1, B1 a A2, B2. Parametry pavilonů jsou naprosto totožné a jejich význam a návrh využití taktéž. K rozdílným hodnotám může docházet až při kalkulaci návratnosti návrhu, kdy může být použito rozdílné množství potrubí, poněvadž areálová (venkovní) instalace není u obou dvojic pavilonů naprosto totožná.

9.2.5 Rozvody a stavební úpravy

Pavilony A1, B1

U pavilonů A1 a B1 byl návrh retenční nádrže přizpůsoben co nejvíce stávajícímu potrubí s minimálním množstvím úprav jeho trasy. Mezi pavilonem A1 a šachtou Š_{D2} bylo navrženo přesměrování dešťové kanalizace do retenční nádrže o délce potrubí 2,73 m z jeho původní trasy. Z pavilonu B1 došlo pouze k jeho přerušení a zaústění do nádrže. Z nádrže poté vede přes bezpečnostní přepad dešťová kanalizace v původní trase, která byla mezi pavilonem B1 a Š_{D2}.

K nádrži byl navržen dále přívod pitné vody z důvodu nutnosti doplňování nádrže pitnou vodou ve chvíli, kdy dešťová voda nebude schopna dotovat potřebu, která vznikne v pavilonu B1. Toto potrubí má délku 2,54 m a bude nutná stavební úprava, která zajistí průchod mezi budovou a venkovním prostorem.

Tato úprava bude sloužit zároveň i pro navrhovaný vodovod s provozní vodou, určenou ke splachování toalet v obou patrech pavilonu B1. Do druhého patra bude voda distribuována přes 2 stoupací potrubí. Nově navržený vnitřní vodovod bude prostorově uspořádaný stejně, jako je vodovod stávající. Provozní voda z retenční dešťové nádrže bude sloužit ke splachování dvanácti toalet, z toho deset pro děti a dvě pro personál. Délka navrženého vnitřního vodovodu bude činit 45,03 m.

Navrhovaná nádrž bude o velikosti 22 m³ z plastového materiálu typu Columbus XXL. Na místě navrhované nádrže se nachází nevyužívaná travnatá plocha, která je vhodná pro její umístění. Nádrž je od objektů navržena přibližně 1,1 m, čímž bude zamezeno možnému poškození objektů při výstavbě. Detailní návrh rozvodů potrubí a nádrže je v příloze č. 7 - „*Schematický návrh rozvodů a nádrže - Pavilony A1, B1*“

K rozvodu provozní vody z nádrže do pavilonu bude sloužit čerpadlo Essential s řídicí jednotkou, která dokáže vyvolat signál k přepnutí na pitnou vodu v případě

nedostatku vody dešťové, respektive k dopouštění pitné vody do nádrže. Pitná voda bude doplňována do nádržky, která bude u čerpadla a spojení mezi nádrží a nádržkou se provádí pomocí trojcestného ventilu, nainstalovaného na sání čerpadla.

Pavilony A2, B2

Návrh retenční nádrže byl posouzen dle možností na nejvhodnější místo s cílem co nejmenšího množství nutných stavebních úprav a délky navrhovaného potrubí. Dešťová voda mezi pavilonem A2 a šachtou Š_{D6} bude vedena svojí původní trasou, avšak byla pouze přerušena umístěním retenční nádrže do této trasy. Z toho důvodu bylo navrženo potrubí o délce 2,11 m, které se z retenční nádrže přes bezpečnostní přepad opět napojuje na stávající dešťovou kanalizaci. V pavilonu B2 bylo nutné přeložit dešťovou kanalizaci a pozměnit její vyústění z jihu na sever. Vzhledem k tomu, že tyto pavilony nejsou podsklepené, byla by práce změnit trasu nemožná. Nové potrubí tudíž bylo navrženo ve stropních podhledech o délce 12,91 m a původní větev B₂₂ zaslepena.

K nádrži byl, stejně jak u pavilonů A1 a B1, navržen přívod pitné vody z důvodu nutnosti doplňování nádrže pitnou vody ve chvíli, kdy dešťová voda nebude schopna dotovat potřebu, která vznikne v pavilonu B2. Toto potrubí má délku 2,08 m a bude zde také nutná stavební úprava, která zajistí průchod mezi budovou a venkovním prostorem.

Tato úprava bude sloužit zároveň i pro navrhovaný vodovod s provozní vodou, určenou ke splachování toalet v obou patrech pavilonu B2. Do druhého patra bude voda distribuována přes 2 stoupací potrubí. Nově navržený vnitřní vodovod bude prostorově uspořádaný stejně, jako je vodovod stávající. Provozní voda z retenční dešťové nádrže bude sloužit ke splachování dvanácti toalet, z toho deset pro děti a dvě pro personál. Délka navrženého vnitřního vodovodu bude činit 42,40 m.

Navrhovaná nádrž bude o velikosti 22 m³ z plastového materiálu typu Columbus XXL. Na místě navrhované nádrže se nachází travnatá plocha, čímž není nijak ztížen výkop a tato plocha také není využívána. V těchto prostorách nedochází k hraní si dětí v areálu. Nádrž je od objektů navržena přibližně 1,1 m, čímž bude zamezeno možnému poškození objektů při výstavbě, avšak je v těsné návaznosti na chodník, který bude muset být v případě nutnosti vykopán a poté znovu vybudován.

Jedná se však o malý kousek. Detailní návrh rozvodů potrubí a nádrže je v příloze č. 8 - „*Schematický návrh rozvodů a nádrže - Pavilony A2, B2*“

K rozvodu provozní vody z nádrže do pavilonu bude sloužit čerpadlo Essential s řídicí jednotkou, která dokáže vyvolat signál k přepnutí na pitnou vodu v případě nedostatku vody dešťové, respektive k dopouštění pitné vody do nádrže. Pitná voda bude doplňována do nádržky, která bude u čerpadla a spojení mezi nádrží a nádržkou se provádí pomocí trojcestného ventilu, nainstalovaného na sání čerpadla.

9.2.6 Ekonomická návratnost

Pro tuto variantu budou navržena již výše zmíněná čerpadla Essential od společnosti Nicol Česká republika, s.r.o., která jsou vhodná právě při nutnosti doplňování vody do nádrže. Cena každého čerpadla činí 19 080 Kč s příslušenstvím, do kterého patří mimo jiné plovoucí sání včetně zpětné klapky. Tato čerpadla budou umístěna do retenčních nádrží Columbus XXL, dodávané stejnou společností, o velikosti 22m³. Nádrže jsou samonosné, tudíž nebude zapotřebí budovat betonový základ. Cena každé nádrže s příslušenstvím, které je tvořeno poklopem a šachtovou kopulí, je 158 375 Kč. K usazení nádrží bude potřeba vykopat dvě jámy o velikosti 63 m³. Pro snadnější usazení je totiž nutné ke stávajícím rozměrům nádrže připočítat z každé strany navíc 0,5 m. Cena výkopových prací je přibližně 780 Kč za 1 m³. V ceně je zahrnuto i odstranění vykopané zeminy. Nádrže budou usazeny na pískové lože. Pískem budou taktéž obsypány, zasypány a postupně hutněny. Kanalizační a vodovodní potrubí bude dodáváno taktéž od výše uvedené společnosti. Vodovodní potrubí bude potřeba celkově o délce přibližně 92 m, tvořeného polyethylenovým potrubím PE-HD (high density polyethylene) o maximálním provozním tlaku 10 barů. Kanalizační potrubí bude potřeba o délce přibližně 18 m, ve kterých je zahrnuto i potrubí sloužící k odvedení vody přepadající přes bezpečnostní přeliv z každé nádrže do šachet. Ceny v tabulce jsou uvedeny včetně potřebných tvarovek. Stavební úpravy budou potřeba hlavně při zavádění potrubí z venkovního prostoru do vnitřního, kdy jedna hodina těchto prací stojí v průměru 500 Kč. Výkopové práce budou kromě nádrže potřebné taky při ukládání venkovního potrubí, které bude potřeba zavést k nádrži. Pokládka potrubí bude na pískové lože a obsypání taktéž pískem. Zásyp bude z části proveden vykopaným materiálem. V následující tabulce je znázorněn podrobný výpočet všech jednotlivých položek této varianty.

Rozpočet systému pro pavilony A1, B1				
Položka	Jednotka	Jednotková cena [Kč]	Množství	Cena celkem [Kč]
Nádrž Columbus XXL + přísl.	[ks]	158 375,00	1,00	158 375,00
Čerpadlo Essential + přísl.	[ks]	19 080,00	1,00	19 080,00
Potrubí kanalizace	[m]	85,00	2,73	232,05
Potrubí vodovodu	[m]	26,00	47,57	1 236,82
Výkopové práce - nádrž	[m ³]	780,00	63,00	49 140,00
Výkopové práce - potrubí	[m ³]	720,00	9,50	6 840,00
Stavební úpravy	[h]	500,00	40,00	20 000,00
Podsyp, obsyp a zásyp pískem	[m ³]	380,00	50,00	19 000,00
Instalace systému - montáž, přísl.		[-]		30 000,00
<i>Cena bez dph</i>				303 903,87
Rozpočet systému pro pavilony A2, B2				
Položka	Jednotka	Jednotková cena [Kč]	Množství	Cena celkem [Kč]
Nádrž Columbus XXL + přísl.	[ks]	158 375,00	1,00	158 375,00
Čerpadlo Essential + přísl.	[ks]	19 080,00	1,00	19 080,00
Potrubí kanalizace	[m]	85,00	15,02	1 276,70
Potrubí vodovodu	[m]	26,00	44,48	1 156,48
Výkopové práce - nádrž	[m ³]	780,00	63,00	49 140,00
Výkopové práce - potrubí	[m ³]	720,00	10,00	7 200,00
Stavební úpravy	[h]	500,00	40,00	20 000,00
Podsyp, obsyp a zásyp pískem	[m ³]	380,00	51,00	19 380,00
Instalace systému - montáž, přísl.		[-]		30 000,00
<i>Cena bez dph</i>				305 608,18
<i>Cena celkem bez dph</i>				609 512,05

Tabulka 16: Rozpočet návrhu - varianta 1

Rozpočet úspory vody celkem				
Položka	Jednotka	Jednotková cena [Kč]	Množství	Cena celkem [Kč]
Vodné	[m ³]	38,88	424,22	16 493,67
Stočné	[m ³]	28,64	424,22	12 149,66
Stočné srážkové vody	[m ³]	28,64	424,22	12 149,66
<i>Cena celkem bez dph</i>				40 793,00

Tabulka 17: Rozpočet úspory vody - varianta 1

Z obou dvojic pavilonů byl stanoven celkový počet zadržené a využitě vody, určené ke splachování toalet, na 424,22 m³ vody. Toto množství by jinak muselo být dotováno z vodovodního řádu. Dále dochází k úspoře za odvod srážkové vody do kanalizace, která by jinak musela být zaplácena. Návratnost investice by byla přibližně 14 let. Ve výpočtech nejsou zahrnuty náklady na provoz a údržbu.

9.3 Varianta 2 – zavlažování dešťovou vodou

Druhou variantou bude také hospodaření s dešťovou vodou, její zachycení, ale s následným využitím k zavlažování trvalého travního porostu v objektu MŠ. Jedná se o návrh, kdy bude zachycována voda z hospodářského pavilonu C a následně sváděna do retenční nádrže, odkud bude odebírána k zavlažování. Nádrž bude opatřena bezpečnostním přelivem do dešťové kanalizace, aby nedošlo k poškození a přetečení nádrže. Travnatou plochu tvoří 58 % plochy z celého areálu, a proto se tato varianta nabízí jako vhodné řešení deficitu přírodních srážek.

9.3.1 Zisk dešťové vody

Ke stanovení zisku dešťové vody (V_d) došlo obdobně, jako v předchozí variantě, dle vztahu: (ČSN 75 6780, 2012)

$$V_d = A \cdot \psi_d \cdot h_r \cdot \eta \quad (15)$$

kde: A půdorysný průmět odvodňované plochy [m^2]

ψ_d součinitel využití dešťové vody (tab. 4)

h_r průměrný roční úhrn srážek [mm] (tab. 10)

η hydraulická účinnost filtru dle výrobce (anebo přibližně 0,9 až 0,95)

Půdorysný průmět odvodňovaný ploch je detailněji znázorněn v příloze č. 6 - „*Půdorys mateřské školy A. D.*“. Konkrétně pro hospodářský pavilon C je hodnota odvodňované plochy $324 m^2$.

Při zachycování dešťové vody dochází ke ztrátám, které je třeba vzít v úvahu. Součinitel využití dešťové vody byl zvolen dle typu odvodňované střechy, kterou tvoří v tomto případě střecha s nepropustnou horní vrstvou o hodnotě 0,9 a hydraulická účinnost filtru byla zvolena 0,95.

Detailní výpočet zisku dešťové vody dle vztahu výše je znázorněn v tabulce níže.

	Plocha střechy [m ²]	324	
	Pavilon	C	
Měsíc	Srážkový úhrn [mm]	Objem srážek na pavilon [m ³]	Objem se započtenými ztrátami [m ³]
I	34	10,85	9,28
II	29	9,49	8,12
III	37	12,02	10,28
IV	38	12,18	10,42
V	67	21,81	18,64
VI	77	24,85	21,25
VII	78	25,24	21,58
VIII	74	23,94	20,47
IX	47	15,16	12,96
X	37	11,86	10,14
XI	39	12,64	10,80
XII	37	11,83	10,11
Σ	592	191,87	164,05

Tabulka 18: Objem srážek spadlý na pavilon C (zisk DV) - varianta 2

Zisk dešťové vody pro hospodářský pavilon C dosahuje hodnoty 164,05 m³ dešťové vody za rok.

9.3.2 Potřeba provozní vody

Dešťová voda bude využívána k zavlažování areálu. Pro určení potřeby provozní vody bude nutné stanovit, jaké množství bude na konkrétní činnost spotřebováno. Dle normy ČSN 75 0434 byla stanovena vláhová potřeba trvalého travního porostu na 4 500 m³.ha/rok. Dle přílohy č. 1 - „*Situační plán MŠ*“, kde jsou graficky i tabelárně vyznačené jednotlivé druhy ploch a jejich rozloha, bylo zjištěno zastoupení trvalého travního porostu v areálu MŠ.

Zavl. potřeba travního porostu	4500	[m ³ .ha/rok]
Plocha travního porostu	4982,17	[m ²]
Vláhová potřeba	2241,97	[m ³ /rok]
Potřebné srážky na závlahu	450	[mm]
Dostupné srážky na závlahu	416,8	[mm]

Tabulka 19: Vláhová potřeba pro TTP - varianta 2

Pro trvalé travní porosty platí vegetační období od dubna po říjen, ve kterých je rozdělena závlahová dávka. Z tabulky výše je již patrné, že bude potřeba ve vegetačním období travní porost zavlažovat.

Vegetační období	Vláhová potřeba [m ³]	Srážky [mm]	Dostupné srážky [m ³]	Deficit [m ³]
IV. duben	202	37,6	187	-14,92
V. květen	362	67,3	335	-26,71
VI. červen	413	76,7	382	-30,44
VII. červenec	419	77,9	388	-30,91
VIII. srpen	398	73,9	368	-29,33
IX. září	252	46,8	233	-18,57
X. říjen	197	36,6	182	-14,52
Σ	2 242	416,8	2 077	-165,41

Tabulka 20: Stanovení vláhové potřeby - varianta 2

V tabulce výše je znázorněno, kolik vody je potřeba dodat travnímu porostu k dosažení jeho optimální potřeby. Za vegetační období činí deficit vody 165,41 m³ vody.

Zavlažování pro stromy nebude nutné z důvodu dostatečného množství srážek a jejich menší náročnosti, která byla stanovena dle normy ČSN 75 0434 na 3 800 m³.ha/rok

9.3.3 Posouzení návrhu a bilance

Z výše uvedených hodnot je patrné, že dešťová voda získaná ze střechy hospodářského pavilonu C zcela nepokryje spočítanou potřebu vody pro zavlažování travního porostu. Ke zcela vyváženému vztahu v tomto návrhu chybí pouze 1,36 m³ vody.

Měsíc	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Σ
Objem srážek [m ³]	10,80	10,11	9,28	8,12	10,28	10,42	18,64	21,25	21,58	20,47	12,96	10,14	164,05
Voda k zavlažování [m ³]	0	0	0	0	0	14,92	26,71	30,44	30,91	29,33	18,57	14,52	165,41
Zůstatek vody v nádrži [m ³]	10,80	20,92	30,20	38,31	48,59	44,08	36,02	26,83	17,49	8,64	3,03	-1,36	-1,36

Tabulka 21: Bilance vody v nádrži - varianta 2

Je patrné, že v období mimo vegetační období bude docházet k plnění nádrže a ve vegetačním období bude voda čerpána ze zásob, kromě října, kdy bude potřeba do nádrže dopustit vodu.

Velikost retenční nádrže byla zvolena na základě intenzity deště, kdy při nejvyšší hodnotě s dobou trvání od 5 minut do 72 hodin se stanoví nejvyšší vypočtený retenční objem, dle vztahu: (ČSN 75 9010, 2013)

$$V = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red}) \quad (16)$$

kde: h_d návrhový úhrn srážek [mm]

A_{red} redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [m²]

Doba trvání t_c [min]	Srážka h_d [mm]	Retenční objem V [m ³]
5	11,3	3,66
10	16,5	5,35
15	19,5	6,32
20	21,1	6,84
30	23,2	7,52
40	24,7	8,00
60	26,9	8,72
120	30,6	9,91
240 [4 h]	36,6	11,86
360 [6 h]	42,5	13,77
480 [8 h]	43,2	14,00
600 [10 h]	43,8	14,19
720 [12 h]	44,5	14,42
1 080 [18 h]	46,4	15,03
1 440 [24 h]	46,9	15,20
2 880 [48 h]	58,9	19,08
4 320 [72 h]	62,5	20,25

Tabulka 22: Stanovení retenčního objemu - varianta 2

Srážky pro výpočet byly brány ze stanice Praha - Hostivař při periodicitě 0,2 za rok. Dle výsledných hodnot z tabulky výše byla stanovena nádrž s rezervou o velikosti 22 m³.

9.3.4 Bezpečnostní přeliv

Nádrž bude opatřena bezpečnostním přelivem pro případ intenzivního úhrnu srážek nebo naplnění nádrže do její plné kapacity z důvodu nízkého nebo nulového odběru.

Měsíc	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Zůstatek max. 22 [m ³]	10,80	20,92	22,00	22,00	22,00	17,49	9,43	0,24	-9,10	-8,86	-5,61	-4,39
Přepadne [m ³]	0,00	0,00	-8,20	-8,12	-10,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabulka 23: Množství přepadlé vody z nádrže - varianta 2

Po stanovení objemu retenční nádrže vyplývá z tabulky výše, že od ledna do března bude retenční nádrž zcela zaplněna a bude přes bezpečnostní přeliv přetékat 26,59 m³ vody. V období mezi březnem a červnem bude nádrž zajišťovat plnohodnotně závlahu ze srážek a zásob z předešlých měsíců, které ale od července již k dispozici nebudou a bude nutno až do října dopouštět do nádrže pitnou vodu z vodovodního řadu o hodnotě 27,95 m³. Nárůst deficitu vody je způsoben tím, že aby byl rozdíl pouhých 1,36 m³ vody, který byl v bilanci uveden, bylo by zapotřebí ohromné nádrže o velikosti 49 m³. Takto velká nádrž by byla neekonomická a také není žádoucí, aby voda v nádrži byla dlouho zdržována.

Bezpečnostní přeliv byl z toho důvodu nadimenzovaný na desetiletou srážku pro Prahu dle stanice Praha - Hostivař, dle vztahu: (ČSN 75 9010, 2013)

$$Q = A \cdot \psi \cdot i_{10} \quad (17)$$

kde: A odvodňovaná plocha [ha]

ψ součinitel využití dešťové vody (tab. 4)

i_{10} intenzita deště [l.s/ha]

i_{10}	16,5	[mm/m ²]	274,989	[l.s/ha]
ψ	0,9	[-]		
A	324	[m ²]	0,0324	[ha]
Q	8,02			[l/s]

Tabulka 24: Výpočet dimenz. bezpečnostního přelivu - varianta 2

Dle výše napsaného vztahu byl vypočítán průtok, který by vznikl při desetileté srážce dle stanice Praha – Hostivař. Průtok dosahuje 8,02 l/s.

Při porovnání průtoku s tabulkou profilů pro potrubí s 20 ‰ sklonem (tab. 15) bude ideální velikost potrubí, kdy voda přepadá z retenční nádrže přepadem do kanalizace, o vnitřním průměru DN 125 mm a maximálním průtokem 13,5 l/s.

9.3.5 Rozvody a stavební úpravy

Retenční nádrž nebyla navržena co nejbližší ke stávající trase dešťové kanalizace z důvodu parkovací plochy před hospodářským pavilonem, kde by její zbudování bylo finančně, časově náročnější a současně by byly kladeny vyšší nároky na materiál nádrže, který by musel být více odolný vůči pojezdům automobilů, než navrhovaná varianta. Z toho důvodu byla retenční nádrž navržena z boku hospodářského pavilonu C (na jižní stranu), kde se nachází travnatá plocha a v době výstavby nebude docházet k nijak závažnému omezení, oproti výstavbě v parkovišti, které také slouží k příjezdu zásobování. Dešťová kanalizace z hospodářského pavilonu C k napojení C₂ byla zrušena a vzhledem k tomu, že tento pavilon je podsklepený, lze potrubí uvnitř objektu bez většího zásahu přeměřovat k navrhované nádrži. Tato navrhovaná úprava dešťové kanalizace k nádrži bude dlouhá 10,66 m. Z nádrže poté bude přes bezpečnostní přeliv dešťová kanalizace zaústěna do šachty Š_{D3} o délce potrubí 9,54 m.

K nádrži byl navržen dále přívod pitné vody z důvodu nutnosti doplňování nádrže pitnou vodu ve chvíli, kdy dešťová voda nebude schopna dotovat potřebu, která vznikne při závlaze travního porostu. Toto potrubí má délku 13,79 m a bude odkloněno z hlavního vodovodního řádu pavilonu C až za vodoměrem. Bude nutná stavební úprava, která zajistí průchod mezi budovou a venkovním prostorem.

Tato úprava bude sloužit zároveň i pro navrhovaný vodovod s provozní vodou, určenou k zavlažování travního porostu. Nově navržený vodovod bude prostorově uspořádaný stejně tak, jak byl navržen vodovod k přívodu pitné vody do nádrže s tím rozdílem, že bude vyústěn z jižní strany pavilonu a zakončen ventilem, kde bude docházet k napojení na závlahové potrubí areálu. Délka navrženého vodovodu bude činit 7,34 m.

Navrhovaná nádrž bude o velikosti 22 m³ z plastového materiálu typu Columbus XXL. Na místě navrhované nádrže se nachází nevyužívaná travnatá plocha, která jak již bylo zmíněno, bude vhodná pro její umístění. Nádrž bude umístěna minimálně 3,5 m od jakýchkoliv objektů. Nejbližší se budou nacházet areálové chodníčky ve vzdálenosti přibližně 1 m od nádrže. Detailní návrh rozvodů potrubí a nádrže je v příloze č. 9 - „*Schematický návrh rozvodů a nádrže - Pavilon C*“

K rozvodu provozní vody z nádrže do pavilonu bude sloužit čerpadlo Essential s řídicí jednotkou, která dokáže vyvolat signál k přepnutí na pitnou vodu v případě nedostatku vody dešťové, respektive k dopouštění pitné vody do nádrže. Pitná voda bude doplňována do nádržky, která bude u čerpadla a spojení mezi nádrží a nádržkou se provádí pomocí trojcestného ventilu, nainstalovaného na sání

9.3.6 Ekonomická návratnost

I v této variantě bude navrženo již výše zmíněné čerpadlo Essential od společnosti Nicol Česká republika, s.r.o., které je vhodné právě při nutnosti doplňování vody do nádrže. Cena čerpadla činí 19 080 Kč s příslušenstvím, do kterého patří mimo jiné plovoucí sání včetně zpětné klapky. Toto čerpadlo bude umístěno také do retenční nádrže Columbus XXL, dodávané stejnou společností, o velikosti 22 m³. Nádrž je samonosná, tudíž nebude zapotřebí budovat betonový základ. Cena nádrže s příslušenstvím, které je tvořeno poklopem a šachtovou kopulí, je 158 375 Kč. K usazení nádrže bude potřeba vykopat jámu o velikosti 63 m³. Pro snadnější usazení je totiž nutné ke stávajícím rozměrům nádrže připočítat z každé strany navíc 0,5 m. Cena výkopových prací je přibližně 780 Kč za 1 m³. V ceně je zahrnuto i odstranění vykopané zeminy. Nádrž bude usazena na pískové lože. Pískem bude taktéž obsypána, zasypána a postupně hutněna. Kanalizační a vodovodní potrubí bude dodáváno taktéž od výše uvedené společnosti. Vodovodního potrubí bude třeba celkové délce přibližně 21 m, tvořeného polyethylenovým potrubím PE-HD (high density polyethylene) o maximálním provozním tlaku 10 barů. Kanalizační potrubí bude potřeba o délce přibližně 20 m, ve kterých je zahrnuto i potrubí sloužící k odvedení vody přepadající přes bezpečnostní přeliv z nádrže do šachet. Ceny v tabulce jsou uvedeny včetně potřebných tvarovek. Stavební úpravy budou potřeba hlavně při zavádění potrubí z venkovního prostoru do vnitřního, kdy jedna hodina těchto prací stojí v průměru 500 Kč. Výkopové práce budou kromě nádrže potřebné taky při ukládání venkovního potrubí, které bude potřeba zavést k nádrži. Pokládka potrubí bude na pískové lože a obsypání taktéž pískem. Zásyp bude z části proveden vykopaným materiálem. V následující tabulce je znázorněn podrobný výpočet všech jednotlivých položek této varianty.

Rozpočet systému pro pavilon C				
Položka	Jednotka	Jednotková cena [Kč]	Množství	Cena celkem [Kč]
Nádrž Columbus XXL + přísl.	[ks]	158 375,00	1,00	158 375,00
Čerpadlo Essential + přísl.	[ks]	19 080,00	1,00	19 080,00
Potrubí kanalizace	[m]	85,00	20,20	1 717,00
Potrubí vodovodu	[m]	26,00	21,13	549,38
Výkopové práce - nádrž	[m ³]	780,00	63,00	49 140,00
Výkopové práce - potrubí	[m ³]	720,00	18,00	12 960,00
Stavební úpravy	[h]	500,00	40,00	20 000,00
Podsyp, obsyp a zásyp pískem	[m ³]	380,00	59,00	22 420,00
Instalace systému - montáž, přísl.		[-]		30 000,00
<i>Cena celkem bez dph</i>				314 241,38

Tabulka 25: Rozpočet návrhu - varianta 2

Rozpočet úspory vody pro pavilon C				
Položka	Jednotka	Jednotková cena [Kč]	Množství	Cena celkem [Kč]
Vodné	[m ³]	38,88	137,46	5 344,44
Stočné srážkové vody	[m ³]	28,64	137,46	3 936,85
<i>Cena celkem bez dph</i>				9 281,30

Tabulka 26: : Rozpočet úspory vody - varianta 2

Z hospodářského pavilonu C byl stanoven celkový počet zadržené a využitě vody, určené k zavlažování travního porostu v areálu, na 137,46 m³ vody. Toto množství by jinak muselo být dotováno z vodovodního řadu. Dále dochází k úspoře za odvod srážkové vody do kanalizace, která by jinak musela být zaplácena. Návratnost investice by byla přibližně 34 let. Návratnosti investice nepřispívá ani značné množství vody, které přeteče bezpečnostním přelivem v době mimo vegetační období, kdy voda z nádrží není využívána, a odtěče kanalizací. Ve výpočtech nejsou zahrnuty náklady na provoz a údržbu.

9.4 Varianta 3 - splachování toalet šedou vodou

Třetí variantou bude návrh hospodaření s šedou vodou, kdy se jedná o její recyklaci především z umyvadel, z důvodu minimálního používání sprch a zároveň tedy potencionálního zisku šedé vody. Voda z kuchyní a dřezů v tomto případě není využívána z důvodu silnějšího znečištění, kde se mimo jiné vyskytuje značné množství tuků. Jde o návrh, kdy bude docházet k recyklaci ve všech pavilonech, konkrétně v pavilonech A1, B1, A2, B2 a C. Následně bude šedá voda sváděna do akumulární nádrže, kde bude docházet k zadržení s následným čištěním a poté bude zpět rozváděna do pavilonů ke splachování toalet.

9.4.1 Zisk šedé vody

Nejideálnější způsob, kterým se stanoví vyprodukovaný objem šedé vody, je pomocí měření. V tomto případě by nebylo jednoduché změřit přesný zisk, tudíž bylo přistoupeno ke stanovení průměrné produkce šedé vody dle vztahu: (ČSN 75 6780, 2012)

$$Q_{prod} = \sum_{i=1}^m q_{prod,i} \cdot n_{mj,i} \quad (18)$$

kde: q_{prod} produkce šedých vod na měrnou jednotku a den [l/s], (tab. 2)

n_{mj} počet měrných jednotek stejného druhu (tab. 2)

m počet druhů měrných jednotek (tab. 9)

Měrná jednotka je při stanovení produkce šedých vod v tomto návrhu jedna osoba. Ta byla určena pro administrativní budovy, na hodnotu 12 l na jeden den, která vznikne při používání umyvadla jednou osobou. Počet osob, respektive počet měrných jednotek činí 252.

V tabulce níže je znázorněn konkrétní výpočet zisku šedé vody pro všechny, již zmíněné, pavilony mateřské školy.

Stanovení potřeby vody při mytí rukou		
Děti		
Počet měrných jednotek	224	osob
Produkce ŠV z umyvadel (q_{prod})	12	[l.s/den]
<i>Produkce celkem</i>	2,69	[m ³ /den]
Zaměstnanci		
Počet měrných jednotek	28	osob
Produkce ŠV z umyvadel (q_{prod})	12	[l.s/den]
Produkce celkem	0,34	[m ³ /den]
Celkem	3,02	[m ³ /den]
<i>251 dní v roce</i>	759,02	[m ³ /rok]

Tabulka 27: Vyprodukované množství šedé vody (zisk ŠV) - varianta 3

Zisk šedé vody ze všech zmíněných pavilonů dosahuje hodnoty 759,02 m³ šedé vody za rok, přičemž jsou brány v potaz pouze pracovní dny pro rok 2015, kterých je 251.

9.4.2 Potřeba provozní vody

Šedá voda bude využívána ke splachování toalet. Pro určení potřeby provozní vody bude nutné stanovit, jaké množství bude na konkrétní činnost spotřebováno. Vzhledem k návrhu využívání šedé vody pouze ke splachování toalet, bude výpočet jednodušší. Všechny pavilony jsou vybaveny dvojitým splachovadlem značky Geberit a proto je nutné brát v potaz ten fakt, že ke splachování mohou být využity dva objemy vody, tzv. velké nebo malé spláchnutí toalety.

Výpočet potřeby provozní vody byl stanoven dle vztahu: (ČSN 75 6780, 2012)

$$Q_{24} = q_{wc} \cdot n \quad (19)$$

kde: q_{wc} potřeba vody pro splachování záchodových mís [l/os.den]

n počet měrných jednotek

Potřeba vody pro spláchnutí byla stanovena dle počtu použití toalety za den, která byla určena na čtyři použití denně (tab. 5). Používání bylo voleno dle zaměření budovy jako budovy administrativní. Dále do výpočtu vstupuje objem vody potřebný ke spláchnutí, který byl vypočten na 4 litry.

Počet měrných jednotek udává počet osob, které budou toalety využívat. Celkově se jedná o 252 měrných jednotek. Přesný postup stanovení lze nalézt v kapitole 8.3 - Stanovení potřeby provozní vody.

Detailní výpočet stanovení potřeby provozní vody ke splachování toalet pro pavilony zmíněné pavilony je znázorněn v tabule níže.

Spotřeba při splachování toalet		
Děti		
Počet dětí	224	osob
Počet spláchnutí	4	[os./den]
Spotřeba vody při velkém spláchnutí	6	[l]
Spotřeba vody při malém spláchnutí	3	[l]
Objem spláchnutí toalety	4	[l]
Celková spotřeba	3,58	[m ³ /den]
Zaměstnanci		
Počet zaměstnanců	28	osob
Počet spláchnutí	4	[os./den]
Spotřeba vody při velkém spláchnutí	6	[l]
Spotřeba vody při malém spláchnutí	3	[l]
Objem spláchnutí toalety	4	[l]
Celková spotřeba	0,44	[m ³ /den]
Celkem	4,03	[m ³ /den]
<i>251 dní v roce</i>	1012,03	[m ³ /rok]

Tabulka 28: Stanovení potřeby provozní vody - varianta 3

Z výpočtů vyplývá, že za jeden rok, konkrétně za 251 pracovních dní roku 2015, bude potřeba 1012,03 m³ vody ke splachování toalet pro všechny zmíněné pavilony.

9.4.3 Posouzení návrhu a bilance

Z výše znázorněných tabulek a jejich výsledků je zřejmé, že celková potřeba šedé vody je o ¼ vyšší, než by byl její zisk, respektive produkce.

Posouzení využití ŠV						
Q _{prod}	3024	[l/den]	<	Q ₂₄	4032	[l/den]

Tabulka 29: Posouzení návrhu využití šedé vody - varianta 3

Nedostatek vody je možné řešit kombinací s vodou dešťovou, ale jednalo by se o příliš nákladnou investici. Technologie a veškeré zařízení k HŠV jsou značně finančně náročné a vybudovat dále systém HDV k tomuto návrhu by z hlediska návratnosti investice bylo nezajímavé. Nabízí se možnost dopouštění pitné vody do

systemu, avšak při takto velkém deficitu ztrácí poté smysl v tomto případě vůbec se šedou vodou hospodařit. Z těchto důvodů se hlavně z ekonomického hlediska a finanční návratnosti tento návrh nevyplatí realizovat.

10. Diskuze

Hospodaření s dešťovou a šedou vodou má mnoho opodstatnění, avšak hlavním cílem by měla být snaha v urbanizovaných územích, a nejen tam, se co nejvíce přiblížit přírodnímu cyklu koloběhu vody. Takto to bohužel v dnešní době všude nastaveno není, ačkoliv hospodaření s dešťovou vodou je velmi aktuální a v posledních letech roste oblibě, hlavně z důvodu úspory pitné vody. Problematikou hospodaření dešťových vod se mimo jiné zabývají ČSN 75 9010, popisující vsakování srážkových vod a TNV 75 9011, popisující hospodaření se srážkovými vodami. Horší je to s hospodařením se šedou vodou, kde základním problémem je již ten fakt, že doposud neexistuje žádná platná norma, která by se týkala využívání šedých vod a sloužila tak jako vodítko pro její využívání a hospodaření s ní. Situace by se naštěstí ale mohla v nastávajících letech změnit k lepšímu, protože již od roku 2012 je připravována norma ČSN 75 6780 o využívání šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích, která je ve fázi návrhu k prvnímu projednání.

K minimálnímu využívání a hospodaření s šedými vodami dále přispívá ten fakt, že cena technologií, oproti využívání vod dešťových, je mnohem vyšší. Nejen že musí být v nemovitosti zaveden nový rozvod vody, z důvodu zabránění kontaminace pitné vody s vodou užitkovou, a kanalizace, ale také musí být ve vhodných prostorách nainstalována úpravná vody, kde by mělo docházet k vyčištění vody, respektive k jejímu hygienickému zabezpečení sloužící pro další využití. A právě hygienické zabezpečení šedé vody je v zásadě největším problémem, proč je dosud tak minimální zájem o její hospodaření.

V roce 2012 byl sepsán hygienický koreferát Šedé vody z pohledu hygienika a legislativy pro časopis oboru vodovodů a kanalizací SOVAK. Tento koreferát souhrnně popisuje problémy s hygienickým zabezpečením šedých vod a popisuje světové epidemie a nákazy právě z jejich nedostatečného zabezpečení. Šedou vodu z van a sprch totiž nemůžeme jednoduše označit jako komunální vodu bez fekálního znečištění, protože v těchto vodách se běžně objevují fekálie a patogenní organismy. Z toho důvodu nelze na šedé vody nahlížet jen jako na mírně znečištěné a zdravotně nezávadné. Při úpravě této vody je tedy důležité nezaobírat se pouze zákalem vody, ale také dezinfekcí a snížením organického zatížení, aby taková voda spíše nebyla vhodným prostředím pro šíření mikroorganismů a zdroj zápachu. (Kožíšek, 2012)

Z těchto důvodů je proto velmi důležité při hospodaření s šedými vodami prvně definovat její využití. Posléze je možné přejít k posouzení hygienických rizik a stanovit si cíle, které budou definovat požadovanou kvalitu vyčištěné vody a zároveň požadovanou účinnost úpravny se stanovením její kontroly. (Kožíšek, 2012)

Připravovaná norma ČSN 75 6780 již bude z části definovat předcházení možného znečištění šedé vody například ve smyslu instalace nádrže do suterénů, anebo pod zem, z důvodu možného ovlivňování nádrže slunečním zářením a výkyvy teplot, které by mohly přispět k šíření mikroorganismů. Z hygienických důvodů norma doporučuje nezadržovat vodu déle než 24 hodin. (ČSN 75 6780, 2012)

Po legislativních a hygienických opatřeních se nabízí otázka finančního zajištění investice na recyklaci šedých vod. Úpravna a používané technologie jsou totiž významným zatížením investice a návratnost projektů je většinou odhadnuta v řádu desítek let. Podporu projektu by mohli poskytovat například tzv. dotace, které by mohli ulevit při realizaci systému a tak zkrátit návratnost projektu. Avšak z takovou variantou se zatím nepočítá.

Nejen z výše uvedených informací vyplývá, že hospodaření s šedou vodou je nákladné a nebezpečné. Dále je o této problematice malá informovanost v důsledku chybějící legislativy. Je patrné, že obyvatelé v České republice k využívání šedé vody nejsou nakloněni. Hlavními důvody jsou nedůvěra k hygienickému zabezpečení a možnost nákazy. Při využívání šedé vody k zalévání a údržbě je tento fakt do jisté míry opodstatněný, avšak při využívání šedé vody ke splachování toalet, kdy nedochází ke kontaktu, je dle mého názoru toto využívání bez větších obav. Samozřejmě musí být dodržována výše zmíněná pravidla.

Jak již bylo zmíněno na začátku diskuze, dešťové vody, oproti vodám šedým, mají legislativu popisující její hospodaření. K již zmíněným normám se dešťovými srážkami zabývá také stavební zákon. Celkově je tematika hospodaření s dešťovou vodou aktuálnější a více známá, hlavně v poslední době, kdy se zvyšuje zájem lidí o využívání dešťové vody. Ceny za vodné a stočné se každým rokem pravidelně zvyšují, a proto hospodaření nabývá stále většího významu. Avšak i tato varianta hospodaření s vodou je do jisté míry limitována.

Ne vždy je totiž možné s dešťovou vodou hospodařit. Při hospodaření s dešťovou vodou je velmi důležité mít dostupnou nějakou plochu, na které se posléze nechá vybudovat například retenční nádrž na zachycovanou vodu ze střech, přírodní potrubí, anebo podzemní vsakovací bloky. To však ne všechny objekty mají, hlavně v urbanizovaném území, avšak existuje alternativa, kdy mohou být střechy budov osázeny vegetací, která sice neslouží k přímému využívání dešťové vody, ale velmi účinně zpomaluje odtok a tím napomáhá k plynulému odvodnění.

Investice na realizaci systému, sloužícího k hospodaření dešťových vod, jsou značně nižší, než u vod šedých, avšak k většímu zatížení dochází především u objemnějších retenčních nádrží. Návratnost systému je hlavně u nemovitostí, které mají povinnost platit za srážkové vody, příznivá. U nemovitostí, kde tato povinnost není, se návratnost systému očekává v několika desítkách let. Tento fakt vyvolává hlavní příčinu nižší motivace využívání dešťové vody, než je tomu například v Německu z toho důvodu, že poplatky za odvádění srážkové vody do kanalizací nejsou zavedeny plošně. (Vítek, 2008)

Pokud chceme uplatňovat decentralizovaný způsob odvodnění, je dle mého názoru důležité motivovat veřejnost k tomu, aby s vodou hospodařila a to tak, že pocítí alespoň finanční úsporu. Samozřejmě že při decentralizovaném způsobu dochází i k dalším ekologickým pozitivům, kvůli kterým to většina veřejnosti bohužel dělat nebude.

11. Závěr

Při konvenčním odvodnění, kdy je snaha dešťovou vodu co nejrychleji odvést do kanalizace, dochází k narušování hydrologického cyklu vody. Cílem práce je ale naopak poukázat na možnosti decentralizovaného nakládání, kdy se jedná prioritně o zadržení, respektive zpomalení, využití, recyklaci a v poslední řadě až odvedení vody do kanalizační sítě. Toto hospodaření nejen že přispívá k šetření pitné vody, ale i velmi napomáhá ke zlepšení hydrologických podmínek.

Rešeršní část práce popisuje zejména možnosti, využívání a hospodaření s dešťovou a šedou vodou jako alternativy k vodě pitné. Dále popisuje jejich čištění, zásady, nakládání a zároveň uvádí základní právní předpisy, které se danou tematikou zabývají.

V části praktické byly popsány návrhy hospodaření s dešťovou a šedou vodou ve třech variantách na konkrétním objektu, kterým je mateřská škola, a posléze vykalkulovány investiční náklady a jejich návratnost.

První variantou byl návrh splachování toalet dešťovou vodou. Jednalo se o dvě dvojice pavilonů, ze kterých byla voda sváděna do retenčních nádrží a ta byla následně využita pro jeden pavilon z každé dvojice ke splachování toalet. Zisk dešťové vody sice stoprocentně nepokryl potřebu, která byla nutná k celoročnímu splachování toalet, avšak bylo přistoupeno k doplňování nádrží pitnou vodou v případě nedostatku vody dešťové. Tato funkcionality byla zajištěna navrženým čerpadlem s řídicí jednotkou a třicestným ventilem, který v případě nedostatku vody v nádrži zajistil dodávku vody pitné. Z důvodu možného přeplnění nádrží byl nainstalován na obě nádrže bezpečnostní přeliv, odvádějící vodu do kanalizace. Investiční návratnost u této varianty je velmi příznivá, protože dochází jak k úspoře vodného a stočného za jinak používanou pitnou vodu ke splachování toalet, ale zároveň dochází k využívání srážkové vody, za kterou by bylo v případě odvádění do kanalizace nutné platit. K zaplacení investice by dle výpočtů došlo za přibližně 14 let, což velmi přijatelná doba. Nevýhodou jsou velmi drahé retenční nádrže, které tvoří významnou část investičních nákladů.

Druhá varianta se též zabývala hospodařením s dešťovou vodou. Avšak nyní bylo navrženo využívání dešťové vody k zavlažování trvalého travního porostu. Jednalo se o hospodářský pavilon, ze kterého byla voda sváděna do retenční nádrže a posléze

využívána k zavlažování. I zde bohužel nebyla potřeba vody stoprocentně pokryta ziskem, a tak bylo také přistoupeno k doplňování nádrže pitnou vodou v případě nedostatku vody dešťové. Tato funkcionalita byla zajištěna navrženým čerpadlem s řídicí jednotkou a třícestným ventilem, který v případě nedostatku vody v nádrži zajistil dodávku vody pitné. Z důvodu možného přeplnění nádrže byl nainstalován bezpečnostní přeliv, odvádějící vodu do kanalizace. Investiční návratnost je zde méně příznivá, ačkoliv dochází také k snížení nákladů za odvádění srážkové vody do kanalizace a úspory pitné vody potřebné k zavlažování, ale pouze za složku vodného. K zaplacení investice by dle výpočtů došlo za přibližně 34 let, což již není příliš přijatelná doba. To je zapříčiněno z velké části chybějící složkou stočného, která při takovémto množství vody, potřebného k zavlažování, není účtována. Druhým důvodem jsou zde vysoké náklady za retenční nádrž a množství výkopových prací při ukládání potrubí.

Poslední variantou byl návrh hospodaření s šedou vodou, konkrétně recyklace šedé vody ze všech pavilonů mateřské školy a její následné využití ke splachování toalet. Avšak zisk šedé vody, respektive produkce, která by vznikala při používání umyvadel, by nepokryla potřebu pro splachování toalet o $\frac{1}{4}$. Jak již bylo napsáno v posouzení tohoto návrhu, voda by mohla být doplněna instalací systému s vodou dešťovou, anebo doplňována pitnou vodou přímo z vodovodního řadu, avšak při takovémto deficitu by postrádalo smysl vůbec s šedou vodou v tomto případě hospodařit. Nutné je připomenout také vysoké finanční náklady na technologie, rozvody, úpravnu vody a v neposlední řadě pochybnosti vyvolané českou veřejností, týkající se hygienického zabezpečení šedých vod, kdy by mohlo dojít ke kontaktu recyklované vody s dětmi. Z těchto důvodů nebylo v návrhu pokračováno a byl v tomto případě pro objekt mateřské školy zamítnut.

Z výše popsaných variant jsem z hlediska ekologického i ekonomického faktoru pro první variantu, která slouží k zachycení a využívání velkého množství vody a tím vede jak ke snížení odtoku z areálu, tak k citelnému snížení nákladů za pitnou a odváděnou srážkovou vodu. Na hospodaření s šedou vodou není obyvatelstvo České republiky prozatím připraveno. Problémem je hlavně nízké povědomí o kvalitě a hygienickém zabezpečení. Nicméně i chybějící legislativa a vysoká investiční náročnost odrazují od využívání šedé vody jako alternativy k vodě pitné.

12. Přehled literatury a použitých zdrojů

Knižní literatura a dokumenty

- BÖSE, K. H., 1999. *Dešťová voda pro zahradu a dům*. Ostrava: 85 s., HEL, ISBN 80-86167-08-9.
- ČECHOVÁ, J., 2014. *Hospodaření s dešťovými a šedými vodami*. Diplomová práce, Praha: 82 s., Česká zemědělská univerzita v Praze.
- GRAY, N., F., 2010. *Water Technology: An introduction for Environmental Scientists and Engineers*. Oxford: 747 s., Elsevier Ltd., ISBN 978-85617-705-4.
- HERLE, J., NEORAL, A., 1990. *Voda pro chaty a chalupy*. Praha: 267 s., SNTL, ISBN: 80-03-00351-2.
- HEISIGOVÁ, M., BÍM, J. & BYLINOVÁ, A., 2014. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném prostředí*. Praha: 35 s., OPPA.
- HENGEVELD, H., DE VOCHT, C., 1982. *Role of water in urban ecology*. Amsterdam, 362 s., Elsevier Science Ltd., ISBN 10-0444420789.
- HLAVÍNEK, P., PRAX, P., SKLENÁROVÁ, T., DVOŘÁKOVÁ, D., POLÁŠKOVÁ, K., KUBÍK, J., HLUŠTÍK, P. & BERÁNEK, J., 2007. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: 164 s., ARDEC, s.r.o., ISBN 80-86020-55-X.
- JÁSEK, J., 2000. *Vodárenství v Čechách, na Moravě a ve Slezku*. Praha: 240 s., MILPO MEDIA, s.r.o., ISBN 80-86098-15-X.
- KOMÍNKOVÁ, D., BENEŠOVÁ, L. & ŠŤASTNÁ, G., 2014. *Úprava pitných a čištění odpadních vod*. Praha: 238 s., Česká zemědělská univerzita v Praze.
- KOZUB, J., 2012. *Hospodaření s vodou v budovách*. Bakalářská práce, Brno: 53 s., Vysoké učení technické v Brně.
- KOŽÍŠEK, F., 2012. *Šedé vody z pohledu hygienika a legislativy*. Praha: str. 14-15, SOVAK, číslo 2, 2/2012.

- KREJČÍ, V., GUJER, W., HLAVÍNEK, P. & ZEMAN, E., 2002. *Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup*. Brno: 562 s., NOEL 2000, ISBN 80-86020-39-8.
- LUDWIG, A., 2006. *The New Create an Oasis with Greywater, Choosing, Building and Using Greywater Systems*. Berkeley: 144 s., Oasis Design, ISBN: 10-0964343398.
- MICĀNOVÁ, D., 2005. *Využití urbanizovaného území z hlediska integrovaného odvodnění*. Brno 32 s., Vysoké učení technické v Brně, ISSN 1213-4198.
- NĚMEC, J., 2006. *Voda v České republice*. Praha: 253 s., pro MZe vydal Consult, ISBN 80-903-4821-1.
- NOVAK, C. A., VAN GIESEN, E. & DEBUSK, K. M., 2014. *Designing rainwater harvesting systems*. Hoboken (New Jersey): 294 s., John Wiley & Sons, Inc., ISBN 978-1-118-41047-9.
- RACLAVSKÝ, J., HLUŠTÍK, P., BIELA, R. & RAČEK, J., 2011. *Využití šedých a dešťových vod v budovách - projekt TAČR*. Bratislava: str. 97-100, ZSVTS Bratislava, ISBN 978-80-89216-42-0.
- SAMKOVÁ, K., 2014. *Ekonomické a ekologické využití šedých vod v rodinném domku*. Diplomová práce, Praha: 68 s., Česká zemědělská univerzita v Praze.
- ŠÁLEK, J., KRIŠKA, M., PÍREK, O., PLOTĚNÝ, K., ROZKOŠNÝ, M. & ŽÁKOVÁ, Z., 2012. *Voda v domě a na chatě - Využití srážkových a odpadních vod*. Praha: 144 s., Grada publishing a. s., ISBN: 978-80-247-7204-2.
- TOMÁŠ, R., 2014. *Vužití šedých a dešťových vod v rodinných domech a na jejich pozemcích, včetně finančního posouzení a návratnosti vynaložených investic*. Bakalářská práce. Praha: 64 s., Česká zemědělská univerzita v Praze.
- ÚTERSKÝ, M., 2011. *Využití šedých a dešťových vod*. Brno: 24 s., Vysoké učení technické v Brně.
- ÚVHMZE, 2006. *Voda v ČR do kapsy*. Praha: 96 s., Ministerstvo zemědělství, ISBN 80-7084-498-1.
- VALÁŠEK, J., 1990. *Voda v rodinných domov, chatách a záhradách*. Bratislava: 336 s., ALFA, ISBN: 80-05-00723-X.

VÍTEK, J., 2008. *Odvodňování urbanizovaných území podle principů udržitelného rozvoje*. Brno: str. 1-12, Urbanismus a územní rozvoj, ročník XI, 4/2008.

Online články

AFRISO, 2015. *Příslušenství pro zásobování pitnou vodou a využití dešťové vody, úprava vody*. Praha, online: <http://www.afriso.cz/sprache4/n1903930/i335323.html>, cit. 4. 3. 2015.

BIELA, R., 2013. *Možnosti úspory pitné vody v budovách*. Vysoké učení technické v Brně, Brno, online: http://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/9833-moznosti-uspory-pitne-vody-v-budovach#english_synopsis, cit. 8. 3. 2015.

BRÁDKOVÁ, H., 2012. *Spotřeba vody v rozvojovém světě: Jedno naše spláchnutí*. ČT24, Praha, online: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/169222-spotreba-vody-v-rozvojovem-svete-jedno-nase-splachnuti/>, cit. 21. 2. 2015.

DVOŘÁKOVÁ, D., 2007. *Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení*. Online: <http://www.tzb-info.cz/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>, cit. 7. 3. 2015.

KADLECOVÁ, R., 2011. *Rebilance zásob podzemních vod*. OPŽP - Prioritní osa 6 (oblast podpory 6.6), online: <http://www.geology.cz/rebilance/dilci-vysledky>, cit. 26. 2. 2015.

KOPAČKOVÁ, D., 2005. *Platba za srážkové vody*. Online: <http://www.tzb-info.cz/2713-platba-za-srazkove-vody>, cit. 22. 2. 2015.

MAŠTÁLKA, P., 2015. *Ministerstvo financí České republiky*. Online: <http://www.mfcr.cz/cs/legislativa/cenovy-vestnik/2015/cenovy-vestnik-2015-20249>, cit. 25. 2. 2015.

MIFKOVÁ, T., 2009. *Retence dešťových vod*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Brno, online: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/6053-retence-destovych-vod-i>, cit. 3. 3. 2015.

MIXA, P., 2013. *Česko mapuje zásoby podzemní vody. Za více než 600 milionů z Bruselu*. Online: http://www.rozhlas.cz/zpravy/veda/_zprava/cesko-mapuje-zasoby-podzemni-vody-za-vice-nez-600-milionu-z-bruselu--1206670, cit. 24. 2. 2015.

- NOVOTNÝ, R., 2015. *Ceny vodného a stočného v ČR v roce 2015*. Online: <http://pravdaovode.cz/srovnani-cen-v-s/>, cit. 21. 2. 2015.
- PLOTĚNÝ, K. & BARTONÍK, A., 2012. *Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich*. Asio, spol. s.r.o., Praha, online: <http://www.asio.cz/cz/153.cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>, cit. 10. 3. 2015.
- PLOTĚNÝ, K., 2013. *Využití šedých a dešťových vod v budovách*. Online: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>, cit. 10. 3. 2015.
- VODÁRENSTVÍ, 2011. *Nejvíce vody spotřebují v USA, nejvíce zaplatí v Dánsku*. Online: <http://www.vodarenstvi.cz/clanky/nejvice-vody-spotrebuji-v-usa-nejvice-zaplati-v-dansku>, cit. 21. 2. 2015.

Zákony, vyhlášky a normy

- Zákon č. 254/2001 Sb., *o vodách (vodní zákon)*, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 274/2001 Sb., *o vodovodech a kanalizacích*, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 183/2006 Sb., *o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 501/2006 Sb., *o obecných požadavcích na využívání území*, v platném znění
- ČSN 75 0434, 1994. *Potřeba vody pro doplňkovou závlahu*
- ČSN 75 6101, 2004. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*
- ČSN 75 6780, 2012. *Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích*. Návrh prvního projednání
- ČSN 75 9010, 2013. *Vsakovací zařízení srážkových vod*.
- TNV 75 9011, 2013. *Hospodaření se srážkovými vodami*.

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: ZÁSoba VODY NA ZEMI (UPRAVENO DLE: SHIKLOMANOV, 1993)	12
OBRÁZEK 2: VÝVOJ SPOTŘEBY VODY V DOMÁCNOSTECH (UPRAVENO DLE: ČSÚ, 2014)	14
OBRÁZEK 3: VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH CEN VODY V ČR (UPRAVENO DLE: ČSÚ, 2014)	17
OBRÁZEK 4: VYUŽITÍ PITNÉ VODY V DOMÁCNOSTECH A JEJÍ NAHRADITELNOST (UPRAVENO DLE: BARTONÍK, 2012).....	21
OBRÁZEK 5: STUPNĚ ČIŠTĚNÍ VODY - FILTRACE, SEDIMENTACE (UPRAVENO DLE: BÖSE, 1999)	25
OBRÁZEK 6: DEŠŤOVÁ NÁDRŽ UMÍSTĚNÁ POD PARKOVIŠTĚM (HLAVÍNEK, ET AL., 2007)	28
OBRÁZEK 7: RETENČNÍ NÁDRŽ NA POVRCHU (UPRAVENO DLE: HLAVÍNEK, ET AL., 2007).....	29
OBRÁZEK 8: VSAKOVACÍ PRŮLEH (UPRAVENO DLE: TNV 75 9011, 2013).....	31
OBRÁZEK 9: VSAKOVACÍ NÁDRŽ (UPRAVENO DLE: HLAVÍNEK, ET AL., 2007)	32
OBRÁZEK 10: VSAKOVACÍ RÝHA S PODPOVRCHOVÝM PŘÍTKEM (UPRAVENO DLE: TNV 75 9011, 2013).....	33
OBRÁZEK 11: VSAKOVACÍ ŠACHTA (UPRAVENO DLE: KABELKOVÁ; DOLEŽALOVÁ, 2009)	34
OBRÁZEK 12: VARIANTA ZAPOJENÍ LOKÁL. PŘEDEHŘEVU PRO OKAMŽITOU SPOTŘ. (UPRAVENO DLE: BARTONÍK, 2012) .	38
OBRÁZEK 13: SCHEMATICKE ZNÁZORNĚNÍ FILTRAČNÍCH METOD (KOMÍNKOVÁ, ET AL., 2014).....	42
OBRÁZEK 14: OZNAČENÍ NÁDRŽE NA NEPITNOU VODU (BIELA, 2011)	43
OBRÁZEK 15: GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ OBJEKTŮ V MŠ ANNY DRABÍKOVÉ (AUTOR, 2015).....	53

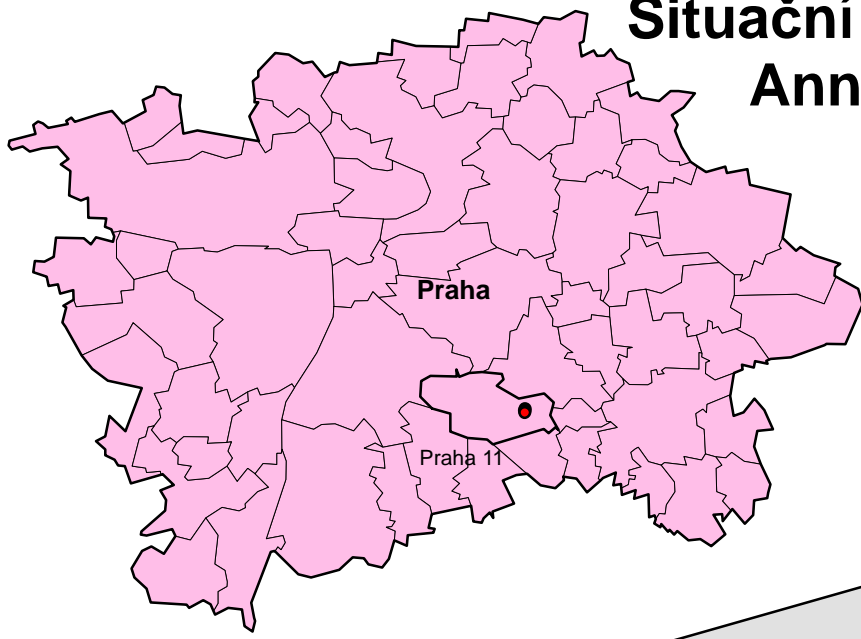
Seznam tabulek

TABULKA 1: HODNOTY BSK5, CHSK A NL V RŮZNÝCH TYPECH ŠV (UPRAVENO DLE: KOMÍNKOVÁ, ET AL., 2014)	40
TABULKA 2: PRODUKCE ŠEDÉ VODY V RŮZNÝCH BUDOVÁCH (ČSN 75 6780, 2012)	48
TABULKA 3: PRODUKCE ŠEDÉ VODY DLE ČINNOSTI (ČSN 75 6780, 2012)	48
TABULKA 4: SOUČINITELE VYUŽITÍ DEŠŤOVÉ VODY ψ_b (ČSN 75 6780, 2012).....	49
TABULKA 5: POČTY POUŽITÍ TOALET BĚHEM DNE JEDNOU OSOBOU (ČSN 75 6780, 2012)	50
TABULKA 6: HODNOTY POTŘEBY VODY K PRANÍ (ČSN 75 6780, 2012)	51
TABULKA 7: POTŘEBA VODY PRO ZALÉVÁNÍ, KROPENÍ A ÚKLID (ČSN 75 6780, 2012).....	51
TABULKA 8: INFORMACE O POZEMCÍCH (ČÚZK, 2015)	54
TABULKA 9: POČET PRACOVNÍKŮ A DĚTÍ V MŠ	54
TABULKA 10: PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ SRÁŽKY PRAHA – KARLOV [MM]: 1961 - 2014 (ČHMÚ, 2014)	57
TABULKA 11: ODVODŇOVANÁ PLOCHA V [M ²] - VARIANTA 1.....	57
TABULKA 12: BILANCE VODY V NÁDRŽI - VARIANTA 1	59
TABULKA 13: MNOŽSTVÍ PŘEPADLÉ VODY Z NÁDRŽE - VARIANTA 1.....	59
TABULKA 14: VÝPOČET DIMENZ. BEZPEČNOSTNÍHO PŘELIVU - VARIANTA 1	60
TABULKA 15: TABULKA PROFILŮ POTRUBÍ.....	60
TABULKA 16: ROZPOČET NÁVRHU – VARIANTA 1.....	64
TABULKA 17: ROZPOČET ÚSPORY VODY – VARIANTA 1	64
TABULKA 18: OBJEM SRÁŽEK SPADLÝ NA PAVILON C (ZISK DV) - VARIANTA 2.....	66
TABULKA 19: VLÁHOVÁ POTŘEBA PRO TTP - VARIANTA 2.....	66
TABULKA 20: STANOVENÍ VLÁHOVÉ POTŘEBY - VARIANTA 2.....	67
TABULKA 21: BILANCE VODY V NÁDRŽI - VARIANTA 2	67
TABULKA 22: STANOVENÍ RETENČNÍHO OBJEMU - VARIANTA 2.....	68
TABULKA 23: MNOŽSTVÍ PŘEPADLÉ VODY Z NÁDRŽE - VARIANTA 2.....	69
TABULKA 24: VÝPOČET DIMENZ. BEZPEČNOSTNÍHO PŘELIVU - VARIANTA 2	69
TABULKA 25: ROZPOČET NÁVRHU - VARIANTA 2	72
TABULKA 26: : ROZPOČET ÚSPORY VODY - VARIANTA 2	72
TABULKA 27: VYPRODUKOVANÉ MNOŽSTVÍ ŠEDÉ VODY (ZISK ŠV) - VARIANTA 3	74
TABULKA 28: STANOVENÍ POTŘEBY PROVOZNÍ VODY - VARIANTA 3	75
TABULKA 29: POSOUZENÍ NÁVRHU VYUŽITÍ ŠEDÉ VODY - VARIANTA 3	75

Seznam příloh

PŘÍLOHA Č. 1	SITUAČNÍ PLÁN MŠ
PŘÍLOHA Č. 2	VENKOVNÍ ROZVODY V AREÁLU
PŘÍLOHA Č. 3	VNITŘNÍ ROZVODY OBJEKTU - PAVILONY A1, B1
PŘÍLOHA Č. 4	VNITŘNÍ ROZVODY OBJEKTU - PAVILONY A2, B2
PŘÍLOHA Č. 5	VNITŘNÍ ROZVODY OBJEKTU - PAVILON C
PŘÍLOHA Č. 6	PŮDORYS MATEŘSKÉ ŠKOLY A. D.
PŘÍLOHA Č. 7	SCHEMATICKÝ NÁVRH ROZVODŮ A NÁDRŽE - PAVILONY A1, B1
PŘÍLOHA Č. 8	SCHEMATICKÝ NÁVRH ROZVODŮ A NÁDRŽE - PAVILONY A2, B2
PŘÍLOHA Č. 9	SCHEMATICKÝ NÁVRH ROZVODŮ A NÁDRŽE - PAVILON C
PŘÍLOHA Č. 10	OBJEM SRÁŽEK SPADLÝ NA PAVILONY (ZISK DV) - VARIANTA 1
PŘÍLOHA Č. 11	STANOVENÍ POTŘEBY PROVOZNÍ VODY - VARIANTA 1
PŘÍLOHA Č. 12	FOTODOKUMENTACE AREÁLU

Situační plán - Mateřská škola Anny Drabíkové 536/2



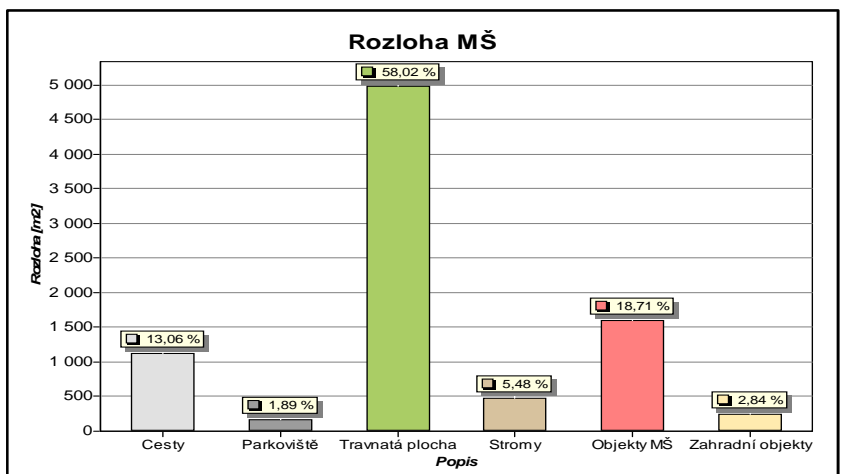
Ul. Hvězdoslavova

Ul. Anny Drabíkové



Legenda

- Stromy
- Travnatá plocha
- Parkoviště
- Zahradní objekty
- Objekty školka
- Silnice
- Chodníky

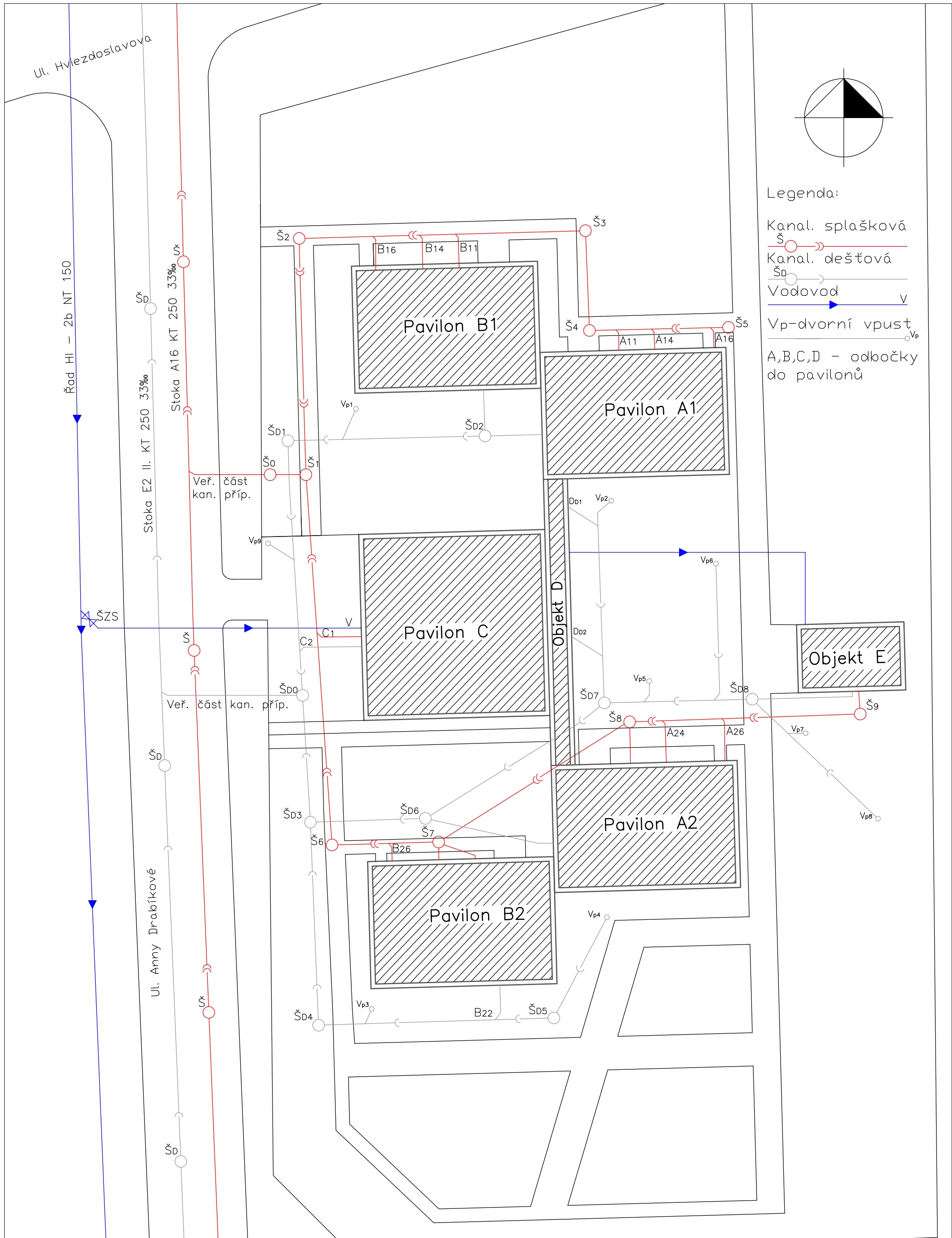


Popis	Rozloha [m ²]	Procenta [%]
Cesty	1121,59	13,06
Parkoviště	162,05	1,89
Travnatá plocha	4982,17	58,02
Stromy	470,59	5,48
Objekty MŠ	1606,39	18,71
Zahradní objekty	244,03	2,84
Celkem	8902,82	100



Souřadný systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK).

Vypracoval: Michael Hájek	ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE Fakulta životního prostředí Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování	
Místo:	Praha 11 - Háje, Anny Drabíkové 536/2	Datum: 2/2015
Název:	Situační plán MŠ	Formát: A3
		Měřítko: 1:500
		Příloha: Č. 1



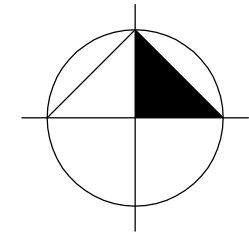
Legenda:

- Kanal. splašková
- Kanal. dešťová
- Vodovod
- Vp-dvorní vpust
- A,B,C,D - odbočky do pavilonů

Vypracoval: Michael Hájek	ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE Fakulta životního prostředí Katedra vodního hospodářství a environ. modelování		
	Obsah výkresu: Venkovní rozvody v areálu	Formát A3	Měřítko 1:350
		Příloha č. 2	

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK



Legenda:

Kanal. splašková



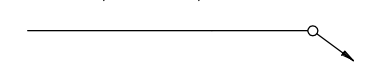
Kanal. dešťová



Vodovod



Stoupací potrubí



- ① pracovna
- ② herna – lehárna
- ③ letní umývárna / sklad
- ④ toalety
- ⑤ umývárna dětí
- ⑥ šatny
- ⑦ vstupní zádveř
- ⑧ úklidová komora
- ⑨ vstup a schod. pro 1p.
- ⑩ montážní prostor
- ⑪ sklad hraček
- ⑫ šatna personálu
- ⑬ výtahová šachta
- ⑭ příprava jídel
- ⑮ chodba

- Sd – sprcha dětská
- S – sprcha normální
- WCd – toalety děti
- WC – toalety normální
- Ud – umyvadla děti
- U – umyvadlo normální
- VF – vylévák
- DO – dřez

Pavilon B1 – přízemí

Pavilon A1 – přízemí

přívod vody z pav. C

přívod vody do objektu E

Vypracoval:

Michael Hájek

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environ. modelování

Obsah výkresu:

**Vnitřní rozvody v objektu
Pavilony A1, B1**

Formát

A3

Měřítko

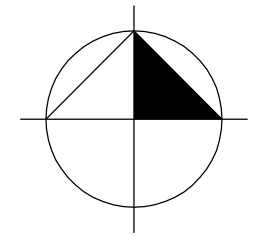
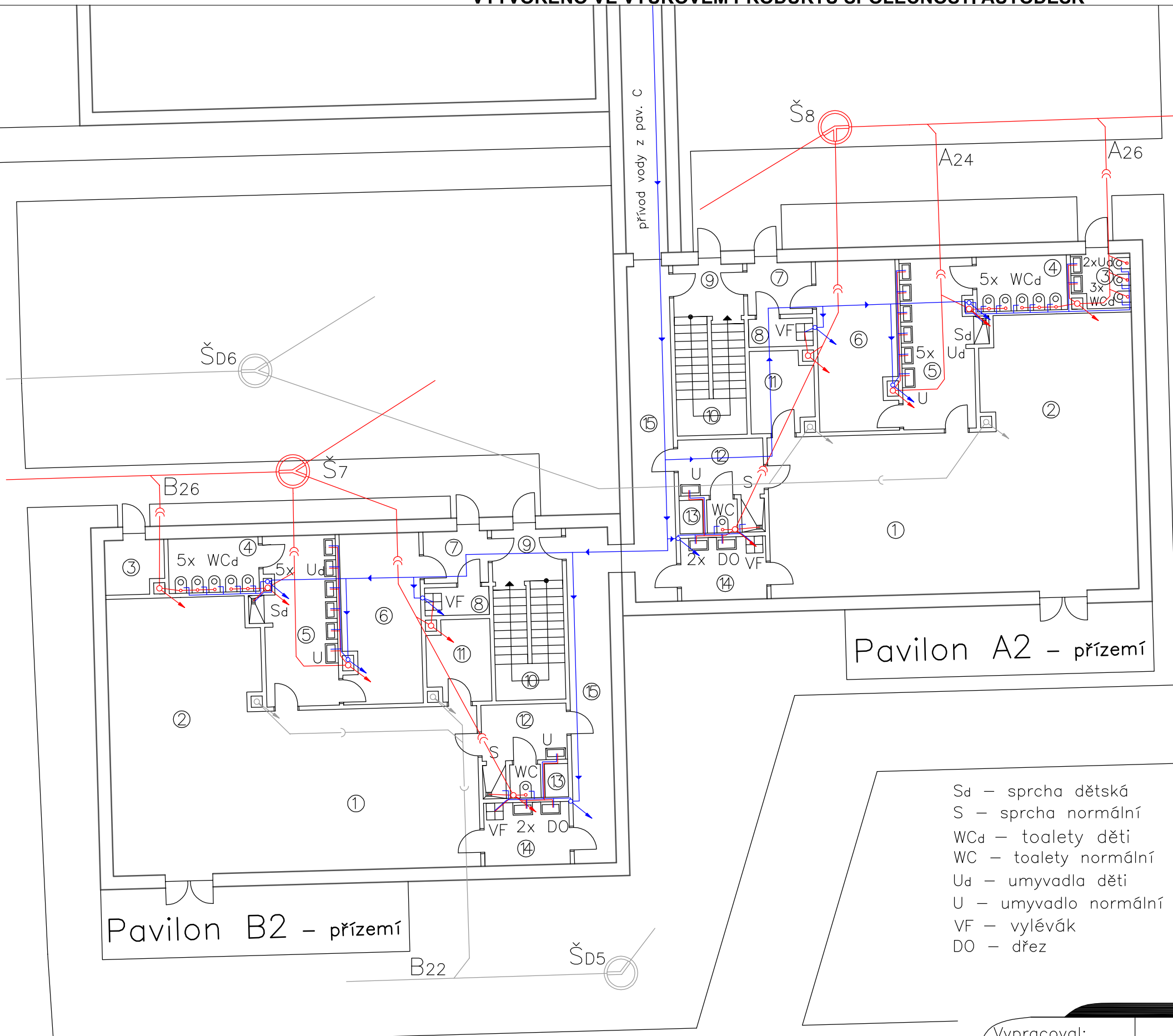
1:150

Datum

3/2015

Příloha č.

3



Legenda:

- Kanal. splašková
— Š —>
- Kanal. dešťová
— ŠD —>
- Vodovod
—>—
- Stoupací potrubí
—>—

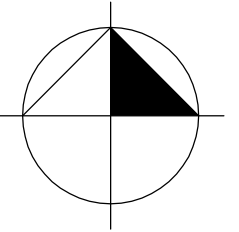
- ① pracovna
- ② herna – lehárna
- ③ letní umývárna / sklad
- ④ toalety
- ⑤ umývárna dětí
- ⑥ šatny
- ⑦ vstupní zádveří
- ⑧ úklidová komora
- ⑨ vstup a schod. pro 1p.
- ⑩ montážní prostor
- ⑪ sklad hraček
- ⑫ šatna personálu
- ⑬ výtahová šachta
- ⑭ příprava jídel
- ⑮ chodba

Pavilon A2 – přízemí

Pavilon B2 – přízemí

- Sd – sprcha dětská
- S – sprcha normální
- WCd – toalety děti
- WC – toalety normální
- Ud – umyvadla děti
- U – umyvadlo normální
- VF – vylévák
- DO – dřez

Vypracoval: Michael Hájek	ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE Fakulta životního prostředí Katedra vodního hospodářství a environ. modelování			
Obsah výkresu: Vnitřní rozvody v objektu Pavilony A2, B2	Formát	A3	Měřítko	1:150
	Datum	3/2015	Příloha č.	4



Veř. část kan. příp. Š1

Š1

Pavilon C – suterén

Veř. část kan. příp. Šdo

Šdo

Legenda:

Kanal. splašková

Kanal. dešťová

Vodovod, vodoměr

Stoupačí potrubí

- ① sklad suchých potravin
- ② místnost vodoměru
- ③ technické zařiz.
- ④ hrubá přípravná
- ⑤ rozvodna el.
- ⑥ manipulační prostor
- ⑦ výtah
- ⑧ sklad ovoce
- ⑨ chladárna tuků
- ⑩ chladárna masa
- ⑪ předchladárna
- ⑫ strojovna VZD
- ⑬ strojovna ÚT
- ⑭ chodba
- ⑮ sklad obalů
- ⑯ šatna personálu
- ⑰ sušárna, žehlárna
- ⑱ prádelna
- ⑲ sklad špin. prádla
- ⑳ chodba
- ㉑ sklad prac. pros.
- ㉒ šatna personálu

přívod vody k pav. A1, B1

přívod vody do objektu E

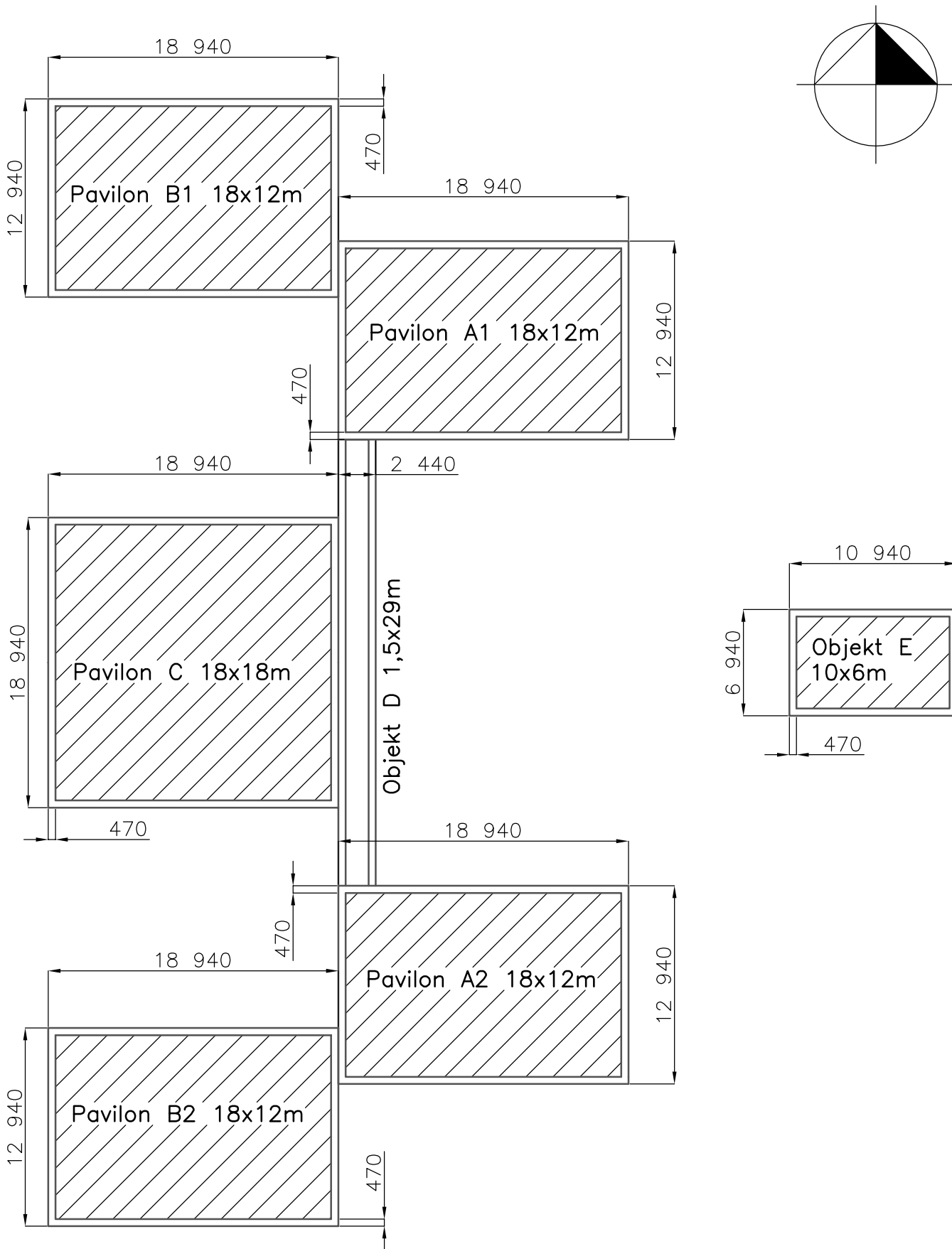
přívod vody k pav. A2, B2

Poznámka:
V tomto pavilonu není zpracováno podrobné vedení splaškové kanalizace a vodovodu z důvodu chybějící dokumentace objektu

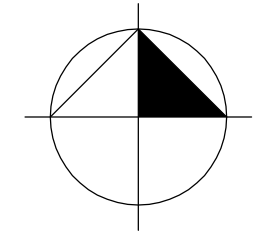
Vypracoval: Michael Hájek	ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE Fakulta životního prostředí Katedra vodního hospodářství a environ. modelování			
Obsah výkresu: Vnitřní rozvody v objektu Pavilon C	Formát	A3	Měřítko	1:150
	Datum	3/2015	Příloha č.	5

VYTVOŘENO VE VYUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVOŘENO VE VYUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK



Vypracoval: Michael Hájek	ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE Fakulta životního prostředí Katedra vodního hospodářství a envm. modelování		
Obsah výkresu: Půdorys mateřské školy A.D.	Formát A4	Měřítko 1:350	Datum 3/2015
	Příloha č. 6		



Legenda:

Kanal. splašková



Kanal. dešťová



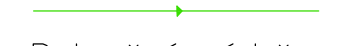
Vodovod



Stoupací potrubí



Vodovod návrh

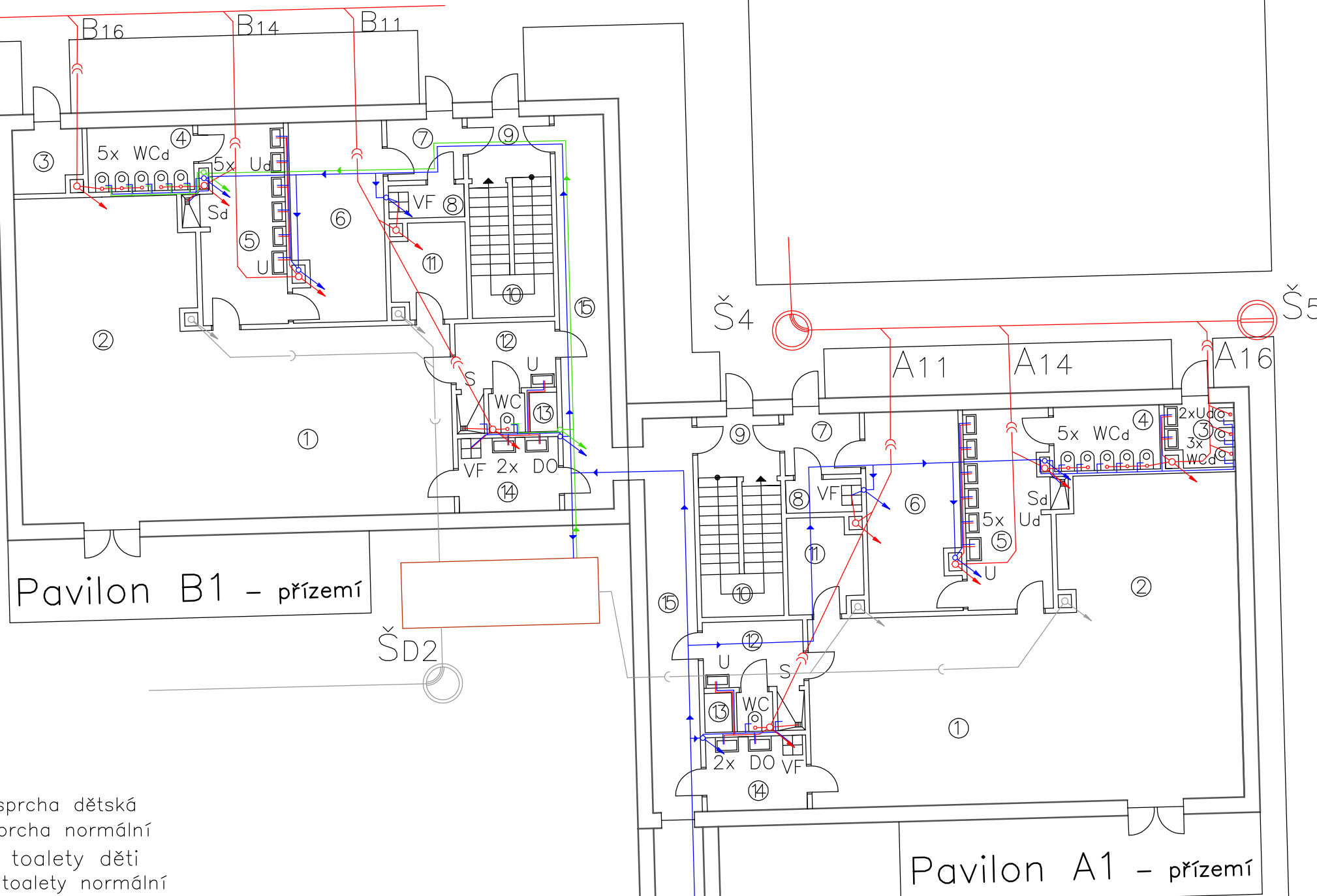


Retenční nádrž



- ① pracovna
- ② herna – lehárna
- ③ letní umývárna / sklad
- ④ toalety
- ⑤ umývárna dětí
- ⑥ šatny
- ⑦ vstupní zádveř
- ⑧ úklidová komora
- ⑨ vstup a schod. pro 1p.
- ⑩ montážní prostor
- ⑪ sklad hraček
- ⑫ šatna personálu
- ⑬ výtahová šachta
- ⑭ příprava jídel
- ⑮ chodba

- Sd – sprcha dětská
- S – sprcha normální
- WCd – toalety děti
- WC – toalety normální
- Ud – umyvadla děti
- U – umyvadlo normální
- VF – vylévák
- DO – dřez



přívod vody z pav. C

přívod vody do objektu E

Vypracoval:

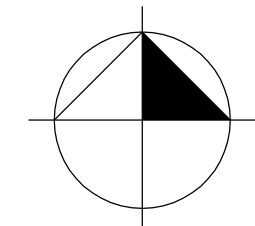
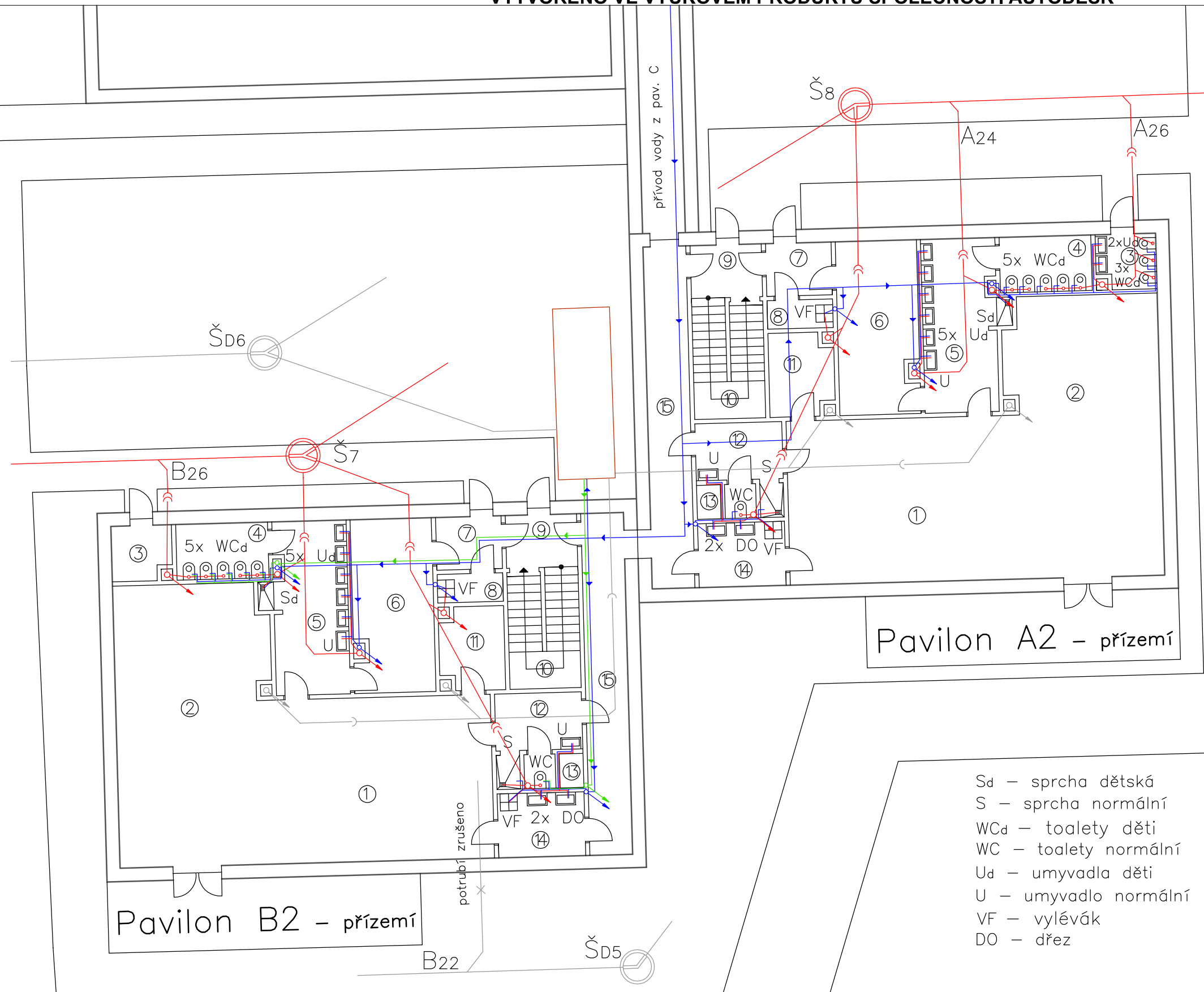
Michael Hájek

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

Obsah výkresu:

Schematický návrh rozvodů a nádrže - Pavilony A1, B1

Formát	A3	Měřítko	1:150
Datum	3/2015	Příloha č.	7



Legenda:

- Kanal. splašková
— Š —
- Kanal. dešťová
— ŠD —
- Vodovod
— —
- Stupací potrubí
— —
- Vodovod návrh
— —
- Retenční nádrž
[Orange rectangle]

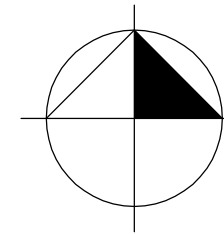
- ① pracovna
- ② herna – lehárna
- ③ letní umývárna / sklad
- ④ toalety
- ⑤ umývárna dětí
- ⑥ šatny
- ⑦ vstupní zádveř
- ⑧ úklidová komora
- ⑨ vstup a schod. pro 1p.
- ⑩ montážní prostor
- ⑪ sklad hraček
- ⑫ šatna personálu
- ⑬ výtahová šachta
- ⑭ přípravná jídel
- ⑮ chodba

Pavilon A2 – přízemí

Pavilon B2 – přízemí

- Sd – sprcha dětská
- S – sprcha normální
- WCd – toalety děti
- WC – toalety normální
- Ud – umyvadla děti
- U – umyvadlo normální
- VF – vylévák
- DO – dřez

Vypracoval: Michael Hájek	ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE Fakulta životního prostředí Katedra vodního hospodářství a environ. modelování			
Obsah výkresu: Schematický návrh rozvodů a nádrže - Pavilony A2, B2	Formát	A3	Měřítko	1:150
	Datum	3/2015	Příloha č.	8



Veř. část kan. příp. Š1

Š1

Pavilon C – suterén

Veř. část kan. příp. ŠD0

ŠD0

ŠD3

Legenda:

Kanal. splašková



Kanal. dešťová



Vodovod



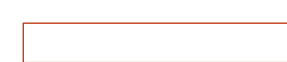
Stoupací potrubí



Vodovod návrh



Retenční nádrž



① sklad suchých potravin

② místnost vodoměru

③ technické zařiz.

④ hrubá příprava

⑤ rozvodna el.

⑥ manipulační prostor

⑦ výtah

⑧ sklad ovoce

⑨ chladárna tuků

⑩ chladárna masa

⑪ předchladárna

⑫ strojovna VZD

⑬ strojovna ÚT

⑭ chodba

⑮ sklad obalů

⑯ šatna personálu

⑰ sušárna, žehlárna

⑱ prádelna

⑲ sklad špin. prádla

⑳ chodba

㉑ sklad prac. pros.

㉒ šatna personálu

přívod vody k pav. A1, B1

přívod vody do objektu E

přívod vody k pav. A2, B2

potrubí zrušeno

vodoměr

Vypracoval:

Michael Hájek

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environ. modelování

Obsah výkresu:

Schematický návrh rozvodů a nádrže - Pavilon C

Formát

A3

Měřítko

1:150

Datum

3/2015

Příloha č.

9

Příloha č. 10

Objem srážek spadlý na pavilony (zisk DV) - varianta I

	Plocha střechy [m ²]	216			
	Pavilon	A1	B1	A1	B1
Měsíc	Srážkový úhrn [mm]	Objem srážek na pavilonech [m ³]		Objem se započtenými ztrátami [m ³]	
I	34	7,24	7,24	6,19	6,19
II	29	6,33	6,33	5,41	5,41
III	37	8,01	8,01	6,85	6,85
IV	38	8,12	8,12	6,94	6,94
V	67	14,54	14,54	12,43	12,43
VI	77	16,57	16,57	14,16	14,16
VII	78	16,83	16,83	14,39	14,39
VIII	74	15,96	15,96	13,65	13,65
IX	47	10,11	10,11	8,64	8,64
X	37	7,91	7,91	6,76	6,76
XI	39	8,42	8,42	7,20	7,20
XII	37	7,88	7,88	6,74	6,74
Σ	592	127,92	127,92	109,37	109,37
		255,83		218,73	

	Plocha střechy [m ²]	216			
	Pavilon	A2	B2	A2	B2
Měsíc	Srážkový úhrn [mm]	Objem srážek na pavilonech [m ³]		Objem se započtenými ztrátami [m ³]	
I	34	7,24	7,24	6,19	6,19
II	29	6,33	6,33	5,41	5,41
III	37	8,01	8,01	6,85	6,85
IV	38	8,12	8,12	6,94	6,94
V	67	14,54	14,54	12,43	12,43
VI	77	16,57	16,57	14,16	14,16
VII	78	16,83	16,83	14,39	14,39
VIII	74	15,96	15,96	13,65	13,65
IX	47	10,11	10,11	8,64	8,64
X	37	7,91	7,91	6,76	6,76
XI	39	8,42	8,42	7,20	7,20
XII	37	7,88	7,88	6,74	6,74
Σ	592	127,92	127,92	109,37	109,37
		255,83		218,73	

Příloha č. 11

Stanovení potřeby provozní vody - varianta 1

Pavilon B1		
Spotřeba při splachování toalet		
Počet dětí	56	osob
Počet pedagogů	4	osob
Počet spláchnutí	4	os./den
Spotřeba vody při velkém spláchnutí	6	l
Spotřeba vody při malém spláchnutí	3	l
Objem spláchnutí toalety	4	l
Celková spotřeba	960	l/den
Celkem	0,96	m³/den
<i>251 dní v roce (2015)</i>	240,96	m³/rok

Pavilon B2		
Spotřeba při splachování toalet		
Počet dětí	56	osob
Počet pedagogů	4	osob
Počet spláchnutí	4	os./den
Spotřeba vody při velkém spláchnutí	6	l
Spotřeba vody při malém spláchnutí	3	l
Objem spláchnutí toalety	4	l
Celková spotřeba	960	l/den
Celkem	0,96	m³/den
<i>251 dní v roce (2015)</i>	240,96	m³/rok

Příloha č. 12

Fotodokumentace areálu



Obrázek 1: Západní pohled - hospodářský pavilon C a vstup do MŠ



Obrázek 2: Severovýchodní pohled - pavilon A1, B1 a přilehlou zahradu



Obrázek 3: Východní pohled - pavilon A2, B2 a přilehlou zahradu



Obrázek 4: Jihovýchodní pohled - areál MŠ

Poznámka:

Fotografie byly pořízeny autorem diplomové práce dne 9. 4. 2015.