



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## VYUŽITÍ SRÁŽKOVÝCH VOD V AREÁLU FIRMY

USE OF RAINWATER IN THE COMPANY PREMISES

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. Jan Novotný

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. JAKUB VRÁNA, Ph.D.

BRNO 2018



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608T001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav technických zařízení budov

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Jan Novotný
<b>Název</b>	Využití srážkových vod v areálu firmy
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Jakub Vrána, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2017
<b>Datum odevzdání</b>	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

---

doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

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

## PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami a normami) pro navrhování zařízení techniky staveb a bude obsahovat:

### A. Analýzu tématu, cíle a metody řešení

Analýzu zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku

### B. Aplikaci tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů)

v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí,

uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.

### C. Technické řešení vybrané varianty

Technické realizační řešení zadané specializace s grafickými i textovými výstupy

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

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

---

Ing. Jakub Vrána, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem využití srážkových vod v areálu firmy a návrhem zdravotně technických instalací v nově budovaném objektu školícího střediska a skladovacího prostoru. V teoretické části je popsána nová norma EN 16941-1. Tato norma se zabývá problematikou využití srážkových vod. Experimentální část řeší měření spotřeby provozní vody v daném areálu. Ve výpočtové části jsou získané informace aplikovány na nově budovaný objekt v areálu firmy. K objektu je vytvořen projekt ve formě technické zprávy a výkresové dokumentace pro využívání srážkové vody a zdravotně technických instalací.

## KLÍČOVÁ SLOVA

školicí středisko, skladovací prostor, srážková voda, provozní voda, využití srážkové vody, akumulární nádrž, měření spotřeby provozní vody, zdravotně technické instalace, kanalizace, vodovod

## ABSTRACT

This diploma thesis deals with rainwater harvesting system in the company premises and the design of plumbing system in the newly built training center and storage hall. The new standard EN 16941-1 is described in the theoretical part. This standard deals with the use of rainwater. The experimental part solves the measurement of the non-potable water in this area. In the practical part, the acquired information is applied to the newly built object in the company premises. A project is created in the form of a technical report and drawing documentation for the use of rainwater and plumbing system.

## KEYWORDS

training center, storage hall, rainwater, non-potable water, use of rainwater, storage device, measurement of the non-potable water, plumbing system, sewer, water pipeline

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Jan Novotný *Využití srážkových vod v areálu firmy*. Brno, 2018. 129 s., 62 s. příl.  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Jakub Vrána, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2018

---

Bc. Jan Novotný  
autor práce

**Poděkování:**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Jakubovi Vránovi za jeho přístup, poskytnuté informace, rady a připomínky při zpracování této práce.

Dále bych rád poděkoval své rodině a blízkým za podporu během celého mého studia.

Také bych chtěl poděkovat celému kolektivu firmy E S L, a.s. a zejména pak panu Ing. Ladislavovi Lněníčkovi za poskytnuté prostory a přístup při měření pro experimentální část diplomové práce.

V Brně dne 11. 1. 2018

Bc. Jan Novotný

# Obsah

Úvod.....	12
A. Analýza tématu, cíle a metody řešení .....	13
A.1 Analýza zadaného tématu, normové a legislativní požadavky.....	13
A.1.1 Analýza zadaného tématu .....	13
A.1.2 Normové požadavky .....	14
A.1.3 Legislativní požadavky .....	15
A.2 Cíl práce, zvolené metody řešení.....	16
A.2.1 Cíl práce .....	16
A.2.2 Zvolené metody řešení .....	16
A.3 Aktuální technická řešení v praxi a teoretické řešení.....	17
A.3.1 Zachycení vody .....	19
A.3.1.1 Záchytné plochy .....	19
A.3.1.2 Systém záchytného potrubí.....	20
A.3.2 Úprava .....	20
A.3.3 Akumulační zařízení .....	21
A.3.4 Doplnování vody ze záložního zdroje.....	22
A.3.5 Čerpání .....	27
A.3.5.1 Ponorné čerpadlo .....	27
A.3.5.2 Povrchové čerpadlo .....	27
A.3.5.3 Řízení čerpadel .....	27
A.3.5.4 Tlaková nádoba.....	28
A.3.6 Řízení systému s monitorováním .....	29
A.3.7 Značení systémů.....	29
A.3.8 Návrh objemu akumulční nádrže .....	30
A.3.8.1 Základní metoda s ročním časovým krokem.....	30
A.3.8.2 Podrobná metoda .....	32
A.3.8.2.1 Vstupní data.....	32
A.3.8.2.2 Princip simulace .....	32
A.3.8.2.3 Zpracování výsledků simulace .....	34



A.3.8.2.4	Příklad.....	34
A.4	Experimentální řešení.....	40
A.4.1	Specifikace měřeného areálu.....	40
A.4.2	Měření spotřeby provozní vody v areálu firmy.....	42
A.4.2.1	Použitá měřicí zařízení .....	42
A.4.2.2	Spotřeba provozní vody v Administrativní budově.....	44
A.4.2.3	Spotřeba provozní vody ve Výzkumném a vývojovém centru.....	53
A.4.2.4	Spotřeba provozní vody v celém areálu .....	61
A.4.3	Měření množství akumulované srážkové vody.....	67
A.4.3.1	Použitá měřicí zařízení .....	67
A.4.4	Změna teploty vody v potrubí.....	69
B.	Aplikace tématu na zadané budově .....	72
B.1	Bilance vod v areálu .....	72
B.1.1	Bilance potřeby vody bez využití srážkových vod .....	72
B.1.2	Bilance potřeby provozní vody .....	73
B.1.2.1	Varianta 1 – s využitím doporučených hodnot potřeby.....	73
B.1.2.2	Varianta 2 – S využitím měřených hodnot pro toalety a dosavadní ostatní využívání.....	74
B.1.3	Výpočet množství zachycené srážkové vody v areálu.....	75
B.1.3.1	Varianta 1 – Dle vzorce z přednášek CT003 – Vybrané statě ze zdravotnické.....	75
B.1.3.2	Varianta 2 – Dle vztahu z připravované normy FprEN16941 .....	75
B.1.4	Zhodnocení využitelnosti srážkových vod v areálu .....	76
B.1.5	Bilance odtoku splaškových odpadních vod.....	76
B.1.6	Bilance odtoku srážkových odpadních vod.....	77
B.2	Posouzení kapacity akumulčních nádrží.....	78
B.2.1	Varianta 1 – Dle základní metody.....	78
B.2.2	Varianta 2 – Dle podrobné metody z připravované normy prEN16941.....	79
B.3	Kanalizace .....	81
B.3.1	Srážková kanalizace .....	82
B.3.2	Splašková kanalizace .....	84

B.4	Vodovod .....	88
B.4.1	Rozvod provozní vody .....	89
B.4.1.1	Rozvod v objektu .....	89
B.4.1.2	Čerpání vody z nové do stávající podzemní nádrže .....	96
B.4.2	Rozvod studené vody .....	98
B.4.3	Rozvod teplé vody.....	100
B.4.4	Kompenzace délkové roztažnosti potrubí .....	104
B.4.4.1	L kompenzátor .....	105
B.4.4.2	U kompenzátor.....	105
B.4.5	Návrh tepelné izolace potrubí .....	106
B.4.5.1	Provozní a studená voda .....	106
B.4.5.2	Teplá voda .....	106
B.5	Ideové řešení navazujících profesí TZB v zadané budově.....	107
B.5.1	Plynovodní instalace .....	107
B.5.2	Vytápění objektu .....	107
B.5.3	Vzduchotechnické instalace .....	107
C.	Technické řešení vybrané varianty .....	108
C.1	Technická zpráva.....	108
C.1.1	Všeobecné informace .....	109
C.1.2	Podklady pro projekt .....	109
C.1.3	Bilance potřeb .....	110
C.1.4	Potřeba vody.....	110
C.1.4.1	Potřeba teplé vody .....	111
C.1.4.2	Potřeba provozní vody .....	111
C.1.5	Kanalizační přípojka .....	111
C.1.6	Vodovodní přípojka .....	112
C.1.7	Řešení vedení srážkové vody v areálu .....	112
C.1.7.1	Přívod do nové akumulární nádrže.....	112
C.1.7.2	Přepad z akumulární nádrže .....	113
C.1.7.3	Propojení akumulárních nádrží .....	113

C.1.8	Vnitřní kanalizace .....	114
C.1.9	Vnitřní vodovod .....	115
C.1.10	Zařizovací předměty .....	117
C.1.11	Zemní práce .....	117
C.2	Legenda zařizovacích předmětů .....	118
C.3	Výkresová dokumentace .....	119
	Závěr .....	120
	Seznam použitých zdrojů .....	121
	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	124
	Seznam obrázků .....	125
	Seznam tabulek .....	127
	Seznam grafů.....	128
	Seznam příloh.....	129

# Úvod

Diplomová práce se zabývá aktuálním tématem dnešní doby a to využíváním srážkových vod v budovách. Otázka srážkových vod je zde zpracována po stránce teoretického nastínění řešení, zpracováním experimentálního měření a praktickým návrhem systému využívání srážkových vod společně s navazujícími zdravotnickými instalacemi.

Řešený objekt se nachází v areálu firmy E S L, a.s se sídlem v Brně. Jedná se o novostavbu Školicího střediska a skladovacího prostoru. V areálu se nacházejí další objekty, které již srážkovou vodu využívají pro splachování toalet a zalévání a umožnily tak provést experimentální měření.

První část diplomové práce je věnována přiblížení problematiky návrhu využívání srážkových vod podle připravované normy EN 16941-1 a zpracování experimentálního měření.

Druhá část se zabývá aplikací tématu na konkrétní budově ve formě výpočtu pro související projekt dešťové kanalizace, splaškové kanalizace a vodovodu.

Třetí část obsahuje projektovou dokumentaci pro úpravu vedení zachycené srážkové vody ve venkovních prostorách areálu a zdravotně technické instalace v daném objektu.

# **A. Analýza tématu, cíle a metody řešení**

## **A.1 Analýza zadaného tématu, normové a legislativní požadavky**

### **A.1.1 Analýza zadaného tématu**

Hlavním tématem diplomové práce je návrh rozšíření využívání srážkové vody jako vody provozní v areálu firmy E S L, a.s. se sídlem v Brně. V tomto areálu je již srážková voda využívána v jarním, letním a podzimním období pro splachování WC a zalévání. Díky již instalovanému systému je možné provést také měření její spotřeby a akumulovaného množství.

Areál se v současnosti skládá ze čtyř objektů. První objekt je značen jako Administrativní budova pro firmu E S L. V tomto objektu se nacházejí kanceláře vedení firmy a obchodu, kanceláře projekce a servisu, školicí středisko, prodejna se zázemím a technická místnost. Druhý objekt je značen jako Výzkumné a vývojové centrum. Nachází se zde kancelář firmy E S L, kancelář pronajímaná externí firmě, šatny a hygienické zařízení pro dílenskou výrobu a skladovací prostory. Na tuto budovu navazuje třetí objekt, a to Servisní středisko a následně čtvrtý objekt, kterým je Prototypová dílna.

V areálu bude realizován další objekt, ve kterém budou prostory 2NP sloužit jako dvě oddělené školící místnosti se společným hygienickým zázemím. V 1NP se budou nacházet dva technologické prostory a skladovací prostor, který bude rozdělen do dvou výškových úrovní. Pod tímto objektem budou dvě betonové nádrže. Jedna pro zachycení srážkových vod, druhá bude sloužit technologickým účelům. V tomto objektu bude srážková voda využívána jako voda provozní pro splachování WC a pro technologické účely. Po dokončení této budovy bude demolován starý objekt, který slouží částečně pro skladování a částečně pro technologii s využíváním vody z vodovodního řadu.

Jako podklad pro vypracování sloužila dostupná projektová dokumentace řešení jednotlivých objektů.

## **A.1.2 Normové požadavky**

ČSN 01 3450 – Technické výkresy - Instalace - Zdravotnětechnické a plynovodní instalace

ČSN 73 6005 – Prostorové uspořádání sítí technického vybavení

ČSN 75 6760 – Vnitřní kanalizace

ČSN EN 12056-1 – Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 1: Všeobecné a funkční požadavky

ČSN EN 12056-2 – Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 2: Odvádění splaškových odpadních vod - Navrhování a výpočet

ČSN EN 12056-3 – Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 3: Odvádění dešťových vod ze střech - Navrhování a výpočet

ČSN 75 6261 – Dešťové nádrže

ČSN 75 5409 – Vnitřní vodovody

ČSN 75 5455 – Výpočet vnitřních vodovodů

ČSN EN 806-1 – Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě - Část 1: Všeobecně

ČSN EN 806-2 – Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě - Část 2: Navrhování

ČSN EN 806-3 – Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě - Část 3: Dimenzování potrubí - Zjednodušená metoda

ČSN EN 806-4 – Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě - Část 4: Montáž

ČSN EN 806-5 – Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě - Část 5: provoz a údržba

ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování

ČSN EN 1717 – Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem

TNI CEN/TR 16355 – Doporučení pro prevenci zvyšování koncentrace bakterie rodu Legionella ve vnitřních vodovodech pro rozvod vody určené k lidské spotřebě

FprEN 16941-1 – On-site non-potable water systems - Part 1: Systems for the use of rainwater

### **A.1.3 Legislativní požadavky**

Zákon č. 183/2006 Sb. – Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

Zákon č. 254/2001 Sb. – Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Zákon č. 258/2000 Sb. – Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů

Zákon č. 274/2001 Sb. – Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Vyhláška č. 193/2007 Sb. – Vyhláška, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu

Vyhláška č. 252/2004 Sb. – Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Vyhláška č. 268/2009 Sb. – Vyhláška o technických požadavcích na stavby

Vyhláška č. 409/2005 Sb. – Vyhláška o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody

Vyhláška č. 501/2006 Sb. – Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území

## **A.2 Cíl práce, zvolené metody řešení**

### **A.2.1 Cíl práce**

Cílem teoretické části diplomové práce, tedy části „A“, je přiblížení problematiky návrhu využívání srážkových vod podle připravované normy EN 16941-1 a doplnění jejich teoretických poznatků o příklady prvků systému. Dále je zde cílem zpracovat měření spotřeby srážkové vody v areálu firmy.

Cílem části „B“ je návrh změny vedení zachycené srážkové vody a dispozice akumulačních nádrží. Bude zde ve dvou variantách zhodnocen předem známí objem nádrží. První variantou bude přístup s ročním časovým krokem dle vzorce známého z přednášek z předmětu CT03 – Vybrané statě ze zdravotní techniky. Druhou variantou bude zhodnocení dle podrobné metody z připravované normy EN 16941-1. Dále bude v této části zpracován návrh přečerpání akumulované srážkové vody z nové nádrže do stávající podzemní nádrže, vedení srážkové vody ze vzdálené části areálu do nové nádrže a návrh zdravotně technických instalací v nově budovaném objektu. Návrh jednotlivých instalací se odvíjí od normových doporučení, platných právních předpisů a také od daných fyzikálních dějů.

Cílem části „C“ je zpracování projektové dokumentace pro realizaci návrhu z části „B“. Bude obsahovat technickou zprávu a výkresovou dokumentaci pro navržené řešení.

### **A.2.2 Zvolené metody řešení**

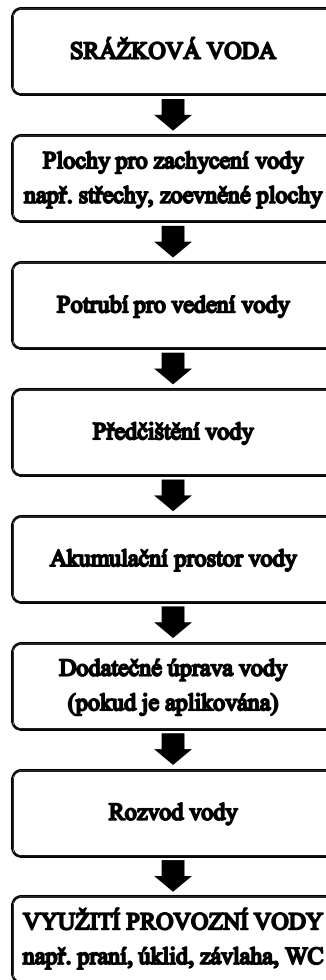
Metody řešení v této diplomové práci budou především numerické a grafické. Tyto metody se budou prolínat celou diplomovou prací. Numerické výpočty budou a zpracovány v softwaru Microsoft Excel. Výkresová dokumentace bude provedena v programu AutoCAD.

Měření spotřeby bude provedeno snímačem průtoku a zaznamenávám pomocí záznamového zařízení. Měření bude probíhat po dobu dvou týdnů v Administrativní budově a dvou týdnů ve Výzkumném a vývojovém centru. Pro dlouhodobý záznam spotřeby a objemu zachycené srážkové vody bude využíván řídicí systém AMiT v areálu.



### A.3 Aktuální technická řešení v praxi a teoretické řešení

Mezi mnoha tématy, která jsou v dnešní době aktuální, je i zaměření na využívání srážkové vody jako vody provozní pro zalévání, praní, splachování toalet, mytí aut nebo technologie. Řešení využívání srážkové vody snižuje náklady na provoz objektu. Cestu srážkové vody od pohybu v atmosféře při dešti po její využití jako vody provozní lze zobrazit na následujícím schématu.



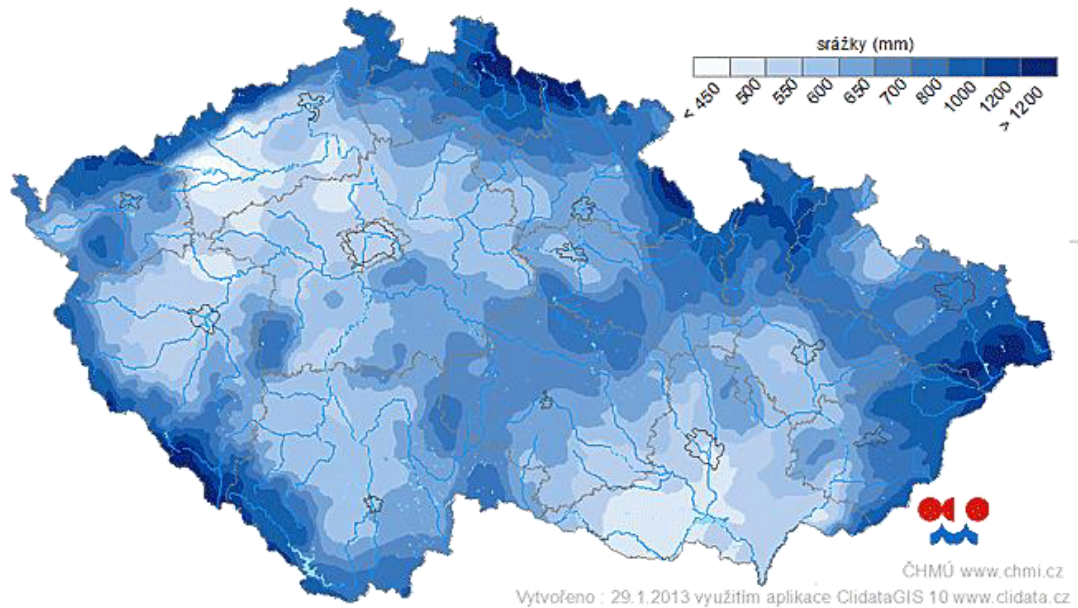
Obr. 1: Cesta od srážkové vody k provozní

V brzké době vyjde nová evropská norma s označením EN 16941-1, která se bude zabývat právě touto problematikou. Mimo jiné jsem s touto normou v jejím finálním návrhu z roku 2017 pracoval při návrhu systému. V následujících řádcích se pokusím tuto normu přiblížit. Vzhledem k tomu, že jsem s touto normou pracoval v angličtině, nemuseli být některé technické pojmy přeloženy zcela správně.

V této normě jsou zpracovány požadavky na návrh, instalaci, značení a provoz systému pro zachycení srážkové vody a jejího dalšího využívání jako vody provozní.

Při rozhodování, zda zřídit systém pro využívání srážkové vody je nutné zhodnotit několik faktorů, mezi které patří:

- účel využití současný i budoucí,
- úhrn srážek,
- velikost záchytné plochy,
- materiály záchytných ploch v závislosti na jejich odvodňovacích charakteristikách,
- úroveň znečištění záchytné plochy a následné riziko kontaminace systému.



Obr. 2: Mapa průměrného ročního úhrnu srážek z let 1961 – 2000 [1]

Každý systém, který zajišťuje využívání srážkových vod, se skládá ze 4 základních prvků částí. Tyto části slouží pro:

- zachycení,
- úpravu,
- akumulaci,
- rozvod.

### A.3.1 Zachycení vody

Účelem této části systému je zachycení vody a její doprava do akumulčních nádrží.

#### A.3.1.1 Záchytné plochy

Záchytné plochy jsou plochy střech nebo zpevněné plochy.

##### Kvalitativní aspekty

V závislosti na zamýšleném využití dešťové vody je důležité zhodnotit charakteristiky záchytné plochy. Dále je nutné zamýšlení nad možnými zdroji znečištění. Zde se jedná například o znečištění od dopravy, průmyslu nebo zvířat. Pokud se jedná o plochy, které jsou využívány pro lidské využití, musí se přihlídnout i k této možnosti znečištění.

Skládané střešní krytiny (např. z keramických tašek nebo z břidlice) nemají z pohledu charakteristiky materiálu žádný negativní vliv na kvalitu zachycené srážkové vody. Jiné typy záchytných ploch mohou mít negativní vliv na kvalitu vody. Jejich přehled je uveden v následující tabulce.

Druh záchytné plochy	Znečištění
Zelená střecha	Zbarvení
Materiály obsahující asfalt	Zbarvení
Vláknocementové	Z dlouhodobého pohledu hrozí uvolňování vláken
Měděné, olovnaté nebo zinkové povrchy	Zvýšená koncentrace těžkých kovů
Zvětralé drsné povrchy	Uvolňování částic

Tab. 1: Příklady znečištění zachycené vody v závislosti na typu záchytné plochy [2]

##### Kvantitativní aspekty

Různé materiály záchytných ploch mají rozdílné schopnosti odvádět zachycenou vodu. Tato schopnost je označována jako koeficient odtoku povrchu a označuje se „e“. Účel tohoto koeficientu je zadat do výpočtu průměrný odtok vody z dané plochy. Přehled jeho hodnot je uveden v následující tabulce.

<b>Druh záchytné plochy</b>	<b>Koeficient odtoku povrchu (e)</b>
Hladký povrch např. glazované tašky, kov, sklo, břidlice, solární panely	0,9
Šikmé hrubé povrchy např. betonové tašky, dlažby	0,8
Plochá střecha bez šterku	0,8
Plochá střecha se šterkem	0,7
Zelená střecha intenzivní	0,3
Zelená střecha extenzivní	0,5
Utěsněné plochy např. asfaltové	0,8
Neutěsněné plochy např. kamenná dlažba	0,5
Koeficient odtoku povrchu ostatních ploch se upraví.	
Poznámka: Tyto hodnoty se použijí, pokud nejsou dostupné podklady od výrobce.	

Tab. 2: Koeficient výnosu povrchu [2]

### **A.3.1.2 Systém záchytného potrubí**

Systém záchytného potrubí slouží k vedení zachycené vody ze záchytné plochy do akumulčních nádrží. Systém může pracovat jako gravitační nebo podtlakový. Při jeho návrhu je důležité zajistit přístup pro jeho kontrolu a údržbu. Dešťové odpadní potrubí vedené ze střech by mělo být přímo napojeno na systém záchytného potrubí z důvodu eliminace kontaminace vody nežádoucími látkami.

### **A.3.2 Úprava**

Systém úpravy vody má za úkol zajistit požadovanou kvalitu vody s ohledem na to, k jakému účelu bude zachycená voda využívána. Úprava může být řešena jako biologická, chemická, pomocí fyzikálních procesů nebo jejich kombinací. Úprava vody také vytváří ochranu součástí systému proti jejich poškození. Typickým příkladem je například čerpadlo, které je chráněno proti nasání cizích předmětů. Úprava je prováděna před a za akumulčním zařízením. Hydraulická účinnost zařízení pro úpravu musí být alespoň 90 %.

#### **Předběžná úprava**

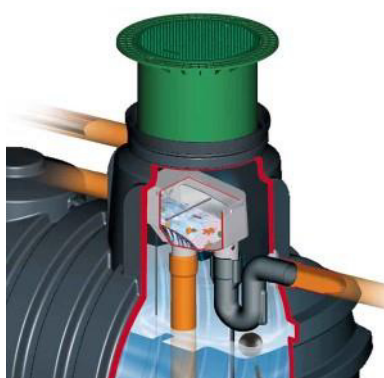
Slouží pro odstranění hrubých částic před akumulčním zařízením. Využívají se filtry nebo odlučovače. Může se skládat z více zařízení. Velikost zařízení pro úpravu vody a jeho typ se navrhuje v závislosti na charakteru a velikosti záchytné plochy. Maximální velikost částic vstupující do akumulčního zařízení musí být pro vnitřní

použití roven nebo menší než 1 mm. K sedimentaci jemných částic dochází v akumulacním zařízení.

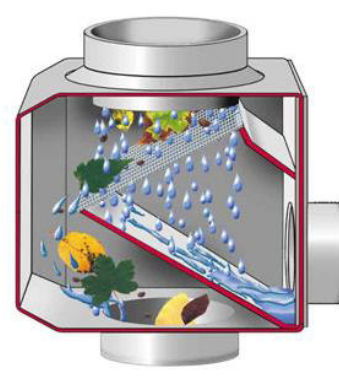
Předpokládá se, že zachytávaná voda bude takové kvality, aby k jejímu využití pro splachování toalet, praní nebo zavlažování postačovala její předběžná úprava.



Obr. 3: Podzemní šachtový filtr [3]



Obr. 4: Samočisticí filtr v nádrži [3]



Obr. 5: Filtr pro odpadní dešťové potrubí [3]

### Dodatečná úprava

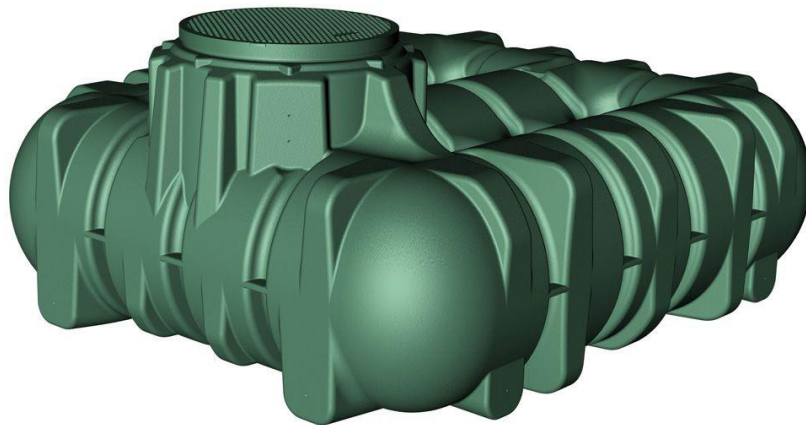
Pokud je požadována vyšší kvalita vody pro její následné použití, doplňuje se předběžná úprava o dodatečnou. Jedná se o filtraci za akumulacním zařízením nebo o dezinfekci, deodorizaci popřípadě úpravu barvy vody.

### A.3.3 Akumulační zařízení

Každý systém pro využívání srážkových vod musí být vybaven alespoň jednou akumulacní nádrží. Akumulační zařízení slouží pro vytvoření potřebné zásoby vody po dobu suchého období, dochází zde k sedimentaci jemných částic. Zajišťuje ochranu vody před nevhodným znečištěním. Nádrž může být řešena jako nadzemní nebo podzemní. Podzemní umístění akumulacní nádrže je vhodnější, protože zajišťuje ochranu před mrazem, vysokými teplotami a přímým slunečním zářením. Kapacita nádrže se stanovuje na základě výpočtu. Nátok vody se řeší pomocí klidného nátoku pod minimální hladinou vody v nádrži, aby nedocházelo k narušení uklidněného stavu hladiny a zároveň aby nebyly rozvířeny usazené částice u dna nádrže. Akumulační zařízení musí být chráněno proti vniknutí malých zvířat. Do akumulacní nádrže je nutné zajistit přístup pro její pravidelnou kontrolu a údržbu. Vstup musí být zajištěn proti přístupu nepovolaných osob nebo dětí například uzamykatelným poklopem nebo poklopem s dostatečnou hmotností.

Materiály pro akumulacní zařízení nesmí negativně ovlivňovat kvalitu akumulované vody a musí být odolné proti korozi. Využívá se například beton, ocel, polyvinylchlorid, polyetylen, polypropylen a podobně. Průsvitný materiál může být použitý pouze v případě, že je vyloučen přístup světla.

Pro ochranu proti přetečení akumulčního zařízení se osazuje přepad, který odvádí přebytečnou vodu. Tato voda by měla být vsakována nebo odváděna do povrchových toků. Pokud toto řešení není možné, odvede se přebytečná voda do kanalizace. Při napojení na kanalizaci se přepad opatřuje zápachovou uzávěrkou. Dále je nutné vybavit potrubí odvodu přebytečné vody armaturou proti zpětnému průtoku v případě napojení na kanalizační systém nebo při nebezpečí zpětného toku odváděné vody. Přepad musí být přístupný pro údržbu. Přepadové potrubí musí mít takovou dimenzi, aby bylo schopné odvést maximální možný přítok zachycené vody.



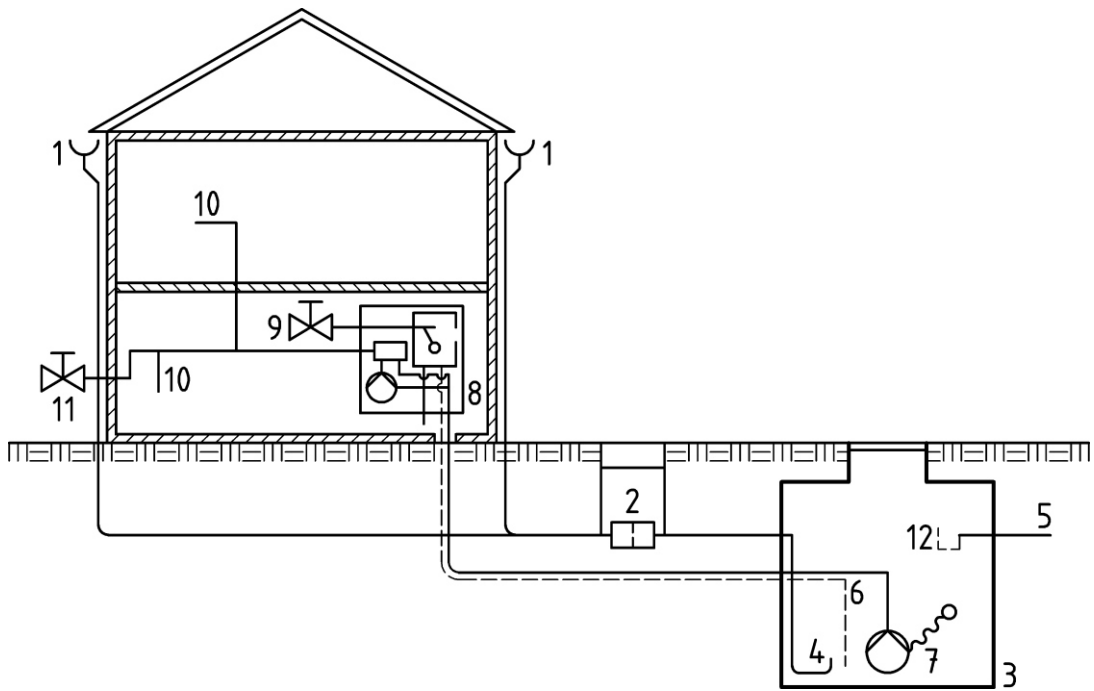
Obr. 6: Podzemní plastová nádrž [4]

### A.3.4 Doplnování vody ze záložního zdroje

Systém využívání srážkových vod musí umožnit doplňování vody ze záložního zdroje v případě, že dojde poklesu hladiny vody v akumulční nádrži pod minimální dovolenou úroveň. Doplnování musí být vybaveno automatickým řídicím systémem, který zajistí, že množství doplňované vody bude minimalizováno na množství vody potřebné pouze k okamžité spotřebě. Záložní vodu je možné přivádět do:

- přerušovací nádrže před čerpadlem, napojená na sací potrubí, může ji obsahovat i ATČS,
- pomocné nádrže (pokud je umístěna v nejvyšším podlaží, následuje gravitační rozvod),
- akumulční nádrže nebo záchytného potrubí.

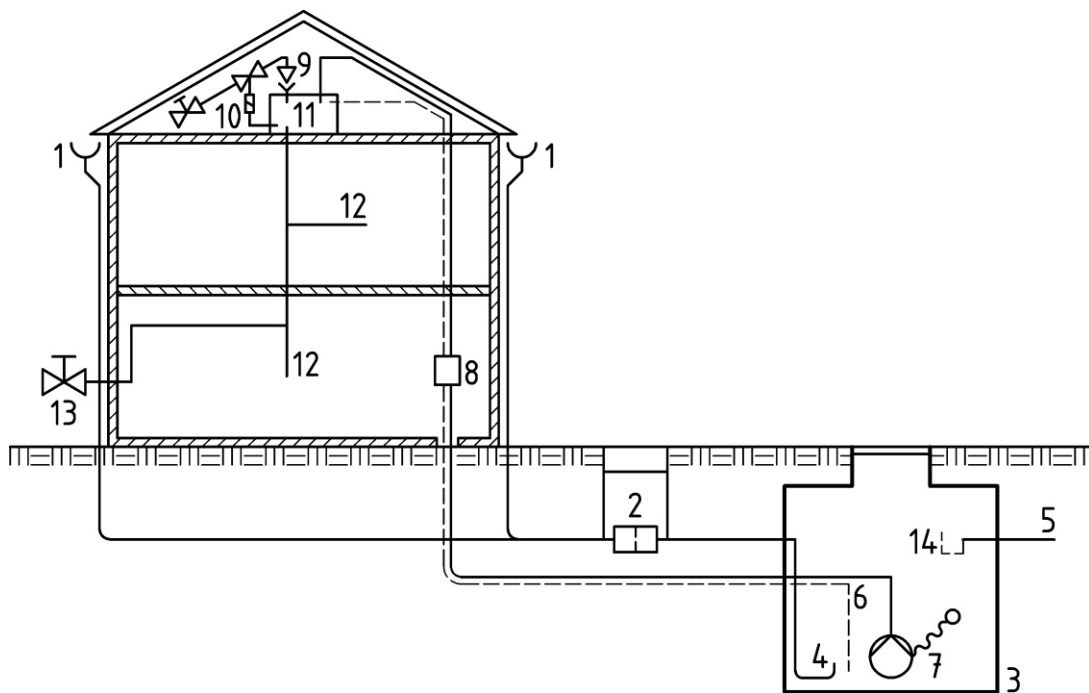
Schémata jednotlivých systémů jsou znázorněna na následujících obrázcích.



Obr. 7: Systém s doplňováním vody do sacího potrubí [2]

### Legenda

- |   |                           |    |   |
|---|---------------------------|----|---|
| 1 | záchytné vedení           | 8  | automatická tlaková čerpací stanice, řízení čerpadla s ochranou proti chodu za sucha a záložním přívodem, vzduchová mezera typu AB podle EN 1717 a EN 13076 |
| 2 | filtr                     | 9  | záložní zásobování vodou  |
| 3 | akumulační nádrž          | 10 | využití srážkové vody, např. WC, pračka   |
| 4 | klidný nátok              | 11 | využití srážkové vody na zahradě  |
| 5 | přepadové potrubí         | 12 | zápachová uzávěrka přepadu  |
| 6 | snímač / plovákový spínač |    |   |
| 7 | plovoucí sání             |    |   |

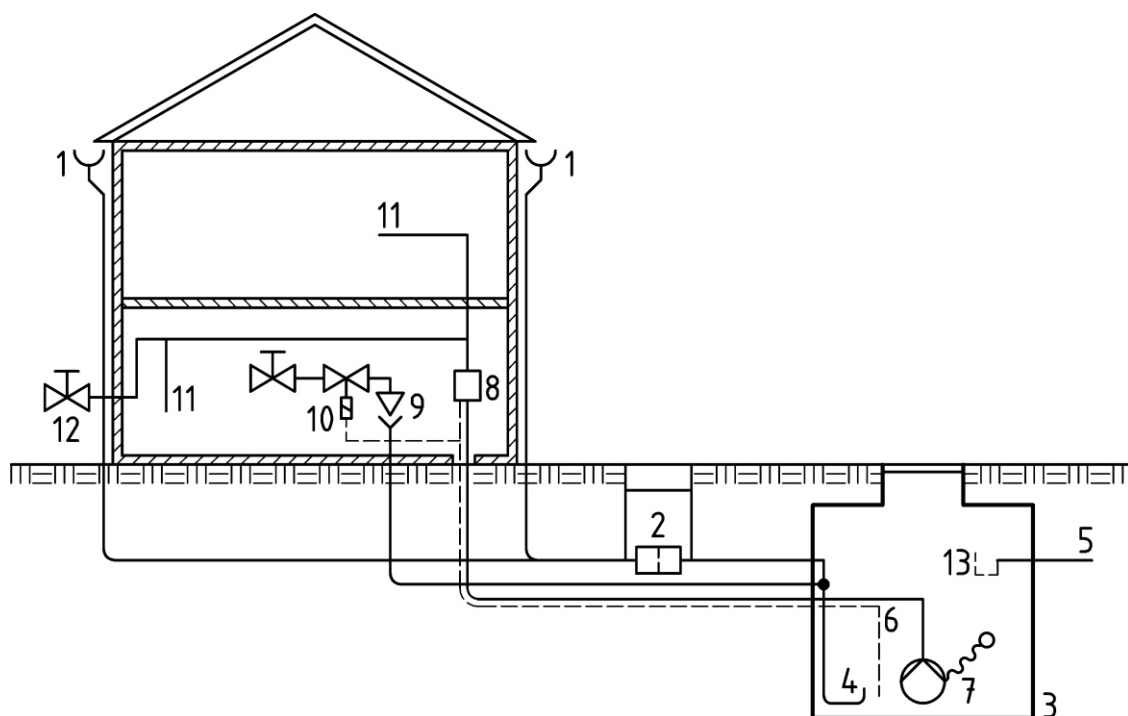


Obr. 8: Systém s doplňováním vody do pomocné nádrže s následným gravitačním rozvodem [2]

### Legenda

- |   |   |    |  |
|---|---|----|--|
| 1 | záchytné vedení                                 | 9  | typ vzduchové mezery AA podle EN 1717 a EN 13076 |
| 2 | filtr   | 10 | solenoidový ventil pro záložní zásobování vodou  |
| 3 | akumulační nádrž                                | 11 | nádrž v podkroví                                 |
| 4 | klidný nátok                                    | 12 | využití srážkové vody, např. WC, pračka          |
| 5 | přepadové potrubí                               | 13 | využití srážkové vody na zahradě                 |
| 6 | snímač / plovákový spínač                       | 14 | zápachová uzávěrka přepadu                       |
| 7 | ponorné čerpadlo s plovoucím sáním              |    |  |
| 8 | řízení čerpadla s ochranou proti chodu za sucha |    |  |





Obr. 9: Systém s doplňováním vody do akumulární nádrže [2]

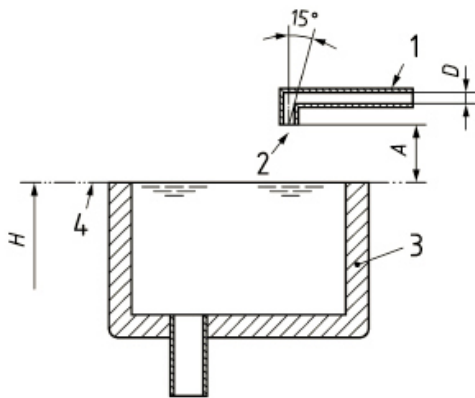
### Legenda

- |   |                                    |    |  |
|---|------------------------------------|----|--|
| 1 | záchytné vedení                    | 8  | řízení čerpadla s ochranou proti chodu za sucha  |
| 2 | filtr                              | 9  | typ vzduchové mezery AA podle EN 1717 a EN 13076 |
| 3 | akumulační nádrž                   | 10 | solenoidový ventil pro záložní zásobování vodou  |
| 4 | klidný nátok                       | 11 | využití srážkové vody, např. WC, pračka          |
| 5 | přepadové potrubí                  | 12 | využití srážkové vody na zahradě                 |
| 6 | snímač / plovákový spínač          | 13 | zápachová uzávěrka přepadu                       |
| 7 | ponorné čerpadlo s plovoucím sáním |    |  |

Z hlediska minimalizace množství doplňované vody je nejvýhodnější systém doplňování vody do přerušovací nádrže s napojením na sací potrubí. Nejméně výhodné je potom doplňování vody do akumulární nádrže. To vyplývá z velikosti vodní plochy nádrže a tím pádem potřebném objemu vody ke zvýšení hladiny v nádrži na požadovanou úroveň. Pokud je doplňování pitné vody řízeno ventilem, je nutné instalovat systém pro kontrolu jeho funkce. Zamezí se tak plýtvání pitnou vodou.

Při doplňování pitnou vodou nesmí nikdy dojít k propojení rozvodu vody provozní a vody pitné. Zásobovací systém se chrání vhodnou ochrannou jednotkou pro tekutinu kategorie 5. Tekutina kategorie 5 je v normě ČSN EN 1717 specifikována jako tekutina, která představuje nebezpečí pro lidské zdraví, z důvodu možné přítomnosti

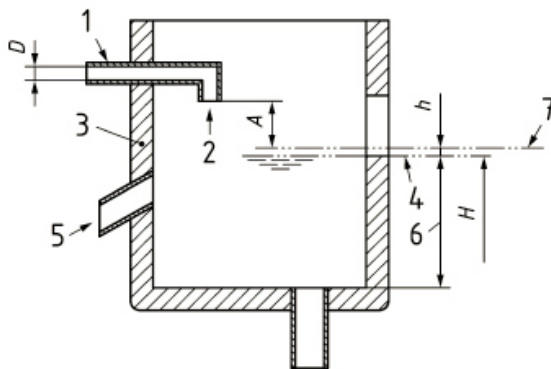
mikroorganických látek a virů. Vhodnou ochranou jednotkou je volný výtok AA (volný výtok neomezený) a AB (volný výtok s nekruhovým přepadem, neomezený). Ochranné jednoty AA a AB jsou znázorněny na následujících obrázcích.



Obr. 10: Ochranná jednotka typu AA [2]

#### Legenda

- 1 přívodní potrubí
- 2 přívodní otvor
- 3 přerušovací nádrž
- 4 úroveň přetečení
- 5 maximální odklon od svislice ( $15^\circ$ )
- A vzduchová mezera (dvojnásobek vnitřního průměru přívodního otvoru, min. 20 mm)
- D vnitřní průměr přívodního otvoru
- H maximální výška hladiny vody



Obr. 11: Ochranná jednotka typu AB [2]

#### Legenda

- 1 přívodní potrubí
- 2 přívodní otvor
- 3 přerušovací nádrž
- 4 úroveň přetečení
- 5 kontrolní potrubí
- 6 výška nádrže po přetečení  $U_w$  ( $U_w \geq 5 h$ )
- 7 kritická hladina vody
- A vzduchová mezera
- D vnitřní průměr přívodního otvoru
- H maximální výška hladiny vody
- h rozdíl mezi přetečením a kritickou vodní hladinou

### **A.3.5 Čerpání**

Čerpání zajišťuje dopravu vody k místům spotřeby. Sestava pro čerpání musí minimalizovat spotřebu energie a hlučnost a zabránit vniknutí vzduchu do sací části. Dále musí být chráněna proti zamrznutí a musí být vybavena uzavíracími ventily pro případ opravy nebo údržby. V závislosti na požadavcích na provoz a bezpečnost systému se rozhodne, zda se zvolí systém s jedním nebo více čerpadly. Pokud je instalováno více čerpadel, je vhodné zajistit pomocí řídicí jednotky jejich střídavý provoz. Čerpadlo se navrhuje s ohledem na požadovaný průtok a dopravní výšku a musí být vybaveno ochranou proti chodu za sucha. Tlakové rázy, které by mohly způsobit poškození systému, je nutné eliminovat. K tomuto účelu se využívají tlakové nádoby nebo tlakové ovládací prvky. Sací část musí být vybavena zpětným ventilem, který zabrání zpětnému průtoku vody.

Pro čerpání se používají ponorná nebo povrchová čerpadlem.

#### **A.3.5.1 Ponorné čerpadlo**

Ponorné čerpadlo je umístěno v nádrži, s možností jeho vyjmutí bez nutnosti použití speciálního nářadí nebo vstupu do nádrže. Dále se čerpadlo osadí tak, aby bylo zabráněno jeho nežádoucímu pohybu. Pro zabezpečení proti vniknutí vzduchu, usazenin nebo plovoucích nečistot je nutné udržovat alespoň minimální hladinu vody v nádrži.

#### **A.3.5.2 Povrchové čerpadlo**

Při použití čerpadla na povrchu vznikají požadavky na sací potrubí. Sací potrubí musí být vzduchotěsné, musí být instalováno tak, aby byla zajištěna minimalizace hydraulické tlakové ztráty, a musí obsahovat zpětný ventil, pro zabránění vyprázdnění sacího vzduchu a nasátí vzduchu čerpadlem. Pro sací část je vhodné využít plovoucí sání, které zabezpečuje systém proti nasátí vzduchu a usazenin na dně nádrže nebo plovoucích nečistot u hladiny. Z tohoto důvodu je také nutné udržovat alespoň minimální požadovanou hladinu vody v nádrži. Čerpadlo se umísťuje na dobře větraném místě. Konstrukce uchycení čerpadla musí eliminovat přenos vibrací a zvuku do ostatních konstrukcí.

#### **A.3.5.3 Řízení čerpadel**

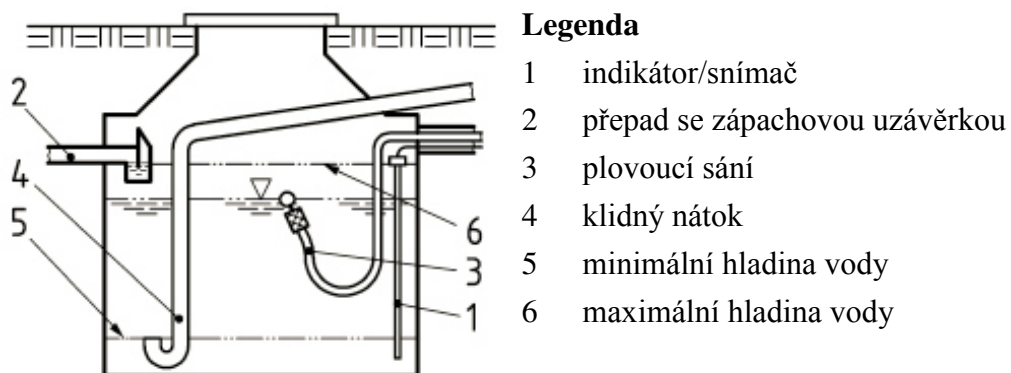
Čerpadla musí být vybavena řídicí jednotkou pro automatické ovládání čerpadel s ručním přepínáním. Ovládání čerpadel může být zajištěno tlakovým spínačem, hlídáním tlaku a průtoku nebo frekvenčním měničem.

#### A.3.5.4 Tlaková nádoba

Tlaková nádoba slouží pro eliminaci tlakový rázů při spouštění čerpadla a také pro udržování rozmezí tlaku při ovládání čerpadla tlakovým spínačem. V tomto případě je velikost tlakové nádoby závislá na možném počtu sepnutí čerpadla za hodinu. S nižším počtem sepnutí čerpadla je také možné snížit náklady na provoz čerpadla. Instalace tlakové nádoby nesmí zhoršit kvalitu vody.



Obr. 12: Domácí vodárna (čerpadlo + tlakový spínač + tlaková nádoba) [5]



Obr. 13: Příklad vybavení akumulární nádrže pro čerpadlo umístěné mimo nádrž [2]

### A.3.6 Řízení systému s monitorováním

Do systému využívání srážkových vod je vhodné začlenit kontrolní a monitorovací systém, který slouží uživateli ke sledování, zda zařízení pracují správně. Monitorování informuje uživatele o tom, zda systém pracuje se srážkovou nebo pitnou vodou a o případných poruchách na jednotlivých prvcích (čerpadla, záložní zdroj...). Dále může systém kontrolovat spotřebu vody, hladinu vody v nádrži, přetečení nádrže, teplotu v nádrži a podobně. Vzhledem k požadavkům uživatele mohou být sledované hodnoty zaznamenávány. Celý systém řízení a monitorování může být spojen se systémem správy budovy.

### A.3.7 Značení systémů

K ochraně uživatelů a obsluhy před náhodnou záměnou pitné a provozní vody a jejímu nevhodnému použití nebo propojení musí být všechna potrubí (pro zachycení i distribuci) a armatury systému využívání srážkových vod řádně označeny.

Pokud v objektu převládá rozvod pitné vody, jsou výtokové armatury doplněny o označení slovy „*Provozní voda*“ nebo doplňkovou zákazovou tabulkou viz příslušný obrázek. V blízkosti výtokového ventilu se umístí tabulka s upozorněním na existenci rozvodu provozní vody. V případě, že v objektu převládá systém pro využívání srážkových vod, mohou být označeny výtokové armatury pitné vody slovy „*Pitná voda*“ nebo doplňkovou tabulkou viz příslušný obrázek. V tomto případě musí být jasně patrné, že z ostatních výtokových armatur vytéká voda provozní.



Obr. 14: Označení „Provozní voda“ [2]



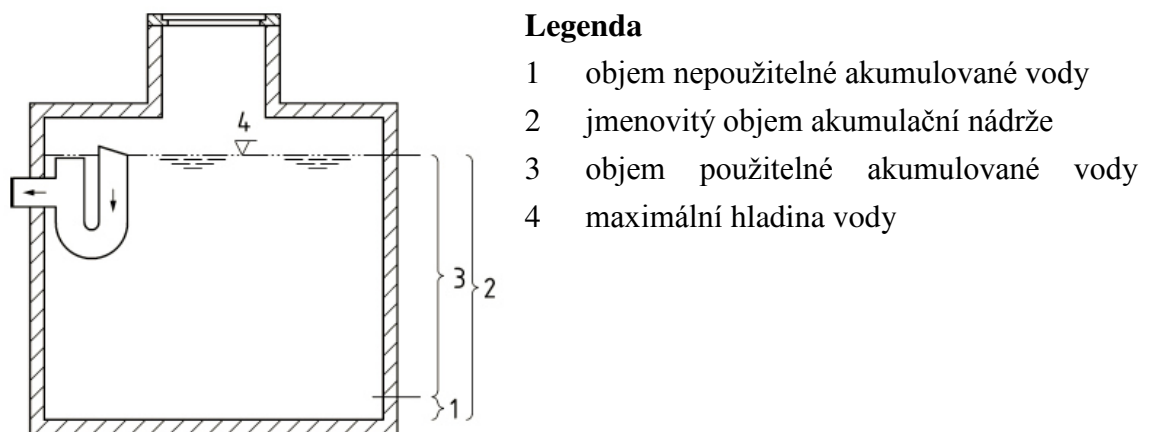
Obr. 15: Označení „Pitná voda“ [2]

Potrubí pro rozvod provozní vody musí být jasně identifikovatelný. Toho je možné dosáhnout rozdílným barevným značením, než je značený rozvod pitné vody.

### A.3.8 Návrh objemu akumulční nádrže

Objem akumulční nádrže vychází z posouzení vztahu mezi množstvím srážkové vody, které lze zachytit a potřebou provozní vody k pokrytí zamýšleného využití. Jak již bylo uvedeno, na výpočet mají vliv faktory jako intenzita srážek, velikost a charakter zachytné plochy nebo hydraulická účinnost použitých zařízení (např. filtrů). Dále může velikost ovlivnit dostupný prostor nebo hladina podzemní vody.

Jmenovitá objem akumulční nádrže se skládá z objemu *použitelné* a *nepoužitelné* akumulované vody. Tyto objemy jsou znázorněny na následujícím obrázku.



Obr. 16: Objem akumulční nádrže [2]

Objem akumulční nádrže lze určit příslušnými národními a mezinárodními metodami výpočtu. Tato norma nabízí dvě metody výpočtu, a to *základní* a *podrobnou* metodu.

#### A.3.8.1 Základní metoda s ročním časovým krokem

Tato metoda je vhodná pro aplikace s konstantním požadavkem na provozní vodu. Využívá se zde teoretické období sucha až do dalších srážek.

**Roční množství zachycené srážkové vody  $Y_R$**  se vypočte dle následující rovnice:

$$Y_R = \sum A_i \times h_i \times e_i \times \eta_i \quad [l] \quad (\text{A.1})$$

Kde:  $A$  je horizontální průmět zachytné plochy [ $\text{m}^2$ ],  
 $h$  je intenzita srážek [mm],  
 $e$  je koeficient odtoku povrchu [-],  
 $\eta$  je koeficient hydraulické účinnosti filtru [-].

Intenzita srážek je závislá na lokalitě, ve které je navrhován systém využívání srážkové vody. Koeficient hydraulické účinnosti udává výrobce filtračního zařízení. Pokud tato hodnota není udána, je možné použít hodnotu 0,9.

**Roční potřeba provozní vody  $D_{p,a}$**  se vypočte dle následující rovnice:

$$D_{p,a} = D_{p,d} \times n \times 365 \quad [l/r] \quad (A.2)$$

Kde:  $D_{p,d}$  je potřeba provozní vody na osobu a den [ $l/(os \times d)$ ],

$n$  je počet osob v připojené budově (budovách) [os].

Požadavek na provozní vodu, která se netýká osobní potřeby, se značí  $D_{f,d}$  a řeší se dle aktuálních požadavků. Jedná se například o zavlažování nebo průmyslové využití apod.

Pokud je roční množství zachycené vody menší, než roční potřeba provozní vody, bude nutné zajistit záložní zásobování vodou.

**Velikost akumulčního zařízení potřebná pro zajištění dodávky provozní vody v období sucha** se vypočítá pomocí následujících rovnic:

$$D_{N,d} = D_{p,d} \times n + D_{f,d} \quad [l/d] \quad (A.3)$$

$$V = D_{N,d} \times d_d \quad [l] \quad (A.4)$$

Kde:  $D_{N,d}$  je celková denní potřeba provozní vody [ $l/d$ ],

$D_{p,d}$  je potřeba provozní vody na osobu a den [ $l/(os \times d)$ ],

$n$  je počet osob v připojené budově (budovách) [os]

$D_{f,d}$  je maximální denní potřeba provozní vody pro jiné, než osobní použití ( $l/d$ ),

$V$  je objem akumulčního zařízení [l],

$d_d$  je zvolená doba sucha [d].

Hodnota  $d_d$  vyjadřuje počet dnů suchého období až do potenciálních dalších srážek, např. 15 d (Nizozemsko), 18 dní (Spojené království), 21 dní (Německo).

### A.3.8.2 Podrobná metoda

Tato metoda se použije pro přesnější výpočet především v případech:

- nepravidelné potřeby provozní vody, např. nebytové využití
- nejistého množství zachycené vody
- navržení nákladných, velkých nebo složitých systémů pro zachycení srážkové vody

Čím delší dobu budeme simulovat, tím přesnější budou výsledky. Při vyhodnocování simulace je možné určit frekvenci přetečení nádrže. Příležitostné přetečení nádrže je přínosné pro kvalitu vody, protože umožňuje odvést případné plovoucí nečistoty. Ze simulace lze zjistit počet dnů, ve kterých není k dispozici žádná provozní voda. Na základě výsledků simulace se určí nejhodnější využitelný objem akumulční nádrže.

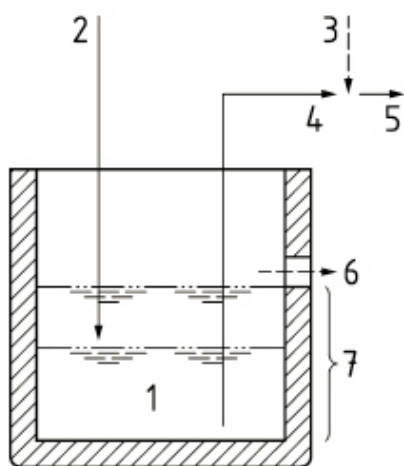
#### A.3.8.2.1 Vstupní data

Pro provedení simulace jsou potřebné následující informace:

- denní úhrn srážek  $h_d$  za období minimálně 5 let (nejlépe v posledních letech) [mm/d]
- denní potřeba provozní vody [l/d]

#### A.3.8.2.2 Princip simulace

Následující obrázek ilustruje průtok vody systémem využívání srážkových vod.



#### Legenda

- 1 objem akumulované vody v nádrži ( $V_{r,d}$ )
- 2 srážková voda přicházející do nádrže ( $Y_{r,d}$ )
- 3 doplňování pitné vody
- 4 odběr akumulované vody z nádrže ( $S_{r,d}$ )
- 5 potřeba provozní vody ( $D_{N,d}$ )
- 6 přetečení nádrže
- 7 použitelný objem akumulční nádrže ( $V$ )

Obr. 17: Průtok vody systémem využívání srážkových vod [2]



**Denní množství zachycené srážkové vody**  $Y_{R,d}$  přicházející do nádrže se vypočte dle následujícího vztahu:

$$Y_{R,d} = A \times h_d \times e \times \eta \quad [l/d] \quad (A.5)$$

Kde:  $A$  je horizontální průmět záchytné plochy [ $m^2$ ],  
 $h_d$  je denní intenzita srážek [ $mm/m^2$ ],  
 $e$  je koeficient odtoku povrchu [-],  
 $\eta$  je koeficient hydraulické účinnosti filtru [-].

**Algoritmus popisující chování systému pro využití srážkové vody** je vyjádřen následujícími rovnicemi:

$$S_{r,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} D_d \\ V_{r,(d-1)} \end{array} \right\} \quad (A.6)$$

$$V_{r,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{r,(d-1)} + Y_{r,d} - S_{r,d} \\ V - S_{r,d} \end{array} \right\} \quad (A.7)$$

Kde  $S_{r,d}$  je denní odběr akumulované vody z nádrže [ $l/d$ ],  
 $D_d$  je denní potřeba provozní vody za den  $d$  [ $l/d$ ],  
 $V_{r,d}$  je objem akumulované vody v nádrži na konci dne  $d$  [ $l$ ],  
 $V_{r,(d-1)}$  je objem akumulované vody v nádrži na konci dne  $d-1$  [ $l$ ],  
 $V$  je objem akumulací nádrže [ $l$ ],  
 $Y_{r,d}$  je denní množství zachycené srážkové vody během dne  $d$  [ $l/d$ ].

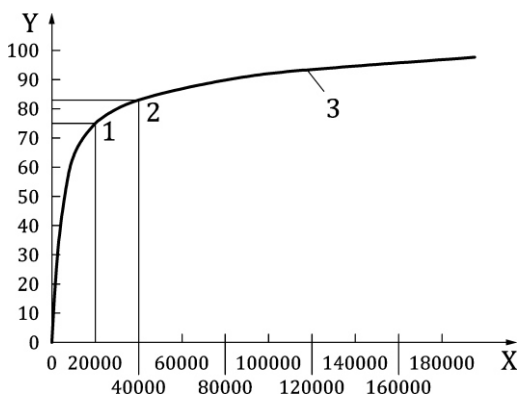
Na začátku simulace se nastaví objem vody v akumulací nádrži na nulovou hodnotu.

**Algoritmus pro daný využitelný objem nádrže  $V$**  aplikovaný na sérii údajů o srážkách se využívá k určení míry krytí požadavků  $C_r(V)$ , která je definována pomocí následující rovnice:

$$C_r(V) = \frac{\sum S_{r,d}}{\sum D_d} \quad (A.8)$$

### A.3.8.2.3 Zpracování výsledků simulace

Vhodný využitelný objem akumulční nádrže se určí z křivky s předpisem  $C_r = f(V)$ . Tato křivka je vynesena pro různé hodnoty  $V$  až po dosažení maximální hodnoty  $C_r$ . Příklad křivky a odečtení potřebného využitelného objemu nádrže je zobrazen na následujícím obrázku:



Obr. 18: Příklad určení využitelného objemu nádrže [2]

#### Legenda

- X využitelný objem nádrže [l]
- Y míra pokrytí potřeby provozní vody [%]
- 1 pro pokrytí 75 % potřeby provozní vody je potřebný využitelný objem nádrže  $20 \text{ m}^3$
- 2 pro pokrytí 83 % potřeby provozní vody je potřebný využitelný objem nádrže  $40 \text{ m}^3$
- 3 křivka  $C_r = f(V)$

Tato křivka umožňuje rychlý přehled, jaký objem nádrže zajistí pokrytí požadovaného množství potřeby provozní vody.

### A.3.8.2.4 Příklad

Na příkladu bude výpočet využitelného objemu nádrže podrobnou metodou pro jeden měsíc. Simulovaný čas jeden měsíc byl vybrán, kvůli velkému množství dat při simulaci ročního období. Roční simulace bude provedena ve výpočtové části práce, kde nebudou uvedeny některé tabulky s výpočty.

#### Vstupní data

Vybraný časový úsek: měsíc červen  
 Průměrný denní úhrn srážek  $h_d$  [mm/m<sup>2</sup>]: zjištěn z dat ČHMÚ, stanice Brno Tuřany  
 Denní potřeba provozní vody  $D_d$  [l/den]: uvažovány hodnoty naměřené spotřeby

Období	2012 – 2016 (5 let)														
Den	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
$h_d$	1,3	5,4	2,9	0,8	0,2	0,3	1,4	9,2	3,6	0,7	1,6	3,7	5,2	2,5	0,1
Den	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
$h_d$	0,0	0,1	1,6	2,7	1,4	2,8	1,8	8,5	2,0	0,2	0,3	0,0	2,3	2,6	0,0

Tab. 3: Průměrný denní úhrn srážek pro červen 2012 – 2016

Období	2007 – 2016 (10 let)														
Den	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
$h_d$	3,1	3,3	3,3	2,3	0,4	0,6	0,9	4,3	4,9	2,6	0,7	3,2	3,0	4,4	2,2
Den	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
$h_d$	0,7	0,0	1,7	3,5	1,9	4,0	3,9	2,0	6,2	2,5	0,2	0,2	2,3	1,3	1,6

Tab. 4: Průměrný denní úhrn srážek pro červen 2007 – 2016

Období	1997 – 2016 (20 let)														
Den	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
$h_d$	3,4	2,8	2,3	2,3	0,5	4,2	0,7	2,8	3,7	1,7	2,4	3,5	4,0	3,0	2,5
Den	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
$h_d$	1,0	1,0	1,4	2,9	1,3	4,1	3,8	1,5	3,6	2,8	1,1	0,4	1,5	1,0	1,2

Tab. 5: Průměrný denní úhrn srážek pro červen 1997 – 2016

Období	1965 – 2016 (50 let)														
Den	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
$h_d$	1,9	3,2	2,2	2,5	2,1	3,7	1,3	2,8	3,3	2,0	1,9	2,6	2,3	2,9	1,9
Den	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
$h_d$	3,4	1,3	1,6	2,3	1,7	3,3	2,6	2,4	3,2	2,0	3,1	2,2	1,7	2,6	1,3

Tab. 6: Průměrný denní úhrn srážek pro červen 1965 – 2016

Období	červen 2017						
Den	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
$D_d$	573,24	596,44	0,00	297,36	537,11	637,94	603,52
Den	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
$D_d$	616,0	532,5	12,5	16,1	797,9	753,4	712,2
Den	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
$D_d$	614,7	424,8	19,5	197,0	508,3	553,0	955,8
Den	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.
$D_d$	793,21	583,98	46,39	173,34	625,98	875,24	689,94
Den	29.	30.					
$D_d$	864,01	477,29					

Tab. 7: Měření spotřeba provozní vody pro červen 2017

Půdorysný průmět plochy střechy

Výzkumné a vývojové centrum	$A_1 =$	122,84	$m^2$
Servisní centrum	$A_2 =$	75,96	$m^2$
Prototypová dílna	$A_3 =$	226,30	$m^2$
Sklad	$A_4 =$	192,00	$m^2$
			–
			–

Koeficient odtoku povrchu

Výzkumné a vývojové centrum (šikmá, plech)  $e_1 = 0,9$  –

Servisní centrum (plochá, bez kačírku)  $e_2 = 0,8$  –

Prototypová dílna (plochá, bez kačírku)  $e_3 = 0,8$

Sklad (plochá, bez kačírku)  $e_4 = 0,8$

Koeficient hydraulická účinnosti filtru  $\eta_i = 0,9$  –

### Simulace

Následující tabulka pro výpočet simulovaných hodnot ukazuje příklad řešení simulace. Výpočty v tabulce jsou závislé na zadaném objemu akumulční nádrže  $V$  [l]. Zde se jedná o počáteční a konečnou hodnotu objemu nádrže a průměr denních srážek z let 2012 – 2016. Takových tabulek bylo vytvořeno celkem 94 i pro další období průměrů srážek. Simulace byly ukončovány v okamžiku, kdy nedocházelo ke zvyšování hodnoty odběru akumulované vody z nádrže  $\sum S_{rd}$  [l].

m	d	$h_d$	$Y_{R,d}$	$D_d$	V = 100			V = 3100		
					$V_{rd-1}$	$S_{rd}$	$V_{rd}$	$V_{rd-1}$	$S_{rd}$	$V_{rd}$
Červen	1.	1,9	865	573	0	0	100	0	0	865
	2.	1,3	592	596	100	100	0	865	596	861
	3.	5,4	2459	0	0	0	100	861	0	3 100
	4.	2,9	1321	297	100	100	0	3 100	297	2 803
	5.	0,8	364	537	0	0	100	2 803	537	2 563
	6.	0,2	91	638	100	100	0	2 563	638	2 016
	7.	0,3	137	604	0	0	100	2 016	604	1 549
	8.	1,4	638	616	100	100	0	1 549	616	1 571
	9.	9,2	4189	532	0	0	100	1 571	532	2 568
	10.	3,6	1639	12	100	12	88	2 568	12	3 088
	11.	0,7	319	16	88	16	84	3 088	16	3 084
	12.	1,6	729	798	84	84	16	3 084	798	2 302
	13.	3,7	1685	753	16	16	84	2 302	753	2 347
	14.	5,2	2368	712	84	84	16	2 347	712	2 388
	15.	2,5	1138	615	16	16	84	2 388	615	2 485
	16.	0,1	46	425	84	84	16	2 485	425	2 106
	17.	0,0	0	20	16	16	0	2 106	20	2 086
	18.	0,1	46	197	0	0	46	2 086	197	1 935
	19.	1,6	729	508	46	46	54	1 935	508	2 155
	20.	2,7	1229	553	54	54	46	2 155	553	2 547
	21.	1,4	638	956	46	46	54	2 547	956	2 144
	22.	2,8	1275	793	54	54	46	2 144	793	2 307
	23.	1,8	820	584	46	46	54	2 307	584	2 516
	24.	8,5	3871	46	54	46	54	2 516	46	3 054
	25.	2,0	911	173	54	54	46	3 054	173	2 927
	26.	0,2	91	626	46	46	54	2 927	626	2 392
	27.	0,3	137	875	54	54	46	2 392	875	1 653
	28.	0,0	0	690	46	46	0	1 653	690	963
	29.	2,3	1047	864	0	0	100	963	864	1 147
	30.	2,6	1184	477	100	100	0	1 147	477	1 853
<b>Celkem</b>				<b>15 089</b>		<b>1 320</b>		<b>14 515</b>		

Tab. 8: Příklad tabulky pro simulaci

*Zpracování výsledků*

Následující tabulky zobrazují vypočtené hodnoty ze simulace, které budou vyneseny do grafu pro určení optimálního využitelného objemu akumulární nádrže.

<b>Průměrný denní úhrn srážek pro červen 2012 – 2016</b>						
$\Sigma D_d$ [l]	V [l]	$\Sigma S_{rd}$ [l]	$C_r(V)$ [%]	V [l]	$\Sigma S_{rd}$ [l]	$C_r(V)$ [%]
15 089	0	0,00	0,000	1 600	12 325,35	81,686
	100	1 320,49	8,752	1 700	12 698,68	84,161
	200	2 520,49	16,705	1 800	12 947,70	85,811
	300	3 648,17	24,178	1 900	13 147,70	87,137
	400	4 736,61	31,392	2 000	13 347,70	88,462
	500	5 713,90	37,869	2 100	13 547,70	89,788
	600	6 610,34	43,810	2 200	13 714,55	90,893
	700	7 379,42	48,907	2 300	13 814,55	91,556
	800	8 037,11	53,266	2 400	13 914,55	92,219
	900	8 637,11	57,243	2 500	14 014,55	92,882
	1 000	9 237,11	61,219	2 600	14 114,55	93,544
	1 100	9 837,11	65,196	2 700	14 214,55	94,207
	1 200	10 374,08	68,754	2 800	14 314,55	94,870
	1 300	10 874,08	72,068	2 900	14 414,55	95,533
	1 400	11 374,08	75,382	3 000	14 514,55	96,195
1 500	11 874,08	78,696	3 100	14 515,38	96,201	

Tab. 9: Výsledky simulace – průměrný denní úhrn srážek pro červen 2012 – 2016

<b>Průměrný denní úhrn srážek pro červen 2007 – 2016</b>						
$\Sigma D_d$ [l]	V [l]	$\Sigma S_{rd}$ [l]	$C_r(V)$ [%]	V [l]	$\Sigma S_{rd}$ [l]	$C_r(V)$ [%]
15 089	0	0,00	0,000	1 200	11 737,82	77,793
	100	1 328,56	8,805	1 300	12 337,82	81,769
	200	2 610,71	17,303	1 400	12 806,04	84,872
	300	3 810,71	25,256	1 500	13 206,04	87,523
	400	5 010,71	33,209	1 600	13 557,31	89,851
	500	6 156,80	40,804	1 700	13 857,31	91,839
	600	7 153,24	47,408	1 800	14 106,33	93,490
	700	8 053,24	53,373	1 900	14 233,03	94,330
	800	8 858,56	58,710	2 000	14 333,03	94,992
	900	9 658,56	64,012	2 100	14 433,03	95,655
	1 000	10 400,86	68,932	2 200	14 515,38	96,201
	1 100	11 100,86	73,571	2 300	14 515,38	96,201

Tab. 10: Výsledky simulace – průměrný denní úhrn srážek pro červen 2007 – 2016

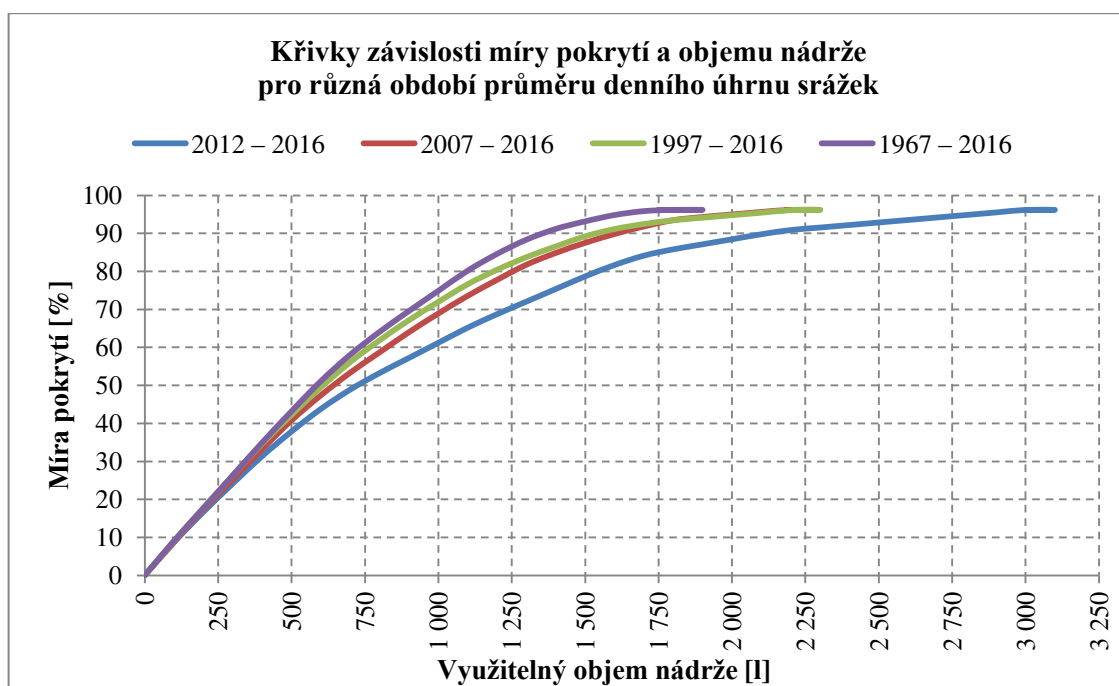
<b>Průměrný denní úhrn srážek pro červen 1997 – 2016</b>						
$\Sigma D_d$ [l]	V [l]	$\Sigma S_{rd}$ [l]	$C_r(V)$ [%]	V [l]	$\Sigma S_{rd}$ [l]	$C_r(V)$ [%]
15 089	0	0,00	0,000	1 200	12 137,61	80,442
	100	1 374,95	9,113	1 300	12 637,61	83,756
	200	2 674,95	17,728	1 400	13 064,52	86,585
	300	3 974,95	26,344	1 500	13 464,52	89,236
	400	5 230,44	34,665	1 600	13 754,45	91,158
	500	6 374,77	42,249	1 700	13 954,45	92,483
	600	7 471,21	49,516	1 800	14 103,48	93,471
	700	8 471,21	56,143	1 900	14 203,48	94,134
	800	9 336,69	61,879	2 000	14 303,48	94,796
	900	10 136,69	67,181	2 100	14 403,48	95,459
	1 000	10 862,23	71,990	2 200	14 503,48	96,122
	1 100	11 562,23	76,629	2 300	14 515,38	96,201

Tab. 11: Výsledky simulace – průměrný denní úhrn srážek pro červen 1997 – 2016

<b>Průměrný denní úhrn srážek pro červen 1965– 2016</b>						
$\Sigma D_d$ [l]	V [l]	$\Sigma S_{rd}$ [l]	$C_r(V)$ [%]	V [l]	$\Sigma S_{rd}$ [l]	$C_r(V)$ [%]
15 089	0	0,00	0,000	1 000	11 301,51	74,901
	100	1 374,95	9,113	1 100	12 101,51	80,203
	200	2 674,95	17,728	1 200	12 767,56	84,617
	300	3 974,95	26,344	1 300	13 333,01	88,365
	400	5 274,95	34,960	1 400	13 759,91	91,194
	500	6 519,29	43,207	1 500	14 060,01	93,183
	600	7 715,72	51,136	1 600	14 311,28	94,848
	700	8 766,36	58,099	1 700	14 466,36	95,876
	800	9 671,68	64,099	1 800	14 515,38	96,201
	900	10 501,51	69,599	1 900	14 515,38	96,201

Tab. 12: Výsledky simulace – průměrný denní úhrn srážek pro červen 1965 – 2016

Následující graf zobrazuje křivku pro odečtení potřebného využitelného objemu nádrže v závislosti na míře pokrytí potřeby provozní vody. Pro simulaci norma předepisuje minimální období pro průměr denního úhrnu srážek 5 let. Tento požadavek představuje křivka 2012 – 2016. Pokud by dostačovala nízká míra pokrytí potřeby provozní vody, v tomto případě cca 20 %, nezáleželo by na délce období, ze kterého se využije průměrný úhrn srážek pro návrh využitelného objemu nádrže. Nad hodnotou 20 %, se začínají křivky rozcházet. Jedná se o důsledek toho, že se zvyšující se délkou období se úhrny srážek rozprostírají rovnoměrněji mezi jednotlivé dny. Z grafu vyplývá, že nejnepříznivější stav pro návrh využitelného objemu akumulární nádrže je s kratším obdobím. Objem nádrže by následně pokrýval případně delší období s nižšími úhrny srážek.



Graf 1: Závislost míry pokrytí potřeby provozní vody a využitelného objemu nádrže 1

## A.4 Experimentální řešení

### A.4.1 Specifikace měřeného areálu

Měření spotřeby provozní vody a množství zachycených srážkových vod bylo provedeno v areálu firmy E S L, a.s. se sídlem v Brně. V tomto areálu je již srážková voda využívána v jarním, letním a podzimním období pro splachování WC, zalévání a jako voda technologická.

Srážková voda ze střešních ploch je v současné době zachytávána na dvou místech. První nádrž je podzemní. Jedná se o plastovou nádrž nepravidelného tvaru, která je umístěna mezi Administrativní budovou a Výzkumným centrem. Její objem je  $5 \text{ m}^3$ . Tato nádrž zachytává vodu z šikmé střechy Výzkumného centra s půdorysnou plochou  $122,8 \text{ m}^2$  a ploché střechy Servisního střediska s výměrou  $76,0 \text{ m}^2$ . V zadní části areálu se nachází nadzemní akumulční prostor, vytvořený spojením dvou ocelových válcovitých nádrží, každá s objemem  $8 \text{ m}^3$  a dvou plastových nádrží, kde každá má objem  $2 \text{ m}^3$ . Do tohoto prostoru je zachytávána voda z ploché střechy Prototypové dílny, jejíž plocha je  $226,3 \text{ m}^2$ . Celkem je možné v areálu zachytit  $25 \text{ m}^3$  srážkové vody. Voda z nadzemních nádrží je přepouštěna do podzemní nádrže, odkud je voda přes automatickou tlakovou čerpací stanici umístěnou v technické místnosti Výzkumného centra rozváděna po areálu.

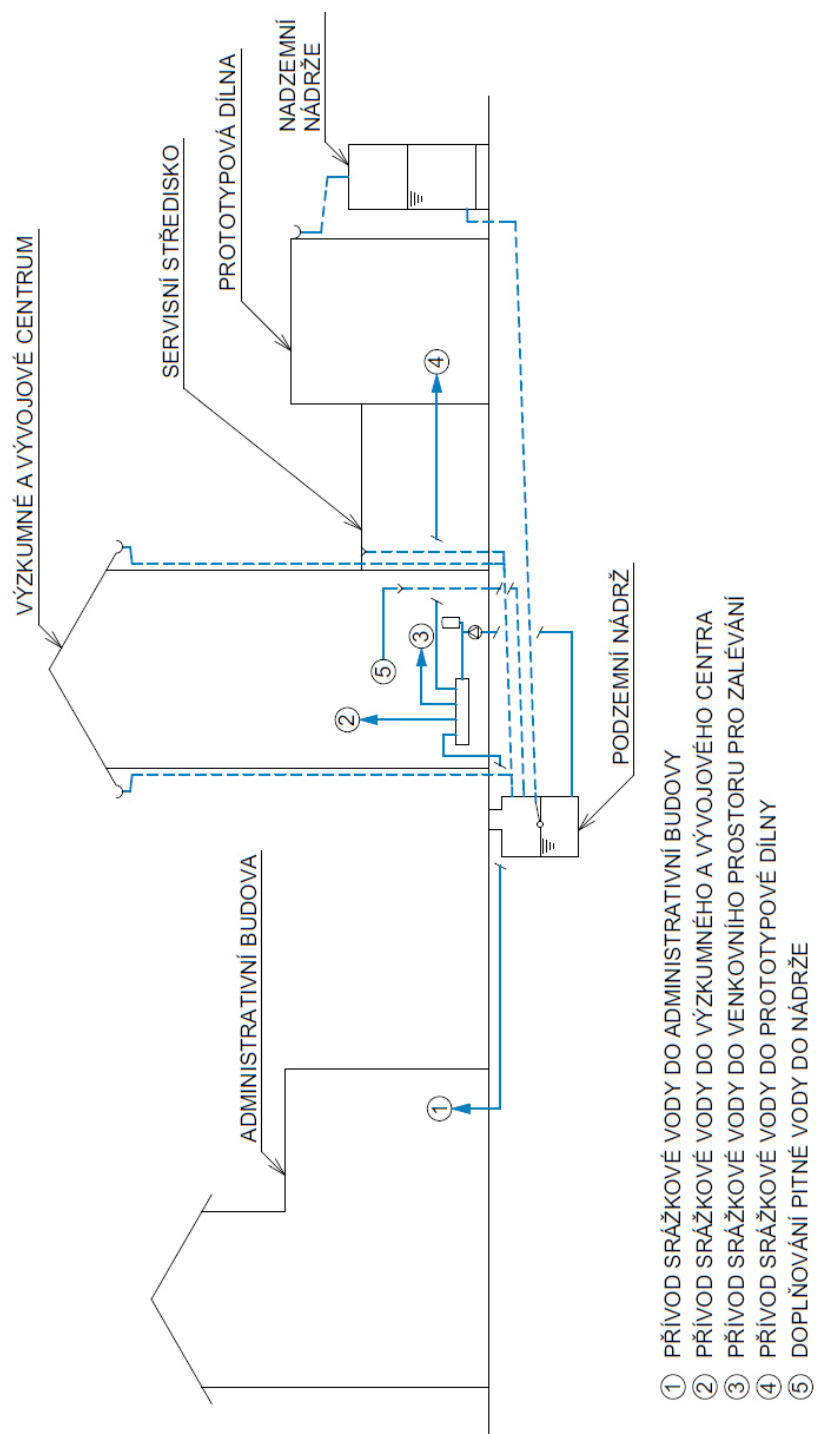


Obr. 19: Podzemní nádrž Nicoll LiLo [6]



Obr. 20: Sestava nadzemních nádrží





Obr. 21: Schéma systému využití srážkových vod v areálu

## A.4.2 Měření spotřeby provozní vody v areálu firmy

Měření spotřeby bylo provedeno ve třech úrovních. První měření zahrnovalo spotřebu provozní vody využívané v Administrativní budově. Druhým měřením byla určena spotřeba provozní vody v objektu Výzkumného a vývojového centra. Nakonec bylo určeno celkové množství spotřebované provozní vody pro splachování a pro zalévání a technologie v daném časovém období.

### A.4.2.1 Použitá měřící zařízení

#### Snímač průtoku kapalin FVA 645 GV12QT

Jedná se o vírový průtokoměr od firmy Ahlborn. Snímač umožňuje zaznamenávat průtok do 12 l/min a teplotu v rozmezí 0–100 °C. Průtok je vyhodnocován tlakovým snímačem v závislosti na tvorbě Kármánových vírů. Tyto víry vznikají při obtékání tělesa, které je umístěno v těle průtokoměru kolmo na směr proudění. Snímač je pro propojení se záznamovým zařízením vybaven propojovacím kabelem s konektorem ALMEMO®. Průtokoměr byl zapůjčen z Ústavu TZB Fakulty stavební VUT v Brně.

#### Datalogger ALMEMO 710

Datalogger ALMEMO 710 je měřicí přístroj od firmy Ahlborn. Po připojení konektoru měřicího snímače umožňuje sledování a záznam měřených veličin. Přístroj má interní paměť 8 MB. Tuto paměť je možné rozšířit připojením paměťové karty. Datalogger byl zapůjčen z Ústavu TZB Fakulty stavební VUT v Brně.



Obr. 22: Snímač průtoku kapalin FVA 645 GV12QT [7]



Obr. 23: Datalogger ALMEMO 710 [8]

### Vodoměr Itron s komunikačním modulem

Hlavní vodoměr pro kontrolu spotřeby provozní vody je jednotkový objemový vodoměr Itron Aquadis+ doplněný o komunikační modul Itron Cyble Sensor V2. Vodoměr je konstruován pro trvalý průtok  $Q_p = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ . Komunikační modul umožňuje dálkový odečet dat.



Obr. 24: Vodoměr Itron Aquadis+ [9]



Obr. 25: Komunikační modul Itron Cyble Sensor V2 [10]

### Vodoměry Enbra EV

V instalaci jsou osazeny jako podružné vodoměry jednotkové lopatkové suchoběžné vodoměry Enbra EV-I s impulsním výstupem. Impuls je vydáván po průtoku 1 litru vody. Vodoměry jsou konstruovány pro trvalý průtok  $Q_p = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ .



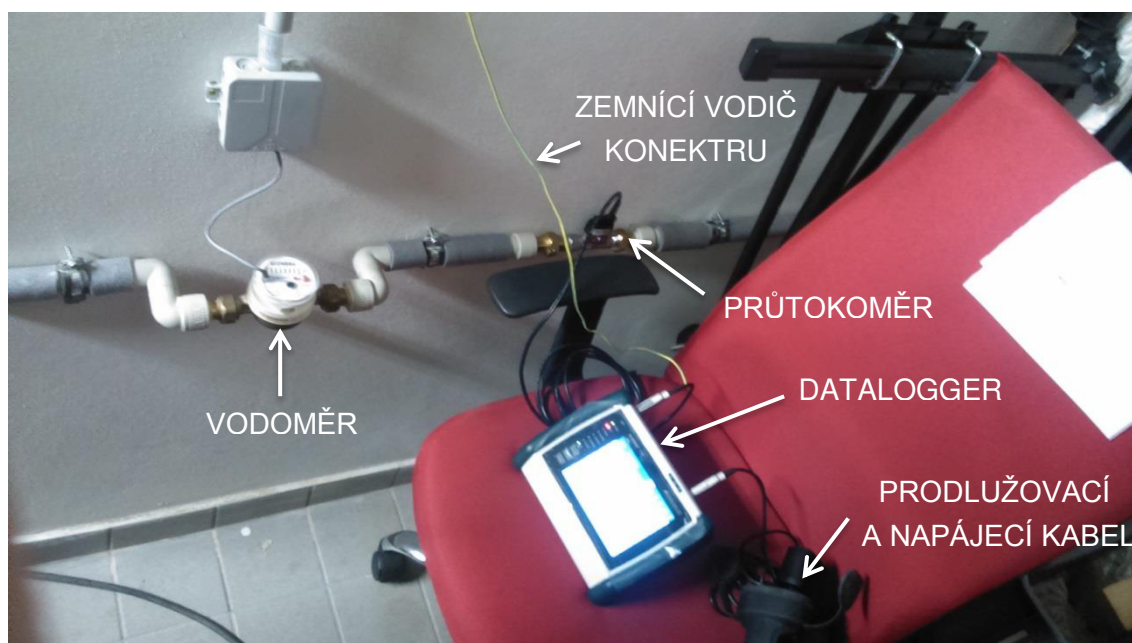
Obr. 26: Vodoměr Enbra EV-I [11]

#### A.4.2.2 Spotřeba provozní vody v Administrativní budově

V Administrativní budově je provozní voda využívána pro splachování WC. Měření probíhalo po dobu dvou týdnů a to od 8. 5. 2017 do 21. 5. 2017. Pondělí 8. 5. 2017 není započítáváno, protože se jedná o státní svátek a objekt byl v tento den prázdný. V pracovních dnech začínala pracovní doba v 7:00 s průběžným příchodem pracovníků. Konec pracovní doby probíhal průběžně, a to převážně od 15:00. Počet osob využívajících budovu je proměnlivý. Proměnlivost způsobuje fakt, že se v této budově vedou jednání se zákazníky a také zde sídlí obchodní oddělení a vedoucí pracovníci montáží, kteří dojíždějí za zákazníky nebo na kontrolu realizovaných zakázek. Po celou dobu měření probíhal záznam aktuálního průtoku s časovým krokem 1 vteřina. Na rozvod provozní vody je v této budově napojeno 11 nádržkových splachovačů, z toho 4 ve školícím středisku, které bylo v době měření využíváno pouze pro poradu jednou týdně.

##### Umístění a osazení měřícího zařízení

Měřící zařízení bylo umístěno v technické místnosti pro tuto budovu. Montáž a demontáž průtokoměru provedla firma E S L. Při montáži byly dodrženy podmínky výrobce pro osazení průtokoměru a to jeho pozice se snímačem v horní poloze a uklidňující délky před průtokoměrem minimálně  $5 \times$  vnitřní průměr průtokoměru (75 mm) a za průtokoměrem  $2 \times$  vnitřní průměr průtokoměru (75 mm). Průtokoměr byl chráněn proti vniknutí nečistot obsažených ve vodě stávajícím filtrem na přívodu vody.



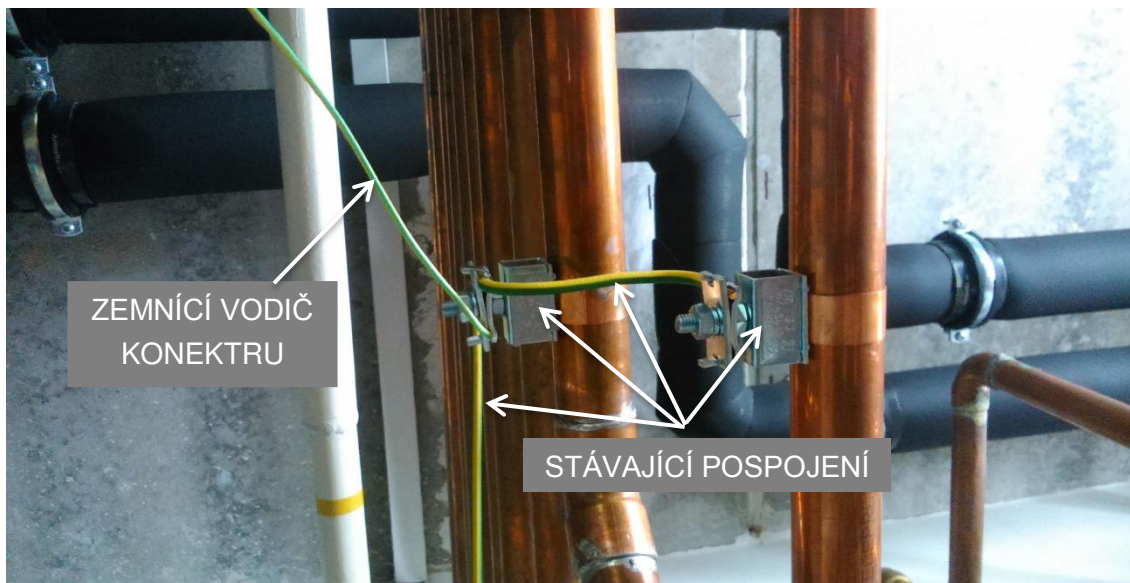
Obr. 27: Umístění měřícího zařízení (AB)

## Průběh měření

Před začátkem měření bylo nutné určit správnost měřených hodnot. Podle výrobce snímač vykazuje v případě nulového průtoku určitou minimální hodnotu průtoku. Po připojení konektoru snímače průtoku do měřicího přístroje se tato informace potvrdila. Zobrazovaná hodnota při nulovém průtoku vody byla 0,1 l/min. Nulový průtok vody byl zajištěn uzavřením rozvodu vody k zařizovacím předmětům a také potvrzen sériově osazeným stávajícím vodoměrem. Následně bylo provedeno nastavení výchozí (nulové) hodnoty dataloggeru tak, aby při nulovém průtoku byla zobrazována a zaznamenávána hodnota 0,00 l/min. Při vyhodnocování byla hodnota 0,1 l/min připočítávána v případě, že byla zaznamenána nenulová hodnota průtoku. Toto opatření bylo možné provést díky tomu, že při napouštění splachovacích nádržek je výrazně vyšší průtok vody než 0,1 l/min. Následně bylo provedeno zkušební měření, při kterém se z jednoho rohového ventilu pro připojení WC odebralo určité množství vody. Zaznamenaná data ze zkušebního měření byla přenesena do PC a z nich bylo určeno množství spotřebované vody. Toto množství se s minimální odchylkou shodovalo s množstvím vody zkušebně odebrané a také s hodnotou odečtenou ze sériově osazeného vodoměru. Vzhledem k době měření bylo nutné připojit měřicí zařízení k elektrické síti. Po připojení napájecího konektoru k datologgeru došlo k zobrazení nepravdivé hodnoty průtoku, která se i při nulovém průtoku držela na hodnotě přes 5 l/min. Tato situace byla vyřešena přizemněním konektoru snímače průtoku. Konektor byl vybaven vlastním vodičem pro pospojení. Tento vodič byl připojen k jižpospojenému rozvodu vytápění. Po počátečním procesu určení správnosti měřených hodnot bylo možné začít se samotným měřením.



Obr. 28: Zapojení dataloggeru (AB)



Obr. 29: Pospojení konektoru snímače průtoku (AB)

V průběhu měření byla namátkově kontrolována funkčnost měřícího zařízení a také muselo být provedeno stažení zaznamenaných dat a uvolnění paměti dataloggeru z důvodu nedostatečné velikosti jeho vnitřní paměti a absenci externího paměťového zařízení.

### **Vyhodnocení dat**

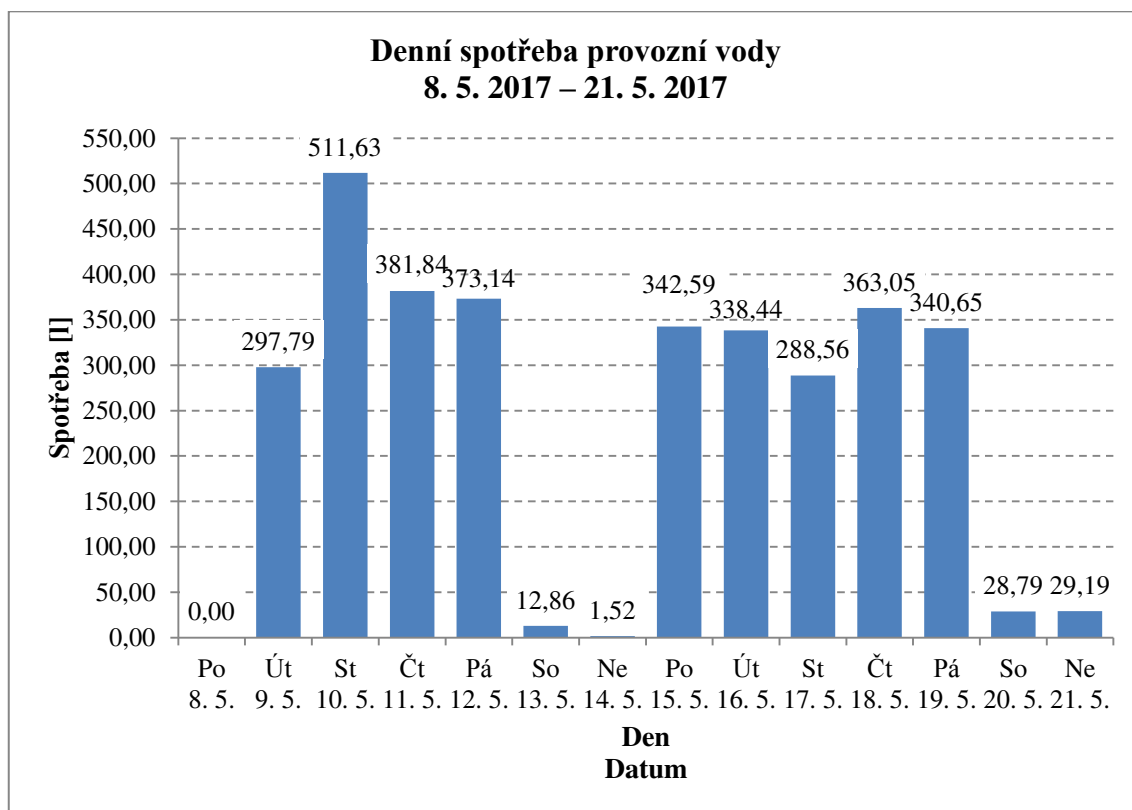
Pro vyhodnocení dat muselo být provedeno nejdříve jejich stažení do PC. Stahování probíhalo pomocí softwaru AMR Control 5.15. Po stažení byla data zpracována pomocí softwaru Microsoft Excel. Jak již bylo uvedeno, při zpracování dat bylo nejprve nutné k nenulovým hodnotám přičíst hodnotu 0,1 l/min. Poté se provedl převod hodnot z l/min na l/s. Spotřeba vody je rovná součtu hodnot průtoku v l/s za daný čas.

#### *Spotřeba provozní vody denní a celková*

Spotřeba provozní vody v daném objektu v měřeném období je zpracována v následující tabulce a je doplněna příslušným grafem. Můžeme zde vidět nulovou spotřebu v pondělí 8. 5. 2017, kdy se jednalo o státní svátek a naopak určitou spotřebu vody i o víkendových dnech. Dnem s nejvyšší spotřebou byla středa 10. 5. 2017 a nejnižší spotřeba v pracovní den byla ve středu 17. 5. 2017. Minimální spotřeba vody v pracovní den byla na 56 % spotřeby maximální.

Den	Týden					
	8. 5. 2017 – 14. 5. 2017			15. 5. 2017 – 21. 5. 2017		
	Datum	Denní spotřeba [l]	Týdenní spotřeba [l]	Datum	Denní spotřeba [l]	Týdenní spotřeba [l]
Pondělí	8. 5.	0,00	1 578,80	15. 5.	342,59	1 731,26
Úterý	9. 5.	297,80		16. 5.	338,44	
Středa	10. 5.	511,63		17. 5.	288,56	
Čtvrtek	11. 5.	381,84		18. 5.	363,05	
Pátek	12. 5.	373,14		19. 5.	340,65	
Sobota	13. 5.	12,86		20. 5.	28,79	
Neděle	14. 5.	1,52		21. 5.	29,19	
<b>Průměrná denní spotřeba v pracovních dnech [l]</b>						<b>359,74</b>
<b>Spotřeba v pracovních dnech [l]</b>						<b>3 237,70</b>
<b>Celková spotřeba [l]</b>						<b>3 310,06</b>

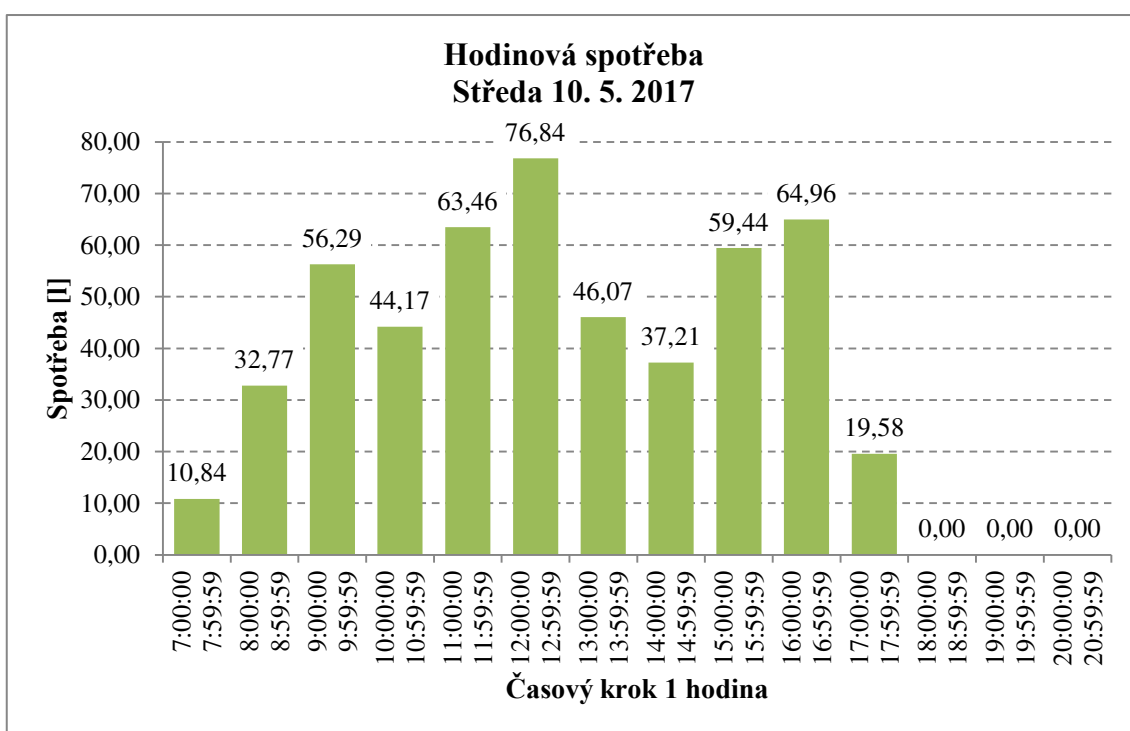
Tab. 13: Měřená spotřeba provozní vody (AB)



Graf 2: Denní spotřeba provozní vody (AB)

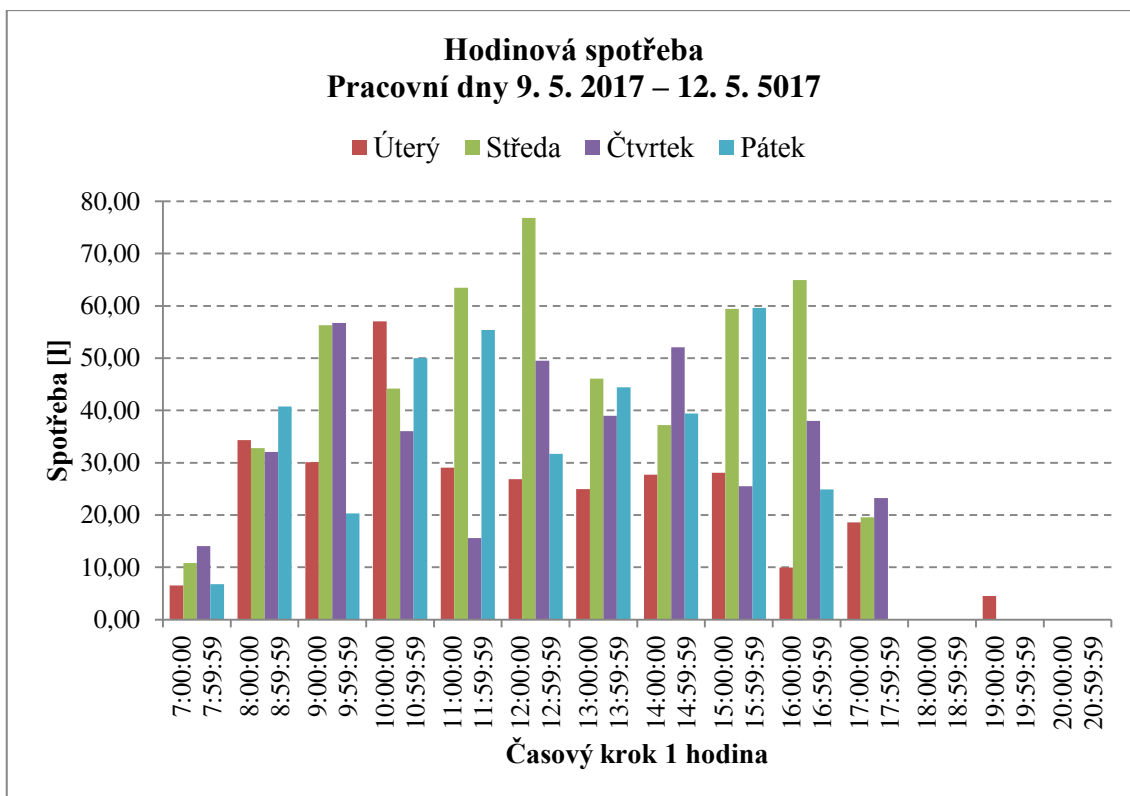
### Spotřeba provozní vody hodinová

Hodinová spotřeba provozní vody je znázorněna v následujících grafech. Grafy jsou řazeny od spotřeby ve vybraný den, přes zobrazení spotřeb ve všech pracovních dnech daného týdnu a průměrnou spotřebu v příslušný týden, po průměrnou spotřebu v pracovní dny za celý měřený časový úsek. V jednodenním průběhu je zobrazen den s maximální hodinovou spotřebou v době měření. Na grafech je možné pozorovat, jak se s množstvím započítaných dnů postupně vyrovnává hodnota hodinové spotřeby vody v době mezi posledními přicházejícími a prvními odcházejícími osobami a tím také grafy potvrzují postupný příchod a odchod osob.

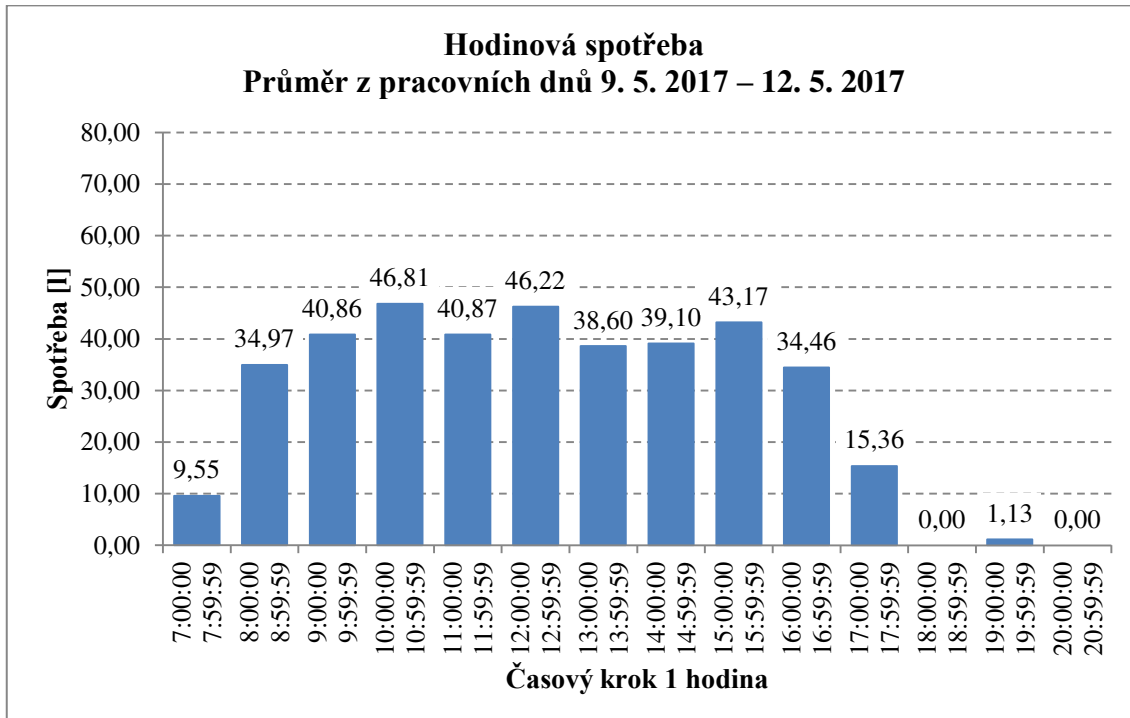


Graf 3: Hodinová spotřeba, vybraný den (AB)

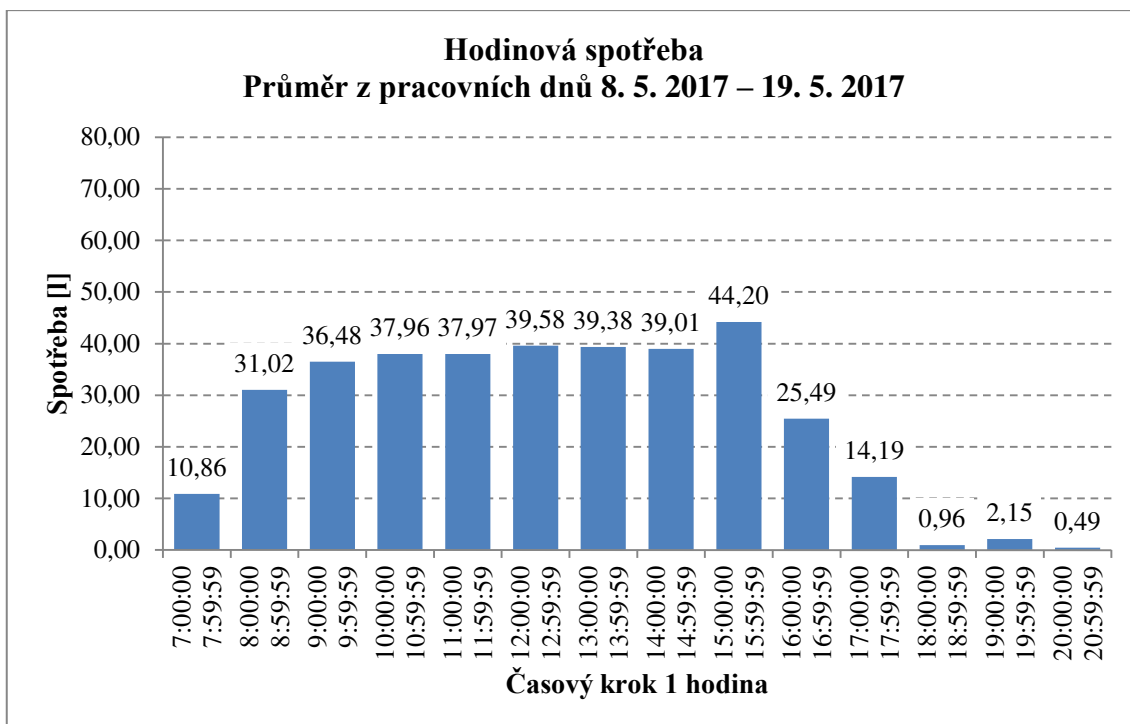




Graf 4: Hodinová spotřeba, vybraný týden (AB)



Graf 5: Hodinová spotřeba, průměr pro týden (AB)



Graf 6: Hodinová spotřeba, průměr pro dva týdny (AB)

#### *Spotřeba provozní vody na osobu*

Spotřeba provozní vody na osobu je omezena na pracovní dny. Jak již bylo uvedeno výše, její spotřeba v těchto dnech byla **3 237,70 l**. Počet přítomných osob v jednotlivých dnech byl proměnlivý, celkový počet za dobu měření byl **172 osob**. Spotřeba provozní vody na osobu je určena jako podíl spotřebované vody a počtu osob. Výsledná hodnota je **18,81 l/os.**

Dle DIN 1989-1 je denní potřeba vody pro splachování toalet v administrativních budovách **12 l/os.**

Nádržkové splachovače instalované v objektu umožňují splachování třemi nebo šesti litry. Potřeba vody podle vztahů a tabulek uvedených na tzb-info.cz v článku „Využití šedých a srážkových vod v budovách“ se vypočítá denní potřeba vody pro splachování v budovách s nádržkovými splachovači pro velké a malé spláchnutí následujícím způsobem:

$$q_{wc} = q_o \times p \quad [l] \qquad q_o = \frac{q_v + 2 \times q_m}{3} \quad [l]$$

Kde:  $q_o$  je splachovací objem [l],

$p$  je počet použitých záchodové mísy jednou osobou během dne [l],

$q_v$  je objem vody při velkém spláchnutí [l]

$q_m$  objem vody při malém spláchnutí [l].

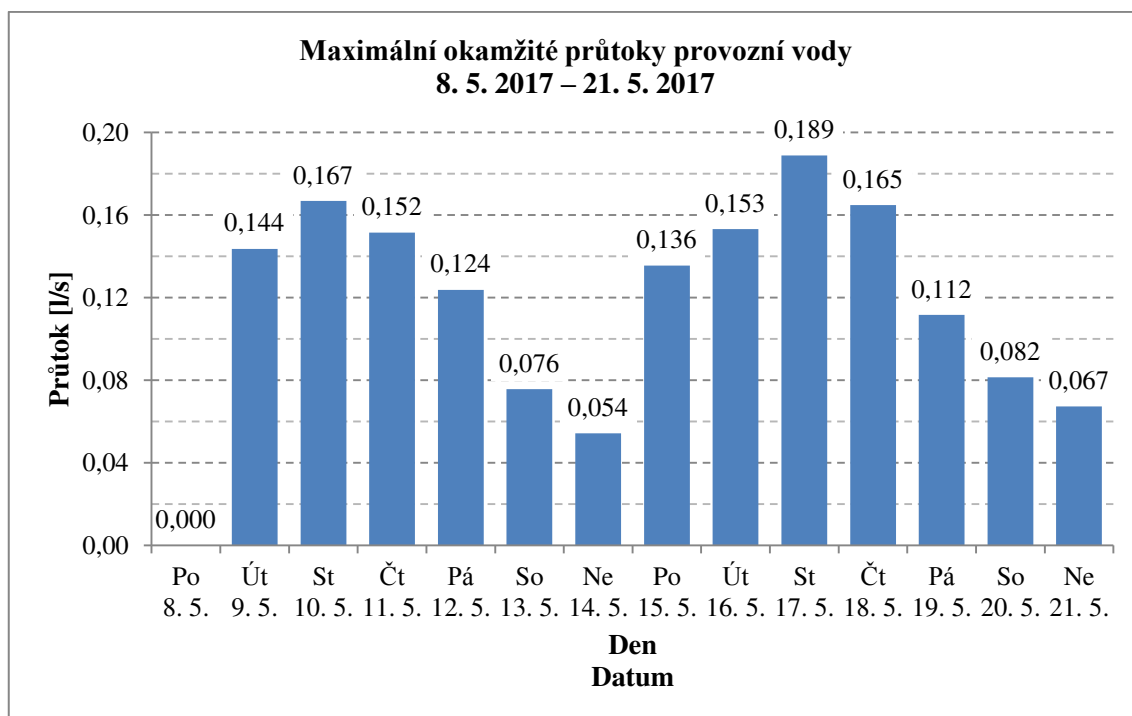
$$q_{wc} = q_o \times p = 4 \times 4 = \mathbf{16 \text{ l}}$$

$$q_o = \frac{q_v + 2 \times q_m}{3} = \frac{6 + 2 \times 3}{3} = \mathbf{4 \text{ l}}$$

V obou případech je spotřeba vody vyšší než měřená. Důvodem toho může být fakt, že není možné zajistit, aby byly využívány i malé dávky splachování. Dále může tuto hodnotu ovlivňovat doba, po kterou je počítáno využití budovy. V normových hodnotách se počítá s 8 hodinami. Naproti tomu měření prokázalo, že budova je využívána i 12 hodin denně.

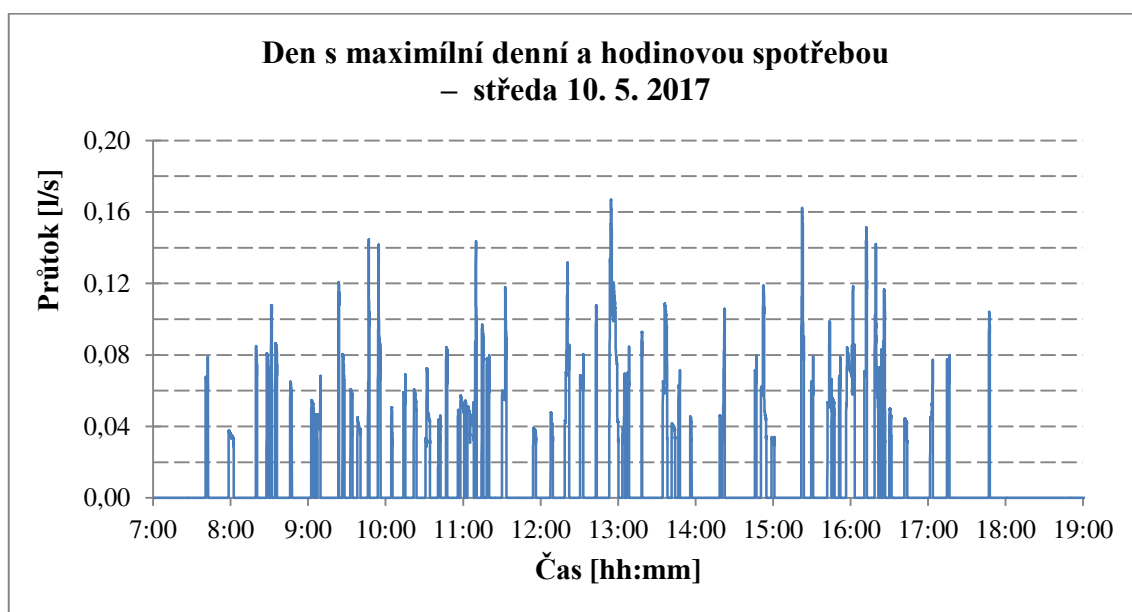
#### *Maximální okamžitý a kontinuální průtok provozní vody v průběhu dne*

Maximální okamžité průtoky v jednotlivých dnech jsou zobrazeny v následujícím grafu. Při výpočtu vodovodu dle ČSN 75 5455 se pro WC počítá s hodnotami jmenovitého průtoku pro administrativní objekty a objekty s využitím provozní vody 0,2 l/s. Měření prokazuje, že při průtoku po použití pouze jednoho splachovače není hodnota 0,2 l/s v budově dosaženo. Tato skutečnost může vzniknout nesprávným (nizkým) nastavením zapínacího tlaku ATČS. Dále by to mohlo být způsobeno neúplným otevřením rohového ventilu pro připojení nádržkového splachovače. Minimální hodnota je ale stále v toleranci produktové normy, kde je pro napouštěcí plovákový ventil stanoven průtok v rozmezí 0,05 – 0,2 l/s.

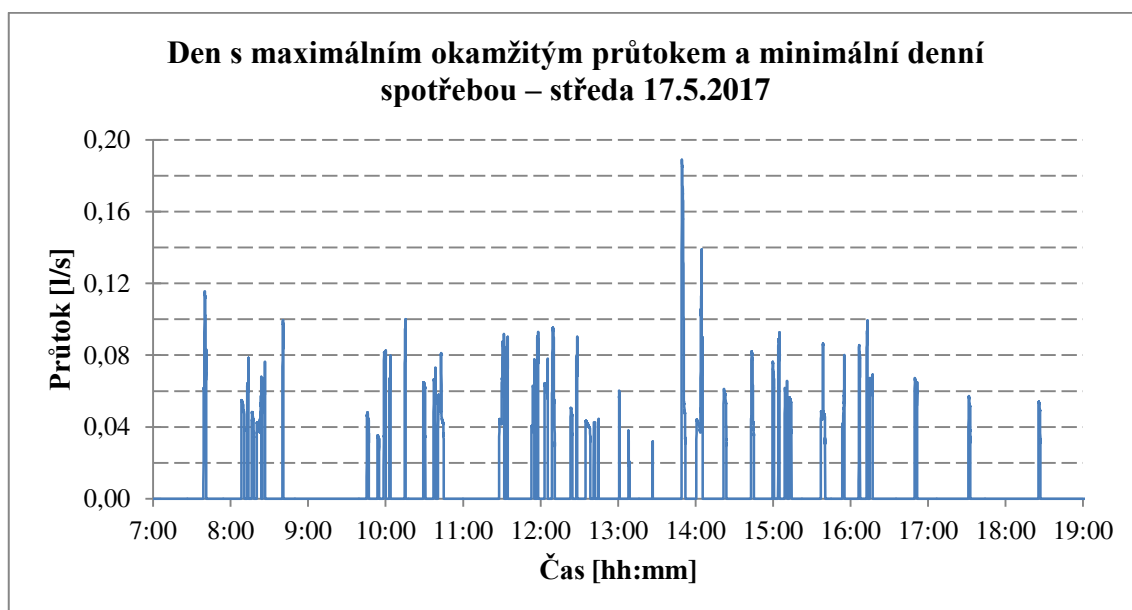


Graf 7: Maximální okamžité průtoky provozní vody (AB)

Pro zobrazení kontinuálního průtoku byl vybrán pracovní den s maximální denní spotřebou (středa 10. 5. 2017). Tento den byl zároveň dnem s maximální hodinovou spotřebou. Dále byl vybrán den s maximálním okamžitým průtokem provozní vody (středa 17. 5. 2017). Den s maximálním okamžitým průtokem byl zároveň den s minimální denní spotřebou provozní vody.



Graf 8:Kontinuální zobrazení průtoku 1 (AB)



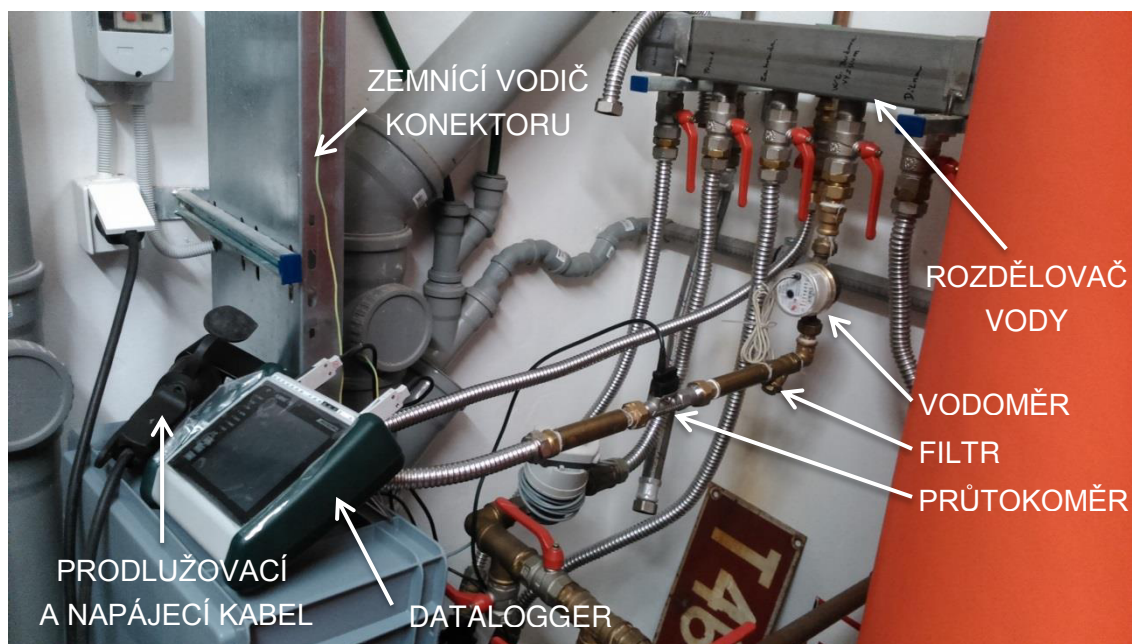
Graf 9: Kontinuální zobrazení průtoku 2 (AB)

### A.4.2.3 Spotřeba provozní vody ve Výzkumném a vývojovém centru

V budově Výzkumného a vývojového centra je provozní voda využívána rovněž pro splachování WC. Měření probíhalo po dobu dvou týdnů a to od 3. 6. 2017 do 16. 6. 2017. V pracovních dnech začínali pracovníci přicházet průběžně od 6:00 a odcházet od 14:00. Stejně jako u předchozí budovy měl záznam aktuálního průtoku časový krok 1 vteřina. Na rozvod provozní vody je v této budově napojeno 7 nádržkových splachovačů a 1 pisoár.

#### Umístění a osazení měřícího zařízení

Měřící zařízení bylo umístěno v technické místnosti pro tuto budovu. Montáž a demontáž průtokoměru provedla firma E S L. Při montáži byly dodrženy podmínky výrobce pro osazení průtokoměru a to jeho pozice se snímačem v horní poloze a uklidňující délky před průtokoměrem minimálně  $5 \times$  vnitřní průměr průtokoměru (75 mm) a za průtokoměrem  $2 \times$  vnitřní průměr průtokoměru (30 mm). Průtokoměr byl chráněn proti vniknutí nečistot obsažených ve vodě filtrem.



Obr. 30: Umístění měřícího zařízení (VaVC)

#### Průběh měření

Před začátkem měření bylo nutné určit správnost měřených hodnot. Nastavení nulové hodnoty průtoku bylo zachováno z měření v Administrativní budově. Zkušební měření bylo provedeno stejným způsobem, jako v předchozím případě. Z jednoho rohového ventilu pro připojení WC se odebralo určité množství vody. Při tomto odběru probíhal záznam dat průtoku vody. Tato data byla následně přenesena do PC a byl z nich vypočten objem odebrané vody. Objem odebrané vody se s minimální odchylkou shodoval s objemem vody zkušebně odebrané a také s hodnotou odečtenou ze sériově

osazeného vodoměru. Pro zobrazování správných hodnot při připojení dataloggeru k elektrické síti byl konektor pospojen se stávajícím již pospojeným žlabem pro vedení elektroinstalace. Po počáteční kontrole a určení správnosti měřených hodnot bylo možné začít se samotným měřením.



Obr. 31: Zapojení dataloggeru (VaVC)

V průběhu měření byla namátkově kontrolována funkčnost měřícího zařízení a také muselo být provedeno stažení zaznamenaných dat a uvolnění paměti dataloggeru z důvodu nedostatečné velikosti jeho vnitřní paměti a absenci externího paměťového zařízení.

### **Vyhodnocení dat**

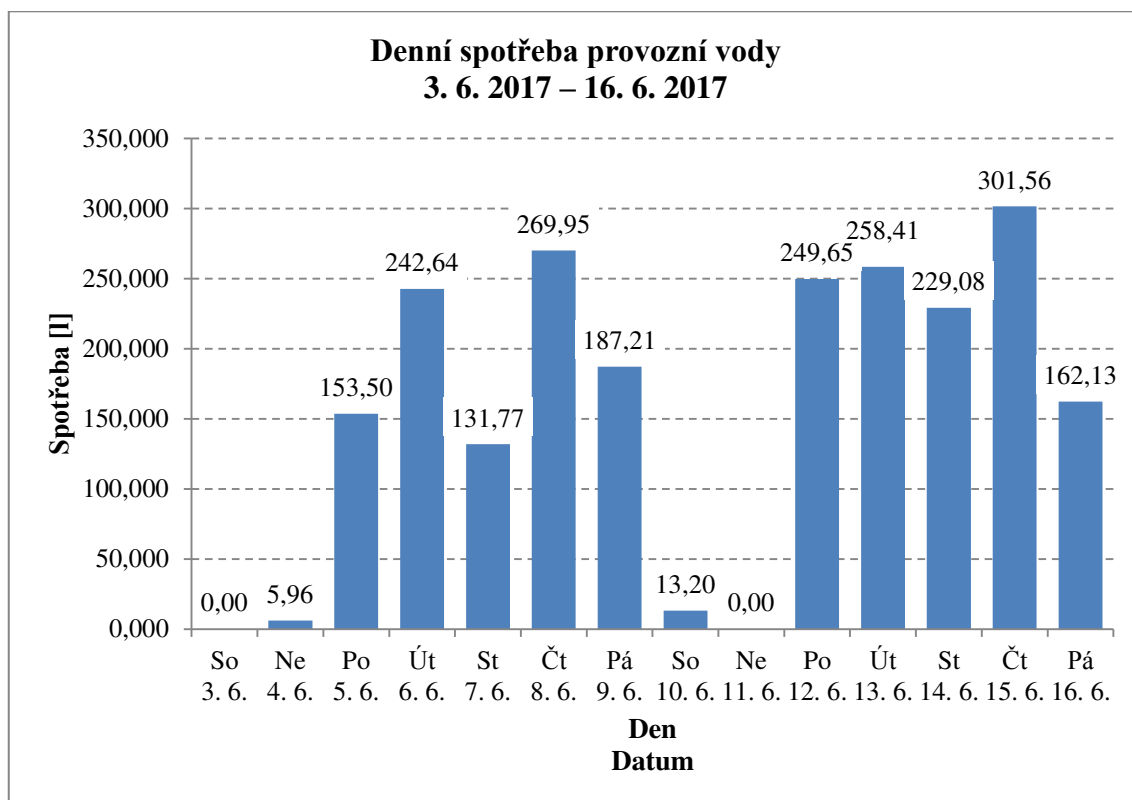
Zpracování dat probíhalo stejným způsobem jako u Administrativní budovy.

#### *Spotřeba provozní vody denní a celková*

Spotřeba provozní vody v daném objektu v měřeném období je zpracována v následující tabulce a je doplněna příslušným grafem. Můžeme zde vidět, že maximální spotřeba provozní vody v tomto objektu byla ve čtvrtek 15. 6. 2017 a minimální spotřeba pro pracovní den byla ve středu 7. 6. 2017. Minimální spotřeba vody v pracovní den byla na 44 % spotřeby maximální. Dále si zde můžeme všimnout určité spotřeby i o některých víkendových dnech.

Den	Týden					
	3. 6. 2017 – 9. 6. 2017			10. 6. 2017 – 16. 6. 2017		
	Datum	Denní spotřeba [l]	Týdenní spotřeba [l]	Datum	Denní spotřeba [l]	Týdenní spotřeba [l]
Sobota	3. 6.	0,00	991,02	10. 6.	13,20	1 214,03
Neděle	4. 6.	5,96		11. 6.	0,00	
Pondělí	5. 6.	153,50		12. 6.	249,65	
Úterý	6. 6.	242,64		13. 6.	258,41	
Středa	7. 6.	131,77		14. 6.	229,08	
Čtvrtek	8. 6.	269,95		15. 6.	301,56	
Pátek	9. 6.	187,21		16. 6.	162,13	
<b>Průměrná denní spotřeba v pracovních dnech [l]</b>						<b>218,59</b>
<b>Spotřeba v pracovních dnech [l]</b>						<b>2 185,89</b>
<b>Celková spotřeba [l]</b>						<b>2 205,051</b>

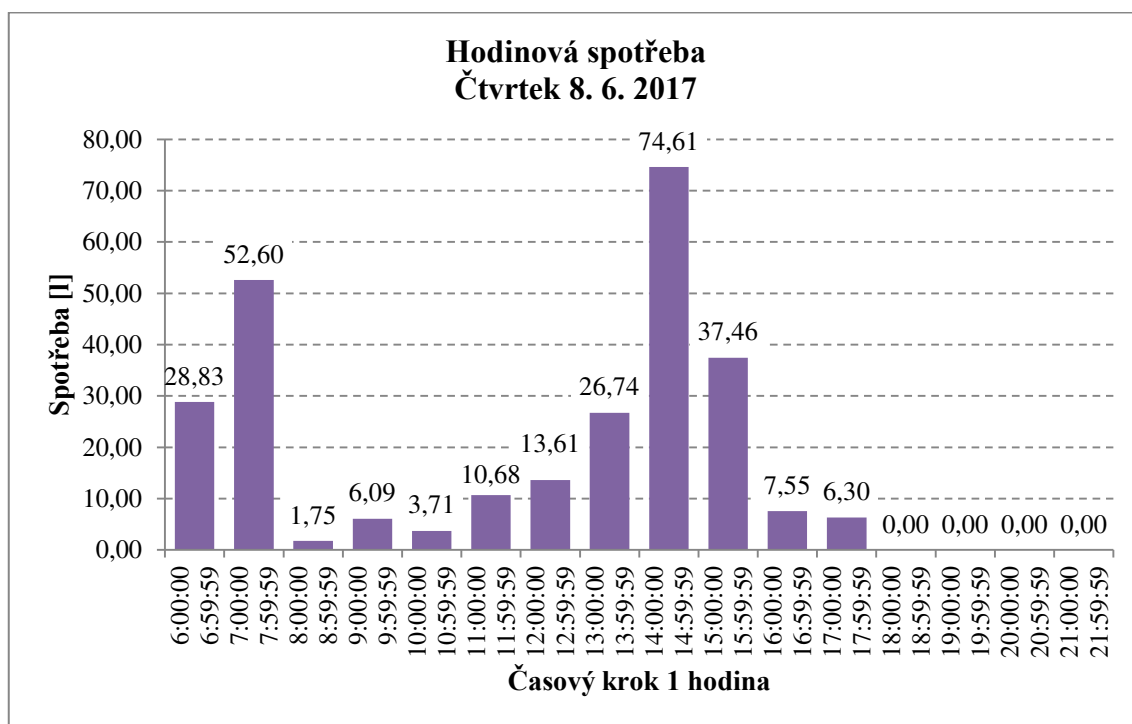
Tab. 14: Měřená spotřeba provozní vody (VaVC)



Graf 10: Denní spotřeba provozní vody (VaVC)

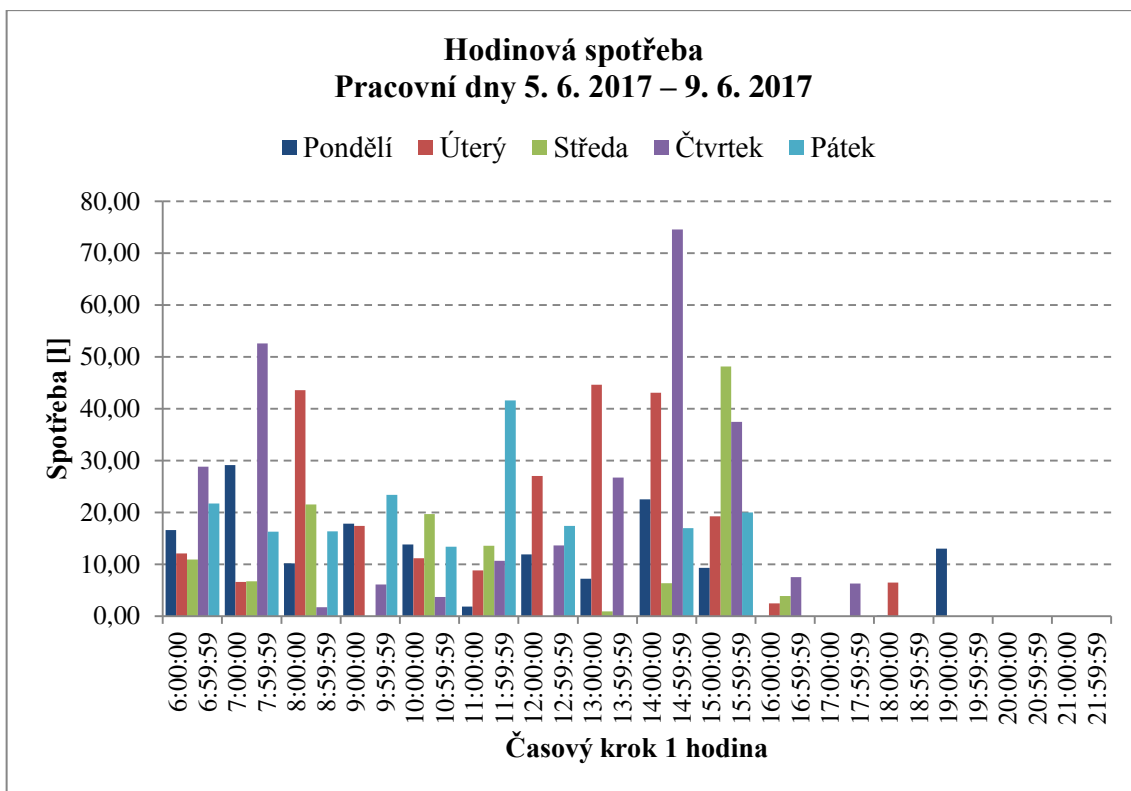
### Spotřeba provozní vody hodinová

Hodinová spotřeba provozní vody je znázorněna v následujících grafech. Grafy jsou řazeny od spotřeby ve vybraný den, přes zobrazení spotřeb ve všech pracovních dnech daného týdnu a průměrnou spotřebu v příslušný týden, po průměrnou spotřebu v pracovní dny za celý měřený časový úsek. V jednodenním průběhu je zobrazen den s maximální hodinovou spotřebou v době měření. Na grafech je možné pozorovat, rozdílný průběh spotřeby během dne oproti Administrativní budově. U administrativní budovy docházelo při zvyšování počtu započítaných dnů k vyrovnávání průměrné hodinové spotřeby. U této budovy můžeme vidět, že i při zvyšování počtu započítaných dnů spotřeba kopíruje přibližně stejnou křivku, která má dvě významná maxima. Tato maxima jsou dána charakterem využití budovy. Jsou zde pouze dvě kanceláře, které by mohly vytvářet rovnoměrnou spotřebu a tak převládají špičky při příchodu a odchodu dílenských pracovníků a montážních pracovníků.

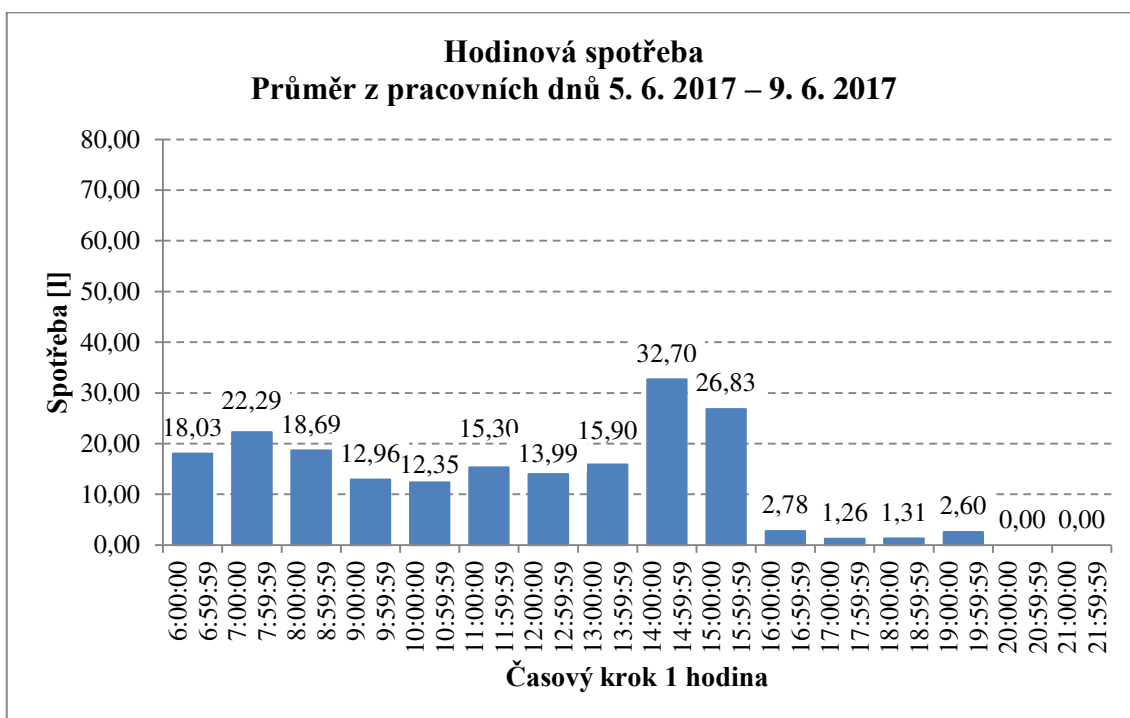


Graf 11: Hodinová spotřeba, vybraný den (VaVC)

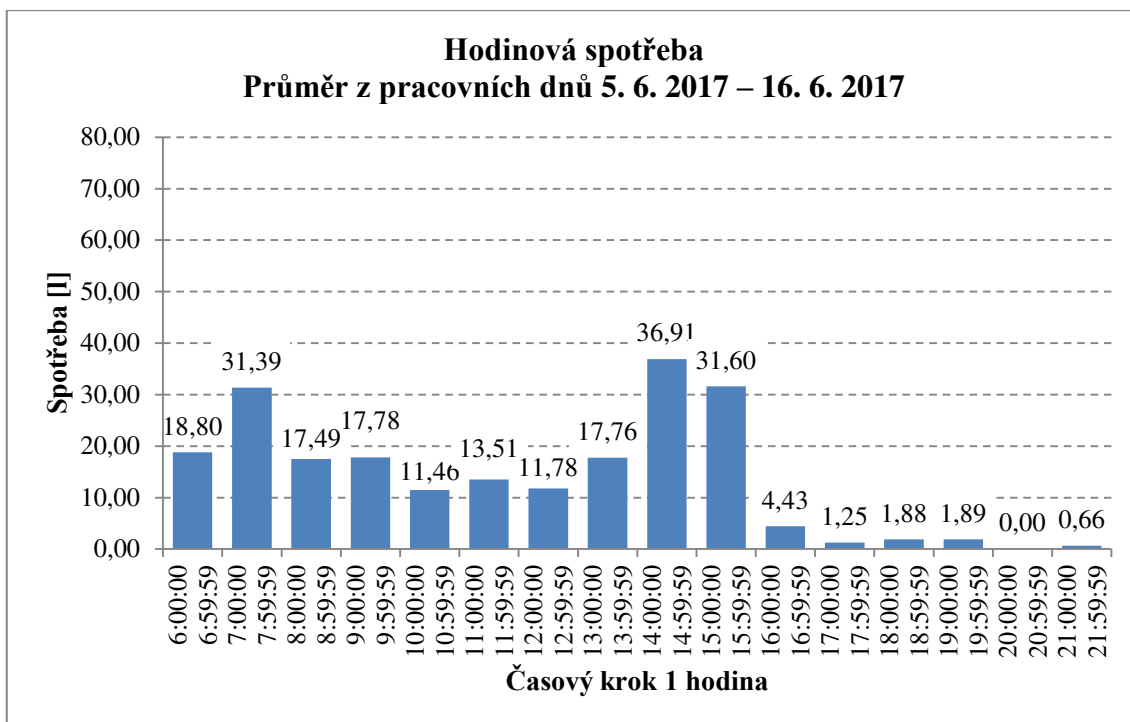




Graf 12: Hodinová spotřeba, vybraný týden (VaVC)



Graf 13: Hodinová spotřeba, průměr pro týden (VaVC)



Graf 14: Hodinová spotřeba, průměr pro dva týdny (VaVC)

#### *Spotřeba provozní vody na osobu*

Spotřeba provozní vody na osobu je opět omezena na pracovní dny. V tabulce, která byla uvedena dříve, je uvedena hodnota spotřeby vody pro tyto dny **2 185,89**. Počet přítomných osob v jednotlivých dnech byl proměnlivý, celkový počet za dobu měření byl **132 osob**. Spotřeba provozní vody na osobu je určena jako podíl spotřebované vody a počtu osob. Výsledná hodnota je **16,56 l/os**.

Dle DIN 1989-1 je denní potřeba vody pro splachování toalet v administrativních budovách **12 l/os**.

Nádržkové splachovače instalované v objektu umožňují splachování třemi nebo šesti litry. Potřeba vody podle vztahů a tabulek uvedených na tzb-info.cz v článku „Využití šedých a srážkových vod v budovách“ se vypočítá denní potřeba vody pro splachování v budovách s nádržkovými splachovači pro velké a malé spláchnutí stejným způsobem, který byl uveden u Administrativní budovy.

$$q_{wc} = q_o \times p = 4 \times 4 = \mathbf{16 \text{ l}}$$

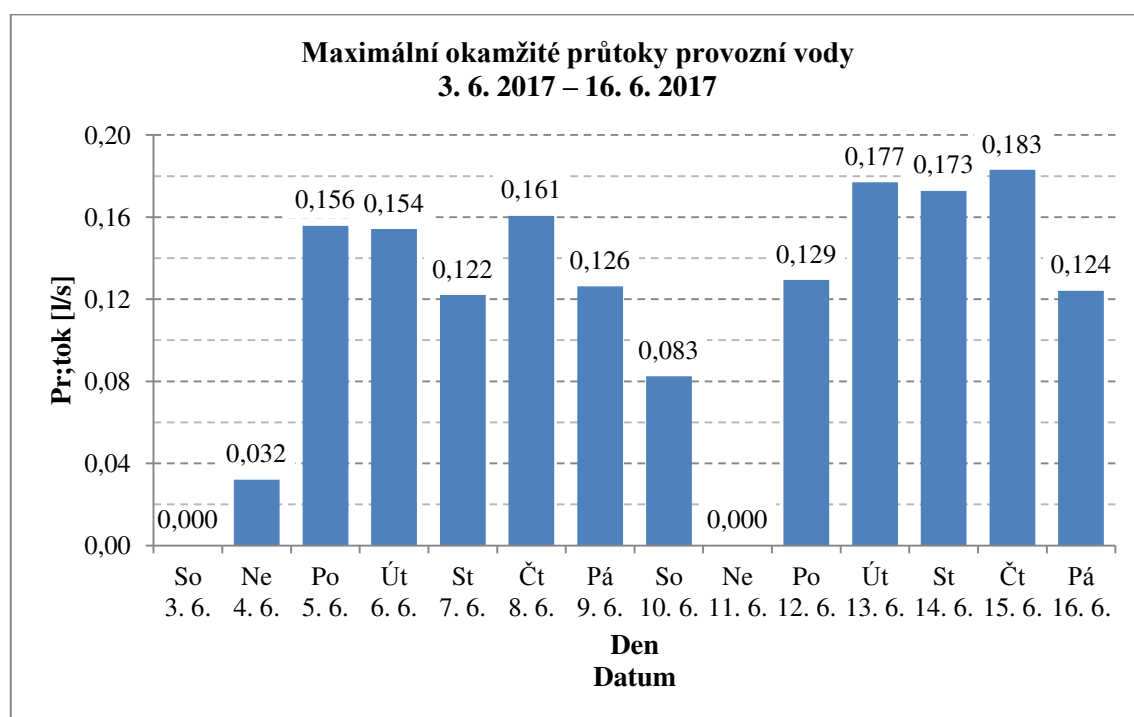
$$q_o = \frac{q_v + 2 \times q_m}{3} = \frac{6 + 2 \times 3}{3} = \mathbf{4 \text{ l}}$$

Při porovnání vypočítané průměrné spotřeby na osobu z měření s DIN 1989-1 je opět měřená spotřeba vyšší. Tato skutečnost může být důsledkem toho, že v normových hodnotách se počítá s 8 hodinami. Naproti tomu měření prokázalo, že budova je využívána i 12 hodin denně.

Pokud porovnáme vypočítanou průměrnou spotřebu na osobu z měření s výpočtem podle vztahů dostupných na tzb-info.cz, zjistíme, že hodnoty jsou téměř totožné.

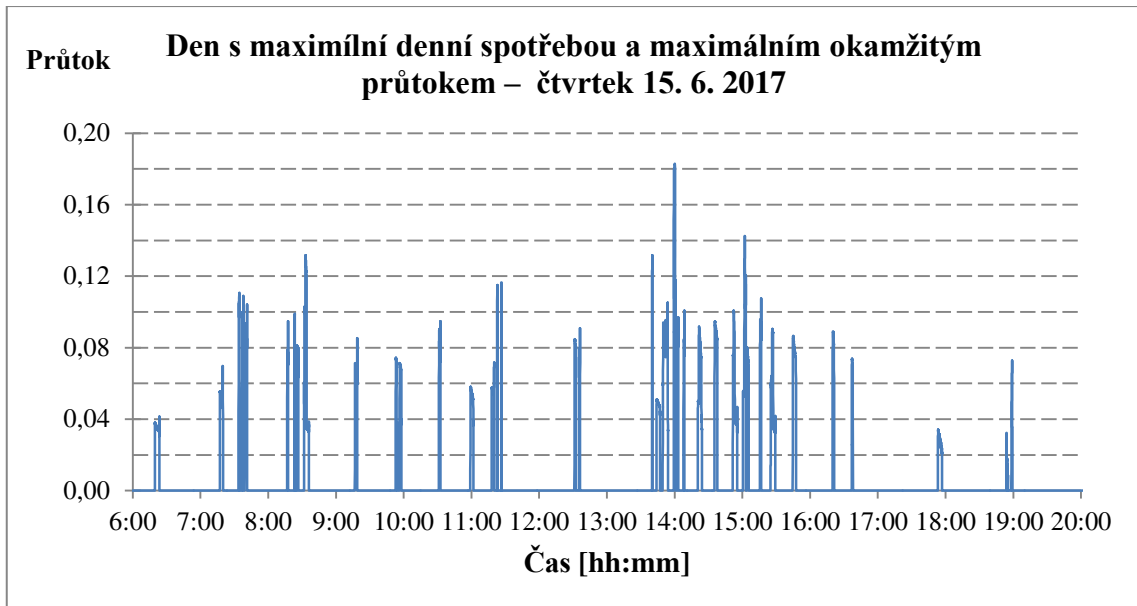
#### *Maximální okamžitý a kontinuální průtok provozní vody v průběhu dne*

Maximální okamžité průtoky v jednotlivých dnech jsou zobrazeny v následujícím grafu. Při výpočtu vodovodu dle ČSN 75 5455 se pro WC počítá s hodnotami jmenovitého průtoku pro administrativní objekty a objekty s využitím provozní vody 0,2 l/s. Měření prokazuje, že při průtoku po použití pouze jednoho splachovače není hodnota 0,2 l/s v budově dosaženo. Tato skutečnost může vzniknout nesprávným (nizkým) nastavením zapínacího tlaku ATČS. Dále by to mohlo být způsobeno neúplným otevřením rohového ventilu pro připojení nádržkového splachovače. Minimální hodnota 0,032 l/s je mimo toleranci produktové normy, kde je pro napouštěcí plovákový ventil stanoven průtok v rozmezí 0,05 – 0,2 l/s.

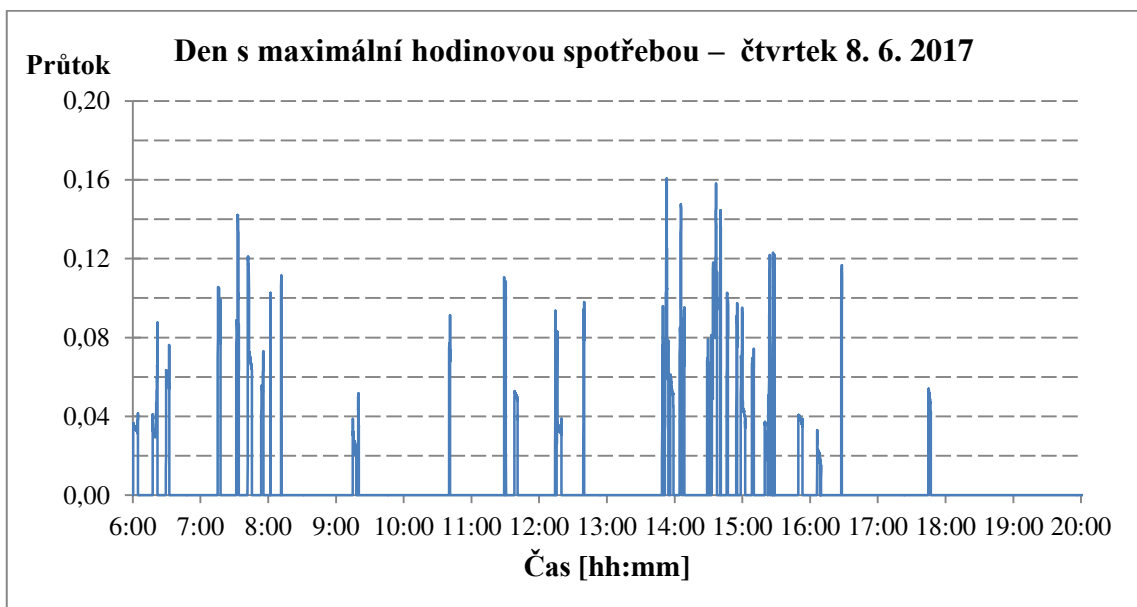


Graf 15: Maximální okamžité průtoky provozní vody (VaVC)

Pro zobrazení kontinuálního průtoku byl vybrán pracovní den s maximální denní spotřebou (čtvrtek 15. 6. 2017). Tento den byl zároveň dnem s maximálním okamžitým průtokem provozní vody. Dále byl vybrán den s maximální hodinovou spotřebou provozní vody (čtvrtek 8. 6. 2017). V tento den byla naměřena druhá nejvyšší spotřeba vody.



Graf 16: Kontinuální zobrazení průtoku 1 (VaVC)



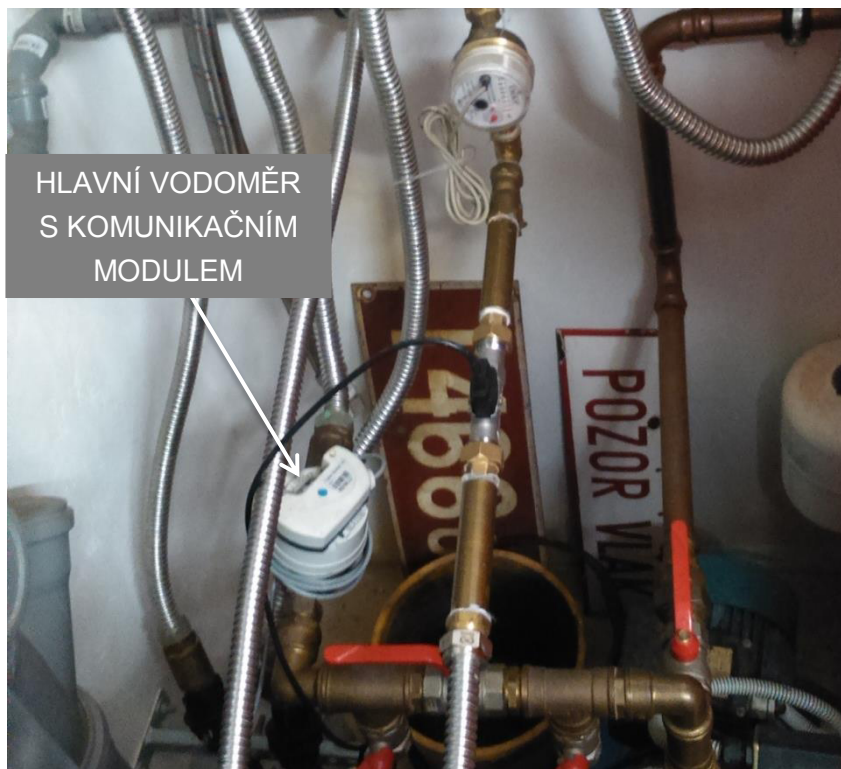
Graf 17: Kontinuální zobrazení průtoku 2 (VaVC)

#### A.4.2.4 Spotřeba provozní vody v celém areálu

Měření spotřeby provozní vody probíhá v areálu nepřetržitě. Hodnoty pro diplomovou práci byly průběžně ukládány po dobu 7 měsíců a to od 19. 5. 2017 do 15. 12. 2017. Každý den byla hodnota zaznamenána v 0:00 hod. Na rozvod provozní vody je v areálu napojeno celkem 18 nádržkových splachovačů a 1 pisoár. Dále jsou v areálu 3 výtokové armatury využitelné pro zavlažování, popřípadě pro jiné použití.

##### Umístění měřícího zařízení

Pro kontrolu spotřeby provozní vody jsou v systému v různých částech instalovány vodoměry. Umístění podružných vodoměrů již bylo představeno v předchozích částech. Hlavní vodoměr pro kontrolu spotřeby provozní vody je umístěn v technické místnosti pro budovu Výzkumného a vývojového centra.



Obr. 32: Umístění hlavního vodoměru provozní vody

##### Vyhodnocení dat

Data byla zaznamenávána řídicím systémem AMiT pomocí softwaru ViewDet. Pro vyhodnocení dat muselo být provedeno nejdříve jejich stažení do PC. Stahování probíhalo ze softwaru ViewDet. Po stažení byla data zpracována pomocí softwaru Microsoft Excel.

*Spotřeba provozní vody celého areálu v jednotlivé dny*

V následující tabulce je zobrazena spotřeba vody v jednotlivých dnech. Modrý pruh v buňce tabulky znázorňuje poměr příslušné hodnoty a maximální hodnoty v době záznamu.

Den	Spotřeba [l]							
	Měsíc							
	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
1.	–	573,24	25,39	775,39	439,94	33,69	526,86	548,83
2.	–	596,44	47,12	599,61	2,93	494,14	641,11	13,67
3.	–	0,00	583,25	684,08	0,00	562,99	668,95	9,28
4.	–	297,36	402,10	505,86	639,65	682,13	178,71	632,81
5.	–	537,11	19,53	14,16	582,03	598,63	109,86	502,93
6.	–	637,94	0,00	3,91	619,14	562,50	663,57	549,32
7.	–	603,52	160,64	713,87	624,02	0,00	510,74	505,86
8.	–	615,97	12,45	550,29	488,28	0,00	604,49	449,71
9.	–	532,47	12,21	543,95	6,35	515,14	600,10	0,00
10.	–	12,45	673,34	472,66	30,27	672,36	631,35	13,18
11.	–	16,11	583,25	498,05	618,65	643,55	2,44	531,74
12.	–	797,85	521,24	113,28	670,41	716,31	38,57	538,09
13.	–	753,42	596,68	57,62	513,67	644,04	815,43	493,16
14.	–	712,16	570,07	602,54	563,51	76,17	921,88	585,94
15.	–	614,75	78,86	601,07	3471,68	8,79	564,94	593,75
16.	–	424,80	39,06	1244,14	5603,52	537,11	627,93	–
17.	–	19,53	527,34	523,44	5063,97	654,79	1967,29	–
18.	–	197,02	1477,05	612,79	2249,02	598,63	58,59	–
19.	660,16	508,30	709,47	44,92	551,76	571,29	0,00	–
20.	120,61	552,98	1531,74	4,39	646,00	691,41	1419,92	–
21.	28,08	955,81	515,14	488,28	529,30	99,12	671,88	–
22.	678,71	793,21	79,10	487,79	621,09	92,29	537,11	–
23.	846,19	583,98	68,85	450,68	29,30	656,74	509,77	–
24.	998,78	46,39	638,67	533,20	23,93	602,54	529,79	–
25.	805,91	173,34	674,32	1019,04	681,15	623,54	45,41	–
26.	582,28	625,98	1062,01	45,41	511,23	721,19	0,00	–
27.	19,53	875,24	674,80	86,43	574,22	572,75	629,88	–
28.	367,92	689,94	501,95	605,96	14,65	17,58	515,14	–
29.	709,96	864,01	33,69	551,76	161,13	2,93	522,95	–
30.	667,72	477,29	0,00	552,25	20,02	655,27	545,41	–
31.	665,04	–	539,55	486,33	–	500,49	–	–

Tab. 15: Spotřeba provozní vody (dle data)

Můžeme si všimnout vysoké spotřeby ve dnech 15. – 18. září. Podařilo se zachytit protékající nádržkový splachovač. Tato porucha trvala od pátku, přes víkend,

do pondělí. Z víkendových hodnot je možné určit, jaký průtok vody nastal při poruše. Výpočet je proveden následujícím jednoduchým výpočtem:

$$\text{průtok vody} = \frac{\text{spotřebovaná voda [l]}}{\text{doba spotřeby [s]}} = \frac{5603,52 + 5063,97}{2 \times 86400} = \mathbf{0,06 \text{ l/s}}$$

Dále je možné určit průměrné spotřeby pro jednotlivé pracovní a víkendové dny. K tomu je nutné sestavit tabulku spotřeb v příslušných dnech. Pro výpočet byla zvolena referenční hodnota spotřeby vody 700 litrů v pracovních dnech a 100 litrů o víkendových dnech. Tímto množstvím je pokryta předpokládaná spotřeba pouze pro splachování WC. Vyšší hodnoty naznačují dny, kdy byla voda využívána i pro jiné účely, než je splachování, například pro zalévání. V tabulce jsou vyznačeny dny s vyšší spotřebou vody pro pracovní dny červenou barvou a pro víkendové dny modrou barvou.

Měsíc	Spotřeba [l]						
	Den						
	Pondělí	Úterý	Středa	Čtvrtek	Pátek	Sobota	Neděle
Květen	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	660,156	120,606	28,08
	678,71	846,19	998,78	805,91	582,28	19,53	367,92
	709,96	667,72	665,04	–	–	–	–
Červen	–	–	–	573,24	596,44	0,00	297,36
	537,11	637,94	603,52	615,97	532,47	12,45	16,11
	797,85	753,42	712,16	614,75	424,80	19,53	197,02
	508,30	552,98	955,81	793,21	583,98	46,39	173,34
	625,98	875,24	689,94	864,01	477,29	–	–
Červenec	–	–	–	–	–	25,39	47,12
	583,25	402,10	19,53	0,00	160,64	12,45	12,21
	673,34	583,25	521,24	596,68	570,07	78,86	39,06
	527,34	1477,05	709,47	1531,74	515,14	79,10	68,85
	638,67	674,32	1062,01	674,80	501,95	33,69	0,00
	539,55	–	–	–	–	–	–
Srpen	–	775,39	599,61	684,08	505,86	14,16	3,91
	713,87	550,29	543,95	472,66	498,05	113,28	57,62
	602,54	601,07	1244,14	523,44	612,79	44,92	4,39
	488,28	487,79	450,68	533,20	1019,04	45,41	86,43
	605,96	551,76	552,25	486,33	–	–	–

Tab. 16: Tabulka spotřeby vody v jednotlivých dnech

Měsíc	Spotřeba [I]						
	Den						
	Pondělí	Úterý	Středa	Čtvrtek	Pátek	Sobota	Neděle
Září	–	–	–	–	439,94	2,93	0,00
	639,65	582,03	619,14	624,02	488,28	6,35	30,27
	618,65	670,41	513,67	563,51	3471,68	5603,52	5063,97
	2249,02	551,76	646,00	529,30	621,09	29,30	23,93
	681,15	511,23	574,22	14,65	161,13	20,02	–
Říjen	–	–	–	–	–	–	33,69
	494,14	562,99	682,13	598,63	562,50	0,00	0,00
	515,14	672,36	643,55	716,31	644,04	76,17	8,79
	537,11	654,79	598,63	571,29	691,41	99,12	92,29
	656,74	602,54	623,54	721,19	572,75	17,58	2,93
	655,27	500,49	–	–	–	–	–
Listopad	–	–	526,86	641,11	668,95	178,71	109,86
	663,57	510,74	604,49	600,10	631,35	2,44	38,57
	815,43	921,88	564,94	627,93	1967,29	58,59	0,00
	1419,92	671,88	537,11	509,77	529,79	45,41	0,00
	629,88	515,14	522,95	545,41	–	–	–
Prosinec	–	–	–	–	548,83	13,67	9,28
	632,81	502,93	549,32	505,86	449,71	0,00	13,18
	531,74	538,09	493,16	585,94	593,75	–	–
	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–

Tab 16: Tabulka spotřeby vody v jednotlivých dnech (pokračování)



Do výpočtu byly vybírány pouze dny s vypovídající hodnotou spotřeby. Byly vyřazeny sváteční dny, páteční a pondělní dny mezi svátečními a víkendovými dny z důvodu využívání dovolených a také dny, kdy došlo k protékání nádržového splachovače. Pro výpočet byla vytvořena následující tabulka:

Den	Spotřeba [I]					
	do 700 (100) l				nad 700 (100) l	
	Počet započ. dnů	Celkem	Průměr	Průměr všech	Počet započ. dnů	Navýšení průměru všech
Pondělí	25	14898,19	595,93	575,76	27	377,31
Úterý	26	14815,92	569,84			
Středa	24	13820,07	575,84			
Čtvrtek	23	13286,16	577,66			
Pátek	28	15666,75	559,53	26,89	7	174,25
Sobota	28	842,53	30,09			
Neděle	27	639,65	23,69			

Tab. 17: Výpočtová tabulka spotřeby vody

V dalších výpočtech mohou být využívány vypočítané průměrné hodnoty pro typické pracovní dny **575,76 litrů** a víkendové dny **26,89 litrů**. Pro dny se zvýšenou spotřebou pak pro pracovní dny **953,07 litrů** a víkendové dny **201,14 litrů**.

#### *Spotřeba provozní vody v jednotlivých částech areálu*

Pro jednotlivé části areálu byla spotřeba vody za 5 měsíců určena v následující tabulce. Spotřeba administrativní budovy a Výzkumného a vývojového centra byla určena jako rozdíl odečtených hodnot na podružných vodoměrech, celková spotřeba byla určena z příslušných zaznamenaných hodnot z hlavního vodoměru a ostatní spotřeba byla vypočítána odečtením spotřeby jednotlivých budov od celkové spotřeby. Spotřeba celková a spotřeba administrativní budovy je zvýšena díky poruše jednoho nádržkového splachovače o cca **15 180 litrů**.

	Spotřeba [I]			
	Odečteno vodoměr		Měření celkem	Vypočteno ostatní
	Admin. budova	Výzkum. centr.		
2.6.2017	19 188	62 688	<b>81 530</b>	<b>12 236</b>
27.10.2017	67 797	83 373		
<b>Rozdíl</b>	<b>48 609</b>	<b>20 685</b>		

Tab. 18: Spotřeba provozní vody v jednotlivých částech areálu

*Celková spotřeba provozní vody v areálu*

Celková spotřeba provozní vody po dobu měření byla **112 459 litrů**. Pro určení spotřeby provozní vody s vyloučením poruchy nádržkového splachovače byly nahrazeny hodnoty spotřeb při poruše hodnotami vypočtenými pro jednotlivé dny v příslušné tabulce. Tato spotřeba by byla **97 279 litrů**.

### A.4.3 Měření množství akumulované srážkové vody

Pro stálý přehled o zásobách akumulovaných srážkových vod je stávající systém uzpůsoben pro nepřetržitou kontrolu hladiny vody v nádržích. Hodnoty pro diplomovou práci byly průběžně ukládány po dobu 7 měsíců a to od 25. 5. 2017 do 15. 12. 2017. Každý den byla hodnota zaznamenána v 0:00 hod.

#### A.4.3.1 Použitá měřící zařízení

##### Ponorná sonda

Pro kontrolu hladiny akumulované vody jsou ve spodních částech nádrží instalovány ponorné sondy, které snímají hydrostatický tlak vody. Pro měření je využívána membrána s tenzometrickým snímačem.



Obr. 33: Ponorná sonda [12]

##### Vyhodnocení dat

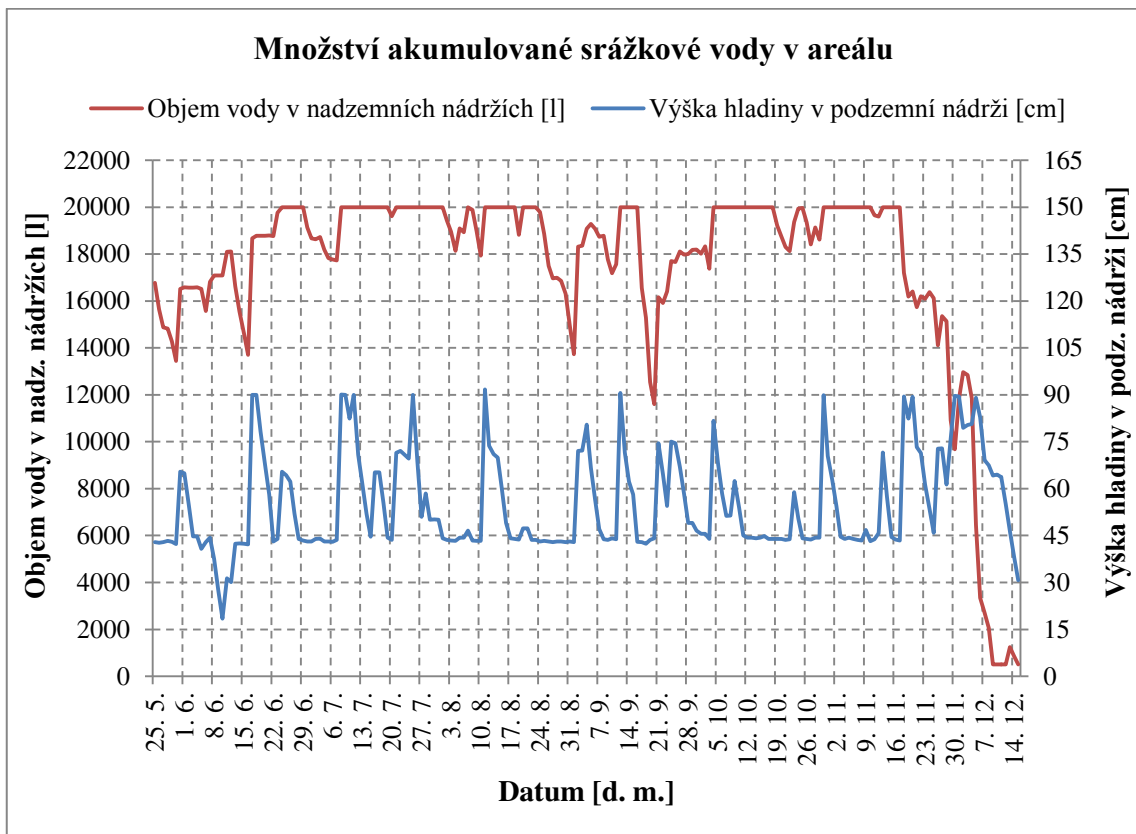
Data byla zaznamenávána řídicím systémem AMiT pomocí softwaru ViewDet. Z rovnice pro hydrostatický tlak, který snímá ponorná sonda, je možné určit hladinu akumulované vody v nádrži. Základní rovnice pro hydrostatický tlak má následující předpis:

$$p = h \times \rho \times g \quad [Pa; \frac{kg}{m \times s^2}] \quad (B.1)$$

Kde: h je výška hladina v akumulární nádrži [m],  
ρ je hustota kapaliny [kg/m<sup>3</sup>],  
g je tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>],

Vzhledem k relativně jednoduchému tvaru sestavy nadzemních nádrží v zadní části areálu software dopočítává z výšky hladiny objem akumulované vody. Maximální objem nádrží je **20 000 litrů**. Z opačného důvodu, tedy kvůli složitosti tvaru, je sledována pouze hladina vody v podzemní nádrži v přední části areálu. Maximální výška hladiny v této nádrži je **90 cm**, která by měla odpovídat **5 000 litrů vody**.

Následující graf zachycuje průběh množství akumulované vody v sestavě nadzemních nádrží a výšky hladiny v nádrži podzemní. Na grafu je možné vidět přepouštění vody z nadzemních nádrží do podzemní, odkud je čerpána voda rozváděná po objektu. Přepouštění je řízeno plovákovým ventilem, který udržuje hladinu v podzemní nádrži na polovině výšky, tedy na 45 cm. Důvodem tohoto řešení je zabezpečení volné kapacity v podzemní nádrži pro situace, kdy dojde ke srážkám. Pokles hladiny pod 45 cm naznačuje uzavřený přívod z nadzemních nádrží. Také můžeme vidět situace, kdy je hladina v podzemní nádrži nad 45 cm, postupně klesá až do této hodnoty a objem v nadzemních nádržích zůstává konstantní. To naznačuje správnou funkci plovákového ventilu. Konstantní hodnoty na maximální úrovni ukazují, kdy docházelo k přetékání akumulčních nádrží. Z konce zaznamenávaného období je patrné, kdy se začaly vypouštět nadzemní nádrže. Části vypouštěné vody se doplnila podzemní nádrž na maximální úroveň. Následně je vidět ubývání zásob z podzemní nádrže.



Graf 18: Množství akumulované srážkové vody v areálu

#### A.4.4 Změna teploty vody v potrubí

Zvyšování teploty vody v rozvodu je nežádoucí. Voda o teplotě 25 – 50 °C vytváří vhodné prostředí pro růst bakterie *Legionella Pneumophila*. Tato bakterie způsobuje Legionářskou nemoc (akutní zápal plic) nebo Pontiackou horečku (chřipkové onemocnění). K nákaze touto bakterií dochází vdechnutím aerosolu kontaminované vody (vzduch s malými kapičkami vody). *Legionella* je nebezpečná pro osoby s oslabenou imunitou. Typickými místy, kde se tato bakterie může rozrůst, jsou stojaté části rozvodu a jeho slepá ramena, ve kterých dochází ke stagnaci vody. Dále se objevuje v biofilmu a úsadách na stěnách potrubí a ohřívačů teplé vody. Při teplotě pod 20 °C se *legionella* nemnoží a při teplotě nad 55 °C umírá. Čím vyšší je teplota vody, tím rychleji bakterie umírají.

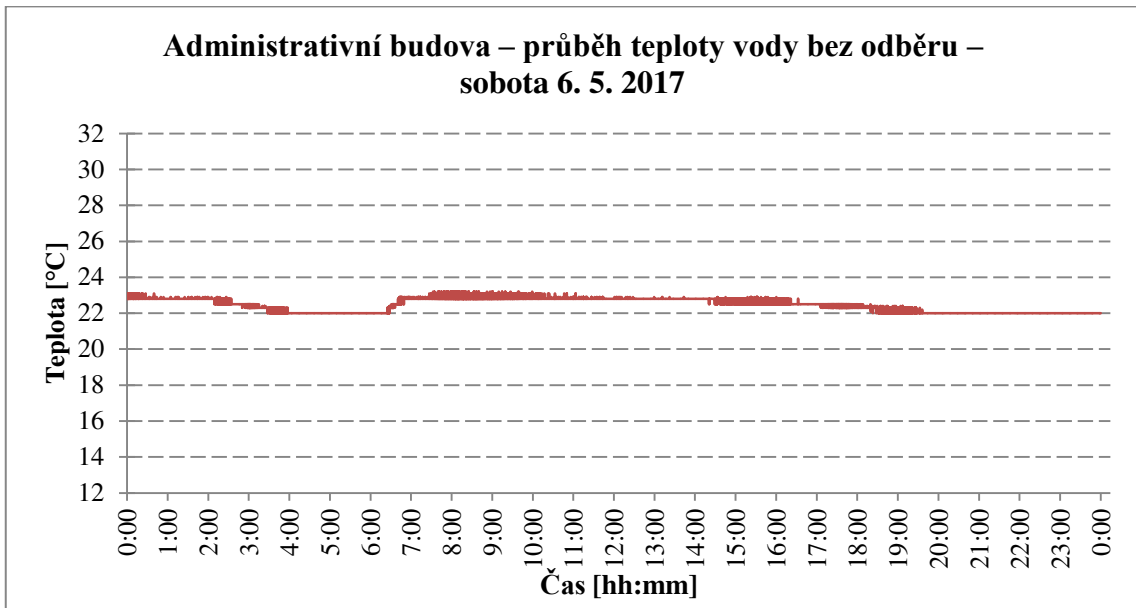
Použitý snímač průtoku umožňoval odečítat kromě průtoku také teplotu vody. Snímač byl v obou případech umístěn v technických místnostech budov, bez oken a bez zajištěného větrání. To se projevilo na zvyšování teploty vody v potrubí v čase, kdy nebyl odběr vody. Pokud by se jednalo o rozvod pitné vody s možností její stagnace a rizikem kontaminace bakterií *Legionella* bylo by vhodné zajistit lepší tepelnou izolaci rozvodu popřípadě ho vést vhodnějšími prostory bez zdrojů tepla.



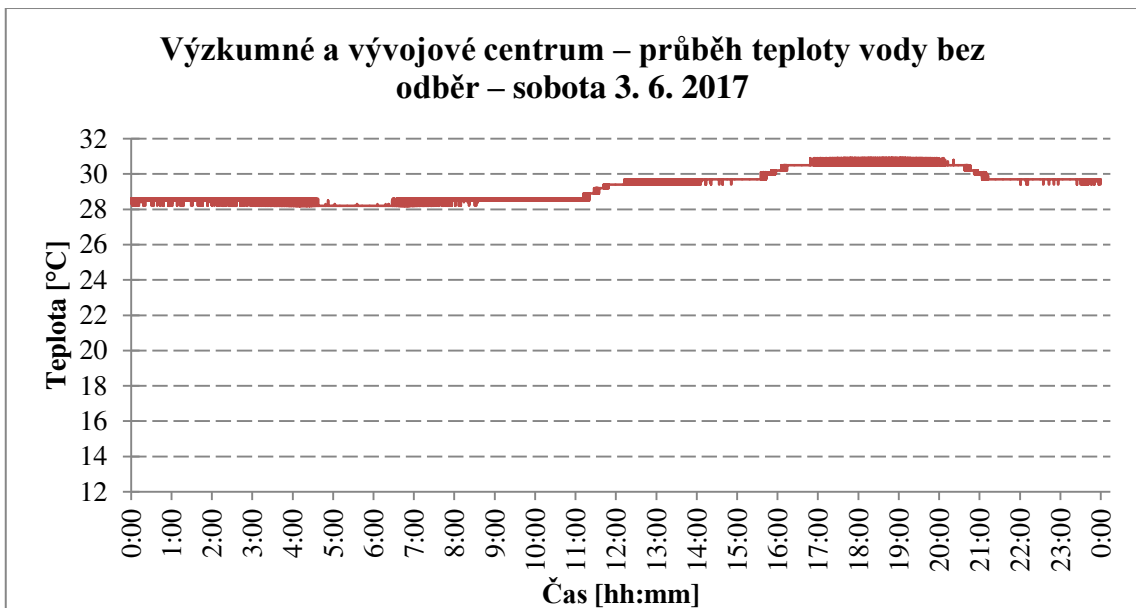
Obr. 34: Pohled do technické místnosti v Administrativní budově

Záznam teplot probíhal pouze několik dní při měření spotřeby provozní vody. Doba byla omezena z důvodu malé kapacity paměti dataloggeru. Při souběžném záznamu průtoku a teploty se výrazně snížila doba, po kterou dokázal datalogger pracovat bez přerušení nutného pro stažení zaznamenaných hodnot a uvolnění paměti.

Následující grafy znázorňují průběh teplot vody v potrubí v místě snímače průtoku v den bez odběru vody a s odběrem vody. V obou případech jsou zobrazeny dny s maximální naměřenou teplotou v době měření.

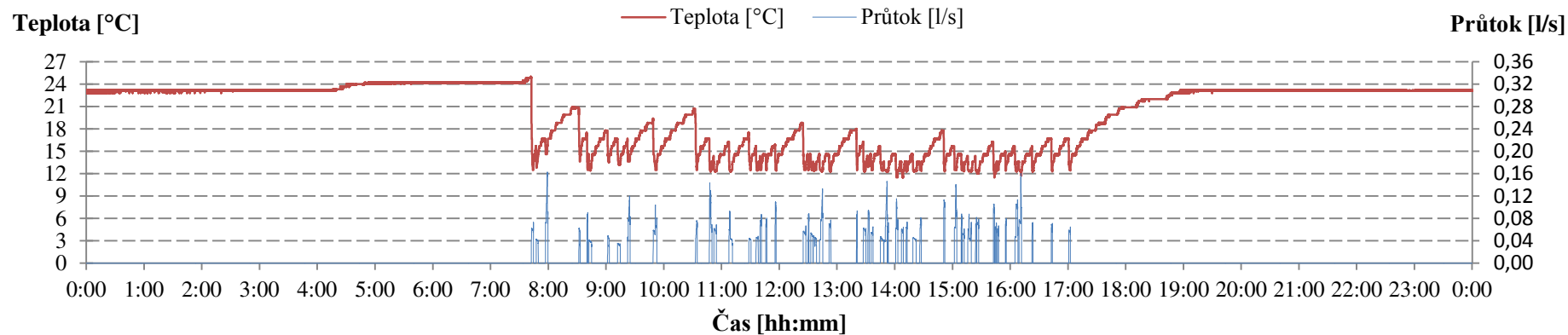


Graf 19: Průběh teploty vody bez odběru (AB)



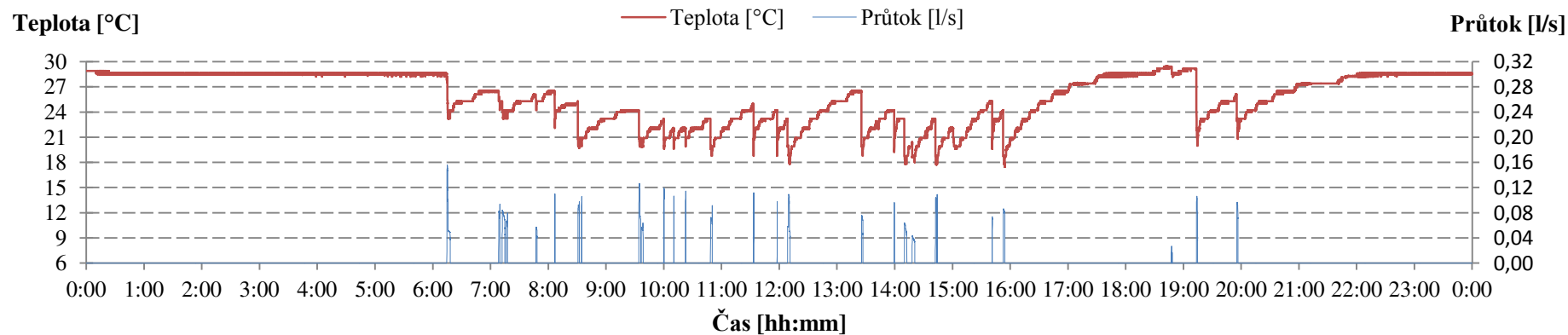
Graf 20: Průběh teploty vody bez odběru (VaVC)

### Administrativní budova – průběh teploty vody v závislosti na odběru – středa 3. 5. 2017



Graf 21: Průběh teploty vody při odběru (AB)

### Výzkumné a vývojové centrum – průběh teploty vody v závislosti na odběru – pondělí 5. 6. 2017



Graf 22: Průběh teploty vody při odběru (VaVC)

## B. Aplikace tématu na zadané budově

### B.1 Bilance vod v areálu

#### B.1.1 Bilance potřeby vody bez využití srážkových vod

##### *Vstupní údaje*

Počet zaměstnanců

Administrativa  $n_{adm} = 28$  os

Výroba  $n_{výr} = 6$  os

Směrná čísla

Administrativa (WC, umyvadla s tekoucí vodou)  $S_{adm} = 14$  m<sup>3</sup>/(os×rok)

Výroba (WC, umyvadla s tekoucí vodou

s možností sprchování)  $S_{výr} = 26$  m<sup>3</sup>/(os×rok)

Specifická denní potřeba vody

Zalévání  $q_{zal} = 1$  l/m<sup>2</sup>

Technologie  $q_{tech} = 500$  l/den

Počet dní s využitím vody

Administrativa  $d_{adm} = 250$  dní

Výroba  $d_{výr} = 250$  dní

Zalévání  $d_{zal} = 50$  dní

Technologie  $d_{tech} = 150$  dní

Zalévaná plocha  $A_{zal} = 210$  m<sup>2</sup>

Součinitel denní nerovnoměrnosti

20 000 – 1 000 000 obyvatel  $k_d = 1,25$  –

Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti

Běžné spotřebiště  $k_h = 1,8$  –

##### *Specifická denní potřeba vody*

$$q_i = \frac{S_i \times 1000}{d_i} \quad [l/(os \times den)]$$

$$q_{adm} = \frac{14\,000}{250} = 56 \text{ l}/(os \times den)$$

$$q_{výr} = \frac{26\,000}{250} = 104 \text{ l}/(os \times den)$$



*Průměrná denní potřeba vody (nejnepříznivější)*

$$Q_{p,1} = q_{adm} \times n_{adm} + q_{výr} \times n_{výr} = 56 \times 28 + 104 \times 6 = \mathbf{2\ 192\ l/den}$$

$$Q_{p,2} = q_{zal} \times A_{zal} = 1 \times 210 = \mathbf{210\ l/den}$$

$$Q_{p,3} = q_{tech} = \mathbf{500\ l/den}$$

$$Q_p = Q_{p,1} + Q_{p,2} + Q_{p,3} = \mathbf{2\ 192 + 210 + 500 = 2\ 902\ l/den}$$

*Maximální denní potřeba vody (nejnepříznivější)*

$$Q_m = k_d \times Q_p = 1,25 \times 2\ 902 = \mathbf{3\ 628\ l/den}$$

*Maximální hodinová spotřeba vody (nejnepříznivější)*

$$Q_m = k_h \times \frac{Q_m}{t} = 1,8 \times \frac{3\ 628}{8} = \mathbf{816,3\ l/hod}$$

*Roční potřeba vody*

$$Q_r = \sum Q_{p,i} \times d_i = 2\ 192 \times 250 + 210 \times 50 + 500 \times 150 = \mathbf{633\ 500\ l/rok}$$

## **B.1.2 Bilance potřeby provozní vody**

### **B.1.2.1 Varianta 1 – s využitím doporučených hodnot potřeby**

*Vstupní údaje*

Počet zaměstnanců

Administrativa

$$n_{adm} = 28 \quad \text{os}$$

Výroba

$$n_{výr} = 6 \quad \text{os}$$

Potřeba provozní vody

Toalety

$$q_{wc} = 12 \quad \text{l/(os} \times \text{den)}$$

Zalévání

$$q_{zal} = 1 \quad \text{l/m}^2$$

Technologie

$$q_{tech} = 500 \quad \text{l/den}$$

Počet dní s využitím provozní vody

Toalety

$$d_{wc} = 250 \quad \text{dní}$$

Zalévání

$$d_{zal} = 50 \quad \text{dní}$$

Technologie

$$d_{tech} = 150 \quad \text{dní}$$

Zalévaná plocha

$$A_{zal} = 210 \quad \text{m}^2$$

*Roční potřeba provozní vody*

$$\begin{aligned} Q_r &= q_{wc} \times n \times d_{wc} + q_{zal} \times A_{zal} \times d_{zal} + q_{tech} \times d_{tech} \\ &= 12 \times (28 + 6) \times 250 + 1 \times 210 \times 50 + 500 \times 150 = \mathbf{189\ 600\ l/rok} \end{aligned}$$

### B.1.2.2 Varianta 2 – S využitím měřených hodnot pro toalety a dosavadní ostatní využívání

#### Vstupní údaje

Potřeba provozní vody

Měřené

Toalety – administrativní budova	$q_{wc;AB} = 359,74$	l/den
– výzkumné a vývojové centrum	$q_{wc;VaVC} = 218,59$	l/den

Dopočítané

Ostatní	$q_{ost} = 128,58$	l/den
---------	--------------------	-------

Nové

Technologie	$q_{tech} = 500$	l/den
-------------	------------------	-------

Počet dní s využitím provozní vody

Toalety – administrativní budova	$d_{wc;AB} = 250$	dní
– výzkumné a vývojové centrum	$d_{wc;VaVC} = 250$	dní
Ostatní	$d_{ost} = 50$	dní
Technologie	$d_{tech} = 150$	dní

Hodnota *Ostatní* byla vypočítána z vlastního měření spotřeby provozní vody. Nejdříve byl určen poměr měřených spotřeb pomocí průtokoměru (jeden pracovní den) a vodoměrů (5 měsíců) pro Administrativní budovu a Výzkumné centrum. Tento poměr byl využit jako kontrolní pro zjištění vhodnosti použitého přístupu.

$$poměr_1 = \frac{\text{Administrativní budova [l]}}{\text{Výzkumné a vývojové centrum [l]}} \quad [-]$$

$$poměr_{1;průtokoměr} = \frac{359,74}{218,59} = 1,6$$

$$poměr_{1;vodoměr} = \frac{33\,429}{20\,685} = 1,6$$

Ze stejného předpokladu vycházela i úvaha pro zjištění požadované hodnoty *Ostatní*.

$$poměr_2 = \frac{\text{Výzkumné a vývojové centrum [l]}}{\text{Ostatní [l]}} \quad [-]$$

$$poměr_{1;vodoměr} = \frac{20\,685}{12\,236} = 1,7$$

$$1,7 = \frac{218,59}{\text{Ostatní}} \rightarrow \text{Ostatní} = \frac{218,59}{1,7} = 128,58 \text{ l}$$

*Roční potřeba provozní vody*

$$Q_r = q_{wc} \times d_{wc} + q_{ost} \times d_{ost} + q_{tech} \times d_{tech} \\ = (359,74 + 218,58) \times 250 + 128,58 \times 50 + 500 \times 150 = \mathbf{226\ 009\ l/rok}$$

Rozdíl mezi vypočtenými ročními potřebami provozní vody vzniká především z důvodu rozdílné hodnoty potřeby vody pro toalety v jednotlivých výpočetních přístupech.

### **B.1.3 Výpočet množství zachycené srážkové vody v areálu**

#### **B.1.3.1 Varianta 1 – Dle vzorce z přednášek CT003 – Vybrané statě ze zdravotnické**

*Vstupní údaje*

Půdorysný průmět plochy střechy	A =	617,10	m <sup>2</sup>
Výzkumné a vývojové centrum	A <sub>1</sub> =	122,84	m <sup>2</sup>
Servisní centrum	A <sub>2</sub> =	75,96	m <sup>2</sup>
Prototypová dílna	A <sub>3</sub> =	226,30	m <sup>2</sup>
Sklad	A <sub>4</sub> =	192,00	m <sup>2</sup>
Součinitel využití srážkové vody pro střechy s nepropustnou horní vrstvou	ψ <sub>d</sub> =	0,8	–
Průměrný roční úhrn srážek pro Brno	h <sub>r</sub> =	511	mm
Hydraulická účinnost filtru	η =	0,9	–

$$V_d = A \times \psi_d \times h_r \times \eta = 617,1 \times 0,8 \times 511 \times 0,9 = \mathbf{227\ 043\ l/rok}$$

#### **B.1.3.2 Varianta 2 – Dle vztahu z připravované normy FprEN16941**

*Vstupní údaje*

Půdorysný průmět plochy střechy			
Výzkumné a vývojové centrum	A <sub>1</sub> =	122,84	m <sup>2</sup>
Servisní centrum	A <sub>2</sub> =	75,96	m <sup>2</sup>
Prototypová dílna	A <sub>3</sub> =	226,30	m <sup>2</sup>
Sklad	A <sub>4</sub> =	192,00	m <sup>2</sup>
Průměrný roční úhrn srážek pro Brno	h <sub>i</sub> =	511	mm
Koeficient odtoku povrchu			
Výzkumné a vývojové centrum (šikmá, plech)	e <sub>1</sub> =	0,9	–
Servisní centrum (plochá, bez kačírku)	e <sub>2</sub> =	0,8	–
Prototypová dílna (plochá, bez kačírku)	e <sub>3</sub> =	0,8	–
Sklad (plochá, bez kačírku)	e <sub>4</sub> =	0,8	–
Koeficient hydraulická účinnosti filtru	η <sub>i</sub> =	0,9	–

$$Y_R = \sum A_i \times h_i \times e_i \times \eta_i$$

$$= (122,84 \times 0,9 + (75,96 + 226,30 + 192,00) \times 0,8) \times 511 \times 0,9$$

$$= \mathbf{232\ 693\ l/rok}$$

Rozdíl mezi vypočtenými hodnotami množství zachycené srážkové vody je minimální. Způsobuje ho podrobněji rozdělený součinitel ( $\psi_d$ ;  $e_i$ ), který udává schopnost povrchu zachytit plochy odvádět srážkovou vodu.

#### B.1.4 Zhodnocení využitelnosti srážkových vod v areálu

*Rekapitulace vypočtených hodnot*

Roční potřeba vody	$Q_r =$	633 500	l/rok
Roční potřeba provozní vody			
Var 1 – S využitím doporučených hodnot potřeby	$Q_r =$	189 600	l/rok
Var 2 – S využitím hodnot z vlastního měření	$Q_r =$	226 006	l/rok
Množství zachycených srážkových vod			
Var 1 – Dle přednášek CT003	$V_d =$	227 045	l/rok
Var 2 – Dle prEN16941	$Y_r =$	232 693	l/rok

Využívání srážkové vody jako vody provozní v daném areálu umožňuje ušetřit **30 až 35 %** z potřeby vody pitné. Zároveň výpočty prokazují, že plochy zachycující srážkovou vodu jsou dostatečné pro pokrytí potřeby provozní vody.

#### B.1.5 Bilance odtoku splaškových odpadních vod

*Vstupní údaje*

Počet zaměstnanců			
Administrativa	$n_{adm} =$	28	os
Výroba	$n_{výr} =$	6	os
Specifická produkce odpadní vody			
Administrativa (viz potřeba vody)	$q_{adm} =$	56	l/(os×den)
Výroba (viz potřeba vody)	$q_{výr} =$	104	l/(os×den)
Technologie	$q_{tech} =$	500	l/den
Počet dní s využitím vody			
Administrativa	$d_{adm} =$	250	dní
Výroba	$d_{výr} =$	250	dní
Technologie	$d_{tech} =$	150	dní
Součinitel denní nerovnoměrnosti	$k_d =$	1,5	–
Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti	$k_h =$	7,2	–

*Průměrný denní odtok splaškové odpadní vody (nejnepříznivější)*

$$Q_{p,1} = q_{adm} \times n_{adm} + q_{výr} \times n_{výr} = 56 \times 28 + 104 \times 6 = \mathbf{2\ 192\ l/den}$$

$$Q_{p,2} = q_{tech} = \mathbf{500\ l/den}$$

$$Q_p = Q_{p,1} + Q_{p,2} = \mathbf{2\ 192 + 500 = 2\ 692\ l/den}$$

*Maximální denní odtok splaškové odpadní vody (nejnepříznivější)*

$$Q_m = k_d \times Q_p = 1,5 \times 2\ 692 = \mathbf{4\ 038\ l/den}$$

*Maximální hodinový splaškové odpadní vody (nejnepříznivější)*

$$Q_h = k_h \times \frac{Q_m}{t} = 7,2 \times \frac{4\ 038}{8} = \mathbf{3\ 634\ l/hod}$$

*Roční odtok splaškové odpadní vody*

$$Q_r = \sum Q_{p,i} \times d_i = 2\ 192 \times 250 + 500 \times 150 = \mathbf{623\ 000\ l/rok}$$

## **B.1.6 Bilance odtoku srážkových odpadních vod**

*Vstupní údaje*

Druh odvodňované plochy	Střechy s nepropustnou horní vrstvou		
Půdorysný průmět plochy střechy			
Administrativní budova	A =	386,51	m <sup>2</sup>
Součinitel odtoku srážkových vod	C =	1,0	–
Průměrný roční úhrn srážek pro Brno	h =	511	mm/rok

*Redukovaná plocha*

$$A_{red} = A \times C = 386,51 \times 1,0 = \mathbf{386,51\ m^2}$$

*Roční množství odváděných srážkových vod*

$$Q_s = A_{red} \times h = 386,51 \times 511 = \mathbf{197\ 506\ l/rok}$$

Pro odvod srážkových vod z pozemku je počítáno pouze se střechou administrativní budovy. Ostatní střechy slouží pro zachycení srážkových vod k jejich následnému využití. Ostatní plochy nejsou odvodňovány pomocí kanalizačního systému.

## B.2 Posouzení kapacity akumulčních nádrží

Objemy akumulčních nádrží jsou dané stávajícím stavem a již navrženým objektem s akumulční nádrží je jeho podzemní částí. Stávající podzemní nádrž má objem 5 m<sup>3</sup>. Nádrž pod objektem má využitelný objem 60 m<sup>3</sup>. Stávající sestava nadzemních nádrží bude zrušena. Jedna ocelová nádrž bude využívána pro zpomalení odtoku vody do nově zbudované nádrže v případě přívalových dešťů.

### B.2.1 Varianta 1 – Dle základní metody

Tato metoda počítá s třítýdenním obdobím sucha a její princip je shodný s výpočtem podle přednášek z předmětu CT003 – Vybrané statě ze zdravotnické. Hodnoty pro denní potřebu vody vycházejí z měření v daném areálu. Výpočet je zpracován v následující tabulce.

Vstupní údaje				Výpočet		
Určení hodnoty	Jednotka	Denní potřeba vody	Počet týdnů sucha	Počet dnů	Objem akumul. nádrže [l]	
Stávající průměrné	l/prac. den	575,76	3	12	14 604	
	l/vík. den	26,89		5		
Stávající zvýšené	l/prac. den	953,07		3		3
	l/vík. den	201,14		1		
Nové	l/prac. den	500,00		9		

Tab. 19: Výpočet objemu akumulční nádrže – základní metoda

Výpočet objemu akumulční nádrže vychází z následujícího vztahu:

$$V = \sum D_i \times d_i \quad [l]$$

Kde:  $D_i$  je denní potřeba provozní vody [l/den],

$d_i$  je počet dní [den].

## B.2.2 Varianta 2 – Dle podrobné metody z připravované normy prEN16941

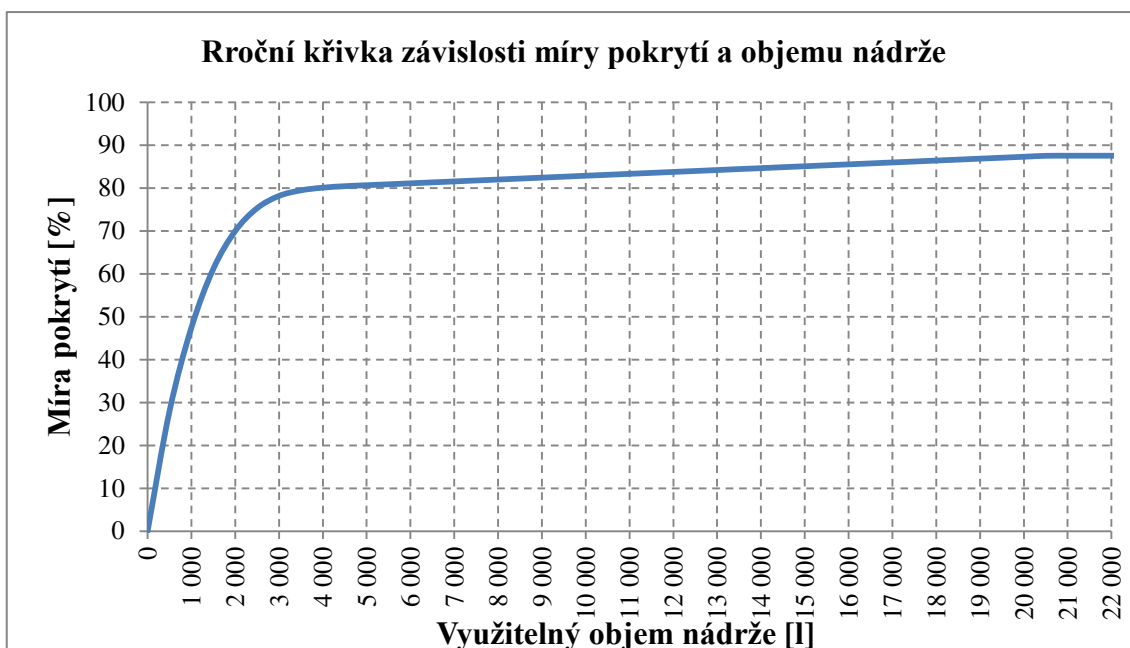
Princip podrobné metody pro zjištění potřebného využitelného objemu akumulární nádrže v závislosti na míře pokrytí potřeby provozní vody je popsán v teoretické části této práce.

Průměrný denní úhrn srážek byl zvolen z období 2007 – 2016 (10 let). Jeho hodnoty byly zpracovány ze záznamů ČHMÚ, stanice Brno Tuřany. Hodnoty potřeby vody byly určeny z experimentální části s připočtenou novou potřebou.

Vzhledem k rozsahu vstupních hodnot a výpočtových tabulek je uvedena pouze tabulka s výsledky simulace a její grafický výstup. Součet denních potřeb, tedy roční potřeba  $\Sigma D_d$  **226 009 l** Růst hodnoty odběru akumulované vody z nádrže  $\Sigma S_{rd}$  se zastavil na hodnotě **197 808 l** a simulace byla ukončena. Míra pokrytí provozní vody  $C_r(V)$  tak skončila na hodnotě **87,52 %** při využitelném objemu nádrže **V 21 000 l**. Dalšího zvýšení hodnot  $\Sigma S_{rd}$  a  $C_r(V)$  by bylo dosaženo v případě větších zachytných ploch. Zvýšení by také proběhlo u vyšších hodnot úhrnu srážek, které ale nejsme schopni ovlivnit.

$\Sigma D_d$ [l]	V [l]	$\Sigma S_{rd}$ [l]	$C_r(V)$ [%]	V [l]	$\Sigma S_{rd}$ [l]	$C_r(V)$ [%]
226 009	0	0,00	0,000	11 000	188 263,69	83,299
	500	63 132,04	27,933	11 500	188 763,69	83,520
	1 000	107 183,65	47,425	12 000	189 263,69	83,742
	1 500	138 158,58	61,130	12 500	189 763,69	83,963
	2 000	158 110,52	69,958	13 000	190 263,69	84,184
	2 500	170 163,24	75,290	13 500	190 763,69	84,405
	3 000	176 621,65	78,148	14 000	191 263,69	84,627
	3 500	179 567,07	79,451	14 500	191 763,69	84,848
	4 000	180 983,24	80,078	15 000	192 263,69	85,069
	4 500	181 763,69	80,423	15 500	192 763,69	85,290
	5 000	182 263,69	80,644	16 000	193 263,69	85,512
	5 500	182 763,69	80,866	16 500	193 763,69	85,733
	6 000	183 263,69	81,087	17 000	194 263,69	85,954
	6 500	183 763,69	81,308	17 500	194 763,69	86,175
	7 000	184 263,69	81,529	18 000	195 263,69	86,396
	7 500	184 763,69	81,751	18 500	195 763,69	86,618
	8 000	185 263,69	81,972	19 000	196 263,69	86,839
	8 500	185 763,69	82,193	19 500	196 763,69	87,060
	9 000	186 263,69	82,414	20 000	197 263,69	87,281
	9 500	186 763,69	82,636	20 500	197 763,69	87,503
10 000	187 263,69	82,857	21 000	197 808,11	87,522	
10 500	187 763,69	83,078	21 500	197 808,11	87,522	

Tab. 20: Výpočet objemu akumulární nádrže – výsledky podrobné metody



Graf 23: Závislost míry pokrytí potřeby provozní vody a využitelného objemu nádrže 2

Z grafu je patrné, že do hodnoty míry pokrytí potřeby provozní vody 80 % a využitelného objemu nádrže 4 000 l je strmý nárůst míry pokrytí s minimálním zvyšováním objemu nádrže. Za tímto bodem je zvyšování míry pokrytí velmi pozvolné a je vhodné zvážit finanční náklady na realizaci nádrže vyššího objemu.

Z obou metod se jeví jako vhodnější v daném případě metoda základní, která by měla pokrýt reálnou možnost třítýdenního období sucha. Podrobná metoda by byla lépe využitelná u zařízení s pro rozsáhlé projekty s vysokou potřebou provozní vody, kde zmenšení velikosti realizované akumulární nádrže může znamenat velkou finanční úsporu. Podrobná metoda v tomto případě také naznačuje, že zachytné plochy nejsou dostatečné pro pokrytí potřeby provozní vody. To popírá bilanci potřeb provozní vody a množství zachycené srážkové vody v areálu.

Vzhledem k vypočítanému potřebnému objemu akumulární nádrže **14,6 m<sup>3</sup>** se jeví celkový objem stávající a zřizované nádrže **65 m<sup>3</sup>** jako nadbytečný. S přihlédnutím k roční potřebě provozní vody **226,0 m<sup>3</sup>** a množství zachycených srážkových vod **232,7 m<sup>3</sup>** je pravděpodobné, že nebude docházet k dlouhodobé stagnaci vody v nádržích, protože v případě mírného zvýšení spotřeby dojde k úplnému vyčerpání zásob.



## B.3 Kanalizace

Kanalizační potrubí je při návrhu rozděleno na srážkové odpadní potrubí a splaškové odpadní potrubí.

### Vztahy využívané při dimenzování:

*Průtok srážkových vod:*

$$Q_r = i \times A \times C \quad [l/s]$$

- Kde:  $i$  je intenzita deště [ $l/(s \times m^2)$ ],  
 $A$  je půdorysný průmět odvodňované plochy [ $m^2$ ],  
 $C$  je součinitel odtoku srážkových vod [-].

*Průtok splaškových vod:*

$$Q_{ww} = K \times \sum DU \quad [l/s]$$

- Kde:  $K$  je součinitel odtoku [ $l^{0.5}/s^{0.5}$ ],  
 $DU$  je výpočtový odtok od zařizovacího předmětu [ $l/s$ ].

*Celkový průtok splaškových vod:*

$$Q_{tot} = Q_{ww} + Q_c + Q_p \quad [l/s]$$

- Kde:  $Q_{ww}$  je průtok splaškových vod [ $l/s$ ]  
 $Q_c$  je trvalý průtok delší než 5 minut [ $l/s$ ],  
 $Q_p$  je čerpaný průtok [ $l/s$ ].

*Průtok odpadních vod:*

$$Q_{rw} = 0,33 \times Q_{ww} + Q_c + Q_p + Q_r \quad [l/s]$$

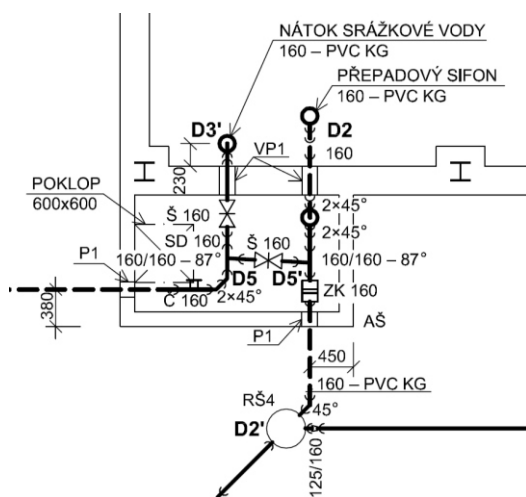
- Kde:  $Q_{ww}$  je průtok splaškových vod [ $l/s$ ]  
 $Q_c$  je trvalý průtok delší než 5 minut [ $l/s$ ],  
 $Q_p$  je čerpaný průtok [ $l/s$ ],  
 $Q_r$  je průtok srážkových vod [ $l/s$ ].

### B.3.1 Srážková kanalizace

Srážkové kanalizace slouží pro vedení srážkové vody ze záchytných ploch do akumulčních nádrží a do jednotné kanalizace.

Řešení se zabývá možností vedení srážkové vody ze střechy nového objektu, Servisního střediska a ze záchytné nádrže v zadní části areálu do akumulční nádrže pod nově budovaným objektem. Jejich půdorysná vzdálenost je cca 50 m. Pro svodné potrubí je vhodné použít kanalizační PVC KG potrubí, které bude na vyústění u dna akumulční nádrže vybaveno klidným nátokem. Klidný nátok bude sestaven z kolen PVC KG. Je proveden návrh bezpečnostního přepadu akumulční nádrže se zaústěním do jednotné kanalizace. Přepadový sifon bude sestaven z kolen PVC KG a bude zároveň sloužit jako zápachová uzávěrka. V armaturní šachtě bude přepadové potrubí opatřeno zpětnou klapkou, která bude zabezpečovat ochranu proti zpětnému průtoku splaškových odpadních vod a jako ochrana vniknutí drobných živočichů do akumulční nádrže. Filtraci zachycené srážkové vody budou zajišťovat podzemní filtrační šachty NICOLL. Tyto šachty umožňují napojení PVC KG potrubí DN110 a 160. Pro vyrovnání tlaků při nátoku a odebírání vody bude akumulční nádrž spojena s venkovním prostředím větracím potrubím z PP HT. Toto potrubí bude vyvedeno nad střechu.

Akumulční a záchytná nádrž budou propojeny a budou pracovat na principu spojených nádob. Před vstupem do akumulční nádrže bude vybudována armaturní šachta, vybavena vhodně umístěnými uzávěry a bude zde realizováno propojení mezi přívodem vody ze záchytné nádrže a přepadem z akumulční nádrže. Uzávěry budou umístěny před vstupem potrubí do akumulční nádrže mezi přívodním a přepadovým potrubím. Toto řešení umožňuje v zimním období uzavřít propojení mezi nádržemi a nechat odtékat srážkovou vodu do jednotné kanalizace. Tím je zabráněno nechtěnému zamrznutí stojící vody v potrubí. Dále je možné zajistit tímto řešením částečné vypuštění akumulční nádrže.



Obr. 35: Vybavení armaturní šachty

#### Legenda

- AŠ armaturní šachta
- RŠ revizní šachta
- Č čistící kus
- SD spojka dvouhrdlá
- Š šoupě
- ZK zpětná klapka
- VP vodonepropustný prostup
- P prostup

Dimenzování je zpracováno formou tabulek.

Typ potrubí		Označení		
odpadní		D1		
i [l/(s×m <sup>2</sup> )]	A [m <sup>2</sup> ]	C [-]	Q <sub>r</sub> [l/s]	DN/OD [mm]
0,03	192	1,0	5,76	<b>125</b>

Typ potrubí	svodné					
Označení	i [l/(s×m <sup>2</sup> )]	A [m <sup>2</sup> ]	C [-]	Q <sub>r</sub> [l/s]	Sklon [%]	DN/OD [mm]
D1 – D1'	0,03	192	1,0	5,76	1,0	<b>160</b>
D2 – D5' D5' – D2'	0,03	192	1,0	13,68	2,0	<b>160</b>
		226				
		38				
D3 – D4'	0,03	226	1,0	6,78	1,0	<b>160</b>
D4 – D4'	0,03	38	1,0	1,14	4,0	<b>110</b>
D4' – D5 D5 – D3'	0,03	226	1,0	7,92	1,0	<b>160</b>
		38				

Další varianta realizace propojení je obdobná, jako předchozí. Nádrže mohou pracovat na principu spojených nádob. Není budována armaturní šachta s propojením přívodního a přepadového potrubí. Odvod srážkových vod do splaškové kanalizace je v tomto případě zajištěn pouze přepadem v akumulární nádrži. Zpětná klapka na přepadovém potrubí by byla umístěna ve vstupní šachtě z betonových skruží. Vzhledem k výškovým úrovním nádrží není možné zajistit vyprázdnění potrubí v zimním období a může docházet k zamrznutí vody, která zde bude stát ve vyšší úrovni, než je nezámrazná hloubka.

### B.3.2 Splašková kanalizace

Splašková kanalizace slouží pro vedení splaškových odpadních vod do jednotné kanalizace v areálu.

Řešení se zabývá odvodem odpadních vod z nově budovaného objektu se zaústěním se stávající kanalizace. Přesné místo napojení bude určeno po začátku zemních prací. Převážná část kanalizačního systému v objektu bude provedena z potrubí s hrdlovými spoji PP HT. Svodného potrubí zavěšené pod stropem akumulací nádrže bude provedeno jako svařovaná kanalizace HDPE. Správné provedení eliminuje riziko ohrožení kvality akumulované vody. Svařované potrubí vyžaduje vyřešit kompenzaci délkové roztažnosti potrubí. Svodné potrubí uložené v zemi bude realizováno z potrubí PVC KG.

Dimenzování je zpracováno formou tabulek.

Typ potrubí	Označení						
přípojovací	do S1 v 2NP						
Zařizovací předmět	K [ $l^{0,5}/s^{0,5}$ ]	DU [l/s]	$\Sigma$ DU [l/s]	$Q_{ww}$ [l/s]	$DU_{max}$ [l/s]	$Q_{tot}$ [l/s]	DN/OD [mm]
WC	0,5	2,0	2,0	0,71	2,0	0,71	<b>110</b>
U2	0,5	0,5	0,5	0,35	0,5	0,35	<b>40</b>
	S1a; S1b						
DJ	0,5	0,8	0,8	0,45	0,8	0,45	<b>50</b>
WC		2,0	2,0	0,71	2,0	0,71	<b>110</b>
DJ + WC		0,8 + 2,0	2,8	0,84	2,0	0,8	<b>110</b>
	S1c						
U2	0,5	0,5	0,5	0,35	0,5	0,35	<b>40</b>
WC		2,0	2,0	0,71	2,0	0,71	<b>110</b>
U2 + WC		0,5 + 2,0	2,5	0,79	2,0	0,79	<b>110</b>
	S2, S4						
VP1	0,5	2,0	2,0	0,71	2,0	0,71	<b>110</b>
	S3						
U2	0,5	0,5	0,5	0,35	0,5	0,35	<b>40</b>
U2 + U2		0,5 + 0,5	1,0	0,5	0,5	0,50	<b>50</b>
	S5						
VP2	0,5	1,5	1,5	0,61	1,5	0,61	<b>75</b>

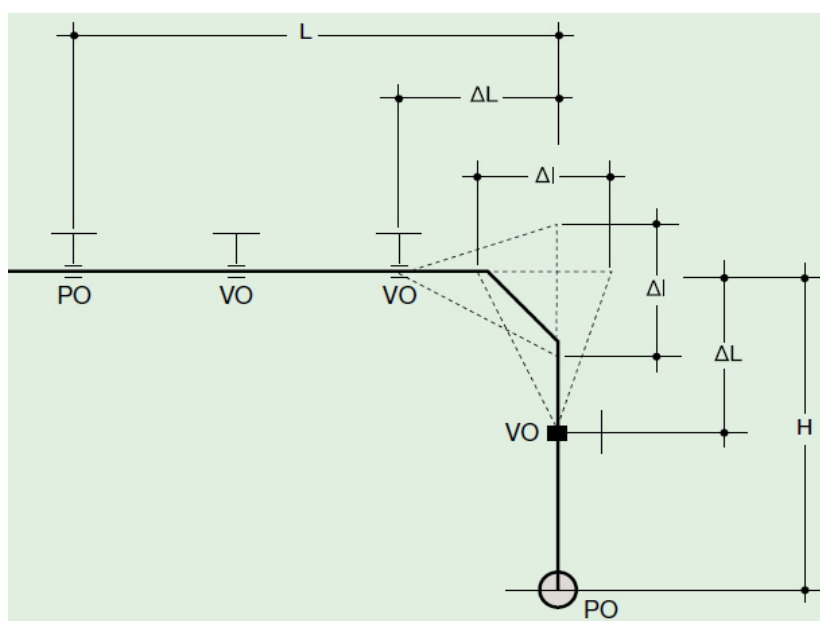
Typ potrubí		Označení						
odpadní		S1						
Zařizovací předmět	Počet [ks]	K [l <sup>0,5</sup> /s <sup>0,5</sup> ]	DU [l/s]	∑DU [l/s]	Q <sub>ww</sub> [l/s]	DU <sub>max</sub> [l/s]	Q <sub>tot</sub> [l/s]	DN/OD [mm]
U2	2	0,5	0,5	10,6	1,63	2,0	1,63	110
DJ	2		0,8					
WC	4		2,0					

Typ potrubí:		Označení							
svodné		S1 – S5'							
Zařizovací předmět	Počet [ks]	K [l <sup>0,5</sup> /s <sup>0,5</sup> ]	DU [l/s]	∑DU [l/s]	Q <sub>ww</sub> [l/s]	DU <sub>max</sub> [l/s]	Q <sub>tot</sub> [l/s]	Sklon [%]	DN/OD [mm]
U2	2	0,5	0,5	10,6	1,63	2,0	1,63	2,0	125
DJ	2		0,8						
WC	4		2,0						
S5 – S5'									
VP2	1	0,5	1,5	1,5	0,61	1,5	0,61	6,0	110
S5' – S2'									
U2	2	0,5	0,5	12,1	1,74	2,0	1,74	2,0	110
DJ	2		0,8						
WC	4		2,0						
VP2	1		1,5						
S2 – S3'									
VP1	1	0,5	2,0	2,0	0,71	2,0	0,71	3,5	110
S3 – S3'									
U1	2	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	6,0	110
S3' – S4'									
VP1	1	0,5	2,0	3	0,87	2,0	0,87	3,5	110
U1	2		0,5						
S4 – S4'									
VP1	1	0,5	2,0	2	0,71	2,0	0,71	6,0	110
S4' – S2'									
VP1	2	0,5	2,0	5	1,12	2,0	1,12	3,5	110
U1	2		0,5						
S2' – D2'									
U2	2	0,5	0,5	12,1	1,74	2,0	1,74	2,0	125
DJ	2		0,8						
WC	4		2,0						
VP2	1		1,5						

Typ potrubí:		Označení						
svodné		D2' – S1'						
Zařizovací předmět	Počet [ks]	$Q_{ww}$ [l/s]	$Q_c$ [l/s]	$Q_p$ [l/s]	$Q_r$ [l/s]	$Q_{rw}$ [l/s]	Sklon [%]	DN/OD [mm]
U2	2	1,74	0,00	0,00	13,68	14,25	2,0	160
DJ	2							
WC	4							

### Kompensace délkové roztažnosti svařovaného potrubí:

Kompensace délkové roztažnosti svodného potrubí zavěšeného pod stropem nádrže je řešena změnou trasy potrubí.



Obr. 36: Přehled rozměrů při výpočtu kompenzace délkové roztažnosti [13]

### Vstupní údaje

Vzdálenost pevných bodů

$L = 3\,000$  mm

Průměr porubí

$D = 110$  mm

Maximální rozdíl teplot

$D_t = 45$  °C

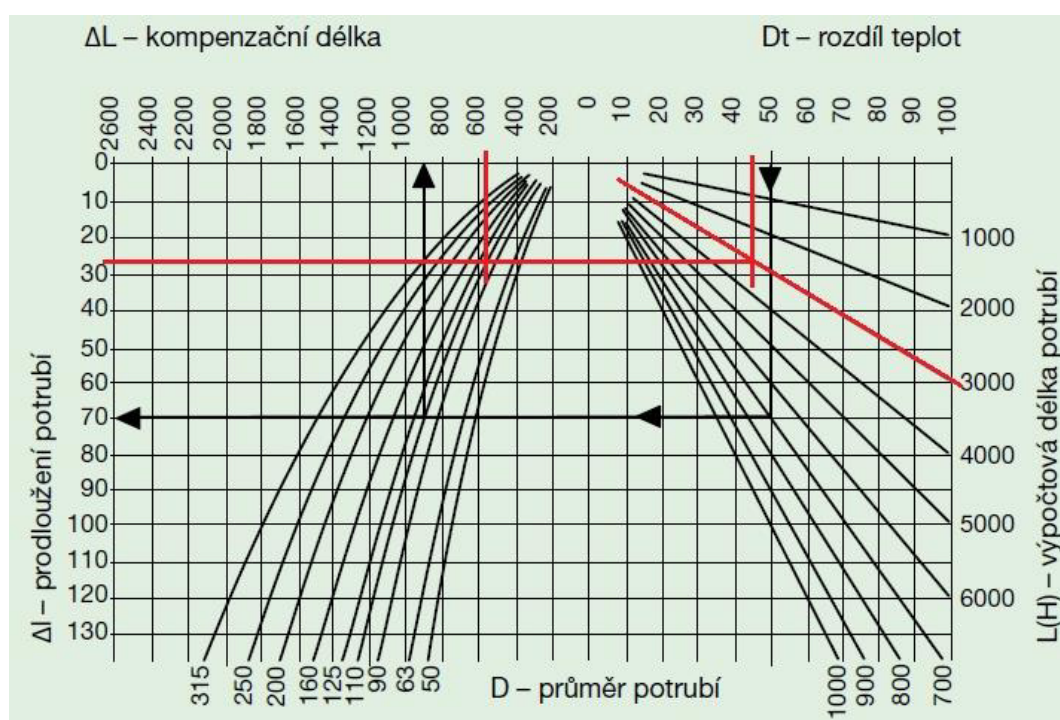
Určení hodnot prodloužení potrubí a volné kompenzační délky provedeno pomocí grafu dodaného výrobcem potrubí. V grafu je řešení vyznačeno červenou barvou.

Prodloužení potrubí

$\Delta l = 28$  mm

Volná kompenzační délka

$\Delta L = 580$  mm



Graf 24: Určení hodnot pro kompenzaci délkové roztažnosti [13]

Další variantou je realizace kanalizačního systému v objektu z potrubí s hrdlovými spoji PP HT a PVC KG. Svodné potrubí zavěšené pod stropem akumulární nádrže může ohrozit kvalitu akumulované vody průsakem. U potrubí s hrdlovými spoji není nutné řešit kompenzaci délkové roztažnosti potrubí a úsek vedoucí nádržemi by mohl být přímý.

## B.4 Vodovod

Rozvod vody je při návrhu rozdělen do tří částí, a to rozvod provozní, studené a teplé vody.

### Vztahy využívané při dimenzování:

*Výpočtový průtok v přívodním potrubí:*

$$Q_D = \sqrt{\sum Q_{Ai}^2 \times n_i} + \sum Q_{Ti} \times m_i \quad [l/s]$$

Kde:  $Q_A$  je jmenovitý výtok odběrných míst pro běžné využití [l/s]  
 $n$  je počet odběrných míst stejného druhu pro běžné využití [-],  
 $Q_T$  je jmenovitý výtok odběrných míst pro technologii [l/s],  
 $m$  je počet odběrných míst stejného druhu pro technologii [-].

*Posouzení vodoměru:*

$$Q_D \leq Q_n \quad [m^3/h]$$

$$1,15 \times Q_D \leq Q_{max} \quad [m^3/h]$$

$$Q_{min} \leq Q_{D,min} \quad [l/h]$$

Kde:  $Q_D$  je výpočtový průtok [ $m^3/h$ ],  
 $Q_n$  je trvalý průtok vodoměrem [ $m^3/h$ ],  
 $Q_{max}$  je maximální průtok vodoměrem daný výrobcem [ $m^3/h$ ],  
 $Q_{min}$  je minimální průtok vodoměrem daný výrobcem [l/h],  
 $Q_{D,min}$  je minimální průtok vodoměrem vypočtený [l/h].

*Hydraulické posouzení:*

$$p_{dis} \geq p_{minFI} + \Delta p_e + \Sigma \Delta p_{WM} + \Sigma \Delta p_{Ap} + \Delta p_{RF} \quad [kPa]$$

Kde:  $p_{dis}$  je dispoziční přetlak v místě napojení [kPa],  
 $p_{minFI}$  je minimální požadovaný přetlak u nejvyšší výtokové armatury [kPa],  
 $\Delta p_e$  je tlaková ztráta způsobená rozdílem výškových úrovní napojení a nejnepříznivější armatury [kPa],  
 $\Delta p_{WM}$  je tlakové ztráty vodoměrů v trase [kPa],  
 $\Delta p_{Ap}$  je tlakové ztráty napojených zařízení [kPa],  
 $\Delta p_{RF}$  je tlaková ztráta v potrubí [kPa].



## **B.4.1 Rozvod provozní vody**

Provozní voda bude využívána pro splachování toalet, závlahu a technologie.

Řešení se zabývá návrhem rozvodu v nově budovaném objektu a zajištěním možnosti přečerpání vody z nové do stávající akumulární nádrže. Vhodným materiálem pro rozvod vody po objektu je PPR, v zemi PE. Pro účely rozváděné provozní vody v objektu byla vyhledávána kompaktní tlaková čerpací stanice, která obsahuje nádržku na doplňování pitné vody. Pro sání vody z akumulární nádrže je výhodné použít plovoucí sání, které zabrání nasávání plovoucích nečistot na hladině.

### **B.4.1.1 Rozvod v objektu**

#### **Návrh potrubí:**

Dimenzování je zpracováno formou tabulek, které jsou uvedeny na následujících stránkách.

Dimenze byly voleny s ohledem na předem vybranou variantu ATČS, která má ovládání čerpadla řešeno hlídáním tlaku a průtoku se spínáním čerpadla při poklesu tlaku pod 1,0 – 2,2 bar dle nastavení. Tomu odpovídá dispoziční přetlak v místě napojení rozvodu k ATČS zvolený nastavením na 2,2 bar. Ze stejného důvodu bylo provedeno hydraulické posouzení pro nejvyšší a nejvzdálenější armaturu v 2NP a nejvzdálenější armaturu 1NP.

Provozní voda – hlavní úsek (nejvzdálenější výtok v 2NP)														
ÚSEK		Q <sub>Ti</sub>				Q <sub>D</sub> [l/s]	d <sub>A</sub> x s [mm] (DN)	v [m/s]	l [m]	R [kPa/m]	l x R [kPa]	Σζ	Δp <sub>F</sub> [kPa]	l x R + Δp <sub>F</sub> [kPa]
OD	DO	WC		VVH DN15 (TECH)										
		0,2		0,2										
		PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM									
P1	P2	1	1	0	0	0,20	25 x 4,2	0,9	5,08	0,80	4,06	30,0	12,30	16,36
P2	P3	1	2	0	0	0,28	32 x 5,4	0,8	0,96	0,51	0,49	7,6	2,43	2,92
P3	P4	2	4	0	0	0,40	40 x 6,7	0,7	10,36	0,29	3,00	7,8	1,95	4,95
P4	P5	0	4	2	2	0,80	50 x 8,4	0,9	2,05	0,34	0,70	19,5	8,00	8,69
Celková tlaková ztráta úseku:												ΔP <sub>RF</sub> = <b>32,93</b>		

Provozní voda – nejvzálenější úsek v 1NP														
ÚSEK		Q <sub>Ti</sub>				Q <sub>D</sub> [l/s]	d <sub>A</sub> x s [mm] (DN)	v [m/s]	l [m]	R [kPa/m]	l x R [kPa]	Σζ	Δp <sub>F</sub> [kPa]	l x R + Δp <sub>F</sub> [kPa]
OD	DO	WC		VVH DN15 (TECH)										
		0,2		0,2										
		PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM									
P8	P9	0	0	1	1	0,20	20 x 3,4	1,5	0,75	2,41	1,81	19,5	22,04	23,84
P9	P4	0	0	1	2	0,40	25 x 4,2	1,8	2,31	2,76	6,38	2,5	4,05	10,43
P4	P5	4	4	0	2	0,80	50 x 6,7	0,9	2,05	0,34	0,70	19,5	8,00	8,69
Celková tlaková ztráta úseku:												ΔP <sub>RF</sub> = <b>42,96</b>		

Provozní voda – ostatní části							
ÚSEK		Q <sub>Ti</sub>				Q <sub>D</sub> [l/s]	d <sub>A</sub> x s [mm] (DN)
OD	DO	WC		VVH DN15 (TECH)			
		0,2		0,2			
		PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM		
P6	P7	1	1	0	0	0,20	25 x 4,2
P7	P3	1	2	0	0	0,28	32 x 5,4

### Návrh vodoměru:

#### Vstupní údaje

Výpočtový průtok	$Q_D = 0,8$	l/s
Minimální průtok (1 zařiz. předmět)	$Q_{D,min} = 0,2$	l/s

Navržen vodoměr **Enbra/Wehrle MODULARIS DN 20** s možností osadit modul pro dálkový odečet.

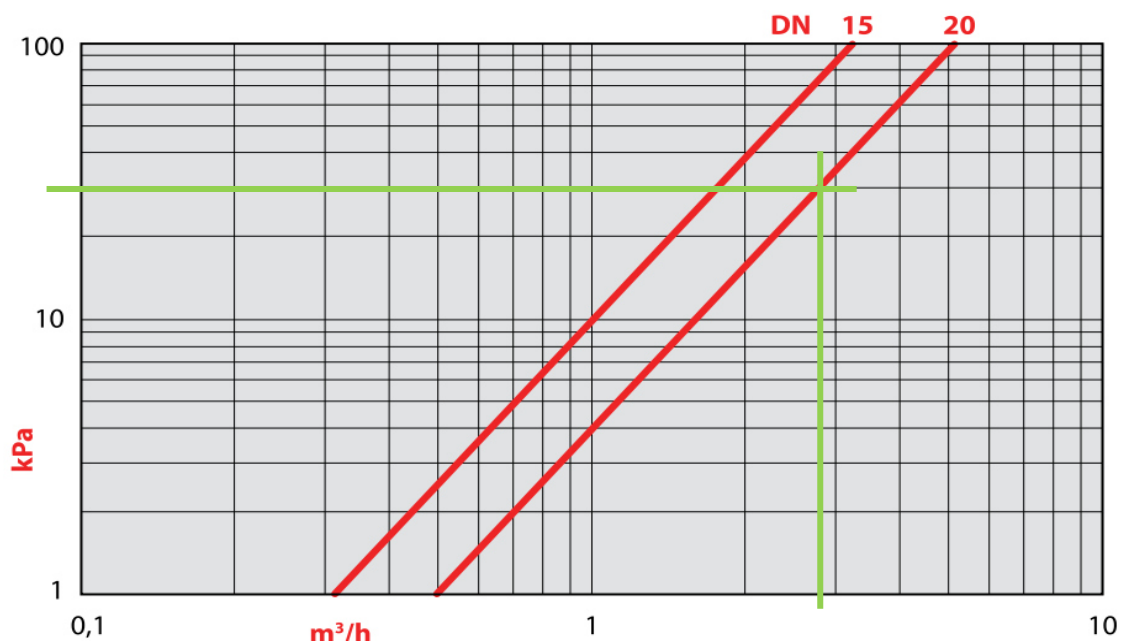
Trvalý průtok	$Q_n = 4$	$m^3/h$
Maximální průtok	$Q_{max} = 5$	$m^3/h$
Minimální průtok	$Q_{min} = 100$	l/h
Tlaková ztráta vodoměru při výpočtovém průtoku	$\Delta p_{WM} = 30$	kPa

#### Posouzení vodoměru:

$$Q_D \leq Q_n \rightarrow \frac{0,8 \times 3600}{1000} = 2,88 \text{ m}^3/h \leq 4 \text{ m}^3/h \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$1,15 \times Q_D \leq Q_{max} \rightarrow 1,15 \times \frac{0,8 \times 3600}{1000} = 3,31 \text{ m}^3/h \leq 5 \text{ m}^3/h \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$Q_{D,min} \geq Q_{min} \rightarrow 0,2 \times 3600 = 720 \text{ l/h} \geq 100 \text{ l/h} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



### Hydraulické posouzení:

#### Vstupní údaje

Dispoziční přetlak v místě napojení	$p_{dis} =$	220	kPa
Min. požad. přetlak u nejvyšší výtok. armatury	$p_{minFI} =$	100	kPa
Tlaková ztrátová výška (2NP)	$\Delta p_{e,2np} =$	55	kPa
Tlaková ztrátová výška (1NP)	$\Delta p_{e,1np} =$	0	kPa
Tlaková ztráta vodoměru	$\Delta p_{WM} =$	30	kPa
Tlakové ztráty napojených zařízení	$\Delta p_{Ap} =$	0	kPa
Tlaková ztráta v potrubí (2NP)	$\Delta p_{RF,2NP} =$	32,93	kPa
Tlaková ztráta v potrubí (1NP)	$\Delta p_{RF,1NP} =$	42,96	kPa

$$p_{dis} \geq p_{minFI} + \Delta p_e + \Sigma \Delta p_{WM} + \Sigma \Delta p_{Ap} + \Delta p_{RF} \quad [kPa]$$

#### Nejvyšší a nejvzdálenější armatura v 2NP

$$220 \geq 100 + 55 + 30 + 0 + 32,93 \rightarrow 220 \text{ kPa} > 217,93 \text{ kPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

#### Nejvzdálenější armatura v 1NP

$$220 \geq 100 + 0 + 30 + 0 + 42,96 \rightarrow 220 \text{ kPa} > 172,96 \text{ kPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Návrh automatické tlakové čerpací stanice:

Pro účely rozváděné provozní vody v objektu byla vyhledávána kompaktní tlaková čerpací stanice, která obsahuje nádržku na doplňování pitné vody. Byla navržena automatická tlaková čerpací stanice **ASIO RAIMASTER FAVORIT s řízením hlídáním tlaku a průtoku**. Dodává se ve dvou variantách podle použitého čerpadla. Její čerpadlo její čerpadlo je spínáno podle nastavení při poklesu tlaku v systému na 1,0 – 2,2 bar. Nastavení v tomto případě bude 2,2 bar dle minimálního dispozičního přetlaku za hlídačem tlaku a průtoku  $p_{dis,min} = 2,18$  bar. Pro posouzení sání dodává výrobce graf s křivkou, ve které jsou započítány předpokládané ztráty sacího potrubí a vychází z maximální možné vodorovné vzdálenosti a maximální hloubky sání. Pokud se průsečík těchto dvou hodnot pohybuje nad křivkou, je čerpadlo v ATČS dostačující. Pokud se průsečík dostane pod křivku, výrobce nabízí řešení v podobě pomocného ponorného čerpadla, které křivku posune o 3 m dolů.

#### Geodetická dopravní výška:

$$H_g = H_{vg} + H_{sg} = 0 + 3 = \mathbf{3 \text{ m}}$$

#### Dopravní výška pro $p_{dis,min}$ :

$$H_{dis,min} = \frac{p_{dis,min}}{\rho \times g} = \frac{217,93 \times 10^3}{1000 \times 9,81} = \mathbf{22,2 \text{ m}}$$

Sací ztrátová dopravní výška:

$$H_{sz} = \frac{\Delta p_s}{\rho \times g} = \frac{40,19 \times 10^3}{1000 \times 9,81} = 4,1 \text{ m}$$

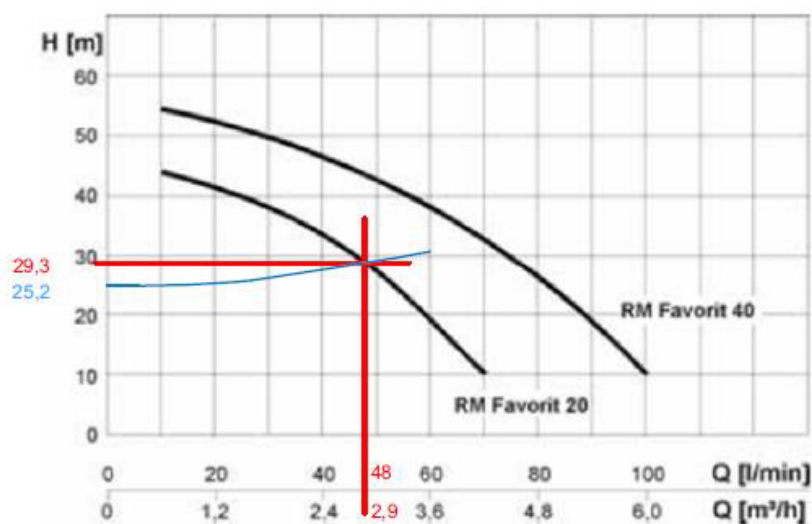
Dopravní výška čerpadla:

$$H = H_g + H_{dis,min} + H_{sz} = 3 + 22,2 + 4,1 = 29,3 \text{ m}$$

Návrhové hodnoty pro volbu typu ATČS:

Čerpaný průtok	Q = 0,8 l/s
Dopravní výška čerpadla	H = 29,3 m
Maximální vodorovná vzdálenost sání	l = 3,0 m
Maximální hloubka sání	h = 3,0 m

Určení typu čerpadla v ATČS



Posouzení sání čerpadla dle následujícího grafu vyhovuje.



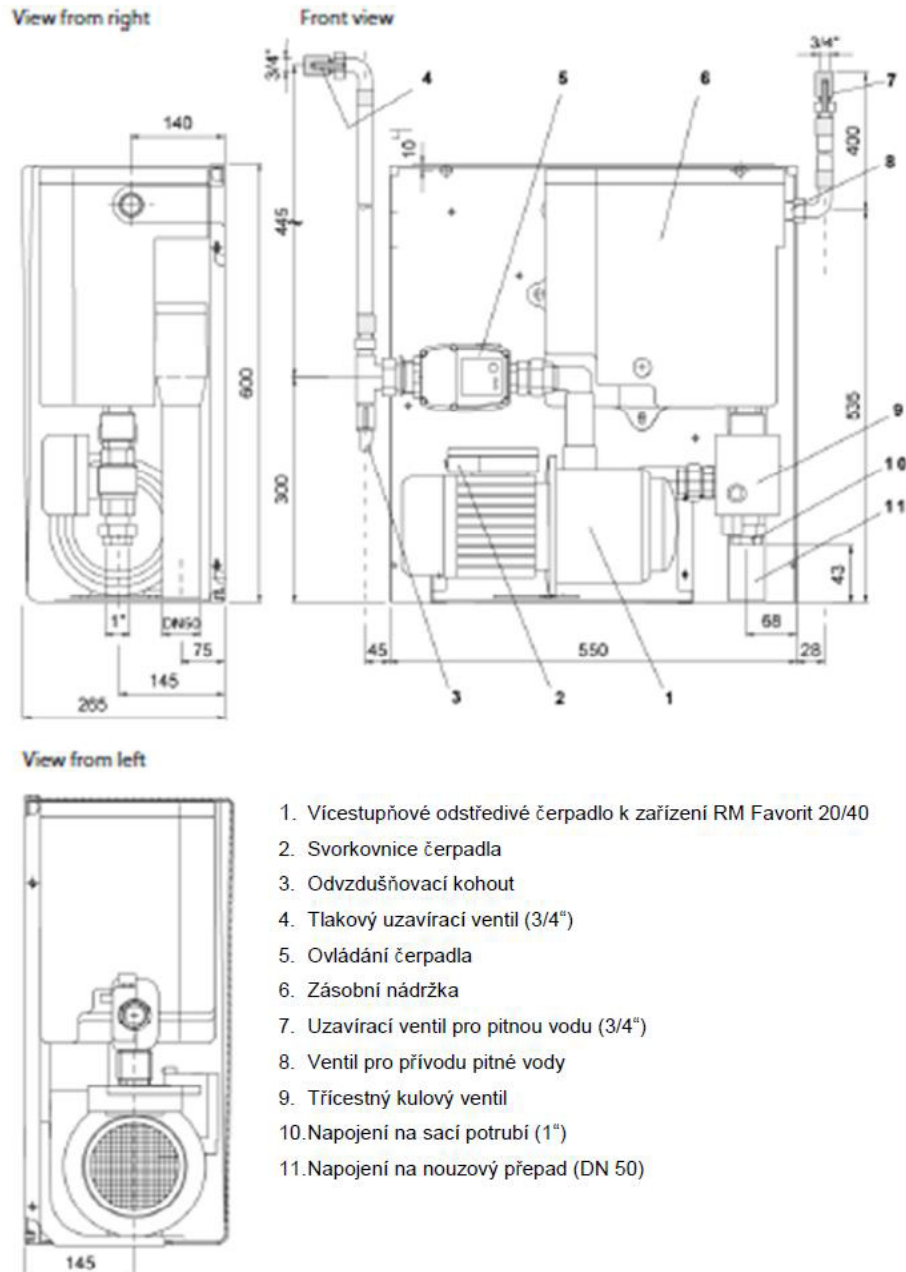
Navržen typ ATČS ASIO RAIMASTER FAVORIT 20 s řízením hlídáním tlaku a průtoku.

Čerpaný průtok

$$Q = 0,8 \text{ l/s}$$

Dopravní výška čerpadla

$$H = 29,3 \text{ m}$$



Obr. 37: AS RAIMASTER FAVORIT – popis a rozměry [14]

Další variantou čerpání provozní vody v objektu je použitím samostatné tlakové čerpací stanice bez doplňování pitné vody. Vzhledem k ploše nádrže by bylo nevýhodné doplňovat pitnou vodu do nádrže. V objektu by musela být umístěna přerušovací nádrž, do které by byla pomocí dalšího čerpadla (např. ponorného) čerpána voda z akumulární nádrže a doplňována pitná voda přes volný výtok.

### B.4.1.2 Čerpání vody z nové do stávající podzemní nádrže

Při návrhu potrubí a čerpadla se pracovalo s úvahou, kdy je potřeba dopravit za 30 minut 2 000 l vody do stávající nádrže. Z toho vyplývá čerpaný průtok 1,11 l/s. Hodnota 2 000 l vyšla z rozvahy o zaplnění nádrže tak, aby byla zachována polovina objemu nádrže pro případné nové srážkové vody. Celkový objem nádrže je 5 000 l, akumulární výška nádrže 900 mm. Minimální hladina udržovaná v nádrži je 100 mm. Z těchto hodnot lze dopočítat, že v nádrži zbyde cca 500 l. Po odečtení 500 l od polovičního objemu nádrže, tedy od 2 500 l získáme objem čerpané vody 2 000 l. Tato hodnota pokrývá také maximální denní naměřenou spotřebu 1 967 l.

#### Návrh potrubí:

Dimenzování je zpracováno formou tabulky.

Provozní voda – přečerpání vody										
ÚSEK		Q <sub>D</sub> [l/s]	d <sub>A</sub> x s [mm] (DN)	v [m/s]	l [m]	R [kPa/m]	l x R [kPa]	Σζ	Δp <sub>F</sub> [kPa]	l x R + Δp <sub>F</sub> [kPa]
OD	DO									
Č1	Č2	1,11	32 x 3	2,1	27,42	1,95	53,47	19,0	41,99	95,46
Č2	Č3	1,11	110 x 6,3	0,2	0,50	0,00	0,00	1,5	0,03	0,03
Celková tlaková ztráta úseku:									ΔP <sub>RF</sub> = <b>95,49</b>	

#### Návrh ponorného čerpadla:

*Geodetická dopravní výška:*

$$H_g = H_{vg} + H_{sg} = 1,3 + 0 = \mathbf{1,3\ m}$$

*Výtlačná ztrátová dopravní výška:*

$$H_{vz} = \frac{\Delta p_{RF}}{\rho \times g} = \frac{95,49 \times 10^3}{1000 \times 9,81} = \mathbf{9,7\ m}$$

*Dopravní výška čerpadla:*

$$H = H_g + H_{vz} = 1,3 + 9,7 = \mathbf{11,0\ m}$$

*Návrhové hodnoty pro dimenzování čerpadla*

Čerpaný průtok Q = 1,11 l/s

Dopravní výška čerpadla H = 11,0 m

Navrženo čerpadlo **Grundfos SB 3-25** s řízením hladinovým spínačem

Čerpaný průtok Q = 1,15 l/s

Dopravní výška čerpadla H = 11,59 m



Projekt: Využívání srážkových vod v areálu  
Reference č.: firmy

Zákazník:  
Číslo zákazníka:  
Kontakt:

Popis	Hodnota
<b>Všeobecná informace:</b>	
Název výrobku:	SB 3-25 M
Číslo výrobku:	97886898
EAN kód:	5710821504098

<b>Techn.:</b>	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	1.156 l/s
Výsledná dopravní výška čerpadla:	11.59 m
Jmenovitý průměr oběž. kola:	102 mm
Typ oběžného kola:	Uzavř.
Oběžná kola:	2
Max. velikost pevných částic:	1 mm
Certifikáty/schválení a označení:	1
Toleranční pásmo křivky:	ISO9906:2012 3B

<b>Materiály:</b>	
Těleso čerpadla:	PP30GF
Oběžné kolo:	PPO20GF

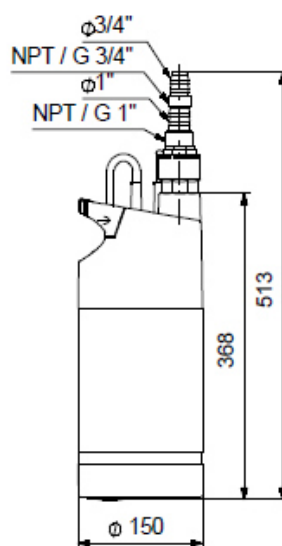
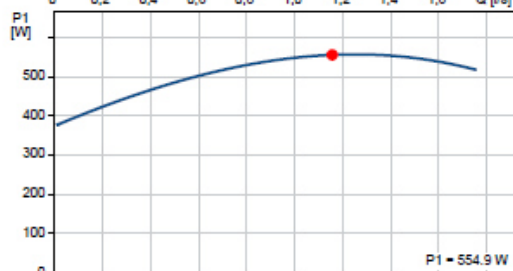
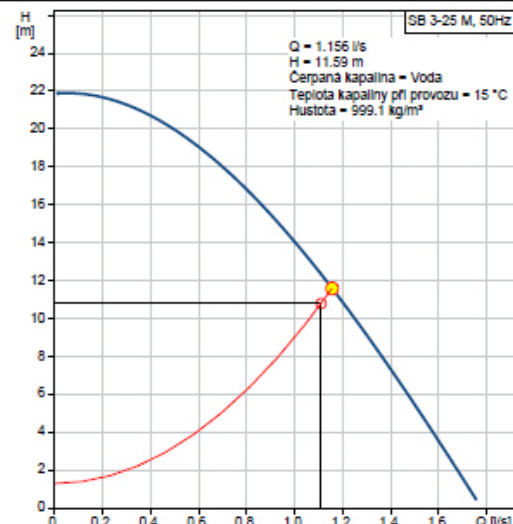
<b>Instalace:</b>	
Max. teplota okolí:	50 °C
Výtláčné hrdlo:	G 1"
Max. instalační hloubka:	10 m
Typ sání:	Sací koš

<b>Kapalina:</b>	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	0 .. 40 °C
Liquid temperature during operation:	15 °C
Hustota:	999.1 kg/m <sup>3</sup>
Rozsah hodnot pH:	4-9

<b>Elektrické údaje:</b>	
Jmenovitý výkon - P2:	0.56 kW
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 220-240 V
Jmenovitý el. proud:	2.8 A
Rozběhový el. proud:	8.5 A
Cos phi otáčky 3:	0.89
Jmenovité otáčky:	2800 ot/min
Velikost kondenzátoru - provoz:	8 µF/450 V
Krytí (IEC 34-5):	IP68
Třída izolace (IEC 85):	F
Motorová ochrana:	Ano
Délka kabelu:	15 m
Typ kabelu:	H07RN-F 3G1
Typ kabelové koncovky:	SCHUKO

<b>Řídící jednotky:</b>	
Průtokový spínač:	N

<b>Jiné:</b>	
Čistá hmotnost:	8 kg
Hrubá hmotnost:	8.75 kg
Převážný objem:	0.022 m <sup>3</sup>



## B.4.2 Rozvod studené vody

Řešení se zabývá návrhem rozvodu studené vody v novém objektu. Potrubí pro přivedení vody do objektu bude napojeno na stávající přívod pitné vody pro budovu, která bude po realizaci nového objektu demolována. Potrubí v zemi bude realizováno z PE, uvnitř objektu bude použito PPR.

### Návrh podružného vodoměru pro objekt:

#### Vstupní údaje

Výpočtový průtok	$Q_D = 1,06$	l/s
Minimální průtok (1 zařiz. předmět)	$Q_{D,min} = 0,2$	l/s

#### Navržený vodoměr **Enbra USLF DN 20**

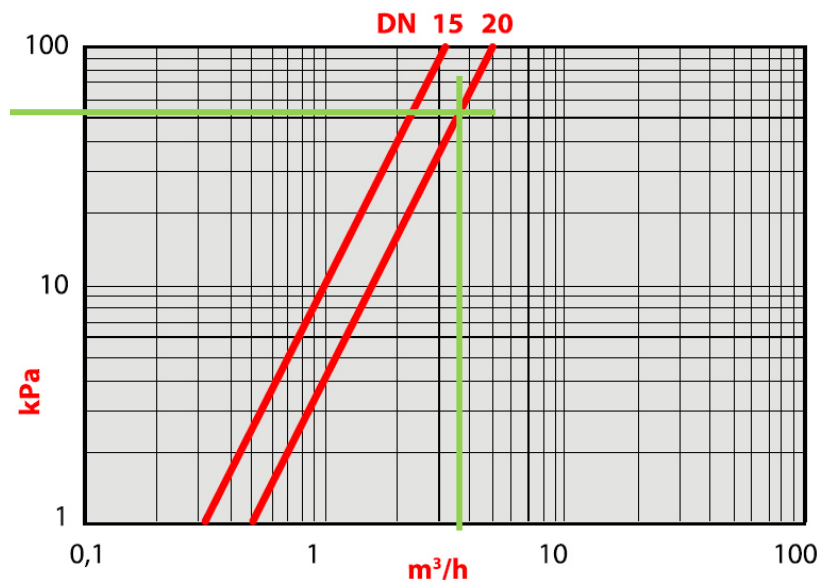
Trvalý průtok	$Q_n = 4$	$m^3/h$
Maximální průtok	$Q_{max} = 5$	$m^3/h$
Minimální průtok	$Q_{min} = 100$	l/h
Tlaková ztráta vodoměru při výpočtovém průtoku	$\Delta p_{WM} = 52$	kPa

#### Posouzení vodoměru:

$$Q_D \leq Q_n \rightarrow \frac{1,06 \times 3600}{1000} = 3,81 \text{ m}^3/h \leq 4 \text{ m}^3/h \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$1,15 \times Q_D \leq Q_{max} \rightarrow 1,15 \times \frac{1,06 \times 3600}{1000} = 4,38 \text{ m}^3/h \leq 5 \text{ m}^3/h \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$Q_{D,min} \geq Q_{min} \rightarrow 0,2 \times 3600 = 720 \text{ l/h} \geq 100 \text{ l/h} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



#### Návrh potrubí:

Dimenzování je zpracováno formou tabulek. Tyto tabulky jsou uvedeny na následujících stranách.

Studená voda – hlavní úsek																						
ÚSEK		Q <sub>A</sub>										Q <sub>T</sub>		Q <sub>D</sub> [l/s]	d <sub>A</sub> x s [mm] (DN)	v [m/s]	l [m]	R [kPa/m]	1 x R [kPa]	Σζ	Δp <sub>F</sub> [kPa]	1 x R + Δp <sub>F</sub> [kPa]
OD	DO	U		DJ		VV DN20		VVH DN15		VVH DN15 (TECH)												
		0,2		0,2		0,4		0,2		0,2												
		PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM											
1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,20	20 x 3,4	1,5	2,79	2,41	6,72	23,0	25,99	32,71		
2	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0,28	25 x 4,2	1,3	2,57	1,48	3,80	8,1	6,89	10,69		
3	4	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0,40	25 x 4,2	1,8	2,30	2,76	6,35	5,0	8,10	14,45		
4	5	2	4	0	2	1	1	0	0	2	2	1,03	50 x 8,4	1,3	16,38	0,59	9,66	13,5	9,72	19,38		
5	6	0	4	0	2	0	1	1	1	0	2	1,06	50 x 8,4	1,3	1,93	0,60	1,16	9,7	6,98	8,14		
6	7	0	4	0	2	0	1	0	1	0	2	1,06	40 x 3,7	1,3	69,55	0,41	28,52	10,5	7,56	36,08		
7	8	0	4	0	2	0	1	0	1	0	2	1,06	50 x 8,4	1,3	3,70	0,60	2,22	8,3	5,98	8,20		
Celková tlaková ztráta úseku:																			ΔP <sub>RF</sub> =		<b>129,65</b>	

Studená voda – ostatní části															
ÚSEK		Q <sub>A</sub>										Q <sub>T</sub>		Q <sub>D</sub> [l/s]	d <sub>A</sub> x s [mm] (DN)
OD	DO	U		DJ		VV DN20		VVH DN15		VVH DN15 (TECH)					
		0,2		0,2		0,4		0,2		0,2					
		PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM				
10	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,20	20 x 3,4		
11	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0,28	25 x 4,2		
14	15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,20	20 x 3,4		
15	16	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0,48	32 x 5,4		
16	17	0	2	0	0	0	0	0	0	1	2	0,68	40 x 6,7		
17	4	0	2	0	0	1	1	0	0	0	2	0,89	40 x 6,7		
P6	17	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0,40	25 x 4,2		

### Hydraulické posouzení:

#### Vstupní údaje

Dispoziční přetlak v místě napojení	$p_{dis} =$	400	kPa
Min. požad. přetlak u nejvyšší výtok. armatury	$p_{minFI} =$	100	kPa
Tlaková ztrátová výška	$\Delta p_e =$	83	kPa
Tlaková ztráta vodoměru	$\Delta p_{WM} =$	52	kPa
Tlakové ztráty napojených zařízení	$\Delta p_{Ap} =$	0	kPa
Tlaková ztráta v potrubí	$\Delta p_{RF} =$	129,65	kPa

$$p_{dis} \geq p_{minFI} + \Delta p_e + \Sigma \Delta p_{WM} + \Sigma \Delta p_{Ap} + \Delta p_{RF} \quad [kPa]$$

$$400 \geq 100 + 83 + 52 + 0 + 129,65 \rightarrow 400 \text{ kPa} > 364,65 \text{ kPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### B.4.3 Rozvod teplé vody

#### Návrh potrubí:

Dimenzování je zpracováno formou tabulek. Tyto tabulky jsou uvedeny na následujících stranách.

Teplá voda – hlavní úsek																						
ÚSEK		Q <sub>A</sub>										Q <sub>T</sub>		Q <sub>D</sub> [l/s]	d <sub>A</sub> x s [mm] (DN)	v [m/s]	l [m]	R [kPa/m]	l x R [kPa]	Σζ	Δp <sub>F</sub> [kPa]	l x R + Δp <sub>F</sub> [kPa]
OD	DO	U		DJ		VV DN20		VVH DN15		VVH DN15 (TECH)												
		0,2		0,2		0,4		0,2		0,2												
		PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM											
1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,20	20 x 3,4	1,5	2,59	2,41	6,24	23,0	25,99	32,23		
2	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0,28	25 x 4,2	1,3	4,26	1,48	6,30	44,7	40,20	46,50		
3	4	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0,40	25 x 4,2	1,8	2,30	2,76	6,35	5,0	8,10	14,45		
4	5	2	4	0	2	1	1	0	0	2	2	1,03	50 x 8,4	1,3	16,38	0,59	9,66	13,5	9,72	19,38		
5	6	0	4	0	2	0	1	1	1	0	2	1,06	50 x 8,4	1,3	1,93	0,60	1,16	9,7	6,98	8,14		
6	7	0	4	0	2	0	1	0	1	0	2	1,06	40 x 3,7	1,3	69,55	0,41	28,52	10,5	7,56	36,08		
7	8	0	4	0	2	0	1	0	1	0	2	1,06	50 x 8,4	1,3	3,70	0,60	2,22	8,3	5,98	8,20		
Celková tlaková ztráta úseku:																		ΔP <sub>RF</sub> =		<b>164,98</b>		

Teplá voda – ostatní části													
ÚSEK		Q <sub>A</sub>								Q <sub>T</sub>		Q <sub>B</sub> [l/s]	d <sub>A</sub> x s [mm] (DN)
OD	DO	U		DJ		VV DN20		VVH DN15		VVH DN15 (TECH)			
		0,2		0,2		0,4		0,2		0,2			
		PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM	PŘIBÝVÁ	CELKEM		
9	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,20	20 x 3,4
10	12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,20	20 x 3,4
12	11	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0,28	25 x 4,2
13	12	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0,40	20 x 3,4
18	19	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,20	20 x 3,4
19	15	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,28	25 x 4,2

### Hydraulické posouzení:

#### Vstupní údaje

Dispoziční přetlak v místě napojení	$p_{dis} =$	400	kPa
Min. požad. přetlak u nejvyšší výtok. armatury	$p_{minFI} =$	100	kPa
Tlaková ztrátová výška	$\Delta p_e =$	83	kPa
Tlaková ztráta vodoměru	$\Delta p_{WM} =$	52	kPa
Tlakové ztráty napojených zařízení	$\Delta p_{Ap} =$	0	kPa
Tlaková ztráta v potrubí	$\Delta p_{RF} =$	164,98	kPa

$$p_{dis} \geq p_{minFI} + \Delta p_e + \Sigma \Delta p_{WM} + \Sigma \Delta p_{Ap} + \Delta p_{RF} \quad [kPa]$$

$$400 \geq 100 + 83 + 52 + 0 + 129,65 \rightarrow 400 \text{ kPa} > 399,98 \text{ kPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Návrh ohřevu teplé vody dle ČSN 06 0320:

Pro ohřev teplé vody budou použity 3 malé zásobníkové ohřivače s krátkodobým elektrickým ohřevem. Instalace ohřivačů bude provedena jako uzavřený tlakový systém. Návrh jejich objemu vychází ze součtu potřeb vody pro činnosti prováděné v odběrové špičce. Na přívodu vody musí být osazen pojistný a zpětný ventil.

V INP bude umístěn 1 ohřivač vody, který bude zajišťovat pokrytí potřeby teplé vody pro dvě umyvadla. Ohřivač bude instalován na stěně ve skladovém prostoru vedle umyvadla. V prostorech s umyvadly bude probíhat technologie, která může znečistit podlahy a je potřeba zajistit dostatek teplé vody v případě úklidu. Pro návrh ohřivačů je tedy rozhodující odběrová špička, která vznikne v této době.

### *Vstupní údaje 1NP*

Potřeba vody o teplotě 55 °C

Mytí podlahy + úklid (na 100 m<sup>2</sup>)

$V_d = 20 \text{ l}$

Podlahová plocha

$A = 97 \text{ m}^2$

$$V_z = \frac{V_d}{100} \times A = \frac{20}{100} \times 97 = \mathbf{19,4 \text{ l}}$$

### Navržen ohřívač **Dražice TO 20**

Objem

20 l

Příkon topného tělesa

2200 W

Doba ohřevu z 10°C na 55 °C

28 min

V 2NP budou umístěny 2 ohřívače vody a každý z nich bude zajišťovat pokrytí potřeby teplé vody pro jeden dřez a jedno umyvadlo. Ohřívače budou umístěny ve skříňkách kuchyňských linek pod dřezem ve školících prostorách. Pro návrh ohřívačů je rozhodující odběrová špička, která vznikne v době úklidu.

### *Vstupní údaje 2NP*

Potřeba vody o teplotě 55 °C

Mytí podlahy + úklid (na 100 m<sup>2</sup>)

$V_d = 20 \text{ l}$

Podlahová plocha

$A = 148 \text{ m}^2$

$$V_z = \frac{V_d}{100} \times A = \frac{20}{100} \times 148 = \mathbf{29,6 \text{ l}}$$

### Navrženy 2 ohřívače **Dražice TO 15 IN**

Objem

14,9 l

Příkon topného tělesa

2000 W

Doba ohřevu z 10°C na 55 °C

25 min

Součástí balení ohřívačů je kombinovaný pojistný a zpětný ventil 1/2" s otvácím tlakem 0,65 MPa.

#### B.4.4 Kompenzace délkové roztažnosti potrubí

Rozdíl teplot při montáži a při provozu způsobuje délkovou změnu potrubí. Pokud by nebyly délkové změny kompenzovány a nebylo by umožněno potrubí roztahovat se a smršťovat se, docházelo by ve stěnách trubek ke koncentraci přídatných tahových a tlakových napětí, která by mohla mít vliv na životnost potrubí.

Kompenzace je počítána pro potrubí studené a provozní vody vedené volně u stěny, pod stropem 1NP a v instalační předstěně v 2NP.

##### Vztahy využívané při návrhu:

*Prodloužení nebo zkrácení potrubí:*

$$\Delta l = \alpha \times L \times \Delta t \quad [mm]$$

Kde:  $\alpha$  je součinitel délkové roztažnosti materiálu trubky [ $mm/(m \times ^\circ C)$ ],

$L$  je délka trubky při montáži [m],

$\Delta t$  je rozdíl teplot při provozu a při montáži [-].

*Volná délka pružného konce:*

$$L_s = k \times \sqrt{d \times \Delta l} \quad [mm]$$

Kde:  $k$  je materiálová konstanta [-],

$d$  je vnější průměr trubky [mm],

$\Delta l$  je prodloužení nebo zkrácení trubky [mm].

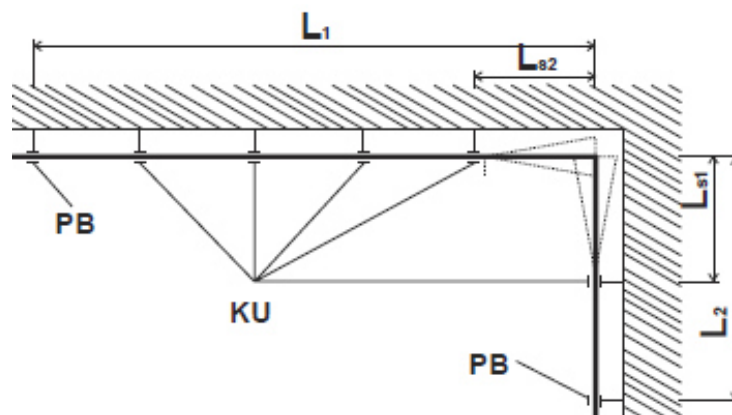
*Šířka U kompenzátoru:*

$$L_k = 2 \times \Delta l + 150 \quad [mm]$$

$$L_k = \min 10 \times d \quad [mm]$$

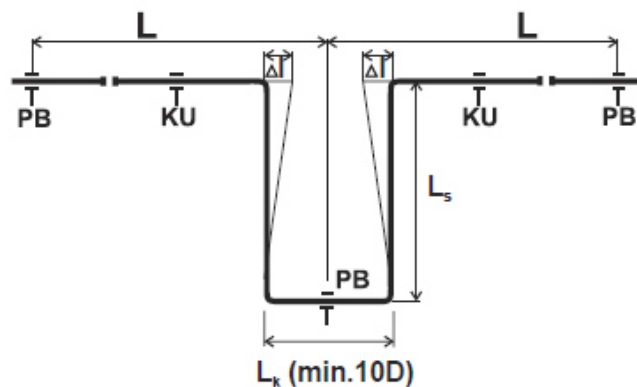
Kde:  $\Delta l$  je prodloužení nebo zkrácení trubky [mm],

$d$  je vnější průměr trubky [mm].



Obr. 38: L kompenzátor [15]





Obr. 39 U kompenzátor [15]

#### B.4.4.1 L kompenzátor

Vedená látka	$\alpha$ [mm/m.°C]	L [m]	$\Delta t$ [°C]	$\Delta l$ [mm]	k [-]	d [mm]	$L_s$ [mm]
Studená voda	0,12	3,80	10	4,6	30	50	<b>453</b>
	0,12	1,87	10	2,2	30	50	<b>318</b>
	0,12	1,00	10	1,2	30	25	<b>164</b>
Provozní voda	0,12	2,45	10	2,9	30	40	<b>325</b>
	0,12	1,97	10	2,4	30	40	<b>292</b>

#### B.4.4.2 U kompenzátor

Vedená látka	$\alpha$ [mm/m.°C]	L [m]	$\Delta t$ [°C]	$\Delta l$ [mm]	k [-]	d [mm]	$L_s$ [mm]	$L_{k,min}$ [mm]	$L_k$ [mm]
Studená voda	0,12	5,50	10	6,6	30	50	<b>545</b>	<b>500</b>	163,2

Navržen rozměr U kompenzátoru **550 × 500 mm.** (délka pružného konce × šířka)

## B.4.5 Návrh tepelné izolace potrubí

### B.4.5.1 Provozní a studená voda

Minimální tloušťku tepelné izolace u potrubí studené vody udává norma ČSN 75 5409. Tepelná izolace brání nechtěnému ohřevu studené vody a zabraňuje kondenzaci vodních par na povrchu potrubí.

Druh a umístění potrubí	Definice dle normy ČSN 75 5409	Min. tl. TI	Návrh tl. TI
Skladovací a technologický prostor - pod stropem - u stěny	Nezakryté ležaté a stoupací potrubí vedené pod stropem nebo podél stěn místností, ve kterých se při vytápění nepředpokládá teplota větší než 25 °C.	9	13
Instalační šachta SDK stěny	Ležaté nebo stoupací potrubí vedené v instalačních kanálech, nad podhledem, v instalačních šachtách nebo drážkách, kde není vedeno společně s potrubím teplé vody s cirkulací nebo s potrubím ústředního vytápění	9	13

### B.4.5.2 Teplá voda

Požadavky na tepelnou izolaci potrubí teplé vody a určením tloušťky tepelné izolace potrubí se zabývá vyhláška 193/2007 Sb. a TNI CEN/TR 16355.

Řešení přípravy teplé vody je v místech spotřeby malými tlakovými zásobníkovými ohřívači vody a rozvod není cirkulovaný. Dle TNI CEN/TR 16355, která se zabývá problematikou bakterie Legionella má být potrubí bez cirkulace bez tepelné izolace. V konkrétním případě je potrubí vedeno v SDK stěnách a není nutná ani minimální izolace pro dilataci potrubí vedených pod omítkou. Tepelná izolace na potrubí teplé vody tedy nebude instalována. Bude vedeno mimo tepelnou izolaci a bude k němu zajištěn přívod okolního vzduchu větrací mřížkou.

## **B.5 Ideové řešení navazujících profesí TZB v zadané budově**

### **B.5.1 Plynovodní instalace**

Areál je připojen na veřejný plynovod v ulici Dukelská třída. Objekt bude napojen na stávající NTL plynovod v areálu. Napojení bude provedeno ve venkovním prostoru před administrativní budovou. Potrubí pro napojení objektu Školiciho střediska a skladovacího prostoru bude veden v zemi. Pro vedení v zemi bude použito plynovodní potrubí HDPE 100 SDR11 50×4,6. Před obvodovou stěnou bude osazena skříň s podružným plynoměrem a hlavním uzávěrem plynu pro budovu. V objektu bude instalován plynový kondenzační kotel BOSH CONDENS 9000i 50 kategorie C s maximálním tepelným výkonem 49 kW a spotřebou plynu 5,1 m<sup>3</sup>/h. Uvnitř objektu bude potrubí vedeno podél stěny ke kotli. Potrubí uvnitř objektu bude měděné, označené žlutou barvou. Všechny uzávěry musí mít atest na plyn a mít vyznačenou polohu otevřeno/zavřeno.

### **B.5.2 Vytápění objektu**

Tepelná ztráta objektu je 47 kW. Bude vytápěný plynovým kondenzačním kotlem BOSCH CONDENS 9000i 50 s maximálním tepelným výkonem 49 kW. Kotel je umístěný ve skladovacím prostoru (103). V tomto prostoru je také umístěný kombinovaný rozdělovač a sběrač, který dělí otopnou soustavu na větev pro skladovací prostory ÚT1, větev pro vzduchotechniku ÚT2 a větev pro školící středisko ÚT3. Rozvody vytápění budou provedeny z měděného potrubí. Otopná soustava je řešena jako dvoutrubková, protiproudá soustava s nuceným oběhem a hlavními horizontálními rozvody vedenými pod strupem 1NP. V 1NP budou použita otopná tělesa RADIK KLASIK s bočním připojením. V 2NP budou použita otopná tělesa RADIK VK se spodním připojením. Otopná soustava bude řízena ekvitermní regulací.

### **B.5.3 Vzduchotechnické instalace**

Vzduchotechnika řeší nucené přetlakové větrání skladového prostoru s technologií (102). Pod stropem bude umístěna VZT jednotka s výměníkem pro zpětné získávání tepla. VZT jednotka bude umožňovat filtraci a ohřev vzduchu přiváděného vzduchu a filtraci odváděného vzduchu. Vzduchovody budou plechové pozinkované. Pro přívod a odvod vzduchu z místnosti budou na přívodní a odvodní potrubí osazeny obdélníkové vyústky.

V prostorách WC v 2NP budou instalovány malé axiální ventilátory pro odvod vzduchu. Potrubí pro odváděný vzduch bude vyústěno nad střechu a na fasádu.

## **C. Technické řešení vybrané varianty**

### **C.1 Technická zpráva**

**Stavba:** Školicí středisko a skladovací prostor  
Dukelská třída, číslo parcely 838/2  
Brno, PSČ 614 00

**Část:** Zdravotně technické instalace

**Stupeň:** Prováděcí dokumentace

**Investor:** E S L, a.s.  
Dukelská třída 247/69  
Brno, PSČ 614 00

**Kontaktní osoba:** Ing. Ladislav Lněniček  
Dukelská třída 247/69  
Brno, PSČ 614 00  
e-mail:  
tel.:

**Vypracoval:** Bc. Jan Novotný

Brno, leden 2018

### **C.1.1 Všeobecné informace**

Projekt řeší zařazení nové akumulární nádrže do stávajícího systému využívání srážkové vody jako vody provozní v areálu firmy a návrh zdravotně technických instalací v nové budově Školicího střediska a skladovacího prostoru. V areálu se nacházejí dvě stávající nádrže a to podzemní mezi Administrativní budovou a Výzkumným a vývojovým střediskem s kapacitou 5 m<sup>3</sup> a soustavu nadzemních nádrží v zadní části objektu za Prototypovou dílnou s kapacitou 20 m<sup>3</sup>. Soustava nadzemních nádrží bude nahrazena novou nádrží v podzemním prostoru budovaného objektu s kapacitou 70 m<sup>3</sup>. V technické místnosti Výzkumného a vývojového centra je umístěna automatická tlaková čerpací stanice, která zajišťuje rozvod provozní vody po areálu. ATČS odebírá vodu z podzemní nádrže. Tato nádrž je gravitačně doplňována ze soustavy nadzemních nádrží. V areálu je provozní voda využívána pro splachování toalet a závlahu. Nové řešení bude zajišťovat využití provozní vody pro budoucí technologii.

V suterénu nové budovy se nachází akumulární nádrž na provozní vodu a nádrž pro technologické účely. 1NP slouží jako skladovací a technologický prostor. 2NP obsahuje prostory školicího střediska.

Při provádění stavby je nutné dodržet podmínky městského úřadu, stavebního úřadu a zásady bezpečnosti práce.

Projektová dokumentace je zpracována v souladu s předpisy a normami ČSN a katalogy platnými v době jejího vzniku.

### **C.1.2 Podklady pro projekt**

- stavební výkresy v měřítku 1:50
- požadavky projektanta stavební části
- požadavky investora na vybavení objektu
- požadavky ostatních profesí
- normy ČSN platné v době zpracování projektu

### C.1.3 Bilance potřeb

### C.1.4 Potřeba vody

*Vstupní údaje (předpoklad dne, kdy probíhá školení a technologie současně)*

Počet osob

Školící prostory  $n_{\text{šk}} = 16$  os

Skladovací a technologické prostory  $n_{\text{výr}} = 3$  os

Podlahová plocha

Školící prostory  $A_{\text{šk}} = 148$  m<sup>2</sup>

Skladovací a technologické prostory  $A_{\text{tech}} = 97$  m<sup>2</sup>

Potřeba vody

Školící prostor  $q_{\text{šk}} = 27$  l/(os×den)

Mytí rukou ve výrobě  $q_{\text{výr}} = 9$  l/(os×den)

Technologie  $q_{\text{tech}} = 500$  l/den

Mytí podlah + úklid (na 100 m<sup>2</sup>)  $q_{\text{podl}} = 30$  l

Součinitel denní nerovnoměrnosti

20 000 – 1 000 000 obyvatel  $k_d = 1,25$  –

Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti

Běžné spotřebiště  $k_h = 1,8$  –

*Průměrná denní potřeba vody*

$$Q_p = q_{\text{šk}} \times n_{\text{šk}} + q_{\text{výr}} \times n_{\text{výr}} + q_{\text{tech}} + q_{\text{podl}} \times (A_{\text{šk}} + A_{\text{tech}})$$

$$= 27 \times 16 + 9 \times 3 + 500 + \frac{30}{100} \times (148 + 97) = \mathbf{1\ 033\ l/den}$$

*Maximální denní potřeba vody*

$$Q_m = k_d \times Q_p = 1,25 \times 1\ 033 = \mathbf{1291\ l/den}$$

*Maximální hodinová spotřeba vody*

$$Q_m = k_h \times \frac{Q_m}{t} = 1,8 \times \frac{1\ 291}{8} = \mathbf{290\ l/hod}$$

### C.1.4.1 Potřeba teplé vody

*Vstupní údaje (předpoklad dne, kdy probíhá školení a technologie současně)*

Počet osob

Školící prostory	$n_{\text{šk}} = 16$	os
Skladovací a technologické prostory	$n_{\text{výr}} = 3$	os

Podlahová plocha

Školící prostory	$A_{\text{šk}} = 148$	$\text{m}^2$
Skladovací a technologické prostory	$A_{\text{tech}} = 97$	$\text{m}^2$

Potřeba vody

Školící prostor	$q_{\text{šk}} = 6$	$\text{l}/(\text{os} \times \text{den})$
Mytí rukou ve výrobě	$q_{\text{výr}} = 6$	$\text{l}/(\text{os} \times \text{den})$
Mytí podlah + úklid (na $100 \text{ m}^2$ )	$q_{\text{podl}} = 20$	l

*Průměrná denní potřeba teplé vody*

$$Q_p = q_{\text{šk}} \times n_{\text{šk}} + q_{\text{výr}} \times n_{\text{výr}} + q_{\text{podl}} \times (A_{\text{šk}} + A_{\text{tech}})$$
$$= 6 \times 16 + 6 \times 3 + \frac{20}{100} \times (148 + 97) = \mathbf{163 \text{ l/den}}$$

### C.1.4.2 Potřeba provozní vody

*Vstupní údaje (předpoklad dne, kdy probíhá školení a technologie současně)*

Počet osob

Školící prostory	$n_{\text{šk}} = 16$	os
------------------	----------------------	----

Potřeba vody

Školící prostor	$q_{\text{šk}} = 18$	$\text{l}/(\text{os} \times \text{den})$
Technologie	$q_{\text{tech}} = 500$	$\text{l}/(\text{os} \times \text{den})$

*Průměrná denní potřeba teplé vody*

$$Q_p = q_{\text{šk}} \times n_{\text{šk}} + q_{\text{tech}} = 18 \times 16 + 500 = \mathbf{788 \text{ l/den}}$$

### C.1.5 Kanalizační přípojka

Objekt bude odkanalizován do stávající do betonové jednotné stoky DN 1000 v ulici Dukelská třída. Areál disponuje dvěma stávajícími jednotnými kanalizačními přípojkami z kameniny DN 200.

## C.1.6 Vodovodní přípojka

Objekt bude napojen na stávající litinový veřejný vodovod DN 200 v ulici Dukelská třída. Areál disponuje dvěma stávajícími vodovodními přípojkami z litiny DN 40.

## C.1.7 Řešení vedení srážkové vody v areálu

### C.1.7.1 Přívod do nové akumulární nádrže

Přívod vody ze soustavy nadzemních nádrží v zadní části areálu a ze střechy servisního střediska do akumulární nádrže umístěné v objektu bude realizováno potrubím PVC – KG. Pro filtraci vody budou použity filtrační podzemní šachty NICOLL DN 400. Od soustavy akumulárních nádrží bude použito potrubí DN 160, které bude procházet plastovou revizní šachtou Wavin Basic 400 s průměrem 400 mm, přímým šachtovým dnem DN 160 a litinovým poklopem 315/D400 (RŠ3). Pro vedení vody ze střechy Servisního střediska bude použito potrubí DN 110. Potrubí budou spojena v plastové revizní šachtě Wavin Tegra 425 s průměrem 425 mm, sběrným šachtovým dnem s výkyvnými hrdly DN 160 a litinovým poklopem 425/D400 (RŠ2). Vzdálenost RŠ3 a RŠ2 bude maximálně 25 m. Z RŠ2 bude vedeno potrubí DN 160 přes armaturní šachtu před objektem do akumulární nádrže. Armaturní šachta bude monolitická s vnitřními půdorysnými rozměry 1200 × 2100 mm, světlou výškou 1500 mm a litinovým poklopem. V revizní šachtě bude na přívodním potrubí osazena čistící tvarovka a šoupě pro PVC potrubí Valterra DN 160. Bude zde vytvořen propoj mezi přívodním a přepadovým potrubím nádrže z PVC – KG DN 160. Propoj bude opatřen šoupětem pro PVC potrubí Valterra DN 160 a bude spádovaný do přepadového potrubí. Toto řešení umožňuje odstavení nátok srážkové vody do akumulární nádrže a přepouštění do přepadového potrubí. Důvodem je předpokládané zaplnění přívodního potrubí na úroveň hladiny vody v nádrži. V zimním období by mohlo dojít k zamrznutí stojaté vody v přívodním potrubí. Propoj dále umožňuje částečné vypuštění akumulární nádrže. Nátok vody bude ukončen u dna nádrže klidným nátokem ze 4 kolen 45 °. Celkový průtok potrubím je 7,92 l/s.

Přívod vody ze střechy objektu bude realizováno potrubím z PVC – KG DN 160. Pro filtraci vody bude použita filtrační podzemní šachta NICOLL DN 400. Nátok vody bude ukončen u dna nádrže klidným nátokem ze 4 kolen 45 °. Celkový průtok potrubím je 5,76 l/s.

Prostupy potrubí do akumulární nádrže budou řešeny prostupovými PVC tvarovkami UNIVERSAL D/SF4 DN 160.

Potrubí bude ve spádu 1 % uloženo na pískovém podsypu o mocnosti 150 mm. Následně bude potrubí obsypáno pískem a zasypáno do výše 300 mm nad vrchol



trubky. Tento pískový zásyp nesmí být hutněn! V ose potrubí bude na zásypu položena šedá výstražná folie s nápisem „KANALIZACE“ šířky 300 mm. Dále bude výkop zasypáván původní zeminou a bude po vrstvách 500 hutněn.

### **C.1.7.2 Přepad z akumulční nádrže**

Přepadové potrubí z PVC – KG DN 160 potrubí bude opatřeno přepadovým sifonem ze 3 kolen 87 ° v úrovni 300 mm pod stropem nádrže. Potrubí bude vedeno armaturní šachtou, kde bude opatřeno zpětnou klakou proti zpětnému průtoku splaškových vod. Dále klapka slouží jako ochrana proti vniknutí drobných živočichů do systému zachycení srážkové vody. Z armaturní šachty je potrubí vedeno do plastové revizní šachty Wavin Basic 400 s průměrem 400 mm, sběrným šachtovým dnem DN 160 a litinovým poklopem 315/D400 (RŠ4), kde je napojeno na jednotnou kanalizaci. Celkový průtok potrubím je 13,68 l/s.

Prostup potrubí z akumulční nádrže bude řešen prostupovou PVC tvarovkou UNIVERSAL D/SF4 DN 160.

Potrubí bude ve spádu 2 % v zemi uloženo na pískovém podsypu o mocnosti 150 mm. Následně bude potrubí obsypáno pískem a zasypáno do výše 300 mm nad vrchol trubky. Tento pískový zásyp nesmí být hutněn! V ose potrubí bude na zásypu položena šedá výstražná folie s nápisem „KANALIZACE“ šířky 300 mm. Dále bude výkop zasypáván původní zeminou a bude po vrstvách 500 hutněn.

### **C.1.7.3 Propojení akumulčních nádrží**

Propojení akumulčních nádrží bude provedeno z potrubí PE 100 SDR11 32 × 3,0. Propoj umožňuje přívod vody z nové do stávající podzemní akumulční nádrže. Pro čerpání je použito ponorné čerpadlo Grundfos SB 3-25 s řízením hladinovým spínačem. Potřebný čerpaný průtok je 1,11 l/s. Před vstupem do stávající nádrže bude zvětšeno na 110 × 6,3 z důvodu snížení rychlosti vstupující vody do akumulční nádrže. Minimální délka zasunutí potrubí do nádrže je 200 mm. Potrubí je ukončeno převedením do svislého směru a vytvořením klidného nátoky.

Čerpadlo bude spínáno na základě hladiny vody ve stávající podzemní nádrži. Pokud zde klesne úroveň hladiny na 200 mm, sepne se ponorné čerpadlo v nové nádrži. Čerpání se přeruší při výšce hladiny 45 cm.

Prostup potrubí v nové akumulční nádrži bude řešen prostupovou pažnicí FE/SF4 DN/ID 80 a těsnící vložkou CURAFLEX. Stávající podzemní plastová nádrž LILO bude navrtána a bude použito propojovací těsnění DN 100 GARANTIA pro napojení více nádrží.

Potrubí bude ve spádu 0,3 %. V akumulční nádrži bude zavěšeno pod stropem. V zemi bude uloženo na pískovém podsypu o mocnosti 150 mm. Následně bude potrubí obsypáno pískem a zasypáno do výše 300 mm nad vrchol trubky. Tento pískový zásyp nesmí být hutněn! V ose potrubí bude na zásypu položena bílá výstražná folie s nápisem „POZOR VODA“ šířky 300 mm. Dále bude výkop zasypáván původní zemínou a bude po vrstvách 500 hutněn.

### **C.1.8 Vnitřní kanalizace**

Kanalizace odvádějící odpadní vody z objektu bude napojena na stávající areálovou jednotnou kanalizaci DN 200 a kanalizační přípojku vedenou do stoky v ulici Dukelská třída.

Splaškové svodné potrubí vedené v zemi pod podlahou a vně budovy bude z PVC – KG DN 125. Pro přepad z akumulční nádrže bude realizováno svodné potrubí z PVC – KG DN 160. Tato potrubí budou spojena v plastové revizní šachtě Wavin Basic 400 s průměrem 400 mm, sběrným šachtovým dnem DN 160 a litinovým poklopem 315/D400 (RŠ4) před objektem. Dále bude pokračovat potrubí PVC – KG DN 160 do plastové revizní šachty Wavin Tegra 425 s průměrem 425 mm, průtočným šachtovým dnem s výkyvnými hrdly DN 160 a litinovým poklopem 425/D400 (RŠ1). Tato šachta bude umístěna po max. 25 m. Úhel výkyvných hrdel šachtového dna bude určen po zjištění pozice stávající jednotné kanalizace z kameniny DN 200. Celkový průtok jednotným svodným kanalizačním potrubím je 14,25 l/s.

Splaškové svodné potrubí vedené pod stropem nádrží bude z HDPE DN 50 a 110 bude spojováno svařováním na tupo. Prostupy budou tvořeny prostupovou pažnicí FE/SF4 DN/ID 200 a těsnicí vložkou CURAFLEX.

Splaškové odpadní potrubí vede v 1NP ve skladovém prostoru (103) u stěny a následně pod stropem. V 2NP prochází v instalační předstěně. V 1NP ve výšce 1 m nad podlahou bude osazena čistící tvarovka. V 2NP bude osazena čistící tvarovka ve výšce 1,3 m. Přístup k čistící tvarovce v 2NP bude zajištěn plastovými dvířky 200 × 200 mm. Odpadní potrubí bude spojeno větracím potrubím s venkovním prostředím. Větrací potrubí budou ukončena 0,5 m nad úroveň střechy.

Přípojovací potrubí budou vedena v SDK příčkách, instalačních SDK stěnách a předstěnách a zavěšená pod stropem ve sklonu vždy min. 3%. Přípojovací potrubí v S1a a S1b budou ve 2NP ukončena hrdlovou zátkou a opatřena čistící tvarovkou ve výšce 1,3 m nad podlahou. Přípojovací potrubí S1c bude pokračovat jako větrací potrubí nad střechu, kde bude ukončeno 0,5 m její nad úrovní. Ve výšce 1,3 m bude

opatřeno čistící tvarovkou. Přístup k čistícím tvarovkám bude zajištěn plastovými dvířky 200 × 200 mm.

Splaškové svodné potrubí v zemi bude ve spádu 2 % uloženo na pískovém podsypu o mocnosti 150 mm. Následně bude potrubí obsypáno pískem a zasypáno do výše 300 mm nad vrchol trubky. Tento pískový zásyp nesmí být hutněn! V ose potrubí bude na zásypu položena šedá výstražná folie s nápisem „KANALIZACE“ šířky 300 mm. Dále bude výkop zasypáván původní zeminou a bude po vrstvách 500 hutněn.

Splaškové svodné potrubí pod stropem nádrže bude uchyceno pomocí systémových objímek Wavin.

Splašková odpadní, větrací, a přípojovací potrubí budou z PP – HT spojována hrdlovými spoji a budou upevňována kovovými objímkami s gumovou vložkou.

Dešťové odpadní potrubí bude vnější, vedené po fasádě. Odvod vody ze střechy bude řešen plastovým okapovým systémem MARLEY z PVC. Odpadní potrubí bude napojeno na svodné dešťové potrubí D1 a přes podzemní filtrační šachtu NICOLL svedeno do akumulární nádrže viz bod C.1.7.1.

Vnitřní kanalizace je navržena a bude provedena a zkoušena podle ČSN EN 12056 a ČSN 75 6760.

### **C.1.9 Vnitřní vodovod**

Vnitřní vodovod bude napojen suterénu Administrativního objektu na stávající rozvod. Administrativní objekt je napojený na veřejný litinový vodovod DN 200 v ulici Dukelská třída. Přetlak vody v místě napojení na stávající rozvod podle změřených údajů pohybuje v rozmezí 0,40 až 0,44 MPa. Výpočtový průtok určený podle ČSN 75 5455 je 1,06 l/s. Vodoměrná sestava pro podružné měření spotřeby vody v objektu s vodoměrem DN 20 a hlavním uzávěrem vody pro objekt bude umístěna v 1NP objektu ve skladovém prostoru (103).

Připojení objektu k pitné vodě bude provedeno PPR PN20 50 × 8,4 v suterénu stávajícího objektu a HDPE 100 SDR 11 40 × 3,7 vedené v zemi. Potrubí vstoupí do objektu ochranou trubkou z podlahy ve skladovém prostoru (103).

V objektu bude ležaté potrubí zavěšeno pod stropem 1NP. Stoupací potrubí bude vedeno v 1NP podél stěny a v 2NP v instalační předstěně. Před stoupacím potrubím budou osazeny uzavírací armatury. Podlažní rozvodná a přípojovací potrubí budou vedena v SDK příčkách. Potrubí teplé vody vedeno mimo tepelnou izolaci a bude k němu zajištěn přívod okolního vzduchu větrací mřížkou.

Teplá voda bude ohřívána v blízkosti místa spotřeby pomocí malých tlakových zásobníkových ohřivačů s elektrickým ohřevem. V 1NP bude ve skladovém prostoru (101) umístěn ohřivač Dražice TO 20 s objemem 20 litrů výšce 1,5 m. Zásobník bude ohřívat vodu pro dvě umyvadla. V 2NP budou umístěny 2 ohřivače Dražice TO 15 IN. Ohřivače budou umístěny ve skříňce kuchyňské linky v každé školící místnosti (201 a 202). Každý z ohřivačů bude připravovat teplou vodu pro jeden dřez a jedno umyvadlo. Na přívodu studené vody do ohřivače bude instalován uzavírací kulový kohout a kombinovaný pojistný ventil se zpětnou klapkou. Tento ventil bude instalován na vodorovné části přípojovacího potrubí. Otevírací přetlak pojistného ventilu bude 0,6 MPa. Ventil je dodáván společně s ohřivačem vody. U ohřivačů v kuchyňské linky bude osazena uzavírací armatura i na přípojovacím potrubí pro teplou vodu.

Provozní voda bude rozváděna po objektu pro splachování toalet a jako voda technologická. Pro čerpání vody bude sloužit automatická tlaková čerpací stanice AS Rainmaster Favorit 20. Tlaková stanice obsahuje nádržku pro doplňování pitné vody v případě nedostatku vody srážkové. Tlaková stanice splňuje předpisy pro ochranu pitné vody. Napojení na pitnou vodu bude provedeno pomocí flexi hadice s uzavíracím ventilem, která je součástí dodávky. Sací potrubí bude v místě prostupu stropem vedeno ochranou trubkou PVC – KG společně s kabelem plovákového spínače pro hlídání hladiny vody v akumulární nádrži. K utěsnění prostupu bude použito gumové těsnění. Pro sání bude použito plovoucí sání se zpětným ventilem WISY SAFF délky 3 m. Připojení k rozvodu provozní vody bude provedeno sady pro tlakové připojení, která je součástí dodávky. Nouzový přepad bude odvodněn potrubím PP – HT DN 50 do kalichu se zápachovou uzávěrkou. Instalace musí být provedena dle návodu výrobce. Spotřeba provozní vody bude měřena vodoměrem DN 20 s možností dálkového odečtu. Výtokové armatury provozní vody musí být řádně označeny nápisem „Provozní voda“ nebo příslušným symbolem.

Vnitřní vodovod je navržen podle ČSN EN 806 – 2 a ČSN 75 5409. Vnitřní vodovod bude provozován a udržován podle ČSN EN 806 – 5 a ČSN 75 5409. Montáž a tlakové zkoušky vnitřního vodovodu budou provedeny podle ČSN EN 806 – 4 a ČSN 75 5409.

Materiál potrubí uvnitř objektu bude PPR, PN 20. Svařovat lze pouze plastové potrubí ze stejného materiálu od stejného výrobce. Pro napojení výtokových armatur budou použity nástěnky připevněné ke stěně. Spojení plastového potrubí se závitovou armaturou musí být provedeno pomocí přechodky s mosazným závitkem. Volně vedené potrubí uvnitř domu bude ke stavebním konstrukcím upevněno kovovými objímkami s gumovou vložkou. Jako uzavírací armatury budou použity mosazné kulové kohouty s atestem na pitnou vodu.

Potrubí bude v zemi uloženo minimálně 1,5 m pod úroveň terénu. Bude vedeno ve spádu 0,3 % uloženo na pískovém podsypu o mocnosti 150 mm. Následně bude potrubí obsypáno pískem a zasypáno do výše 300 mm nad vrchol trubky. Tento pískový zásyp nesmí být hutněn! V ose potrubí bude na zásypu položena bílá výstražná folie s nápisem „POZOR VODA“ šířky 300 mm. Dále bude výkop zasypáván původní zeminou a bude po vrstvách 500 hutněn.

Jako tepelná izolace potrubí studené a provozní vody bude použita návleková izolace MIRELON tloušťky 13 mm. Potrubí teplé vody bude ponecháno bez izolace.

### **C.1.10 Zařizovací předměty**

Budou použity zařizovací předměty podle sestav specifikovaných v legendě zařizovacích předmětů. Záchodové mísy budou závěsné s montážním prvkem pro montáž do SDK stěny. U umyvadel v 1NP budou nástěnné jednopákové směšovací baterie. U umyvadel a dřezů v 2NP budou stojánkové jednopákové směšovací baterie.

Smějí být použity jen výtokové armatury zajištěné proti zpětnému nasátí vody podle ČSN EN 1717 a ČSN 75 5409.

### **C.1.11 Zemní práce**

Pro potrubí uložená v zemi budou hloubeny rýhy o šířce 0,8 m. Tam, kde bude potrubí uloženo na násypu je třeba tento násyp předem dobře ztuhnit. Při provádění je třeba dodržovat zásady bezpečnosti práce. Výkopy o hloubce větší než 1,3 m je nutno pažit příložným pažením. Výkopy je nutno ohradit a označit. Případnou podzemní vodu je třeba z výkopů odčerpávat. Výkopek bude po dobu výstavby uložen podél rýh, přebytečná zemina odvezena na skládku. Při křížení a souběhu s jinými sítěmi budou dodrženy vzdálenosti podle ČSN 73 6005, normy ČSN 33 2000-5-52, ČSN 33 2000-5-54, ČSN 33 2160, ČSN 33 3301. Výkopové práce v místě křížení a souběhu s jinými sítěmi je nutno provádět ručně a velmi opatrně bez použití pneumatického, bateriového nebo motorového nářadí, aby nedošlo k poškození křížených sítí. Obnažené křížené síť je při zemních pracích nutno zabezpečit proti poškození. Lože a obsyp křížených sítí budou uvedeny do původního stavu.

Při provádění zemních prací je nutno dodržet ČSN EN 1610, ČSN EN 805, nařízení vlády č. 591/2006 Sb., další příslušné ČSN, technická pravidla GAS, podmínky provozovatelů podzemních sítí, stavebního a městského úřadu a zajistit bezpečnost práce.

## C.2 Legenda zařizovacích předmětů

Označení na výkrese	Popis sestavy	Počet sestav
U1	Umyvadlo nerezové AZP AUM 022N šířky 400 mm. Montážní prvek pro zabudování do SDK stěny Geberit DUOFIX, výška 112 cm. Zápachová uzávěrka umyvadlová plastová s nerezovým odpadním ventilem součástí balení. Baterie umyvadlová jednopáková nástěnná pochromovaná Titania Iris.	2
U2	Umyvadlo keramické bílé Jika – Mio šířky 650 mm. Montážní prvek pro zabudování do SDK stěny Geberit DUOFIX, výška 112 cm. Zápachová uzávěrka umyvadlová kovová pochromovaná Jika – Mio. Kryt na sifon bílý Jika – Mio. Baterie stojánková pochromovaná Jika – Mio. 2 × rohový ventil pochromovaný DN 15. 2 × přípojovací hadička 3/8“ × 1/2 délky 500 mm	2
DJ	Dřez jednodílný s okapovou plochou vestavný do kuchyňské linky. Zápachová uzávěrka dřezová plastová s nerezovým odpadním ventilem HL. Baterie dřezová jednopáková stojánková pochromovaná Titania Iris. 2 × rohový ventil pochromovaný DN 15. 2 × přípojovací hadička 3/8“ × 1/2 délky 500 mm.	2
WC	Záchodová mísa keramická závěsná bílá Jika – Mio. Montážní prvek pro zabudování do SDK stěny Geberit DUOFIX s nádržkou Sigma, výška 112 cm. Záchodové sedátko s poklopem bílé Jika – Mio. Ovládací tlačítko Sigma30 bílé pro dvě množství spláchnutí	4
VP1	Vpust' podlahová HL317 DN 110 s vodní zápachovou uzávěrkou se svislým odtokem. Nerezová mřížka.	2
VP2	Vpust' průtočná Geberit Varino s přítokem DN 50 a odtokem DN 110/75 s vodní zápachovou uzávěrkou a bočním odtokem. Nerezová mřížka.	1

### **C.3 Výkresová dokumentace**

Viz přílohy

## Závěr

Diplomová práce byla zpracována na téma využití srážkových vod v areálu firmy. Kromě využití srážkových vod řeší ještě navazující zdravotnické instalace v nově budovaném objektu v daném areálu.

V první části byla věnována přiblížení problematiky návrhu využívání srážkových vod podle připravované normy EN 16941-1 a doplnění jejich teoretických poznatků o příklady prvků systému. Dále zde bylo zpracováno měření spotřeby provozní vody ve dvou stávajících objektech v areálu. V těchto objektech je voda využívána pro splachování toalet. Výsledkem měření spotřeby vody pro splachování je zjištění, že spotřeba vody na osobu je vyšší než udává norma DIN 1989-1 a článek věnovaný této problematice na stránkách tzb.info. Dále zde byly zjištěny nižší maximální okamžité průtoky doplňování jedné splachovací nádržky, než je výpočtový průtok uvedený v normě ČSN 75 5455. Dále byla sledována dlouhodobá spotřeba provozní vody v areálu a určena jeho denní potřeba provozní vody pro další výpočty.

V druhé části byly stanoveny bilance průtoku vody v areálu a posouzení objemu nově budované akumulční nádrže, jejíž rozměry jsou dány dodaným projektem. Posouzení bylo provedeno ve dvou variantách. Výsledkem posouzení je zjištění, že kapacita dané nádrže je nadbytečná. Dále zde byl zpracován návrh přečerpávání akumulované srážkové vody z nové nádrže do stávající podzemní nádrže, vedení srážkové vody ze vzdálené části areálu do nové nádrže a návrh zdravotně technických instalací v nově budovaném objektu.

Poslední část diplomové práce se zabývala zpracováním projektové dokumentace pro realizaci návrhu z předchozí části. Byla zde zpracována technická zpráva a výkresová dokumentace pro navržené řešení.



# Seznam použitých zdrojů

## Literatura

ŽABIČKA, Zdeněk a Jakub VRÁNA. *Zdravotnětechnické instalace*. Brno: ERA, 2009. Technická knihovna (ERA). ISBN 978-80-7366-139-7.

ADÁMEK, Miroslav a Aleš JUREČKA: *Instalace vody a kanalizace II*. Informatorium spol. s.r.o., Praha 2011

ČUPR, K. *Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia, TZB I (S)*, Modul 2: Odvádění odpadních vod z budov. Brno, 2006.

BÁRTA, L. *Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia TZB I (S)* Modul 3: Zásobování budov vodou. Brno, 2006.

NESTLE, H. a kol. *Příručka zdravotně technických instalací*. Praha: Europa – Sobotáles cz, 2003

## Přednášky k předmětu

CT003 – Vybrané statě ze zdravotní techniky, VUT FAST

## Normy

ČSN 01 3450. *Technické výkresy - Instalace - Zdravotnětechnické a plynovodní instalace*

ČSN 73 6005. *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení*

ČSN 75 6760. *Vnitřní kanalizace*

ČSN EN 12056-1. *Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 1: Všeobecné a funkční požadavky*

ČSN EN 12056-2. *Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 2: Odvádění splaškových odpadních vod - Navrhování a výpočet*

ČSN EN 12056-3. *Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 3: Odvádění dešťových vod ze střech - Navrhování a výpočet*

ČSN 75 6261. *Dešťové nádrže*

ČSN 75 5409. *Vnitřní vodovody*

ČSN 75 5455. *Výpočet vnitřních vodovodů*

ČSN EN 806. *Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě*

ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování*

ČSN EN 1717. *Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem*

TNI CEN/TR 16355. *Doporučení pro prevenci zvyšování koncentrace bakterie rodu Legionella ve vnitřních vodovodech pro rozvod vody určené k lidské spotřebě*

FprEN 16941-1 *On-site non-potable water systems - Part 1: Systems for the use of rainwater*

DIN 1989-1:2002-04. *Regenwassernutzungsanlagen - Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung*. 2002.

### Obrázky

[1] Srážky. In: *IN-POČASÍ* [online]. [cit. 2018-01-11]. Dostupné z: <http://www.in-pocasi.cz/archiv/img/srazkyp2a.png>

[2] FprEN 16941-1. *On-site non-potable water systems - Part 1: Systems for the use of rainwater*. 2017.

[3] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. *Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění: Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení* [online]. 2007. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>

[4] Nádrž Lilo. In: *Nicoll* [online]. [cit. 2018-01-11]. Dostupné z: [http://www.nicoll.cz/media/k2/items/cache/e4c07973dbc8eb2f7380bdec4201087\\_XL.jpg](http://www.nicoll.cz/media/k2/items/cache/e4c07973dbc8eb2f7380bdec4201087_XL.jpg)

[5] Domácí vodárna Wilo. In: *Bola* [online]. [cit. 2018-01-11]. Dostupné z: [https://www.bola.cz/webtemp/e\\_products/2/2074/1280x1280\\_domaci-vodarna-s-nerez-nadobou\\_2.jpg](https://www.bola.cz/webtemp/e_products/2/2074/1280x1280_domaci-vodarna-s-nerez-nadobou_2.jpg)

[6] Návod pro montáž a údržbu Lilo. In: *Nicoll* [online]. Dostupné z: <http://www.nicoll.cz/component/phocadownload/category/5-nadrze-na-destovou-vodu.html?Itemid=0>

[7] Snímač průtoku FVA 645 GVx [online]. Dostupné z: <http://www.ahlborn.cz/out/pictures/z1/378fva645-prutok.jpg>

[8] Datalogger Almemo 710 [online]. Dostupné z: [http://www.ahlborn.cz/out/pictures/z1/710-02e\\_z1.jpg](http://www.ahlborn.cz/out/pictures/z1/710-02e_z1.jpg)

[9] katalog Itron Aquadis + [online]. Dostupné z: <http://itron.cz/voda/domovni-vodomery/aquadis-aquadis-plus-aquadis-plus-kompozit/>

[10] katalog Cyble Sensor V2 [online]. Dostupné z: [https://www1.itron.com/local/Indonesia%20Portfolio/Cyble\\_Sensor\\_brochure.pdf](https://www1.itron.com/local/Indonesia%20Portfolio/Cyble_Sensor_brochure.pdf)

[11] katalog Enbra EV-I [online]. Dostupné z: <http://www.enbra.cz/cs/produkty/vodomery/bytove-vodomery>

[12] Ponorná sonda [online]. Dostupné z: [https://www.marsystems.cz/data/imgauto/1/0/IL\\_10.jpg](https://www.marsystems.cz/data/imgauto/1/0/IL_10.jpg)

[13] katalog Vnitřní svařovaná kanalizace [online]. Dostupné z: [www.wavin.cz](http://www.wavin.cz)

[14] AS RAINMASTER FAVORIT [online]. Dostupné z: [http://www.asio.cz/img/\\_/as-rainmaster-favorit/as-rainmaster-favorit.png](http://www.asio.cz/img/_/as-rainmaster-favorit/as-rainmaster-favorit.png)

### **Internetové zdroje**

*Doplňkové učební texty pro předměty BT001 – Technická zařízení budov 1, AT001 Technická zařízení budov a technická infrastruktura 1 BT03 Technická zařízení budov (E) a BT04 Technická zařízení budov (M)* [online]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/vrana.j/>

[www.e-cerpadla.cz](http://www.e-cerpadla.cz)

[www.jika.cz](http://www.jika.cz)

[www.nicoll.cz](http://www.nicoll.cz)

[www.hutterer-lechner.com](http://www.hutterer-lechner.com)

[www.kanalizacezplastu.cz](http://www.kanalizacezplastu.cz)

[www.wavin.com](http://www.wavin.com)

[www.pipelife.cz](http://www.pipelife.cz)

[www.junkers.cz](http://www.junkers.cz)

[www.asio.cz](http://www.asio.cz)

[www.grundfos.com](http://www.grundfos.com)

[www.dzd.cz](http://www.dzd.cz)

[www.nicoll.cz](http://www.nicoll.cz)

[www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

[www.dzd.cz](http://www.dzd.cz)

## Seznam použitých zkratk a symbolů

HDPE	vysokohustotní polyetylen
PE	polyetylen
PPR, PP	polypropylen
PVC	polyvinylchlorid
SDR, PN	tlaková řada
TV	teplá voda
SV	studená voda
PV	provozní voda
DN	jmenovitý průměr
NTL	nízkotlak
ATČS	automatická tlaková čerpací stanice
KU	kluzné uložení
PB	pevný bod

Ostatní neuvedené zkratky a symboly jsou specifikovány přímo na v textové, výpočtové a výkresové části.

## Seznam obrázků

Obr. 1: Cesta od srážkové vody k provozní .....	17
Obr. 2: Mapa průměrného ročního úhrnu srážek z let 1961 – 2000 [1].....	18
Obr. 3: Podzemní šachtový filtr [3] .....	21
Obr. 4: Samočisticí filtr.....	21
Obr. 5: Filtr pro odpadní dešťové potrubí [3] .....	21
Obr. 6: Podzemní plastová nádrž [4].....	22
Obr. 7: Systém s doplňováním vody do sacího potrubí [2] .....	23
Obr. 8: Systém s doplňováním vody do pomocné nádrže s následným gravitačním rozvodem [2].....	24
Obr. 9: Systém s doplňováním vody do akumulární nádrže [2].....	25
Obr. 10: Ochranná jednotka typu AA [2].....	26
Obr. 11: Ochranná jednotka typu AB [2].....	26
Obr. 12: Domácí vodárna (čerpadlo + tlakový spínač + tlaková nádoba) [5].....	28
Obr. 13: Příklad vybavení akumulární nádrže pro čerpadlo umístěné mimo nádrž [2] .....	28
Obr. 14: Označení „Provozní voda“ [2].....	29
Obr. 15: Označení „Pitná voda“ [2] .....	29
Obr. 16: Objem akumulární nádrže [2].....	30
Obr. 17: Průtok vody systémem využívání srážkových vod [2] .....	32
Obr. 18: Příklad určení využitelného objemu nádrže [2].....	34
Obr. 19: Podzemní nádrž Nicoll LiLo [6].....	40
Obr. 20: Sestava nadzemních nádrží.....	40
Obr. 21: Schéma systému využití srážkových vod v areálu.....	41
Obr. 22: Snímač průtoku kapalin .....	42
Obr. 23: Datalogger ALMEMO 710 [8] .....	42
Obr. 24: Vodoměr Itron Aquadis+ [9] .....	43
Obr. 25: Komunikační modul Itron Cyble Sensor V2 [10].....	43
Obr. 26: Vodoměr Enbra EV-I [11] .....	43
Obr. 27: Umístění měřicího zařízení (AB).....	44
Obr. 28: Zapojení dataloggeru (AB) .....	45
Obr. 29: Pospojení konektoru snímače průtoku (AB).....	46
Obr. 30: Umístění měřicího zařízení (VaVC) .....	53
Obr. 31: Zapojení dataloggeru (VaVC) .....	54
Obr. 32: Umístění hlavního vodoměru provozní vody .....	61
Obr. 33: Ponorná sonda [12] .....	67
Obr. 34: Pohled do technické místnosti v Administrativní budově .....	69
Obr. 35: Vybavení armaturní šachty .....	82

Obr. 36: Přehled rozměrů při výpočtu kompenzace délkové roztažnosti [13].....	86
Obr. 37: AS RAIMASTER FAVORIT – popis a rozměry [14] .....	95
Obr. 38: L kompenzátor [15] .....	104
Obr. 39 U kompenzátor [15] .....	105

## Seznam tabulek

Tab. 1: Příklady znečištění zachycené vody v závislosti na typu záchytné plochy [2] ..	19
Tab. 2: Koeficient výnosu povrchu [2].....	20
Tab. 3: Průměrný denní úhrn srážek pro červen 2012 – 2016.....	34
Tab. 4: Průměrný denní úhrn srážek pro červen 2007 – 2016.....	35
Tab. 5: Průměrný denní úhrn srážek pro červen 1997 – 2016.....	35
Tab. 6: Průměrný denní úhrn srážek pro červen 1965 – 2016.....	35
Tab. 7: Měření spotřeba provozní vody pro červen 2017.....	35
Tab. 8: Příklad tabulky pro simulaci.....	36
Tab. 9: Výsledky simulace – průměrný denní úhrn srážek pro červen 2012 – 2016.....	37
Tab. 10: Výsledky simulace – průměrný denní úhrn srážek pro červen 2007 – 2016....	37
Tab. 11: Výsledky simulace – průměrný denní úhrn srážek pro červen 1997 – 2016....	38
Tab. 12: Výsledky simulace – průměrný denní úhrn srážek pro červen 1965 – 2016....	38
Tab. 13: Měřená spotřeba provozní vody (AB).....	47
Tab. 14: Měřená spotřeba provozní vody (VaVC) .....	55
Tab. 15: Spotřeba provozní vody (dle data) .....	62
Tab. 16: Tabulka spotřeby vody v jednotlivých dnech.....	63
Tab. 17: Výpočtová tabulka spotřeby vody .....	65
Tab. 18: Spotřeba provozní vody v jednotlivých částech areálu .....	65
Tab. 19: Výpočet objemu akumulční nádrže – základní metoda.....	78
Tab. 20: Výpočet objemu akumulční nádrže – výsledky podrobné metody.....	79

## Seznam grafů

Graf 1: Závislost míry pokrytí potřeby provozní vody a využitelného objemu nádrže 1 .....	39
Graf 2: Denní spotřeba provozní vody (AB) .....	47
Graf 3: Hodinová spotřeba, vybraný den (AB).....	48
Graf 4: Hodinová spotřeba, vybraný týden (AB) .....	49
Graf 5: Hodinová spotřeba, průměr pro týden (AB).....	49
Graf 6: Hodinová spotřeba, průměr pro dva týdny (AB).....	50
Graf 7: Maximální okamžité průtoky provozní vody (AB).....	51
Graf 8:Kontinuální zobrazení průtoku 1 (AB).....	52
Graf 9: Kontinuální zobrazení průtoku 2 (AB).....	52
Graf 10: Denní spotřeba provozní vody (VaVC).....	55
Graf 11: Hodinová spotřeba, vybraný den (VaVC).....	56
Graf 12: Hodinová spotřeba, vybraný týden (VaVC).....	57
Graf 13: Hodinová spotřeba, průměr pro týden (VaVC) .....	57
Graf 14: Hodinová spotřeba, průměr pro dva týdny (VaVC) .....	58
Graf 15: Maximální okamžité průtoky provozní vody (VaVC) .....	59
Graf 16: Kontinuální zobrazení průtoku 1 (VaVC) .....	60
Graf 17: Kontinuální zobrazení průtoku 2 (VaVC) .....	60
Graf 19: Množství akumulované srážkové vody v areálu .....	68
Graf 20: Průběh teploty vody bez odběru (AB).....	70
Graf 21: Průběh teploty vody bez odběru (VaVC).....	70
Graf 22: Průběh teploty vody při odběru (AB).....	71
Graf 23: Průběh teploty vody při odběru (VaVC) .....	71
Graf 24: Závislost míry pokrytí potřeby provozní vody a využitelného objemu nádrže 2 .....	80
Graf 25: Určení hodnot pro kompenzaci délkové roztažnosti [13] .....	87



## Seznam příloh

Číslo	Název	Měřítko	Formát
C3.1	SITUAČNÍ VÝKRES	1:200	8xA4
C3.2	KANALIZACE – PŮDORYS 1S	1:50	10xA4
C3.3	KANALIZACE – PŮDORYS 1NP	1:50	4xA4
C3.4	KANALIZACE – PŮDORYS 2NP	1:50	4xA4
C3.5	KANALIZACE – ROZVINUTÝ ŘEZ	1:50	5xA4
C3.6	KANALIZACE SPLAŠKOVÁ – PODÉLNÝ ŘEZ	1:50	5xA4
C3.7	KANALIZACE DEŠŤOVÁ – PODÉLNÝ ŘEZ	1:50	4xA4
C3.8	VODOVOD – PŮDORYS 1S	1:50	4xA4
C3.9	VODOVOD – PŮDORYS 1NP	1:50	4xA4
C3.10	VODOVOD – PŮDORYS 2NP	1:50	4xA4
C3.11	VODOVOD – AXONOMETRIE	1:50	8xA4
C3.12	VODOVOD – AXONOMETRIE PROPOJENÍ NÁDRŽÍ	1:50	3xA4
C3.13	VODOVOD – PODÉLNÝ PROFIL NAPOJENÍ OBJEKTU	1:50	4xA4
C3.14	VODOVOD – PODÉLNÝ PROFIL PROPOJENÍ NÁDRŽÍ	1:50	3xA4
C3.15	SCHÉMA PODRUŽNÉ VODOMĚRNÉ SESTAVY		1xA4