



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

HYDROTECHNICKÝ PŘEPOČET STÁVAJÍCÍHO VODOJEMU PODLE SOUČASNÉ POTŘEBY VODY

HYDRAULIC CALCULATION OF THE EXISTING WATER RESERVOIR ACCORDING TO THE CURRENT
WATER DEMAND

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Štěpán Kachyňa

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jakub Raček, Ph.D.

BRNO 2025

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav vodního hospodářství obcí
Student: **Štěpán Kachyňa**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jakub Raček, Ph.D.**
Akademický rok: 2024/25
Studijní program: B0732A260005 Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Hydrotechnický přepoččet stávajícího vodojemu podle současné potřeby vody

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V rámci bakalářské práce bude proveden základní pasport stávajícího vybraného zemního vodojemu, u kterého budou zpracovány základní technické parametry a výkresy (technologické schéma, půdorys), dále bude proveden pasport venkovního pločného areálu vodojemu prostřednictvím dronu s provedením fotogrametrie. V rámci praktické části bakalářské práce bude proveden hydrotechnický přepoččet současné potřeby vody a vypočtené charakteristiky budou srovnány se stávajícím stavem, zejména z pohledu jednotlivých hladin v akumulární komoře. V závěru bakalářské práce bude zhodnocen postup pasportu včetně využití dronu pro pasportizaci objektů, dále pak bude definováno doporučení pro potřeby budoucí rekonstrukce, případně rozšíření vodojemu.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

V první části bakalářské práce bude provedena rešerše zaměřená na typy vodojemů a způsoby výpočtu akumulace vodojemu. V praktické části bude proveden základní pasport vybraného zemního vodojemu se zakreslením základních výkresových charakteristik, následně bude proveden hydrotechnický přepoččet současné potřeby vody a vypočtené charakteristiky budou srovnány se stávajícím stavem.

Seznam doporučené literatury a podklady:

- [1] Studijní opory Vodárenství, B. Doprava vody, Vysoké učení technické v Brně, Tuhovčák, Adler, Kučera, Raclavský, 2006
- [2] ČSN 75 5355 Vodojemy
- [3] ČSN 75 5401 Navrhování vodovodního potrubí

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 19. 11. 2024

L. S.

doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
vedoucí ústavu

doc. Ing. Jakub Raček, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

V první části bakalářské práce je provedena rešerše zaměřená na typy vodojemů a způsoby výpočtu akumulace vodojemu. V praktické části je proveden základní pasport vybraného zemního vodojemu, kde součástí pasportizace proběhlo naskenování areálu dronem za pomoci fotogrammetrie. Následně je proveden hydrotechnický přepočet spotřeby vody ve vodojemu. Výsledkem přepočtu a pasportizace jsem vyhodnotil stav vodojemu pro jeho případnou rekonstrukci nebo rozšíření.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vodojem, akumulární komora, armaturní komora, skenování, dron

ABSTRACT

In the first part of this bachelor thesis presents a literature review focused on the types of water reservoirs and the methods used to calculate their storage capacity. In the practical part, a basic technical survey of a selected ground-level reservoir was carried out. As part of the survey, the site was scanned using a drone and processed through photogrammetry. Afterwards, a hydraulic recalculation of water consumption in the reservoir was performed. Based on the results of the recalculation and the survey, I assessed the current condition of the reservoir to determine whether reconstruction or expansion might be necessary.

KEYWORDS

Water reservoir, water chamber, valve chamber, scanning, drone

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KACHYŇA, Štěpán. *Hydrotechnický přepočet stávajícího vodojemu podle současné potřeby vody*. Brno, 2025. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí doc. Ing. Jakub Raček, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Hydrotechnický přepočet stávajícího vodojemu podle současné potřeby vody* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 20. 5. 2025

Štěpán Kachyňa

autor

Poděkování

Tímto krátkým odstavcem bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Jakubu Račkovi, Ph.D., který mi vyhověl na poslední chvíli a přizpůsobil mi zadání, aby se v něm objevila i část, o kterou se zajímám, tedy práce s dronem. Dále bych chtěl poděkovat provozovateli vodojemu za poskytnutí podkladů k vypracování a firmě Dronewell, od které jsem dostal zaškolení ohledně práce s dronem a zpracování dat, a hlavně za poskytnutí vybavení pro skenování dronem DJI Mavic 3 Enterprise a program ke zpracování 3Dsurvey.

OBSAH

ÚVOD	4
REŠERŠNÍ ČÁST	5
1 CO JE TO VODOJEM A ARMATURNÍ KOMORA	5
1.1 Co je to Vodojem z pohledu spotřebitele	5
1.2 Charakteristika vodojemu dle České technické normy	5
1.3 Co je to armaturní komora	6
2 VYBAVENÍ AKUMULAČNÍ NÁDRŽE A ARMATURNÍ KOMORY.....	7
2.1 Vybavení akumulární nádrže	7
2.1.1 Přívodní potrubí	8
2.1.2 Gravitační přítok vody	10
2.1.3 Přítok vody čerpáním	11
2.1.4 Odběrné potrubí	11
2.1.5 Výpustné a odtokové potrubí	12
2.1.6 Obtokové potrubí	13
2.1.7 Přelivné potrubí	14
2.2 Vybavení armaturní komory	15
2.2.1 Měřicí zařízení	15
2.2.2 Signalizační zařízení	16
3 ROZDĚLENÍ VODOJEMŮ	16
3.1 Rozdělení dle účelu a funkce vodojemu	16
3.1.1 Funkce vyrovnávací	16
3.1.2 Funkce tlaková	17
3.1.3 Funkce rezervní	17
3.1.4 Funkce požární	17
3.1.5 Účel zásobního vodojemu	17
3.1.6 Účel hlavního vodojemu	18
3.1.7 Účel přerušovacího vodojemu	18
3.1.8 Vyrovnávací vodojem	19

3.1.9	Požární vodojem.....	20
3.1.10	Provozní vodojem.....	20
3.1.11	Vodojem prací vody.....	21
3.2	Rozdělení dle umístění vzhledem ke spotřebišti	21
3.2.1	Vodojem před spotřebištem	21
3.2.2	Vodojem za spotřebištem	21
3.2.3	Vodojem vně spotřebiště	22
3.2.4	Vodojem před i za spotřebištem	23
3.3	Rozdělení vodojemu dle konstrukce	23
3.3.1	Zemní vodojemy	23
3.3.2	Věžové vodojemy.....	25
4	VÝPOČET AKUMULACE ZÁSOBNÍHO VODOJEMU	26
5	SKENOVÁNÍ OBJEKTŮ.....	26
5.1	Laserové skenování	26
5.2	Terestrické skenery	27
5.3	Ruční skenery.....	27
5.4	Skenování ze vzduchu	28
5.5	Skenování pomocí fotogrammetrie.....	29
	PRAKTICKÁ ČÁST.....	30
6	OBJEKT VODOJEMU	30
6.1	Armaturní komora.....	30
6.1.1	Přívodní potrubí.....	32
6.1.2	Odběrné potrubí.....	35
6.1.3	Odpadní potrubí	38
6.1.4	Přelivné potrubí	39
6.2	Technická místnost	40
6.3	Rozvodna	41
6.4	Mazací lávka	42

6.5	Sklad	44
6.6	Chodba mezi akumulacími komorami	45
7	OBJEKT VODOJEMU VENKOVNÍ ČÁST	46
8	AKUMULAČNÍ KOMORA.....	48
9	AREÁL VODOJEMU	50
10	PASPORT PROSTŘEDNICTVÍM DRONU	53
10.1	Dron DJI MAVic 3 enterprise.....	53
10.2	legislativa, Dokumenty a komunikace nutná pro vzlet.....	54
10.3	Skenování vodojemu	61
10.4	Tvorba 3D modelu	61
11	HYDROTECHNICKÝ PŘEPOČET VODOJEMU	62
12	ZÁVĚR	66
13	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
14	SEZNAM OBRÁZKŮ	72
15	SEZNAM TABULEK	78
16	SEZNAM ZKRATEK	79
17	SEZNAM PŘÍLOH.....	80

ÚVOD

Voda je velmi drahocenná a pro lidi ničím nenahraditelná surovina: Můžeme i říct, že bez vody by nebyl život, proto je potřeba zajistit bezpečnou a nepřetržitou dodávku pro obyvatele měst, vesnic a okresů. Vodojemy se vybudovaly, aby úpravny vody nemusely přímo dodávat vodu do spotřebišť a řídit se tak ranní a večerní špičkou, kdy je spotřeba vody největší, proto vodojemy krátkodobě akumulují vodu a dodávají takové množství vody, které je aktuálně potřeba.

V historii se obyvatelstvo zásobilo pomocí studen a nádrží, kam si lidé chodily pro vodu nebo pomocí akvaduktů, ze kterých se přiváděla voda přímo do měst. První vodojem u nás, jak je známe dneska byly vybudovány v druhé polovině devatenáctého století v Brně v Pisárkách.

Kvůli rostoucímu počtu obyvatel a stárí už některé vodojemy nemají dostatečnou kapacitu proto, aby dokázaly zásobit celé spotřebišť. Kvůli tomu je potřeba zajistit jeho pečlivou rekonstrukci a provést hydrotechnický přepočet, který odpovídá současné spotřebě vody.

Bakalářská práce se v rešeršní části zaměří na typy a druhy vodojemů dle konstrukce, účelu, umístění vůči spotřebišti, způsoby výpočtu akumulace vody ve vodojemech, ale také si uvedeme pár příkladů praktického využití vodojemů, které už neplní svoji funkci a byly odstaveny mimo provoz.

V praktické části jsem se zaměřil na pasportizaci konkrétního vodojemu v Jihomoravském kraji, ke kterému budou zpracovány základní technické parametry a výkresy (technologické schéma). K tomu bude proveden pasport venkovního oploceného areálu vodojemu prostřednictvím dronu s provedením fotogrammetrie. Dále v rámci praktické části bude proveden hydrotechnický přepočet současné potřeby vody a výpočet bude srovnán se stávajícím stavem.

V závěru bakalářské práce bude zhodnocen postup pasportu včetně využití dronu pro pasportizaci objektů, dále pak bude definováno doporučení pro potřeby budoucí rekonstrukce, případně rozšíření vodojemu.

REŠERŠNÍ ČÁST

1 CO JE TO VODOJEM A ARMATURNÍ KOMORA

1.1 CO JE TO VODOJEM Z POHLEDU SPOTŘEBITELE

Vodojem (Obrázek 1) z pohledu normálního člověka se může jevit jenom jako obrovská nádrž, která akumuluje vodu před její cestou pro spotřebitele. Ve skutečnosti to není jediná funkce, kterou vodojem přispívá ve své činnosti při každodenním užívání. Jednou z jeho dalších funkcí je součást dostatečné akumulace vody pro požární účely, kterou si hasiči berou z nadzemních nebo podzemních hydrantů, rezervní funkci pro případ přerušení dodávky vody a pro vyrovnání mezi konstantním přítokem a rozdílným odtokem do spotřebiště. [2]

1.2 CHARAKTERISTIKA VODOJEMU DLE ČESKÉ TECHNICKÉ NORMY

Podle normy ČSN 75 5355 Vodojemy [1] se vodojem charakterizuje jako samostatný objekt nebo jako součást technologie u úpravny vody, který je určený pro akumulaci upravené vody nebo pro skladování prací vody. Vodojemy se v dnešní době už musí skládat ze dvou nebo více nádrží a z jedné nebo více manipulačních komor (Obrázek 1). Vodojemy s jednou nádrží se navrhují pouze ve výjimečně odůvodněných případech jako je nedostatek prostoru pro výstavbu, nedostatek financí obce anebo pokud se jedná o dočasný nebo provizorní vodojem například během výstavby. V případě realizace jednokomorového vodojemu s jednou akumulační nádrží je potřeba při odstávce provozovatelem doložit, že bude zajištěna dostatečná náhrada zásobování vodou během odstávky. [3]



Obrázek 1 Areál vodojemů Ohrazenice, kde se nachází zemní vodojem vlevo s objemem 1000 m^3 a armaturní komorou, věžový vodojem vpravo s objemem 150 m^3 a armaturní komorou, která se nachází pod ním a uprostřed se nachází další zemní vodojem tentokrát o objemu $2 \times 300 \text{ m}^3$ a armaturní komorou [6]

1.3 CO JE TO ARMATURNÍ KOMORA

Každý vodojem je vybaven svojí manipulační neboli armaturní komorou (Obrázek 2), která přímo sousedí s vodojemem, nebo je postavena jako samostatná budova vedle. V případě, že by armaturní komora sousedila s akumulací je potřeba zajistit jejich vzájemné oddělení, aby se předešlo možnému příchynu kontaminace zvířením prachu z armaturní komory do akumulace. Armaturní komory slouží pro umístění a ochranu veškerého vybavení a zařízení, které slouží pro provoz vodojemu, jeho údržbu, měření a kontrolu. [2]



Obrázek 2 Podzemní armaturní komora věžového vodojemu Ohrazenice [6]

2 VYBAVENÍ AKUMULAČNÍ NÁDRŽE A ARMATURNÍ KOMORY

2.1 VYBAVENÍ AKUMULAČNÍ NÁDRŽE

Vnitřní stěny nádrže musí mít hladký a neporézní povrch, který je kompaktní, pevný a bezprašný. Tento povrch musí být zároveň dostatečně odolný proti otěru, aby bylo možné provádět pravidelnou údržbu a čištění bez rizika poškození. Při provádění sanací nadrží vodojemů je potřeba dbát na to, aby se použily speciální povrchové úpravy, jako jsou ochranné nátěry, stěrky nebo obklady (Obrázek 3). V takových případech je nezbytné, aby zajišťovaly vodotěsnost a zároveň byly vyrobeny z materiálů, které jsou zdravotně nezávadné a splňují požadavky pro bezpečný kontakt s pitnou vodou. [1]



Obrázek 3 Sanace metodou obkladu HYDROCLICK vlevo a způsob montáže vpravo [7]

Vstup do akumulární komory je zajištěn pomocí dveří a sestup do akumulární nádrže pomocí poklopu, který je umístěn vždycky nad maximální hladinou vody v nádrži (Obrázek 4). Tyto dva vstupní prostor musí být od sebe navzájem odděleny pomocí dveří. Akumulární komora i nádrž musí být zvlášť odvětrávány. Pro vstupy je doporučeno, že musí být vyrobeny z materiálu, který je odolný vůči korozi a musí být vybaveny těsněním proti prachu, tepelnou izolací, zámkem a snímačem otevření poklopu. [10]



Obrázek 4 Těsnící poklop pro sestup do akumulční nádrže a vpravo vstupní dveře [8]

Aby se dalo dostat na dno nádrže k provedení oprav nebo čištění, tak se zde navrhuje žebříky anebo schodiště (Obrázek 5). Materiály, ze kterých jsou vyrobeny musí být z materiálu, který je odolný vůči korozi a musí splňovat požadavek na styk s pitnou vodou. [1]



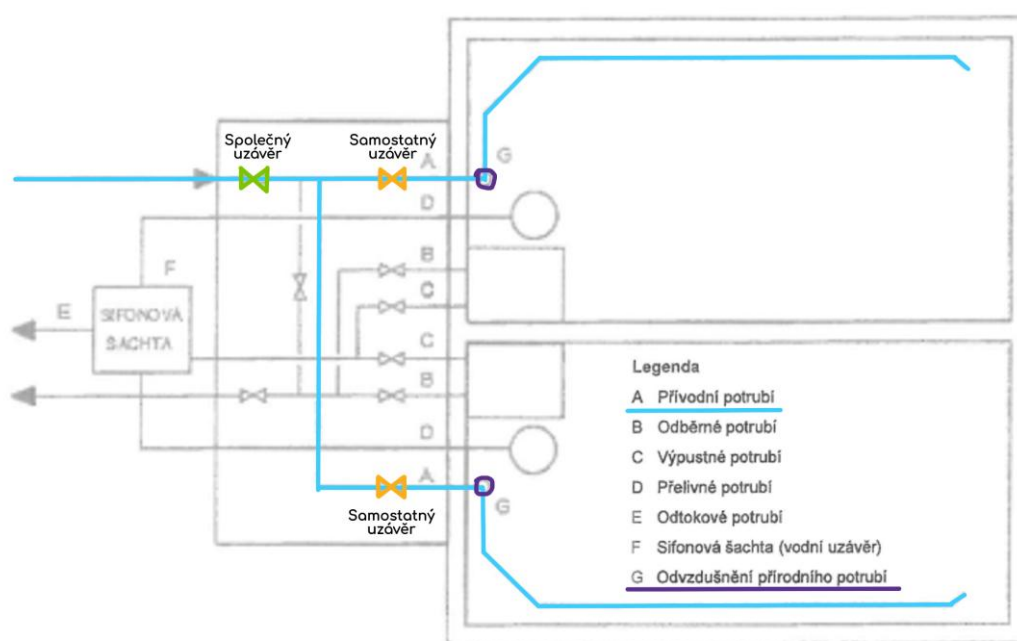
Obrázek 5 Vlevo schody pro sestup do vodojemu, vpravo žebřík pro sestup do vodojemu [9]

2.1.1 Přívodní potrubí

Přívodní potrubí nám dodává vodu do vodojemu ze zdroje nebo úpravní vody. Potrubí se navrhuje buď na plnění vrchem anebo spodem, přičemž by se mělo výhradně navrhovat vrchní plnění nad horní provozní hladinu vody, které dokáže poskytnout hydraulický pohyb v nádrži, které nám umožní promíchání s již akumulovanou vodou v nádrži. Potrubí by mělo být ukončeno T kusem s vodorovným prouděním a co nejdále od odběrné potrubí a taky musíme dbát na to, aby při míchání nedocházelo k víření sedimentů usazených na spodu

nádrže. Při více nádržích ve vodojemu je nutné, aby každá nádrž byla plněna samostatně a bez ohledu na druhou. To nám umožní například plnit jednotlivé nádrže podle její aktuální potřeby vody, nebo když je potřeba provádět údržbu, čištění či opravu jedné nádrže při stálém zásobování spotřebiště vodou.

Přívodní potrubí musí být odvzdušňováno ventilem (Obrázek 7) anebo trubkou, která je vyvedena nad hladinu (Obrázek 6, Obrázek 15), nadále by se zde měly nacházet uzávěry (Obrázek 7) zvlášť pro každou nádrž a místo pro odběr vzorků vody (Obrázek 6), který se nachází před rozdělením potrubí do jednotlivých nádrží. Odběrné místo musí být výrazně označeno. [1] [2] [10]



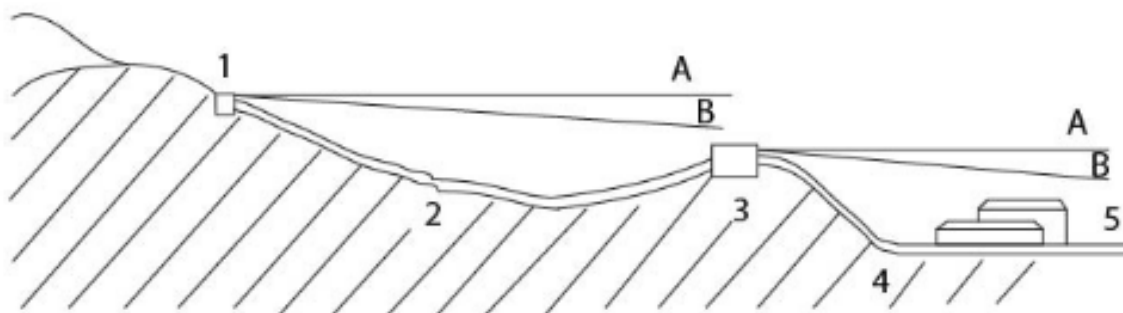
Obrázek 6 Schéma přívodního potrubí do zemního vodojemu s odvzdušněním potrubí, uzávěry pro každou nádrž a místo pro odběr vzorků [1]



Obrázek 7 Vlevo plovákový uzávěr, uprostřed v popředí uzávěr se servopohonem a v pozadí manuální uzávěr, vpravo odvzdušňovací ventil [11] [12]

2.1.2 Gravitační přítok vody

Voda ze zdroje přitéká do vodojemu gravitačně. To znamená že mezi zdrojem vody a vodojemem je dostatečný výškový rozdíl pro zajištění dostatečného přetlaku pro dopravu vody do vodojemu a následně do spotřebiště (Obrázek 8). Výhodou gravitačního přítoku je nepřetržitý 24 hodinový přítok vody do vodojemu. Ten musí být regulován regulační armaturou nebo plovákovým uzávěrem (Obrázek 7), který se uzavře při dosažení určité hladiny v nádrži. [2] [10]

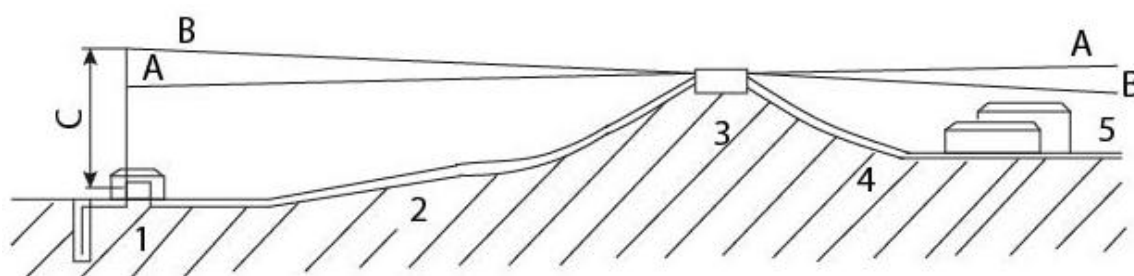


Obrázek 8 Gravitační přívod vody do vodojemu a do spotřebiště [2]

A – čára hydrostatického tlaku, B – čára hydrodynamického tlaku, 1 – zdroj vody, 2 – příváděcí řad, 3 – vodojem, 4 – zásobovací řad, 5 – spotřebiště vody

2.1.3 Přítok vody čerpáním

Voda se ze zdroje čerpá pomocí čerpadel do vodojemu, kde čerpadlo vytváří dostatečný přetlak pro vytlačení vody do vodojemu. Čerpání se používá v případech, kdy se zdroj vody nachází níže vůči vodojemu. Přítok vody do vodojemu při čerpání (Obrázek 9) je oproti gravitačnímu přerušovaný, protože se čerpá po dobu 15–20 hodin za den. Jakmile hladina v nádrži dosáhne horní provozní hladiny, tak se automaticky vypnou čerpadla. [1] [2] [10]

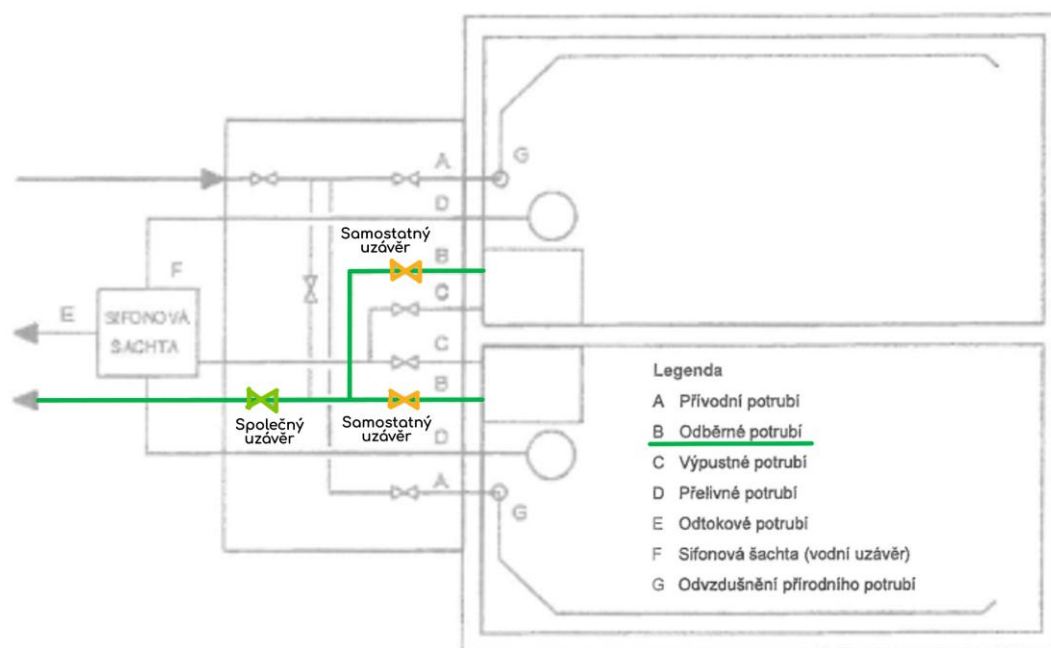


Obrázek 9 Přítok vody čerpáním do vodojemu [2]

A – čára hydrostatického tlaku, B – čára hydrodynamického tlaku,
C – výtlačná výška čerpadla, 1 – zdroj vody, 2 – přiváděcí řad, 3 – vodojem,
4 – zásobovací řad, 5 – spotřebiště vody

2.1.4 Odběrné potrubí

Odběrné potrubí (Obrázek 10, Obrázek 15) nám odvádí vodu z vodojemu ke spotřebiteli. Nachází se skoro u dna nádrže kousek pod minimální hladinou vody, kde nám poskytne odběr celého využitelného objemu vody ve vodojemu. Zároveň musí být umístěna dostatečně nad odtokovým potrubím, aby nedošlo k odtoku sedimentů ze dna nádrže do spotřebiště a tím se nezhoršila jakost vody, potrubí a čerpadel. K tomu nám pomáhá i sací koš, který je umístěn v akumulární nádrži na vtoku do potrubí. Ten zabraňuje ve vniku hrubých nečistot. Jednotlivé nádrže ve vodojemu mají svoje vlastní odběrné potrubí, které musí být opatřeno uzávěrem. Tak jako na přívodním potrubí, i zde se musí nacházet místo pro odběr vzorků vody, které musí být pečlivě označeno, a i zařízení na měření průtoku a objemu vody. [10]



Obrázek 10 Schéma odběrného potrubí zemního vodojemu s uzávěry pro každou nádrž a společným uzávěrem [1]

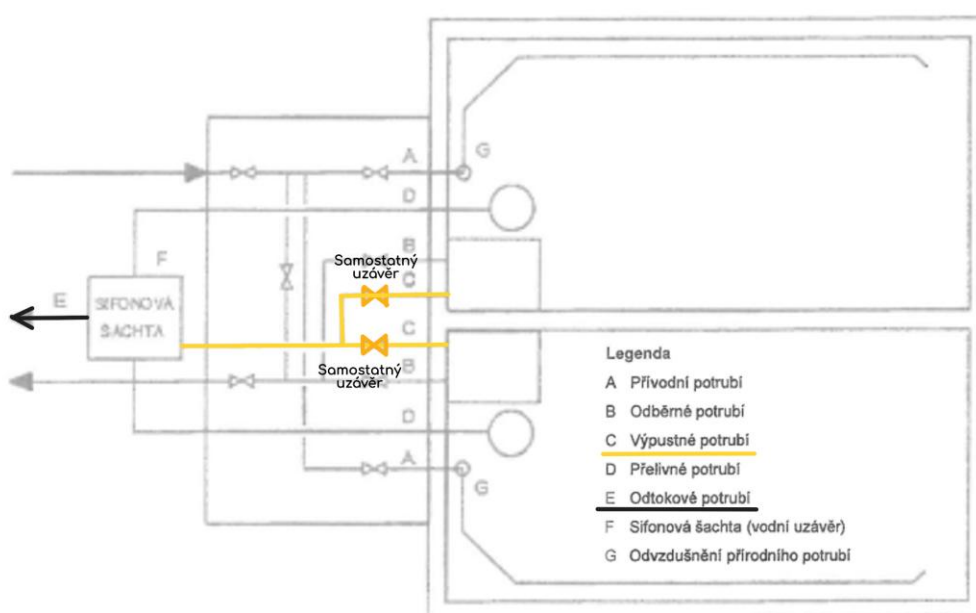
2.1.5 Výpustné a odtokové potrubí

Každá nádrž má své vlastní výpustné potrubí (Obrázek 12, Obrázek 15), které je osazeno uzavírací armaturou. Toto potrubí nám slouží k úplnému vypuštění nádrže, které je potřeba při průběhu oprav, čištění nebo údržbě. Voda se z nádrže vypouští do sdružené šachty, která se nachází mimo vodojem, do které odtéká i voda z bezpečnostního přelivu. Potrubí ve sdružené šachtě musí být opatřeno zpětnou klapkou, aby se zabránilo zpětnému proudění vody a vzduchu zpátky do nádrže.

Odtokové potrubí (Obrázek 12, Obrázek 15) se nachází mimo armaturní a akumulární komoru. Toto potrubí odvádí vodu ze sdružené šachty do okolního prostředí mimo vodojem. Místo a způsob odtoku se řídí podle okolního prostředí vodojemu. Voda může odtékat do vodního toku, kanalizace nebo příkopu. Na konci odtokového potrubí musí být osazena mříž nebo zase žabí klapka, která by zabránila vniknutí živočichů a osob (Obrázek 11). [1] [10]



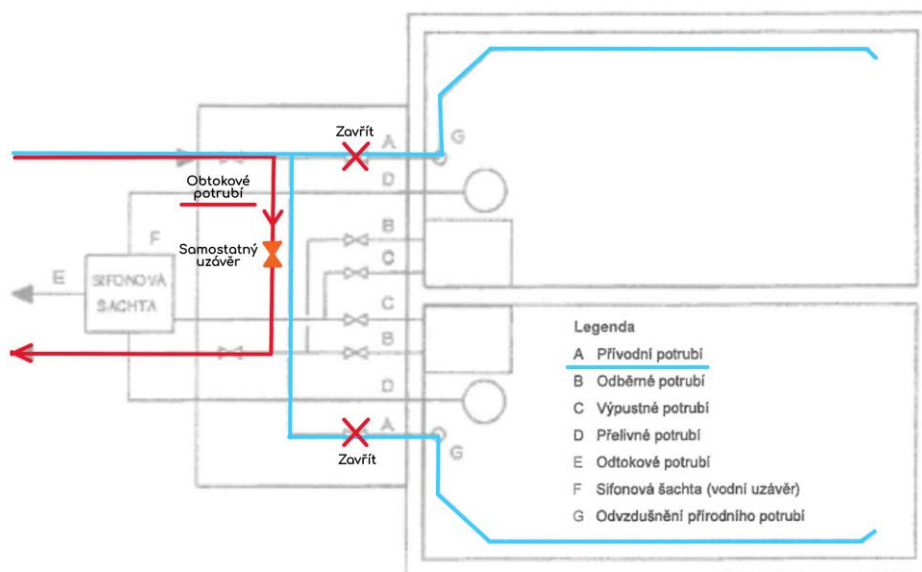
Obrázek 11 Vlevo kruhová krycí mříž pro zabránění vstupu do potrubí, vlevo odtokové potrubí do vodního toku osazené žabí klapkou [13] [14]



Obrázek 12 Schéma výpustného a odtokového potrubí se samostatnými uzávěry [1]

2.1.6 Obtokové potrubí

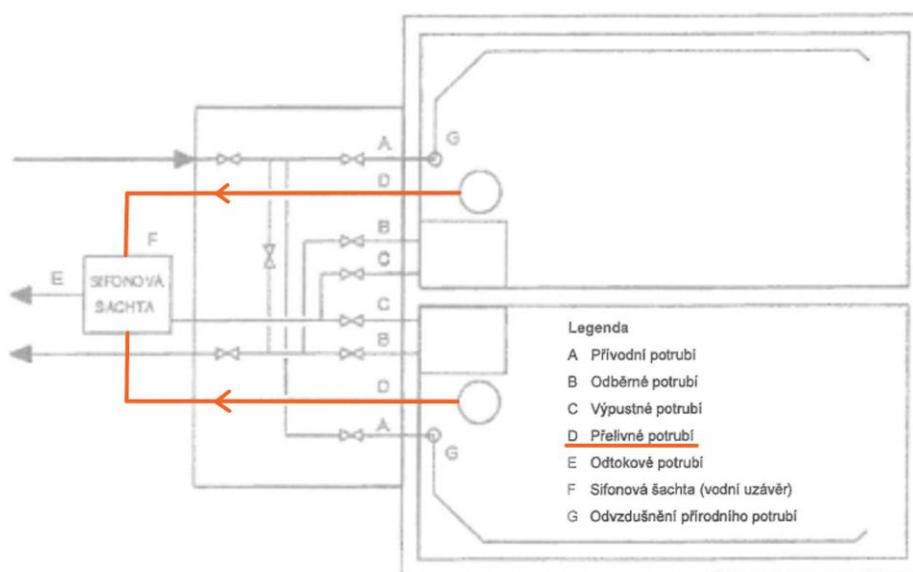
Toto potrubí nám umožňuje dodávat vodu z přívodního potrubí přímo do potrubí odběrného bez toho, aby voda šla přes akumulaci nádrž (Obrázek 13, Obrázek 15). Obtokové potrubí používáme v případech, kdy máme pouze vodojem s jednou nádrží, popřípadě kdyby došlo k odstavení nebo poruše na vodojemu nebo při čištění akumulaci nádrže. Pro správné fungování je potřeba zavřít potrubí s přítokem vody do nádrže pomocí uzavíracích armatur, které vedou k jednotlivým nádržím (Obrázek 13). Aji toto potrubí musí být osazeno uzavíracími i regulačními armaturami pro správnou funkci. [10]



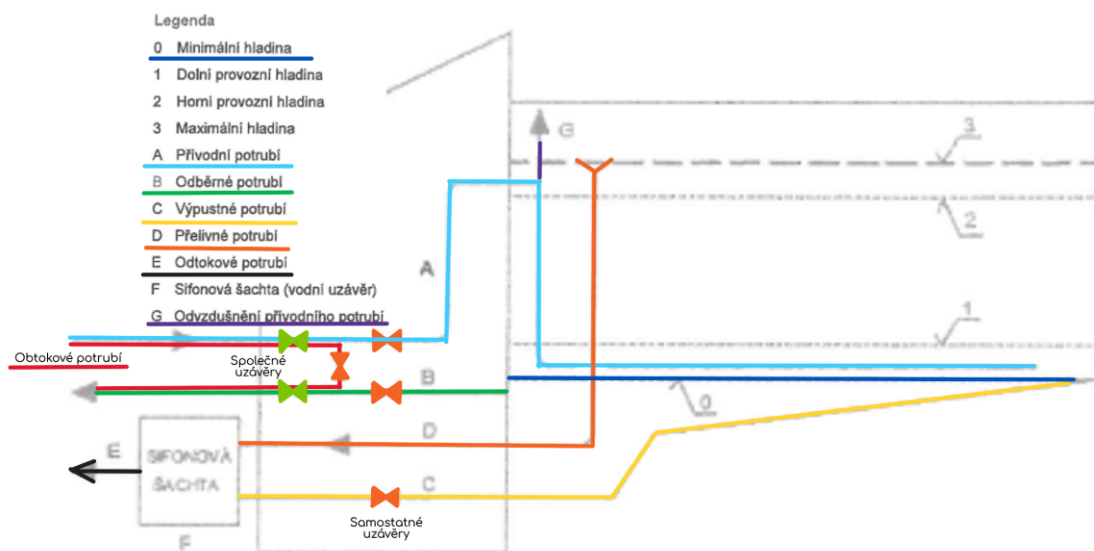
Obrázek 13 Schéma obtokového potrubí se samostatným uzávěrem a přivodní potrubí s uzavřenými uzávěry [1]

2.1.7 Přelivné potrubí

Přelivné potrubí (Obrázek 14, Obrázek 15) odvádí přebytečné množství vody, které přepadlo přes bezpečnostní přeliv. Bezpečnostní přeliv se nachází na hladině maximální hladiny vody v nádrži. Každá nádrž má svůj vlastní bezpečnostní přeliv, který odtéká potrubím do sdružené šachty [1]



Obrázek 14 Schéma přelivného potrubí, které odtéká do sdružené šachty [1]



Obrázek 15 Schéma řezu potrubí zemního vodojemu [1]

2.2 VYBAVENÍ ARMATURNÍ KOMORY

Tak jako v akumulární nádrži, tak i tady najdeme jak přívodní, tak odběrné, přelivné a výpustní potrubí. Zde se na těchto potrubích nachází různé zařízení, které nám pomáhají k měření, signalizaci, dezinfekci a řízení vodojemu.

2.2.1 Měřicí zařízení

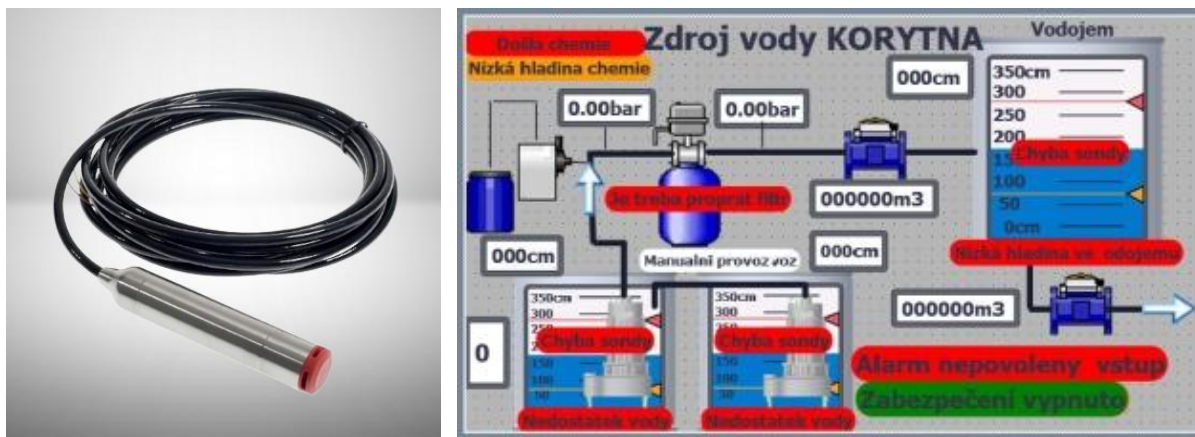
Zařízení, které nám pomáhají měřit různé stavy jak v potrubí, tak v akumulární nádrži. Jedná se především o průtokoměry, ukazatele výšky hladiny vody v nádrži a jakosti vody, dávkovače dezinfekce (Obrázek 16) a tlakoměry. [2] [10]



Obrázek 16 Vlevo indukční průtokoměr Flow 45, uprostřed dávkovač dezinfekce Flow 38 Batch, vpravo laťový vodočet [15] [16]

2.2.2 Signalizační zařízení

Nám ukazují, jaké jsou na vodojemu aktuální stavy. Může se jednat o ukazatele hladiny vody, kontrolní panely, které mají schéma celého vodojemu a signalizace vstupu do objektu nepovolaných osob (Obrázek 17). [10]



Obrázek 17 Vlevo ukazatel hladiny vody LS 10, vpravo kontrolní panel vodojemu a zdroje vody [15] [17]

3 ROZDĚLENÍ VODOJEMŮ

Vodojemy dělíme podle tří hlavních kritérií, a to podle účelu, umístění vůči spotřebišti a konstrukci, ale také podle jejich materiálu, tvaru a výškového uspořádání. [2]

3.1 ROZDĚLENÍ DLE ÚČELU A FUNKCE VODOJEMU

Ve vodovodní síti můžou vodojemy plnit jenom některé anebo všechny funkce nebo účely.

3.1.1 Funkce vyrovnávací

Jedním z hlavních důvodů, pro které byly vodojemy vybudovány je funkce vyrovnávací. To kvůli tomu, aby se úpravny vody nemusely řídit časovými úseky, kdy je spotřeba vody největší a nejmenší a nemusely se tím tak přizpůsobovat chodu spotřebišť. Tato funkce tedy vyrovnává rozdíly vody mezi nerovnoměrným odtokem do spotřebišť a rovnoměrným přítokem do vodojemu z úpravy vody nebo jiného zdroje pitné vody. [4]

3.1.2 Funkce tlaková

Nám zabezpečuje požadovaný hydrostatický a hydrodynamický tlak na vodovodní síti, která je nutná pro správnou distribuci vody v celém spotřebišti. Řídí se v závislosti na výškovém umístění vodojemu vůči spotřebišti. [5]

3.1.3 Funkce rezervní

Slouží k zajištění dostatečné zásoby vody pro nouzové výpadky při dodávce vody. Tato rezerva slouží pro zajištění krátkodobého užití vody, kdy se může jednat o různé provozní poruchy na úpravně vody, vypnutí elektrického proudu, poškození čerpadel nebo potrubí, které vytlačují vodu do vodojemu. Při poruchách takového významu je potřeba zajistit, aby se vodovodní síť nevyprázdnila, protože by se mohla porušit vodními rázy, které by vznikaly při opětovném napuštění. [4]

3.1.4 Funkce požární

Při rozsáhlém požáru se spotřebuje vždycky velké množství vody, proto je důležité, aby bylo do vodovodní sítě přiváděno dostatečné množství vody. Proto se vodojemy navrhují i na potřebu vody pro takové případy, které se nesmí brát na lehkou váhu.

Při vzniku požáru je nejrychlejší způsob, jak ho uhasit hned při jeho vzniku. Hasiči kvůli tomu sebou vozí už tak velké zásoby vody v jejich vozech, ale občas to není dostačující, proto se napojují na požární hydranty, které jim dodávají dostatečné množství vody bez většího přerušení po dobu hašení. [4]

3.1.5 Účel zásobního vodojemu

Každý vodojem je navržen takovým způsobem, aby zásoboval své vlastní tlakové pásmo, na které bylo navrženo. Zásobní vodojem tedy akumuluje dostatečné množství vody, které dodává do spotřebiště za pomoci rozvodné sítě. K plnění vodojemu probíhá v okamžiku, kdy přítok do vodojemu převyšuje odběr spotřebiště. V případě, že odběr spotřebiště je naopak větší než přítok do vodojemu, tak dochází k jeho vyprazdňování. Takovýmto způsobem vodojem

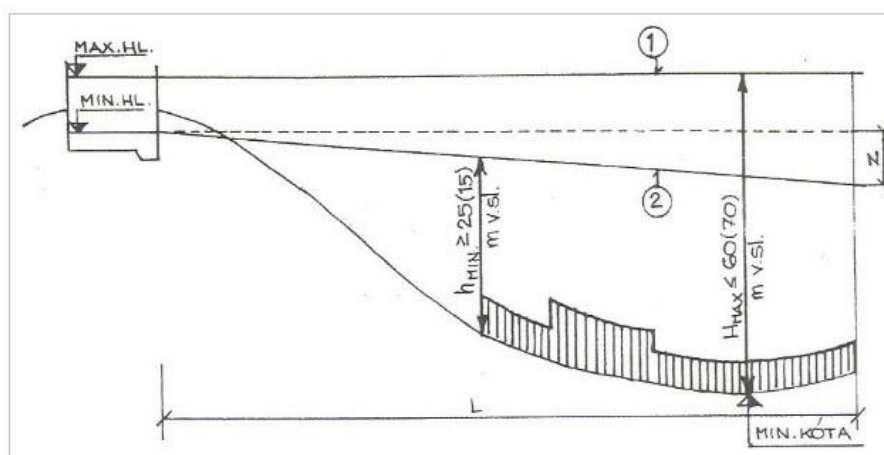
svou zásobou vody vyrovnává kolísání mezi spotřebou a tím zajišťuje rovnováhu dodávky, kdy dochází k jejímu nerovnoměrnému odběru. [2]

3.1.6 Účel hlavního vodojemu

Hlavní vodojemy neboli vodojemy čelní, nám působí v komplikovaných skupinových a oblastních systémech s rozšířenou působností vodojemů a nachází se převážně před spotřebištěm. Tyto vodojemy akumulují vodu pro vedlejší neboli spotřební vodojemy, které jsou určeny pro různé, jim přidělené tlakové pásma, jako jsou města, obce, průmysl, zemědělství a další závody. Voda je z hlavního vodojemu dodávána pomocí přiváděcích řadů přímo do vedlejších vodojemů. [5]

3.1.7 Účel přerušovacího vodojemu

Ve vodojemech nesmí být překročena vzdálenost od nejnižšího místa ve spotřebišti po čáru maximálního hydrostatického tlaku. Maximální vzdálenost čáry je 60 m v.sl. a v odůvodněných případech může být i 70 m v.sl. (Obrázek 18), pokud by vzdálenost byla větší mohlo by vlivem velkého tlaku dojít k poškození potrubí a armatur na vodovodní síti. Proto při velkých výškových změnách používáme přerušovací vodojemy, díky kterým snížíme tlak a rozdělíme zásobování vodou na nové tlakové pásma (Obrázek 19).

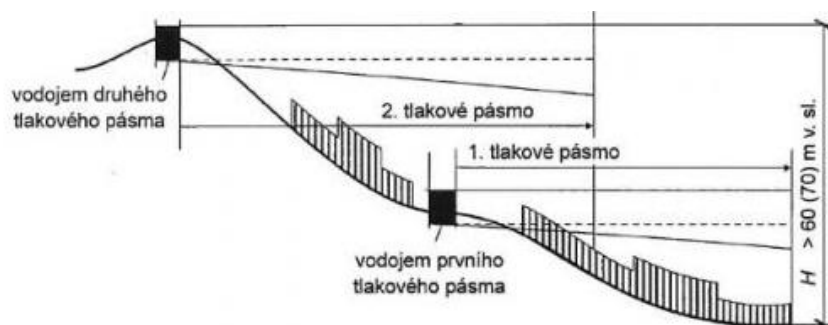


Obrázek 18 Vodojem před spotřebištěm s vyznačenou maximální vzdáleností hydrostatického tlaku a minimální vzdáleností od hydrodynamického tlaku [2]

1 – čára hydrostatického tlaku, 2 – čára hydrodynamického tlaku,

z – tlaková ztráta v úseku délky L

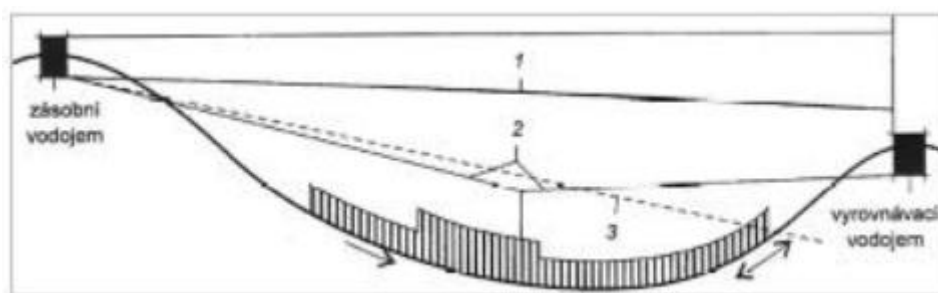
Čím vyšší bude převýšení, tím více vodojemů bude potřeba pro rozdělení tlaku. Například kdyby bylo převýšení 75–100 m, tak by bylo zapotřebí použít 2 přerušovací vodojemů, kde by se spotřebišť rozdělilo celkově na 3 tlaková pásma a pro převýšení 100–120 m by se použili 3 přerušovací vodojemů a byly by rozděleny na 4 tlaková pásma. [2]



Obrázek 19 Rozdělení spotřebišť na 2 tlaková pásma přerušovacím vodojemem [2]

3.1.8 Vyrovnávací vodojem

Používáme je ve spotřebišťích, které jsou velmi rozlehlé svojí délkou. V takových případech by jeden vodojem nedokázal udržet dostatečný hydrodynamický tlak, aby zásoboval i okrajové části města. K tomu nám pomáhá vyrovnávací vodojem (Obrázek 20), který se umísťuje na druhé straně spotřebišť. Může se nazývat i jako koncový vodojem. Vyrovnávací vodojem pracují jako vodojemů spotřebních, protože se k nim dostává voda čerpáním z rozvodné sítě z hlavního vodojemu, který se nachází před spotřebišťem. Toto přívodní potrubí slouží, ale i jako odběrné, kterým se zásobuje spotřebišť. V časových úsecích ranní a večerní špičky, kdy je spotřeba vody největší plní vodojem svoji vyrovnávací funkci, tím, že dodává potřebné množství vody do spotřebišť a při nízké spotřebě vody se vodojem plní vodou, která se nespotřebovala ve spotřebišti. [5]



Obrázek 20 Vodojem před i za spotřebištěm s využitím vyrovnávacího vodojemu za spotřebištěm [2]

3.1.9 Požární vodojem

Vodojem určený pouze pro požární účely (Obrázek 21), používá se ve spotřebišti, ve kterých je vodojem, který neobsahuje zásoby požární vody. Dále se může objevovat u rozsáhlých průmyslových a zemědělských areálů a u jiných závodů. [2]



Obrázek 21 Požární vodojem [18]

3.1.10 Provozní vodojem

Tyto vodojemy se používají pro zásobu vody, které se používají pro provoz v úpravárnách vody. Během akumulace vody ve vodojemu může voda reagovat i s chemickými látkami, které přidáváme za účelem dezinfekce. Může se jednat o chlór nebo o srážedla, které nám přispívají ke koagulaci při úpravě vody. [4]

3.1.11 Vodojem prací vody

Tyto vodojemy můžeme najít u úpraven vody jako samostatné objekty, kde se používají k zásobě vody pro praní a regeneraci filtrů. [1]

3.2 ROZDĚLENÍ DLE UMÍSTĚNÍ VZHLEDEM KE SPOTŘEBIŠTI

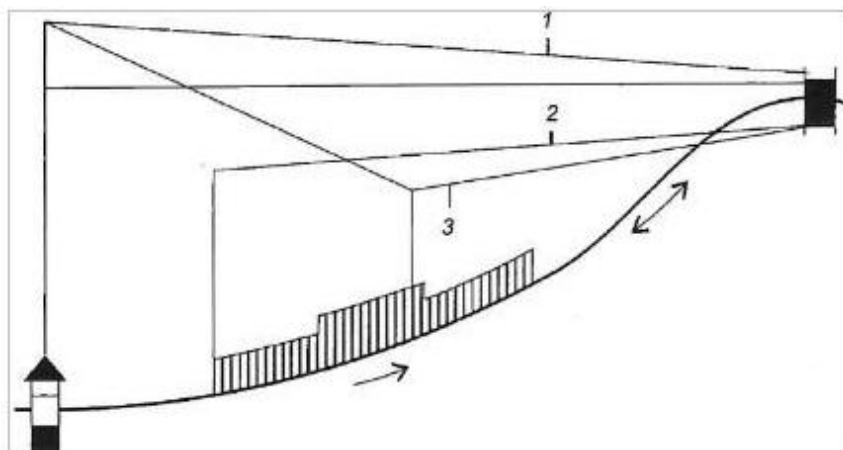
Při umístění vodojemu musíme dbát ohled na jeho celkové řešení a vzít v úvahu pár kritérií. Jedná se především o jeho výškové umístění vůči zdroji a spotřebišti, aby byl zajištěn všude dostatečný minimální přetlak a taky jakým způsobem bude přiváděna voda do spotřebiště, jestli gravitačně nebo čerpáním. Další roli hraje, jaká je velikost samotného spotřebiště a jestli se zde nenacházejí nějaké významné objekty jako jsou školy, byty pro seniory zemědělský chov a další. [5]

3.2.1 Vodojem před spotřebišťem

Vodojemy, které se budují před spotřebišťem (Obrázek 18) můžou plnit funkci hlavních, ale i zásobních vodojemů. To znamená, že jsou navrhnuty tak, aby dokázali zásobovat vodou celé spotřebiště samostatně nebo zároveň dodávat vodu pro vyrovnávací a vedlejší vodojemy, které se ve spotřebišti nacházejí z důvodu nedostatečného hydrodynamického tlaku na konci spotřebiště. [5]

3.2.2 Vodojem za spotřebišťem

Tyto vodojemy se umísťují za spotřebišťem, aby plnily vyrovnávací funkci ve spotřebišti a vyrovnávali tak hydrodynamický tlak. Tímto způsobem je spotřebiště zásobované ze dvou stran. Z jedné strany čerpadlem přímo ze zdroje a z druhé strany vodojemem, takže při poruše na vodovodní síti, zůstane jenom malá část spotřebiště bez vody. Nevýhodou tohoto umístění je její nerovnost tlaku v síti. Když pracuje jenom čerpací stanice nebo vodojem, tak největší tlak se nachází přímo u nich a klesá směrem ke spotřebišti. Jakmile, ale dodávají vodu současně, tak se nejmenší tlak nachází uprostřed spotřebiště a stoupá směrem k čerpací stanici a vodojemu (Obrázek 22). [4]

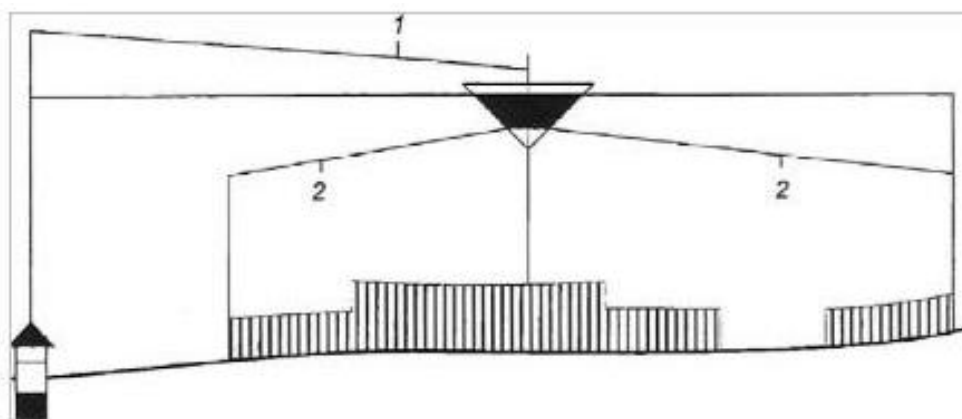


Obrázek 22 Umístění vodojemu za spotřebištěm [2]

- 1 – čára tlaku při zásobování od čerpací stanice,
- 2 – čára tlaku při zásobování od vodojemu,
- 3 – čára tlaku při současném zásobování vodou

3.2.3 Vodojem vně spotřebiště

Nejlepší využití tohoto umístění vodojemu je, když se spotřebiště nachází v rovinatém terénu, kdy se vodojem umísťuje do těžiště spotřebiště (Obrázek 23), aby byly zajištěny rovnoměrné tlakové poměry ve vodovodní síti a snížily se ztráty vody, kvůli kterým dochází při dopravě do spotřebiště. Z hlediska umístění vodojemu zde připadá v úvahu pouze výstavba věžového vodojemu, kdy je voda do vodojemu dodávána pomocí čerpadel. [5]



Obrázek 23 Umístění vodojemu vně spotřebiště [2]

- 1 – čára tlaku při plnění vodojemu,
- 2 – čára tlaku při zásobení spotřebiště z vodojemu

3.2.4 Vodojem před i za spotřebištěm

Vodojemy se v takovém rozpoložení navrhují jako skupinové vodojemy, které spolupracují a zásobují jedno tlakové pásmo, kde se nachází hlavní a vedlejší vodojemy, které plní i další funkce ve spotřebišti. Místo toho, aby se stavěl jeden velký vodojem, tak se postaví více malých vodojemů, které se rozmístí po spotřebišti a zajistí se tím lepší tlakové poměry na vodovodní síti. Skupinové vodojemy, které se nacházejí ve stejném tlakovém pásmu by měly být situovány na stejnou nadmořskou výšku, co se týče vodojemů, které se nachází za spotřebištěm, tak ty můžou být situovány na nižší nadmořskou výšku z důvodu lehčího naplnění vodou z vodovodu, která se nespotřebovala (Obrázek 20). [4]

3.3 ROZDĚLENÍ VODOJEMU DLE KONSTRUKCE

Životnost vodojemu by se měla navrhovat na délku 100 let. Konstrukce nádrže vodojemu by měla být vodotěsná a měla by být zajištěna dostatečná tepelná ochrana, která odpovídá místním klimatickým podmínkám, aby se předešlo poškození jak na samotné konstrukci a aby zároveň nedocházelo ke změnám teploty vody v akumulované nádrži, která by se měla udržovat přibližně kolem 8 °C. Konstrukce by měla být chráněna proti podzemní a povrchové vodě, kořenům, prachu, kontaminaci vody a hlavně vniku nepovolaným osobám. Podle konstrukce vodojemu je dělíme na vodojemy zemní a věžové, přičemž závisí na členitosti terénu, ale při výběru by se měl upřednostňovat vodojem zemní nad věžovým, ten by se měl navrhovat jenom v odůvodněných případech. [1]

3.3.1 Zemní vodojemy

Dělíme podle tvaru na kruhové, trubní a kvádrové. Skládají se převážně ze dvou akumulačních komor a jedné manipulační komory. Nazývají se zemními vodojemy (Obrázek 26), protože jejich celková konstrukce je uložena v zemi anebo jenom její část. Vrstva zeminy, která pokrývá vodojem slouží jako izolační, ale zároveň jako ochranná. Při budování zemních vodojemů se snažíme vyhnout betonování neboli mokřým procesům výstavby, proto se můžou použít prefabrikované vodojemy, bohužel se dodávají jenom v omezených velikost (Obrázek 24). Velikostní řada zemních vodojemů by se měla navrhovat převážně podle Obrázku 25. Objemy, které by přesahovaly velikost 5000 m³ se jejich návrh

řeší individuálně. Pro betonování vodojemů se používá speciální vodostavební beton. Dříve se stavěly i zděné vodojemy z červených cihel. Na trubní vodojemy (Obrázek 27) se používá materiál tvárná litina a sklolaminát. [1] [10] [19]

JEDNOKOMOROVÉ



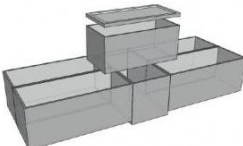
OZNAČENÍ	OBJEM
1×15	15 m³
1×30	30 m³
1×50	50 m³
1×60	60 m³

DVOUKOMOROVÉ



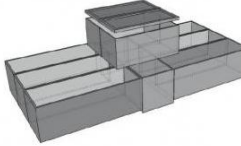
OZNAČENÍ	OBJEM
2×15	30 m³
2×20	40 m³
2×25	50 m³
2×30	60 m³
2×40	80 m³
2×50	100 m³
2×60	120 m³

ČTYŘKOMOROVÉ



OZNAČENÍ	OBJEM
4×50	200 m³
4×60	240 m³

ŠESTIKOMOROVÉ



OZNAČENÍ	OBJEM
6×60	360 m³
6×100	600 m³

Obrázek 24 Velikostní řada prefabrikovaných vodojemů od firmy Betonbau [20]

15 m ³	2 × 250 m ³ = 500 m ³
2 × 15 m ³ = 30 m ³	2 × 400 m ³ = 800 m ³
2 × 25 m ³ = 50 m ³	2 × 650 m ³ = 1 300 m ³
2 × 50 m ³ = 100 m ³	2 × 1 000 m ³ = 2 000 m ³
2 × 100 m ³ = 200 m ³	2 × 1 500 m ³ = 3 000 m ³
2 × 150 m ³ = 300 m ³	2 × 2 500 m ³ = 5 000 m ³

Obrázek 25 Velikostní řada zemních vodojemů dle České technické normy [1]



Obrázek 26 Zemní vodojem Ohrazenice [6]



Obrázek 27 Trubní vodojemy [21]

3.3.2 Věžové vodojemy

Věžové vodojemy se skládají z nosné konstrukce neboli dříku, jedné akumulční nádrže a manipulační komory. Dřík může být vyroben z monolitického betonu, oceli, ale také prefabrikovaných skruží. Na akumulční nádrž se používá ocel, nerezová ocel a monolitický beton. Nádrž může mít tvar kulovitý, čočkovitý nebo kuželovitý (Obrázek 28). Oproti zemním vodojemům, kde izolační funkci plní zemina, tak zde musí být vodojem ochráněn tepelnou izolací pomocí minerální vlny a topným kabelem, který se vkládá mezi potrubí a vlnu. Velikost věžových vodojemů se navrhuje od 20–2000 m³. [10]



Obrázek 28 Vlevo kuželovitý vodojem Kohoutovice 700 m³, uprostřed kulovitý vodojem Ohrozenice 150 m³ a vpravo čočkovitý vodojem [22] [6] [23]

4 VÝPOČET AKUMULACE ZÁSOBNÍHO VODOJEMU

Pro zvolení vhodného objemu akumulací nádrže vycházíme z celkového objemu akumulace vodojemu (A_c), která se vypočítá součtem objemu všech jednotlivých funkcí, které má vodojem plnit. [19]

$$A_c = A_h + A_p + A_r \text{ [m}^3\text{]} \quad (1)$$

U výpočtu akumulace zásobního vodojemu vycházíme ze tří složek, a to je provozní objem (A_h), požární objem (A_p) a rezervní objem (A_r). Kde se provozní akumulace vypočítá dle vzorce. [19]

$$A_h = 15\text{--}35 \% \times Q_d \text{ [m}^3\text{]} \quad (2)$$

Kde Q_d je maximální denní potřeba vody ve spotřebišti vyjádřena v m^3/den .

Objem požární vody se vypočítá dle vzorce.

$$A_p = 3,6 \times Q_p \times t \times n \text{ [m}^3\text{]} \quad (3)$$

Kde Q_p je odběr požární vody v l/s který udává ČSN 73 0873 [27] v rozmezí 4,0–40 l/s, t – je doba uvedena v hodinách, po kterou je nezbytné zajistit odběr požární vody k hašení požáru. Minimální hodnota je 0,5 hodiny, ale doporučuje se dávat 2 hodiny a n – udává počet odběrných míst ve spotřebišti. [10]

Výpočet rezervního objemu vody ve spotřebišti, se počítá dle vzorce.

$$A_r = 50 \% \times Q_d \text{ [m}^3\text{]} \quad (4)$$

Rezervní objem se počítá, kdyby došlo k nějaké poruše na úpravě vody nebo na příváděcím potrubí do vodojemu. [19] [4]

5 SKENOVÁNÍ OBJEKTŮ

5.1 LASEROVÉ SKENOVÁNÍ

V dnešní době, kdy se na stavebním trhu mluví o digitalizaci staveb, vytváření digitálního dvojčete a celkového managementu stavby nám zde přichází na řadu skenování objektů. Nejpresnější a nejoblíbenější způsob skenování je pomocí laserů z přístroje LiDAR (Light detection and ranging), která vysílá laserové paprsky a měří čas za jak dlouho se po odražení paprsku od objektu vrátí zpět, tím nám vznikne mračno bodů (Obrázek 29). Technologie LiDAR se nepoužívá

jenom pro skenování zevnitř a zvenku budovy, ale i pro skenování ze vzduchu. Podle to rozdělujeme způsob sběru dat a typu skenerů, které se dělí na terestrické, ruční a sběr dat ze vzduchu.

5.2 TERESTRICKÉ SKENERY

Takové skenery můžeme nazývat jako statické (Obrázek 29), protože sbírají data z jednotlivých stanovisek po celém objektu nebo kolem něj. Při statickém skenování je potřeba, aby se začalo a skončilo na stejném stanovisku pro zajištění přesnosti. Tento způsob skenování se nazývá Flash, který snímá plochu cca 15 vteřin, než je možnost se přesunout na další stanoviště. K tomu abychom se zorientovali, kde jsme začali nám pomáhá mobilní zařízení umístěné na přístroji, které zaznamenává určitá stanoviska měření a zároveň nám vykresluje půdorys objektu nebo ukazuje náhled skenu. Ty nejlepší skenery na trhu dokážou sbírat až 2 000 000 bodů za vteřinu s dosahem měření 350 m a milimetrovou přesností. [24] [28]



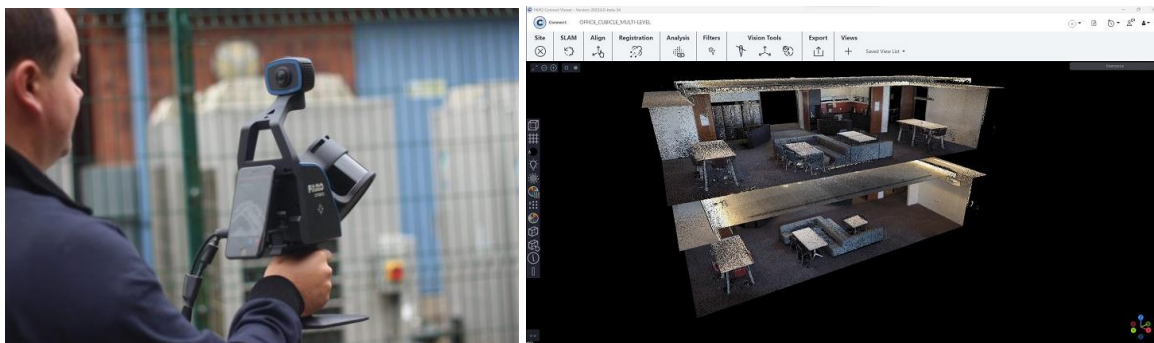
Obrázek 29 Vlevo statický skener Faro Focus Premium, vpravo výstup mračna bodů ze statického skeneru budovy bývalého filmového studia v Hostivaři [24] [28]

5.3 RUČNÍ SKENERY

S takovými skenery lze snímat za pohybu kdy s ním chodí člověk nebo je připevněn na jedoucí automobil. Ruční skener nám dává volný pohyb, proto s ním můžeme naskenovat i těžce přístupná místa.

Skener Faro Orbis dokáže skenovat jako mobilní (Obrázek 30), tak i statický skener za použití stativu, kdy zaručuje přesnost 5 mm při mobilním a 2 mm při

statickém skenování s dosahem 120 m. Model Orbis nám snímá 640 000 bodů za vteřinu k tomu nám umožňuje barvení mračen bodů a dokáže pořizovat 360° panoramatické snímky. [24]



Obrázek 30 Vlevo ruční skener FARO Orbis a vpravo výstup mobilního skenování rodinného domu [24]

5.4 SKENOVÁNÍ ZE VZDUCHU

Skenování pomocí dronu (Obrázek 31) se používá pro detailnější skenování větších oblastí z menší výšky jako jsou stavební plochy, louky nebo jenom samostatné objekty, přičemž drony musí být vybaveny kamerou s LiDAR skenováním. Laserové skenování nám dovolí skenovat i lesy, protože laserové paprsky dokážou procházet i jemnou vegetací.

Letecké laserové skenování (Obrázek 31) nám snímá celkovou krajinu a strukturu země, ze které se následně vytvářejí mapy s názvem DMR nebo DMT (digitální model reliéfu nebo digitální model terénu).



Obrázek 31 Vlevo dron DJI Matrice 300 RTK s kamerou LiDAR DJI Zenmuse L1 a vpravo letoun Tecnam P20006T vybaven rakouským laserovým skenerem LMS-Q680i [24] [29]

5.5 SKENOVÁNÍ POMOCÍ FOTOGRAMMETRIE

Další způsob skenování je pomocí fotogrammetrie, kde nám model vznikne na základě pořízení fotek z různých úhlů a moderních softwarů. Při skenování za pomoci fotogrammetrie oproti laserovému skenování závisí na počasí vzdálenosti od objektu a výšce letu. U skenování pomocí fotogrammetrie hraje důležitou část vzdálenosti od objektu, protože čím víc se od objektu vzdalujeme, tím menší bude přesnost měření vzdáleností nebo objemů v modelu.

Fotogrammetrie pracuje na principu trigonometrie, která na fotografiích hledá body stejného tvaru a barvy a za pomoci vytvoří jednotlivé pozice fotky. Pro vytváření modelů pomocí fotogrammetrie není potřeba žádných speciálních zařízení. Stačí nám jenom fotoaparáty z telefonů, dronů nebo kamer s dobrou kvalitou fotek (Obrázek 30). [30]



Obrázek 32 Vlevo dron DJI Mavic 3 Multispectral, uprostřed fotoaparát Canon EOS 5D Mark IV a vpravo Mobilní telefon Apple iPhone 15 Pro Max [24] [25] [26]

PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části jsem se zaměřil na pasportizaci zemního vodojemu, který se nachází v Jihomoravském kraji a byl uveden do provozu v roce 1991. Zvolený vodojem slouží jako vodojem vedlejší neboli spotřební, který gravitačně zásobuje 2 spotřebiště pitnou vodou. Jedno spotřebiště je zásobováno potrubím o průměru DN 500 a druhé DN 250. Vodojem je zásobován z hlavního vodojemu výtlačným řadem o průměru DN 300 a následně DN 250.

6 OBJEKT VODOJEMU

Objekt vodojemu bez akumulačních nádrží (AN) má na délku 25,34 m, na šířku 13,59 m, na výšku 8,2 m. V objektu se nachází armaturní komora, technická místnost, sklad, rozvodna, mazací lávka a chodba pro vstup mezi AN. Konstrukce je zhotovena jako železobetonový skelet opláštěný betonovými panely. Objekt kromě rozvodny není vytápěn, ale temperován. V objektu a místnostech se objevují plísň v rozích, na podlaze, stěnách a stropě, rez se objevuje na ocelových i betonových konstrukcích, které mohou být způsobeny vlivem vlhkosti a kapající vody (Obrázek 36, Obrázek 53, Obrázek 54 a Obrázek 55). Dále se na omítce tvoří praskliny, které i na některých místech upadávají a odhalují nám výztuž. Tyto degradační procesy jsou způsobeny vlhkostí a celkovým stářím objektu.

6.1 ARMATURNÍ KOMORA

Vstup do celkového objektu a armaturní komory je za pomoci ocelových dvoukřídlových dveří o rozměrech 3580 × 3290 mm (Obrázek 33), které mají na sobě alarmní čidlo (Obrázek 34), aby se zamezilo vstupu nepovolaným osobám současně se senzorem pohybu (Obrázek 33), kdyby došlo ke vniku jiným způsobem. Pro autorizaci zaměstnance a odkódování zabezpečovacího systému slouží čtečka karet (Obrázek 34), která je umístěna hned vedle dveří. Pro sestup do armaturní komory se zde nachází 2 ocelové schodiště o šířce 0,9 m, délce 3,0 m a výšce 1,7 m. Podlaha armaturní komory je z betonové mazaniny o celkové ploše 300 m². V armaturní komoře (Obrázek 35) se nachází přívodní, odběrné, odpadní a bezpečnostní potrubí, armatury, dávkovač dezinfekce,

analyzátory kvality odebírané vody, podlahové vpusti, ocelové schodiště, zábradlí a žebřík pro vstup k mazací lávce, vzduchotechnika (Obrázek 35), umělé osvětlení, okna, podpůrné betonové bloky a ocelové podpěry, jeřáb, jeřábová dráha a dveře pro vstup do technické místnosti, rozvodny a mezi AN. Vstup do skladu se nachází z venku na druhé straně objektu.



Obrázek 33 Vlevo dvoukřídlové ocelové vstupní dveře do objektu, vpravo senzor pohybu a ovládání světel



Obrázek 34 Alarmní čidlo při otevření dveří



Obrázek 35 Vlevo pohled na armaturní komoru, vpravo odvětrání armaturní komory



Obrázek 36 Vlevo plíseň v rohu armaturní komory, vpravo rez na betonu

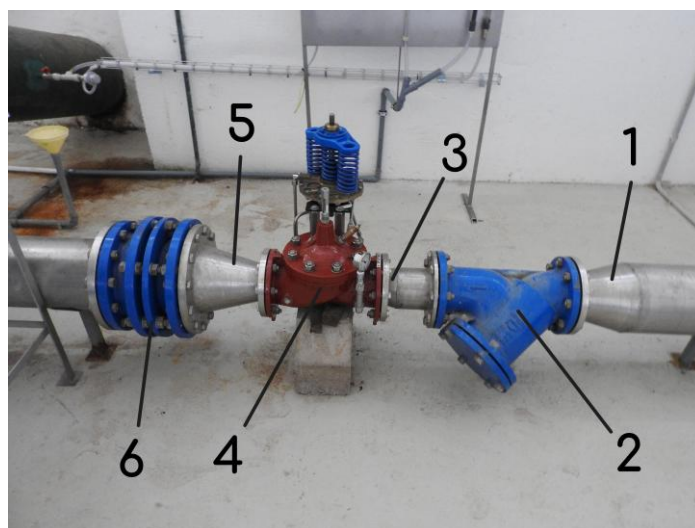
6.1.1 Přívodní potrubí

Potrubí, které bylo použito pro dopravu vody je od firmy Hobas. Z hlavního vodojemu nám dodává vodu nerezové potrubí z tvárné litiny (TLT) výtlačným řadem o průměru DN 300 a to je redukováno na potrubí z TLT o DN 250, které vstupuje do armaturní komory (Obrázek 37).



Obrázek 37 Vlevo přívodní potrubí DN 250, vpravo indukční průtokoměr DN 250

V armaturní komoře se zde jako první armatura nachází manuální šoupě o DN 250 (Obrázek 37), ze kterého přechází potrubí z nerezové oceli. Na nerezovém potrubí je osazen indukční průtokoměr o průměru DN 250 (Obrázek 37), kde je potrubí následně redukováno na průměr DN 150. Za ním se nachází filtr a další redukce, která se zmenšuje na průměr DN 125. Za redukcí z DN 150 na DN 125 je osazen regulační ventil DN 125. Ten nám slouží k udržení tlakové čáry nad vrcholem potrubí v nejvyšším místě výtlačného řadu, když dojde k vypnutí čerpadel. Regulační ventil nám zabraňuje, aby nedošlo k vyprázdnění výtlačného potrubí do vodojemu (Obrázek 38).



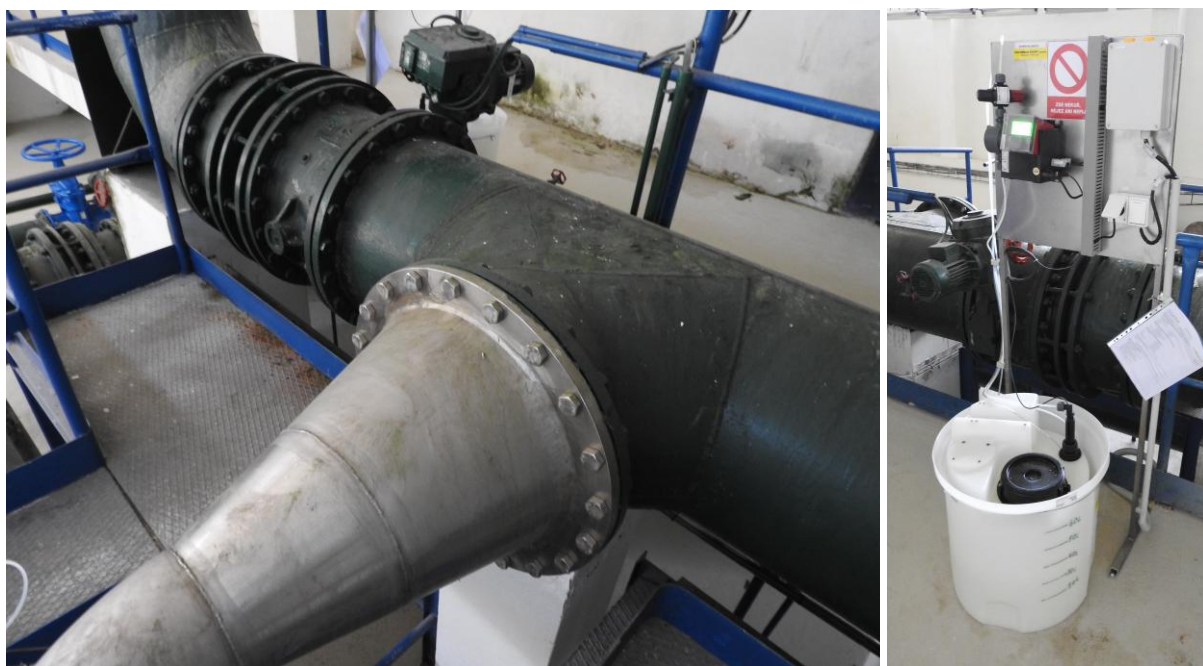
Obrázek 38 Sestava armatur za indukčním průtokoměrem na přívodním potrubí

- 1 – Redukce 250/150, 2 – Filtr, 3 – redukce 150/125, 4 – regulační ventil,
5 – redukce 250/125, 6 – montážní vložka DN 250

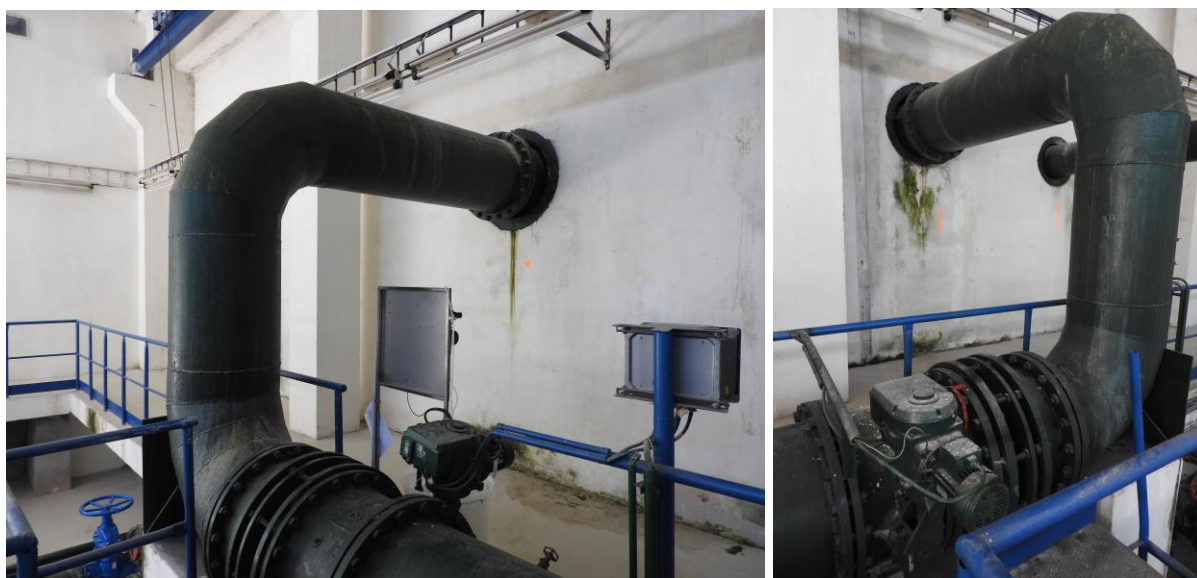
Za regulačním ventilem se potrubí znovu rozšiřuje na průměr DN 250 a za ním je osazena montážní vložka odkud dále zahýbá a vede směrem k akumulacním komorám, kde je na ni ještě umístěna dávkovací stanice dezinfekce, která čerpá do přívodního potrubí chlornan sodný. Potom je zde osazena uzavírací klapka se servopohonem DN 250 a taky montážní vložka DN 250 (Obrázek 39). Potrubí je následně vedeno šikmo nahoru odkud je pomocí redukce potrubí zvětšeno na DN 600 a změněn materiál potrubí na potrubí z černé oceli (Obrázek 40). Potrubí je následně rozděleno (Obrázek 40) tak, aby zásobovalo obě akumulacní komory, kde je na každém potrubí, které vede do AN osazena uzavírací klapka se servopohonem o DN 600 a montážní vložka DN 600 (Obrázek 41). Přístup k uzavíracím klapkám je zajištěn pomocí ocelových plošin (Obrázek 39) ve výšce 1800 mm s trubkovým zábradlím o výšce 1100 mm a žebříkem. Potrubí je odtud následně zaústěno do akumulacní komory.



Obrázek 39 Uzávěr se servopohonem DN 250 a montážní vložka DN 250, vpravo šikmé potrubí a ocelová plošina



Obrázek 40 Vlevo redukce 600/250 a rozdělení potrubí, vpravo dávkovač dezinfekce NaClO



Obrázek 41 Vlevo uzavírací armatura DN 600 se servopohonem a montážní vložkou DN 600 odkud je potrubí zaústěno do AN č. 1, vpravo uzavírací armatura DN 600 se servopohonem a montážní vložkou DN 600 odkud je potrubí zaústěno do AN č. 2

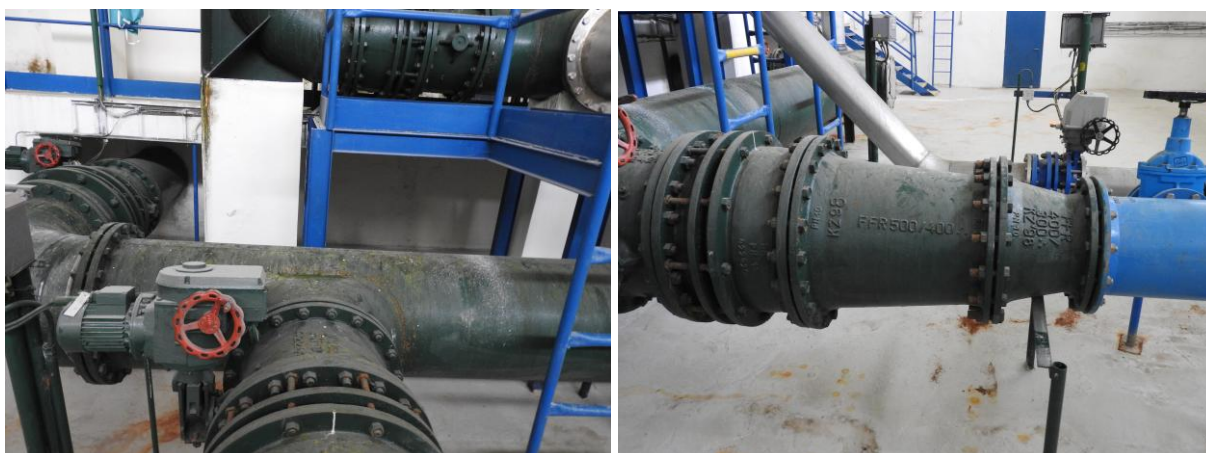
6.1.2 Odběrné potrubí

Z každé AN vede samostatně jedno odběrné potrubí o průměru DN 600, které je vyrobeno z černé oceli. Potrubí, které je vyvedeno z AN do armaturní komory je následně osazeno uzavírací klapkou se servopohonem DN 600 a následně

montážní vložkou taky DN 600 (Obrázek 42). Následně se obě potrubí spojí do jednoho o průměru DN 500 a na něm je osazena uzavírací klapka se servopohonem DN 500 a montážní vložkou DN 500. Potrubí je následně dvakrát redukováno, a to nejdřív z DN 500 na DN 400 a následně z DN 400 na DN 300 (Obrázek 43).



Obrázek 42 Vlevo potrubí z AN č. 1 s uzávěrem vybaveným servo pohonem DN 600 a montážní vložkou DN 600, vpravo potrubí z AN č. 2 s uzávěrem vybaveným servo pohonem DN 600 a montážní vložkou DN 600



Obrázek 43 Vlevo spojení potrubí na odtoku s DN 500 osazený uzávěrem se servopohonem DN 500, vpravo montážní vložka DN 500, redukce 500/400 a redukce 400/300

Odtud je na odběrném potrubí vybudován obtok (Obrázek 44) o průměru DN 150, na kterém se nachází šoupě DN 150, indukční průtokoměr DN 150, montážní vložka DN 150 a na konci zase šoupě o průměru DN 150.



Obrázek 44 Obtokové potrubí

1 – šoupě DN 150, 2 – průtokoměr DN 150, 3 – šoupě DN 150

Spojené potrubí je od obtoku osazeno šoupětem DN 300 po opětovném napojení obtoku je zde redukce na DN 500. Za redukcí se nachází automatický vzdušník DN 50, šoupě DN 50 (Obrázek 45) a odběrné místo pro odběr vzorků vody. Taky se zde nachází analyzátor kvality vody (Obrázek 46).



Obrázek 45 Šoupě DN 300 na hlavní větvi mezi obtokem, vpravo redukce 500/300, šoupě a vzdušník



Obrázek 46 Vlevo odběrné místo vzorku z odběrného potrubí, vpravo analyzátor kvality vody

6.1.3 Odpadní potrubí

Potrubí z levé akumulární komory je z černé oceli o průměru DN 300 a je zde osazeno šoupě o DN 300 odkud je potrubí zaústěno do odpadního potrubí v podlaze pod armaturní komorou (Obrázek 47).

Potrubí z pravé akumulární komory je stejně vystrojené, ale navíc se zde za šoupětem o DN 300 nachází redukce na DN 400 a to kvůli napojení potrubí z bezpečnostního přelivu, od kterého je následně taky zaústěna do odpadního potrubí v podlaze pod armaturní komorou (Obrázek 47).

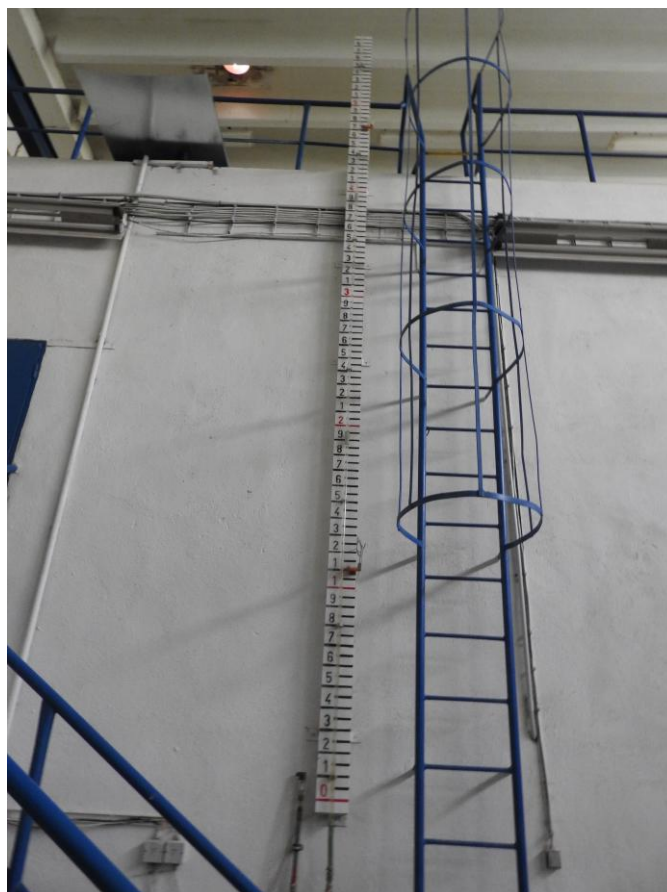
Na obě odpadní potrubí je napojenou potrubí z černé oceli o DN 100 (Obrázek 47), které je napojeno na vodočetnou lať PPR o průměru DN 25 (Obrázek 49). Potrubí je návarkem napojeno na vypouštěcí potrubí.



Obrázek 47 Vlevo odpadní potrubí z AN č.1 s šoupětem DN 300 a napojené potrubí DN 100, vpravo odpadní potrubí z AN č.2 s šoupětem DN 300 a napojené potrubí DN 100



Obrázek 48 Vlevo potrubí DN 100 z odpadního potrubí AN č.2, vpravo napojení odpadního potrubí na vodočetnou lať



Obrázek 49 Vodočetná lať a žebřík pro přístup na mazací lávku

6.1.4 Přelivné potrubí

Potrubí bezpečnostního přelivu je vyrobeno z černé oceli o průměru DN 400. V levé AN vede potrubí přes chodbu, která se nachází mezi AN a vede do pravé

AN, kde se napojí na bezpečnostní přeliv pravé AN odkud jsou společně vyvedeny do armaturní komory.

V armaturní komoře je na potrubí osazena zpětná klapka, která plní protizápachovou a protizáplavovou funkci odkud se následně napojí na odpadní potrubí o DN 400 (Obrázek 50).



Obrázek 50 Vlevo potrubí bezpečnostního přelivu z AN č.2, vpravo protizápachová a protizáplavová zpětná klapka

6.2 TECHNICKÁ MÍSTNOST

Vstup do technické místnosti přes armaturní komoru a jednokřídlové ocelové dveře 1830 × 830 mm. Plocha místnosti je 20 m² a podlaha je z betonové mazaniny. V technické místnosti se nachází kabelové vedení z rozvodny (Obrázek 51).



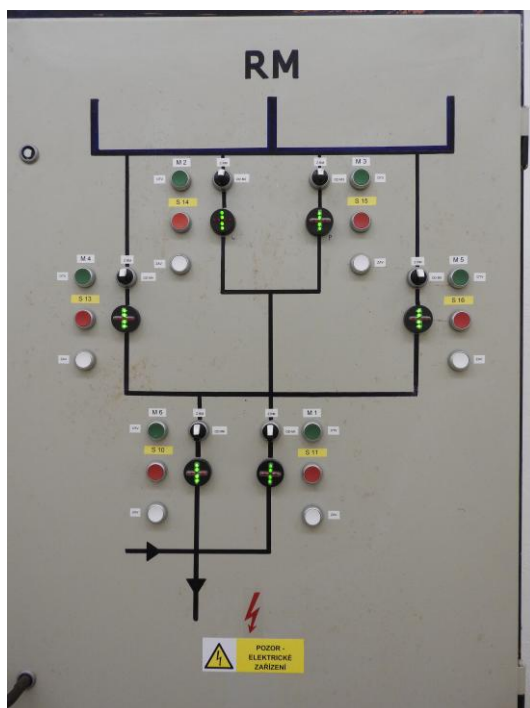
Obrázek 51 Vlevo jednokřídlové dveře pro vstup do technické místnosti, vpravo prostor technické místnosti

6.3 ROZVODNA

Vstup do rozvodny je po betonovém schodišti $3 \times 183 \times 260$ mm a skrz dvoukřídlové ocelové dveře 1980×1480 mm. Podlaha rozvodny je z betonové mazaniny a na ni je položeno linoleum. Plocha místností má 26 m^2 . V rozvodně se dále nachází rozvodní skříň, která slouží pro obsluhu armatur s uzávěrem (Obrázek 53) a je u podlahy zakryta ocelovým plechem, dále pojistkový rozvaděč, topení, pracovní stůl, židle (Obrázek 52) a ventilační mřížka $610 \times 690 \times 520$ mm.



Obrázek 52 Vlevo dvoukřídlové dveře rozvodny, vpravo prostor a vybavení rozvodny



Obrázek 53 Vlevo detailní snímek rozvodní skříně, vpravo degradace stěny a stropu

6.4 MAZACÍ LÁVKA

Přístup k mazací lávce je pomocí ocelového žebříku s ochranným košem (Obrázek 49). Lávka má plochu 44 m² (Obrázek 54). Na mazací lávce je plech, který zachytává kapky vody ze střechy, které projdou skrz ventilační turbínu (Obrázek 55), dále ventilační mřížka 250 × 250 × 530 mm (Obrázek 54), zábradlí o délce 13 m, výšce 1100 mm a pojezdová dráha pro jeřáb (Obrázek 57) s maximální nosností jeřábu 1600 kg (Obrázek 56).



Obrázek 54 vlevo prostor mazací lávky, vpravo vzduchotechnika a degradace stěny



Obrázek 55 Vlevo prostup ventilační turbíny a obnažená výztuž, vpravo plech pro zachytávání kapek vody



Obrázek 56 Vlevo maximální nosnost jeřábu, vpravo pojezdová dráha jeřábu



Obrázek 57 Pojezdový jeřáb

6.5 SKLAD

Vstup do skladu je z venku z druhé strany budovy po betonovém schodišti $6 \times 155 \times 265$ mm s ocelovým trubním zábradlím o výšce 1100 mm a délce 6000 mm. Před vstupem jsou jednokřídlové ocelové dveře 1930×1095 mm (Obrázek 58). Podlaha skladu je z betonové mazaniny a místnost má 13 m^2 .



Obrázek 58 Vstup do skladu

6.6 CHODBA MEZI AKUMULAČNÍMI KOMORAMI

V chodbě mezi akumulacími komorami se nachází umělé osvětlení (Obrázek 59), odvětrávání a přechod bezpečnostního přelivu z první AN do druhé. Na stěnách se nacházely fleky vody z možného průsaku (Obrázek 60).



Obrázek 59 prostor mezi AN a umělé osvětlení, vpravo konec prostoru mezi AN



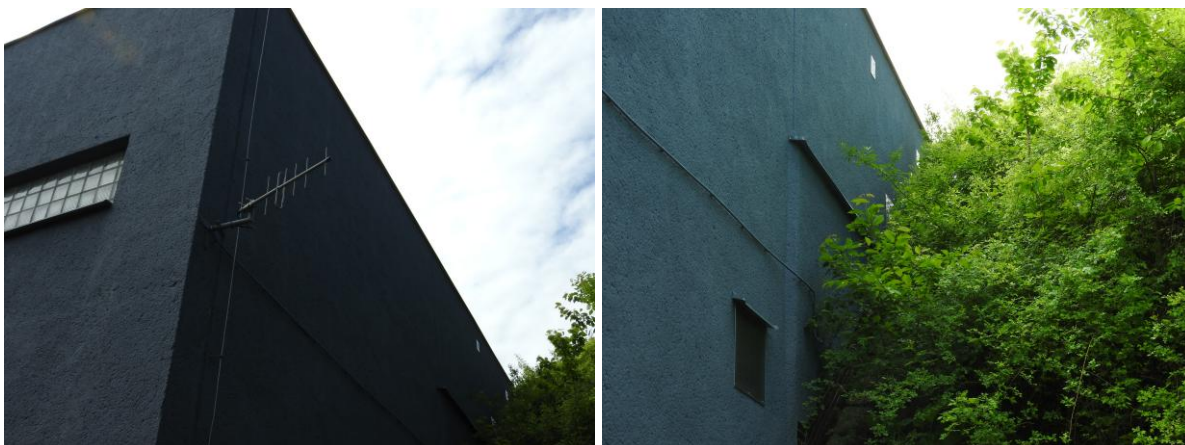
Obrázek 60 Vlevo, průchod potrubí bezpečnostního přelivu z AN č.1 do AN č.2 a odvětrání, vpravo fleky vody po průsaku

7 OBJEKT VODOJEMU VENKOVNÍ ČÁST

Fasáda vodojemu má světlé modrou barvu, nachází se zde řada oken o rozměrech 5130 × 840 mm, 5160 × 840 mm, 5120 × 840 mm a 5350 × 840 mm a čtyřmi kusy plechových parapetů o rozměrech 150 × 5200 mm (Obrázek 61). Kolem stěny objektu se nachází betonový okapový chodníček (Obrázek 61) a příjezdová asfaltová cesta. Nad vstupem do skladu se nachází anténa a na boční straně vystoupilý plech ze stěny dlouhý 6500 mm (Obrázek 62). Na zadní straně budovy se nachází okapová žlab dlouhý 26 m, lapač splavenin, okapový svod (Obrázek 63) na jedné straně a na druhé je odvod vody vyřešen odvodňovacím betonovým žlabem, který vede kolem plotu (Obrázek 64). Střecha je nosná konstrukce z pultového tvaru a nachází se zde hromosvod, 5 ventilačních mřížek o rozměrech 200 × 200 mm a ventilační turbína s ochrannou konstrukcí (Obrázek 64).



Obrázek 61 Vlevo okapový chodníček, vpravo čtyři sady oken a parapetů



Obrázek 62 Vlevo anténa, vpravo vystouplý plech a odvzdušnění z rozvodny



Obrázek 63 Vlevo okapový žlab vypouštěný do betonového žlabu, vpravo okapový žlab vypouštěný do kanalizace



Obrázek 64 Snímek z dronu, který zachycuje prostor střechy s ventilační turbínou, dalším odvzdušněním armaturní komory, hromosvodem a odvodňovací betonový žlab

8 AKUMULAČNÍ KOMORA

Vstup akumulční komory je zabezpečen 2 jednokřídlovými ocelovými dveřmi. První mají rozměr 1980 × 790 mm (Obrázek 65) a druhé 1900 × 790 mm. První prostor akumulční komory je oddělen od venkovního prostředí a druhého prostoru, ve kterém se nacházejí samotné AN. Mezi prvním a druhým prostorem se nacházejí dveře o rozměrech 1960 × 800 mm kde každý prostor a nádrž je samostatně odvzdušňována (Obrázek 65, Obrázek 66). Pro sestup do AN jsou v obou případech použity betonové schody.



Obrázek 65 Vlevo vstup do akumulční komory, vpravo odvědušnění jednotlivých komor



Obrázek 66 Vlevo odvědušnění AN č.1, vpravo odvědušnění AN č.2

Střecha akumulční komory je plochá nosná konstrukce z panelů a střešní krytiny s asfaltovou hydroizolací a polystyrénem. Na střeše se nachází oplechovaná atika o šířce 400 mm. Na druhé straně se nachází okapový žlab a okapové svody na každé straně (Obrázek 68). Kolem budovy je okapový chodníček a fasáda akumulční komory je posprejovaná graffiti (Obrázek 67).



Obrázek 67 Vlevo graffiti zezadu akumulční komory, vpravo graffiti z pravé strany akumulční komory



Obrázek 68 Snímek z dronu zachycuje pohled na střechu akumulční komory

9 AREÁL VODOJEMU

Celkový areál vodojemu (Obrázek 70) má plochu 4374 m². Do areálu je umožněn vjezd automobilům dvoukřídlou ocelovou vjezdovou brankou širokou 3400 mm a vysokou 2000 mm a vstup zaměstnancům jednokřídlovou ocelovou vstupní brankou šířky 1100 mm a výšky 2000 mm (Obrázek 69). Po areálu je možný přístup k jednotlivým objektům pomocí asfaltových cest, kde jsou tyto cesty chráněny pomocí nosných stěn u armaturní komory a betonových tvárnic

kolem asfaltové cesty k akumulční komoře. Areál je chráněn plotem z drátěného pletiva o výšce 2100 mm, který drží sloupy o výšce 2400 mm, na kterých je umístěn ostnatý drát ve dvou řadách proti neoprávněnému vstupu osob (Obrázek 69). Kolem oplocení areálu se nachází odvodňovací betonový žlab. V areálu se na násypu akumulčních komorách nacházejí náletové křoviny z okolních stromů a nad druhou AN se nachází lesní porosty, které mohou mít negativní vliv na konstrukci nádrže (Obrázek 71).



Obrázek 69 Vlevo příjezdová a vstupní branka do areálu, vpravo oplocení areálu



Obrázek 70 Snímek z dronu zachycuje pohled na areál vodojemu, kde se nachází armaturní komora vpředu, akumulční komora vzadu, nosné stěny a křoviny vedle armaturní komory a náletové křoviny a stromy nad pravou AN



Obrázek 71 Vlevo zanesený betonový žlab kolem plotu, vpravo náletové křoviny, vysoká tráva a rostliny na a kolem AN

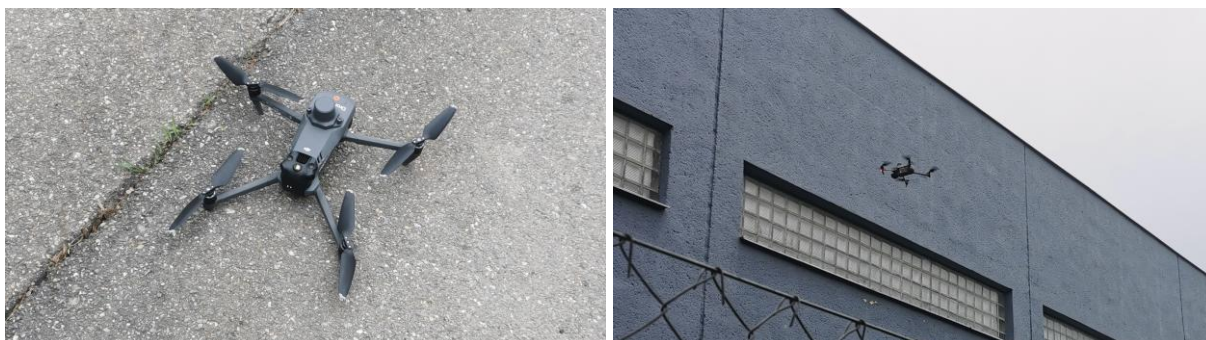
10 PASPORT PROSTŘEDNICTVÍM DRONU

V rámci praktické části práce byla provedena pasportizace vodojemu bezpilotním leteckým systémem (UAS) konkrétně dronem za pomoci fotogrammetrie. Všechny pomůcky a zaškolení pro zpracování této části byly poskytnuty firmou Dronewell. Mezi pomůcky se řadí samotný dron, program 3Dsurvey pro zpracování pořízených fotek a vizuální dohled při skenování v těžko dostupných místech. Jelikož se areál vodojemu nachází v blízkosti hranice veřejného vnitrostátního letiště bylo zapotřebí let oznámit na příslušných orgánech.

10.1 DRON DJI MAVIC 3 ENTERPRISE

UAS od firmy DJI se svým modelem Mavic třetí generace označením s certifikací C1, modulem pro určování polohy v reálném čase (RTK) a řadou Enterprise (Obrázek 72), která model sama osobě posouvá ještě o kus dál. Řada Enterprise je speciálně navržena k tomu, aby byla používána ke geodetickému mapování, v průmyslových odvětvích anebo třeba jako pomoc při hašení požárů, pátracích a záchranných nočních misí s modelem vybaveným termokamerou.

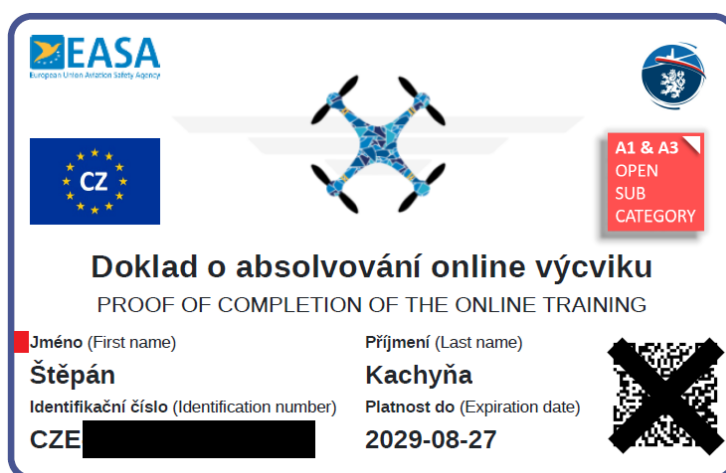
UAS má hmotnost 1074 gramů, širokoúhlý 4/3 CMOS 20 megapixelový fotoaparát s možností 56× hybridním přiblížením. Fotoaparát je vybaven mechanickou clonou, která nám zajišťuje, aby se kamera při svém rychlém a krátkém snímkování o délce intervalu 0,7 sekundy nerozmazávala. Za ideálních podmínek dokáže dron letět až 45 minut. Na dronu jsou po všech stranách zabudovány senzory a širokoúhlé objektivy, které během letu vysílají obraz na obrazovku, aby měl pilot přehled i o mrtvých úhlech, které má po stranách. RTK modul nám do každého vytvořeného snímku zapisuje GPS souřadnice. [31] [32]



Obrázek 72 Vlevo dron DJI Mavic 3 Enterprise s RTK modulem vpravo skenování armaturní komory

10.2 LEGISLATIVA, DOKUMENTY A KOMUNIKACE NUTNÁ PRO VZLET

Pro operování UAS podle legislativy je potřeba nutná registrace provozovatele a pilota (Obrázek 75) na Úřadu pro civilní letectví České republiky (ÚCL). Každý UAS ve vlastnictví provozovatele by měl být označen registračním číslem, které mu bude vygenerováno po registraci. Ten, kdo chce provozovat UAS by měl mít složenou zkoušku pro kategorii A1 a A3 (Obrázek 73), která se skládá ze čtyřiceti otázek a je ke složení zdarma na portálu ÚCL. Pro rozšíření průkazu a možnost létat v hustě osídleném prostoru, blízkosti lidí a využívat dron pro komerční účely, ke kterému je nutné pojištění odpovědnosti, tak je nadále zapotřebí složit zkoušku pro kategorii A2 (Obrázek 74), která se skládá ze třiceti otázek přímo na ÚCL v Praze.



Obrázek 73 Doklad o složení zkoušky v kategorii A1/A3



Obrázek 74 Doklad o složení zkoušky v kategorii A2



ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ



Č.j.: [REDACTED]

Úřad pro civilní letectví v souladu s čl. 14 odst. 2 prováděcího nařízení Komise (EU) 2019/947 v platném znění tímto registruje na základě jím uvedených údajů a prohlášení níže jmenovaného provozovatele bezpilotního systému (UAS):

FYZICKÁ OSOBA

Jméno a příjmení: Štěpán Kachyňa
Datum narození: [REDACTED]
Adresa: [REDACTED]
Kontaktní e-mail: [REDACTED]
Kontaktní telefon: [REDACTED]
Číslo pojistné smlouvy:

a přiděluje mu registrační číslo provozovatele UAS: CZE [REDACTED]

Provozovatel je povinen označit přiděleným registračním číslem všechna jím provozovaná bezpilotní letadla v souladu s AMC1 čl. 14, odst. 8 rozhodnutí 2019/021/R v platném znění.

UPOZORNĚNÍ

Úplný řetězec registrovaného provozovatele UAS je CZE [REDACTED]

Tento řetězec obsahuje vedle registračního čísla provozovatele UAS, kterým se provozovatel prokazuje, také tři doplňkové náhodně generované alfanumerické znaky oddělené spojovníkem. Upozorňujeme, že tyto tři znaky jsou klasifikovány jako citlivý údaj, a tudíž by s nimi mělo být odpovídajícím způsobem zacházeno a v žádném případě by neměly být poskytovány dalším osobám.

Úplný řetězec nahrává provozovatel pouze do identifikačního e-systému bezpilotního letadla („e-identifikace“), pokud je jím bezpilotní letadlo vybaveno.

V Praze dne 30.12.2020.

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ, [REDACTED]

Obrázek 75 Registrace provozovatele

Pro povolení k letu v oblasti vodojemu bylo zapotřebí podat žádost na ÚCL pro oprávnění k letu, do které bylo zapotřebí podat veškeré informace o provozovateli, pilotovi, UAS a jeho maximální vzletové hmotnosti, rychlosti a velikosti, podle kterých se vyhodnotí rizika na zemi a ve vzduchu. Dále se zde udává místo plánovaného letu a jeho souřadnice s maximální plánovanou výškou letu nad zemí, datumem konání a provoz v zeměpisných zónách.

Vodojem je umístěn v blízkosti letiště, které má své vymezené ochranné pásmo s poloměrem 5,5 km od vztažného bodu letiště. Toto ochranné pásmo je rozděleno na obdélníkové políčka takzvané gridy, ve kterých se udává maximální povolená letová výška. V našem případě se jednalo o grid s maximální povolenou výškou 0 m. V takových případech se jedná o tzv. nestandardní let, při kterých nejde let provést bez toho aby došlo k porušení pravidel letového provozu. Proto bylo zapotřebí navíc podat dokument o nestandardním letu, který byl elektronickou poštou odeslán na příslušné řízení letového provozu, které spravuje dané letiště. Dokument obsahoval popis plánované akce, datum a čas lokality letu, použitý UAS, požadovanou výšku potřebnou ke skenování (Obrázek 76), souřadnice mapové plochy, identifikaci provozovatele (Obrázek 78), pilota a dronu (Obrázek 77). Před skenováním se let telefonicky ohlásil na příslušné řízení letového provozu a zažádalo se o povolení k letu, kdy se následně domluvila maximální povolená letová výška, která byla stanovena na domluvených 40 m a přibližná doba trvání letu. Po ukončení letu se konec oznámil znovu na dané řízení letového provozu.



Řízení letového provozu České republiky

Dronewell s.r.o.

info@dronewell.cz

Vaše žádost ze dne:
5. 5. 2025

Naše zn.:
NSF 2025_

Vyřizuje:
E:

T:
E:

datum:
5. 5. 2025

Vaše žádost o let dronu v CTR

Účel letu: tvorba 3D modelu vodárny

Termín: 5.5.2025

Před provedením nestandardního letu se při telefonické koordinaci se stanovištěm ŘLP odkazujte na projekt a domluvíte se na možnostech pro daný den.

Prostor činnosti:

Čas: cca 17:00 LT

Činnost: jeden let v uvedeném období v trvání cca 1,5h

Výška: do 40m AGL

Použitý UAV: DJI Mavic 3E

Místo vzletu a přistání: v prostoru činnosti

Schválení žádosti a pokyny:

Vaše žádost o nestandardní typ letu byla schválena a žádosti bylo přiděleno pořadové číslo NSF2025. Přidělení NSF čísla znamená pouze předběžné povolení a neznamená výjimku z požadavků AIP ČR nebo jiných předpisů. Je nutné obdržet povolení v den letu od: TWR

O toto povolení se žádá 1 hodinu před plánovaným vzletem. Příslušné stanoviště ŘLP rozhoduje, podle provozní situace, s konečnou platností o povolení letu. Při komunikaci s ŘLP, uvádějte číslo povolení a název projektu pro snadnější identifikaci zamýšleného letu. Povolení je platné od 5.5.2025

Vedoucí týmu TWR

1/1

Řízení letového provozu
České republiky, státní podnik
Česká republika
E info@rlp.cz / www.rlp.cz

Registrováno Městským soudem v Praze
oddíl
Držitel certifikátu



Obrázek 76 Podaná žádost o nestandardní let na dané letiště

Adresát:
Řízení letového provozu ČR, s.p.
AMC ČR
[redacted]

Žádost o tzv. nestandardní let (NSF)

(Žádost o vydání souhlasu s provozem
bezpilotního zařízení - dron)

Žadatel:

Jméno a příjmení	[redacted]
Název právnické osoby	Dronewell s.r.o.
Datum narození	[redacted]
IČO	[redacted]
Adresa	[redacted] [redacted]
Telefon	[redacted]
E-mail	[redacted]@dronewell.cz
Osoba oprávněná za právnickou osobu jednat	

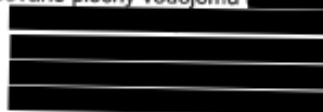
žádám o vydání souhlasu s provozem níže specifikovaného bezpilotního zařízení (dále jako „Zařízení“) v následujících specifikacích :

- *Účel letu*
Tvorba 3D modelu vodárny
- *Prostor činnosti nebo požadované trajektorie letu – zakres do mapy a seznam souřadnic popisujících žádaný prostor*



Obrázek 77 Informace o provozovateli dronu, lokalita a účel letu

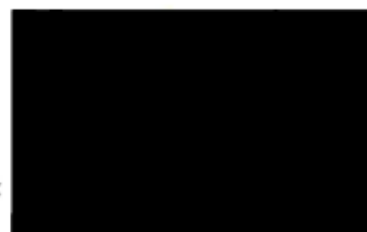
Souřadnice mapované plochy vodojemu [REDACTED]



- *Předpokládaná doba činnosti*
5.5.2025 1,5h
- *Požadovaná výška letu*
Max. 40m AGL
- *Typ bezpilotního letadla*
DJI Mavic 3E
CZE [REDACTED]
- *Místo vzletu a přistání*
Souřadnice místa vzletu a přistání [REDACTED]
- *Plánovaný den provozu, plánovaný čas vzletu, dobu letu a požadovanou dobu platnosti koordinace*
Pondělí 5.5.2024, vzlet 17:00hod., doba letu 1,5hod.,
koordinace 16.55hod. – 18,25hod.



Podpis:



V Brně dne 5.5.2025

Obrázek 78 Souřadnice mapové plochy, identifikace UAS

Vodojemy se řadí do kategorie vodních zdrojů a k tomu bylo potřeba získat povolení od správce vodojemu, toto povolení bylo předmětem při předávání projektové dokumentace vodojemu. Před započítím skenování jsem let oznámil na dispečink provozovatele vodojemua následně jsem oznámil i jeho konec.

10.3 SKENOVÁNÍ VODOJEMU

Před letem jsem provedl kalibraci dronu a kontrolu podle předletového plánu. Následně byla v aplikaci nastavena maximální povolená výška letu na 40 m nad zemí, která byla domluvena s řízením letového provozu pro případ, kdyby došlo k přerušení signálu mezi dronem a ovladačem. Dron by v takovém případě automaticky vystoupal do čtyřiceti metrů a vrátil se zpátky na bod vzletu. Po kontrole předletového plánu jsem v aplikaci označil plochu areálu, která bude skenována s překrytím mezi snímky, které jsem nastavil na 80 % a výšku skenování na 34 m kvůli okolním stromům. Systém následně automaticky vyhodnotil 2 trasy, které bude dron automaticky absolvovat. Po dokončení automatického skenování se interval snímkování nastavil na 1 sekundu a začalo manuální pořizování snímků armaturní komory (Obrázek 72).

10.4 TVORBA 3D MODELU

Pro sestrojení modelu vodojemu pomocí fotogrammetrie za použití dronu bylo pořízeno dohromady 443 snímků. Fotky jsem následně nahrál do počítače a v programu 3Dsurvey vytvořil nový projekt, do kterého jsem nahrál všechny fotografie. Následně se zvolil model, kterým byly fotografie pořízeny a zvolil se horizontální souřadnicový systém, který používá Česká republika, a to je S-JTSK a vertikální, který je baltský vyrovnávací systém. Po nahrání fotek a souřadnicových systému nám vyskočí trasa kde byly fotky pořízeny a tabulka, která nám ke každé fotce ukazuje X,Y,Z souřadnice, zeměpisnou šířku a délku, výšku, ve které byla fotka pořízena. Následně zapneme optimalizaci snímků a 3D bodů, kde tento proces minimalizuje chyby v 3D modelu. Jako finální proces jsem zvolil vysokou úroveň detailu a přesnost pro vytvoření 3D modelu, tím vzniklo mračno bodů. Odtud jsem si vytvořily 3D síť, která modelu dodává tvar a texturu z fotografií a ortofoto mapu (Obrázek 79).



Obrázek 79 Hotový 3D model předmětného vodojemu

11 HYDROTECHNICKÝ PŘEPOČET VODOJEMU

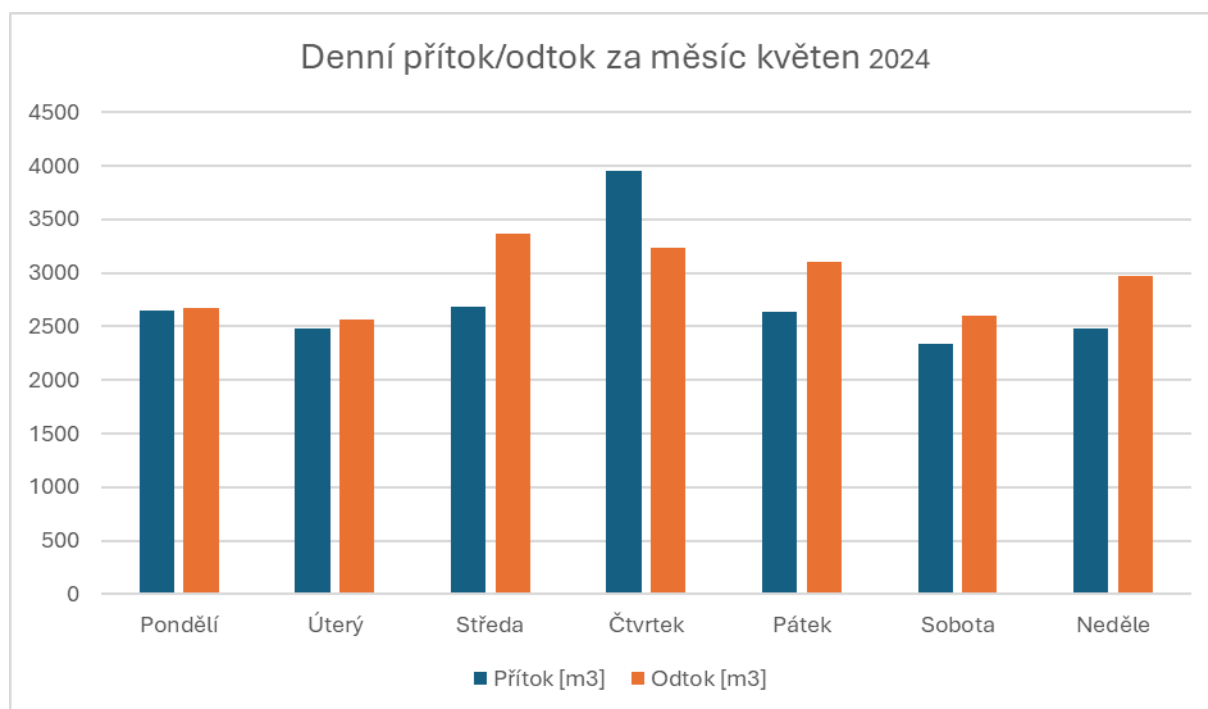
Pro přepoččet vodojemu byl od provozovatele vodojemu poskytnut roční výpis přítoku a odtoku ze stávajících indukčních průtokoměrů, které se nacházejí v armaturní komoře. Hodnoty byly zapisovány po patnácti minutových intervalech s hodnotami v l/s. Hodnoty jsem přenásobil hodnotou 0,9, abych zjistil, kolik proteklo m³ vody za 15 minut. Následně jsem vypočítal průměrný a maximální denní odtok pro každý měsíc (Tabulka 1).

Na základě vyhodnocených dat z tabulky (Tabulka 1) můžeme říct, že největší průměrný denní odtok z vodojemu za rok 2024 je 705,52 m³/den, maximální denní odtok je 820,98 m³/den a minimální 676,89 m³/den. Dle informace sdělených od provozovatele vodojemu se nepředpokládá navýšení kapacity vodojemu, tudíž další výpočty a přepočty nebylo zapotřebí provádět.

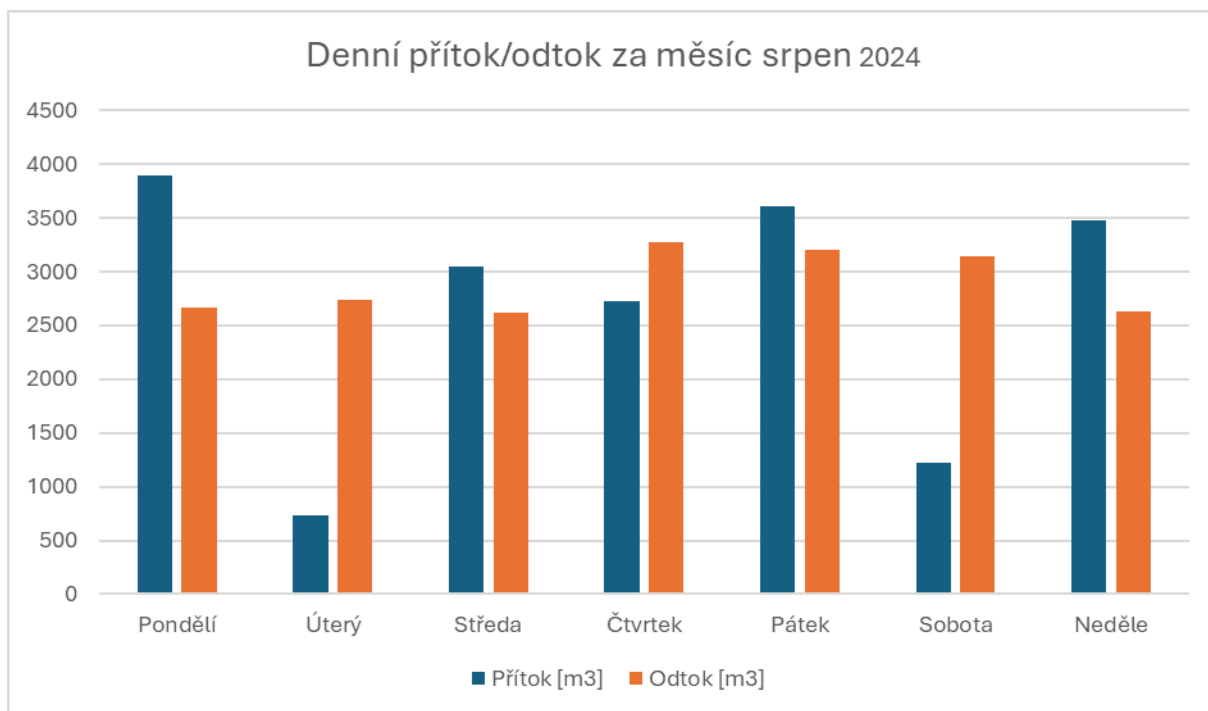
Tabulka 1 Průměrný a maximální denní odtok pro každý měsíc za rok 2024

Měsíc	Průměrný denní odtok [m ³]	Maximální denní odtok [m ³]
Leden	697,18	783,00
Únor	678,68	820,98
Březen	660,23	749,52
Duben	678,73	776,61
Květen	661,47	760,41
Červen	663,71	756,81
Červenec	602,01	676,89
Srpen	653,79	796,05
Září	705,52	788,94
Říjen	673,65	788,13
Listopad	659,29	765,45
Prosinec	642,10	740,70

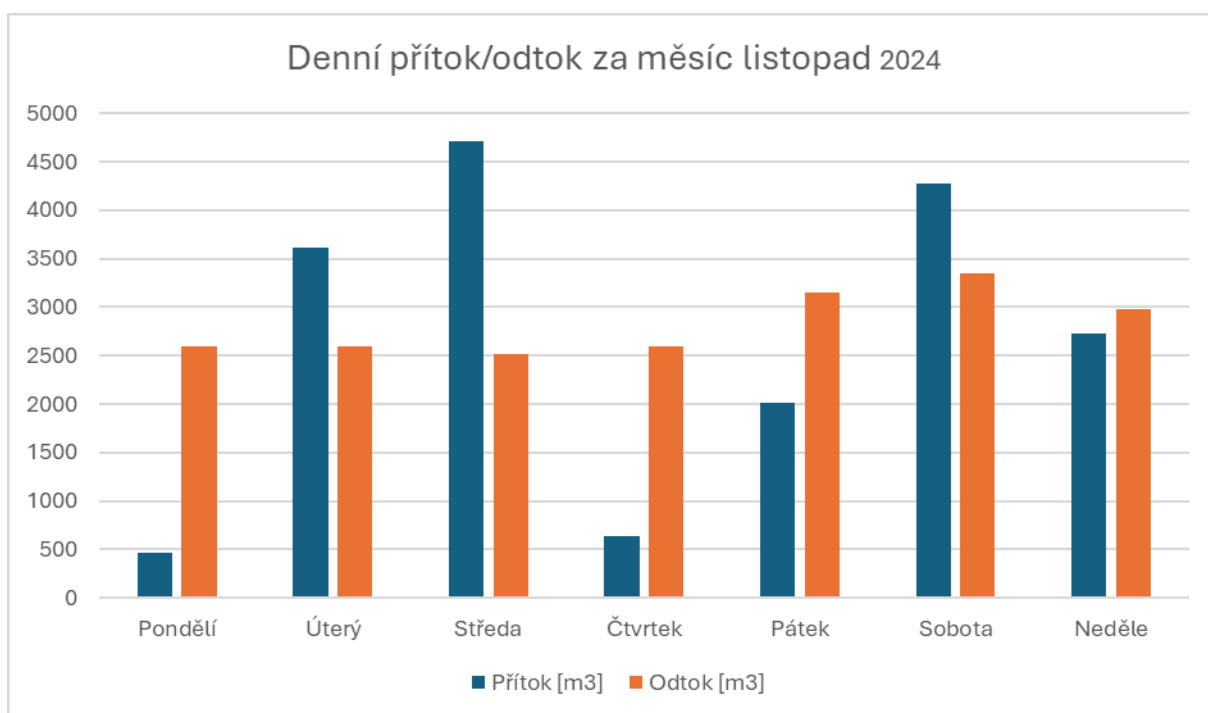
Pro jeden měsíc v každém ročním období byl sestrojen sloupcový graf přítoku a odtoku pro jednotlivé dny (vybrané údaje jsou uvedeny v Obrázek 80, Obrázek 81, Obrázek 82, Obrázek 83), aby se zjistilo, v jakých dnech se odebírá největší objem vody.



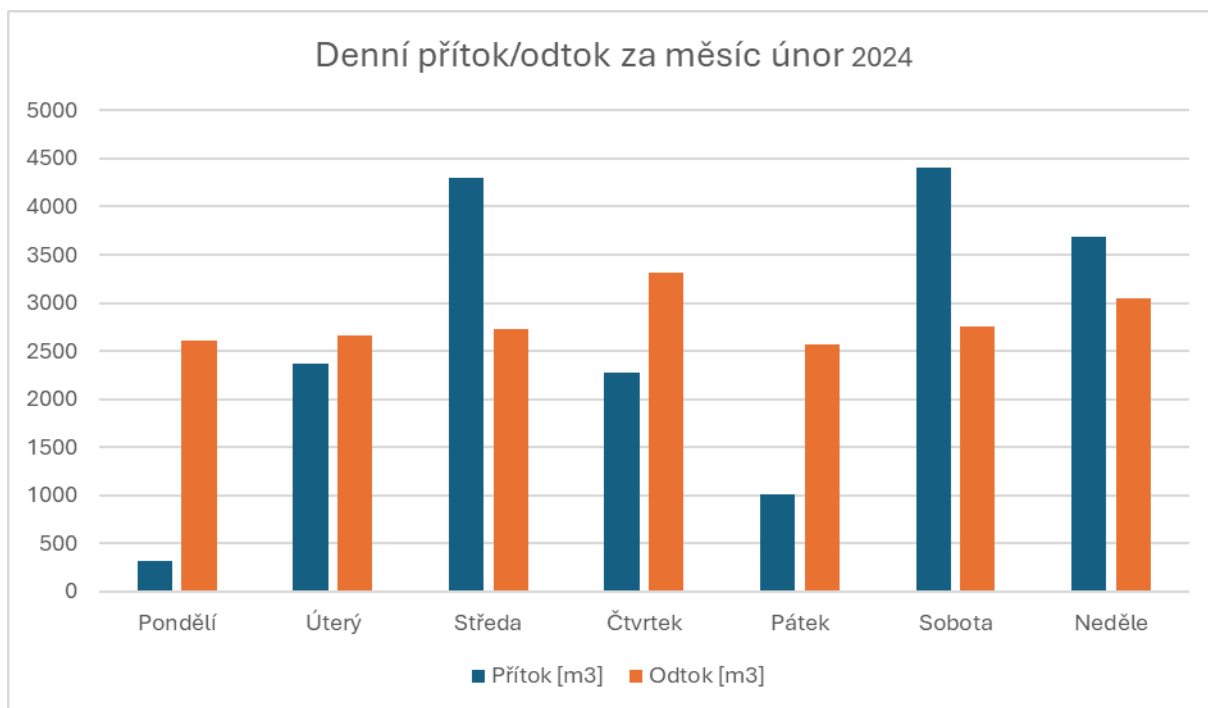
Obrázek 80 Graf přítoku a odtoku po dnech pro měsíc květen v roce 2024



Obrázek 81 Graf přítoku a odtoku po dnech pro měsíc srpen v roce 2024

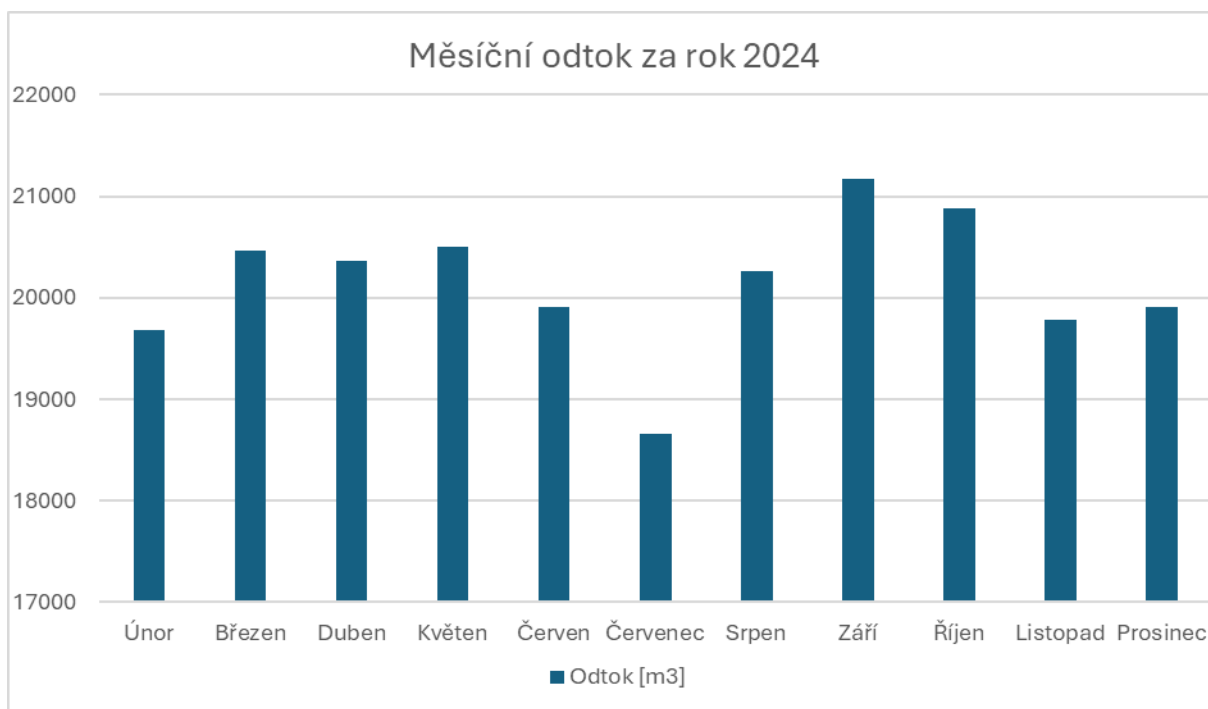


Obrázek 82 Graf přítoku a odtoku po dnech pro měsíc listopad v roce 2024



Obrázek 83 Graf přítoku a odtoku po dnech pro měsíc únor v roce 2024

Nakonec jsem sestrojil graf ročního odtoku vody po měsících (Obrázek 84). V grafu se nenachází měsíc leden, protože k němu nebyly dodány kompletní data z celého měsíce.



Obrázek 84 Roční odtok vody do spotřebiště po měsících v roce 2024

12 ZÁVĚR

Jedním z cílů bakalářské práce bylo provést základní technickou pasportizaci vybraného zemního vodojemu, který zásobuje dvě spotřebišť. Pasportizací jsem ověřil skutečný stav, ve kterém se vodojem nachází za 34 let svého provozu. Pasportizace se používá jako podklad pro správu jakýchkoliv objektů, přehled technického stavu a jako podklad pro budoucí zpracování projektové dokumentace rekonstrukce nebo opravy.

Součástí práce bylo také provedení pasportizace venkovního areálu za pomoci bezpilotního letadla, konkrétně dronu. Snímky z dronu nám poskytly přehled o celkovém vzhledu areálu z ptáčích perspektivy. Letecké skenování objektu bylo použito především pro vytvoření vizuální dokumentace, zachycení skutečného stavu a tvorbě 3D modelu areálu vodojemu. Obecně tyto opatřené podklady ze skenování dronem je možné využít pro potřeby provozovatele vodojemu jako součást dokumentace skutečného provedení stavby nebo provozního řádu vodovodu zahrnující také vodojem. Zpracování mračna bodů do 3D modelu je možné využít ze strany projektanta pro zpracování projektové dokumentace pro rekonstrukci vodojemu.

Drony se v dnešní době používají v různých odvětvích a představují významnou pomoc a ulehčení práce. Ve stavebnictví ji můžeme využívat pro vizuální kontrolu na těžko přístupných místech, jako jsou přehrady, věžové vodojemy, dále ke tvorbě přesnějších digitálních modelů koryt, výpočtu kubatur výkopových jam nebo navezeného materiálu, vytváření 3D modelů ortofoto map a fotodokumentaci pro pasportizaci. Projektanti mohou modely využívat k rozmístění nových nebo rekonstruovaných staveb, jejich začlenění do terénu a třeba k trasování inženýrských sítí.

Do budoucna po provedené pasportizaci a zjištění v jakém stavu se vodojem nachází bych doporučil provést rekonstrukci, v horším případě i celkovou modernizaci areálu vodojemu bez rozšíření akumulčních nádrží. Jednalo by se především o opravení fasád jak armaturní, tak akumulční komory, výměnu oken za plastové s ochrannou fólií nebo úplné zrušení oken na armaturní komoře, výměnu dveří se zateplením, ale také okapů, okapových a bleskových svodů.

V areálu se zbavit všech náletových křovin, rostlin, stromů a přerostlé trávy na akumulární komoře, obnovení betonových žlabů nebo jejich kompletní náhrada za nové. Novou pokládku vozovky, obrubníků a zábradlí v areálu. Vyměnit novou ocelovou vjezdovou a vstupní brankou a zároveň oplocení kolem areálu.

V armaturní komoře vzhledem ke stáří a stavu armatur s potrubím bych vyměnil kompletní vystrojení vodojemu za nové nerezové potrubí zároveň s armaturami. Vystrojení akumulární nádrže a prostupy ve zdech bych zachoval, jenom je očistil a natřel ochranným nátěrem. Dále bych očistil, opískoval, zapravil a natřel antikoročním nátěrem a ochrannou proti plísním všechny stěny a stropy ve všech místnostech. Podlahu v armaturní komoře lépe vyspádoval a natřel antikoročním nátěrem, co se týče ostatních místností, tam by byla podlaha opravena cementovou mazaninou s antikoročním nátěrem. V rozvodně a skladu přidal pokládku keramické dlažby. Vyměnil všechny ocelové zábradlí, schodiště a žebříky. Jeřábovou dráhu očistil od rzi a natřel antikoročním nátěrem. Nakonec na mazací lávce bych vodu z ventilační turbíny odváděl potrubím přímo do odpadního potrubí.

13 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN 75 5355, *Vodojemy*. (2021)
- [2] VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. *Zásobování vodou* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, 2019 [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <http://zasobovanivodou.vsb.cz/index.php>
- [3] VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s. *Možnost přerušení nebo omezení dodávky pitné vody a odvádění odpadních vod* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://vodarenska.cz/moznost-preruseni-nebo-omezeni-dodavky-pitne-vody-a-odvadeni-odpadnich-vod/>
- [4] VIŠŇOVSKÝ, Peter. *Vodárenstvo: potreba vody, privádzače, vodovodné siete a vodojemy*. Bratislava: SVŠT, 1980. 300 s.
- [5] ŠTÍCHA, Václav a CUREV, Atanas G. *Vodárenství (Zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství pitnou a užitkovou vodou)*. Praha: SNTL, 1969. 499 s.
- [6] BRANDEJSKÝ, Petr. *Unikátní věžový vodojem* [online]. TZB-info, 19. 11. 2019 [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/architektura-staveb/19880-unikatni-vezovy-vodojem>
- [7] GENAP. *Hydroclick* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://genap.com/products/hydroclick/>
- [8] HUBER CS spol. s r.o. *Huber Czech Republic* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.huberco.cz/cz.html>
- [9] *Getting to the Bottom of Tank Cleaning* [online]. San Jose Water, 2021 [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.sjwater.com/tanks>
- [10] RUČKA, Jan. *Vodojemy a čerpací stanice* [přednášky]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2024 [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://water.fce.vutbr.cz/bp052-vodojemy-a-cepaci-stanice/>
- [11] AVK VOD-KA a.s. *Rozvod vody* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.avkvodka.cz/cs-cz>
- [12] HAWLE Armatury spol. s r.o. *Vodárenské armatury a tvarovky* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.hawle.cz/>

- [13] KRIŠKA, Michal a NĚMCOVÁ, Miroslava. *Kořenové čistírny – rekapitulace a budoucnost v České republice* [online]. Vodní hospodářství, 2016, roč. 66, č. 2 [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: https://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2016/vh_02-2016.pdf
- [14] AZ KLIMA s.r.o. *Krycí mřížka kruhová* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.azklima.cz/cs/p/kryci-mrizka-kruhova-az-klima--prumer100>
- [15] COMAC CAL s.r.o. *Spolehlivá měřicí a senzorová technika* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.comaccal.cz/produkt/>
- [16] HRABAL, Michal a AGALAROV, Sabir. *VIDEO: Třetí vodojem na Žlutém kopci v Brně. Nahlédněte dovnitř dřív než ostatní* [online]. Znojemský deník, [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://znojemsky.denik.cz/z-regionu/byvale-vodojemy-zluty-kopec-brno-pred-otevrenim-cihlove-betonove-uvnitř-navsteva.html>
- [17] ULIČNÍK, Bohumil. *Hlídání a řízené čerpání vodojemů* [online]. Enceladus, [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.enceladus.cz/vodojemy/>
- [18] JRTECH Sp. z o.o. *Požární nádrže* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.jr-tech.pl/cs/produkty/pozarni-nadrze/>
- [19] RUČKA, Jan. *Projekt vodárenství* [cvičení]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2024 [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/pro-studenty/predmety/BPA005>
- [20] GRITEC s.r.o. *Vodojemy* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.gritec.com/cz/technicke-budovy/produkty/vodohospodarstvi/vodojemy/>
- [21] KUNC, Jaroslav. *HOBAS pro české vodárenství – inovace založená na zkušenostech ze světa* [online]. Vodovod.info – portál vodárenství, [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.vodovod.info/vodarenstvi/komerční-prezentace/236-hobas-pro-ceske-vodarenstvi-inovace-zalozena-na-zkusenostech-ze-sveta>

- [22] VIA AUREA s.r.o. *Věžový vodojem v Kohoutovicích* [online]. Brněnský architektonický manuál – průvodce brněnskou architekturou, [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.bam.brno.cz/objekt/d185-vezovy-vodojem-v-kohoutovicich>
- [23] DOLEJŠ, Václav. *Vodojem* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.vodojem.cz/>
- [24] 3GON Positioning s.r.o. *3gon Positioning* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://cz.3gon.eu>
- [25] HP TRONIC s r.o. *Mobilní telefon Apple iPhone 15 Pro Max 256GB Blue Titanium (MU7A3SX/A)* [online]. DATART, [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.datart.cz/mobilni-telefon-apple-iphone-15-pro-max-256gb-blue-titanium-mu7a3sx-a.html>
- [26] *Nový fotoaparát Canon EOS 5D Mark IV – Fotografovani.cz – Digitální fotografie v praxi* [online]. Digitální fotografie v praxi, [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.fotografovani.cz/novinky/novinky---fotoaparaty/novy-fotoapar-at-canon-eos-5d-mark-iv-173528cz>
- [27] ČSN 75 0873, *Zásobování požární vodou (2003)*
- [28] SCAN4BIM. *Vše, co jste kdy chtěli vědět o 3D laserovém skenování* [online]. EARCH.cz, 2024 [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.earch.cz/technologie/clanek/vse-co-jste-kdy-chteli-vedet-o-3d-laserovem-skenovani>
- [29] VALENTA, Pavel, BERAN, Michal a AIRBORNE TECHNOLOGIES. *Tecnam MMA – letecké snímkování a laserové mapování* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.f-air.cz/content/files/news/tecnam-mma-letecke-snimkovani-a-laserove/tecnam-mma-letecke-snimkovani-a-laserove-cs.pdf>
- [30] VÁGNER, Michal. *STRUCTURE FROM MOTION (SfM) / 3D FOTOGRAMMETRIE* [online]. Masarykova univerzita, 2016 [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/phil/podzim2016/AEA_73/um/Prezen_Vagner.pdf
- [31] DJI. *DJI Mavic 3 Enterprise Series* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://www.dji.com/mavic-3-enterprise>

- [32] DRONEWELL s.r.o. *Chcete vidět svět jinak?* [online]. [cit. 2025-05-27]. Dostupné z: <https://dronewell.cz/>
- [33] Projektová dokumentace pro provádění stavby rekonstrukce vodojemu vypracovaná firmou VH ateliér s.r.o. (2025)
- [34] Tabulkové hodnoty přítoku a odtoku poskytnuté provozovatelem vodojemu (2024)

14 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Areál vodojemů Ohrazenice, kde se nachází zemní vodojem vlevo s objemem 1000 m ³ a armaturní komorou, věžový vodojem vpravo s objemem 150 m ³ a armaturní komorou, která se nachází pod ním a uprostřed se nachází další zemní vodojem tentokrát o objemu 2 × 300 m ³ a armaturní komorou [6]	6
Obrázek 2 Podzemní armaturní komora věžového vodojemu Ohrazenice [6]	6
Obrázek 3 Sanace metodou obkladu HYDROCLICK vlevo a způsob montáže vpravo [7]	7
Obrázek 4 Těsnící poklop pro sestup do akumulční nádrže a vpravo vstupní dveře [8]	8
Obrázek 5 Vlevo schody pro sestup do vodojemu, vpravo žebřík pro sestup do vodojemu [9].....	8
Obrázek 6 Schéma přívodního potrubí do zemního vodojemu s odvodušněním potrubí, uzávěry pro každou nádrž a místo pro odběr vzorků [1]	9
Obrázek 7 Vlevo plovákový uzávěr, uprostřed v popředí uzávěr se servopohonem a v pozadí manuální uzávěr, vpravo odvodušovací ventil [11] [12]	10
Obrázek 8 Gravitační přívod vody do vodojemu a do spotřebiště [2]	10
Obrázek 9 Přítok vody čerpáním do vodojemu [2]	11
Obrázek 10 Schéma odběrného potrubí zemního vodojemu s uzávěry pro každou nádrž a společným uzávěrem [1]	12
Obrázek 11 Vlevo kruhová krycí mříž pro zabránění vstupu do potrubí, vlevo odtokové potrubí do vodního toku osazené žabí klapkou [13] [14]	13
Obrázek 12 Schéma výpustného a odtokového potrubí se samostatnými uzávěry [1]	13
Obrázek 13 Schéma obtokového potrubí se samostatným uzávěrem a přívodní potrubí s uzavřenými uzávěry [1]	14
Obrázek 14 Schéma přelivného potrubí, které odtéká do sdružené šachty [1]....	14
Obrázek 15 Schéma řezu potrubí zemního vodojemu [1]	15

Obrázek 16 Vlevo indukční průtokoměr Flow 45, uprostřed dávkovač dezinfekce Flow 38 Batch, vpravo laťový vodočet [15] [16]	15
Obrázek 17 Vlevo ukazatel hladiny vody LS 10, vpravo kontrolní panel vodojemu a zdroje vody [15] [17]	16
Obrázek 18 Vodojem před spotřebišťem s vyznačenou maximální vzdáleností hydrostatického tlaku a minimální vzdáleností od hydrodynamického tlaku [2].	18
Obrázek 19 Rozdělení spotřebiště na 2 tlaková pásma přerušovacím vodojemem [2]	19
Obrázek 20 Vodojem před i za spotřebišťem s využitím vyrovnávacího vodojemu za spotřebišťem [2]	20
Obrázek 21 Požární vodojem [18]	20
Obrázek 22 Umístění vodojemu za spotřebišťem [2]	22
Obrázek 23 Umístění vodojemu vně spotřebiště [2]	22
Obrázek 24 Velikostní řada prefabrikovaných vodojemů od firmy Betonbau [20]	24
Obrázek 25 Velikostní řada zemních vodojemů dle České technické normy [1] ..	24
Obrázek 26 Zemní vodojem Ohrazenice [6]	24
Obrázek 27 Trubní vodojem [21]	25
Obrázek 28 Vlevo kuželovitý vodojem Kohoutovice 700 m ³ , uprostřed kulovitý vodojem Ohrazenice 150 m ³ a vpravo čočkovitý vodojem [22] [6] [23].....	25
Obrázek 29 Vlevo statický skener Faro Focus Premium, vpravo výstup mračna bodů ze statického skeneru budovy bývalého filmového studia v Hostivaři [24] [28]	27
Obrázek 30 Vlevo ruční skener FARO Orbis a vpravo výstup mobilního skenování rodinného domu [24].....	28
Obrázek 31 Vlevo dron DJI Matrice 300 RTK s kamerou LiDAR DJI Zenmuse L1 a vpravo letoun Tecnam P20006T vybaven rakouským laserovým skenerem LMS-Q680i [24] [29]	28

Obrázek 32 Vlevo dron DJI Mavic 3 Multispectral, uprostřed fotoaparát Canon EOS 5D Mark IV a vpravo Mobilní telefon Apple iPhone 15 Pro Max [24] [25] [26]	29
Obrázek 33 Vlevo dvoukřídlové ocelové vstupní dveře do objektu, vpravo senzor pohybu a ovládání světel	31
Obrázek 34 Alarmní čidlo při otevření dveří	31
Obrázek 35 Vlevo pohled na armaturní komoru, vpravo odvětrání armaturní komory	32
Obrázek 36 Vlevo plíseň v rohu armaturní komory, vpravo rez na betonu	32
Obrázek 37 Vlevo přívodní potrubí DN 250, vpravo indukční průtokoměr DN 250	33
Obrázek 38 Sestava armatur za indukčním průtokoměrem na přívodním potrubí	33
Obrázek 39 Uzávěr se servopohonem DN 250 a montážní vložka DN 250, vpravo šikmé potrubí a ocelová plošina	34
Obrázek 40 Vlevo redukce 600/250 a rozdělení potrubí, vpravo dávkovač dezinfekce NaClO	35
Obrázek 41 Vlevo uzavírací armatura DN 600 se servopohonem a montážní vložkou DN 600 odkud je potrubí zaústěno do AN č. 1, vpravo uzavírací armatura DN 600 se servopohonem a montážní vložkou DN 600 odkud je potrubí zaústěno do AN č. 2	35
Obrázek 42 Vlevo potrubí z AN č. 1 s uzávěrem vybaveným servo pohonem DN 600 a montážní vložkou DN 600, vpravo potrubí z AN č. 2 s uzávěrem vybaveným servo pohonem DN 600 a montážní vložkou DN 600	36
Obrázek 43 Vlevo spojení potrubí na odtoku s DN 500 osazený uzávěrem se servopohonem DN 500, vpravo montážní vložka DN 500, redukce 500/400 a redukce 400/300.....	36
Obrázek 44 Obtokové potrubí	37

Obrázek 45 Šoupě DN 300 na hlavní větvi mezi obtokem, vpravo redukce 500/300, šoupě a vzdušník	37
Obrázek 46 Vlevo odběrné místo vzorku z odběrného potrubí, vpravo analyzátor kvality vody.....	38
Obrázek 47 Vlevo odpadní potrubí z AN č.1 s šoupětem DN 300 a napojené potrubí DN 100, vpravo odpadní potrubí z AN č.2 s šoupětem DN 300 a napojené potrubí DN 100	38
Obrázek 48 Vlevo potrubí DN 100 z odpadního potrubí AN č.2, vpravo napojení odpadního potrubí na vodočetnou lať	39
Obrázek 49 Vodočetná lať a žebřík pro přístup na mazací lávku	39
Obrázek 50 Vlevo potrubí bezpečnostního přelivu z AN č.2, vpravo protizápachová a protizáplavová zpětná klapka	40
Obrázek 51 Vlevo jednokřídlové dveře pro vstup do technické místnosti, vpravo prostor technické místnosti	41
Obrázek 52 Vlevo dvoukřídlové dveře rozvodny, vpravo prostor a vybavení rozvodny.....	41
Obrázek 53 Vlevo detailní snímek rozvodní skříně, vpravo degradace stěny a stropu	42
Obrázek 54 vlevo prostor mazací lávky, vpravo vzduchotechnika a degradace stěny	42
Obrázek 55 Vlevo prostup ventilační turbíny a obnažená výztuž, vpravo plech pro zachytávání kapek vody	43
Obrázek 56 Vlevo maximální nosnost jeřábu, vpravo pojezdová dráha jeřábu ...	43
Obrázek 57 Pojezdový jeřáb.....	44
Obrázek 58 Vstup do skladu	44
Obrázek 59 prostor mezi AN a umělé osvětlení, vpravo konec prostoru mezi AN	45
Obrázek 60 Vlevo, průchod potrubí bezpečnostního přelivu z AN č.1 do AN č.2 a odvzdušnění, vpravo fleky vody po průsaku	45

Obrázek 61 Vlevo okapový chodníček, vpravo čtyři sady oken a parapetů.....	46
Obrázek 62 Vlevo anténa, vpravo vystouplý plech a odvzdušnění z rozvodny.....	47
Obrázek 63 Vlevo okapový žlab vypouštěný do betonového žlabu, vpravo okapový žlab vypouštěný do kanalizace	47
Obrázek 64 Snímek z dronu, který zachycuje prostor střechy s ventilační turbínou, dalším odvzdušněním armaturní komory, hromosvodem a odvodňovací betonový žlab.....	48
Obrázek 65 Vlevo vstup do akumulční komory, vpravo odvzdušnění jednotlivých komor	49
Obrázek 66 Vlevo odvzdušnění AN č.1, vpravo odvzdušnění AN č.2	49
Obrázek 67 Vlevo graffiti zezadu akumulční komory, vpravo graffiti z pravé strany akumulční komory.....	50
Obrázek 68 Snímek z dronu zachycuje pohled na střechu akumulční komory ..	50
Obrázek 69 Vlevo příjezdová a vstupní branka do areálu, vpravo oplocení areálu	51
Obrázek 70 Snímek z dronu zachycuje pohled na areál vodojemu, kde se nachází armaturní komora vpředu, akumulční komora vzadu, nosné stěny a křoviny vedle armaturní komory a náletové křoviny a stromy nad pravou AN.....	52
Obrázek 71 Vlevo zanesený betonový žlab kolem plotu, vpravo náletové křoviny, vysoká tráva a rostliny na a kolem AN	52
Obrázek 72 Vlevo dron DJI Mavic 3 Enterprise s RTK modulem vpravo skenování armaturní komory	54
Obrázek 73 Doklad o složení zkoušky v kategorii A1/A3	54
Obrázek 74 Doklad o složení zkoušky v kategorii A2.....	55
Obrázek 75 Registrace provozovatele	56
Obrázek 76 Podaná žádost o nestandardní let na dané letišti.....	58
Obrázek 77 Informace o provozovateli dronu, lokalita a účel letu	59
Obrázek 78 Souřadnice mapové plochy, identifikace UAS.....	60

Obrázek 79 Hotový 3D model předmětného vodojemu	62
Obrázek 80 Graf přítoku a odtoku po dnech pro měsíc květen v roce 2024	63
Obrázek 81 Graf přítoku a odtoku po dnech pro měsíc srpen v roce 2024	64
Obrázek 82 Graf přítoku a odtoku po dnech pro měsíc listopad v roce 2024	64
Obrázek 83 Graf přítoku a odtoku po dnech pro měsíc únor v roce 2024.....	65
Obrázek 84 Roční odtok vody do spotřebiště po měsících v roce 2024	65

15 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Průměrný a maximální denní odtok pro každý měsíc za rok 202463

16 SEZNAM ZKRATEK

AN	Akumulační nádrž
l/s	Litry za sekundu
m ²	Metry čtverečný
m ³	Metry krychlové
m	Metr
mm	Milimetr
ÚCL	Úřad pro Civilní Letectví České republiky
UAS	Bezpilotní letecký systém
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
GPS	Global Positioning Systém
3D	Trojdimenzionální
DN	Diameter Nominal
TLT	Tvárná litina
RTK	Real-Time Kinematic
LiDAR	Light Detection and ranging

17 SEZNAM PŘÍLOH

Technologické schéma – stávající stav