

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního
hospodářství**



Bakalářská práce

Provoz, údržba a rekonstrukce vodojemu Bruska

Martin Franěk

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Franěk

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Provoz, údržba a rekonstrukce vodojemu Bruska

Název anglicky

Operation, maintenance and reconstruction of the reservoir Bruska

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce bude upozornit na význam a důležitost vody a vodních zdrojů pro lidstvo. Popis rozvodu vody od zdroje do vodojemu a dále potrubní vodovodní sítí ke spotřebiteli a to pro hlavní město Praha. Práce se bude též zabývat významem a vývojem vodárenství, zejména pak akumulčních komor a zadržování pitné vody v nich. V praktické části provozování vodojemů a postupy při rekonstrukci konkrétního vodojemu Bruska, který bude doplněn o fotografické podklady a výkresy. V analytické části bude zhodnocen technický stav systému distribuce vody v hlavním městě Praze. Rovněž bude vyzdvihnuta podstata vodního hospodářství. Závěrem práce dojde ke zhodnocení technického stavu a provozuschopnosti vodojemu.

Metodika

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Metodika
5. Popis vodojemu Bruska
6. Konkrétní případ sanace popisovaného vodojemu
7. Diskuze
8. Závěr
9. Použitá literatura
10. Přílohy

Doporučený rozsah práce

min. 40 stran textu

Klíčová slova

zdroje vody, vodojem, vodovodní síť,

Doporučené zdroje informací

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA ČSN 73 6650 Vodojemy

CHEJNOVSKÝ, P. (2011): Zdravotní vodohospodářské stavby: akumulace vody – vodojemy. Praha:

Informatorium, 2011. ISBN 978-80-7333-089-7

KROČKOVÁ, Š., 2009: Strategie dodávek pitné vody. 158 s.

KROČKOVÁ, Š., 2017.: Bezpečnost provozu technické infrastruktury. 122 s.

POLÁK, M., HAVLICE, M., ČÍŽEK, J., BRONCOVÁ, D.(2015): Po stopách pražského vodárenství. Praha: Milpo media s.r.o., 2015. ISBN 978-80-87040-35-5,

SMITH, D., ed.(1999): Water-supply and public health engineering. Aldershot: Ashgate, ©1999. xxxiii, 393 s. Studies in the history of civil engineering v. 5. ISBN 0-86078-754-0

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 19. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: “Hospodaření s dešťovými a šedými vodami“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 30. 3. 2021

Martin Franěk

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní Ing. Marcela Synáčkové, CSc. za cenné rady, věcné připomínky a odborné vedení při psaní této bakalářské práce.

Abstrakt

Voda je velmi důležitý zdroj, bez kterého by náš život na zemi nemohl existovat. Proto je velmi nezbytné efektivně hospodařit s vodou a zvláště pak s pitnou. Jednou z možností zabezpečení kvalitní pitné vody pro obyvatelstvo je obnova a zlepšování vodárenské infrastruktury, zejména pak vodojemů, jejichž prvořadným účelem je akumulace vody a vyrovnávání rozdílů mezi přítokem z vodního zdroje a odběry spotřebitelů. Cílem je modernizace vodárenské infrastruktury s efektem šetnějšího a lépe zabezpečeného provozu s předcházením vzniku poruch a havárií.

V současné době se výrazně investuje do pražské vodárenské infrastruktury. Modernizace a využívání nových technologií výrazně mění fungování a organizaci vodárenského provozu. Zdroje pitné vody pro hlavní město jsou základem pražského vodního hospodářství.

Bakalářská práce se zabývá vývojem vodárenství, zdroji pitné vody a přehledem funkcí vodojemů a rozdělení podle účelu a umístění vůči spotřebišti. Následně je popsána konstrukce, tvarové provedení a vybavení vodojemu a je vysvětlen jeho princip.

V další části se práce zabývá provozem čerpací stanice Bruska v objektu na Praze 6. Zásadní změna je v ovládnání a kontrole stanice z centrálního dispečinku. Soustředěností veškerých provozních referencí a tím i lepší kontrolou nad provozem. Podrobně jsou popsány technické údaje nového technického zařízení (např. čerpadla). Popis provozu ČS a VDJ zahrnuje i další úkoly a povinnosti obsluhy. Jedná se o pravidelné kontroly, revize, údržbu tlakových nádob, zdvihacích zařízení, elektroinstalace a hromosvodů atd.

V praktické části je popsán postup při rekonstrukci vodojemu Bruska a principy nového elektronického vyzbrojení armaturní komory. Je zde i doplnění osobního řešení pro úsporu vody, stále protékající pro odběr vzorků.

Stavební práce na vodojemu jsou v některých případech improvizací a ne vždy se povede dodržet přesný pracovní postup dle technické dokumentace. Je třeba profesionálně a citlivě přistupovat ke specifickým pracovním činnostem a to zvláště u tak starého vodojemu jako je vodojem v objektu Bruska. Uskutečněná rekonstrukce vodojemu je poukázáním na náročnost a realizaci celého projektu.

Klíčová slova: vodojem, čerpací stanice, akumulační komora, armaturní komora, provoz, sanace

Abstract

Water is a very important resource without which our life on earth could not exist. Therefore, it is very necessary to effectively manage water and especially drinking water. One of the possibilities of ensuring quality drinking water for the population is the renewal and improvement of water supply infrastructure, pronouns of reservoirs, whose primary purpose is the accumulation of water and balancing the differences between inflow from the water source and consumer consumption. The aim is to modernize the water infrastructure with the effect of more gentle and better secured operation with the prevention of failures and accidents.

Currently, significant investments are being made in Prague's water infrastructure. Modernization and use of new technologies significantly change the functioning and organization of water supply operations. Sources of drinking water for the capital are the basis of Prague's water management.

The bachelor's thesis deals with the development of water supply, sources of drinking water and an overview of the functions of reservoirs and the division according to the purpose and location in relation to the consumer. Subsequently, the construction, shape and equipment of the reservoir are described and its principle is explained.

The next part deals with the operation of the Bruska gas station in the building in Prague 6. A fundamental change is in the control and monitoring of the station from the central control room. Concentration of all operational references and thus better control over the operation. The technical data of the new technical equipment (eg pumps) are described in detail. The description of the operation of the CS and VDJ also includes other tasks and duties of the operator. These are regular inspections, revisions, maintenance of pressure vessels, lifting equipment, electrical installations and lightning conductors, etc.

The practical part describes the procedure for the reconstruction of the Bruska reservoir and the principles of the new electronic equipment of the valve chamber. There is also the addition of a personal solution to save water still flowing for sampling.

In some cases, construction work on the reservoir is an improvisation and it is not always possible to follow the exact work procedure according to the technical documentation. It is necessary to approach a professional and sensitive approach to specific work activities, especially for such an old reservoir as the reservoir in the Bruska building. The reconstruction of the reservoir is a reference to the complexity and implementation of the entire project.

Keywords: reservoir, pumping station, accumulation chamber, armature chamber, operation, remediation

Obsah

1 Úvod.....	11
2 Cíle práce	12
3 Zásobování hlavního města pitnou vodou	13
3.1 Vývoj vodárenství a zdroje pitné vody pro Prahu.....	13
3.2 Zdroj pitné vody Káranská vodárna	14
3.3 Zdroj pitné vody Podolská vodárna	15
3.4 Zdroj pitné vody vodárna Želivka.....	16
4 ČS a VDJ Bruska	18
4.1 Popis ČS a VDJ Bruska.....	18
4.2 Technické údaje	19
4.2.1 Vodojemy.....	19
4.2.2 Čerpací stanice	19
4.3 Popis jednotlivých částí.....	20
4.3.1 Hlavní přítok do VDJ - 3 úroveň	20
4.3.2 Akumulační komory vodojemu	20
4.3.3 Vstupy do komor	20
4.3.4 Potrubí akumulčních komor.....	20
4.3.5 Armaturní komora.....	20
4.3.6 Čerpací stanice	21
4.3.7 Čerpání – vodojem Vyhlídky.....	21
4.3.8 Čerpání – vodojem Andělky	21
4.3.9 Řídící a informační systém	21
4.3.10 Systém napájení	21
4.3.11 Zabezpečení objektu	22
5 Provoz a údržba ČS a VDJ.....	23
5.1 Všeobecně o řízení a provozu vodojemu	23
5.2 Ovládání	23
5.3 Ovládání čerpadel.....	23
5.4 Podmínky uvedení čerpací stanice do provozu	23
5.5 Předpoklad uvedení čerpací stanice do provozu	24
5.6 Po najetí čerpadel	24
5.7 Společná ustanovení pro provoz a údržbu strojního zařízení.....	24
5.8 Údržba	24
5.9 Revize.....	25
5.10 Revize zařízení	25

5.11	Druhy revizí	25
6	Mimořádné stavy.....	26
6.1	Výpadky napětí	26
6.2	Porucha a havárie	26
6.3	Provozní deník	26
7	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci (BOZP)	27
7.1	Zaměstnanci	27
7.2	Ochranné a pracovní pomůcky.....	27
8	Rekonstrukce čerpací stanice.....	28
9	Vodojemy	30
9.1	Rozdělení podle funkce.....	30
9.2	Rozdělení podle účelu	30
9.3	Podle umístění vůči spotřebišti	32
9.3.1	Podle umístění vůči spotřebišti	32
9.3.2	Vodojem před spotřebištem (čelní).....	32
9.3.3	Vodojem ve spotřebišti	32
9.3.4	Vodojem za spotřebištem.....	33
9.3.5	Vodojem před a za spotřebištem (čelní a koncový).....	33
9.4	Podle konstrukce, tvaru a umístění akumulční nádrže	34
9.4.1	Zemní vodojemy	34
9.4.2	Železo betonové konstrukce válcového tvaru.....	35
9.4.3	Železo betonové konstrukce pravoúhlé (krabicové).....	35
9.4.4	Trubní vodojemy.....	36
9.4.5	Nadzemní vodojemy	36
9.4.6	Vodojemy z nezasypanou akumulční nádrží na povrchu terénu.....	36
9.4.7	Věžové vodojemy	36
10	Metodika	38
11	Rekonstrukce vodojemu Bruska.....	39
11.1	Popis rekonstrukce a umístění VDJ	39
11.2	Geodetický a korosivní průzkum	40
11.3	Bourací a přípravné práce	41
11.4	Konstrukční a materiálové řešení.....	42
11.4.1	Stěny a dno.....	42
11.5	Výroba sloupů	45
11.6	Betonáž stropu.....	45
11.7	Pokládka izolace.....	46
11.8	Zanášení nádrží	47

12 Rekonstrukce armaturní komory	48
12.1 Popis	48
12.2 Modernizace armatur	49
12.3 Modernizace trubního systému v AK	50
12.4 Měření výšky hladiny	52
12.5 Měření průtoku dodané vody	53
12.6 Bezpečnost-lávky a můstky	53
12.7 Odběrná místa	54
12.8 Odběrná míst – řešení	55
12.9 Elektromagnetické ventily-řešení, princip	55
12.10 Technický dozor stavebníka	56
13 Diskuse	57
14 Závěr	59
15 Seznam použitých zdrojů	61
16 Seznam obrázků	66
17 Seznam tabulek	67
18 Přílohy	68
19 Seznam použitých zkratek	69

1 Úvod

Prvořadým předmětem vodního hospodářství je zabezpečit zásobování obyvatelstva, zemědělství a průmyslu vodou, a to v potřebném množství a kvalitě. Vodárenství zahrnuje i odvětví jímání, úpravu, akumulaci, dopravu a rozvod vody. V současné době musíme klást větší důraz na hospodaření zejména s pitnou vodou, které v budoucnu bude velký nedostatek a lidstvo bude mít velké problémy, aby pitná a nezávadná voda byla pro každého samozřejmostí.

Vznik a rozšiřování hlavního města Prahy zaznamenal i nutnost napojení nových pražských lokalit na kvalitnější centrální zdroje. Vznikaly nové vodojemy a čerpací stanice, které se staly nezbytnou součástí pro transport vody v členitém terénu nových pražských čtvrtí. (Jásek a kol. 2000)

Vodojemy jsou zásobníky, které slouží k akumulaci pitné nebo užitkové vody. Dnes je funkce vodojemů a celého vodovodního systému ještě důležitější. Na vodovodní přípojku je v současnosti napojena každá domácnost, průmyslové nebo zemědělské podniky. Po celém světě existují tisíce podzemních a nadzemních vodojemů, některé již nesplňují podmínky provozuschopnosti nebo nevyhovují současným kapacitním požadavkům dané lokality. Dnešní moderní vodojemy se navrhují nejen pro akumulaci vody, ale objevuje se snaha použití i k jiným účelům i s ohledem na vztah k místním přírodním poměrům. (Cakl 2019)

V současné době dochází k intenzivnějšímu investování do pražského vodárenského systému rozvodu vody. Realizují se celkové obnovy čerpacích stanic i vodojemů. Tyto práce stavebníků na vodárenských objektech jsou oproti jiným znevýhodněny v náročnější organizaci práce, protože důležitým úkolem je zajištění provozu a nepřerušování dodávky vody ke spotřebitelům. Musí se vždy zajistit provizorní řešení po dobu prací na dotčené části rozvodu vody.

Vodohospodářský systém v Praze provozují na základě podnájemního vztahu z většinové části Pražské vodovody a kanalizace a.s. a z části Pražská vodohospodářská společnost a.s. (dále jen PVS). Údržbu a opravy včetně havarijních stavů provádějí nejen kmenoví zaměstnanci, ale najímány jsou také dodavatelské firmy. Částečný provoz, rekonstrukci a obnovu stávajících sítí, tedy investiční činnost, zajišťuje PVS prostřednictvím smluvních partnerů. V Praze je necelých 9000 kilometrů vodohospodářských sítí včetně přípojek. Průměrné stáří je cca 40 let. Reprodukční pořizovací hodnota spravovaného majetku je cca 100 miliard korun. (PVS)

2 Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je na základě odborných zdrojů upozornit na význam a vývoj zejména pražského vodárenství a vodních zdrojů pro hlavní město Praha. Rovněž je vyzdvihnuta podstata vodního hospodářství. Práce se též zabývá jednotlivými částmi a řídicím systémem čerpací stanice Bruska na Praze 6 po zdařilé rekonstrukci a modernizaci. Dalším z cílů je popsat typy vodojemů, rozdělení podle účelu a místa kde se vůči spotřebišti nachází. Poukázat na konstrukční a materiálové možnosti při stavbě vodojemu a postupy zhotovitelů při rekonstrukci vodojemu a popis provozu. Jedním z cílů je i zhodnocení technického stavu a provozuschopnosti a bezpečnosti vodojemu.

3 Zásobování hlavního města pitnou vodou

3.1 Vývoj vodárenství a zdroje pitné vody pro Prahu

Technická díla, která přiváděla potřebnou vodu do pražské aglomerace, můžeme již sledovat od 12 století. Jednalo se o díla spádová, gravitační bez čerpací techniky. Byla otevřena kamenná nebo dřevěná koryta. Jeden z prvních vodovodů je vodovod Vyšehrad nebo vodovod pro Strahovský a Zbraslavský Klášter. Čtvrtým nejstarším pražským vodovodem je Hradní nebo též Břevnovský, který zásoboval Pražský hrad z místních studní a pramenů. (Polák a kol. 2015)

Pro rozvoj středověkých měst měla voda a její dostatek rozhodující význam. Studny a jímky zachycující povrchovou či dešťovou vodu přestaly zvyšujícím se nárokům na množství a kvalitu vody postačovat a proto se začalo s budováním veřejných vodovodů, které zajišťovali přívod vody do výše položených míst. K budování pražských vodáren se přikročilo v 15. století. Na pravém břehu Vltavy vznikají vodárny Staroměstská, Šítkovská, Novomlýnská a na levém břehu malostranská vodárna Petržilkovská (viz obrázek 3.1 a 3.2). Vodárny nedodávaly vodu pitnou, ale užitkovou, kterou odebíraly z Vltavy. Dodávka pitné vody veřejným vodovodem byla vzácnou výjimkou. Pro pohon vodárenských čerpadel se používala vodní síla z nadržené vltavské vody pomocí jezů. (Polák a kol. 2015)

Obrázek 3.1 – Věž novomlýnské vodárny u Švermova mostu (r. 1972) a Věž Petržilkovské vodárny na Malé straně (r. 1972)



Zdroj: Buchtík 1972

Obrázek 3.2 – Věž Štítkovské vodárny u Mánesa (r. 1972) Věž Staroměstské vodárny u Novotného Lávky (r. 1972)



Zdroj: Buchtík 1972

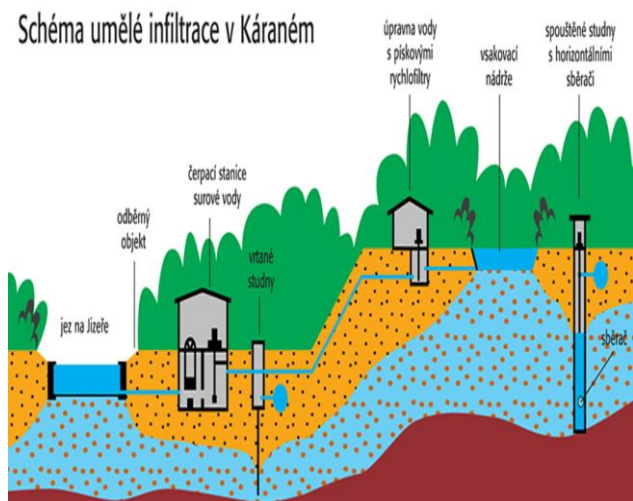
V roce 1854 byla uvedena do provozu první parostrojní vodárna na Žofíně. V dalších letech pak vodárna Karlínská, vodárna Hradčany a svoji vodárnu i s vodárenskou věží či vodojemem si vybudovaly také Královské Vinohrady, Vršovice, Bubeneč a další obce kolem Prahy. (Polák a kol. 2015)

3.2 Zdroj pitné vody Káranská vodárna

V roce 1921 byla hlavním zdrojem pro Prahu Káranská vodárna, a doplňkovým zdrojem v Braníku, Vršovická vodárna. Když Praha v roce 1922 dostala, další přípojná území bylo zřejmé, že zdroj vody v Káraném nebude stačit, přesto, že se již od roku 1919 chystalo zvětšení kapacity vrtáním nových studní a zbudováním nových jímacích křídel pro jímání říční vody z Jizery. Kapacita dodávané vody pro Prahu byla až do roku 1928 postupně rozšiřována, ale to bylo pro intenzivně se rozšiřující Prahu málo. Velká rekonstrukce přišla v roce 1932, kdy byla provedena změna čerpání vody do Prahy. Čtyři pístová parní čerpadla byla nahrazena dvěma odstředivými čerpadly dodané firmou ČKD. Další významnou stavbou je umělá infiltrace, která probíhala v letech 1965 až 1968. Přípravné práce začínají v padesátých letech minulého století, kdy bylo zaměřeno území pro umělou infiltraci (obrázek 3.3). Sondáže zjistily mocnost vrstvy propustných písků, hloubku nepropustného podloží a hladinu podzemní vody. Na Jizeře postavili jez, aby se umožnilo jímání říční vody i za minimálních průtoků. Z Jizery se odebírá voda a upravuje se na otevřených pískových rychlofiltrech a putuje dále k umělé infiltraci. Přefiltrovaná voda se přečerpává do vsakovacích nádrží a z nich podzemím do jímacích studní což trvá přibližně 30 dní. Z jímacích studní teče voda násoskami do sběrných studní a odtud přečerpáváním do dvou gravitačních svodných řadů, které zaústí do sacích jímek hlavní

čerpací stanice. Účinek umělé infiltrace je patrný z porovnání rozborů vody v Jizeře a vody odebrané po umělé infiltraci. (Jásek a kol. 2000)

Obrázek 3.3 - Schéma umělé infiltrace

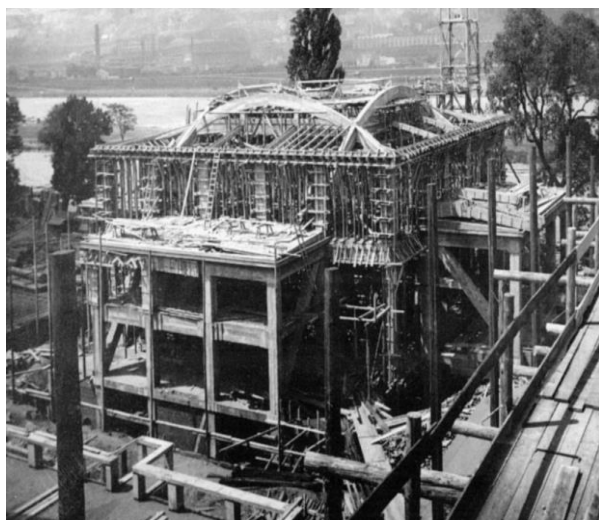


Zdroj: ZVP Káraný

3.3 Zdroj pitné vody Podolská vodárna

Vznik a rozšiřování hlavního města Prahy zaznamenal i nutnost napojení nových pražských lokalit na kvalitnější centrální zdroje a postupné odstavování méně kvalitních lokálních zdrojů. Postupně vnikaly nové vodojemy a čerpací stanice, které se staly nezbytnou součástí pro transport vody v členitém terénu nových pražských čtvrtí. Výstavba Podolské vodárny je uvedena na obrázku 3.4. (Jásek a kol. 2000)

Obrázek 3.4 - Výstavba Podolské vodárny

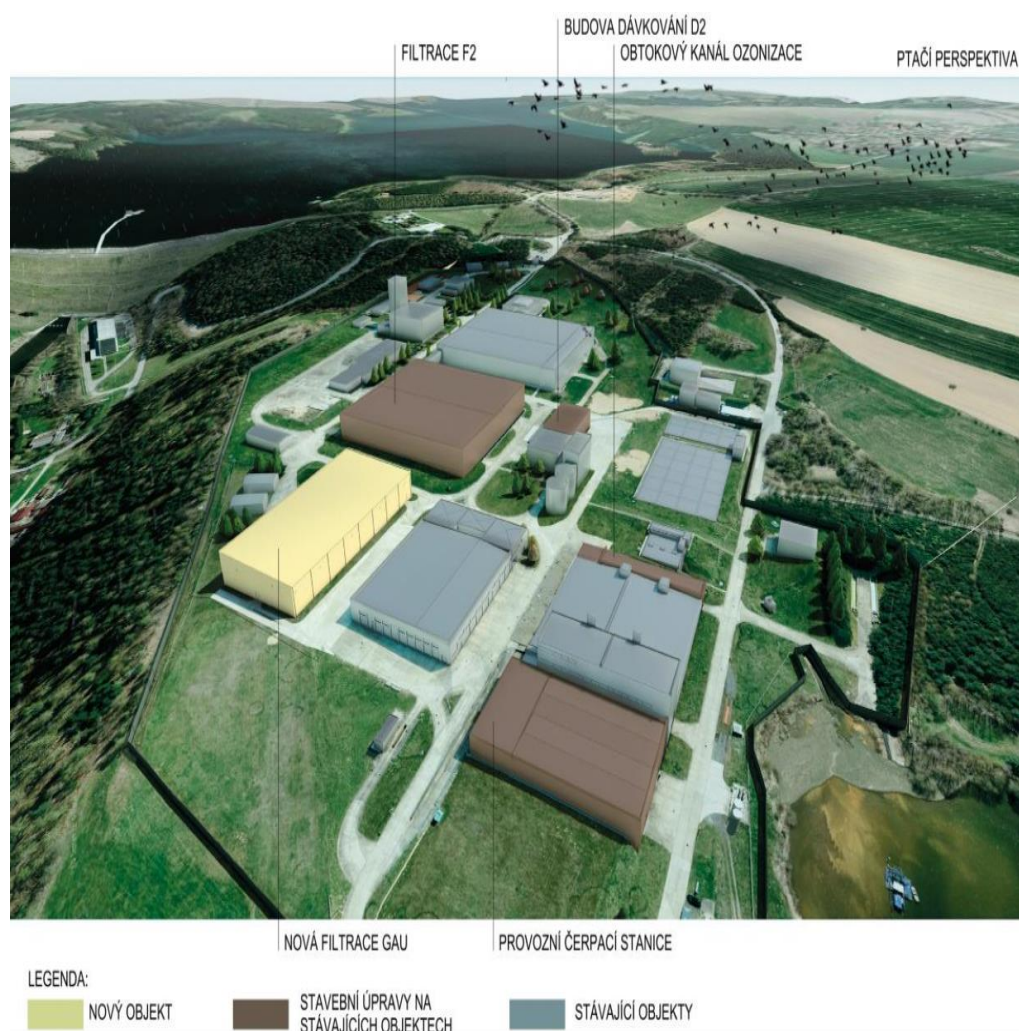


Zdroj: Buchtík 1972

3.4 Zdroj pitné vody vodárna Želivka

V roce 1972 byla uvedena do provozu vodárna Želivka, která je v současné době největší a nejmodernější zásobárnou pitné vody pro Prahu. Je však i největší vodárnou v České republice a řadí se i k největším v Evropě. Voda ze Želivky do Prahy je dopravována štolovým přivaděčem, jehož celková délka je 51 km s konečnou kapacitou 6000 l/s. Přivedením vody ze Želivky se změnil způsob dopravování ke spotřebitelům. Celkový pohled na úpravnu vody Želivka je uveden na obrázku 3.5. Z velkokapacitních rezervoárů v Jesenicích byla Praha „obklíčena“ přivaděcími řadami velkých profilů a voda se dostává do města z okrajů na rozdíl od způsobu dopravy minulé, kdy se voda přivedla do středu a odtud byla zásobována předměstí. Její výkon dosahoval 3000 l/s. V roce 1987 byl rozšířen o dalších 1000 l/s. Základní technologií je přímá filtrace. Z odběrných věží povrchová voda z nádrže odtéká na úpravnu, která je umístěna pod hrází. (Jásek a kol. 2000)

Obrázek 3.5 - Celkový pohled na úpravnu vody Želivka



Zdroj: Cieslar 2020

Hlavní město Praha má v současné době kapacitu i kvalitu pitné vody, která v jiných zemích světa chybí. Jsou země např. Izrael, kde mají výrazné problémy s nedostatkem pitné vody.

Kvůli omezeným sladkovodním zdrojům, změně klimatu a populačnímu růstu představuje nedostatek vody v Izraeli stále větší problém. Proto jsou intenzivně diskutovány cenové systémy, které vedou k efektivnějšímu přidělování vody. (Luckmann 2016)

Podle profesora environmentálních věd na Hebrejské univerzitě v Jeruzalémě Avnera Adina byl předpoklad, že většina izraelské populace do roku 2020 bude pít odsolenou vodu představující 60 %, která se vyrábí odstraněním soli z mořské vody. (O'Driscoll 2012)

Nedostatek vody má za následek, že se ve světě setkáme s nákupem a prodejem vody jako tržní komoditou. Programy obchodování s právy na vodu byly vyvinuty v zemích, jako jsou USA, Chile a Austrálie. Zastánci obchodování s vodou tvrdí, že tyto praktiky stabilizují ceny, podporují ochranu a pomáhají obcím platit náklady na vodní infrastrukturu a úpravu vody. Kritici zpochybňují etické důsledky komodifikace vody a tvrdí, že tyto režimy by vedly k vyšším cenám, z nichž by měly prospěch nejbohatší vlády a korporace. (Debika 2011)

Ve světě dochází i ke zmenšování nádrží s pitnou vodou, např. v Maroku, Indii, Iráku a Španělsku. Hladiny nádrží mohou klesat z mnoha důvodů, včetně sucha, špatného hospodaření s vodou. Tento nedostatek vody může způsobit nestabilitu celé společnosti - od rostoucích cen potravin přes nezaměstnanost až po politickou nejistotu. Na světě existuje více než půl milionu vodních nádrží o rozloze alespoň jednoho hektaru. Jistě existuje mnohem více rezervoárů, které se postupně zmenšují, bez vědomí lidí, kteří se na ně spoléhají. Je zřejmé, že je zapotřebí globální monitorovací systém rezervoárů v reálném čase. Světové farmy, elektrárny, ekonomiky a lidé jsou závislí na stabilním zásobování vodou. (Charles 2018)

4 ČS a VDJ Bruska

4.1 Popis ČS a VDJ Bruska

Čerpací stanice Bruska je dnes nejvýznamnější distribuční uzel pro rozvod vody v Praze 6 a jejím okolí. Voda v této čerpací stanici je směsí vody pocházející z 80 procent z vodního zdroje v Káraném a zhruba z 20 procent vody z vodárenské nádrže Želivka. Čerpací stanice Bruska přečerpává vodu na vodojemy Andělky a Vyhlídky. Z vodojemů Vyhlídky a Hradní (zásobován z Vyhlídek) jsou gravitačně (samospádem) zásobovány oblasti Veleslavína, Červeného vrchu, oblast Pražského Hradu a přes vodojem Petřín Malá Strana a další oblasti. Z vodojemu Andělky je zásobena větší oblast Dejvic a část Bubenče. Oblast Sedlce a Holešovic je zásobena gravitačně přímo z vodojemu Bruska. Čerpací stanicí proteče denně 27 000 metrů krychlových vody. Vodojem Brusky má objem 25 800 kubíků. (Buchčík 1972)

Vodojem je gravitačně zásobován vodou z vodojemu Flora, případně je voda přečerpávána z úpravny v Podolí. Pokud je úpravna vody v Podolí mimo provoz, je přes Podolí dopravována část vody z Flóry na Brusku gravitačně, pro zajištění stálého průtoku vody v řadu. Areál čerpací stanice se skládá ze samotné budovy čerpací stanice a vodojemu Bruska. V letech 1919-1921 firmou Ing. Hollmanna ji nechala postavit Kancelář vodárenská hlavního města Prahy. Dvou komorový vodojem začal plně pracovat až v roce 1925, kdy byla dokončena čerpací stanice. Vodojem měl obdélníkový tvar 47 x 33 m, každá komora o objemu necelých 5900 m³. Vertikální konstrukci tvořily pětimetrové dovnitř vyklenuté stěny. Tyto vnitřní stěny tvořilo 54 pilířů a dna měly cementovou omítku a trojitý vodě odolný nátěr. Každý vodojem osvětlovaly čtyři přes metr široké a 3,70 dlouhé světlíky. Vstup k vodojemům byl přes vstupní domek, který byl od komor oddělen železobetonovými schody. (Polák a kol. 2015)

Čištění vodojemu bylo vyřešeno přívodem tlakové vody potrubím o průměru 500 mm. Oba vodojemy mohly samostatně zásobovat pitnou káranskou vodou čerpací stanici i samospádem určitou část města a to rozváděcím potrubím o průměrech 400 a 500 mm. Budově čerpací stanice objemově dominuje hala s obloukovou střechou a částečně příznanou nosnou konstrukcí železobetonových žeber. V prostoru haly byla umístěna čtyři čerpadla, pro manipulaci, sloužil mostový příhradový jeřáb. Hala je prosvětlena velkým střešními světlíky pásových oken. Pod halou i vstupní částí je podzemní podlaží, kde se nacházely místnosti uhelny, kotelny, prádelny, sladů a sociálního zařízení pro personál. Suterén a nadzemní podlaží haly jsou propojeny podélným montážním otvorem, který je zakryt trámovou dřevěnou konstrukcí. Předsazená vstupní jednopodlažní a dvoupodlažní část s výtvarně ztvárněnými komíny slouží též jako prostory pro personál. Celý objekt je proveden v přísně symetrickém uspořádání a je stupňovitě hierarchizován. (Polák a kol. 2015)

Objekt čerpací stanice Bruska slouží pro přečerpávání vody ze dvou stávajících vodojemů v areálu ČS Bruska do vodojemů Vyhlídky a Andělky. Výškový rozdíl, který je potřeba při čerpání překonat je u vodojemu Andělky 44 m a vodojemu Vyhlídky 88 m. S rostoucími nároky na větší odběry vody a vytvoření si dostatečné rezervy při výlukách a nečekaných haváriích byl v roce 1976 přistavěn druhý dvoukomorový vodojem o objemu 7000 m³/komora. Ministerstvo kultury jej v roce 2011 prohlásilo za kulturní památku. (Polák a kol. 2015)

4.2 Technické údaje

4.2.1 Vodojemy

Vodojem I. (starý vodojem)

Objem komor	2 x 5 487 m ³
Kóta dna akumulární komory	235,78 m. n.m
Havarijní přepad VDJ	239,58 m.n.m.

Vodojem II. (nový vodojem)

Objem komor	2 x 7 020 m ³
Kóta dna akumulárních komor	236,00 m.n.m.
Havarijní přepad VDJ	241,30 m.n.m.

Celkový objem všech vodojemů	25 014 m ³
------------------------------	-----------------------

(Provozní řády a havarijní plány pro vodojemy PVK 2014)

4.2.2 Čerpací stanice

Čerpání do VDJ Vyhlídky- čerpadla 1 a 2

Výkon	250 l/s
Dopravní výška	94 m v. sl.

Čerpání do VDJ Andělka – čerpadla 3 a 4

Výkon čerpadel	230l/s
Dopravní výška	50,5 m v. sl.

(Provozní řády PVK 2014)

4.3 Popis jednotlivých částí

4.3.1 Hlavní přítok do VDJ - 3 úroveň

Hlavní přítok do VDJ Bruska je gravitačním řadem z vodojemu Flóra DN 700. Přívodní potrubí vede přes čerpací stanici, kde jsou na něm osazeny uzavírací, regulační a měřící armatury. Dále potrubí pokračuje do armaturních komor vodojemů, kde se přes uzavírací armatury rozděluje do jednotlivých akumulčních komor vodojemů. Propoj DN 600 mezi hlavním přítokem a společným sacím potrubím čerpadel umístěný ve strojovně čerpací stanice nesmí být využíván k napájení čerpadel vodou přímo z přítoku Flóry, ale může být využit pouze k nouzovému zásobování gravitačních řadů při eventuální odstávce vodojemů. (Směrnice pracovních postupů PVK č. 22/2014)

4.3.2 Akumulační komory vodojemu

Akumulační komory vodojemu slouží k akumulaci vody pro ČS gravitačně zásobená pásma. V areálu jsou dva částečně zapuštěné dvoukomorové vodojemy s nadzemní částí obsypanou zeminou. Celkový využitelný objem všech komor vodojemů 25 014 m³. K obsluze komor slouží manipulační komory, umístěné vždy mezi oběma komorami příslušného vodojemu tak, že s nimi tvoří jeden funkční celek. (Směrnice pracovních postupů PVK č.22/2014)

4.3.3 Vstupy do komor

Vstup do akumulčních komor vodojemu I. je přes manipulační komoru a dále po otevření klasických dveří jsou schody. U vodojemu II. jsou vstupy méně komfortní umístěné ve stropě jednotlivých komor jako poklopy s žebříky. (Směrnice pracovních postupů PVK 22/2014)

4.3.4 Potrubí akumulčních komor

Z manipulačních komor jsou do akumulčních komor zaústěna potrubí pro přívod a odběr vody, havarijní přepadová potrubí, potrubí pro vypouštění komor a vývody pro odběry vzorků. (Směrnice pracovních postupů PVK 22/2014)

4.3.5 Armaturní komora

Ke každému dvoukomorovému vodojemu přísluší samostatná armaturní komora. V komorách jsou umístěny armatury, kterými se řídí plnění a prázdnění akumulčních komor vodojemů. Armaturní komory též umožňují vypouštění komor a potrubních celků do kanalizace. Pro sledování výšky hladiny jsou zde na vývodech z akumulčních komor umístěny tzv. BD senzory, které fungují na principu měření statického tlaku vody a umožňují dálkový přenos na centrální dispečink. Jsou zde i stavoznaková skla pro vizuální odečet. (Směrnice pracovních postupů PVK 22/2014)

4.3.6 Čerpací stanice

Přízemní objekt se suterénem. V přízemí se nachází hlavní hala (bývalá strojovna), dozorna, provozní místnosti a sociální zařízení, rozvodna NN a VN. Část podlahy hlavní haly je dřevěná a odnímatelná. Po odrytí této části podlahy lze vzniklým otvorem pomocí jeřábu manipulovat s těžkými břemeny v suterénu a vyzvedávat je na úroveň přízemí k opravě nebo transportu. V suterénu je umístěna vlastní čerpací stanice včetně všech potrubních rozvodů, armatur a tlakových nádob. (Směrnice pracovních postupů PVK 23/2014)

4.3.7 Čerpání – vodojem Vyhlídky

Čerpání do vodojemu Vyhlídky tvoří dvě horizontální čerpadla M1 a M2, jejíž sání je přes uzavírací klapky. Výtlačná potrubí DN 500 osazená zpětné klapkami a uzavírací klapkami s elektropohonem jsou spojena do společného výtlaku. Na společném výtlaku potrubí je uzavírací klapka s indukčním průtokoměrem. Společný řad je paralelně spojen s obtokem s regulačním ventilem k regulaci při přepouštění vody z vodojemu Vyhlídky. Ze společného výtlačného potrubí dále odbočují dvě výtlačná potrubí DN 600 opatřená uzavíracími klapkami. Z těchto řadů jsou zde odbočky k tlakovým nádobám, které tlumí tlakové rázy. (Směrnice pracovních postupů PVK 23/2014)

4.3.8 Čerpání – vodojem Andělky

Čerpání do vodojemu Andělky tvoří dvě horizontální čerpadla M3 a M4, jejíž sání je přes uzavírací klapky. Výtlačná potrubí DN 400 osazená zpětnými klapkami a uzavíracími klapkami s elektropohonem jsou spojena do společného výtlaku DN 500, na kterém je instalována měřící trať s indukčním průtokoměrem. Společný řad je paralelně spojen s obtokem s regulačním ventilem k regulaci při přepouštění vody z vodojemu Vyhlídky. Ze společného výtlačného potrubí dále odbočují dvě výtlačná potrubí DN 600 opatřená uzavíracími klapkami. Z těchto řadů jsou zde odbočky k tlakovým nádobám, které tlumí tlakové rázy. (Směrnice pracovních postupů PVK 23/2014)

4.3.9 Řídící a informační systém

Provoz čerpací stanice je plně automatizován s dálkovým řízením z centrálního dispečinku PVK na Flóře. Lokální funkce jsou zajišťovány přes místní procesní stanici komunikačně spojenou prostřednictvím radiomodemu s počítačovým systémem centrálního dispečinku. Napájení procesního serveru je zálohováno UPS baterií s výdrží cca 20 min. (Směrnice pracovních postupů PVK 23/2014)

4.3.10 Systém napájení

Napájení čerpací stanice je z distribuční sítě PRE 22 kV. Napětí 22 kV je transformováno pomocí dvou transformátorů 1 250 kV, 22/0,4 Kv a přivedeno do hlavního rozvaděče NN. (Směrnice pracovních postupů PVK 23/2014)

4.3.11 Zabezpečení objektu

Celý areál je zabezpečen pletivovým oplocením s elektronickým zabezpečovacím systémem. Jednotlivé objekty jsou osazeny zabezpečovací elektronickou signalizací neoprávněného vstupu. Poplachový signál spouští místní sirénu a je přenášen na centrální dispečink Flóra. (Směrnice pracovních postupů PVK 23/2014)

Při vstupu do chráněných objektů je nutné deaktivovat zabezpečovací systém pomocí čipové karty. (Směrnice pracovních postupů PVK 23/2014)

5 Provoz a údržba ČS a VDJ

5.1 Všeobecně o řízení a provozu vodojemu

Provoz je plně automatický bezobslužný s možností ovládání z centrálního dispečinku Flóra. Nároky na údržbu čerpadel a ostatního zařízení jsou dány příslušnými návody k obsluze a údržbě výrobců jednotlivých zařízení. Pro zajištění pohotovostního stavu čerpací stanice je nutné v pravidelných intervalech jednotlivá zařízení uvést do provozu a prověřit jejich funkčnost. U armatur je to 1x za rok, u čerpadel je to z důvodu rovnoměrnosti opotřebení, zajištěno pravidelné střídání automaticky dle počtu nastavených moto hodin. Údržba a provoz jednotlivých armatur a zařízení na vodovodních řadech, uvnitř areálu čerpací stanice, je třeba provádět podle montážních a obslužných pokynů výrobce. (Směrnice pracovních postupů pro vodojemy PVK 23/2014)

5.2 Ovládání

Provoz stanice je sledován a ovládán dálkově z centrálního dispečinku Flóra. Místně lze jednotlivé pohony ovládat z tzv. deblokačních skříněk, které jsou umístěny u jednotlivých zařízení. (Směrnice pracovních postupů pro vodojemy PVK 23/2014)

5.3 Ovládání čerpadel

Ručně - každé čerpadlo lze navolit přepínačem na polohy RUČ.- 0 – AUT. V poloze ručně jsou zachovány základní blokovací podmínky chodu (např. min. hladina ve vodojemu, otevření klapky, el. ochrany apod.) Při ručním spouštění musí být klapky na výtlaku nastaveny - na otevřeno. Čerpadla jsou spouštěna přes plynulý rozběh „softstartér“. (Směrnice pracovních postupů pro vodojemy PVK 23/2014)

Automaticky – čerpadla jsou ovládána procesní stanicí podle zadaných algoritmů nebo povelů z centrálního dispečinku Flóra. (Směrnice pracovních postupů pro vodojemy PVK 23/2014)

5.4 Podmínky uvedení čerpací stanice do provozu

Do provozu, jakož i jen do stavu pod napětím lze uvést jen ta elektrická zařízení, která vyhovují požadavkům platných předpisů a norem a byla podrobena před uvedením do provozu výchozí revizi, o níž se vyhotoví zpráva. Elektrická zařízení musí být před uvedením do provozu opatřena všemi předepsanými a potřebnými bezpečnostními tabulkami, pokyny pro obsluhu zařízení a pracovními a ochrannými pomůckami v rozsahu stanoveném dílčími zařizovacími a pracovními předpisy. Na viditelném místě musí být vyvěšeny pokyny pro poskytnutí první pomoci při úrazech elektrickým proudem a pokyny pro hlášení elektrické zařízení při požáru. (Směrnice pracovních postupů pro vodojemy PVK 23/2014)

5.5 Předpoklad uvedení čerpací stanice do provozu

Ve vodojemu je dostatečná zásoba vody, z vodojemu je zajištěn nátok vody na čerpadla. Otevřené armatury přívodu vody na sání jednotlivých čerpadel, otevřené armatury měření tlaku a otevřené armatury od vzdušňovacích ventilů. Otevřená armatura na společném výtlaku čerpadel. Čerpací stanice přepnuta do automatického provozu, ovládání čerpadel a armatur přepnout na "dálkově". Na centrální dispečinku navolit požadované čerpadlo a dát příkaz ke spuštění. (Směrnice pracovních postupů pro vodojemy PVK 23/2014)

5.6 Po najetí čerpadel

Zkontrolovat bezchybný chod čerpadel a potvrdit bezchybný provoz na centrální dispečink. (Směrnice pracovních postupů pro vodojemy PVK 23/2014)

5.7 Společná ustanovení pro provoz a údržbu strojního zařízení

Obsluha ČS a VDJ provádí kontrolu:

Stav areálu a budov	neporušenosti oplocení pochůzkou /1x týdně/ stavu komunikací /průběžně/ stavu stavebních konstrukcí /1x ročně/
Zabezpečovacího systému	prvků MZS /průběžně/ prvků EZS /dle plánu kontrol zabezpečení/
Stavu technologického zařízení /v termínech dle plánu PÚ/	těsnosti převodek armatur těsnosti ucpávek trvalé průtočnosti vzorkovacích míst
Provozních parametrů /průběžně/	hladin v akumulacích komorách tlaku na přítoku průtoků na přítoku a odtoku důsledně dbá na předepsaný stav otevření armatur

(Směrnice pro čerpací stanice PVK 23/2014)

5.8 Údržba

Spočívá v pravidelné výměně součástí podléhajících opotřebením, doplňování a výměně maziv a těsnění k zajištění hospodárneho a bezporuchového provozu. (Směrnice pro čerpací stanice PVK 23/2014)

5.9 Revize

Spočívá v kontrole části nebo celého zařízení za účelem zjištění technického stavu. Revize je prováděna ve lhůtách určených výrobcem zařízení nebo dle příslušné normy. (Směrnice pro čerpací stanice PVK 23/2014)

5.10 Revize zařízení

Provádí se revize:

- strojního zařízení,
 - zdvihacího zařízení,
 - pojezdové dráhy zdvihacího zařízení,
 - tlakové nádoby,
 - elektroinstalace,
 - hromosvodů,
 - elektronický zabezpečovací systém
- (Směrnice pro čerpací stanice PVK 23/2014)

5.11 Druhy revizí

Revize se dělí na:

- výchozí revize,
 - pravidelná revize,
 - mimořádná revize,
 - revize po odstranění závad.
- (Směrnice pro čerpací stanice PVK 23/2014)

6 Mimořádné stavy

6.1 Výpadky napětí

Výpadek napětí neovlivňuje napájení vodojemu ani gravitačních pásem. Pokud je v průběhu havárie nutné manipulovat s elektricky ovládanými armaturami, lze použít nouzové ruční ovládání. (Provozní řády PVK 2014)

6.2 Porucha a havárie

Porucha – lokální závada na některé z částí vodovodního distribučního systému, která z technického a zdravotní hlediska výrazným způsobem neohrožuje zásobované obyvatelstvo a jejíž odstraněním není podmíněna celková funkčnost systému. (Provozní řády PVK 2014)

Havárie – mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, která vznikla nebo její vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s provozováním vodního distribučního systému a jejíž odstraněním je podmíněna celková funkčnost systému, a nebo vede k bezprostřednímu nebo následnému závažnému poškození nebo ohrožení života a zdraví zásobovaných obyvatel, hospodářských zvířat, životního prostředí nebo ke škodě na majetku. (Provozní řády PVK 2014)

6.3 Provozní deník

Provozní deník je určen k záznamům o provozu, kontrolách a údržbě, poruchách a opravách zařízení. (Provozní řády PVK 2014)

Do provozního deníku zaměstnanci odpovědní za provoz zaznamenávají následující údaje:

- Datum,
- prováděná činnost,
- zjištěné skutečnosti,
- prováděná opatření.

Každý záznam musí být stvrzen podpisem.

Veškeré sledované a přenášené provozní parametry jsou trvale ukládány v paměťové databázi na CD Flóra. (Provozní řády PVK 2014)

7 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci (BOZP)

7.1 Zaměstnanci

Každý zaměstnanec je povinen dodržovat bezpečnostní a hygienické předpisy, plnit příkazy a pokyny nadřízeného, vydané v zájmu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Účastnit se školení a instruktáží BOZP A PO (požární ochrany), zajišťovaných zaměstnavatelem. Před nástupem do práce a během ní nesmí zaměstnanec konzumovat alkoholické nápoje nebo drogy snižující jeho pracovní schopnost a pozornost. (Provozní řády PVK 2014)

Každý zaměstnanec je povinen seznámit se s všeobecnými pravidly a provozním řádem čerpací stanice a vodojemu. Znat rizika vyplývající z provozu čerpací stanice a vodojemu. Zaměstnanci musí být dále seznámeni a poučeni s předpisy a vyhláškami, ochrany před úrazem, ochrany před úrazem elektrickým proudem, ochrany před jedovatými a výbušnými plyny, ochrana před onemocněním a infekcemi. (Provozní řády PVK 2014)

7.2 Ochranné a pracovní pomůcky

Provozovatel objektu poskytuje pracovníkovi podle jeho zařazení a pracovní náplně osobní a ochranné pomůcky. Poskytování těchto pomůcek se řídí vlastní vnitropodnikovou směrnicí. (Hydroproprojekt CZ 2010)

8 Rekonstrukce čerpací stanice

Jak bylo již zmíněno čerpací stanice Bruska, byla uvedena do provozu ve dvacátých letech dvacátého století. Od té doby proběhlo několik rekonstrukcí a rozšíření čerpací stanice vč. vodojemů. Poslední rekonstrukce proběhla v roce 1967, respektive 1976. V současné době je tedy většina technologického zařízení morálně i fyzicky zastaralá a opotřebovaná a proto v roce 2011 začala rekonstrukce hlavní budovy a čerpací stanice Bruska s trafostanicí necitlivě přistavené ve druhé polovině 20. století. Ta byla v rámci rekonstrukce demolována. (Jásek a kolektiv 2000)

Provoz čerpadel bez plynulého rozběhu je velmi necitlivý k výtlačným řadům, kde mohou vznikat tlakové výkyvy nebo otřesy, které se projevují poruchami potrubí nebo jeho netěsností. Tyto poruchy mohou být zvláště nebezpečné u dlouhých přivaděčů velkých průměrů a při výškových rozdílech, zejména křížují-li se potrubí s dálkovými komunikacemi (železnicemi, silnicemi) nebo vedou-li územím, kde by vytekla voda mohla způsobit věcné škody nebo ohrozit hospodářský život. (Roth 1956)

Provozní podmínky byly zlepšeny výměnou stávajících trubních vedení včetně armatur a především osazením nové sestavy čerpadel, která lépe odpovídá současným potřebám vody a umožňuje rovnoměrnější dopravu vody do vodojemů Vyhlídky a Andělky v průběhu dne, jelikož se přemístěním čerpadel z přízemí budovy do suterénu podstatně zlepšila hluková situace. Stávající čerpadla s elektromotory 6 kV byla nahrazena čtyřmi novými čerpadly s elektromotory 400 V s plynulým rozběhem tzv. soft startérem. Ve vodovodním výtlačném řadu, tak nedochází ke zpětným rázům při zapínání a vypínání čerpadel. Nové tlakové nádoby o objemech 4 m³ a 6 m³, které jsou napojeny na výtlačné řady, nemusí plně zachycovat zpětné rázy při běžném provozu, ale jsou zde spíše jako prevence při náhlém výpadku elektrické energie. (Jásek a kolektiv 2000)

Tlakové nádoby, které mohou výrazně chránit vodovodní systém před poškozením vodními rázy. Aby se zlepšil výkon tlakové nádoby, navrhuje se sítko, které kompenzuje odpor spojovacího potrubí. Ukazuje se, že kompenzační sítko může do značné míry ovlivnit kladný i záporný tlak vodního rázu. Pokud je na základě navrhovaného přístupu zvolen vhodný filtr, přechodový ráz a distribuce extrémního tlaku se sníží. Do jisté míry je jednoduché a pohodlné vylepšit tlakovou nádobu použitím dalšího kompenzačního sítko v potrubním systému pro ochranu před vodním rázem. (Wenrui and group, 2013)

Náhlé zastavení čerpadla je obvykle spojeno s poklesy tlaku a následným rázem, když se pohybující se sloupec vody pohybuje zpět k čerpadlu. Celerita typické vlny může dosáhnout 400 - 1 200 m / s, což je příliš rychlé na to, aby reagoval standardní pojistný ventil. Během běžného provozu systému zůstává regulační ventil BERMAD v režimu offline, který předvídá hydraulický náraz, uzavřený. Když však cítí pokles tlaku v potrubí, okamžitě se otevře, aby rozptýlil vlnu zpětného tlaku a eliminoval ráz. Činí tak uvolněním nadměrného tlaku v potrubí. (Bermad 2020)

Standardní provozní podmínky byly doplněny o možnost dopravy vody a zásobení v havarijních situacích a při nestandardních podmínkách, které spočívají v možnosti gravitačního převedení vody z vodojemu Vyhlídky do vodojemu Andělky a z vodojemu Vyhlídky do vodojemů Bruska. To umožní větší variabilitu v systému dopravy vody pražského vodovodu. (Jásek a kolektiv 2000)

Trafostanice 22/6 kV a 22/0,4 kV s kobkovou rozvodnou 22 kv je zrušena a nahrazena novou transformační stanicí 22/0,4 kV včetně skříňové rozvodny 22 kV, která je již umístěna v hale budovy. (Jásek a kolektiv 2000)

Byl komplexně vyřešen automatický provoz čerpací stanice s dálkovým ovládním z centrálního dispečinku Flora. Dále byla provedena rekonstrukce střešního a obvodového pláště budovy, sanováno suterénní zdivo, doplněna vzduchotechnika suterénních prostor a vytápění v rekonstruované části objektu, vybudována nová dešťová kanalizace po obvodu budovy čerpací stanice. (Jásek a kolektiv 2000)

Oprava a přestavba historické budovy a vodojemu vyšla na zhruba 100 milionů korun. Investorem je hlavní město Praha prostřednictvím Pražské vodohospodářské společnosti (Jásek a kolektiv 2000).

9 Vodojemy

Vodojemy plní několik úkolů, svým užitným akumulacním prostorem umožňují vyrovnat nerovnosti přítoků vody ze zdroje a odběrů vody do spotřebiště. Vytvářejí zásobu vody pro případné poruchy na přivaděči. Tvoří rezervu pro požární účely při vhodném výškovém umístění. Hladina vody ve vodojemu v průběhu dne kolísá mezi krajními polohami. Při nejnižší hladině musí zůstat dostatečná vrstva vody nad vtokovým košem odběrného potrubí, aby nemohlo dojít k zavzdušnění. Výškové umístění vodojemu má zabezpečit hydrostatický i hydrodynamický tlak vody ve spotřebišti v požadovaném intervalu. (Hasík 2002)

Platná norma ČSN 75 5355, která nahradila normu ČSN 73 6650 z roku 1985, platí pro navrhování a provoz vodojemů (zemních i věžových), které jsou součástí vodovodů pro veřejnou potřebu. (ČSN 75 5355)

Podle normy ČSN 73 6650 z roku 1985 se určuje objem vodojemu na hodnotu 60 % až 100 % denního maxima potřeby vody Q_{max} . Norma však byla zrušena a 1. 3. 2011 nahrazena normou ČSN 75 5355. (ČSN 73 6650)

9.1 Rozdělení podle funkce

Vodojemy jsou nádrže různého tvaru, konstrukce a umístění, které slouží k akumulaci vody nezbytné pro zajištění několika funkcí.

- vyrovnávací funkci, která spočívá ve vyrovnávání rozdílů mezi rovnoměrným přítokem ze zdroje nebo úpravny vody a nerovnoměrným odběrem spotřebiště, včetně vykrývání odběrových špiček,
- tlakovou funkci, která spočívá v zajištění potřebného hydrodynamického a hydrostatického tlaku ve spotřebišti,
- rezervní funkci, která spočívá ve vytvoření nezbytné rezervy pro případy přerušení dodávky vody a nečekaných havárií,
- protipožární zabezpečení spotřebiště (Chejnovský 2011)

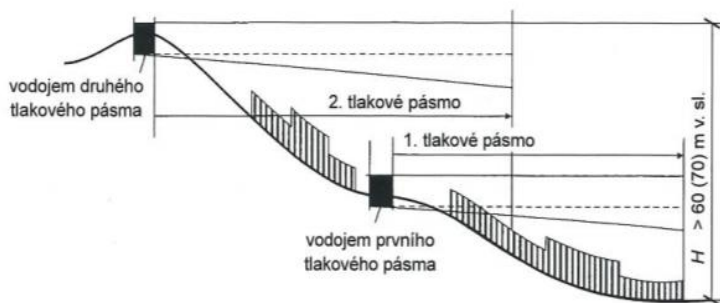
9.2 Rozdělení podle účelu

Zásobní vodojem, zásobuje určité tlakové pásmo. Je to průtočný vodojem, který se plní tehdy, jestli je přítok ve vodojemu vyšší než odběr a vyprazdňuje se tehdy, jeli tomu naopak- vyrovnává pak nedostatek svoji zásobou,

Hlavní vodojem, je nadřazeným vodojemem jehož výškové umístění se navrhuje tak, aby vodojem tlakově ovládal všechny podřízené zásobní vodojemy,

Přerušovací vodojem, využití je vhodné na území s velkým výškovým rozdílem, kde by při použití pouze jednoho zásobního vodojemu byla překročena mezní hodnota maximálního hydrostatického tlaku $H_{max} = 60(70)$ výškových metrů (0,6, resp. 0,7 Mpa). Osazením přerušovacího vodojemu se přeruší hydrostatický tlak zásobního vodojemu a spotřebiště se rozdělí na dvě tlakové pásma, jak je patrné na obrázku 9.1. (Chejnovský 2011)

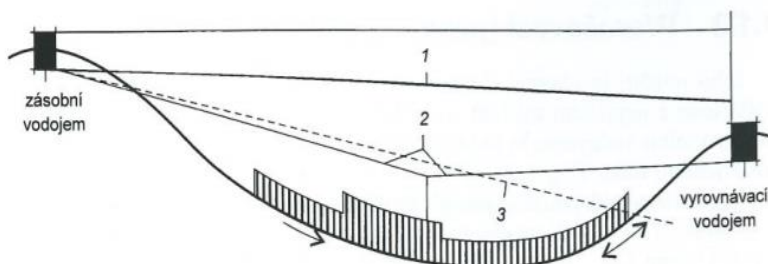
Obrázek 9.1 - Umístění přerušovacího VDJ



Zdroj: Chejnovský 2011

Vyrovnávací vodojem, používá se ve spotřebištích s nepříznivou konfigurací terénu a velkou odlehlostí okrajů zástavby, kde by pouze jeden vodojem nezajistil potřebný minimální hydrodynamický přetlak. Použití druhého, výškově vhodně zvoleného vyrovnávacího vodojemu bude zajištěna funkce dostatečného tlakového ovládnání. Vodojem zásobní je vodojemem před spotřebištěm a vodojem vyrovnávací je koncovým vodojemem za spotřebištěm. V době nulových nebo minimálních odběrů se minimální vodojem plní ze zásobního vodojemu v době zvýšených odběrů vodojemy spolupracují a voda ve vodovodním řadu mezi spotřebištěm a vyrovnávacím vodojemem proudí oběma směry, viz obrázek 9.2. (Chejnovský 2011)

Obrázek 9.2 - Umístění vyrovnávací VDJ



Zdroj: Chejnovský 2011

Požární vodojem, je jednoúčelový vodojem s výhradní funkcí protipožární ochrany a zabezpečení určitého spotřebiště vycházející z požadavků ČSN 730873 Požární bezpečnost staveb.

Provozní vodojem, tyto vodojemy se budují v objektech vodárenských provozů, zejména úpraven vod a slouží jako zásobárna pitné vody pro účely hygieny, chemických rozborů a údržby.

Vodojemy prací vody, jsou nezbytnou součástí objektů úpraven vody a slouží jako zásobárna vody pro praní filtrů v procesu úpravy vody. (Chejnovský 2011)

9.3 Podle umístění vůči spotřebišti

Při umístění vodojemu je třeba správně vyhodnotit výškový poměr vodního zdroje a spotřebišť, velikost a situační rozložení spotřebišť, konfiguraci okolního území, polohu hlavních odběratelů ve spotřebišti. Musíme zohlednit i investiční náklady při zbudování, takže poloha vodojemu od zdroje a od spotřebišť bude hrát významnou roli na výši nákladů při délkách vodovodních řadů, které bude potřeba k propojení zdroje a spotřebišť. Je zde i požadavek vhodného a nenáročného příjezdu. Dále vyhodnocení možností napojení na zdroj elektrické energie. (Chejnovský 2011)

9.3.1 Podle umístění vůči spotřebišti

Při umístění vodojemu je třeba správně vyhodnotit výškový poměr vodního zdroje a spotřebišť, velikost a situační rozložení spotřebišť, konfiguraci okolního území, polohu hlavních odběratelů ve spotřebišti. Musíme zohlednit i investiční náklady při zbudování, takže poloha vodojemu od zdroje a od spotřebišť bude hrát významnou roli na výši nákladů při délkách vodovodních řadů, které bude potřeba k propojení zdroje a spotřebišť. Je zde i požadavek vhodného a nenáročného příjezdu. Dále vyhodnocení možností napojení na zdroj elektrické energie. (Chejnovský 2011)

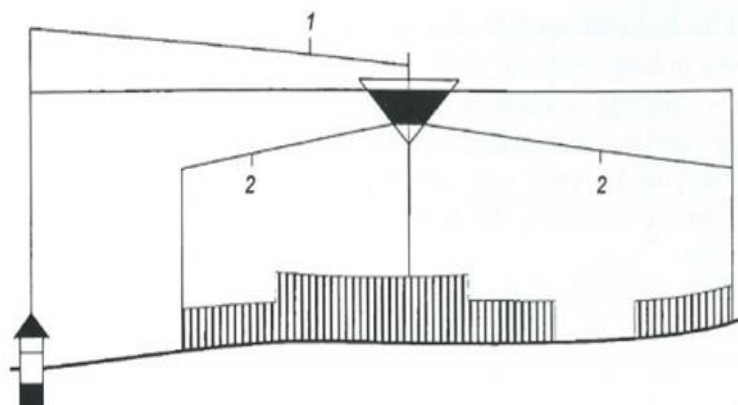
9.3.2 Vodojem před spotřebišťem (čelní)

Je příkladem klasického průtočného zásobního vodojemu s gravitačním nebo výtlačným výstupem. Výhodou těchto vodojemů je jednoznačně známý průtokový a tlakový poměr. Nevýhodami lze označit nižší zabezpečení spotřebišť (přítok z jedné strany) a vyšší provozní náklady při nutnosti přečerpání. (Chejnovský 2011)

9.3.3 Vodojem ve spotřebišti

V rovinném území je nejvýhodnější variantou věžový vodojem v těžišti spotřebišť. Voda do vodojemu může být přiváděna buď samostatným výtlačným potrubím, nebo napojena přes rozvodnou síť. První variantou je navržení samostatného výtlačného řadu a samostatného zásobovacího řadu. Druhá varianta je navržení jednoho společného řadu, který je napojen do rozvodné sítě, viz obrázek 9.3. (Chejnovský 2011)

Obrázek 9.3 - Umístění vodojem ve spotřebišti

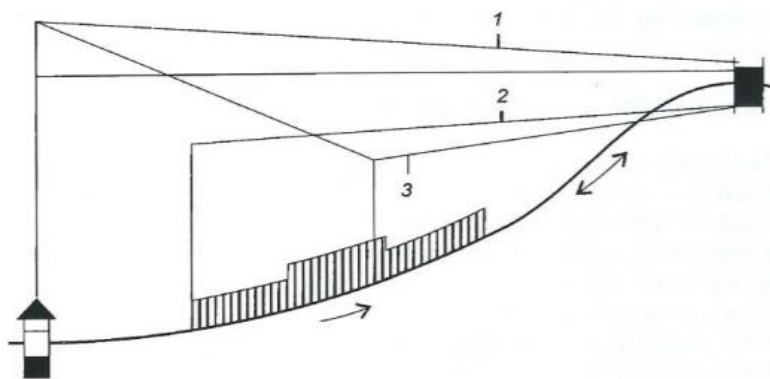


Zdroj: Chejnovský 2011

9.3.4 Vodojem za spotřebišťem

Použití tohoto vodojemu je preferováno v případech, kdy koncová část spotřebišťe leží výrazně výše a kdy klasický vodojem před spotřebišťem by nezajistil minimální hydrodynamický přetlak v této části spotřebišťe. Vodojem plní současně funkci zásobovacího řadu a ve vlastním spotřebišťi funkci hlavního rozvodného řadu, na který je napojena distribuční síť, viz obrázek 9.4. (Chejnovský 2011)

Obrázek 9.4 - Umístění za spotřebišťem



Zdroj: Chejnovský 2011

9.3.5 Vodojem před a za spotřebišťem (čelní a koncový)

Tento případ je použitím dvou vodojemů, klasického zásobního před spotřebišťem a vodojemu vyrovnávacího za spotřebišťem. (Chejnovský 2011)

9.4 Podle konstrukce, tvaru a umístění akumulční nádrže

9.4.1 Zemní vodojemy

Jde o vodojemy, kde dno je umístěno pod úrovní stávajícího nebo upraveného terénu. Akumulační nádrž je opatřena obsypem zeminy, která plní funkci izolační a ochranou před mechanickým poškozením. Jsou navrhovány přednostně před ostatními typy vodojemů a to buď s jednou, dvěma nebo více akumulčními komorami což má za výhodu, že akumulční komoru lze odstavit kvůli čištění opravám a to bez vlivu na zásobování spotřebiště. Odstavenou komoru nahradí jiná akumulční komora. Objemy zemních vodojemů, viz obrázek 9.5, se doporučuje přednostně navrhovat dle velikostních řad v tabulce 9.1. (Chejnovský 2011)

Tabulka 9.1 – Velikostní řady objemů VDJ

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

Zdroj: Chejnovský 2011

Obrázek 9.5 – Zemní vodojem s dvěma armaturními komorami

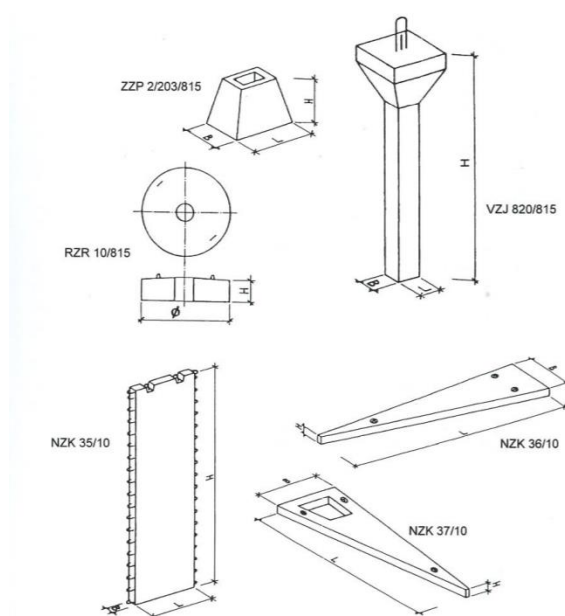


Zdroj: Chejnovský 2011

9.4.2 Železo betonové konstrukce válcového tvaru

Tyto konstrukce mají akumulční nádrž ve tvaru válce a jsou vyráběny dvěma technologiemi a to jako monolitické nebo prefabrikované. Výhody válcových nádrží jsou příznivé statické parametry a řešení, která umožňují navrhovat menší tloušťku stěn. Nevýhodou jsou větší prostorové nároky. U monolitických nádrží náročnější a pracnější bednění a výztuž stěn. Prefabrikované válcové nádrže mají však výhodu v rychlé montáži, vyloučení mokřých procesů u převážné části úspora bednění, výrazné snížení podílu lidské práce, rozměrová přesnost prefabrikátů a kvalita betonu viz obrázek 9.6. Nevýhodou je zajištění dokonalé vodotěsnosti ve styčných spárách mezi jednotlivými stěnovými panely a vodorovné spáry mezi stěnou a dnem. (Chejnovský 2011)

Obrázek 9.6 – Typy prefabrikátů



Zdroj: Chejnovský 2011

9.4.3 Železo betonové konstrukce pravoúhlé (krabicové)

Tyto vodojemy mají akumulční nádrž ve tvaru kvádrů a oproti válcovým nádržím jsou skladnější, protože lépe dokážou využít stavební pozemek. V monolitickém provedení mají menší pracnost při zhotovení bednění a výztuži stěn. Dokáží pojmout objemy velkých kubatur oproti válcovým vodojemům. Nevýhodou jsou jejich statické parametry vyžadující větší tloušťku stěn. Obdobně jako u válcové nádrže se prefabrikují i nádrže pravoúhlé. Prefabrikují se pouze stěna a strop. Dno tvoří železobetonová monolitická deska. (Chejnovský 2011)

9.4.4 Trubní vodojemy

U trubních vodojemů je vlastní akumulční nádrž tvořena z jedné nebo více železobetonových hrdlových trub DN 1500 horizontálně uložených na betonové pražce a sedla s vodotěsně uzavřenými čely. Společně se přidruží i manipulační komora o průměru 1500 mm sestavená ze studňových skruží. V současné době se též uplatňuje i varianta využívající trub ze sklolaminátového materiálu. (Chejnovský 2011)

9.4.5 Nadzemní vodojemy

Společným znakem těchto vodojemů, že mají dno akumulční nádrže nad úrovní rostlého nebo upraveného terénu. K jejich využití se přistupuje až tehdy, kdy Výškové nebo ostatní podmínky neumožňují navrhnout klasický zemní vodojem. (Chejnovský 2011)

9.4.6 Vodojemy z nezasypanou akumulční nádrží na povrchu terénu

Tyto vodojemy mají akumulční nádrž osazenu na povrchu terénu a neopatřují se zemním násypem. Přidružená manipulační komora má armaturní část v podzemním podlaží a vstupní část nad úrovní země, viz obrázek 9.7. Konstrukčně jsou řešeny obdobně jako zemní vodojemy, tj. válcové a krabicové. (Chejnovský 2011)

Obrázek 9.7 - Vodojem z nezasypanou akumulční nádrží na povrchu terénu



Zdroj: Chejnovský 2011

9.4.7 Věžové vodojemy

Akumulční nádrž je umístěna nad terénem a osazena na nosné konstrukci. Poměrně časté uplatnění nacházejí tyto vodojemy v průmyslových zemědělských provozech, viz obrázek 9.8. (Chejnovský 2011)

Obrázek 9.8 - Věžové vodojemy historie a současnost



Zdroj: Chejnovský 2011

10 Metodika

Teoretická část literární rešerše vychází z odborné literatury, legislativy a dostupných internetových zdrojů, ze kterých bylo možné získat informace o vývoji pražského vodárenství, zdrojů pitné vody a vodárenských postupů.

Při řešení analytické části bylo využito podkladů, především pak projektové dokumentace zhotovitele rekonstrukce společnosti Hydroprojekt, dále směrnice, pracovních postupů a provozního řádu a dostupnou fotodokumentací včetně schémat zapůjčených společností Pražské vodovody a kanalizace, a.s.

Bakalářská práce je z větší části zastoupena zdroji, které jsou přímo zapůjčené z této vodárenské stanice a proto je popis konkrétní a vychází z reálného provozu ČS Bruska.

11 Rekonstrukce vodojemu Bruska

Vodárenský objekt ČS a VDJ Bruska prošel v letech 2011 až 2014 kompletní rekonstrukcí. Práce na objektu byly rozděleny do 4. etap z důvodu požadavku na nepřerušovaný provoz. V rámci první části došlo k částečné rekonstrukci příváděcího řadu DN 900 a DN 700 z Flory. Druhá část zahrnuje kompletní modernizaci čerpací stanice Bruska, která je památkově chráněná a postavena ve 20. letech 20. století v tradicionalistickém stylu. Návrh stavebního řešení, tak musel být citlivý a veškeré klempířské a zednické práce musí respektovat původní členění.

Třetí část se týkala výměny technologie AK pro třetí a čtvrtou akumulční komoru (tzv. nový VDJ). Čtvrtá a poslední etapa se týká rekonstrukce AK a akumulčních komor jedna a dva.(tzv. starý VDJ). V příloze 1 schéma technologie a v příloze 2 vizualizace povelů pro centrální řízení ČS a VDJ Bruska. Obrázek 11.1 ukazuje objekt AK starého VDJ po rekonstrukci.

Obrázek 11.1 - Pohled na VDJ po rekonstrukci



Zdroj: SMP 2013

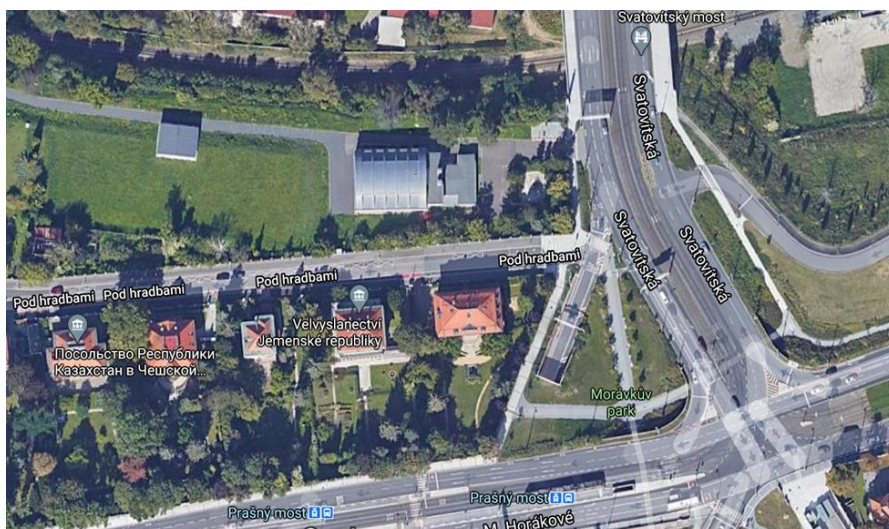
11.1 Popis rekonstrukce a umístění VDJ

V roce 2013 byla zahájena kompletní rekonstrukce zemního dvoukomorového vodojemu Bruska, viz obrázek 11.1. Rekonstruovány byly dvě akumulční komory o objemu 5900 m³ s přílehlou armaturní komorou. Rekonstrukce se týkala i kompletní výměny stávající technologie. Stavba byla závěrečnou, 4. etapou rekonstrukce čerpací stanice Bruska.

Areál je situován na Praze 6 u bývalého Prašného mostu, nyní u jednoho z vjezdů do tunelového komplexu Blanka a těsného sousedství s železniční tratí Praha - Kladno. Toto byl také jeden ze zásadních důvodů rekonstrukce vlastního vodojemu. Obě komory vodojemu byly po dlouhou dobu vlivem projíždějících těžkých souprav nákladních vlaků

vozcích uhlí na železnici poškozeny. Podloží, které je mírně zvodnělé a ve spádu směrem k trati, způsobovalo svými pohyby pod základovými spárami porušení a následnou netěsnost tenkostěnných, jinak technicky unikátních železobetonových kleneb stěn vodojemu. Dochází zde i ke ztrátám vody vsakem dna. Umístění objektu je znázorněno na obrázku 11.2. (SMP 2013)

Obrázek 11.2 - Umístění objektu na mapě



Zdroj: www.google.cz/maps

Rekonstrukce napojení na areálové vodovodní řady probíhala za jejich dočasných odstávek a až po zjištění jejich skutečného stavu. Jejich poslední rekonstrukce proběhla v sedmdesátých letech 20. století a vzhledem k tomu, že byly umístěny před armaturní komorou pod jedinou areálovou komunikací a několik historických fotografií, bylo jen slabým podkladem pro přípravu rekonstrukce. O způsobu napojení se rozhodovalo, až po jejich kompletním odkrytí výkopem. Na závěr byly zrekonstruované komory vodojemu opět zasypány a dokončeny terénní a sadové úpravy. (SMP 2013)

11.2 Geodetický a korosivní průzkum

Geodetické podloží čerpací stanice a vodojemu je tvořeno cca 45 m mocnými kvarterními pokryvy, které se skládají z antropogenních navážek o mocnosti 2 - 4 m, diluviálních sedimentů charakteru písčitého s úlomky opuky, vrstvami sprašových hlín s očekávanou mocností 20 m, diluviálními písčitými jíly, písčitými šterky, které jsou uloženy na skalním podloží. Z provedeného průzkumu vyplynul poměrně jednoznačný požadavek na provedení stabilizace podloží vodojemu speciální injektáží, která je vhodná pro spraše. V rámci geofyzikálního průzkumu byl také proveden průzkum agresivity půdy, z něj jednoznačně vyplývá, že v celém areálu je IV. stupeň korosivní agresivity, tj. velmi vysoká agresivita. Z hlediska velikosti hustoty elektrických proudů v půdě se pohybujeme v rozmezí $63-388 \mu\text{Axm}^2 \cdot 3$. V průzkumu je doporučena maximální ochrana (izolace) jak pro stavební konstrukce, tak pro nová potrubí. (Hydroprojekt CZ 2010)

11.3 Bourací a přípravné práce

Vrstva ochranné krycí zeminy je postupně sejmuta a dopravena na skládku-deponii. Do deponie je odvážena zemina, kterou na stavbě nelze upotřebit, buď z důvodu nevhodných vlastností nebo jejího přebytku. Někdy je deponována vytěžená hornina pouze přechodně, aby byla později opětovně využita. Rozvoz je jednou z nejdůležitějších složek zemních prací, neboť představuje odvoz vytěžené horniny i v případě jejího rozvozu pro práce násypové. Vzdálenost na kterou se zemina rozváží, nazýváme rozvoznou vzdáleností. Měří se v metrech od těžiště výkopu do těžiště násypu do něhož se výkopek ukládá. (Lízal 2003)

Obrázek 11.3 - Bourací práce železobetonového stropu



Zdroj: PVK 2014

Před započítím bouracích prací obrázek 11.3 je třeba zabezpečit podloží stavby. Mezi nejvíce používané a nejspolehlivější metody sanace starých a historických staveb patří v současnosti podchycování nosných zdí a základů mikropilotami, trysková injektáž a úprava vlastností základové půdy. Trysková injektáž je moderní, rychlá a efektivní metoda vytváření speciálních základových prvků v zeminách a event. poloskalních horninách. Podstatou technologie je injektáž z vrtu do okolní zeminy, prováděná vysokým tlakem. 30 - 55 MPa s použitím cementových a jílocementových směsí. (Witzany 2010)

Další důležitou přípravnou prací před samotnou betonáží je čištění kapalinou o vysokém tlaku. Vodní paprsek o velké výtokové rychlosti je vrhán na upravovanou plochu. Užívá se k odstraňování podkorodovaných starých nátěrů. Tato technologie vyžaduje speciální vysokotlaké zařízení, viz obrázek 11.4. (Kreibich 1999)

Obrázek 11.4 - Vysokotlaké čištění vodním paprskem nosného sloupu armatraturní komory



Zdroj: PVK 2014

11.4 Konstrukční a materiálové řešení

11.4.1 Stěny a dno

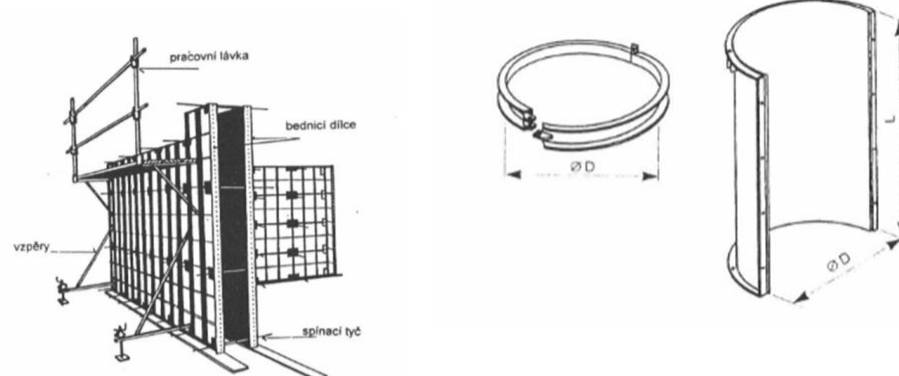
Po očištění stěn a odhalení nesoudržných míst na vnitřní železobetonové konstrukci byly zjištěny úbytky betonářské výztuže. Výztuž byla doplněna novými pruty a ošetřena předepsaným penetračním nátěrem. Pomocí mobilního bednění a ocelových armovacích sítí byl vytvořen prostor pro aplikaci betonu. Vnitřní stěny VDJ byly tímto způsobem postupně obetonovány a byla tak vytvořena železobetonová monolitická vana. Celková plošná sanace stěn se prováděla sanačními maltami. Tyto sanační materiály jsou schváleny pro trvalý styk s pitnou vodou a musí splňovat atest dle vyhlášky MZ č. 409/2005 sb. o hygienických požadavcích na materiály přicházející do přímého styku s pitnou vodou a na úpravu vody. Před použitím materiálů, došlo také k ověření technologem PVK. (Hydroprojekt CZ 2010)

Použitím velkoplošného bednění s vysokou obarovotí byl umožněn přechod k technologicky efektivnímu vytváření monolitických rekonstrukcí, do kterých jsou i vyztužné prvky ukládány jako předvyrobené vyztužné koše. Napojování svislé a vodorovné výztuže pomocí speciálních šroubových spojek (např. systém Halfen) umožňuje souvislou betonáž stěn pomocí posuvného bednění. Výrobní cyklus stěn je jedno až dvoudenní, kdy beto dosahuje pevnosti potřebné k odbedňování (krychlená pevnost musí být 50 % konečné krychlené pevnosti).

Bednicí desky jsou vyráběny z vodorovných překližek tloušťka od 5 - 40 mm, z ocelového plechu tloušťka 3 – 4 mm nebo z lehčených polypropylénových desek a jsou vkládány do ocelových nebo hliníkových rámců. Obratovost bednění s ocelových plechů je

200 – 400 násobná, s překližkou 30 - 60 násobná. K betonáži stěn se užívá beton měkké konzistence zhuťovaný vysokofrekvenčními vibrátory. Příklad bednění systému MONTI – ALE (pro stěny), MONTI SB (pro kruhové sloupy) a sestava plošného bednění systému BEST je uvedena na obrázku 11.5. Obrázek 11.6 a 11.7 znázorňuje praktické použití při betonáži stěn VDJ.

Obrázek 11.5 – Bednění pro stěny a dílce pro sloupy



Zdroj: Hájek 2001

Obrázek 11.6 - Bednění pro betonáž západní stěny vodojemu



Zdroj: PVK 2014

Obrázek 11.7 – Ukázka bednění východní stěna



Zdroj: PVK 2014

Hydroizolace je prováděna z materiálů odolných proti vlhkosti. Vodorovná hydroizolace se pokládá pod podlahu a pod obvodovou stěnu tak, aby působila jen proti vztlínání zemní vlhkosti. Na styku s obvodovou konstrukcí je nutno izolaci zatěsnit nebo provést obklad svislé stěny. (Maceková 2007) Obrázek 11.8 již znázorňuje betonáž podlahy včetně armovací ocele.

Obrázek 11.8 - Betonáž dna vodojemu včetně armovací ocele



Zdroj: PVK 2014

11.5 Výroba sloupů

Změněny jsou provedeny i na profilech sloupů a dle statických výpočtů jsou původní čtvercové sloupy nahrazeny sloupy kruhového půdorysu o větším průměru. Základ sloupu je tvořen svařeným ocelovým košem kolem, kterého jsou spojeny dva půlkruhové dílce tvořící bednění. Po dosažení požadované únosnosti se na vybetonované sloupy nasadí stropní bednění, s nímž je počítáno jako s prostupem sloupů do stropní konstrukce. (Technická dokumentace 2013)

V současné době je poměrně rozšířené nabetonování patek. Při výrobě se nejprve provede vyztužení a betonáž základového prvku, ze kterého vyčnívá výztuž pro napojení dřívku sloupu. Patka se poté překlopí na bok a proběhne vyztužení a betonáž ve vodorovné poloze. U nižších sloupů je možná i výroba ve svislé poloze, viz obrázek 11.9. (Witzany 2003)

Obrázek 11.9 - Výroba sloupů VDJ



Zdroj: PVK 2014

11.6 Betonáž stropu

Plocha stropu je rozdělena na několik částí a betonáž se provádí postupně. Je nutné, aby nedocházelo k velkým změnám vlastností betonu od smršťování, rychlého vysychání a dotvarování. Po vyztužení je potřeba dbát, aby pracovníci příliš nechodili po armatuře a to z důvodu, aby nebyla poškozena svařovaná Kari síť, viz obrázek 11.10.

Obrázek 11.10 - Rozdělení ploch a příprava pro betonáž



Zdroj: PVK 2014

11.7 Pokládka izolace

Na vybetonovaný strop VDJ, který je ošetřený penetračním nátěrem pro lepší přilnavost izolace jsou postupně nataženy lepenkové izolační pásy a svařeny k sobě. Asfaltový pás je tradiční hydroizolační materiál na bázi asfaltu, který se zpravidla skládá z povrchové úpravy, výztužné vložky a krycí vrstvy. Vžité označení asfaltových pásů IPA představuje v dnešní době jen asfaltovou lepenku, která má nasákovou výztužnou vložku bez krycí vrstvy asfaltu. Nejčastěji se s asfaltovými pásy setkáváme při izolaci plochých střech v hydroizolační, pojistné nebo parotěsné vrstvě. Také ve spodní konstrukci staveb nachází asfaltový pás široké uplatnění. Ať už jako izolace proti zemní vlhkosti, izolace proti radonu nebo tlakové či prosakující vodě. Pokládka izolace v praxi je znázorněna na obrázku 11.11. (Nešporová 2018)

Obrázek 11.11 - Pokládka izolace



Zdroj: PVK 2014

Další ochrannou vrstvou je geotextilie, viz obrázek 11.12. Nejčastější funkce, kterou geotextilie plní v zemních konstrukcích, je oddělení vrstev zemin rozdílných vlastností. Při návrhu je nutné zvážit zejména maximální velikost zrn, jejich tvarový index (ostrohrannost zásypu), způsob navážení zásypu a tuhost podloží. Obecně platí, že čím větší bude zrnitost zásypu, tím vyšší musí mít geotextilie odolnost proti protržení. Je třeba sledovat hodnotu odolnosti proti protržení stanovenou CBR testem. (Hanzelín 2015)

Obrázek 11.12 - Pokládka geotextilie a zásyp VDJ



Zdroj: PVK 2014

11.8 Zanášení nádrží

Změna hloubky a rychlosti vody v nádrži proti podmínkám v přirozeném toku vede ke zmenšení unášecí schopnosti vodního toku a k sedimentaci splavenin popř. plavenin v nádrži. Materiál se v nádrži dlouhodobě ukládá a nádrž se zanáší. Hrubý materiál se zpravidla (sunuté splaveniny) se zpravidla usazují na konci vzduť nádrže a při zaústění přítoku, jemnější materiál. V důsledku takto diferencované sedimentace se nádrž zanáší v podstatě ve všech jejích částech podle hloubky a v čase mohou zmenšovat všechny její prostory. (Patera a kol. 20002)

Pro docílení kvalitní a čisté vody je potřeba dbát o akumulární nádrž s určitou péčí. Nejzákladnější je vyčištění, odkalení a desinfekce nádrže, které by mělo proběhnout alespoň jednou ročně. (Vodojem 2013)

12 Rekonstrukce armaturní komory

12.1 Popis

Rekonstrukce je vyvolána potřebou výměny potrubí a armatur, které jsou za hranicí životnosti. Součástí stavby je také rekonstrukce vstupní chodby, snížení energetické náročnosti provozu a zajištění bezpečnosti AK. Je tedy kompletně zrekonstruována přilehlá armaturní komora, a to včetně technologií a napojení na areálovou síť vodovodních řadů, provedena statická sanace nosných konstrukcí armaturní komory a osazen její nový prefabrikovaný železobetonový strop. Na ukázkou je uveden obrázek bouracích prací 12.1 a 12.2. (SMP 2013)

Obrázek 12.1 - Vybourání prostupů mezi VDJ a AK



Zdroj: PVK 2013

Obrázek 12.2 - Vybourání stropu AK



Zdroj: PVK 2014

12.2 Modernizace armatur

Samotné provedení demontáží původních armatur v armaturní komoře bylo ztíženo nutností vsazení dodatečných šoupat DN 600 v areálu tak, aby armaturní komora mohla být odstavena. Kromě toho byl proveden i provizorní obtok přítoku DN 500 z Podolí se zachovaným minimálním sanačním průtokem. (SMP 2013)

V AK se staré, opotřebované a netěsnící uzávěry, vyměnění za nové mezi přírubové elektricky ovládané klapky, které mají oproti původním šoupátkům výhodu v rychlejším odtočení při ovládní. Nevýhodou je menší citlivost při regulaci polohy klapky. Strategické havarijní uzávěry lze ovládat na dálku přímo z CD Flora, takže při zjištění havárie může dispečink velmi rychle reagovat a pouhým zadáním povelu na interaktivním schématu stanice na PC, klapku uzavřít. Obrázek 12. 3 znázorňuje klapku DN 700 s elektropohonem.

Obrázek 12.3 - Klapka DN 700 s elektropohonem



Zdroj: PVK 2021

12.3 Modernizace trubního systému v AK

Výměna se také týkala trubního systému, který byl velmi nepřehledný a poskládaný z různých částí potrubí. Původní trubní systém je znázorněn na obrázku 12.4. Části potrubí nebyly sjednoceny, materiál i dimenze potrubí je často rozdílná. Vše přehledně sjednotila až výměna potrubí za moderní nerezovou ocel. Nerezová ocel je korozivzdorná slitina železa, chrómu a v některých případech niklu a jiných kovů. Zcela a nekonečně recyklovatelná nerezová ocel je par excellence „zeleným materiálem“. Ve skutečnosti se ve stavebnictví jeho skutečná míra zotavení blíží 100%. Nerezová ocel je také ekologicky neutrální a inertní a její životnost zajišťuje, že splňuje potřeby udržitelné výstavby. Kromě toho nevyluhuje sloučeniny, které by mohly změnit jeho složení při kontaktu s prvky, jako je voda.

Kromě těchto ekologických výhod je nerezová ocel také esteticky přitažlivá, mimořádně hygienická, snadno se udržuje, je velmi odolná a nabízí širokou škálu aspektů. Díky tomu lze nerezovou ocel nalézt v mnoha běžných předmětech. Hraje také významnou roli v řadě průmyslových odvětví, včetně energetiky, dopravy, stavebnictví, výzkumu, medicíny, potravinářství a logistiky. (Aperam 2019)

Nerezová ocel, viz. obrázek 11.5. je dražší než standardní oceli, ale má vyšší odolnost proti korozi, vyžaduje nízkou údržbu a nevyžaduje lakování ani jiné ochranné nátěry. Tyto faktory znamenají, že nerezová ocel může být po zohlednění životnosti a nákladů na životní cyklus ekonomicky životaschopnější. Výhodné vlastnosti nerezových ocelí lze vidět ve srovnání se standardní prostou uhlíkovou měkkou ocelí. Ačkoli nerezové oceli mají širokou škálu vlastností, obecně mají ve srovnání s měkkou ocelí nerezové oceli: ~ vyšší odolnost proti korozi,

- ~ vyšší kryogenní houževnatost,
 - ~ vyšší rychlost kalení,
 - ~ vyšší pevnost za tepla,
 - ~ vyšší tažnost,
 - ~ vyšší pevnost a tvrdost,
 - ~ atraktivní vzhled,
 - ~ nižší údržba.
- (Aalco Metals Limited 2021)

Obrázek 12.4 - Původní potrubí v AK



Zdroj: PVK 2013

Obrázek 12.5 - Současné potrubí z nerez oceli



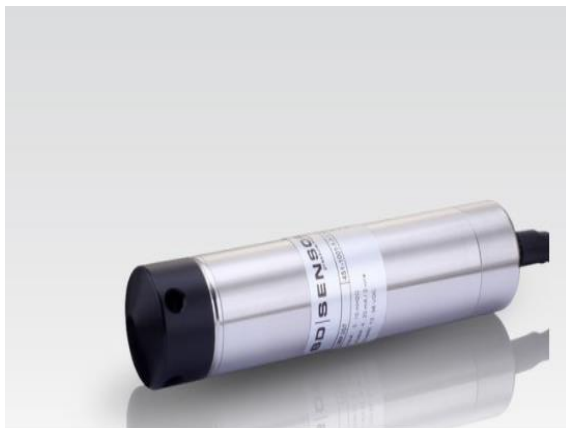
Zdroj: PVK 2014

12.4 Měření výšky hladiny

Původní mechanické měření výšky hladiny je nahrazeno elektronickými BD sensory, viz obrázek 12.6, které jsou umístěny jako závěsné sondy v komorách VDJ s dálkovým přenosem na CD. Senzor funguje na bázi hydrostatického tlaku, výška hladiny je tedy určena měřením tlaku. (BD Sensors s.r.o. 2021)

Sensory jsou nedílnou součástí řízení procesů v mnoha průmyslových odvětvích, spadají do dvou hlavních typů. Sensory pro měření úrovně bodu se používají k označení jediné diskrétní výšky kapaliny - přednastavené úrovně. Obecně tento typ senzoru funguje jako vysoký alarm, který signalizuje stav přeplnění, nebo jako značka pro nízký alarmový stav. Kontinuální snímače hladiny jsou sofistikovanější a mohou poskytovat monitorování úrovně celého systému. Měří hladinu kapaliny v určitém rozsahu, nikoli v jednom bodě, a vytvářejí analogový výstup, který přímo koreluje s hladinou v nádobě. K vytvoření systému správy úrovně je výstupní signál propojen se smyčkou řízení procesu a vizuálním indikátorem. (Omega 2021)

Obrázek 12.6 - Ponorné čidlo hladiny-BD sensor



Zdroj: BD Sensors s.r.o. 2021

12.5 Měření průtoku dodané vody

Množství dodané vody měří provozovatel vodoměrem, který je stanoveným měřidlem podle zvláštních právních předpisů. Jiný způsob určení množství dodané vody může stanovit v odůvodněných případech pouze vlastník vodovodu, popřípadě provozovatel vodovodu, pokud je k tomu vlastníkem zmocněn, a to se souhlasem odběratele. Vodoměrem registrované množství dodané vody nebo jiným způsobem určené množství dodané vody je podkladem pro vyúčtování dodávky (fakturaci) vody. (zákon č. 274/2001)

Pro měření průtoku je osazen magneticko-indukční průtokoměr na potrubí DN 700 Podolí-Bruska s přenosem na CD. Jedná se o oddělenou verzi, kde převodník je mimo tělo průtokoměru, viz. 12.7. Měřicí princip indukčního průtokoměru je vysvětlen na základě Faradayova indukčního zákona, podle kterého vzniká napětí jako důsledek časové změny magnetického toku při pohybu vodiče v magnetickém poli. Pohybující se vodič je nahrazen elektricky vodivou kapalinou proudící mezi dvěma elektrodami. Elektromagnet vytváří magnetické pole, které prochází potrubím i kapalinou. Úsek potrubí mezi póly magnetu musí být z nemagnetického a nevodivého materiálu. Na vnitřním průměru měřicí trubice jsou zabudovány dvě elektrody pro snímání indukovaného napětí. (Endress a Hauser 2017)

Obrázek 12.7 - Indukční průtokoměr oddělená verze DN 700 Podolí-Bruska



Zdroj: PVK 2014

12.6 Bezpečnost-lávky a můstky

Staré ocelové lávky a můstky podléhající korozi jsou vybourány a nahrazeny novými z moderních materiálů. Lávky a můstky pro bezpečný přístup k ovládnutí uzávěrů jsou montovány z kompozitních konstrukčních profilů s rošty, viz obrázek 12.8. Jedná se o směs polyesterové pryskyřice a skelného vlákna. Nahrazují dřevo, které hnije nebo ocel, která koroduje, beton, který je těžký. U kompozitních materiálů lze úpravou složení upravit chemickou odolnost, pevnost a tuhost, protiskluzové vlastnosti, UV odolnost. Umožňují tak nejen efektivní náhradu za tradiční materiály, ale také zcela nové netradiční řešení. (MEA WATER MANAGEMENT s.r.o. 2021; Prefa-kompozity a.s. 2018)

Obrázek 12.8 - Kompozitová lávka



Zdroj: Prefa-kompozity a.s. 2018

12.7 Odběrná místa

Původní odběrná místa vytékala přes kulový uzávěr na podlahu do kanalizační vpusti v nejnižším místě AK. Současná odběrná místa mají podobu nerezových dřezu s odtokem do kanalizace s odkládací policí pro sadu zkumavek. Pracovníci PVK, tak mají komfortnější podmínky k odběru vody. Četnost odběrů a rozsah rozborů vody z vodojemů určuje provozovatel podle potřeby tak, aby bylo zajištěno řádné provozování vodojemů a vodovodních řadů. Sledování jakosti vyrobené vody v průběhu její dopravy ke spotřebiteli zajišťuje provozovatel podle potřeby, a to zvláště s ohledem na korozivní účinky vody a změny biologického oživení. (PVK 2013)

Monitorovací rozborů surové a vyrobené pitné vody může provádět laboratoř s osvědčením o akreditaci nebo s osvědčením o správné činnosti laboratoře. Dále se provádějí provozní rozborů. Vlastník vodovodu zpracovává plán kontrol jakosti vod v průběhu výroby pitné vody obsahující náležitosti podle § 8 vyhlášky č. 428/2001 Sb. (Vyhláška č. 428/2001 Sb.)

12.8 Odběrná míst – řešení

Hlavní požadavek pro odběrná místa je zajištění stálého průtoku, aby se voda nekazila v části přívodního potrubí pro odběr, viz obrázek 12.9. V době, kdy jsou již možnosti ovládání uzávěrů dálkově, pohodlně přes aplikaci např. v chytrém telefonu nebo tabletu, tak se nabízí možnost instalace uzávěru na přívodní potrubí odběru vzorků. Pracovník laboratoře PVK má vždy určitý denní plán, takže přesně dopředu ví, kde bude odběry uskutečňovat. (pokud se nejedná o havárii). V ranních hodinách si přes aplikaci otevře příslušné místa odběrů a při dopoledních odběrech je již odběrové místo propláchnuto a lze nabrat regulerní vzorek vody. Nemusí být, tak být všechna odběrná místa trvale otevřena a ušetří se výrazné množství vody.

Obrázek 12.9 - Odběrné místo

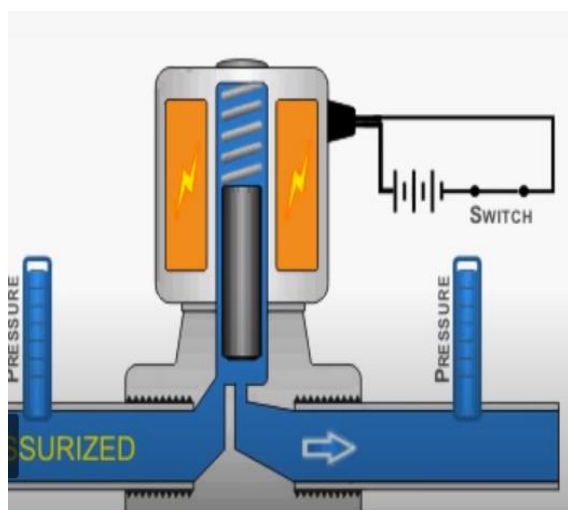


Zdroj: PVK 2021

12.9 Elektromagnetické ventily-řešení, princip

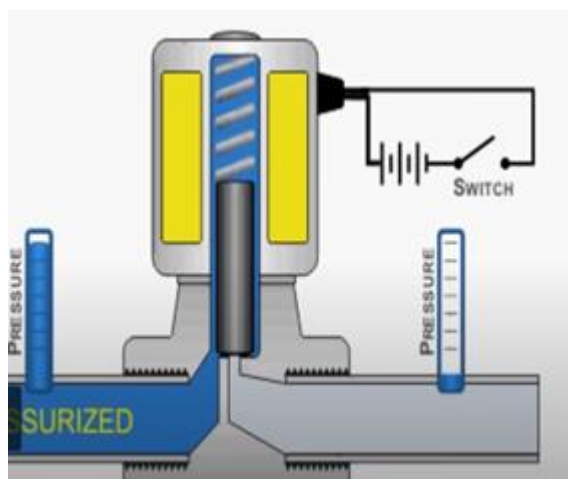
Nejběžnějšími elektromagnetickými ventily jsou dvoucestné, dvoupolohové sedlové ventily, které se jednoduše otvírají a zavírají tak, aby umožňovaly průtok, když je jejich cívka pod napětím. K dispozici jsou verze "normálně otevřené" a "normálně uzavřené", což jsou ventily, které jsou za normálních pracovních podmínek otevřené, popř. uzavřené, viz obrázky 12.10 a 12.11. Normálně otevřené v hydraulickém obvodu je opak normálně otevřeného v elektronickém obvodu, u kterého to znamená, že spínač nebo kontakt je rozpojený a neprotéká elektrický proud. (e-konstrukter 2017)

Obrázek 12.10 - Funkce elektromagnetického ventilu - otevřeno



Zdroj: e-konstrukter 2017

Obrázek 12.11 - Funkce elektromagnetického ventilu - zavřeno



Zdroj: e-konstrukter 2017

12.10 Technický dozor stavebníka

Nelze opomenout technický dozor stavebníka, který po celou dobu stavby provádí dohled. Při realizaci jakékoliv veřejné zakázky je hlavní povinností stavebníka nebo objednavatele zajistit kontrolu stavby. Toto provádí právě technický dozor stavebníka. Povinnosti TDS jsou stanoveny ve smlouvě mezi dozorem a stavebníkem. V této smlouvě jsou uvedeny doklady pro dozor, vzájemné kontakty a výkon pravomocí pro TDS. Dále je stavebníkem určen průběh kontrolní a dozorové činnosti. (Hačkajlová 2004)

13 Diskuse

V České republice zejména pak v hlavním městě Praze, v posledních letech dochází k častější obnově vodohospodářské infrastruktury oproti rokům minulým. Hlavním cílem je snaha o snížení ztrát a zlepšování dostupnosti kvalitní pitné vody pro obyvatelstvo. Jak zmiňuje ve své knize Jásek a kolektiv, 2000 většina vodohospodářské infrastruktury je značně zastaralá a je tedy nutná její obnova.

Domnívám se, že obnovy a modernizace čerpacích stanic výrazně mění fungování vodárenského provozu. Pracovníci zajišťující provoz mají lepší přehled o dané situaci a v případě poruch nebo havárií dochází k rychlejšímu zásahu.

Jak uvádí ve své knize Polák a kol., 2015 dodávka pitné vody do každé domácnosti, nebyla vždy samozřejmostí. V 15. století dodávka pitné vody veřejným vodovodem byla vzácnou výjimkou. Pro pohon vodárenských čerpadel se používala vodní síla z nadržené vltavské vody pomocí jezů.

Provozní podmínky pro rozvod vody byly postupem času zlepšeny výstavbou trubních vedení, čerpacích stanic a vodojemů. Šetrnější provoz trubního vedení proti zpětným rázům zajišťují tlakové nádoby s kompenzačními sítí. Pohodlné a účinné je přidání nebo vhodné zvolení síta jak uvádí ve svém článku Wenrui H. and group, 2013. V současnosti máme vyřešen i automatický provoz čerpací stanice s dálkovým ovládním, ale myslím si, že stále nejsme na takové úrovni v kvalitě a hospodárnosti jako řada vyspělých států západní Evropy.

Je možné konstatovat, že rekonstrukce vodojemu I v objektu Bruska patří mezi zdařilé, profesionálně provedené dílo zapadající do původního rázu městské zástavby. Hlavním úkolem rekonstrukce vodojemu Bruska je zajistit stabilitu, geodetické dlouhodobé měření ukazuje na dosažení cíle stabilizovat vodojem. Dle Jáska a kolektiv, 2000 historická budova a vodojem, tak prošly nákladnou obnovou v řádu desítek milionů korun.

Mimo jiné je důležitý správný postup při betonáži, aby monolitická betonová vana byla vodotěsná. Spojení stěny a dna je hlavním faktorem pro vodotěsnost jak popisuje ve své knize Chejnovský P., 2011. Řádné a trpělivé vyzrání betonu splnilo podmínku soudržnosti a hladkosti betonové vany VDJ. Až rekonstrukce odhalila rozdíl v náročnosti práce při čištění vodojemu před rekonstrukcí a po ní. Balastní a dešťová voda, která prosakovala stěnami a stropem komory zhoršovala kvalitu pitné vody, což je též odstraněno. Základní, ale ne jedinou podmínkou pro snižování ztrát a zachování kvality vody v distribuční síti jsou investice do oprav, rekonstrukcí a obnovy vodohospodářské infrastruktury.

Z důvodu nedostatečné obnovy vodohospodářské infrastruktury a špatného hospodaření s pitnou vodou může docházet k postupnému nedostatku vody v nádržích i s ohledem na zhoršené klimatické podmínky, jak zmiňuje ve svém článku Charles I., 2018. V budoucnu je možné očekávat výraznější zvýšení cen vody. Ve světě začíná být vody výrazný nedostatek a bude docházet k nastavení cenových systémů s ohledem k rozdělování vody dle Luckmanna J., 2016.

Společnost trvá na tom, že voda by měla být veřejným, volně dodávaným zbožím. Problém je v tom, že většina států si nemůže dovolit udržovat vodní infrastrukturu s ohledem na vysokou cenu obnovy. Řešením se jeví privatizace vody, která by však vedla k eskalaci cen při omezené nabídce a rostoucí poptávce. Cena, kterou nyní platíme za vodu neodráží její skutečnou hodnotu dle článku Debika R., 2011.

14 Závěr

Rešeršní část bakalářské práce upozorňuje na důležitost vody na zemi, zvláště pak na vodu pitnou. Jedním s cílů je popsat vývoj vodárenství a vodárenské stavby, které v minulosti byly zásadní pro zásobování Prahy pitnou vodou. Poukázat na zdroje pitné vody pro hlavní město. Podrobněji popsat provoz vodárenských objektů a to čerpacích stanic a vodojemů. Pro analytickou část byla vybrána čerpací stanice Bruska v Praze 6. Na jejím popisu provozování je snaha ukázat moderní centralizovaný systém řízení čerpacích stanic. Bližší seznámení principů sofistikovaných zařízení. Ovládání a údržbu ČS a VDJ Bruska po modernizaci a vyzdvihují výhody nových technologií např. dálkové řízení z CD. Nastavení čerpadel na procesní stanici a automatické ovládání podle algoritmů.

Nevýhodou nových informačních technologií jsou např. útoky hackerů nebo výrazné výpadky dodávky elektrické energie (Blackout). V roce 2012 bezpečnostní odborník, nastražil falešný řídicí systém americké vodárny, který sloužil jako návnada pro počítačové hackery. Systém byl napaden čínskou hackerskou skupinou APT1. Tento výzkum potvrdil, že hackeri útočí úmyslně na civilní infrastrukturu. (Kasík 2013)

Před poruchami napájecí sítě a krátkodobými výpadky elektrické energie se osvědčily spolehlivé náhradní zdroje UPS (Uninterruptible Power Supply).

V části kapitoly vodojemů seznamují s obecným popisem, účely, funkcemi, konstrukčními možnostmi, materiály a jejich vybavením.

V praktické části popisují konkrétní práce na rekonstrukci VDJ Bruska doplněné fotografiemi zapůjčenými PVK. Mojí snahou bylo popsat jednotlivé konstrukční a materiálové postupy z technické dokumentace a z článků firem, které se na stavbě VDJ přímo podílely. Obnova se týká technologie a nového vybavení na měření výšky hladiny ve vodojemu a měření průtoku na přítoku z Podolí umístěného v AK. Jednotlivé měřicí principy popisují z dostupných internetových zdrojů firem, které zařízení dodaly a zajišťují pravidelný servis a kalibraci. Zmiňují i technický dozor stavebníka, který je pojistkou pro kvalitně odvedenou práci dle projektové dokumentace.

Vodárenství má před sebou zejména následující výzvy – boj se suchem, modernizaci vodárenských a čistírenských technologií, ochranu vodních zdrojů, nutnost komplexně řešit hospodaření se srážkovými vodami. Pražský magistrát plánuje v příštím roce prostřednictvím své firmy Pražská vodohospodářská společnost a.s. (PVS) investice do vodovodní sítě zhruba 2,94 miliardy korun. To je o zhruba 100 milionů korun meziročně více. Pražská vodohospodářská společnost (PVS) a.s. se stala v roce 2018 49% vlastníkem společnosti pražské vodovody a kanalizace a.s. (PVK). Jako minoritní akcionář s předkupním právem na zbývajících 51 % akcií PVK v roce 2028 byli identifikovány následující cíle:

- zajistit dohled nad zachováním technologií a kompatibility informačních systémů,
- připravit sjednocení informačních systémů s možností sdílení databází a dat,
- zlepšit spolupráci na všech úrovních mezi společnostmi PVS a PVK,
- zajistit společný rozvoj informačních technologií,
- zapracovat strategickou studii variant správy a provozování po roce 2018. (PVS 2018)

Domnívám se, že jsme první civilizací v dějinách této planety, která nedokáže využít většinu toho, co vyrobí. Nejme příliš úspěšní v recyklaci a v konečném důsledku platí, že čím víc se jakákoliv technologie rozšíří, tím více se s ní nakonec plýtvá – a více zdrojů nakonec spotřebuje. Pevně doufám, že v případě modernizací vodohospodářské infrastruktury tomu bude naopak.

15 Seznam použitých zdrojů

Odborné knihy, monografie:

Buchtík J., 1972: Pražský vodovod, Historie a současnost, výstavba a výhled, SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, Praha: 132 s., ISBN 06-164-73.

Hačková L., 2004: Ekonomika a management, Vydavatelství ČVUT, Praha: 82 s., ISBN 80-01-03060-1.

Hájek V., 2001: Pozemní stavitelství I, Soboláles, Praha: 165 s., ISBN 80-85920-45-X

Hasík O. a Dostálová J., 2002: Stavby pro zásobování vodou a odkanalizování: pro rozsah studia jednoho semestru, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava: 116 s., ISBN 80-248-0222-8.

Chejnovský P., 2011: Zdravotní vodohospodářské stavby - Akumulace vody - vodojemy, pro 4. ročník SOŠ stavebních, Informatorium, Praha: 62 s., ISBN: 9788073330897

Jásek J. a kolektiv, 2000: Vodárenství v Čechách, na Moravě a ve Slezsku, Milpo Média s.r.o. Praha: 240 s., ISBN: 80-86098-15-X.

Járák Č., 2003 Příprava a realizace staveb, Technologie staveb II, CERM, s.r.o., Brno: 318 s., ISBN: 8072042823.

Kreibich V., 1999: Teorie a technologie povrchových úprav, ČVUT, Praha: 89 s., ISBN 80-01-01472-X.

Lízal P., 2003: Technologie stavebních procesů pozemních staveb: úvod do technologie, CERM s.r.o., Brno: 109 s., ISBN 80-214-2536-9.

Maceková V., 2007: Zakládání staveb, ERA group, Brno: 122 s. ISBN 80-86517-83-7.

Polák M., 2015: Po stopách pražského vodárenství, Milpo, Praha: 232 s. ISBN 978-80-87040-35-5.

Roth J., 1956: Vodárenství I, Státní nakladatelství technické literatury, Brno: 336 s. Typové číslo L17-C3-4-I.

Votruba L., Patera P., 1983: Nádrže a vodohospodářské soustavy 10, ČVUT, Praha: 195 s., ISBN 80-01-02620-5.

Witzany J., 2003: Konstrukce pozemních staveb, ČVUT, Praha: 268 s., ISBN 80-01-02656-6.

Witzany J., 2010: PDR - poruchy, degradace a konstrukce, ČVUT, Praha: 458 s., ISBN 978-80-01-04488-9.

Článek v odborném periodiku:

Brachtl Z., Jásek J., Kaňák J., 1993: Čerpací stanice Bruska. Pražské vodárny, Praha 1993

Internetový zdroj – monografie, článek na webových portálech:

Aalco Metals Limited, 2021: Stainless steel - general information (online) [cit. 2021.03.26], dostupné z <https://www.aalco.co.uk/datasheets/Stainless-Steel_St-St-Introduction_61.ashx>

Admin E konstruktér, 2017: Co jsou elektromagnetické ventily (online) [cit. 2020.09.14], dostupné z <<https://e-konstrukter.cz/novinka/co-jsou-elektromagneticke-ventily>>

Aperam, 2019: What is Stainless Steel (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <<https://www.aperam.com/stainless/stainless-by-aperam/>>

BD Sensors s.r.o., 2021: Výška hladiny (online) [cit. 2020.12.12] dostupné z <<https://www.bdsensors.cz/vyska-hladiny/ponorne-sondy/?L=0Pro>>

Cieslar S., 2020: Modernizace úpravní vody Želivka – klíčového zdroje pitné vody nejen pro Prahu (online) [cit. 2020.11.12], dostupné z <<https://konstrukce.cz/zajimavosti-z-oboru/modernizace-upravny-vody-zelivka-klicoveho-zdroje-pitne-vody-nejen-pro-prahu-388>>

Česká D., 2014: Kulturní památka čerpací stanice Bruska slouží lépe (online) [cit. 2020.12.11], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-voda-kanalizace/11315-kulturni-pamatka-cerpaci-stanice-bruska-po-rekonstrukci-slouzi-lepe>>

Debika R., 2011: Water trading: how the world's most vital resource is up for sale (online) [cit. 2021.03.26] dostupné z <<https://theecologist.org/2011/sep/21/water-trading-how-worlds-most-vital-resource-sale>>

Dostál D., 2019: Voda je vzácnost (online) [cit. 2020.12.11], dostupné z <<https://www.businessinfo.cz/clanky/voda-je-vzacnost-sucho-pomohou-resit-i-cisticky/>>

Endress a Hauser, 2017: Elektromagnetické průtokoměry (online) [cit. 2021.02.23], dostupné z <<https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/flow-measurement-product-overview/Electromagnetic-flowmeters>>

Fořt J., 2007: Geotextilie ve stavebnictví (online) [cit. 2020.02.10], dostupné z <https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/V_23407_Tb>

Henzelín P., 2015: Geotextilie a její využití (online) [cit. 2021.02.10], dostupné z <<http://www.tepelna-izolace.cz/geotextilie-a-jejich-pouziti.html>>

Charles I. and group, 2015: It's not just Cape Town: 4 shrinking tanks to watch (online) [cit. 2021.03.28], dostupné z <<https://www.wri.org/blog/2018/04/its-not-just-cape-town-4-shrinking-reservoirs-watch>>

Jásek J. a kolektiv, 2000: Historie vodárenství] (online) [cit. 2020.12.11], dostupné z <<http://www.pvs.cz/historie/historie-vodarenstvi/>>

Kasík P., 2013: Hackeři z Číny spadli do léčky. Nabourali se do Potěmkinovy vodárny (online) [cit. 2021.03.25] dostupné z <https://www.idnes.cz/technet/internet/hackeri-napadli-falesnou-vodarnu-usa-cina.A130804_010527_sw_internet_pka>

Levi T., 2017: Surge Protection Solutions for Water and Wastewater Systems (online) [cit. 2020.11.11]], dostupné z <<https://blog.bermad.com/waterworks/surge-protection-solutions-wastewater-system>>

Luckmann J., 2016: Modelling Sectorally Differentiated Water Prices - Water Preservation and Welfare Gains Through Price Reform? (online) [cit. 2021.03.28]], dostupné z <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-015-1204-7>>

MEA WATER MANAGEMENT s.r.o., 2021: Ukázky z realizací s využitím kompozitních konstrukcí, roštů, zábradlí, zákrytů, schodišť (online) [cit. 2020.11.11], dostupné z <<https://www.mea-odvodneni.cz/index/>>

Nešporová K., 2018: IPA: Asfaltové pásy na střechu i do spodní stavby (online) [cit. 2020.17.11], dostupné z <<https://www.drevostavitel.cz/clanek/ipa-asfaltove-pasy>>

Omega, 2021: Level measurement (online) [cit. 2021.03.28], dostupné z <<https://sea.omega.com/tw/prodinfo/levelmeasurement.html>>

O vodárenství, 2014: Čerpací stanice a vodojem opraveny (online) [cit. 2020.12.11], dostupné z <<http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/cerpaci-stanice-a-vodojem-praha-bruska-opraveny>>

O'Driscoll a Cath, 2012: 2012 The year in review (online) [cit. 2021.03.27], dostupné z <<http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&sid=e8c70699-609c-4073-ae56-45d1aa308d4d%40sdc-v-sessmgr03&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=bsx&AN=83458955>>

Pražský patriot, 2014: Čerpací stanice Bruska pro Prahu 6 (online) [cit. 2020.12.11], dostupné z <<https://www.prazskypatriot.cz/cerpaci-stanice-bruska-voda-pro-prahu-6/>>

Prefa-kompozity a.s., 2018: (online) [cit. 2020.11.11] dostupné z <<https://www.prefa-kompozity.cz/produkty/konstrukce/lavky-a-mustky/>>

Stavby mostů Praha (SMP), 2013: Rekonstrukce čerpací stanice Bruska (online) [cit. 2020.11.11], dostupné z <<https://www.smp.cz/rekonstrukce-cerpaci-stanice-bruska-praha-1760>>

Vávra Z., 2019: Příklad rekonstrukce a sanace vodojemu (online) [cit. 2020.11.18],

dostupné z <<http://www.vodohospodarske-stavby.cz/clanek/priklad-rekonstrukce-sanace-vodojemu/>>

Vodárenství, 2019: Rozsáhlá rekonstrukce vodojemu na Floře (online) [cit. 2020.12.11], dostupné z <<http://www.vodarenstvi.cz/2019/07/01/rozsahla-rekonstrukce-vodojemu-na-flore/>>

Vodojem, 2013: Opravy a servis vodojemů – vodojem.eu (online) [cit. 2020.11.15], dostupné z <http://www.vodojem.eu/?gclid=Cj0KCQjwj7v0BRDOARIsAGh37io0toVFR18MqOMU1POBoAHBz-jFHURq9T7hfBvSWnZa9vtcJYHK8aAmeaEALw_wcB>

Wenrui H. and group, 2013: Sensitivity Analysis for the Resistance on the Performance of a Pressure Vessel for Water Hammer Protection. (online) [cit. 2021.03.25], dostupné z <<https://asmedigitalcollection.asme.org/pressurevesseltech/article-abstract/136/1/011303/379098/Sensitivity-Analysis-for-the-Resistance-on-the?redirectedFrom=fulltext>>

Legislativní materiály – zákon, vyhláška, norma:

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

Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

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

Technické normy:

ČSN 75 5355 Vodojemy

Bakalářské/diplomové práce:

Čákl V., 2009: Druhy principy vodojemů, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav, 48 s.

Projektové dokumentace:

Hydroprojekt CZ, 2010: Rekonstrukce čerpací stanice Bruska, Praha, 53 s. „nepublikováno“. Dep.: Archiv PVK, hl. m. Praha

Návody (manuály), příručky, apod.:

Směrnice pracovních postupů PVK č. 22/2014 Kontrola provoz a údržba vodojemů

Směrnice pracovních postupů PVK č. 23/2014 Kontrola provoz a údržba čerpacích stanic

Provozní řády a havarijní plány pro vodojemy PVK 2014

Technická dokumentace PVK 2013

16 Seznam obrázků

Obrázek 3.1 – Věž novomlýnské vodárny u Švermova mostu (r. 1972) a Věž Petržilkovské vodárny na Malé straně (r. 1972).....	13
Obrázek 3.2 – Věž Štítkovské vodárny u Mánesa (r. 1972) Věž Staroměstské vodárny u Novotného Lávky (r. 1972)	14
Obrázek 3.3 - Schéma umělé infiltrace.....	15
Obrázek 3.4 - Výstavba Podolské vodárny.....	15
Obrázek 3.5 - Celkový pohled na úpravnu vody Želivka	16
Obrázek 9.1 - Umístění přerušovacího VDJ	31
Obrázek 9.2 - Umístění vyrovnávací VDJ.....	31
Obrázek 9.3 - Umístění vodojem ve spotřebišti	33
Obrázek 9.4 - Umístění za spotřebišťem	33
Obrázek 11.1 - Pohled na VDJ po rekonstrukci	39
Obrázek 11.2 - Umístění objektu na mapě	40
Obrázek 11.3 - Bourací práce železobetonového stropu	41
Obrázek 11.4 - Vysokotlaké čištění vodním paprskem nosného sloupu armaturní komory	42
Obrázek 11.5 – Bednění pro stěny a dílce pro sloupy	43
Obrázek 11.6 - Bednění pro betonáž západní stěny vodojemu.....	43
Obrázek 11.7 – Ukázka bednění východní stěna	44
Obrázek 11.8 - Betonáž dna vodojemu včetně armovací ocele	44
Obrázek 11.9 - Výroba sloupů VDJ.....	45
Obrázek 11.10 - Rozdělení ploch a příprava pro betonáž.....	46
Obrázek 11.11 - Pokládka izolace	46
Obrázek 11.12 - Pokládka geotextilie a zásyp VDJ.....	47
Obrázek 12.1 - Vybourání prostupů mezi VDJ a AK.....	48
Obrázek 12.2 - Vybourání stropu AK.....	49
Obrázek 12.3 - Klapka DN 700 s elektropohonem.....	50
Obrázek 12.4 - Původní potrubí v AK.....	51
Obrázek 12.5 - Současné potrubí z nerez oceli.....	52
Obrázek 12.6 - Ponorné čidlo hladiny-BD sensor	52
Obrázek 12.7 - Indukční průtokoměr oddělená verze DN 700 Podolí-Bruska.....	53
Obrázek 12.8 - Kompozitová lávka	54
Obrázek 12.9 - Odběrné místo	55
Obrázek 12.10 - Funkce elektromagnetického ventilu - otevřeno.....	56
Obrázek 12.11 - Funkce elektromagnetického ventilu - zavřeno	56

17 Seznam tabulek

Tabulka 9.1 – Velikostní řady objemů VDJ	34
--	----

18 Přílohy

Příloha 1- Schéma ČS a VDJ Bruska.....	70
Příloha 2 – MEdSee vizualizace technologických procesů	71

19 Seznam použitých zkratek

AK	armaturní komora
ČKD	Českomoravská Kolben a Daněk
ČS	čerpací stanice
DN	diamètre nominal (vnitřní světlost potrubí)
MK	manipulační komora
PVK	Pražské vodovody a kanalizace
PVS	Pražská vodohospodářská společnost
SMP	Stavby mostů Praha
VDJ	vodojem
ZPV	zdroj pitné vody

Příloha 2 – MEdSee vizualizace technologických procesů

