

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010

Miluše Švecová

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC

Ústav managementu a marketingu

Miluše Švecová

**Úpravna vody České Budějovice – statistické a ekonomické
vyhodnocení**

Water Treatment Plant České Budějovice – The Statistical
and Economic Evaluation

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Doc. Ing. Nina Strnadová, CSc.

Olomouc 2010

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené informační zdroje.

Praha 24. 3. 2010

.....

Děkuji Doc. Ing. Nině Strnadové CSc. za odborné vedení bakalářské práce. Dále děkuji Ing. Jiřímu Starovi za cenné rady při zpracování bakalářské práce. Firmě 1.JVS a.s. děkuji za možnost rozšířit si odborné vzdělání, poskytnutí vzácného času a v neposlední řadě poskytnutí potřebných informací ke zpracování této bakalářské práce. Mé velké díky patří především Ing. Jiřímu Lipoldovi a Ing. Jiřímu Heřmanovi.

OBSAH

ÚVOD	6
1 TEORETICKÁ ČÁST	8
1.1 Charakteristické vlastnosti podzemních vod	8
1.2 Hydrogeologické podmínky Budějovické pánve	8
1.3 Jakost a hodnocení surové vody vrtu BP-3 a BP-4	9
1.3.1 Vrt BP-3	9
1.3.2 Vrt BP-4	10
1.3.3 Hodnocení kvality surové vody obou dvou vrtů	11
1.4 Výskyt manganu a železa v podzemních vodách	11
1.5 Způsoby odželezování a odmanganování	12
1.5.1 Oxidace vzdušným kyslíkem rozpuštěným ve vodě	13
1.5.2 Oxidace chlorem	14
1.5.3 Oxidace manganistanem draselným	14
1.5.4 Oxidace ozonem	14
1.5.5 Odželezování a odmanganování v horninovém prostředí (metoda IN SITU).....	14
2 NAVRŽENÁ TECHNOLOGIE ÚPRAVNY VODY	
ČESKÉ BUDĚJOVICE	16
2.1 Základní projektované parametry stavby	16
2.2 Navržený způsob odstraňování Fe a Mn na ÚV České Budějovice	17
2.3 Technologická linka ÚV	17
2.3.1 Technologické schéma ÚV	18
2.3.2 Aerace, usazovací nádrže	18
2.3.3 Filtrace	19
2.3.4 Reakční nádrž, akumulace upravené vody	20
2.3.5 Čerpání upravené vody	21
2.3.6 Odpadní vody na ÚV České Budějovice	21
3 VYHODNOCENÍ PROVOZU ÚPRAVNY VODY	
(LEDEN – PROSINEC 2009)	22
3.1 Požadavky na prokázání funkčnosti ÚV	22
3.2 Výkon ÚV	22
3.3 Vyhodnocení kvality surové a upravené vody	24
3.3.1 Kvalita surové vody	24

3.3.2 První úroveň sledování	25
3.3.3 Druhá úroveň sledování	25
3.3.4 Třetí úroveň sledování	26
3.3.5 Konkrétní případ vyhodnocení rozborů upravené vody	26
3.3.6 Průměrné koncentrace hlavních ukazatelů Fe a Mn na jednotlivých stupních úpravy (leden – prosinec 2009)	27
3.3.7 Vyhodnocení rozborů upravené vody	30
3.4 Provoz ÚV v ostrovním režimu	30
4 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ	32
4.1 Investiční náklady, financování stavby	32
4.2 Roční provozní náklady úpravny vody	33
ZÁVĚR	34
ANOTACE	35
LITERATURA A PRAMENY	37
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	38
SEZNAM OBRÁZKŮ	39
SEZNAM TABULEK	40

ÚVOD

Účelem stavby úpravní vody v Českých Budějovicích bylo využití bilančního přebytku zdrojů podzemní vody Budějovické pánve a jejich zapojení do systému zásobování českobudějovické sídelní aglomerace jako náhradního a doplňkového zdroje. V minulosti byla uvedená lokalita zásobena pouze pitnou vodou z Vodárenské soustavy Jižní Čechy s úpravnou vody v Plavu. Vybudováním nové úpravní se tak městu naskytla možnost dalšího zdroje pitné vody. Do úpravní je voda čerpána ze dvou vrtů BP-3 a BP-4, které jímají vodu z českobudějovické pánve. Upravená voda z ÚV je dále čerpána do vodojemu Hosín I., který je součástí vodovodní sítě města České Budějovice. Výstavba výtlačku surové vody z vrtů BP-3 a BP-4, výtlačný řad surové vody - kanalizace a ČOV Opatovice a výtlačný řad upravené vody byly podmíněnou investicí stavby nové úpravní vody.

Realizace vrtů BP-3 a BP-4, čerpací zkoušky včetně ověření jejich vydatnosti a následné vyhodnocení kvality podzemní vody bylo základem pro další návrh a stanovení skladby technologie nové úpravní vody. V souvislosti se zvyšujícími se požadavky na jakost dodávané vody je stále více kladen důraz na podrobné vyhodnocení základních výchozích parametrů chemických a mikrobiologických vlastností surové vody - v tomto případě na základní kvalitativní parametry vody z vrtů. Navržení vhodné technologie, co nejpřesnější odhad investičních nákladů a určení komplexního řešení již na počátku záměru projektu vede obecně k minimalizaci následných problémů v budoucnosti. Ve fázi přípravy je tedy nutné řešit komplexně problematiku legislativní, technickou a technologickou a zároveň i koncepční.

Cílem této práce je zejména vyhodnocení dosavadního provozu nové úpravní vody v období leden – prosinec 2009, celkové funkčnosti stavby, jejích dílčích zařízení a součástí. Vyhodnocení se zaměřuje na navržené a použité technologie v návaznosti na složení surové vody na vstupu do úpravní, kompletní seznámení se s technologickou linkou a v neposlední řadě plnění legislativních požadavků na výstupu, především vyhlášky č. 252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Voda z vrtů BP-3 a BP-4 svými parametry odpovídá obvyklému složení a charakteru podzemních vod obsahujících zvýšené koncentrace železa a manganu. Železo a mangan byly tudíž hlavním hodnotícím kritériem této práce ve výše uvedeném sledovaném období provozu úpravní vody. Uvedená a použitá data v této práci byla převzata z provozních informací provozovatele úpravní vody.

Umístění nové úpravní bylo vybráno záměrně v blízkosti stávajícího objektu čistírny odpadních vod České Budějovice, tedy v prostoru severního okraje českobudějovické pánve tvořící odtokový profil podzemních vod tekoucích ve směru jih - sever. Dalším důvodem pro toto umístění úpravní byla možnost začlenit provoz ÚV do tzv. ostrovního režimu ČOV. Propojení těchto dvou provozů je ojedinělou záležitostí na území České republiky. Provozu úpravní vody v rámci ostrovního režimu ČOV byla věnována pozornost a jeho vyhodnocení je součástí předpokládané práce.



Obr. 1 – ÚV České Budějovice

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Charakteristické vlastnosti podzemních vod

„Podzemní vody představují tu část podpovrchových vod, které vyplňují dutiny zvodněných hornin. Horninové prostředí vytváří podmínky pro proudění podzemní vody nebo pro její akumulaci pod zemským povrchem a v neposlední řadě ovlivňuje i chemické složení podzemních vod. Podzemní vody ve srovnání s vodami povrchovými mají méně rozkolísané fyzikálně chemické ukazatele (teplota, nepřítomnost kyslíku nebo jeho minimální koncentrace, minimální koncentrace organických látek, mikrobiologické oživení těchto vod je téměř vyloučeno).“¹

Z výše uvedeného vyplývají základní charakteristické vlastnosti podzemních vod. Mají většinou vyšší mineralizaci než vody povrchové, rozkolísání fyzikálně – chemických parametrů je nevýznamné, mají stálou teplotu, neobsahují nebo obsahují jen malé množství kyslíku, vyšší koncentrace CO₂, žádný nebo malý obsah organismů a jejich chemické složení má vazbu na horninové prostředí, které je s podzemní vodou v kontaktu.

1.2 Hydrogeologické podmínky Budějovické pánve

Existence významných zásob podzemní vody v sedimentární výplni Budějovické pánve je známa minimálně od počátku minulého století, kdy byly budovány vrty k jímání technologické vody pro hospodářské účely (pivovary, sirkárna, nemocnice aj.). Od 60. a 70. let se využívání vody postupně rozšířilo i na sféru hromadného zásobování pitnou vodou zejména v okolí Českých Budějovic a do zemědělství. Později, se zprovozněním Vodárenské soustavy Jižní Čechy, se zabezpečení dodávek vody v převážné míře přeorientovalo na nový strategický zdroj – vodní dílo Římov na řece Malši a individuální odběry podzemní vody byly částečně utlumeny.

¹ STRNADOVÁ, N., JANDA, V., *Technologie vody I*, s. 6.

Odhadovaná kapacita přírodního zdroje Budějovické pánve (krystalinické podloží, rozloha cca 280 km², hloubka sedimentů 50 – 340 m) je stanovena na 350 l/s. Vodu využívají prostřednictvím vlastních vrtů například českobudějovické pivovary Budvar a Samson, krajská nemocnice, úpravna vody ve Zlivi. Další vrty v Úsilném a Vidově jsou provozovány k doplňování VSJČ jako spolupracující zdroje.

Pro potřeby náhradního zdroje pro České Budějovice byly vytipovány lokality pro dva nové vrty v katastrálním území Hrdějovice. Vrty zasahují svou hloubkou do průlinově propustných kolektorů svrchnokřídových sedimentů, kde se nachází kvalitní voda vhodná k úpravě na vodu pitnou.

1.3 Jakost a hodnocení surové vody vrtu BP-3 a BP-4

1.3.1 Vrt BP-3

V průběhu roku 2001 došlo k vyhodnocení vody z vrtu BP-3, byl zpracován Návrh úpravy podzemní vody z vrtu Hrdějovice. V úvodu této studie je uvedeno: „Podle rozborů vody dodaných provozovatelem vrtu je podzemní voda ze zdroje BP-3 Hrdějovice velmi kvalitní a ve většině ukazatelů vyhovuje kvalitativním požadavkům na pitnou vodu. Problémem jsou především výrazně vyšší koncentrace Mn, Fe a naopak malá koncentrace vápníku. Celkově vzato, jde o vodu slabě kyselou a celkově velmi málo mineralizovanou. Nespornou výhodou např. také je velmi nízká koncentrace dusičnanů a také relativně nízká hodnota CHSK_{Mn}.

Úpravna vody se tedy musí soustředit na odstranění Fe a Mn za mírného zvýšení pH a koncentrace Ca.“² Základní kvalitativní parametry surové vody z vrtu v průběhu čerpání, jak byly předány objednatelům studie viz tab. 1 str. 10.

² DOLEJŠ, P., MACHULA, T. a PORCAL, P., *Návrh úpravy vody z vrtu Hrdějovice*, s. 3.

Tab. 1 – Základní chemické složení vody - vrt BP-3 – únor, březen 2001

Ukazatel	limitní hodnota	26.2.	1. 3.	8.3.	15. 3.	26.3.
mangan (mg/l)	MH 0,050	0,3	1,47	0,82	0,21	0,27
železo (mg/l)	MH 0,20	6,05	5,7	4,98	4,3	4,5
vápník (mg/l)	DH 40-80 MH 30	16	18	15	19	14
hořčík (mg/l)	MH 10	8,5	7,9	7,9	10,4	12
chloridy (mg/l)	MH 100	2,5	< 3	3	4,25	3,2
hydrogenuhličitaný (mg/l)	-	116	119	113	116	119
sírany (mg/l)	MH 250	9,8	9,6	8,0	12,0	9,0
dusičnany (mg/l)	NMH 50	< 3	4,6	3	< 3	5
celková mineralizace (mg/l)	-	181	192	183	192	196
CHSK _{Mn} (mg/l)	MH 3,0	1,36	1,84	1,92	1,16	1,6
KNK _{4,5} (mmol/l)	DH > 0,8	1,9	1,95	1,85	1,9	1,95
pH (-)	MH 6,5-9,5	6,7	6,78	6,63	6,78	6,7

1.3.2 Vrt BP-4

Vrt BP-4 byl vyhlouben na přelomu let 2003 a 2004 ve vzdálenosti 2,8 km od vrtu BP-3. Materiál zárubnice je AKV (anticoro) průměr 219/211 mm, hloubka vrtu 309 m. Vydatnost vrtu byla stanovena na 50 l/s.

Kvalita surové podzemní vody z tohoto vrtu byla ověřena v rámci hydrogeologického průzkumu vrtu, který probíhal v dubnu 2004, výsledky laboratorních rozborů jsou uvedeny v následující tabulce viz tab. 2 str. 11. Pro srovnání kvality surové vody u vrtu BP-4 jsou uvedeny pouze stejné ukazatele, které jsou prezentované v tab. 1.

Tab. 2 – Základní chemické složení vody - vrt BP-4 – duben, květen, červen 2004

Ukazatel (mg/l)	limitní hodnota	20.4.	27.4.	11.5.	1.6.
mangan (mg/l)	MH 0,050	0,09	0,18	0,15	0,20
železo (mg/l)	MH 0,20	0,30	2,09	0,6	3,8
vápník (mg/l)	DH 40-80 MH 30	11	24,1	17	17
hořčík (mg/l)	MH 10	15,8	9,73	18,2	12,2
chloridy (mg/l)	MH 100	14,6	6,2	4,7	4,9
hydrogenuhličitan (mg/l)	-	113	128	125	119
sírany (mg/l)	MH 250	5,5	<5	<5	<5
dušičnany (mg/l)	NMH 50	20	11,5	13,5	10,5
celková mineralizace (mg/l)	-	199	201	196	186
CHSK_{Mn} (mg/l)	MH 3,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
KNK_{4,5} (mmol/l)	DH > 0,8	1,85	2,1	2,05	1,95
pH (-)	MH 6,5-9,5	7,15	6,80	6,7	6,88

Hodnoty chemických ukazatelů se blíží významně kvalitě vody z vrtu BP-3. Je třeba poznamenat, že při hodnocení mikrobiologických ukazatelů nebyly tyto přítomny.

1.3.3 Hodnocení kvality surové vody obou dvou vrtů

Lze konstatovat, že vody z vrtů BP-3 a BP-4 svým složením odpovídají obdobnému charakteru podzemní vody. Obsah manganu a železa byl vyhodnocen jako přirozený původ z jímacího horninového podloží. Hodnocení úpravy vody z vrtu BP-4 samostatnou studií nebylo tedy nutné a vycházelo se dále ze studie zpracované kolektivem Ing. Petra Dolejše CSc. pro vrt BP-3.

1.4 Výskyt manganu a železa v podzemních vodách

„Železo a mangan se vyskytují v podzemních vodách v rozpuštěné formě jako jednoduché hydratované kationty Fe^{2+} a Mn^{2+} . Železo se v podzemních vodách vyskytuje v koncentracích obvykle do 5 mg/l. Koncentrace manganu bývají nižší,

přičemž mangan zpravidla železo doprovází. Výskyt samotného manganu není obvyklý, i když i takové případy se vyskytují.“³

Zvýšené hodnoty železa a manganu způsobují postupnou oxidací zbarvení vody (rezavost), při vyšších teplotách dochází k zanášení (např. v bojlerech) a zároveň dochází k zarůstání vodovodních řadů. Zarůstání vodovodních řadů způsobuje zmenšení dimenze vodovodního potrubí, které má za následek sníženou průtočnost a může způsobovat problém s dodávkou pitné vody ke konečnému spotřebiteli.

Stanovená přípustná koncentrace je z těchto důvodů dle vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu, určena limitovanou hodnotou **0,2 mg/l pro železo** a **0,05 mg/l pro mangan**. V případě manganu a železa se jedná se o **mezní hodnotu** (MH), kterou se pro účely této vyhlášky v rámci vymezení pojmů rozumí: „Hodnota organoleptického ukazatele jakosti pitné vody, jejích přirozených součástí nebo provozních parametrů, jejíž překročení obvykle nepředstavuje akutní zdravotní riziko. Není-li u ukazatele uvedeno jinak, jedná se o horní hranici rozmezí přípustných hodnot.“⁴ Dále vyhláška upravuje důležitý pojem **nejvyšší mezní hodnoty** (NMH): „Hodnota zdravotně závažného ukazatele jakosti pitné vody, v důsledku jejíhož překročení je vyloučeno použití vody jako pitné, neurčí-li orgán ochrany veřejného zdraví na základě zákona jinak.“⁵ Nejvyšší mezní hodnota se v rámci uvedených rozborů surové vody týká ukazatele dusičnany.

Zdravotní rizika u Fe a Mn prokázány nebyly. Jsou prokázány pouze zhoršené organoleptické vlastnosti vody (chuti a barvy) a tím i snížená přijatelnost pro spotřebitele. U manganu jsou navíc vysokým koncentracím přítomným ve vodě přiřazovány možné degenerativní změny na nervové soustavě.

1.5 Způsoby odželezování a odmanganování

Způsob odstraňování železa a manganu závisí na tom, v jaké formě jsou tyto prvky ve vodě přítomny. Železo může být ve vodě obsaženo jako dvojmocné nebo trojmocné. Dvojmocné je obvykle v iontové formě, trojmocné jako hydroxid železitý.

³ STRNADOVÁ, N., JANDA, V., *Technologie vody I*, s. 198.

⁴ Vyhláška č. 252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů

⁵ Tamtéž.

Mangan se ve vodách vyskytuje většinou spolu s železem a v důsledku redukčního prostředí je zastoupen výhradně ve formě dvojmocné.

1.5.1 Oxidace vzdušným kyslíkem rozpuštěným ve vodě

Přítomné železo se oxiduje rozpuštěným kyslíkem. Touto metodou se odstraní bez problémů železo, ale hůře mangan. Pro odstranění manganu je nutná hodnota $\text{pH} > 8,7$ (v případě použití vzdušeného kyslíku). Hodnotu pH zvyšujeme provzdušňováním, v některých případech, kdy je aerace nedostatečná, je nutno dále alkalizovat např. vápnem. Vyšší hodnota pH zaručuje rychlejší oxidaci především manganu.

K provzdušňování vody se používá např. aerace v mělké vrstvě, kaskádový přepad nebo technologické postupy, které známe spíše z technologie odpadních vod jako je např. jemnobublinná aerace.

Pokud je potřeba odstranit společně se železem zároveň i mangan navrhuje se technologický proces filtrace provzdušněné vody přes zrnitý materiál.

„Společné odželezování a odmanganování jednostupňovým způsobem tj. filtrace provzdušené vody přímo přes vrstvu preparovaného písku, je možné použít pouze pro podzemní vody s nižší koncentrací Fe a Mn (zhruba do 3 mg/l). Při vyšších koncentracích je nutné separovat suspenzi ve dvou stupních (sedimentací a filtrace). Pro jednostupňové odželezování a odmanganování lze použít i dvouvrstvé filtry: v horní hrubozrnné vrstvě dochází k oxidaci a záchytu snadnější oxidovatelného železa, ve spodní preparované vrstvě písku dochází ke katalycké oxidaci a záchytu hydratovaného oxidu manganičitého.“⁶

Z hlediska provozních a investičních nákladů se v posledních letech osvědčily filtrační materiály, které mají vysoké účinky při oxidaci železa a manganu kyslíkem rozpuštěným ve vodě. Filtrační rychlosti jsou vyšší 15 – 16 m/h, k praní je zapotřebí pouze voda, nutnost praní vzduchem u těchto technologických linek zapotřebí není.

⁶ STRNADOVÁ, N., JANDA, V., *Technologie vody I*, s. 199

1.5.2 Oxidace chlorem

I při použití chloru probíhají oxidační reakce železnatých a manganatých iontů značně rozdílnou rychlostí. Oxidace železa chlorem probíhá okamžitě již při pH nižším než 7, zatímco oxidace manganu probíhá obtížně a s dlouhou dobou reakce – optimální hodnota pH > 8.

Při úpravě se do surové vody dávkuje takové množství chloru, které po proběhnutí oxidace zajistí potřebné množství přebytku chloru k hygienickému zabezpečení (v případě, kdy nejsou přítomny organické látky v surové vodě).

1.5.3 Oxidace manganistanem draselným

„Manganistan draselný je velmi silné oxidační činidlo a reakce s železnatými a manganatými ionty je rychlá i v neutrální oblasti pH vody.“⁷

Manganistan draselný je však poměrně drahá chemikálie, a proto se při společném odstranění železa a manganu používá spíše dvoustupňová úprava – v prvním stupni probíhá oxidace železa kyslíkem, voda je dále alkalizována a následně dochází k separaci suspenze v usazovací nádrži. Ve druhém stupni úpravy se odstraňuje převážně mangan a neoxidované železo z prvního stupně oxidací manganistanem.

1.5.4 Oxidace ozonem

„Ozon je nejsilnějším oxidačním činidlem, které oxiduje železo i mangan bez ohledu na pH vody.“⁸

Většímu využití tohoto technologického způsobu odstraňování Fe a Mn v provozech úpraven vod brání příliš vysoké provozní a investiční náklady.

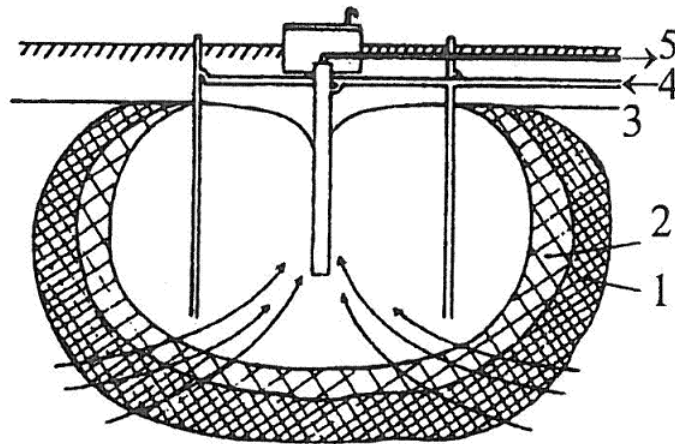
1.5.5 Odželezování a odmanganování v horninovém prostředí (metoda IN SITU)

Výraz „in situ“ znamená - v místě podzemní vody. Již z názvu vyplývá, že se jedná o metodu používanou v místě jímacího vrtu a vychází se z toho, že v podzemní

⁷ STRNADOVÁ, N., JANDA, V., *Technologie vody I*, s. 200

⁸ Tamtéž, s. 201

vodě je pouze nedostatek kyslíku potřebného pro oxidaci železa a manganu. Princip této metody spočívá ve zpětném zasakování provzdušněné vody do horninového prostředí, kde dochází k odstranění manganu a železa. Proces patří mezi metody biochemické. Na úpravě vody se podílejí jak metody čistě chemické, tak zároveň i železité a manganové bakterie. Na následujícím obrázku viz obr. 2 je uveden jeden z možných způsobů této metody.



- 1 zóna srážení a záchytu hydroxidu železitého
- 2 zóna srážení a záchytu oxidu manganičitého
- 3 hladina podzemní vody
- 4 přívod provzdušněné vody do zasakovacích vrtů
- 5 odběr upravené vody po odželezování a odmanganování z jímacího vrtu

Obr. 2 – Systém Vyredox pro odželezování a odmanganování podzemních vod⁹

⁹ STRNADOVÁ, N., JANDA, V., *Technologie vody I*, s. 201

2 NAVRŽENÁ TECHNOLOGIE ÚPRAVNY VODY ČESKÉ BUDĚJOVICE

Surová voda, která byla dle výše uvedených rozborů vyhodnocena jako mimořádně vhodná pro úpravu na vodu pitnou, je z vrtů čerpána do objektu úpravní vody. Vrt BP-3 je umístěn v těsné blízkosti budovy ÚV, vrt BP-4 byl vybudován cca 500 m severně od osady Opatovice. Vzhledem k příznivým geologickým poměrům a hydrologickým podmínkám v pánevní oblasti České Budějovice vykazuje surová voda dlouhodobě vyrovnanou kvalitu. Voda není zdravotně závadná, pouze některé ukazatele, především Fe a Mn vykazují zvýšené hodnoty, a proto musí být z vody odstraňovány. Úprava spočívá v kombinaci fyzikálně-chemických postupů, které jsou zaměřeny na snížení koncentrací železa a manganu a úpravu vody do vápenato-uhličitanové rovnováhy. Finálním stupněm úpravy je pak hygienické zabezpečení.

Investorem a majitelem stavby nové úpravní vody je Statutární město České Budějovice, provozovatelem je 1. JVS a.s., České Budějovice.

2.1 Základní projektované parametry stavby

Stavba umožňuje realizovat náhradní zásobování města České Budějovice pitnou vodou v maximálním množství 80 l/s. Tento výkon zařízení je dán povoleným souběžným odběrem podzemní vody z vrtů BP-3 a BP-4, který vychází z hydrogeologického posouzení.¹⁰ Na tento maximální odběr je stavěna i technologická linka úpravní vody a kapacita dalších souvisejících staveb.

Vzhledem k tomu, že se jedná o stavbu, jejíž účel má splňovat požadavky na provoz i za mimořádných situací v zásobování pitnou vodou, projektované řešení zohledňuje jak povodňovou situaci v roce 2002 (ochrana staveb před zaplavením), tak rovněž i nezávislý provoz v režimu tzv. ostrovního provozu (el. napájení úpravní vody z kogeneračních jednotek ČOV České Budějovice).

¹⁰ ČURDA, S., *BP-4 Hrdějovice, Optimalizace odběrů podzemní vody, prognóza vlivu projektovaných odběrů, uplatnění institutu minimální hladiny, posouzení možnosti časově omezeného maximálního odběru podzemní vody*

Úpravna vody může být provozována ve třech možných režimech:

1. **standardní** – voda je čerpána z vrtu BP-4 a výkon úpravny je 50 l/s.
2. **minimální** – voda je čerpána pouze z vrtu BP-3 a výkon úpravny je 26 l/s.
3. **maximální** – v případě zvýšené potřeby zásobování města Č. Budějovice, voda je čerpána z obou vrtů (BP-3 a BP-4) a úpravna pracuje na maximální výkon 80 l/s.

2.2 Navržený způsob odstraňování Fe a Mn na ÚV České Budějovice

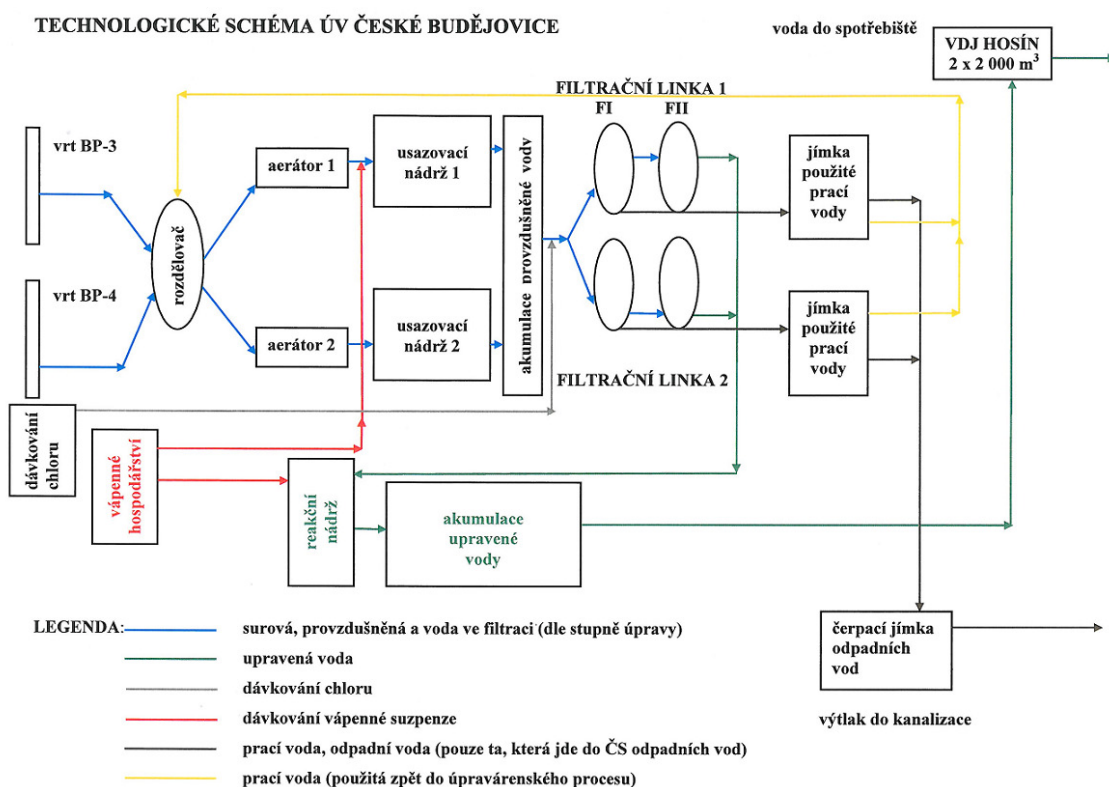
Z výše uvedených způsobů v podkapitole 1.5 a v souvislosti s vyššími koncentracemi (nad 3 mg/l) Fe a Mn byla navržena dvoustupňová úprava - separace suspenze (sedimentace formou usazování) s následnou filtrací (I. a II. stupně). V prvním stupni úpravy se jedná se o metodu odželezování, kdy je voda alkalizována a provzdušňována a následně dochází k separaci suspenze - sedimentací, druhý stupeň úpravy zahrnuje uzavřené tlakové filtry s náplněmi písku, antracitu a pyrolusitu. Přesný popis odstranění železa a manganu je uveden v podkapitole 2.3 v rámci popisu celé technologické linky úpravny vody.

2.3 Technologická linka ÚV

Surová voda čerpaná z obou vrtů je smíchána, následně rovnoměrně rozdělena na dvě paralelní linky úpravy, každá s maximální kapacitou 40 l/s.

Celý technologický soubor úpravy vody pracuje plně automaticky. Obsluha úpravny provádí pouze doplňování chemikálií, kontrolu zařízení a základní provozní chemickou kontrolou.

2.3.1 Technologické schéma ÚV



Obr. 3 – Technologické schéma

2.3.2 Aerace, usazovací nádrže

Na začátku technologické linky je voda alkalizována vápenným mlékem a intenzivně provzdušněna (odvětrávání volného oxidu uhličitého). Surová voda po provzdušnění natéká gravitačně do otevřených usazovacích nádrží, kde dochází k částečnému oddělení podílu vysrážených (trojmocných) forem železa, které v usazovacích nádržích sedimentují. Odsazená voda je dále čerpána na tlakové filtry.

Odkalení usazovacích nádrží je provedeno pomocí děrovaných odběrných trubek osazených v armaturní komoře. Odběry kalu jsou napojeny na společné odpadní nerezové potrubí ústící do čerpací jímky odpadních vod.



Obr. 4 – Provzdušnění ÚV České Budějovice

2.3.3 Filtrace

Množství vody přiváděné na filtrační linky je možno plynule měnit v rozmezí 10 – 40 l/s.

Tlakové filtry jsou uspořádány do dvou separačních stupňů (I. a II.). V prvním filtračním stupni je vícevrstvý pískový filtr pro zachycení železa prošlého usazovacími nádržemi. Filtr je tvořen vrstvami písku a antracitu. Druhý filtrační stupeň je vícevrstvý filtr, kromě vrstev písku a antracitu obsahuje ještě speciální vrstvu minerálu tzv. pyrolusitu (oxid manganitý) pro odstranění manganu. Oxidace manganu je prováděna chlоровou vodou, která se dávkuje na přítok filtrů. V druhém filtračním stupni dojde i k odstranění stopových koncentrací železa, které mohou unikát na konci filtračních cyklů z prvního stupně úpravy.

Praní zanesených tlakových filtrů je prováděno odsazenou provzdušněnou vodou. Odpad prací vody z jednotlivých filtrů je zaveden do odtokových kanálů, které jsou zaústěny do příslušných usazovacích jímek použité prací vody. Odsazená prací voda je vrácena na přítok do surové vody.

Prací voda z filtrů ve standardním a minimálním režimu se vrací do úpravárenského procesu, ve třetím možném režimu tj. maximálním se nevrací a jde do odpadu. Kapacita procesních čerpadel, která čerpají vodu z usazovací nádrže na filtry je 2 x 40 l/s. Pokud bychom vraceli prací vodu z filtrů i ve 3. režimu, překročili bychom kapacitu nádrže odsazené vody a došlo by k jejímu přelití. Musí být zachována rovnováha mezi maximálním povoleným čerpaným množstvím tj. 80 l/s z vrtů vůči maximální kapacitě úpravny vody.



Obr. 5 – I. a II. stupeň filtrace ÚV České Budějovice

2.3.4 Reakční nádrž, akumulace upravené vody

Přefiltrovaná voda je dále ztvzována přidavkem vápenného mléka a oxidu uhličitého (možná varianta) v reakční nádrži o objemu 50 m³. Odtud voda natéká do akumulace upravené vody o objemu 190 m³. Obě nádrže jsou vybaveny odkalovacím potrubím, akumulace upravené vody rovněž bezpečnostním přelivem.

2.3.5 Čerpání upravené vody

Do výtlačku upravené vody do VDJ Hosín I je přidávána chlоровá voda pro finální dezinfekci. Ve vodojemu Hosín I se voda z úpravny mísí s vodou z Vodárenské soustavy Jižní Čechy v poměru, který je dán aktuálním výkonem úpravny a spotřebou vody ve městě.

2.3.6 Odpadní vody na ÚV České Budějovice

Odpadní vody, které na úpravně vody vznikají, jsou čerpány výtlačným potrubím zaústěným na přítok odpadní vody do nedaleké ČOV České Budějovice. Jedná se o kaly z usazovacích nádrží, praní filtrů a komunální odpadní vody ze sociálního zařízení úpravny vody.

3 VYHODNOCENÍ PROVOZU ÚPRAVNY VODY (LEDEN - PROSINEC 2009)

3.1 Požadavky na prokázání funkčnosti ÚV

Celková funkčnost stavby se sledovala v průběhu roku 2009, splnění projektem navržených kvantitativních i kvalitativních parametrů a jejích dílčích zařízení a součástí.

Vyhodnocení provozu bylo zaměřeno na posouzení:

1. Spolehlivého provozu zařízení úpravní vody a dalších souvisejících staveb v rozmezí výkonů 15 – 80 l/s (dáno technickými parametry čerpadel ve vrtech a výše uvedenými hydrogeologickými limity).
2. Kvality upravené vody, která by měla odpovídat požadavkům Ministerstva zdravotnictví ČR č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.
3. Úpravy vody a dodávku do sítě města v době mimořádného výpadku elektrického proudu z trafostanice vysokého napětí 22 kV, ze které je napájena ČOV a ÚV České Budějovice.

3.2 Výkon ÚV

Během ročního provozu se množství upravované vody měnilo v závislosti na potřebě ověřit různá zatížení jednotlivých technologických stupňů a v závislosti na aktuálních možnostech distribuce vyrobené vody do vodovodní sítě. Čerpanému množství zadanému v řídicím PC úpravní se automaticky přizpůsobuje provoz technologické linky.

Dne 10. 6. 2009 proběhla 8 hodinová čerpací zkouška, kdy v souběhu obou vrtů 71,5 l/s (BP-3; 20,5 l/s a BP-4; 51,0 l/s) bylo dosaženo maximálního přítoku surové vody do ÚV. Toto množství bylo nižší, než je max. uvažováno (max. 80 l/s). Je však nutné zmínit, že záměrně nebylo přistoupeno k účelovému zaklesnutí hladiny spodní vody ve vrtech pod doporučenou bezpečnou mez, kdy se automaticky plynule snižuje

výkon čerpadla ve vrtu (minimalizace negativního ovlivnění dalších odběratelských subjektů v pánvi). Pro příklad jsou uvedeny okolní využívané jímací vrty: HV-2a hluboký 300,0 m a DB-22a hluboký 312,0 m. Oba vrty jsou ve vlastnictví firmy Budvar s.p.. Dále pak je využíván vrt HP-VI Opatovice hloubky 314,0 m a ještě řada dalších. Všechny sledované objekty vrtů se nachází do vzdálenosti 9 km od stávajícího vrtu BP-4.

V reálné situaci, při potřebě nejvyšších dodávek vody, by bylo z vrtů souběžně čerpáno maximálně stanovené množství bez ohledu na ostatní odběratele.

V průběhu ročního provozu bylo maximálních povolených množství dosaženo v jednotlivých vrtech odděleně. Z vrtu BP-3 bylo čerpáno max. množství 25 l/s ve dnech 3. 6. - 7. 6. 2009. Dále bylo čerpáno z vrtu BP-4 maximum 50 l/s ve dnech 6. 5. – 30. 5. a 10. 6. 2009. Doporučenou bezpečnou hladinu pro snížení výkonu čerpadla ve vrtech je možno v mimořádných situacích měnit.

V období leden – prosinec 2009 bylo do vodovodní sítě města Českých Budějovic dodáno **celkem 1 041 376 m³** upravené vody viz tab. 3.

Tab. 3 - Množství surové, upravené a odpadní vody v m³ na ÚV České Budějovice
(leden – prosinec 2009)

období	surová voda z vrtů BP-3 + BP 4	upravená voda	odpadní voda
01/2009	17 172	0	0
02/2009	80 948	79 446	2 608
03/2009	102 829	101 196	3 282
04/2009	66 088	66 574	1 079
05/2009	118 620	118 743	1 037
06/2009	98 436	97 397	1 189
07/2009	83 237	83 549	1 173
08/2009	86 945	86 456	1 089
09/2009	82 822	83 568	1 036
10/2009	115 964	115 971	1 154
11/2009	105 878	106 019	958
12/2009	103 416	102 457	1 804
CELKEM	1 062 355	1 041 376	3 282

Odpadní voda je prakticky výlučně tvořena technologickými vodami, které vznikají v separačních stupních – usazovacích nádržích a filtrech. Její podíl odvedený

na ČOV představuje ve srovnání s vodou dodanou do vodovodní sítě **cca 1,6%**. Tento údaj je velmi nízký ve srovnání s běžnými údaji na jiných úpravnách (3 – 6%). Je to dáno tím, že většina znečištěné prací vody je, po odsazení suspendovaných látek v jímkách odpadních vody, vrácena zpět do procesu úpravy a využita stejně jako voda surová, jak bylo uvedeno na str. 20 v oddílu 2.3.3.

3.3 Vyhodnocení kvality surové a upravené vody

V rámci ročního provozu probíhalo hodnocení kvality vody ve třech úrovních. Prvním bylo on-line sledování z ASŘTP, druhým byly denní kontrolní rozborů prováděné obsluhou ÚV a třetím sledováním byly týdenní rozborů provozovatele ve své akreditované laboratoři.

3.3.1 Kvalita surové vody

Kvalitativní parametry surové vody u vrtů BP-3 a BP-4 se v průběhu provozu ÚV lišily. Hodnoty ukazatelů při provozu byly nižší, jak je uvedeno v tab. 4.

Tab. 4 – Základní ukazatele surové vody v průběhu ročního provozu 2009

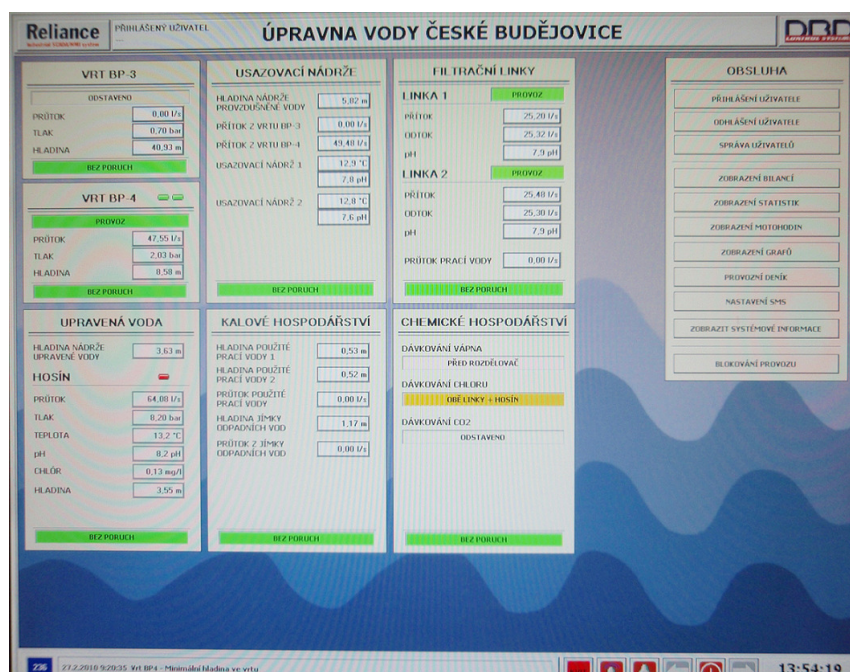
parametr	jednotka	BP-3	BP-4
mangan	mg/l	0,30 – 0,34	0,09 – 0,12
železo	mg/l	5,3 – 6,3	3,4 – 4,0
vápník	mg/l	9,6 – 12,0	13,0 13,1
hořčík	mg/l	8,0 – 9,1	7,5 – 9,9
chloridy	mg/l	< 0,5	< 0,5
sírany	mg/l	7 - 22	15 – 22
duičnany	mg/l	< 1,0	< 1,0
CHSK _{Mn}	mg/l	0,3 – 1,0	0,3 – 0,8
pH	mg/l	6,6 – 6,9	6,9 – 7,2

Rozborů vody provedl provozovatel úpravný ve své akreditované laboratoři.

Z hodnot uvedených v tabulce je zřejmé, že pravidelným odběrem podzemní vody z vrtů se kvalita vody ustálila. Zejména se jedná o ukazatele manganu, železa a dusičnanů, kde byly zaznamenány nižší hodnoty oproti hodnotám získaným při čerpacích zkouškách v průběhu hydrogeologického průzkumu.

3.3.2 První úroveň sledování

On-line sledování vybraných kvalitativních ukazatelů, jako součást automatického řízení provozu úpravný vody (ASŘTP) viz obr. 6. Konkrétně se jednalo o měření pH a teploty vody za usazovacími nádržemi, za I. stupněm filtrace a v upravené vodě a dále o měření celkového chloru v upravené vodě a ve VDJ Hosín I.



Obr. 6 – Vizualizace z ÚV z ASŘTP

3.3.3 Druhá úroveň sledování

Provozní kontrola prováděná **denně** obsluhou úpravný vody ve vzorcích surové vody, upravené vody a za jednotlivými technologickými stupni. Rozbory byly prováděny pomocí testů mobilní analytiky (sortiment rychlých screeningových testů) v rozsahu ukazatelů mangan, železo a celkový chlór.

3.3.4 Třetí úroveň sledování

Laboratorní kontrola v akreditované laboratoři 1. JVS a. s. jedenkrát **týdně** podle plánu kontroly, který vychází z požadavků prováděcí vyhlášky zákona o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu č. 428/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

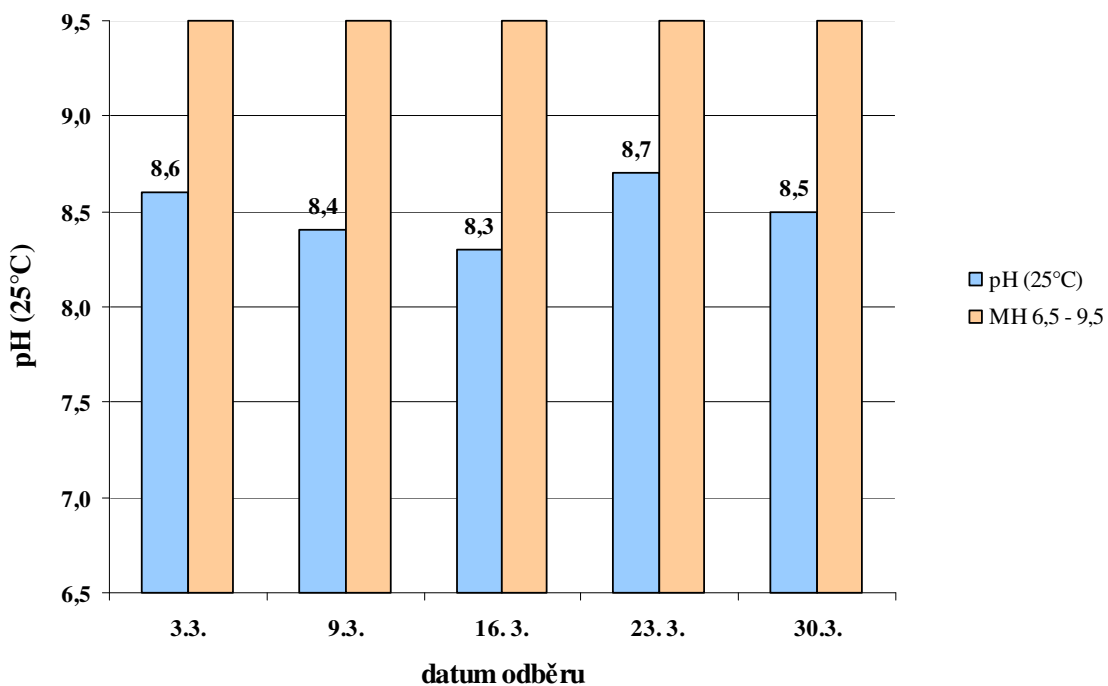
3.3.5 Konkrétní případ vyhodnocení rozborů upravené vody

O účinnosti technologie použité na úpravně vody České Budějovice svědčí hodnoty ukazatelů pH, Mn a Fe za měsíc březen 2009 uvedené v tab. 5

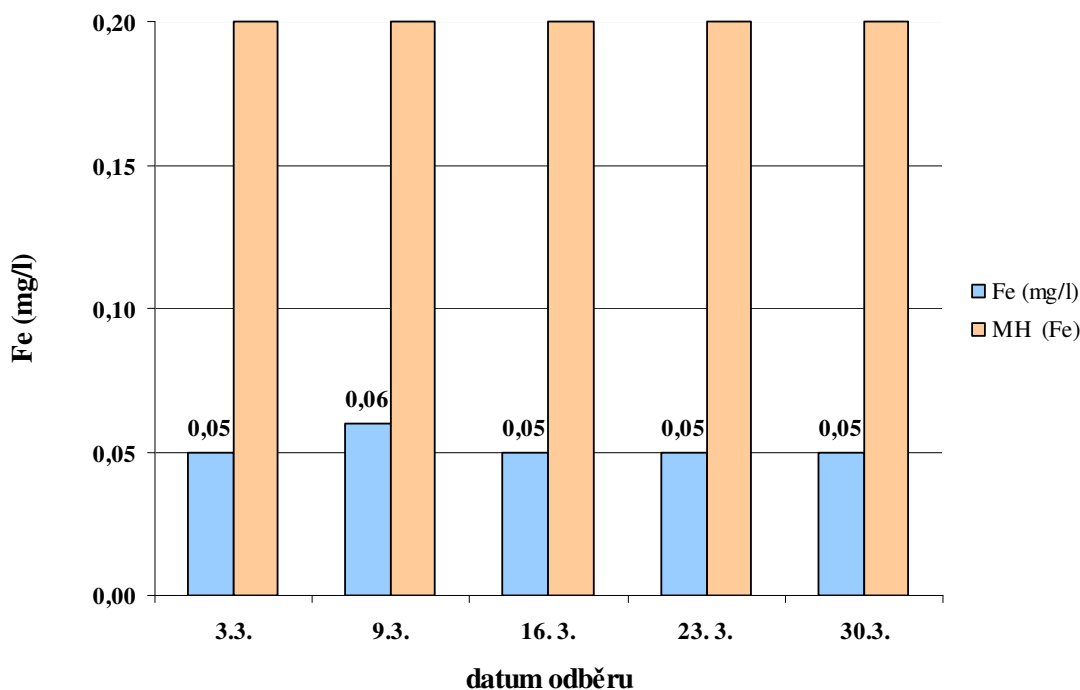
Tab. 5 - Okamžité hodnoty naměřených ukazatelů v měsíci březnu 2009

parametr	3. 3.	9. 3.	16. 3.	23. 3.	30. 3.
pH (25°C)	8,6	8,4	8,3	8,7	8,5
Mn (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fe (mg/l)	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05

Výsledky byly vyhodnoceny ve vztahu k přípustným koncentracím ukazatelů dle vyhlášky 252/2004 Sb. viz obr. 7 a obr. 8 str. 27.



Obr. 7 – Naměřené hodnoty pH (25°C)



Obr. 8 – Naměřené hodnoty koncentrace Fe

Z obr. 7 str. 26 a obr. 8 je zřejmé, že úpravna vody splňovala dosažené požadované parametry v dostatečném zabezpečení po dobu celého měsíce března 2009. Obdobný průběh by bylo možné znázornit pro další měsíce. Koncentrace manganu v upravené vodě graficky znázorněné nejsou, jelikož nalezené koncentrace manganu v upravené vodě byly pod mezí stanovitelnosti (0,05 mg/l) metody používané v laboratoři 1. JVS a.s..

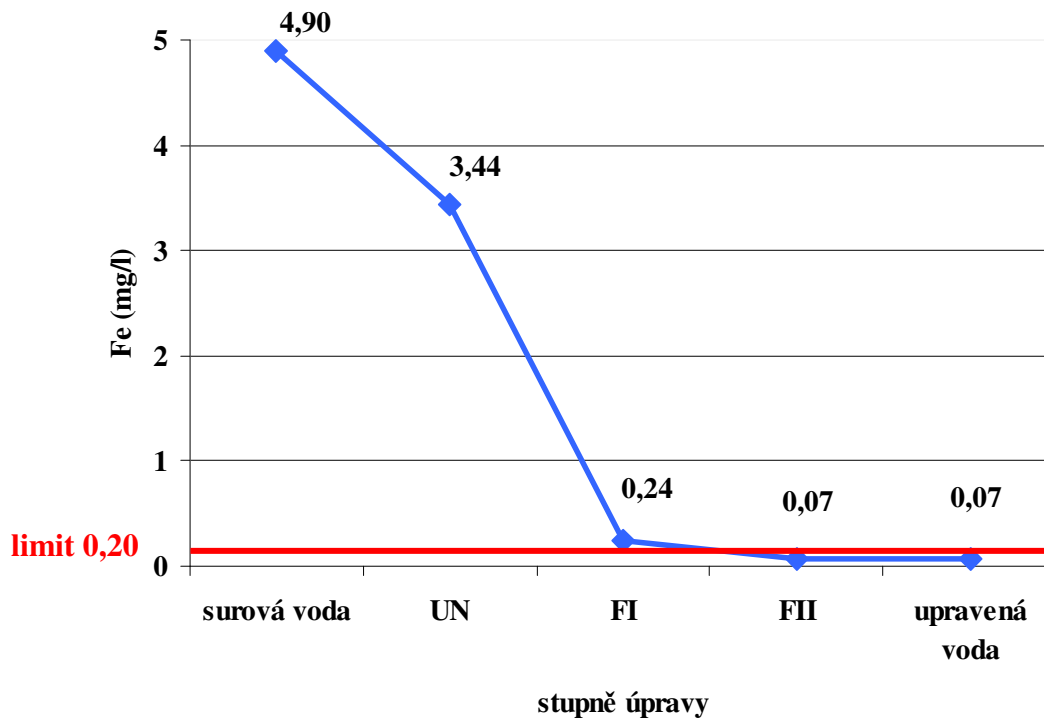
Vyhodnocení rozborů tedy jasně dokazuje soulad s vyhláškou 252/2004 Sb. při dosahování koncentrací limitů upravené vody.

3.3.6 Průměrné koncentrace hlavních ukazatelů Fe a Mn na jednotlivých stupních úpravy (leden – prosinec 2009)

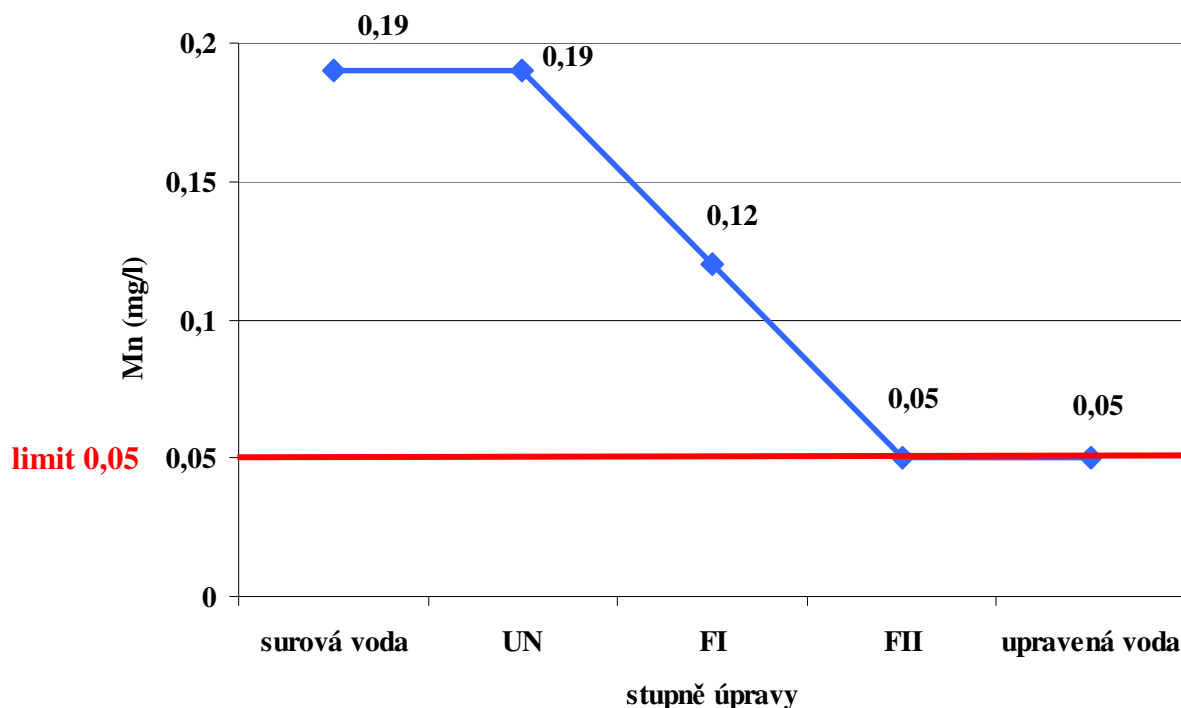
Na následujících obrázcích jsou znázorněny průměrné koncentrace hlavních ukazatelů – železa a manganu viz obr. 9 str. 28 a 10 str. 29 v celém sledovaném období provozu na jednotlivých stupních úpravy.

Tab. 6 – Vyhodnocení koncentrace Fe a Mn (minima, maxima a průměr)
v období leden - prosinec 2009

stupně úpravy	Fe (mg/l)			Mn (mg/l)		
	min.	max.	průměr	min.	max.	průměr
surová voda	1,70	8,00	4,90	< 0,05	0,73	0,19
UN	1,80	5,00	3,44	< 0,05	0,73	0,19
FI	0,05	1,10	0,24	< 0,05	0,35	0,12
FII	0,05	0,36	0,07	< 0,05	< 0,05	< 0,05
upravená voda	0,05	0,42	0,07	< 0,05	< 0,05	< 0,05



Obr. 9 - Průměrné koncentrace Fe za jednotlivými technologickými stupni
(leden – prosinec 2009)



Obr. 10 – Průměrné koncentrace Mn za jednotlivými technologickými stupni
(leden - prosinec 2009)

K uvedeným koncentracím manganu 0,05 mg/l viz obr. 10 na stupni úpravy FII a upravená voda je nutno doplnit, že naměřené hodnoty manganu byly ve většině případů menší než je mez stanovitelnosti (0,05 mg/l) metody laboratoře 1. JVS a.s.. Laboratoř tak ve svých protokolech uvádí hodnotu < 0,05 mg/l.

Obrázky 9 str. 28 a obr. 10 názorně představují výrazné snížení hodnot koncentrace železa až na I. stupni filtrace. Oproti očekávaným předpokladům se v průběhu ročního provozu prokázala nízká účinnost usazovacích nádrží. Separáční účinnost je 29,8% na usazovacích nádržích, 95,1% na I stupni filtrace a 98,6% na II filtračním stupni. Separáční účinnost je u jednotlivých stupňů vypočtena vždy ke stupni surové vody. V porovnání s obdobnými provozu úpraven vod, kde dochází k odstranění železa touto metodou lze předpokládat, že pokud by byly hodnoty železa v surové vodě vyšší (např. 15 mg/l), účinnost odstranění železa v usazovacích nádržích by se zvýšila, protože koncentrace separované suspenze by byla větší a v důsledku toho by byla větší i usazovací rychlost.

3.3.7 Vyhodnocení rozborů upravené vody

Hodnoty uvedené viz obr. 9 str. 28 a obr. 10 str. 29 charakterizují možnosti úpravní vody ve sledovaném období provozu. Je nutno zdůraznit, že po celou dobu provozu a při všech režimech provozování technologické linky, docházelo k překročení mezních hodnot obou ukazatelů v upravené vodě zcela ojediněle a neměly v žádném případě vliv na celkovou vysokou účinnost procesu úpravy.

Kromě odstranění železa a manganu je dalším výsledkem úpravy surové vody zvýšení pH, obsahu vápníku a hydrogenuhličitanových iontů do té míry, která minimalizuje případné hygienické závady v distribuční síti z důvodu koroze litinových řadů. Od okamžiku spuštění úpravní vody nebyla zaznamenána změna v počtu nevyhovujících rozborů vzorků provedených na síti (zákal, železo), které byly nadále na velice nízké úrovni (výskyt < 3%).

Vysoká kvalita upravené vody z hlediska chemických ukazatelů se promítá i do mikrobiologického hodnocení upravené vody. Běžná koncentrace celkového chloru na výstupu z úpravní je udržována v rozmezí 0,2 – 0,3 mg/l. Následné hygienické zabezpečení je dále na vodojemu Hosín I.

3.4 Provoz ÚV v ostrovním režimu

Jedním z mnoha důvodů realizace úpravní vody jako náhradního zdroje byla územní blízkost s ČOV České Budějovice a tudíž možnost začlenění provozu úpravní vody do tzv. ostrovního režimu, který je na ČOV zaveden. V praxi to znamená vytvoření podmínek pro ustálený provoz kogeneračních jednotek a pro spotřebu přebytečné energie vyrobené v KGJ na úpravně vody.

V průběhu provozu úpravní vody byl ostrovní provoz ověřován dvakrát. Ze zkoušek provedených ve dnech 16. 3. 2009 a 5. 11. 2009 vyplynulo, že základním problémem ostrovního provozu je stabilizace napětí el. soustavy v momentu připojení spotřebičů. Z tohoto důvodu je potřebné zajistit postupné zvyšování počtu připojovaných strojů k docílení požadovaného příkonu jak na straně ČOV, tak na straně ÚV. Pokud je již provoz úpravní vody stabilizován, pak provoz dvou KGJ umožní postupný náběh dalších důležitých částí ČOV nezbytných pro tvorbu bioplynu

v mechanickém čištění a kalovém hospodářství. Při optimálním průběhu ostrovního provozu je možné provozovat technologickou linku ÚV s čerpáním surové vody z vrtu BP-3 a dopravou upravené vody do VDJ Hosín I. Otázka provozu druhého vrtu BP-4 je vázána na rozsah výpadku dodávky el. energie. Vrt je napájen z jiné části přenosové soustavy a jeho nouzový provoz je možný i po připojení diselagregátu (v rámci operativy krizových složek Magistrátu města České Budějovice).

4 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

4.1 Investiční náklady, financování stavby

Základní členění a výše investičních nákladů týkajících se realizace stavby úpravny vody České Budějovice je rozděleno na objekt úpravny vody a související objekty viz tab. 7.

Tab. 7 – Celkové investiční náklady stavby

Investiční náklady	cena bez DPH	DPH 19%	cena celkem vč. DPH
OBJEKT ÚPRAVNY VODY			
Stavební část	38 226 898 Kč	7 263 111 Kč	45 490 009 Kč
Technologická část	44 909 666 Kč	8 532 837 Kč	53 442 503 Kč
Vedlejší rozpočtové náklady	4 081 190 Kč	775 426 Kč	4 856 616 Kč
Celkem - část ÚV	87 217 754 Kč	16 571 373 Kč	103 789 127 Kč
SOUVISEJÍCÍ OBJEKTY			
Výtlačný řad surové vody	36 146 084 Kč	6 867 756 Kč	43 013 840 Kč
Výtlačný řad surové vody - kanalizace a ČOV Opatovice	10 690 862 Kč	2 031 264 Kč	12 722 126 Kč
Výtlačný řad upravené vody	18 532 562 Kč	3 521 187 Kč	22 053 749 Kč
Celkem - související objekty	65 369 508 Kč	12 420 207 Kč	77 789 715 Kč
CENA CELKEM	152 587 262 Kč	28 991 580 Kč	181 578 842 Kč

Uvedená hodnota DPH 19% je dle platné legislativy zákona o dani z přidané hodnoty v době termínu realizace díla tj. rok 2007 a 2008.

Statutární město České Budějovice získalo na tuto stavbu dotaci ve výši 45 mil. Kč (vč. DPH) z Ministerstva zemědělství ČR. Celkový vlastní podíl investičních nákladů investora stavby byl **136 578 842,- Kč** (vč. DPH) tj. 75% celkových investičních nákladů.

4.2 Roční provozní náklady úpravny vody

Nákup vody (poplatek státu za odběr podzemní vody) 2 Kč/m ³	
2 x 1 062 355 m ³	2 124 710,- Kč
Spotřeba chemikálií	404 974,- Kč
Ostatní přímý materiál	
- ve sledovaném období, vzhledem k záruční době na ÚV, nebyl žádný	
Přímé mzdy	154 440,- Kč
Nájem městu	5 833 333,- Kč
Vzorky (laboratoř)	160 190,- Kč
Náklady na likvidaci odpadu	36 250,- Kč
Opravy a údržba	
- ve sledovaném období, vzhledem k záruční době na ÚV, nebyly žádné	
Ostatní přímé náklady	
(telefon zaměstnance, pohonné hmoty, úklid, reklamační řízení)	40 000,- Kč
Centrálně poskytované služby	40 000,- Kč
Režijní náklady	104 138,- Kč
Spotřeba energií	1 559 782,- Kč
<hr/>	
CELKEM	10 457 417,- Kč

roční provozní náklady (Kč) / množství vyrobené vody (m³) =

= náklady na 1 m³ vyrobené vody (Kč)

10 457 417 Kč / 1 041 376 m³ = 10,04 Kč

Náklady na 1 m³ vyrobené vody činí 10,04 Kč.

V porovnání s velikostně obdobnými provozy úpraven vod, kde se provozní náklady na 1 m³ vyrobené vody pohybují v rozmezí 10,- až 15,- Kč, se náklady na 1 m³ vyrobené vody na ÚV České Budějovice pohybují spíše na spodní hranici uvedeného intervalu.

Údaje o provozních nákladech jsou převzaté z ekonomické evidence provozovatele a jsou uvedeny bez DPH.

ZÁVĚR

Provoz úpravný vody a dalších souvisejících staveb je možné hodnotit jako úspěšný. Celý systém včetně souvisejících vrtů a výtlačných řadů prokázal jako celek předpoklady pro standardní fungování v rámci vodovodu České Budějovice.

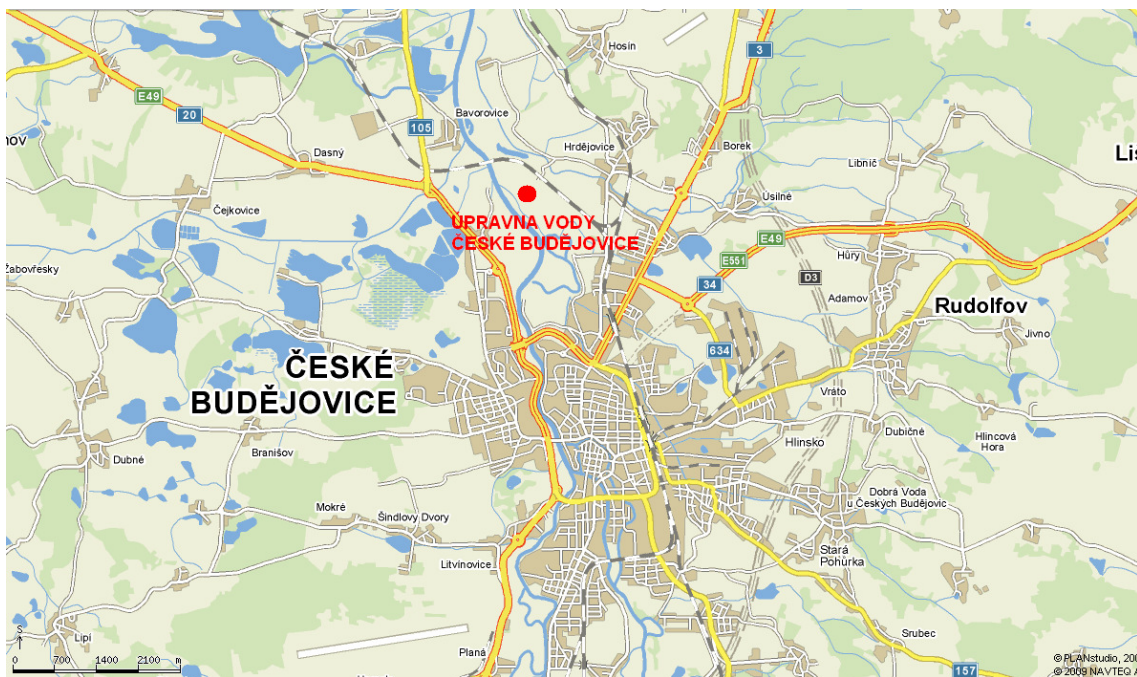
V průběhu provozu lze režimy kombinovat (mimo havarijního). Během ročního provozu byl ověřen nejvhodnější způsob provozování úpravný - tj. standardní. Vychází se z jímaného množství vody, spotřeby chemikálii na úpravně a kvality upravené vody.

Technologická linka ÚV dokáže spolehlivě zvládnout úpravu vody v širokém rozmezí výkonů až do 80 l/s. Využití maximálního výkonu je omezeno časově a připadá v úvahu jen v době mimořádných okolností. Optimální dlouhodobý výkon úpravný vody je 50 l/s, je však možno volit i výkony nižší, až do úrovně technického minima provozu čerpadel ve vrtech (tj. 15 l/s).

Kvalita upravené vody splňuje všechna kritéria podle platné české legislativy. V tomto ohledu zařízení úpravný umožňuje účinně nastavit technologické parametry, které se přizpůsobí aktuální situaci a provozním požadavkům.

V době výpadku el. proudu z vnější přenosové soustavy je možné úpravu vody provozovat v ostrovním režimu. Základním předpokladem je dostatek bioplynu pro pohon kogeneračních jednotek na čistírně odpadních vod.

Provozní náklady za uvedené období byly vyhodnoceny jako velmi dobré v porovnání s úpravami obdobných velikostí.



Obr. 11 – ÚV České Budějovice – umístění vodohospodářského díla

ANOTACE

Příjmení a jméno autora:	Miluše Švecová
Instituce:	Moravská vysoká škola Olomouc
Název práce v českém jazyce:	Úpravna vody České Budějovice - statistické a ekonomické vyhodnocení
Název práce v anglickém jazyce:	Water Treatment Plant České Budějovice – The Statistical and Economic Evaluation
Vedoucí práce:	Doc. Ing. Nina Strnadová, CSc.
Počet stran:	40
Počet příloh:	0
Rok obhajoby:	2010
Klíčová slova v českém jazyce:	úpravna vody, surová voda, upravená voda, technologická linka, provozní náklady
Klíčová slova v anglickém jazyce:	water treatment plant, raw water, purified water, technology line, operating costs

Bakalářská práce komplexně zhodnocuje novou úpravnu vody v Českých Budějovicích. S ohledem na kvalitu surové vody se zaměřuje na vhodný výběr úpravárenských technologií. Z laboratorních výsledků upravené vody vyhodnocuje především odstranění železa a manganu ve vztahu k vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Dále je součástí práce vyhodnocení rozborů vody po jednotlivých stupních

úpravy. Ve vztahu ke stávajícímu režimu úpravny vody je zpracovaná ekonomická rozvaha, která obsahuje investiční a provozní náklady.

Bachelor thesis comprehensively assesses the new water treatment plant in České Budějovice. With regard to the quality of raw water is focused on the selection of appropriate processing technologies. The laboratory results evaluated primarily treated water remove iron and manganese in relation to Decree No. 252/2004 Coll., laying down the health requirements for drinking water and hot water and the frequency and extent of control of drinking water. It is part of the job evaluation analysis of water for each stage of treatment. In relation to the existing system of water treatment plant is treated economic balance, which includes investment and operating costs.

LITERATURA A PRAMENY

- ČURDA, Stanislav. *Optimalizace odběrů podzemní vody, prognóza vlivu projektovaných odběrů, uplatnění institutu minimální hladiny, posouzení možnosti časově omezeného maximálního odběru podzemní. PROGEO., Praha, 2005*
- DOLEJŠ, Petr., MACHULA, Tomáš, a PORCAL Petr. *Návrh úpravy podzemní vody z vrtu Hrdějovice, 2001*
- HOMOLKA, Marcel. *Zpráva o hydrogeologickém průzkumu – České Budějovice – náhradní a doplňkové zdroje pitné vody – severní část průzkumný vrt BP-4. Hydroprůzkum, 2004*
- KOŽÍŠEK, František, KOS, Jiří, a PUMANN Petr: *Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství. Praha: SOVAK, 2006*
- MALÝ, Josef, MALÁ, Jitka. *Chemie a technologie vody. 2. doplněné vyd. Brno:Ardec, 2006. ISBN 80-56020-50-9*
- PITTER, Pavel. *Hydrochemie.4. vyd. Praha: VŠCHT 2009. ISBN 978-80-7080-701-9*
- PROVOZNÍ INFORMACE A EVIDENCE provozovatele ÚV České Budějovice
- PROVOZNÍ ŘÁD pro zkušební provoz, EKO EKO, 2008
- STRNADOVÁ, Nina, JANDA, Václav. *Technologie vody I. 2. přeprac. vyd. Praha: VŠCHT, 1999. ISBN 80-7080-348-7*
- VYHLÁŠKA č. 252/2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody
- 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)
- ZÁKON č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ASŘTP	automatický systém řízení technologických procesů
ČOV	čistírna odpadních vod
FI	filtrační stupeň I
FII	filtrační stupeň II
CHSK _{Mn}	chemická spotřeba kyslíku manganistanem
KGJ	kogenerační jednotka
MH	mezní hodnota
NMH	nejvyšší mezní hodnota
ÚV	úpravna vody
UN	usazovací nádrž
VSJČ	Vodárenská soustava Jižní Čechy

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - ÚV České Budějovice	7
Obr. 2 - Systém Vyredox pro odželezování a odmanganování podzemních vod	15
Obr. 3 - Technologické schéma	18
Obr. 4 - Provzdušnění ÚV České Budějovice	19
Obr. 5 - I. a II. stupeň filtrace ÚV České Budějovice	20
Obr. 6 - Vizualizace z ÚV z ASŘTP	25
Obr. 7 - Naměřené hodnoty pH (25°C)	26
Obr. 8 - Naměřené hodnoty koncentrace Fe.....	27
Obr. 9 - Průměrné koncentrace Fe za jednotlivými technologickými stupni (leden – prosinec 2009)	28
Obr.10 - Průměrné koncentrace Mn za jednotlivými technologickými stupni (leden - prosinec 2009)	29
Obr.11 – ÚV České Budějovice – umístění vodohospodářského díla.....	34

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Základní chemické složení vody - vrt BP-3 – únor, březen 2001	10
Tab. 2 - Základní chemické složení vody - vrt BP-4 – duben, květen, červen 2004 ...	11
Tab. 3 - Množství surové, upravené a odpadní vody v m ³ na ÚV České Budějovice (leden – prosinec 2009)	23
Tab. 4 - Základní ukazatele surové vody v průběhu ročního provozu 2009.....	24
Tab. 5 - Okamžité hodnoty naměřených ukazatelů v měsíci březnu 2009	26
Tab. 6 - Vyhodnocení koncentrace železa a manganu (minima, maxima a průměr) v období leden - prosinec 2009	28
Tab. 7 - Celkové investiční náklady stavby	32