

**MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2010**

**Vladimír Urban**

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC

Ústav managementu a marketingu

Vladimír Urban

**Ekonomické a technologické zhodnocení provozu úpravny  
pitné vody Horka**  
**Economic and Technological Evaluation of Water Treatment  
Plants Horka**

Bakalářská práce

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

Olomouc 2010

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené informační zdroje.

Praha .....

Děkuji mé vedoucí bakalářské práce Doc. Ing. Nině Strnadové, CSc. za cenné rady a připomínky, s kterými se mi věnovala při zpracování mé bakalářské práce.

Dále děkuji vedení firmy VEOLIA VODA, Vodohospodářské společnosti Sokolov , s.r.o. za možnost rozšířit si vzdělání i možnost provést ve firemní laboratoři uvedená měření.

# Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	<b>6</b>
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>7</b>
1.1 VODA .....	7
1.1.1 Voda povrchová – surová.....	7
1.1.2 Voda pitná.....	9
1.2 VÝSKYT MANGANU VE VODÁCH .....	11
1.3 ZPŮSOBY ODMANGANOVÁNÍ VODY.....	12
1.3.1 Oxidace vzdušným kyslíkem.....	12
1.3.2 Oxidace vzdušným kyslíkem za součinnosti manganových bakterií.....	12
1.3.3 Oxidace manganistanem draselným.....	13
1.3.4 Odmanganování na iontoměničích.....	13
<b>2 ÚPRAVNA VODY HORKA</b> .....	<b>14</b>
2.1 POPIS LOKALITY .....	14
2.2 VODNÍ ZDROJ .....	16
2.3 JAKOST POVRCHOVÉ VODY Z VD HORKA .....	17
2.4 SCHÉMA ÚPRAVNY VODY HORKA.....	19
2.4.1 Technologická linka úpravny vody.....	20
<b>3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST</b> .....	<b>24</b>
3.1 LABORATORNÍ ZKOUŠKY .....	24
3.1.1 Použité přístroje.....	24
3.1.2 Použité metody rozborů.....	24
3.2 KOAGULAČNÍ TESTY .....	25
3.2.1 Se síranem železitým.....	26
3.2.2 S koagulantem PAX 18.....	28
3.3 ZMĚNA DÁVKOVÁNÍ VÁPENNÉHO MLÉKA – ÚPRAVA HODNOTY PH.....	30
3.4 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY.....	33
3.4.1 Zdůvodnění navržených úprav.....	34
<b>4 VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT Z HLEDISKA PROVOZNÍHO A EKONOMICKÉHO, VE VZTAHU K STÁVAJÍCÍMU REŽIMU ÚPRAVNY VODY</b> .....	<b>35</b>
4.1 VYHODNOCENÍ ZMĚNY DÁVKOVÁNÍ A DRUHU KOAGULANTU.....	35
4.1.1 Kalkulace nákladů.....	35
4.2 ÚPRAVA HODNOTY PH VČETNĚ ZMĚNY DÁVKOVACÍHO MÍSTA.....	37
4.2.1 Kalkulace nákladů.....	37
4.3 VYHODNOCENÍ POUŽITÍ NOVÉ TECHNOLOGIE.....	38
4.3.1 Kalkulace nákladů v rámci úspory elektrické energie při změně flokulace.....	38
4.3.2 Kalkulace nákladů v rámci úspory el. energie při výměně dmychadel.....	39
4.3.3 Kalkulace úspory surové vody při praní filtrů .....	40

<b>5 ZPRACOVÁNÍ EKONOMICKÉ ROZVAHY ZAMĚŘENÉ NA INVESTIČNÍ A PROVOZNÍ NÁKLADY .....</b>	<b>41</b>
5.1 INVESTIČNÍ NÁKLADY NOVÉ LINKY .....	41
5.1.1 <i>Rekonstrukce pískových filtrů a předpoklad investičních nákladů.....</i>	<i>41</i>
5.1.2 <i>Rekonstrukce flokulace a předpoklad investičních nákladů.....</i>	<i>42</i>
5.1.3 <i>Rekonstrukce technolog. strojní části a předpoklad investičních nákladů .....</i>	<i>43</i>
5.2 POROVNÁNÍ INVESTIČNÍCH A PROVOZNÍCH NÁKLADŮ .....	46
5.2.1 <i>Investiční činnost .....</i>	<i>46</i>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>48</b>
<b>ANOTACE .....</b>	<b>50</b>
<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>52</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK.....</b>	<b>53</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>54</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>55</b>

# ÚVOD

Kvalitní pitná voda zaujímá významné místo mezi potřebami a bezprostředně se dotýká zdraví obyvatelstva. Kvalita pitné vody v České republice se v současné době posuzuje podle zákona č.258/2000 Sb. ve znění pozdějších změn a doplňků a podle vyhlášky MZd č.252/2004 Sb. ve znění pozdějších změn, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Tato vyhláška určuje přípustné hodnoty jednotlivých ukazatelů kvality. Jedním z ukazatelů je mezní hodnota (MH) manganu, která stanovuje horní hranici přípustné koncentrace, jejímž překročením ztrácí voda vyhovující jakost v tomto ukazateli.

Při vyšších koncentracích manganu v pitné vodě se zhoršují chuťové, případně visuelní vlastnosti vody a dochází k tvorbě hnědých sraženin vyšších oxidů, které mohou hnědě zabarvovat materiály přicházející s takovou vodou do styku. Tento jev se může projevit až po ohřevu vody. Z tohoto hlediska je výskyt manganu ve vodě významnější než železo, ale i železo působí negativně na kvalitu výsledných produktů. Obě tyto složky tvoří významnou část i v provozních vodách používaných v potravinářském, textilním a papírenském průmyslu, v prádelnách a ve škrobárnách, kde jsou obsahy manganu a železa přísně limitovány. Kromě chemické oxidace manganu ve vodách se významně uplatňuje i jeho biochemická oxidace manganovými bakteriemi, ke kterým dochází již v neutrálním prostředí. Nadměrný rozvoj manganových bakterií může být příčinou zarůstání vodovodních potrubí jejich biomasou, což je další důvod pro omezení jeho koncentrace ve vodách dopravovaných potrubím. V požadavcích na jakost pitné vody je uvedena mezní hodnota 0,05 mg/l.

Zvyšující se požadavky na jakost pitné vody vedou k hledání nových metod úpravy vody, ve kterých odstranění manganu patří mezi důležité technologické procesy, vycházející od změny chemikálií, způsobu dávkování chemikálií až po nové technologie.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Voda

V přírodě se prakticky nevyskytuje chemicky čistá voda. Je doprovázena řadou příměsí. Jsou to rozpuštěné polární i nepolární látky (plyny, soli, organické sloučeniny) a suspendované makroskopické a koloidní částice, ať už jsou to příměsi přirozené, nebo vzniklé hospodářskou činností člověka. Částicemi mohou být plyny (bublinky, pěny), nemísitelné kapaliny (kapičky emulze, mastnota) nebo pevné látky (krystaly, sraženiny, mikroorganismy a hrubé částice nejrůznějších materiálů). Podle účelu použití je zapotřebí vodu upravit, což znamená především zbavit některých příměsí. Technologie se výrazně odlišují podle nároků na kvalitu vody.

### 1.1.1 Voda povrchová – surová

Povrchová voda je doplňována vodou srážkovou a shromažďuje se v přírodních (jezera) i umělých (přehrady, rybníky) nádržích, vodotečích (potoky, řeky, kanály) a odtéká samovolně do nižších poloh – obvykle k moři. Čistota a složení povrchové vody je dáno do značné míry průtokem samotné vody a zdroji znečištění jak přirozenými, tak i vyplývajícími z činností člověka. Ve vodních nádržích a vodotečích může probíhat i samočištění vody, kdy působením organismů a mikroorganismů jsou některé znečišťující látky rozkládány a odstraňovány. Povrchové vody představují z hlediska množství hlavní část vodních zdrojů v ČR. Podíl povrchové vody na zásobování obyvatelstva, průmyslu i zemědělství se neustále zvyšuje. Předpokládá se, že povrchová voda bude reprezentovat až 80 % veškeré vyrobené vody. Její využití je však limitováno jakostí povrchových vod. Povrchové vody ve srovnání s vodou podzemní mají obvykle vyšší proměnlivou teplotu, podstatně vyšší koncentrace organických látek různého původu, vyšší koncentrace kyslíku (s výjimkou znečištěných vod), nízkou koncentraci oxidu uhličitého, nízkou koncentraci hydrolyzujících kovů, zejména železa a manganu a menší mineralizaci. Rozdílné je i zastoupení mikroorganismů, které je u povrchových vod výrazně vyšší. Povrchové vody lze rozdělit na vody stojaté, akumulované v nádržích a tekoucí (povrchové toky).



Hodnocení jakosti povrchových vod je obecně prováděno souborem fyzikálních a chemických vlastností a je shrnuto v nařízení vlády č.229/2007 Sb. v platném znění. Ukazatele z imisních standardů ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod viz tab. 1. Imisní standardy pro užívání vody pro vodárenské účely, pro koupání osob a pro lososové a kaprové vody se vztahují k místu odběru vody pro úpravu na vodu pitnou.

Tab. 1 - Vybrané ukazatele z imisních standardů ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod z tabulka č. k nařízení vlády č.229/2007 Sb.

Ukazatel	Značka nebo zkratka	Jednotka	Požadavky pro užívání vody (celoroční průměr)				Obecné požadavky
			vodárenské účely (§31 zákona)	koupání (§34 zákona)	lososové vody (§35 zákona)	kaprové vody (§35 zákona)	
Všeobecné ukazatele							
2. Biochem. spotř. kyslíku	BSK <sub>5</sub>	mg/l	2,6		2		6
12. Teplota vody	t	°C	11		11	15	25 <sup>i</sup>
13. Reakce vody	pH	-					6 - 8
17. Chloridy	Cl <sup>-</sup>	mg/l	50				250
20. Vápník	Ca	mg/l					250
21. Hořčík	Mg	mg/l					150
22. Železo	Fe	mg/l					2
23. Mangan	Mn	mg/l	0,05				0,5
25. Celkový zbytek. chlor	Cl <sub>2</sub>	mg/l			0,002	0,002	
Mikrobiologické ukazatele							
31. Koliformní bakterie	KOLI	KTJ/ml	22				200
Jednotlivé prvky							
109. Hliník	Al	µg/l					1 500
113. Měď	Cu	µg/l					25
115. Nikl	Ni	µg/l					40
116. Olovo	Pb	µg/l					14,4
117. Rtuť	Hg	µg/l					0,1
122. Zinek	Zn	µg/l					160

Požadavky kladené na jakost vyrobené vody se řídí účelem jejího použití. Upravená voda musí splňovat i některé obecné požadavky, mezi které patří dostatečné množství vyrobené vody. Výběr zdroje pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou se řídí vyhláškou č.428/2001 Sb. v platném znění. Surová voda se podle této vyhlášky rozděluje podle limitních hodnot do tří kategorií A1, A2, a A3, viz tab. 2.

Tab. 2 - Kategorie upravitelnosti surové vody

Pro kategorii	Typy úpravy
A 1	Jednoduchá fyzikální úprava a dezinfekce, například rychlá filtrace a dezinfekce, popř. prostá písková filtrace, chemické odkyselení nebo mechanické odkyselení či odstranění plynných složek provzdušňováním.
A 2	Běžná fyzikální úprava, chemická úprava a dezinfekce, koagulační filtrace, infiltrace, pomalá biologická filtrace, flokulace, usazování, filtrace, dezinfekce (konečné chlorování), jednostupňové či dvoustupňové odželezňování a odmanganování,
A 3	Intenzivní fyzikální a chemická úprava, rozšířená úprava a dezinfekce, například chlorování do bodu zlomu, koagulace, flokulace, usazování, filtrace, adsorpce (aktivní uhlí), dezinfekce (ozón, konečné chlorování). Kombinace fyzikálně chemické a mikrobiologické a biologické úpravy.

### 1.1.2 Voda pitná

Pitná voda je definována v § 3 zákona č.258/2000 Sb. v platném znění (zákon o ochraně veřejného zdraví). „Pitnou vodou je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání.“<sup>1</sup> Požadavky kladené na jakost pitné vody jsou vyjádřeny ve vyhlášce č.252/2004 Sb. v platném znění. Zahrnují hlediska mikrobiologická, fyzikální a chemická. Hodnoty citované ve vyhlášce patří nejvyšším mezním hodnotám (NMH), mezním hodnotám (MH), eventuelně pro některé ukazatele jsou uvedeny doporučené hodnoty (DH).

<sup>1</sup> ZÁKON č. 258/2000 Sb. § 3 odst.1

- **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 č.258/2000 Sb. v platném znění jinak“<sup>2</sup>.
- **MH** „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“<sup>3</sup>.
- **DH** „jsou nezávazné hodnoty ukazatelů jakosti pitné vody, které stanoví minimální žádoucí nebo přijatelnou koncentraci dané látky, nebo optimální rozmezí koncentrace dané látky“<sup>4</sup>.

„Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví“<sup>5</sup>.

Pitná voda je kontrolována analytickými metodami v souladu s vyhláškou č.252/2004 Sb.v platném znění, kterou je stanovena četnost a rozsah kontroly pitné vody. Pitná voda z vodovodu podléhá čtenější a v některých parametrech přísnější kontrole kvality než kontroly balené vody.

Samostatnou skupinou jsou vody balené, jejichž kvalita se řídí vyhláškou č.275/2004 Sb. v platném znění o požadavcích na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a o způsobu jejich úpravy.

---

<sup>2</sup> VYHLÁŠKA č.252/2004 Sb. § 2 ods. c)

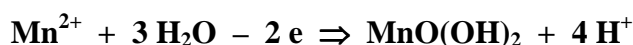
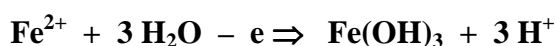
<sup>3</sup> VYHLÁŠKA č.252/2004 Sb. § 2 ods. b)

<sup>4</sup> PORTER, P., *Hydrochemie*, s. 434.

<sup>5</sup> VYHLÁŠKA č.252/2004 Sb. § 3 ods. (1)

## 1.2 Výskyt manganu ve vodách

Mangan se obvykle vyskytuje v podzemních vodách spolu se železem ve formě jednoduchých hydratovaných kationtů  $\text{Mn}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$ . Běžně se v podzemních vodách setkáváme s koncentrací železa kolem 5 mg/l. Pro pitnou vodu jsou limitovány ukazatele pro Fe 0,2 mg/l a pro Mn 0,05 mg/l Mn. Vyšší koncentrace těchto kationtů dávají vodě trpkou, svíravou chuť a postupnou oxidací se vylučují hydratované hydroxidy železa a manganu přičemž vytvářejí rezavě hnědé inkrustace. Při technologických procesech pro odstranění Fe a Mn z vody se rozpustné kationty převádějí na nerozpustné sloučeniny, které se z vody separují běžnou sedimentací a filtrací. Nejjednodušší jsou reakce oxidace a hydrolyzy podle schématu:



Pro oxidaci se používá vzdušného kyslíku, chloru, manganistanu draselného nebo ozonu. Pro odstranění manganu je využíván tzv. preparovaný písek, tedy křemičitý písek s jemným povlakem oxidu manganičitého. Tato vrstvička vykazuje katalytické účinky pro oxidaci manganu a jeho vyloučení. Katalytický účinek mají pouze oxidy, nikoliv uhličitany, ty snižují účinnost odstranění Mn. Bakterie zodpovídající za oxidaci železa většinou provádí i oxidaci manganu. Mangan je prvkem, který má obdobné vlastnosti a stratifikační ráz, jako železo. V přírodě se vyskytuje nejčastěji v dvojmocné, trojmocné a čtyřmocné formě. V případě minimální koncentrace rozpuštěného kyslíku se vyskytuje v dvojmocné formě jako  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $[\text{MnOH}]^+$ ,  $[\text{Mn}(\text{OH})_3]^-$ ,  $[\text{MnSO}_4(\text{aq})]^0$ ,  $[\text{MnHCO}_3]^+$ ; při vysokých koncentracích chloridů a v kyselém prostředí jako  $[\text{MnCl}]^+$ ,  $[\text{MnCl}_2]^0$ ,  $[\text{MnCl}_3]^-$ ; v hydrogenuhličitanových a síranových vodách tvoří iontové asociáty  $[\text{MnSO}_4]^0$ ,  $[\text{MnHCO}_3]^+$  zastoupené až 50 % z celkového množství rozpuštěného manganu.

Obecně je množství rozpuštěného manganu dáno rozpustností hydroxidů, uhličitany a sulfidů. V alkalickém prostředí rychle oxiduje a hydrolyzuje, vylučuje se jako již méně rozpustná forma v oxidačním stupni III a IV. V přírodě dochází nejen k chemické oxidaci manganu, ale i k biochemické oxidaci manganovými bakteriemi (v neutrálním prostředí probíhá biochemická oxidace za tvorby bakteriální biomasy). V přírodních vodách se vyskytuje mangan ve velmi nízkých koncentracích, které nejsou

hygienicky významné. Problém nastává v případě sensorických závad, kdy již od koncentrace  $0,05 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  se mění chuť vody, nehledě na problém se zabarvováním materiálů, přicházejících do styku s vodou s vyšším obsahem manganu. K rozvoji manganových bakterií dochází již při nízkých koncentracích.

### 1.3 Způsoby odmanganování vody

#### 1.3.1 Oxidace vzdušným kyslíkem

Probíhá podle této rovnice :



Oxidace Mn(II) vzdušným kyslíkem probíhá přijatelnou rychlostí při pH obvyklém v přírodních vodách jen za katalytického působení  $\text{MnO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Proto je potřebné vytvořit nosič, na kterém se oxid manganičitý uchytlí a zůstane v systému.

Takovým nosičem je např. pískový filtr, na kterém je utvořena vrstva  $\text{MnO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$  (hydratovaný oxid manganičitý, tzv. burel). Lze ji připravit pomocí přídavku  $\text{KMnO}_4$  (manganistan draselný, je ve vodném roztoku silné oxidační činidlo).

Produkty oxidace Mn (II), jimiž jsou oxidy Mn (III) a Mn (IV), vylučované ve formě nerozpuštěných látek, jsou na filtru zachyceny a tvoří poměrně kompaktní vrstvu na povrchu zrn náplně filtru. Koagulační a provzdušňovací prostor není u odmanganovacích filtrů nutný, neboť k oxidaci stačí kyslík rozpuštěný ve vodě. Pro odstranění manganu z vody je často nutno zvýšit pH, obvykle přídavkem  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  na hodnoty cca 8,3 – 8,5.

#### 1.3.2 Oxidace vzdušným kyslíkem za součinnosti manganových bakterií

Při tomto způsobu je využit k oxidaci Mn (II) vzdušný kyslík v přítomnosti manganových bakterií. Chemolithotrofní bakterie využívají oxidační reakci k získání energie. Proces probíhá v přítomnosti rozpuštěného kyslíku i v neutrální oblasti. Probíhá na pískovém filtru, jehož povrch náplně je osídlen manganovými bakteriemi.

### 1.3.3 Oxidace manganistanem draselným

Manganistan draselný je velmi silné oxidační činidlo a reakce s železnatými i manganatými ionty je rychlá i v neutrální oblasti :



Ke snížení dávky poměrně drahého manganistanu je možné využít v prvním stupni oxidaci železa vzdušným kyslíkem a zbytek železa s veškerým manganem oxidovat manganistanem. Manganistan draselný se používá také pro zapracování odmanganovacích filtrů.

### 1.3.4 Odmanganování na iontoměničích

Tento způsob lze použít pro vody, kde je odmanganování obtížné. Jako měnič iontů se používá manganový permutit, na jeho velkém specifickém povrchu je vrstva oxidů manganu. Při uplatnění adsorpčního a kontaktně oxidačního procesu je zvýšena účinnost. Na sodíkový permutit působíme roztokem  $\text{MnCl}_2$ , aktivujeme manganistanem draselným.

## 2 Úpravna vody Horka

### **Majitelem úpravny vody je :**

Vodohospodářské sdružení měst a obcí Sokolovska  
Nádražní 544  
356 01 Sokolov

### **Provozovatelem úpravny vody je :**

VEOLIA VODA , Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o.  
Dimitrovova 1619  
356 44 Sokolov

Účelem provozování úpravny vody Horka je zásobování měst a obcí na území okresu Sokolov a z malé části také Cheb pitnou vodou. Zásobování je prováděno pomocí Skupinového vodovodu Horka , který je páteřním zásobním potrubím pro níže uvedené lokality.

Zásobovaná oblast zahrnuje města a obce:

Bývalý Okres Cheb: Dolní Částkov, Hluboká, Horka.

Bývalý Okres Sokolov: Arnoltov, Boučí, Březová, Bukovany, Citice, Černý Mlýn, Dasnice, Dolní Rychnov, Habartov, Hlavno, Horní Částkov, Horní Pochlovice, Hřebeny, Chlum sv. Maří, Chlumeck, Chranišov, Josefov, Kaceřov, Kolová, Kostelní Bříza, Krajková, Královské Poříčí, Květná, Kynšperk, Libavské Údolí, Lítov, Loket, Lomnice, Loučky, Luh nad Svatavou, Nové Sedlo, Oloví, Rovná, Rudolec, Sokolov, Staré Sedlo, Svatava, Šabina, Tisová, Zlatá.

Sokolovská uhelná, právní nástupce a.s. – divize Družba, Jiří, Zpracovatelská část

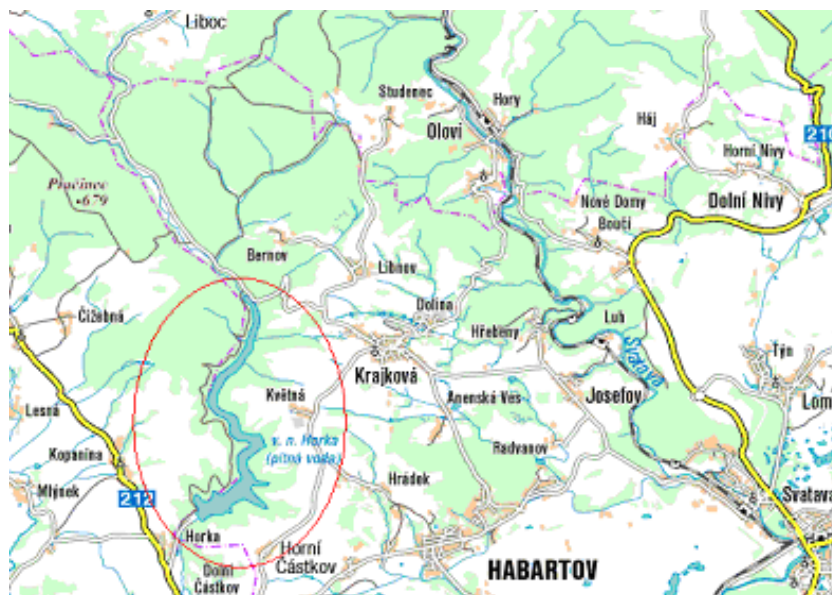
### **2.1 Popis lokality**

„Sokolovsko je zásobováno vodou z údolní nádrže Horka. Vodní dílo Horka vybudoval v letech 1966–1970 oborový podnik Vodní stavby. Vodní dílo je situováno asi 0,5 km nad obcí Horka na Libockém potoce na hranici, která odděluje území okresů Sokolov a Cheb u obce Krajková. Pramenné potůčky Libockého potoka pramení v lesním komplexu na rozvodnici po státní hranici s Německem, jihozápadně od Kraslic

v nadmořské výšce kolem 770 m n. m.. Svě vody sbírají z lesních pramenišť a horských luk. Po jejich spojení, ve výšce 535 m n. m., teče Libocký potok v sevřeném zalesněném údolí jižním směrem až ke svému ústí do řeky Ohře u města Kynšperk. Do vodní nádrže ještě vtékají 3 prameny podzemní vody<sup>6</sup>.

Říční km: 10,4  
Hydrologické pořadí: 1-13-01-080  
Obec: Krajková, Habartov, Nový Kostel  
Okres: Cheb, Sokolov  
Kraj: Karlovarský

Vodní dílo je vybudováno jako samostatné, není začleněno do žádné vodohospodářské soustavy. Po geologické stránce leží hráz v západní části antiklinály krystalinika na jižním okraji Krušných hor. Směrem k jihu a západu v krystaliniku přibývá tektonických poruch, které patří k mohutnému okrajovému zlomu Chebské pánve, pokleslé v těchto místech asi o 270 m. Hráz leží asi 1 km severovýchodně od okraje tohoto mohutného zlomu. Jde vlastně o tektonické pokračování tzv. Mariánskolázeňského zlomu. Jedna paralelní porucha prochází přímo pod hrází vývarem. Úpravna vody se nachází asi 1 km po proudu od hráze VD Horka na Libockém potoce viz obr. 1.



Obr. 1 - Vodní nádrž Horka – poloha

<sup>6</sup> ABRHÁM, V., *Úpravna vody Horka : Provozní řád*, s. 48.



## 2.2 Vodní zdroj

Hlavním účelem vodního díla Horka je akumulace vody pro zásobení sokolovské oblasti pitnou vodou a zajištění minimálního průtoku v toku v profilu limnigrafu pod přehradním profilem. Vedlejším účelem je částečná ochrana území pod hrází před povodněmi. VD Horka sníží při plném zásobním prostoru kulminační průtok 100leté povodňové vlny z hodnoty  $75,5 \text{ m}^3/\text{s}$  na hodnotu  $60,1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hladina v nádrži přitom dosáhne kóty 505,72 m n. m. Vodní zdroj tvoří údolní přehrada s vodárenskou nádrží Horka na Libockém potoce viz obr. 2.



Obr. 2 - Vodní nádrž Horka – letecký snímek<sup>7</sup>

Celkový objem nádrže při max. hladině 505,72 m n.m.	21,5 mil.m <sup>3</sup>
Prostor stálého nadržení na kótě hladiny 482,00 m n.m.	2,45 mil.m <sup>3</sup>
Zásobní prostor při,kótě hladiny 505,10 m n.m.	16,618 mil.m <sup>3</sup>
Ovladatelný objem nádrže	19,068 mil.m <sup>3</sup>
Odběr z nádrže je možný ze 4 etáží:	
I. etáž - kóta odběrového potrubí (osy)	494,75 m n.m.
II. etáž - kóta odběrového potrubí (osy)	485,75 m n.m.
III. etáž - kóta odběrového potrubí (osy)	476,65 m n.m.
IV . etáž - kóta odběrového potrubí ( osy )	473 ,95 m n.m.

<sup>7</sup> srov. [online]. Dostupné na: < <http://www.poh.cz/vd/horka.htm>>

Jímací objekt vody pro vodárenské účely, který je umístěn v návodní zdi přelivné věže, je vybaven po vertikále čtyřmi odběrovými okny, jak bylo uvedeno výše. Volba vychází v první řadě ze složení a chemických vlastností surové vody a z předepsaného výkonu úpravní pro dané období. Cílem volby odběrového horizontu je dosažení požadované jakosti upravené vody, a to v co nejefektivnějším poměru kvality a nákladů na její dosažení. Rozhodujícím podkladem je především složení a vlastnosti surové vody v celé vertikále jímacího objektu akumulace. Na základě vyhodnocení níže uvedených parametrů je nutné zajistit odběr vody pro úpravu z horizontu s optimálním fyzikálně-chemickým, bakteriologickým a biologickým složením vody. Přednostně je volen odběr pro úpravu vody, kde kvalita surové vody v ukazatelích (pH, barva, CHSK<sub>Mn</sub>, Fe, Mn, s minimální koncentrací biologického oživení a nerozpuštěných látek) se nejvíce blíží kvalitě vody pitné. Obecně je výběr veden ve smyslu minimalizace látkového zatížení úpravárenské linky. Odebíraná surová voda je vedena gravitačně řadem DN 600 mm o kapacitě 540 l.s<sup>-1</sup> do objektu úpravní vody přes malou vodní elektrárnu osazenou Bankiho turbínou s asynchronním generátorem 70 kW.

### 2.3 Jakost povrchové vody z VD Horka

Dle vodohospodářského rozhodnutí je povolený odběr z vodní nádrže Horka v množství maximálně 400 l/s, to je 12,6 milionů m<sup>3</sup>/rok. Jakost surové vody viz. tab.3 je hodnocena v souvislostech předpisu na jakost vody pitné.

Tab. 3 - Jakost surové vody

Parametr	Průměrná hodnota surové vody	Limit dle vyhlášky č.252/2004 Sb. pro pitnou vodu	Typ limitní hodnoty
mangan ( mg /l )	0,255	0,05	MH
vápník a hořčík ( mmol/l )	0,41	2-3,5	DH
hořčík ( mg/l )	6,2	min. 10	MH
vápník ( mg/l )	6,6	min. 30	MH
mikrobiologie	dle druhu	Dle druhu	NMH, MH
biologický obraz	dle druhu	Dle druhu	NMH, MH

Kvalita vody v nádrži viz tab. 4 str.18 uvádí aktuální hodnoty za II. pololetí roku 2009 hodnocené dle vyhlášky č. 428/2001 Sb. ukazatelů upravitelnosti surové vody.

Tab. 4 - Kvalita vody v nádrži v roce 2009 – II. pololetí<sup>8</sup>

Ukazatel	Výsledky rozborů	Požadavky na jakost surové vody při úpravě na vodu pitnou – mezní hodnoty pro jednotlivé kategorie dle vyhlášky č. 428/2001 Sb. (příloha č.13, tab. 1a)					
		průměr	kategorie A 1		kategorie A 2		kategorie A 3
	(mg/l)	cílové	přípustné	cílové	přípustné	cílové	přípustné
CHSK-Mn	1,3	2	3	5	10	10	15
amonné ionty	0,05	0,05	0,5	0,5	1	1	3
dusičnany	3,99	25	50		50		50
fosforečnany	0	0,3		0,5		0,5	

Z výše uvedených skutečností plyne, že voda v nádrži spadá do kategorie A1 , viz. tab.4. a je poměrně dobré a stabilní kvality. Surová voda je charakteristická povrchová voda z hor, málo mineralizovaná, mírně kyselá s nízkým obsahem organického znečištění a zvýšeným obsahem manganu. Voda se však vyznačuje nízkou hodnotou obsahu vápníku a hořčíku. Maximum hodnoty (CHSK<sub>Mn</sub>) v surové vodě se pohybuje pod hranicí mezní hodnoty (2,6 mg/l proti limitu 3 mg/l ), což také svědčí o vysoké jakosti surové vody. Úpravna vody je v současné době hydraulicky předimenzovaná a měla by mít ve všech ohledech stabilní provoz i díky relativně velmi stálé kvalitě surové vody. Průměrná separační účinnost vyjádřené CHSK<sub>Mn</sub> se pohybuje dle tabulky 5. v intervalu 60 – 70 % .

Tab. 5 - Separační účinnost ÚV v ukazateli CHSK<sub>Mn</sub>

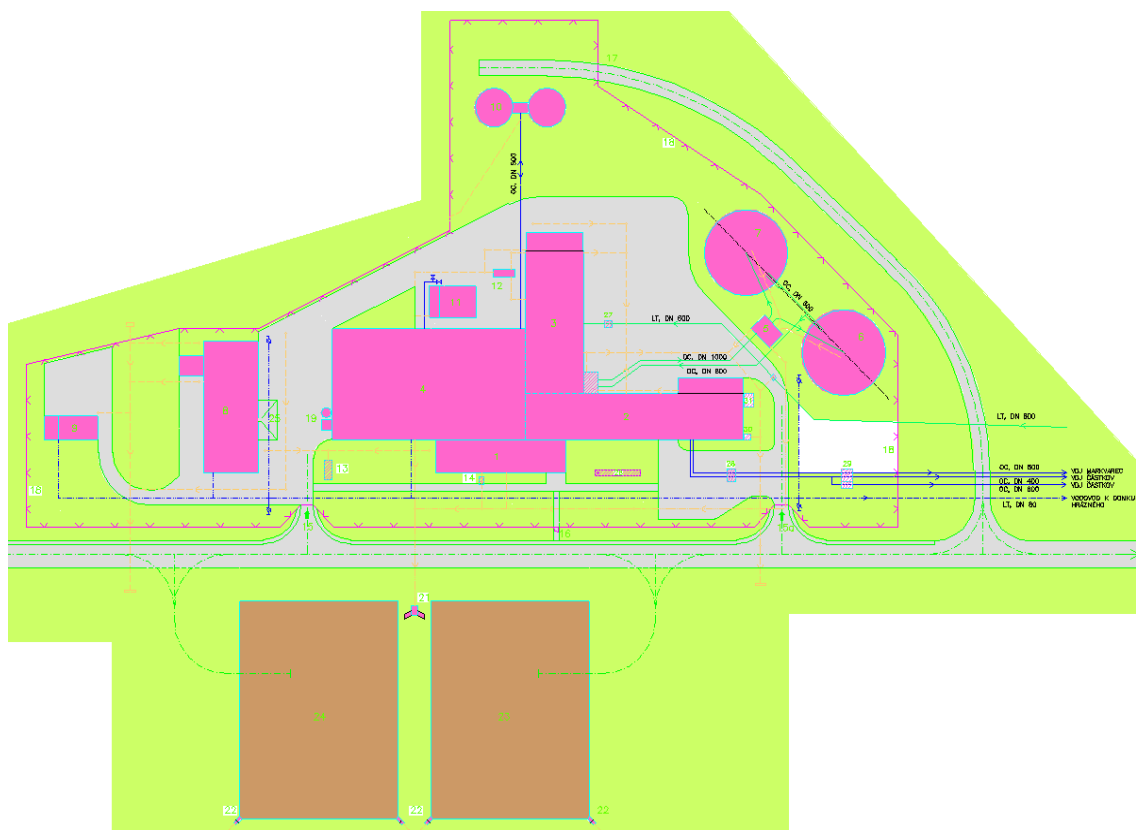
měsíc/rok	SV (mg/l)	UV (mg/l)	účinnost (%)
I.08	2,4	0,8	67,6
II.08	2,2	0,7	69,3
III.08	2,2	0,7	66,6
IV.08	2,0	0,6	72,1
V.08	2,0	0,6	70,0
VI.08	2,0	0,6	69,9
VII.08	2,0	0,6	69,1
VIII.08	2,1	0,7	66,4
IX.08	2,3	0,7	69,1
X.08	2,2	0,8	61,5
XI.08	2,2	0,8	63,0
XII.08	2,2	0,9	60,1
I.09	2,3	0,9	60,0
II.09	2,0	0,8	61,0
III.09	2,1	0,8	61,4
IV.09	2,1	0,9	59,5

<sup>8</sup> Srov. [online]. Dostupné na : <<http://www.poh.cz/vd/horka.htm>>

Oproti koncentracím  $CHSK_{Mn}$  jsou koncentrace manganu v surové vodě nestabilní a jejich rozptyl v průběhu roku je velmi vysoký, jak je dále uvedeno v kapitole 3.3. obr. 10.str.31. Hodnoty mikrobiologických ukazatelů svědčí o nízkém znečištění. Navíc v letních měsících se projevuje biologické oživení vody v nádrži. Prováděné rozborů na specifické organické látky, těžké kovy a další polutanty jsou prakticky v souladu s hodnotami uvedených ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. v platném znění.

## 2.4 Schéma úpravný vody Horka

Vlastní areál úpravný vody, viz. obr. 3 je tvořen komplexem hlavních provozních budov, dvojicí kruhových usazovacích nádrží, vodojemem prací vody a souborem samostatných objektů technického zázemí, doplněných manipulačními a komunikačními plochami.



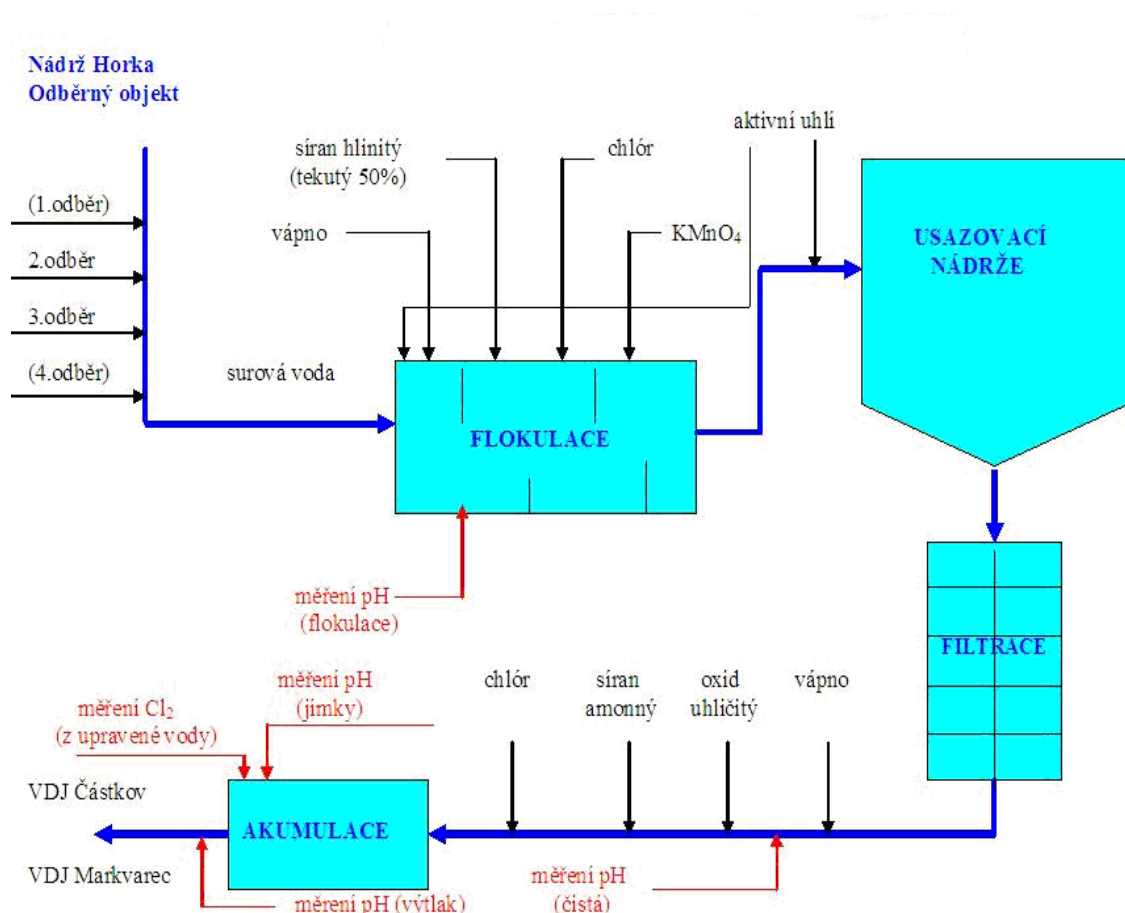
Obr. 3 - Areál ÚV Horka<sup>9</sup>

<sup>9</sup> ABRHÁM, V., *Úpravná vody Horka : Provozní řád*, s. 25.

Nezastavěná část pozemků je zatravněna, s lokální výsadbou okrasných dřevin. Průčelní stěna hlavního komplexu úpravy je vedena souběžně s místní obslužnou komunikací a současně s východní linií oplocení při jejím okraji viz. obr. 3. Na opačné straně příjezdové komunikace jsou kalové laguny, za nimiž protéká Libocký potok.

### 2.4.1 Technologická linka úpravy vody

Technologie úpravy vody spočívá ve dvoustupňové úpravě jak je znázorněno na obr. 4.



Obr. 4 - Technologické schéma

První stupeň tvoří flokulační nádrž s předřazeným mísičem a dvěma kruhovými usazovacími nádržemi o průměru 20 m. Ve flokulační nádrži dochází k perikinetické (první) fázi koagulace tj. agregaci koloidních částic a následně k ortokinetické (druhé) fázi koagulace – flokulaci tj. k narůstání vloček. V usazovacích nádržích dochází

k sedimentaci vytvořených vloček. Druhý stupeň tvoří deset otevřených gravitačních pískových filtrů, které odstraňují zbylé suspenze po usazování. Flokulační nádrž je přepážkami rozdělena na pět sekcí. Doba zdržení ve flokulaci je cca 20 min. Nad první sekcí flokulační nádrže je osazena malá vodní elektrárna, která současně plní funkci mísiče při prvotním nadávkování koagulantu síranu hlinitého  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Variantně je do této sekce vybudováno dávkování vápenného mléka. Jednotlivé sekce obsahují dvě pomaloběžná vertikální míchadla. Síran hlinitý –  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  je dávkován ve formě 50% roztoku.

Dávkování je prováděno v závislosti na průtoku vody úpravnou. Vzhledem k dosavadnímu průběhu hodnot organického znečištění surové vody, vyjádřeného jako  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ , je průměrná současná dávka v přepočtu na síran hlinitý cca 12 mg/l oktadekahydrátu síranu hlinitého  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  (cca 0,8 – 1,2 mg/l Al). Optimální dávka síranu hlinitého během provozu je stanovována na základě výsledků laboratorních koagulačních testů. Po nadávkování koagulantu dochází k tvorbě nerozpustných vloček hydroxidu hlinitého  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

Do třetí sekce flokulace ústí chlorová voda pro předchloraci. Vzhledem k výskytu zvýšeného obsahu manganu v surové vodě je v případě potřeby za účelem předoxidace (eventuelně zlepšení separace nízkomolekulárních organických látek) dávkován do čtvrté sekce flokulace roztok manganistanu draselného  $\text{KMnO}_4$ . Dávkování je také prováděno v závislosti na průtoku vody úpravnou. Vzhledem k vyskytujícím se koncentracím manganu v surové vodě je optimální dávka manganistanu draselného cca 0,5 mg/l. Při odstraňování manganu je však pro stanovení dávky  $\text{KMnO}_4$  rozhodující obsah manganu v surové vodě. Při výrazné změně obsahu manganu v surové vodě je třeba množství dávkovaného manganistanu optimalizovat laboratorním pokusem. Obecně platí, že teoretická dávka přibližně odpovídá stechiometrii. Konkrétní optimální dávka se určuje experimentálně vzhledem ke spotřebě manganistanu na oxidaci dalších ve vodě přítomných látek.

Surová voda s nadávkovaným koagulantem a ostatními chemikáliemi proudí ocelovým potrubím DN 1000 z flokulační nádrže do kruhových usazovacích nádrží v nichž probíhá sedimentace. Do potrubí, které vede od usazovacích nádrží na filtry, je napojeno potrubí obtoku flokulace a sedimentačních nádrží. V sedimentačních nádržích vločky hydroxidu hlinitého spolu s nabalenými částicemi rozptýlených nečistot sedimentují ke dnu nádrže, čímž se snižuje zatížení filtrů.

V odsazené vodě je předalkalizace prováděna vápenným mlékem –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dávkováním před filtraci. Odsazená voda pak odtéká ocelovým potrubím DN 800 na pískové filtry (celkem je jich 10) k dočištění. Celková filtrační plocha filtrů je  $486 \text{ m}^2$ . Upravovaná voda prochází pískovou náplní o doporučené výšce 1,6 m ( $\pm 15 \text{ cm}$ ). Filtr se provozem zanáší a musí být po určité době vyprán. Praní filtrů se provádí vzduchem a surovou vodou dopravovanou z pracího vodojemu umístěného nad ÚV Horka. Po filtraci voda z pískových filtrů proudí sběrným potrubím DN 400, které je zredukováno na DN 250 a poté ústí do kanálu v podlaze procházejícího celou budovou filtrace. Kanál ústí do jímky upravené vody. Do filtrované vody v odtokovém kanálu je dávkován oxid uhličitý a vápno tak, aby byla zvýšena hodnota pH, obsah  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{HCO}_3^-$  a tím účinně odstraněny korozivní vlastnosti vody. Dávka oxidu uhličitého je regulována v závislosti na průtoku surové vody s cílem zabezpečit alkalitu ( $\text{KNK}_{4,5}$ ) upravené vody minimálně na 1,0 mmol/l. Dávkování je blokováno poklesem hodnoty pH pod 6,4 v upravené vodě v akumulaci. Dávka  $\text{CO}_2$  je nastavena tak, aby se hodnota alkality vody na výtlak pohybovala v intervalu 0,9 – 1,1 mmol/l a obsah volného  $\text{CO}_2$  byl maximálně 8 mg/l. Doalkalizace je řešena dávkováním vápenné vody ze sytičů do kanálu odfiltrované vody. Tato dávka je vázána na měření průtoku vody kanálem a hodnotou pH upravené vody určenou pH metrem v sací jímce ve strojovně.

Vzhledem k rozvětvené distribuční síti (skupinový vodovod) s dlouhými dobami otoku do koncových spotřebišť je obsah aktivního chloru ve vodě zajišťován jeho postupným uvolňováním z vazby v chloraminech, tj. chloraminací. Síran amonný je dávkován do potrubí filtrované vody v průměrné dávce 0,2 – 0,3 mg/l a dávka je regulována pouze podle aktuálního průtoku surové vody a podle množství dávkovaného chloru. Poměr je nastaven automaticky na množství 1 : 2 ( $\text{NH}_4^+ : \text{Cl}_2$ ). Finální zdravotní zabezpečení po stránce bakteriologické nezávadnosti je zajištěno dávkováním chloru. Dávka chloru tvoří vlastní potřeba  $\text{Cl}_2$  na oxidaci vody, na chloraminaci a na malý přebytek podle charakteru rozvodu. Tomu odpovídající dávka je stanovována tak, aby byla výsledná koncentrace chloru v upravené vodě na výtlaku (dle automatického analyzátoru) v rozmezí 0,4 – 0,6 mg/l.

Z akumulační nádrže je upravená voda čerpána východním směrem od ÚV do dvou hlavních vodojemů: Dvěma výtlačnými řady DN 400 a DN 600 mm do vodojemu Částkov ( $2 \times 5000 \text{ m}^3$ ) a jedním výtlačným řadem DN 500 mm do vodojemu Markvarec (obsah  $2 \times 1000 \text{ m}^3$ ). Z těchto dvou hlavních vodojemů Částkov a Markvarec je voda

gravitačně vedena (řad II a řad III) do čelních vodojemů a odbočujících řadů k jednotlivým spotřebišťům. Celý proces distribuce a úpravy vody je ovládán automatizovaným systémem řízení technologických procesů ÚV Horka, řešeným jako distribuovaný systém s centrálním počítačem ve velínu a samostatnými podstanicemi v jednotlivých provozech úpravny. Informace z technologického procesu jsou získávány jednak stavovými informacemi z rozvaděčů technologie a dále z čidel měření a regulace neelektrických veličin. Regulace celého procesu je zajištěna řídicími vazbami na jednotlivé akční prvky dle zadaných technologických algoritmů.



## 3 Experimentální část

Cílem práce bylo navrhnout a laboratorně odzkoušet technologii, která zaručí dodržení mezní hodnoty manganu v upravené vodě 0,05 mg/l.

### 3.1 Laboratorní zkoušky

Laboratorní zkoušky byly provedeny se surovou vodou odebranou ze zdroje Vodní nádrž Horka, která je ve správě Povodí Ohře s.p. Voda byla odebrána do 5 l kanystrů naplněných až po hrdlo, aby se zabránilo provzdušnění. Jednotlivé pokusy byly provedeny bezprostředně po odběru v laboratoři na ÚV Horka.

#### 3.1.1 Použité přístroje

Pro měření pH byl použit přístroj PM6 od firmy Dr. A. Kunte GmbH. Fotometrická měření byla prováděna na přístroji Merck SQ 118. Stanovení chloru byla prováděna přenosným kolorimetrem Hach, nebo kolorimetrickým setem Merck.

#### 3.1.2 Použité metody rozborů

- **Barva** normativní metodou stanovení barvy ve vodách je ČSN EN ISO 7887
- **pH** normativní metodou stanovení pH ve vodách je ČSN ISO 10523
- **Hliník** normativní metodou stanovení hliníku ve vodách je ČSN ISO 10566, která spočívá v reakci hlinitých iontů s pyrokatecholovou violetí. Pro provedené rozborů byla použita metoda využívající reakce hlinitých iontů s aluminonem v kyselé prostředí za vzniku červeného zbarvení, jehož intenzita se měří spektrofotometricky při vlnové délce 530 nm ihned po ochlazení roztoku. Mez stanovitelnosti je 0,02 mg/l.
- **Mangan** normativní metodou stanovení manganu ve vodách je ČSN ISO 6333. Měření byla provedena fotometricky po reakci manganu s formaldoximem.

Mangan reaguje s roztokem formaldoximu za vzniku oranžovo červeného komplexu. Komplex je stabilní v rozmezí hodnot pH od 9,5 do 10,5 a intenzita vzniklého zbarvení je úměrná koncentraci přítomného manganu. Měří se při vlnové délce 446 nm. Mez stanovitelnosti je 0,02 mg/l.

- **Železo** normativní metodou stanovení železa ve vodách je ČSN ISO 6332. Měření byla provedena fotometricky po reakci železa s 1,10-fenantrolinem ve vodách a odpadních vodách. Železo reaguje s 1,10-fenantrolinem za vzniku červenooranžového komplexu, jehož intenzita se měří fotometricky při 495 nm. Komplex Fe II s 1,10-fenantrolinem je v rozmezí hodnot pH 2,5 – 9 stabilní a intenzita zbarvení je úměrná koncentraci Fe II. Fe III při stanovení veškerého nebo celkového rozpuštěného železa se redukuje na Fe II přidavkem hydroxylaminuhydrochloridu. Mez stanovitelnosti je 0,02 mg/l.
- **Chlor** normativní metodou stanovení hliníku ve vodách je ČSN ISO 7393-2 (Kolorimetrická metoda). Stanovení bylo provedeno metodou DPD komerčním kapesním kolorimetrem Hach, nebo kolorimetrickým setem Merck. Mez stanovitelnosti je 0,03 mg/l.

### 3.2 Koagulační testy

Pro realizaci procesu koagulace je podstatné stanovení dávky koagulantu a podmínek koagulace, z nichž má význam zejména hodnota pH. Přes možnost přibližného výpočtu dávky z kvality vody, zůstává nejspolehlivější provedení koagulační zkoušky. K tomuto účelu se používá laboratorní koagulační zařízení, umožňující provést koagulaci v řadě dvou litrových nádob s vybavením míchadly o nastavitelné rychlosti.

„Koagulační zkouška se provádí dávkováním koagulantu v odstupňovaném množství do jednotlivých nádob. Po nadávkování koagulantu se zapne na několik minut míchání o rychlých otáčkách a po uplynutí této doby se rychlost otáček zmenší. Doba pomalého míchání se obvykle volí na 20 až 30 minut. Pak se nechá vytvořená vločkovitá sraženina asi 30 minut sedimentovat a odsazená voda se analyzuje“<sup>10</sup>.

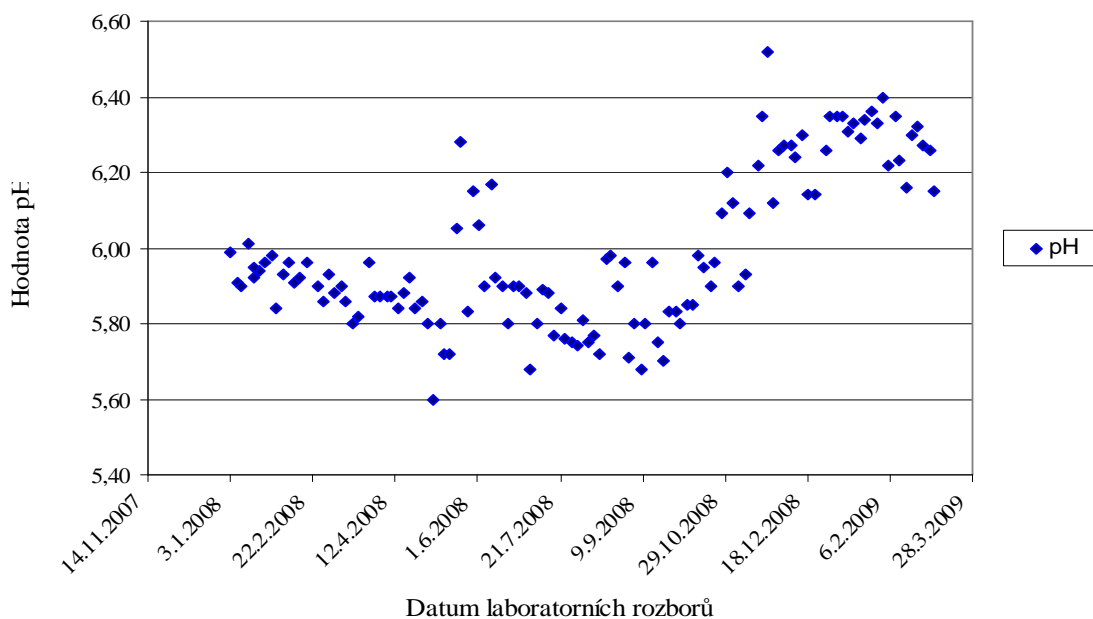
---

<sup>10</sup> ŽÁČEK, L., *Chemické a technologické procesy úpravy vody*, s. 87.

Optimální dávka koagulantu je minimální dávka, při níž je dosaženo požadované kvality v upravené vodě. Vedle dávky koagulantu je důležitým faktorem procesu hodnota pH, při níž koagulace probíhá, neboť pH ovlivňuje disociaci látek obsažených ve vodě a tím i jejich elektrický náboj. Také tvorba vloček vysráženého koagulantu může být hodnotou pH ovlivněna. Proto k optimalizaci procesu patří i stanovení vhodného pH, což se provede v další sérii koagulační zkoušky s předem stanovenou optimální dávkou koagulantu a s odstupňovaným nastavením hodnoty pH.

### 3.2.1 Se síranem železitým

V současné době je koagulace na úpravně vody prováděna pomocí síranu hlinitého, což nepřináší optimální výsledky, jak je patrné z obr. 5. Hodnota pH pro koagulaci hliníkem je nízká, v rozmezí mezi 5,7 – 5,9.



Obr. 5 - Průběh hodnot pH ve flokulaci

Při uvedených hodnotách pH je již část hliníku v rozpuštěné formě a agregační reakce neprobíhají optimálně. Vzhledem k charakteru upravované vody dochází k průnikům Mn nebo Al do pitné vody. Pro eliminaci Mn je vhodné pH cca 8,5, kdy při této hodnotě pH dochází k rozpouštění hlinitých vloček, což vede ke zvyšování koncentrace Al<sup>3+</sup> nad povolenou mez 0,2 mg/l. K agregaci pak dochází až po úpravě

pH dávkováním vápna před filtry, avšak hodnota pH nesmí být příliš vysoká, aby opět nedocházelo k rozpouštění hlinitých vloček. Separace je tak z hlediska hodnoty pH v přímém rozporu s požadavky na oxidaci manganu. Lze říci, že z tohoto důvodu by bylo vhodnější použití koagulantu síranu železitého. K laboratorním testům byl tudíž použit síran železitý pod označením PIX 113 a síran železitý s přídavkem 2% polymeru pod označením PIX XL1B. Z fyzikálně chemického hlediska koaguluje železitý koagulant v širším rozmezí pH a nehrozí tak zpětné rozpouštění hydratovaného oxidu železitého do pitné vody. Pro vlastní test bylo pH upravováno v rozmezí pH 7,5 – 8,5 a bylo použito široké rozpětí dávek obou koagulantů od 5 g/m<sup>3</sup> až po 25 g/m<sup>3</sup>. Dosažené výsledky koagulačních testů jsou uvedeny v tab. 6.

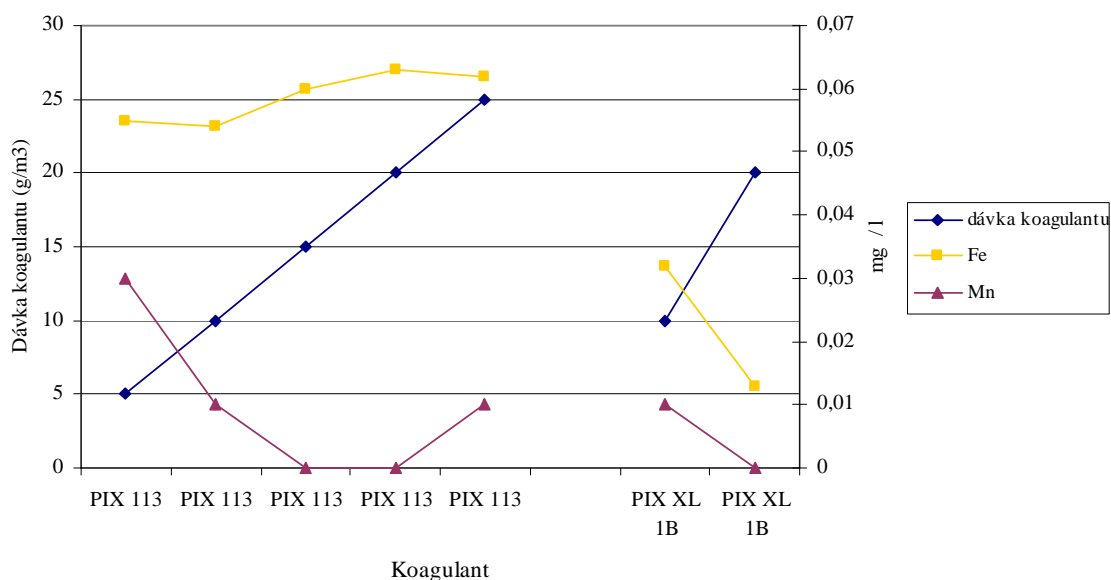
Tab. 6 - Koagulační zkoušky s koagulanty PIX 113 a PIX XL 1B

Číslo vzorku	Typ koagulantu	Dávka koagulantu		pH	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Barva
		g/m <sup>3</sup>	ml/l				
1	PIX 113	5	0,5	8,65	0,055	0,03	13
2	PIX 113	10	1	8,65	0,054	<0,02	6
3	PIX 113	15	1,5	8,30	0,06	<0,02	6
4	PIX 113	20	2	7,61	0,063	<0,02	4
5	PIX 113	25	2,5	8,33	0,062	<0,02	4
7	PIX XL 1B	15	1,5	8,67	0,032	<0,02	2
8	PIX XL 1B	20	2	8,23	0,013	<0,02	3

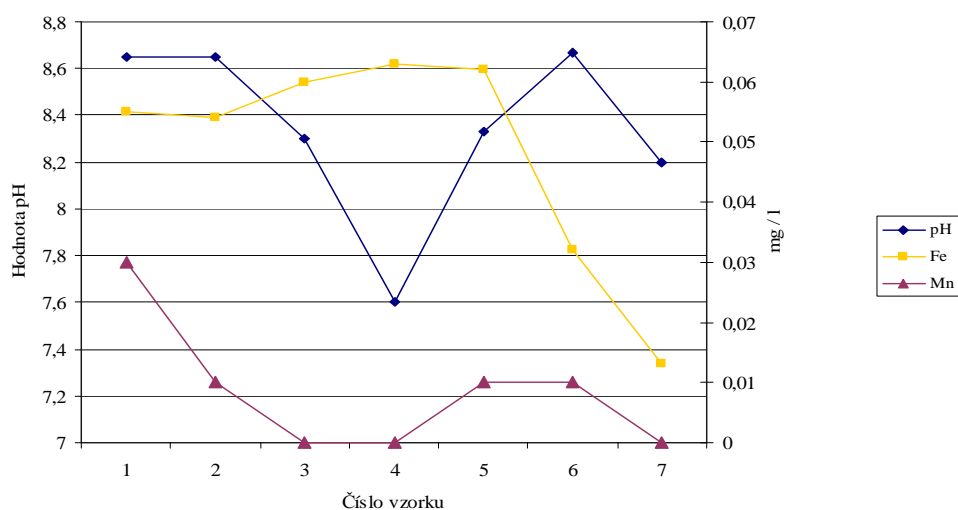
Z dosažených výsledků můžeme konstatovat, že ve všech uvedených případech se podařilo dosáhnout požadované koncentrace Mn. Rovněž hodnoty zbytkového Fe jsou hluboce pod limitní hodnotou 0,2 mg/l. U vzorku č.1 nedošlo k dobré koagulaci vzhledem k nízké dávce koagulantu a z toho důvodu je vyšší hodnota barvy, ve všech ostatních byla hodnota přijatelná. Za povšimnutí stojí především vzorky 7 a 8, kde je velmi nízký zbytkový obsah Fe. Koagulant PIX XL 1B obsahuje polymer, který napomáhá koagulaci a zejména dobré agregaci. Koagulant velmi dobře pracuje i za nízkých teplot v zimním období. Na obrázcích 6 a 7 je dobře vidět významný rozdíl ve zbytkovém Fe mezi koagulanty PIX 113 a PIX XL1B .Při použití koagulantu PIX XL1B byly finální vzorky absolutně čiré. U vzorků byla vyhovující i hodnota Mn, která byla ve většině případů menší než mez stanovitelnosti 0,02 mg/l.

Drobné výkyvy v hodnotách pH neměly na zbytkové koncentrace Mn významný

vliv. Důležité bylo zjištění, že pH mohlo být vyšší než, respektive nemuselo být striktně dodržováno jako při použití hlinitého koagulantu. Nepocházelo při vyšší hodnotě pH k zpětnému uvolňování  $\text{Fe}^{3+}$  do upravené vody.



Obr. 6 - Dávka koagulantů v poměru ke zbytkovému Mn a Fe



Obr. 7 - Poměr pH a zbytkového Mn a Fe

### 3.2.2 S koagulantem PAX 18

Další laboratorní koagulační test, byl zaměřen na ověření dalšího hlinitého koagulantu-polyaluminium chlorid PAX 18. Pro porovnání účinku tohoto koagulantu

byl proveden koagulační test s běžným síranem hlinitým, kdy byl použit 50% síran hlinitý ALS.

Test byl proveden s 1 l vody, do které byl nadávkován koagulant, směs byla intenzivně promíchána po dobu 5 minut, poté následovalo pomalé míchání 20 minut a 30 minut sedimentace. Vizuálně byla hodnocena rychlost tvorby vloček, jejich velikost, hustota vločkového mraku a rychlost sedimentace. Výsledky jsou uvedeny v následující tab.7.

Tab. 7 - Vyhodnocení koagulačního testu PAX 18

Číslo vzorku	Typ koagulantu	Dávka koagulantu		pH	Al (mg/l)	Barva
		g/m <sup>3</sup>	ml/l			
Surová voda				6,4	0,06	11,7
1	PAX 18	4,4	0,4	6,3	0,15	10,2
2	PAX 18	6,7	0,6	6	0,08	8,5
3	PAX 18	8,9	0,8	5,9	0,07	3,2
4	PAX 18	11,1	1	5,8	0,08	1,5
5	PAX 18	13,3	1,2	5,5	0,1	3,8
6	PAX 18	15,6	1,4	5,3	0,13	4

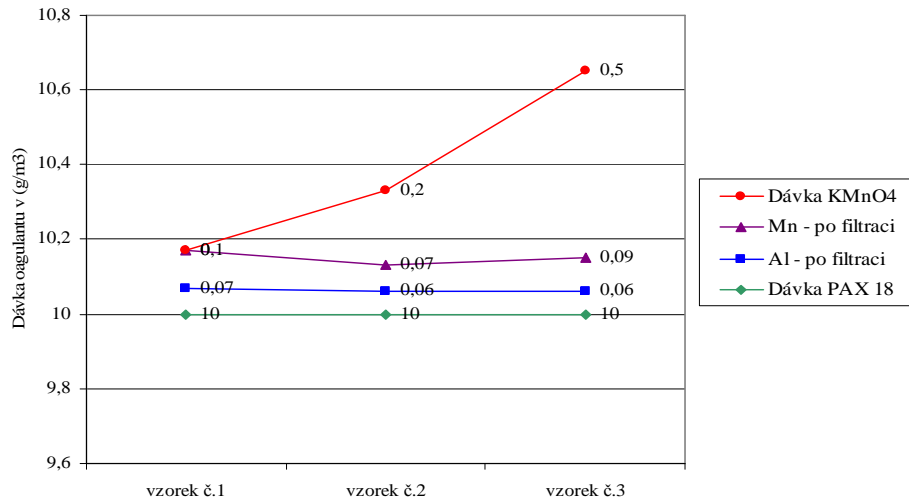
Tab. 8 - Porovnání použití hlinitých kolagulantů - varianta Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>

Číslo vzorku	Typ koagulantu	Před filtrací				Po filtraci			
		Dávka koagulantu		Dávka KMnO <sub>4</sub>	pH	pH	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	barva
		g/m <sup>3</sup>	ml/l	ml/l					
1	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	10	1,1	0	7,7	7	0,04	0,04	7
2	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	10	1,1	0,2	7,6	7	0,05	0,05	7
3	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	10	1,1	0,5	7,5	7,1	0,07	0,16	19

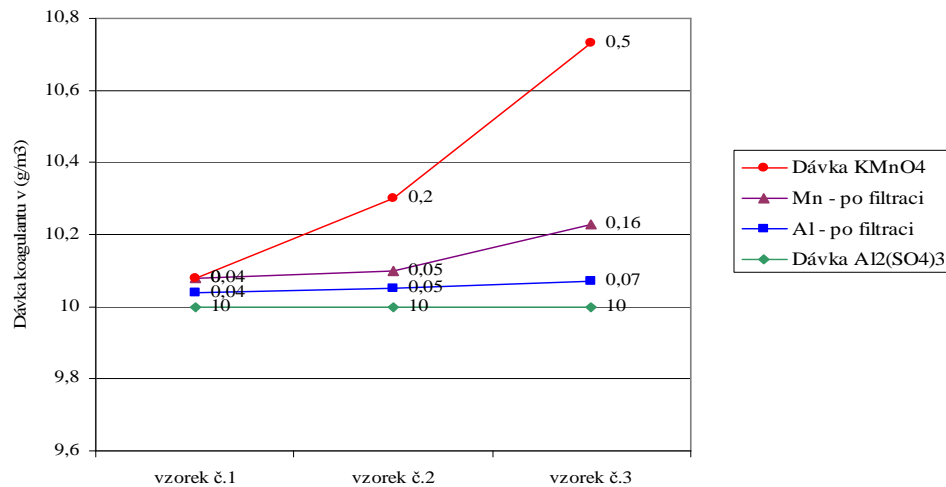
Tab. 9 - Porovnání použití hlinitých kolagulantů - varianta PAX-18

Číslo vzorku	Typ koagulantu	Před filtrací				Po filtraci			
		Dávka koagulantu		Dávka KMnO <sub>4</sub>	pH	pH	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Barva
		g/m <sup>3</sup>	ml/l	ml/l					
1	PAX 18	10	1,1	0	7,8	7	0,07	0,1	9
2	PAX 18	10	1,1	0,2	7,7	7	0,06	0,07	10
3	PAX 18	10	1,1	0,5	7,8	7	0,06	0,09	11

Srovnání koagulačních testů uvedených v tab. 8 str.29 a 9 je graficky znázorněno na obrázcích 8 a 9.



Obr. 8 - Dávka síranu hlinitého

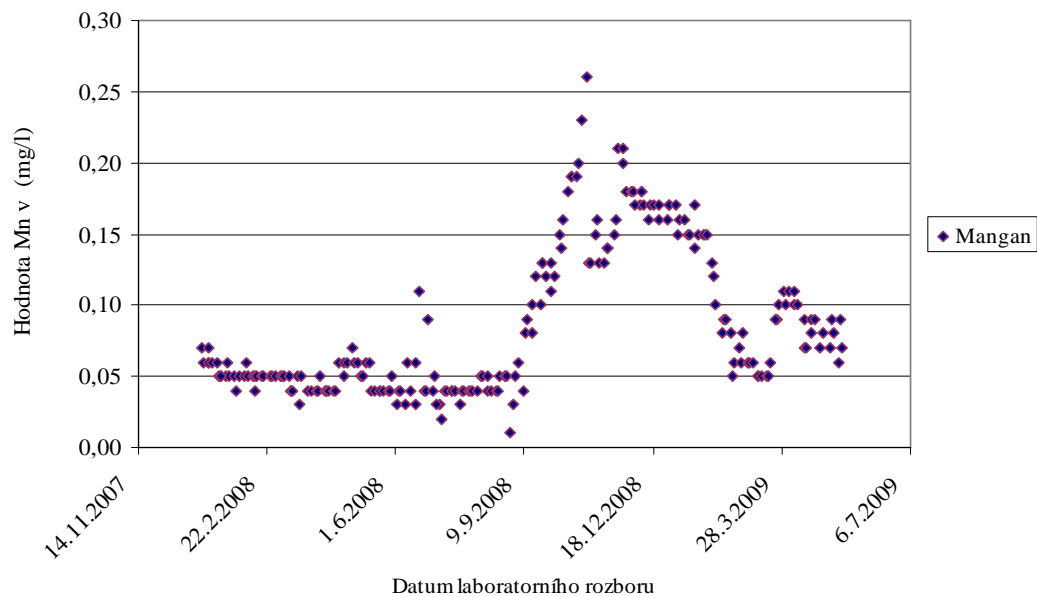


Obr. 9 - Dávka PAX 18

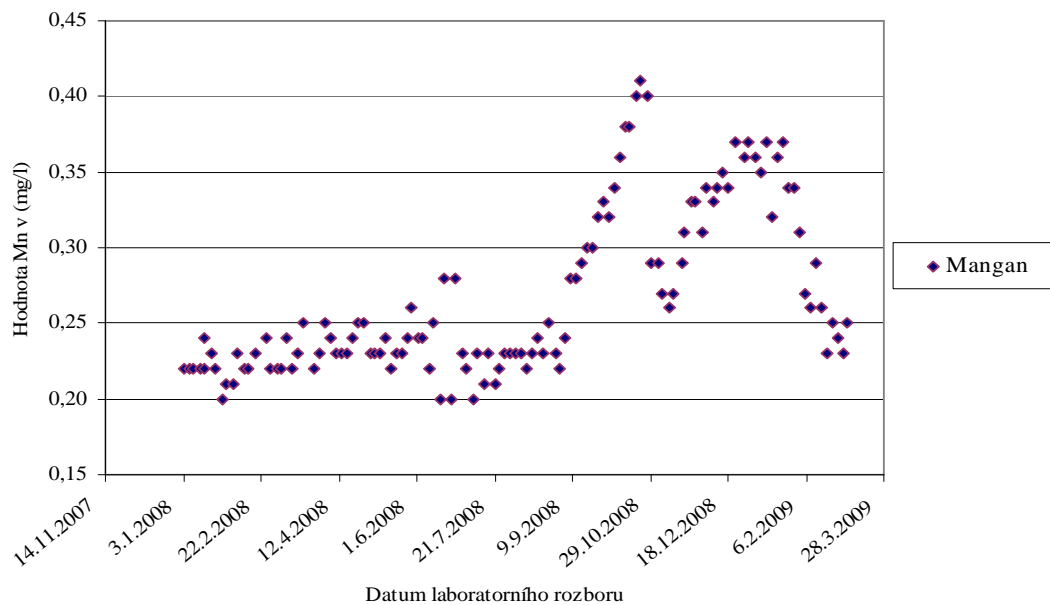
### 3.3 Změna dávkování vápenného mléka – úprava hodnoty pH

V současné době probíhá předalkalizace dávkováním vápenného mléka za první separační stupeň. Z porovnání obr.10 a obr.11 je zřejmé, že za prvním separačním stupněm jsou koncentrace manganu podstatně vyšší než v surové vodě a zvýšení

koncentrace dané výskytem manganu v surové vodě se přičítá k „základní“ koncentraci, která je zhruba 0,2 mg/l. Je ale také zřejmé, že první separační stupeň manganu téměř neodstraňuje.



Obr. 10 - Průběh koncentrací manganu v surové vodě



Obr. 11 - Průběh koncentrací manganu v odsazené vodě

Separace manganu je dosažena až filtrací, jak je zřejmé z výsledků laboratorních rozborů upravené vody. Separační účinnost manganu vzhledem k jeho koncentracím v surové vodě je zřejmá z tabulky 10.



Tab. 10 - Separační účinnost Mn

měsíc/rok	SV (mg/l)	UV (mg/l)	účinnost (%)
I.08	0,056	0,016	71,6
II.08	0,050	0,015	70,4
III.08	0,044	0,014	69,2
IV.08	0,050	0,009	82,9
V.08	0,047	0,016	66,1
VI.08	0,050	0,014	72,2
VII.08	0,037	0,008	79,0
VIII.08	0,043	0,010	76,5
IX.08	0,091	0,019	79,1
X.08	0,175	0,035	79,7
XI.08	0,163	0,078	52,6
XII.08	0,171	0,018	89,3
I.09	0,154	0,015	90,6
II.09	0,084	0,015	82,2
III.09	0,070	0,015	77,9
IV.09	0,088	0,011	87,5

V měsíci listopadu 2008 byla dokonce průměrná účinnost cca 50 %. Koncentrace manganu pak v upravené vodě byly vyšší než je požadované legislativou. Vysvětlení je možné hledat v tom, že mangan dávkovaný ve formě manganistanu draselného se redukcí převede do separovatelné čtyřmocné formy, zatímco mangan v surové vodě je třeba oxidovat.

Z obrázku 5. v kapitole 3.2.1 str.26 je zřejmé, že v současném technologickém uspořádání se hodnoty pH ve flokulaci blíží hodnotám 5,5, které jsou pro koagulaci síranem hlinitým mimo optimální oblast. Mangan se velmi špatně oxiduje i silnými oxidačními činidly, jako je chlor nebo vzdušný kyslík, při nižších hodnotách pH než 7, a jeho oxidace je většinou technologicky dostatečně rychlá až při hodnotách pH nad 8. Z tohoto důvodu se může jevit dávkování koagulantu hned na začátku technologického procesu úpravy z hlediska odstraňování manganu jako nevhodné. Snižuje již tak nízkou hodnotu pH v surové vodě a tím ještě více může potlačit oxidaci manganu. Oxidace zbytkovými oxidačními činidly se může měřitelně projevit až po alkalizaci upravované vody před filtry. Mezi tím však mohou dávkovaná oxidační činidla reagovat s jinými látkami, jejichž oxidace není závislá na hodnotě pH. Jsou to zejména přirozené organické látky (humínové látky), které mohou například s chlorem reagovat za vzniku látek, které známe jako vedlejší produkt desinfekce, například THM (trihalomethan). Z hlediska oxidace manganu se jeví jako vhodná varianta nadávkování vápenného mléka do surové vody, tak aby došlo k mírnému zvýšení hodnoty pH, které je vhodné

pro oxidaci manganu (pH 7,5–8,5). Následnou dávkou síranu hlinitého by bylo dosaženo optimální hodnoty pH v pitné vodě.

### 3.4 Návrh nové technologie úpravy vody

Modernizace technologického vybavení zařízení stávající úpravní vody je navrhována za účelem stabilizace kvality vyrobené pitné vody v souladu s legislativními požadavky.

V celkovém řešení se jedná o změnu stavby stávající úpravní vody, zahrnující modernizaci technologického zařízení a související rozsah stavebních úprav původních konstrukcí. Hlavním cílem intenzifikace úpravní vody je výroba kvalitní pitné vody v souladu s požadavky legislativy a její distribuce v aktuálním požadovaném množství, včetně udržení kvality až po místo spotřeby. Cílem je snížení obsahu manganu v upravené vodě pod mezní hodnotu 0,05 mg/l v souladu s vyhláškou MZd č. 252/2004 Sb. v platném znění.

Na základě provedených testů a získaných poznatků o odstranění manganu ze surové vody jsou navrženy tyto intenzifikační opatření:

- 1) optimalizace hydraulických podmínek ve flokulačním labyrintu, zlepšení procesu koagulace a tvorby suspenze, čímž dojde k vytvoření podmínek pro zvýšení separační účinnosti prvního stupně úpravy (usazování),
- 2) využití koagulantu na bázi železa, který je vhodnější pro následné odstranění manganu a úprava systému dávkování, včetně vytvoření podmínek pro lepší průběh oxidace manganu již ve flokulačním labyrintu,
- 3) zlepšení separační účinnosti druhého stupně úpravy (filtrace) jak v ukazateli manganu, tak v odstranění organického znečištění (CHSK<sub>Mn</sub>).
- 4) optimalizace systému čerpání upravené vody do hlavních distribučních vodojemů Markvarec a Částkov
- 5) modernizace a optimalizace systému napájení elektrickou energií v souvislosti s výměnou stávajícího strojního zařízení (čerpadel upravené vody), zrušení stávající napěťové hladiny 6 kV s přechodem na 0,4 kV

### 3.4.1 Zdůvodnění navržených úprav

Vložení montovaných děrovaných stěn pozitivně ovlivní hydraulickou charakteristiku flokulace a zlepší charakter laminárního proudění ve flokulačním labyrintu. Tím budou vytvořeny podmínky pro dokonalejší flokulaci jemných částic a v konečném důsledku pro tvorbu větších a lépe separovatelných vloček. Změnou místa zaústění dávkování vápna, oxidačního činidla a koagulantu se vytvoří podmínky pro oxidaci rozpuštěných forem manganu na nerozpuštěné, které jsou částečně separovatelné již v prvním stupni úpravy. Uvedená úprava je společně se zavedením možnosti dávkování železitého koagulantu zásadním opatřením pro snížení manganu v upravené vodě. Instalace nového celoplošného drenážního systému u čtyř z celkového počtu deseti pískových filtrů umožní kromě odstranění současných provozních poruch též zvýšení filtračních rychlostí, zajištění dokonalejšího vyprání filtrů, prodloužení filtračních cyklů a v konečném důsledku dokonalejší separaci zbytkové suspenze, uniklé z prvního stupně úpravy vody. Zlepšení podmínek oxidace manganu, přípravy a flokulace suspenze, včetně její následné účinnější separace v usazovacích nádržích i modernizovaných filtrech, umožní snížit obsah manganu, zbytkového koagulantu a organických látek ve vyrobené upravené vodě. Snížení obsahu organických látek ( $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ), zejména rozkolísanosti jejích hodnot během roku, znamená i snížení obsahu biologicky rozložitelného uhlíku v upravené vodě, který je hlavním činitelem pro druhotné bakteriologické oživení distribuované vody v systému s velkým zdržením.

Výkonová optimalizace čerpadel upravené vody přispěje k zrovnoměnění distribuce upravené vody do celé vodárenské soustavy a umožní okamžité zvýšení dodávek v případě aktuální rychlé potřeby. Lepší variabilita čerpaného množství umožní snížit provozní hladiny ve vodojemech a zkrátit tak dobu zdržení vody v celé soustavě. Ta je společně se zlepšenou kvalitou procesu úpravy rozhodující pro potlačení druhotné bakteriologické kontaminace vody.

## 4 Vyhodnocení jednotlivých variant z hlediska provozního a ekonomického, ve vztahu k stávajícímu režimu úpravy vody

### 4.1 Vyhodnocení změny dávkování a druhu koagulantu

Z výsledků předchozích zkoušek a měření je použití obou hlinitých koagulantů ALS 50% a PAX-18 možné a dává srovnatelné výsledky. Dále lze dle provedených měření konstatovat, že je možné použití i železitých koagulantů PIX 113 a PIX-XL1B bez výraznějších problémů. Ve všech případech byl obsah Mn v upravené vodě spolehlivě eliminován. Jedním z hlavních argumentů pro volbu koagulantu bude vyčíslení a srovnání ročních provozních nákladů jednotlivých chemikálií.

#### 4.1.1 Kalkulace nákladů

Tabulka 11. uvádí srovnání provozních ročních nákladů při porovnání použití koagulantů PAX 18 a stávajícího síranu hlinitého.

Tab. 11 - Koagulant : Polyaluminiumchlorid PAX-18

Koagulant	Dávka g/m <sup>3</sup>	Voda vyrobená m <sup>3</sup> /rok	Spotřeba Koagulantu t/rok	t / Kč	Celkem Kč
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	12,38	3680558	108	4090	443 556 Kč
PAX - 18	8,9	3680558	78	9425	734 811 Kč
<b>Rozdíl</b>			<b>-30</b>		<b>-291 255 Kč</b>

Tabulka 12. uvádí srovnání provozních ročních nákladů při porovnání použití koagulantů PIX 113 a stávajícího síranu hlinitého.

Tab. 12 - Koagulant : Síran železitý PIX-113

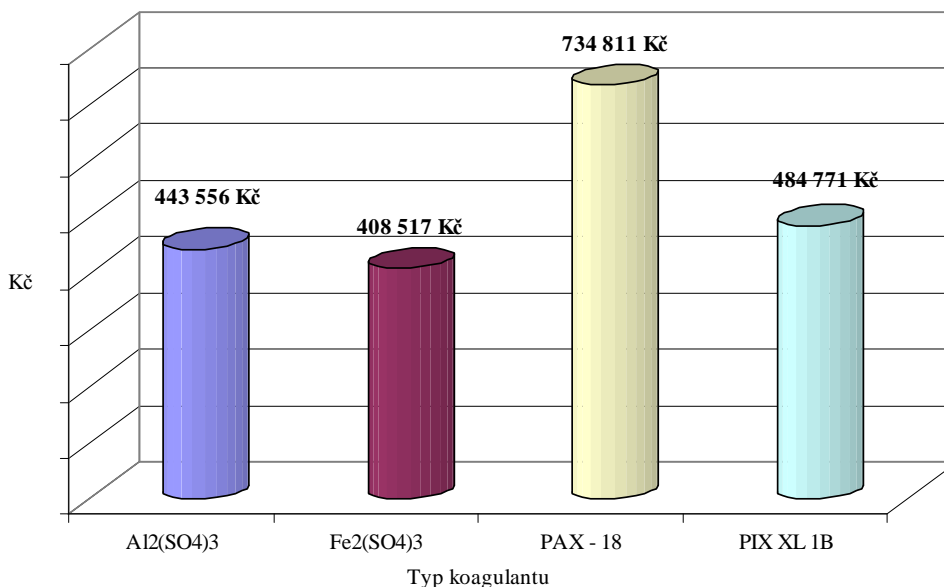
Koagulant	Dávka g/m <sup>3</sup>	Voda vyrobená m <sup>3</sup> /rok	Spotřeba Koagulantu t/rok	t / Kč	Celkem
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	12,38	3 680 558	108	4090	443 556 Kč
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	10,8	3 680 558	95	4318	408 517 Kč
<b>Rozdíl</b>			<b>-14</b>		<b>35 038 Kč</b>

Tabulka 13. uvádí srovnání provozních ročních nákladů při porovnání použití koagulantů PIX – XL1B a stávajícího síranu hlinitého.

Tab. 13 - Koagulant : PIX-XL1B

Koagulant	Dávka g/m <sup>3</sup>	Voda vyrobená m <sup>3</sup> /rok	Spotřeba Koagulantu t/rok	t / Kč	Celkem
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	12,38	3 680 558	108	4090	443 556 Kč
PIX XL 1B	10,8	3 680 558	95	5124	484 771 Kč
<b>Rozdíl</b>			<b>-14</b>		<b>-41 216 Kč</b>

Na obr. 12 je znázorněné srovnání ročních nákladů při použití jednotlivých druhů koagulantů.



Obr. 12 - Porovnání ročních nákladů na jednotlivé koagulanty

## 4.2 Úprava hodnoty pH včetně změny dávkovacího místa

Na základě předchozích porovnání jednotlivých údajů viz. kapitola 3.3 lze konstatovat, že v současném uspořádání s velkou pravděpodobností dochází v některých případech ke zbytečnému dávkování oxidačních činidel, protože pro oxidaci manganu se nemohou uplatnit a to až do doby než dojde ke zvýšení hodnoty pH před filtrací.

Další otázkou je, zda je nezbytné dávkovat obě oxidační činidla (manganistan draselný a chlor) a síran hlinitý v množství, která se v současné době používají. První variantou by bylo ponechání chloru, snížení dávky síranu hlinitého a vynechání manganistanu draselného, neboť se doposud nevyskytl problém s vedlejšími produkty předchlorace.

Druhou variantou by bylo naopak ponechání manganistanu draselného, který je právě na tyto typy vod nejúčinnějším oxidačním činidlem, včetně snížení dávky síranu hlinitého.

### 4.2.1 Kalkulace nákladů

Tabulka 14. uvádí srovnání provozních ročních nákladů porovnáním množství použitého koagulantu síranu hlinitého při nové a stávající dávce.

Tab. 14 - Změna dávkování síranu hlinitého

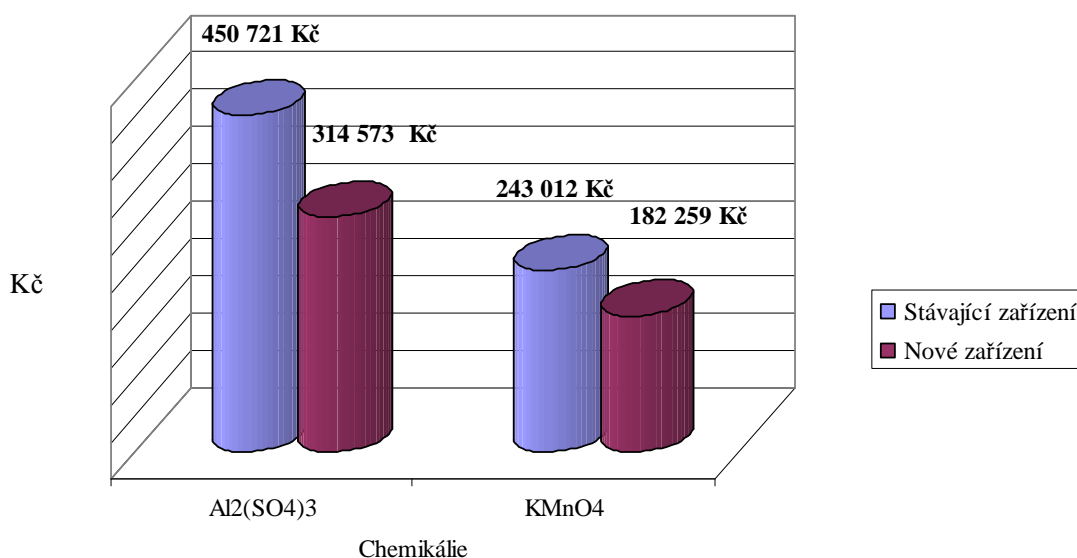
Koagulant	Průtok l/s	Dávka g/m <sup>3</sup>	Voda vyrobená m <sup>3</sup> /rok	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> t /rok	1 t / Kč	Celkem
Stávající dávka	120	12,58	3 680 558	110	4090	450 721 Kč
Nová dávka	120	8,78	3 680 558	77	4090	314 573 Kč
<b>Rozdíl</b>		<b>-3,8</b>		<b>-33</b>		<b>136 148 Kč</b>

Tabulka 15. uvádí srovnání provozních ročních nákladů porovnáním množství použitého manganistanu draselného při nové a stávající dávce.

Tab. 15 - Změna dávkování manganistanu draselného

Koagulant	Průtok l/s	Dávka g /m <sup>3</sup>	Voda vyrobená m <sup>3</sup> /rok	KMnO <sub>4</sub> t /rok	t / Kč	Celkem
Stávající dávka	120	0,53	3 680 558	2,8	86790	243 012 Kč
Nová dávka	120	0,41	3 680 558	2,1	86790	182 259 Kč
<b>Rozdíl</b>		<b>-0,12</b>		<b>-0,7</b>		<b>60 753 Kč</b>

Na obr. 13 je znázorněné porovnání ročních nákladů na úpravu vody při použití koagulantů síranu hlinitého a síranu železitého.



Obr. 13 - Srovnání nákladů za rok

### 4.3 Vyhodnocení použití nové technologie

#### 4.3.1 Kalkulace nákladů v rámci úspory elektrické energie při změně flokulace

V rámci technologických změn v budově flokulace dojde k vyřazení 9 ks stávajících pádlových míchadel, která jsou poháněna elektrickou energií. tabulka 16. uvádí úsporu provozních nákladů za elektrickou energii za rok.

Tab. 16 - Úspora provozních nákladů při demontáži sávajících míchadel

Stav	Počet zařízení	kWh	Celkem hodin	Celkem kW	kWh / Kč	Celkem
Stávající zařízení	9	2	8 765	157 770	2,65	<b>418 091 Kč</b>

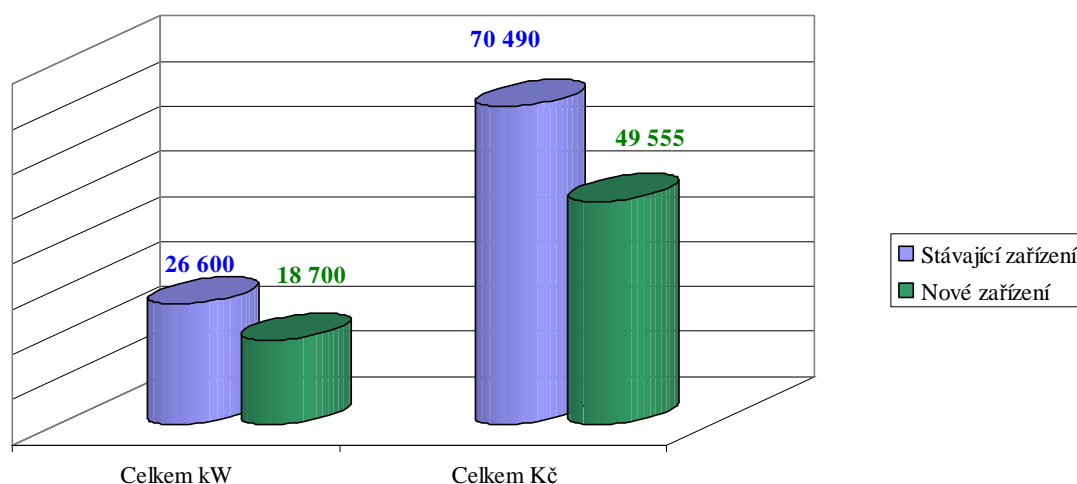
#### 4.3.2 Kalkulace nákladů v rámci úspory elektrické energie při výměně dmychadel

V rámci realizace nové technologie dojde i k výměně stávajících dmychadel za nové typy.

Stávající zařízení dodá do systému objem vzduchu 3600 m<sup>3</sup>/h, u nového zařízení je deklarován objem vzduchu výrobcem 4100 m<sup>3</sup>/h. Tím dojde k lepšímu a rychlejšímu provzdušnění při praní pískových filtrů. Tabulka 17. uvádí úsporu provozních nákladů za rok, kde vypočítaný rozdíl v provozních hodinách za rok, je z důvodu většího objemu vytlačeného vzduchu.

Tab. 17 - Úspora provozních nákladů při výměně dmychadel

Stav	Počet zařízení	Výkon zařízení kWh	Provoz zařízení Hod./Rok	Celková spotřeba kW/ Rok	Cena el. energie kWh/Kč	Celkem
Stávající zařízení	2	140	95	26 600	2,65	70 490 Kč
Nové zařízení	2	110	85	18 700	2,65	49 555 Kč
<b>Rozdíl</b>		<b>-30</b>	<b>-10</b>	<b>-7 900</b>		<b>20 935 Kč</b>



Obr. 14 - Grafické vyjádření provozních úspor za rok 2009

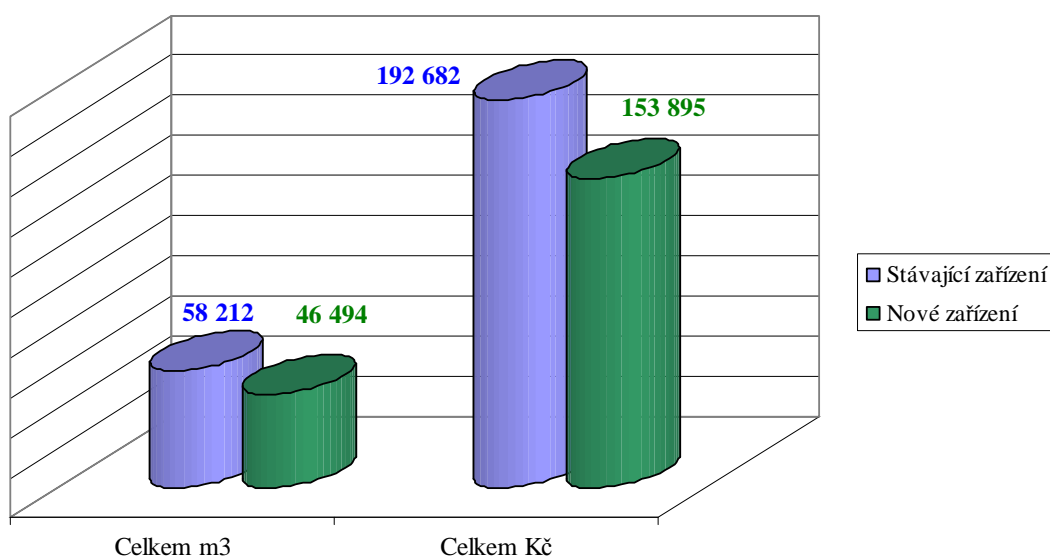


### 4.3.3 Kalkulace úspory surové vody při praní filtrů

V rámci realizace nové technologie dojde i k rekonstrukci čtyř pískových filtrů, jak je popsáno v následující kapitole 5.1.1 str.41. V tab. 18. je vypočítaný rozdíl v nákladech na vodu surovou pro praní filtrů za rok. Drenážní systém zaručuje rovnoměrné rozdělení pracího vzduchu po celé ploše filtru a současně též výraznou úsporu prací vody, v rozsahu až 20 %.

Tab. 18 - úspora provozních nákladů při změně praní filtrů

Stav	Počet zařízení	m <sup>3</sup> /praní filtru	Počet praní/Rok	SV m <sup>3</sup> / Rok	SV m <sup>3</sup> / Kč	Celkem
Stávající zařízení	10	189	308	58 212	3,31	192 682 Kč
Nové zařízení	10	189	246	54 243	3,31	153 895 Kč
<b>Rozdíl</b>		<b>0</b>	<b>-21</b>	<b>-3 969</b>		<b>38 787 Kč</b>



Obr. 15 - Grafické vyjádření provozních úspor za rok

Součtem celkových vypočtených úspor provozních nákladů se dostáváme k zajímavému číslu, které hraje nemalou roli v rozhodování jakou variantu doporučit.

<b>Celková úspora provozních nákladů při změně technologie za rok</b>	<b>477 812 Kč</b>
---	-------------------

## **5 Zpracování ekonomické rozvahy zaměřené na investiční a provozní náklady**

### **5.1 Investiční náklady nové linky**

Na základě výše uvedených údajů, zdůvodňující navržené řešení, je v následující kapitole uveden podrobnější popis stavebních i provozních celků Úpravny vody Horka, včetně předpokládaných investičních nákladů. Pro lepší porovnatelnost jsou zde uvedeny a vyčísleny úpravy, které se týkají pouze samotné výroby vody na úpravně.

#### **5.1.1 Rekonstrukce pískových filtrů a předpoklad investičních nákladů**

Úprava stávajícího zařízení bude provedena u 4 otevřených filtrů. Rekonstrukce spočívá v odstranění existujícího vystrojení filtrů a uložení drenážního systému. Drenážní systém je tvořen speciálními plastovými výlisky, spojovanými při montáži pomocí zámků. Materiál výlisků i speciální krycí desky je vysokomolekulární Polyetylén. Pro uložení plastových výlisků bude na dně filtrů provedena nová betonová vyrovnávací vrstva s odtokovým žlábkem. Přes filtr povede potrubí nad středovým žlabem, uložené na podpěrném válcovaném profilu, který se ukotví do stávajících obvodových stěn filtru. Otvory do středového kanálu se po demontáži stávajícího systému ponechají bez úprav (prací voda, odtok filtrátu). Přítokové potrubí vody na filtry, odtokové potrubí filtrátu a potrubí odpadní prací vody budou ponechána bez úprav. Odtěžená písková náplň filtrů se po dobu stavby uskladní v areálu úpravny vody, po modernizaci bude vrácena zpět a doplněna na požadovanou výšku (stáv. h = 1,6 m). Dále bude u všech modernizovaných filtrů provedena úprava rovinnosti stávajících přepadových hran a propojení komor každého filtru přes středový žlab nerezovým potrubím DN 150. Kalkulace předpokládaných investičních nákladů na filtraci jsou uvedeny v tabulce 19.

Tab. 19 - Kalkulace předpokládaných investičních nákladů u filtrace

**A. NÁKLADY STAVEBNÍ ČÁSTI**

Popis položky	Jednotka	Množství	Jed.Cena	Cena celkem
<b>FILTRACE</b>				
1 Odstavení rekonstruovaných filtrů a vypuštění vody z filtrů	kpl	1	50000	50 000 Kč
2 Odstranění filtrační náplně z rekonstruovaných filtrů včetně dopravy, uložení v areálu úpravní, vody a zajištění proti znečištění	m3	290	1000	290 000 Kč
3 Demontáž stávajícího technologického zařízení rekonstruovaných filtrů včetně likvidace, demontovaného zařízení	kpl	4	50000	200 000 Kč
4 Očištění stěn a dna rekonstruovaných filtrů včetně likvidace odpadu z očištění	m2	640	250	160 000 Kč
5 Úprava dna filtrů betonem včetně zřízení a odstranění bednění odtokového žlábků, dopravy betonové směsi na místo	m3	160	7000	1 120 000 Kč
6 Zřízení kompletního drenážního systému rekonstruovaných filtrů	m2	200	36000	7 200 000 Kč
7 Zřízení nového vzduchového potrubí z nerezového potrubí s napojením z na stávající rozvod ocelového potrubí DN 300 včetně tvarovek, ukotvení a uložení potrubí na nerezové konzoly v rozsahu : potrubí DN 250 - 3m, DN100 - 22m, DN20 -100m včetně tvarovek	kpl	4	80000	320 000 Kč
8 Úprava přepadových hran žlabů rekonstruovaných filtrů keramickým páskem	m	132	1000	132 000 Kč
9 Zřízení nerezového propojovacího potrubí DN150(dl. = 1200mm) přes středový žlab včetně vývrtů přes betonové stěny žlabu tl.200mm (2x) a vodotěsného zatěsnění	kpl	4	35000	140 000 Kč
10 Zpětné uložení filtračního písku do filtračních polí rekonstruovaných filtrů včetně naložení,dopravy , uložení a urovnání	m3	320	800	256 000 Kč
11 Doplnění nového filtračního písku včetně dopravy do úpravní vody a do filtrů ( 10% z celkového objemu)	m3	30	2500	75 000 Kč
12 Provozní opatření při realizaci - zřízení a odstranění lešení	kpl	4	35000	140 000 Kč
<b>FILTRACE CELKEM</b>				<b>10 083 000 Kč</b>

**5.1.2 Rekonstrukce flokulace a předpoklad investičních nákladů**

Do stávajících monolitických průtočných žlabů v objektu Budovy dávkování je navržena technologická vestavba nových montovaných příček (v počtu 6 ks), perforovaných otvory a provedených z nekorodujícího materiálu, kotvených ke konstrukci žlabů (labyrint). Jejich funkcí bude zajištění podmínek pro flokulaci a tvorbu větších dobře separovatelných částic. Současně bude provedena demontáž specifikovaného počtu stávajících pádlových míchadel (9 ks) a změny v zaústění dávkování vápna, oxidačního činidla a koagulantu, včetně doplnění dávkování síranu železitého. Pro uskladnění a dávkování nového typu koagulantu (koncentrovaný roztok síranu železitého) bude zapotřebí osadit novou zásobní nádrž včetně dávkovacího

zařízení. Nádrž s užitným objemem minimálně 30 m<sup>3</sup> bude realizována jako vestavba do nevyužívané podzemní jámy v objektu budovy dávkování. Vlastní plášť nové zásobní nádrže je navržen jako svařovaný plastový v polypropylenu.

Kalkulace předpokládaných investičních nákladů na flokulaci jsou uvedeny v tabulce 20.

Tab. 20 - Kalkulace předpokládaných investičních nákladů u flokulace

Popis položky	Jednotka	Množství	Jed.Cena	Cena celkem
<b>FLOKULACE</b>				
13 Vypuštění stávajícího koagulačního labyrintu, vyčištění labyrintu	kpl	2	30000	60 000 Kč
14 Očištění stěn a dna labyrintu včetně likvidace odpadu z očištění	m2	700	250	175 000 Kč
15 Kompletní demontáž stávajících pádlových míchadel (el. motor, převodovka, míchadlo, přívodní el. kabely) včetně likvidace dle dohody s provozovatelem	ks	10	12000	120 000 Kč
16 Instalace nerezových děrovaných stěn včetně rámu přes celou šířku a výšku průtočného profilu labyrintu (montáž po dílech)	ks	6	185000	1 110 000 Kč
17 Úprava potrubí dávkování manganistanu draselného	kpl	1	40000	40 000 Kč
18 Úprava potrubí dávkování hlinitého koagulantu	kpl	1	40000	40 000 Kč
19 Úprava potrubí vápenné vody	kpl	1	80000	80 000 Kč
20 Provozní opatření při realizaci - zřízení a odstravení lešení, vypuštění, odčerpání vody a kalů z labyrintu (předpoklad max. 3x)	kpl	3	50000	150 000 Kč
21 Vyčištění stávající nevyužívané nádrže, ostříkání tlakovou vodou včetně dopravy a likvidace odpadu z čištění	m2	70	300	21 000 Kč
22 Zřízení otvoru do stropu nádrže (0,5x2m) pro provedení obložení polypropylenovými deskami včetně zpětného zabetonování stropu	m2	1	80000	80 000 Kč
23 Obložení stěn a dna stávající nádrže polypropylenovými deskami (akumulace pro síran hlinitý) včetně hrdel pro zásobní a vypustné potrubí	m2	70	4500	315 000 Kč
24 Zřízení prostupu pro vypouštění a dávkování síranu hlinitého jádrovým vývrtem do železobetonové stěny tl. do 500mm průměr do 250mm včetně mechanického vodotěsného těsnění	ks	2	30000	60 000 Kč
25 Zkouška vodotěsnosti nádrže na síran železitý, napuštění a vypuštění vody	kpl	1	20000	20 000 Kč
<b>FLOKULACE CELKEM</b>				<b>2 271 000 Kč</b>
<b>NÁKLADY NA STAVEBNÍ ČÁST CELKEM</b>				<b>12 354 000 Kč</b>

### 5.1.3 Rekonstrukce technologicko strojní části a předpoklad investičních nákladů

Stávající turbokompresory pracího vzduchu pískových filtrů firmy ČKD Praha typu TD5L-39 budou v rámci stavby postupně demontovány a nahrazeny novými dmyhadly s rotačními písty. Dmyhadla jsou navržena se sáním vzduchu ze strojovny, osazená v protihlukových krytech ve vnitřním provedení s vestavěnými chladícími

ventilátory. Rozběh a doběh dmychadel bude prováděn pomocí soft startéru. Nová dmychadla budou osazena na stávajícím železobetonovém základu, který bude dle potřeby výškově a půdorysně upraven. Stávající ocelové výtlačné potrubí tlakového vzduchu se přizpůsobí pro napojení nových dmychadel. Doplnění a potřebných rozsahů úprav stávajícího řídicího systému na bázi automatů Allan Bradley pro ovládání nové technologie včetně úprav po dobu realizace stavby. Kalkulace předpokládaných investičních nákladů na technologické části jsou uvedeny v tabulce 21 a 22.

Tab. 21 - Kalkulace předpokládaných investičních nákladů u technologické části strojní

**B. NÁKLADY TECHNOLOGICKÉ ČÁSTI STROJNÍ**

Popis položky	Jednotka	Množství	Jed.Cena	Cena celkem
1 Soustrojí rotačního rootsova dmychadla s třízubými rotory; základovým rámem s pryžovými patkami; blokem dmychadla; tlumičem sání s filtrem; pojistným ventilem; kompenzátorem pro napojení potrubí; tlumičem výtlačku spolehlivým v celém frekvenčním spektru hluku; elektromotorem pro rozběh soft startérem Parametry zařízení: Qs= 4100 m <sup>3</sup> /h; přetlak □p= 60 kPa; n= 1407 min <sup>-1</sup> El. parametry dmychadla: U= 3x400 V; P2= 110 kW; f= 50 Hz; n= 1486 min <sup>-1</sup> Připojovací rozměr: DN 125 Příslušenství: protihlukový kryt pro vnitřní prostředí s integrovaným ventilátorem; zpětná klapka Materiálové provedení: ocel / litina / plasty s povrchovou úpravou od výrobce : Kubíček VHS, s.r.o., Velké Losiny Účel: dodávka pracovního vzduchu pískových filtrů	kpl	2	712425	1 424 850 Kč
2 Kompletní dávkovací panel 41% síranu železitého; 2x dávkovací čerpadlo; 2x vstříkovací ventil; 1x mechanický filtr; 1x tlumič pulzací sání; 2x tlumič pulzací výtlač; 2x protitlaký ventil; 2x manometr; nosný panel; elektro příslušenství; rozvod chemikálie Účel: dávkování 41% síranu železitého do nátoky surové vody na flokulační nádrže. Výrobce : Grunfos, s.r.o.	kpl	1	458850	458 850 Kč
3 Soubor armatur s ručním ovládním; vč. ostatních armatur a příslušenství. Materiálové provedení: standardní od výrobce Dodavatel technologie	kpl	1	365400	365 400 Kč
4 Trubní a hadicové rozvody; vč. směrových a výškových lomů; tvarovek; přírub; přírubových spojů; potrubních spojek; šroubení; tepelné izolace a ostatního příslušenství. Materiálové provedení: plasty (tlakové PVC; PE), nerezová ocel tř. 17 Dodavatel technologie	kpl	1	365400	365 400 Kč
5 Soubor doplňkových konstrukcí pro uložení potrubí; vč. kotevního a instalačního materiálu s příslušenstvím. Materiálové provedení: nerez. ocel tř. 17. Dodavatel technologie	kpl	1	63000	63 000 Kč
6 Pomocné a přípravné práce a konstrukce (lešení, bednění) Dodavatel technologie	kpl	1	126000	126 000 Kč
7 Provizorní opatření (odstávky vypouštění) Dodavatel technologie	kpl	1	63000	63 000 Kč
8 Stavební výpomocné práce Dodavatel technologie	kpl	1	63000	63 000 Kč
9 Demontáže Dodavatel technologie	kpl	23000	15	345 000 Kč
<b>TECHNOLOGICKÁ ČÁST STROJNÍ CELKEM</b>				<b>3 274 500 Kč</b>

Tab. 22 - Kalkulace předpokládaných inv. nákladů u technologické části elektro a ASŘ

**C. NÁKLADY TECHNOLOGICKÉ ČÁSTI ELEKTRO A ASŘ**

Popis položky	Jednotka	Množství	Jed.Cena	Cena celkem
<b>Nová zařízení, dodávka + montáž (práce v blízkosti napětí nebo pod napětím - na příkaz B)</b>				
1 Rozšíření a HW úpravy stávající řídicí stanice chemie související s doplněním analýzy pH ve stanovených bodech procesu	kpl	2	86630	173 260 Kč
2 Aplikační SW pro dvě nové stanice ASŘ, úvodní úprava aplikačního SW stávající stanice strojovny a chemie související s doplněním dvou nových stanic ASŘ a s doplněním měření pH v procesu úpravy vody, postupná úprava aplikačního SW jednotlivých stanic ASŘ a sdoučasná úprava vizualizačního SW na operátorském pracovišti ve velínu i v kanceláři vedoucího, prováděná minimálně v pěti krocích dle postupu výměny strojního zařízení a potřebných změn jejich ovládacího algoritmu	kpl	1	346500	346 500 Kč
3 pH-metr v jednotlivých bodech technologického procesu čištění vody, včetně oživení měřicí smyčky	kpl	4	86630	346 520 Kč
4 měřič hladiny ultrazvukový včetně nosné konzoly na filtraci vody, včetně oživení měřicí smyčky	kpl	4	28880	115 520 Kč
<b>Rozvody a instalace, dodávka + montáž</b>				
5 Kabel CYKY silový do 5*2,5	m	100	49	4 900 Kč
6 Kabel CYKY signálový do 12*1,5	m	200	76	15 200 Kč
7 Kabel signálový stíněný JYTY do 4*1	m	550	28	15 400 Kč
8 Kabel signálový stíněný JYTY do 19*1	m	200	98	19 600 Kč
9 Kabel datové sběrnice	m	100	32	3 200 Kč
10 Vodič CYA do 6 ž/z	m	20	22	440 Kč
11 Vodič CY do 4 ž/z	m	50	16	800 Kč
12 Kabelový rošt z pozinkovaných ocelových drátů šířky do 400mm žárově zinkovaný, s víkem, včetně nosných a spojovacích prvků	bm	120	1181	141 720 Kč
13 Pomocná ocelová konstrukce žárově zinkovaná	kg	60	158	9 480 Kč
14 Pevné protipožární zatěsnění kabelového prostupu pod rozvaděčem	m2	2	6300	12 600 Kč
15 Stavební úprava - průraz žb podlahy pod polem rozvaděče	m2	1,5	6300	9 450 Kč
16 Nátěrové hmoty, tmely, montážní pěny	kg	10	578	5 780 Kč
20 Pomocný a spojovací materiál – šrouby, vruty, hmoždinky, šroubové i bezšroubové svorky, oka, stahovací a izolační pásy, distanční příchytky, kabelové vývodky, kabelové štítky, výstražné tabulky	soubor	1	28600	28 600 Kč
<b>Společné položky</b>				
21 Zkoušky a výchozí revize elektrických zařízení a řídicích systémů soubor	soubor	1	91000	91 000 Kč
22 Přidružené výkony zednické a natěračské k realizaci soubor	soubor	1	6600	6 600 Kč
23 Pomocný materiál a montážní přípravy, potřebné při realizaci soubor	soubor	2	2100	4 200 Kč
24 Zpřístupnění pracovních prostorů - dočasné lešení a lávky pro demontáže a montáže prováděné při realizaci	soubor	1	4400	4 400 Kč
25 Dočasné uskladnění, odvoz a likvidace vzniklého odpadu při realizaci	soubor	1	600	600 Kč
<b>TECHNOLOGICKÁ ČÁST ELEKTRO A ASŘ CELKEM</b>				<b>1 355 770 Kč</b>

Celkové předpokládané investiční náklady na vybudování nové linky :

<b>CELKOVÉ NÁKLADY: A+B+C</b>	<b>16 984 270 Kč</b>
-------------------------------	----------------------

## 5.2 Porovnání investičních a provozních nákladů

Následující porovnání investičních a provozních nákladů vychází z již popsaných a uvedených údajů. Pro srovnání budou použity výsledky výpočtů provozních nákladů uvedené v kapitole 4.3 viz tab. 23. na jedné straně a na straně druhé celkové investiční náklady uvedené v předchozí kapitole 5.1 .

Tab. 23 - Celkové úspory provozních nákladů za rok

Zařízení	Úspora nákladů za rok
Míchadla	418 091 Kč
Dmychadla	20 935 Kč
Filtrace	38 787 Kč
<b>Celkem za rok</b>	<b>477 812 Kč</b>

Celkové předpokládané investiční náklady jsou :

<b>CELKOVÉ NÁKLADY: A+B+C</b>	<b>16 984 270 Kč</b>
-------------------------------	----------------------

Veškeré náklady související s pořízením a následným provozem zařízení nazýváme výrobními náklady. Roční výrobní náklady jsou celkové náklady na zhotovení výrobku za provozní rok. Pro jejich vyjádření je výhodné použít dělení nákladů podle způsobu vynakládání na :

- o investiční (jednorázové, pořizovací) [Kč] – vynaložené před uvedením díla do provozu, zahrnující cenu zařízení (technologická i stavební část), náklady na jeho instalaci a uvedení do provozu. V našem případě celkové investiční náklady jsou 16 984 270,- Kč
- o roční provozní [Kč/rok] – periodicky se opakující v jednotlivých letech provozu. Provozní náklady jsou závislé na ročním objemu produkce (počtu provozních hodin nebo době využití). Obvykle se počítají jako měrná cena za jednotku (např. Kč/m<sup>3</sup>) x počet zaplacených jednotek za rok (např. m<sup>3</sup>/rok) .

„Investiční činnost je vynakládání zdrojů za účelem získání užitků, které jsou očekávány v delším budoucím časovém období.“<sup>11</sup>

Rozlišujeme tři základní skupiny investic :

- Hmotné (věcné, fyzické, kapitálové) investice vytvářející, nebo rozšiřující výrobní kapacitu podniku
- Finanční investice, jako je nákup cenných papírů, obligací, akcií za účelem získání úroků a dividend
- Nehmotné investice, jako je nákup know - how, výdaje na výzkum, vzdělání aj.

V našem případě se jedná o hmotnou investici, kterou rozumíme celkové výdaje na výstavbu, modernizaci, rekonstrukci nebo obnovu majetku podniku. V praxi se jedná o výstavbu nových provozů, zavedení nových technologií, výměnu starého a opotřebovaného zařízení aj. Rozhodování o investicích je určení směru budoucího vývoje podniku a jeho efektivnosti. Patří proto k nejdůležitějším manažerským rozhodnutím. Investice slouží řadu let a jsou zdrojem přírůstků zisku podniku, ale současně i „břemenem“, které zatěžuje ekonomiku podniku především fixní náklady.

Nesprávně zaměřená a ne-efektivní investice může přivést podnik k úpadku.

Investici posuzujeme pomocí nákladových kritérií, kde může být efektem jak úspora investičních nákladů, tak i nákladů provozních (spjatých s pozdějším fungováním investice). Zásadní dělení těchto kritérií probíhá na základě toho, zda daná metoda přihlíží nebo nepřihlíží k faktoru času:

- statické metody nerespektují faktor času a jsou to :
  - metoda výnosnosti investice ROI
  - metoda doby splacení, doby návratnosti (Playback Metod)
- dynamické metody respektující faktor času v investičním rozhodování a jsou to:
  - čistá současná hodnota
  - vnitřní výnosové procento
  - index ziskovosti

Dalším hlediskem pro posuzování investic je posuzování efektů z investic:

- nákladová kritéria hodnocení efektivnosti (efektem úspora nákladů)
- zisková kritéria hodnocení efektivnosti (efektem vykazovaný zisk)
- čistý peněžní příjem z investice (efektem je peněžní tok)

---

<sup>11</sup> SYNEK, M.. a kol., *Podniková ekonomika 3*, s. 252.



## Metoda výnosnosti investice

Jedná se o nejjednodušší metodu, statický ukazatel (nezohledňuje rozložení zisku v čase), hojně se však používá pro rychlost výpočtu a vysoce názornou představu o výnosnosti investice

$$r_i = Z_r / IN$$

$r_i$  – výnosnost (rentabilita) investice

$Z_r$  – průměrný čistý roční zisk plynoucí z investice

IN – náklady na investici

$$r_i = 477\,812 / 16\,984\,270 = 0,028 * 100 = 2,8 \%$$

**Výnosnost investice je 2,8 %**

## Metoda doby splacení

Je metodou pro posouzení investičních nákladů. Doba splacení je dána počtem let, za které tok výnosů přinese hodnotu rovnající se původním nákladům na investici.

Jsou-li výnosy v každém roce životnosti investice stejné, pak dobu splacení zjistíme dělením investičních nákladů roční částkou očekávaných čistých výnosů. Čím kratší doba splacení je, tím je investice výhodnější. Tato metoda však nebere v úvahu výnosy po době splacení a časové rozložení výnosů v době splacení. Poskytuje důležitou informaci o riziku investice.

$$\text{doba splacení} = IN / \text{očekávané roční výnosy} = 1 / r_i$$

$$\text{Předpokládané investiční náklady} = 16\,984\,270,- \text{ Kč}$$

$$\text{Očekávané roční výnosy (úspora nákladů)} = 477\,812,- \text{ Kč}$$

$$\text{Doba splacení} = 16\,984\,270 / 477\,812 = 35,53 \text{ let}$$

Jsem si vědom toho, že při hodnocení investice touto metodou je počítáno s neměnnou vstupní cenou elektrické energie a surové vody po celou dobu splacení. Skutečností je, že současný trend cen je rok od roku proměnlivý, a to tak výrazně, že nelze budoucí cenu ani předpokládat. Jedním z výrazných faktorů, které působí na cenu vstupních energií, je i politický vliv na cenu elektrické energie.

## Závěr

Z výsledků koagulačních pokusů vyplývá, že na ÚV Horka lze aplikovat železitý koagulant PIX 113 místo stávajícího síranu hlinitého ALS 50% bez výraznějších problémů. Problémový Mn byl ve všech případech spolehlivě eliminován. Proces koagulace také významně závisí na kvalitě surové vody, změnu kvality vody v průběhu roku lze řešit použitím koagulantu PIX XL1B, který vložkoval velmi dobře, oproti PIX 113 byly vločky výrazně větší a zbytkové Fe zcela zanedbatelné. Rovněž je předpoklad, že tento koagulant bude lépe pracovat i při nižších dávkách.

Použití obou koagulantů – ALS 50% a PAX-18- poskytuje srovnatelné výsledky. Jako optimální se v současné době jeví dávka hliníku 1,0 mg Al/l, což odpovídá množství ALS 25 g/m<sup>3</sup> nebo množství PAX 11,1 g/m<sup>3</sup>.

Při změně dávkovacího místa pro předalkalizaci je možné snížení dávkovaných chemikálií, síranu hlinitého a manganistanu draselného.

Dle výsledků provedených výpočtů hodnocení efektivnosti příkladové investice do technologického zařízení na ÚV Horka, by žádný investor, který hledá možnost investování vlastních prostředků s cílem brzkého výtěžku, nepodstoupil takové riziko. Neboť se jedná o investici v celkových nákladech 16 984 270,- Kč s malým procentem výnosnosti a dlouhou dobou splacení. V našem případě se jedná o potřebnou obnovu stávajícího zařízení pro úpravu pitné vody. Hlavním efektem bude kvalitní pitná voda, spokojený zákazník (spotřebitel) a úspory ročních provozních nákladů, které v konečném důsledku zlevní náklad na výrobu 1 m<sup>3</sup> pitné vody.

## Anotace

<b>Příjmení a jméno autora:</b>	Vladimír Urban
<b>Instituce:</b>	Moravská vysoká škola Olomouc
<b>Název práce v českém jazyce:</b>	Ekonomické a technologické zhodnocení provozu úpravny pitné vody Horka
<b>Název práce v anglickém jazyce:</b>	Economic and Technological Evaluation of Water Treatment Plants Horka
<b>Vedoucí práce:</b>	Doc. Ing. Nina Strnadová, CSc.
<b>Počet stran:</b>	55 stránek
<b>Počet příloh:</b>	0
<b>Rok obhajoby:</b>	2010
<b>Klíčová slova v českém jazyce:</b>	pitná voda, kvalita vody, odmanganování, legislativa, jakost , provozní náklady, investiční náklady
<b>Klíčová slova v anglickém jazyce:</b>	drinking water, water quality, demanganization, legislation, quality, operating costs, capital costs

Práce se zabývá možnostmi zlepšení jakosti pitné vody dodávané z úpravny vody Horka pro města a obce Sokolovska. Hlavním problémem současného provozu ÚV Horka a navazující vodárenské distribuční soustavy je zvýšený obsah manganu ve vyrobené pitné vodě, částečně rozkolísaná účinnost odstranění  $CHSK_{Mn}$ , a problémy se zpětnou kontaminací vyrobené vody při její dopravě potrubím. Obsah manganu v surové vodě se pohybuje v závislosti na ročním období v rozpětí 0,03 – 0,3 mg/l, v upravené vodě v rozpětí 0,01 – 0,15 mg/l. Současná technologie nedokáže zajistit obsah manganu v pitné vodě po dobu celého roku na úrovni požadavků legislativy. Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o. proto vyslovilo požadavek na zlepšení účinnosti úpravy vody a dosažení kvalitní pitné vody v souladu s vyhláškou č 252/2004 Sb. Výsledkem by pak měl být návrh technologického řešení v podmínkách stávající úpravny vody . Zvýšená koncentrace manganu je pouze po dobu cca 4 až 5 měsíců v roce a proto musí navržená technologie být schopna zvládnout i tyto „extrémy“, a současně nebyť investičně i provozně náročná a ani nákladná.

The work deals with the possibilities of improving the quality of drinking water supplied from a water treatment plant Horka for municipalities Sokolov. The main problem of the current operation of the Water Treatment Plants Horka and water-supply distribution system is the increased content of manganese in drinking water produced, some shaky  $CHSK_{Mn}$  removal efficiency and the problems with retrospective contamination of produced water in the transport pipeline. The content of manganese in raw water varies, depending on the season ranging from 0.03 to 0.3 mg / l in treated water in the range of 0.01 to 0.15 mg / l. Current technology can not guarantee the content of manganese in drinking water throughout the year at legislative requirements. Water company Sokolov, therefore ordered demands improvement in efficiency of water treatment and the achievement of high quality drinking water in accordance with Decree No 252/2004 Coll. The result would be a proposal of technological solutions in terms of the existing water treatment plant. Increased concentrations of manganese is only in about 4 to 5 months to the proposed technology must be able to handle these „extremes“, as well not to be operationally difficult nor expensive.

## Seznam literatury

ABRHÁM, Vítězslav. Úpravna vody Horka : Provozní řád.

EKOEKO s.r.o., Úpravna vody Horka modernizace a optimalizace, Projektová dokumentace pro ohlášení stavebních úprav vodního díla vodního díla

MALÝ J., MALÁ J.: Chemie a technologie vody, Ardec, 2006

PITTER P.: Hydrochemie, VŠCHT Praha, 2009

STRNADOVÁ N., JANDA V.: Technologie vody I. Vydavatelství VŠCHT, Praha 1999

SYNEK M. a kol. Podniková ekonomika 3. přepracované a doplněné vydání Praha : C.H.Beck, 2002

ŽÁČEK L.: Chemické a technologické procesy úpravy vody. SNTL Praha 1981

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

VYHLÁŠKA č.428/2001 Sb. MZd ze dne 16. listopadu 2001, kterou se provádí zákon č.274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů

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

VYHLÁŠKA č.275/2004 Sb. Vyhláška o požadavcích na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a o způsobu jejich úpravy

VYHLÁŠKA č.229/2007 Sb. Nařízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

ČSN EN ISO 7887 Jakost vod. Stanovení barvy

ČSN ISO 10523 Jakost vod. Stanovení pH

ČSN ISO 10566 Jakost vod - Stanovení hliníku - Spektrofotometrická metoda s pyrokatecholovou violetí

ČSN ISO 6333 Jakost vod. Stanovení manganu. Spektrofotometrická metoda

ČSN ISO 6332 Jakost vod. Stanovení železa. Fotometrická metoda s 1,10-fenantrolinem

Vodní dílo Horka [online]. Dostupný z WWW: <http://www.poh.cz/vd/horka.htm>

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

Al	Hliník
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	síran hlinitý
ČSN	Česká státní norma
DH	doporučená hodnota
DN	Jmenovitý průměr (Diameter Nominal)
Fe	Železo
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	síran železitý
$\text{CHSK}_{\text{Mn}}$	stanovení chemické spotřeby kyslíku manganistanem
$\text{KMnO}_4$	manganistan draselný
kW	kilowatt - jednotka výkonu
kWh	kilowatthodina – jednotka práce
MH	mezní hodnota
Mn	Mangan
MVE	Malá vodní elektrárna
MZd	Ministerstvo zemědělství
NMH	nevyšší mezní hodnota
SV	surová voda
SVH	Skupinový vodovod Horka
UV	upravená voda
ÚV	úpravna vody
VD	Vodní dílo

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Vodní nádrž Horka – poloha .....	15
Obr. 2 - Vodní nádrž Horka – letecký snímek .....	16
Obr. 3 - Areál ÚV Horka .....	19
Obr. 4 - Technologické schéma .....	20
Obr. 5 - Průběh hodnot pH ve flokulaci.....	26
Obr. 6 - Dávka koagulantů v poměru ke zbytkovému Mn a Fe.....	28
Obr. 7 - Poměr pH a zbytkového Mn a Fe.....	28
Obr. 9 - Dávka PAX 18 .....	30
Obr. 10 - Průběh koncentrací manganu v surové vodě.....	31
Obr. 11 - Průběh koncentrací manganu v odsazené vodě.....	31
Obr. 12 - Porovnání ročních nákladů na jednotlivé koagulanty .....	36
Obr. 13 - Srovnání nákladů za rok .....	38
Obr. 14 - Grafické vyjádření provozních úspor za rok 2009 .....	39
Obr. 15 - Grafické vyjádření provozních úspor za rok .....	40

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Vybrané ukazatele z imisních standardů ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod z tabulka č. k nařízení vlády č.229/2007 Sb.....	8
Tab. 2 - Kategorie upravitelnosti surové vody .....	9
Tab. 3 - Jakost surové vody .....	17
Tab. 4 - Kvalita vody v nádrži v roce 2009 – II. pololetí .....	18
Tab. 5 - Separační účinnost ÚV v ukazateli $CHSK_{Mn}$ .....	18
Tab. 6 - Koagulační zkoušky s koagulanty PIX 113 a PIX XL 1B .....	27
Tab. 7 - Vyhodnocení koagulačního testu PAX 18 .....	29
Tab. 8 - Porovnání použití hlinitých kolagulantů - varianta $Al_2(SO_4)_3$ .....	29
Tab. 9 - Porovnání použití hlinitých kolagulantů - varianta PAX-18.....	29
Tab. 10 - Separační účinnost Mn .....	32
Tab. 11 - Koagulant : Polyaluminiumchlorid PAX-18.....	35
Tab. 12 - Koagulant : Síran železitý PIX-113 .....	36
Tab. 13 - Koagulant : PIX-XL1B .....	36
Tab. 14 - Změna dávkování síranu hlinitého .....	37
Tab. 15 - Změna dávkování manganistanu draselného.....	38
Tab. 16 - Úspora provozních nákladů při demontáži sávajících míchadel .....	39
Tab. 17 - Úspora provozních nákladů při výměně dmychadel .....	39
Tab. 18 - Úspora provozních nákladů při změně praní filtrů.....	40
Tab. 19 - Kalkulace předpokládaných investičních nákladů u filtrace.....	42
Tab. 20 - Kalkulace předpokládaných investičních nákladů u flokulace .....	43
Tab. 21 - Kalkulace předpokl. investičních nákladů u technologické části strojní .....	44
Tab. 22 - Kalkulace předpokl. inv. nákladů u technologické části elektro a ASŘ .....	45
Tab. 23 - Celkové úspory provozních nákladů za rok .....	46