

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ**



**VYHODNOCENÍ PROBÍHAJÍCÍHO**  
**ZKUŠEBNÍHO PROVOZU ÚPRAVNY VODY**  
**VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ PO REKONSTRUKCI**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**ŠTĚPÁN ZVĚŘINA**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kateřina Slavičková, Ph.D.**

**Konzultant: Mgr. Přemysl Baran**

**Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.**

**KVĚTEN 2016**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

studijní program: Stavební inženýrství  
studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby  
akademický rok: 2015/2016

Jméno a příjmení studenta: Štěpán Zvěřina  
Zadávající katedra: Katedra zdravotního a ekologického inženýrství  
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kateřina Slavičková, Ph.D.  
Název bakalářské práce: Vyhodnocení probíhajícího zkušebního provozu úpravní vody Valašské Meziříčí po rekonstrukci  
Název bakalářské práce v anglickém jazyce: Evaluation of the Ongoing Trial Operation of Water Treatment Plant Valašské Meziříčí after Reconstruction

Rámcový obsah bakalářské práce: Cílem práce je vyhodnocení probíhajícího zkušebního provozu rekonstruované úpravní vody Valašské Meziříčí. V bakalářské práci bude porovnán stav před rekonstrukcí a po rekonstrukci a budou vyhodnocena data jakosti surové a upravené vody. Součástí práce bude srovnání ekonomické stránky procesu filtrace před rekonstrukcí a po rekonstrukci.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2016 Termín odevzdání: 22.5.2016  
(vyplňte poslední den výuky příslušného semestru)

Pokud student neodevzdal bakalářskou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu bakalářskou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č. 111/1998. (SZŘ ČVUT čl. 21, odst. 4)

*Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.*

.....  
vedoucí bakalářské práce

.....  
vedoucí katedry

Zadání bakalářské práce převzal dne: 22.2.2016

.....  
student

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x student, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Nejpozději do konce 2. týdne výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání BP na studijní oddělení a provede zápis údajů týkajících se BP do databáze KOS.

BP zadává katedra nejpozději 1. týden semestru, v němž má student BP zapsanou.  
(Směrnice děkana pro realizaci studijních programů a SZZ na FSv ČVUT čl. 5, odst. 7)

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Praha 22.5.2016

.....

podpis autora

Štěpán Zvěřina

Chtěl bych poděkovat vedoucí své bakalářské práce Ing. Kateřině Slavičkové Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a ochotu při zpracování práce. Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům společnosti Vodovody a kanalizace Vsetín a.s., Mgr. Přemyslu Baranovi a panu Radovanu Špruncovi, za poskytnuté informace, data a čas, který mi věnovali.

## **ABSTRACT**

The main purpose of the bachelor thesis is an evaluation of the ongoing trial operation of water treatment plant Valašské Meziříčí after a reconstruction. The goal of the thesis is a comparison of conditions before the reconstruction and after the reconstruction. There are evaluated water quality data of raw water and also drinking water. As part of the thesis there is a comparison of economical aspects of a filtration process before the reconstruction and after the reconstruction. The bachelor thesis is divided into two parts. The first theoretical part discusses the process of surface water treatment, the water treatment plant reconstruction and the water treatment plant description. The second practical part deals with the evaluation of measured data and the comparison the water treatment plant before the reconstruction and after the reconstruction and it evaluates economical aspects of the filtration process. Complete conclusion is presented at the end of the thesis.

## **KEY WORDS**

Water treatment plant, reconstruction, trial operation, water quality

## **ABSTRAKT**

Předmětem bakalářské práce je vyhodnocení probíhajícího zkušebního provozu rekonstruované úpravný vody Valašské Meziříčí. Cílem práce je porovnání stavu před rekonstrukcí a po rekonstrukci. Budou vyhodnocena data jakosti surové a upravené vody a součástí práce bude srovnání ekonomické stránky procesu filtrace před rekonstrukcí a po rekonstrukci. Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí. První teoretická část pojednává o procesu úpravy povrchové vody, rekonstrukci úpravný vody a jejím popisu. Druhá praktická část se zabývá vyhodnocením naměřených dat a porovnáním úpravný vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci a hodnotí ekonomickou stránku procesu filtrace. Na konci práce je uveden celkový závěr.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Úpravna vody, rekonstrukce, zkušební provoz, jakost vody

ÚVOD.....	11
1 ÚPRAVA VODY Z POVRCHOVÝCH ZDROJŮ .....	12
1.1 Zdroje povrchové vody .....	12
1.1.1 Stojatá voda .....	12
1.1.2 Tekoucí voda.....	12
1.2 Jímání povrchové vody .....	13
1.2.1 Způsoby jímání stojaté povrchové vody.....	13
1.2.2 Způsoby jímání tekoucí povrchové vody .....	13
1.3 Způsoby úpravy vody .....	14
1.3.1 Rozdělení způsobů úpravy.....	14
1.4 Mechanické způsoby předčištění .....	15
1.4.1 Česle .....	15
1.4.2 Síta.....	15
1.4.3 Lapáky písku .....	16
1.5 Preoxidace.....	16
1.5.1 Princip preoxidace .....	16
1.5.2 Oxidační činidla používaná pro preoxidaci .....	16
1.6 Čiření .....	17
1.6.1 Princip čiření .....	17
1.6.2 Varianty separace vloček .....	18
1.6.3 Koagulanty .....	19
1.6.4 Polymerní flokulanty .....	20
1.7 Flotace.....	20
1.8 Filtrace .....	20
1.8.1 Princip filtrace .....	20
1.8.2 Dělení filtrů podle druhu filtrace .....	21
1.8.3 Pomalá filtrace.....	21

1.8.4	Rychlofiltrace .....	21
1.8.5	Drenážní systém a praní filtrů .....	22
1.9	Adsorpce .....	23
1.9.1	Princip adsorpce .....	23
1.9.2	Adsorpce aktivním uhlím .....	23
1.10	Dezinfekce.....	24
1.10.1	Princip dezinfekce .....	24
1.10.2	Primární dezinfekce.....	24
1.10.3	Sekundární dezinfekce.....	24
1.10.4	Vznik vedlejších produktů dezinfekce .....	24
1.11	Stabilizace.....	25
1.11.1	Princip stabilizace.....	25
1.11.2	Druhy stabilizace .....	26
1.12	Kaly a kalové hospodářství .....	26
1.12.1	Princip.....	26
1.12.2	Zahušťování kalů .....	27
1.12.3	Odvodňování kalů .....	27
2	ÚPRAVNA VODY VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ .....	28
2.1	Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s.....	28
2.2	Historie a popis úpravny vody Valašské Meziříčí před rekonstrukcí .....	28
2.3	Důvody k rekonstrukci úpravny vody Valašské Meziříčí .....	29
2.4	Rekonstrukce a popis modernizované úpravny vody .....	30
2.4.1	Úpravna vody .....	31
2.4.2	Jímání surové vody.....	32
2.4.3	Jímka surové vody .....	32
2.4.4	Čerpací stanice.....	33
2.4.5	Strojovna.....	34



2.4.6	Dávkování koagulantu.....	35
2.4.7	Rozdělovací objekt surové vody.....	36
2.4.8	Sedimentační nádrže.....	37
2.4.9	Filtrace.....	38
2.4.10	Hygienické zabezpečení vody – UV lampa.....	40
2.4.11	Hygienické zabezpečení vody – dávkování chloru .....	41
2.4.12	Akumulace upravené vody .....	42
2.4.13	Kalové hospodářství .....	42
2.4.14	Měření a regulace .....	43
2.4.14.1	Parametry měřené na ÚV .....	43
2.4.15	Automatický systém řízení .....	45
2.5	Role úpravny ve skupinovém vodovodu Stanovnice.....	45
3	VYHODNOCENÍ JAKOSTI VODY .....	47
3.1	Parametry jakosti vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci .....	47
3.1.1	Vybrané parametry jakosti vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci .....	47
3.1.2	Statistické vyhodnocení parametrů jakosti vody.....	57
4	POROVNÁNÍ ÚPRAVNY VODY PŘED REKONSTRUKCÍ A PO REKONSTRUKCI.....	63
4.1	Průměrné dlouhodobé hodnoty .....	63
4.1.1	Měsíční hlášení z úpravny vody Valašské Meziříčí.....	63
4.1.2	Shrnutí z měsíčních hlášení na úpravně vody Valašské Meziříčí.....	67
4.1.3	Technologie úpravny vody .....	69
4.1.3.1	Průběh procesu filtrace.....	75
5	EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ PROCESU FILTRACE PŘED A PO REKONSTRUKCI.....	82
5.1	Výpočet praní filtrů.....	82
5.1.1	Praní filtrů s náplní GAU před rekonstrukcí .....	83

5.1.2	Praní pískových filtrů po rekonstrukci .....	84
5.1.3	Praní filtrů s náplní GAU po rekonstrukci .....	85
5.1.4	Zhodnocení praní filtrů.....	91
6	ZÁVĚR.....	92
7	SEZNAM LITERATURY A PODKLADŮ .....	94
8	SEZNAM TABULEK .....	97
9	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	98
10	SEZNAM GRAFŮ .....	100

# ÚVOD

Voda je životadárným a elementárním prvkem v životě nás všech. Její zabezpečení v dostatečné kvalitě a dostatečném množství je jednou z primárních potřeb dnešní doby. Postupem času ruku v ruce s vývojem vědy a výzkumu, ale i celé společnosti je čím dál zřetelnější i míra nezbytnosti stále udržovat nejvyšší možný standard pitné vody. A tak, jako se vyvíjejí všechna odvětví, přirozeně dochází k vývoji také v segmentu úpravy vody. Jedná se o reakci na změny ve znečištění surové vody, pokrok v oblasti využití chemie, či nové poznatky z hlediska pronikání znečištění do prostředí. Je nutné na úpravnách aplikovat tyto modernizace a využít vývoje nových postupů pro odstranění znečištění vody, aby bylo možné zásobovat obyvatelstvo pitnou vodou s co nejlepší jakostí. Vedle výše uvedených aspektů je též velmi vhodné využít fenoménu dnešní doby, a to centralizace a automatizace systémů pro dosažení možnosti přehledného monitoringu a následné snadné regulace procesů, ideálně vše z jednoho místa. V případě úpravny vody Valašské Meziříčí tento přirozený vývoj reprezentuje generální rekonstrukce. Úpravna vody, která byla v provozu bez významnější rekonstrukce 36 let, byla modernizována a bude nadále nezanedbatelnou součástí skupinového vodovodu Stanovnice.

Cílem mé bakalářské práce je shrnutí rekonstrukce kompletně modernizované úpravny vody Valašské Meziříčí a vyhodnocení naměřených dat poskytnutých provozovatelem Vodovody a kanalizace Vsetín a.s. V práci je popsána zmodernizovaná úpravna vody a její funkce a přínos svému okolí. Jsou zde statisticky vyhodnoceny všechny parametry rozborů vody a graficky parametry pH, zákal, amonné ionty, dusičnany, dusitany, CHSK – Mn, železo, mangan a vývoj mikrobiologických ukazatelů ze surové a upravené vody z období před rekonstrukcí a po rekonstrukci v rámci zkušebního provozu. Součástí práce je též statistické a grafické porovnání parametrů pH, CHSK – Mn, teplota vody, průtok, zákal, dávka síranu hlinitého, doba filtrační fáze filtrů měřených na úpravně vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci. Dále jsou zde vyhodnocena data z měsíčních hlášení výroby před rekonstrukcí a po rekonstrukci a práce se dotýká také ekonomické náročnosti procesu filtrace s ohledem na spotřebu prací vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci úpravny vody.

# 1 ÚPRAVA VODY Z POVRCHOVÝCH ZDROJŮ

## 1.1 Zdroje povrchové vody

Povrchovými vodami se rozumí všechny vody vyskytující se na zemském povrchu. Povrchové vody jsou dotovány z atmosférických srážek a podzemních vod. Dělíme je na vody stojaté a vody tekoucí. V České republice jsou povrchové vody významným zdrojem pro výrobu pitné vody. [17]

### 1.1.1 Stojatá voda

Jako zdroj povrchové stojaté vody se rozumí vodárenské nádrže s odběrnými objekty. Vodárenské nádrže jsou budovány na vodních tocích s dostatečnou kapacitou. Množství vody odebírané z nádrže závisí na potřebě vody pro vodárenské účely. Vodárenská nádrž, jakožto součást přírody, je vystavena působení přírodních zákonů, což se přímo promítá do vody v ní akumulované. Jedná se zejména o působení fyzikálních, chemických a biologických pochodů. [11]

V neposlední řadě jsou vodní nádrže ovlivněny klimatickými jevy. Teplotní stratifikace vody má za následek rozdílné vlastnosti a tudíž rozdílnou kvalitu vody v různých hloubkách nádrže, což je způsobeno zejména vlivem slunečního záření a ročního období [14]

### 1.1.2 Tekoucí voda

Zdrojem povrchové tekoucí vody jsou vydatné vodní toky opatřené odběrnými objekty. Ve vodních tocích kvalita vody kolísá po délce i po šířce toku. Je zde patrná nevyrovnanost obsahu rozpuštěného kyslíku v závislosti na ročním období, což souvisí se znečištěním organickými látkami. [12] Dále mají vliv na kvalitu vody v tocích také atmosférické srážky a velikost průtoků.

Oproti podzemním vodám se povrchové vody vyznačují nízkým obsahem oxidu uhličitého a nižším stupněm mineralizace. V povrchových vodách se působením slunečního záření a vyššího obsahu kyslíku vyskytuje mnohem více mikroorganismů a

organických látek. V důsledku střídání ročních období dochází ke kolísání teploty vody a také kvality vody a výskytu chemických látek, což je způsobeno například splachy zemědělských ploch v letních měsících. Chemické látky se v povrchových vodách vyskytují většinou v oxidované formě. [17]

## **1.2 Jímání povrchové vody**

Způsob jímání povrchové vody se liší podle toho, zda se jedná o jímání vody tekoucí nebo vody stojaté.

### **1.2.1 Způsoby jímání stojaté povrchové vody**

K jímání vody z nádrží se nejčastěji užívají věžové jímací objekty. Konstrukčně mohou stát buď samostatně v prostoru nádrže anebo být spojeny s konstrukcí hráze. Vodárenské odběrné objekty se konstruuji etážovitě, aby bylo možno odebírat vodu z různých hloubek, v závislosti na proměnlivosti teploty a kvality vody podle ročního období nebo klimatických podmínek. Dalšími alternativami odběru vody z nádrží jsou sdružené objekty, odběrné objekty umístěné nade dnem, břehové objekty a plovoucí objekty. [17]

### **1.2.2 Způsoby jímání tekoucí povrchové vody**

Z vodních toků lze vodu jímat jezovými objekty, břehovými objekty nebo objekty dnovými. Při jímání povrchové tekoucí vody objekty břehovými je důležité vhodně umístit odběrný objekt a zvolit vyhovující typ odběrného objektu. Jímadlo je potřeba chránit zejména před zanášením splaveninami a plávkami, v zimních měsících před zamrznutím a ledochody. Z toho plyne vyhovující poloha jímadla podle režimu proudění, ve stabilním břehu a v dostatečné výšce nade dnem k zajištění odběru vody. U toků bystřinného charakteru je vhodné navrhnout jímací objekt ve dně koryta. Jímací objekty však nesmí ovlivňovat průtočný profil a hydraulické vlastnosti vodního toku. U dnového jímacího objektu je nutné volit místo, kde nedochází ke snížení rychlosti proudění vody, aby jímací objekt nebyl zanášen suspendovanými částicemi u dna. [17]

## 1.3 Způsoby úpravy vody

Úprava vody se provádí z důvodu výroby pitné vody pro zásobování obyvatelstva, či k jiným účelům. Vyhláška Ministerstva zemědělství 428/2001 Sb., v platném znění, 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) uvádí v příloze č. 13 ukazatele jakosti surové povrchové vody a jejich mezní hodnoty pro jednotlivé kategorie úpravy surové vody a dále standardní metody typů úprav úpravy vody pro jednotlivé kategorie surové vody. [21] Dále musí pitná voda vyhovovat smyslovým vjemům člověka. Tím se rozumí chuť, barva a pach a voda musí být zdravotně nezávadná. [17]

### 1.3.1 Rozdělení způsobů úpravy

#### a) Mechanické

Odstraňují hrubé nečistoty a nerozpuštěné látky nesené převážně ve vodách tekoucích. Chrání zařízení úpravní vody před mechanickým poškozením, ucpáním nebo zanášením. Intenzita a účinnost mechanického předčištění souvisí s typem vodního zdroje. Patří sem například česle, síta, lapáky písku a usazovací nádrže. [17]

#### b) Chemické

Chemické způsoby jsou využívány především při úpravě vod podzemních, a to k odstranění agresivního oxidu uhličitého a dalších látek typických pro podzemní vody jako železo, mangan, fluoridy, hořčík, vápník a další. Využívá se zde procesů neutralizace, srážení a oxidace vzdušným kyslíkem nebo oxidačními činidly typu chlor, ozon, manganistan draselný apod.[17]

#### c) Fyzikálně – chemické

Fyzikálně – chemické procesy se využívají k odstranění nerozpuštěných a koloidně dispergovaných látek ve vodě, jedná se například o koagulaci a flotaci. Typické je využití fyzikálně – chemických procesů hlavně u povrchové vody. Mezi fyzikálně-chemické procesy lze zařadit např.: desorpci vzduchem, adsorpci na aktivním uhlí, deionizaci, demineralizaci, iontovou výměnu, ultrafiltraci a nanofiltraci, či případně reverzní osmózu. [12]

#### d) Biologické

Mezi biologické způsoby úpravy vody patří odželezování a odmanganování, což se využívá převážně pro vody podzemní, dále se sem řadí pomalá filtrace, desulfatace, denitrifikace a také umělá infiltrace. [17]

## **1.4 Mechanické způsoby předčištění**

Mechanické způsoby předčištění jsou pro povrchové vody, a zvláště ty tekoucí, velmi důležité. Jedná se o to, že voda ve vodních tocích s sebou nese velké množství splavenin a pevných částic. Toto množství v průběhu roku relativně kolísá a může být dosaženo takového stavu, kdy je nutné úpravnu vody odstavit. Mezi objekty mechanického předčištění patří následující prvky.

### **1.4.1 Česle**

Česle se dělí podle světlosti průlin na:

- Hrubé česle (světlost průlin cca 40 mm a více)
- Střední česle (světlost průlin 10 - 40 mm)
- Jemné česle (světlost průlin méně než 10 mm)

Česle chrání zařízení úpravy vody před velkými nesenými objekty v toku a před poškozením zařízení (například čerpadel) hrubými nerozpuštěnými částicemi a zároveň česle svou přítomností na úpravě vody zvyšují účinnost dalších procesů. [16]

Česle mohou být součástí samotného objektu úpravy vody, nebo mohou být osazeny přímo v jímacím objektu, v závislosti na splaveninovém režimu vodního toku a způsobu dopravy vody na úpravnu. Česle mohou být stírány ručně pracovníky úpravy, nebo strojním zařízením. Osazení česlí odpovídá pořadí hrubé česle -> střední česle -> jemné česle. [17]

### **1.4.2 Síta**

Síta jsou v pořadí po průchodu česlemi dalším stupněm předčištění vody. Síta jsou určena stejně jako česle k zachycování nečistot a pevných látek. Mikrosíta mohou zároveň

nahrazovat jemné česle. Síta dělíme na mikrosíta (10 – 3 mm), rotační makrosíta (3 – 0,3 mm) a rotační síta (20 – 50  $\mu\text{m}$ ). [17]

### **1.4.3 Lapáky písku**

Pro zachycení pevných nerozpuštěných látek sunutých po dně slouží lapák písku. Chrání čerpadla a potrubí, která by mohla být pískem a dalšími látkami ucpána a poškozena. Lapák písku je tvořen usazovacím žlabem s akumulacním prostorem na usazený písek, který se odstraňuje ručně nebo odsáváním kalovým čerpadlem. Samotný objekt lapáku písku může být buď před česlemi, nebo za nimi. To je dáno, stejně jako návrhové parametry lapáku, charakterem pohybu sunutých částic. [17]

## **1.5 Preoxidace**

### **1.5.1 Princip preoxidace**

Preoxidací se rozumí přidávání oxidačního činidla do surové vody. Proces preoxidace bývá řazen při úpravě vody ihned po mechanickém předčištění. Přidáním oxidačního činidla dochází k oxidaci organických a anorganických látek ve vodě a na základě toho je možné tyto látky odstranit. Zároveň přidáním oxidačních činidel dochází k likvidaci mikroorganismů – primární dezinfekci. Podle druhu dávkovaného oxidačního činidla je rozlišována preoxidace chemická (chlor a jeho sloučeniny, ozon, oxid chloričitý, manganistan draselný) a fyzikálně – chemická (vzdušný kyslík). [11]

### **1.5.2 Oxidační činidla používaná pro preoxidaci**

#### Preoxidace vzdušným kyslíkem

Preoxidace vzdušným kyslíkem, čili provzdušňování, se využívá při nízkém obsahu rozpuštěného kyslíku v surové vodě. [11]



### Preoxidace chlorem

Přidání chloru jako oxidačního činidla v procesu preoxidace má řadu výhod, jako například zlepšení flokulace, redukce organismů a řas, či potlačení amoniaku a dusitanů, avšak nese s sebou také jistá rizika. Zejména působením chloru s organickými látkami mohou vznikat chlorfenoly a haloformy. [11]

### Preoxidace oxidem chloričitým

Preoxidace oxidem chloričitým je vhodná z hlediska zamezení vzniku nežádoucích vedlejších produktů vznikajících při preoxidaci chlorem.

### Preoxidace ozonem

Použití preoxidace ozonem je vhodné zejména u vod s vyšším potenciálem tvorby haloformů v případě použití chloru. Preoxidace ozonem může zároveň sloužit k odželezování a odmanganování vody. [11]

### Preoxidace manganistanem draselným

Manganistan draselný se pro preoxidaci používá zejména tehdy, pokud voda obsahuje mangan (typicky pro vody z podzemního zdroje [11])

## **1.6 Čiření**

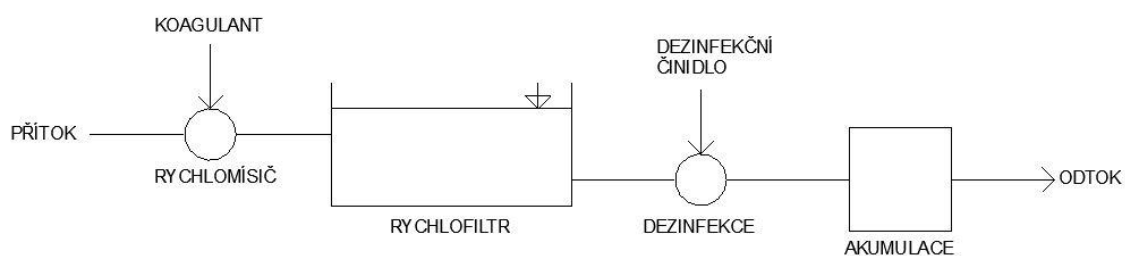
### **1.6.1 Princip čiření**

Jakmile je voda zbavena větších částic, následují další procesy úpravy vody, kam řadíme čiření nebo koagulační filtraci, která se používá při menším znečištění vody. Čiření je proces sloužící k odstranění jemných suspenzí a koloidních látek ze surové vody. Součástí čiření je proces koagulace, kterým se rozumí dávkování koagulantů (nejčastěji síran hlinitý, síran železitý) do vody. Přidáním koagulantů vlivem chemické reakce dojde ke shlukování částic do shluků a vloček. Tyto vločky se z vody odstraňují filtrací při jednostupňové úpravě vody, nebo sedimentací, případně flotací následovanou filtrací při dvoustupňové úpravě vody. Dávkování koagulantů probíhá v rychlomísících a ve vločkovacích a sedimentačních nádržích dochází k tvorbě vloček. V zařízení zvaném čirič dochází zároveň k tvorbě i separaci vloček. Čiření tedy zahrnuje jak procesy chemické

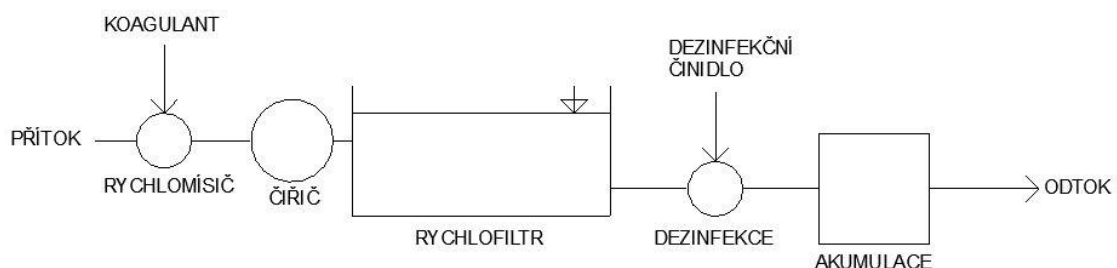
(shlukování částic do vloček dávkováním koagulantu), tak procesy fyzikální (separace vzniklých vloček). [17]

## 1.6.2 Varianty separace vloček

Proces čiření může být podle vlastností surové vody a jejího zdroje navržen ve dvou variantách. Jedná se o separaci jednostupňovou a dvoustupňovou. Varianta jednostupňová řeší veškerou separaci vloček pouze na zařízení filtru. Proces dvoustupňové úpravy vody využívaný pro vodu s vyšší koncentrací vloček sestává z faktu, že mezi rychlomísč (dávkování koagulantu) a filtr je umístěn objekt, který část vloček odseparuje. Takovým objektem se rozumí například čiřič, vločkovací nádrž nebo sedimentační nádrž. [11]



Obrázek 1: Jdnostupňová úprava vody



Obrázek 2: Dvoustupňová úprava vody

### 1.6.3 Koagulanty

Nejčastěji se využívají koagulanty na bázi železa a hliníku. Přidáním koagulantů do surové vody dochází ke koagulaci.

#### Sloučeniny na bázi hliníku:

Jedním z nejvíce užívaných koagulantů je síran hlinitý  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ . Síran hlinitý je dávkován buď samostatně nebo v kombinaci s jinými chemickými látkami jako například hydroxid vápenatý  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a uhličitan sodný  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . [12]

**Tabulka 1: Koagulanty na bázi hliníku**

Síran hlinitý	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
Chlorid hlinitý	$\text{AlCl}_3$
Hlinitan sodný	$\text{NaAlO}_2$

[17]

#### Sloučeniny na bázi železa

**Tabulka 2: Koagulanty na bázi železa**

Síran železitý	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
Síran železnatý	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Chlorid železitý bezvodý	$\text{FeCl}_3$
Chlorid železitý hexahydrát	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Chlorovaný síran železnatý	$\text{FeClSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

[17]

Dávku koagulantu je možné stanovit podle hodnocení barvy vody, zákalu, kyselinové neutralizační kapacity či obsahu organických látek. Pro povrchové vody se většinou pro teoretický výpočet využívá hodnota kyselinové neutralizační kapacity ( $\text{KNK}_{4,5}$ ) podle vztahu:

$$D = 100 \cdot \text{KNK}_{4,5}$$

D ... dávka koagulantu [mg/l]

$\text{KNK}_{4,5}$  ... kyselinová neutralizační kapacita [mmol/l]

Pro dávkování koagulantu v provozu je nezbytné vždy upřesnění hodnoty dávky podle výsledku koagulačního pokusu. [12]

#### **1.6.4 Polymerní flokulanty**

Polymerní flokulanty jsou vysokomolekulární látky. Vytvářejí ve vodě vločky bez závislosti na původu částic rozptýlených ve vodě, vločky jsou větší a lépe sedimentují. Polymerní flokulanty se používají buď v kombinaci s koagulanty (čímž je možné snížit dávku koagulantů) nebo samostatně. [17] Přidání flokulantů do surové vyvolá děj zvaný flokulace.

Flokulanty se dělí na:

- Anorganické polymery
- Přírodní vysokomolekulární látky (např. Škrob, dextrin, Alginát sodný a další)
- Syntetické organické polymery (např. kopolymery akrylamidu a kyseliny akrylové) [17]

### **1.7 Flotace**

Za procesy koagulace a flokulace může být k separaci vložek použit také proces flotace. Jedná se o fyzikální děj, kdy dochází k vynášení a separaci vložek a pevných částic na hladině. Nečistoty jsou ve flotační jednotce vynášeny ke hladině působením jemných bublinek tlakovým vzduchem. Využívána je například flotace rozpuštěným vzduchem (DAF). [17]

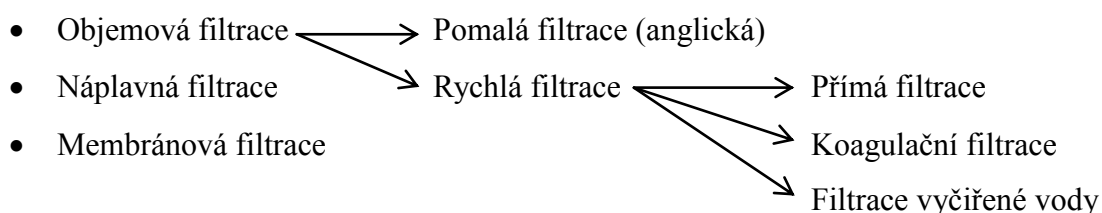
### **1.8 Filtrace**

#### **1.8.1 Princip filtrace**

Proces filtrace je spolu s hygienickým zabezpečením nejpoužívanějším procesem při úpravě vody. Jeho principem je cezení/filtrování vody skrze zrnitý materiál, který zachycuje částice nerozpuštěných látek, které jsou větší než zrna filtračního materiálu.

Filtrační náplň tvoří buď písek, nebo aktivní uhlí, případně jiný anorganický materiál. Po dosažení filtrační kapacity, je zapotřebí filtr vyprat. To se děje přiváděním tlakové technologické vody, vzduchu, či jejich kombinace drenážním systémem rovnoměrně po půdorysné ploše filtru a uvedením zachycených částic do vznosu. Tyto částice jsou poté spolu s prací vodou odváděny přepadem na kalové hospodářství. [17]

### 1.8.2 Dělení filtrů podle druhu filtrace



### 1.8.3 Pomalá filtrace

Pomalá, nebo též anglická filtrace, patří pod objemovou filtraci a řadí se mezi nejstarší druhy filtrace. Typickým znakem pomalé filtrace je, že zde kromě fyzikálně – chemických procesů probíhají i působením mikroorganismů procesy biochemické. [17] Pomalá filtrace se dnes již skoro nevyužívá.

### 1.8.4 Rychlofiltrace

Rychlá filtrace je velmi často využívaným procesem při úpravě vody. Hlavní rozdíl oproti filtraci pomalé je fakt, že není založena na činnosti mikroorganismů, má vyšší filtrační rychlost, menší nároky na plochu a má hrubší zrnitost filtrační náplně.

Rozdělení rychlofiltrů:

Tabulka 3: Rozdělení rychlofiltrů

Podle režimu proudění	Podle konstrukce	Podle směru proudění	Podle způsobu provozu	Podle počtu vrstev
Otevřené	Evropské	Shora dolů	S cyklickým praním	Jednovrstvé
Tlakové	Americké	Zdola nahoru	S kontinuálním praním	Vícevrstvé
		Obousměrné		

### 1.8.5 Drenážní systém a praní filtrů

Drenážní systém zajišťuje rovnoměrné rozdělení průtoku vody po celém filtru. Toto je velmi důležité z hlediska praní filtru, kdy se při turbulentním proudění dostává vrstva písku spolu se zachycenými částicemi do vznosu a dochází k jejímu praní. Při nerovnoměrnosti rozdělení rychlostí proudu vody by mohlo na některých místech dojít k tomu, že se náplň nevypere. [18]

Drenážní systém rychlofiltru se skládá z přívodního a rozváděcího děrovaného potrubí (tzv. Americké filtry) Děrované potrubí je umístěno v obsypové vrstvě štěrku, aby nedocházelo k ucívání pevnými částicemi a filtračním materiálem. Využívá se k rovnoměrnému rozvedení proudu vody po celé ploše filtru a zároveň také ke sběru profiltrované vody. Drenážní systémy u filtrů s mezidnem (tzv. Evropské rychlofiltry umožňují jak praní vodou, tak praní vzduchem) [17]

Dalším možným řešením drenážního systému na úpravně vody jsou nové drenážní systémy bez mezidna, umožňující praní filtrů vodou a vzduchem Zástupcem takového systému je systém Leopold. Systém Leopold typu S a SL se vyznačuje řešením, kdy je vybaven speciálním krytem, díky kterému odpadá nutnost obsypávat drenážní prvky štěrkem. Toto řešení usnadňuje manipulaci s filtrační náplní a u stávajících filtrů dovoluje zvýšit mocnost použité vrstvy filtračního materiálu, u filtrů nově projektovaných tedy zmenšuje nároky na konstrukční parametry filtru. [8]

Alternativou může být systém Triton, který slouží k rozvodu vody i vzduchu. Oproti starším technologiím zde není třeba instalovat štěrkové lože. Využívá technologii Vee-Wire®, která vytváří systém štěrbin poskytující rovnoměrné rozdělení vody po celé ploše filtru a zároveň bránící úniku filtračního materiálu. [13]

Dalším typem je systém Novák – Aquafilter. Jedná se o filtry s trubním drenážním systémem z plastů. Slouží k rozvádění proudu vody i vzduchu na filtr a tvoří jej samostatný trubní rošt smontovaný a přikotvený horizontálně na dně filtru. Rošt je složen z paralelně umístěných PVC trubních těles rozvádějících proud vzduchu a mezi ně vložených tzv. vodních těles (taktéž z materiálu PVC) rozvádějících proud vody. [4]

## 1.9 Adsorpce

### 1.9.1 Princip adsorpce

Principem adsorpce je zachycení a odstranění organických látek, pachu, zabarvení vody nebo zákalu. Spočívá v jejich zachycení na povrchu pevných látek – tzv. adsorbentů. Zachycuje pesticidy, vytvořené vedlejší produkty dezinfekce, toxiny řas a sinic aj. [11]

### 1.9.2 Adsorpce aktivním uhlím

Příklad častého adsorbentu je aktivní uhlí. Tento materiál s mimořádně velkým povrchem se při úpravě vody hojně využívá. Hlavní surovinou pro výrobu aktivního uhlí je dřevo, kosti, uhlí, ropné zbytky a další. Aktivace uhlí může probíhat v atmosféře tvořené oxidem uhličitým (CO<sub>2</sub>), oxidem uhelnatým (CO), nebo působením vodních par a vzduchu o teplotě menší než 1000 °C. Aktivací se uhlí oprostí o amorfni uhlík a dehtovité látky. [11]

Aktivní uhlí se používá v práškové formě nebo ve formě granulované:

#### Práškové aktivní uhlí

Použití práškového aktivního uhlí je typické pro úpravu vody, kde dochází k sezónnímu zhoršení jakosti vody. Práškové aktivní uhlí se dávkuje před filtrací spolu s koagulantem a k jeho odstraňování dochází na pískovém filtru tak, že vytváří vrstvu na povrchu pískového filtru. [17]

#### Granulované aktivní uhlí

V případech s trvale sníženou kvalitou vody se používá granulované aktivní uhlí (GAU). Používá se jako náplň filtrů řazených po procesu čiření a pískové filtraci. Je možná také konstrukce filtru, která kombinuje vrstvu granulovaného uhlí a vrstvu písku. [17]

## **1.10 Dezinfekce**

### **1.10.1 Princip dezinfekce**

Dezinfekce je nedílnou součástí úpravy vody. Klade si za cíl odstranění mikroorganismů, bakterií, virů a zajištění zdravotní nezávadnosti. Dezinfekce může probíhat chemickými i fyzikálními způsoby, případně jejich kombinací. Rozlišujeme dva druhy dezinfekce, a to dezinfekci primární a sekundární. [17]

### **1.10.2 Primární dezinfekce**

Jedná se o součást vlastního procesu úpravy vody za účelem odstranění patogenních zárodků z vody. Pro primární dezinfekci se užívá fyzikálně chemických způsobů. Řadí se zde dezinfekce UV zářením, dezinfekce anodickou oxidací a dezinfekce ionizujícím zářením. Mezi zástupce chemických způsobů v primární dezinfekci patří ozonizace, manganistan draselný, chlor, oxid chloričitý nebo peroxid vodíku. [17]

### **1.10.3 Sekundární dezinfekce**

Sekundární dezinfekcí se rozumí hygienické zabezpečení pitné vody v distribuční síti. Toto zabezpečují chemické způsoby dezinfekce působením silných oxidačních činidel. Tím se rozumí použití chloru ve formě kapalné dávkovaného do vody, ve formě chlornanu sodného, chloraminy a oxid chloričitý. Dalšími oxidačními činidly mohou být stříbro a jeho soli. Tato činidla jsou však používána pro individuální zdroje. [17]

### **1.10.4 Vznik vedlejších produktů dezinfekce**

Používáním silných oxidačních činidel, především chloru a přítomností jejich prekurzorů dochází ke vzniku zdravotně závadných vedlejších produktů dezinfekce, které je nutné z upravené vody odstranit adsorpcí, nebo zamezit jejich vzniku použitím jiného oxidačního činidla. [17]

Reakcí chloru s organickými a anorganickými látkami dochází chemickým procesem chlorací fenolů ke vzniku chlorfenolů (charakteristických nepříjemným zápachem)



negativně ovlivňujících sensorické vlastnosti vody. Pokud se ve vodě vyskytují huminové látky, dochází při reakci chloru k tvorbě haloformů, které jsou potenciálně karcinogenní. Také je v již upravené pitné vodě zapotřebí dodržet zbytkovou dovolenou koncentraci aktivního volného chloru. [10]

### Další příklady tvorby vedlejších produktů dezinfekce

Mezi vedlejší produkty dezinfekce chlorem patří například Trihalomethany, halogenderiváty kyseliny octové, nebo halopikrin. U chloraminů to jsou taktéž halogenderiváty kyseliny octové, dusitany a dusičnany. Při užití oxidu chloričitého se jedná o chloritany, chlorečnany a u dezinfekce ozonem pak o bromičnany, aldehydy nebo ketokyseliny. [17]

Vedlejší produkty dezinfekce lze odstranit adsorpcí na aktivním uhlí, filtrací přes granulované aktivní uhlí nebo využitím membránové filtrace. Dalším způsobem je vzniku vedlejších produktů zamezit, a to použitím oxidačního činidla oxidu chloričitého  $\text{ClO}_2$ , který je z pohledu vzniku vedlejších produktů dezinfekce vhodnější než chlor. [17] Volba dezinfekčního činidla závisí na vlastnostech vody, ve které mají být tato činidla použita.

## **1.11 Stabilizace**

### **1.11.1 Princip stabilizace**

Stabilizace vody je proces, ve kterém je vyrovnán deficit látek, které jsou pro člověka nezbytné. Jedná se o hořčík, vápník a  $\text{KNK}_{4,5}$ . Hodnoty  $\text{KNK}_{4,5}$ , hořčíku a vápníku v pitné vodě stanovuje Vyhláška Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb., v platném znění, – Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. [20] Hlavním cílem stabilizace je zejména úprava korozivních vlastností vody, mineralizace vody, ztvrdování vody a ohled na degradaci materiálu potrubí.

## 1.11.2 Druhy stabilizace

### Stabilizace oxidem uhličitým (CO<sub>2</sub>) a vápnem

Jedná se způsob, kdy se oxid uhličitý společně s vápnem do vody přidává. [12]  
Dochází tak ke ztvrdnutí vody.

### Stabilizace oxidem uhličitým (CO<sub>2</sub>) a filtrace neutralizačním materiálem

Dochází zde opět k dávkování oxidu uhličitého do vody, avšak v menší koncentraci CO<sub>2</sub> než při stabilizaci oxidem uhličitým a vápnem. [12]

### Stabilizace hydrogenuhličitanem sodným a solemi vápníku

Zde se do vody přidává hydrogenuhličitan sodný (NaHCO<sub>3</sub>) a chlorid vápenatý (CaCl<sub>2</sub>) nebo síran vápenatý (CaSO<sub>4</sub>). Při použití lépe rozpustného chloridu vápenatého však může dojít k rostoucí koncentraci chloridů ve vodě a ke zvýšení korozivních vlastností vody. [12]

### Další možnosti stabilizace vody

Alternativou může být také použití hydrogenuhličitanu sodného (NaHCO<sub>3</sub>) a hydroxidu vápenatého (Ca(OH)<sub>2</sub>), uhličitanu sodného (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) a oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>), kyseliny sírové (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) a uhličitanu vápenatého (CaCO<sub>3</sub>). [11]

## 1.12 Kaly a kalové hospodářství

### 1.12.1 Princip

Kalové hospodářství nakládá s veškerými kaly a vyprodukovanou technologickou vodou a je tedy nepostradatelnou součástí každé úpravní vody. Složení kalů přímo souvisí s látkami a chemikáliemi, se kterými se na konkrétní úpravě pracuje. Nakládání s vodárenskými kaly není snadné a řeší se ve většině případů ukládáním finálního produktu na skládky. [17]

### 1.12.2 Zahušťování kalů

Z důvodu nerovnoměrné konzistence produkovaných kalů z jednotlivých zařízení je nutné kaly zahušťovat. To se děje usazováním v zahušťovacích nádržích nebo flotací. Procesy probíhající v zahušťovacích nádržích se liší podle látek obsažených v kalu. [18]

Zahušťovací nádrže mají funkci vyrovnávací i usazovací. Pro menší úpravny je možno využít nádrží s přerušovaným provozem a pro velké úpravny se využívá nádrží s provozem nepřetržitým, nebo vyšším počtem nádrží. [11]

### 1.12.3 Odvodňování kalů

Pro dosažení požadované konzistence je nutné vodárenské kaly odvodňovat. Pro separaci volné vody z vodárenského kalu se využívá procesu filtrace. [18]

Odvodňování vodárenského kalu se provádí několika způsoby.

#### Gravitační způsoby:

- kalové laguny
- kalové pole
- pytlové filtry

#### Tlakové způsoby

- kalolisy
- pásové filtry

#### Odstřed'ovací způsoby

- odstředivky

#### Kontinuální odvodňovací způsoby

- Mikrosítové filtry
- Vakuové kontinuální rotační filtry

[17]

## **2 ÚPRAVNA VODY VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ**

### **2.1 Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s.**

Společnost Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s. je nejvýznamnějším subjektem pečujícím o vodohospodářský majetek a o vodu na Valašsku. Poskytuje služby v oblasti zásobování vodou, odvádění a nakládání s odpadními vodami, provádí laboratorní zkoušky, nebo vodovodní a kanalizační přípojky.

Historie společnosti se začala formovat po 2. světové válce. Vodárenská zařízení tehdy na Valašsku spravovala Krajská vodohospodářská služba pro Gottwaldov, po které její funkci po vyčlenění Krajské správy zásobování vodou a kanalizace přebрал nově vzniklý podnik Zásobování vodou a kanalizace Uherské Hradiště. Za prvního předchůdce společnosti se považuje Okresní vodohospodářská správa Vsetín (vznik 1.7.1960), která byla roku 1977 zařazena jako odštěpný závod 10 Vsetín do krajského podniku Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava, n. p. Roku 1991 došlo k delimitaci podniku na Vodovody a kanalizace Vsetín, s. p. Po následné privatizaci byla 1.12.1993 založena společnost Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s.

Dnes služeb společnosti využívá většina obcí okresu Vsetín, které do něj vložily svůj vodohospodářský majetek a obdržely odpovídající počet akcií. Společnost je tedy 100 % ve vlastnictví veřejného sektoru zastoupeného příslušnými obcemi a svazkem Sdružení obcí Mikroregionu Vsetínsko. [9]

### **2.2 Historie a popis úpravny vody Valašské Meziříčí před rekonstrukcí**

Krajina na Valašsku je typická svou geomorfologickou rozmanitostí. Povodí řeky Bečvy větvící se mezi Vsetínskou Bečvu a Rožnovskou Bečvu je lemováno pohořími Javorníků, Vsetínských vrchů a Beskyd. V minulosti byla krajina formována právě zejména působením říčního koryta. Z toho důvodu si obyvatelé při osídlování této oblasti museli často budovat svá obydlí na vyvýšených místech a chránit se tak před rozkolísaným vodním režimem řeky Bečvy. Pro zajištění vlastních potřeb a nutnosti obživy ve valašském kraji lidé potřebovali stabilní přístup k vodě. Jelikož možnost vlastní studny s dostatečně

kapacitním zdrojem nebylo možné zajistit všude, začalo se řešit plošné zásobení obyvatelstva vodou. Z důvodu nevhodné místní skladby podloží chudého na podzemní vodní zdroje bylo nutné najít vhodné místo pro odběr vody z toku s ohledem na značně kolísající průtoky v řece Vsetínské Bečvě. [9]

Úpravna vody Valašské Meziříčí se nachází nedaleko železničního přejezdu na okraji města Valašské Meziříčí na pravém břehu řeky Vsetínská Bečva. Byla vybudována v roce 1975 a roku 1976 byla uvedena do provozu. Úpravna vody byla realizována jako dvoustupňová s hygienickým zabezpečením chlorem a odebírala surovou vodu přímo z přílehlého vodního toku Vsetínská Bečva. S projektovaným výkonem 60 – 80 l/s sloužila jako hlavní zdroj pitné vody městu Valašské Meziříčí a okolním přidruženým obcím. V roce 1995 byl výkon na úpravně vody snížen na 33 l/s z důvodu rozšíření skupinového vodovodu Stanovnice – Vsetín o přivaděč Vsetín - Valašské Meziříčí. Roku 1999 došlo k připojení přivaděče Valašské Meziříčí – Rožnov, což mělo za následek redukcí výkonu úpravny vody na hodnotu 25 l/s. V roce 2000 byla úpravna vody Valašské Meziříčí částečně rekonstruována a byl zde modernizován zejména proces filtrace, dále pak technologie dávkování chemikálií, sondy pro kontinuální měření a ovládací a řídicí systém. Při této rekonstrukci byl zachován chod úpravny vody. V červenci roku 2014 byla úpravna kompletně odstavena a proběhla zde celková rekonstrukce technologických zařízení. Úpravna vody Valašské Meziříčí se opět zapojila do provozu v říjnu roku 2015. [15] Úpravna vody Valašské Meziříčí byla před celkovou rekonstrukcí v období zhoršených podmínek jakosti surové vody na vodním toku Vsetínská Bečva (zvláště pak v letních měsících) odstavována mimo provoz a její funkci suplovaly zvýšené dodávky vody z úpravny vody Karolinka.

### **2.3 Důvody k rekonstrukci úpravny vody Valašské Meziříčí**

Postupem času bylo čím dál zřetelnější, že bude potřeba provést radikální rekonstrukci, která nahradí již nedostačující technickou a technologickou část úpravny vody. Hlavními důvody rekonstrukce byla potřeba zmodernizovat technologie využívané na úpravně, aby mohla být úpravna vody provozována i v období zhoršených vlastností surové vody a při zvýšeném objemu výroby vody při plánovaných odstávkách na skupinovém vodovodu Stanovnice. Dále bylo nutné zvýšit nízký rozsah automatizace

systému na stávající úpravně vody, což bylo nezbytným krokem k centrálnímu a bezproblémovému využívání v rámci skupinového vodovodu Stanovnice.



Obrázek 3: ÚV Valašské Meziříčí před rekonstrukcí (zdroj: archiv Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.)



Obrázek 4: ÚV Valašské Meziříčí po rekonstrukci

## 2.4 Rekonstrukce a popis modernizované úpravní vody

Rekonstrukce úpravní vody Valašské Meziříčí byla rozdělena do několika etap a postupně probíhala v letech 2010 – 2015. Hlavním a nekompromisním požadavkem rekonstrukce bylo zachování a maximální využití budovy úpravní vody bez nutnosti stavebního rozšiřování objektu. V mezi roky 2010 - 2013 byla rekonstruována střecha, zateplení fasády, opláštění a výměna oken. Od 1.7.2014 byla úpravna odstavena a byla započata rekonstrukce všech vnitřních prostor. Rekonstrukce byla dokončena 30.9.2015. Od 1.10.2015 do 30.11.2016 je úpravna vody Valašské Meziříčí ve zkušebním provozu. Celkové náklady na kompletní realizaci stavby, zateplení a technologie dosáhly 70,4 milionů Kč. Připojením úpravní vody Valašské Meziříčí do sítě rekonstruovaným výtlačným vodovodním řádem z úpravní vody Valašské Meziříčí do vodojemu Štěpánov HTP celkové náklady vzrostly na konečných 101 milionů Kč. Celá investice byla kompletně hrazena z finančních prostředků společnosti Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.

Úpravna vody Valašské Meziříčí po rekonstrukci zůstává dvoustupňová s hygienickým zabezpečením chlorem a UV lampou, avšak doznává jistých změn. Projektovaný výkon úpravní je roven 30 – 80 l/s, maximální výkon až 110 l/s.

V jednotlivých podkapitolách bude v prvním odstavci popsán stav objektu po rekonstrukci a ve druhém odstavci bude popsáno, co bylo v objektu zrekonstruováno.

## 2.4.1 Úpravna vody

Budova úpravny vody je dvoupodlažní objekt konstruovaný převážně z cihelného zdiva založený na betonových pasech. Stropy jsou tvořeny většinou prefabrikovanými stropními panely a deskami. V suterénu budovy je umístěna akumulční nádrž a prostory rozpouštěcích nádrží chemického hospodářství. V přízemí je umístěna vstupní hala, strojovna s rozvodnou, pomocné místnosti pro provoz úpravny vody jako dílna, kotelna, chlorovna sklad chemikálií a síranu hlinitého. Dále jsou pak v přízemí garáže, sklad filtračního písku a sociální zařízení. Ve druhém nadzemním podlaží jsou umístěny technologie sedimentace a filtrace, kanceláře, velín, sociální zařízení, rozvodna a místnosti bývalých laboratoří. [2]

V rámci rekonstrukce byly provedeny nezbytné stavební úpravy pro umístění modernizovaných technologických zařízení, avšak byl zachován požadavek využít v maximální míře stávající objekt úpravny vody. V celém objektu byly vyměněny rozvody potrubí, byla vyměněna všechna vnitřní okna a dveře, byly provedeny nové vnitřní omítky a malby a povrchy podlah. Stávající ocelové konstrukce, které nebyly měněny, byly očištěny a znovu povrchově ošetřeny. Byla instalována nová zdravotnická a v objektu úpravny vody rekonstrukce plynové kotelny včetně výměny kotlů, otopných těles a trubních rozvodů. [2] V rámci rekonstrukce byla též realizována nová vnější fasáda, opravy obvodových stěn a výměna střechy a vnějších prvků budovy. Součástí rekonstrukce bylo i vybudování muzea pro vystavení historických prvků a zařízení.



Obrázek 5: Rekonstrukce fasády objektu úpravny vody (zdroj: archiv Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.)



Obrázek 6: Plánované muzeum úpravny vody Valašské Meziříčí

## 2.4.2 Jímání surové vody

Břehový jímací objekt na toku Vsetínská Bečva je betonový a částečně železobetonový. K odběru vody slouží dvoukomorový objekt s předsazenými ručně shrabovanými česlemi na pravém břehu toku (konkávní břeh). Za odběrným objektem navazuje lapák písku s prohloubeným dnem pro usazování pevných částic a přepadem do čerpací jímky. Čerpací jímka je od jímacího objektu oddělena kanálovým šoupětem DN 400 osazeným na každé komoře k možnosti uzavření vtoku vody. Z odběrného objektu voda natéká nerezovým potrubím DN 400 do čerpací jímky na surovou vodu. [1]

V rámci rekonstrukce byl jímací objekt zachován, byly zde pouze vyměněny ocelové česle, které byly nahrazeny česlemi plastovými o stejné světlosti průlin. [1]



Obrázek 7: Břehový jímací objekt



Obrázek 8: Čištění česlí

## 2.4.3 Jímka surové vody

Jímka surové vody je konstruována jako spouštěná železobetonová studna se světlým průměrem 5 m. Přístup do jímky surové vody je možný vstupními poklopy ve stropní desce. Uvnitř studny je umístěna nerezová lávka a žebřík pro manipulaci a vstup.[1]

V rámci rekonstrukce byly sanovány vyčnívající ocelové výztuže v železobetonových prvcích a byla vyměněna manipulační lávka a žebřík včetně stropních poklopů. [1]





Obrázek 9: Objekt jímky surové vody



Obrázek 10: Objekt jímky surové vody s přílehlou čerpací stanicí

#### 2.4.4 Čerpací stanice

Čerpací stanice je situována ve vzdálenosti 3 m od objektu jímky surové vody. Jedná se o dvoupodlažní objekt rozdělený na suterén a přízemí zastoupené cihelnou rampou. V suterénu stavby se nachází 2 horizontální čerpadla surové vody ( $Q = 20 - 30 \text{ l/s}$ ,  $H = 16 \text{ m}$ ) a 1 horizontální čerpadlo surové vody ( $Q = 70 \text{ l/s}$ ,  $H = 16 \text{ m}$ ) čerpající vodu z jímky surové vody. Pro zavodnění čerpadel je instalována evakuační stanice. [1]

V objektu čerpací stanice byly vyměněny rozvody potrubí a čerpací technika. V objektu byly vykonány nezbytné bourací práce, jež si vyžadovala instalace nových zařízení. Rekonstrukce objektu čerpací stanice zahrnovala také výměnu vnitřní elektroinstalace, výměnu oken a dveří, výmalbu a venkovní fasádu a další drobné opravné práce. Z čerpací stanice je surová voda do úpravní vody dopravována výtlačným řadem z materiálu PE DN 400 mm, dl. 180 m, který nahradil původní ocelový výtlačný řad, sloužící po celou dobu 36 let od vybudování úpravní vody. [1]



Obrázek 11: Objekt čerpací stanice



Obrázek 12: Vnitřní vybavení čerpací stanice

## 2.4.5 Strojovna

Strojovna se nachází v přízemí objektu úpravy vody. Jsou zde osazena 2 horizontální čerpadla ( $Q = 20 - 30 \text{ l/s}$ ,  $H = 103 \text{ m}$ ) a 1 horizontální čerpadlo ( $Q = 120 \text{ l/s}$ ,  $H = 118 \text{ m}$ ) pro čerpání upravené vody z akumulární nádrže do VDJ Štěpánov HTP. Pro zajištění protirázové ochrany je k výtlačnému potrubí připojena tlaková nádrž s pryžovým vakem o objemu  $1\,000 \text{ l}$ . Dále jsou zde umístěna prací čerpadla pro čerpání vody pro praní filtrů. Prací čerpadla sestávají z 2 horizontálních čerpadel ( $Q = 70 - 160 \text{ l/s}$ ,  $H = 13 \text{ m}$ ), z nichž jedno slouží jako provozní a druhé jako rezervní. Součástí strojovny je také evakuační stanice pro zavodňování čerpadel. Ve strojovně je také umístěno prací dmychadlo ( $Q = 449,2 - 1127,4 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $p = 6 \text{ m}$ ) pro praní filtrů vzduchem. [3]

V rámci rekonstrukce byla v objektu strojovny vyměněna čerpací technika a vzhledem k potřebám tohoto moderního zařízení byly provedeny stavební úpravy. Byly též vyměněny ocelové poklopy, rošty a vybavení strojovny včetně trubních rozvodů a instalací. [3]



Obrázek 13: Čerpadla pro výtlač do VDJ, prací čerpadla a evakuační stanice



Obrázek 14: Prací dmychadlo, rozvodná skříň a protirázová tlaková nádrž

## 2.4.6 Dávkování koagulantu

Jako koagulant se používá pevný granulovaný síran hlinitý ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ). Příprava roztoku síranu hlinitého probíhá v suterénu budovy úpravy vody v automatickém zařízení se zásobníkem pevného i rozmíchaného síranu. Síran hlinitý je na úpravnu dodáván v pytlích a je uložen ve skladu v dostatečném množství. Síran hlinitý se dávkuje o koncentraci 5 - 10 %, průměrná dávka síranu hlinitého je 40 mg/l a dávkované množství síranu hlinitého o koncentraci 10 % při výkonu úpravy 25 l/s činí 36 l/h. Síran hlinitý je dávkován z výklopníku pytlů do zásobníku o kapacitě 600 l, odkud je automaticky vývěvou odebírán do jednotky pro přípravu kapalného síranu hlinitého. Nadávkovaný síran hlinitý je čerpán čerpací stanicí sestávající ze dvou dávkovacích čerpadel ( $2 \times Q = 330 \text{ l/h}$ ), kdy jedno čerpadlo je provozní a druhé rezervní. [3]

V rámci rekonstrukce byla zachována technologie dávkování pevného granulovaného síranu hlinitého. Bylo osazeno nové zařízení pro přípravu roztoku koagulantu a osazen nový statický mísič pro jeho dokonalé rozmíchání a osazena, nová dávkovací stanice a potrubí. [3]



Obrázek 15: Pytle s práškovým síranem hlinitým a výklopný zásobník



Obrázek 16: Statický mísič, jednotka pro přípravu koagulantu a dávkovací čerpadla

### 2.4.7 Rozdělovací objekt surové vody

Voda nadávkovaná síranem hlinitým je dopravována do ocelového rozdělovacího objektu, který rozděluje nadávkovanou vodu do 3 vertikálních sedimentačních nádrží přes uzavírací klapky. Od rozdělovacího objektu, do kterého je čerpána nadávkovaná voda, je celý objekt úpravný vody řešen stavebně tak, aby dále byla voda vedena pouze gravitačně. Rozdělovací objekt se nachází v místnosti spolu s objekty sedimentačních nádrží a otevřených rychlofiltrů. [2]

V rámci rekonstrukce došlo k výměně nového ocelového rozdělovacího objektu.



Obrázek 17: Rozdělovací objekt před rekonstrukcí (zdroj: archiv Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.)



Obrázek 18: Rozdělovací objekt po rekonstrukci



## 2.4.8 Sedimentační nádrže

Z rozdělovacího objektu nadávkovaná voda natéká na 3 vertikální kruhové sedimentační nádrže. Materiál konstrukce sedimentačních nádrží je monolitický železobeton a průměr vnitřního válce sedimentační nádrže je 2,5 m a jeho plocha činí asi 5 m<sup>2</sup>. Celková plocha jedné sedimentační nádrže je rovna 50 m<sup>2</sup>. Celkem je tedy k dispozici 150 m<sup>2</sup> (3x50 m<sup>2</sup>) sedimentační plochy. Norná stěna vnitřního válce dosahuje hloubky 5,4 m. Podle výkonu je možno uzavíracími klapkami na přívodních potrubích regulovat využití počtu sedimentačních nádrží. Sedimentační nádrže jsou prvním stupněm dvoustupňové úpravy vody. Probíhá zde flokulace a sedimentace vloček. Odsazená voda odtéká přepadem do odtokových žlabů na další technologický prvek, což je filtrace a usazený kal je odváděn na kalové laguny. Při průtoku 25 l/s je sedimentační rychlost rovna 0,67 m/h při době zdržení 520 min. Odtok vody z rozdělovacího objektu dále na technologii filtrace je gravitační. [2]



**Obrázek 19: Horní potrubí - odtok odsazené vody ze sedimentace na filtraci, dolní potrubí - přívod prací vody na filtry**



**Obrázek 20: Odtok odsazené vody ze sedimentační nádrže na pískový filtr**

V rámci rekonstrukce byly zachovány objekty všech tří původních kruhových sedimentačních nádrží, které byly v dobrém stavu, byly vyměněny pouze prostupy potrubí a vnější omítky sedimentačních nádrží. U objektů filtrů bylo osazeno nové nerezové zábradlí a v místnosti byl též zavěšen nový kazetový podhled s roštem z materiálů rezistentních vůči působení vlhkosti. Sedimentační nádrže sousedí s otevřenými rychlofiltry. [2]



Obrázek 21: Sedimentační nádrže - pohled od filtrů



Obrázek 22: Sedimentační nádrž – pohled na filtry

## 2.4.9 Filtrace

Filtrace tvoří na úpravně vody Valašské Meziříčí druhý stupeň úpravy a skládá se z pískové filtrace a následné doupravy na GAU filtrech. Celkově je tedy na úpravně 5 otevřených rychlofiltrů evropského typu konstruovaných z monolitického železobetonu. Poměr filtrů s pískovou náplní a filtrů s GAU náplní je 3:2. Voda je přiváděna ze sedimentačních nádrží a prochází filtrační vrstvou, kde je sbírána šterbinovou drenážní technologií Triton™, kterou jsou vybaveny všechny filtry. Tato technologie zajišťuje drenážní funkci, sběr profiltrované vody a rozvod prací vody (více viz kap. 1.7.5). Plocha pískového filtru je rovna 18 m<sup>2</sup>, celkově tedy 54 m<sup>2</sup> (3x18 m<sup>2</sup>). Filtrační rychlost při provozu 3 pískových filtrů za průtoku 25 l/s je rovna 1,67 m/h. Filtrační náplní je filtrační písek FP2 o zrnitosti 1,0 – 1,6 mm a sypné hmotnosti 1 600 kg/m<sup>3</sup>. Plocha filtru s granulovaným aktivním uhlím činí také 18 m<sup>2</sup>, celkem tedy 36 m<sup>2</sup> (2x18m<sup>2</sup>). Filtrační rychlost při provozu 2 GAU filtrů za průtoku 25 l/s je rovna 2,5 m/h. Filtrační náplní je granulované aktivní uhlí o střední velikosti částic 1,4 mm, sypné hmotnosti 450 kg/m<sup>3</sup> a specifickém povrchu 1 000 m<sup>2</sup>/g. Praní filtrů probíhá ve 3 fázích. Praní probíhá podle překročení nastavených měřených hodnot zákalu, anebo podle tlakové ztráty filtrační náplně pro jednotlivé filtry. Nejprve probíhá praní vzduchem, poté praní směsí vody a vzduchu a v poslední fázi praní vodou. Částice zachycené ve filtrační vrstvě spolu s prací vodou přepadají do odpadních kanálů a odtékají na kalové hospodářství. [2]



Obrázek 23: GAU filtry před rekonstrukcí



Obrázek 24: Pískové filtry a GAU filtry po rekonstrukci

Filtrace doznala při rekonstrukci největších změn ze všech technologií. Původní řešení pracovalo s druhým stupněm úpravy jako s filtrací přes granulované uhlí zastoupené 4 ks GAU filtrů a proces pískové filtrace na úpravně vody před rekonstrukcí nebyl. V rámci rekonstrukce bylo rozhodnuto, že ze 4 stávajících filtrů budou 3 filtry nově sloužit jako filtry pískové a zbylý filtr bude tvořit doúpravu pomocí GAU. Aby byla doúprava pomocí filtrace na GAU dostatečná, bylo zapotřebí vybudovat další objekt otevřeného rychlofiltru evropského typu. Ten byl realizován mezi stávajícími objekty filtrů a sedimentačními nádržemi. Objekt byl konstruován stejně jako ostatní filtry z monolitického železobetonu. Dále bylo u jednoho stávajícího GAU filtru vybouráno mezidno, které dříve sloužilo pro drenážní systém s tryskami a bylo stavebně upraveno pro možnost osazení systému Triton™. [2]



Obrázek 25: Přítok prací vody na filtry, přívod pracovního vzduchu, přívod odsazené vody ze sedimentace



Obrázek 26: Odtok upravené vody z filtrace, odtok vody z praní, odtok vody na zafiltrování

Dále bylo ve stěnách stávajících filtrů provedeno zaslepení nepotřebných prostupů, vyrovnání a zasanování stěn, nového nerezového rozvodného potrubí a realizace nových



obkladů. Po průchodu procesem filtrace voda gravitačně odtéká na hygienické zabezpečení. [2]



Obrázek 27: Výstavba nového otevřeného rychlofiltru pro GAU (zdroj: archiv Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.)

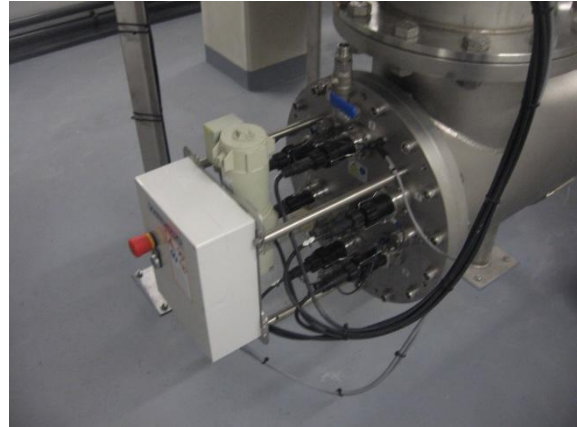
Obrázek 28: Praní pískového filtru - fáze voda + vzduch

#### 2.4.10 Hygienické zabezpečení vody – UV lampa

Hygienické zabezpečení UV lampou se nachází v suterénu budovy úpravní vody. K dispozici je původní UV lampa DN150 s objemem 30 l/s a možným obtokem při vyšších průtocích. Životnost zářiče je přibližně 4 000 hodin. Dále je možné vodu vést přes novou UV lampu DN350 umožňující maximální průtok úpravní vody. Za UV lampami se obě potrubí spojují do společného odtokového potrubí, které vodu odvádí ke chloraci. [3]

V rámci rekonstrukce byla zachována původní UV lampa a byla rovněž osazena UV lampa nová, pro možnost převedení vyššího průtoku, spolu se zvýšeným výkonem rekonstruované úpravní vody Valašské Meziříčí. V původní UV lampě je stírání zářičů prováděno ručně a zářiče jsou umístěny kolmo k přitékající vodě. V nově osazené UV lampě je stírání zářičů automatické a zářiče jsou umístěny rovnoběžně s přitékající vodou.





Obrázek 29: Nová UV lampa - v pozadí, původní UV lampa - v popředí (zdroj: archiv Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.)

Obrázek 30: Detailní pohled na zářiče v nově osazené UV lampě

### 2.4.11 Hygienické zabezpečení vody – dávkování chloru

Po hygienizaci vody UV zářením následuje chlorace pomocí plynného chloru. Chlor se dávkuje z tlakových lahví automatickou regulací dávky, chlorová voda je dávkovacím potrubím zaústěna do společného odtokového potrubí za UV lampami. Dávkování plynného chloru zajišťuje podtlakový chlorátor. Následuje statický rychlomísič, aby bylo docíleno maximálního rozmíchání chlorové vody ve vodě upravené. Takto upravená voda odtéká do akumulární nádrže. [3]

Hygienické zabezpečení vody plynným chlorem zůstává zachováno i po rekonstrukci. V rámci rekonstrukce byl osazen nový provozní soubor pro dávkování plynného chloru do vody, statický rychlomísič a rovněž byla rekonstruována chlorovna a místnost sloužící pro skladování chloru. [3]



Obrázek 31: Dávkování chlorové vody do upravené vody za UV lampami

Obrázek 32: Měření absorbance 254 nm před dávkováním chloru, měření koncentrace  $\text{Cl}_2$ , teploty a pH po dávkování chloru

### 2.4.12 Akumulace upravené vody

Akumulační nádrž je umístěna v suterénu budovy úpravní vody a je sem gravitačně přiváděna voda po hygienickém zabezpečení. Pitná voda je odtud čerpána do VDJ Štěpánov HTP. Objem akumulační nádrže činí 720 m<sup>3</sup>. [3]

V rámci rekonstrukce došlo ke kompletní sanaci akumulační nádrže. Byly vyměněny prostupy ve stěnách nádrže, trubní rozvody, propojení sacími potrubími s čerpací technikou strojovny, pro výtlač do VDJ Štěpánov HTP. [3]



Obrázek 33: Odtok upravené vody po chloraci do akumulační nádrže



Obrázek 34: Přepad z akumulační nádrže a původní zaslepené potrubí z akumulační nádrže

### 2.4.13 Kalové hospodářství

Kalové hospodářství je na úpravně vody Valašské Meziříčí řešeno odváděním kalů z upravované vody na kalovou lagunu. K dispozici jsou 2 kalové laguny, každá o rozměrech 300 m<sup>2</sup> a maximální možnou mocností vrstvy kalu 1 m. Dna objektů kalových lagun jsou snížena oproti okolnímu terénu o 0,6 m a po obvodu ohraničena hrázkami z materiálu vytěženého při výkopu objektů lagun. Pro možnost vytěžení kalu je zde vjezd ze silničních panelů uložených ve šterkopískovém loži. Náпустný objekt kalových lagun je konstruován jako monolitická jímka z prostého betonu, přepadové a výpustné objekty pak z betonu vodostavebního. [3]

V rámci rekonstrukce nebylo třeba kalové laguny nijak rekonstruovat a byly ponechány k dalšímu užívání v původním stavu.



Obrázek 35: Kalové laguny



Obrázek 36: Čištění kalové laguny (zdroj: Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.)

## 2.4.14 Měření a regulace

Na úpravně vody Valašské Meziříčí byla zřízena nová soustava měření pokrývající oblast surové vody, vody procházející procesy úpravy i vody upravené připravené k akumulaci. Díky nové soustavě měření zavedené k zobrazení na velíně, je k dispozici souhrn parametrů vody a v návaznosti na něj možnost regulace procesů úpravy vody. [3]



Obrázek 37: Průtokoměr surové vody před dávkováním koagulantu



Obrázek 38: Snímač hladiny pískového filtru

### 2.4.14.1 Parametry měřené na ÚV

Hladiny (ultrazvukové bezdotykové snímače, ponorné tenzometry)



Průtoky (indukční průtokoměry, snímač tlaku měření pracovního vzduchu, tlakové diference)

Analyzátoary (pH, teplota, absorbance 254 nm, zákal (turbidimetry), čítač částic, Cl<sub>2</sub>, spektrofotometr)

Poloha uzávěrů, otáčky a proudy motorů (vestavěná zařízení přístrojů)

Teplota pohonů (vestavěné odporové snímače ve strojních zařízeních)



Obrázek 39: Čítač pevných částic za GAU filtry



Obrázek 40: Uzavírací klapka s elektropohonem nátoky na pískový filtr

V rámci rekonstrukce došlo k osazení nové soustavy měření. Všechna měření byla zavedena k zobrazení na velín v rámci pracoviště automatického systému řízení. [3]



Obrázek 41: Odběr vzorku odsazené vody sedimentací, turbidimetr pro měření zákalu za sedimentací



Obrázek 42: Odběr vzorku po průchodu pískovým filtrem, turbidimetr pro měření zákalu za pískovým filtrem

### 2.4.15 Automatický systém řízení

Jedním z hlavních bodů rekonstrukce byla potřeba zvýšit míru automatizace systému na úpravně vody Valašské Meziříčí. Cílem bylo vybudovat systém plně automatického řízení monitorování úpravní vody s možností přenášet veškeré důležité údaje a informace na velín. V místnosti určené centrálnímu řízení a monitorování úpravní vody, což je velín, byla modernizována zastaralá počítačová technika a došlo k rozšíření programů pro možnost řízení úpravní vody. Zde je možné sledovat všechny potřebné informace z provozu převedené do názorných barevných schémat s možností zobrazení grafů a průběhů procesů, včetně nezbytné archivace dat. Na základě vyhodnocených údajů je možné systém automaticky regulovat a přímo řídit operátorem. Systém je stavebnicový a je tedy možný ho dále rozšířit o vstupně – výstupní moduly. Komunikaci vzdálených objektů zajišťují datové radiostanice v pásmu 400 MHz. Mezi základní typy vstupů a výstupů pro automatický systém řízení patří: signalizace, měření, regulace, ovládání a další (doba provozu přístrojů, vstupy do objektů...). [3]



Obrázek 43: Velín na ÚV Valašské Meziříčí

## 2.5 Role úpravní ve skupinovém vodovodu Stanovnice

Úpravna vody Valašské Meziříčí je součástí skupinového vodovodu Stanovnice (dále jen SV Stanovnice), což je největší vodovodní síť provozovaná společností Vodovody a kanalizace Vsetín a.s. SV Stanovnice celkem zásobuje 9 měst a 66 obcí v okresech Vsetín, Zlín a Přerov, do kterých průměrně dodává 13 500 m<sup>3</sup>/den. Zdroji SV Stanovnice jsou úpravna vody Karolinka, úpravna vody Valašské Meziříčí a prameniště Vsetín – Ohrada. Úpravna vody Valašské Meziříčí průměrně dodává do SV Stanovnice 25 l/s, což je

2 160 m<sup>3</sup>/den. Po rekonstrukci je úpravna vody Valašské Meziříčí schopná dodávat při odstávkách skupinového vodovodu Stanovnice až 110 l/s kvalitní pitní vody. [5]

Před rekonstrukcí úpravna vody dodávala vodu do dolního tlakového pásma DTP vodojemu Štěpánov ve městě Valašské Meziříčí. V případech, kdy byla úpravna vody odstavena (např. za nepřipustných parametrů surové vody v toku Vsetínská Bečva), byla voda pro zásobování DTP přepouštěna z VDJ Štěpánov HTP, do kterého je voda dodávána z přivaděče Vsetín – Valašské Meziříčí (zdroj vody: úpravna vody Karolinka).

Po rekonstrukci úpravny vody Valašské Meziříčí je upravená pitná voda čerpána výtlačným řadem do VDJ Štěpánov HTP. Zde je míchána v poměru zhruba 1:1 s vodou dodávanou přivaděčem Vsetín – Valašské Meziříčí. Tento vodojem poté přepouští vodu do DTP a distribuuje vodu pro většinu města Valašské Meziříčí a všechny obce Kelečska připojené na SV Stanovnice. Připojením úpravny vody Valašské Meziříčí do SV Stanovnice a také díky odstavení nevyhovujících vodních zdrojů v Kelči a Kladerubech je možné vyřazení z evidence samostatně vedených vodovodů veřejné potřeby Valašské Meziříčí, Kelč a Kladeruby. Důsledkem bude snížení objemu prací v terénu, administrativní práce a výkaznictví u těchto vodovodů. Dále dojde ke snížení nákladů na jejich provoz, a to hlavně snížením počtu vyhláškou stanovených úplných rozborů vzorků vody a v menší míře také krácených rozborů vody. [5]

## **3 VYHODNOCENÍ JAKOSTI VODY**

### **3.1 Parametry jakosti vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci**

Parametry jakosti vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci jsou zpracovány na základě výsledků rozborů surové a upravené vody centrální laboratoří poskytnutých společností Vodovody a kanalizace Vsetín a.s. prováděných přibližně 1x za týden z období před rekonstrukcí (1/2013 – 6/2014) a po rekonstrukci (10/2015 – 4/2016 – část měsíce dubna). V grafech uvedených v této kapitole (vyjma mikrobiologických ukazatelů) jsou též vyznačeny limity dané vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění [20] (v této kapitole dále jen – vyhláška).

#### **3.1.1 Vybrané parametry jakosti vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci**

##### Mikrobiologické ukazatele

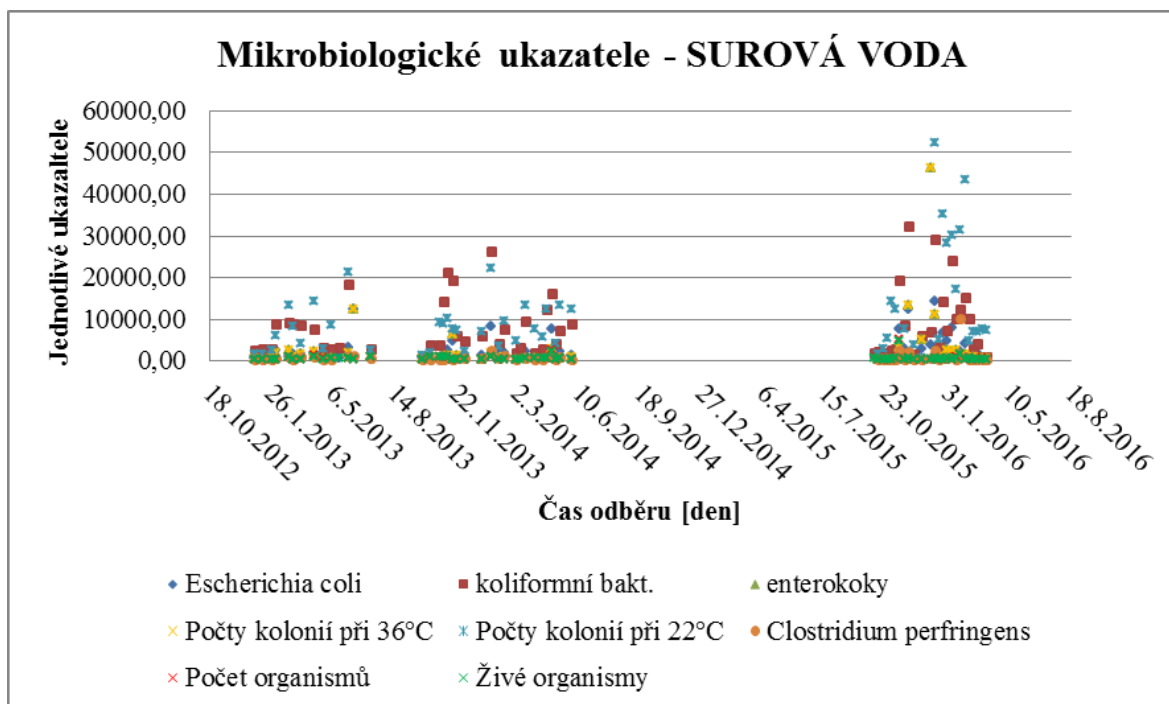
Mikrobiologické ukazatele jsou složkou typicky se vyskytující v surových vodách odebíraných z vodních toků. Zvýšené koncentrace je možné sledovat pravidelně v období podzimu, kdy je po letních měsících ve vodním toku nízký vodní stav, což znamená nízkou míru provzdušnění a ideální podmínky pro existenci a bujení mikroorganismů.

Před rekonstrukcí byla úpravna vody Valašské Meziříčí přes letní měsíce odstavována a zvýšené koncentrace mikrobiologických ukazatelů se na podzim projevovaly po jejím spuštění i jako důsledek splachů zemědělských ploch, zvýšených srážek, či jiných ovlivňujících faktorů z letních měsíců.

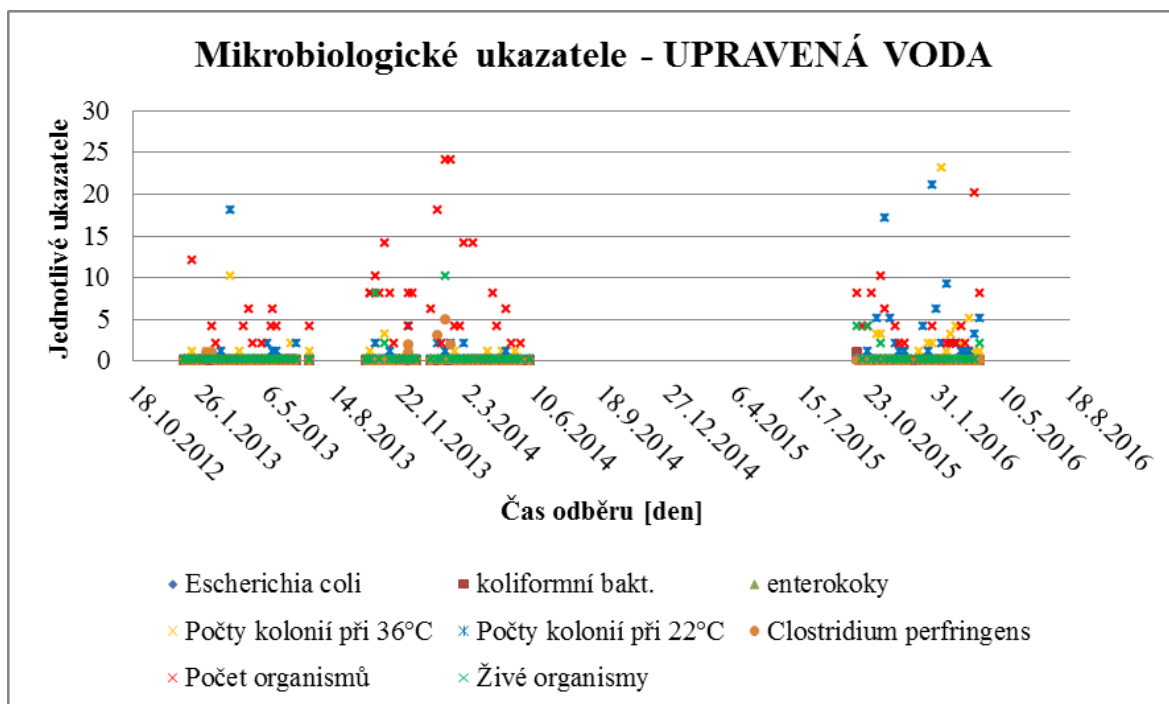
Po rekonstrukci je v surové vodě je patrný obdobný, lehce zvýšený nárůst mikrobiologických ukazatelů oproti období před rekonstrukcí. Výrazný ojedinělý skokový rozdíl je pouze v parametru počet kolonií při 22°C. Jak je vidět, že docházelo i před rekonstrukcí.

U upravené vody se většina parametrů nachází u nulových nebo limitních hodnot dle vyhlášky, jak je více zřetelné v podkapitole 3.1.2. Vychylují se parametry počet kolonií

při 22°C, počet kolonií při 36°C a počet organismů. Je zřejmé a porovnatelné, že toto souvisí se zvýšenou koncentrací těchto parametrů v surové vodě v daném časovém období. Je také patrný pokles parametru *Clostridium perfringens*.



Graf 1: Mikrobiologické ukazatele - surová voda (Rozbory vody)

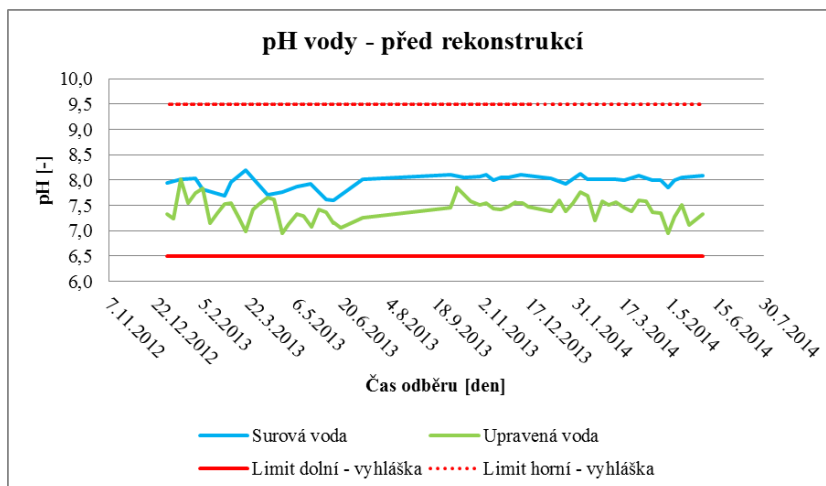


Graf 2: Mikrobiologické ukazatele - upravená voda (Rozbory vody)

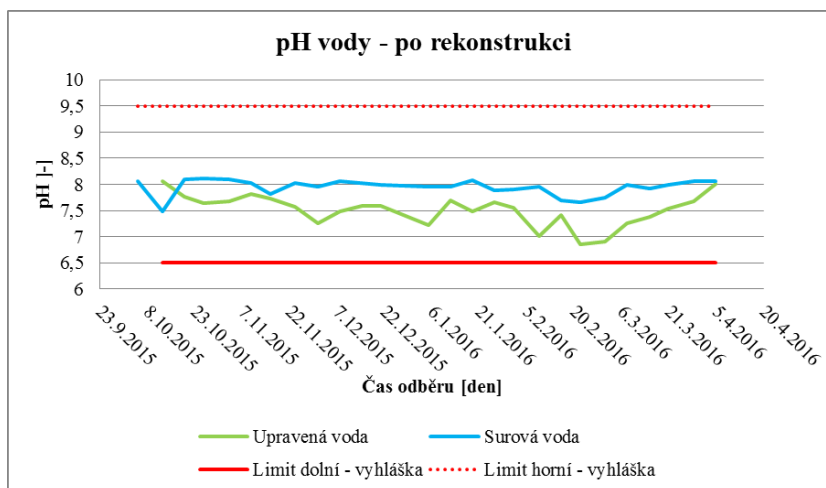


## Reakce vody

Při porovnání hodnot pH upravené vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci je vidět, že po rekonstrukci pH upravené vody méně kolísá. Stejně jako před rekonstrukcí pH do jisté míry kopíruje průběh hodnot pH surové vody. Hodnoty surové i upravené vody vyhovují limitům daným vyhláškou.



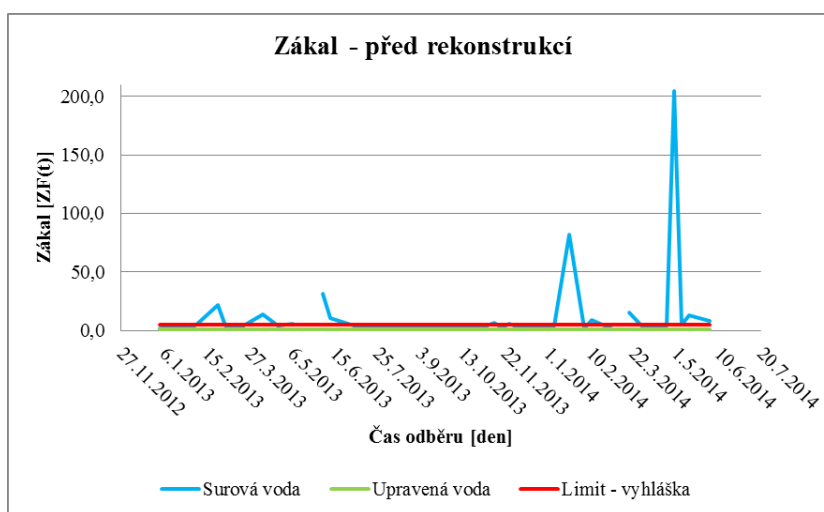
Graf 3: pH vody - před rekonstrukcí (Rozbory vody)



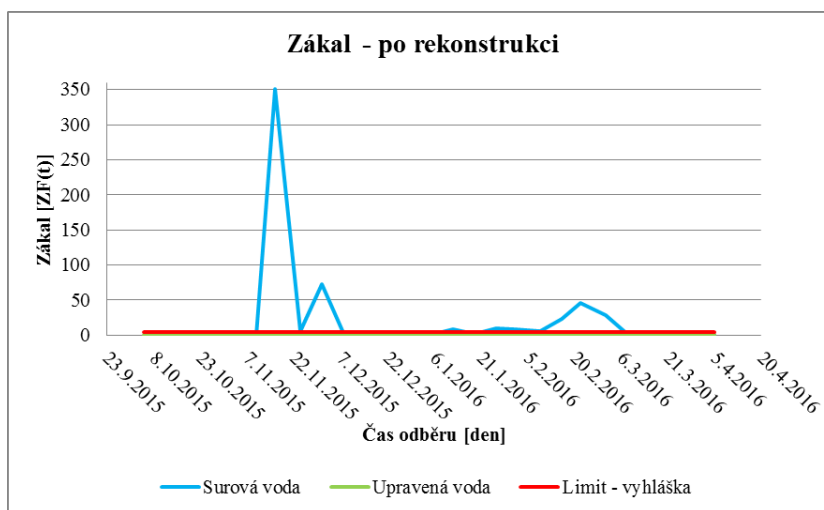
Graf 4: pH vody - po rekonstrukci (Rozbory vody)

## Zákal

Na průběhu zákalu surové vody jsou vidět občasné výchyly hodnot způsobované nárazovými změnami v toku, jako může být například splach koryta a břehů po vydatných srážkách, odstavení některé z ČOV výše na toku, nebo jiné. Hodnoty zákalu upravené vody jsou velmi nízké a vyhovují limitním hodnotám vyhlášky. Je však třeba konstatovat, že zákal je parametr, který se velmi mění v čase a proto jeho vyobrazení z dat vzorků odebíraných týdenních rozestupech může být zkresleno tímto dlouhým časovým intervalem. Proto jsou v podkapitole 4.1.3. přidány grafy předkládající průběh zákalu v období po rekonstrukci na základě denních měření na ÚV Valašské Meziříčí.



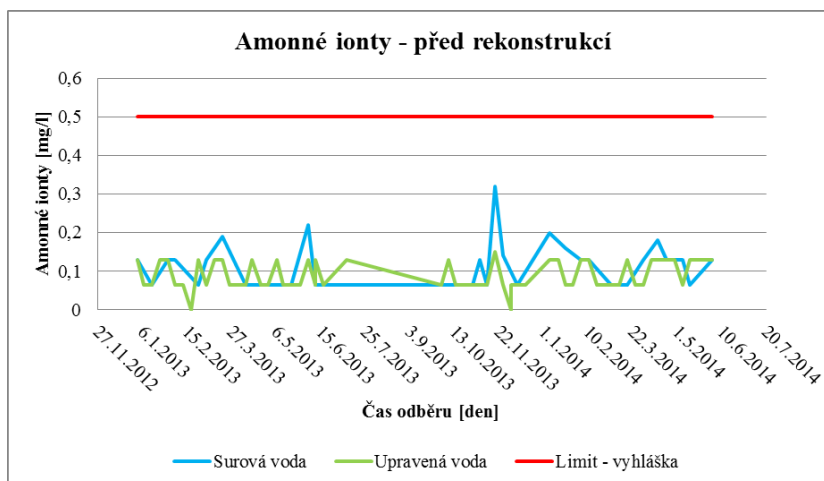
Graf 5: Zákal - před rekonstrukcí (Rozbory vody)



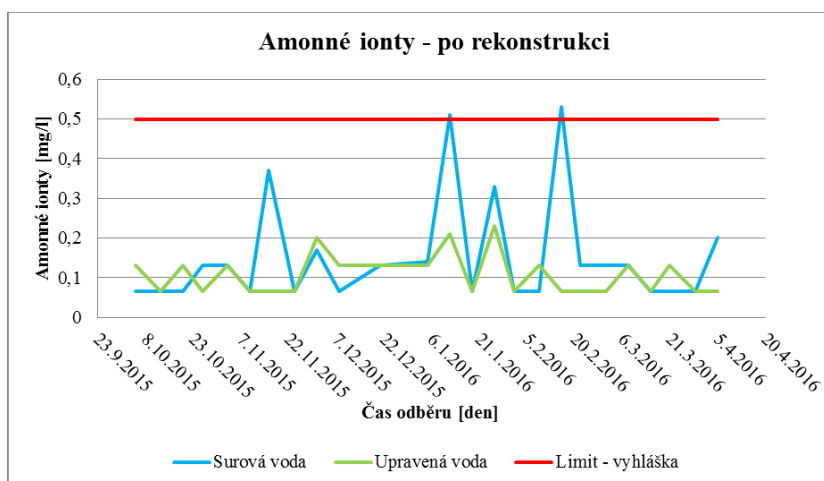
Graf 6: Zákal - po rekonstrukci (Rozbory vody)

## Amonné ionty

Průběh koncentrace amonných iontů podobně jako parametr pH vody kopíruje průběh parametru v surové vodě a vyhovuje limitním hodnotám daným vyhláškou. Po rekonstrukci jsou hodnoty amonných iontů v surové vodě vyšší oproti surové vodě před rekonstrukcí, ale navzdory tomuto faktu úpravná voda dokáže i tyto extrémní surové vody ve vodě upravené snižovat do hodnot relativně obdobných s hodnotami před rekonstrukcí.



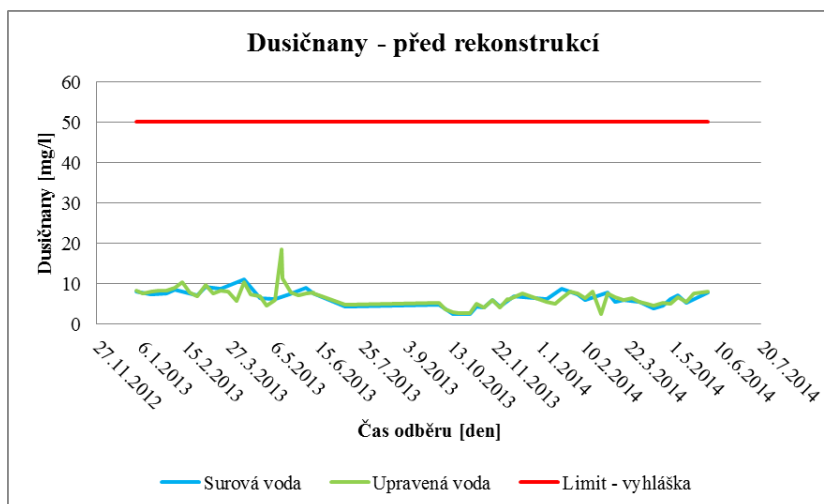
Graf 7: Amonné ionty - před rekonstrukcí (Rozbory vody)



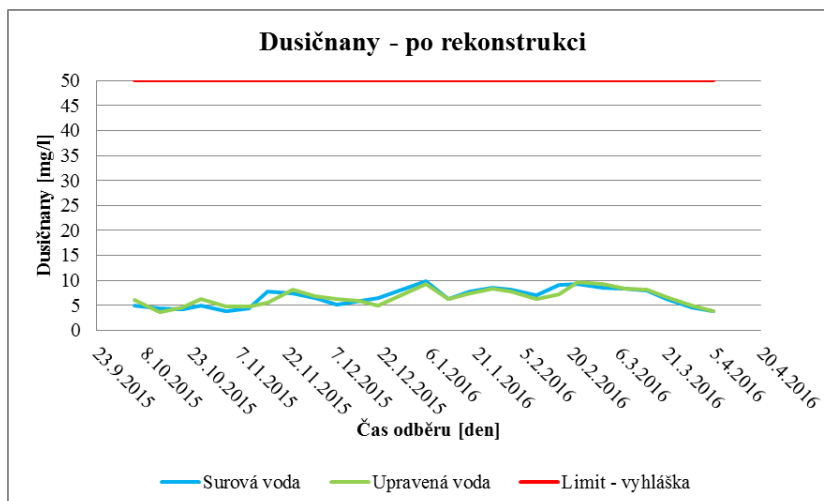
Graf 8: Amonné ionty - po rekonstrukci (Rozbory vody)

## Dusičnany

Průběh hodnot parametru dusičnany je velmi podobný v surové vodě i v upravené vodě a vyhovující limitům daným vyhláškou. Porovnáním grafu za období před rekonstrukcí a po rekonstrukci je možné sledovat obdobný průběh hodnot dusičnanů.



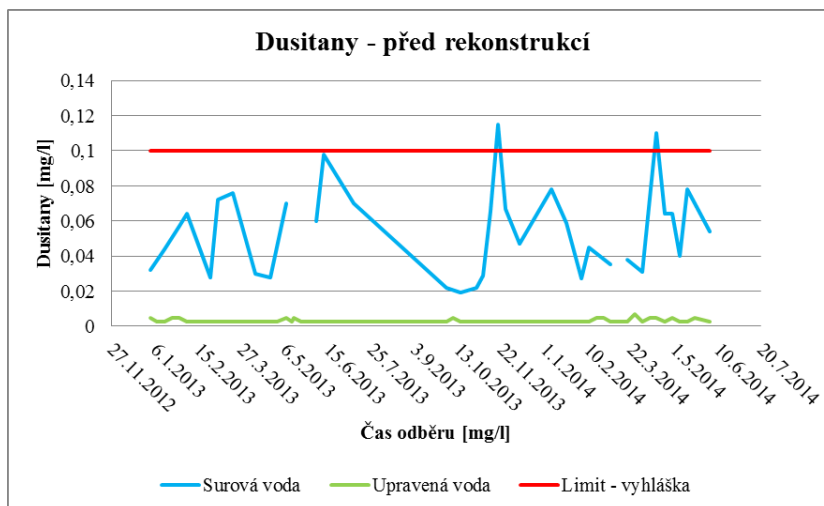
Graf 9: Dusičnany - před rekonstrukcí (Rozbory vody)



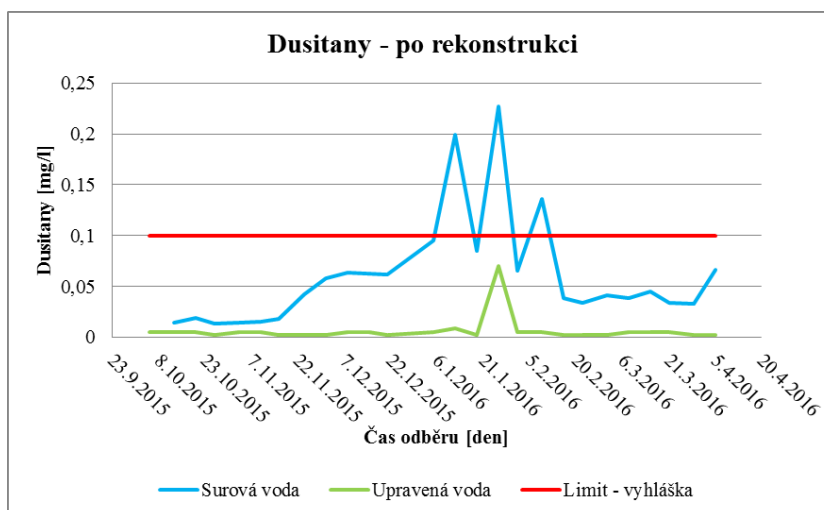
Graf 10: Dusičnany - po rekonstrukci (Rozbory vody)

## Dusitany

Parametr dusitany v upravené vodě má obdobný průběh před rekonstrukcí i po rekonstrukci. Hodnoty upravené vody po celou dobu odběru vzorků vyhovují limitním hodnotám vyhlášky. V surové vodě je vidět, že dochází k značným výkyvům hodnot a extrémům.



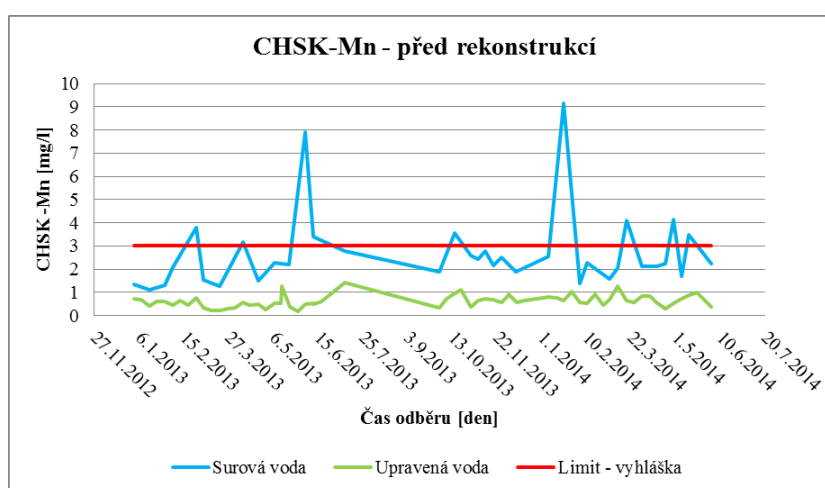
Graf 11: Dusitany - před rekonstrukcí (Rozbory vody)



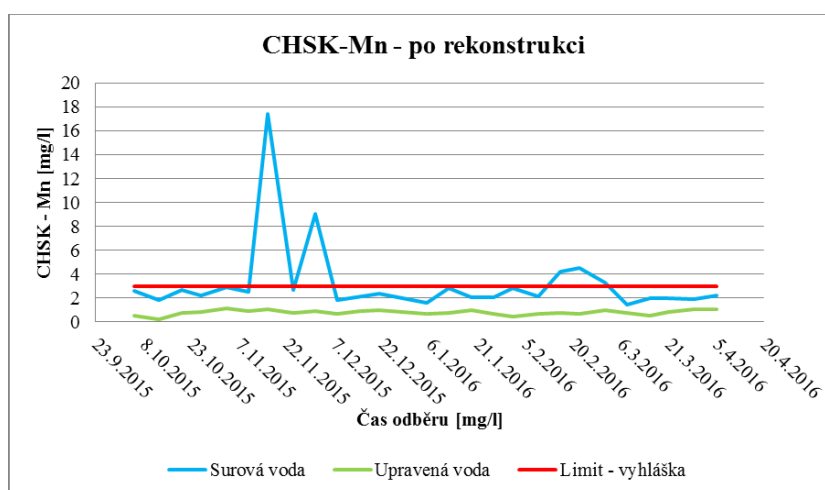
Graf 12: Dusitany - po rekonstrukci (Rozbory vody)

## Chemická spotřeba kyslíku manganem

Hodnoty CHSK-Mn v surové vodě kolísají mezi hodnotami přibližně 1-4 mg/l a vyskytují se zde občasné extrémy dosahující hodnot řádově vyšších. Zde je podstatné zmínit, že úpravna vody tyto extrémní hodnoty CHSK-Mn dokáže eliminovat bez rozdílu na výsledné hodnotě CHSK-Mn v upravené vodě oproti běžné hodnotě CHSK-Mn v surové vodě. Hodnoty CHSK-Mn naměřené v upravené vodě vyhovují limitním hodnotám vyhlášky.



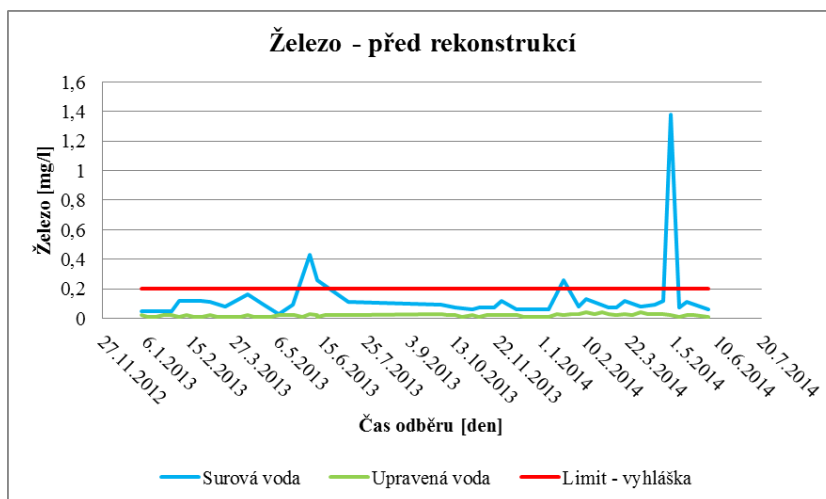
Graf 13: CHSK-Mn - před rekonstrukcí (Rozbory vody)



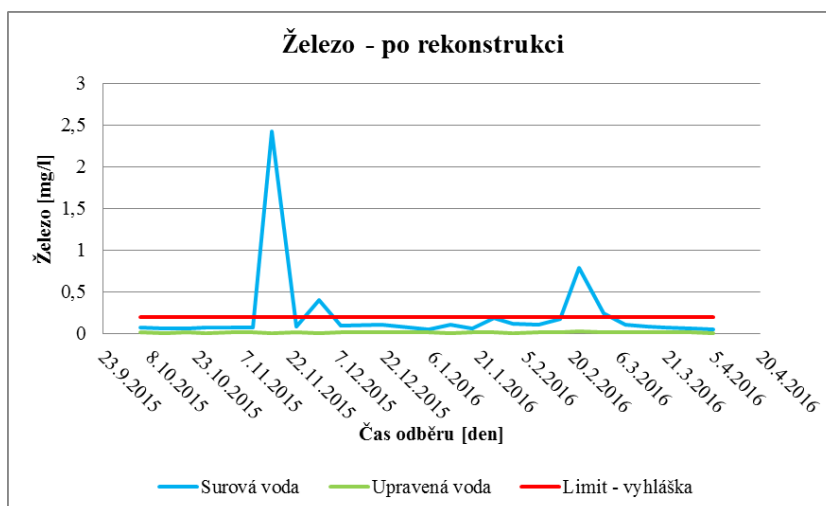
Graf 14: CHSK-Mn - po rekonstrukci (Rozbory vody)

## Železo

Obsah železa v surové vodě vzhledem k povaze povrchové vody není kromě nárazových hodnot značný, v upravené vodě je jeho hodnota minimální a vyhovuje limitům daným vyhláškou.



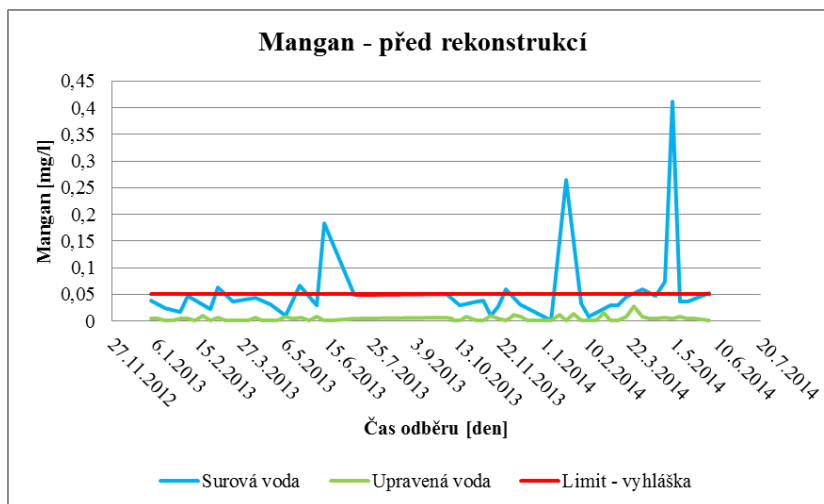
Graf 15: Železo - před rekonstrukcí (Rozbory vody)



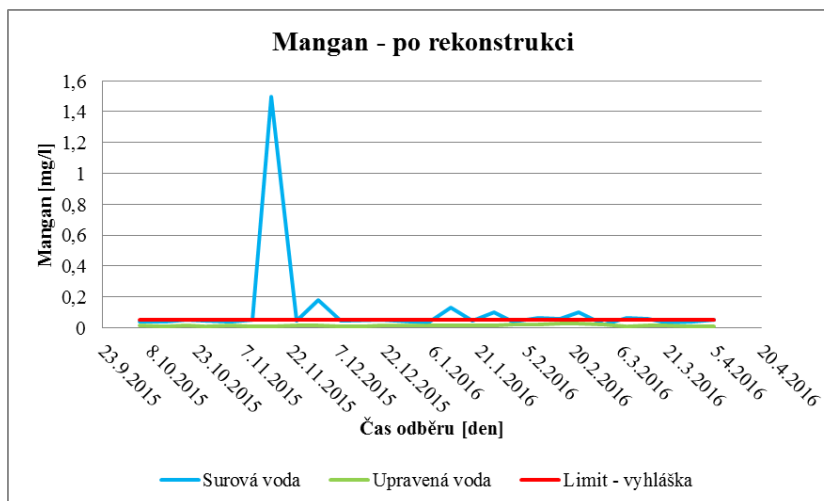
Graf 16: Železo - po rekonstrukci (Rozbory vody)

## Mangan

Pro parametr mangan platí v podstatě totéž, co pro parametr železo, jakožto parametry vyskytující se ve vodách podzemních. Hodnoty manganu v upravené vodě jsou nízké, s podobným průběhem před rekonstrukcí i po rekonstrukci vyhovujícím limitním hodnotám daným vyhláškou.



Graf 17: Mangan - před rekonstrukcí (Rozbory vody)



Graf 18: Mangan - po rekonstrukci (Rozbory vody)



### 3.1.2 Statistické vyhodnocení parametrů jakosti vody

U surové vody v tabulkách č. 4 – 7 jsou jednotlivé parametry uvedeny vedle sebe ve sloupcích. V řádcích pod sebou jsou uvedeny název parametru a jeho jednotka, limit pro zařazení do tříd jakosti surové vody daný vyhláškou č. 428/2001 Sb.[21], kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění, a typ limitu (MH – mezní hodnota, DH – doporučená hodnota). Limit pro zařazení do tříd jakosti surové vody je uveden pouze u parametrů, které jsou uvedeny ve vyhlášce č. 428/2001 Sb. Pod tímto limitem jsou v zeleném podbarvení uvedeny statistické ukazatele celkové maximální, minimální a průměrné hodnoty z celkového počtu vzorků pro každý parametr, celkový počet vzorků a nakonec vyhodnoceno zastoupení počtu vzorků v příslušné třídě jakosti vztahované k celkovému počtu vzorků.

U upravené vody jsou v tabulkách č. 8 – 11 jednotlivé parametry uvedeny vedle sebe ve sloupcích. V řádcích pod sebou jsou uvedeny název parametru, jeho jednotka a limitní hodnoty upravené vody dané vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění [20] a typ limitu (MH – mezní hodnota, DH – doporučená hodnota). Pod tímto limitem jsou v zeleném podbarvení uvedeny statistické ukazatele maximální, minimální a průměrné hodnoty z celkového počtu vzorků pro každý parametr, celkový počet vzorků a nakonec vyhodnoceno, kolik vzorků z celkového počtu vzorků tento limit splňuje a kolik nikoliv.

Tabulka 4: Parametry jakosti surové vody před rekonstrukcí 1

SUROVÁ VODA PŘED REKONSTRUKCÍ												
Parametr	Escherichia coli	koliformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseston	počet organismů	živé organismy	pach	teplota	pH
Je dnotka	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[je dinci/ml]	[je dinci/ml]	[stupeň]	[°C]	[-]
JAKOST A1		50	20					50	50	PŘIJATELNÝ NEPŘIJATELNÝ	20	6,5 - 9,5
JAKOST A2		5000	1000					3000 (500 <sup>1</sup> )	3000 (500 <sup>1</sup> )		25	5 - 6,5 (9,5 - 10)
JAKOST A3		50000	10000					10000 (1000 <sup>1</sup> )	10000 (1000 <sup>1</sup> )		25	<5 (>10)
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
MAX	12000	90000	11000	12000	78000	2400	40	2410	2060	přijatelny	17,7	8,2
MIN	80	900	10	67	1200	90	1	42	34	přijatelny	0,5	7,6
PRŮMĚR	1904	9722	1106	1266	11462	453	3	430	366	přijatelny	6,7	8,0
POČET	35	36	36	34	34	34	34	34	36	36	30	36
JAKOST A1		0	1					3	2	36	30	36
JAKOST A2		17	28					31	34	0	0	0
JAKOST A3		19	7					0	0	0	0	0

58

Tabulka 5: Parametry jakosti surové vody po rekonstrukci 1

SUROVÁ VODA PO REKONSTRUKCI												
Parametr	Escherichia coli	koliformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseston	počet organismů	živé organismy	pach	teplota	pH
Je dnotka	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[je dinci/ml]	[je dinci/ml]	[stupeň]	[°C]	[-]
JAKOST A1		50	20					50	50	PŘIJATELNÝ NEPŘIJATELNÝ	20	6,5 - 9,5
JAKOST A2		5000	1000					3000 (500 <sup>1</sup> )	3000 (500 <sup>1</sup> )		25	5 - 6,5 (9,5 - 10)
JAKOST A3		50000	10000					10000 (1000 <sup>1</sup> )	10000 (1000 <sup>1</sup> )		25	<5 (>10)
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
MAX	14000	32000	11000	46000	320000	10000	30	4800	4472	přijatelny	12,8	8,12
MIN	10	600	10	62	95	10	1	56	50	přijatelny	0,0	7,49
PRŮMĚR	3132,916667	8668	1591	3836	32514	888	4	490	422	přijatelny	5,4	7,94
POČET	24	25	25	24	24	24	24	25	25	25	23	25
JAKOST A1		0	1					1	1		23	25
JAKOST A2		12	14					23	23		0	0
JAKOST A3		13	10					1	1		0	0

Tabulka 6: Parametry jakosti surové vody před rekonstrukcí 2

SUROVÁ VODA PŘED REKONSTRUKCÍ														
Parametr	konduktivita	barva	zákal	amonné ionty	dusičnany	dusitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan
Jednotka	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF <sub>0</sub> ]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]
JAKOST A1	125	20		0,5	50		3		100				0,2	0,05
JAKOST A2	125	100		1	50		10		100				1	0,5
JAKOST A3	125	200		3	50		15		250				2	1,5
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
MAX	46,6	152,4	204,30	0,320	10,9	0,115	9,15	3,78	19,0	69,4	9,2	2,03	1,38	0,412
MIN	21,5	4,0	0,75	0,065	2,3	0,019	1,12	1,38	4,3	30,8	2,6	0,88	0,03	0,002
PRŮMĚR	36,7	18,5	14,36	0,113	6,3	0,054	2,68	2,81	11,9	53,5	6,0	1,58	0,14	0,058
POČET	36	36	34	36	36	34	36	34	36	34	34	34	36	36
JAKOST A1	36	28		36	36		27		36				32	27
JAKOST A2	0	7		0	0		9		0				3	9
JAKOST A3	0	1		0	0		0		0				1	0

59

Tabulka 7: Parametry jakosti surové vody po rekonstrukci 2

SUROVÁ VODA PO REKONSTRUKCI														
Parametr	konduktivita	barva	zákal	amonné ionty	dusičnany	dusitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan
Jednotka	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF <sub>0</sub> ]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]
JAKOST A1	125	20		0,5	50		3		100				0,2	0,05
JAKOST A2	125	100		1	50		10		100				1	0,5
JAKOST A3	125	200		3	50		15		250				2	1,5
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
MAX	52,9	206,5	350,80	0,530	9,8	0,227	17,38	4,04	43,3	72,7	9,7	2,20	2,42	1,498
MIN	19,1	5,2	0,75	0,065	3,9	0,013	1,44	1,22	5,5	26,6	2,7	0,78	0,05	0,023
PRŮMĚR	39,0	25,8	24,42	0,152	6,6	0,061	3,31	2,89	14,6	54,2	5,9	1,60	0,23	0,117
POČET	25	25	24	25	25	24	25	24	25	24	24	24	25	25
JAKOST A1	25	19		23	25		20		25				21	13
JAKOST A2	0	5		2	0		4		0				3	11
JAKOST A3	0	1		0	0		1		0				1	1

Tabulka 8: Parametry jakosti upravené vody před rekonstrukcí 1

UPRAVENÁ VODA PŘED REKONSTRUKCÍ													
Parametr	Escherichia coli	koliformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseston	počet organismů	živé organismy	pach	chut'	teplota	pH
Jednotka	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[-]	[°C]	[-]
VYHLÁŠKA - LIMIT	0	0	0	20	200	0	10	50	0	přijatelný pro oděbratel	přijatelná pro oděbratel	8-12 °C	6,5 - 9,5
TYP LIMITU	NMH	MH	NMH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	DH	MH
MAX	0	0	0	10	18	5	1	24	10	přijatelný	přijatelná	21,9	8,01
MIN	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatelná	0,9	6,94
PRŮMĚR	0	0	0	0,5	1	0,2	1	4	0,3	přijatelný	přijatelná	8,2	7,43
POČET	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	47	52	63
SPLŇUJE	63	63	63	63	63	56	63	63	60	63	47	11	63
NESPLŇUJE	0	0	0	0	0	7	0	0	3	0	0	41	0

Tabulka 9: Parametry jakosti upravené vody po rekonstrukci 1

UPRAVENÁ VODA PO REKONSTRUKCI													
Parametr	Escherichia coli	koliformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseston	počet organismů	živé organismy	pach	chut'	teplota	pH
Jednotka	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[-]	[°C]	[-]
VYHLÁŠKA - LIMIT	0	0	0	20	200	0	10	50	0	přijatelný pro oděbratel	přijatelná pro oděbratel	8-12 °C	6,5 - 9,5
TYP LIMITU	NMH	MH	NMH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	DH	MH
MAX	0	1	0	23	21	0	0,5	20	4	přijatelný	přijatelná	16,1	8,06
MIN	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatelná	0,09	6,85
PRŮMĚR	0	0	0	2	3	0	1	4	0,5	přijatelný	přijatelná	6,4	7,55
POČET	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	22	22	26
SPLŇUJE	26	25	26	25	26	26	26	26	22	26	22	5	26
NESPLŇUJE	0	1	0	1	0	0	0	0	4	0	0	17	0

Tabulka 10: Parametry jakosti upravené vody před rekonstrukcí 2

UPRAVENÁ VODA PŘED REKONSTRUKCÍ																
Parametr	konduktivita	barva	zákal	chlor volný	amonné ionty	dusičnany	dusitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan	hliník
Jednotka	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF <sub>0</sub> ]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
<b>VYHLÁŠKA - LIMIT</b>	125	20	5	0,3	0,5	50	0,1	3		100	30 (MH) 40-80 (DH)	10 (MH) 20-30 (DH)	2-3,5	0,2	0,05	0,2
<b>TYP LIMITU</b>	MH	MH	MH	MH	MH	NMH	NMH	MH		MH			DH	MH	MH	MH
<b>MAX</b>	47,9	2,4	0,75	0,52	0,15	18,5	0,007	1,41	3,31	21,3	67	10,9	2,01	0,04	0,028	0,27
<b>MIN</b>	19,3	0,3	0,75	0,04	0,065	2,4	0,0025	0,16	0,82	5,2	28,1	1	0,77	0,01	0,002	0,02
<b>PRŮMĚR</b>	36,4	1,0	0,75	0,24	0,093	6,6	0,0031	0,62	2,38	12,2	51,3	6,3	1,54	0,02	0,005	0,05
<b>POČET</b>	63	63	63	63	61	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
<b>SPLŇUJE</b>	63	63	63	44	61	63	63	63		63	62	3	1	63	63	60
<b>NESPLŇUJE</b>	0	0	0	19	2	0	0	0		0	1	60	62	0	0	3

61

Tabulka 11: Parametry jakosti upravené vody po rekonstrukci 2

UPRAVENÁ VODA PO REKONSTRUKCI																
Parametr	konduktivita	barva	zákal	chlor volný	amonné ionty	dusičnany	dusitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan	hliník
Jednotka	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF <sub>0</sub> ]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
<b>VYHLÁŠKA - LIMIT</b>	125	20	5	0,3	0,5	50	0,1	3		100	30 (MH) 40-80 (DH)	10 (MH) 20-30 (DH)	2-3,5	0,2	0,05	0,2
<b>TYP LIMITU</b>	MH	MH	MH	MH	MH	NMH	NMH	MH		MH			DH	MH	MH	MH
<b>MAX</b>	51,7	2,5	1,5	0,15	0,23	9,7	0,07	1,15	3,75	25,9	70,9	9	2,13	0,03	0,029	0,37
<b>MIN</b>	21,9	0,1	0,75	0,015	0,065	3,7	0,0025	0,23	0,93	6,4	30,6	2,3	0,87	0,01	0,007	0,02
<b>PRŮMĚR</b>	40,5	1,7	0,78	0,08	0,107	6,6	0,0066	0,79	2,70	15,1	56,0	6,4	1,66	0,02	0,014	0,07
<b>POČET</b>	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
<b>SPLŇUJE</b>	26	26	26	26	26	26	26	26		26	26	0	6	26	26	23
<b>NESPLŇUJE</b>	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	26	20	0	0	3

## Zhodnocení

Z vyhodnocení surové vody plyne, že mikrobiologické ukazatele spadají na pomezí tříd jakosti A2 a A3, ve zbylých parametrech spadají do třídy A1, ojediněle do třídy A2. Zatřídění počtu vzorků ve třídách jakosti surové vody po rekonstrukci je obdobné jako před rekonstrukcí.

Z vyhodnocení upravené vody po rekonstrukci plyne, že parametry jakosti vyhovují limitním hodnotám pitné vody, s občasným výskytem živých organismů, k čemuž docházelo i před rekonstrukcí, v období po rekonstrukci však nebyl změřen výskyt *Clostridium perfringens*, který se před rekonstrukcí vyskytoval. Dále je zřejmé, že doporučeným hodnotám nevyhovují parametry teploty, hořčíku a tvrdosti vody, což je způsobeno tím, že surová voda je povrchová a úpravna nedisponuje technologiemi k ovlivnění těchto parametrů.

# 4 POROVNÁNÍ ÚPRAVNY VODY PŘED REKONSTRUKCÍ A PO REKONSTRUKCI

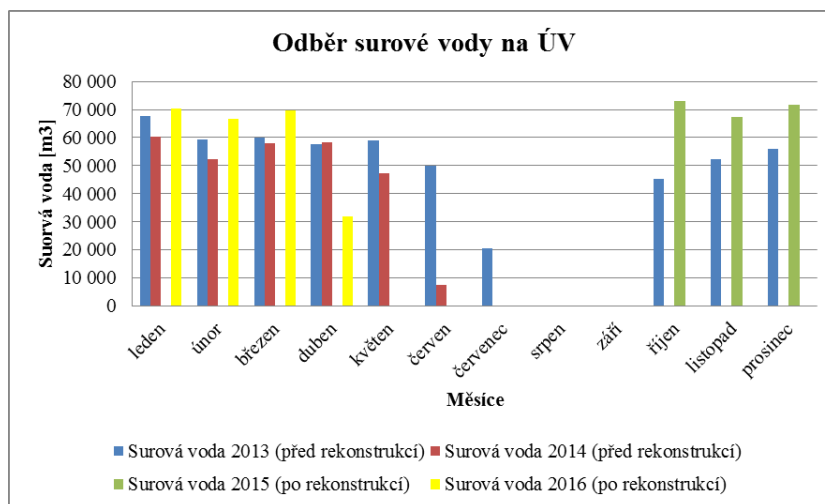
## 4.1 Průměrné dlouhodobé hodnoty

### 4.1.1 Měsíční hlášení z úpravny vody Valašské Meziříčí

V této podkapitole je graficky vyjádřeno porovnání měsíčních hlášení na úpravně vody Valašské Meziříčí za roky 2013 (před rekonstrukcí), 2014 (před rekonstrukcí), 2015 (po rekonstrukci) a 2016 (po rekonstrukci). V další podkapitole 4.1.2 je tabelárně uveden souhrn jednotlivých let statistickými ukazateli celkovým součtem, počet prvků, maximální, minimální a průměrná hodnota. Odstavováním úpravny vody chybějí data u měsíců srpna a září 2013, v červenci 2013 je patrný pouze částečný provoz na začátku měsíce. V červnu roku 2014 je též patrný provoz pouze části měsíce června před začátkem rekonstrukce. V dubnu 2016 jsou hodnoty nižší, jelikož byla data zpracovávána jen do části dubna.

#### Surová voda

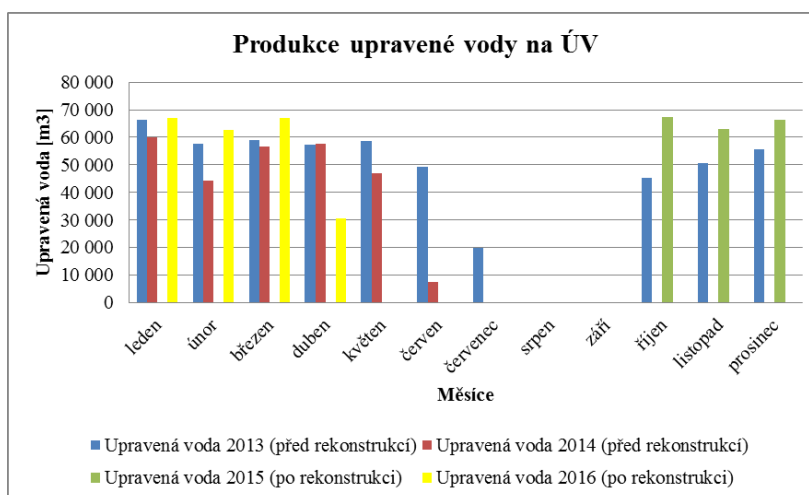
U parametru odběru surové vody je patrný nárůst objemu po rekonstrukci v průměru asi o 10 000 m<sup>3</sup>/měsíc.



Graf 19: Odběr surové vody na ÚV

## Upravená voda

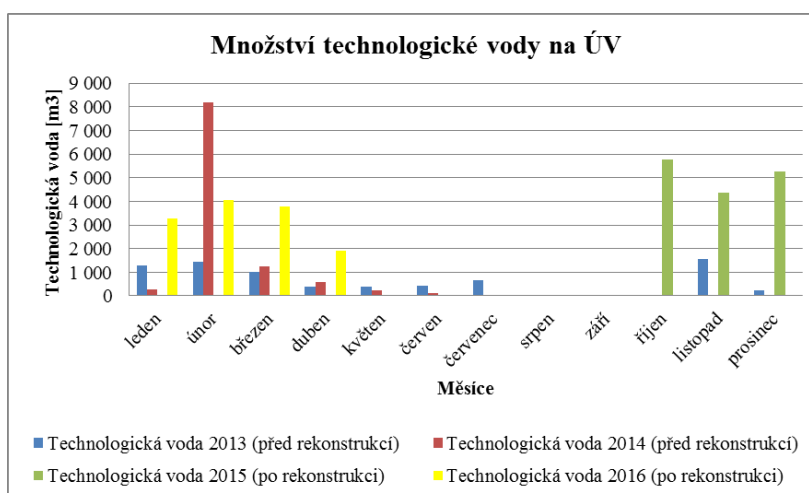
Obdobně jako u odběru surové vody je i u produkce vody upravené nárůst hodnot po rekonstrukci oproti hodnotám před rekonstrukcí přibližně o 10 000 m<sup>3</sup>/měsíc. To koresponduje s požadavkem a aspektem rekonstrukce – zvýšení výkonu úpravní vody.



Graf 20: Produkce upravené vody na ÚV

## Technologická voda

Množství technologické vody za 1 měsíc se po rekonstrukci zvýšilo až 4x a dosahuje okolo hranice 5 000 m<sup>3</sup>/měsíc. Navýšení je způsobeno větším počtem filtrů v provozu i změnou technologie praní filtrů oproti stavu před rekonstrukcí. Technologická voda se na úpravně vody Valašské Meziříčí vypočítává rozdílem čtení průtokoměrů surové a upravené vody.

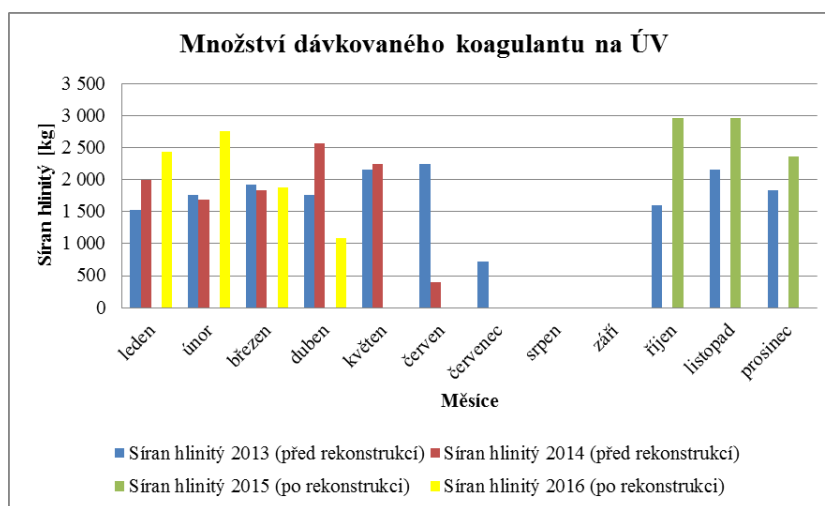


Graf 21: Množství technologické vody na ÚV



## Spotřeba síranu hlinitého

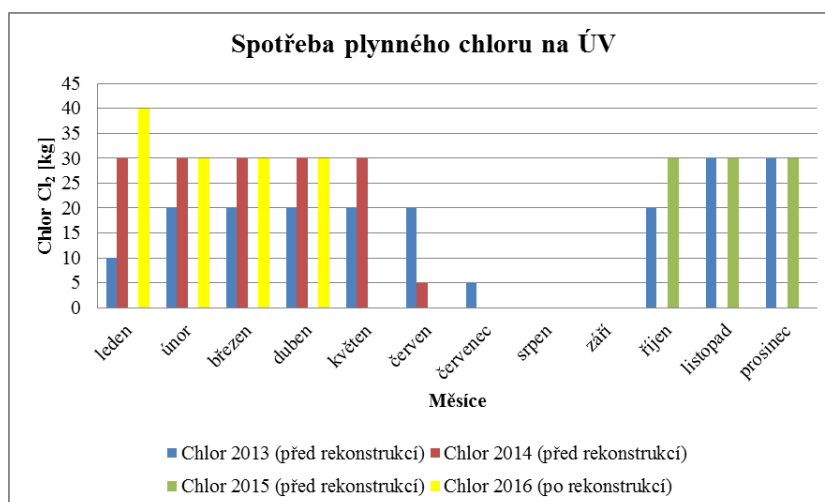
Spotřeba síranu hlinitého používaného na úpravně vody Valašské Meziříčí jako koagulantu byla v počátku provozu po rekonstrukci vyšší než před rekonstrukcí a dosahovala hodnot až 3 000 kg/měsíc, což souvisí s vyšší objemem vyrobené upravené vody a také začátkům zkušebního provozu. Postupně se však snižovala a blížila se k hodnotám před rekonstrukcí, což ve výsledku vzhledem k vyšší výrobě upravené vody znamená, nižší dávku koagulantu na 1 m<sup>3</sup> vyrobené vody než před rekonstrukcí.



Graf 22: Množství dávkovaného koagulantu na ÚV

## Spotřeba plynného chloru

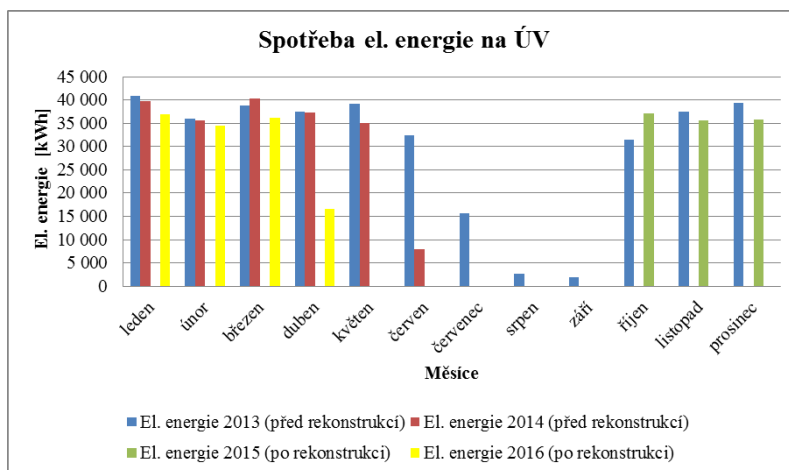
Spotřeba plynného chloru se nezměnila oproti roku 2014 před rekonstrukcí, kromě jediné výchytky v podobě měsíce ledna 2016 po rekonstrukci.



Graf 23: Spotřeba plynného chloru na ÚV

## Spotřeba el. energie na ÚV

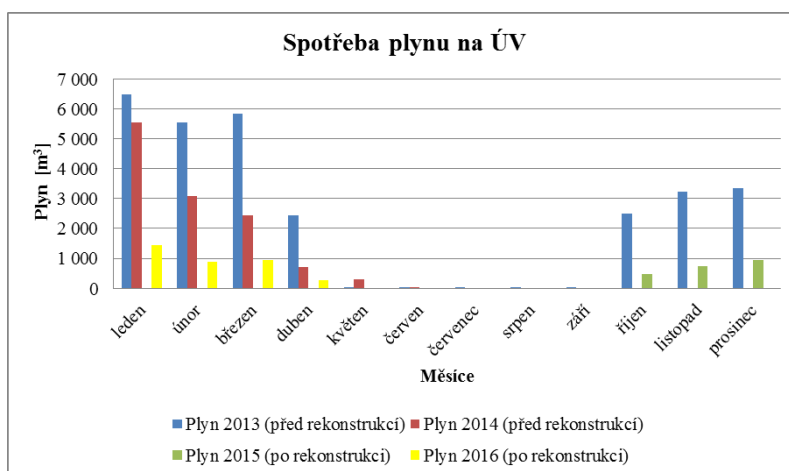
Z pohledu energetické náročnosti úpravny je spotřeba elektrické energie po rekonstrukci srovnatelná až nižší oproti stavu před rekonstrukcí. Vzhledem ke zvýšenému objemu odběru surové vody a produkce upravené vody spolu s faktem, že se upravená voda čerpá do vodojemu Štěpánov HTP (zatímco před rekonstrukcí úpravna vody dodávala upravenou vodu do DTP vodojemu Štěpánov), je toto možno hodnotit velmi kladně.



Graf 24: Spotřeba el. energie na ÚV

## Spotřeba plynu na ÚV

Spotřeba plynu na ÚV souvisí s vytápěním objektu úpravny vody, proto v letním a podzimním období jsou hodnoty minimální. Ve srovnání topných měsíců však dochází ke 3-5x nižším hodnotám/měsíc, což je důsledek zateplení budovy v rámci rekonstrukce. Tento fakt je z hlediska úspor a modernizace dalším vynikajícím ukazatelem.



Graf 25: Spotřeba plynu na ÚV

#### **4.1.2 Shrnutí z měsíčních hlášení na úpravně vody Valašské Meziříčí**

V tabulce č. 12 je uvedeno statistické vyhodnocení měsíčních hlášení na úpravně vody Valašské Meziříčí za jednotlivé roky. Ve sloupcích jsou uvedeny sledované parametry a to surová voda, upravená voda, technologická voda, elektrická energie celého objektu úpravny vody, síran hlinitý (koagulant), kyselina sírová (uvedena pouze u období před rekonstrukcí), chlor, plyn V řádcích je u každého sledovaného roku uveden součet hodnot za celý rok a níže jsou uvedeny statistické ukazatele celkový počet hodnot, maximální, minimální a průměrná hodnota z měsíčních hodnot.

V období před rekonstrukcí za rok 2013 je zhodnoceno 12 měsíců (1/2013 – 12/2013), za rok 2014 6 měsíců (1/2014 – 6/2014) a v období po rekonstrukci za rok 2015 3 měsíce (10/2015 – 12/2015), za rok 2016 4 měsíce (1/2016 – 4/2016 – část měsíce dubna). V hodnotách za rok 2013 je vidět běžný provoz úpravny vody před rekonstrukcí, zatímco v roce 2014 se již odráží ovlivnění některých technologických procesů přípravami na nadcházející rekonstrukci technologické stránky, která byla zahájena v měsíci 7/2014. V letech 2015 a 2016 je dobře patrná zvýšená výroba vody na hodnotách odběru surové vody a upravené vody, taktéž je významný parametr celkové spotřeby elektrické energie, kde po rekonstrukci vykazuje nižší průměrnou i maximální hodnotu při vyšší výrobě vody než před rekonstrukcí. Poznámka: V roce 2016 jsou minimální hodnoty ovlivněny měsícem dubnem z důvodu posledního odečtu dat v této práci dne 14.4.2016.

Tabulka 12: Statistické vyhodnocení měsíčních hlášení na ÚV Valašské Meziříčí

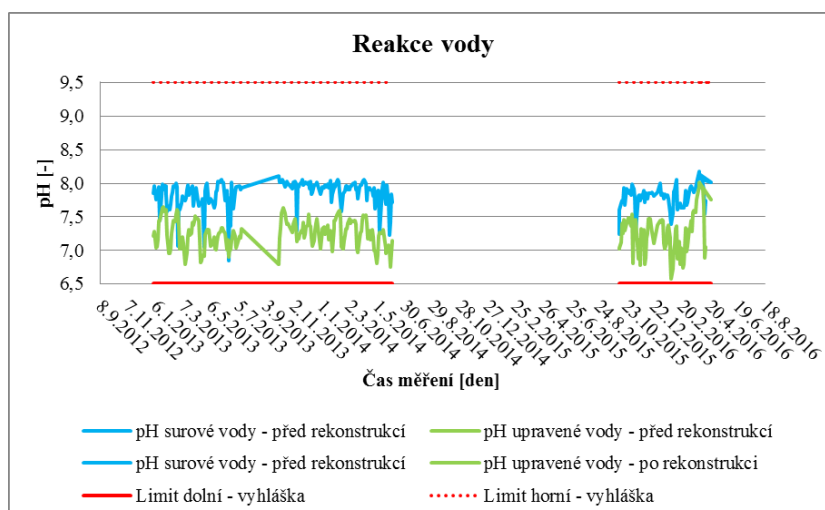
rok 2013	surová	upravená	technologická		elektrická energie		síran hlinitý		kyselina sírová		chlór		plyn
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	% sur.	kWh	kWh/m <sup>3</sup> upr.	kg	kg/m <sup>3</sup> upr.	kg	kg/m <sup>3</sup> upr.	kg	kg/m <sup>3</sup> upr.	m <sup>3</sup>
<b>Celkem</b>	527 239	519 829	7 410		353 660	6,810	17 680	0,346	0	0	195	0,0036	29 416
<b>Počet</b>	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<b>Maximum</b>	67 594	66 323	1 570	3,13	40 810	0,784	2 240	0,045	0	0	30	0,0006	6 470
<b>Minimum</b>	0	0	0	0,00	1 943	0	0	0	0	0	0	0	8
<b>Průměr</b>	43 937	43 319	618	1,24	29 472	0,568	1 473	0,029	0	0	16	0,0003	2 451
rok 2014	surová	upravená	technologická		elektrická energie		síran hlinitý		kyselina sírová		chlór		plyn
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	% sur.	kWh	kWh/m <sup>3</sup> upr.	kg	kg/m <sup>3</sup> upr.	kg	kg/m <sup>3</sup> upr.	kg	kg/m <sup>3</sup> upr.	m <sup>3</sup>
<b>Celkem</b>	283 312	272 727	10 585		195 841	4,641	10 720	0,250	0	0	155	0,0035	12 104
<b>Počet</b>	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<b>Maximum</b>	60 264	60 001	8 192	15,65	40 280	1,066	2 560	0,054	0	0	30	0,0007	5 536
<b>Minimum</b>	7 470	7 370	100	0,44	7 860	0,648	400	0,033	0	0	5	0,0005	14
<b>Průměr</b>	47 219	45 455	1 764	3,50	32 640	0,773	1 787	0,042	0	0	26	0,0006	2 017
rok 2015	surová	upravená	technologická		elektrická energie		síran hlinitý		chlór		plyn		
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	% sur.	kWh	kWh/m <sup>3</sup> upr.	kg	kg/m <sup>3</sup> upr.	kg	kg/m <sup>3</sup> upr.	m <sup>3</sup>		
<b>Celkem</b>	212 255	196 833	15 422		108 568	1,655	8 280	0,126	90	0,0014	2 182		
<b>Počet</b>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
<b>Maximum</b>	73 145	67 370	5 775	7,90	37 123	0,564	2 960	0,047	30	0,0005	948		
<b>Minimum</b>	67 497	63 124	4 373	6,48	35 619	0,540	2 360	0,036	30	0,0004	487		
<b>Průměr</b>	70 752	65 611	5 141	7,25	36 189	0,552	2 760	0,042	30	0,0005	727		
rok 2016	surová	upravená	technologická		elektrická energie		síran hlinitý		chlór		plyn		
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	% sur.	kWh	kWh/m <sup>3</sup> upr.	kg	kg/m <sup>3</sup> upr.	kg	kg/m <sup>3</sup> upr.	m <sup>3</sup>		
<b>Celkem</b>	238 343	227 347	13 049		124 317	2,186	8 160	0,144	130	0,0025	3 492		
<b>Počet</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
<b>Maximum</b>	70 348	67 075	4 068	6,10	36 953	0,552	2 760	0,044	40	0,0010	1 426		
<b>Minimum</b>	31 736	30 660	1 924	3,39	16 663	0,539	1 080	0,028	30	0,0004	262		
<b>Průměr</b>	59 586	56 837	3 262	4,46	31 079	0,546	2 040	0,036	33	0,0006	873		

### 4.1.3 Technologie úpravy vody

V této kapitole jsou zpracovány grafy na základě sond měřících na objektu úpravy vody denně každou hodinu. Z hodinových hodnot je poté stanoven průměr za 1 den. Výjimku tvoří parametry *Reakce vody* a *CHSK-Mn*, které byly odebrány na úpravě vody 1x za směnu v intervalu 3x za týden a vyhodnocovány v laboratoři.

#### Reakce vody

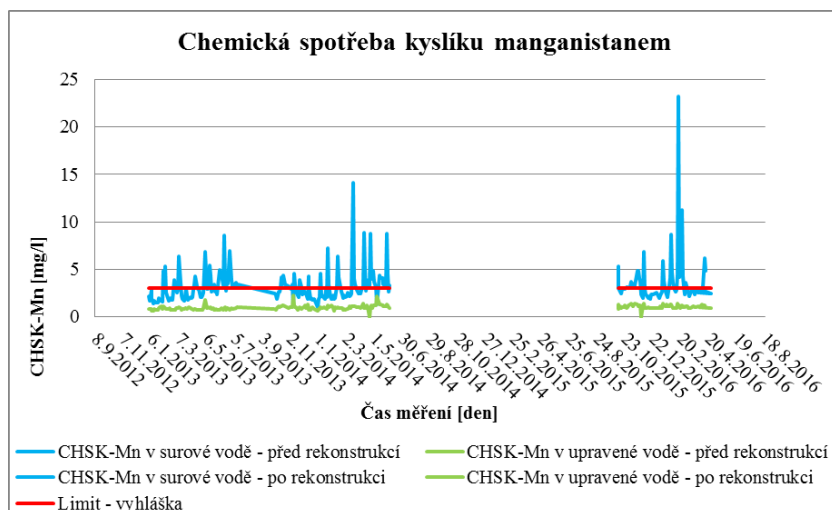
Ve srovnání v jednom grafu je patrné snížení hodnoty pH upravené vody oproti hodnotám surové vody a to z rozmezí hodnoty zhruba 7,5-8 mezi hodnoty 7-7,5. Volný interval v grafu odpovídá průběhu rekonstrukce na úpravě vody Valašské Meziříčí. V grafu jsou vyznačeny limitní hodnoty dané vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění [20]



Graf 26: Reakce surové vody na ÚV

#### Chemická spotřeba kyslíku manganistanem

Chemická spotřeba kyslíku manganem je opět zobrazena v 1 grafu pro názorné porovnání stavu před rekonstrukcí a po rekonstrukci oddělenou volným prostorem v čase. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1.1. u parametru CHSK-Mn, úprava vody eliminuje hodnoty extrémů. Hodnoty upravené vody se pohybují okolo 1 mg/l. Průběh CHSK-Mn upravené vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci je obdobný. V grafu je vyznačen limit daný vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění [20]



Graf 27: CHSK-Mn na ÚV

Na tomto místě jsou statisticky vyhodnoceny parametry pH a CHSK-Mn před rekonstrukcí a po rekonstrukci řazené ve sloupcích vedle sebe.

Tabulka 13: Statistické ukazatele pH, CHSK-Mn na ÚV - PŘED REKONSTRUKCÍ

Parametr [jednotka]	pH - surová voda [-]	pH - upravená voda [-]	CHSK-Mn - surová voda [mg/l]	CHSK-Mn - upravená voda [mg/l]
POČET	177	177	177	176
MAX	8,10	7,64	14,08	2,28
MIN	6,84	6,74	1,04	0,60
PRŮMĚR	7,85	7,24	3,11	0,95

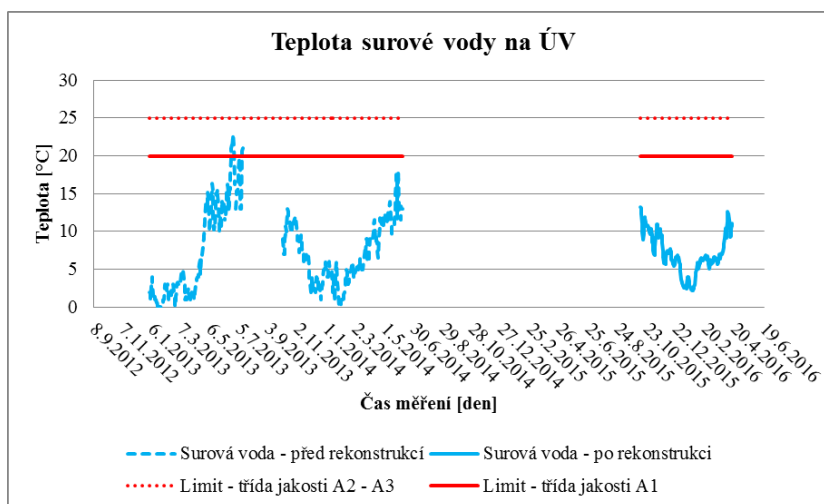
Tabulka 14: Statistické ukazatele pH, CHSK-Mn na ÚV - PO REKONSTRUKCI

Parametr [jednotka]	pH - surová voda [-]	pH - upravená voda [-]	CHSK-Mn - surová voda [mg/l]	CHSK-Mn - upravená voda [mg/l]
POČET	77	77	77	76
MAX	8,17	8,01	23,20	1,44
MIN	7,23	6,57	1,84	0,80
PRŮMĚR	7,80	7,26	3,61	1,09

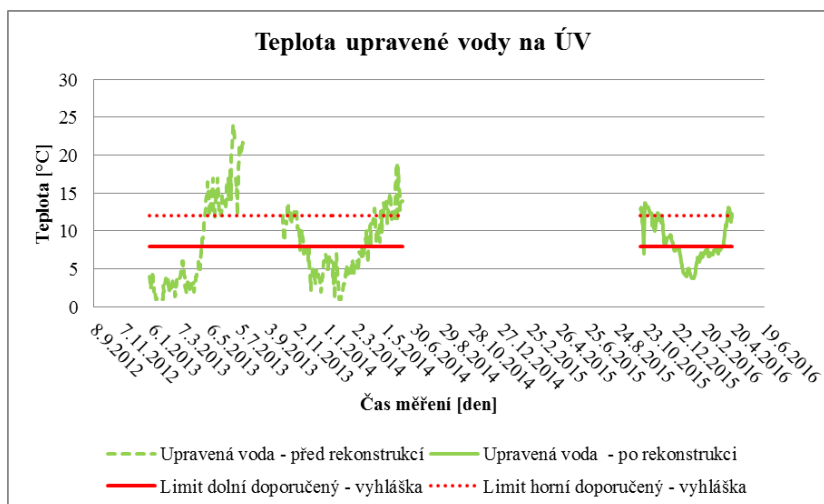
### Teplota surové vody a upravené vody na ÚV

Teplota surové vody ve vodním toku značně kolísá a to mezi hodnotami 0°C v zimních měsících až po hodnoty přes 20°C v teplých měsících. V grafu je opět vidět volný prostor mezi lety 2014 a 2015 značící průběh rekonstrukce úpravní vody a také je zde patrná prodleva v letních měsících roku 2013, kdy se úpravní odstavovala. Jedním z hlavních důvodů odstávek byla vysoká teplota surové vody nevhodné k úpravě na vodu pitnou. Charakter grafu teploty upravené vody je shodný, jako u teploty surové vody co se týče volných míst v grafu. Průběh teplot je také velmi obdobný s průběhem surové vody. Po rekonstrukci vody je upravená voda čerpána do vodojemu Štěpánov HTP, kde oproti stavu před rekonstrukcí, dochází k míchání vody s vodou ze skupinového vodovodu

Stanovnice o teplotě asi 5°C. Tím dojde k částečnému snížení teploty vody určené k distribuci. V grafu surové vody jsou vyznačeny limity dané vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb. [21], kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění, V grafu upravené vody jsou vyznačeny limitní doporučené hodnoty dané vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění [20]



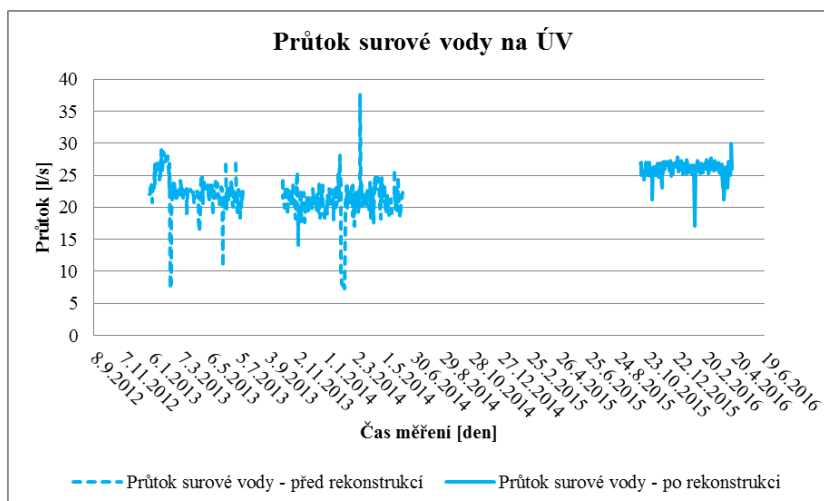
Graf 28: Teplota surové vody na ÚV



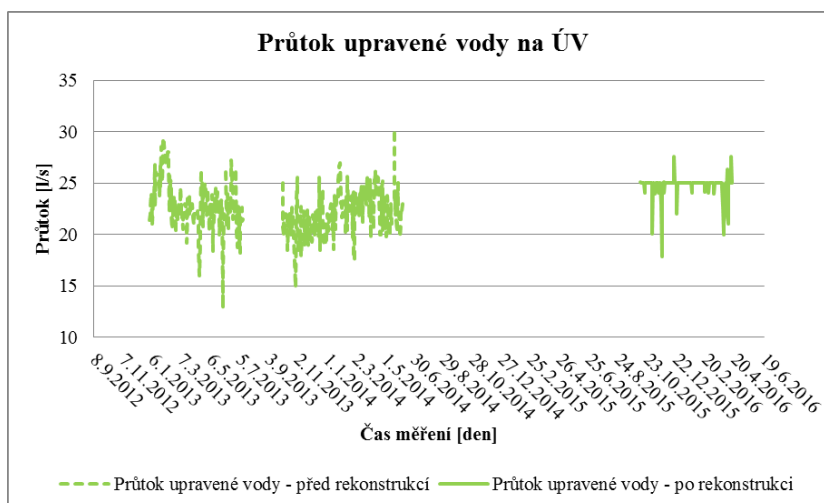
Graf 29: Teplota upravené vody na ÚV

### Průtok surové vody a upravené vody na ÚV

Průtok surové vody i upravené vody po rekonstrukci je oproti stavu před rekonstrukcí vyšší přibližně o 5 l/s. Obecně je průtok po rekonstrukci krom méně častých výchylek oproti stavu před rekonstrukcí ustálenější.



Graf 30: Průtok surové vody na ÚV

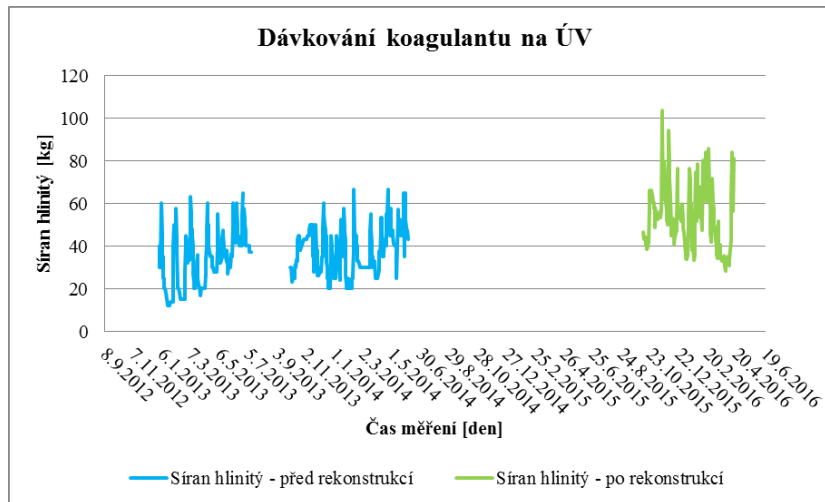


Graf 31: Průtok upravené vody na ÚV

### Dávkování koagulantu na ÚV

Obdobně jako v grafech uvedených výše je zde pro názornost uvedeno v grafu jak dávkování koagulantu (síran hlinitý) před rekonstrukcí, tak po rekonstrukci a je zde patrná časová prodleva způsobená rekonstrukcí (7/2014-9/2015) i odstávka během letních měsíců (7/2013-9/2013). Dávka koagulantu se oproti stavu zvýšila a rozkolísala, což souvisí s nárůstem objemu vyrobené vody.





Graf 32: Dávkování koagulantu na ÚV

Níže je uvedeno statistické vyhodnocení dat, kde:  $t$  – teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ],  $Q$  – průtok [ $\text{m}^3$ ], Síran hlinitý – dávka koagulantu [ $\text{mg/l}$ ]

Tabulka 15: Statistické ukazatele technologických procesů - PŘED REKONSTRUKCÍ

Parametr	t - surová voda	t - upravená voda	Q - surová voda	Q - upravená voda	Síran hlinitý - dávka
[jednotka]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[l/s]	[l/s]	[mg/l]
POČET	427	427	427	427	427
MAX	23,0	24,0	37,692	29,909	66,5
MIN	0,0	1,0	7,333	12,833	12,0
PRŮMĚR	7,2	8,3	21,685	22,516	35,5

Tabulka 16: Statistické ukazatele technologických procesů - PO REKONSTRUKCI

Parametr	t - surová voda	t - upravená voda	Q - surová voda	Q - upravená voda	Síran hlinitý - dávka
[jednotka]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[l/s]	[l/s]	[mg/l]
POČET	190	190	190	190	190
MAX	13,3	13,7	30,0	27,6	103,5
MIN	2,2	3,7	17,1	17,8	28,3
PRŮMĚR	7,1	8,5	26,0	24,8	53,3

### Zákal surové vody a vody v průběhu úpravárenského procesu

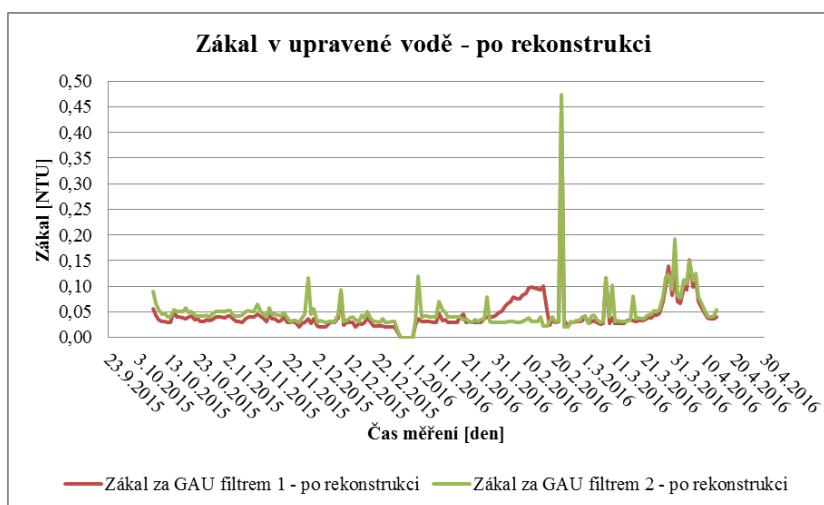
Zákal surové vody po rekonstrukci ukazuje kolísání hodnot parametru během jednotlivých dní. Zvýšené hodnoty zákalu jsou patrné v období měsíců od ledna do dubna, což souvisí s táním sněhu, zvýšení průtoků v toku a výskytem květů a pylu.

Hodnoty zákalu vody během úpravy jsou měřeny turbidimetrem po průtoku GAU filtrem 1 a GAU filtrem 2 (GAU filtry jsou řazeny vedle sebe a průtok vody se na ně rovnoměrně dělí). Extrémní hodnota zákalu v období na konci února 2016 vzešla z průměrné hodnoty za celý den, zvýšená hodnota byla zaměřena během několik hodin.

Poznámka: Parametr zákalu je zpracován pouze z období po rekonstrukci, jelikož hodnoty zákalu před rekonstrukcí nebyly k dispozici. Hodnoty zákalu v upravené vodě bezpečně vyhovují limitním hodnotám ( $< 5$  ZF) daný vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění [20] a limit není v grafu uveden, aby byl zachován zřetelný průběh hodnot v grafu.



Graf 33: Zákal v surové vodě - po rekonstrukci



Graf 34: Zákal v upravené vodě - po rekonstrukci

Níže je uvedeno statistické vyhodnocení dat zákalu po rekonstrukci.

Tabulka 17: Statistické ukazatele - zákal - PO REKONSTRUKCI

	Zákal - surová	Zákal - za GAU1	Zákal - za GAU2
	[NTU]	[NTU]	[NTU]
<b>POČET</b>	190	190	190
<b>MAX</b>	85,80	0,45	0,47
<b>MIN</b>	0,80	0,00	0,00
<b>PRŮMĚR</b>	23,09	0,04	0,05

#### 4.1.3.1 Průběh procesu filtrace

Před rekonstrukcí byly na úpravně vody Valašské Meziříčí osazeny 4 ks otevřených rychlofiltrů s náplní GAU. Konstrukce filtrů byla ze železobetonu s mezidnem a žlaby pro odvod prací vody. Filtrace přes GAU tvořila II. separační stupeň. Praní filtrů bylo prováděno tryskovým drenážním systémem s mezidny. Ve strojovně byla osazena 2 prací čerpadla, z čehož jedno plnilo funkci provozní, druhé funkci záložní a dmychadlo pro přívod pracího vzduchu.

Postup praní na úpravně vody Valašské Meziříčí byl před rekonstrukcí následující:

Po zahájení procesu praní byl na filtry s náplní GAU přiváděn prací vzduch po dobu 1 minuty. Poté byla na filtry přiváděna kombinace prací vody a pracího vzduchu do chvíle, než hladina ve filtru vystoupala na úroveň přepadových žlabů. V tu chvíli byla na filtr přiváděna už pouze prací voda po dobu asi 10 minut. Po vyprání byl filtr odstaven a opět provozován až další den, čímž byla postihnuta potřeba času na ustálení a zklidnění a tímto prostojem odpadla potřeba zafiltrování.

Po rekonstrukci je na úpravně vody Valašské Meziříčí využíváno celkově 5 ks otevřených rychlofiltrů. Písková filtrace zastoupená 3 ks filtrů tvoří II. separační stupeň a filtrace přes 2 ks GAU filtrů slouží k doúpravě vody po procesu pískové filtrace. V objektech nově zamýšlených pískových filtrů byla vybourána mezidna, obklady a odpadní žlaby. U stávajícího čtvrtého filtru bylo vybouráno mezidno a pátý filtr byl vybudován nově bez mezidna. Tyto dva filtry jsou naplněny GAU. Byly vyměněny prostupy filtrů a provedena sanace dna a stěn filtrů a zhotoveny nové obklady a žlaby. Současně byl osazen nový šterbinový drenážní systém Triton<sup>TM</sup> umožňující praní jak odděleně vodou a vzduchem, tak kombinovaně. Ve strojovně jsou osazena 2 prací čerpadla zajišťující přívod prací vody, z čehož jedno plní funkci provozní a druhé funkci záložní. Přívod pracího vzduchu je zajištěn pracím dmychadlem umístěným ve strojovně. Záložní dmychadlo osazeno není z důvodu rychlého servisu výrobce. Pískové filtry se perou nejdříve vzduchem, poté kombinací vody a vzduchu a následně se dopírají vodou. Filtry s náplní GAU jsou z hlediska ochrany před obrusem částic uhlí prány nejprve pouze vzduchem a následně vodou. Praní je prováděno automaticky dle nastavení ASŘ, případně jej může zahájit operativně obsluha úpravny vody. [2,6]

Na úpravně vody Valašské Meziříčí je po rekonstrukci podle Provozního řádu ÚV Valašské Meziříčí stanoven následující postup praní filtrů:

Po zahájení procesu praní je na pískový filtr přiváděn nejprve prací vzduch po dobu asi 10 minut, následuje přívod kombinace vody a vzduchu po dobu 5 – 6 minut a následně je přiváděna prací voda po dobu 4 – 8 minut. V tomto kroku je možnost, a také požadavek v rámci zkušebního provozu, zastavit přívod prací vody ze strany obsluhy úpravny vody, ověřit čírost vody okometricky a na základě toho případně prodloužit dobu přívodu prací vody. Po vyprání následuje fáze, kdy je zapotřebí, aby došlo k ustálení a zklidnění filtru, což trvá asi 30 minut. Nakonec je zařazena fáze zafiltrování, kdy je po dobu 3 – 4 minut na filtr přiváděna surová voda, která je však po průchodu filtrem odváděna na kalovou lagunu. [6]

Po zahájení procesu praní je na filtr s náplní GAU přiváděn prací vzduch po dobu cca 1 minuty a následně je na filtr přiváděna prací voda po dobu 9 – 10 minut. Po vyprání následuje fáze, kde je zapotřebí, aby došlo k ustálení a zklidnění filtru, což trvá asi 30 minut. Nakonec je zařazena fáze zafiltrování, kde je po dobu 3 – 4 minut na GAU filtr přiváděna voda po pískové filtraci, která je však po průchodu filtrem odváděna na kalovou lagunu. Oproti praní pískových filtrů je zde vynechána fáze praní kombinací vzduchu a vody, aby se zamezilo obušování částic granulovaného aktivního uhlí. [6]

Filtrační cyklus odpovídá časové periodě mezi jednotlivými praními filtru a skládá se z více částí. Průběh filtračního cyklu odpovídá faktorům, které jej mohou ovlivnit. Doba filtračního cyklu  $T$  zahrnuje:

$$T = t_f + t_p + t_{zf}$$

Kde:  $t_f$  – doba filtrace,  $t_p$  = doba praní filtrační vrstvy,  $t_{zf}$  = doba na zafiltrování [17]

### **Výpočet průběhu filtračního cyklu pískových filtrů na úpravně vody Valašské Meziříčí po rekonstrukci:**

Pro názornost je zde uveden příklad výpočtu průběhu filtračního cyklu. Pro odečtení doby filtrace byl zvolen měsíc leden. Z celkového rozsahu dostupných dat po rekonstrukci (říjen 2015 – část dubna 2016), s odůvodněním ustálení a záběhu úpravny

vody v měsících říjen 2015 – prosinec 2015 a nekompletními daty z jarních měsíců. Doba filtrace je odečtena z grafu *Filtrační proces za leden 2016 PO REKONSTRUKCI* a doby praní jsou převzaty z Provozního řádu ÚV Valašské Meziříčí.

#### Výpočet pro pískový filtr:

$t_f = 94 \text{ hod} = 338\,400 \text{ s}$  Doba filtrace 1 ks pískového filtru za 1/2016

$t_p = 10+6+8 = 24 \text{ min} = 1\,440 \text{ s}$  Doba praní 1 ks pískového filtru

kde: 10 min – doba praní vzduchem, 6 min – doba praní kombinací vody a vzduchu, 8 min – doba praní vodou,

$t_{zf} = 30+4 = 34 \text{ min} = 2\,040 \text{ s}$  Doba zafiltrování

kde: 30 min – doba pro ustálení náplně filtru, 4 min – doba pro zafiltrování.

$T = t_f + t_p + t_{zf} = 338\,400 + 1\,440 + 2\,040 = 341\,880 \text{ s} = 94,97 \text{ hod} \cong 95 \text{ hod}$

#### Výpočet pro filtr s náplní GAU:

$t_f = 168 \text{ hod} = 604\,800 \text{ s}$  Doba filtrace 1 ks filtru GAU za 1/2016

$t_p = 1+10 = 11 \text{ min} = 660 \text{ s}$  Doba praní 1 ks filtru GAU

kde: 1 min – doba praní vzduchem, 10 min – doba praní vodou,

$t_{zf} = 30+4 = 34 \text{ min} = 2\,040 \text{ s}$  Doba zafiltrování

kde: 30 min – doba pro ustálení náplně filtru, 4 min – doba pro zafiltrování.

$T = t_f + t_p + t_{zf} = 604\,800 + 660 + 2\,040 = 607\,500 \text{ s} = 168,75 \text{ hod} = 168 \text{ hod } 45 \text{ min}$

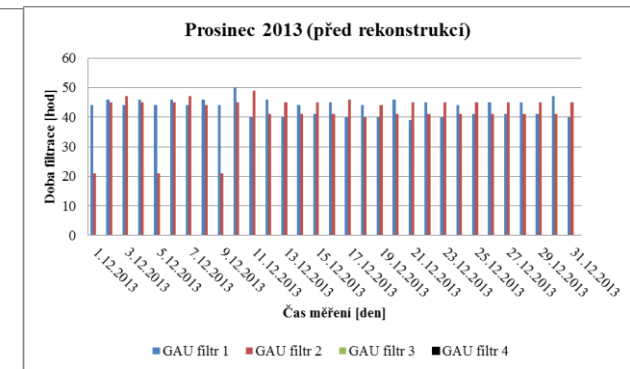
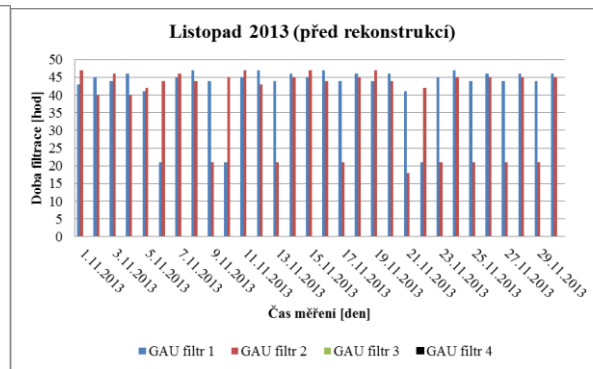
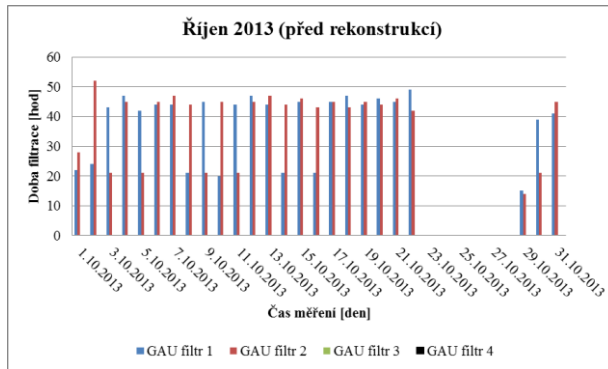
Poznámka pro výpočty byly uvažovány maximální doporučené hodnoty z rozsahů uvedených v Provozním řádu ÚV Valašské Meziříčí.

## Posouzení doby filtrační fáze na ÚV

K posouzení doby filtrační fáze, jsou zpracovány grafy postihující období 10/2013-4/2014 (před rekonstrukcí) a 10/2015-4/2016 (po rekonstrukci). Grafy vhodné k porovnání stavu před rekonstrukcí a po rekonstrukci jsou řazeny pod sebou na str. 79-81. Dále jsou na str. 81 doplněny grafy za období před rekonstrukcí (květen 2014, červen 2014), které nelze porovnat s hodnotami po rekonstrukci, protože období následuje až po odevzdání této práce. Na str. 81 je též vložen graf za období leden 2013, ze kterého byly použity hodnoty pro výpočty praní filtrů a graf za červenec 2013, kde je možné pozorovat postupné odstavení úpravny vody z provozu před letním obdobím. Na vodorovné ose grafů jsou uvedeny časové jednotky měření (dny) a na svislé ose jsou uvedeny hodnoty doby filtrace filtru, čili jak dlouho je filtr v provozu ke konkrétnímu dni od posledního vyprání.

Při porovnání filtrační fáze 10/2013-4/2014 (před rekonstrukcí) je patrné, že byly v provozu pouze GAU filtr 1 a GAU filtr 2, doba filtrace činila přibližně 46 hodin, poté byl vyprán a znovu uveden do provozu. Filtrační cyklus tedy trval 2 dny. V měsících 5/2014-6/2014 se přestal prát GAU filtr 2 a využívány byly pouze GAU filtr 1 a GAU filtr 3, které se praly po 46 hodinách stejně jako v předchozím období. V průběhu měsíce 6/2014 ještě došlo k využití GAU filtru 4 a následně se již žádné filtry nepraly v bezprostředním období před odstavením úpravny vody před rekonstrukcí. V příloženém měsíci 1/2013 je vidět rozdílný postup filtrace, který byl využíván v první polovině roku 2013. Jedná se o postup, kdy byly v provozu filtry GAU filtr 1, GAU filtr 2 a GAU filtr 3, doba filtrační fáze trvala 46 hodin, poté byl filtr vyprán a do konce směny odstaven z provozu (tedy přibližně 12 hodin). Filtrační cyklus tedy trval 3 dny.

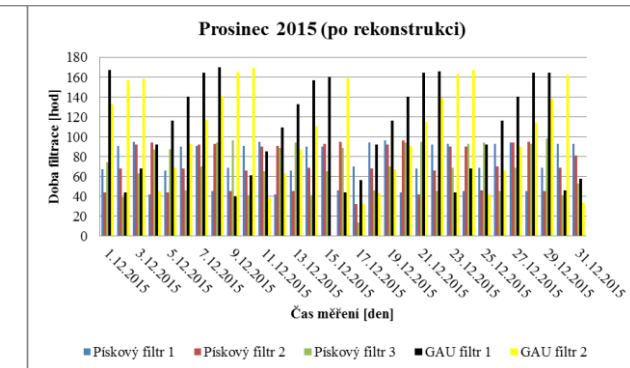
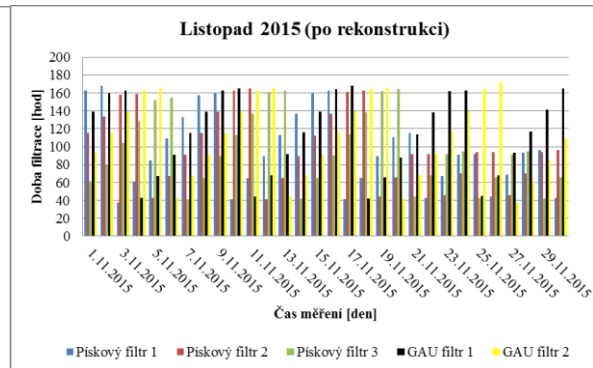
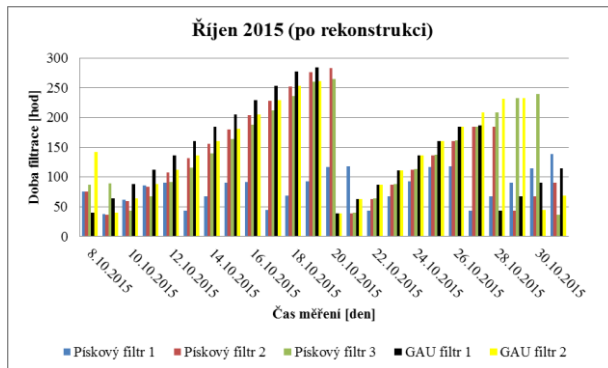
Filtrační fáze v období po rekonstrukci byla v období 10/2015-11/2015 jak pro pískové filtry, tak pro filtry s náplní GAU kolem 160 hodin. Filtrační cyklus tedy trval asi 7 dní pro oba druhy filtrace. Od období 11/2015 do 4/2016 se upravila filtrační doba pískových filtrů a filtrační cyklus trvá asi 4 dny. Filtrační cyklus filtrů GAU se nezměnil a zůstává přibližně 7 dní. V provozu je v celém období po rekonstrukci plný počet filtrů, tj. 3 filtry pískové a 2 filtry s náplní GAU. Manipulace s filtrační dobou pískových filtrů je důsledkem zkušebního provozu, kdy byla hledána optimální kombinace parametrů.



Graf 35: Filtrace - Říjen 2013

Graf 36: Filtrace - Listopad 2013

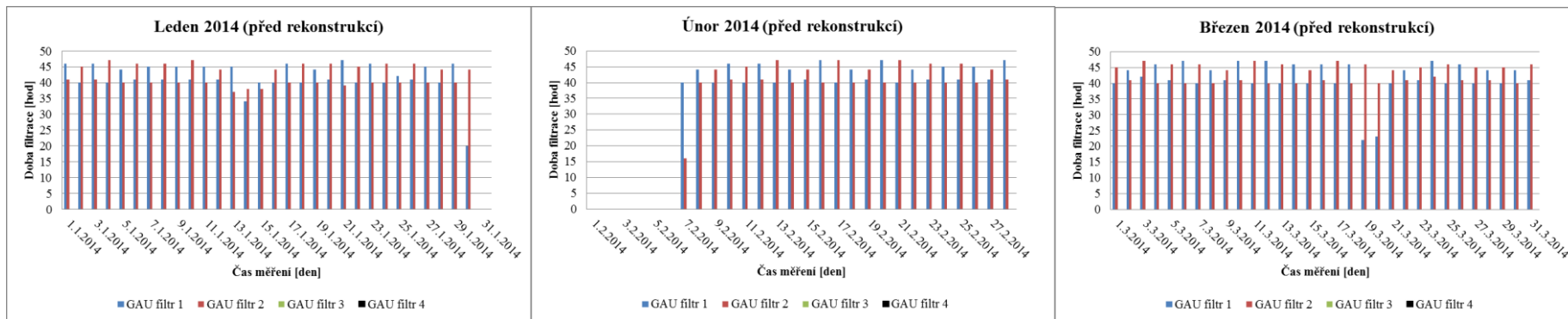
Graf 37: Filtrace - Prosinec 2013



Graf 38: Filtrace - Říjen 2015

Graf 39: Filtrace - Listopad 2015

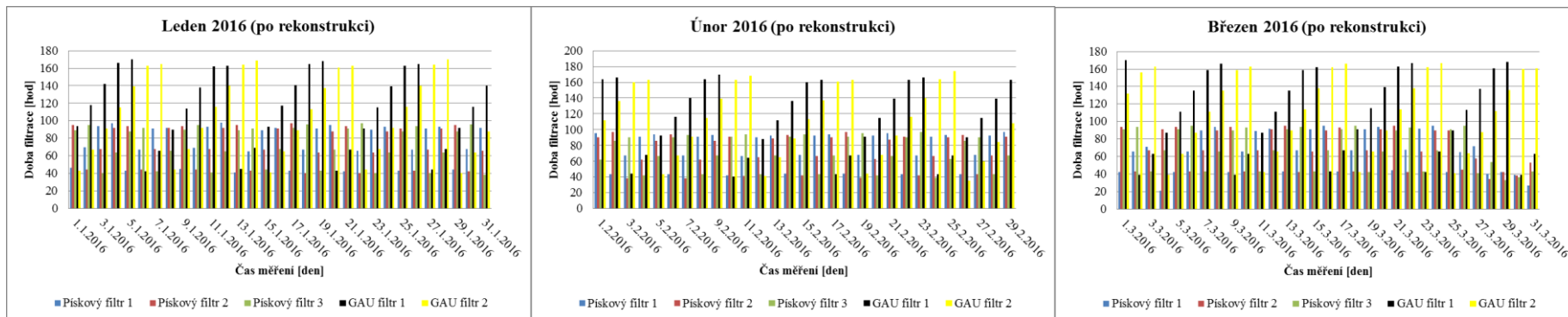
Graf 40: Filtrace - Prosinec 2015



Graf 41: Filtrace - Leden 2014

Graf 42: Filtrace - Únor 2014

Graf 43: Filtrace - Březen 2014

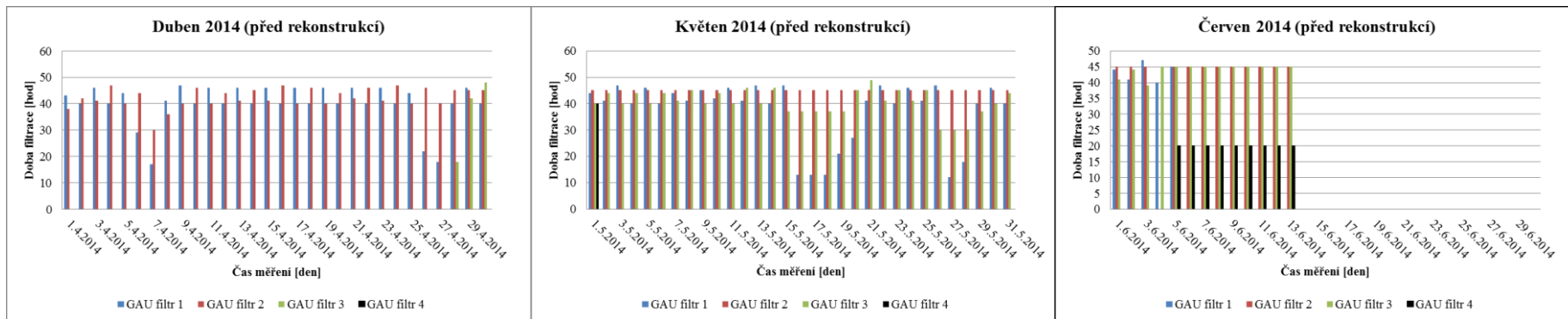


Graf 44: Filtrace - Leden 2016

Graf 45: Filtrace - Únor 2016

Graf 46: Filtrace - Březen 2016

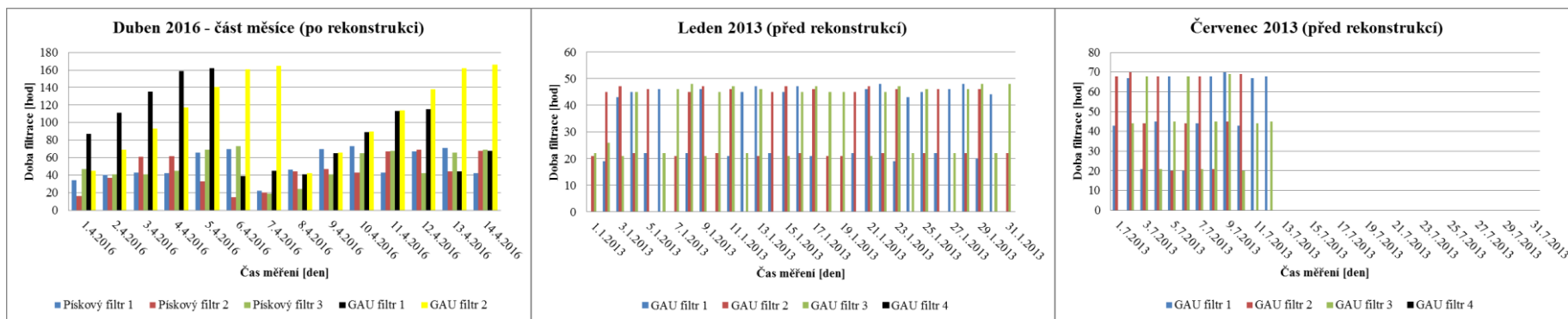




Graf 47: Filtrace - Duben 2014

Graf 48: Filtrace - Květen 2014

Graf 49: Filtrace - Červen 2014



Graf 50: Filtrace - Duben 2016 (část)

Graf 51: Filtrace - Leden 2013

Graf 52: Filtrace – Červenec 2013

# 5 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ PROCESU FILTRACE PŘED A PO REKONSTRUKCI

## 5.1 Výpočet praní filtrů

V této podkapitole je uveden výpočet potřeby elektrické energie a objemu vody spotřebované na praní filtrů vztaženo na 1 ks filtru před rekonstrukcí a po rekonstrukci. Hodnoty průtoků vody, vzduchu a jejich kombinace pro praní filtrů, doba praní filtrů a výkon elektromotorů čerpadel byly převzaty z provozního řádu ÚV Valašské Meziříčí před rekonstrukcí a z provozního řádu ÚV Valašské Meziříčí pro zkušební provoz po rekonstrukci. Bylo počítáno s maximálními mezními hodnotami uvedenými v rozsazích hodnot z provozních řádů, aby došlo k postižení nejnáročnějšího možného stavu.

Poznámka: Na instalovaných čerpacích soustrojích jsou osazeny frekvenční měniče, a proto hodnoty výkonu elektromotorů jsou instalované hodnoty uvedené na výrobních štítcích. Z nich vypočtené hodnoty energie jsou tedy uvažovány pro případ, kdyby čerpací soustrojí pracovaly na maximální možný výkon. Pro výpočet skutečné energie na jednotlivých čerpacích soustrojích by bylo nutné provádět měření na každém čerpacím soustrojí při každém uvedení do provozu, což na úpravně měřeno není.

Použité vzorce:

$$P = \frac{E}{t} = [W]$$

Kde: P [W] – výkon elektromotoru čerpadla, E [J;kWh] – elektrická energie, t [s] – doba praní filtru

$$E = P \cdot t = [J] = [3\,600\,000\,J] = 1\,kWh$$

Kde: E [J;kWh] – elektrická energie, P [W] – výkon elektromotoru čerpadla, e, t [s] – doba praní filtru

$$V = Q \cdot t = [m^3]$$

Kde: V [m<sup>3</sup>] – objem vody z praní filtru, Q [m<sup>3</sup>/s] – průtok vody přiváděný na filtr, t [s] – doba praní filtru.

### 5.1.1 Praní filtrů s náplní GAU před rekonstrukcí

#### Vstupní parametry praní – praní vodou:

$Q = 108 \text{ l/s} = 0,108 \text{ m}^3/\text{s}$  Požadované množství prací vody 1 ks GAU filtru

$t = 600 \text{ s}$  Požadovaná doba praní 1 ks GAU filtru

$P = 20 \text{ kW} = 20\,000 \text{ W}$  Instalovaný výkon pracího čerpadla

$E \text{ [kWh]}$  Energie spotřebovaná praním 1 ks GAU filtru

$V \text{ [m}^3\text{]}$  Objem vody po praní 1 ks GAU filtru

#### Výpočet

$$E = P \cdot t = 20\,000 \cdot 600 = 12\,000\,000 \text{ J} = 3,3 \text{ kWh}$$

$$V = Q \cdot t = 0,108 \cdot 600 = 64,8 \text{ m}^3 \cong 65 \text{ m}^3$$

#### Vstupní parametry praní – praní vzduchem:

$Q = 300 \text{ l/s} = 0,300 \text{ m}^3/\text{s}$  Požadované množství pracího vzduchu 1 ks GAU filtru

$t = 60 \text{ s}$  Požadovaná doba praní 1 ks GAU filtru

$P = 25 \text{ kW} = 25\,000 \text{ W}$  Instalovaný výkon pracího čerpadla

$E \text{ [kWh]}$  Energie spotřebovaná praním 1 ks GAU filtru

#### Výpočet

$$E = P \cdot t = 25\,000 \cdot 60 = 1\,500\,000 \text{ J} = 0,4 \text{ kWh}$$

Celkový součet el. energie ve všech fázích praní filtru s náplní GAU:

$$E = 3,3 + 0,4 = 3,7 \text{ kWh}$$

Celkový objem vody ve všech fázích praní filtru s náplní GAU:

$$V = 65 \text{ m}^3$$

## 5.1.2 Praní pískových filtrů po rekonstrukci

### Vstupní parametry praní – praní vodou

$Q = 162 \text{ l/s} = 0,162 \text{ m}^3/\text{s}$  Požadované množství prací vody 1 ks pískového filtru

$t = 480 \text{ s}$  Požadovaná doba praní 1 ks pískového filtru

$P = 30 \text{ kW} = 30\,000 \text{ W}$  Instalovaný výkon pracího čerpadla

$E \text{ [kWh]}$  Energie spotřebovaná praním 1 ks pískového filtru

$V \text{ [m}^3\text{]}$  Objem vody po praní 1 ks pískového filtru

### Výpočet

$$E = P \cdot t = 30\,000 \cdot 480 = 14\,400\,000 \text{ J} = 4 \text{ kWh}$$

$$V = Q \cdot t = 0,162 \cdot 480 = 77,76 \text{ m}^3 \cong 78 \text{ m}^3$$

### Vstupní parametry praní – praní vzduchem

$Q = 400 \text{ l/s} = 0,400 \text{ m}^3/\text{s}$  Požadované množství pracího vzduchu 1 ks pískového filtru

$t = 600 \text{ s}$  Požadovaná doba praní 1 ks pískového filtru

$P = 45 \text{ kW} = 45\,000 \text{ W}$  Instalovaný výkon pracího dmyhadla

$E \text{ [kWh]}$  Energie spotřebovaná praním 1 ks pískového filtru

### Výpočet

$$E = P \cdot t = 45\,000 \cdot 600 = 27\,000\,000 \text{ J} = 7,5 \text{ kWh}$$

### Vstupní parametry praní – kombinované praní

$Q = 72 \text{ l/s} = 0,072 \text{ m}^3/\text{s}$  Požadované množství prací vody 1 ks pískového filtru

$t = 360 \text{ s}$  Požadovaná doba praní 1 ks pískového filtru

$P = 21,4 \text{ kW} = 21\,400 \text{ W}$  Instalovaný výkon souběhu pracího dmyhadla a čerpadla

E [kWh] Energie spotřebovaná praním 1 ks pískového filtru

V [m<sup>3</sup>] Objem vody po praní 1 ks pískového filtru

#### Výpočet

$$E = P \cdot t = 21\,400 \cdot 360 = 7\,704\,000 \text{ J} = 2,1 \text{ kWh}$$

$$V = Q \cdot t = 0,072 \cdot 360 = 25,92 \text{ m}^3 \cong 26 \text{ m}^3$$

Celkový součet el. energie ve všech fázích praní pískového filtru:

$$E = 4 + 7,5 + 2,1 = 13,6 \text{ kWh}$$

Celkový součet vody ve všech fázích praní pískového filtru:

$$V = 78 + 26 = 104 \text{ m}^3$$

### **5.1.3 Praní filtrů s náplní GAU po rekonstrukci**

#### **Vstupní parametry praní – praní vodou:**

Q = 162 l/s = 0,162 m<sup>3</sup>/s Požadované množství prací vody 1 ks GAU filtru

t = 600 s Požadovaná doba praní 1 ks GAU filtru

P = 30 kW = 30 000 W Instalovaný výkon pracího čerpadla

E [kWh] Energie spotřebovaná praním 1 ks GAU filtru

V [m<sup>3</sup>] Objem vody po praní 1 ks GAU filtru

#### Výpočet

$$E = P \cdot t = 30\,000 \cdot 600 = 18\,000\,000 \text{ J} = 5 \text{ kWh}$$

$$V = Q \cdot t = 0,162 \cdot 600 = 97 \text{ m}^3$$

### Vstupní parametry praní – praní vzduchem:

$Q = 253 \text{ l/s} = 0,253 \text{ m}^3/\text{s}$	Požadované množství pracího vzduchu 1 ks GAU filtru
$t = 60 \text{ s}$	Požadovaná doba praní 1 ks GAU filtru
$P = 45 \text{ kW} = 45\,000 \text{ W}$	Instalovaný výkon pracího čerpadla
$E \text{ [kWh]}$	Energie spotřebovaná praním 1 ks GAU filtru

### Výpočet

$$E = P \cdot t = 45\,000 \cdot 60 = 2\,700\,000 \text{ J} = 0,75 \text{ kWh} = 0,8 \text{ kWh}$$

Celkový součet el. energie ve všech fázích praní filtru s náplní GAU:

$$E = 5 + 0,8 = 5,8 \text{ kWh}$$

Celkový objem vody ve všech fázích praní filtru s náplní GAU:

$$V = 97 \text{ m}^3$$

Zde je uveden výpočet pro celý proces filtrace vztažený k časovému rozmezí 1 měsíc úměrně k počtu praní filtrů za měsíc a k počtu provozovaných filtrů. Všechny výsledky pro porovnání jsou uvedeny v přehledných tabulkách na konci podkapitoly.

Poznámka: pro určení počtu praní filtrů byl vybrán měsíc Leden 2013 (před rekonstrukcí) a měsíc Leden 2016 (po rekonstrukci) – jako nejrelevantnější srovnatelné měsíce z důvodu ustálení zkušebního provozu, ovlivnění klimatickými podmínkami apod. Další důvody výběru jsou popsány v podkapitole 4.1.3.1. Všechny vypočtené hodnoty jsou zaokrouhlovány nahoru.

### **Před rekonstrukcí:**

#### Filtry s náplní GAU:

$$E_{\text{CELK}} = E * n_1 * n_2 = [\text{kWh}]$$

Kde:  $E_{\text{CELK}}$  [kWh] – celkové množství el. energie z procesu filtrace,  $E$  [kWh] – celkový součet el. energie ze všech fází praní filtru,  $n_1$  [ks] – počet filtrů,  $n_2$  [-] – počet praní za měsíc

$$E = 3,7 \text{ kWh}$$

$$n_1 = 3 \text{ ks}$$

$$n_2 = 11$$

$$E_{\text{CELK}} = E * n_1 * n_2 = 3,7 * 3 * 11 = 122,1 \text{ kWh} \cong 123 \text{ kWh}$$

$$V_{\text{CELK}} = V * n_1 * n_2 = [\text{m}^3]$$

Kde:  $V_{\text{CELK}}$  [ $\text{m}^3$ ] – celkový objem vody z procesu filtrace,  $V$  [ $\text{m}^3$ ] – celkový součet vody ze všech fází praní filtru,  $n_1$  [ks] – počet filtrů,  $n_2$  [-] – počet praní za měsíc

$$V = 65 \text{ m}^3$$

$$n_1 = 3 \text{ ks}$$

$$n_2 = 11$$

$$V_{\text{CELK}} = V * n_1 * n_2 = 65 * 3 * 11 = 2145 \text{ m}^3$$

### **Po rekonstrukci**

#### Pískové filtry:

$$E_{\text{CELK}} = E * n_1 * n_2 = [\text{kWh}]$$

Kde:  $E_{\text{CELK}}$  [kWh] – celkové množství el. energie z procesu filtrace,  $E$  [kWh] – celkový součet el. energie ze všech fází praní filtru,  $n_1$  [ks] – počet filtrů,  $n_2$  [-] – počet praní za měsíc

$$E = 13,6 \text{ kWh}$$

$$n_1 = 3 \text{ ks}$$

$$n_2 = 8$$

$$E_{\text{CELK}} = E * n_1 * n_2 = 13,6 * 3 * 8 = 326,4 \text{ kWh} \cong 327 \text{ kWh}$$

$$V_{\text{CELK}} = V * n_1 * n_2 = [\text{m}^3]$$

Kde:  $V_{\text{CELK}}$  [ $\text{m}^3$ ] – celkový objem vody z procesu filtrace,  $V$  [ $\text{m}^3$ ] – celkový součet vody ze všech fází praní filtru,  $n_1$  [ks] – počet filtrů,  $n_2$  [-] – počet praní za měsíc

$$V = 104 \text{ m}^3$$

$$n_1 = 3 \text{ ks}$$

$$n_2 = 8$$

$$V_{\text{CELK}} = V * n_1 * n_2 = 104 * 3 * 8 = 2\,496 \text{ m}^3$$

#### Filtry s náplní GAU:

$$E_{\text{CELK}} = E * n_1 * n_2 = [\text{kWh}]$$

Kde:  $E_{\text{CELK}}$  [kWh] – celkové množství el. energie z procesu filtrace,  $E$  [kWh] – celkový součet el. energie ze všech fází praní filtru,  $n_1$  [ks] – počet filtrů,  $n_2$  [-] – počet praní za měsíc

$$E = 5,8 \text{ kWh}$$

$$n_1 = 2 \text{ ks}$$

$$n_2 = 5$$



$$E_{\text{CELK}} = E * n_1 * n_2 = 5,8 * 2 * 5 = 58 \text{ kWh}$$

$$V_{\text{CELK}} = V * n_1 * n_2 = [\text{m}^3]$$

Kde:  $V_{\text{CELK}} [\text{m}^3]$  – celkový objem vody z procesu filtrace,  $V [\text{m}^3]$  – celkový součet vody ze všech fází praní filtru,  $n_1 [\text{ks}]$  – počet filtrů,  $n_2 [-]$  – počet praní za měsíc

$$V = 97 \text{ m}^3$$

$$n_1 = 2 \text{ ks}$$

$$n_2 = 5$$

$$V_{\text{CELK}} = V * n_1 * n_2 = 97 * 2 * 5 = 970 \text{ m}^3$$

Na str. 90 jsou v tabulkách přehledně uvedeny výsledné hodnoty, a to zvlášť vztažené pro 1 ks pískového filtru, 1 ks filtru s náplní GAU, výsledky pro praní všech užívaných filtrů jednotlivých druhů filtrace vztažené na 1 měsíc provozu a výsledky pro praní všech užívaných filtrů vztažená na 1 měsíc provozu. Jak bylo uvedeno v poznámce na str. 82, hodnoty energie jsou vypočteny z instalovaných výkonů čerpacích soustrojí a skutečnost je tedy jiná. Ekonomický ukazatel pracující se skutečnými hodnotami vyjadřující vztah mezi celkovou elektrickou energií spotřebovanou úpravnou vody (tedy nejen z procesu filtrace) k objemu upravené vody je uvedený v tabulce č. 12 na str. 68. Pro srovnání jsou v tabulce č. 18 uvedeny hodnoty za vybrané období před rekonstrukcí (Leden 2013) a po rekonstrukci (Leden 2016) pro celkovou spotřebu el. energie úpravní vody na  $1 \text{ m}^3$  upravené vody (viz tabulka č. 12) a pro celkovou spotřebu el. energie při praní všech filtrů na  $1 \text{ m}^3$  prací vody (viz tabulka č. 22). Grafický výstup z tabulky je uveden v grafu č. 53 na str. 91.

**Tabulka 18: Srovnání spotřeby elektrické energie**

	Celková energie praní všech filtrů	Celková energie úpravní vody
Časové období	$E_{\text{celk}}/V_{\text{celk}}$	$E_{\text{celk}}/V_{\text{celk}}$
[-]	$[\text{kWh}/\text{m}^3]$	$[\text{kWh}/\text{m}^3]$
Před rekonstrukcí	0,057	0,615
Po rekonstrukci	0,111	0,551

$E_{\text{celk}}/V_{\text{celk}} [\text{kWh}/\text{m}^3]$  - poměr celkové el. energie na  $1 \text{ m}^3$  vody

**Tabulka 19: Výsledky pro praní 1 ks filtru s náplní GAU**

GAU filtry					
Časové období	Q - praní vodou	Q - praní vzduchem	E - praní vodou	E - praní vzduchem	V - praní vodou
[-]	[l/s]	[l/s]	[kWh]	[kWh]	[m <sup>3</sup> ]
Před rekonstrukcí	108	300	3,3	0,4	65
Po rekonstrukci	162	253	5	0,8	97

**Tabulka 20: Výsledky pro praní 1 ks pískového filtru**

Pískové filtry								
Časové období	Q - praní vodou	Q - praní vzduchem	Q - praní kombinací	E - praní vodou	E - praní vzduchem	E - praní kombinací	V - praní vodou	V - praní kombinace
[-]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
Před rekonstrukcí	x	x	x	x	x	x	x	x
Po rekonstrukci	162	400	72	4	7,5	2,1	78	26

**Tabulka 21: Výsledky pro praní jednotlivých druhů filtrů za 1 měsíc**

Časové období	E <sub>celk</sub>	V <sub>celk</sub>	E <sub>celk</sub> /V <sub>celk</sub>
[-]	[kWh]	[m <sup>3</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]
Před rekonstrukcí - GAU	123	2145	0,057
Po rekonstrukci - GAU	58	970	0,059
Po rekonstrukci - pískové filtry	327	2488	0,132

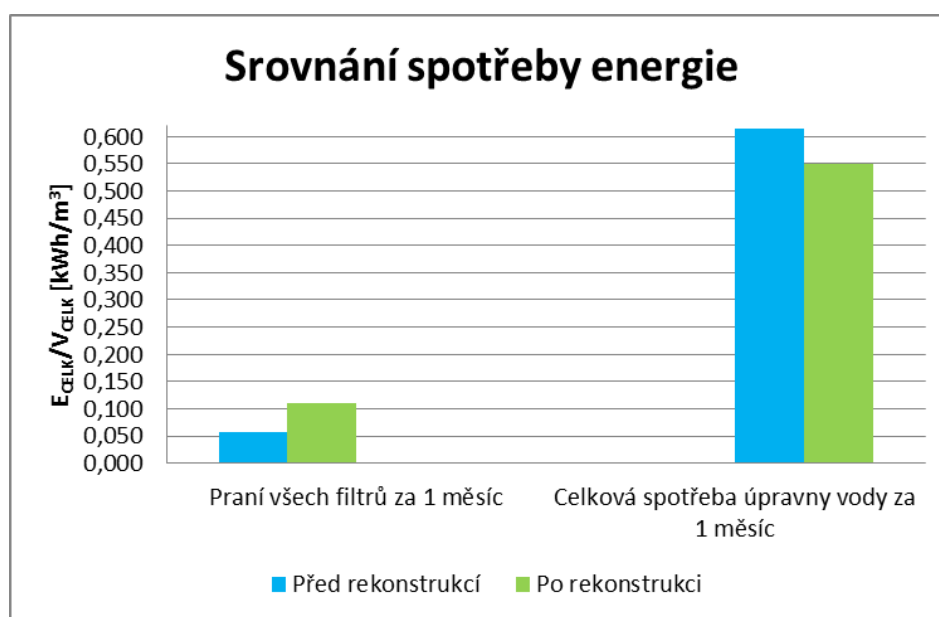
**Tabulka 22: Výsledky pro praní všech filtrů za 1 měsíc**

Časové období	E <sub>celk</sub>	V <sub>celk</sub>	E <sub>celk</sub> /V <sub>celk</sub>
[-]	[kWh]	[m <sup>3</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]
Před rekonstrukcí	123	2145	0,057
Po rekonstrukci	385	3458	0,111

Kde: E<sub>celk</sub> [kWh] – celkové množství el. energie z procesu filtrace za 1 měsíc, V<sub>celk</sub> [m<sup>3</sup>] - celkové množství vody z procesu filtrace za 1 měsíc, E<sub>celk</sub>/V<sub>celk</sub> [kWh/m<sup>3</sup>] – poměr celkové el. energie na 1 m<sup>3</sup> technologické (prací) vody, E [kWh] – el. energie z příslušné fáze praní 1 ks filtru, V [m<sup>3</sup>] – objem vody z příslušné fáze praní filtrů, Q [l/s] – průtok přiváděný na filtr,

### 5.1.4 Zhodnocení praní filtrů

Jak již bylo zmíněno výše, výpočet energie na základě instalovaných výkonů čerpacích soustrojí je oproti skutečnosti zavádějící. Navíc proces praní filtrů je velice těžké ekonomicky posoudit, jelikož došlo k zásadnímu zásahu do technologie, a to způsobem, že filtrace přes GAU přestala plnit funkci II. separačního stupně, a tím se změnila četnost potřeb praní filtrů. Dále je zde osazena rozdílná technologie pro praní filtrů a zvýšila se též produkce vody na úpravně vody. Jak je vidět v tabulce na str. 90, po rekonstrukci je spotřeba elektrické energie i prací vody vyšší než před rekonstrukcí. Je však nutné vzít do úvahy fakt, že úpravná produkuje po rekonstrukci více upravené vody než před rekonstrukcí a díky zařazení procesu filtrace přes GAU až za II. separační stupeň je schopna upravovat vodu efektivněji a za horších parametrů vody surové. Proces praní filtrů po rekonstrukci je tedy ekonomicky náročnější, avšak v celkovém měřítku spotřeby el. energie úpravná vody vykazuje obdobnou, či menší spotřebu, jak je patrné z celkových měsíčních výkazů uvedených v podkapitole 4.1.2 a grafu č. 53 na str. 91, a to i za většího objemu vyrobené pitné vody, jak je patrné ze vztahu el. energie na  $1 \text{ m}^3$  upravené vody z podkapitoly 4.1.2 v tabulce č. 12. Je také důležité vzít v potaz, že úpravná vody bude schopna provozu i v letních měsících a za zhoršených stavů jakosti surové vody, což mělo v minulosti za následek odstavování úpravní vody z provozu. Důsledkem je, že bude docházet k menším výchylkám v průtocích vody úpravnou a zvýšení výroby upravené vody, což bylo jedním z cílů rekonstrukce.



Graf 53: Srovnání spotřeby energie

## 6 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá zhodnocením probíhajícího zkušební provozu na rekonstruované úpravně vody Valašské Meziříčí. Úpravna vody Valašské Meziříčí je dvoustupňová s hygienickým zabezpečením chlorem a UV lampou s břehovým odběrem surové vody na toku Vsetínská Bečva. Odstavení úpravny vody a rekonstrukce technologického zařízení proběhla v období 7/2014 – 9/2015. Od 1.10.2015 probíhá zkušební provoz. Rekonstrukce postihla kompletní výměnu technologie úpravy vody a rekonstrukci objektu úpravny vody. V přímé návaznosti na rekonstrukci úpravny vody byla rekonstrukce výtlačného vodovodního řadu do vodojemu Štěpánov HTP, kterým byla úpravna vody Valašské Meziříčí zapojena do vodovodní sítě. Tímto je úpravna vody Valašské Meziříčí důležitou součástí skupinového vodovodu Stanovnice a v jeho rámci se podílí na zásobování pitnou vodou většiny města Valašské Meziříčí a obcí Kelečska. Rekonstrukcí úpravny vody došlo k navýšení množství odebírané surové vody a vyrobené upravené vody a zejména ke snížení nutnosti odstávek úpravny vody z důvodu zhoršených parametrů jakosti surové vody. Mícháním vody dodané úpravnou vody Valašské Meziříčí ve vodojemu Štěpánov HTP s vodou přiváděnou skupinovým vodovodem Stanovnice dochází ke snížení teploty pitné vody a zvýšení kvality vody dodávané obyvatelům. Na úpravně vody byl rovněž zřízen nový systém měření a regulace pokrývající vodu surovou, upravovanou i upravenou a spolu s modernizovanou a rozšířenou automatizací systému je možné jej kompletně řídit z velína. Byl splněn základní požadavek provedení rekonstrukce bez nutnosti rozšiřovat objekt úpravny vody a je zde výrazná úspora za vytápění po rekonstrukci objektu i srovnatelná až nižší celková spotřeba elektrické energie úpravny vody.

V praktické části byly vyhodnoceny parametry jakosti surové i upravené vody a je patrné, že podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb. v platném znění, surová voda v mikrobiologických parametrech spadá mezi třídy A2 a A3, v ostatních měřených parametrech do třídy A1, ojediněle do třídy A2. Podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. v platném znění, téměř všechny měřené parametry splňují limitní hodnoty. Měřené parametry jakosti vody jsou po rekonstrukci srovnatelné nebo lepší, než před rekonstrukcí, což je zřejmé z grafického zpracování. Obecně se v parametrech jakosti vody nebo průběžích technologických procesů vyskytují nárazové odchylky nebo extrémní hodnoty jako důsledek ovlivnění surové vody jinými objekty na

toku, či optimalizací technologických procesů ze strany obsluhy úpravní vody, což je poplatné zkušebnímu provozu. Proces praní filtrů je velice těžké ekonomicky posoudit, jelikož došlo k zásadnímu zásahu do technologie, a to způsobem, že filtrace přes GAU přestala plnit funkci II. separačního stupně, a tím se změnila četnost potřeb praní filtrů, došlo ke změně technologie praní filtrů a také ke zvýšení objemu výroby vody. Funkci II. separačního stupně nyní plní nově osazená písková filtrace a filtrace přes GAU plní funkci doúpravy vody. Po rekonstrukci je objem prací vody a spotřeba elektrické energie na praní filtrů vyšší. Proces praní filtrů po rekonstrukci je tedy ekonomicky náročnější, avšak v celkovém měřítku spotřeby elektrické energie úpravna vody vykazuje obdobnou, či menší spotřebu za většího objemu upravené vody, při provozu více filtrů a díky nově osazené filtraci pískové a filtraci přes GAU, je úprava vody efektivnější a možná i za horších parametrů vody surové než před rekonstrukcí. V neposlední řadě je též třeba uvést, že úspora energie nebyla primárním cílem rekonstrukce úpravní vody Valašské Meziříčí, tím zůstává dostatečný objem vyrobené vody a nejvyšší možná kvalita vody pro zásobování obyvatelstva.

V konečném důsledku je možné konstatovat, že rekonstrukce úpravní vody Valašské Meziříčí splnila své cíle a již během probíhajícího zkušebnímu provozu je možné sledovat kladné dopady této rekonstrukce a modernizace.

## 7 SEZNAM LITERATURY A PODKLADŮ

- [1] ADLER, P. A KOL.: *Rekonstrukce úpravny vody Valašské Meziříčí, část jímání, čerpací stanice a energetika (DSPS)*. Souhrnná technická zpráva č. VS-274-1638. Hranice na Moravě, 2015, 14 s.
- [2] ADLER, P. A KOL.: *Rekonstrukce úpravny vody Valašské Meziříčí, část sedimentace a filtrace (DSPS)*. Souhrnná technická zpráva č. VS-274-1638. Hranice na Moravě, 2015, 38 s.
- [3] ADLER, P. A KOL.: *Rekonstrukce úpravny vody Valašské Meziříčí, část strojovna a chemické hospodářství (DSPS)*. Souhrnná technická zpráva č. VS-274-1638. Hranice na Moravě, 2015, 39 s.
- [4] *Aquafilter*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupný z: WWW:<<http://www.aquafilter.cz/index.php>>
- [5] BARAN, P., BLÁHA, M.: *Aktuální data z největšího vodovodu naší společnosti – Skupinový vodovod Stanovnice*. ZpraVODAj-informační čtvrtletník společnosti Vodovody a kanalizace Vsetín. a.s. 2016, 1.
- [6] BARAN, P. A KOL.: *Provozní řád úpravny vody Valašské Meziříčí*. Vodovody a kanalizace Vsetín a.s., 2016. 60 s.
- [7] BENJAMIN, Mark Millard a Desmond F. LAWLER. *Water quality engineering: physical/chemical treatment processes*. Hoboken: Wiley, c2013. ISBN 978-1-118-16965-0.
- [8] *Čistírny odpadních vody a úpravny vody*. [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.envi-pur.cz/cz/vodarenske-filtry/>>.
- [9] DANIŠ, J., KORABÍK, M.: *Stručná historie vodárenství v regionu působnosti společnosti Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s.* SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací, číslo 7-8/2014. 2014, [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupný z: WWW:< [http://www.sovak.cz/cfs/files/files/RZ9jQWFyKNxZnEpk7/Sovak7814\\_72.pdf](http://www.sovak.cz/cfs/files/files/RZ9jQWFyKNxZnEpk7/Sovak7814_72.pdf)>.

- [10] GRÜNWARD, A.,: *Voda a ovzduší 20: Chemie*. Praha: ČVUT, 1999. 206 s. ISBN 80-01-01241-7
- [11] GRÜNWARD, A KOL.,: *Vodárenství*. Praha: ČKAIT, 1998. 192 s. ISBN 80-902460-7-9
- [12] GRÜNWARD, A.,: *Zdravotně inženýrské stavby 40*. Praha: ČVUT, 1997. 103 s. ISBN 80-01-01658-7
- [13] *Johnson Screens® Drenážní systémy TRITON™*. [online]. [cit. 2016-04-03].  
Dostupný z  
WWW:<[http://www.kunst.cz/media/dokumenty/cz/zastoupeni/bwt\\_pbl\\_jos\\_system\\_e\\_triton\\_4s\\_cz\\_rz-web.pdf](http://www.kunst.cz/media/dokumenty/cz/zastoupeni/bwt_pbl_jos_system_e_triton_4s_cz_rz-web.pdf)>.
- [14] KEMEL, M.,: *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Praha: ČVUT, 2000. 289 s.
- [15] KORABÍK, M., ADLER, P., *Modernizace úpravny vody Valašské Meziříčí: Technologie výroby pitné vody*. Sborník příspěvků VODA ZLÍN 2016, Olomouc: Moravská vodárenská, a.s. 192 s. ISBN 978-80-905716-2-4. [online]. [cit. 2016-04-5]. Dostupný z WWW:  
< <http://www.smv.cz/res/archive/1087/110493.pdf?seek=1459251181>>.
- [16] *Lenntech: Water Treatment and Purification*. [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupný z:WWW:<<http://www.lenntech.com/library/clarification/clarification/screening.htm>
- [17] SLAVÍČKOVÁ, K., SLAVÍČEK, M.,: *Vodní hospodářství obcí 1*. Praha: ČVUT, 2013. 200 s. ISBN 978-80-01-05390-4
- [18] TESAŘÍK, I., A KOL.: *Vodárenství*. Praha: SNTL/ALFA, 1987. 440 s.
- [19] ÚPRAVNA VODY Valašské Meziříčí. In: *Youtube* [online]. 2.11.2015. [vid. 20.4.2015]. Kanál uživatele regionalnitatevize. Dostupné z: WWW:<[https://www.youtube.com/watch?v=RjYPj5t\\_n4k](https://www.youtube.com/watch?v=RjYPj5t_n4k)>

- [20] Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, platném znění. [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupný z: WWW:< <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-252-2004-sb-kterou-se-stanovi-hygienicke-pozadavky-na-pitnou-a-teplou-vodu-a-cetnost-a-rozsah-kontroly-pitne-vody>>
- [21] Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění. [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupný z: WWW:<<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-428-2001-sb-kterou-se-provadi-zakon-c-274-2001-sb>>



## 8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Koagulanty na bázi hliníku.....	19
Tabulka 2: Koagulanty na bázi železa .....	19
Tabulka 3: Rozdělení rychlofiltrů.....	21
Tabulka 4: Parametry jakosti surové vody před rekonstrukcí 1 .....	58
Tabulka 5: Parametry jakosti surové vody po rekonstrukci 1 .....	58
Tabulka 6: Parametry jakosti surové vody před rekonstrukcí 2 .....	59
Tabulka 7: Parametry jakosti surové vody po rekonstrukci 2 .....	59
Tabulka 8: Parametry jakosti upravené vody před rekonstrukcí 1 .....	60
Tabulka 9: Parametry jakosti upravené vody po rekonstrukci 1 .....	60
Tabulka 10: Parametry jakosti upravené vody před rekonstrukcí 2 .....	61
Tabulka 11: Parametry jakosti upravené vody po rekonstrukci 2.....	61
Tabulka 12: Statistické vyhodnocení měsíčních hlášení na ÚV Valašské Meziříčí .....	68
Tabulka 13: Statistické ukazatele pH, CHSK-Mn na ÚV - PŘED REKONSTRUKCÍ .....	70
Tabulka 14: Statistické ukazatele pH, CHSK-Mn na ÚV - PO REKONSTRUKCI.....	70
Tabulka 15: Statistické ukazatele technologických procesů - PŘED REKONSTRUKCÍ..	73
Tabulka 16: Statistické ukazatele technologických procesů - PO REKONSTRUKCI .....	73
Tabulka 17: Statistické ukazatele - zákal - PO REKONSTRUKCI .....	74
Tabulka 18: Srovnání spotřeby elektrické energie.....	89
Tabulka 19: Výsledky pro praní 1 ks filtru s náplní GAU.....	90
Tabulka 20: Výsledky pro praní 1 ks pískového filtru .....	90
Tabulka 21: Výsledky pro praní jednotlivých druhů filtrů za 1 měsíc .....	90
Tabulka 22: Výsledky pro praní všech filtrů za 1 měsíc .....	90

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Jednostupňová úprava vody .....	18
Obrázek 2: Dvoustupňová úprava vody .....	18
Obrázek 3: ÚV Valašské Meziříčí před rekonstrukcí (zdroj: archiv Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.) .....	30
Obrázek 4: ÚV Valašské Meziříčí po rekonstrukci .....	30
Obrázek 5: Rekonstrukce fasády objektu úpravny vody (zdroj: archiv Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.) .....	31
Obrázek 6: Plánované muzeum úpravny vody Valašské Meziříčí .....	31
Obrázek 7: Břehový jímací objekt.....	32
Obrázek 8: Čištění česlí.....	32
Obrázek 9: Objekt jímky surové vody.....	33
Obrázek 10: Objekt jímky surové vody s přiléhající čerpací stanicí.....	33
Obrázek 11: Objekt čerpací stanice .....	34
Obrázek 12: Vnitřní vybavení čerpací stanice.....	34
Obrázek 13: Čerpadla pro výtlač do VDJ, prací čerpadla a evakuační stanice.....	35
Obrázek 14: Prací dmychadlo, rozvodná skříň a protirázová tlaková nádrž .....	35
Obrázek 15: Pytle s práškovým síranem hlinitým a výklopný zásobník.....	36
Obrázek 16: Statický mísič, jednotka pro přípravu koagulantu a dávkovací čerpadla.....	36
Obrázek 17: Rozdělovací objekt před rekonstrukcí (zdroj: archiv Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.) .....	36
Obrázek 18: Rozdělovací objekt po rekonstrukci.....	36
Obrázek 19: Horní potrubí - odtok odsazené vody ze sedimentace na filtraci, dolní potrubí - přívod prací vody na filtry.....	37
Obrázek 20: Odtok odsazené vody ze sedimentační nádrže na pískový filtr .....	37
Obrázek 21: Sedimentační nádrže - pohled od filtrů .....	38
Obrázek 22: Sedimentační nádrž – pohled na filtry .....	38
Obrázek 23: GAU filtry před rekonstrukcí.....	39
Obrázek 24: Pískové filtry a GAU filtry po rekonstrukci .....	39
Obrázek 25: Přítok prací vody na filtry, přívod pracího vzduchu, přívod odsazené vody ze sedimentace .....	39

Obrázek 26: Odtok upravené vody z filtrace, odtok vody z praní, odtok vody na zafiltrování.....	39
Obrázek 27: Výstavba nového otevřeného rychlofiltru pro GAU (zdroj: archiv Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.) .....	40
Obrázek 28: Praní pískového filtru - fáze voda + vzduch .....	40
Obrázek 29: Nová UV lampa - v pozadí, původní UV lampa - v popředí (zdroj: archiv Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.) .....	41
Obrázek 30: Detailní pohled na zářiče v nově osazené UV lampě .....	41
Obrázek 31: Dávkování chlorové vody do upravené vody za UV lampami .....	41
Obrázek 32: Měření absorbance 254 nm před dávkováním chloru, měření koncentrace Cl <sub>2</sub> , teploty a pH po dávkování chloru.....	41
Obrázek 33: Odtok upravené vody po chloraci do akumulární nádrže.....	42
Obrázek 34: Přepad z akumulární nádrže a původní zaslepené potrubí z akumulární nádrže .....	42
Obrázek 35: Kalové laguny .....	43
Obrázek 36: Čištění kalové laguny (zdroj: Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.).....	43
Obrázek 37: Průtokoměr surové vody před dávkováním koagulantu .....	43
Obrázek 38: Snímač hladiny pískového filtru .....	43
Obrázek 39: Čítač pevných částic za GAU filtry .....	44
Obrázek 40: Uzavírací klapka s elektropohonem nátoku na pískový filtr .....	44
Obrázek 41: Odběr vzorku odsazené vody sedimentací, turbidimetr pro měření zákalu za sedimentací .....	44
Obrázek 42: Odběr vzorku po průchodu pískovým filtrem, turbidimetr pro měření zákalu za pískovým filtrem .....	44
Obrázek 43: Velín na ÚV Valašské Meziříčí .....	45

## 10 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Mikrobiologické ukazatele - surová voda (Rozbory vody).....	48
Graf 2: Mikrobiologické ukazatele - upravená voda (Rozbory vody).....	48
Graf 3: pH vody - před rekonstrukcí (Rozbory vody).....	49
Graf 4: pH vody - po rekonstrukci (Rozbory vody).....	49
Graf 5: Zákaly - před rekonstrukcí (Rozbory vody).....	50
Graf 6: Zákaly - po rekonstrukci (Rozbory vody).....	50
Graf 7: Amonné ionty - před rekonstrukcí (Rozbory vody).....	51
Graf 8: Amonné ionty - po rekonstrukci (Rozbory vody).....	51
Graf 9: Dusičnany - před rekonstrukcí (Rozbory vody).....	52
Graf 10: Dusičnany - po rekonstrukci (Rozbory vody).....	52
Graf 11: Dusitany - před rekonstrukcí (Rozbory vody).....	53
Graf 12: Dusitany - po rekonstrukci (Rozbory vody).....	53
Graf 13: CHSK-Mn - před rekonstrukcí (Rozbory vody).....	54
Graf 14: CHSK-Mn - po rekonstrukci (Rozbory vody).....	54
Graf 15: Železo - před rekonstrukcí (Rozbory vody).....	55
Graf 16: Železo - po rekonstrukci (Rozbory vody).....	55
Graf 17: Mangan - před rekonstrukcí (Rozbory vody).....	56
Graf 18: Mangan - po rekonstrukci (Rozbory vody).....	56
Graf 19: Odběr surové vody na ÚV.....	63
Graf 20: Produkce upravené vody na ÚV.....	64
Graf 21: Množství technologické vody na ÚV.....	64
Graf 22: Množství dávkovaného koagulantu na ÚV.....	65
Graf 23: Spotřeba plynného chloru na ÚV.....	65
Graf 24: Spotřeba el. energie na ÚV.....	66
Graf 25: Spotřeba plynu na ÚV.....	66
Graf 26: Reakce surové vody na ÚV.....	69
Graf 27: CHSK-Mn na ÚV.....	70
Graf 28: Teplota surové vody na ÚV.....	71
Graf 29: Teplota upravené vody na ÚV.....	71
Graf 30: Průtok surové vody na ÚV.....	72
Graf 31: Průtok upravené vody na ÚV.....	72

Graf 32: Dávkování koagulantu na ÚV .....	73
Graf 33: Zákal v surové vodě - po rekonstrukci .....	74
Graf 34: Zákal v upravené vodě - po rekonstrukci .....	74
Graf 35: Filtrace - Říjen 2013.....	79
Graf 36: Filtrace - Listopad 2013 .....	79
Graf 37: Filtrace - Prosinec 2013 .....	79
Graf 38: Filtrace - Říjen 2015.....	79
Graf 39: Filtrace - Listopad 2015 .....	79
Graf 40: Filtrace - Prosinec 2015 .....	79
Graf 41: Filtrace - Leden 2014 .....	80
Graf 42: Filtrace - Únor 2014.....	80
Graf 43: Filtrace - Březen 2014.....	80
Graf 44: Filtrace - Leden 2016 .....	80
Graf 45: Filtrace - Únor 2016 .....	80
Graf 46: Filtrace - Březen 2016.....	80
Graf 47: Filtrace - Duben 2014.....	81
Graf 48: Filtrace - Květen 2014.....	81
Graf 49: Filtrace - Červen 2014.....	81
Graf 50: Filtrace - Duben 2016 (část).....	81
Graf 51: Filtrace - Leden 2013 .....	81
Graf 52: Filtrace – Červenec 2013 .....	81
Graf 53: Srovnání spotřeby energie.....	91