

Česká zemědělská univerzita v Praze

**Katedra vodního hospodářství a
environmentálního modelování**

Fakulta životního prostředí

Územní technická a správní služba



**Vliv rekonstrukcí úpraven vod Hradiště, Jirkov a
Meziboří na kvalitu pitné vody**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Lenka Pavlíčková, Ph.D.

Autor: Jiří Sedlák

© 2019 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Sedlák

Územní technická a správní služba

Název práce

Vliv rekonstrukcí úpraven vod Hradiště, Jirkov a Meziboří na kvalitu pitné vody

Název anglicky

Water treatment technology renovation The Hradiště and Jirkov and Meziboří, on the quality of drinking water

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je vyhodnocení kvality pitné vody na třech úpravnách vody v Severních Čechách. A to konkrétně na úpravě vody Hradiště, Jirkov a Meziboří.

Práce bude zaměřena na technologické procesy úpravy vody, které byly klíčové při rekonstrukcích na daných úpravnách vod. Práce se též zaměří na ekonomické zhodnocení celé rekonstrukce včetně pořizovacích i provozních nákladů.

Dále budou porovnány získané naměřené výsledky kvality pitné vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci na vybraných úpravnách vody.

Metodika

- Popis možných metod úpravy vody pro vodárenské účely
- Zabezpečení vody před jejím znečištěním
- Kvality pitné vody dle současné legislativy
- Prostudování souvisejících dokumentů na vybraných úpravnách před a po rekonstrukci
- Zapracování poznatků ze zkušebního provozu jednotlivých úpraven vod
- Popis zdrojů jímání vod u jednotlivých úpraven
- Popis možných organoleptických závad pitné vody vyvolané přítomností Geosminu v surových vodách
- Porovnání kvality vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci úpravní vody

Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

pitná voda, úprava vody, zdroje surové vody, dezinfekce, aerace, flokulace, sedimentace, filtrace

Doporučené zdroje informací

Drbohlav J., Dolejš P., Kuchař M., Rekonstrukce úpravny vody Hradiště. Zlín. VaK Zlín, 2001. Sborník V. mezinárodní konference "Voda Zlín 2001"

Niemeyer, M. Water. The Essence of Life. Duncan Baird Publisher. London, 2008

PLECHÁČ, V. *Voda : problém současnosti a budoucnosti*. Praha: Svoboda, 1989. ISBN 80-205-0096-0.

Prof. ing. Václav Janda, Csc, *Metody desinfekce pitné vody – výhody a nevýhody*. Banská Bystrica, 2013. Sborník odborných prací z konference o "Zdravotním zabezpečení pitné vody". ISBN 978-80-971272-0-6

Syrůček, M. *Voda, jak ji neznáme*. Praha: Nakladatelství EPOCH, 2011. ISBN 978-80-7425-105-4

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lenka Pavlíčková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2019

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 13. 3. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 04. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Lenky Pavlíčkové, Ph.D. Další informace mi poskytl vedoucí provozu úpraven vod Milan Cajthaml a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze 25.04.2019

.....

Poděkování

Chtěl bych touto cestou poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Lence Pavlíčkové, Ph.D. za ochotu, odborné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat p. Milanu Cajthamlovi, vedoucímu provozu Severočeských vodáren za spolupráci, odborné konzultace, podporu a umožnění návštěv všech provozů a nahlédnutí do interní dokumentace.

V neposlední řadě bych také rád poděkoval své rodině za čas a podporu při studiích.

VLIV REKONSTRUKCÍ ÚPRAVEN VOD HRADIŠTĚ, JIRKOV A MEZIBOŘÍ NA KVALITU PITNÉ VODY

Abstrakt

V této práci budou popsány metody možných úprav vody pro vodárenské účely. Dále zabezpečení vody před jejím znečištěním a popis kvality pitné vody dle současné legislativy. Nedílnou součástí bude prostudování souvisejících dokumentů na vybraných úpravách vody před a po rekonstrukci.

Budou zde zpracovány poznatky ze zkušebního provozu jednotlivých úpraven vod a popis jejich zdrojů jímání vody. Budou zde popsány možné organoleptické závady pitné vody vyvolané přítomností Geosminu v surových vodách. A v neposlední řadě zde bude porovnána kvalita vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci úpravny vody.

Klíčová slova:

pitná voda, úprava vody, zdroje surové vody, dezinfekce, aerace, flokulace, sedimentace, filtrace

Water treatment technology renovation The Hradiště and Jirkov and Meziboří, on the quality of drinking water

Abstract

In this bachelor thesis will be described methods of water treatment for water supply purposes. Furthermore, water protection against contamination and description of drinking water under current legislation. An integral part of the study will be the study of related documents at selected water treatment plants before and after the reconstruction.

There will be elaborated knowledge from testing of water treatment plants and description of their water collection sources. There will be described possible organoleptic defects of drinking water caused by the presence of Geosmin in raw waters. At last but not least, the water quality will be compared before and after the of the water treatment plant.

Keywords:

1. drinking water, resources of raw water, water treatment, disinfection, aeration, flocculation, sedimentation, filtratio

Obsah

1. ÚVOD	1
2. CÍL PRÁCE	1
3. POUŽITÁ METODIKA	2
4. HISTORIE VODY A VODÁRENSTVÍ	2
5. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI VODY	3
5.1 Pitná voda a její parametry	3
5.2 Standardy kvality pitných vod	3
5.3 Současný standard kvality pitných vod	4
5.4 Doporučená hodnota (DH)	4
6. VEŘEJNÉ VODOVODY	4
7. OCHRANNÁ PÁSMA VODNÍCH ZDROJŮ	5
8. KONTROLA KVALITY PITNÉ VODY	5
9. NEJČASTĚJI POUŽÍVANÉ CHEMICKÉ LÁTKY A PŘÍPRAVKY PRO ÚPRAVU PITNÉ VODY	6
10. ÚPRAVNA VODY HRADIŠTĚ	8
10.1 Popis technologické linky ÚV Hradiště a její rekonstrukce	10
10.2 Poznatky ze zkušebního provozu ÚV Hradiště	18
10.3 Závěr z rekonstrukce ÚV Hradiště	21
11. GEOSMIN A 2-MIB	21
12. ÚPRAVNA VODY JIRKOV	23
12.1 Popis technologické linky ÚV Jirkov a její rekonstrukce	24
12.2 Poznatky ze zkušebního provozu ÚV Jirkov	27
12.3 Závěr z rekonstrukce ÚV Jirkov	30
12.4 Pemza	30
12.4.2 Výsledky	31
12.4.3 Závěr	31

13. ÚPRAVNA VODY MEZIBOŘÍ	31
13.1 Popis technologické linky ÚV Meziboří a její rekonstrukce	33
13.2 Poznatky ze zkušebního provozu ÚV Meziboří.....	36
13.3 Závěr z rekonstrukce ÚV Meziboří.....	40
14. VÝSLEDKY	40
14.1 Porovnání naměřených výsledků na ÚV Hradiště v roce 2003, 2011 a 2018	40
14.2 Porovnání naměřených výsledků na ÚV Jirkov v roce 2003, 2009, 2010 a 2018.....	41
14.3 Porovnání naměřených výsledků na ÚV Meziboří v roce 2011, 2015 a 2018	42
15. Ekonomické aspekty jednotlivých rekonstrukcí	43
16. DISKUSE	43
17. ZÁVĚR.....	44
Seznam Literatury	46
SEZNAM PŘÍLOH A OBRÁZKŮ.....	49

1. ÚVOD

Už dávno nenabíráme vodu do svých dlaní z křišťálových studánek, nejčastěji ji pijeme upravenou, buď to z řek, nebo přehrad, ale ani to není tak jednoduché. Dokud lidé nabírali vodu pouze ze studánek, stačilo jim jí málo. Když ale začali chodit ke kašnám, spotřebovali ji o něco více. Potom začali vodu ve velkém pumpovat a bylo to ještě o něco více, ale ne tak mnoho, jako když se ve městech zavedli kohoutky, stačilo jen otočit a voda už sama tekla.

Voda je od pradávna symbolem života, kolébkou života na Zemi, lidský plod přebývá v plodové vodě, tělo člověka tvoří nejméně ze sedmdesáti procent voda a přesto na počátku 21. století čelí celý svět krizi, která se týká vody. Jde samozřejmě o jak její nedostatek, tak o její špatnou kvalitu, což je dáno neustálým růstem světové populace, industrializací i způsobem produkce potravin.

Jak je patrné, problematika pitné vody je poslední dobou čím dál častější téma. Velice rychle ubývá použitelné vody, která je stále více lidstvem znečištěna, a to především chemickými odpady, splašky, hnojivy, ale i přírodními vlivy. Nezávadnost po stránce chemické, mikrobiologické i senzorické je důležitá, protože i voda může být důvodem mnoha onemocnění. Vodu získáváme z přírodních zdrojů a velmi často svými vlastnostmi, jak fyzikálními, chemickými, tak i biologickými neodpovídá potřebám a požadavkům jednotlivých spotřebitelů. Nezbyvá, než vodu vyčistit v úpravně pitné vody, ze zvyku a z jakési dojemné umíněnosti jí stále ještě říkáme „vodárna“.

2. CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo objasnění problematiky úpravy vod se zaměřením na konkrétní úpravnou vodu a zároveň i popsat jednotlivé technologie úpravy vody těchto konkrétních úpraven. V této bakalářské práci bude postupně popsán celý technologický proces úpravy vody včetně výsledků rozborů vody po rekonstrukci těchto úpraven. V první kapitole se přibližuji k počátku vodárenství a vlivu různých aspektů na úpravu této, pro nás důležité tekutiny. Na tuto kapitolu navazuje problematika úpravy vody na třech úpravárnách vod, které jsem si zvolil a to úpravnou vodu v *Hradišti, Jirkově a Meziboří*. Díky globálnímu oteplování, prudkému přechodu střídání ročních období, nových požadavcích na čistotu vody a vývoje nových technologických procesů, jsem se rozhodl tuto problematiku podrobněji rozebrat v mé bakalářské práci. Cílem bakalářské práce je proto zmapování vývoje těchto úpraven vod, v závislosti na legislativním vývoji, kvality vodních zdrojů a vývoji nových technologií.

3. POUŽITÁ METODIKA

Ke zpracování bakalářské práce byly použity metody sběru a třídění dat pro jejich následnou interpretaci. Parametry jakosti vody před rekonstrukcí a po rekonstrukci jsou zpracovány na základě výsledků rozborů surové a upravené vody v laboratoři jednotlivých úpraven vod a poskytnutých společností SČVK a.s. Teplice. Tyto rozborů byly prováděny před rekonstrukcí, po rekonstrukci a následně v prosinci roku 2018. Budou zde patrné hodnoty $CHSK_{Mn}$, Al a Mg v surové a upravené vodě před rekonstrukcí a po rekonstrukci. Většina materiálů k dané problematice pochází z vnitřních materiálů jednotlivých popisovaných úpraven vod. Využity byly také materiály z konferencí věnované úpravám a rekonstrukcím a obecné informace byly čerpány především z provozních řádů jednotlivých úpraven vod. Do své bakalářské práce jsem si vybral 3 úpravny vod v Severních Čechách a vyhodnotil jsem a popsal zde jejich plánované rekonstrukce a ekonomické aspekty. Pozornost je věnována také kvalitě upravované vody. Technologická schémata jednotlivých úpraven vod jsou uvedeny na konci práce jako přílohy, aby nenarušovaly souvislost textu. Převážná většina fotografií je pořízena mou osobou.

4. HISTORIE VODY A VODÁRENSTVÍ

V dávné minulosti byl počátek desinfekce pitné vody pro zdraví lidstva doslova požehnáním. Došlo tu v tomto směru k zabránění šíření různých epidemií, které měly v době „před desinfekcí“ pro lidstvo doslova zničující následky. Šíření epidemií a různých nemocí bylo dříve spojováno s celkovou hygienou lidí. První historicky známý, dodnes zachovalý zděný vodočet se nachází v Memfidě na Nilu a nechal ho zřídit sjednotitel Egypta faraón I, dynastie Menes již před 5 tisíci lety. Z té doby jsou známé první spory a jednání ve věcech vodních práv a poplatků za vodu. Co se týče Evropy, ta byla stíhána častými epidemiemi a mory zvláště proto, že tu docházelo k pití značně znečištěné vody. V roce 1348 zemřelo v celé Evropě zhruba 25 miliónů obyvatel z tehdejších zhruba 90 miliónů. Kosmas zaznamenal, že v roce 1083 vymřela morem skoro třetina obyvatel Čech. (Plecháč, 1989). Dnes se s rozvojem poznatků a výzkumu objevuje opačná otázka: je při současném stupni hygieny a vysoké úrovni technologií úpravy pitné vody vůbec zapotřebí tuto pitnou vodu desinfikovat? (Niemeyer, 2008). Bohužel při desinfekci vody se používá celá řada chemických činidel a ty produkují vedlejší nežádoucí produkty, například svou oxidací přirozených makromolekulárních organických látek se zvyšuje koncentrace asimilovatelného organického uhlíku a v tu chvíli vzniká v pitné vodě substrát pro různé mikroorganismy. (Janda, 2013).

V Česku se vyrobí 600 milionů metrů krychlových pitné vody ročně, což je srovnatelné se sedmdesátinásobkem denního průtoku Labe u Děčína. Největší výrobnou vody je Želivka u nádrže Švihov, která ročně dodá 80 milionů krychlových metrů pitné vody. (Pražská vodohospodářská společnost a.s., © 2000)

5. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI VODY

Molekula vody H₂O je chemická sloučenina 2 atomů vodíku a 1 atomu kyslíku. Vyskytuje se ve třech skupenstvích – vodní pára, kapalná voda a led. Vazba mezi vodíkem a kyslíkem je značně polarizovaná, což je způsobeno stavbou obou druhů atomů. Za normální teploty a tlaku je to bezbarvá, čirá kapalina bez zápachu, v silnější vrstvě namodralá.

5.1 Pitná voda a její parametry

Definice pitné vody je definována (dle § 3 zákona č.258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví):

„Pitnou vodou je zdravotně nezávadná voda, která ani při trvalém požívání nevyvolává onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností látek ovlivňujících akutním, chronickým či pozdním způsobem zdraví fyzických osob a jejich potomstva, jejíž smyslově postižitelné vlastnosti nebrání jejímu požívání a užívání pro hygienické potřeby fyzických osob. Kvalita pitné vody se v České republice dále řídí vyhláškami, které se k tomuto zákonu vztahují a to dle vyhlášky č. 70/2018 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů). Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví, a dále nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by jakýmkoliv způsobem mohly ohrozit veřejné zdraví. Vyhláška dále stanovuje parametry pitné vody a jejich limity, určuje minimální četnost odběrů za rok a rozsahu vzorků pitné vody ve vodovodní síti. Obsah radionuklidů je sledován na základě (vyhlášky č. 307/2002 Sb., Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně).

5.2 Standardy kvality pitných vod

Světový chemický průmysl vyrobil v roce 1990 více jak 500 miliónů tun chemických syntetických látek. Jeho produkce se navíc každých zhruba osm let zdvojnásobuje, což při výrobě většiny z 80 000 látek, které jsou vyráběny ve významném množství, představuje vznik chemického odpadu. Vzhledem k tomu, že potencionální toxicita nových složek chemických odpadů často vůbec není testována, je velmi obtížné udržovat správnost a úplnost předpisů na kontrolu jakosti pitných vod. Přitom zjištění prahové, (nejvyšší ještě neškodné), koncentrace těchto toxických látek je navíc komplikováno tím, že jejich účinky na lidský organismus se s ostatními součástmi vody mohou sčítat, násobit i navzájem rušit. Bylo tak například prokázáno, že vápník blokuje v organismu absorpci některých toxických kovů a snižuje jejich transport krví. Dobře známým problémem je i například vliv jódu na výskyt strumy, dále vliv tvrdosti vody nejen na stav kostí, ale i na řadu jiných zdravotních aspektů. Co se týče sporu o zdravotní vliv fluoru na lidský organismus – tady jde také o spor s letitou diskuzí. (Michek, V., 1991)

5.3 Současný standard kvality pitných vod

Zdravotní nezávadnost se stanoví hygienickými limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních a chemických ukazatelů, které jsou upraveny vyhláškou ministerstva zdravotnictví č.70/2018 Sb. U jeho jednotlivých ukazatelů jsou uváděny rozdílné stupně zdravotní závažnosti. Mají tyto názvy:

5.4 Doporučená hodnota (DH)

Vymezuje dosažení optimální hodnoty daného ukazatele z hlediska biologické hodnoty vody. Nedodržení DH není důvodem k zákazu používání vody, nebo k výzvě o nápravu příslušného ukazatele.

Mezní hodnota (MH)

jejím překročením ztrácí voda vyhovující jakost v tom ukazateli, jehož hodnota byla překročena. Příslušný hygienický orgán může povolit, časově omezenou výjimkou, používání takové vody pro lidskou potřebu.

Nejvyšší mezní hodnota (NMH)

je striktně platnou formou MH. Překročení NMH vylučuje použití vody jako pitné v plném rozsahu. (SOVAK, © 2018).

Další dva stupně, které byly uváděny v závazných nařízeních platných do 4.5.2005 **Mezní hodnota referenčního rizika (MHRR)** a **mezní hodnota přípustného rizika (MHPR)**, mají bezprahový účinek, tzn. škodlivé je každé, i nepatrné množství kontaminantu. Tyto látky vykazují účinky karcinogenní, toxické, mutagenní (poškození potomků) i teratogenní (zrůdný vývoj plodu). Patří k nim např. pesticidy, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), radionuklidy, polychlorové bifenyly (PCB), chlorovaná rozpouštědla atd. Kontaminanty obou těchto označení jsou v platném standardu zařazeny do **NMH** (Vodohospodářská společnost Dobříš, © 2019).

6. VEŘEJNÉ VODOVODY

Pitná voda se získává úpravou surové vody. Surová voda se získává v České republice dvěma způsoby a to:

- z podzemních zdrojů (cca 45%)
- z povrchových zdrojů (cca 55%)

Z některých podzemních zdrojů je možné získat pitnou vodu jen po dezinfekci, naopak některé podzemní zdroje vody jsou považovány za tak kvalitní, že již nepotřebují žádnou další úpravu. (Koppová et al., 2011).

Povrchová voda se často kumuluje ve vodárenských nádržích, v nichž se nachází odběrová věž s několika odběrovými šachtami v různých hloubkách, odebírá se zde voda dle potřeb úpravní vody, která je zpravidla v blízkosti přehrady, při teplotě nižší než 12 °C a z hloubek s nejnižším biologickým zatížením vody.

Surová voda se odvádí do úpravný vod. Tam se upravuje (minimálně chemickým čiřením, filtrací a dezinfekcí). Pak směřuje do vodojemů a z nich přes vodovodní přípojky ke spotřebitelům.

Další možností získávání vody je využívání přirozené či umělé infiltrace a sorpční schopnosti půdního sedimentu, který je schopen odfiltrovat i např. řasy, které bývají příčinou potíží při úpravě vody. Vodárenství zajišťuje vodu nejen pro domácnosti, průmysl, zemědělství, zdravotnictví a služby, ale i pro nouzové zásobování cisternami při hašení požárů, čištění komunikací, údržbu zeleně a k dalším společensky důležitým účelům. (Vodárenství.cz, © 2017).

7. OCHRANNÁ PÁSMATA VODNÍCH ZDROJŮ

Tyto ochranná pásma vodních zdrojů jsou zakotvena v § 30 vodního zákona. Slouží jak k ochraně vydatnosti, tak k ochraně před vnikem závadných látek, které by mohli ovlivnit zdravotní nezávadnost a jakost podzemních nebo povrchových zdrojů, které se využívají pro zásobování pitnou vodou s průměrným odběrem více než 10 000 m³ za rok. Dále u zdrojů podzemní vody pro výrobu balené kojenecké vody nebo pramenité vody. Ochranná pásma vodních zdrojů stanoví opatřením obecné povahy místně příslušný vodoprávní úřad obce s rozšířenou působností. Tyto ochranná pásma jsou založena, dle platného znění zákona, na principu dvoupásové ochrany.

- I. stupeň je stanoven jako souvislé území, sloužící k ochraně bezprostředního okolí jímacího nebo odběrného zařízení vodního zdroje. U nádrží s I. stupněm zabezpečení se vytvářejí dobré podmínky pro ideální vývoj jakosti vody.
- II. stupeň je vymezen vně ochranného pásma I. stupně a nemusí být tvořeno souvislou plochou, může zde ale být stanoveno i jako vzájemně nespojitá území. Tento II. stupeň ochranného pásma slouží k ochraně vodního zdroje v územích stanovených vodoprávním úřadem. (Vyhláška č.137/1999 Sb.).

Ochranná pásma, způsoby i podmínky využívání těchto pásem jsou navrhována již v projektech staveb. Ochranná pásma vydává vodoхозяйský orgán na základě posudku orgánu hygienické služby. Podmínky využití těchto pásem bývají velmi striktní a nákladné: jde např. o přeložky potoků, silnic, drážních těles, veškeré úpravy terénu, odstranění staveb, asanace hnojišť, odpadních jímek, nebezpečných odpadů, kalů, atd. (MŽP, © 2019).

8. KONTROLA KVALITY PITNÉ VODY

Požadavky na kvalitu pitné vody a její kontrolu v zákoně o ochraně veřejného zdraví se vychází z evropské Směrnice Rady 98/83/ES o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu. (SOVAK, © 2018). Kontrolu určuje současná legislativa. Ta stanovuje hygienické požadavky pro pitnou i teplou vodu. Dále stanovuje a předepisuje četnost a rozsah kontroly pitné i balené pitné vody a teplé vody pro lidskou spotřebu, připravené z vodovodní sítě, ale i z individuálních zdrojů pro účely osobní hygieny zaměstnanců. Předepsány jsou i požadavky na používané metody bakteriálních

rozborů. Pro polovinu vyjmenovaných ukazatelů standardu jsou dále určeny požadavky na pravdivost, přesnost a mez detekce použitých analytických metod, i s definicemi uvedených pojmů. Nařízená četnost kontrol pitné vody z veřejných sítí stanoví, kolik krácených (23 ukazatelů) i úplných rozborů (62 ukazatelů) musí provozovatel vodovodu zajišťovat. Minimální četnost je určována a rozlišována podle počtu zásobovaných obyvatel. Například: pro obec s 50 zásobovanými obyvateli je předepsán 1 krácený rozbor za rok a 1 úplný rozbor za 2 roky. Pro více jak 50 000 obyvatel 20 krácených a 3 úplné rozbory za rok. Četnost kontrol pitné vody podle počtu zásobovaných obyvatel považují starostové malých obcí a měst za diskriminační. Požadují rozlišení podle zabezpečení zdrojů, jejich úpravy i zabezpečení rozvodných sítí. Jde o obce pravidelně postihované lokálními povodněmi nebo obce zásobené z úpraven povrchových vod s břehovým odběrem. Kvalita říční (surové) vody se s příchodem povodní vždy zhorší až o několik řádů. (vyhláška č. 70/2018 Sb.)

Všechny 3 úpravny vod, o kterých se zde budu zmiňovat, patří do jedné z největších vodárenských soustav v České republice, patřící společnosti Severočeské vodovody a kanalizace a.s. Teplice, zahraniční vlastník Veolia Voda. Společnost Veolia Voda je největší společností v oblasti vodohospodářství a v České republice působí od roku 1996. (Syrůček, 2011).

9. NEJČASTĚJI POUŽÍVANÉ CHEMICKÉ LÁTKY A PŘÍPRAVKY PRO ÚPRAVU PITNÉ VODY

Síran hlinitý

Jedná se o tzv. koagulační činidlo, které ve vodě vytváří vločky, které na sebe dokáží vázat nečistoty obsažené ve vodě. Vytvořené vločky se pak zachytávají a následně odstraňují na pískových filtrech. Bez tohoto koagulantu by nebylo možno vodu upravit. Na úpravnu vody se dodává jako roztok o koncentraci 50%, nebo jako granulát, z něhož se teprve na úpravně připravuje roztok o požadované koncentraci.

Vápenný hydrát

Povrchové i podzemní vody jsou mírně kyselé a také při dávkování Síranu hlinitého dochází k dalšímu zvyšování kyselosti, tedy ke snižování hodnoty PH a právě k zvyšování této hodnoty PH slouží vápno. To se do vody dává v podobě vápenného mléka, nebo vápenné vody, k přípravě vápenné vody se na úpravnách využívají velké nádrže zvané sytiče, ve kterých se toto vápno pomalu rozpouští.

Vápenec, Dolomit, Mramor a jiné odkyselovací hmoty

Používají se převážně u vody podzemního původu a tam, kde je tato voda mírně kyselá. Průtokem vody přes vrstvu odkyselovací hmoty, která je nasypána ve filtru, se kyselost vody snižuje, neboli zvyšuje hodnota PH. Voda hmotu pomalu rozpouští a obohacuje se zejména vápníkem a hořčíkem, které patří mezi zdraví prospěšné minerály.

Hydroxid sodný

Přidává se do mírně kyselé vody, přitékající do úpravny tam, kde je kapacita úpravny malá a bylo by neekonomické budovat složité vápenné hospodářství.

Soda

Používá se zejména pro úpravu kyselějších přírodních vod v úpravkách vody, které se nacházejí v chráněných územích a není zde možné budovat vápenné hospodářství, nebo leží na hůře dostupných místech a doprava vápna by byla velice složitá a komplikovaná. Zároveň s tím je kapacita těchto úprav natolik velká, že bylo neekonomické použití hydroxidu sodného.

Pomocný flokulant

Pomocný organický flokulant, který dokáže spojit menší vločky, do jedné větší se používá převážně tam, kde se upravují některé vody síranem hlinitým a kde vznikají velice malé vločky, které se na pískových filtrech hůře zachycují. Tyto větší vločky jsou pak těžší, než voda a není problém je pak v pískových filtrech zachytit. (Veolia, © 2018).

Chlór, chlornan sodný

Za chlór se zatím nenašla náhrada a tak, aby upravená voda splnila normy hygienické potřeby, musí být ošetřena dávkováním plynného chlóru nebo roztoku chlornanu sodného. Chlór ve vodě zabraňuje množení mikroorganismů. Bohužel má ale chlor a jeho sloučeniny mnoho vedlejších produktů, mezi nejznámější vedlejší produkty chlorace jsou trihalogenmethany, bromdichlormethan, dibromchlormethan a tribrommethan. (Bellar et al., 1974). Tyto haloformy byli objeveny již v první polovině sedmdesátých let. (Rook, 1974).

Manganistan draselný

Aby bylo možné odstranit z upravované vody zvýšené množství rozpuštěného železa a manganu, které nejsou sice zdraví škodlivé, ale mohou způsobovat nevábné zabarvení vody, musí se nejprve převést z formy rozpuštěné na nerozpuštěnou. Takto nerozpuštěnou formu těchto prvků lze pak bez problémů odstranit na pískových filtrech. K tomuto procesu, zvanému oxidace, se právě používá manganistan draselný, zvaný lidově hypermangan.

Kyslík

Používá se při úpravě vody tam, kde je ve vodě obsaženo zvýšené množství železa nebo manganu. Kyslík oxiduje železo i mangan a mění tyto prvky z formy rozpuštěné na nerozpuštěnou, pak se lehce odstraní na pískových filtrech.

Ozón

Používá se tam, kde jde také o oxidaci látek přítomných ve vodě, jako je například železo a mangan a jejich převedení z rozpuštěné formy na nerozpuštěnou, kterou je

pak možno zachytit na pískových filtrech. Jde však o látku velmi nestálou a ve vodě se rozpadá zpět na kyslík. Ozón má také, mimo účinků oxidačních i účinky desinfekční, kdy je schopen hubit případné mikroorganismy, ale také zlepšuje chuť vody. Vyrábí se přímo na úpravách vody ze vzdušného nebo čistého kyslíku pomocí výboj elektrického proudu. (voda-zdarma, ©2010).

Vedlejší produkty ozonizace:

Při použití ozonu, jakožto desinfekčního činidla vznikají hlavně hydroxylové radikály, které se považují za nejrazantnější složku oxidační směsi, ale asi nejhorší prokázaný vedlejší produkt ozonizace je formaldehyd. Jedná se o velice dráždivou a karcinogenní látku. (Janda, 2013).

Oxid uhličitý

Tento plyn se používá převážně u přírodních vod, které obsahují velice málo minerálů. Zvýšení minerálů se u těchto upravovaných vod zvyšuje právě společným přidáváním vápna a oxidu uhličitého.

Polyfosforečnany

Dávkuje se převážně do ocelového potrubí, které dopravuje upravenou vodu ke spotřebiteli. Vytváří na tomto potrubí ochrannou vrstvu, aby voda svou agresivitou nezanášela vodu částičky železa a její barva nebyla rezavě zbarvená. (SČVK, © 2019).

10. ÚPRAVNA VODY HRADIŠTĚ

V osmdesátých letech minulého století, došlo neustálým zvyšováním poptávky po pitné vodě k přetěžování stávajících vodních zdrojů pitné vody. V souvislosti s tímto přetěžováním vodních zdrojů se projevila řada nedostatků v distribuci a kvalitě vody. Ke změně došlo až během devadesátých let, kdy se v důsledku zavedení nákladových cen vodného a stočného, snížila poptávka po pitné vodě. Dříve zdroje a celý distribuční systém, které byly přetěžované, se stali náhle pro současná stav předimenzované. Vzniklá dostatečná kapacita zdrojů začala vést k postupnému vyřazování nevyhovujících zdrojů z provozu a začalo docházet k rekonstrukci jednotlivých úpravě vody, jejíž technologické vybavení se dostalo již za hranice životnosti.

Jakost upravené pitné vody do značné míry závisí na kvalitě vody ze zdroje, která se však v průběhu roku značně mění v závislosti na ročním období, teplotách, meteorologických a hydrologických podmínkách. Proto musí být na každé úpravě vody uspořádáno technologické zařízení tak, aby upravovalo vodu v požadované kvalitě za nejméně vhodných podmínek. Pro dosažení požadované kvality a jakosti vody se tedy na úpravách vody používá celá řada technologických procesů, podíváme se na první z nich, úpravnu vody Hradiště.



obr. 1 ÚV Hradiště – výstavba (SčVK, 1972)



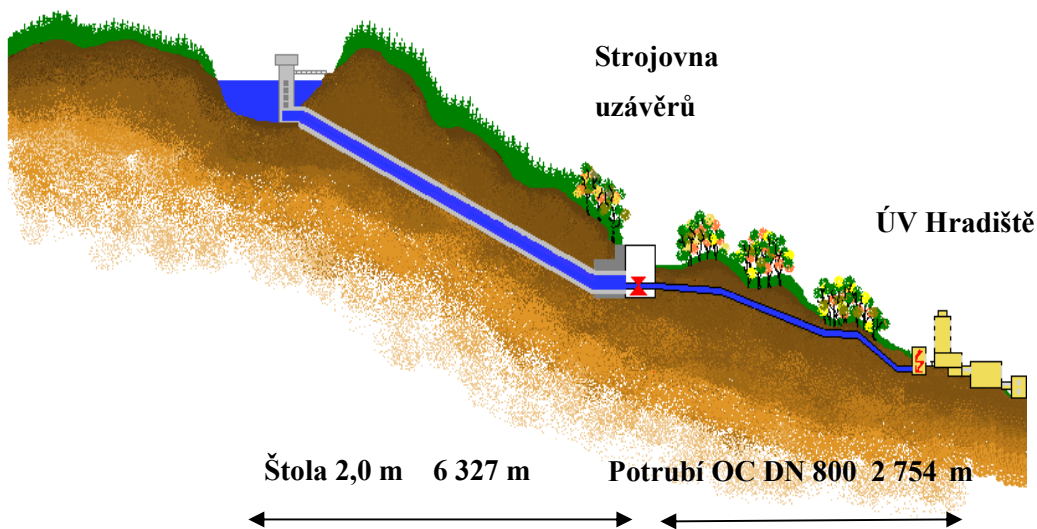
obr. 2 ÚV Hradiště – vlastní foto 2018

Úpravna vody Hradiště byla vybudována spolu s VD Přísečnice v rámci stavby Oblastního vodovodu Přísečnice a uvedena do trvalého provozu v říjnu 1976. (obr. 1 a 2).

Surová voda z nádrže je pod masivem Krušných hor vedena tlakovou štolou a tlakovým potrubím do areálu úpravy vody poblíž obce Hradiště. Délka tlakové štoly je 6 327 m, průměr štoly je 2,2 - 2,7 m. (obr. 3). Na štolu navazuje ocelové tlakové potrubí DN 800 mm, o celkové délce 2 754 m. Výškové uspořádání nádrže a objektů úpravy vody umožňuje hydroenergetické využití získaného spádu. K využití vodní energie je na přítoku do úpravy vody instalována Francisova turbína o max. výkonu 1,8 MW a Peltonova turbína o max. výkonu 800 kW.

VN Přísečnice

Odběry 707 – 722 m n.m.



obr. 3 Přívod surové vody do ÚV Hradiště, délka štolý – 6327m, délka potrubí – 2754m (SčVK, 2016)

10.1 Popis technologické linky ÚV Hradiště a její rekonstrukce (viz příloha 1,2)

Úpravna vody Hradiště je jednostupňová úpravna s přípravou suspenze v reakční nádrži. Na vstupu je do surové vody dávkován roztok síranu hlinitého. Koagulační pH je možno udržovat dávkováním vápenné vody na téže místě. Vzhledem k postačující hodnotě KNK surové vody je předalkalizace využívána pouze výjimečně, kvalita surové vody je během celého roku poměrně stabilní. Po průtoku rychlomísiči přitéká voda do středových válců dvou unikátně rekonstruovaných kruhových reakčních nádrží vybavených nenastavitelnými děrovanými nornými stěnami. Voda protéká děrovanými stěnami radiálně a poté je odváděna sběrným žlabem umístěným po obvodu nádrže. Před nátokem na filtraci je v místě zvýšené turbulence na přelivu dávkován pomocný organický flokulant. Po filtraci je pro stabilizaci dávkován oxid uhličitý a vápenná voda. Tím je zvyšována KNK upravené vody a obsah vápníku (je tedy prováděno ztvrdování). Hygienické zabezpečení je provedeno dávkováním síranu amonného a následně chlorové vody připravené z plynného chlóru. Původní projektovaná kapacita úpravní byla 1050 l/s upravené vody. Od konce 90. let byla maximální výrobní kapacita úpravní snížena na 750 l/s z důvodu zhoršeného technického stavu technologie úpravní. Vzhledem k dlouhodobému poklesu potřeby vody v zásobované oblasti bylo při rekonstrukci uvedené maximum zachováno. (Drbohlav, 1999).

Surovou vodu odebírá úpravna z VD Přísečnice. (obr. 4 a 5). Vodní dílo vystavěné v letech 1969 – 1976 je v okrese Chomutov, poblíž obce Kryštofovy Hamry. (Čihař et Janka, 1978).



obr. 4 VD Přísečnice (SČVK, 2016)



obr. 5 VD Přísečnice - vlastní foto 2019

VD Přísečnice je součástí vodohospodářské soustavy v oblasti severočeské hnědouhelné pánve. Plocha povodí je 46,2 km², délka koruny hráze je 469,7 m a šířka 10 m. Jde o víceletou zásobní nádrž s výraznou stratifikací. (Čihař et Janka, 1978).

Odběrný objekt je vybaven čtyřmi odběrovými horizonty, které se nacházejí ve výškách 722,00; 714,00; 707,00 a 700,20 m n.m. (Povodíohre, © 2019). K odběru surové vody pro úpravnu jsou - v závislosti na kvalitě - běžně využívány pouze první dva, výjimečně odběr z kóty 707,00 m n.m.

Kvalita vody v nádrži je stabilní a změny kvality jsou až na malé výjimky pozvolné. Ve vazbě ke klimatickým poměrům jsou změny pravidelné. Výslednou kvalitu upravené vody negativně ovlivňují pouze dva faktory:

- Hydrobiologické oživení,
- Výskyt vyšších koncentrací manganu (Mn)

Hydrobiologické oživení, co se týče dlouhodobosti, nastupuje ve dvou vlnách. První vlna přichází na přelomu zimy a jara (v závislosti na klimatických podmínkách konec ledna až začátek května) a druhá vlna nastupuje v létě v období července až září. Toto hydrobiologické oživení lze sice částečně eliminovat pečlivou optimalizací koagulace, ale vlastnosti organismů jsou takové, že jsou obtížně separovatelné a dostávají se přes filtrační lože. Biologické oživení se soustřeďuje v horních částech vodárenské nádrže.

Biologickému oživení by se sice dalo vyhnout změnou odběrného místa a surovou vodu odebírat ze spodních částí nádrže, ale zde se naráží na druhý problém, kterým je právě výskyt manganu. Ten se v nádrži koncentruje vlivem chemických a biologických procesů a dochází k jeho hromadění u dna nádrže, kde tvoří manganem obohacenou zónu nade dnem nádrže. V akumulaci úpravny vody a v rozvodné síti pak dochází k jeho vysrážení. Tvoří zde transportovatelné úsady, které jsou poté zdrojem následných senzorických závad v kvalitě dodávané vody. Mangan se vyskytuje v nádrži počátkem března a mizí koncem listopadu. Maximální koncentrace manganu se vyskytuje v srpnu, poté se většinou mangan rozptýlí po celém odběrném profilu nádrže. (František Fedor, II. 2019, in verb.).

Rekonstrukce úpravny se dotkla rozhodujících částí technologické linky úpravy vody a některých souvisejících celků. Zcela zásadně byla změněna konstrukce reakčních nádrží a filtrace. Byla přidána linka přípravy a dávkování roztoku manganistanu draselného. Samozřejmostí byla výměna stávajících armatur a potrubí za moderní, vyrobená z nerezových materiálů. Zásadní rekonstrukcí prošla také akumulace upravené vody. Částečně bylo řešeno i kalové hospodářství. Nově byl instalován automatický řídicí systém se všemi souvisejícími prvky, provozními čidly a měřidly, vizualizací a řídicím programem. Vzhledem k novému strojnímu vybavení bylo nutné provést i kompletní rekonstrukci rozvodny a rozvodů vysokého napětí. (obr. 6 a 7). Ve všech prostorech dotčených rekonstrukcí byla provedena rekonstrukce stavebních konstrukcí (včetně sanace a obnovení povrchů), ve všech objektech byly obnoveny elektrostavební instalace a podle potřeby i vzduchotechnika a vytápění. (Zpráva W&ET Team, Č.Budějovice).

Do této části rekonstrukce tedy byly zařazeny: přívod surové vody a rychlomísení, reakční nádrž, polovina pískové filtrace a související provozy - strojovna a akumulační nádrž, akumulace upravené vody a vodojem prací vody, dále dávkování manganistanu draselného, úpravy dávkování chemikálií, kalové hospodářství, rozvodna a systém řízení technologických procesů včetně dozorny úpravny vody.



obr. 6 Rozvodna VN před rekonstrukcí (SČVK, 1999) obr. 7 Rozvodna VN nová - vlastní foto 2018

Přívod surové vody a dávkování

Na vstupu surové vody do úpravný byla nově instalována „dávkovací smyčka“. Jedná se o meandr na přívodním potrubí, do kterého jsou zaústěny všechny přívody chemikálií, které je potřebné na úpravě v tomto místě dávkovat. V potrubí byly osazeny speciální homogenizační kříže pro intenzivnější a kvalitnější promíchání nadávkovaných chemikálií. Kromě míst dávkování jsou instalovány odběrné kohouty a provozní pH-metry. Funkce všech souborů dávkování provozních chemikálií byla během zkušebního provozu bezproblémová.

Reakční nádrže pro přípravu suspenze (agregační reaktory)

Původní kruhové nádrže byly vybaveny pomalým mícháním, které bylo značně poruchové a prakticky od počátku provozu úpravný bylo nefunkční. (obr. 8). Nádrže byly tedy využívány k prodloužení doby zdržení upravované vody v systému bez jakéhokoliv vnosu energie. První nádrž byla rekonstruována již v několikaletém předstihu. Po rekonstrukci první nádrže a dlouhodobém funkčním ověření jejího unikátního konstrukčního řešení byla stejným způsobem rekonstruována i nádrž druhá. (obr. 9). Stávající nefunkční strojní vybavení bylo odstraněno a stavební konstrukce sanovány. Poté byly instalovány plastové nenastavitelné děrované stěny, které tvoří soustavu mezikruží. Od středového válce, kterým je přitékající voda rovnoměrně rozváděna do jednotlivých sekcí, se postupně mění velikost a počet děr ve stěnách tak, aby byly za každého průtoku dodrženy optimální hydraulické podmínky pro míchání upravované vody a tvorbu suspenze. Sběrným žlabem je voda odváděna do jímky, odkud voda natéká na filtraci.



obr. 8 Reakční nádrž před rekonstrukcí (SČVK, 1999) obr. 9 Reakční nádrž nová - vlastní foto 2018

Filtrace a její rekonstrukce

Technologický stupeň filtrace prošel nejzásadnější změnou. Původní filtrace měla 12 filtrů a byla rozdělena na dvě poloviny po šesti filtrech. Tyto filtry byly klasické konstrukce s mezidnem a naplněné běžným filtračním pískem FP2. Postupně se začaly čím dál častěji objevovat poruchy zejména v místech ukotvení mezidna ke stěně filtru. Docházelo zde ke vzniku zkratových proudů při praní i při filtraci. Dalším důvodem pro rekonstrukci byl stav potrubí a armatur. Při rekonstrukci byla polovina filtrace ponechána v provozu a druhá byla rekonstruována. Došlo tak k omezení maximální kapacity úpravný na cca 500 l/s. Spoluprací s dispečinkem a provozem distribuce nebyl po celou dobu rekonstrukce zaznamenán ani jediný problém se zásobováním.

Původních šest filtrů bylo kompletně vybouráno, (obr. 10 a 11), a do prázdných betonových van bylo nově instalováno 8 nových filtrů. (obr. 12). Již v přípravě bylo rozhodnuto o změně konstrukce filtrů. Místo mezidna byl instalován drenážní systém firmy Leopold, který byl v době rekonstrukce na českém vodárenském trhu novinkou. (obr. 13). Výhodou tohoto systému je pokrytí plochy filtru „aktivní plochou“ z cca 95 %, čehož není možné dosáhnout žádným jiným drenážním systémem. Dochází tak k odvádění vody po celé ploše dna filtru a zejména při praní naopak nedochází ke vzniku ani zkratových proudů ani mrtvých prostorů, které mohou být zdrojem kontaminace upravené vody. (Dolejš et Dobiáš, 2006).



obr. 10 Rekonstrukce filtrace (SčVK, 1999)

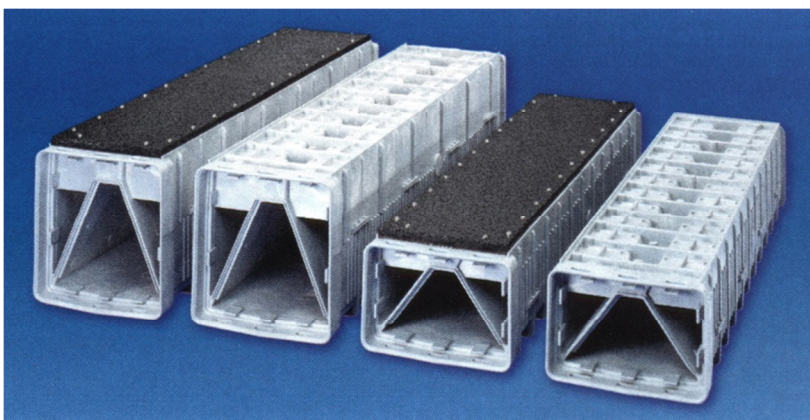


obr. 11 Stará filtrace (SčVK, 1999)

Již zkušební provoz zrekonstruovaných filtrů ukázal na obou úpravnách výrazné zlepšení kvality upravené vody a také úsporu provozních nákladů (30% prací voda, 70% elektrická energie). (Bartoš, L., Fedor, F., Dolejš, P., 2008) .

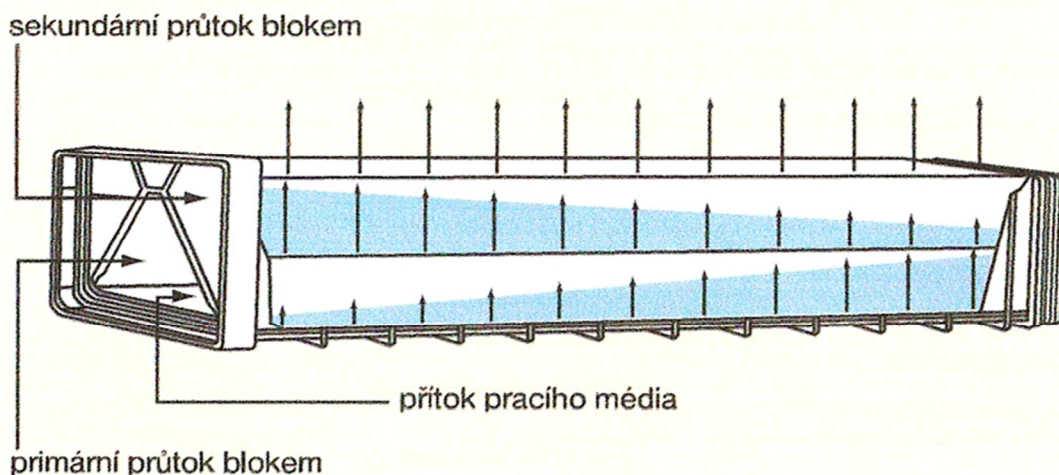


obr. 12 Filtrace po rekonstrukci – vlastní foto 2018



obr. 13 Drenážní systém Leopold (ENVI-PUR, prospekt)

Filtry jsou tvořeny dvěma vanami se středovým žlabem pro přivedení vody na filtry. Středový žlab spolu s krajními žlaby současně slouží pro odvedení prací vody. (obr. 14). Na dně filtrů je uložen drenážní systém firmy F. B. Leopold Company Inc. Plocha filtru je $3 \times 32,8 \text{ m}^2$; celková plocha $98,4 \text{ m}^2$. Maximální průtok filtrem $76,7 \text{ l/s}$. Filtrační rychlost se v závislosti na průtoku (případně praní filtrů) pohybuje od $2,1 \text{ m/hod.}$ do $4,0 \text{ m/hod.}$ Výška filtrační náplně $1,3 \text{ m}$ – písek.



obr. 14 Drenážní systém pro vodárenské filtry (ENVI-PUR, s.r.o. 2006)

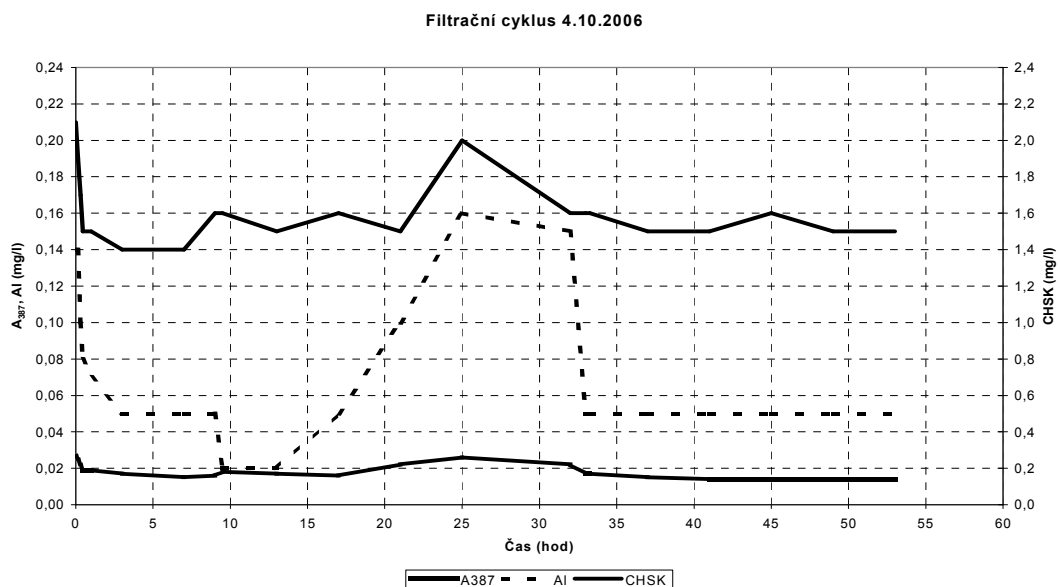
Nová filtrace je provozována systémem declining-rate, který je založen na volném neregulovaném nátoce na všechny filtry. Hladiny ve všech filtrech jsou proto i bez regulace vždy prakticky na shodné úrovni a drobné rozdíly jsou dány jen rozdílným průtokem jednotlivými filtry (nejnižší hladina je na filtru, který byl vyprán naposled a produkuje proto nejvíce filtrátu). Jednotlivé filtry odebírají z celkového objemu přitékající vody jen takovou část, kterou jsou schopny propustit v závislosti na zanesení jejich filtračního lože. Systém teoreticky nevyžaduje žádný regulační element. Jedinými regulačními elementy by měly být přelivné hrany na odtoku z filtrů, pomocí nichž je nastavována maximální počáteční filtrační rychlost u čerstvě vypraného filtru. Při požadavku na široký rozsah výkonu celé úpravný (např. $320 - 1125 \text{ l/s}$, což bylo na ÚV Hradiště ověřováno při garančních zkouškách) by byla manipulace s přelivnými hranami pro obsluhu náročná a nastavení systému je řešeno jednoduchým nastavením klapek na odtocích z filtrů. Tyto manipulace byly z počátku pro obsluhu náročné zejména při několikaměsíčním odladování řídicího systému, kde byl nevyhovující, složitější způsob provedení regulace z řídicího počítače a bylo jej potřeba postupnými kroky odladit. (Dolejš et Dobiáš, 2006). Filtrační cyklus byl po jeho podrobném kontinuálním sledování postupně prodloužen z ustálených cca 56 hodin, na 72 hodin. Toto nastavení fungovalo bez problémů po dobu několika týdnů. Bylo potvrzeno, že rekonstruovaná filtrace pracuje podle očekávání a poskytuje jednak velmi kvalitní vodu, jednak je možné ji provozovat při podstatně delších filtračních cyklech než filtrace původní. (Dolejš et Dobiáš, 2006).

Bylo však nezbytné řešit některé problémy, které se při uvádění do chodu u nových či rekonstruovaných děl běžně vyskytují. Vedle postupného odladování řídicího systému byla v prvních měsících provozu hlavním problémem absolutní nespolehlivost zákaloměrů, umístěných na odtoku z každého filtru. Obsluha neměla

v tomto období žádnou možnost kontinuálního sledování kvality filtrátu a zaučování se na novém systému z tohoto hlediska probíhalo (v době mimo provoz laboratoře) vlastně „naslepo“. To se odrazilo i v některých výsledcích a pro provoz to bylo významným poučením. Kdyby kontinuální měření zákalu fungovalo alespoň od doby, kdy přestala být úpravná kontinuálně sledována v rámci uvádění úpravný do provozu zástupcem dodavatele, resp. projektanta v pozici technologa stavby, bylo by prakticky vyloučeno, aby došlo k situaci, která bude následně popsána. Obsluha totiž z důvodu nemožnosti kontinuální kontroly kvality filtrátu nemohla postupovat podle provozních pokynů, které byly pro zkušební provoz formulovány.

Dle historických dat, která jsou k dispozici, se na „starých filtrech“ v době po zavedení dávkování polymeru a zprovoznění rekonstruované přípravy suspenze běžně vyskytovaly koncentrace hliníku v upravené vodě, které byly na hranici měřitelnosti použité analytické metody. Koncentrace přesahující hodnoty 0,10 mg/l již byly považovány za podezřelé a při takovýchto výsledcích bylo prověřováno optimální nastavení provozu. (Dolejš et Dobiáš, 2006).

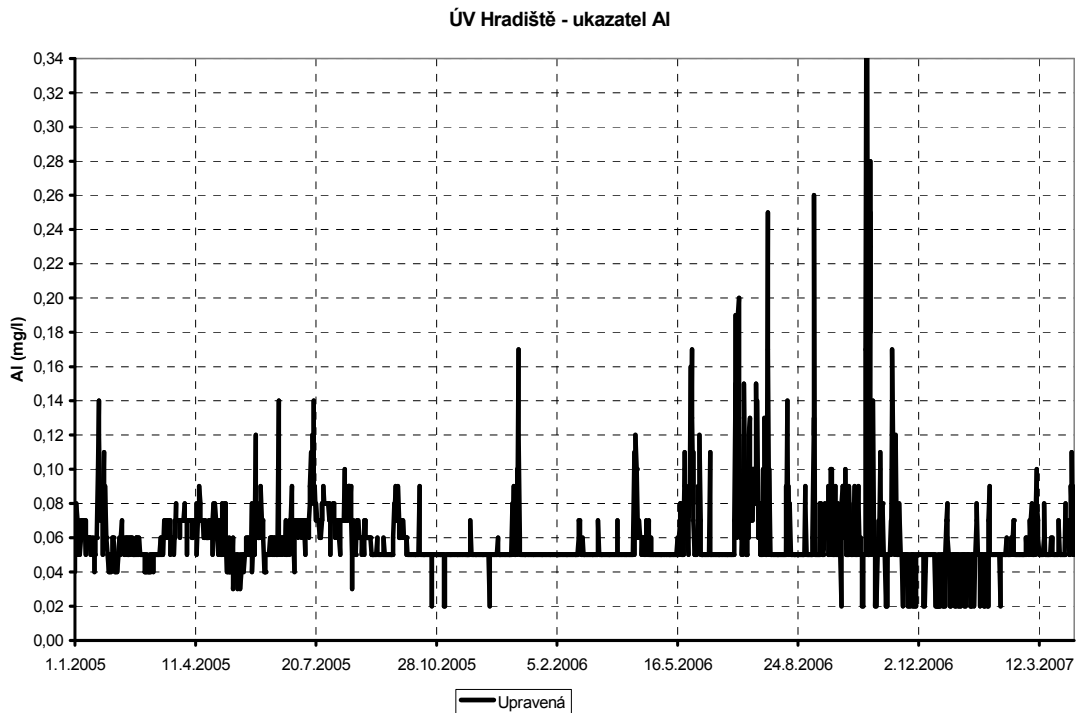
Určitý čas po spuštění nové filtrace byla několikrát překročena normovaná koncentrace hliníku 0,20 mg/l na odtocích z jednotlivých filtrů. Toto „chování“ nové filtrace bylo velmi zvláštní. Opakovaně docházelo také k přechodu měřidel do poruchových stavů, což v této fázi zkoušení nové filtrace značně komplikovalo práci. Po několika dnech resp. filtračních a pracích cyklech docházelo někdy k nárůstu koncentrace hliníku ve filtrátech a následně i v upravené vodě. Situace byla proto opakovaně řešena „mimořádným praním“ celé filtrace. Po několika týdnech provozu nové filtrace byly zaznamenány určité anomálie kvality vody na jednotlivých filtrech. Po vyprání a zapracování pracoval filtr bez problémů při velmi vysokých filtračních rychlostech (přes 10 m/h). Po několika hodinách došlo ke skokovému zvýšení koncentrace hliníku ve filtrátu, které trvalo řádově několik hodin, jak je patrné na (obr. 15).



obr. 15 Anomálie koncentrace hliníku ve filtrátu v průběhu filtračního cyklu

Poté se provoz opět stabilizoval a až do ukončení filtračního cyklu byly zaznamenávány koncentrace hliníku na hranici měřitelnosti či nižší. Při dodatečném detailním prověření nastavení provozních parametrů úpravy nebyly zjištěny žádné anomálie a i ostatní nové filtry fungovaly normálně. Bylo rovněž zajímavé, že docházelo k anomálnímu navýšení koncentrace pouze v parametru hliník. U koncentrace organických látek, měřené jako $CHSK_{Mn}$, ani u UV-absorbance či A387 nm nebyly anomálie zjištěny. Nepodařilo se ani dohledat, čím byl tento přechodný jev způsoben. Jedna z možností vysvětlení však bude uvedena dále ve vztahu k nátoky vody na filtr. (Dolejš et Dobiáš, 2006).

Vzhledem k tomu, že se tento popsáný jev vyskytl několikrát, bylo několikerým dodatečným měřením prověřeno nastavení filtračních a pracích cyklů. Na základě výsledků byl zatím nastaven filtrační cyklus do velmi „bezpečné“ oblasti a pohybuje se v rozmezí 48 – 56 hodin. Při dobré kvalitě surové vody a optimálním technologickém procesu je možné filtrační cykly po omezenou dobu prodloužit na 64 hodin a více tak využít kalovou kapacitu nových filtrů. Toto nastavení je pravidelně kontrolováno. Od druhé poloviny listopadu 2006 se již provoz stabilizoval a koncentrace hliníku v upravené vodě se opět pohyboval na hranici měřitelnosti použité analytické metody. (obr. 16).



obr. 16 Koncentrace hliníku v upravené vodě (rekonstruované filtry byly uvedeny do provozu 4. 5. 2006)

Tyto nové filtry mají dvě vrstvy náplně, lišící se hustotou a velikostí zrna a po vyprání by měly být dobře odděleny. Určitá „přechodová“ vrstva, ve které jsou obě filtrační náplně promíchány, je přirozená a podle současných poznatků i žádoucí. V první hrubší vrstvě tvořené antracitem dochází k separaci větších vloček a jemnější vločky jsou separovány v přechodové a dále v pískové části filtrační náplně. Při nevhodném praní by nedocházelo k oddělení vrstev a promíchaná filtrační náplň by

pak měla horší účinnost než „čistá“ náplň písková. Z tohoto důvodu se pro hlavní fázi praní filtrů využívá dostatečně výkonné prací čerpadlo, které bylo v rámci rekonstrukce nově osazeno do akumulární nádrže.

Na rozdíl od projektu nebylo, dle rozhodnutí investora, do rekonstruovaných filtrů při rekonstrukci osazeno potrubí pro distribuci přítoku surové vody na filtr, které bylo projektově připraveno. Po spuštění nových filtrů se ukázalo, že při soustředění nátok nadávkované vody do filtru pouze z jednoho místa ve stěně filtru vznikaly prohlubně ve filtračním loži. Proto se dodatečně přistoupilo k osazení původně projektovaného přítokového potrubí s oboustrannými odbočkami po celé délce filtru. Nyní je přitékající voda rozvedena rovnoměrně po celé ploše filtru. Vystává zde otázka, jaký vliv mohl mít vznik různě hlubokých prohlubní ve filtrační náplni na kvalitu upravené vody a mohl-li být i příčinou různých provozních anomálií, které byly popsány v předchozích odstavcích.

Odmanganování

Na úpravně byl při rekonstrukci nově instalován technologický celek přípravy a dávkování roztoku manganistanu draselného. Samotná technologie a její funkčnost byla odzkoušena bez přípravy roztoku tzv. „na vodu“. To znamená, že byla do systému napuštěna pouze čistá voda, která byla dávkována do vody upravované. Byla tak prověřena těsnost nádrží, dávkovacích tras a funkčnost dávkovacích čerpadel.

Firma W&ET Team České Budějovice připravila v listopadu 2006 pokusné testování technologie odmanganování a na základě dříve provedené laboratorní studie bylo doporučeno dávkovat do přítoku surové vody do úpravně společně roztok manganistanu draselného a vápenné vody, tak aby byla dosažena vhodná hodnota pH pro oxidaci manganu. K oxidační reakci byla využita nádrž rychlomísení. Následně byla roztokem síranu hlinitého a kyselinou snížena hodnota pH na koagulační optimum v reakčních nádržích (6,0 – 6,3).

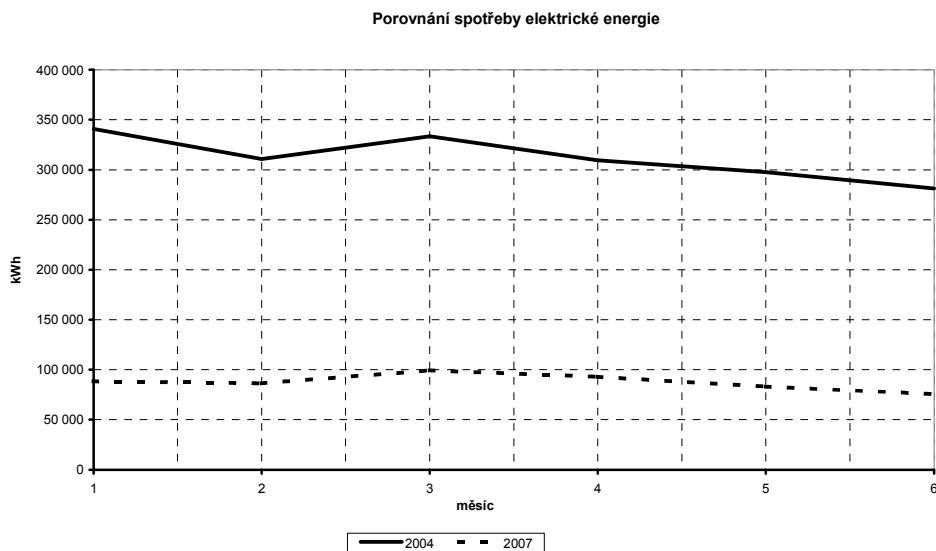
U přípravných prací byla prověřena možnost zvýšení hodnoty pH. Bylo potvrzeno, že je možné bez problémů dosáhnout pH vhodného pro oxidační reakci. Při hodnotách vyšších než 8,0 by však již bez dávkování kyseliny docházelo k nežádoucímu posunu hodnoty pH v reakčních nádržích mimo koagulační optimum. To by se projevilo zhoršením tvorby suspenze a tím i kvality upravené vody. Proto bylo nutné při provozním použití dávkovat vedle koagulantu také kyselinu (chlorovodíkovou nebo sírovou). K prověření samotné technologie odmanganování dosud nebyla možnost, neboť v nádrži Přisečnice došlo ke skokovému snížení koncentrace manganu a to v celém profilu nádrže. Opakovaně byly provedeny zónační odběry a stav se potvrdil. Pro provozní pokus nebyla nalezena dostatečně vysoká koncentrace manganu dokonce ani u dna nádrže.

10.2 Poznatky ze zkušebního provozu ÚV Hradiště

Základním cílem rekonstrukce bylo samozřejmě zlepšení kvality vyráběné vody a významné zvýšení provozní spolehlivosti technologické linky úpravně vody. Po

uplynutí ročního zkušebního provozu se dalo konstatovat, že tento cíl se podařilo jednoznačně splnit.

Mezi další významné cíle bylo zařazení snížení spotřeby elektrické energie. Z předcházejícího textu vyplývá, že původní technologická linka obsahovala zařízení, jejichž výkonová úroveň a tím současně i náročnost na spotřebu elektrické energie byla nevyhovující a neodpovídala současným trendům. Jednalo se především o turbodmychadla pracího vzduchu, čerpací techniku a osvětlení. Jejich výměnou za moderní zařízení a prodloužením pracovní doby filtrů došlo k vysokým úsporám spotřeby elektrické energie, což dokládá (obr. 17).



obr. 17 Spotřeba elektrické energie při provozu původní (r. 2004) a rekonstruované filtrace

Velmi příznivě se provoz rekonstruované technologie projevil i ve spotřebě prací vody. Před rekonstrukcí byla pracovní doba filtru 24 hodin a po této době se podle provozních podmínek pralo 9-12 původních filtrů. Při spotřebě cca. 300 m³ na jeden filtr to představovalo zhruba 95 000 m³ prací vody za měsíc. Rekonstrukce umožnila výrazné prodloužení pracovní doby filtru, která v současném provozu činí 56 hodin u jednoho filtru. I když nová technologie vyžaduje praní dvouvrstvých filtrů vyšší intenzitou prací vody, přesto měsíční spotřeba prací vody poklesla na hodnoty okolo 73 000 m³.

Před danou rekonstrukcí se na uzavíracích armaturách filtrů vyskytovala řada poruch. Jednalo se především o výpadky provozu v mezipolohách v průběhu praní. Důsledkem těchto poruch bylo odstavení filtrů z provozu a následné složité montážní a opravárenské práce na samotných armaturách a samozřejmě také ztráty prací vody. Tyto stavy, vyskytující se dříve cca. 3-5x měsíčně, v současném provozu zcela odpadly.

Úpravna vody Hradiště již také částečně odzkoušela a je připravena na adsorpci s aktivním uhlím. (obr. 18 a 19). Cílem bylo především možnost snížení nejen rizika vzniku chloroformu a samozřejmě dalších vedlejších produktů chlorové desinfekce v distribuční síti, ale také jako efektivní proces pro odstraňování syntetických

organických látek a možných pesticidů z přehrady Přísečnice. (ASIO © 2011-2019)



obr. 18 a obr. 19 Doplnění GAU do filtrů (SčVK, 2012)

Problémem ovšem nastává, pokud se v přehradě nacházejí látky za sinic, dochází tak k ucpávání pórů v aktivním uhlí a tak k blokování čistícího procesu. (Ovodarenství, © 2018).

Dlouhodobě negativní vývoj kvality surové vody v nádržích v Krušných horách v parametru $CHSK_{Mn}$ resp. huminové látky spolu s legislativními požadavky vyvinul tlak na majitele a provozovatele úpraven vod v této oblasti. Převážně jednostupňové úpravy pitných vod, realizované před více než třiceti lety, kam patří i ÚV Hradiště, nebyly dlouhodobě dostatečně schopné snížit obsah zbytkového organického znečištění. Předepsaná hodnota parametru $CHSK_{Mn}$ na výstupu z úpravy byla sice dodržována, ale v upravené vodě stále zůstávalo dostatečné množství organických látek schopných účastnit se dalších fyzikálně-chemických procesů a zejména reakcí s chlórem. Proto nebylo možné na výstupu z úpravy dodržet předepsanou hodnotu v parametru chloroform.

Vlastník úpraven vod Severočeská vodárenská společnost a.s. a jejich provozovatel Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.(SčVK) tak museli společně hledat cestu, jak se s problematickou situací vypořádat. Jednou ze zvažovaných variant řešení bylo využití ultrafialového záření jako účinného způsobu desinfekce na úpravě vody a následné zabezpečení distribučního systému chloraminací, kde směs chloraminů zabezpečuje dlouhodobou desinfekci a zároveň nedochází k reakci s organickými látkami.

Sledování prokázalo, že použitá metoda desinfekce pitné vody chloraminace je nejvhodnější metoda pro hygienické zabezpečení na této úpravě vody. Jedná se také o metodu investičně nejlevnější. Vyrobená a dodávaná voda vyhovuje v současné době platné legislativě. Vzhledem k nutné delší době působení pro hygienizaci vody bylo rozhodnuto o instalaci UV záření na výstupech z úpraven vod, které zajistí 100 % mikrobiologickou nezávadnost pitné vody, jedná se o druhou bariéru. Pro hygienické zabezpečení tedy byla použita kombinace UV-záření a chloraminace.

Na ÚV Hradiště bylo proto instalováno za každým filtrem 8 nízkotlakých UV- lamp WEDECO BX 650 firmy DISA v.o.s. Brno vybavené automatickým stíráním křemenných trubic, chemickým čištěním vnitřního prostoru reaktoru a automatickou regulací výkonu. Každá z UV- lampy má příkon 3 kW při plném výkonu. Vzhledem

k tomu, že je výkon plynule automaticky regulován podle průtoku a intenzity záření vyhodnocované snímačem, je velmi problematické stanovení spotřeby elektrické energie na litr resp. m³ upravené vody. Při stejných průtocích může být významný rozdíl v příkonu v důsledku rozdílné kvality vody a to až v desítkách procent. Elektroměr u zařízení instalován nebyl, nicméně, při průměrné výrobě 100 l/s a plném výkonu jednoho zařízení je spotřeba 8,33 W/m³. (František Fedor, II. 2019, in verb.)

10.3 Závěr z rekonstrukce ÚV Hradiště

Více než roční zkušební provoz jednoznačně prokázal výrazné zlepšení provozní spolehlivosti technologické linky, snížení poruchovosti provozu a v neposlední řadě snížení provozních nákladů, které představuje úsporu kolem 70 % elektrické energie a 30 % prací vody.

Sledování prokázalo, že metoda desinfekce pitné vody chloraminací je nejvhodnější metoda pro hygienické zabezpečení na úpravnách vody upravujících povrchovou vodu. Jedná se o metodu investičně nejlevnější.

Současná instalace UV-záření na výstupech z úpravní vody zajistí ještě vyšší bezpečnost vyrobené vody z hlediska mikrobiologických a biologických ukazatelů. Na jednotlivých úpravnách vody a dále při dopravě vody do distribučních sítí je nutné optimalizovat dávky jak amonných iontů, tak chloru. Z důvodu nižší spotřeby elektrické energie a menších nároků na čištění zářičů byly upřednostněny systémy UV-lamp nízkotlakých oproti středotlakým.

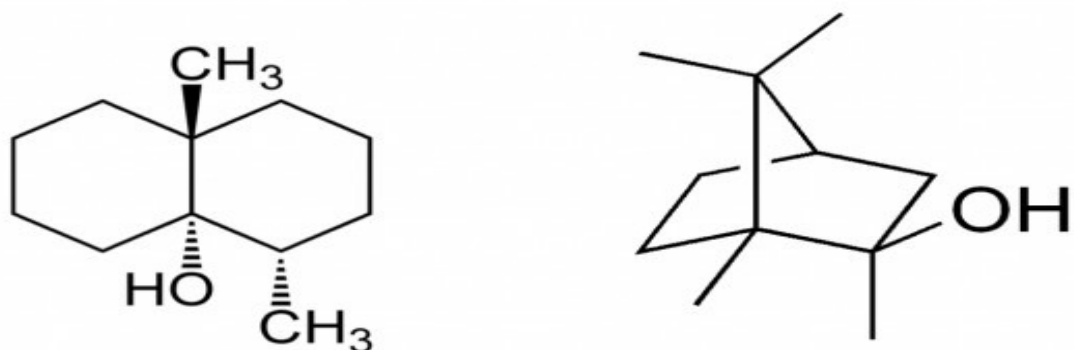
Díky odpovědnému přístupu investora, Severočeské vodárenské společnosti, a.s., zhotovitele – SMP Construction, a.s. a v neposlední řadě také projektanta, kterým byl Hydroprojekt CZ, a.s. lze rekonstrukci základních částí technologické linky úpravní vody hodnotit jako velmi úspěšnou.

11. GEOSMIN A 2-MIB

Dalším narůstajícím problémem, se kterým se musela úpravná voda Hradiště vypořádávat je, díky znečištění vodních zdrojů, narůstající eutrofizace, povětrnostním podmínkám a změnou klimatických poměrů, zvýšená produkce řasové biomasy, která sebou na úpravnách vody přináší mnoho problémů. Jde o Geosmin a 2-MIB, (vzorce obr. 20), který se přirozeně vyskytuje nejen v přírodních nádržích, ale také ve vodních útvarech tekoucí i stojaté vody a je produkován mnoha skupinami bentických i pelagických organismů. Projevuje se zemitými a kořenitými pachy a příchutěmi vody. (Parinet et al. 2013). Je prokázáno, že více, než 50 druhů sinic se považuje za producenty geosminu a 2-MIB. (Watson et al. 2007).

Běžně používané vodárenské technologie, založené na koagulaci, sedimentaci a chloraci jsou bohužel neúčinné. Flokulace, sedimentace a filtrace jsou neúčinné v odstranění těchto látek díky prahové hodnotě pachu, uvádí se pouze 37% účinnosti procesu. Flotace je neúčinná v odstranění pachu. (Li Z., 2003).

Účinné technologie v odstranění geosminu a 2-MIB jsou tedy založeny na typech filtračních médií, jako je aktivní uhlí anebo membrány. (Cook D, 2004).



obr. 20 Strukturální vzorce geosminu (vlevo) a 2-methylisoborneolu (vpravo)

Vzhledem ke klimatickým podmínkám v naší oblasti je riziko přítomnosti geosminu a 2-MIB ve vodách používaných jako zdroj surové vody pro úpravu na vodu pitnou velice pravděpodobný. Do budoucna je tedy potřebné mít k dispozici jak pravidelný monitoring, tak disponovat vhodnou a účinnou vodárenskou technologií.

12. ÚPRAVNA VODY JIRKOV



obr. 21 Úpravna vody Jirkov (vlastní foto 2019)

ÚV Jirkov je jedna z úpravnen Severočeské vodárenské soustavy. (obr. 21). Zdrojem surové vody je vodárenská nádrž Jirkov ležící v Telčském údolí na řece Bílině v Krušných horách. (obr. 22 a 23). Funkcí přehrady je také protipovodňová ochrana. Jde o 55 metrů vysokou sypanou hráz, která je nejvyšší ve střední Evropě. (Jirkov, © 2019).



obr. 22 Vodní dílo Jirkov (SČVK, archiv)



obr. 23 Vodní dílo Jirkov (SČVK, 2014)

12.1 Popis technologické linky ÚV Jirkov a její rekonstrukce (viz příloha 4,5)

V letech 2011 – 2012 proběhla celková rekonstrukce úpravny, která byla vyvolána jak technickým stavem po více než čtyřiceti letech provozování, tak zpřísnujícími se požadavky na kvalitu pitné vody. (obr. 24 a 25). Díky zastupitelnosti jednotlivých úpraven vody ve vodárenské soustavě probíhala rekonstrukce při odstaveném provozu. Zkušební provoz probíhal od 1. 1. 2013 do 31. 12. 2013. Budou zde vyhodnoceny jednotlivé technologické celky a kritické momenty a poučení ze zkušebního provozu.



obr. 24 a obr. 25 Rekonstrukce ÚV Jirkov (SčVK 2011)

Úpravna vody byla rekonstruována na výkon (surová voda):

- Minimum 40 l/s
- Průměr 100 l/s
- Maximum 150 l/s
- Hydraulické maximum 230 l/s.

Do potrubí surové vody je dávkován koagulant, síran hlinitý a vápenný hydrát ve formě vápenné vody (původní dávkování vápenného mléka bylo nahrazeno v průběhu zkušebního provozu). Nadávkovaná voda natéká na dvě flotační jednotky, z nichž každou jednotku tvoří betonová nádrž s vestavbou. V nádrži jsou umístěny tři sekce pomalého míchání, které jsou od sebe oddělené stěnou. Každá sekce je míchána vertikálním míchadlem. Dále je zde umístěna sekce flotace s odtahem kalu z hladiny, nerezovou přepážkou a děrovaným odběrným potrubím u dna vedeným do odtokové komory předupravené vody. Následuje kalová komora na odvod sebraného kalu z hladiny a odtoková komora předupravené vody.

Nadávkovaná voda je přítokovým potrubím vedená do nádrží pomalého míchání. Do těchto nádrží je zaústěno dávkování polymerního flokulantu. Z nádrží pomalého míchání voda odtéká přes přepadovou stěnu do vstupního prostoru flotace. Zde dochází k promíchávání surové vody s vodou nasycenou vzduchem. Vyflotovaný kal (pěna) je hydraulicky odváděn do samostatné kalové komory.

Flotace

Z flotačních jednotek je voda odváděna na tři otevřené pískové filtry, každý o ploše 32,8 m². Každý filtr je navržen na výkon cca 76,7 l/s, je vybaven drenážním systémem Leopold se třemi žlaby. (obr 26 a 27). Dva krajní žlaby slouží pro odvedení prací vody. Středový žlab, zavěšený nad filtrační náplň se využívá pro přivedení vyflotované vody do filtru a současně pro odvedení prací vody z filtrů. Filtry jsou provozovány s konstantní filtrační rychlostí, s hladinovou odtokovou regulací - tj. s regulačním uzávěrem na odtokovém potrubí každého filtru, který udržuje hladinu na filtru v daných mezích. Při zanášení filtrační náplně tak dochází k postupnému otevírání regulačního uzávěru až k hranici, kdy je třeba filtr vyprat. Pro praní filtrů vzduchem je potřebný výkon dmychadel 460 – 655 l/s vzduchu. Pro praní filtrů vodou je třeba toto množství prací vody: 2. fáze praní 82 – 164 l/s, 3. fáze praní 300 - 330 l/s.



obr. 26 Výstavba haly flotace a filtrace (SčVK, 2011)



obr. 27 Sekce flotace – vlastní foto 2018

UV lampy

Na odtokovém potrubí DN 500 z pískové filtrace do akumulace upravené vody je osazeno zařízení pro UV desinfekci. (obr. 28)

Byla zde instalována středotlaková lampa Wedeco KM900-EW. Po její instalaci na úpravně se podařilo odhalit nestandardní podmínky v odtokovém potrubí mezi filtrace a akumulací, o kterých před tím nebyla informace. Konkrétně se jednalo o zavzdušňování potrubí. Na vzduch, který se dostal až do reaktoru lampy, zareagoval její ochranný systém a lampu vypnul. Úpravou odtokových poměrů došlo ke zlepšení kvality vody a stability provozu lampy.



obr. 28 Jiří Sedlák 2/2019

Za UV zářením je tlaková nádrž a za ní následuje, dávkování oxidu uhličitého a vápenného hydrátu pro stabilizaci a ztvrdování vyráběné vody. (obr. 29 a 30). Z tlakové nádrže je rovněž odebírána ředící voda pro výrobu vápenné vody a pohonná voda pro dávkování oxidu uhličitého a chloru. Za dávkováním oxidu uhličitého je do potrubí instalován homogenizační element. Do potrubí filtrované vody je dále zaústěno dávkování síranu amonného a chloru. Upravená voda poté odtéká do akumulace (2x 1500 m³).



obr. 29 Dávkování vápenného hydrátu - vlastní foto 2018



obr. 30 Dávkování vápenné vody – vlastní foto 2018



obr. 31 Dávkování polymerního flokulantu – vlastní foto 2018

Chemické hospodářství

Celkovou rekonstrukcí prošlo také chemické hospodářství. V technologické lince úpravný vody jsou dnes dávkovány tyto chemikálie:

- síran hlinitý,
- pomocný flokulant, (obr. 31)
- vápenný hydrát,
- oxid uhličitý,

- chlor,
- síran amonný.

12.2 Poznatky ze zkušebního provozu ÚV Jirkov

Nespornou výhodou v průběhu celé stavby bylo, že rekonstrukce mohla probíhat při úplném odstavení provozu úpravní vody. Tato výhoda se ovšem ukázala jako částečně problematická. Při zahájení zkušebního provozu bylo nutné v jeden okamžik zprovoznit všechny technologické celky najednou a proto především v počátcích zkušebního provozu tak docházelo k značnému doladování jednotlivých technologických celků a jejich vzájemných vazeb. V rámci ročního zkušebního provozu byla vyhodnocována kvalita vody za jednotlivými technologickými stupni.

Základní kvalitativní ukazatele surové vody jsou shrnuty v následující tabulce. (obr. 32). Kvalita surové vody se v parametru $CHSK_{Mn}$ pohybovala od velmi nízkých koncentrací (2,3 mg/l) do 8,9 mg/l. Kolísání kvality je pro nádrž Jirkov typické. Takto extrémní rozpětí je dáno především výskytem vydatných dešťů v červnu 2013.

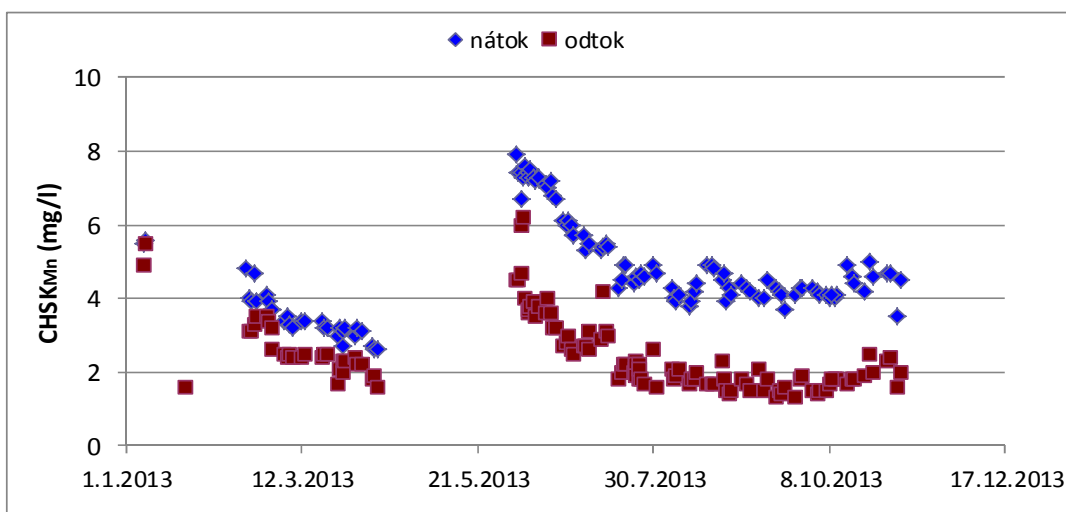
Název parametru	Jednotka	Průměr	Minimum	Maximum
mikroskopický obraz – ŽO	jedinci/ml	63	2	354
teplota vody	°C	9,6	2	16,3
Mangan	mg/l	0,04	0,01	0,20
Barva	mg/l Pt	36	14	73
$CHSK_{Mn}$	mg/l	4,6	2,3	8,9
pH		6,9	6,4	7,3
A_{387}		0,143	0,072	0,374
$KNK_{4,5}$	mmol/l	0,23	0,08	0,40
Zákal	ZFt	4,1	1,4	9,8
Hliník	mg/l	0,07	0,03	0,39

obr. 32 ÚV Jirkov – kvalitativní ukazatele surové vody

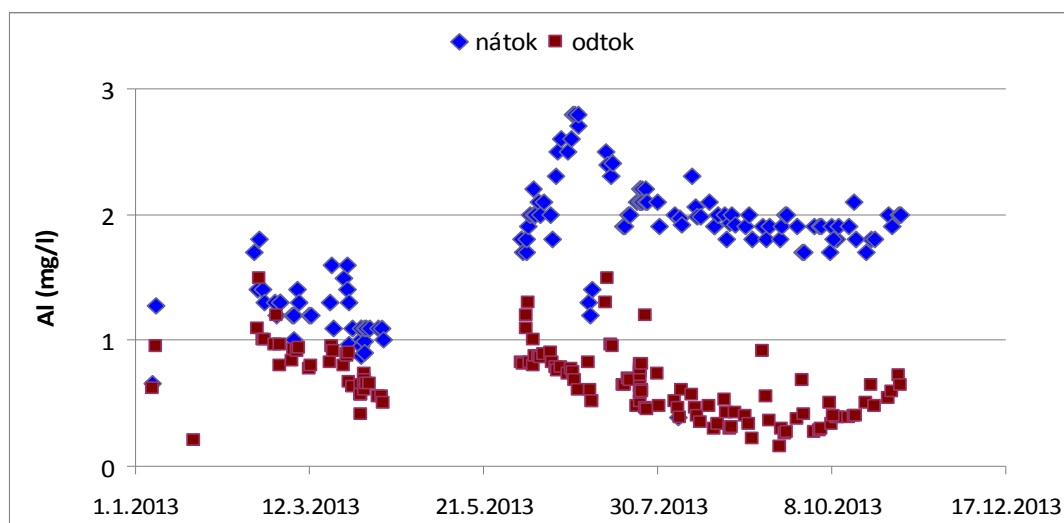
Náhlé výrazné zhoršení surové vody si vyžádalo rychlou změnu nastavení technologického procesu. Byla zvýšena dávka síranu hlinitého na 30 mg/l a spuštěna předalkalizace vápenným mlékem. Preventivně byly zkráceny filtrační cykly.

Předalkalizace vápenným mlékem se ukázala jako obtížně regulovatelná a proto bylo v rámci zkušebního provozu přistoupeno k úpravě linky vápenného hospodářství a bylo zprovozněno dávkování vápenné vody.

Na odtoku z flotačních jednotek byla kvalita předupravené vody průměrně 1,8 mg/l CHSK_{Mn} a 0,4 mg/l hliníku. (obr. 33 a 34).

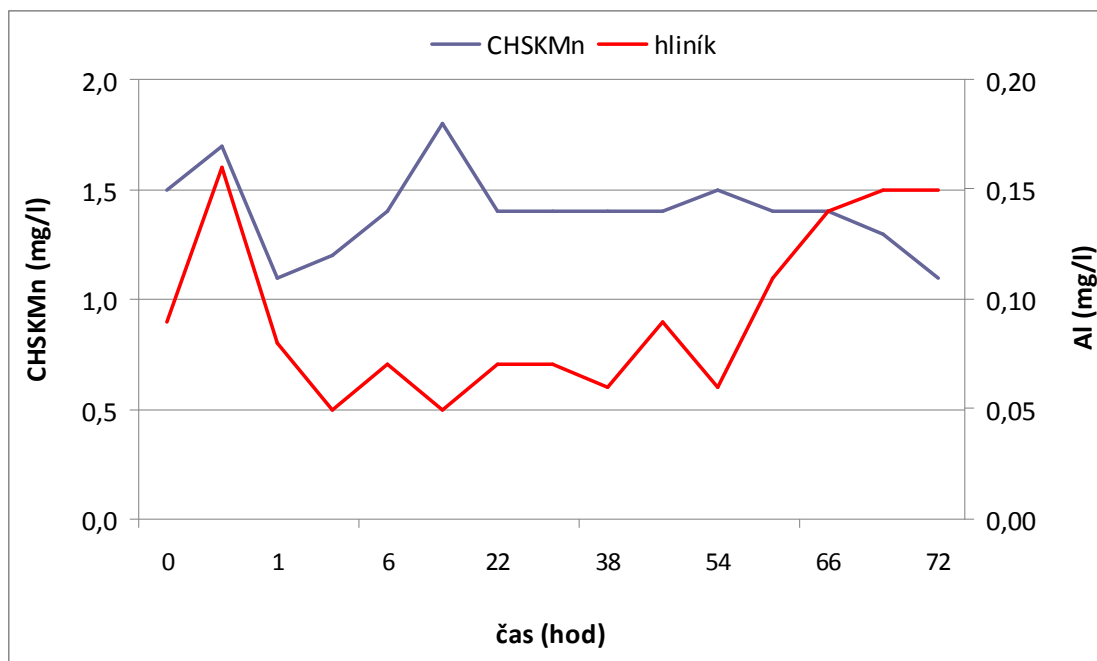


obr. 33 Koncentrace CHSK_{Mn} – pozitivní vliv úpravy linky vápenného hospodářství

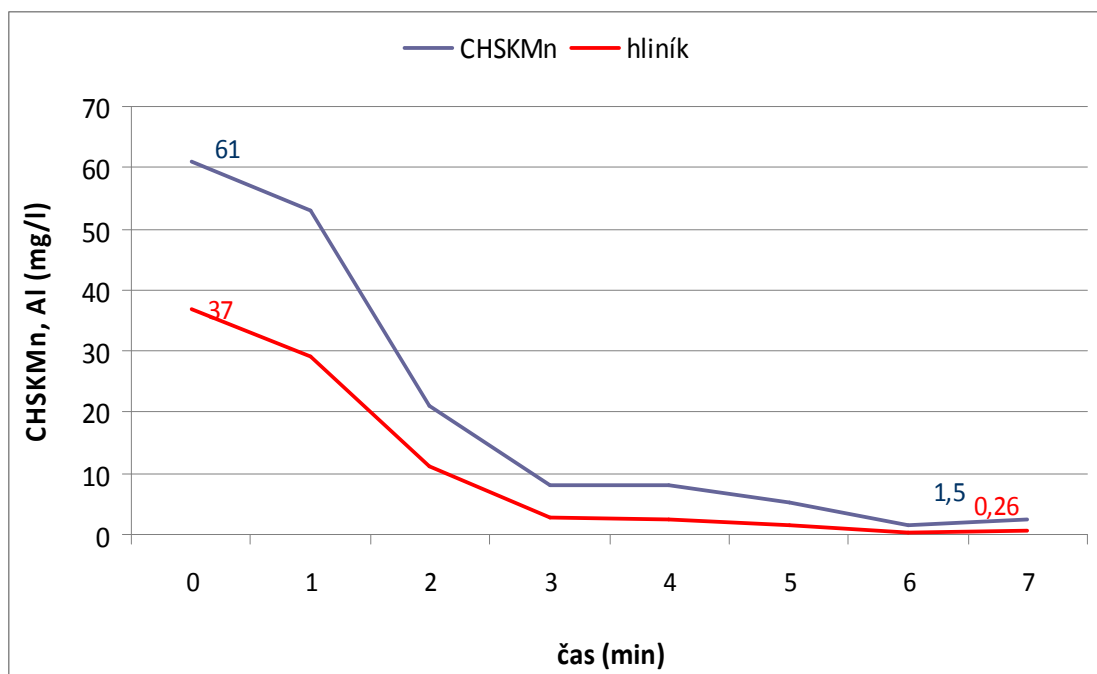


obr. 34 Koncentrace Al – pozitivní vliv úpravy linky vápenného hospodářství

Odtah pěny z hladiny byla prováděna v intervalu 40 až 120 minut dle kvality surové vody a velikosti výroby. Na odtoku z flotace je pro kontrolu kvality instalován čítač částic, UV absorbance a měření pH. (obr. 35 a 36) ukazují koncentrace $CHSK_{Mn}$ a Al v průběhu filtračního a pracího cyklu.



obr. 35 Koncentrace $CHSK_{Mn}$ a Al v průběhu filtračního cyklu



obr. 36 Koncentrace $CHSK_{Mn}$ a Al v průběhu pracího cyklu

Při běžném provozu jsou filtry provozovány s délkou filtračního cyklu 72 hodin. (obr. 37). To umožňuje mít technologickou vodu do 6 % celkové výroby. V případě zhoršení kvality surové vody jsou filtrační cykly zkráceny dle potřeby, většinou na 48 hodin. Na odtoku z filtrů je kontinuálně měřena UV absorbance. Obsluha tak může operativně reagovat na kvalitu filtrátu a filtr dle potřeby vyprat. Na potrubí směsného filtrátu je instalován čítač částic.



obr. 37 Nová filtrace – vlastní foto 2018

V průběhu zkušebního provozu nedošlo k výraznému výskytu organismů v surové vodě. Maximální naměřené hodnoty byly v květnu 2013, konkrétně 354 jedinci/ml. Šlo převážně o zlativky. Flotace je odstranila s účinností vyšší než 95 %. Objem vody na praní jednoho filtru se pohybuje dle aktuálního nastavení 120 až 150 m³.

12.3 Závěr z rekonstrukce ÚV Jirkov

Závěrem lze říci, že úpravná pracuje spolehlivě. Hlavním přínosem stavby byla instalace prvního separačního stupně (flotace) a aplikace drenážního systému Leopold. Separační účinnost obou stupňů je velmi vysoká. Rekonstrukce ÚV Jirkov splnila očekávání.

12.4 Pemza

Přesto, že rekonstrukce byla velice úspěšná, rozhodla se společnost Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. na této úpravně provést experiment s dalším možným materiálem pro filtraci vody, než je klasický vodárenský písek a to s pemzou. Pemza je zatím používána pouze v některých lokalitách v zahraničí. Jde o přírodní materiál, vyvřelou horninu pórovité struktury, kterou lze zařadit k tzv. přírodním sklům. Pemza je známa jako prostředek k odstranění ztvrdlé kůže např. z chodidel a bývá také obsažena v peelingových krémech. (ČSN EN 12906).

12.4.1 Průběh experimentů

Modelová filtrační kolona byla umístěna za první separační stupeň. V pravidelných časových intervalech byly odebírány vzorky filtrátu a zároveň se prováděl odečet vodoměru. Ve vzorcích se stanovovala koncentrace hliníku, organických látek (CHSK_{Mn} a absorbance. Experiment byl prováděn s filtračním pískem o velikosti zrna do 1,6 mm.

12.4.2 Výsledky

Provoz na ÚV Jirkov byl po celou dobu testu stabilní a technologický stupeň flotace produkoval vodu konstantní kvality. Během prvního cyklu byla koncentrace hliníku mírně přes 0,8 mg/l a $CHSK_{Mn}$ 1,6 mg/l. V ostatních cyklech byla voda produkovaná flotací opět, co se týče kvality, stabilní. Koncentrace hliníku se pohybovala do 0,7 mg/l a $CHSK_{Mn}$ 1,4 mg/l. Průměrná separační účinnost se tedy pohybovala v parametru hliník na zhruba 88% a parametru $CHSK_{Mn}$ okolo 43%.

12.4.3 Závěr

Závěrem lze konstatovat, že pemza je vhodnou alternativou ke klasickým, dodnes používaným filtračním materiálům, ve vodárenství. Lze ho použít na jednostupňové i dvoustupňové úpravně vody při použití zrnitosti 0,6 až 1,6 mm. Je vhodný jako spodní vrstva ve dvouvrstvých filtrech v kombinaci s materiály menší hustoty, jako je např. antracit či aktivní uhlí. (Bartoš, L., Dubánek, V., Beyblova, S., 2014).

13. ÚPRAVNA VODY MEZIBOŘÍ

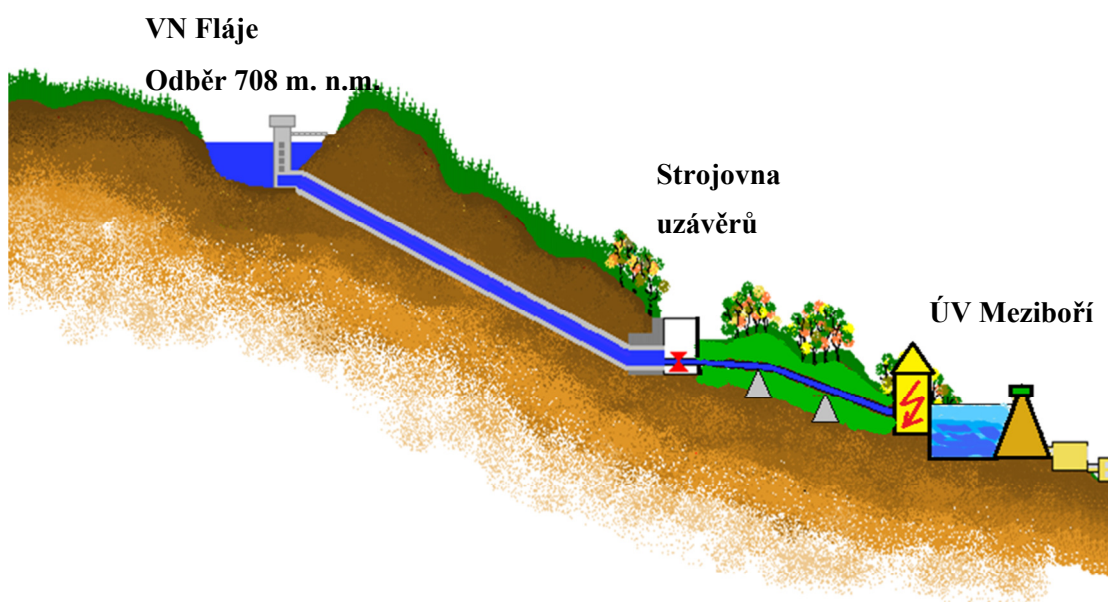


obr. 38 ÚV Meziboří – vlastní foto 2018

Úpravna vody Meziboří je jednou z významných úpraven vody, které zajišťují výrobu pitné vody pro potřeby Severočeské vodárenské soustavy v Ústeckém kraji. (obr. 38). Díky svému umístění je určena především pro zásobení měst Meziboří, Duchcov, Teplice a Bílina a přilehlých obcí, částečně také pro Most, Litvínov a Ústí

nad Labem. Pro zásobení části uvedených spotřebišť Severočeské vodárenské soustavy je úpravná voda Meziboří nenahraditelná.

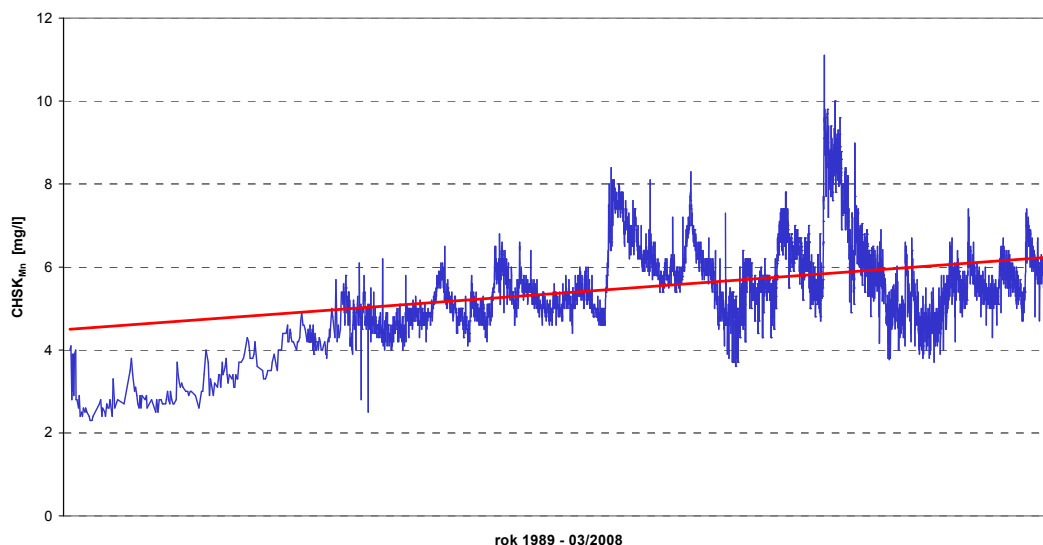
Úpravná voda Meziboří byla vystavěna v letech 1954 - 1963 jako součást rozsáhlého vodního díla Fláje. Vodní dílo Fláje zahrnovalo výstavbu přehrady na Flájském potoce, přivaděče do vyrovnávací nádrže, špičkové elektrárny na konci přivaděče, úpravný vody Meziboří a řadu zásobujících uvedená města. Vodní dílo Fláje bylo vystavěno v letech 1951 – 1964. Kvóta dna nádrže se nachází ve výšce 689 m.n.m. a koruna hráze ve výšce 739 m.n.m. (obr. 39). Zásobní prostor má objem 19,500 mil.m³. a odběrný objekt je vybaven pouze jedním odběrovým horizontem, který se nachází na kótě 708 m.n.m a jeho tato změna odběrného horizontu není možná. (Povodíohre, © 2019). VD Fláje je z hlediska kvality vody poměrně problematickou nádrží. Surová voda, která je zde odebírána se vyznačuje dlouhodobě vysokou koncentrací organických látek humínového charakteru vyjádřenou jako CHSK_{Mn}. (Šolc et al., 2008)



obr. 39 Přívod surové vody do ÚV Meziboří (SČVK 2016)

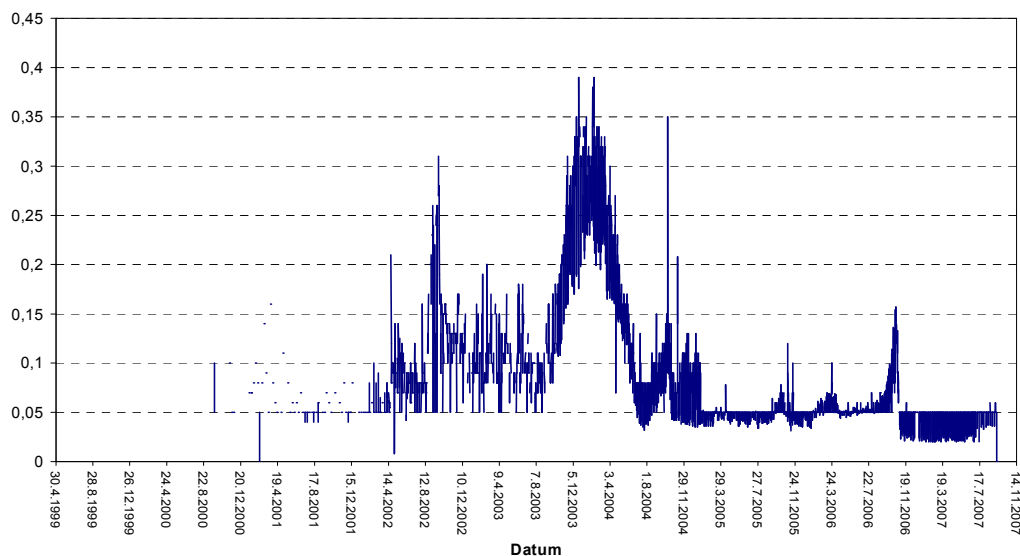
Tyto koncentrace v průběhu roku kolísají v rozmezí 4,50 – 7,50 mg/l a hodnoty přes 8,00 mg/l přestávají být výjimkou. (obr. 40 a 41). Problematický je rovněž hliník, jehož koncentrace se pohybuje v rozmezí 0,10 – 0,15 mg/l. Do popředí se také dostává, v případě nižších hladiny vody v nádrži, také mangan a železo. Zatímco s vyššími koncentracemi železa si technologie úpravný dokáže poradit celkem bez problémů, s manganem je to problematičtější.

ÚV Meziboří - CHSK_{Mn} voda surová



obr. 40 VN Fláje – CHSK_{Mn} surové vody 1998 - 2008

Meziboří , surová voda,
výskyt manganu v letech 2000-2007



obr. 41 VN Fláje – CHSK_{Mn} surové vody 1998 - 2008

13.1 Popis technologické linky ÚV Meziboří a její rekonstrukce (viz příloha 5,6)

Úprava vody Meziboří byla původně navržena na maximální výkon 800 l/s. Postupným zhoršováním jakosti surové vody se však výkon 800 l/s stal při dané technologii úpravy vody nereálným. Proto v období osmdesátých a devadesátých let proběhly v úpravně vody Meziboří rozsáhlé rekonstrukční práce, rozdělené do několika etap. Nejdříve byla provedena rekonstrukce vápenného hospodářství,

následovala výstavbu nové reakční nádrže s děrovanými stěnami, dávkování oxidu uhličitého, rozšíření čerpací stanice pro Meziboří. Na konci devadesátých let byla provedena komplexní rekonstrukce pískové filtrace a vodojemu prací vody, v posledních letech pak byla doplněna čerpadla prací vody, část elektrozařízení a systém řízení technologie.

Stávající jednostupňová technologická linka úpravy vody se stále více potýkala se zhoršující se kvalitou surové vody, charakterizovanou obsahem huminových látek, nárůstem $CHSK_{Mn}$, sezónním výskytem mikroorganismů, problematická je rovněž nízká teplota vody v zimních měsících a občasný výskyt Manganu.

Zároveň končila životnost části stavebních objektů a technologického zařízení, narůstala četnost poruch drenážního systému. (Fedor F., 2008)

Z uvedených důvodů bylo rozhodnuto doplnit na úpravně vody první separační stupeň, rekonstruovat pískovou filtraci, akumulární nádrže pod pískovými filtry a související armaturní prostor, doplnit a modernizovat chemické hospodářství, řešit otázku snížení obsahu manganu v surové vodě. V rámci řešení zabezpečení napájení úpravy vody elektrickou energií bylo nutné provést nejen výměnu transformátorů, ale především rekonstruovat rozvodnu NN a na ní pak nově napojit všechny spotřebiče elektrické energie. Součástí stavby byla také rekonstrukce akumulace upravené vody $4 \times 2 \text{ } 125 \text{ m}^3$ a čerpací stanice Meziboří.

Současně bylo rozhodnuto snížit maximální výkon úpravy vody na reálných 550 l/s, což odpovídá současným požadavkům potřeby vody v Severočeské vodárenské soustavě.

Realizace rekonstrukce byla naplánována na 34 měsíců a její průběh bylo nutné velmi pečlivě koordinovat se souběžnou rekonstrukcí ÚV Jirkov. (Hydroprojekt CZ a.s., 2011).

Jelikož jsou z úpravy vody zásobena spotřebišť, která nelze zásobovat z jiného zdroje soustavy, zůstala ÚV Meziboří po celou dobu rekonstrukce v provozu. Probíhala pouze dílčí omezení výkonu úpravy, ovšem při realizaci celé řady provizorních opatření na úpravně vody nebo na distribučním systému.

Postup výstavby byl v návaznosti na požadovaný výkon úpravy vody rozdělen na dva základní celky. První celek (výkon 270 l/s, délka trvání cca 20 měsíců) obsahoval rekonstrukci odběrného objektu, výstavbu inženýrských objektů, výstavbu reakční nádrže a flotace, rekonstrukci čerpací stanice a vodojemu upravené vody a částečnou rekonstrukci chemického hospodářství. Druhý celek (výkon 180 l/s, délka trvání cca 14 měsíců) obsahoval rekonstrukci pískové filtrace, rekonstrukci akumulace, dokončení SŘTP a chemického hospodářství.

Úpravna vody Meziboří byla rekonstruována na výkon (surová voda):

- minimum 100 l/s
- průměr 340 l/s

- maximum 550 l/s

Složení technologické linky úpravy vody po rekonstrukci je následující:

Vyrovnávací nádrž

Na začátku se nachází jímací objekt surové vody, který odebírá vodu z vyrovnávací nádrže, (obr. 42), kde následně dochází k dávkování oxidu uhličitého, vápenného hydrátu ve formě vápenné vody, manganistanu draselného, (v případě, že probíhá proces odmanganování) a síranu hlinitého, (v případě, že neprobíhá proces odmanganování). Toto dávkování chemikálií dochází před reakční nádrží.



obr. 42 ÚV Meziboří – vyrovnávací nádrž - vlastní foto 2018

Reakční nádrž

Následně vše prochází přes reakční nádrž, (obr. 43), kde za reakční nádrží dochází k alternativnímu dávkování oxidu uhličitého a vápenného hydrátu ve formě vápenné vody. V případě, že probíhá proces odmanganování, tak dochází i k dávkování síranu hlinitého.



obr. 43 Reakční nádrž – vlastní foto 2018



obr. 44 Flotace – vlastní foto 2018

Flotace

Následně vše prochází I. separačním stupněm, (flotací), kde dochází k dávkování polymerního flokulantu do flotace. (obr. 44). Poté dochází k dávkování polymerního

flokulantu (za flotaci) a alternativně vápenného hydrátu ve formě vápenné vody a to vše ještě předtím, než se voda dostane na pískové filtry. Nastává druhý separační stupeň, kde se nachází 8 pískových rychlofiltrů o velikosti (8x45m²). Vše poté odtéká do akumulární nádrže, která je umístěna přímo pod pískovou filtrací (585,4 m³).

UV lampy

Dále voda protéká přes UV záření, (obr. 45), a dochází k dalšímu dávkování oxidu uhličitého, vápenného hydrátu ve formě vápenné vody, chloru a síranu amonného. (obr. 46). Upravená voda se poté akumuluje v zásobnících (4x 2125m³), zde odchází na kalové hospodářství a přes vyrovnávací nádrž se zahuštěním odpadních vod je odvedena do kanalizace a odsazená voda do Poustevnického potoka.



obr. 45 UV lampy – vlastní foto 2018



obr. 46 Dávkování chemikálií – vlastní foto 2018

Zkušební provoz rekonstruované úpravně vody byl zahájen v květnu 2015 a ukončen v dubnu 2016. Investorem stavby byla Severočeská vodárenská společnost a.s., projektantem SWECO Hydroprojekt a.s., zhotovitelem „Sdružení Úpravna vody 2012“.

13.2 Poznatky ze zkušebního provozu ÚV Meziboří

Výrazně vyšší nároky na úplnost předávaných dílčích částí nebo celků uváděných do předčasného užívání ihned po realizaci, se v průběhu zkušebního provozu nakonec projeví pozitivně. Celá řada zařízení totiž v době oficiálního zahájení zkušebního provozu již byla provozována několik měsíců.

Vedle běžných drobných provozních nedostatků, které jsou přirozené v rámci každého zkušebního provozu nového zařízení, stojí za to zmínit následující: Hadicová čerpadla vápenného mléka (typ Ponndorf) - docházelo k poměrně častému praskání hadic. (obr. 47). Namísto 1000 provozních hodin dosahovaly hadice životnost pouze 250 hodin. Dodavatel čerpadel po dohodě s výrobcem hadic proto provedl přestavbu vnitřní části čerpadla z typu P-classic (2 bary) na typ P-classic plus (4 bary). Tato změna spočívala v doplnění PTFE-vyložení, výměně přírub a hadicových koncovek a výměně hadice. Uvedená změna se projevila pozitivně.



obr. 47 Praskání hadic (SčVK 2016)

Nedostatečná dimenze rozebíratelného spoje u míchadel flotace byla vyřešena doplněním protilehlého ložiska pro zpevnění osy míchadla. (obr. 48).



obr. 48 Doplnění protilehlého ložiska pro zpevnění osy míchadla (SčVK 2016)

Závada v komunikaci mezi centrálním SŘTP a dílčím SŘTP linky vápenného hospodářství způsobila přeplnění denních zásobníků vápenného hydrátu, kdy ho na podlaže skončily cca 3 tuny. (obr. 49). Řešení spočívalo v úpravě řídicího programu.



obr. 49 Závada v komunikaci mezi centrálním SŘTP a dílčím SŘTP vápenného hospodářství (SčVK 2016)

U tažného lanka shrabovacího zařízení vyflotovaného kalu docházelo k jeho postupnému vytahování, což mělo za následek porušení celistvosti vyflotované vrstvy kalu. (obr. 50). Narušená vrstva se trhala a kal klesal zpět ke dnu. Nutná častější výměna tažného lanka je řešena jeho zesílením.



obr. 50 Zesílení dimenze tažného lanka shrabovacího zařízení vyfotovaného kalu (SČVK 2016)

V průběhu zkušebního provozu došlo k období srpen 2015 až prosinec 2015 ke zvýšení koncentrace Manganu v surové vodě. Tento jev se objevoval již v předcházejících letech, ovšem pouze v krátkém období několika málo dnů a rovněž v menších koncentracích. Toto období pozitivně ověřilo funkčnost nové linky odmanganování.

Jako velmi přínosné se projevilo doplnění prvního separačního stupně – flotace. (obr. 51). Její zprovoznění znamená výrazné odlehčení linky filtrace. Účinnost linky ($CHSK_{Mn}$) se v celoročním provozu pohybuje v rozmezí 37 - 45 % pro nepříznivé zimní období s velmi nízkou teplotou surové vody. Pro ostatní částí roku se účinnost pohybuje v rozmezí 46 – 62 %.



obr. 51 ÚV Meziboří – dno flotační nádrže (SČVK 2016)

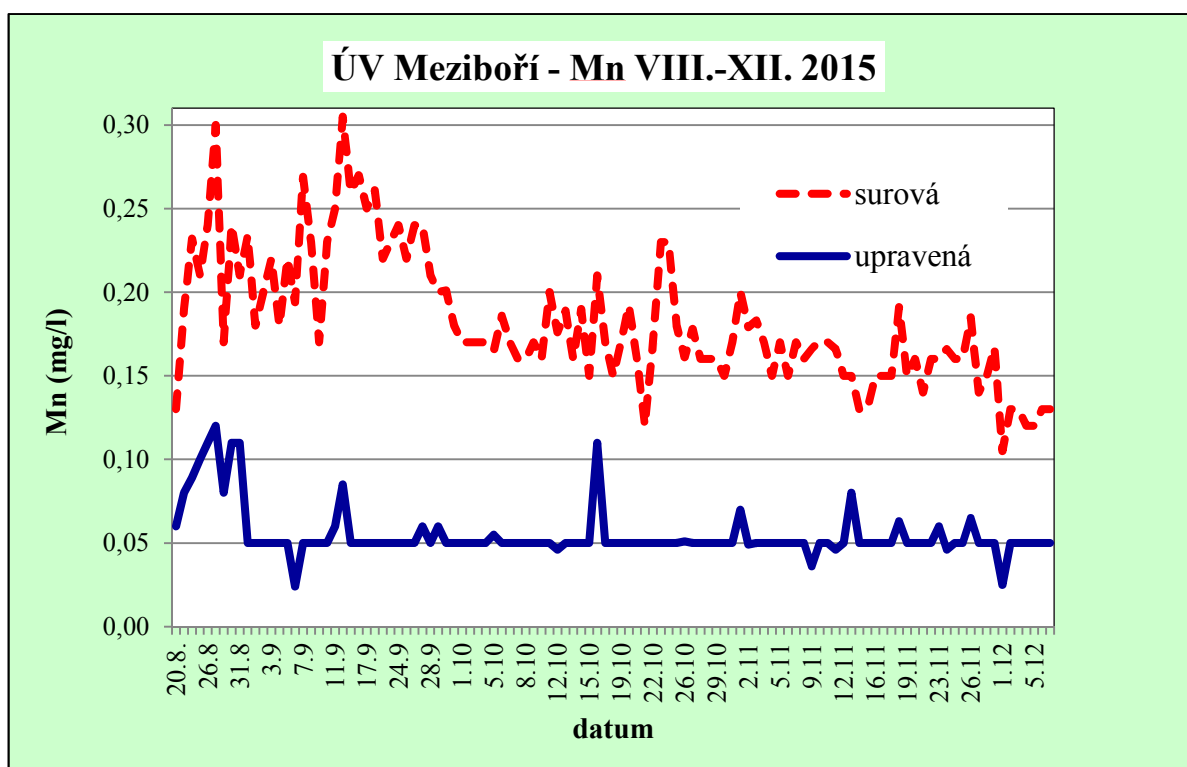
Drenážní systém Leopold

Dalším výrazným přínosem do technologie ÚV Meziboří bylo osazení nového drenážního systému (typ Leopold), (obr. 52) a zlepšení odtoku prací vody doplněním dalších sběrných žlabů do každého filtru. (obr. 53). K původnímu sběrnému žlabu, umístěnému podélně uprostřed každého filtru, byly z každé strany přidány dva žlaby příčné, rovnoměrně rozmístěné po ploše filtru.

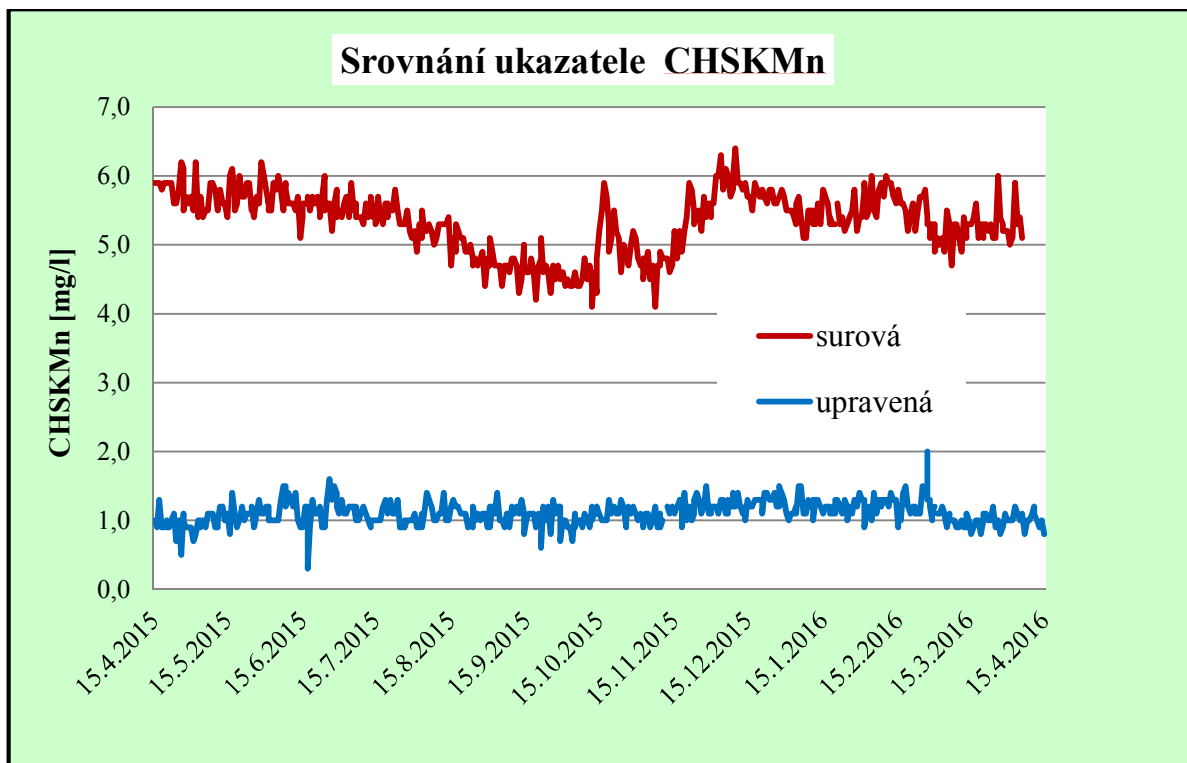


obr. 52 Instalace drenážního systému (SčVK 2011) obr. 53 Zlepšení odtoku prací plochy (SčVK 2015)

Porovnání spotřeby vody na praní filtrů před rekonstrukcí (období duben 2011 až březen 2012) a po rekonstrukci (období duben 2015 až březen 2016) prokázalo roční úsporu prací vody ve výši 32 %. Při srovnatelné výrobě vody (cca 350 l/s) se filtrační cyklus prodloužil ze 16 hodin na 32 hodin.



obr. 54 Koncentrace Manganu v období srpen – prosinec 2015



obr. 55 Srovnání ukazatele $CHSK_{Mn}$

Na (obr. 54 a 55) je znázorněna koncentrace Mn v období srpna až prosinec roku 2015 a srovnání ukazatele $CHSK_{Mn}$ v období dubna 2015 až dubna 2016.

13.3 Závěr z rekonstrukce ÚV Meziboří

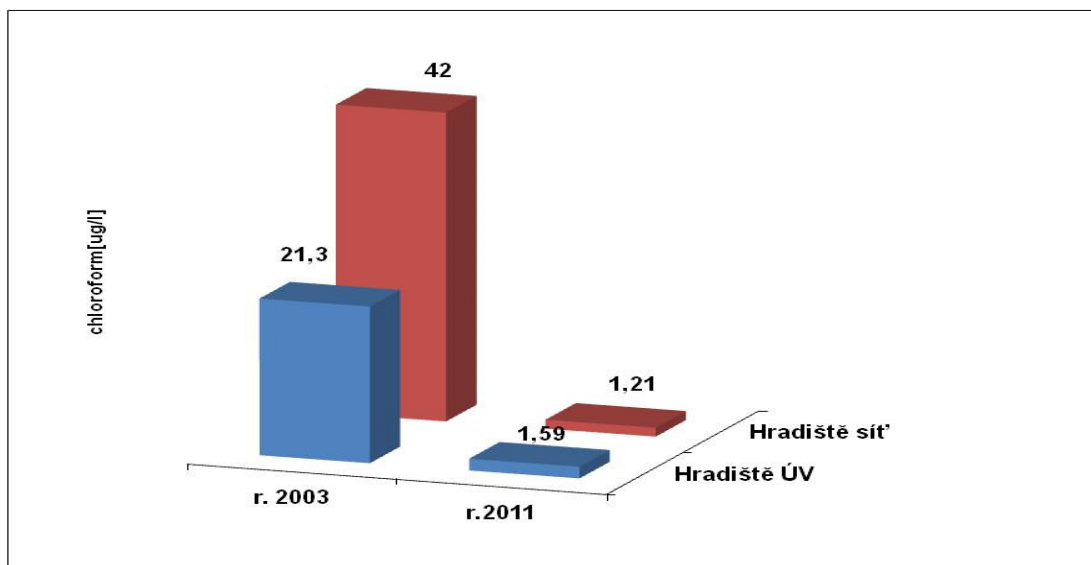
Ze získaných materiálů je zřejmé, že nový systém praní je schopen se vypořádat s větším objemem kalů zachycených ve filtračním loži. Filtr po praní produkuje téměř okamžitě požadovanou kvalitu filtrátu a praní tedy neznamená potenciální možnost zhoršení směšného filtrátu. Mnohamilionová investice prokázala svou oprávněnost. Bohužel tlak na vlastníka a provozovatele bude neustálý, stejně jako bude neustálý trend negativního vývoje v povodí VD Fláje. Závěrem je možno konstatovat, že voda na výstupu z úpravní vody je po všech stránkách zabezpečena v souladu s hygienickými požadavky a úpravná pracuje spolehlivě i při zhoršené kvalitě surové vody. Hlavním přínosem rekonstrukce úpravní byla instalace prvního separačního stupně (flotace), drenážního systému Leopold a kvalitního řídicího systému. Strojní a materiálová modernizace přinesla nižší provozní poruchovost celé technologické linky. Na základě uvedených skutečností můžeme konstatovat, že rekonstrukce ÚV Meziboří byla zdařilá a splnila očekávání.

14. VÝSLEDKY

14.1 Porovnání naměřených výsledků na ÚV Hradiště v roce 2003, 2011 a 2018

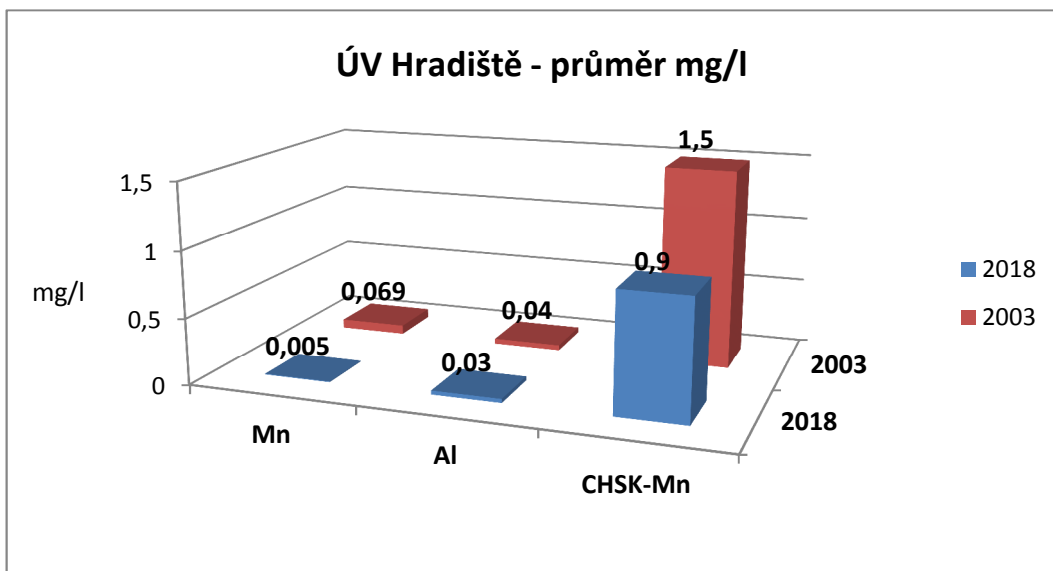
V následujícím grafu je doložena průměrná koncentrace chloroformu na úpravně vody Hradiště při hygienickém zabezpečení pouze plynným chlorem v roce 2003 a je

porovnána s průměrnou koncentrací chloroformu v roce 2011. V grafu je uvedena koncentrace chloroformu na úpravně vody a v distribuční síti. (Obr. 56).



obr. 56 Koncentrace chloroformu na ÚV Hradiště a v distribuční síti v letech 2003 a 2011

V dalším grafu je porovnání výše průměrného výskytu manganu, hliníku a $CHSK_{Mn}$ v distribuční síti v roce 2003 před rekonstrukcí a naměřené hodnoty v roce 2018, kde je vidět významné snížení těchto hodnot. (Obr. 57).

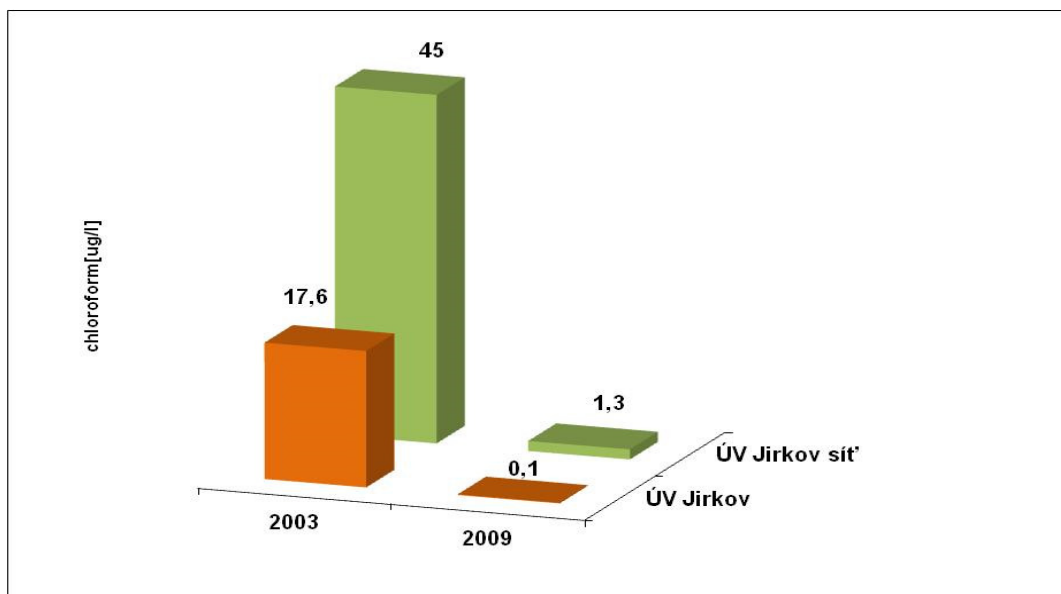


obr. 57 Koncentrace Mn, Al a $CHSK_{Mn}$ na ÚV Hradiště a v distribuční síti v letech 2003 a 2018

14.2 Porovnání naměřených výsledků na ÚV Jirkov v roce 2003, 2009, 2010 a 2018

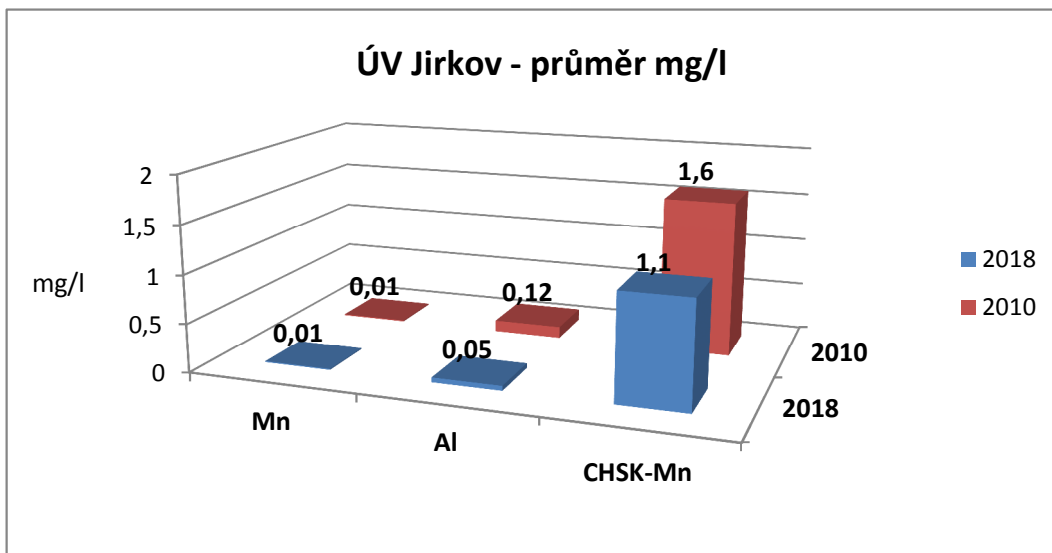
V následujícím grafu je doložena průměrná koncentrace chloroformu na úpravně vody Jirkov při hygienickém zabezpečení pouze plynným chlorem v roce 2003 a je

porovnána s průměrnou koncentrací chloroformu v roce 2011. V grafech jsou uvedeny koncentrace chloroformu na úpravě vody a v distribuční síti. (obr. 58).



obr. 58 Koncentrace chloroformu na ÚV Jirkov a v distribuční síti v letech 2003 a 2009

V dalším grafu je porovnání výše průměrného výskytu manganu, hliníku a $CHSK_{Mn}$ v distribuční síti v roce 2010 před rekonstrukcí a naměřené hodnoty v roce 2018, kde je vidět významné snížení hliníku a $CHSK_{Mn}$, mangan je ustálený. (obr. 59).

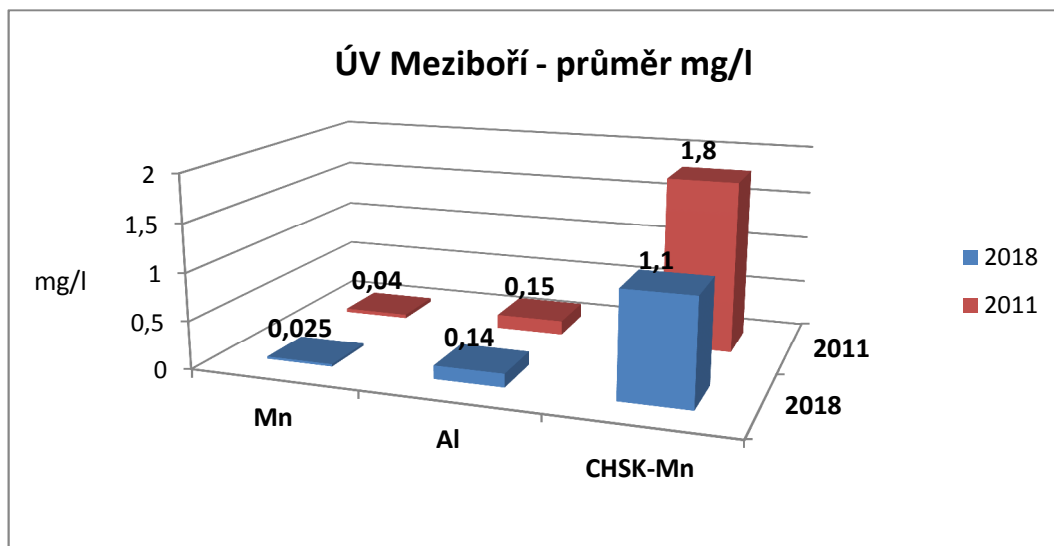


obr. 59 Koncentrace Mn, Al a $CHSK_{Mn}$ na ÚV Jirkov a v distribuční síti v letech 2010 a 2018

14.3 Porovnání naměřených výsledků na ÚV Meziboří v roce 2011, 2015 a 2018

Vlivem provozní situace v distribuční síti bylo na ÚV Meziboří možno opakovaně s úspěchem ověřit také dlouhodobější provoz v rozmezí 70 – 95 % výkonu úpravně.

Rovněž v dalších oblastech, jako je řízení provozu či úroveň sběru provozních dat, došlo k významnému zlepšení provozního komfortu. Co se týče výše průměrného výskytu manganu, hliníku a $CHSK_{Mn}$ v distribuční síti v roce 2011 před rekonstrukcí a naměřené hodnoty v roce 2018, zde je patrné snížení manganu a $CHSK_{Mn}$, u hliníku došlo k mírnému zlepšení. (Obr. 60).



obr. 60 Koncentrace Mn, Al a $CHSK_{Mn}$ na ÚV Meziboří a v distribuční síti v letech 2011 a 2018

15. Ekonomické aspekty jednotlivých rekonstrukcí

Ne každý si dokáže představit, že při opravách, či rekonstrukcích vodovodních a kanalizačních sítí, musí společnosti opravující tuto vodohospodářskou infrastrukturu (jak se souborně kanalizacím, vodovodům, čistírnám odpadních vod, úpravnám vod, vodojemům či přivaděčům vod říká), platit za zábory pozemků, na nichž opravy probíhají, nemalé peníze, ačkoli jde o veřejný zájem. To vše jsou ovšem náklady na výrobu a čištění vody, které v důsledku zaplatí spotřebitel. Náklady jednotlivých rekonstrukcí úpraven se pohybují v několika desítkách milionu korun. Náklady na rekonstrukci ÚV Hradiště se vyšplhaly na 164 mil. Kč, rekonstrukce ÚV Meziboří byla stanovena na částku 238,5 mil. Kč a rekonstrukce ÚV Jirkov byla dokonce vyčíslena na 250 mil. Kč. (František Fedor, II. 2019, in verb.)

16. DISKUSE

Shrnu-li informace o jednotlivých úpravnách vody a prostředcích pro desinfekci pitné vody, neexistuje v zásadě prostředek, který by kromě požadovaného účinku při desinfekci pitné vody, nepřinášel vznik rizika vedlejších produktů, které mohou být v některých případech větším zdravotním rizikem, než látky touto desinfekcí odstraňované, jak popisuje Janda (2013). Proto stanovení univerzálního řešení, které by bylo vhodné pro konkrétní úpravný vody, které jsem navštívil a kde jsem popisoval technologickou linku těchto úpraven, není v zásadě možné. Z naměřených výsledků kvality pitné vody vyplývá, že na konkrétních úpravnách vody, které jsem ve své práci popisoval, projektanti Dolejš a Dobiáš (2006), zvolili bezchybně fungující technologickou linku, která odstraní maximum znečištění a na závěr

dokázali zvolit kombinaci takových desinfekčních prostředků, které podstatně snížili škodlivé látky v pitné vodě, tak, jak to vyplývá z mých měření. Dle mého názoru je zabezpečení vody do budoucna v UV lampách, tak jak navrhl Hydroprojekt CZ, a.s. (2011), které fungují skvěle, leč jsou drahé, jejich životnost je omezena a nedokáží chránit vodu po trase. Z informací, které jsem během mého měření a popisu získal, vyplývá, že budoucnost úpravy vody, je filtrace přes granulované aktivní uhlí. Bude to znamenat významné zlepšení kvality pitné vody, protože filtrace přes GAU umožní odstranění z pitné vody a z koloběhu v rámci životního prostředí, maximum nežádoucích látek, jako jsou např. pesticidy, farmaka a xenobiotika. (ASIO © 2011-2019)

17. ZÁVĚR

Přínosem této práce je shrnutí problematiky spojené s úpravou surové vody na třech úpravárnách vody v České republice. Z provedených analýz jednoznačně vyplývá, že rozhodujícím kritériem pro kvalitu pitné vody je provádění oprav, přestavby, modernizace sítí a objektů úpraven vod. Je víceméně patrné, že předpokladem pro výrobu pitné vody je funkční technologie těchto úpraven vod a to především prvního a druhého separačního stupně, případně nahrazení pískové filtrace, filtrací přes granulované aktivní uhlí. Představa, že se zastaralým technologickým zařízením a tím spojenou nedostatečnou funkcí technologické linky úpravní vody je možné na závěr vše zachránit pouze použitím desinfekčního prostředku, je hluboký omyl. Špatně fungující technologická linka nedokáže odstranit rizikové znečištění a výsledkem je pak skutečnost, že desinfekcí takto upravené vody se získají pouze další výrazně rizikovější látky v pitné vodě.

Proto by mělo být zásadou vždy zajistit bezchybně fungující technologickou linku úpravní vody, která dokáže odstranit maximum znečištění a na závěr volit kombinaci takových desinfekčních prostředků, které nejméně škodí. Vždy se tu a tam najde nějaké to „zázračné řešení“ v podobě ozonizace nebo oxidu chloričitého, které se pak následně ukáže stejně jako v případě chloru, že je zdrojem dalších problémů. Proto nečekejme na žádné zázračné řešení a zacházejme s prostředky desinfekce, které máme k dispozici, odpovědně. K desinfekci pitné vody je proto třeba přistupovat vždy velmi uvážlivě a vždy zvažovat důsledky použité technologie.

Stejně, jako je tomu v jiných oborech, objevují se i v technologii úpravy vody stále nové poznatky a inovace. Jejich zavádění do praxe se někdy zbytečně až o desetiletí zpožďuje nebo zavádí velmi pomalu. Tím dochází k ekonomickým ztrátám i produkci pitné vody s horší kvalitou oproti možnostem současného stavu techniky. Aby bylo možné zavádět a všestranně plně využívat intelektuálně náročnější technologické procesy, je nezbytné je dobře poznat a optimálně začlenit do koncepce technologické linky úpravní. Dospěl jsem také k závěru, že uvedené 3 úpravní vody se s těmito problémy zdárně vypořádávají a z dosud získaných výsledků je možné doporučit instalaci UV-lamp i na další úpravní povrchové a následně i podzemní vody. Bezesporu se jedná o významný bezpečnostní prvek zajišťující požadovanou kvalitu pitné vody. Úroveň chlorace resp. chloraminace je na uvedených úpravárnách na minimální úrovni, pouze pro zajištění hygienického zabezpečení vody

dopřovaně distribučním systémem. Pokud tedy shrnu výsledky měření, které byly provedeny na třech úpravách vody, tak dopadli bezesporu velice dobře.

Procesy úpravy vody jsou velmi komplexní. Kvalita surové vody se liší na každé lokalitě. Zatím nezbývá než vycházet při zavádění inovací a při koncipování kvalitních rekonstrukcí úpraven z výsledků dobře prováděné předprojektové přípravy na poloprovozních modelech, tak, jak je tomu běžnou praxí v celém vodárensky rozvinutém světě.

Seznam Literatury

Bartoš L., Fedor F., Dolejš P.: Vyhodnocení zkušebního provozu úpravní vody Hradiště. Sborník XII. mezinárodní vodohospodářské konference „Voda Zlín 2008“, s. 137-142. Moravská vodárenská, a.s. 2008.

Bartoš L., Dubánek V., Beyblová S.,: Pemza, alternativní filtrační materiál ve vodárenství – konference „Pitná voda Tábor 2014“.

Bellar T.A., Lichtenberg J.J., Kroner R.C.,1974: J.Amer. Water Works Assoc. 66, 703.

Cook, D., 2004: Newcombe G. Van we predict the removal of MIB and geosmin with PAC by using water quality parameters? Water Sci.Technology. Water Supply 2004:4:221-226.

Čihař J. et Janka O., 1978: Naše přehrady. Nakladatelství Albatros, Praha, 162 str.1.vydání 13-760-78.

ČSN EN 12906: Výrobky používané pro úpravu vody určené k lidské spotřebě – Pemza. Evropský výbor pro normalizaci, Praha, 2013. 16 s.

Dolejš, P. et Dobiáš, P., 2006: První výsledky z rekonstruované filtrace na ÚV Hradiště. Sborník konference „Pitná voda 2006“, s 183-188. W&ET Team, Č.Budějovice 2006.

Dolejš, P et Dobiáš. P., 2006: Výsledky provozu rekonstruované filtrace na ÚV Hradiště. Sborník konference s mezinárodní účastí Pitná voda, s. 173-180. Slovenský národný komitét IWA a SvF STU Bratislava 2006.

Fedor F.,: Zkušenosti s provozováním filtračních drenážních systémů bez mezidna, sborník konference Pitná voda 2008, Tábor.

František Fedor, II.2019, in verb.

Hydroprojekt CZ a.s., Středa P. a kol., Koordinace rekonstrukce úpraven vody Jirkov, Meziboří a III.Mlýn, Posudek, 05.2011.

Ing.Josef Drbohlav, Hydroprojekt a.s., Praha – Rekonstrukce úpravní vody Hradiště)

Kopfová K., Bartová P., Avdičová M., 2011: Výskyt infekčních ochorení prenosných pitnou vodou v Slovenskej republike vo vzťahu k zdravotnému zabezpečeniu pitnej vody. Zborník odborných prác z konferencie Modernizácia a optimalizácia úpravní vôd, ktorá sa konala v Starej Lesnej 2.-3. Marca 2011. Ed. J. Buchlovičová. ISBN 978-80-969974-4-2.

Li, Z., 2003: Removal of geosmin and 2-methylisoborneol (MIB) in drinking water. A pilot plant study of biofiltration with GAC (granular activated carbon) and LECA (light-expanded-clay-aggregates). Thesis WET Sweden, 2003:1-80.

Niemeyer M., 2008: Water. The Essence of Life, Duncan Baird Publisher, London.

Parinet, J., Rodrigues, M.,J., Sérodes, J.,B., 2013: Modelling geosmin concentration in three sources of raw water in Quebec, Canada. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185:95-111.

Plecháč V., 1989: *Voda, problém současnosti a budoucnosti*. Nakladatelství Svoboda, Praha, 327 str. ISBN 80-205-0096-0.

Rook J., 1974: *Journal Water Treatment Examination* 23, S. 234-243.

Syruček M.,2011: *Voda, jak ji neznáme*. Nakladatelství Epoque, Praha, 202 str. ISBN 978-80-7425-105-4.

Šolc J., Šimko V., Onderíková V., 2008: Kvalita vody vo vodárenských nádržiach a potreba modernizácie úpravni vody v SR. *Sborník konference Pitná voda 2008*, s. 323-328. W&ET Team, České Budějovice, ISBN 978-80-254-2034-8.

Václav J., 2013: *Metody desinfekce pitné vody – výhody a nevýhody*. *Sborník odborných prací z konference o Zdravotním zabezpečení pitné vody, konané v hotelu LUX v Banské Bystrici 9-10-dubna 2013*, str.3-5, ISBN 978-80-971272-0-6.

Watson, S.,B., Charlton, M., Yerubandi, R., Howell, T., Ridal, J., Brownlee, B., Marvin, C., Millard, S., 2007: Off flavour in large waterbodies: physics, chemistry and biology in synchrony. *Water Sci. Technology*. 2007:55:1-8.

Asio, © 2011-2019: *Filtrační technologie* (online) [cit.2019.2.14], dostupné z <<https://www.asio.cz/cz/filtracni-technologie>>.

Jirkov, © 2019: *Vodní díla, vodní dílo Jirkov* (online) [cit.2019.2.20], dostupné z <<https://www.jirkov.cz/zivotni-prostredi-/voda-/vodni-nadrze-/vodni-dila/>>.

Michek, V., 1991: *Voda-Hygienici se starají o veřejné zdraví* (online) [cit.2019.1.15], dostupné z <<https://www.vegetarian.cz/ostatni/voda/voda4.htm> l>.

Pražská vodohospodářská společnost, a.s. © 2000: *Historie vodárenství* (online) [cit.2019.1.20], dostupné z <<http://www.pvs.cz/historie/historie-vodarenstvi> >.

MŽP, © 2019: *Ochranná pásma vodních zdrojů* (online)) [cit.2019.1.12], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/ochranna_pasma_vodnich_zdroju>.

O vodárenství, ©2011: *Expert na úpravu vod: problémy se sinicemi a pesticidy porostou* (online) [cit.2019.3.13], dostupné z <<http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/expert-na-upravu-vod-problemy-se-sinicemi-a-pesticidy-porostou%3E>>.

Povodí Ohře, © 2019: *Vodní dílo Fláje* (online) [cit.2019.2.19], dostupné z <<https://www.poh.cz/vodni-dilo-flaje/d-2602>>.

Povodí Ohře, © 2019: Vodní dílo Přísečnice (online) [cit.2019.2.19], dostupné z <http://www.povodiohře.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=200341&id=2616&n=vodni-dilo-prisecnice&p1=53>.

SČVK, © 2019: Chemikálie (online) [cit.2019.3.18], dostupné z <<https://www.scvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/chemikalie/>>.

SOVAK, © 2018: SZÚ potvrdil vysokou kvalitu pitné vody z veřejných vodovodů (online) [cit.2019.2.16], dostupné z <<https://www.sovak.cz/cs/clanek/szu-potvrdil-vysokou-kvalitu-pitne-vody-z-verejnych-vodovodu>>.

SOVAK, © 2018: Kam nás vede revize směrnice o pitné vodě? (online) [cit.2019.2.16], dostupné z <<https://www.sovak.cz/cs/clanek/kam-nas-vede-revize-smernice-o-pitne-vode>>.

Veolia, © 2018: Výroba pitné vody (online) [cit.2019.1.2], dostupné z <<https://www.veolia.cz/cs/pro-zakazniky/sluzby-pro-zakazniky-spotrebitele/vyroba-pitne-vody>>.

Voda-zdarma, © 2000: Voda a její výroba (online) [cit.2019.1.12], dostupné z <<http://www.voda-zdarma.cz/clanky/zajimavosti/voda-a-jeji-vyroba.htm>>.

Vodohospodářská společnost Dobříš, © 2019: Rozbor vody (online) [cit.2019.3.10], dostupné z <<http://www.vhs-dobris.cz/voda/slozeni-vody/rozbor-vody/>>.

Vodárenství, © 2017: Svět vody (online) [cit.2019.2.16], dostupné z <<http://www.vodarenstvi.cz/svet-vody/>>.

Vyhláška č.70/2018 Sb., vyhláška, kterou se mění vyhláška č.252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 307/2002 Sb., Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně, v platném znění.

Vyhláška č. 137/1999 Sb., Ministerstva životního prostředí, kterou stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů, v platném znění.

Zákon č.258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví, v platném znění.

Zpráva W&ET Team, Č.Budějovice 2000.

SEZNAM PŘÍLOH A OBRÁZKŮ

Příloha 1: ÚV Hradiště - technologické schéma linky před rekonstrukcí

Příloha 2: ÚV Hradiště - technologické schéma linky po rekonstrukci

Příloha 3: ÚV Jirkov - technologické schéma linky před rekonstrukcí

Příloha 4: ÚV Jirkov - technologické schéma linky po rekonstrukci

Příloha 5: ÚV Meziboří - technologické schéma linky před rekonstrukcí

Příloha 6: ÚV Meziboří - technologické schéma linky po rekonstrukci