

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie



**Agronomická
fakulta**



Dílčí vyhodnocení zkušebního provozu úpravny vody Mostiště
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Petra Oppeltová, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Veronika Kadlecová

Brno 2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Veronika Kadlecová**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Agroekologie
Název tématu: **Dílčí vyhodnocení zkušebního provozu úpravny vody Mostišť**
Rozsah práce: 50 stran textu, grafy, tabulky, mapové přílohy, fotodokumentace

Zásady pro vypracování:

1. Literární rešerše – úprava vody a související vodoprávní legislativa
2. Vypracování metodiky řešení
3. Charakteristika nádrže a jejího povodí a popis úpravny vody
4. Vyhodnocení vybraných ukazatelů jakosti surové a upravené vody

5. Problematika kalového hospodářství
6. Diskuse
7. Závěr

Seznam odborné literatury:

1. ŘÍHA, J. a kol. *Jakost vody v povrchových vodních tocích a její matematické modelování*. 1. vyd. Brno: NOEL 2000, 2002. 269 s. ISBN 80-86020-31-2.
2. HETEŠA, J. – KOČKOVÁ, E. *Hydrochemie*. 1. vyd. Brno: MZLU, 1998. 95 s. ISBN 80-7157-289-6.
3. HERYNEK, J. – TLAPÁK, V. *Malé vodní nádrže*. Brno: MZLU, 2002. 198 s. ISBN 80-7157-635-2.
4. ŠÁLEK, J. *Malé vodní nádrže v zemědělské krajině*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. 70 s. ISBN 80-7271-051-6.
5. DOLEJŠ, P. Teorie tvorby vloček perikinetickou a ortokinetickou koagulací a její význam pro praxi. SOVAK, 2011, roč. 20, č. 9, s. 306-308. ISSN: 1210- 3039. .
6. DOLEJŠ, P. Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF) pro úpravu pitné vody a její první provozní realizace v ČR. Vodní hospodářství, 2012, roč. 56, č. 4, s. 99-101. ISSN: 1211- 0760. .
7. HLAVÁČ, J et al.: Učebnice vodárenství. CD rom, Vodárenská akciová spol. Brno, 2003
8. PITTER, P.: Hydrochemie. 2.vyd. Praha. VŠCHT, 1999, 568 s.
9. Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. v platném znění a s tím související prováděcí předpisy

Datum zadání diplomové práce: říjen 2013

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2015

L. S.


Bc. Veronika Kadlecová
Autorka práce




Ing. Petra Opletová, Ph.D.
Vedoucí práce


prof. Ing. František Toman, CSc.
Vedoucí ústavu


prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci „Dílčí vyhodnocení zkušebního provozu úpravny vody Mostiště“ vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/198 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla poděkovat své vedoucí práce Ing. Petře Opeltové, Ph.D. za odborné vedení, pomoc, ochotu a cenné rady, které mi v průběhu zpracování diplomové práce věnovala. Dále bych ráda poděkovala panu Ing. Luboši Mazlovi z Vodárenské akciové společnosti, a. s. divize Žďár nad Sázavou, za poskytnutí důležitých dat, informací a času týkající se mé DP. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu během celého studia.

ABSTRAKT

Diplomové práce se věnuje zhodnocením dílčího zkušebního provozu úpravny vody Mostiště, na které byly 1. března roku 2012 zahájeny stavební práce a celá úpravna tak byla postupně rekonstruována. Těžiště stavby spočívalo v celkové rekonstrukci a intenzifikaci úpravny vody tak, aby zajistila výrobu jakostní pitné vody, která celoročně vyhovuje zpřísnujícím se legislativním požadavkům na kvalitu pitné vody a těší se důvěře spotřebitelů vody. Nutnost rekonstruovat a doplnit technologickou linku úpravny vody vyplynula z nevyhovujících – zhoršující se jakosti surové vody, špatného technického stavu celé úpravny a jisté morální zastaralosti celé technologické linky a především z problematické jakosti vyrobené vody v určitých ukazatelích. Výsledkem práce je tedy vyhodnocení účinnosti a funkčnosti zmodernizované úpravny vody, která prozatím běží ve zkušebním provozu, a to pomocí vybraných ukazatelů sledovaných za jednotlivými separačními stupni, které jsou statisticky zpracovány do grafů a slovně zhodnoceny.

Klíčová slova: úpravna vody, jakost vody, rekonstrukce, pitná voda

ABSTRAKT

This thesis pursues an evaluation of sectional trial operation of wastewater treatment plants in Mostiště, where the reconstruction has been started on 1st March 2012. A core of the works consisted of a complete reconstruction and intensification for providing a production of drinking water which suit tightening law requirements on drinking water quality throughout the whole year and would be appreciated by users of drinking water. The necessity of the reconstruction and completion of a water treatment technological line came out of insufficiency – worsening of raw water quality, bad technical condition of the whole line and some moral obsolescence of the line and especially of problematic quality of produced water according to specific indexes. An outcome of this thesis is an evaluation of efficiency and functionality of a modernized water treatment plant which is in trial operation for now, with help of chosen indexes controled after each separation step which are statistically processed into graphs and verbally rated.

Keywords: water treatment plant, water quality, reconstruction, drinking water

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	CÍL PRÁCE	11
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
3.1	Zdroje surové vody	12
3.1.1	Podzemní vody	12
3.1.2	Povrchové vody	13
3.2	Jakost vody	13
3.2.1	Jakost podzemních vod.....	13
3.2.2	Jakost povrchových vod.....	14
3.2.3	Ochranná pásma vodních zdrojů.....	15
3.3	Surová voda	15
3.3.1	Kategorie surové vody, upravitelnost	16
3.3.2	Kontrola kvality zdroje vody	17
3.4	Základní principy úpravy vody	17
3.4.1	Mechanické způsoby.....	18
3.4.2	Chemické způsoby	18
3.4.3	Fyzikálně-chemické způsoby.....	18
3.4.4	Biologické způsoby.....	19
3.5	Typy úpraven vod	19
3.5.1	Jednoduchá úprava vody bez separačního stupně.....	19
3.5.2	Úprava vody s jednostupňovou separací	20
3.5.3	Úprava vody s dvoustupňovou separací	21
3.5.4	Úprava vody s vícestupňovou separací.....	22
3.6	Metody úpravy vody	23
3.6.1	Mechanické předčištění surové vody.....	24
3.6.2	Čiření vody	24
3.6.3	Sedimentace	25
3.6.4	Čiřiče.....	26
3.6.5	Flotace.....	26
3.6.6	Filtrace	26
3.6.7	Odželezování a odmanganování vody	27
3.6.8	Zušlechťování vody	28

3.6.9	Dezinfekce vody	28
3.7	Pitná voda	29
3.7.1	Požadavky na jakost pitné vody.....	29
3.7.2	Kontrola kvality pitné vody	30
3.8	Legislativa vodního hospodářství	30
3.8.1	Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách v platném znění (Vodní zákon).....	31
3.8.2	Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu	31
3.8.3	Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví.....	31
3.8.4	Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody	32
3.8.5	Nitrátová směrnice	32
4	CHARAKTERISTIKA NÁDRŽE A JEJÍHO POVODÍ A POPIS ÚPRAVNY VODY	33
4.1	Vodní nádrž Mostiště	33
4.1.1	Charakteristika vodní nádrže	34
4.1.2	Hydrologické poměry	35
4.1.3	Geomorfologické a geologické poměry.....	35
4.1.4	Pedologické poměry	36
4.1.5	Klimatické poměry a zemědělské hospodaření	36
4.1.6	Rybářské hospodaření.....	36
4.1.7	Zranitelné oblasti	37
4.2	Úpravna vody Mostiště	37
4.2.1	Technologická linka ÚV Mostiště před rekonstrukcí	38
4.2.2	Rekonstrukce úpravny vody	38
4.2.3	Technologická linka ÚV Mostiště po rekonstrukci	39
5	PROBLEMATIKA KALOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ	44
5.1	Kalové hospodářství ÚV Mostiště.....	44
5.1.1	Základní schéma uspořádání pro kalové hospodářství	44
5.2	Vypouštění odpadních vod	46
5.3	Likvidace kalu	47
6	MATERIÁL A METODIKA	48
7	VÝSLEDKY A DISKUSE	50

7.1	Barva	50
7.2	Zákal.....	50
7.3	Železo.....	51
7.4	Mangan.....	52
7.5	CHSK_{Mn}	52
7.6	Dusitany	53
7.7	Amonné ionty.....	53
7.8	pH	54
7.9	KNK_{4,5}	54
7.10	Mikroskopický obraz – počet organismů, živé organismy.....	55
8	ZÁVĚR.....	56
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	62
11	SEZNAM TABULEK	63
12	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	63

1 ÚVOD

Již řecký filozof Thalés Milétský kdysi pravil: „*Původ veškerého bytí je voda.*“ A tato moudrost zazněla o mnoho let později v prvním článku Evropské vodní charty: „*Bez vody není života, voda je drahocenná a nenahraditelná.*“ Voda je pokládána za strategickou surovinu, je základní složkou přírodního prostředí, základní podmínkou existence života a sociálního rozvoje.

V celém historickém vývoji člověka měla a stále má voda zásadní význam. Během několika tisíců let si však lidé osvojili způsoby pěstování, zavlažování a manipulace s vodou pro svoje vlastní a stále nekončící potřeby. Ať už k výstavbě mlýnů, úpravě a narovnávání koryt, znečišťování a vypouštění odpadních vod, masivním rybolovům apod. Nadměrná spotřeba vody, její plýtvání a nevhodné hospodaření se ale začalo projevovat a lidstvo si tak brzy začalo uvědomovat potřebu ochrany vodních zdrojů. Voda je nezbytná pro lidskou společnost a její vývoj a proto je třeba o ni neustále pečovat a hospodařit s ní.

Nejvýznamnější potřebou pro lidstvo je získání vody pro pitné účely. Pitná voda musí splňovat řadu kvalitativních parametrů, které zabezpečí fyziologické potřeby lidí a současně v žádném ohledu negativně neovlivní jejich zdraví a přirozenou existenci.

Proces úpravy vody je nejdůležitějším technologickým postupem ve vodárenství, neboť rozhoduje zásadní měrou o jakosti pitné vody. Voda je v přírodě bezprostředně ovlivňována svým prostředím, ze kterého si odnáší svůj specifický charakter a to jak po stránce fyzikálních vlastností, tak po stránce biologické a chemické. Úprava je tudíž odvislá od charakteru vody a míry jejího přírodního ovlivnění. Proto zná historie vodárenství jednoduché úpravářské technologie až po ty, které si dokáží poradit s jakýmkoli znečištěním.

Tato práce se zabývá dílčím vyhodnocením zkušebního provozu úpravní vody |Mostiště, jež prošla rozsáhlou rekonstrukcí a modernizací včetně doplnění nové technologie aby zajistila výrobu pitné vody v požadované jakosti, a to v průběhu celého roku ve vazbě na měnící se kvalitu surové vody v údolní nádrži Mostiště, ze které je voda odebírána.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je zhodnocení zkušebního provozu úpravny vody Mostiště, nacházející se na Českomoravské vrchovině nedaleko Velkého Meziříčí, která prošla rozsáhlou rekonstrukcí a modernizací a to bez přerušení výroby a dodávky pitné vody. Přestavba úpravny vody má zajistit kvalitu vyrobené pitné vody v průběhu celého roku ve vazbě na měnící se kvalitu surové vody v údolní nádrži Mostiště cestou doplnění odpovídajících technologických prvků a desinfekce vody. Dalším cílem je vypracování literární rešerše, která se zabývá technologickou úpravou surové vody na vodu pitnou a s ní související vodoprávní legislativa. Část literárního přehledu je věnována vodní nádrži Mostiště, ze které je surová voda odebírána k úpravě, jejímu povodí a v neposlední řadě zejména charakteristice samotné úpravny vody Mostiště před a po její rekonstrukci. V praktické části je cílem pomocí vybraných ukazatelů zhodnotit účinnost zrekonstruované úpravny za jednotlivými separačními stupni, a následně vyhodnocení kvality pitné vody dle platných legislativních předpisů.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Zdroje surové vody

Jako zdroj pitné vody lze využít vody podzemní a z povrchových vod přednostně vody z tzv. vodárenských toků a vody akumulované ve vodárenských nádržích. Při výběru zdroje se musí vycházet z fyzikálních, chemických a mikrobiologických vlastností vody, které se u podzemní a povrchové vody liší. Dále je třeba zaměřit se na vody, které se svým složením a vlastnostmi nejvíce blíží požadavkům na pitnou vodu. V neposlední řadě se také hodnotí využitelná vydatnost vodního zdroje, možnost ochrany jakosti vody ve vodním zdroji i potenciální nebezpečí kontaminace a další místní podmínky [27]. Použití méně kvalitního zdroje z dolních toků řek je povoleno pouze tehdy, nejsou-li k dispozici dostatečné zdroje vody vyhovující jakosti. V takovýchto případech je technologický postup úpravy vody mnohem složitější a nákladnější [43].

3.1.1 Podzemní vody

Podzemními vodami jsou dle vodního zákona vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vody se rovněž považují vody protékající pod zemními drenážními systémy a vody ve studních [9].

Ve srovnání s povrchovými vodami jsou většinou mineralizovanější, mají stálou teplotu (s výjimkou vod infiltrovaných), neobsahují kyslík buď vůbec, anebo jen ve velmi malém množství a koncentrace oxidu uhličitého je podstatně vyšší než je tomu u povrchových vod [7]. Velmi nízká je také koncentrace organických látek a obsah organismů je nepatrný nebo žádný. Složení podzemních vod je ovlivněno celou řadou procesů jako např. přímé rozpouštění některých sloučenin ve vodě, výměna iontů (např. vápníku za sodík), biochemické procesy (nitrifikace, respirace, atd.) dále infiltrující atmosférické a povrchové vody, které mohou často obsahovat různé cizorodé látky, jakými jsou např. pesticidy, uhlovodíky aj. [26], [44]. Podzemní vody bývají také často znečišťovány. V mnoha případech se jedná o znečištění dusíkatými látkami, hlavně dusičnany, které se do podzemních vod dostávají vyplavováním dusíkatých hnojiv z půdy do podloží. Mezi závažné znečištění převážně havarijního charakteru patří znečištění ropnými látkami, které prakticky vylučuje použití vody k úpravě na vodu pitnou [14].

3.1.2 Povrchové vody

Vodní zákon definuje povrchové vody jako přirozeně se vyskytující na zemském povrchu a tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních [9]. Povrchové vody se dělí na tekoucí (vodní toky) a stojaté. Tyto vody tvoří nyní převažující většinu zdrojů pitné vody, zároveň jsou ale recipientem odpadních vod [8].

Vyznačují se obvykle vyšší proměnlivou teplotou, menší mineralizací, a zatímco jsou podzemní vody často v anoxickém stavu a obsahují větší koncentrace oxidu uhličitého u povrchových vod je tomu naopak. Počet mikroorganismů bývá podstatně větší a biologické složení je rozmanitější ve srovnání s vodami podzemními [25], [43].

Složení povrchových vod je kromě přírodních poměrů ovlivňováno hlavně antropogenními vlivy. Nepříznivě se na jakosti vody projevuje vliv zemědělství, eroze půdy a vypouštění nečištěných nebo nedostatečně čištěných odpadních vod všeho druhu. Vlivem tohoto znečištění pak dochází k porušování biologické rovnováhy a samočisticí schopnosti v tocích. V důsledku zvyšování obsahu živin v povrchových vodách, zejména sloučenin dusíku a fosforu, dochází ve vodárenských nádržích k velkému rozvoji vodních organismů, které následně způsobují problémy při samotné úpravě vody a zhoršují tak její sensorické vlastnosti. Zvlášť nepříznivá je také přítomnost škodlivých látek, které mohou působit toxicky. Jedná se zejména o ropné látky a některé těžké kovy, konkrétně jde o kadmium, zinek, rtuť, stříbro, měď, olovo a další [14].

3.2 Jakost vody

Přírodní vody používané v procesu úpravy na vody pitné obsahují celé spektrum látek různého charakteru a vlastností. Přestože lze upravit na vodu pitnou vody různého složení, v praxi bývá složení upravovaných vod, zejména u vod povrchových, limitováno zákonnými prostředky [12].

3.2.1 Jakost podzemních vod

Jedním ze základních faktorů, které ovlivňují jakost podzemních vod, je stupeň využívání zdroje či prameniště. V průběhu využívání vrtu nebo prameniště se kvalita podzemních vod může měnit a to v důsledku biochemické či chemické oxidace železa a manganu, rozpouštění či vylučování uhličitanu vápenatého nebo jiných dějů. Požadavky na jakost surové podzemní vody stanovuje vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001Sb.[26].

3.2.2 Jakost povrchových vod

V České republice jsou povrchové vody z hlediska množství hlavním zdrojem zásobování. Hodnocení jakosti povrchových vod se provádí podle jejich fyzikálních, biologických a chemických vlastností. Tyto ukazatele jsou upraveny normou ČSN 757221 „Klasifikace jakosti povrchových vod“ a nařízením vlády č. 61/2003 Sb. v platném znění [35].

Norma rozlišuje z hlediska čistoty toků pět jakostních tříd:

- I. třída – velmi čistá voda
- II. třída – čistá voda
- III. třída – znečištěná voda
- IV. třída – silně znečištěná voda
- V. třída – velmi silně znečištěná voda

Jakost vody se klasifikuje na základě výsledků kontroly z uceleného období, které bývá delší než 5 let. Při hodnocení jakosti vody následně vycházíme z mezních hodnot vybraných ukazatelů, které můžeme rozdělit do šesti skupin:

- a) ukazatelé kyslíkového režimu – rozpuštěný kyslík, BSK₅, CHSK_{Mn} nebo CHSK_{Cr};
- b) základní chemické a fyzikální ukazatelé – pH, teplota, rozpuštěné látky, konduktivita nerozpuštěné látky, amoniakální dusík, dusičnanový dusík a celkový fosfor;
- c) doplňující ukazatelé – Ca, Mg, chloridy, sírany, tenzidy, nepolární extrahované látky a organicky vázaný chlór;
- d) skupina těžkých kovů – Hg, Cd, As, Pb;
- e) biologické a mikrobiologické ukazatele saprobní index, koliformní bakterie a fekální koliformní bakterie, enterokoky a e-coli;
- f) ukazatelé radioaktivity – celková objemová aktivita alfa a celková objemová aktivita beta;

okamžitá jakost povrchové vody je určována řadou faktorů, z nichž nejdůležitější jsou množství znečištění, které se do vody dostává z bodových a plošných zdrojů, průtočné množství, teplota vody, intenzita přirozených procesů a manipulace s vodními díly [26].

3.2.3 Ochranná pásma vodních zdrojů

Dle zákona o vodách je v pravomoci vodoprávního úřadu k ochraně vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti zdrojů podzemních nebo povrchových vod využívaných nebo využitelných pro zásobování pitnou vodou s odběrem větším než 10 000 m³ za rok stanovit ochranná pásma (OP), a to buď na základě návrhu, nebo z vlastního podnětu.

Stanovují se 2 pásma:

- ochranné pásmo I. stupně
- ochranné pásmo II. stupně

Ochranné pásmo I. stupně se vyhláší

- u vodárenských nádrží pro zásobování pitnou vodou (pro celou plochu hladiny)
- u ostatních nádrží s vodárenským využitím
- u vodních toků (týká se ochrany místa odběru)
- v ostatních případech pak individuálně

Ochranné pásmo II. stupně se stanoví vně OP I. stupně a může být tvořeno jedním souvislým nebo více od sebe oddělenými územími v rámci hydrologického povodí nebo hydrologického rajonu.

V ochranném pásmu I. a II. stupně je zakázáno provádět činnosti poškozující nebo ohrožující vydatnost, jakost nebo zdravotní nezávadnost vodního zdroje, jejichž rozsah je vymezen v opatření obecné povahy o stanovení nebo změně ochranného pásma. [9], [1].

3.3 Surová voda

Surová voda je voda, která je odebírána z vodního zdroje a dopravená do úpravní vody k použití k úpravě na vodu pitnou. Je to tedy část povrchové nebo podzemní vody, která vstupuje do technologie úpravy vody.

Rozdílnost kvality surové vody je dána prostředím, se kterým je voda v kontaktu. Na kvalitu vody má vliv horninové podloží, složení sedimentů, srážkové a teplotní poměry splachy při srážkách, zalesnění a v neposlední řadě i lidská činnost (bodové, plošné a liniové znečištění). Voda také obsahuje rozpuštěné látky a plyny, různé suspenze, koloidní a organické látky přítomné v přirozených vodách (huminové látky) [10].

3.3.1 Kategorie surové vody, upravitelnost

Při výběru vodního zdroje, který je vhodný pro zásobování pitnou vodou je třeba zaměřit se na takový vodní zdroj, který se v přirozeném stavu svým fyzikálním, chemickým, mikrobiologickým popř. biologickým složením a vlastnostmi co nejvíce blíží požadavkům na pitnou vodu [10].

Při rozhodování se řídíme vyhláškou č. 428/2001 Sb. v platném znění, která surovou vodu rozděluje do třech kategorií (Tab. 1) podle ukazatelů jakosti. Pro hodnocení kvality surové vody je definováno 40 parametrů, 36 chemických ukazatelů, z toho 2 součtové, 4 mikrobiologické a biologické ukazatele. Pro tyto parametry se uvádí mezní hodnota pro jednotlivé kategorie.

Tab. 1. Typy úprav pro jednotlivé kategorie surové vody

Kategorie	Typy úprav
A 1	Úprava surové vody s koncovou dezinfekcí pro odstranění sloučenin a prvků, které mohou mít vliv na její další použití a to zvláště snížení agresivity vůči materiálům rozvodného systému včetně domovních instalací (mechanické nebo chemické odkyselení), dále odstranění plynných složek a pachu provzdušňováním. Prostá filtrace pro odstranění nerozpuštěných látek a zvýšení jakosti.
A 2	Surová vody vyžaduje jednodušší úpravu, např. koagulační filtraci, jednostupňové odželezování, odmanganování nebo infiltraci, pomalou biologickou filtraci, úpravu v horninovém prostředí a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody.
A 3	Úprava surové vody vyžaduje dvou či vícestupňovou úpravu oxidací, čiřením, odželezováním a odmanganováním s koncovou dezinfekcí, popř. jejich kombinací. Mezi další vhodné procesy se řadí, např. využívání aktivního uhlí, ozónu, flotace či pomocných flokulatů. Tyto ekonomicky náročnější postupy technicky zdůvodněné (např. sorpce na speciálních materiálech, iontová výměna, atd.) se používají mimořádně.

Podle § 13. odst. 2 zákona lze vodu této jakosti výjimečně odebírat pro výrobu vody pitné s udělením výjimky příslušným krajským úřadem. Pro úpravu na vodu pitnou se však musí použít technologicky náročnější postupy spočívající v kombinaci typů úprav uvedených pro kategorii A3, při čemž je nutné zajistit stabilní kvalitu vyráběné pitné vody dle vyhlášky č. 252/2004 Sb., v platném znění, přednostním řešením v takových to případech je však eliminace příčin znečištění nebo vyhledání nového zdroje vody [25].

3.3.2 Kontrola kvality zdroje vody

Existují dva základní účely kontroly kvality zdroje vody v závislosti na technologii úpravny:

- Provozní rozbor – je určen k technologickému řízení provozu a sleduje aktuální kvalitu surové vody. Rozsah provozního rozboru je stanoven jako minimální, přesto může být z technologické nutnosti rozšířen o další rizikové parametry. V případě, že je surová voda přiváděna z několika vodních zdrojů, odebírají se vzorky jak ze směsi jednotlivých zdrojů, tak je doporučováno kontrolovat každý zdroj samostatně.
- Úplný (monitorovací) rozbor – slouží pro účely monitoringu kvality surové vody z hlediska dlouhodobého vývoje a pro řízení jakosti vody používané k úpravě na vodu pitnou. Rozsah rozborů uvádí vyhláška č. 428/2001 Sb. v platném znění. Kromě výše uvedeného se úplný rozbor provádí i z důvodu klasifikace zdroje surové vody do tříd A1, A2, A3. Výsledky jsou předávány na MZ, které vypracovává dlouhodobé plány pro zlepšení jakosti surové vody

Vhodným doplněním sledování kvality surové vody je kontinuální sledování vybraných chemických parametrů jako např. měření zákalu, pH, vodivosti, absorbance atd. [25], [37].

3.4 Základní principy úpravy vody

Technologické způsoby úpravy vody jsou obdobou samovolných procesů při koloběhu vody v přírodě, jejich průběh je však podstatně urychlen. V úpravárnách je podobně jako v přírodě úprava vody založena na principu mechanickém, chemickém, fyzikálně chemickém nebo biologickém. Konkrétní způsoby a technologické postupy jsou voleny podle toho, zda je upravována voda povrchová nebo podzemní a podle určení upravované vody. Limitujícími faktory u vod podzemních jsou především koncentrace železa, manganu a agresivního oxidu uhličitého. V povrchových vodách jsou to látky suspendované nebo koloidní látky projevující se např. barvou či zákalem [43], [26].

Rozdělení způsobů úpravy vody podle zdroje uvádí následující tabulka:

Tab. 2. Rozdělení způsobů úpravy vody podle zdroje

Povrchová voda	Podzemní voda
mechanické předčištění	odkyselování
preoxidace	odželezování
číření	odmanganování
filtrace	filtrace
adsorpce	dezinfekce
dezinfekce	odstraňování vápníku a hořčíku
ultrafiltrace, nanofiltrace	deionizace
stabilizace	demineralizace
flotace	desorpce
fluorizace	membránové procesy
	iontová výměna

3.4.1 Mechanické způsoby

Používají se většinou při odstraňování hrubých nečistot obsažených především v povrchových vodách. Jejich účelem je ochrana čerpacích zařízení před mechanickým poškozením a zanášením potrubí. Do této skupiny způsobů jsou zařazena česla, síta, lapáky písku či usazovací nádrže.

3.4.2 Chemické způsoby

Tyto způsoby jsou zejména používány při úpravě podzemních vod a to k odstranění např. oxidu uhličitého, železa, manganu, vápníku, hořčíku, atd. Jsou založeny na neutralizaci, srážení, případně oxidaci vzdušným kyslíkem nebo silnými oxidačními činidly jako např. chlorem a jeho sloučeninami, ozonem, manganistanem draselným apod.

3.4.3 Fyzikálně-chemické způsoby

Slouží např. k odstranění nerozpuštěných koloidně dispergovaných látek z vody (koagulace, flotace), rozpuštěných plynů (desorpce vzduchem), k odbavování a dezodorizaci vody (adsorpce aktivním uhlím) deionizaci případně k demineralizaci vody.

3.4.4 Biologické způsoby

Uplatňují se především při odželezování a odmanganování vody, při pomalé filtraci, desulfataci a denitrifikaci, umělé infiltraci a úpravě vody v horninovém prostředí [28].

3.5 Typy úpraven vod

Kvalita surové vody přímo ovlivňuje složitost úpravy vody a volbu metod či rozsahu úpravy. Rozlišují se tedy čtyři typy úpraven vod podle počtu separačních stupňů. Prvním typem je úpravna bez separačního stupně, dalším typem je jednostupňová, dvoustupňová či vícestupňová úpravna vody.

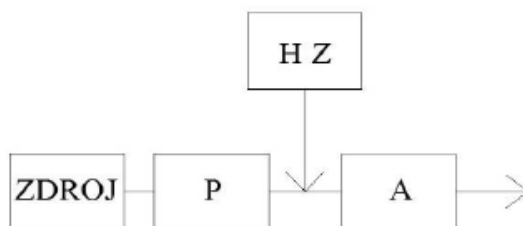
Příčemž kritériem pro rozhodování o počtu separačních stupňů je:

- u vody podzemní musí být celkový obsah železa a manganu obsažených v surové vodě menší než 5 mg/l; úprava jednostupňová
- u vody povrchové má být množství nadávkovaného koagulantu u jednostupňové úpravy < 20 – 25 mg/l [29], [30].

3.5.1 Jednoduchá úprava vody bez separačního stupně

Jednoduchou úpravou bez potřeby separace se upravují vody ze zdrojů minimálně přírodně negativně ovlivněných, či minimálně znečištěných. Taková to úprava se provádí především u vod podzemních s minimálním obsahem organických látek, dvojmocného železa a manganu.

Voda se upravuje aerací (mechanické provzdušnění) za účelem odstranění nežádoucích plynů a pachů (volný oxid uhličitý, sirovodík, bahenní plyny, metan atd.). Provzdušnění se navrhuje také pro opačný efekt, a sice za účelem oxidace podzemní vody s nízkým obsahem kyslíku (zlepšení organoleptických vlastností). Dále je aerace využívána tam, kde je třeba vodu odkyselit (zejména kvůli negativním vlivům na materiál potrubí). Vzhledem k tomu, že tento typ úpravy nemá žádný separační stupeň, nevzniká zde kal, tudíž tyto úpravy nemívají kalové hospodářství. V praxi se tyto úpravy nazývají odkyselovací (odkyselovací stanice). Schéma takové úpravy znázorňuje obrázek č. 1. [30], [29].



P – provzdušnění vody, A – akumulace vody, HZ – hygienické zabezpečení

Obr. č. 1. Blokové schéma jednostupňové úpravy vody bez separačního stupně
(zdroj: Tuhovčák, 2006, upraveno autorkou)

3.5.2 Úprava vody s jednostupňovou separací

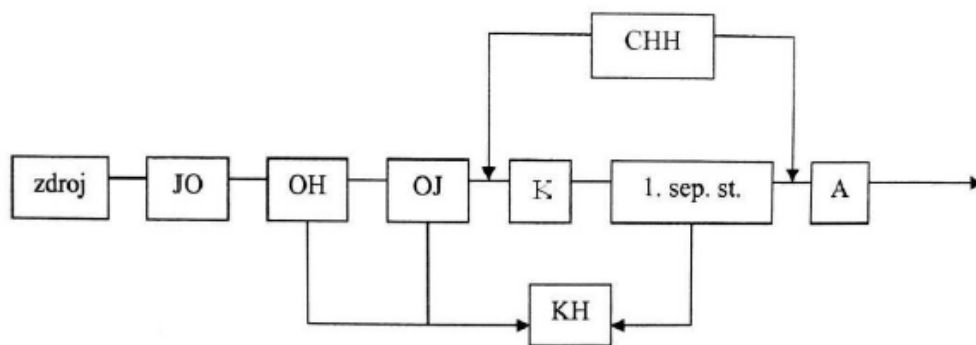
Úpravný s jedním separačním stupněm provádí separaci na jednom separačním zařízení, které je vloženo do technologické linky úpravy vody.

V případě úpravy pitné vody jednostupňovým separačním stupněm je tímto stupněm vždy filtrace. Jedná se buď o:

- pomalou biologickou filtraci
- mechanickou prostou filtraci s filtrovanou vodou bez aplikace koagulátu
- koagulační filtraci s aplikací koagulantu

Většinou je u takové úpravy potřeba provést určitý druh předúpravy a doúpravy vody a ta se liší podle původu upravované vody. U podzemních vod je snaha během předúpravy oxidovat dvojmocné železo na mangan (Fe^{2+} a Mn^{2+}) do trojmocné podoby (Fe^{3+} a Mn^{3+}), která je separovatelná. To se provádí mechanickou aerací vody nebo dávkováním chemikálií. Jako předúprava může být aplikována rovněž dávka alkalizačního činidla za účelem zvýšení pH upravované vody pro lepší separaci manganu v prvním separačním stupni. Jako doúprava podzemní vody může být použito zušlechtění vody (např. filtrace přes granulované aktivní uhlí), ale v každém případě se musí před akumulací a distribucí pitné vody do spotřebiště provést dezinfekce. U povrchové vody bývá součástí předúpravy koagulace a flokulace s následnou koagulační filtrací. Jako doúprava může být provedena alkalizace vody za účelem úpravy pH a rovněž musí být provedena dezinfekce.

Jak je patno ze schématu, (Obr. č. 2) u tohoto typu úpravy se kalové hospodářství týká jemných a hrubých odlučovačů a prvního separačního stupně (např. prací voda z rychlofiltrů) [29], [30].



JO – jímací objekt, OH – odlučovače hrubé, OJ – odlučovače jemné, K – koagulace, flokulace, A – akumulace, CH H – chemické hospodářství, KH – kalové hospodářství

Obr. č. 2 Blokové schéma úpravy vody s jednostupňovou separací (zdroj: Tuhovčák, 2006, upraveno autorkou)

3.5.3 Úprava vody s dvoustupňovou separací

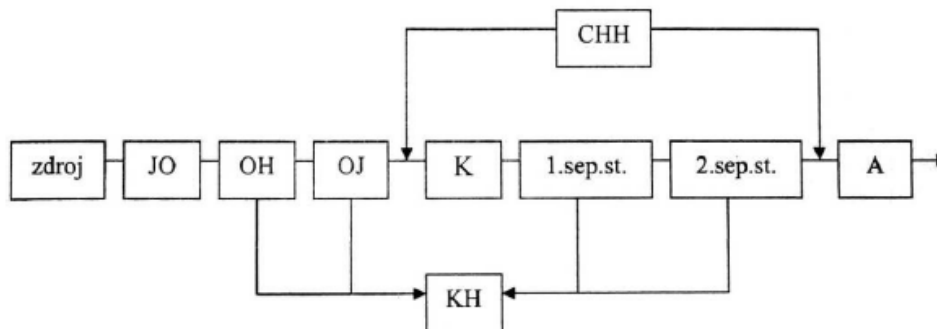
V případě vyšších koncentrací suspendovaných koloidních a rozpuštěných látek ve vodě a při potřebě vyšší dávky koagulantu je nutno tyto látky z upravované vody odstraňovat na dvou separačních stupních.

Prvním separačním stupněm mohou být:

- mikrofiltry,
- filtry
- sedimentační nádrže různého typu a různého konstrukčního řešení
- čiriče s vločkovým mrakem
- flotace vody

Druhým separačním stupněm je u pitné vody vždy filtrace.

Předúprava je odvislá zejména od druhu znečištění vody a dle jeho množství a většinou je stejná jako u jednostupňové úpravy. U tohoto typu úpravy vzniká kal na hrubých a jemných odlučovačích, na prvním separačním stupni (např. usazovací nádrže) a na druhém separačním stupni (voda z praní filtrů) (Obr. č. 3).



JO – jímací objekt, OH – odlučovače hrubé, OJ – odlučovače jemné, K – koagulace, flokulace,
A – akumulace, CH H – chemické hospodářství, KH – kalové hospodářství

Obr. č. 3. Blokové schéma úpravní vody s dvoustupňovou separací (zdroj: Tuhovčák, 2006, upraveno autorkou)

3.5.4 Úprava vody s vícestupňovou separací

Úprava s více separačními stupni se využívá v případech velmi znečištěných vod nebo při mimořádných požadavcích na jakost upravené vody nebo pro úpravu vody na dvou stupních s následnou doúpravou vody nahrazující třetí separační stupeň

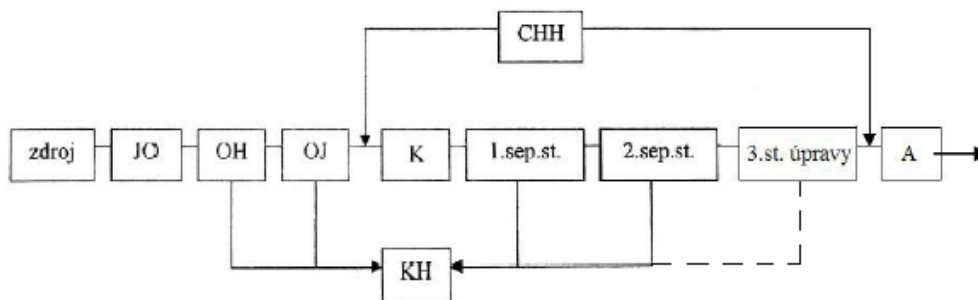
Úpravna se třemi stupni může mít např. tyto stupně:

- sedimentace – 1. separační stupeň,
- odželezovací filtry – 2. separační stupeň
- odmanganovací filtry – 3. separační stupeň u vody podzemní,
nebo
- sedimentace nebo čířič nebo flotace – 1. separační stupeň
- písková filtrace – 2. separační stupeň
- filtrace s aktivním uhlím – 3. separační stupeň v rámci doúpravy vody,
nebo
- sedimentace (číření, flotace) – 1. separační stupeň
- písková filtrace – 2. separační stupeň
- pomalá, biologická filtrace – 3. separační stupeň v rámci doúpravy u vody
povrchové

Třetí separační stupeň může být nahrazen doúpravou vody bez separace, a to např. zušlechtním vody ozonizací, následným provzdušněním vody apod.

U více stupňové úpravy vznikají kaly na hrubých a jemných odlučovačích, na všech separačních stupních, a pokud je součástí úpravní např. filtrace přes aktivní uhlí nebo

odmanganovací filtr, tak vzniká kal i tam. Schéma víceúrovňové úpravy vody znázorňuje obrázek č. 4. [29], [30].



JO – jímací objekt, OH – odlučovače hrubé, OJ – odlučovače jemné, K – koagulace, flokulace, A – akumulace, CH H – chemické hospodářství, KH – kalové hospodářství, 3. stupeň úpravy – (3. stupeň separace, douprava vody, zušlechťování vody)

Obr. č. 4. Blokové schéma úpravy vody s víceúrovňovou úpravou (zdroj: Tuhovčák, 2006, upraveno autorkou)

3.6 Metody úpravy vody

V závislosti na povaze surové vody se liší kroky, které musí být v průběhu výroby pitné vody provedeny. Podle charakteru a koncentrace látek obsažených ve vodě je třeba volit technologický postup. Kdy sedimentací je možno odstranit z vody hrubě disperzní látky, jemnější suspenze pak sedimentací a filtrací, a velmi jemné suspenze čiřením. Rozpuštěné látky se odstraňují sorpcí, oxidací a výměnou iontů. Různé způsoby úpravy vody znázorňuje tabulka 4. [44], [24].

Tab. 3. Různé způsoby úpravy vody v závislosti na povaze nečistot

Povaha nečistot	Postup	Charakter úpravy
suspendované látky	sedimentace	mechanické postupy
	flotace	
	filtrace	
koloidní látky	vločkování	chemické, fyzikálně-chemické a biologické postupy
	srážení	
rozpuštěné anorganické nečistoty	výměna iontů	
	adsorpce	
rozpuštěné organické nečistoty	oxidace	
	biolog. úprava	

3.6.1 Mechanické předčištění surové vody

Surová voda, která je znečištěna hrubšími nečistotami a dalšími nerozpuštěnými látkami, musí být před vlastní úpravou mechanicky předčišťována. Mechanické předčištění se používá převážně u povrchových zdrojů vod (zřídka jen u zdrojů podzemních), a to velmi často jako součást jímacího zařízení nebo bezprostředně za ním [26], [29]. Tyto látky a hrubé nečistoty je třeba odstranit už v místě odběru, aby se zabezpečila ochrana čerpacích zařízení před mechanickým poškozením a potrubí před zanesením [12].

Přehled objektů mechanického předčištění [26]:

- hrubé česle 50-150 mm
- střední česle 10-50 mm
- jemné česle 2-10 mm
- rotační síta a makrosíta
- mikrosíta (mikrocez)
- lapáky písku
- usazovací nádrže

3.6.2 Čiření vody

Čiření vody je základním technologickým procesem při úpravě povrchových vod. Tímto způsobem se z vody odstraňují většinou jemné suspenze a koloidní částice. Zahrnuje v sobě jak chemické, fyzikálně-chemické, tak i hydraulické děje. Samotný proces spočívá v dávkování roztoků hydrolyzujících solí, např. hlinitých, železitých nebo železnatých, které reakcí s vodou poskytují příslušné hydroxidy.

Podstatou čiření je koagulace, tedy shlukování koloidních částic do větších agregátů, proto se velmi často v souvislosti s čiřením hovoří o koagulaci [45], [26].

Voda vtéká do tzv. flokulačních nádrží, do nichž je přiváděn příslušný koagulát. Zde se také nachází i hydromísíče, tj. soustava lopatkových míchadel, které jsou v neustálém pohybu. Tato míchadla slouží k rozmíchávání suspendovaného hydrátu a zamezují tak usazování částic hydrátů. Rozlišujeme dvojí míchání a sice, zprvu rychlé a poté pomalé aby nedocházelo k opětovnému rozbíjení vysrážených látek

Podle vznikající vysrážené látky rozlišujeme koagulaci:

- skrytá koagulace – agregace (shlukování) nedosáhlo takového stupně, aby se změna vlastností solu viditelně projevila,
- zjevná koagulace – jeví se viditelnými změnami (např. přeměnou barvy, zákalem, vločkováním).

Koagulanty jsou chemické látky, které se používají pro koagulaci a převážně jsou při úpravě vody využívány soli železa a hliníku, přičemž návrh používané chemikálie je odvislý od řady faktorů (např. složení upravované vody, teplota vody, pH, množství suspendovaných látek ve vodě a další). Soli hliníku bývají upřednostňovány při jednostupňové úpravě vody a jsou také účinnější při úpravě huminových vod. Soli železa se volí při dvoustupňové úpravě a u vod s vyšším obsahem suspendovaných látek [30].

Ze sloučenin hliníku se nejčastěji používá krystalický síran hlinitý, ze sloučenin železa je pak především používán chlorid železitý, síran železitý či chlorovaný síran železitý [2].

Uvádí se, že u dobře fungujícího čiřicího procesu se dosahuje odstranění suspendovaných a koloidních látek (zákalu) o 90 až 95 %, snížení barvy o 80 – 90 % a snížení počtu bakterií o 95-98 % [15].

3.6.3 Sedimentace

Odstraňování částic charakteru zrnitého, vločkovitého a smíšeného z vody vlivem zemské tíže se nazývá sedimentací. Sedimentace je v procesu úpravy vody využívána jako první separační stupeň a je navrhována zejména u vod povrchových s vysokým stupněm zákalu, a u vod podzemních v případech, kdy celkový obsah železa a manganu v surové vodě přesahuje 5 mg/l a více [27], [29].

Proces sedimentace probíhá dle fyzikálních zákonů, kdy na částice působí tři základní síly - tíha, vztlak a odpor prostředí. Tíha a vztlak jsou konstantní, odpor závisí na hustotě kapaliny, na její viskozitě, na tíhovém zrychlení, na tvaru částice a jejich rozměrech.

Usazovací nádrže se konstrukčně i provozně rozdělují na [2]:

- obdélníkové usazovací nádrže s horizontálním průtokem,
- kruhové usazovací nádrže s horizontálním průtokem,
- kruhové usazovací nádrže s vertikálním průtokem,
- patrové a lamelové usazovací nádrže.

3.6.4 Čiřiče

Čiřiče jsou zařízení pro tvorbu a separaci vloček založené na efektu vločkového mraku. Vločkový mrak je po hydraulické stránce vznášená vrstva vločkovitých částic, které vznikly chemickým srážením. Ve srovnání s usazovacími nádržemi jsou úspornější z hlediska potřebné plochy i prostoru a zpravidla zahrnují i pomalé míchání.

Z hydraulického hlediska se čiřiče dělí na:

- čiřiče s rovnoměrným (stacionárním) průtokem,
 - čiřiče s dokonalým vznášením vločkového mraku,
 - čiřiče s nedokonalým vznášením vločkového mraku,
 - čiřiče s intenzivní recirkulací kalu,
- čiřiče s nerovnoměrným (nestacionárním) průtokem [26].

3.6.5 Flotace

Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF – Dissolved Air Flotation) je separační proces, který může být při úpravě pitné vody zařazen jako první separační stupeň. Suspendované látky (částice, vločky, organismy) se v kontaktní zóně spojují s mikrobublinkami vzduchu a v separační zóně jsou vynášeny k hladině, kde vytvoří plovoucí vrstvu vyflotované pěny, která je odstraňována mechanicky (stíráním, odsáváním), nebo hydraulicky. Ve srovnání se sedimentací je flotace účinnější násobně i o řád. Povrchové zatížení flotace se pohybuje v rozmezí 10 – 20 m/h, a na rozdíl od sedimentace není třeba pro intenzifikaci procesu používat zatěžkávadla nebo jiné pomocné flokulanty.

V ČR nebyla v průběhu 20. století flotace použita a to až při výstavbě nové, či případně rekonstrukci stávající úpravně vody. První instalace flotace pro úpravu pitné vody byla realizována na přelomu let 2004 – 2005 na úpravně vody Mostiště [25], [29], [16].

3.6.6 Filtrace

Filtrace je jedním z nejstarších procesů úpravy vody ve vodárenské technologii. Jedná se o separační proces, který spočívá v průchodu kapaliny přes porézní materiál filtru, který zachytí pevné látky a kapalině umožňuje průchod skrz. Následuje buď jako druhý filtrační stupeň (za čiřením) anebo je zařazen za sedimentací [38].

Existuje celá řada kritérií pro členění a rozdělení filtrace, obvykle se však rozlišují dva základní druhy filtrace:

- filtrace vrstvou zrnitého materiálu – objemová filtrace
- filtrace na filtrační přepážce – náplavná filtrace

Filtrací objemovou se z vody odstraňují částice nerozpuštěných látek, jejichž velikost je menší než velikost zrn filtrační náplně, která se obvykle pohybuje od 0,5 do 3,0 mm. Filtrační materiál může být z křemičitého písku, antracitu, aktivního uhlí aj.

U filtrace na přepážce se částice nerozpuštěných látek zachycují na vrstvě materiálu naplaveného v tenké vrstvě na tkanině ze syntetických vláken, jemném pletivu apod., ještě před zahájením filtračního cyklu. Naplavovanou hmotu tvoří např. rozsivková zemina, perlit, azbest a další [2].

3.6.7 Odželezování a odmanganování vody

Povrchové a podzemní vody často obsahují železo i mangan a způsobují tak hygienické i technické závady. Z hlediska organoleptických vlastností koncentrace železa a manganu v desetinách mg/l. způsobují pachové vjemy či změnu barvy vody (mangan způsobuje skvrny na prádle). Způsob odstraňování železa a manganu závisí především na tom, v jaké formě jsou tyto prvky ve vodě přítomny [45], [30].

Podstatou odželezování a odmanganování je oxidace sloučenin železnatých a manganatých na vyšší mocenství, v níž vytvářejí vločkovitou suspenzi, která je odstraněna jedno nebo dvoustupňovou separací [28]

V praxi se nejčastěji používají tyto metody [45]:

- Odželezování provzdušněním – přítomné dvojmocné železo se oxiduje ve vodě rozpuštěným kyslíkem,
- Odželezování a odmanganování alkalizací – k alkalizaci vody se nejčastěji používá vápenné mléka, popř. uhličitan sodný. Musí dojít ke zvýšení pH (cca na 8,3), aby mohly proběhnout srážecí reakce.
- Odželezování a odmanganování oxidačními činidly – používá se chlór, manganistan draselný nebo ozón.
- Kontaktní odželezování a odmanganování – probíhá na preparovaných pískách působením vyšších oxidů manganu.

3.6.8 Zušlechťování vody

Pod tímto označením zpravidla rozumíme zlepšování organoleptických vlastností a dodávání takových médií do vody, které v přírodním stavu neobsahuje a které mohou mít při konzumaci příznivý vliv. Jedná se zejména o provzdušňování a odplyňování, oxidaci ozonem a filtraci dolomitickými materiály. K nim přistupuje také použití aktivního uhlí a obohacování vody.

Nejstarší metodou obohacování vody je fluoridování pomocí fluoridu sodného a fluorokřemičitanu sodného, které se zavádělo hlavně v 60. letech s cílem prevence zubního kazu, zejména u dětí. V současné době se od obohacování fluorem často opouští.

Další snahou ke zlepšení biologické hodnoty vody je obohacování hořčíkem. Přesto je nejefektivnější a nejrozšířenější metodou zušlechťování vody použití aktivního uhlí a to buď v práškové, nebo v granulované formě při náhlém zhoršení jakosti surové vody, zejména při vzniku pachových závad [25].

3.6.9 Dezinfekce vody

Dezinfekce bývá obvykle posledním krokem při úpravě vody a má zásadní vliv na její kvalitu. Jejím cílem je jednak zneškodnění choroboplodných zárodků (bakterie, viry) a také prevence před jejich výskytem. Účinek procesu je závislý na fyzikálních, chemických a mikrobiologických vlastnostech vody, na druhu a dávce použitého oxidačního činidla i na zařazení procesu do souboru technologických procesů úpravy vody. Primární dezinfekce je součástí vlastního procesu úpravy vody na vodu pitnou. Sekundární dezinfekce se používá k hygienickému zabezpečení pitné vody v distribuční síti.

Při úpravě vody se většinou používá chlór ve formě kapalného chlóru či chlornanu sodného. V menší míře je pak využíváno chlorové vápno a organické chloraminy. Zejména v posledních letech je stále častěji aplikován ozon, popř. oxid chloričitý. Z ostatních oxidačních činidel nachází uplatnění manganistan draselný a peroxid vodíku. V poslední době se stále více prosazuje dezinfekce vody pomocí UV záření, které je přirozenou složkou elektromagnetického spektra a způsobuje inaktivaci mikroorganismů, aniž by docházelo k tvorbě vedlejších produktů.

Povrchové i podzemní vody obsahují také organické nečistoty různého charakteru a v různé koncentraci. Z látek přirozených se jedná o huminové látky, látky bílkovinné

povahy, tuky, sacharidy, tenzidy, pesticidy, ropné produkty aj. Takové to látky podléhají oxidaci [45], [26].

3.7 Pitná voda

„Pitnou vodu lze definovat jako zdravotně nezávadnou, která ani při trvalém používání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým nebo pozdním působením zdraví spotřebitele a jeho potomstva a jejíž smyslově postižitelné vlastnosti nebrání jejímu požívání“ [10].

Voda používaná k pitným účelům musí vyhovovat mikrobiologickým, biologickým, chemickým, fyzikálním a radiologickým požadavkům. Tato kritéria jsou stanovena ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., v platném znění, kde jsou pro stanovení hygienických limitů vymezeny pojmy:

- Ukazatele s mezní hodnotou (MH) – hodnota organoleptického ukazatele jakosti pitné vody, jejích přirozených součástí nebo provozních parametrů, jejíž překročení obvykle nepředstavuje zdravotní riziko. Není-li uvedeno jinak, jedná se o horní hranici rozmezí přípustných hodnot. Řadíme sem koliformní bakterie, barva, TOC, chuť atd.
- Ukazatele s nejvyšší mezní hodnotou (NMH) – patří sem látky vysloveně toxické povahy nebo indikující fekální znečištění, např. *Escherichia coli*, *Pseudomonas* či enterokoky jedná se o hodnotu zdravotně závažného ukazatele jakosti pitné vody, v důsledku jejího překročení je vyloučeno požití vody jako pitné, neurčí-li orgán ochrany veřejného zdraví jinak
- Ukazatele s doporučenou hodnotou (DH) – nezávazná hodnota, které znamená minimální žádoucí nebo přijatelnou koncentraci dané látky nebo její optimální rozmezí. Patří sem vápník, hořčík a jejich suma.[15], [21].

3.7.1 Požadavky na jakost pitné vody

Nejdůležitějším parametrem kvality pitné vody je bakteriologická jakost, tedy obsah bakterií a virů. Pitná voda by neměla obsahovat žádné mikrobiální a patogenní zárodky. V případě fekálního znečištění lze prokázat ve vodě různé mikroby střevního traktu, jakož i organické či anorganické látky obsažené ve fekáliích.

Mezi ukazatele (indikátory) fekálního znečištění řadíme:

- Mikrobiologické ukazatele – psychofilní, mezofilní, koliformní, termotolerantní koliformní bakterie a enterokoky;
- Biologické ukazatele – mikroskopický obraz živých a mrtvých organismů;
- Chemické ukazatele – látky obsažené v moči a tuhých fekáliích, amoniakální dusík, dusitanový dusík, fosforečnany atd.; [21], [33]

3.7.2 Kontrola kvality pitné vody

Pitná voda nesmí obsahovat živé mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví. Ukazatele jakosti pitné vody a jejich hygienické limity pak uvádí vyhláška č. 252/2004 Sb. v platném znění.

Současně tato vyhláška rozlišuje 2 typy rozborů:

- **Krácený rozbor** je zaměřen na získávání pravidelných informací o stabilitě vodního zdroje a účinnosti úpravy vody. Slouží tedy pro běžnou provozní kontrolu a to při ustáleném režimu úpravny a zdroje surové vody. Analýzou v rozsahu kráceného rozboru se zjišťuje, zda jsou dodržovány limitní hodnoty stanovené uvedenou vyhláškou nebo orgánem ochrany veřejného zdraví.
- **Úplný rozbor** poskytuje informace o tom, zda jsou dodržovány limitní hodnoty všech ukazatelů stanovených vyhláškou. Sleduje také stabilitu jakosti vyráběné vody a to v rozsahu všech sledovaných parametrů, ale i případný vliv chemikálií používaných při úpravě [25], [36].

3.8 Legislativa vodního hospodářství

Od doby, kdy se naše republika stala součástí Evropské unie, jsme povinni podřídit se evropské legislativě. Nejdůležitějším dokumentem z této oblasti je „*Rámcová vodní směrnice*“ – Směrnice 2000/60/ES evropského parlamentu a rady ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodního hospodářství. Kromě jiného, zdůrazňuje nutnost zvláštní ochrany vod využívaných jako zdroj pitné vody s cílem redukovat technické náklady na úpravu vody.

Od této evropské legislativy se odvíjí naše česká legislativa. V České republice je oblast výroby a zásobování pitnou vodou rozdělena mezi Ministerstvo zemědělství (MZe), Ministerstvo zdravotnictví (MZ) a Ministerstvo životního prostředí (MŽP). Každé z ministerstev má v kompetenci určitou oblast, kdy MŽP má na starosti ochranu vodních zdrojů [18], MZe spravuje oblast správu vodních toků a vodních děl

ve vlastnictví státu, plánování využití vodních zdrojů, výrobu pitné vody a její dopravu ke spotřebiteli a MZ zajišťuje jakost pitné vody u spotřebitele [4].

3.8.1 Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách v platném znění (Vodní zákon)

Veškerá legislativa v oblasti vodního hospodářství se odvíjí od zákona 254/2001 Sb., v platném znění. Tento zákon má chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro její hospodárně využívání vodních zdrojů a v neposlední řadě i vytvořit podmínky pro zachování a zlepšení jakosti povrchových i podzemních vod.

Řeší také povolení k nakládání s povrchovými a podzemními vodami, ochranu před povodněmi (povodňové plány), správu vodních toků, povinnosti vlastníků pozemků. Dále se zabývá vodními díly, právy jejich majitelů, ale i povinnostmi a jsou zde také vymezeny podmínky pro vodní zdroje (stanovení ochranných pásem) atd. Zákon má však celou řadu prováděcích předpisů, jako jsou nařízení vlády, vyhlášky apod. [9].

3.8.2 Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu

Úvodní ustanovení zákona definují jednak vztahy, na které se zákon vztahuje, a jednat vymezují některé základní pojmy. Ve vztahu k vodárenské technologii netřeba pozornost věnovat ustanovení § 2, odst. 1 zákona, kde je stanoveno, že vodovod je provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující vodovodní řády a vodárenské objekty, jimiž jsou zejména stavby pro jímání a odběr povrchové nebo podzemní vody, její úpravu a shromáždění.

Zákon také ukládá Krajským úřadům zajistit zpracování a schválení plánu rozvoje vodovodů a kanalizací pro své území. Plán obsahuje koncepci řešení zásobování pitnou vodou, včetně vymezení zdrojů povrchových a podzemních vod, uvažovaných pro účely úpravy na vodu pitnou, a koncepci odkanalizování a čištění odpadních vod v daném územním celku. Vlastník vodních děl je povinen zajistit průběžné vedení majetkové evidence a provozní evidence svých vodovodů a kanalizací. Dále jsou povinni zpracovat a realizovat financování obnovy vodovodů a kanalizací nejméně na 10 kalendářních let [41].

3.8.3 Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví

Tento zákon se týká celé oblasti působnosti hygienické služby a jen část, několik paragrafů se zabývá vodním hospodářstvím. Z nich například:

§ 3 provozovatel vodovodu pro veřejnou potřebu je povinen zajistit, aby dodávaná pitná voda měla jakost dle platné legislativy;

§ 4 provozovatel vodovodu pro veřejnou potřebu je povinen zajistit provádění kontroly jakosti vody u držitele osvědčení o akreditaci. Tyto výsledky musí předat neprodleně v elektronické podobě orgánům ochrany veřejného zdraví;

§ 5 se týká materiálu pro styk s vodou, jejíž bližší podmínky stanovuje vyhláška č. 409/2005 o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou;

§ 19 upravuje činnosti epidemiologicky závažné (výroba potravin, provozování stravování, atd.) mezi níž patří i provozování úpraven vod a vodovodů [40], [20].

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

Touto vyhláškou se v souladu s právem Evropských společenství stanoví hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody, včetně pitné vody balené a teplé vody. Vyhláška dále stanovuje rozsah a četnost kontroly dodržení jakosti pitné vody a požadavky na metody kontroly jakosti pitné vody [36], [5].

3.8.5 Nitrátová směrnice

Nitrátová směrnice je předpis Evropské unie vytvořený pro ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělství. Plnění nitrátové směrnice je povinné ve zranitelných oblastech, které jsou vymezeny v hranicích katastrálních území.

Zranitelné oblasti jsou území s výskytem povrchových nebo podzemních vod využívaných nebo využitelných jako zdroje pitné vody, v nichž koncentrace dusičnanů dosahuje nebo může dosáhnout cílové hodnoty znečištění 50 mg/l a ohrozit jakost vody.

Zranitelné oblasti jsou stanoveny nařízením vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programem, ve znění pozdějších předpisů. Akční program představuje systém povinných opatření ve zranitelných, jehož cílem je redukovat riziko vyplavování dusíku do povrchových a podzemních vod. Vymezení zranitelných oblastí, stejně tak akční program podléhají přezkoumání a případným úpravám v intervalech nepřesahujících 4 roky [19].

4 CHARAKTERISTIKA NÁDRŽE A JEJÍHO POVODÍ A POPIS ÚPRAVNÝ VODY

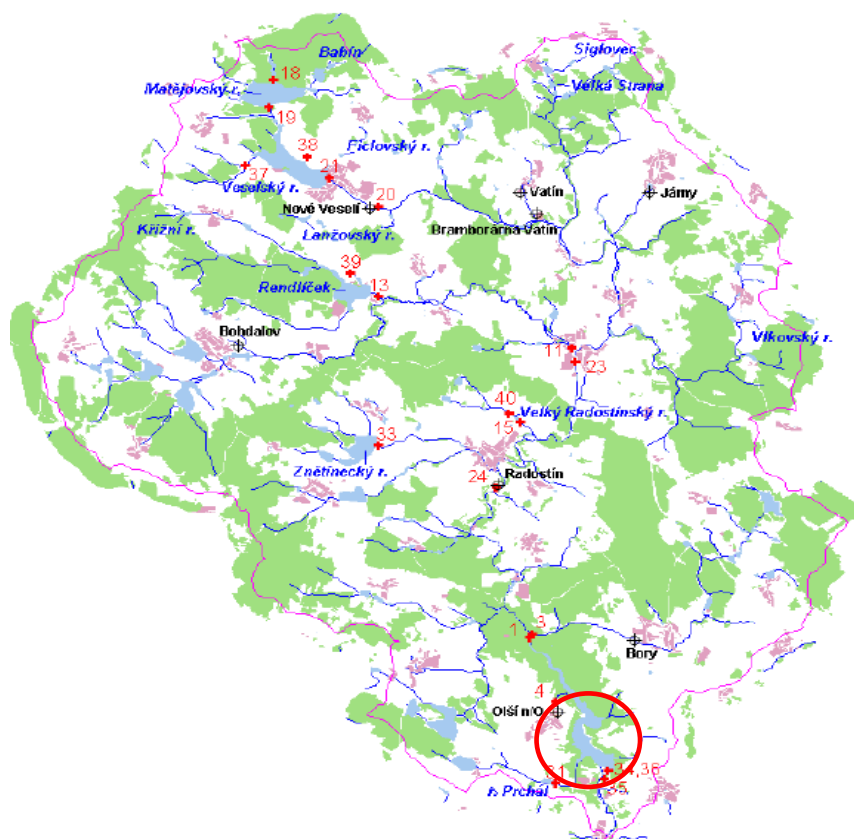
4.1 Vodní nádrž Mostiště

Vodárenská nádrž Mostiště (VN) (Obr. č. 5) se nachází v severní moravské části Českomoravské vrchoviny v údolí řeky Oslavy v nadmořské výšce 448,0 až 480,40 m n. m. Délka toku řeky Oslavy od pramene po přehradní profil je 28 km. V severní části povodí nádrže Mostiště se nachází část chráněné krajinné oblasti a chráněné oblasti přirozené akumulace vod Žďárské vrchy. V západní části je pak nachází přírodní park Bohdalovsko (Obr. č. 6).

O vybudování nádrže se jednalo již počátkem 20. Století. Důvodem pro její výstavbu bylo opakující se povodně způsobující velké škody níže položeným obcí. Původním záměrem bylo vybudování hráze v oblasti Pekla. Další variantou byl záměr z roku 1948, podle kterého by se stavba nacházela těsně pod obcí Olší nad Oslavou v nejužším místě údolí s objemem 4,4 mil m³. Teprve až v roce 1950 byl přijat projekt větší nádrže s vybudováním hráze níže po řece umístěné těsně nad obcí Mostiště. Výstavba však pronikavě zasáhla do dosud neporušeného údolí řeky a kromě nádherné přírodní scenérie zaniklo i několik stavení mlýnů Manova, Markova, Polákova včetně mlýna Pekelského a tamní hájenky. V souvislosti s přísnými předpisy k ochraně vody byly v I. ochranném pásmu přehrady zbourány rekreační chaty. Stavba započala roku 1957 a byla ukončena v roce 1960, přičemž její napuštění proběhlo v roce 1961 [31].



Obr. č. 5 Vodárenská nádrž Mostiště (Zdroj: www.google.cz)



Obr. č. 6 Mapa povodí VN Mostišť (Zdroj: Povodí Moravy s. p., upraveno autorkou)

4.1.1 Charakteristika vodní nádrže

Hráz vodního díla Mostišť je umístěna v km 65,948 řeky Oslavy, bezprostředně nad Velkým Meziříčím a je sypaná hutně lomovým kamenem se štíhlým zemním těsněním. V té době se jednalo o první sypanou hráz tak velkých rozměrů na území státu s výškou nade dnem 28,7 m a délkou 292 m. Samotná nádrž se rozprostírá na ploše cca 93 ha a je schopna zadržet 11,94 mil. m³ vody. Z hlediska výkonu technicko bezpečnostního dohledu (TBD) je VD Mostišť zařazeno do I. kategorie, tedy mezi nejpozorněji sledovaná vodní díla, kterých bylo v roce 2005 na území ČR celkem 25. Nádrž byla navržena jako víceúčelová, prvořadá přitom byla dodávka vody pro významnou vodárenskou soustavu. V současné době zásobuje pitnou vodou zhruba 80 tis. obyvatel [22].

V roce 2005 došlo k relativně rozsáhlé úpravě a modernizaci přehrady v důsledku prokázání jevů vykazujících poruchy v těsnícím jádru. Tato oprava spočívala ve snížení hladiny zásobního prostoru o cca 13,3 m. První etapa této unikátní akce, při které se uplatnila metoda tryskové injektáže, byla ukončena v listopadu 2005 a představovala sanaci těsnícího jádra vodního díla v takovém rozsahu, v jakém nebyla v České

republiky ani v ostatních evropských zemích dosud prováděna. Druhá etapa opravy pak spočívala ve vybudování nového systému bodů pro měření vertikálních a horizontálních posunů v koruně hráze, zajištění automatizovaného sledování úrovně hladiny vody v rekonstrukci koruny hráze v celé délce včetně přemostění bezpečnostního přelivu. Oprava hráze byla zcela ukončena v listopadu roku 2006 [17], [11].

4.1.2 Hydrologické poměry

Řeka Oslava pramení v nadmořské výšce 567 m n. m. v severní části českomoravské vrchoviny jihozápadně od Žďáru nad Sázavou nad Matějovským rybníkem u obce Česká Mez. Povodí o ploše 222,80 km² a s hydrologickým číslem 04-16-02 (Obr. č. 7) je vějířovité a rybníčné a nachází se v něm mnoho významných rybníků [3]. Jedná se o 191 rybníků o celkové ploše 6,7 km² a celkovém objemu 9 mil. m³. Řeka Oslava přibírá z hlavních levostranných přítoků Hlinecký, Hodišovský a Hornovský potok, a dále potok Babačka. Z pravostranných přítoků je nejvýznamnější Bohdalovcký a Pavlovský potok [31], [11].



Obr. č. 7 Oslava a Jihlava od Oslavy po Rokytňou (Zdroj: hydro.chmi.cz)

4.1.3 Geomorfologické a geologické poměry

Povodí vodního díla Mostiště se nachází v podsoustavě Českomoravská vrchovina, celek Křižanovská vrchovina, podcelek Bítešská vrchovina. Celkový charakter reliéfu je značně členitý, od zvlněné roviny po svažité terén, v němž se intenzivně projevuje plošná vodní eroze. Protierozní opatření jsou proto na většině území nezbytná.

Co se týká geologických poměrů je zájmové území tvořeno horninami krystalinika-orthorulami. Z mladších geologických útvarů jsou zastoupeny čtvrtohory. Orthoruly se tak staly základem pro vznik hnědé půdy kyselé, hnědé půdy kyselé slabě oglejené a hnědé půdy kyselé oglejené. Na menších plochách v okolí Borů se vyskytuje také syenit a hadec, který vznikl z ultrabazických vyvřelých hornin [11].

4.1.4 Pedologické poměry

Zájmové území je tvořeno převážně hnědými kyselými půdami, vzniklými na zvětralinách pararul, které se vyznačují lehkým hlinitopísčitém složením. Tyto půdy jsou charakteristické dobrou propustností, takže riziko povrchových splachů je relativně nízké. Výjimku tvoří svažité terény v katastrech Dolních a Horních Borů a Cyrilova, a území jižně od silnice Zahradě-Pavlov. Z půdních typů převažuje hnědá půda kyselé s poklesem půdní reakce a nízkým nasycením sorpčního komplexu, dále půda hnědá kyselé, slabě oglejená a oglejená [11].

4.1.5 Klimatické poměry a zemědělské hospodaření

Území se nachází ve dvou klimatických okrscích, a sice v okrsku B5 v jižnější části povodí, který se vyznačuje průměrnou roční teplotou v rozmezí 6,1 - 6,7 °C, ročním úhrnem srážek 656 mm a v okrsku B8 týkající se severnější části povodí s průměrnou teplotou pohybující se okolo 6,1 °C a ročním úhrnem cca 662 mm [11].

Povodí je poměrně intenzivně využíváno zemědělsky, obhospodařované plochy tvoří 54,32 % plochy povodí. Hospodaří zde celkem 11 zemědělských subjektů a desítky drobně hospodařících podnikatelů. Z větších podniků můžeme zmínit např. DS AGROS Netín a.s., ZEMAS AG, a.s. Mostiště, ZERAS a.s. Radostín, aj. Výměra zemědělského půdního fondu v povodí nádrže tvoří 12 071 ha, z toho orná půda zaujímá 10 050 ha a trvalý travní prorost zhruba 2 021 ha. V povodí vodního zdroje je zalesněno na 7 008 ha což představuje 31,54 % celé plochy povodí [11].

4.1.6 Rybářské hospodaření

Zhruba 191 rybníků, z nichž 114 jsou malé rybníčky, se nachází v povodí řeky Oslavy. Z významnějších a větších rybníků můžeme jmenovat Matějovský, Veselský, Velký Netínský aj. Vliv rybníků je obecně přijímán jako pozitivní. Negativně však může jakost vody ovlivňovat jejich vypouštění při odlovech nebo velká intenzita využívání rybníků, které je spojeno s vysokým počtem chovaných ryb i kachen a jejich krmením [11].

4.1.7 Zranitelné oblasti

Zranitelné oblasti stanoveny nařízením vlády č. 252/2012 Sb. jsou vymezeny katastrálními územími ČR a evidují rozsah o jejich územní identifikaci a číselném identifikátoru a názvu katastrálního území stanoveného jako zranitelná oblast. Povodí Oslavy se dle seznamu nachází ve zranitelných oblastech [19].

4.2 Úpravna vody Mostiště

Úpravna vody (ÚV) Mostiště (Obr. č. 8) se nachází na Českomoravské vrchovině nedaleko Velkého Meziříčí a je významným zdrojem pitné vody pro skupinový vodovod Žďársko, který je součástí Vodárenské soustavy jihozápadní Moravy. Surovou vodu pro úpravu odebírá z vodárenské nádrže Mostiště, která leží na řece Oslavě.

ÚV Mostiště byla uvedena do provozu v říjnu roku 1964 se jmenovitým výkonem 100 l/s a od této doby je většina zařízení v provozu. Za téměř 50 let byla provedena na konci 80. let pouze intenzifikace, tedy zvýšení výkonu na 220 l/s a výměna některých dílčích zařízení.



Obr. č. 8: Úpravna vody Mostiště (Zdroj: autorka práce)

Rok 2005 byl pro úpravnu a celé zásobování zcela mimořádný. Výjimečnost roku byla způsobena manipulací na vodním díle Mostiště. V rámci havarijních opatření, která byla vyvolána zásadním snížením hladiny ve vodárenské nádrži, byla nutné provést na ÚV instalaci technologie flotace rozpuštěným vzduchem (Dissolved Air Flotation-DAF), která je v provozu od konce listopadu 2005. Jedná se o vůbec první použití této

technologie v rámci vodárenství v ČR. Díky tomuto opatření bylo zajištěno plynulé zásobování kvalitní pitnou vodou pro cca 70 000 obyvatel i během probíhající opravy hráze [17].

4.2.1 Technologická linka ÚV Mostiště před rekonstrukcí

Úpravna vody Mostiště využívala před rekonstrukcí, stejně tak jako po jejím dokončení, jako zdroj surové vody vodní nádrž Mostiště. Samotný odběr vody byl možný ze třech horizontů, přičemž odebraná voda putovala do objektu pod hrázi, kde docházelo k dávkování chemikálií pro předúpravu surové vody, a sice manganistanu draselného hydroxidu sodného. Do úpravny byla voda přiváděna přívodním potrubím, které bylo zaústěno do třístupňové kaskády a docházelo zde k přepadání a provzdušňování vody. V úpravně bylo na přítoku provedeno dávkování vápna ve formě vápenného mléka, manganistanu draselného a síranu železitého. V hydraulickém mísiči probíhalo pečlivé promíchání suspenze, která přecházela na první separační stupeň tvořen dvěma čističi a dvěma flotačními jednotkami. Z prvního separačního stupně voda dále pokračovala potrubím, do něhož bylo dávkováno vápno ve formě vápenné vody, na otevřené pískové filtry a z nich pak následně do akumulčních nádrží, které byly tvořeny dvěma samostatnými nádržemi o objemu 450 m³ a 500 m³, kde byl posléze nadávkován chlor a oxid chloričitý. Čerpací stanice pak zajistila rozvod upravené vody.

Co se týká odpadních vod, tak ty byly akumulovány ve dvou válcových zahušťovacích nádržích a odsazená voda byla odpouštěna do toku a samotný kal byl vypouštěn na 4 kalové laguny, které byly umístěny v prostoru pod úpravnou [39].

4.2.2 Rekonstrukce úpravny vody

Závěrem roku 2011 dospěl po mnohaleté přípravě projekt s názvem „Zajištění kvality pitné vody ve vodárenské soustavě jihozápadní Moravy region Žďársko“ do své realizační fáze. Jednalo se o první etapu celého projektu, který spočíval především v doplnění technologie a rekonstrukci ÚV Mostiště a dále v dílčí rekonstrukci vodovodního přivaděče ÚV Mostiště – ČS Ovčírna. Důvodem pro rekonstrukci úpravny byl technický stav technologického zařízení, které nebylo od roku 1964, až na výjimku výstavby flotační jednotky v roce 2005, významně obnovováno.

Stavební práce byly zahájeny již v prosinci roku 2011, kdy probíhala příprava stavby, realizace zařízení staveniště, kácení dřevin v areálu úpravny a předběžná opatření. Vlastní stavební práce byly dle harmonogramu zahájeny 1. dubna 2012 a ukončeny v dubnu roku 2014. Od 1. 5 2014 do 30. 4 2015 bude probíhat zkušební

provoz, a po provedení garančních zkoušek a vyhodnocení zkušebního provozu bude dílo předáno do trvalého provozu. Cílem projektu je zajistit na ÚV kvalitu vyrobené pitné vody v průběhu celého roku ve vazbě na měnící se kvalitu surové vody v nádrži, a sice doplněním technologických prvků a desinfekce vody. Vzhledem k tomu, že je ÚV nenahraditelným zdrojem, tj. nelze zajistit dodávku vody z jiného zdroje, bylo nutné provádět rekonstrukci za jejího trvalého provozu. Rekonstrukce je navrhována tak, aby pozitivním způsobem ovlivnila výslednou jakost pitné vody [23], [32].

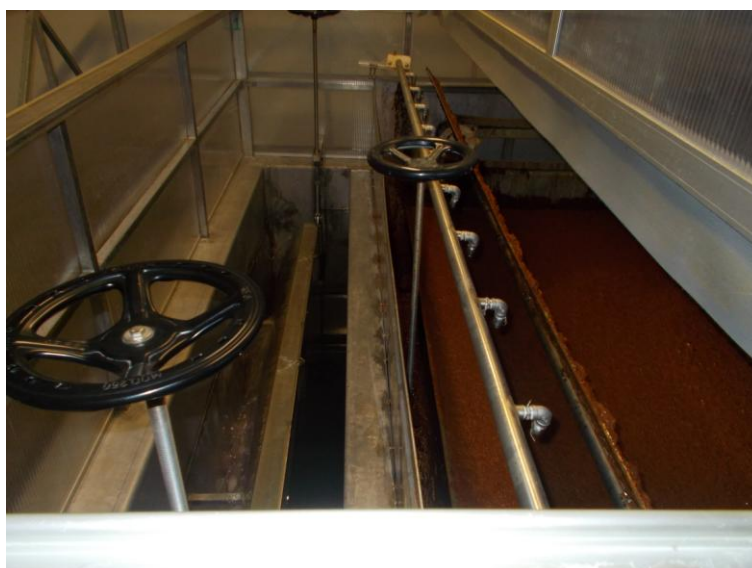
4.2.3 Technologická linka ÚV Mostiště po rekonstrukci

Z vodárenské nádrže Mostiště je surová voda jímána ze třech horizontů, které jsou situovány v 9 m, 14,4 m a 19,4 m nade dnem nádrže. V případě havarijního stavu je odběr možný i ze dna nádrže. K předúpravě surové vody dochází v objektu dávkování chemikálií pod hrází, kde je dávkován manganistan draselný a hydroxid sodný. Voda je do úpravny přiváděna řadem o průměru 600 mm, kde je na potrubí osazena aerace, tedy vnos vzduchu. Ve statickém směšovači dochází ke směšování vody se vzduchem a následně je dávkován oxid uhličitý, vápenný hydrát ve formě vápenné vody a manganistan draselný. Takto nadávkovaná surová voda je vedena do reakční nádrže, kde dochází k oxidaci manganu do nerozpustné formy.

Voda následně postupuje na první separační stupeň, který je tvořen čtyřmi flotačními jednotkami s předřazenými komorami (Obr. č. 9) sloužící k pomalému míchání. Před samotnou flotací je ještě dávkován síran železitý, který koaguluje a zachycuje znečištění v podobě malých vloček, které jsou vynášeny na hladinu, kde se shromažďují v podobě kalové pěny (Obr. č. 10) a vyčiřená voda je odebírána ze dna nádrže. Vločky jsou separovány jak flotací rozpuštěným vzduchem tak dále pískovou filtrací.

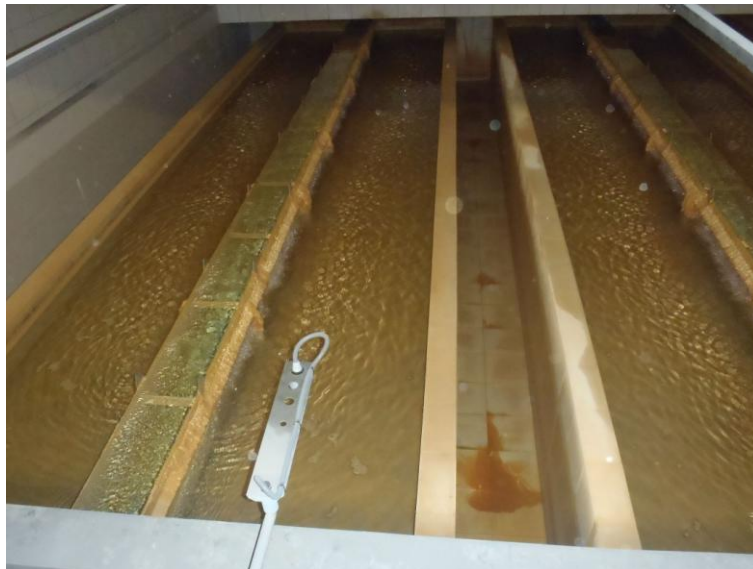


Obr. č. 9 Flotační jednotky na ÚV Mostiště (Zdroj: autorka práce)



Obr. č. 10 Kalová pěna na hladině flotační jednotky (Zdroj: autorka práce)

Následujícím separačním stupněm je písková filtrace (Obr. č. 11) tvořena šesti otevřenými pískovými filtry, jejichž náplň tvoří 1,4 m filtračního písku a umožňuje tak zachycení zbytkového znečištění ve formě částic, které se nezachytilo na prvním separačním stupni.



Obr. č 11 Písková filtrace na ÚV Mostiště (Zdroj: autorka práce)

Z pískové filtrace je voda dopravována do reakční nádrže ozonizace. Ozon je dávkován jako silné oxidační činidlo, které je schopné oxidovat jak organické tak anorganické znečištění vody (Obr. č. 12).



Obr. č. 12 Výroba ozonu na ÚV Mostiště (Zdroj: autorka práce)

Po ozonizaci je voda čerpána na čtyři otevřené filtry s granulovaným aktivním uhlím (GAU filtrace) (Obr. č. 13), které je díky své pórovité struktuře schopno adsorbovat především rozpuštěné organické nečistění a v neposlední řadě například zlepšuje chuť a pach vyrobené vody. Na odtokovém potrubí z GAU filtrace je umístěna jednotka UV záření sloužící k dezinfekci upravené vody. Do odtokového potrubí je zároveň dávkován oxid uhličitý a vápenný hydrát ve formě vápenné vody, které zajišťují stabilizaci vody. V neposlední řadě je dávkován také chlor, oxid chloričitý a chlorid amonný sloužící k hygienickému zabezpečení vody při její samotné dopravě a distribuci.



Obr. č. 13 GAU filtrace na ÚV Mostiště (Zdroj: autorka práce)

Celý tento proces úpravy vody je ovládán, řízen a monitorován prostřednictvím řídicího systému úpravy vody. Jakost surové a vyrobené vody, stejně tak vody za jednotlivými separačními stupni je sledován kontinuálními analyzátory. V rámci rekonstrukce bylo provedeno zvětšení akumulace vyrobené vody a zrekonstruovaná je komplexně také stavební, strojně – technologická a elektro část úpravy. Řízení úpravy je zajišťováno dvojicí počítačů umístěných v dozorně úpravy, na kterou jsou přes optickou síť napojeny procesní stanice zajišťující spojení a přenos informací a povelů z dílčích technologických skupin technologického procesu úpravy vody. Samostatná klientská operátorská stanice počítačů je umístěna v kanceláři vedoucího ÚV. Programové vybavení počítačů úpravy je v systému reálného času s vizualizačním systémem. Technologická linka je také vybavena měřicí technikou pro základní měření fyzikálních a chemických veličin, kdy je pro vybrané zajištěn radiový přenos

do centrálního dispečinku provozovatele ve Žďáru n. Sázavou. Z dispečerského pracoviště je možné částečně ovládat provoz úpravny vody.

Součástí projektu byla také rekonstrukce výtlačného řadu z ÚV Mostiště do vodojemu Vídeň, včetně vodojemu Vídeň a doplnění propoje výtlačných řadů z ÚV Mostiště do řídicích vodojemů Vídeň a Cyrilov [39].

5 PROBLEMATIKA KALOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

V procesech úpravy vody vznikají odpadní produkty, jejichž vzniku lze jen stěží zabránit. Tyto odpady jsou tvořeny odpadními vodami, vodárenskými kaly, případně pevnými odpady. Proto nabývá stále většího významu problematika omezení jejich vzniku, jakož i možnost jejich zhodnocení a využívání, a to nejen z hlediska ochrany životního prostředí, ale také v souvislosti se stále rostoucími náklady na zneškodňování a likvidaci [14], [42].

Likvidace odpadů a tedy i vodárenských kalů v sobě zahrnuje jejich zužitkování i ukládání, a to včetně přepravy, manipulace s nimi a meziskladování. Součástí likvidace je také neškodné a legální vypouštění vzniklých odpadních vod [13].

5.1 Kalové hospodářství ÚV Mostiště

Provoz kalového hospodářství na ÚV Mostiště před její rekonstrukcí byl problematický zejména celkovou zastaralostí a částečnou nefunkčností zařízení. Přes všechna provozní opatření nešlo spolehlivě vyloučit únik kalu do toku [38].

Přehled kalových vod odváděných z ÚV:

- pěna (kal) z flotace v koncentraci 1-2 %, odkalení nádrží flotace,
- prací vody z praní pískových filtrů,
- prací vody z praní filtrů s granulovaným uhlím,
- rozpouštění chemikálií, čištění nádrží, oplachová voda, bezpečnostní přelivy z nádrží,
- odkalení sytičů vápenné vody,
- bezpečnostní přelivy
- odpady ze sociálního zařízení,
- dešťové vody z areálu úpravny vody.

5.1.1 Základní schéma uspořádání pro kalové hospodářství

Technologická linka kalového hospodářství je složena:

- **Vyrovnávací nádrž**

Vyrovnávací nádrž s provozním objemem 2x200 m³ slouží k vyrovnání nárazových přítoků prací vody na průtoky nižší zajišťující tak rovnoměrné zpracování na navazující flotaci. Z těchto nádrží bude voda dále čerpána na flotační jednotky.

- **Flotační jednotky**

V rámci kalového hospodářství jsou navrženy dvě flotační jednotky (Obr. č. 14) každá s výkonem 20 m³/hod s tím, že standardně je provozována pouze jedna jednotka a v případě vyššího zatížení surové vody a větším objemům prací vody bude možné připojit i druhou jednotku. Při vstupu na flotační jednotky je dávkován koagulant, polymerní flokulant a hydroxid sodný. Odpadní vody typu filtrát (recirkulát) je gravitačně odváděn samostatně do nádrží recirkulátu o objemu 2 x 180 m³ a kal (pěna) je gravitačně odváděn do nádrže (4 m³), která je umístěna mezi flotačními jednotkami.



Obr. č. 14 Kalové hospodářství ÚV Mostiště – flotační jednotky (Zdroj: autorka práce)

- **Šnekový lis**

Pro čerpání kalu slouží šnekový lis (Obr. č 10), který pracuje ve vazbě na naplnění jímky kalu. Z lisu je dopravován kal do dvou kontejnerů a dále odvážen. Odpadní voda (fugát) je odváděna zpět do vyrovnávací nádrže kalového hospodářství.



Obr. č. 15 Šnekový lis na ÚV Mostiště (Zdroj: autorka práce)

- **Nádrže recirkulátu**

Nově jsou na úpravně zřízeny nádrže recirkulátu, do kterých je odváděna vyčištěná nebo vyflotaovaná voda z flotačních jednotek a dále je čerpána zpět na začátek technologické linky. Do nádrže jsou také přiváděny prací vody z praní filtrů s granulovaným aktivním uhlím. Nádrž je vybavena bezpečnostním přelivem a její vypouštění je možné gravitačně.

- **Mezisklad odvodněného kalu**

Na zastřešené ploše 14x15 m chráněné ze třech stran zdí je možné uskladnění kalu, který je přivážen přívěsem. Z meziskladu je kal následně odebírán a odvážen nákladními automobily. Při koncentraci kalu 25 % a skladování do výšky 1,2 m je skladování možné zajistit na cca 3 měsíce, dále je pak kal odvážen k dalšímu zpracování či na skládku [39].

5.2 Vypouštění odpadních vod

Po rekonstrukci úpravny připadá v úvahu pro vypouštění do vodoteče recirkulát, případně jeho část, který není vrácen zpět na technologickou linku. Do vodoteče je vypouštěn buď v případě, že by velké objemy vrácené vody při nízkém objemu vyráběné vody příliš zhoršovaly jakost surové vody nebo, že by z provozních důvodů nebylo možné filtrovanou vodu recirkulovat.

Veškeré odpadní vody z úpravny vody, tedy:

- odpadní vody z nádrže recirkulátu,
- odpadní vody z čištění zařízení,
- vody z bezpečnostního přelivu vyrovnávacích nádrží,
- odpadní vody z malé čistírny úpravny vod, kde jsou čištěny vody z administrativních částí budov,
- srážkové vody odváděné ze střech a areálu úpravny vody,

jsou následně vedeny kanalizací do retenčních nádrží, které jsou vystavěny v místě původních kalových polí. Zde dochází k sedimentaci, případně ředění a do toku je pak vypouštěna odsazená voda, která je stahována z hladiny retenční nádrže.

5.3 Likvidace kalu

Odvodněný kal (Obr. č. 16) o koncentraci 20-35 % je ukládán do kontejnerů nebo traktorové vlečky, které jsou umístěny v místnostech sousedících s kalovým hospodářstvím. Vstup je upraven tak, aby byla s kontejnery či vlečkami snadná manipulace. Při výše uvedené koncentraci se předpokládaná koncentrace kalu pohybuje v rozmezí 8,2-0,75 m³/den. Při naplnění kontejneru o objemu 15 m³ je kal odvážen v intervalu 2-20 dnů [39].



Obr. č. 16 Odvodněný kal na ÚV Mostiště (Zdroj: VAS a. s.)

6 MATERIÁL A METODIKA

Zkušební provoz na ÚV Mostišť byl zahájen dne 1. 5. 2014, s délkou trvání 12 měsíců, a byl prováděn za nepřetržitého provozu a dodávky pitné vody pro skupinový vodovod Žďársko. Zkušební provoz vedl a zajišťoval provozovatel, tedy Vodárenská akciová společnost, a. s., (VAS) divize Žďár nad Sázavou, provozní deník, kde byly zapisovány údaje o samotném průběhu provozu, stejně tak jako vzniklé a zjištěné závady či nedostatky. Vzniklé problémy byly ihned řešeny se snahou se jim v budoucnu vyvarovat a zajistit tak spolehlivý chod technologické linky dle navrženého plánu a zpracovaných projektů.

V průběhu zkušební provozu byly provedeny u vybraných hlavních zařízení garanční zkoušky, které sloužily k doložení splnění parametrů specifikovaných v zadávací dokumentaci. Jednalo se o ověření provozu celé technologické linky úpravny jak při minimálním tak maximálním výkonu. V neposlední řadě šlo o ověření funkce flotace a provozu kalového hospodářství. Zkoušky proběhly v termínu od 8. do 18. 12. 2014. Přičemž v prvním týdnu byly zaměřeny na ověření chování úpravny vody při hydraulických zatíženích a ve druhém týdnu na separační účinnost flotace a filtrace a na kvalitu upravené vody při různém zatížení technologické linky.

V rámci diplomové práce bylo sledování jakosti surové vody, vody za jednotlivými technologickými stupni a zařízeními a vyrobené vody, prováděno od 1. 8. 2014 do 28. 2. 2015. Přestože byl zkušební provoz zahájen již 1. 5. 2014, bylo toto období stanoveno na základě domluvy, neboť až do srpna nebyly všechny podstatné části technologické linky v provozu, nebo ve stabilním provozu. Sledování a vyhodnocování vody probíhalo podle legislativních požadavků, a sice podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Použitá data v diplomové práci nebyla zjišťována vlastními laboratorními metodami, ale rozborů byly prováděny ve Vodohospodářských laboratořích VAS, divize technická a následně mi byly poskytnuty ke zpracování a vyhodnocení. Četnost a rozsah jednotlivých rozborů ve sledovaných odběrných profilech je relativně vysoká a proto byla pro prezentaci rozborů a jejich vyhodnocení zvolena grafická podoba. Výsledky byly rovněž statisticky vyhodnoceny pro jednotlivé odběrné profily. Základní charakteristické parametry jako je 1. a 3. kvartil, medián, průměr, minimum a maximum jsou pro vybrané ukazatele jakosti vody vyhodnoceny ve formě kvartilových grafů.

Součástí práce byl „terénní průzkum“ úpravny vody a jejího okolí během její rekonstrukce a následně po ukončení stavebních prací pod vedením Ing. Mazla z vodárenské akciové společnosti, divize Žďár nad Sázavou.

Pro vyhodnocení bylo vybráno celkem 11 ukazatelů, a sice barva, zákal, železo, mangan, CHSK_{Mn} , dusitany, amonné ionty, pH, $\text{KNK}_{4,5}$, mikroskopický obraz – počet organismů, mikroskopický obraz – živé organismy které jsou graficky znázorněny a slovně hodnoceny. V grafu daného ukazatele jakosti vody jsou vyneseny všechny odběrné profily, tedy přítok surové vody, flotace, písková filtrace, ozonizace, GAU filtrace a nakonec upravená voda, ve kterých se stanovení příslušného ukazatele provádělo. Z výsledného znázornění tak můžeme sledovat úroveň odstranění znečištění na jednotlivých technologických stupních zmodernizované a zrekonstruované úpravny vody jdoucích za sebou v čase.

7 VÝSLEDKY A DISKUSE

7.1 Barva

Barva vody je dána převládající vlnovou délkou neabsorbovaného záření v oblasti viditelného spektra. Čistá voda světelné záření téměř neabsorbuje, proto se v tenkých vrstvách jeví jako bezbarvá a v silných vrstvách (1 metr a více) jako modrá. Barva vody může být původu přirozeného např. vlivem železa či huminových látek, nebo antropogenního původu. Určuje se spektrofotometricky, a sice porovnáním vzorku s barevným etalonem. Mezní hodnota barvy je podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. stanovena na 20 mg Pt/l [20].

Z průběhu naměřených hodnot můžeme sledovat výrazný nárůst začátkem září 2014 a mírný nárůst koncem ledna 2015 pravděpodobně způsobený vyšším obsahem organických látek. Z grafického zpracování můžeme sledovat, že již první separační stupeň zajišťuje výrazné snížení barvy a následně se na dalších stupních barva postupně snižuje, což je dokladem správně fungující technologie. Právě nový stupeň ozonizace na úpravě vody se výrazně podílí na zlepšení barvy, kdy při dávkování ozonu do vody se hodnoty dostávají pod mez stanovitelnosti. Ke zjevnému zhoršení došlo pouze v průběhu provádění garančních zkoušek, kdy při vysokých výkonech docházelo k výpadkům ozonizace a také nastaly problémy se stabilizací optimální hodnoty pH před pískovou filtrací, což zapříčinilo průnik manganu přes pískové filtry. Ani v jednom případě nedošlo k překročení limitu pro pitnou vodu 20 mg/l Pt. Více viz příloha, graf č. 1 a 12.

7.2 Zákal

Zákal lze definovat jako snížení průhlednosti vody nerozpuštěnými látkami. Je způsoben suspendovanými anorganickými nebo organickými látkami přirozeného či antropogenního původu. Jedná se např. o jílové minerály, oxidy železa a manganu, bakterie, plankton apod. Tyto látky dávají vodě nežádoucí vzhled, což je významné zejména pro hodnocení jakosti pitné vody. Čirot vodu je jedním ze základních požadavků na jakost pitné vody. Zákal se vyjadřuje v empirických formalinových jednotkách ZF. U pitné vody je mezní hodnota zákalu stanovena na 5 ZF [20].

Z grafu je patrné, že k výraznému zhoršení zákalu v surové vodě došlo opět na začátku září 2014, což bylo důsledkem častých dešťů. Ale stejně jak je tomu u výše zmíněné barvy, i zde můžeme pozorovat velice účinné odstranění zákalu již na prvním

separačním stupni. Velice nízkých zákalů je rovněž dosahováno na pískové filtraci, za ozonizaci a za GAU filtraci, které jsou stejně tak schopny odstraňovat z vody nežádoucí částice. Zvýšení zákalu upravené vody sledujeme pouze na přelomu srpna a září 2014, což bylo zapříčiněno dávkováním vápenné vody ve větším množství a hodnoty upravené vody se tak blížily k hygienickému limitu na rozdíl od běžných hodnot pohybující se od 0,1 do 0,2 ZF. Důvodem bylo zakalení vápenné vody. Do doby než bude vyřešeno zakalení vápenné vody je odstaveno dávkování oxidu uhličitého do upravené vody a voda není z tohoto důvodu doposud stabilizována. I u tohoto ukazatele je dodržen limit stanovený vyhláškou Ministerstva zdravotnictví tedy 5,0 ZF. Více viz příloha, graf č. 2 a 13.

7.3 Železo

V malých koncentracích je železo běžnou součástí vod a jeho koncentrace obvykle převyšuje koncentraci manganu. V povrchových vodách se vyskytuje obvykle jen v setinách až desetínách mg/l a způsobuje především technické závady tím, že materiály přicházející s ním do styku zbarvuje do žluta až hněda. Z hygienického hlediska ovlivňuje negativně organoleptické vlastnosti vody, zejména barvu, zákal a chuť. I velmi malé koncentrace železa ve vodě mohou zapříčinit nadměrný rozvoj železitých bakterií, při jejichž odumírání voda zapáchá. Z uvedených důvodů je mezní hodnota železa v pitné vodě stanovena na 0,2 mg/l [20].

K odstranění železa z vody je na úpravě vody používaný proces koagulace, při kterém je z výsledků laboratorních koagulačních zkoušek stanoveno a nadávkováno 10 – 20 mg/l železa ve formě síranu železitého. Ten vytvoří ve vodě nerozpustné hydratované oxidy železa, které koagulují znečištění obsažené v surové vodě do separovatelných vloček. Z tohoto důvodu není obsah železa v surové vodě nějak zásadní. Dosažení vysoké účinnosti odstranění nadávkovaného obsahu železa lze pozorovat na flotačních jednotkách. Jen v průběhu garančních zkoušek v prosinci 2014 můžeme sledovat značný výkyv. Za pískovou filtraci se pohybuje obsah železa již v úrovni jednotek setin mg/l. GAU filtrace už slouží víceméně jako pojistka pro dodržení stanoveného limitu. Limitní obsah železa obsažený v pitné vodě 0,2 mg/l nebyl díky nové technologii nikdy překročen. Více viz příloha, graf č. 3 a 14.

7.4 Mangan

Mangan se do vod dostává vyluhováním z hornin, půdy, sedimentů či odumřelých rostlin, kde se vyskytuje v různých stupních oxidace. V přírodních vodách se vyskytuje spolu se železem, ale pouze v malém množství. V koncentracích, které jen zřídka přesáhnou 1 mg/l není zdravotně závadný. Přesto však při koncentraci vyšší než je 0,3 mg/l významně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody a to zejména chuť, barvu, případně zákal vody [6].

V surové vodě se hodnoty manganu pohybovali zhruba od 0,1 až k 0,3 mg/l, výjimečně v září roku 2014 se vyšplhaly k hodnotě 0,50 mg/l. Vzhledem k převážně nízkým hodnotám nebylo během zkušebního provozu nutné přistupovat k předalkalizaci a dávkování manganistanu draselného do surové vody. Z grafu je patrné, že po prvním separačním stupni nedochází k velkému snížení koncentrace manganu. To je zapříčiněno nevhodnými podmínkami pro oxidaci dvojmocné rozpustné formy na čtyřmocnou nerozpustnou, kterou lze následně z vody separovat. Vhodné podmínky nastávají až před pískovou filtrací. Pískové filtry zajišťují odstranění manganu až pod mez stanovitelnosti a sice < 0,01 mg/l. V případě průchodu manganu přes pískovou filtraci dochází k jeho oxidaci dávkovaným ozonem a následné separaci na GAU filtrech. Hygienický limit pro mangan, a sice 0,05 mg/l nebyl taktéž v průběhu sledované období překročen. Více viz příloha, graf č. 4 a 15.

7.5 CHSK_{Mn}

Chemická spotřeba vody manganistanem draselným (CHSK_{Mn}) je jedním z nejdůležitějších kritérií znečištění vody, které podává informace především o koncentraci veškerých organických látek. Udává spotřebu kyslíku potřebnou k oxidaci všech látek, tedy nejen těch, které mohou být odbourány biologickou cestou. Limitní hodnota tohoto ukazatele je dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. stanovena na 3,0 mg/l [6].

Z grafického zpracování je patrné, že od konce srpna došlo ke zhoršení surové vody, což zapříčinily zejména dlouhodobější srážky v druhé polovině srpna 2014. Hodnoty ukazatele CHSK_{Mn} se tak od začátku září zvýšily ze 4 mg/l až téměř k 9 mg/l. Základním procesem úpravy vod, tedy koagulací, dochází k převážnému odstranění organického znečištění, kdy jsou zejména velké organické molekuly, jako jsou např. huminové látky, koagulantem destabilizovány a z jemných suspenzí se tak stávají částice, které jsou již separovatelné. Díky prvnímu separačnímu stupni dochází

k odstranění největšího množství organických látek. Zbytek je následně zachycen na pískové filtraci. Další snížení hodnoty na GAU filtraci na hodnotu téměř 0,5 mg/l je dokladem vysoké účinnosti. Více viz příloha, graf č. 5 a 16.

7.6 Dusitany

Dusitany doprovázejí ve vodách zpravidla dusičnany a formy amoniakálního dusíku. Obvykle se vyskytují ve velmi malých často jen ve stopových koncentracích a to díky své chemické a biochemické labilitě, mohou být tedy snadno oxidovány nebo redukovány. Limitní hodnota dusitanů je dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. stanovena na 0,5 mg/l a v poznámce k tomuto ukazateli je uvedeno, že na výstupu z úpravní vody by měl být obsah dusitanů nižší než 0,1 mg/l [21].

Na základě grafického zobrazení lze říci, že během zkušebního provozu nedochází na separačních stupních k žádnému odstranění dusitanů. Díky přítomnosti amonných iontů v surové vodě lze pozorovat dokonce zvýšení obsahu dusitanů na pískové filtraci a to zřejmě v důsledku patrně biologické oxidaci amonných iontů na dusitany v náplni pískových filtrů.

Jako důsledek dlouhodobého výpadku a nefunkčnosti ozonizace z provozu lze uvést skutečnost, že od druhé poloviny srpna až do začátku září 2014 došlo ke zvýšení obsahu dusitanů v upravené vodě blížící se dokonce k hygienickému limitu 0,5 mg/l. Oxidace dusitanů na dusičnany je tedy velmi účinná díky ozonu a správná funkčnost zařízení na výrobu a dávkování ozonu je pro odstranění dusitanů z vody velice podstatná a klíčová. Přesto byl limit pro dusitany v pitné vodě dodržen. Více viz příloha, graf č. 6 a 17.

7.7 Amonné ionty

Výskyt amonných iontů v pitné vodě může poukazovat na mikrobiologickou aktivitu a je buď geologického původu, výsledkem hnojení či kontaminace. V koncentracích v jakých jsou obvykle obsaženy ve vodě, nejsou prakticky toxické, mohou však snížit účinnost desinfekce, vést k tvorbě dusitanů v potrubí během rozvodu pitné vody nebo být příčinou pachových a chuťových problémů ve vodě [21].

Dle vyhlášky 252/2004 Sb. je limit pro amonné ionty stanoven na 0,5 mg/l. Na základě grafického zpracování, lze říci, že během zkušebního provozu nedošlo k překročení této hranice, neboť maximální koncentrace činila 0,36 mg/l. Během procesu úpravy došlo k odstranění amonných iontů na pískové filtraci, kde byly

částečně až úplně oxidovány na dusitany v náplni pískových filtrů. Dusitany pak byly následně oxidovány ozonem. Do upravené vody je následně dávkován síran amonný tak, aby došlo k zajištění obsahu amonných iontů v rozmezí 0,1-0,15 mg/l s drobnými odchylkami. Dávkování amonných iontů se používá především k omezení tvorby vedlejších produktů dezinfekce vody chlorem (především trichlormetanu - chloroformu) a ke stabilizaci obsahu chloru ve vodě. Více viz příloha, graf č. 7 a 18.

7.8 pH

Hodnota pH a oxidačně-redukční potenciál mají vliv na chemické a biochemické procesy, z toho hlediska mají u vod mimořádnou důležitost. Stanovení pH je tedy nezbytnou součástí každého chemického rozboru vody a výsledky hodnot jsou tak klíčové pro určení následujícího postupu úpravy vody [21].

Dle vyhlášky je limitní hodnota pro pH stanovena v rozmezí 6,5-9,5. Z grafu je patrné, že během zkušebního provozu nedošlo k překročení této hranice. Hodnota pH se pro jednotlivé stupně úpravy mění tak, aby byla přizpůsobena procesům, které zde probíhají. Při koagulaci a flotaci se udržuje pH vody přibližně v rozmezí 5,3 – 6,3. Na pískové filtraci je hodnota vyšší zhruba 8,3 a to z důvodu oxidace a separace manganu. Hodnota pH se pro upravenou vodu udržuje kolem 8,5. Více viz příloha, graf č. 8 a 19.

7.9 KNK_{4,5}

KNK_{4,5} (kyselinotvorná neutralizační kapacita do pH 4,2), tedy alkalita nás při určitém zjednodušení informuje o množství hydrogenuhličitanů. U surové vody se hodnota pohybuje od 0,8 – 1,2 mmol/l. Lze tedy říci, že má v průběhu roku kolísavý charakter. Alkalita vody se během samotného procesu úpravy vody mění podle pH a procesů ve vodě probíhajících. Hlavním cílem je udržovat alkalitu v upravené vodě na hodnotě cca 1,4 mmol/l případně i vyšší, důvodu omezení agresivních vlastností vody vůči ocelovému a litinovému potrubí rozvodných řadů při dopravě vody ke spotřebitelům. Toho lze dosáhnout dávkováním oxidu uhličitého a současně vápenné vody. Doporučený limit pro vodu dopravovanou potrubím, respektive jeho minimum je stanoven na 1,2 mmol/l. Více viz příloha, graf č. 9 a 20.

7.10 Mikroskopický obraz – počet organismů, živé organismy

Mikroskopický obraz je jedním z ukazatelů kvality pitné vody. Dělí se na ukazatele abioseston, počet organismů a živé organismy. V rámci diplomové práce byly sledovány pouze ukazatele počtu organismů a živé organismy [5], [34].

Mikroskopický obraz – počet organismů

do pitné vody se mikroskopické organismy dostávají ze surové vody nebo se do systému mohou dostat sekundárně a mohou se v rozvodovém systému množit. Jejich přítomnost ve vodě indikuje její špatnou úpravu.

Mikroskopický obraz – živé organismy

u tohoto ukazatele platí to samé jako u předešlého s tím rozdílem, že se jedná pouze o organismy neusmrčené dezinfekčním činidlem. Indikují tedy špatnou účinnost dezinfekce.

Za dobu trvání zkušebního provozu nedošlo k výraznému zvýšení počtu mikroorganismů v surové vodě. Jejich množství se pohybovala zhruba od několika desítek jedinců/ml po 2800 jedinců/ml. Podobě tak tomu bylo i u živých organismů. Pouze koncem srpna a začátkem září bylo dosaženo maximálních hodnot, které byly zřejmě způsobeny teplým počasím a tudíž přemnožením organismů ve vodě. A ve zbytku sledovaného období nedošlo k překročení hodnoty 1500 jedinců/ml. V průběhu procesu úpravy vody je naprostá většina mikroorganismů zachycena do vloček a separována na flotaci. Počet organismů, jež nebyly na flotaci odstraněny, se pohyboval od nuly do 46 jedinců/ml. Na základně grafického zpracování můžeme sledovat, že za následujícími stupni, tedy za pískovou filtrací a GAU filtrací byl výskyt organismů, které jsou stanovovány pod mikroskopem, spíše ojedinělý. Výjimečná situace nastala začátkem září 2014, kdy bylo znečištění a zatížení vody mikroorganismy tak vysoké, že počet organismů za pískovou a GAU filtrací dosahoval několik desítek jedinců/ml. V rámci dezinfekce byla použita chemická dezinfekce chlorem a oxidem chloričitým a v upravené vodě tak byly splněny všechny hygienické limity pro mikroskopický obraz. Z grafického znázornění je také patrné, že nedošlo k překročení stanovených limitů pro počet organismů v pitné vodě 50 jedinců/ml a pro živé organismy 0 jedinců/ml. Více viz příloha, graf č. 10, 11 a 21, 22.

8 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá dílčím vyhodnocením zkušebního provozu úpravní vody Mostiště, která v letech 2012-2014 prošla rozsáhlou rekonstrukcí a modernizací. Tento unikátní projekt byl zaměřen především na doplnění technologie a odpovídajících technologických prvků, které budou schopny reagovat na zhoršující se kvalitu surové vody v nádrži Mostiště, ze které je surová voda odebírána, způsobenou zejména zemědělskou činností a mnoha rybníky s chovem ryb nacházející se v povodí nádrže, či výkyvům počasí, a zajistit tak obyvatelům na Žďársku a Třebíčsku zásobování kvalitní pitnou vodou v průběhu celého roku. V současnosti je voda upravována chemickou technologií, tedy jedná se o dvoustupňovou separaci – flotace a písková filtrace, která je doplněna ozonizací a filtrací přes granulované aktivní uhlí. Je nutné dodat, že celá rekonstrukce úpravní probíhala za současného provozu staré úpravní vody, neboť tento zdroj nebylo možné jinak nahradit a zaručit tak plynulé zásobování obyvatelstva vodou.

V praktické části bylo na základě poskytnutých dat, která byla pravidelně měřena a zaznamenávána, vybráno celkem 11 ukazatelů a provedeno jejich statistické zpracování do grafů včetně slovního ohodnocení, přičemž dodržování hygienických limitů pro pitnou vodu vycházelo z vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 254/2004 Sb. Jednotlivé ukazatele byly rovněž vyhodnoceny ve formě kvartilových grafů, z nichž lze názorně a přehledně zhodnotit účinnost odstranění znečištění.

Přesto že úpravna procházela ve sledovaném období zkušebním provozem, z grafů jasně vyplývá, že nová technologická linka dosahuje takových výsledků, které zaručují splnění daných hygienických limitů, a tím zajišťuje dodávku pitné vody v požadované jakosti. Ani u jednoho sledovaného ukazatele nedošlo k překročení dané hranice. Jen v některých případech můžeme zaznamenat určité výkyvy, které byly zapříčiněny buď chybami či úplnou nefunkčností některých ze separačních stupňů, čímž byla účinnost linky snížena nebo prováděním garančních zkoušek, kdy bylo dosaženo největších průtoků a linka tak pracovala na plný výkon. Právě z tohoto důvodu mohlo dojít ke snížení účinnosti na některém separačním stupni. Jako příklad lze uvést zvýšené množství dusitanů ve vodě, jejichž hodnota se blížila k hygienickému limitu 0,5 mg/l, což bylo způsobeno dlouhodobějším výpadkem zařízení ozonizace, která je pro odstranění dusitanů z vody klíčová. Zjištěné nedostatky jsou v rámci zkušebního provozu akceptovatelné, ale je potřeba je v nejkratší době odstranit či minimalizovat

tak, aby byla zajištěna kontinuální úprava vody a výroba vody pitné v požadované kvalitě.

Lze říci, že samotná rekonstrukce a doplnění technologické linky zajistilo zlepšení jakosti vyrobené pitné vody v mnoha ukazatelích včetně její zabezpečení. Účinnost úpravny vody a odstranění nežádoucích látek je na jednotlivých separačních stupních linky velmi vysoká. V neposlední řadě došlo také ke snížení dopadu celého vodního díla na životní prostředí.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BERAN, Jan. *Základy vodního hospodářství: pro obor aplikovaná ekologie*. Vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2006, 101 s. ISBN 80-213-1405-2.
- [2] BIELA, Renata a Josef BERÁNEK. *Úprava vody a balneotechnika*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 164 s. ISBN 80-214-2815-5.
- [3] Český hydrometeorologický ústav ČHMÚ. Online [cit. 2015-1-07]. Dostupné na: <http://hydro.chmi.cz/ismnozstvi/ciselnik.php?t=L&id=hlgp&ordrstr=ID&starupos=90&recnum=30>
- [4] eAGRI, 2014: *Nitrátová směrnice*. [online]. [cit. 2014-10-07]. Dostupné na: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/>
- [5] eAgri, 2014, *Odstavec předpisu 252/2004*. [online]. [cit. 2015-22-03]. Dostupné na: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/100064957.html>
- [6] HETEŠA, Jiří a Eva KOČKOVÁ.: *Hydrochemie*. 1. vyd. MZLU, Brno, 1997, 95 s. ISBN 80-7157-289-6
- [7] HLAVÁČ, Jaroslav, Milan LÁTAL a kol. *Vodárenství, jímání a úprava vody*. Vyd. 3. Brno, 2012, 492 s. ISBN 978-80-263-0364-0.
- [8] HLAVÍNEK, Petr a Jaromír ŘÍHA. *Jakost vody v povodí*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 209 s. ISBN 80-214-2815-5.
- [9] HORÁČEK, Zdeněk. *Vodní zákon: s podrobným komentářem po velké novele stavebního zákona k 1. 1. 2013*. Vyd. 2. Praha: Sondy, 2013, 319 s. ISBN 978-80-86846-48-4.
- [10] HUBAČÍKOVÁ, Věra a Petra OPPELTOVÁ. *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. Vy. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 131 s. ISBN 978-80-7375-243-9.
- [11] KADLECOVÁ, Veronika. *Problematika vodárenské nádrže Mostišť*, bakalářská práce. Brno, 2013, 64 s.
- [12] KUČEROVÁ, Radmila, Peter FEČKO a Barbora LYČKOVÁ. *Úprava a čištění vody*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011, 108 s. ISBN 978-80-248-2389-8.
- [13] KYNCL, Miroslav. *Kalová problematika úpraven pitných vod*. [online]. [cit. 2014-10-08]. Dostupné na: <http://www.smv.cz/res/data/013/001565.pdf>

- [14] KYNCL, Miroslav. *Technologie zpracování a využití vodárenských kalů: monografie*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007, 127 s. ISBN 978-80-248-1604-3.
- [15] MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. *Chemie a technologie vody: 2., dopl. Vyd.* Brno: ARDEC, c2006, xii, 331 s. ISBN 80-86020-50-9.
- [16] MAZEL, Lubomír a Miloš POKORNÝ. *Vodárny a čistírny. 2., příprac. Vyd.* Brno: Vysoké učení technické, 149 s. ISBN 80-214-0473-6.
- [17] MAZEL, Luboš. *Rekonstrukce úpravny vody Mostiště*. [online]. [cit. 2014-10-07]. Dostupné na: <http://www.vodarenska.cz/divize-zdar-nad-sazavou/rekonstrukce-upravny-vody-mostiste>
- [18] MŽP, 2014: *Legislativa a metodické pokyny*. [online]. [cit. 2014-10-07]. Dostupné na: www.mzp.cz/cz/legislativa_metodicke_pokyny_vod
- [19] Nitrátová směrnice. *Základní předpisy*. [online]. [cit. 2014-10-08]. Dostupné na: <http://www.nitrat.cz/zakladni-predpisy-2012-2013.html>
- [20] Ochrana veřejného zdraví: (hygienické a zdravotnické předpisy): prováděcí právní předpisy k zákonu č. 258/2000 Sb.: stav k 31. 7. 2001 1. Vyd. Ostrava: Repronis, 2001, 422 s. ISBN 80-86122-88-3.
- [21] PITTER, Pavel. *Hydrochemie. 4., aktualit. Vyd.* Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009, vii, 579 s. ISBN 80-7080-701-9.
- [22] Povodí Moravy. *VD Mostiště*. [online]. [cit. 2014-10-08]. Dostupné na: <http://www.pmo.cz/cz/uzitecne/vodni-dila/mostiste/>
- [23] Rekonstrukce úpravny vody Mostiště.[online] [cit. 2014-10-08]. Dostupné na: <http://www.smp.cz/referencni-projekty/detail/rekonstrukce-upravny-vody-mostiste>
- [24] ROQUES, Henri. *Chemical water treatment: principles and practice*. New York: VCH Publishers, c1996, xiii, 620 s. ISBN 1-56081-518-3.
- [25] ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana. *Příručka provozovatele úpravny pitné vody. 2., aktualit. A dopl. Vyd.* Líbeznice: Medim pro SOVAK ČR, c2012, 264 s. ISBN 978-80-87140-27-7.
- [26] SLAVÍČKOVÁ, Kateřina a Marek SLAVÍČEK. *Vodní hospodářství obcí: úprava a čištění vody*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006, 194 s. ISBN 80-01-03534-4.

- [27] ŠTÍCHA, Václav a Antas Georgiev CUREV. *Vodárenství: zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství vodou*. Vyd. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1969. 499s.
- [28] TESAŘÍK, Igor. *Vodárenství: procesy a zařízení*. 3., dopl. Vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986, 296 s.
- [29] TUHOVČÁK, Ladislav, et al. *Vodárenství, a. úpravy vody: Studijní opory*. 1. Vyd. Brno: VUT FAST, 2006, 155 s.
- [30] TUHOVČÁK, Ladislav, et al. *Vodárenství: Studijní opory*. 1. Vyd. Brno: VUT FAST, 2006, 252 s.
- [31] Turistický portál Velké Meziříčí. *Přehrada Mostišťe*. [online]. [cit. 2015-03-27] Dostupné na: <http://www.turistikavm.cz/tipy-na-vylety-do-okoli/priroda/prehrada-mostiste>
- [32] Úpravna vody Mostišťe prochází celkovou rekonstrukcí a doplněním technologické linky. [online]. [cit. 2014-10-07]. Dostupné na: http://www.mestovm.cz/images/stories/pfociln/130802_TZ%20VAS.doc
- [33] VIGNESWARAN, Saravanamuthu a C VISVANATHAN. *Water treatment processes: simple options*. Boca Raton: CRC Press, c1995, 215 s. ISBN 0-8493-8283-1.
- [34] Vodárenství.cz. *Víme, co pijeme – ověřování mikrobiologické nezávadnosti*. [online] [cit. 2015-22-03]. Dostupné na: <http://www.vodarenstvi.cz/clanky/vime-co-pijeme-overovani-mikrobiologicke-nezavadnosti>
- [35] VOSTRČIL, Josef, Jana HUBÁČKOVÁ a Marta ŠTAMBEROVÁ. *Jakost surových vod a jejich upravitelnost ve vodárnách ČR: (s využitím zahraničních zkušeností)*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2005, 159 s. ISBN 80-85900-55-6.
- [36] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody
- [37] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
- [38] *Water treatment handbook*. 6th ed. Cedex: Degremont, 1991, 592 s. ISBN 2-9503984-1-3.

- [39] Zajištění kvality pitné vody ve vodárenské soustavě jihozápadní Moravy, Žďársko, Projektová dokumentace
- [40] Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví
- [41] Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích v platném znění
- [42] ŽÁČEK, Ladislav. *Chemické a technologické procesy úpravy vody*. 1. Vyd. Praha: SNTL, 1981, 270 s.
- [43] ŽÁČEK, Ladislav. *Příručka pro kontrolu a řízení provozu úpraven vody*. 1. Vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1988, 174s.
- [44] ŽÁČEK, Ladislav. *Technologie úpravy vody*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 1998, 65 s. ISBN 80-214-1257-7.
- [45] ŽÁČEK, Ladislav. *Chemické a technologické procesy úpravy vod*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1999, 239 s. ISBN 80-86020-22-2.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku
CHSK _{Mn}	chemická spotřeba kyslíku manganistanem draselným
CHSK _{Cr}	chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným
č.	číslo
ČSN	Česká státní norma
ČR	Česká republika
DH	doporučená hodnota
ES	Evropské společenství
KNK _{4,5}	alkalita
l/s	litr za sekundu
MH	mezní hodnota
MZ	Ministerstvo zdravotnictví
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
m/h	metry za hodinu
mg/l	miligram na litr
mmol/l	milimol na litr
NMH	nejvyšší mezní hodnota
OP	ochranné pásmo
TDB	technicko-bezpečnostní dohled
TOC	celkový obsah uhlíku
ÚV	úpravna vody
VAS	Vodárenská akciová společnost a. s.
VN	vodárenská nádrž
°C	stupně Celsia

11 SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Typy úprav pro jednotlivé kategorie surové vody</i>	16
<i>Tab. 2. Rozdělení způsobů úpravy vody podle zdroje</i>	18
<i>Tab. 4. Různé způsoby úpravy vody v závislosti na povaze nečistot</i>	23

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. č. 1. Blokové schéma jednostupňové úpravy vody bez separačního stupně (zdroj:Tuhovčák, 2006, upraveno autorkou)</i>	20
<i>Obr. č. 2 Blokové schéma úpravy vody s jednostupňovou separací (zdroj:Tuhovčák, 2006, upraveno autorkou)</i>	21
<i>Obr. č. 3. Blokové schéma úpravy vody s dvoustupňovou separací (zdroj:Tuhovčák, 2006, upraveno autorkou)</i>	22
<i>Obr. č. 4. Blokové schéma úpravy vody s vícestupňovou úpravou (zdroj:Tuhovčák, 2006, upraveno autorkou)</i>	23
<i>Obr. č. 5 Vodárenská nádrž Mostiště (Zdroj: www.google.cz)</i>	33
<i>Obr. č. 6 Mapa povodí VN Mostiště (Zdroj: Povodí Moravy s. p., upraveno autorkou)</i>	34
<i>Obr. č. 7 Oslava a Jihlava od Oslavy po Rokytňou (Zdroj: hydro.chmi.cz)</i>	35
<i>Obr. č. 8: Úprava vody Mostiště (Zdroj: autorka práce)</i>	37
<i>Obr. č. 9 Flotační jednotky na ÚV Mostiště (Zdroj: autorka práce)</i>	40
<i>Obr. č. 10 Kalová pěna na hladině flotační jednotky (Zdroj: autorka práce)</i>	40
<i>Obr. č 11 Písková filtrace na ÚV Mostiště (Zdroj: autorka práce)</i>	41
<i>Obr. č. 12 Výroba ozonu na ÚV Mostiště (Zdroj:autorka práce)</i>	41
<i>Obr. č. 13 GAU filtrace na ÚV Mostiště (Zdroj: autorka práce)</i>	42
<i>Obr. č. 14 Kalové hospodářství ÚV Mostiště – flotační jednotky (Zdroj: autorka práce)</i>	45
<i>Obr. č. 15 Šnekový lis na ÚV Mostiště (Zdroj: autorka práce)</i>	46
<i>Obr. č. 16 Odvodněný kal na ÚV Mostiště (Zdroj: VAS a. s.)</i>	47

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Graf č. 1. Vyhodnocení barvy (autorka práce)

Graf č. 2. Vyhodnocení zákalu (autorka)

Graf č. 3. Vyhodnocení obsahu železa ve vodě (autorka)

Graf č. 4. Vyhodnocení obsahu manganu ve vodě (autorka)

Graf č. 5. Chemická spotřeba kyslíku manganistanem draselným (autorka)

Graf č. 6. Vývoj dusitanů ve vodě (autorka)

Graf č. 7. Obsah amonných iontů ve vodě (autorka)

Graf č. 8. Vývoj pH ve vodě (autorka)

Graf č. 9. $KNK_{4,5}$ - Kyselinová neutralizační kapacita do $pH\ 4,5$ = celková alkalita (autorka)

Graf č. 10. Mikroskopický obraz – počet organismů (autorka)

Graf č. 11. Mikroskopický obraz – živé organismy (autorka)

Graf č. 12. Kvartilové vyhodnocení barvy (autorka)

Graf č. 13. Kvartilové vyhodnocení zákalu (autorka)

Graf č. 14. Kvartilové vyhodnocení železa (autorka)

Graf č. 15. Kvartilové vyhodnocení manganu (autorka)

Graf č. 16. Kvartilové vyhodnocení $CHSK_{Mn}$ (autorka)

Graf č. 17. Kvartilové vyhodnocení dusitanů (autorka)

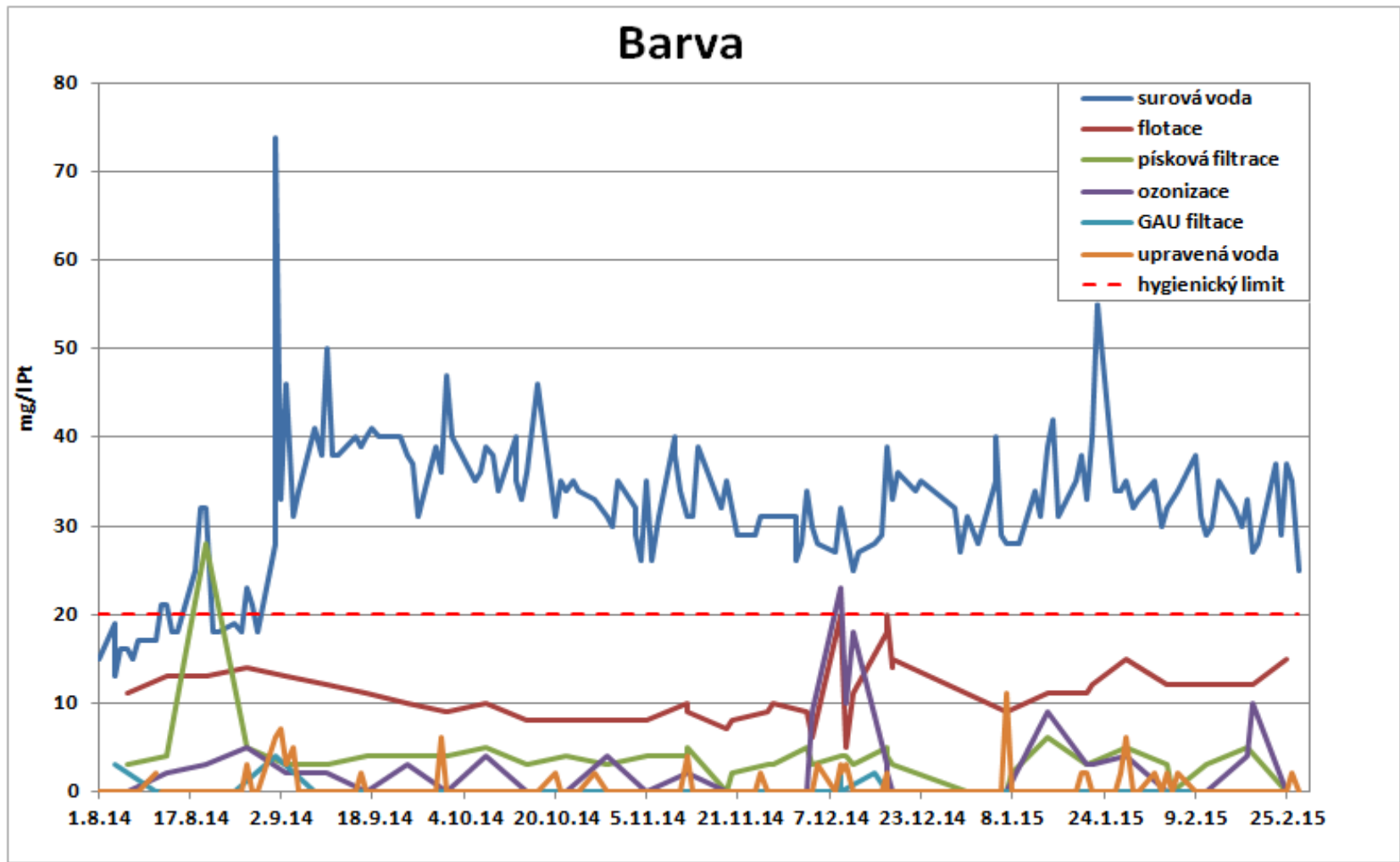
Graf č. 18. Kvartilové vyhodnocení amonných iontů (autorka)

Graf č. 19. Kvartilové vyhodnocení pH (autorka)

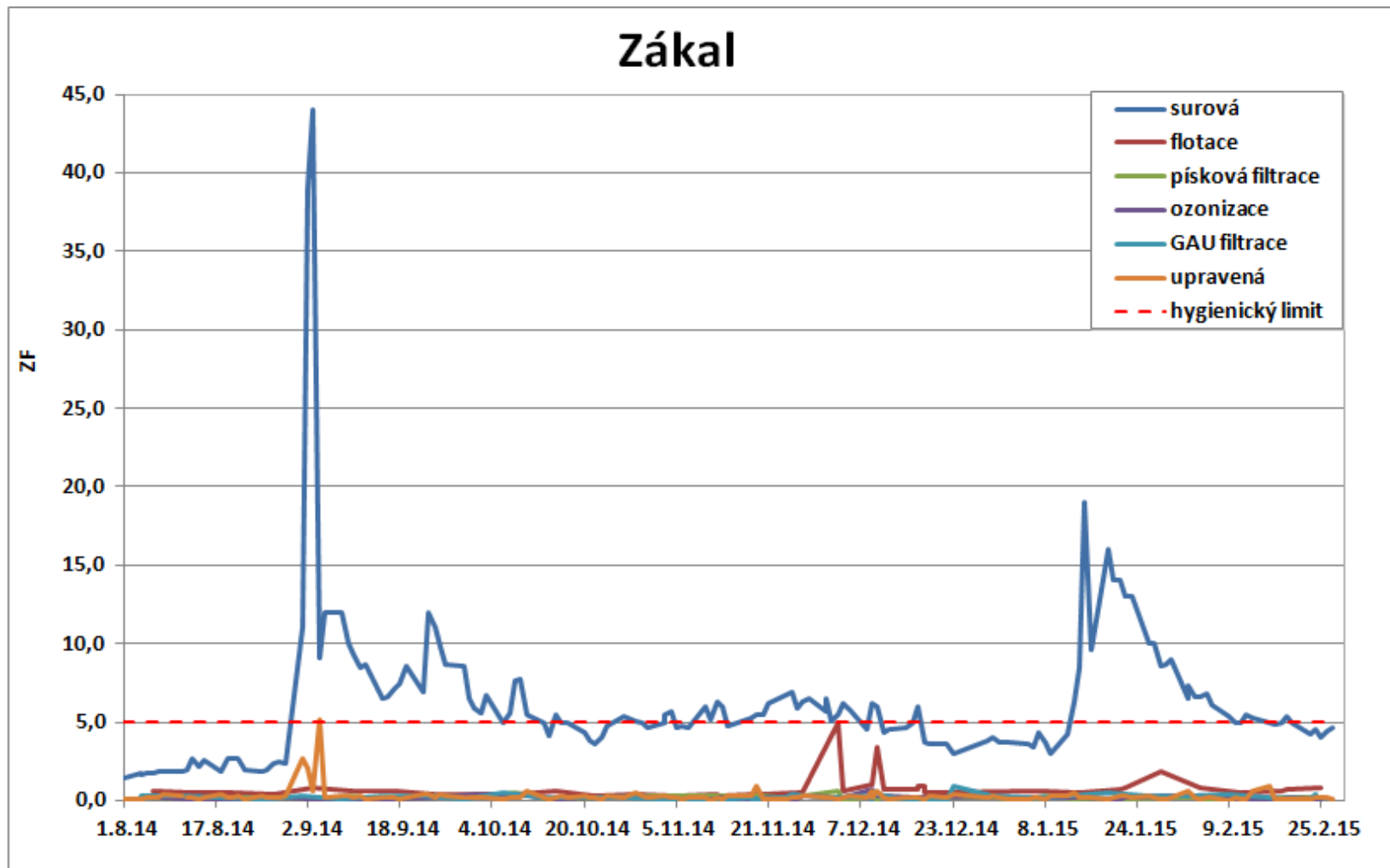
Graf č. 20. Kvartilové vyhodnocení $KNK_{4,5}$ (autorka)

Graf č. 21. Kvartilové vyhodnocení mikroskopického obrazu počtu organismů (autorka)

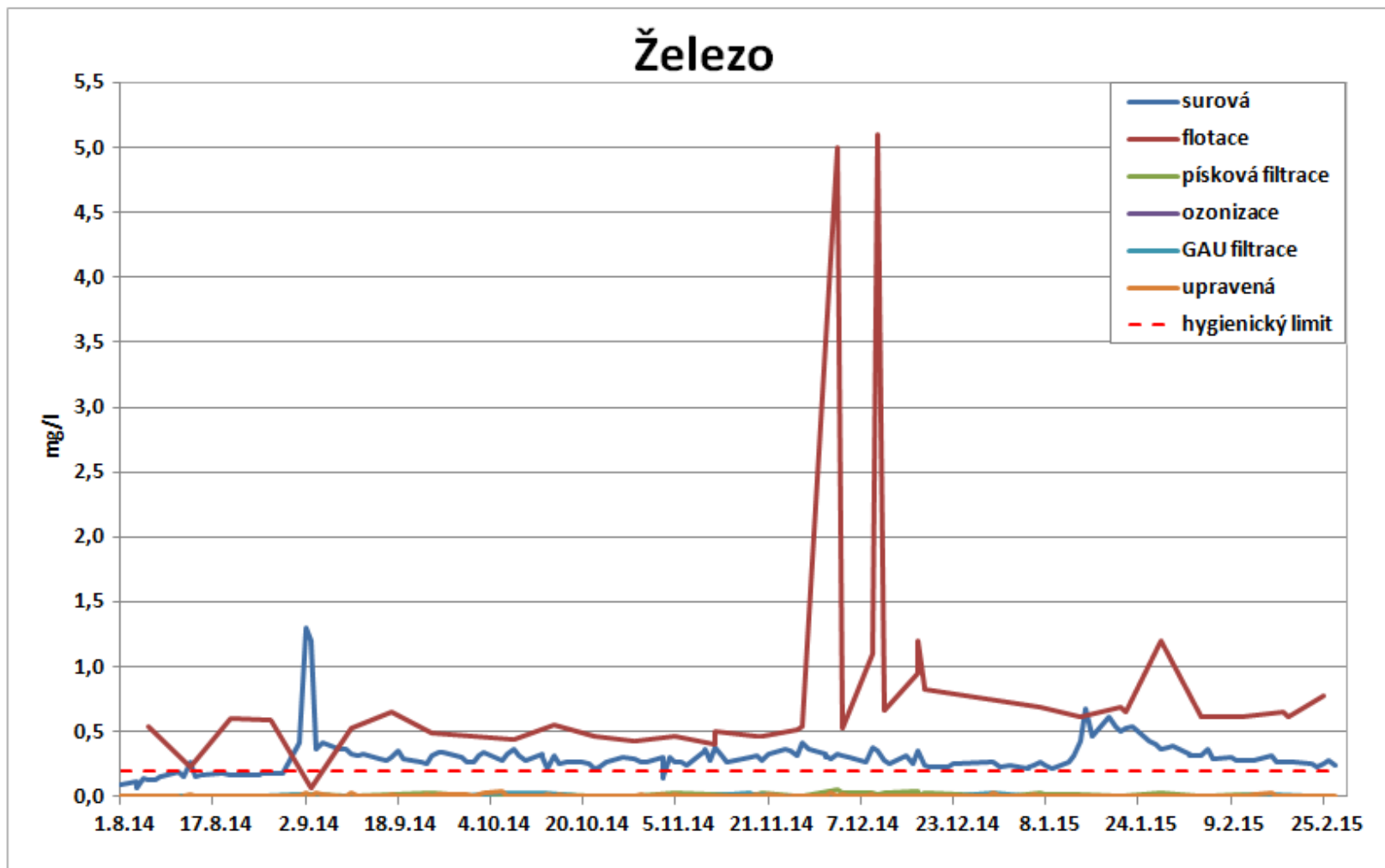
Graf č. 22. Kvartilové vyhodnocení mikroskopického obrazu živých organismů (autorka)



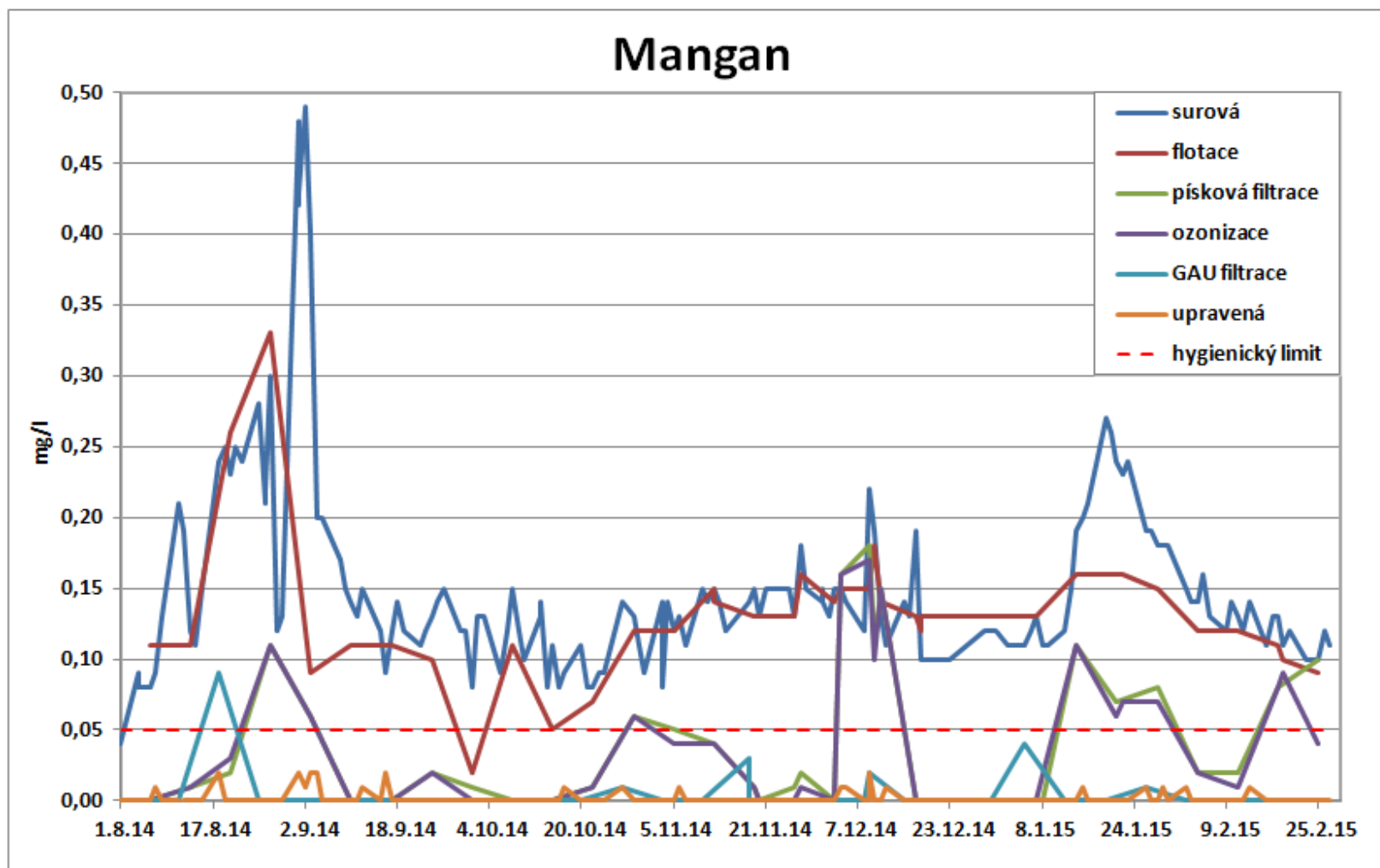
Graf č. 1. Vyhodnocení barvy (autorka práce)



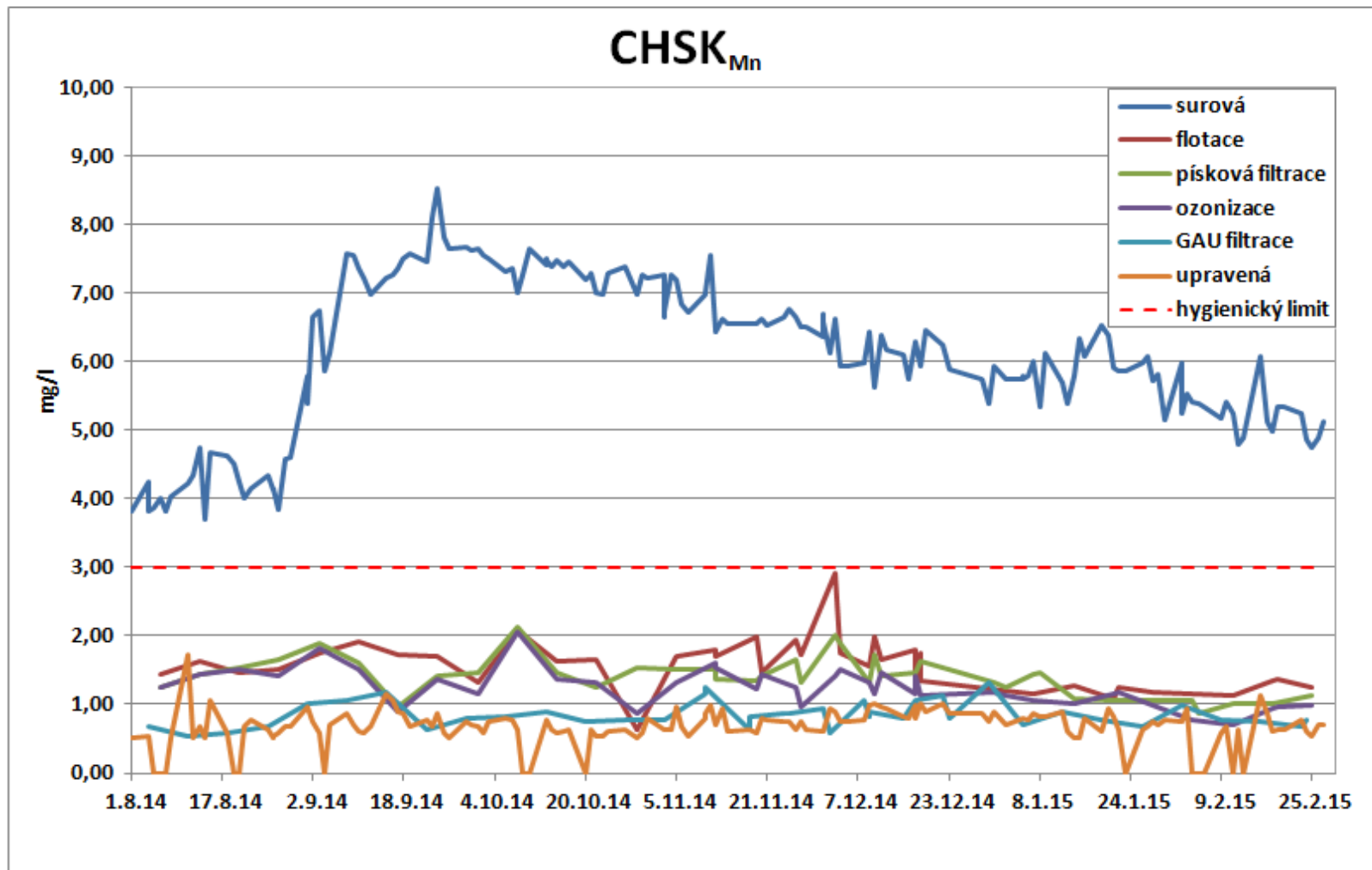
Graf č. 2. Vyhodnocení zákalu (autorka)



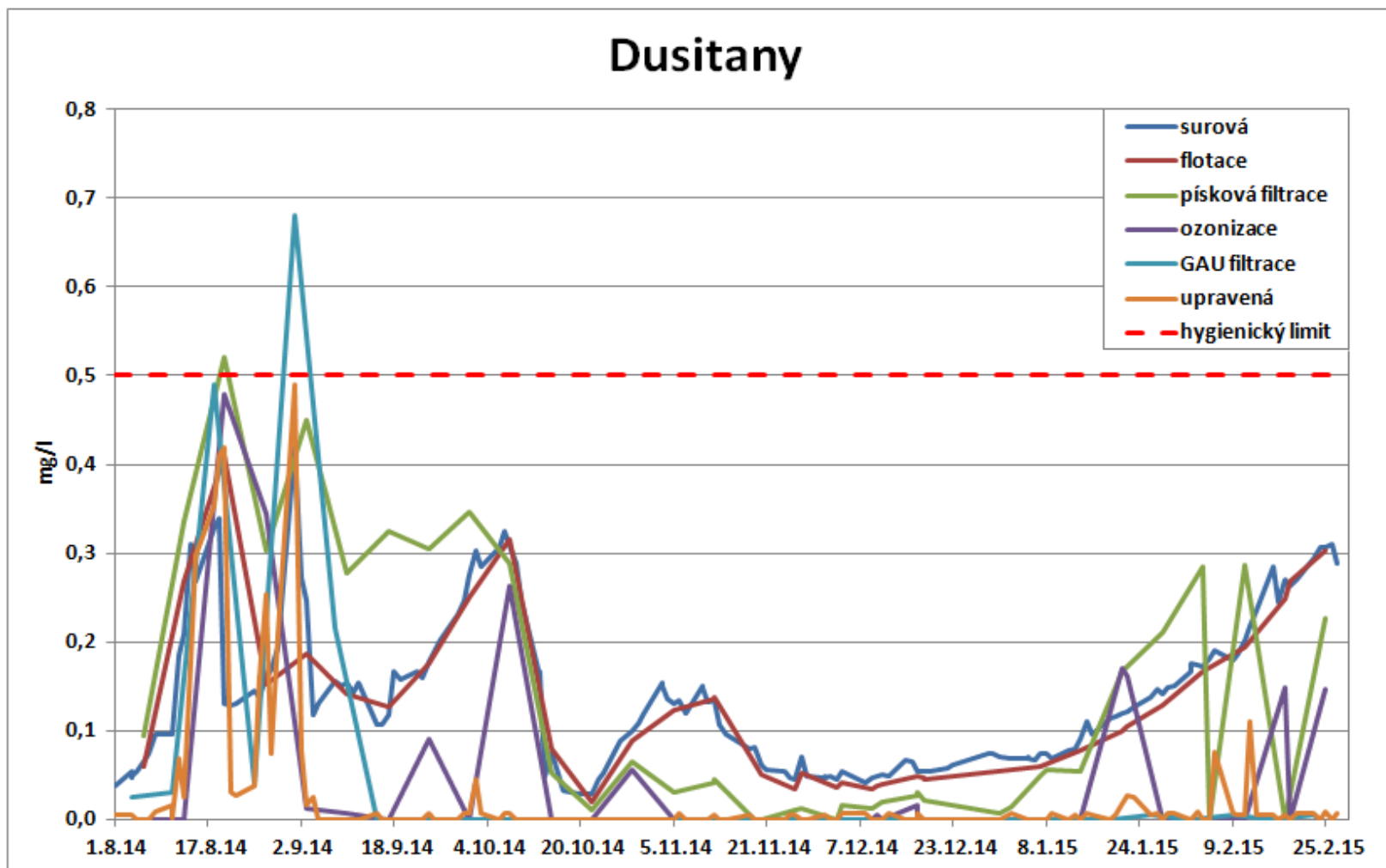
Graf č. 3. Vyhodnocení obsahu železa ve vodě (autorka)



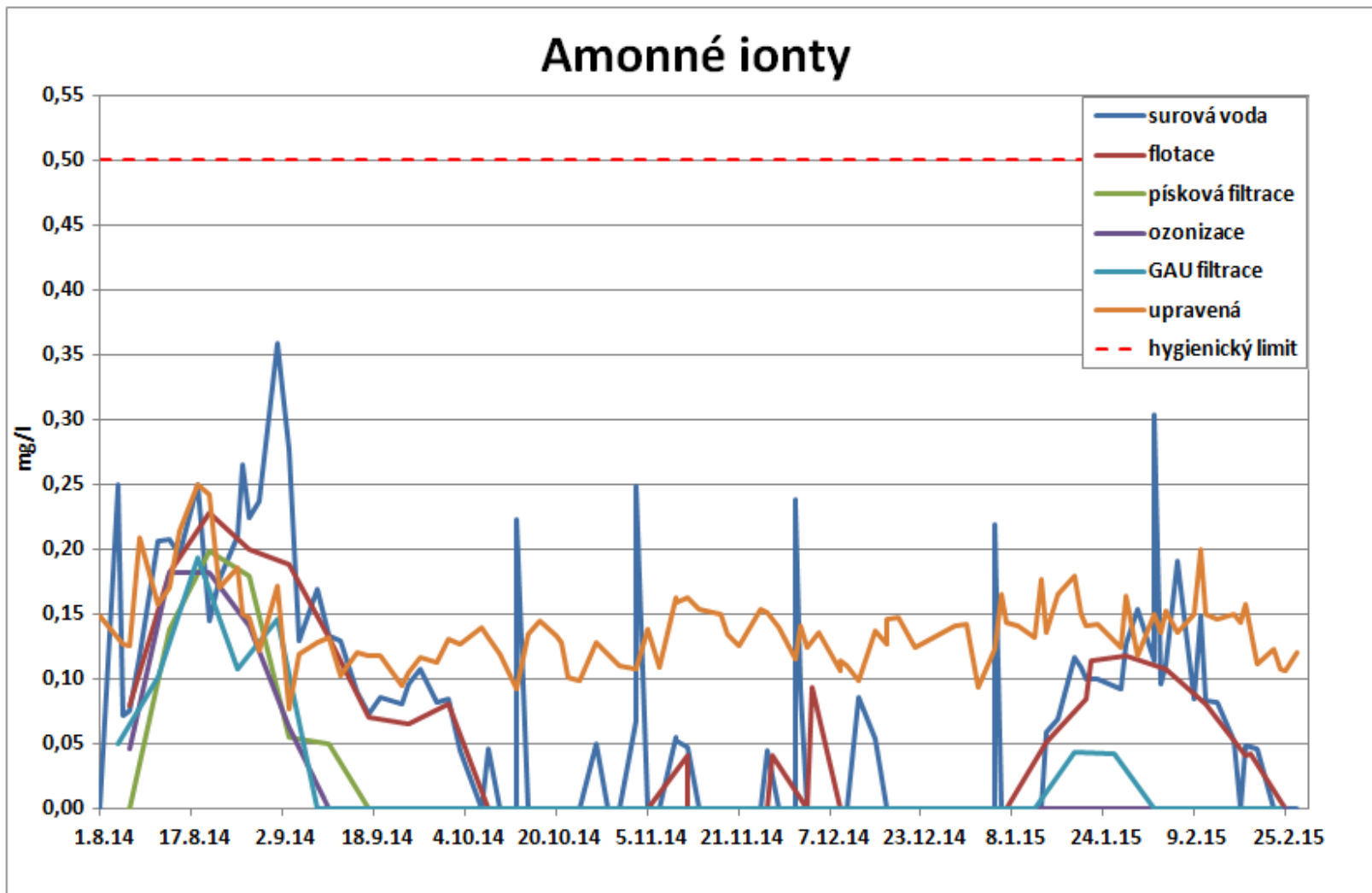
Graf č. 4. Vyhodnocení obsahu manganu ve vodě (autorka)



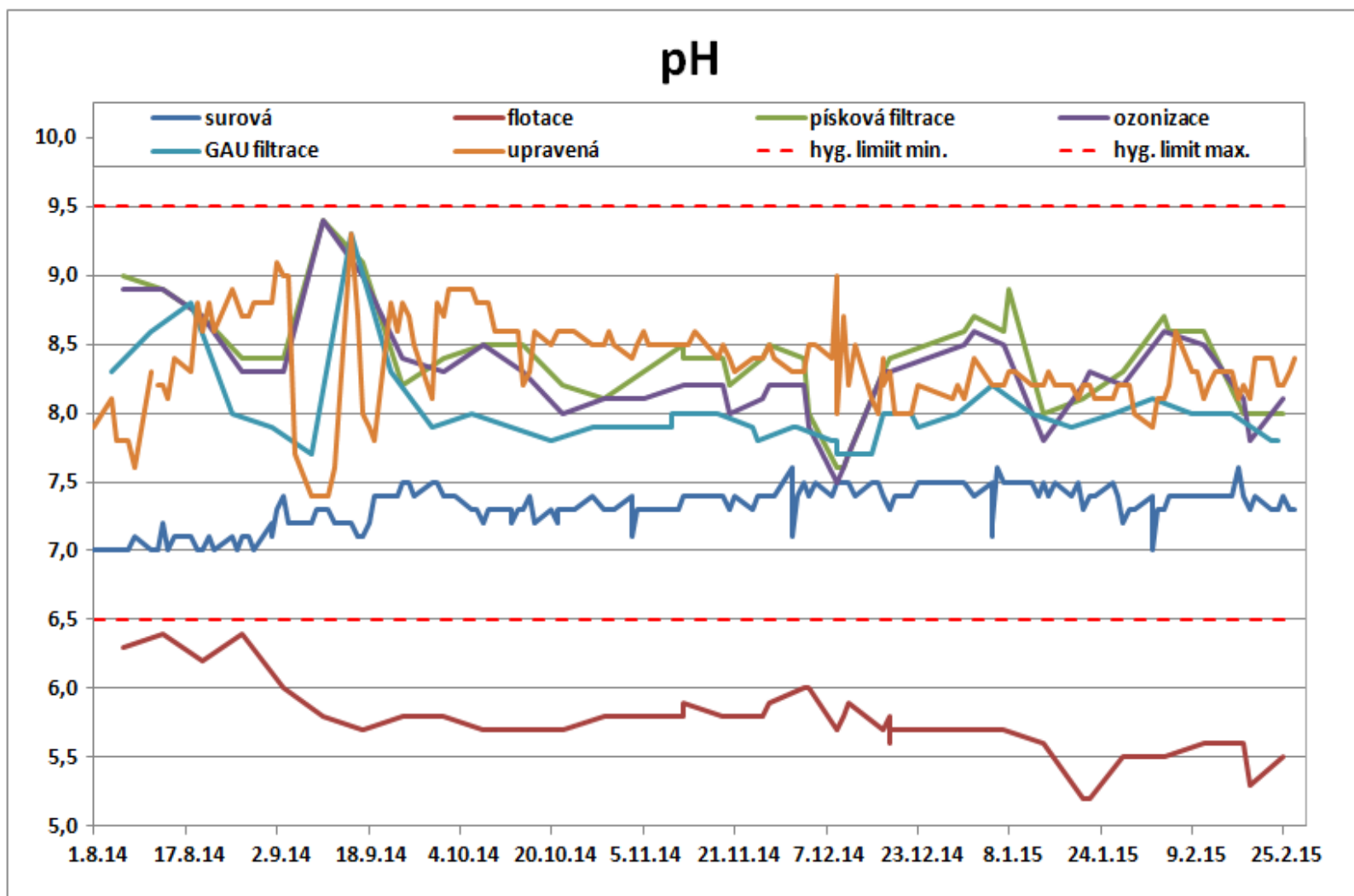
Graf č. 5. Chemická spotřeba kyslíku manganistanem draselným (autorka)



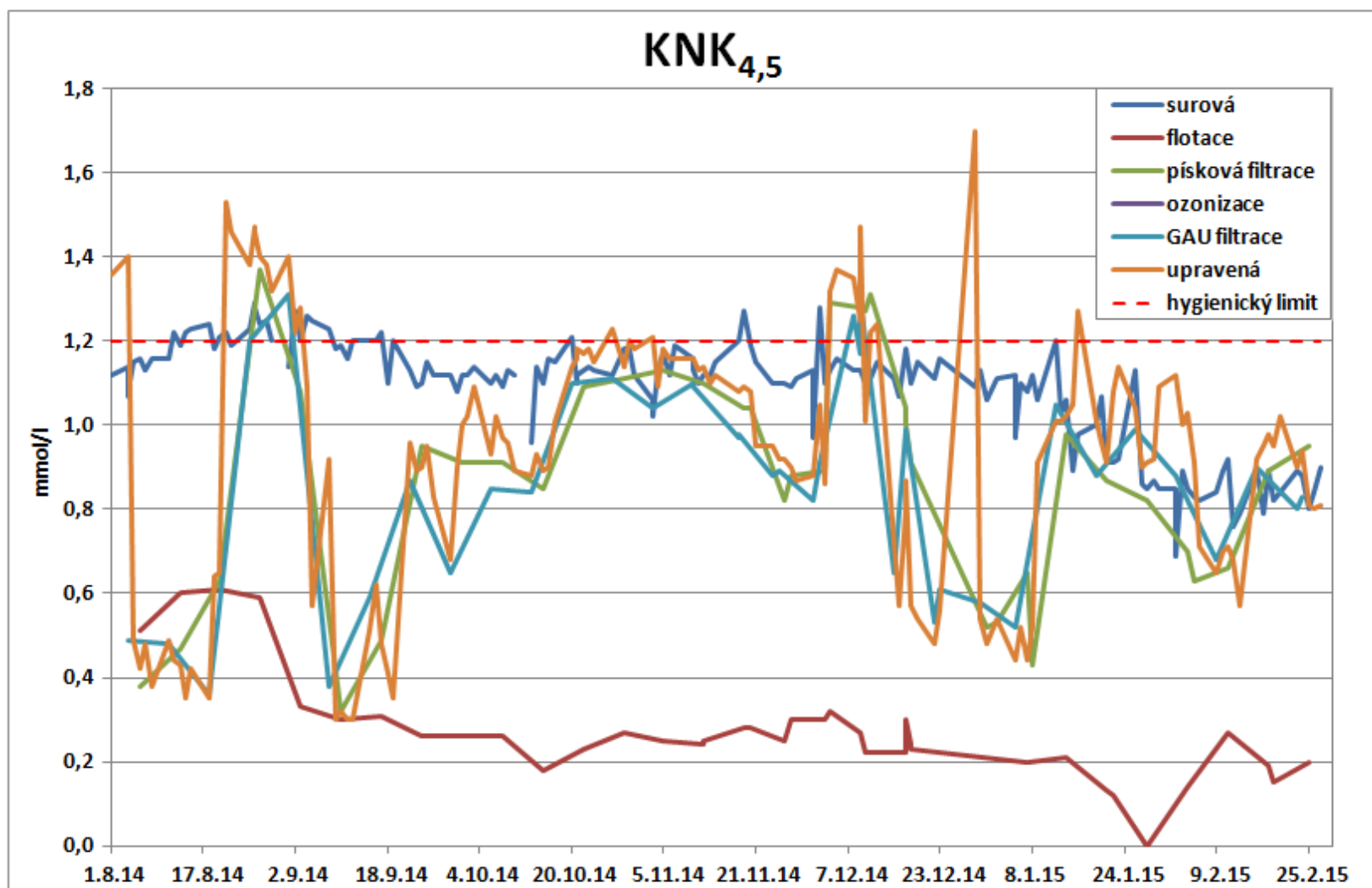
Graf č. 6. Vývoj dusitanů ve vodě (autorka)



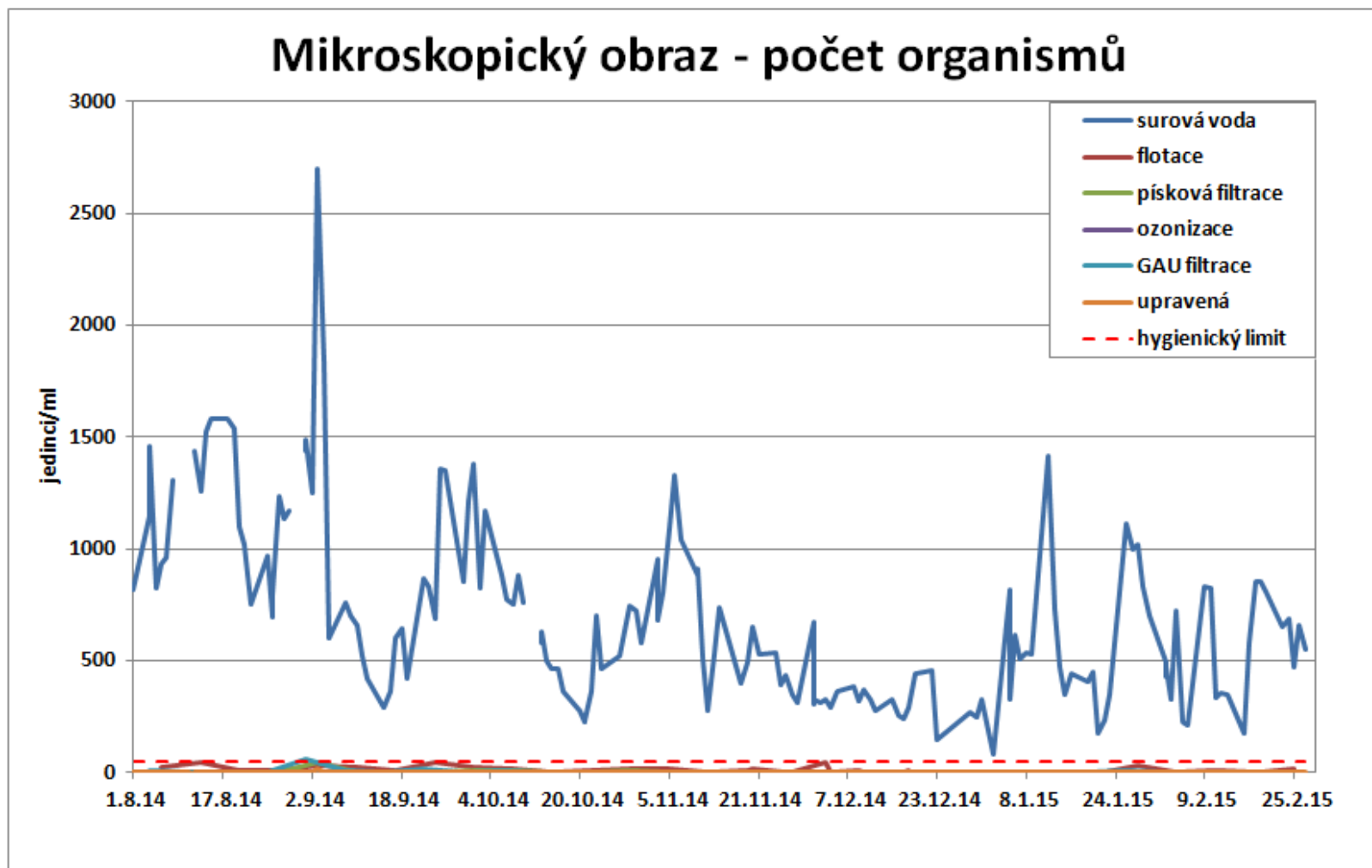
Graf č. 7. Obsah amonných iontů ve vodě (autorka)



Graf č. 8. Vývoj pH ve vodě (autorka)

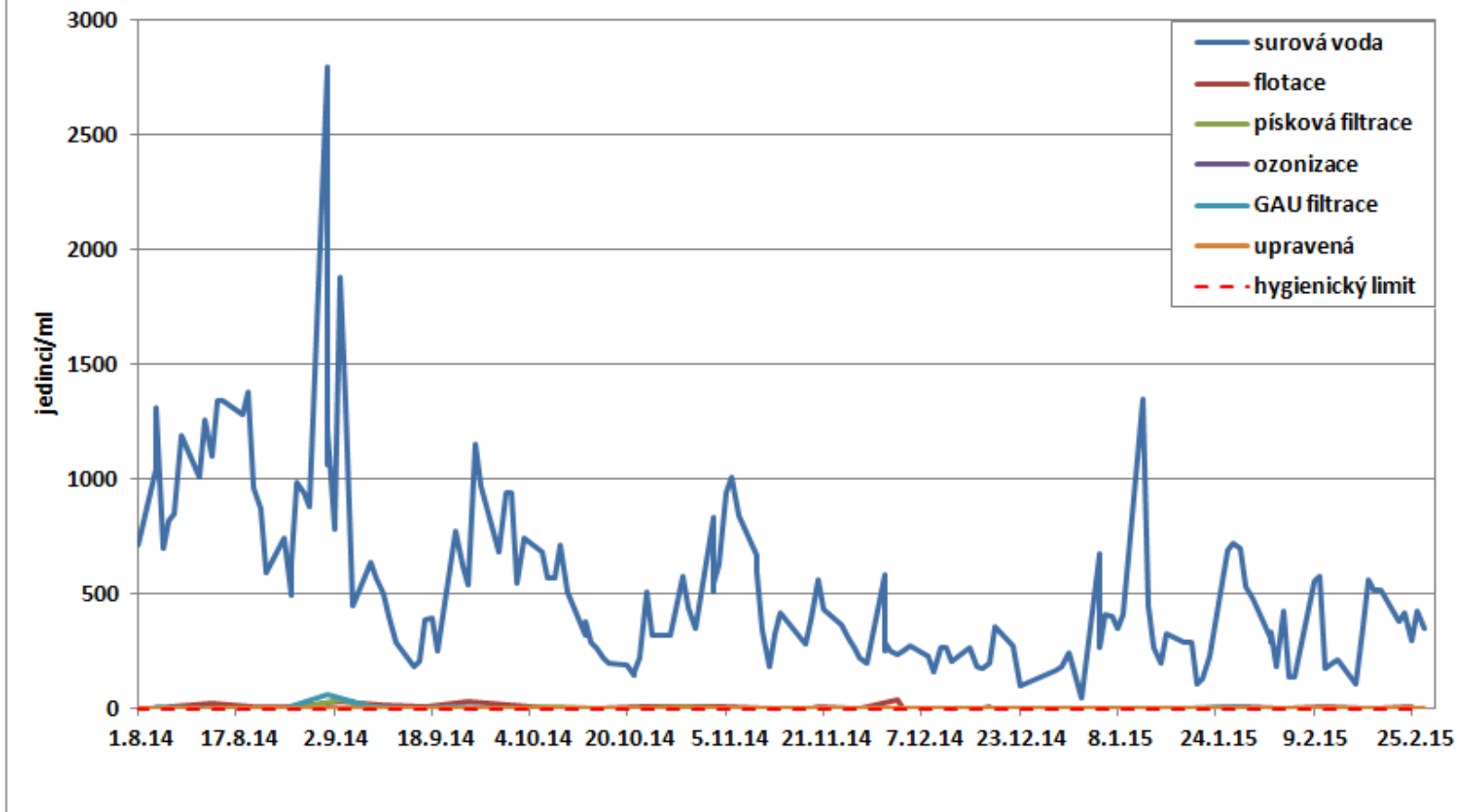


Graf č. 9. KNK_{4,5} - Kyselinová neutralizační kapacita do ph 4,5 = celková alkalita (autorka)

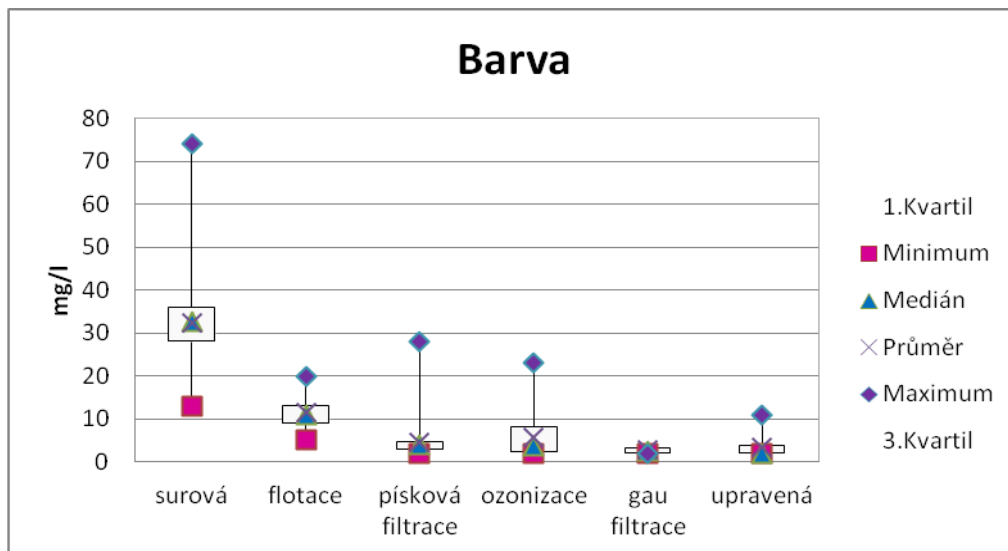


Graf č. 10. Mikroskopický obraz – počet organismů (autorka)

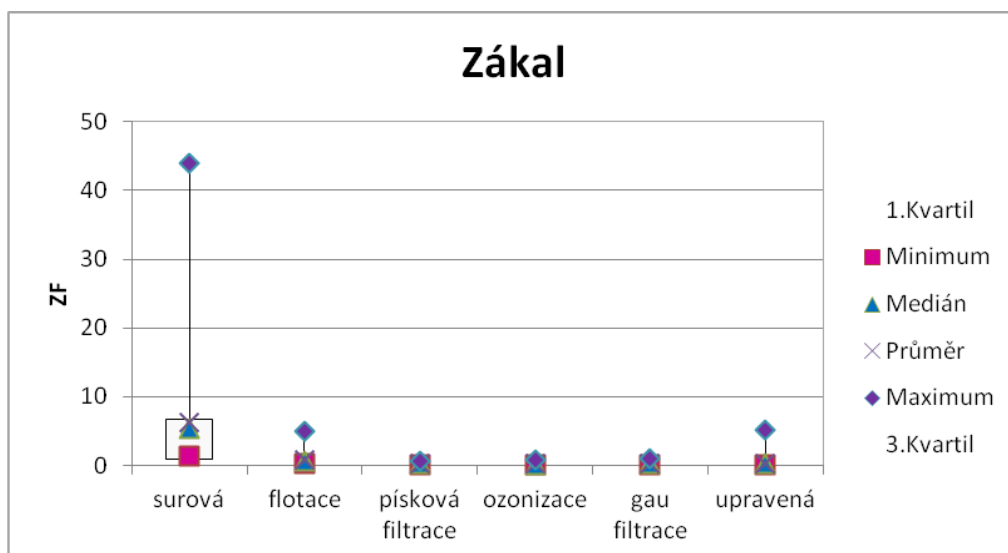
Mikroskopický obraz - živé organismy



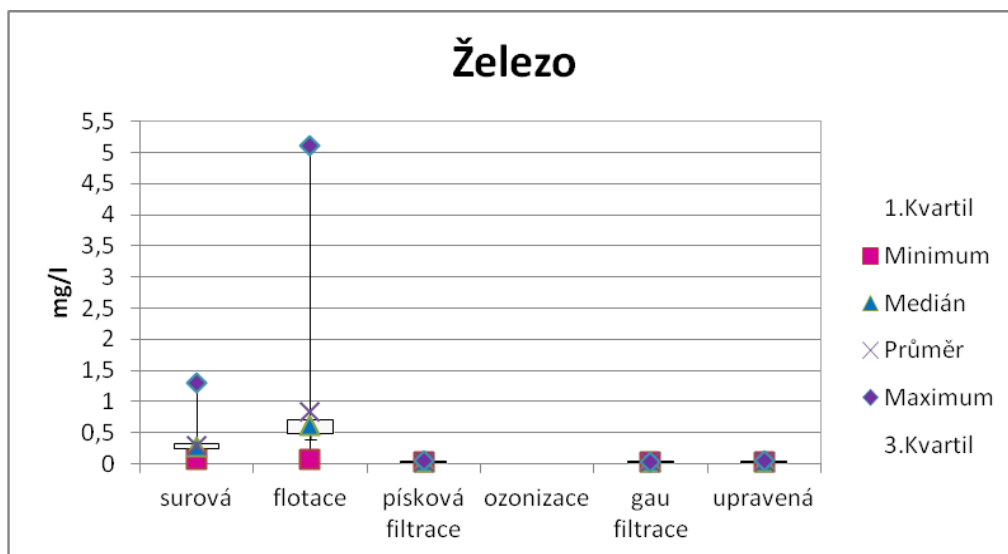
Graf č. 11. Mikroskopický obraz – živé organismy (autorka)



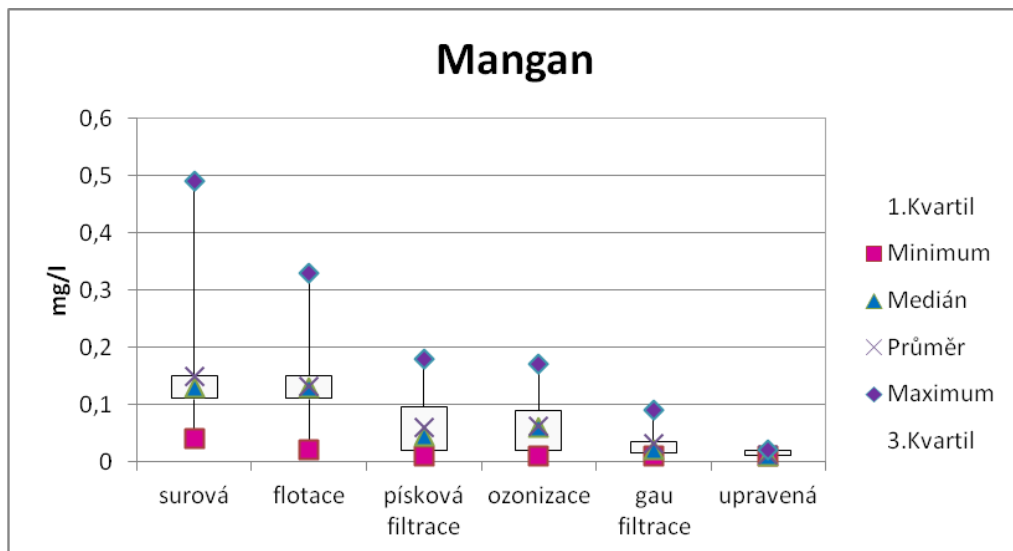
Graf č. 12. Kvartilové vyhodnocení barvy (autorka)



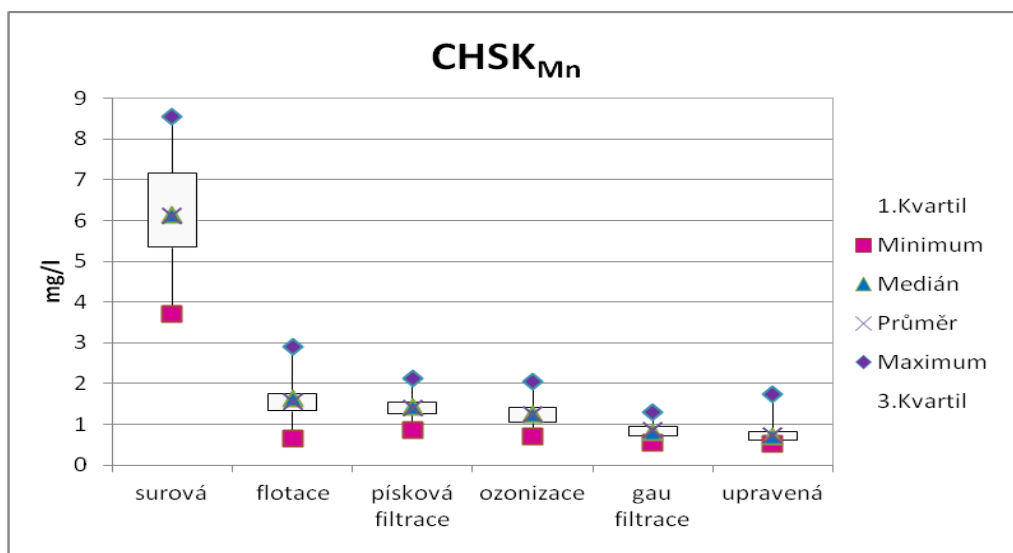
Graf č. 13. Kvartilové vyhodnocení zákalu (autorka)



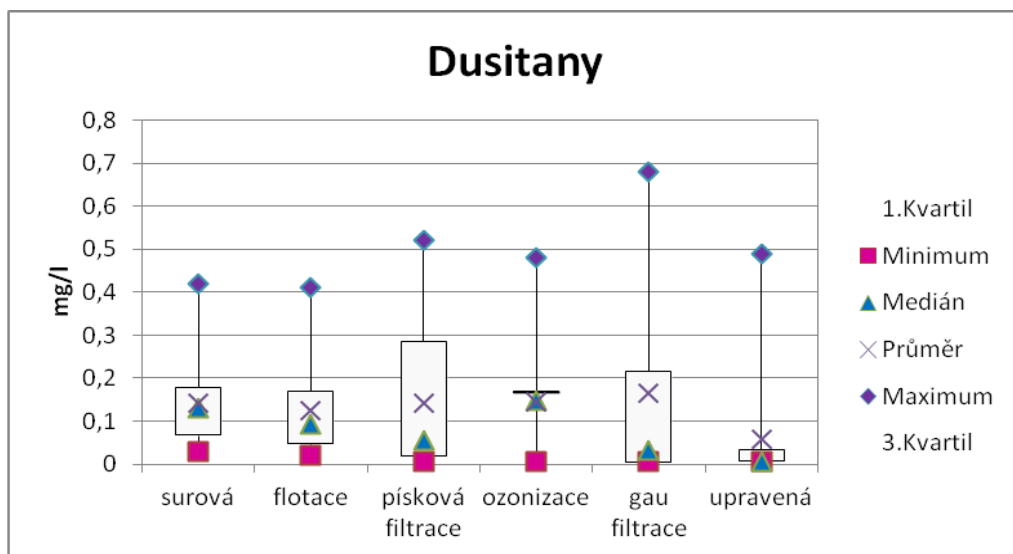
Graf č. 14. Kvartilové vyhodnocení železa (autorka)



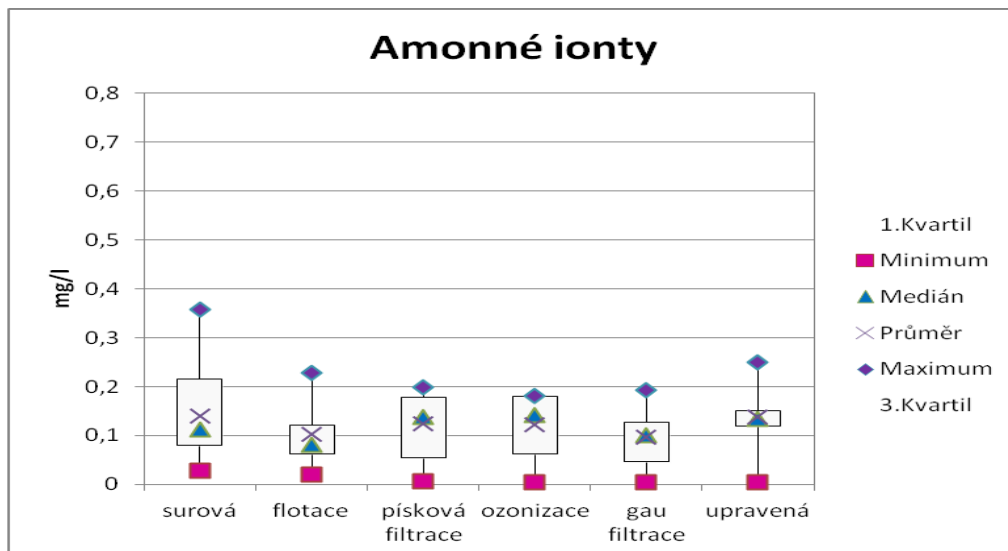
Graf č. 15. Kvartilové vyhodnocení manganu (autorka)



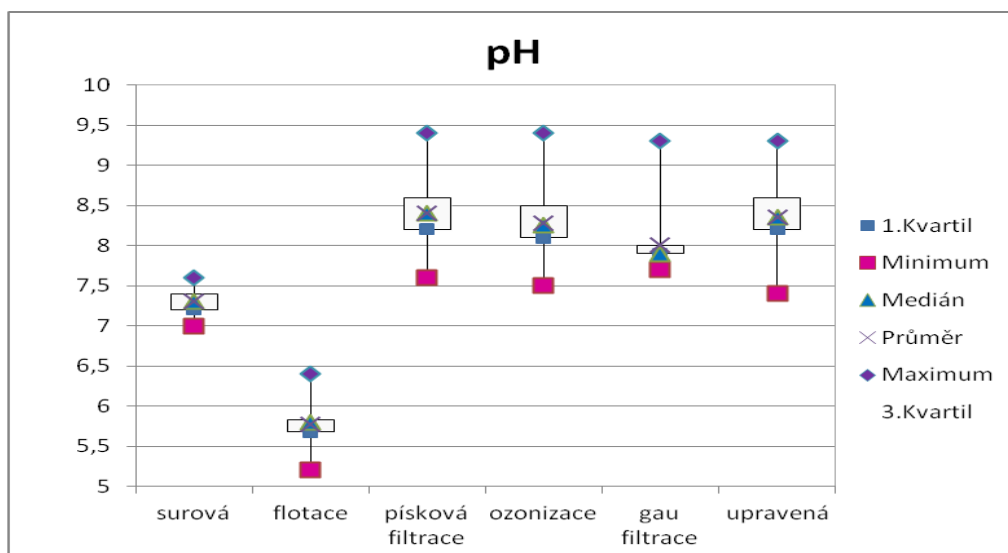
Graf č. 16. Kvartilové vyhodnocení CHSK_{Mn} (autorka)



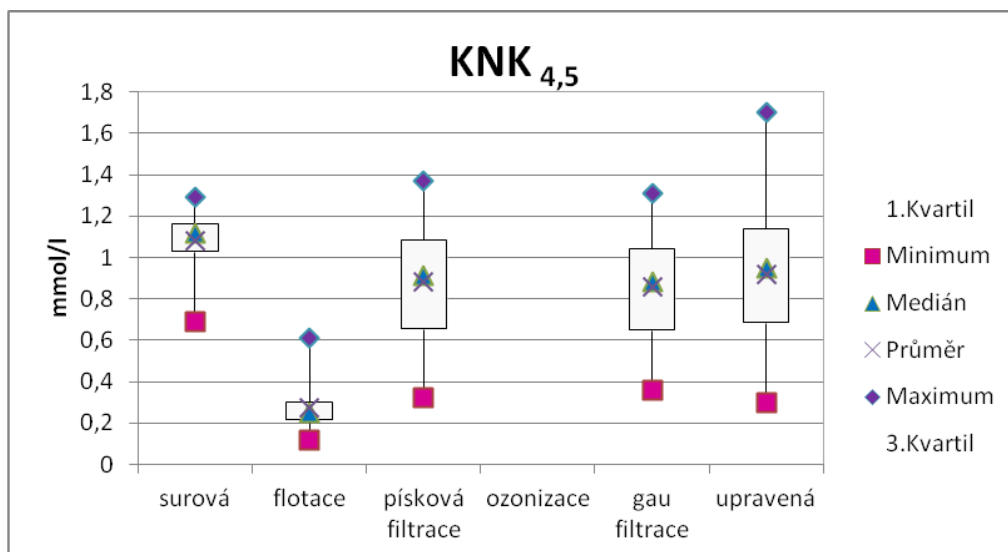
Graf č. 17. Kvartilové vyhodnocení dusitanů (autorka)



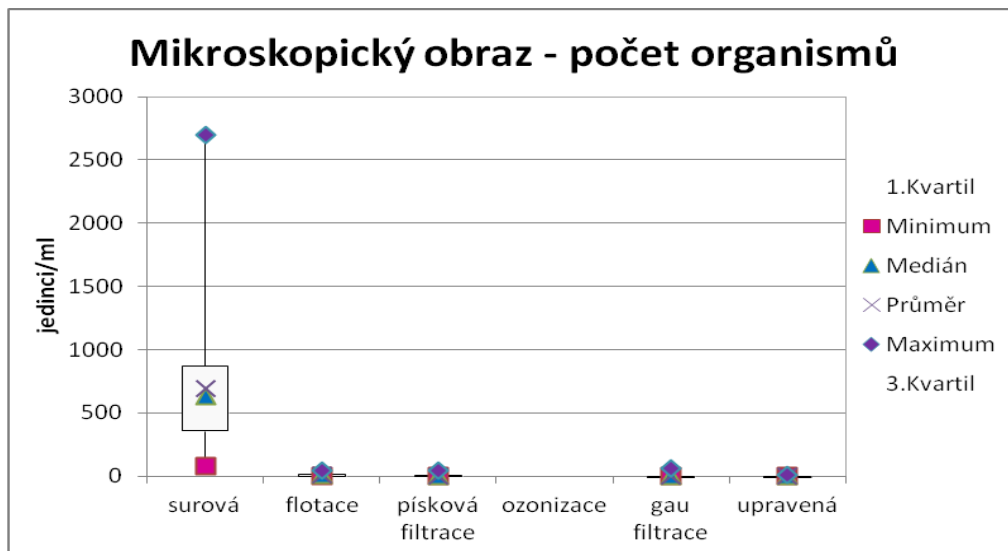
Graf č. 18. Kvartilové vyhodnocení amonných iontů (autorka)



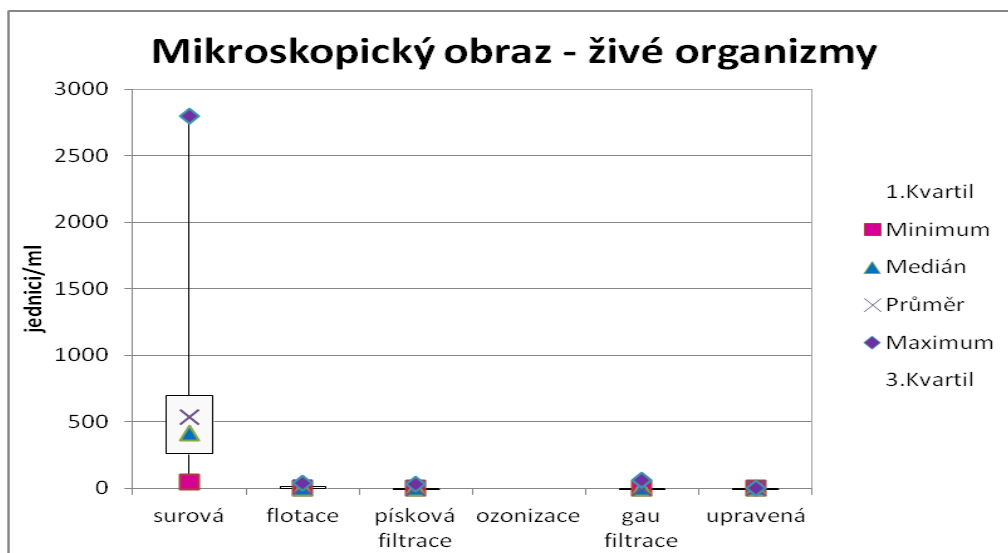
Graf č. 19. Kvartilové vyhodnocení pH (autorka)



Graf č. 20. Kvartilové vyhodnocení KNK_{4,5} (autorka)



Graf č. 21. Kvartilové vyhodnocení mikroskopického obrazu počtu organismů
(autorka)



Graf č. 22. Kvartilové vyhodnocení mikroskopického obrazu živých organismů
(autorka)