

Nefelometrické posuzování účinnosti filtrace pitné vody po koagulaci solemi hliníku

Regina Horká

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Regina HORKÁ**
Osobní číslo: **T10004**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin-specializace
Technologie mléka a mléčných výrobků**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Nefelometrické posuzování účinnosti filtrace pitné
vody po koagulaci solemi hliníku**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Provedte literární průzkum na dané téma bakalářské práce podle pokynů vedoucího práce.
2. Sestavte osnovu bakalářské práce podle platných pravidel UTB ve Zlíně pro danou publikaci na základě literárního průzkumu.

II. Praktická část

1. Provedte praktická nefelometrická měření a doprovodné laboratorní analýzy.
2. Výsledky kriticky zhodnoťte a odvoďte odpovídající závěry.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] STRNADOVÁ, N., JANDA, V. Technologie vody I. 2. vydání. Praha: VŠCHT 2004. ISBN 80-7080-348-7

[2] GAUTHIER, V., BARBEAU, B., TEMBLAY, G., Impact of Raw Water Turbidity Fluctuations on Drinking Water Quality in Distribution Systems. Journal of Environmental Engineering and Science. 2003, ISSN: 1496-2551, [online], [cit. 2012-20-12], dostupný z WWW: [http://www.search.ebscohost.com]

[3] PITTER, P., Hydrochemie. 4. vydání. Praha: VŠCHT 2009. ISBN 978-80-7080-701-9

[4] ŽÁČEK, L., Chemické a technologické procesy úpravy vody. 1. Vydání. Brno: Noel 2000. ISBN 80-86020-22-2

[5] HORÁKOVÁ, M., 1. Vydání. Praha: VŠCHT 2000. ISBN 80-7080-391-6

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Jan Kupec, CSc.

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí


Datum zadání bakalářské práce:

16. ledna 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

2. května 2013

Ve Zlíně dne 4. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Horká Regina

Obor: Chemie a technologie potravin

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 9. 5. 2013

Regina Horká
.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydávající zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce požítovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

V předložené práci bylo provedeno posouzení účinnosti pískové filtrace po koagulaci solemi hliníku s ohledem na využití komerčních průtokových nefelometrů zařazených na výstupu vody z filtrů. Bylo prokázáno, že kvalitu upravené vody lze posuzovat kromě stanovení zbytkového hliníku i hodnotami zákalu. Obě hodnoty mají podle provedených měření relativně shodný průběh. Měření zákalu poskytuje ale věrohodnější výsledky. Normované kvality upravené pitné vody bylo ve všech případech potvrzeno. Rovněž využití použitých nefelometrů se ukázalo jako opodstatněné.

Pokusné sledování ostatních časových závislostí (např. zákal/ CHSK_{Mn} , $\text{CHSK}_{\text{Mn}}/\text{Al}$...) nepřineslo pozitivní výsledky. Důvodem je především nesouměřitelnost podstaty jednotlivých stanovení i složení látek tvořících zbytkové znečištění (organika/anorganika).

Klíčová slova: písková filtrace, pitná voda, nefelometrie

ABSTRACT

In the present work has been carried out assessing the effectiveness of sand filtration after coagulation of aluminum salts with regard to the use of commercial flow nephelometers included in the output of water from the filter. It has been shown that the quality of treated water can be assessed in addition to the residual aluminum and opacity values. Both values are in accordance with the measurements relatively consistent progress. Turbidity measurement but provides more reliable results. Standard quality of treated drinking water was confirmed in all cases. Also use the nephelometers proved justified.

Experimental observation of other time dependencies (eg turbidity/ CHSK_{Mn} , $\text{CHSK}_{\text{Mn}}/\text{Al}$...) did not bring positive results. This is mainly incommensurability nature of determining the composition of matter comprising residual contamination (Organic/Inorganic).

Keywords: sand filtration, drinking water, nephelometry

Ráda bych tímto poděkovat prof. Ing. Janu Kupcovi, CSc. za jeho odborné rady a cenné připomínky při vedení mé bakalářské práce a p. Ostrému, vedoucímu provozu ÚV Lhota, za zapůjčenou literaturu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PITNÁ VODA	12
1.1 INFORMAČNÍ SYSTÉM PITNÁ VODA	12
2 VODNÍ ZDROJE PITNÉ VODY	13
2.1 ZDROJE PODZEMNÍ VODY	13
2.2 ZDROJE POVRCHOVÉ VODY	13
3 ÚPRAVA POVRCHOVÉ VODY	15
3.1 ČIŘENÍ VODY	15
3.1.1 Koagulační procesy z hlediska míchání	16
3.1.1.1 Perikinetická fáze	16
3.1.1.2 Ortokonetická koagulace	16
3.2 SEPARAČNÍ PROCESY	16
3.2.1 Vločkování a sedimentace	17
3.2.2 Filtrace	17
4 ÚPRAVNA VODY LHOTA	19
4.1 ZDROJ SUROVÉ VODY	19
4.2 ÚPRAVA SUROVÉ VODY	19
5 PROVOZNÍ ROZBORY MEZI TECHNOLOGICKÝMI STUPNI.....	20
5.1 STANOVENÍ HLINÍKU	20
5.2 CHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU.....	21
5.3 ZÁKAL VODY	21
5.3.1 Metoda měření rozptýleného záření (nefelometrie)	21
5.3.2 Metoda měření útlumu záření (turbidimetrie).....	22
5.4 STANOVENÍ ABSORBANCE PŘI 254 NM.....	23
II PRAKTICKÁ ČÁST	24
6 PŘÍSTROJE A VYBAVENÍ.....	25
6.1 CHEMIKÁLIE	25
7 VÝSLEDKY A DISKUSE.....	26
7.1 SNÍMANÁ DATA ZE ZÁKALOMĚŘŮ	26
7.2 STANOVENÍ ZBYTKOVÉ KONCENTRACE HLINÍKU	27
7.2.1 Srovnání hodnoty zákalu dle nefelometrie a zbytkového hliníku	27
7.3 STANOVENÍ ZÁKALU SPEKTROFOTOMETRICKY (TURBIDIMETRIE).....	30
7.3.1 Srovnání nefelometrického a turbidimetrického stanovení	31
7.4 STANOVENÍ OXIDOVATELNOSTI (CHSK _{MN})	32
7.4.1 Srovnání CHSK a zákalu	32
7.4.2 Srovnání CHSK a zbytkového hliníku	33
7.5 STANOVENÍ ABSORBANCE.....	35
7.5.1 Srovnání absorbance a zbytkového hliníku	35
7.5.2 Srovnání absorbance a zákalu	36
ZÁVĚR.....	39

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	40
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	43
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	44
SEZNAM TABULEK	45
SEZNAM PŘÍLOH.....	46

ÚVOD

Voda vyskytující se v přírodě není chemicky čistá. Vždy obsahuje rozpuštěné plyny a rozpuštěné i nerozpuštěné organické a anorganické látky. Některé látky přijímá již v atmosféře, avšak k největšímu obohacování rozpuštěnými látkami dochází při infiltraci půdou a horninami. Antropogenním zdrojem organických a anorganických látek v přírodních vodách jsou průmyslové a splaškové odpadní vody a nečistoty.

Největší nároky jsou kladeny na kvalitu pitné vody. Musí být chemicky i mikrobiologicky vyhovující dle platné legislativy ČR. Aby tyto požadavky byly dodrženy, musí se voda většinou upravovat a kontrolovat za každým technologickým stupněm, a to v rozsahu parametrů, u kterých je očekávána změna.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PITNÁ VODA

Pitná voda patří k základním životním potřebám a její odpovídající příjem (spolu s příjmem dalších tekutin) je nejen podmínkou pro správné fungování všech procesů v lidském těle, ale přispívá i k duševní pohodě člověka. Pokud její kvalita neodpovídá hygienickým požadavkům, může způsobit různé zdravotní problémy akutního či chronického rázu [1].

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. stanovuje hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu, četnost a rozsah kontroly pitné vody. Tato vyhláška je plně harmonizována s evropskou Směrnicí Rady 98/83/EC. Udává hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody [2].

Pro účely vyhlášky se vymezují pojmy:

- Hygienický limit (HL) - hodnota stanovená v přílohách vyhlášky nebo hodnota stanovená na základě zákona orgánem ochrany veřejného zdraví.
- Mezní hodnota (MH) - hodnota organoleptického ukazatele pitné vody, přirozených součástí, nebo provozních parametrů, jejíž překročení obvykle nepředstavuje akutní zdravotní riziko.
- Nejvyšší mezní hodnota (NMH) - hodnota zdravotně závažného ukazatele jakosti pitné vody. V důsledku jejího překročení je vyloučeno použití vody jako pitné, neurčí-li orgán ochrany veřejného zdraví jinak [3].

1.1 Informační systém Pitná Voda

Ke sběru dat pro celostátní monitoring jakosti vody slouží informační systém Pitná Voda (IS PIVO). Jedná se o neveřejnou webovou aplikaci, oprávnění uživatelé k ní mají přístup prostřednictvím běžného internetového prohlížeče. Jedná se o speciální mezioborový registr – jde o první registr s datovým rozhraním mezi informačními systémy užívanými v hygienické službě. První registr, který se netýká jen Zdravotních ústavů a Krajských hygienických stanic, ale i externích subjektů [4].

2 VODNÍ ZDROJE PITNÉ VODY

Pod pojmem vodní zdroj rozumíme zdroj povrchové nebo podzemní vody. Charakteristickým rysem vodních zdrojů je jejich kontinuální obnova v rámci celkového oběhu vody na zemi. Výběr vhodných vodních zdrojů pro zásobování obyvatelstva, průmyslu i zemědělství je zaměřen na vody podzemní a povrchové vody z horních toků řek a akumulovaných ve vodárenských nádržích. Z tohoto hlediska je možné vodní zdroje rozdělit do čtyř základních skupin:

1. Vodní zdroje vyhovující ČSN 75 7111 "Pitná voda".
2. Vodní zdroje, které vyžadují pouze dezinfekci, ev. odkyselení provzdušňováním.
3. Vodní zdroje, které vyžadují složitější úpravu, např. čiření, zvyšování koncentrace Ca^{2+} a HCO_3^- , odželezování a odmanganování, odstranění NH_4^+ , částečnou dekarbonizaci, odstraňování těžkých kovů, radioaktivních látek atd. Tyto vody lze upravit jednostupňovou nebo víceúrovňovou úpravou na vodu pitnou.
4. Vodní zdroje téměř nevhodné k úpravě na pitnou vodu. Tyto obsahují např. vysoké koncentrace organických látek, alkalických a těžkých kovů, dusičnanů a dalších složek obtížně odstranitelných běžnými technologickými procesy [2].

2.1 Zdroje podzemní vody

Podzemní vody jsou klíčovým zdrojem pitné vody po celém světě. Obsahují velmi kvalitní vodu. Voda prochází přes různé vrstvy hornin, čímž dochází k její filtraci. Na složení těchto hornin, kterými voda prochází tak závisí její čistota a kvalita. Často voda z těchto hornin přebírá různé minerální prvky v takové míře, že se používá jako minerální voda na pití. Kolísání fyzikálně chemických parametrů je nepatrné. Mají stálou teplotu (s výjimkou vod infiltrovaných) a neobsahují kyslík, anebo jen ve velmi malém množství. Tyto vody obsahují organismy jen v nepatrném množství, a to jiné druhy, než jaké se vyskytují ve vodách povrchových [5,6].

2.2 Zdroje povrchové vody

Povrchové vody lze obecně rozdělit na vody tekoucí a vody stojaté, akumulované v nádržích vodárenských. Povrchové vody se obvykle ve srovnání s podzemními vodami vyznačují vyšší proměnlivou teplotou, nižší mineralizací, větším obsahem kyslíku, malým obsahem oxidu uhličitého a větší koncentrací organických látek, jejichž charakter se různí podle původu vody. Chemické složení povrchových vod je ovlivněno geologickou sklad-

bou podloží, půdně- botanickými poměry, srážkovými vodami, či antropogenní činností [6,7].

U stojatých vod dochází k vertikální stratifikaci (zonálnosti). V důsledku klimatických změn během roku (především teploty, působením větru) dochází u hlubších nádrží a jezer k výraznému vertikálnímu rozvrstvení vody, které doprovázejí změny v chemickém složení vody. Na těchto změnách se podílí i biologická činnost. V letním období (letní stagnace) se rozeznává svrchní vrstva epilimnion, střední vrstva metalimnion (skočná vrstva, termoklina) a spodní vrstva hypolimnion. Na podzim a na jaře dochází k promíchávání uvedených vrstev (podzimní a jarní cirkulace). Následuje zimní stagnace [7].

Jakost povrchových vod je závislá na mnoha faktorech, které jsou ovlivnitelné i neovlivnitelné lidskou činností. Klasifikační systém podle ČSN 75 7221 řadí povrchové vody do tříd podle jejich jakosti s použitím soustavy mezních hodnot charakteristických ukazatelů.

Klasifikace jakosti povrchových vod:

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

Z hlediska užití povrchových vod pro výrobu pitné vody je pozornost zaměřena především na I. a II. třídu [8].

Dalším hlediskem při posuzování jakosti povrchových vod je jejich upravitelnost na vodu pitnou. Požadavky na jakost povrchových vod z tohoto hlediska je dána vyhláškou Ministerstva zemědělství č.248/2001. Definiuje 40 parametrů pro hodnocení kvality surové vody, z toho je 35 chemických a 5 mikrobiologických a biologických ukazatelů. Vzhledem k uvedeným mezním a směrným hodnotám je surová voda rozdělena na kategorie A1, A2, A3 [7].

Stávající kategorie surové vody se upřesňují každý rok podle výsledků prováděných rozborů v rámci plánu kontroly jakosti rozborů surové vody. K hodnocení jsou použity výsledky všech monitorovacích a úplných rozborů za hodnocené období stanovené v akreditované laboratoři [8].

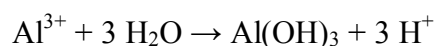
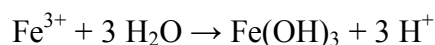
3 ÚPRAVA POVRCHOVÉ VODY

V povrchových vodách probíhá řada fyzikálních, chemických i mikrobiologických a biologických procesů ovlivňující jakost vod. Z látek přírodního původu mají největší význam organické látky, které pocházejí z produktů životní činnosti vodních organismů a rozkladu rostlinných zbytků (např. huminové látky). Z anorganických látek vyskytujících se v povrchových vodách v mikrogramových koncentracích jsou z ekologického i hygienického hlediska významné těžké kovy, s výjimkou kovů alkalických a alkalických zemin. Některé z nich jsou mikrobiogenní prvky, nezbytné pro organismy. Ve vyšších koncentracích však působí toxicky i např. Zn, Cu, Cr, Co aj. Jiné mají toxický účinek již při koncentracích velice nízkých např. Hg, Cd, As, Pb [6].

Soubor procesů používaných při úpravě povrchových vod na vodu pitnou je zaměřen především na odstranění makromolekulární rozpuštěných organ. látek např. humáty a koloidních nebo hruběji dispergovaných nerozpustných látek např. jíly, hlinitokřemičitany [9].

3.1 Čiření vody

Čiření je základním technologickým procesem při úpravě povrchových vod na vodu pitnou. Spočívá v dávkování solí hliníku nebo železa do vody, hydrolyzou těchto solí vznikají téměř nerozpustné hydroxidy podle rovnice:



Hydrolyzou vyloučené vodíkové ionty rychle reagují s hydrogenuhličitanovými ionty přítomnými ve vodě. Rychlost těchto reakcí je značně závislá na teplotě a pod [9].

Podstatou čiření je koagulace. Je to navození takových podmínek, aby částice nečistot přítomné ve vodě se zbavily svého povrchového náboje a tím byla překonána bariéra pro jejich agregaci do větších celků. Hydrolyzou hlinitých a železitých solí jsou koloidní částice $\text{Al}(\text{OH})_3$ a $\text{Fe}(\text{OH})_3$ nabitý kladně. Ty reagují s částicemi nečistot koloidní povahy, nesoucí záporný elektrický náboj a vytvářejí částice (vločky) separovatelné sedimentací, ve vločkovém mraku nebo filtrací [6,7].

3.1.1 Koagulační procesy z hlediska míchání

Z hlediska míchání lze proces koagulace rozdělit na fázi rychlého a pomalého míchání. Zda bude docházet k nabalování vloček nebo naopak k jejich rozbíjení rozhoduje účinnost míchání [10].

3.1.1.1 Perikinetická fáze

V perikinetické fázi vznikají rychlým mícháním mikrovločky agregací koloidních částic vlivem Brownova pohybu (tepelný pohyb různými směry).

Rychlé míchání, při kterém dochází k perikinetické koagulaci se řeší:

- Mechanicky pomocí míchadel různé konstrukce.
- Hydraulicky, např. umístěním přepážek v proudící kapalině nebo již v přívodním potrubí, do jehož zúženého profilu je zaústěn přívod koagulantů.
- Ve fluidní vrstvě zrnitého materiálu, kde dochází k silné turbulenci. K tomuto účelu lze použít písek o velikosti zrn 0,3 až 0,4 mm [6].

3.1.1.2 Ortokinetická koagulace

Ortokinetická fáze nastává při pomalém míchání a sedimentaci, kdy dochází ke kontaktu částic. Může vznikat tzv. vločkový mrak, toto stádium se nazývá flokulace anebo vločky se usazují na dně.

Pomalé promíchávání, při kterém dochází k ortokinetické koagulaci se provádí:

- Mechanickými míchadly
- Řešením vhodné hydrauliky nádrže
- Provzdušňováním [7]

3.2 Separační procesy

Základním separačním stupněm je sedimentace po vytvoření vloček (flokulaci). Sedimentace je proces separace tuhých částic od kapaliny, vyvolaný působením gravitačního zrychlení. Druhý stupeň separace je filtrace. Při ní prochází upravovaná voda zrnitým nebo porézním materiálem, v kterém se mechanicky zachycují tuhé částice [2].

3.2.1 Vločkování a sedimentace

Sedimentace je jedna z nejpoužívanějších a nejjednodušších, současně však neúčinnějších metod oddělení vloček vzniklých při úpravě vody na základě procesů koagulace a flokulace. Vločkovací (flokulační) nádrže a usazovací nádrže mohou být buď samostatné, nebo sdružené, s vymezenými vločkovacími a usazovacími prostory. Nevýhodou samostatných vločkovacích a usazovacích nádrží je rozbíjení vloček v propojovacích potrubích nebo na přepadech žlabů. Sdružené vločkovací a sedimentační nádrže mají odděleny prostory stěnou nebo několika stěnami s ponořenými otvory. Ve vločkovací části vzniká chemickým srážením vrstva vločkovitých částic tzv. vločkový mrak. Vznášení vloček probíhá v mírně turbulentní oblasti proudění. Hladina vločkového mraku tvoří rovinu. Přítokem čerstvých vloček výška vrstvy narůstá a dochází k přetoku vody z vločkovací nádrže do usazovací nádrže přes nornou stěnu, která obě nádrže rozděluje. V sedimentační části nastává usazování kalu a vloček. Vločkovací a sedimentační nádrže jsou na dně opatřena shrabovákem, který kontinuálně stírá vodárenský kal do kalových komor [11].

3.2.2 Filtrace

Filtrace je nejpoužívanější technologický proces ve vodárenství. Filtrační prostředí u tzv. objemové filtrace tvoří vrstva zrnitého materiálu, kterým protéká suspenze a suspendované částice jsou v něm zachycovány, při čemž k separaci dochází v celém objemu nebo alespoň v její části. Suspendované látky pronikají do náplně filtru tím hlouběji, čím je větší filtrační rychlost a zrnitost materiálu. Filtrace vrstvou zrnitého materiálu je dynamický proces. Od začátku filtračního cyklu až do jeho ukončení se podmínky ve filtru neustále mění. Významné jsou povrchové vlastnosti filtračního materiálu. Uvádí se, že lepší separační účinnosti je možné dosáhnout u částic s hrubším povrchem [7,12].

Používaný filtrační materiál:

- Písek
- Antracit
- Aktivní uhlí
- Filtralite NC
- Filtralite MC
- Filtralite HC [12]

Podle složky filtrace, která je dominantní, rozeznáváme dva základní druhy filtrace.

Lze rozlišit dva druhy filtrace:

- Pomalá – založena na biologických separačních procesech organismů přisedlých na zrnech písku. Vedle filtračního účinku se uplatňuje účinek biologického oživení náplně aerobních mikroorganismů. Substrátem mikroorganismů je organická hmota vody, která je metabolickou činností mikroorganismů mineralizovaná.
- Rychlá- je zařazována jako separační stupeň chemické úpravy vody, využívá se speciální náplň filtrů (aktivní uhlí, zeolit, odkyselovací náplně) [6].

U filtrace je význačným rysem cykličnost provozu. Filtrační cyklus se sestává z fáze filtrační a fáze praní. Během pracovní filtrační fáze se částice z vodní suspenze z vody odstraňují zachycením v objemu náplně a při praní se filtrační náplň regeneruje. O tom, kdy je filtr regenerovat se zpravidla rozhoduje podle dvou kritérií. Prvním kritériem je nárůstem tlakových ztrát na filtrační náplni vlivem zachycených suspenzí v náplni, druhým kritériem je průnik suspenzí do filtrátu. U pitné vody se zpravidla koncentrace suspenze ve filtrátu hodnotí, podle koncentrace Fe a Al u filtrů, které slouží pro separaci suspenzí vznikajících při koagulaci [2,6,9].

4 ÚPRAVNA VODY LHOTA

4.1 Zdroj surové vody

Zdrojem surové vody je přehradní nádrž Opatovice na říčce Malá Haná. Nádrž je hluboká 30 m a úzká, situovaná v zalesněném údolí, což je velká přednost z hlediska kvality surové vody. Objem nádrže je 10 mil. m³. Odběrní horizont je umístěn 15 m ode dna. Voda se z přehrady přivádí gravitačně [13].

Vodu lze charakterizovat jako málo až středně mineralizovanou, vápenato-hořečnatého typu, s nízkým obsahem organických látek. V obsahu Mg nedosahuje voda MH 10 mg.l⁻¹. Nasycení vody O₂ je v jarních měsících 50-60 %, v podzimních výrazně klesá pod 20 % s minimem až 2 %. To je dáno rozkladem organických látek biochemickými pochody. S poklesem obsahu O₂ roste i obsah Mn [14].

4.2 Úprava surové vody

ÚV Lhota je vodní dílo upravující surovou vodu z údolní nádrže Opatovice na vodu pitnou. ÚV je projektovaná s výkonem 120 l.s⁻¹. Dnes je minimální výkon 50 l.s⁻¹ a maximální 80 l.s⁻¹. ÚV je dvoustupňová, I. separační stupeň je tvořen čířiči s vločkovým mrakem a II. stupeň separace je tvořen pěti otevřenými pískovými rychlofiltry s náplní uhlí a písek [13].

Do vody je dávkován koagulant PAC, Polyaluminium chlorid, obchodní kapalný produkt PAX 18 (40 % AlCl₃ · 18H₂O), neředěný v dávkách 10-30 mg.l⁻¹. PAC se využívá, protože teplota surové vody je celoročně poměrně nízká a PAC má výhodu v tom, že je účinnější při nižších teplotách. Přidává se i manganistan draselný a vápenný hydrát formou vápenné vody. Hygienické zabezpečení vody se provádí plynným chlorem. Regenerace filtrů bez meziden je prováděna vzduchem a vodou. Prací voda je odsazována a odváděna do vodoteče. Z akumulace ÚV je voda gravitačně dopravována do rozvodné sítě města Vyškov, čerpána do akumulace Opatovice, akumulace vojsko a do vodojemu Lhota [13,14].

5 PROVOZNÍ ROZBORY MEZI TECHNOLOGICKÝMI STUPNI

Voda upravovaná se musí kontrolovat za každým technologickým stupněm, a to v rozsahu parametrů, u kterých je očekávána změna. Četnost a rozsah provozních rozborů mezi jednotlivými technologickými stupni určuje technolog podle velikostních kategorií a složitosti úpravy. Tyto rozborby by měly zabezpečit řádné provozování úpravny vody. Místa odběru vzorků se určují podle způsobu technologie úpravy vody a složení technologické linky úpravny vody [15].

Tab. 1. Typické ukazatelé pro provozní rozborby [15]

Povrchová voda	
Ukazatel	Jednotky
Teplota	°C
Zákal	ZF _n
CHSK	mg/l
Absorbance ₁ ²⁵⁴	l
Hliník	mg/l
Železo	mg/l
Mangan	mg/l
Vybrané mikrobiolog. a biologické ukazatele	
Dezinfekční činidlo	mg/l

5.1 Stanovení hliníku

Hliník patří mezi nejrozšířenejší prvky v zemské kůře. V přírodních vodách se jeho koncentrace zvyšuje působením kyselých srážek, kdy dochází k zvýšení mobility a následnému uvolňování hliníku do půdních roztoků, podzemních a povrchových vod. Hliník se ve vodě nachází v biologicky dostupnější formě než v potravinách a jeho přítomnost v pitné vodě je spojována s vznikem nervových chorob jako je Alzheimerova a Parkinsonova nemoc a dialýzová encefalopatie. V přirozených zdrojích vod se hliník vyskytuje v monomerní formě jako volný iont hlinitý, nebo tvoří komplexy s dalšími rozpuštěnými

anorganickými sloučeninami. Hliník může být chemicky vázán i na organické ligandy nebo anorganické koloidy. (OH^- , F^- , SO_4^{2-}) [16, 17, 18, 19].

Stanovení hliníku ve vodách spočívá v reakci hlinitých iontů s Eriochromcyaninem R při pH $5,8 \pm 0,1$ za vzniku oranžového zbarvení. Intenzita vzniklého barevného komplexu se měří spektrometricky [20].

Při úpravě vody se používá koagulační činidlo síran hlinitý kvůli vysoké efektivitě při odstraňování koloidních i rozpuštěných látek. Z tohoto důvodu se musí po separaci filtrem stanovovat zbytková koncentrace hliníku. Pokud ve filtrátu je stanovena vyšší koncentrace zbytkového hliníku ($> 0,2 \text{ mg/l}$), musí se filtr vyprat [6].

5.2 Chemická spotřeba kyslíku

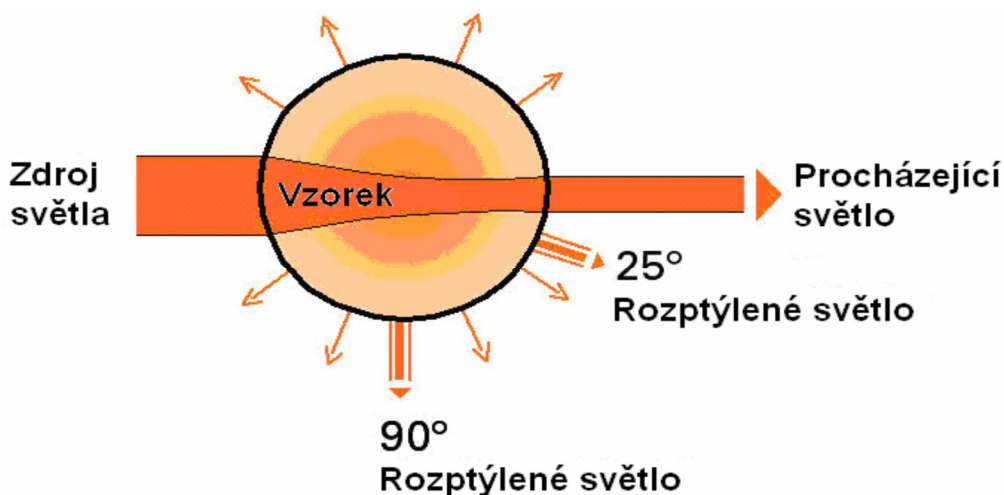
CHSK je uzanční mírou znečištění vody, jejíž vzorek obsahuje oxidovatelné organické látky. Hodnotu CHSK nelze považovat za míru teoretické spotřeby kyslíku nebo celkového obsahu organické hmoty. Četné organické sloučeniny se za podmínek stanovení oxidují jen částečně, vzhledem k tomu, že k úplné oxidaci nedochází. Anorganické látky (např. Cl^-) mohou zkreslovat výsledky tohoto stanovení [21].

5.3 Zákal vody

Zákal povrchových vod je způsoben suspendovanými nerozpuštěným nebo koloidními anorganickými i organickými látkami. Jedná se především o jílové částice, hydratované oxidy železa a hliníku, organické koloidní látky, řasy, plankton a bakterie. Kvantitativní hodnocení zákalu se provádí spektrofotometricky měřením procházejícího záření (turbidimetrie) nebo rozptýleného záření (nefelometrie). Zákal je významnou veličinou při posuzování účinnosti úpravy vody [20,22].

5.3.1 Metoda měření rozptýleného záření (nefelometrie)

Pevné (nerozpuštěné) částice vytvářejí v kapalině zákal. Při průchodu světelného paprsku vzorkem způsobují tyto částice rozptyl světla. Měření intenzity rozptýleného světla a stanovení úrovně zákalu proto poskytují spolehlivou informaci o koncentraci pevných částic v kapalině. Čím více je pevných částic ve vzorku, tím větší je intenzita rozptýleného světla i indikovaná hodnota zákalu [23].



Obr. 1. Princip měření zákalu [24]

Přístroje pro měření nefelometrického zákalu dle normy ČSN EN ISO 7027 musí splňovat:

1. Vlnová délka dopadajícího záření (λ) 860 nm.
2. Šířka spektrálního pásu dopadajícího záření ($\Delta \lambda$) se musí rovnat nebo být menší než 60 nm.
3. Vstupní záření musí být rovnoběžné a jakákoliv sbíhavost nesmí překročit $1,5^\circ$.
4. Měřicí úhel θ , svíravý optickými osami dopadajícího a rozptýleného záření, musí být $90^\circ \pm 2,5^\circ$.
5. Aperturní úhel, Ω_θ , má být ve vzorku vody mezi 20° a 30° [23].

Výsledky zákalu se uvádějí v formazinových nefelometrických jednotkách ZFn nebo FNU [24].

5.3.2 Metoda měření útlumu záření (turbidimetrie)

K měření zákalu metodou měření útlumu záření se využívá spektrofotometr.

Pro měření zákalu (turbidity) vody vymezuje norma ČSN EN ISO 7027 tyto parametry přístroje:

1. Vlnová délka dopadajícího záření (λ) 860 nm.
2. Šířka spektrálního pásu dopadajícího záření ($\Delta \lambda$) se musí rovnat nebo být menší než 60 nm.
3. Vstupní záření musí být rovnoběžné a jakákoliv sbíhavost nesmí překročit $2,5^\circ$.
4. Měřicí úhel (tolerance odchylky optické osy) dopadajícího a rozptýleného záření musí být $0^\circ \pm 2,5^\circ$.
5. Úhel apertury, Ω_0 , má být ve vzorku vody mezi 20° až 30° [25].

Zákalometr nebo-li turbidimetr se kalibruje s použitím standardních srovnávacích suspenzí formazinu. Výsledky zákalu se uvádějí v formazinových turbidimetrických jednotkách ZFt (FAU) [23].

Texty v anglickém a německém jazyce užívají jednotku FAU (formazine attenuation units) nebo jednotku FNU (formazine nephelometric units) [25].

Proto platí:

$$\text{FAU} = \text{ZF}_t$$

$$\text{FNU} = \text{ZF}_n$$

5.4 Stanovení absorpance při 254 nm

Pro sledování celkového obsahu rozpuštěných organických látek ve vodách lze využít ultrafialové spektrofotometrie dle ČSN 75 7360. V UV oblasti vykazuje absorpci také Fe^{3+} a hydrokomplexy, a ovlivňuje i absorpci organických látek obsahující komplexně vázané Fe^{3+} . Výsledek stanovení ruší zákal $> 0,5$ FNU [22, 26].

Pojem absorpance (množství absorbovaného světla) je definován jako záporný dekadický logaritmus transmitance, tj. poměru zářivého toku propuštěného k zářivému toku dopadajícímu. Absorpance je bezrozměrnou veličinou [27].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘÍSTROJE A VYBAVENÍ

- Spektrofotometr DR 6000, HACH Company, Colorado USA
- Blokový termostat BT, Anglie
- Zákaloměr SIGRIST AquaScat WTM
- Pístová byreta Titronic Universal, SCHOTT, Německo
- Dávkovač kapalin Dispnssette III., BRAND GmGH, Německo

6.1 Chemikálie

- KMnO_4 (Lachema Brno)
- H_2SO_4 p.a. 95-97% (Onex, Rožnov pod Radhoštěm)
- $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (Lachema Brno)
- HNO_3 p.a. 65% (Lach:Ner Neratovice)
- Eriochromcyanin R (Centralchem, Bratislava))
- NaOH p.a. (Lachema Brno)
- CH_3COONa p.a. (Lachema Brno)
- $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ p.a. (Lachema Brno)
- HCl p.a. 35% (Lach:Ner Neratovice)
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ p.a. (Lachema Brno)
- $\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$ p.a. (Lachema Brno)

7 VÝSLEDKY A DISKUSE

7.1 Snímaná data ze zákaloměrů

Za každým filtrem je instalován zákaloměr SIGRIST AquaScat WTM. Sensor zákalu je upevněn přímo na stěnu filtru poblíž potrubí filtrované vody. Vzorek vody je přiveden plastovou hadičkou do tělesa senzoru. Průtok je možno nastavit ručním kulovým uzávěrem. Požadovaný minimální průtok je $0,25 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$.

Nad senzorem na stěně filtru je upevněna napájecí krabice senzoru. Krabice je napájena napětím 230V/50Hz, u každé krabice je vypínač pro místní vypnutí daného senzoru, pro potřeby manipulace a čištění. Zobrazovací DISPLAY umožňuje jak číselné tak grafické zobrazování naměřených hodnot snímače.



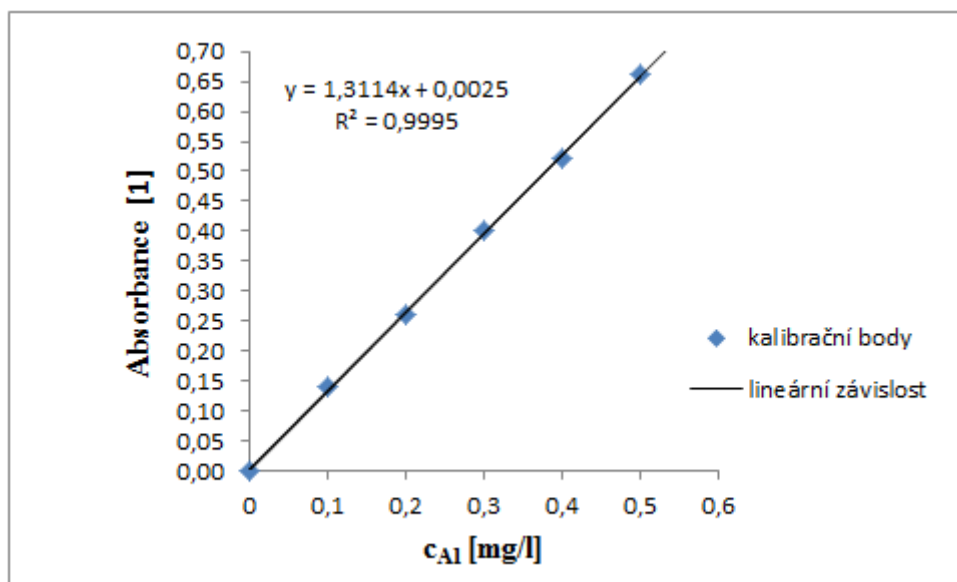
*Obr. 2. Zákaloměr SIGRIST
AquaScat WTM [24]*

AquaScat je ve výrobě nakalibrován Formazinem v jednotkách FNU. Pro kontrolu kalibrace se používá kalibrační jednotka s pevným (skleněným) referenčním standardem.

7.2 Stanovení zbytkové koncentrace hliníku

Ke zjištění zbytkové koncentrace hliníku jsem stanovovala obsah hliníku podle normy ČSN 83 0520 Eriochromcyaninem R. Tato látka poskytuje s hlinitými ionty fialově zbarvený komplex vhodný k spektrofotometrickému stanovení při vlnové délce 540 nm v kyvetě 0,5 cm. Metoda je vhodná ke stanovení hliníku v koncentracích od 0,05 mg/l do 1 mg/l.

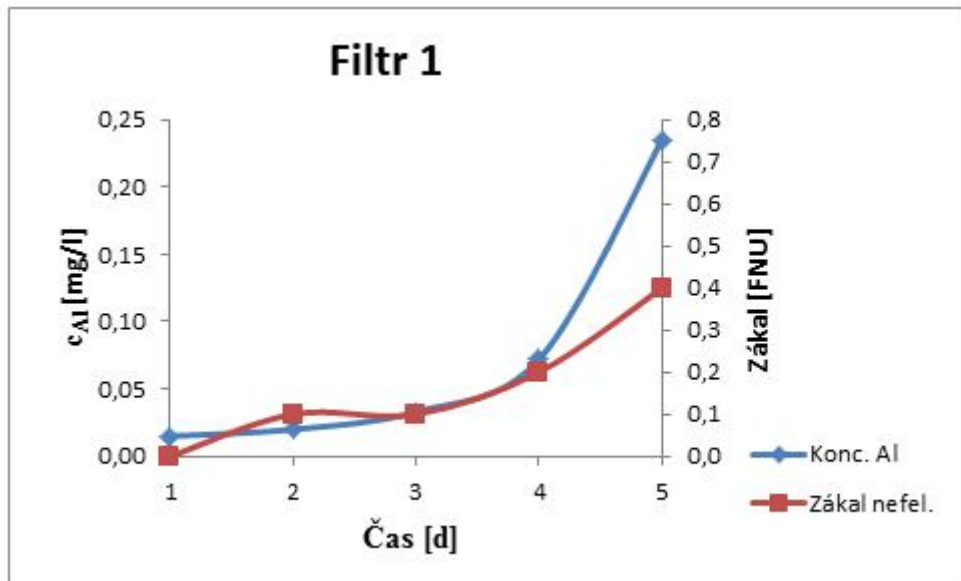
Pro získání kalibrační závislosti jsem si připravila řadu kalibračních roztoků s koncentrací 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 mg.l⁻¹. K přípravě jsem použila CRM (certifikovaný referenční materiál) vodný kalibrační roztok. Tyto kalibrační roztoky jsem zpracovala stejně jako vzorky filtrátu podle normy ČSN 83 0520.



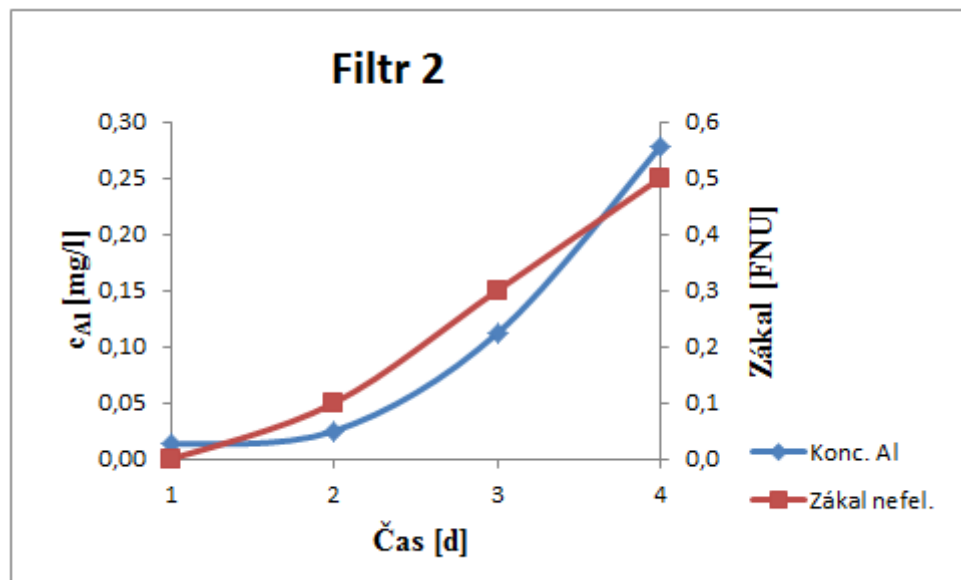
Obr. 3. Kalibrační křivka pro stanovení koncentrace hliníku

7.2.1 Srovnání hodnoty zákalu dle nefelometrie a zbytkového hliníku

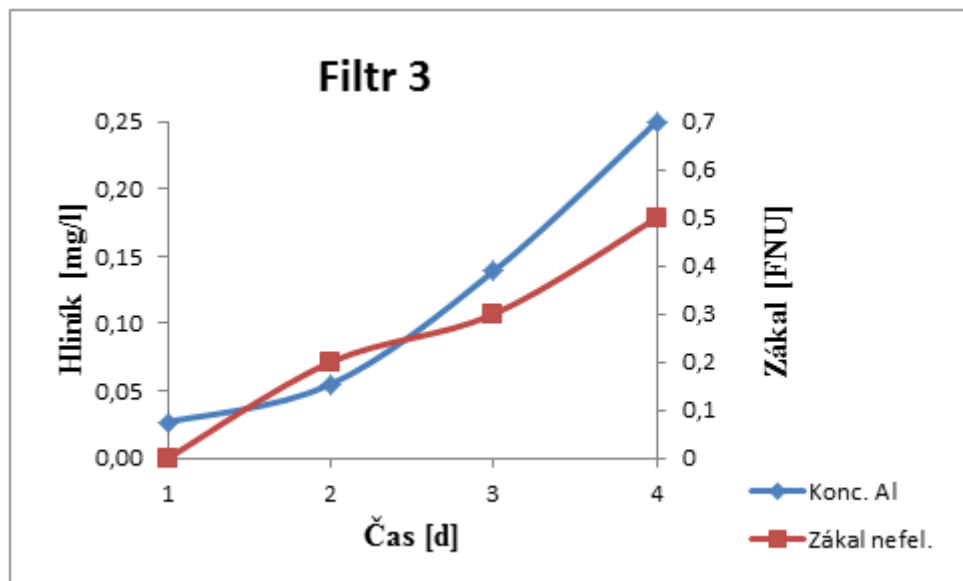
K srovnání jsem použila hodnoty nasnímané zákaloměrem. Zbytkový hliník ve filtrátu jsem stanovila spektrofotometricky, vzorky byly v období filtračního cyklu.



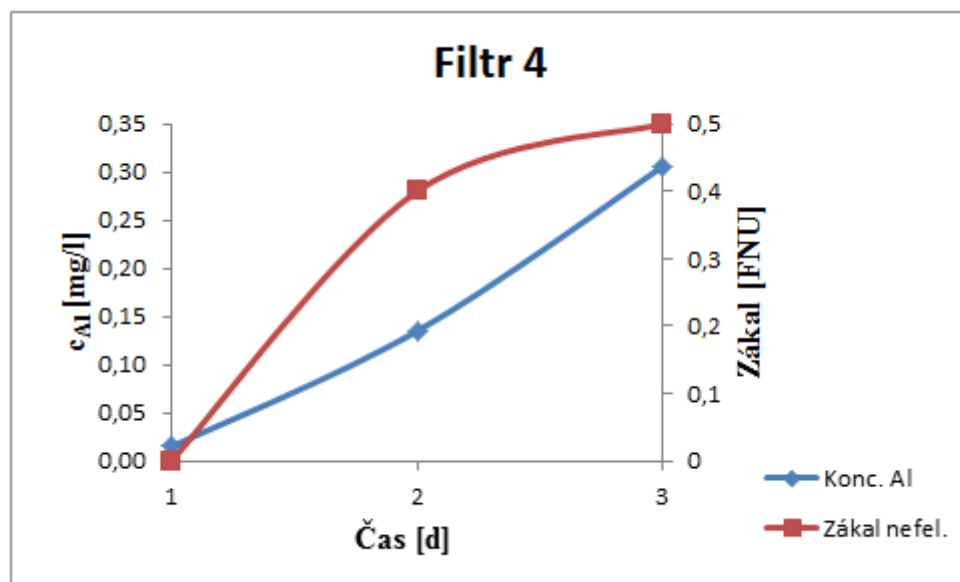
Obr. 4. Srovnání zákalu a zbytkového hliníku po separaci filtrem 1



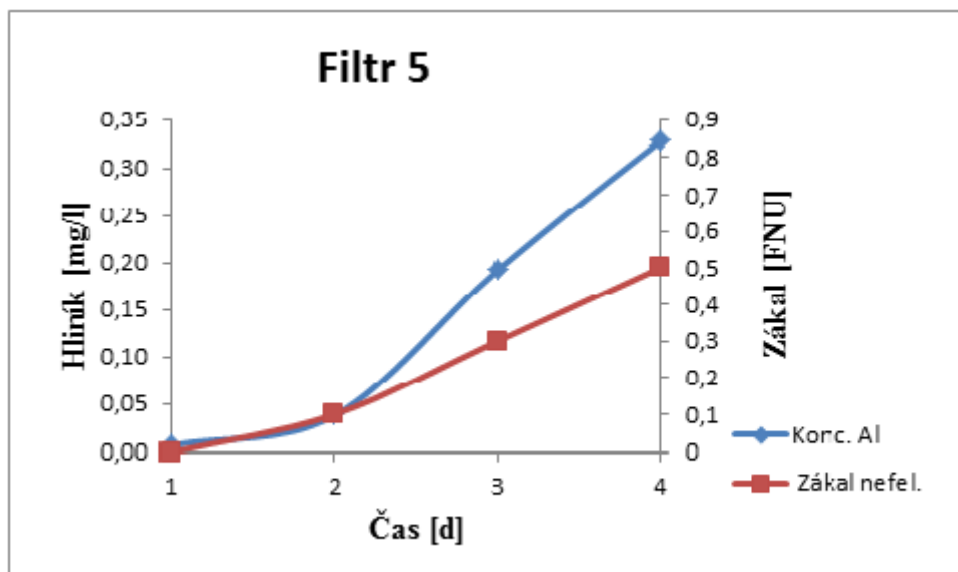
Obr. 5. Srovnání zákalu a zbytkového hliníku po separaci filtrem 2



Obr. 6. Srovnání zákalu a zbytkového hliníku po separaci filtrem 3



Obr. 7. Srovnání zákalu a zbytkového hliníku po separaci filtrem 4



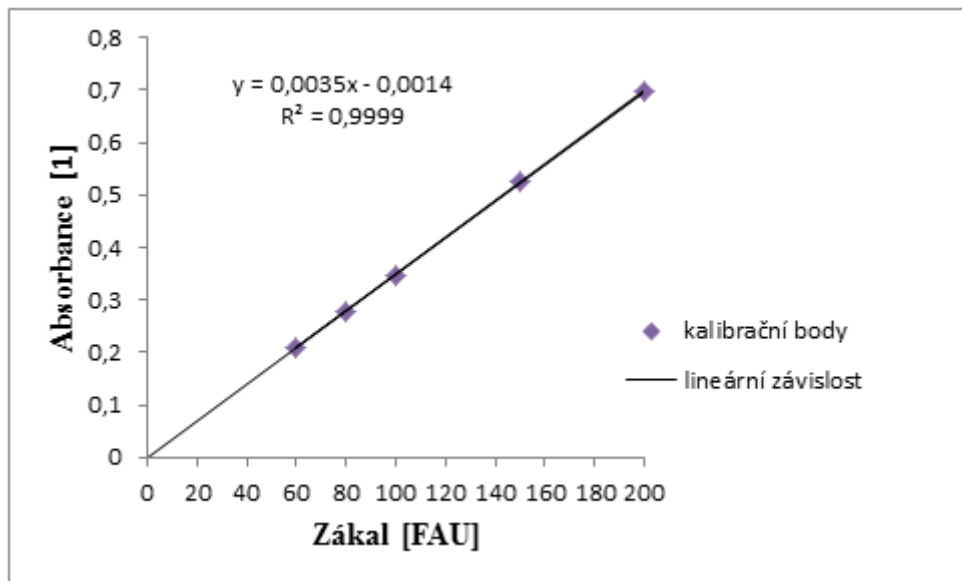
Obr. 8. Srovnání zákalu a zbytkového hliníku po separaci filtrem 5

Z obr. 4.-8. (závislost obsahu zbytkového hliníku s nefelometricky stanoveným zákalem) vyplývá určitá shoda obou stanovení. Ve skokovém zvýšení hodnot dochází již po dvou dnech provozu. Výjimkou je provoz filtru 4, filtr se rychleji zanáší a musí se častěji prát. Protože podle provozního řádu úpravny jsou požadované hodnoty hliníku 0,3 mg/l a zákalu 0,8 FNU je zřejmé, že regenerace je nutná asi po 4 dnech.

7.3 Stanovení zákalu spektrofotometricky (turbidimetrie)

Zákal jsem měřila metodou útlumu měření podle normy ČSN EN ISO 7027.

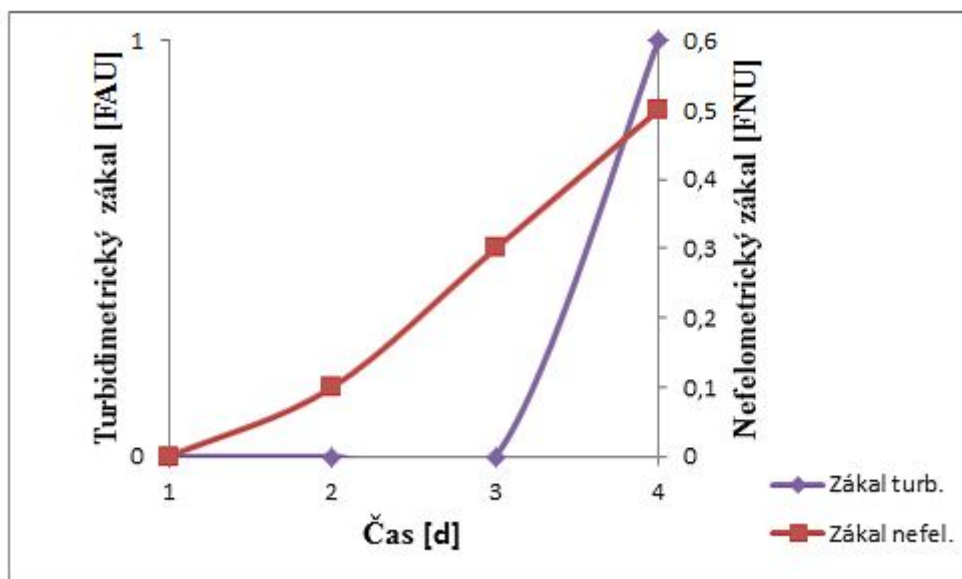
Pro získání kalibrační závislosti jsem si připravila řadu kalibračních roztoků s koncentrací 60; 80; 100; 150; 200 FAU. K přípravě jsem použila Formazin zásobní roztok. Tyto kalibrační roztoky jsem změřila na spektrofotometru při vlnové délce 860 nm a zaznamenala absorbanci.



Obr. 9. Kalibrační křivka turbidimetrického zákalu při 860 nm

7.3.1 Srovnání nefelometrického a turbidimetrického stanovení

K srovnání jsem použila hodnoty nefelometrického zákalu nasnímané zákaloměrem, hodnoty turbidimetrického zákalu jsem měřila na spektrofotometru.



Obr. 10. Srovnání nefelometrického a turbidimetrického zákalu

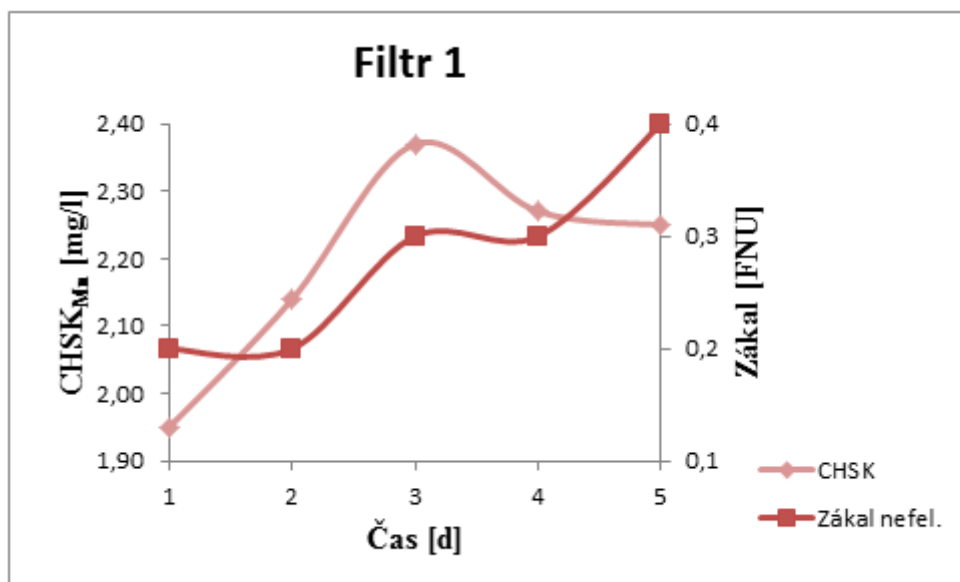
Z obr. 10. je zřejmá výhodnost měření zákalu nefelometricky, který se odečítá na 2 desetinná místa. Hodnoty zákalu měřené turbidimetricky jsou uváděny v celých číslech. Protože toto měření se provádělo pouze jednou, je dané srovnání pouze ilustrativní.

7.4 Stanovení oxidovatelnosti (CHSK_{Mn})

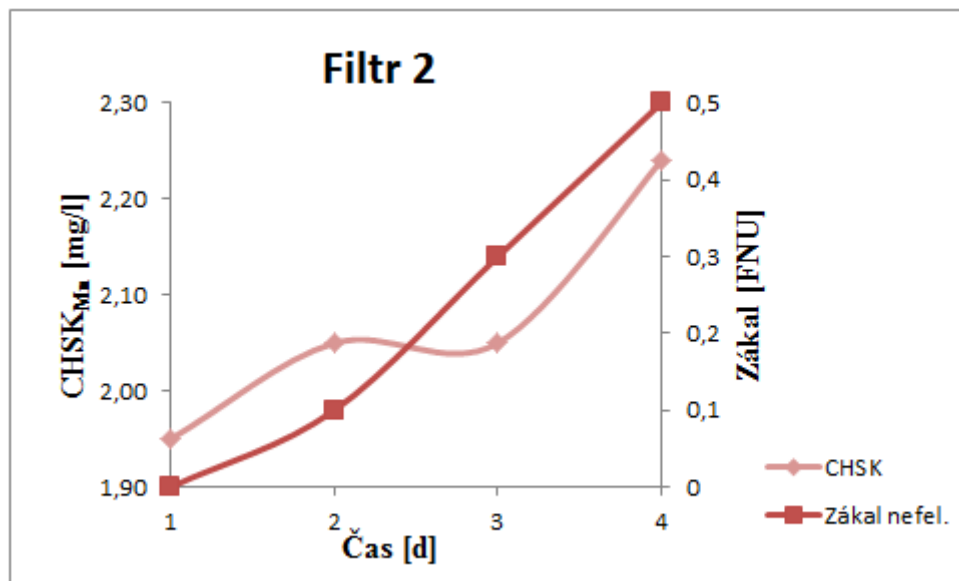
Stanovovala jsem CHSK_{Mn} dle normy ČSN EN ISO 8647 ve filtrátech v období filtračního cyklu. Do zkumavek jsem odpipetovala 25 ml vzorku a dávkovala 5 ml koncentrované H_2SO_4 . Zkumavky jsem umístila do blokového termostatu a zahřívala na teplotu 80°C . Potom jsem přidala do zkumavek 5 ml pracovního roztoku KMnO_4 ($c=2\text{ mmol/l}$) a opět zahřívala. Po 10. min jsem nadávkovala 5 ml $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ($c=5\text{ mmol/l}$) a vyčkala jsem do odbarvení. Za horka jsem vzorky ztitrovala pracovním roztokem KMnO_4 do světle růžového zbarvení. Spotřebu KMnO_4 v mililitrech jsem přepočítala na CHSK_{Mn} v mg/l.

7.4.1 Srovnání CHSK_{Mn} a zákalu

K srovnání jsem použila hodnoty nefelometrického zákalu nasnímané zákaloměrem, hodnoty CHSK_{Mn} a zákalu jsou stanoveny z filtrátu po dobu filtračního cyklu.



Obr. 11. Srovnání CHSK_{Mn} a zákalu po separaci filtrem 1

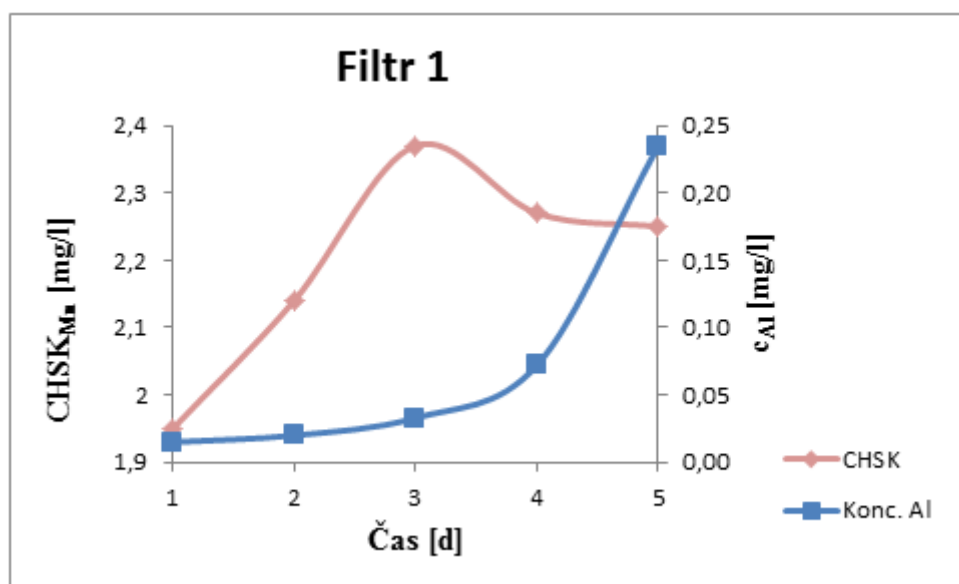


Obr. 12. Srovnání $CHSK_{Mn}$ a zákalu po separaci filtrem 2

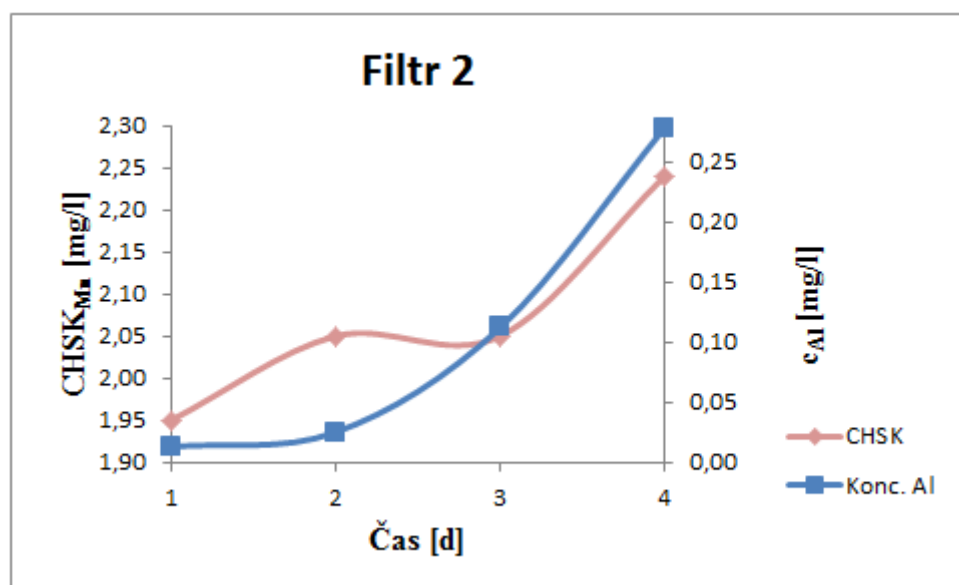
Srovnání zbytkového $CHSK_{Mn}$ s hodnotami zákalu dle nefelometrie jsou v obr. 11. a 12. Jistá shoda opět existuje, ale vzhledem k pracnosti stanovení $CHSK_{Mn}$ je zřejmé větší spolehnutí na zákal odečítaný z autom. nefelometrického hodnocení. Toto měření ale není zcela v souladu se skutečností, že $CHSK_{Mn}$ stanovuje rozpuštěné organické látky a zákal nerozpustné částice.

7.4.2 Srovnání $CHSK_{Mn}$ a zbytkového hliníku

Hodnoty $CHSK_{Mn}$ a zbytkového hliníku jsem stanovovala z filtrátu po dobu filtračního cyklů.



Obr. 13. Srovnání CHSK_{Mn} a zbytkového hliníku po separaci filtrem 1



Obr. 14. Srovnání CHSK_{Mn} a zbytkového hliníku po separaci filtrem 2

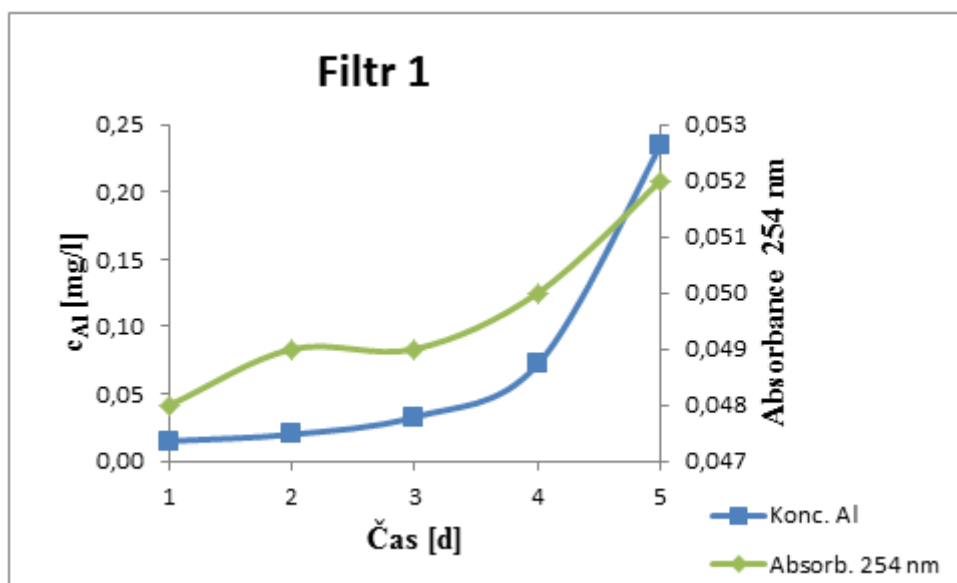
Pokus o relaci mezi CHSK_{Mn} a zbytkovým hliníkem je znázorněn v obr. 13. a 14. Z pouhých dvou grafů nelze uvažovat o jejich vazbě. Závislost vyznívá spíše pro stanovení zbytkového hliníku. Se zvyšující se hodnotou CHSK_{Mn} se nezvyšuje obsah zbytkového hliníku ve filtrátu. Je ovšem ne zcela vhodné srovnávat stanovení zbytkového hliníku (anorganický podíl) s CHSK_{Mn}, která určuje podíl oxidovatelných organických látek.

7.5 Stanovení absorbance

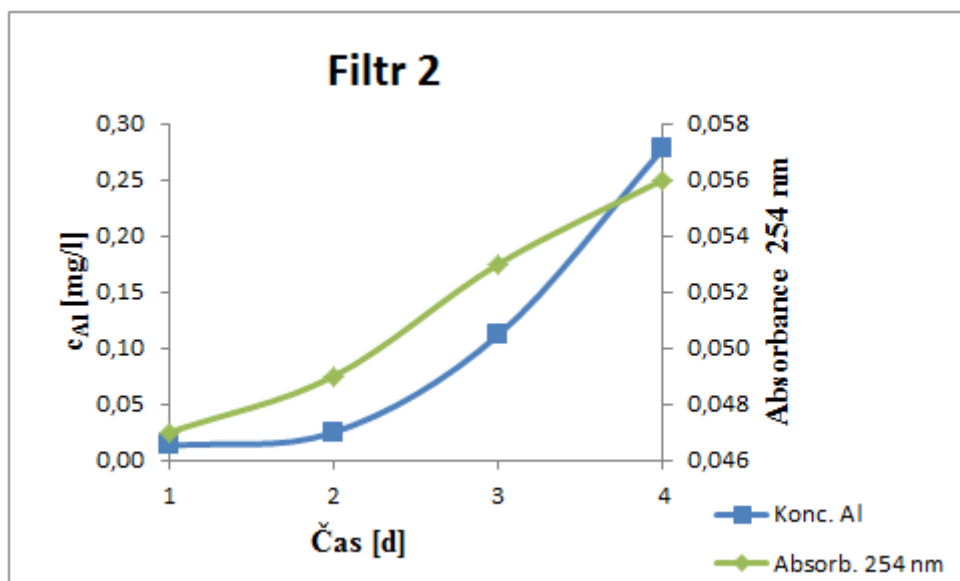
Absorbanci ve filtrátech pískových filtrů jsem proměřovala na spektrofotometru v ultrafialové oblasti při vlnové délce 254 nm v 1 cm křemenné kyvetě. Při této vlnové délce jsou stanovovány především aromatické sloučeniny. Kalibrační křivka byla zkontrolována externí firmou, která provádí pravidelný servis a kalibraci.

7.5.1 Srovnání absorbance a zbytkového hliníku

Hodnoty absorbance a zbytkového hliníku jsem stanovila z filtrátu po dobu filtračního cyklu.



Obr. 15. Srovnání absorbance a zbytkového hliníku po separaci filtrem 1

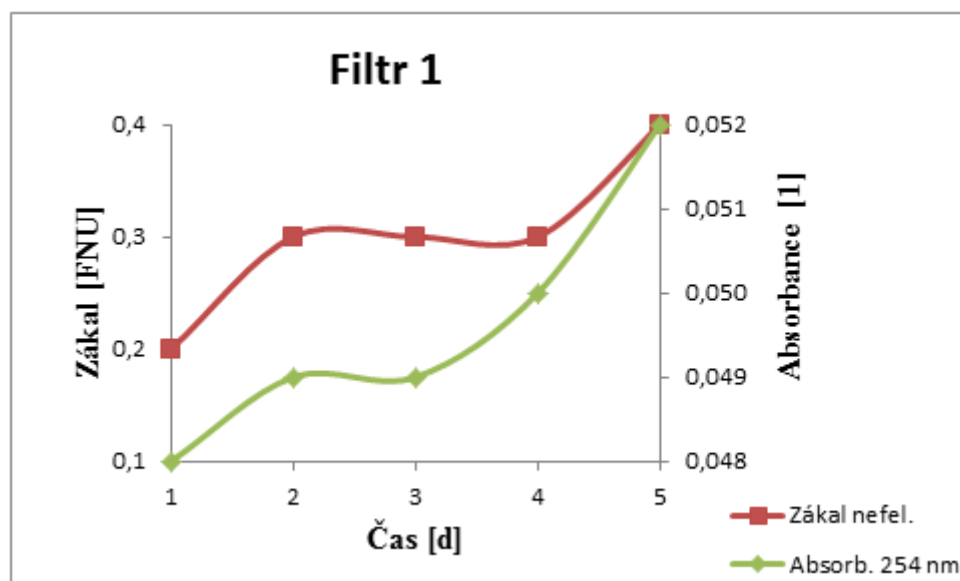


Obr. 16. Srovnání absorbance zbytkového hliníku a po separaci filtrem 2

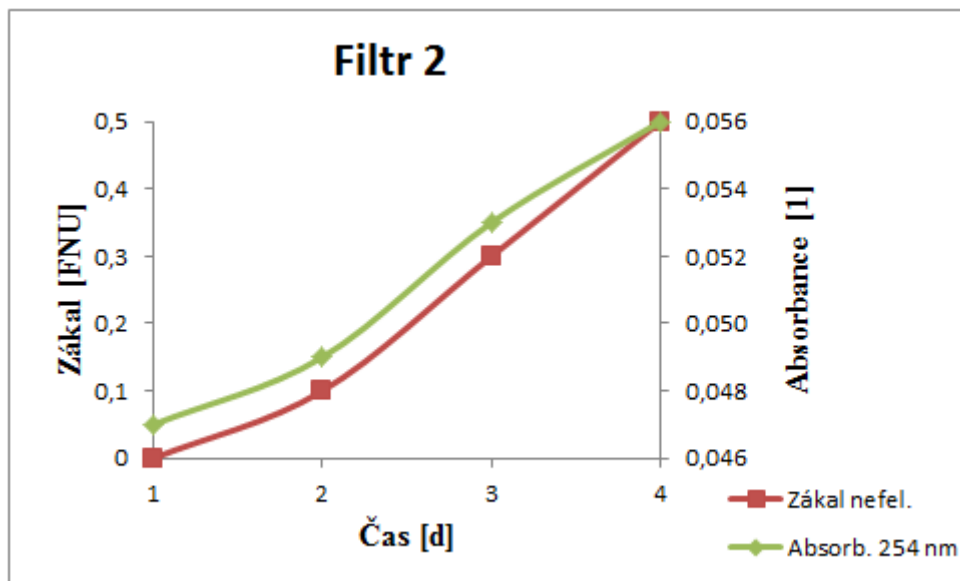
Závislosti na obr. 15. a 16. opět dávají do souvislosti zbytkový anorganický podíl (zákal) a obsah rozpuštěných organických látek (organický uhlík – DOC). Je to obdoba relací uvedených v kap. 7.4.1. a 7.4.2. Přes tuto „nesourodost“ srovnávaných parametrů byla v uvedených případech překvapivě jistá časová shoda jejich průběhu.

7.5.2 Srovnání absorbance a zákalu

Hodnoty absorbance a zákalu jsem měřila z filtrátu po dobu filtračního cyklu.



Obr. 17. Srovnání absorbance a zákalu po separaci filtrem 1

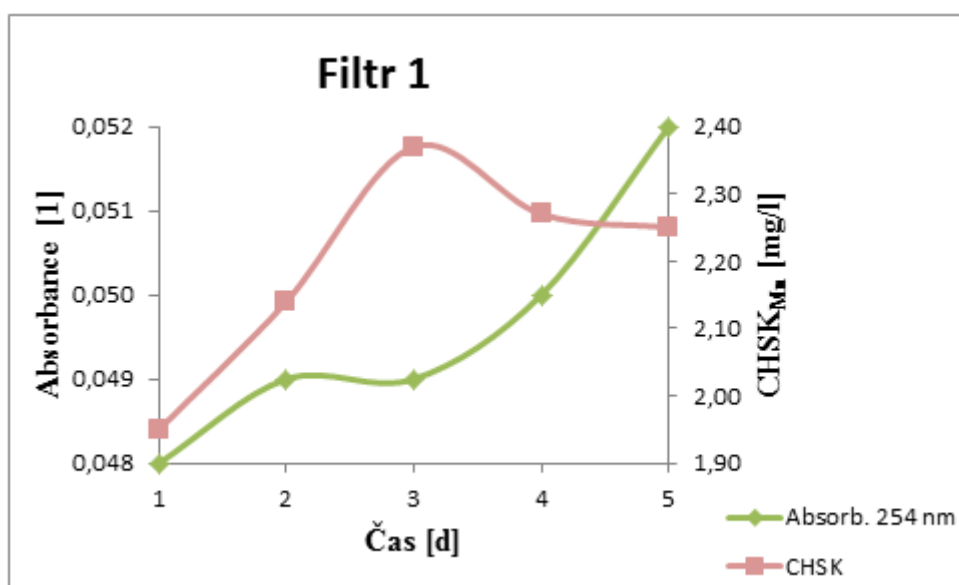


Obr. 18. Srovnání absorbance a zákalu po separaci filtrem 2

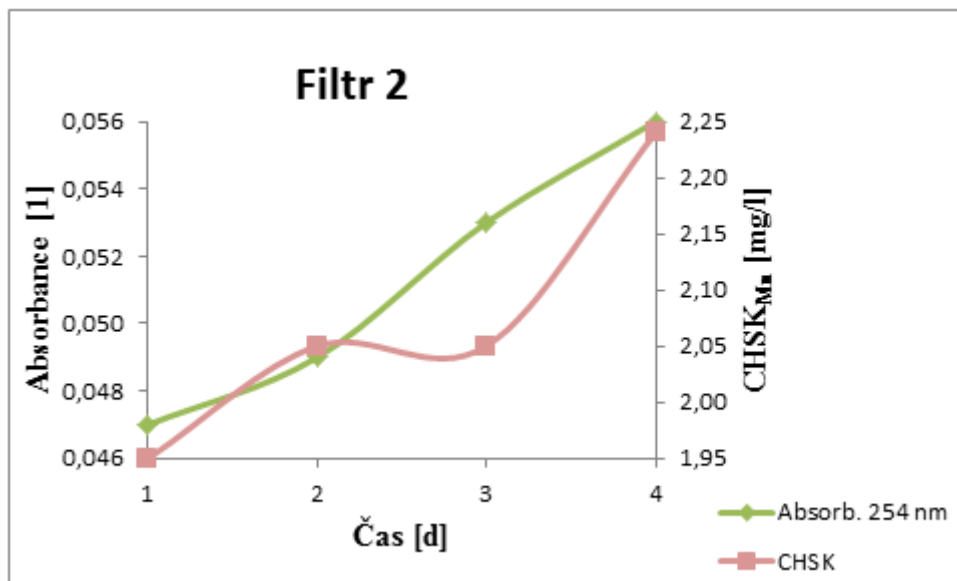
Z obr. 17. a 18. (absorbance a zákal nefelometrický vs. čas) je zřejmě dobrá shoda průběhu obou stanovení. Lze se tedy spolehnout na nefelometrické měření průtokových přístrojů. To ostatně poskytuje i kalibrační křivka zákal vs. absorbance v obr. 9., pokud platí přímá úměrnost mezi FAU a FNU (obr. 10.) s určitými výhradami. Opět je nutno si uvědomit jistou nesrovnatelnost absorbance (org. rozpuštěné látky) a zákalem (nerozpuštěný podíl).

7.5.3 Srovnání absorbance a $CHSK_{Mn}$

Hodnoty absorbance a $CHSK_{Mn}$ jsem měřila z filtrátu po dobu filtračního cyklu.



Obr.19. Srovnání absorbance a $CHSK_{Mn}$ po separaci filtrem 1



Obr. 20. Srovnání absorbance a $CHSK_{Mn}$ po separaci filtrem 2

Srovnání absorbance vs. $CHSK_{Mn}$ (obr. 19. a 20.) představuje shodu principu těchto stanovení (organický uhlík). Přesto průběh křivek v obou případech je značně rozdílný. Překvapivě je to obdoba srovnání $CHSK_{Mn}$ vs. zbytkový hliník (disproporce principů stanovení). Průměrná hodnota $CHSK_{Mn}$ v surové vodě se pohybuje kolem 3 mg/l; z předkládaných měření v první fázi filtrace klesá na cca 2 mg/l a po 4 dnech (před praním filtrů) je kolem 2,3 mg/l což je pod hranicí MH v platné legislativě. Při jednorázovém stanovení sušiny po filtraci (258 mg/l) byla zjištěna ztráta žiháním 115 mg/l což představuje organický podíl (45%). Anorganická část (143 mg/l) je z poloviny tvořen hliníkem (60 mg/l). Uvedené relace mohou být určitým vodítkem pro vysvětlení srovnání časových průběhů některých již uvedených parametrů. To by vyžadovalo detailnější analýzy, což nebylo možné v rámci této práce. Z velké části záleží na okolnosti, jaké částice (organické/anorganické) se na stanovení zákalu podílejí.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo ověřit funkci nefelometrických zákaloměrů na ÚV Lhota. Tyto by měly pomoci obsluze úpravny při určení doby pro regeneraci (praní) filtrů. Dosud je praní filtrů řízeno dle stanovení obsahu zbytkového hliníku ve filtrátu z jednotlivých filtrů. Automatický záznam průtoku automatických nefelometrických zákaloměrů by měl pomoci obsluze o víkendech a ve dnech státních svátků, kdy laboratoř nepracuje. Zásadním úkolem bylo ověřit nefelometrické měření zákalu (analyzátor) vs. zbytkový hliník ve filtrátech. Tato relace se ukázala jako vhodná a tuto možnou zástupnost je nutné ještě dále v provozu ověřit. Kvalita filtrace byla potvrzena z hlediska platné legislativy; MH pro pitné vody CHSK_{Mn} 3 mg/l a doporučená hodnota absorpance A_{254} 0,08.

Nefelometrické stanovení zákalu je ve srovnání s turbidimetrickým výhodnější i spolehlivější. Navíc zákal v upravené vodě je velmi nízký a výsledky nefelometrie se uvádějí na dvě desetinná místa zatímco turbidimetrická data jsou uváděna v celých číslech. Relace mezi CHSK resp. absorpací při 254 nm vs. hodnoty zákalu z nefelometrů nejsou relevantní. Jde o srovnání podstatou stanovení rozdílných parametrů, jak již bylo zdůrazněno v předešlých kapitolách. Je zajímavé, že i časové závislosti $A_{254} / \text{CHSK}_{\text{Mn}}$, kdy se jedná jen o jinak stanovený organický uhlík, nevykazuje očekávanou shodu. Nelze ale určit, jaké organické látky se měření absorpance (či stanovení CHSK_{Mn}) podílejí. Druhou okolností byl celkem malý počet měření

Celkově lze říci, že investice do nákupu nefelometrů byla pro jejich spolehlivost účelná a jejich uplatnění se v provozních podmínkách osvědčilo.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Státní zdravotní ústav* [online]. [cit. 2013-02-15]. Dostupné z : <http://www.szu.cz/>
- [2] STRNADOVÁ, N. *Technologie vody I.* 2. přepr. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1999, 226 s. ISBN 80-708-0348-7.
- [3] Česko. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů, ze dne 22. 4. 2004.
- [4] JAVOŘÍKOVÁ, E., BAĐUROVÁ, J. Informační systém Pitná Voda v praxi, *Sborník příspěvků X. mezinárodní vodohospodářské konference Voda Zlín: 16.-17. 3. 2006*, Zlín, 2006. ISBN 80-239-6523-9.
- [5] *Vodní zdroje* [online]. [citace 2013-02-16]. Dostupné z: <http://www.ondeo.cz//>.
- [6] ŽÁČEK, L. *Chemické a technologické procesy úpravy vody.* 1. vyd. Brno: Noel 2000, 1999, 239 s. ISBN 80-860-2022-2.
- [7] ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J., KOLEKTIV AUTORŮ. *Příručka provozovatele úpravny pitné vody.* Vyd. 2. Líbeznice: Medim pro SOVAK ČR, 2012, 206 s. ISBN 80-239-4565-3.
- [8] ČSN 75 7221. *Jakost vod: Klasifikace jakosti povrchových vod.* Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [9] MALÝ, J., Malá, J., *Chemie a technologie vody.* 1. vyd. Brno: Noel 2000, 1996, 197 s. ISBN 80-860-2013-4.
- [10] MIKEŠ, M., JONÁŠEK, V., DARMOVZAL, O., FIALA, J. Možnosti použití hyperboloidních míchadel v úpravnách vody, *Sborník příspěvků XI. mezinárodního vodohospodářské konference Voda Zlín: 15.-16. 3. 2007.* Zlín, 2007. ISBN 978-80-239-8740-9.
- [11] HALÁMEK, B., Okamžitá tvorba těžké suspenze a její důsledky, *Sborník příspěvků X. mezinárodní vodohospodářské konference Voda Zlín: 16.-17. 3. 2006.* Zlín, 2006. ISBN 80-239-6523-9.
- [12] DOLEJŠ, P., ŠTRAUSOVÁ, K., Hodnocení provozu vodárenských filtrů a výběr vhodných filtračních materiálů, *Slovak: časopis oboru vodovodů a kanalizací*, 2011, roč. 20, č. 5, s. 21-22. ISBN 1210-3039.
- [13] VODING HRANICE spol. s.r.o., *Úpravna vody Lhota, 1. Stavba, provozní řád, č.3,* 2004.

- [14] Cigánek, F., Kočková, E., *Vodárenská nádrž Opatovice a úpravna vody ve Lhotě u Vyškova*, Brno 1995, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka Praha, pobočka Brno.
- [15] Česko. 428/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství ze dne 16. listopadu 2001, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ze dne 26. 11. 2001. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz//>.
- [16] TOMÁŠKOVÁ, H., BENEŠOVÁ, L., Optimalizace úpravy vod s vyšším obsahem hliníku, *Pitná voda 2006: sborník konference: 8. pokračování konferencí Pitná voda z údolních nádrží, 5.6. -8.6. 2006*. Vyd. 1. České Budějovice: W, 2006, 424 s. ISBN 80-239-7113-1.
- [17] BI, S., YANG X., ZHANG, F., WANG, X., ZOU, G. Analytical methodologies for aluminium speciation in environmental and biological samples - a review. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* [online]. 2001-8-1, roč. 370, č. 8, s. 984-996 [cit. 2013-02-20]. ISSN 0937-0633. Dostupné z: <http://www.springerlink.com//>.
- [18] FLATEN, T.p. Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water. *Brain Research Bulletin* [online]. 2001, roč. 55, č. 2, s. 187-196 [cit. 2013-02-20]. ISSN 03619230. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com//>.
- [19] SIRINIVASAN, P. T., VIRARAGHAVAN, T., SUBRAMANIAN, K. S., Aluminium in drinking water. *Water S.A* [online]. 1999, vol. 25, no. 1, s. 47-55 [cit. 2013-02-26]. ISSN 0378-4738. Dostupné z: <ftp://news.ttm.bg/incoming/siridjen//>.
- [20] HORÁKOVÁ, M. *Analytika vody*. Vyd. 1. Praha: VŠCHT, 2000, 238 s. ISBN 80-7080-391-6.
- [21] ČSN EN ISO 8467. *Jakost vod: Stanovení chemické spotřeby kyslíku manganistanem*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [22] PITTER, P. *Hydrochemie*. 4. aktualizované vydání. Praha: VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [23] GAUTHIER, V. BARBEAU, B. TREMBLAY, G. MILLETTE, R. BERNIER, A. M. Impact of Raw Water Turbidity Fluctuations on Drinking Water Quality in a Distribution System. *Journal of Environmental Engineering and Science*. 2003, vol. 2, no. 4281. [cit.] ISSN:1496-2551. Je v předloze
- [24] *Technoprocur cz, spol. s.r.o.* [online]. [citace 2013-02-28]. Dostupné z: <http://www.technoprocur.cz//>.

- [25] ČSN EN ISO 7027 (75 7343). *Jakost vod.: Stanovení zákalu*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [26] KARANFIL, T. The impact of filtrate turbidity on UV sub (254) and SUVA sub (254) determinations. *Journal - American Water Works Association* [online]. Denver: American Water Works Association [cit. 2013-03-20]. ISSN 0003-150x. Dostupné z: <http://search.proquest.com.proxy.k.utb.cz/>.
- [27] ČSN 75 7360. *Jakost vod.: Stanovení absorbance*. Praha: Vydavatelství norem, 1991.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HL	Hygienický limit.
MH	Mezní hodnota.
NMH	Nejvyšší mezní hodnota.
IS PIVO	Informační systém Pitná Voda.
CRM	Certifikovaný referenční materiál.
ÚV	Úpravna vody.
CHSK _{Mn}	Chemická spotřeba kyslíku, oxidační činidlo manganistan draselný.
A ₂₅₄	Absorbance při vlnové délce 254 nm.
Ca ²⁺	Vápenatý ionty.
NH ₄ ⁺	Amonné ionty.
Zn	Zinek.
Cu	Měď.
Cr	Chrom.
Co	Kobalt.
Hg	Rtuť.
Cd	Kadmium.
As	Arsen.
Pb	Olovo.
Fe	Železo.
Mg	Horčík.
Al	Hliník.
Např.	Například.
Vs.	Versus (proti).

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Princip měření zákalu [24]	22
Obrázek 2. Zákaloměr SIGRIST AguaScat WTM [24]	26
Obrázek 3. Kalibrační křivka pro stanovení koncentrace hliníku	27
Obrázek 4. Srovnání zákalu a zbytkového hliníku po separaci filtrem 1	28
Obrázek 5. Srovnání zákalu a zbytkového hliníku po separaci filtrem 2	28
Obrázek 6. Srovnání zákalu a zbytkového hliníku po separaci filtrem 3	29
Obrázek 7. Srovnání zákalu a zbytkového hliníku po separaci filtrem 4	29
Obrázek 8. Srovnání zákalu a zbytkového hliníku po separaci filtrem 5	30
Obrázek 9. Kalibrační křivka turbidimetrického zákalu při 860 nm	31
Obrázek 10. Srovnání nefelometrického a turbidimetrického zákalu	31
Obrázek 11. Srovnání $CHSK_{Mn}$ a zákalu po separaci filtrem 1	32
Obrázek 12. Srovnání $CHSK_{Mn}$ a zákalu po separaci filtrem 2	33
Obrázek 13. Srovnání $CHSK_{Mn}$ a zbytkového hliníku po separaci filtrem 1	33
Obrázek 14. Srovnání $CHSK_{Mn}$ a zbytkového hliníku po separaci filtrem 2	34
Obrázek 15. Srovnání absorbance a zbytkového hliníku po separaci filtrem 1	35
Obrázek 16. Srovnání absorbance a zbytkového hliníku po separaci filtrem 2	35
Obrázek 17. Srovnání absorbance a zákalu po separaci filtrem 1	36
Obrázek 18. Srovnání absorbance a zákalu po separaci filtrem 2	36
Obrázek 19. Srovnání absorbance a $CHSK_{Mn}$ po separaci filtrem 1	37
Obrázek 20. Srovnání absorbance a $CHSK_{Mn}$ po separaci filtrem 1	38

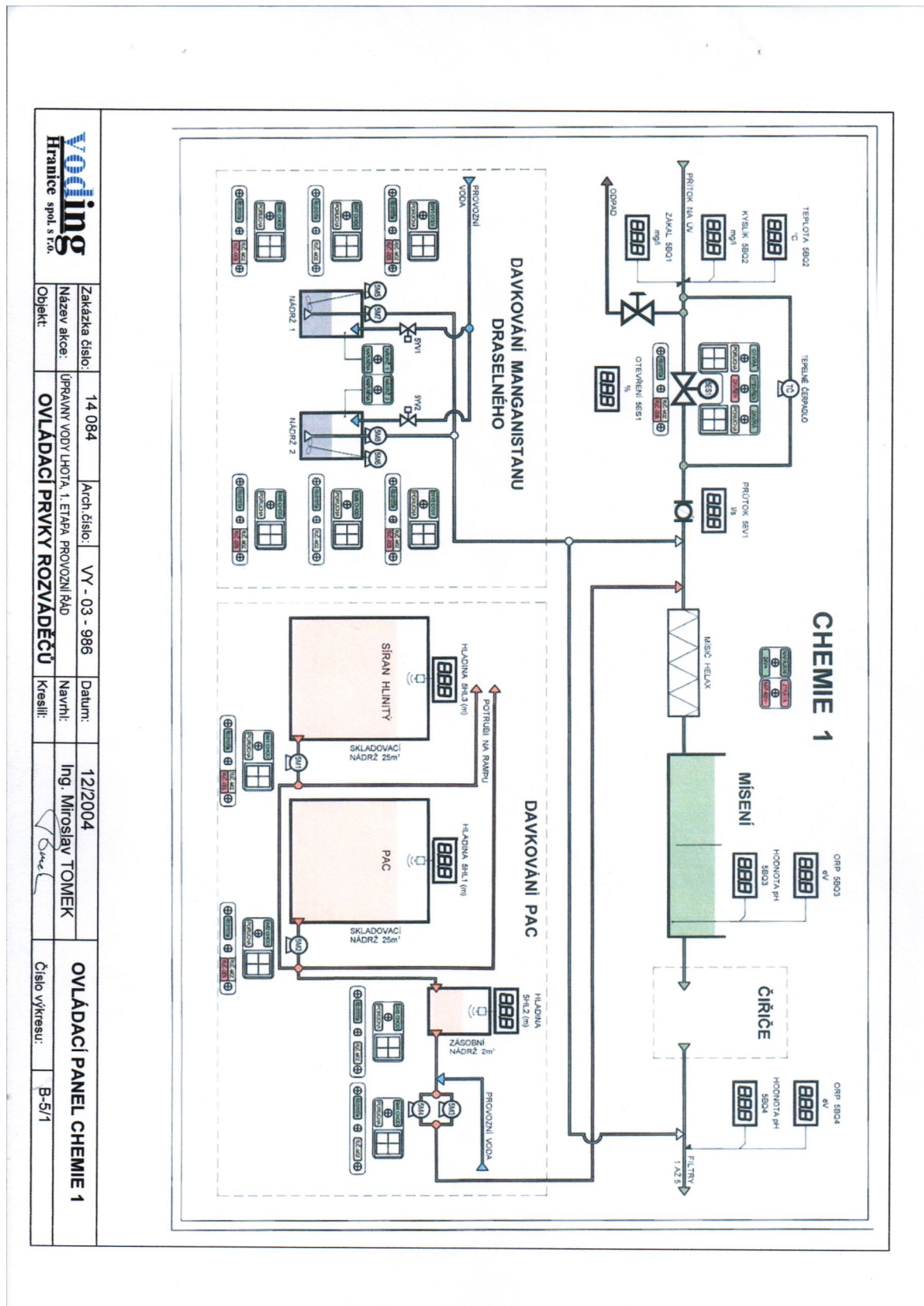
SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Typické ukazatele pro provozní rozbory [15]	20
--------------------------------------------------------------	----

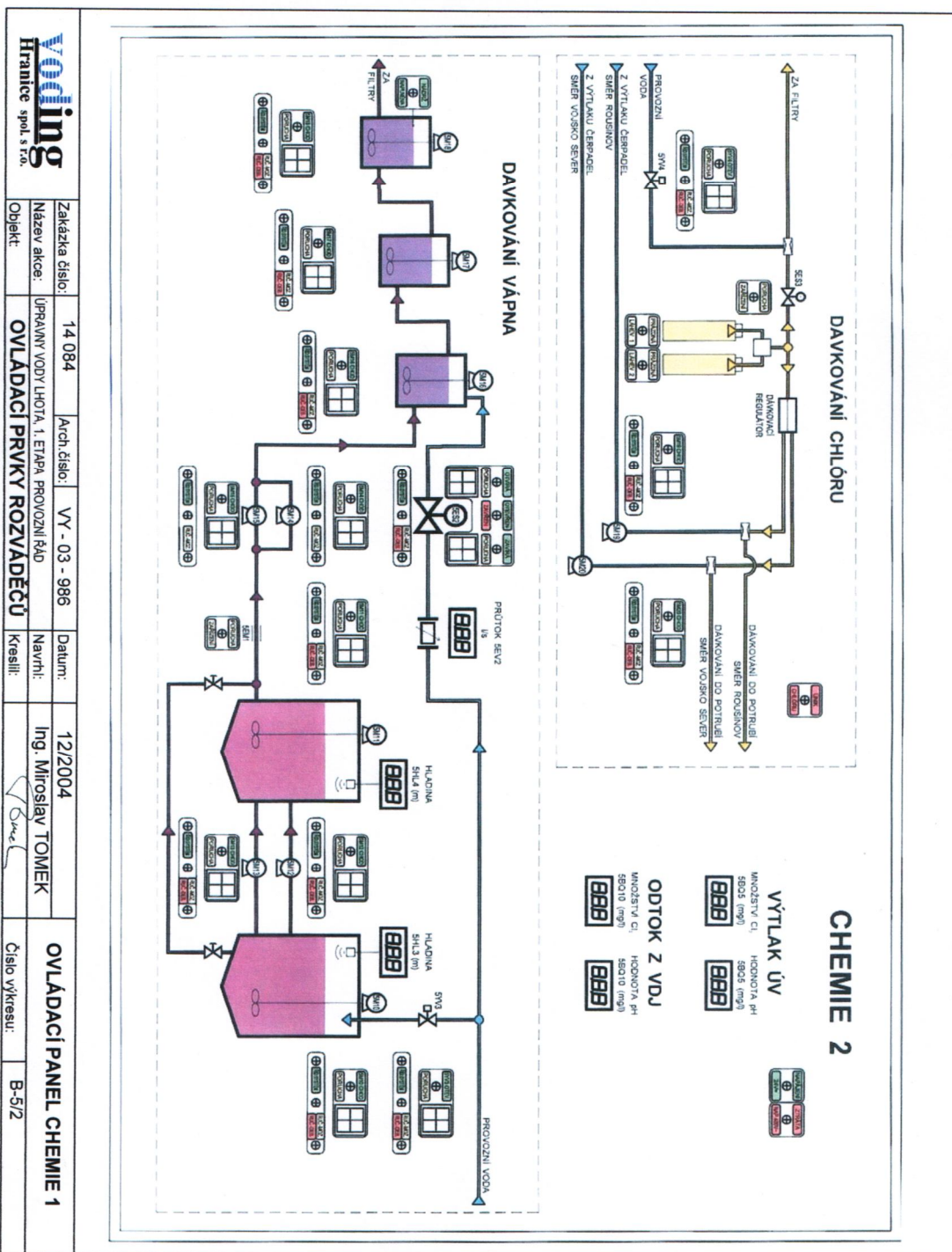
SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA I: OVLÁDACÍ PANEL [13]	47
--------------------------------------	----

PŘÍLOHA P I: OVLÁDACÍ PANEL [13]

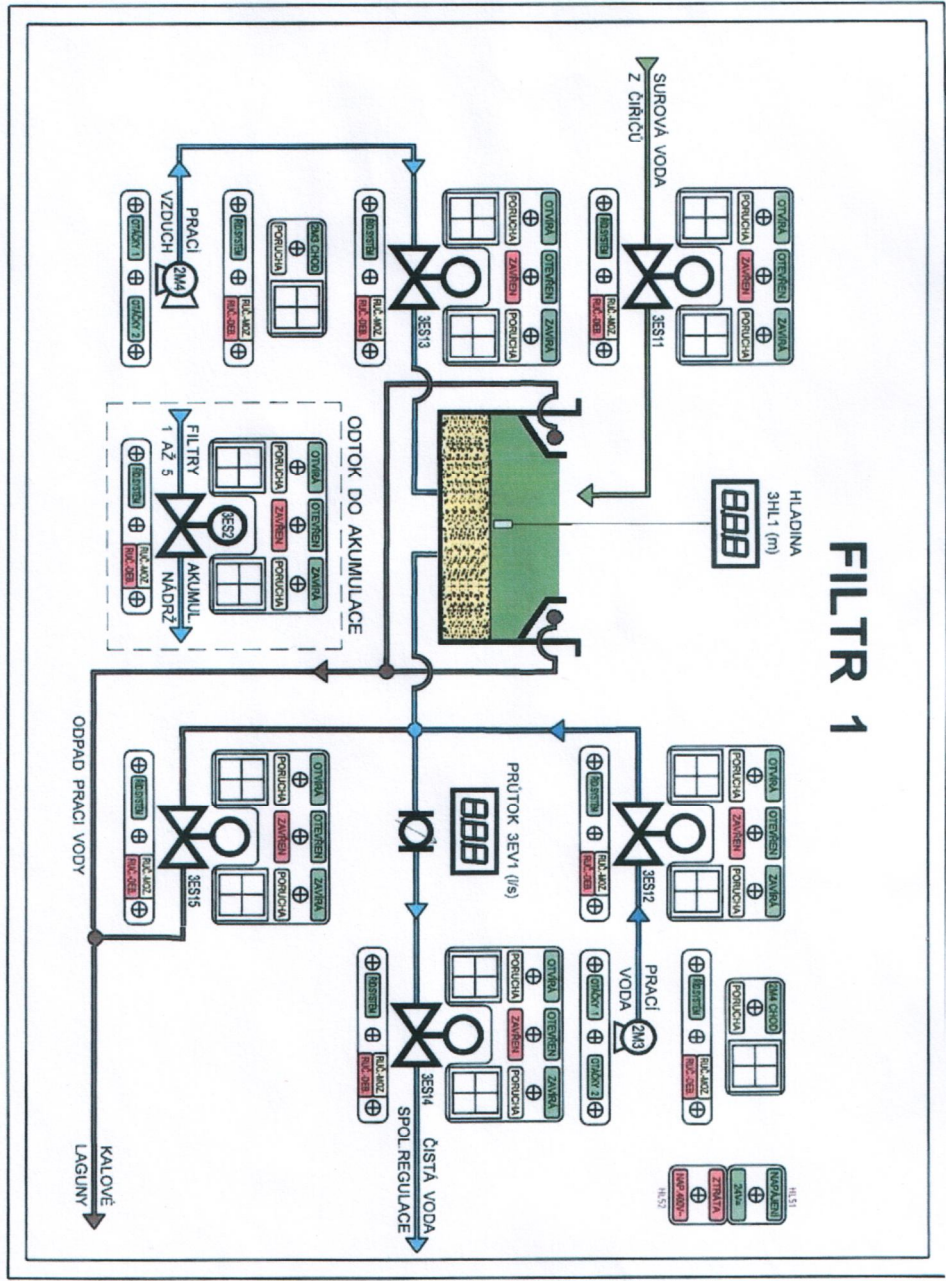


vodins Hranice spol. s r.o.	Zakázka číslo:	14 084	Arch. číslo:	VY - 03 - 986	Datum:	12/2004	OVĽADACÍ PANEL CHEMIE 1
	Název akce:	ÚPRAVNY VODY LHOTA, 1. ETAPA, PROVOZNI ŘÁD			Navrhli:	Ing. Miroslav TOMEK	
Objekt:	OVĽADACÍ PRVKY ROZVADĚČŮ		Kreslili:			Číslo výkresu:	B-5/1



Zakázka číslo:	14 084	Arch. číslo:	VY - 03 - 986	Datum:	12/2004	Objekt:	OVĽADACÍ PANEĽ CHEMIE 1
Název ákce:	ÚPRAVNÝ VODY LHOTÁ, 1. ETAPA, PROVOZNÍ PÁD	Navrhil:	Ing. Miroslav TOMĚK	Číslo výkresu:	B-5/2		
Objekt:	OVĽADACÍ PRVKY ROZVADEČŮ	Kreslil:					

vojins
Hranice spol. s r.o.



FILTRY 2, 3, 4, 5

Yodling Hranice spol. s r.o.	
Zakazka číslo:	14 084
Název akce:	UPRÁVNÝ VODY LIHTA, 1. ETAPA, PROVOZNI ŘÁD
Objekt:	OVĚŘENÍ PRVKY ROZVÁDEČŮ
Arch. číslo:	VY - 03 - 986
Datum:	12/2004
Navrhl:	Ing. Miroslav TOMEK
Kreslil:	<i>Simek</i>
Císlo výkresu:	B-5/5
OVĚŘENÍ PRVKŮ FILTRŮ	