



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

**STUDIE ÚPRAVNY VODY Z POVRCHOVÉHO
ZDROJE**

STUDY OF WATER TREATMENT PLANT FROM SURFACE SOURCE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Inwald

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RENATA BIELA, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Petr Inwald
Název	Studie úpravy vody z povrchového zdroje
Vedoucí práce	Ing. Renata Biela, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] CRITTENDEN, John, et al. Water Treatment: Principles and Design. 2nd Edition. John Wiley and Sons, 2005. 1948 p. ISBN 0-471-11018-3.
- [2] BIELA, R., BERÁNEK, J. Úprava vody a balneotechnika. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 164 s. ISBN 80-214-2563-6.
- [3] TUHOVČÁK, Ladislav, et al. Vodárenství: Studijní opory. 1. vydání. Brno: VUT FAST, 2006. 252 s.
- [4] GRÜNWARD, Alexander. Zdravotně inženýrské stavby 40: Úprava vody. 1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 103 s. ISBN 80-01-01658-7.
- [5] HLAVÁČ, Jaroslav et al. Vodárenství – Jímání a úprava vody, procesy, výpočty, konstrukce. Multimediální učebnice. 1. vydání. Brno: VAS, a.s., 2003.
- [6] Získání odborných podkladů místním průzkumem.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci diplomové práce bude vypracována studie úpravy vody o výkonu 10 l/s, kde surová voda bude odebírána z Křtinského potoka. Úpravna vody bude situována na místě úpravy vody, která v minulosti upravovala vodu pro město Adamov. V úvodu diplomové práce bude popsán současný stav jímacího objektu, technologické i správní části staré úpravy vody. Následně bude na základě rozborů vody proveden návrh jednotlivých stupňů úpravy vody. Součástí práce budou i grafické přílohy hlavních technologických prvků, výškové a technologické schéma úpravy vody.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Renata Biela, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

První část práce se věnuje zdrojům vody a metodám úpravy surové vody na pitnou. V této části jsou detailněji popsány technologie využívané k dvoustupňové úpravě vody z povrchového zdroje. Druhá část práce se zabývá studií nové úpravy pitné vody z povrchového zdroje pro město Adamov. V práci je zdokumentován současný stav stávající úpravy vody a popsána její technologická linka s návrhovým průtokem $Q = 30 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. V další části je proveden návrh dvou variant nové technologické linky s návrhovým průtokem $Q = 10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. První variantou je jednostupňová úprava vody s tlakovými filtry jako hlavním separačním stupněm. Pro druhou variantu je navržena dvoustupňová úprava vody, při které jsou prvním stupněm separace čířiče a druhým stupněm tlakové filtry. Součástí práce je výkresová dokumentace tlakových filtrů a čířičů, stejně jako technologická a výšková schémata obou navržených variant.

KLÍČOVÁ SLOVA

úprava vody, povrchový zdroj vody, čířič, tlakový filtr, studie úpravy vody

ABSTRACT

The first part of the thesis deals with water sources and methods of drinkable water treatment. This section describes the technologies used for two-stage water treatment from a surface source. The second part deals with study of the new drinking water treatment plant from a surface source for Adamov town. The work documents the current state of the existing water treatment plant and describes used technology with a design flow $Q = 30 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. In the next part of thesis is design of two variations of new technological line with a design flow $Q = 10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. The first variation is one-stage water treatment with pressure filters as the main separation stage. Two-stage water treatment is designed for the second variation, in which the first stage of separation are clarifiers and the second stage are pressure filters. Thesis includes drawing documentation of designed pressure filters and clarifiers, technological and height scheme of both variations.

KEY WORDS

water treatment, surface water source, clarifier, pressure filter, study of water treatment plant

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Petr Inwald *Studie úpravy vody z povrchového zdroje*. Brno, 2021. 53 s., 16 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Studie úpravny vody z povrchového zdroje* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Petr Inwald
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Studie úpravny vody z povrchového zdroje* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Petr Inwald
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Zde bych rád poděkoval za odborné rady, dohled a vstřícnost vedoucí mé diplomové práce
Ing. Renatě Biele, Ph.D.

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	ZDROJE VODY	4
2.1	Podzemní zdroje.....	4
2.2	Povrchové zdroje.....	4
3	ÚPRAVA VODY	6
4	DVOUSTUPŇOVÁ ÚPRAVA VODY Z POVRCHOVÉHO ZDROJE	8
4.1	Mechanické předčištění	8
4.1.1	Lapáky písku.....	8
4.1.2	Česle	8
4.1.3	Mikrosíta.....	9
4.2	Koagulace	9
4.2.1	Perikinetická fáze míchání.....	9
4.2.2	Ortokinetická fáze míchání.....	9
4.2.3	Koagulanty.....	10
4.3	Technologie prvního separačního stupně	11
4.3.1	Usazovací nádrže	11
4.3.2	Čiřiče	14
4.3.3	Flotace	16
4.4	Technologie druhého separačního stupně	17
4.4.1	Objemová filtrace	17
4.4.2	Náplavná filtrace.....	20
4.5	Dezinfekce upravené vody	20
4.5.1	Dezinfekční činidla na bázi chloru.....	20
4.5.2	Dezinfekční činidla bezchlorová.....	21
4.6	Kalové hospodářství upraven vod	22
4.6.1	Zahuštění vodárenských kalů.....	22
4.6.2	Odvodnění vodárenských kalů.....	22
5	ÚPRAVA VODY JOSEFOV	24
5.1	Stávající technologie úpravy vody.....	24
5.2	Správce úpravy vody – Adavak.....	27
6	NÁVRH TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY	28
6.1	Zdroj surové vody – Křtinský potok	28
6.2	Technologická linka úpravy vody.....	30
6.2.1	Varianta I	30

6.2.2	Varianta II.....	33
7	TECHNICKÁ ZPRÁVA	37
7.1	Varianta I.....	37
7.2	Varianta II.....	37
8	ZÁVĚR.....	39
9	POUŽITÁ LITERATURA.....	40
	SEZNAM TABULEK	42
	SEZNAM OBRÁZKŮ	43
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	44
	SEZNAM PŘÍLOH.....	45
	SUMMARY	46

1 ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá studií nové úpravy vody. Úpravna bude umístěna v areálu bývalé úpravy vody Josefov, která byla v minulosti zdrojem pitné vody pro obec Adamov. Zdrojem surové vody pro úpravu je Křtinský potok. V první části práce budou popsány současné metody a technologie využívané pro úpravu povrchové surové vody na pitnou. Budou zde zmíněny zdroje vody a možnosti mechanického předčištění, technologie prvního a druhého stupně při dvoustupňové úpravě vody, dezinfekce a zpracování vodárenských kalů.

Druhá část diplomové práce se bude zabývat studií úpravy vody. Původní úpravna vody využívala dvoustupňovou úpravu vody a pracovala s výkonem $30 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. V práci bude zdokumentován současný stav stavebních objektů i stávajících technologických zařízení úpravy vody.

Diplomová práce bude vypracována ve spolupráci se správcem úpravy vody, kterým je společnost ADAVAK s.r.o.. Provozovatel poskytnul prohlídku úpravy vody, při které byla pořízena fotodokumentace současného stavu vodárenského zařízení, části výkresové dokumentace úpravy vody a protokoly o zkouškách surové vody z Křtinského potoka. Provozovatel plánuje rekonstrukci současného zdroje pitné vody pro Adamov, jímž je jímací území podzemní vody Josefov. Při rekonstrukci jímacího území by sloužila jako náhradní zdroj pitné vody rekonstruovaná úpravna vody Josefov, jejíž technologie by byla umístěna v původní nevyužívané úpravně a která by pracovala s výkonem $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Hlavním úkolem této práce je zhodnocení stavu stávající úpravy vody a návrh nové technologie pro úpravu vody. Návrh nové technologie bude vycházet z kvalitativních ukazatelů surové vody uvedených v protokolech o vzorcích vody z Křtinského potoka. Podle kvality surové vody bude navržen počet separačních stupňů nové technologické linky úpravy. Budou zvolena technologická zařízení úpravy vody a budou navrženy hlavní separační stupně. K separačním prvkům úpravy bude zpracována výkresová dokumentace a také technologické a výškové schéma navržené technologie úpravy vody.

2 ZDROJE VODY

Základním rozdělením zdrojů vody je rozdělení na podzemní a povrchové zdroje. Obě varianty zdrojů surové vody mají svá specifika týkající se kvality pro využití jako zdroje surové vody pro úpravu. Obecně je pro úpravu na pitnou vodu vhodnější voda podzemní, která zpravidla neobsahuje organické látky a mnohdy je možné ji využít jako pitnou vodu bez úpravy nebo jenom s jednoduchou úpravou. Na území České republiky se v důsledku sucha a přívalových dešťů, které rychle odtečou soustředěným povrchovým odtokem a nevsáknou se do zemského povrchu, dlouhodobě snižuje zásoba podzemní vody. Často je proto pro úpravu vody na pitnou používána voda povrchová, jejíž úprava bývá složitější a nákladnější než tomu je u vody podzemní. Poměr využití zdrojů surové vody je mírně nakloněn na stranu povrchových zdrojů surové vody. Vlastnosti surové vody jsou nejdůležitější proměnnou pro výběr technologie úpravy vody. [1][2][3]

2.1 PODZEMNÍ ZDROJE

Podzemní zdroje vody jsou zdroje vyskytující se pod zemským povrchem v mezerách mezi částicemi zeminy nebo v prostorech mezi horninami. Tyto zvodnělé vrstvy zeminy, které mohou mít mocnost i několik desítek metrů, jsou zespodu ohraničeny nepropustným podložím a mívají volnou nebo napjatou hladinu (shora ohraničené propustnou nebo nepropustnou vrstvou zeminy). Zásoby podzemní vody jsou doplňovány průsakem atmosférických srážek skrz zemský povrch. To znamená, že jsou podzemní vody z velké části závislé nejen na úhrnu srážek, ale i na intenzitě dešťů, rychlosti tání sněhu, vlastnostech zemského povrchu, způsobu obdělávání apod.

Vlastnosti podzemních vod jsou závislé na lokalitě, hloubce jejich výskytu a dále na vlastnostech okolního prostředí. Jejich kvalitu může ovlivnit například zvýšený výskyt některých látek v zemině. Jedná se třeba o oxid uhličitý, který se v podzemních vodách hojně vyskytuje a dostává se do ní z biologicky rozkládaných organických látek při průsaku vody zeminou nebo chemickým rozkladem uhličitánů v zemské kůře. Další látky, jenž jsou v podzemních vodách hojně obsaženy, jsou chloridy, sodík, hořčík, vápník, sírany, hydrogenuhličitany, dusičnany (při odběru z malé hloubky), železo a mangan (při odběru z vyšších hloubek) nebo radon. Naopak kyslík je v podzemních vodách obsažen v malých koncentracích nebo se jedná o vody anoxické (bez obsahu kyslíku).

Teplota podzemní vody bývá stála, neboť ji neovlivňují klimatické podmínky a nabývá hodnot 5 – 13 °C. Podzemní voda má pH 5,5 – 7,5, z čehož plyne to, že častou úpravou podzemních vod je odkyselení. [1][3][6]

2.2 POVRCHOVÉ ZDROJE

Povrchové zdroje vody lze rozdělit na tekoucí (vodní toky) a stojaté (vodárenské nádrže). To, že má povrchová voda obecně horší kvalitu než voda podzemní, má mnoho důvodů. Její kvalita například kolísá s měnící se teplotou vlivem klimatických změn v průběhu roku, měnícím se množstvím organických látek a zůstatkem, obsahem splavenin, celkově širším spektrem nežádoucích látek obsažených ve vodě, obsahem plavenin, je náchylnější ke kontaminaci, kvůli povrchovému splachu z polí podléhá eutrofizaci a obsahuje pesticidní a

jiné látky používané v zemědělství apod. Horší kvalita surové vody z povrchových zdrojů je příčinou toho, že se při jejím zpracování na pitnou vodu často přistupuje k víceúrovňové úpravě vody. [1][6]

V povrchových vodách se vyskytuje velké množství organických a chemických látek a rozpuštěného kyslíku (závisí na fotosyntéze ve vodě a její teplotě). Oxid uhličitý se v těchto vodách vyskytuje v nižších koncentracích. [3]

Surovou vodu dělíme podle přílohy č. 13 k vyhlášce 428/2001 Sb. do tří skupin upravitelnosti – viz tab. 2.1

Tab. 2.1 Kategorie upravitelnosti surové vody [4]

Pro kategorii	Typy úprav
A1	Úprava surové vody s případnou 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 (chemické nebo mechanické odkyselení), dále odstranění pachu a plynných složek provzdušňováním. Prostá filtrace pro odstranění nerozpuštěných látek a zvýšení jakosti.
A2	Surová voda vyžaduje jednodušší úpravu, např. koagulační filtrace, jednostupňové odželezňování, odmanganování nebo infiltraci, pomalou biologickou filtrace, úpravu v hominovém prostředí a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody.
A3	Úprava surové vody vyžaduje dvou či víceúrovňovou úpravu čiřením, oxidací, odželezňováním a odmanganováním s koncovou dezinfekcí, popř. jejich kombinací. Dalšími vhodnými procesy jsou například využívání ozónu, aktivního uhlí, pomocných flokulantů, flotace. Ekonomicky náročnější postupy technicky zdůvodněné (například sorpce na speciálních materiálech, iontová výměna, membránové postupy) se použijí mimořádně.
Vyšší koncentrace než jsou uvedeny pro kategorii A3	Podle § 13 odst. 2 zákona lze vodu této jakosti výjimečně odebírat pro výrobu pitné vody s udělením výjimky příslušným krajským úřadem. Pro úpravu na vodu pitnou se musí použít technologicky náročné postupy spočívající v kombinaci typů úprav uvedených pro kategorii A3, přičemž je nutné zajistit stabilní kvalitu vyráběné pitné vody podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Přednostním řešením v těchto případech je však eliminace příčin znečištění anebo vyhledání nového zdroje vody.

3 ÚPRAVA VODY

Úprava vody je prováděna mnoha způsoby, jejichž cílem je zlepšit kvalitu vody na úroveň vyžadovanou spotřebiteli. Kvalita vyrobené vody musí vyhovovat požadavkům stanoveným v normě. Ve vodárenství se obvykle jedná o úpravu surové vody na vodu pitnou, jejíž limitní hodnoty stanovuje vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Tato práce se zabývá studii úpravy vody z povrchového zdroje, a proto se dále zaměřuje pouze na úpravu vody z povrchových zdrojů.

Kvalita vyrobené pitné vody z velké části závisí na jakosti surové vody, která může být ale u povrchových zdrojů velmi proměnlivá v průběhu roku. Z toho důvodu musí být technologické části úpravy vody přizpůsobeny těmto změnám vstupních látkových koncentrací. Zvláštní pozornost musíme při návrhu technologie úpravy věnovat množství obsažených zákalotvorných a barvotvorných látek v surové vodě.

K úpravě vody se používá mnoho procesů, které můžeme obecně rozdělit na fyzikální, chemické a biologické. Fyzikálními procesy se z vody odstraňují především suspendované látky, nebo rozpuštěné plyny. Chemické procesy slouží k úpravě látek ve vodě a jejich vlastností pro zjednodušení jejich odstranění a k dezinfekci vody. Biologické procesy využívají některé kmeny bakterií k úpravě vody.

Při volbě typu úpravy se zaměříme na kvalitu a vlastnosti surové vody, pro kterou úpravu navrhujeme. Často dochází ke kombinaci způsobů úpravy, protože surová voda obsahuje mnoho znečišťujících látek, pro které jsou vhodné různé způsoby úpravy. [1][3][5]

Mezi fyzikální procesy patří:

- adsorpce vody,
- prostá (mechanická) filtrace vody,
- prostá sedimentace vody,
- prostá flotace vody,
- mechanické provzdušnění vody,
- hrubé či jemné odlučování nečistot (česle),
- cezení vody.

Mezi chemické procesy patří:

- koagulace po nadávkování chemikálií,
- flokulace po nadávkování chemikálií,
- flotace nadávkované vody,
- číření nadávkované vody sedimentace nadávkované vody,
- koagulační filtrace nadávkované vody,
- filtrace nadávkované vody,
- chemické odželezování a odmanganování vody,

- chemické odkyselení vody,
- chemické zušlechťování vody,
- dezinfekce vody,
- iontová výměna.

Mezi biologické a mikrobiologické procesy patří:

- likvidace producentů konzumenty (děje v přírodním prostředí mimo úpravnu vody),
- likvidace organických a anorganických znečištění působením mikroorganismů rostlinného a živočišného původu, což jsou aerobní mikroorganismy a řasy, které odstraňují organické znečištění, nežádoucí mikroby a coliformní zárodky. Dochází k mineralizaci organického znečištění.

Typy úpraven vody

Úpravny vody se rozdělují podle počtu separačních stupňů. Pro výběr počtu separačních stupňů úpravny vody rozhoduje zejména kvalita surové vody a účel, pro který je voda upravována. Úpravny rozdělujeme na tyto typy:

- jednoduchá úprava vody bez separačního stupně,
- úprava vody s jednostupňovou separací,
- úprava vody s dvoustupňovou separací,
- úprava vody s vícestupňovou separací případně s doúpravou vody bez použití třetího stupně separace.

O počtu separačních stupňů při úpravě vody z povrchového zdroje lze rozhodnout podle množství nadávkovaného koagulantu. Pokud je dávka koagulantu menší než $20 - 25 \text{ mg.l}^{-1}$, je možné zvolit jednostupňovou úpravu vody. O počtu separačních stupňů může rozhodnout také zvýšená koncentrace látek, které jsou klasickými technologickými postupy špatně odbouratelné a je nutné kvůli jejich odstranění přidat další separační stupeň nebo zvolit jinou technologii (např. pesticidní látky). [1][6]

4 DVOUSTUPŇOVÁ ÚPRAVA VODY Z POVRCHOVÉHO ZDROJE

4.1 MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ

Na začátku technologické linky se vždy nachází mechanické předčištění. Tyto objekty slouží k odstranění hrubších částic ze surové vody. Mechanické předčištění ochraňuje před poškozením technologická zařízení a potrubí na úpravně vody, a proto se nachází na začátku technologické linky, často v odběrném objektu nebo přímo za ním.

4.1.1 Lapáky písku

V lapácích písku se odstraňují hrubozrnné anorganické látky, které by mohly poškodit strojní zařízení nebo se usadit v nádržích úpravy. Jde o zachycení u dna sunutých částic velikosti 0,1 – 0,25 mm snížením rychlosti nebo změnou směru proudění vody takovým způsobem, aby se anorganické částice usadily na dně lapáku. [1]

Dělení lapáku podle směru průtoku:

- Horizontální – jedná se o usazovací žlab se sníženým dnem, ve kterém se hrubozrnné částice usazují. Délka žlabu je volena tak, aby se i nejmenší zrno, jenž chceme v lapáku separovat usadilo ke dnu na konci lapáku.
- Vertikální – kruhový nebo čtvercový půdorys. Voda natéká do lapáku v horní části, podtéká pod nornou stěnou a vytéká opět v horní části lapáku. Písek je usazen u dna, odkud je odstraňován drapákem nebo mamutkou.

4.1.2 Česle

Na česlích se zachycují větší plovoucí a unášené částice, jako listí nebo větve. Česle se skládají z česlic, což jsou tyče osazené do betonu a mají kruhový nebo obdélníkový průřez. Materiál česlic je ocel, nerez ocel nebo plast.

Rozdělení podle světlosti mezi česlicemi:

- jemné česle – 1 – 20 mm,
- střední česle – 20 – 50 mm,
- hrubé česle – 50 – 150 mm.

Rozdělení podle způsobu odstranění shrabků:

- ručně stírané česle,
- strojně stírané česle,
- samočistící česle. [7][8]

4.1.3 Mikrosíta

Mikrosíta jsou obvykle bubny, jejichž povrch tvoří jemné pletivo. Buben má jednu otevřenou stranu, do které je přiváděna upravovaná voda. Voda poté protéká rotujícím bubnem, jenž je ponořen z větší části ve vodě. Síto má velikost otvorů 10 – 60 μm a je neustále čištěno tlakovou vodou. Účinnost této metody se pohybuje v rozmezí 30 – 60 %, což ovlivňuje velikost průlin a zrnitostní rozložení částic obsažených ve vodě. [1][7]

4.2 KOAGULACE

Koagulace je proces, při kterém dochází k srážení a shlukování koloidních a rozpuštěných látek obsažených ve vodě. Ke koagulaci dochází po přidání koagulantů, což jsou chemické látky, jenž mají schopnost srážet a shlukovat látky obsažené ve vodě. Obvykle se k tomuto účelu využívají soli hliníku a železa, které je nutné ve vodě promíchat tak, aby došlo k rozšíření koagulantu do celého objemu upravované vody. K míchání dochází mechanickým nebo hydraulickým způsobem a probíhá ve dvou fázích:

- perikinetická (rychlé míchání),
- ortokinetická (pomalé míchání).

4.2.1 Perikinetická fáze míchání

Při perikinetické fázi koagulace vznikají mikrovločky agregací koloidních částic pomocí Brownova pohybu. Gradient rychlosti pohybu je v rozmezí 100 – 1000 s^{-1} a míchání trvá od několika sekund až po 300 sekund.

Hydraulické míchání je nejčastěji zajištěno vložением překážky do proudící kapaliny, která způsobí tlakovou ztrátu nebo změnu směru proudění, díky čemuž dojde k promíchání vody s koagulantem. Rozlišení dle způsobu hydraulického míchání:

- tlakové – clony v potrubí, proudové mísiče, statorové mísiče, prstencový vodní skok,
- gravitační – s vertikálními šterbinami, s horizontálními šterbinami.

Mechanické míchání probíhá pomocí míchadel, které jsou osazeny ve svislé poloze. Účinnost závisí na rozměrech lopatek míchadla a frekvenci otáček míchacího zařízení. K regulaci otáček slouží frekvenční měniče. Hřídel je uložena buď v patce ve dně nádrže nebo je ukončena volně v prostoru nádrže. [1][3]

4.2.2 Ortokinetická fáze míchání

V této fázi koagulace dochází k spojování mikroskopických vloček do větších, odstranitelných makrovloček. Rychlostní gradient míchání se liší pro železité koagulanty ($G < 65 \text{ s}^{-1}$) a pro hlinité koagulanty ($G < 25 \text{ s}^{-1}$). Při překročení těchto hodnot může docházet k rozbíjení makrovloček a tím pádem ke snížení účinnosti koagulace. Dále je nutné zajistit plynulý přechod mezi ortokinetickou fází koagulace, aby nedošlo k destabilizaci vločkovité suspenze. Pomalé míchání trvá 10 – 30 minut, což závisí také na teplotě vody. Rozdělení ortokinetického míchání:

- hydraulické – žlaby a nádrže s horizontálním a vertikálním průtokem, děrované stěny s normálními a nastavitelnými otvory, vertikální vířivé kuželové mísiče,
- mechanické – pádlová míchadla, hyperboloidní míchací systémy. [1][3]

4.2.3 Koagulanty

Koagulanty jsou chemické látky (nejčastěji soli železa a hliníku), které způsobují srážení a shlukování jednotlivých vloček nečistot do separovatelných makrovloček. Volba konkrétního koagulantu se určuje laboratorními pokusy, přičemž ideální je volit koagulant podle pokusů v poloprovozním režimu úpravy.

Velikost dávky koagulantu roste s množstvím znečištění v upravované vodě. Z ekonomického hlediska se snažíme najít optimální dávku koagulantu, která by měla být co nejmenší, pro úpravu vody na požadovanou kvalitu. Přesná dávka koagulantu se stanoví koagulační zkouškou. Přibližně se dávky koagulantu pro málo znečištěné vody pohybují v rozmezí $0,15 - 0,3 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ [Fe^{3+} nebo Al^{3+}], pro znečištěné je to zhruba dvojnásobek. Předběžně lze množství koagulantu stanovit podle CHSK_{cr} nebo barvy vody, přičemž dávka D [$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1} \text{Fe}^{3+}$ nebo Al^{3+}] =

- $(0,3 - 0,4) \cdot \text{CHSK}_{\text{cr}}$ [mg/l]
- $(2,5 - 3) \cdot \sqrt{\text{Barva}}$ [mg/l Pt]

Koagulanty jsou do vody přidávány ze zásobníků buď v pevném stavu, nebo v podobě roztoku. Do vody jsou dopravovány pomocí automatických dávkovačů. Pokud jde o koagulant dávkovaný v pevném skupenství, jedná se především o objemové a váhové dávkovače. Pokud je koagulant v tekuté formě, tak se využívají dávkovací čerpadla. [1][3][9]

Nejčastěji používané koagulanty:

- Soli železa
 - síran železitý $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ – dávka $10 - 250 \text{ g/m}^3$,
 - chlorid železitý $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – dávka $5 - 150 \text{ g/m}^3$,
 - chlorovaný síran železnatý FeClSO_4 – dávka $5 - 150 \text{ g/m}^3$,
 - síran železnatý $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ v dávce $5 - 150 \text{ g/m}^3$.
- Soli hliníku
 - síran hlinitý $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ – dávka $10 - 150 \text{ g/m}^3$,
 - polualuminium chlorid (PAC).

Další variantou pro zlepšení procesu koagulace mohou být tzv. pomocné koagulanty, které zvyšují intenzitu koagulace a flokulace. Dle původu se dělí na látky:

- anorganické – aktivovaný oxid křemičitý, bentonit, kaolín, jemně mletý vápenec, jemný křemičitý písek, práškové aktivní uhlí,
- organické – organické ve vodě rozpustné látky přírodní chemicky neupravené, organické látky ve vodě rozpustné chemicky upravené, syntetické organické látky. [3]

4.3 TECHNOLOGIE PRVNÍHO SEPARAČNÍHO STUPNĚ

4.3.1 Usazovací nádrže

Usazovací nádrže jsou v úpravárenství hojně využívány. Využívají proces sedimentace, který je založen na prostém gravitačním usazování částic na dně nádrže. Makrovločky vzniklé koagulačním procesem s vyšší objemovou hmotností než voda se usadí na dně nádrže v kalovém prostoru, odkud jsou zpravidla stírány do kalové jímky a odváděny z nádrže na kalové hospodářství. Jde o napodobení procesu, který probíhá v přírodním prostředí ve vodních tocích a nádržích.

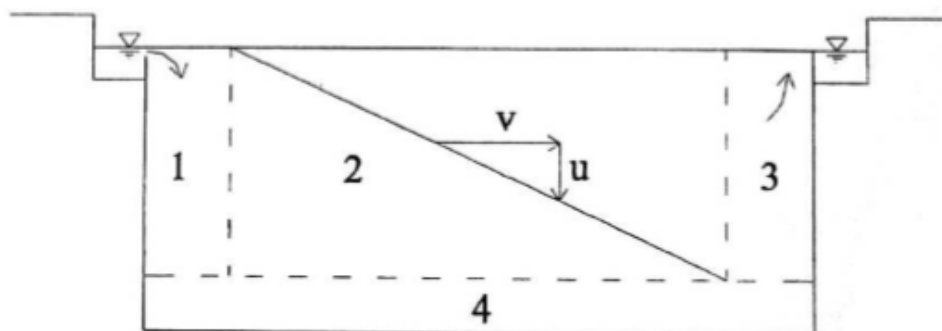
Nátok do nádrže je proveden tak, aby nemohlo dojít k destabilizaci makrovloček vlivem překročení gradientu rychlosti proudění vody. Plovoucí částice bývají zachycovány na norných stěnách. Usazovací prostor je navržen tak, aby se usadily všechny částice, které se mají na tomto separačním stupni odstranit. Kal je ze dna stírán nejčastěji pomocí mostových nebo řetězových shrabovačů, jenž pracují v nepřetržitém režimu nebo s přestávkami. Pokud by kal nebyl pravidelně stírán, došlo by k jeho zahnívání v kalovém prostoru a zhoršení vlastností vody na odtoku z nádrží. Účinnost sedimentace mohou ovlivnit zkratové proudy, turbulence a zviření již sedimentovaných částic, proto se těmto jevům snažíme při návrhu předcházet. [1][5]

Usazovací nádrže dělíme na:

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

Podélné obdélníkové usazovací nádrže

Tyto nádrže jsou výhodné svou jednoduchou konstrukcí. Obvykle se na přítoku nachází přepadový žlab. U přítoku i odtoku z nádrže se nachází norná stěna, která zabraňuje průchodu plovoucích nečistot. Na odtoku se nachází jeden nebo více přepadových žlabů opatřených pilovitými výřezy. Tyto nádrže se navrhují v počtu 2 a více, pro zdržení 1,5 – 2 hodiny, s účinností odstranění přibližně 90 % sedimentovatelných částic. [1]



Obr. 4.1 Schéma usazovací nádrže [1]

Usazovací nádrže rozdělujeme na 4 základní prostory: 1. vtokový prostor, 2. usazovací prostor, 3. výtokový prostor, 4. prostor usazeného kalu.

Nutností je správný návrh nátoku do nádrže, abychom předešli nežádoucím turbulencím v nádrži, zajistili laminární proudění v celém objemu nádrže a rovnoměrné zatížení profilu nádrže. Přítok z flokulace je prováděn:

- žlabem s otvory, kterými vytéká voda zpět proti směru proudění a naráží do čelní stěny,
- svíslou stěnou s otvory, proti nimž bývají umístěny narážky, které slouží k navození rovnoměrného rozdělení průtoku a tlumení kinetické energie,
- česly, jenž sahají až ke dnu nádrže,
- svodidly ve dně.

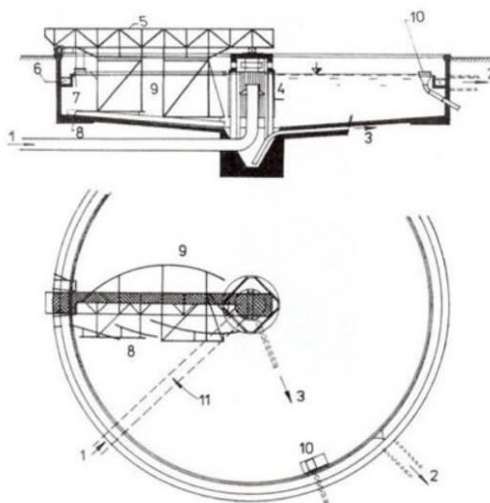
Rozměry kalového prostoru se určují podle množství sedimentovaných částic, jejich vlastností a doby hromadění kalu. Kal se shrnuje do kalových jímek u vtokové stěny nádrže. [5]

Kruhové usazovací nádrže s radiálním horizontálním průtokem vody

Přítok je u tohoto typu nádrží umístěn ve středovém válci nádrže a je zakončen přelivným kalichem, který se nachází těsně pod hladinou vody v nádrži nebo u dna středového válce. Tento válec tvoří clonu pro vtok a často bývá jeho plášť děrovaný, čímž napomáhá k rovnoměrnému proudění v nádrži. [1]

Kal je z kónického dna neustále stírán do kalové jímký umístěné pod středovým válcem nádrže. Odtud je čerpán na kalové hospodářství.

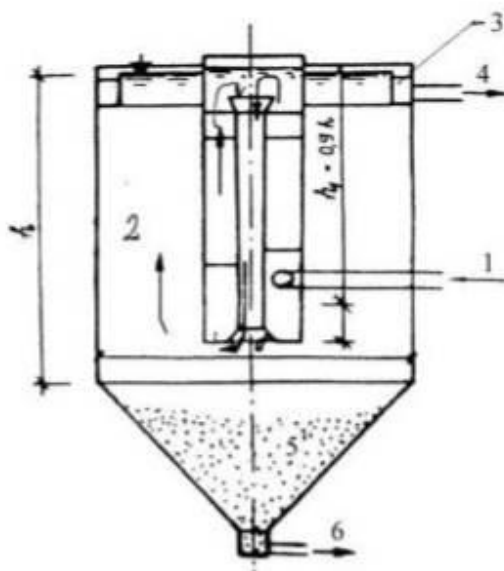
Odběrný žlab je umístěn po obvodu nádrže a je řešen přepadem přes přelivnou hranu. Před odběrné žlaby se umísťují norné stěny zabraňující průtoku plovoucích nečistot, které bývají odstraňovány z povrchu hladiny stíracím zařízením. [5]



Obr. 4.2 Kruhová usazovací nádrž s radiálním horizontálním průtokem [1]

Kruhové usazovací nádrže s vertikálním průtokem vody

Tento typ nádrží má uvnitř vložkovací a obvodový sedimentační prostor, které jsou rozděleny vřetelovou přepážkou. Přítokové potrubí je zaústěno do středu nádrže a voda z něj protéká směrem dolů středním vřetelcem. Separovatelné částice se usazují na kuželovitěm dně a upravená voda odtéká přes přelivnou hranu umístěnou po obvodu nádrže. Kal je konstantně vypouštěn z vrcholu kuželovitého dna tak, aby nemohlo dojít k víření usazeného kalu. Vrstva kalu dosahuje až po svislou stěnu nádrže. [1]

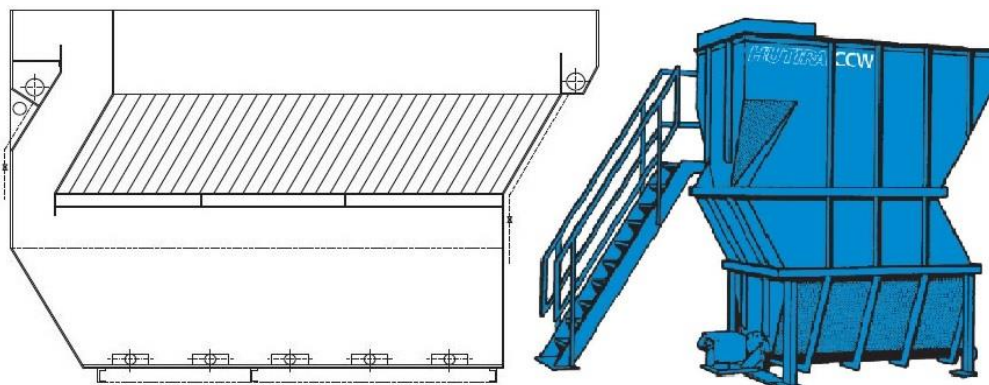


Obr. 4.3 Kruhová usazovací nádrž s vertikálním průtokem [1]

Patrové a lamelové usazovací nádrže

Tyto nádrže jsou charakteristické nízkou dobou zdržení (asi 15 minut) a vysokou účinností (až 96 %). Nádrž obsahuje mnoho prvků (lamel nebo trubek), které jsou systematicky umístěny tak, aby byl co nejlépe využit prostor nádrže. Účinnost ovlivňuje délka a sklon lamel. Přidáním lamel do nádrže se zvýší plocha, na které se částice mohou usadit.

Tyto systémy mají různé konstrukce např. se vzestupným prouděním, se sestupným prouděním nebo s pohyblivými pásy. [1]



Obr. 4.4 Lamelová usazovací nádrž [10]

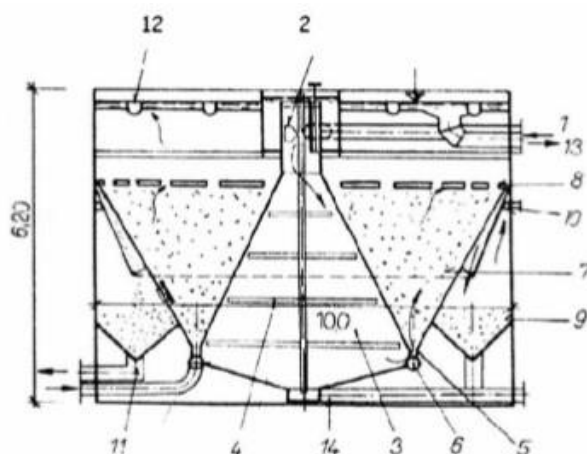
4.3.2 Čiřiče

Čiřiče pracují na principu prostupu upravované vody přes vrstvu vločkovitých částic vznášených ve vodě, tzv. „vločkový mrak“. Ve vločkovitém mraku dojde k zachycení makrovloček vzniklých při koagulaci, které svým zachycováním zvětšují vločkový mrak, a proto je část vločkovitého mraku zpravidla konstantně odstraňována, aby nedošlo k výraznému zvětšení objemu vločkovité vrstvy v nádrži. Voda protéká vertikálně zespoda nahoru přes vločkový mrak a upravená voda je poté odváděna z čiřiče přepadovým žlabem. Zásadní rozdíl mezi některými čiřiči je v tom, že u některých probíhá vločkovací fáze přímo v prostoru čiřiče, ale u jiných musí být předřazena vločkovací nádrž.

Kal ve vločkovém mraku stárne a může nastat jeho zahnívání, což je další důvod, proč je nutné jeho objem regulovat a starý kal z něj odstraňovat, protože zahnívání negativně ovlivňuje účinnost čiřiče. Výška vločkového mraku se obvykle pohybuje v rozmezí 2 – 2,5 m. Kal je odstraňován přes přepadovou hranu do kalového prostoru. Vločkový mrak je ve vlnosu udržován hydraulickým nebo mechanickým způsobem. Velmi důležité je udržovat správnou průtočnou rychlost, protože při jejím překročení může dojít k vynášení vloček z mraku do prostoru upravené vody. Naopak pokud dojde k snížení rychlosti, tak může dojít k sedimentaci vločkovitého mraku, což také snižuje účinnost čiřiče. [1][3][8]

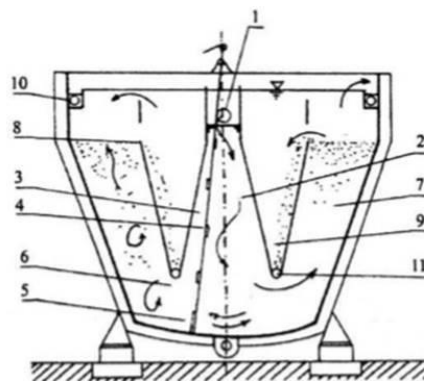
Rozeznáváme tyto základní druhy čiřičů:

- čiřiče s hydraulickým vlnosem vločkového mraku,
- čiřiče s mechanickým vlnosem vločkového mraku,
- čiřiče s cirkulací kalu,
- čiřiče s periodicky se měnícím průtokem.



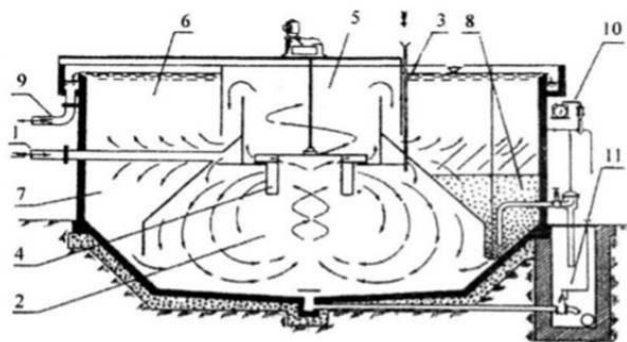
Obr. 4.5 Čiřič s hydraulickým vlnosem vločkového mraku [1]

1 – přítok vody, 2 – lopatka pohonu míchadla, 3 – vločkovací prostor, 4 – pádlo, 5 – štěrbin, 6 – proplachovací potrubí, 7 – čiřicí prostor, 8 – přelivná hrana kalu, 9 – zahušťovací prostor, 10 – nucený odtah, 11 – odkalovací žlab, 12 – žlab, 13 – výtok, 14 – vyprazdňování.



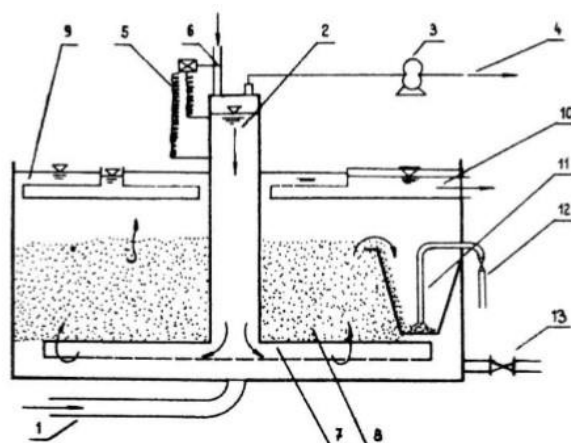
Obr. 4.6 Čiřič s mechanickým vnosem vločkového mraku [1]

1 – přítok vody, 2 – vločkový prostor, 3 – vahadlo, 4 – soustava vodorovných pádel, 5 – spodní pádlo, 6 – mezera mezi vločkovacím a čiřícím prostorem, 7 – čiřící prostor, 8 – přelivná hrana zahušťovacího prostoru, 9 – zahušťovací prostor, 10 – žlab pro odtok upravené vody, 11 – odtok zahuštěného kalu.



Obr. 4.7 Čiřič s cirkulací kalu Accelátor [1]

1 – přítok upravované vody, 2 – vrchol primárního vločkového prostoru, 3 – dávkování srážedel, 4 – mechanické pomaloobrátkové čmíhadlo, 5 – sekundární vločkovací prostor, 6 – upravená voda, 7 – čiřící prostor, 8 – zahušťovací prostor, 9 – žlab pro odvod upravené vody, 10 – spínač pro odkalení, 11 – uzávěr pro úplné vyprázdnění kalu.



Obr. 4.8 Čiřič s periodicky se měnícím průtokem Pulsátor [1]

1 – přítok upravované vody, 2 – vrchol primárního vločkového prostoru, 3 – dávkování srážedel, 4 – mechanické pomaloobrátkové čmíhadlo, 5 – sekundární vločkovací prostor, 6 – upravená voda, 7 – čiřící prostor, 8 – zahušťovací prostor, 9 – žlab pro odvod upravené vody, 10 – spínač pro odkalení, 11 – uzávěr pro úplné vyprázdnění kalu.

4.3.3 Flotace

Principem flotace je vynášení vloček znečištění k hladině pomocí bublin vzduchu. Bubliny jsou vháněny do spodní části nádrže, nabalují se na makrovločky vzniklé flokulací a vynášejí je k hladině nádrže, odkud je kal automaticky odstraňován k dalšímu zpracování. Flotací dokážeme separovat menší částice než při číření a sedimentaci (desítky μm). Flotace probíhá v nádržích hloubky 1,5 – 3,2 m s povrchovým zatížením 10 – 20 m^3/h . Výhodou flotace jsou poměrně malé požadavky na záběr plochy, proto jsou flotační jednotky používány při rekonstrukcích úprav vod. Naopak nevýhodou flotačních jednotek je energetická náročnost nepřetržitého provozu zařízení pro výrobu bublin.

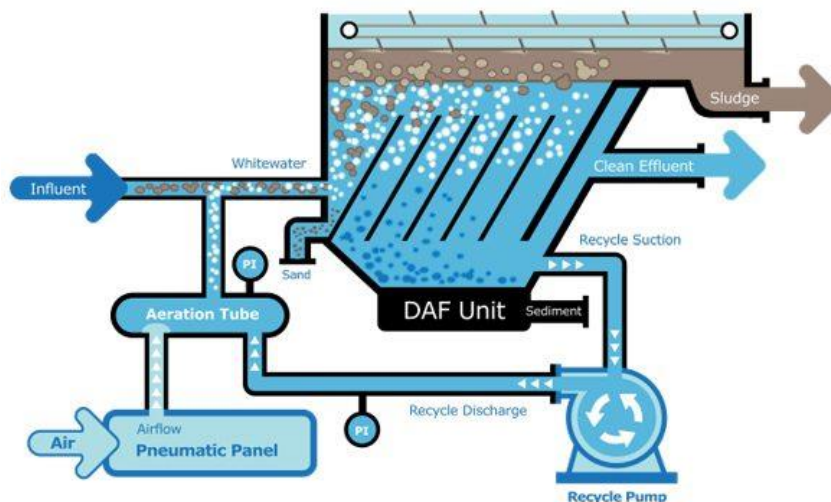
Flotační nádrž se skládá ze tří zón. V reakční zóně dochází ke kontaktu upravované vody s vodou nasycenou vzduchem a navázání vzduchu na vločky kalu. V zóně vyflotované pěny se nachází kalová pěna, která je automaticky shrabována do odpadní jímky a odváděna k dalšímu zpracování. Zóna vyflotované vody se nachází pod kalovou pěnou a je odsud odváděna upravená voda na další separační stupeň. [1][11]

Podle způsobu, kterým tyto vzduchové bubliny vznikají, rozdělujeme flotaci na:

- aeroflotaci,
- elektroflotaci.

Aeroflotace

Aeroflotace se dělí na flotaci rozpuštěným vzduchem a dispergovaným vzduchem. Při flotaci rozpuštěným vzduchem dochází k přesycení vody vzduchem, k čemuž dochází v tlakovém nebo podtlakovém režimu. Bubliny mají u této metody velikost asi $7 - 9 \cdot 10^{-6}$ m. Bubliny jsou při flotaci dispergovaným vzduchem větší, asi $1 \cdot 10^{-3}$ m a vznikají pomocí míchacích zařízení nebo probubláváním vzduchu porézním materiálem. [1][11]



Obr. 4.9 Schéma flotační jednotky s rozpuštěným vzduchem [12]

Elektroflotace

Systémy elektroflotace využívají pro tvorbu bublin v nádrži elektrolýzu vody. Technologie se skládá ze samotné flotační jednotky, ve které se nachází systém elektrod, a z transformátoru, který napájí elektrody stejnosměrným proudem o nízkém napětí. Vzniklé bubliny tvořené molekulami vodíku a kyslíku dosahují velikostí $5 - 7 \cdot 10^{-5}$ m. [1][11]

4.4 TECHNOLOGIE DRUHÉHO SEPARAČNÍHO STUPNĚ

Druhým stupněm je při dvoustupňové úpravě vždy filtrace, jejíž princip spočívá v průchodu upravované vody filtrační vrstvou zrnitého materiálu, ve které se jednotlivé částice kalu zachytávají. Nejčastěji používaným filtračním materiálem je křemičitý písek, ale je možné použít i antracit, aktivní uhlí, křemelinu, plastové hmoty a další podobné materiály. Základním požadavkem na filtrační materiál jsou chemická stálost a odolnost proti otěru. Rozlišujeme dva druhy filtrace:

- objemová filtrace,
- náplavná filtrace.

4.4.1 Objemová filtrace

Objemová filtrace slouží k odstranění menších částic nerozpuštěných látek, než je velikost zrn filtračního materiálu. Velikost zrn se pohybuje v rozmezí 0,5 – 3,0 mm. Využití tohoto typu filtrace ve vodárenství výrazně převyšuje využití náplavné filtrace. Objemovou filtraci rozdělujeme na rychlou a pomalou filtraci.

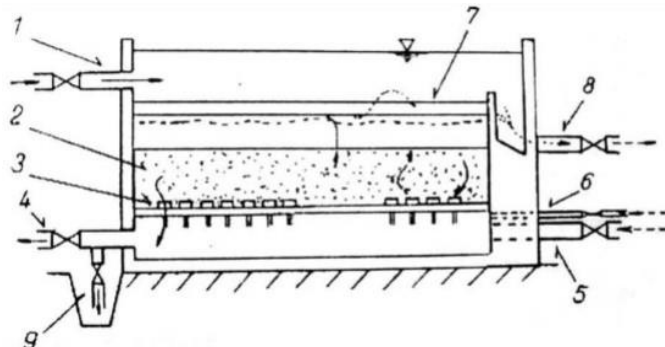
Pomalá biologická filtrace napodobuje čisticí procesy v přírodním prostředí. V horní vrstvě filtračního materiálu se vytvoří tzv. biologická blána oživená aerobními mikroorganismy a řasami, které zajišťují biologickou část filtrace působením metabolických procesů mikroorganismů. Filtračním materiálem bývá křemičitý písek. Pokud dojde ke zvýšení tlakové ztráty na filtru, tak musí dojít k regeneraci filtru seškrábnutím svrchní vrstvy biologicky oživeného křemičitého písku. Rychlost filtrace je v rozmezí $0,1 - 0,2 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ a cyklus filtrace trvá od týdnů až po několik měsíců. Pomalou filtraci lze doporučit pro úpravu vody pro malé obce s nedostatečnými zdroji podzemní vody. Pro velké úpravný se tato technologie nehodí kvůli velkým obestavěným plochám.

Rychlá filtrace nevyužívá biologickou úpravu vody, díky čemuž je možné filtrační proces velmi urychlit. Velikost zrn filtračního materiálu je 0,5 – 2 mm a rychlost filtrace se doporučuje v rozmezí $3,6 - 7,2 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$. Doba filtračního cyklu je zpravidla od jednoho po několik dní. V jeho průběhu dochází ke kolmataci filtrační vrstvy, která je na konci cyklu čištěna praním filtru. Filtrační materiál je nejčastěji umístěn na průtočném mezidně. Rychlofiltry dělíme podle směru průtoku upravované vody a podle tlakového režimu na otevřené a uzavřené.

Otevřené rychlofiltry jsou pravouhlé betonové nádrže. Dělíme je na otevřené rychlofiltry evropského a amerického typu. Evropské rychlofiltry mají obecně vyšší vrstvu filtračního materiálu a hrubší zrna. U evropských rychlofiltrů dochází k usazování částic v hlubších vrstvách filtry, a proto je nutné použít pro jejich praní kombinace vody se vzduchem. U amerických filtrů je používána pouze tlaková voda.

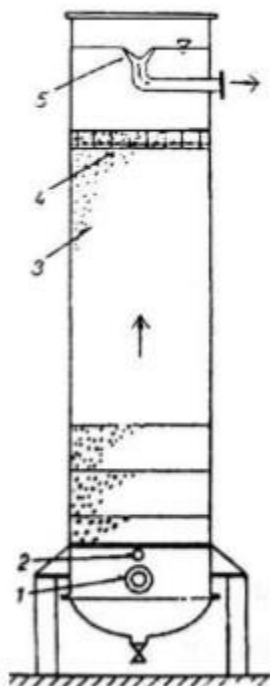
Nejčastějšími variantami otevřených filtrů jsou:

- protékány shora dolů,
- protékány zespod nahoru,
- protékány oboustranně. [1][3][5]



Obr. 4.10 Otevřený evropský rychlofiltr [1]

1 – přítok upravované vody, 2 – filtrační vrstva, 3 – mezidno, 4 – odtok upravené vody, 5 – přívod prací vody, 6 – přívod pracího vzduchu, 7 – žlab pro odtok prací vody, 8 – odtok prací vody do odpadu, 9 – odtok filtrátu po regeneraci filtru do odpadu.



Obr. 4.11 Filtr protékány zespod nahoru [1]

1 – přítok upravené vody, 2 – odvětrání prostoru pod mezidnem pomocí potrubí, 3 – filtrační vrstva, 4 – mříž bránící vznosu vrchní filtrační vrstvy, 5 – odtok upravené vody.

Uzavřené rychlofiltry jsou válcové tlakové nádoby o průměru 0,6 – 3,0 m. Filtračním materiálem je nejčastěji křemičitý písek. Dalšími používanými materiály jsou aktivní uhlí nebo antracit. Rychlost filtrace je u tlakových filtrů až $40 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$ a přetlak ve filtru je asi 0,4 – 0,6 MPa.

Tyto filtry je možné využít i pro koagulační filtraci, což je metoda, při které je na filtr přiváděna voda s dávkou koagulantu a k tvorbě a shlukování vloček dochází nad filtrační vrstvou i v ní. Touto metodou lze snížit dávkou koagulantu až o polovinu. Uzavřené rychlofiltry se využívají zejména pro úpravu vody z podzemních zdrojů, ale jsou použitelné i pro úpravu vody z povrchového zdroje. [1][3]



Obr. 4.12 Uzavřený rychlofiltr [19]

1 – přívod tlakového vzduchu, 2 – přívod upravované vody, 3 – odtok prací vody, 4 – odtok upravené vody, 5 – přívod prací vody, 6 – přívod pracího vzduchu.

Všechny filtry v průběhu času podléhají zanášení mezer mezi zrny vločkami, které je po určité době nutné odstranit (regenerovat filtr). Regenerace probíhá, pokud dojde k:

- překročení tlakové ztráty ve filtrační náplni,
- překročení zákalu v upravené vodě,
- překročení limitních hodnot pro hliník a železo z koagulantů,
- překročení přípustné doby trvání filtračního cyklu.

Regenerace probíhá zpravidla v několika fázích. Pro americký filtr jsou to:

- rozrušení horní vrstvy filtračního materiálu tlakovou vodou,
- fáze spodního i horního praní,
- pouze spodní praní.

Pro evropský filtr jsou to:

- praní vzduchem,
- praní vzduchem a vodou,
- praní vodou.

Doba jednotlivých fází praní závisí na množství a vlastnostech kalu, zpravidla dochází k optimalizaci doby praní při poloprovozu úpravy. Požadovaná účinnost praní je 80 – 90 %. [1][5]

4.4.2 Náplavná filtrace

Náplavná filtrace je využívána hlavně při úpravě vody pro průmyslové účely a pro speciální účely. Náplavné filtry se skládají z přepážky, která je tvořena syntetickou tkaninou, jemným pletivem a podobnými materiály, a z naplavovaného materiálu, kterým je například rozsvíková zemina, perlit, azbest, křemelina a další vhodné látky. Naplavovaný materiál je na přepážku dopraven před započetím filtrace a v jejím průběhu je doplňován. Filtrační rychlost se pohybuje mezi 2,5 až 7,2 m·h⁻¹ a délka filtračního cyklu bývá 10 – 50 hodin.

Filtrační materiál se volí podle vlastností nerozpuštěných látek v surové vodě a podle pH. Obecně se tato metoda používá pro filtraci povrchových vod s nízkou koncentrací nerozpuštěných látek. Při prvotním naplavování, část filtračního materiálu prochází skrz tkaninu, proto musí být několikrát recirkulována až do vyčiření odtékající vody. Regenerace filtru probíhá tak, že se nejprve praním vzduchem odstraní filtrační koláč, který odtéká dnem zařízení, a následně se tkanina pere vodou. [5]

4.5 DEZINFEKCE UPRAVENÉ VODY

Dezinfekce je poslední fází úpravy vody. K její realizaci se využívá chemických nebo fyzikálních procesů. Dezinfekce má za úkol ochránit spotřebitele před choroboplodnými zárodky nebo bakteriemi, které nejsou zlikvidovány při klasickém způsobu úpravy vody. Látky používané pro dezinfekci se rozdělují na:

- dezinfekční činidla na bázi choru,
- dezinfekční činidla bezchlorová. [1][6]

4.5.1 Dezinfekční činidla na bázi chloru

Chlor je nejvíce využívaným dezinfekčním činidlem ve vodárenství. Chlor ničí bakterie, viry a nežádoucí pachy i při malých dávkách. Jedná se o žlutozelený plyn dodávaný v lahvích nebo kontejnerech v kapalném skupenství. Plynný chlor je silně toxický, a proto je při manipulaci s ním důležité dodržovat bezpečnostní opatření. Na úpravách vody bývá pro manipulaci s chlorem vyhrazena místnost, tzv. „chlorovna“. Základní snahou při dezinfekci chlorem je vytvoření dezinfekčního rezidua, čímž zabráníme opětovné kontaminaci vody ve vodovodní síti.

Nejčastěji se využívá dezinfekce **plynným chlorem**, jenž je do vody dávkován pomocí chlorátorů, ve kterých se smíchá s vodou. Tato směs chloru s vodou je poté dávkována do dezinfikované vody. Množství dávkovaného chloru závisí na pH, CHSK_{Mn}, teplotě vody, obsahu organických látek a organismů. Přibližně se dávka plynného chloru pohybuje v rozmezí 1,0 – 3,0 mg·l⁻¹.

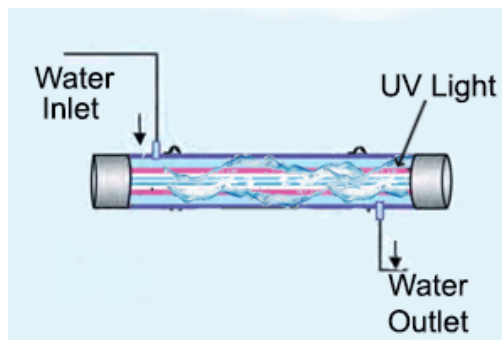
Dalším dezinfekčním činidlem na bázi chloru je oxid chloričitý, který má silnější dezinfekční účinky než plynný chlor, ale je méně rozpustný ve vodě. Je to nestálý a explozivní plyn, který se vyrábí na úpravách vody. Velikost dávky je přibližně 0,4 mg·l⁻¹.

Nevýhodou jsou vyšší provozní náklady a složitější manipulace s činidlem. Výhodou je vyšší účinnost.

U malých úpravěn lze použít i chlornan sodný, který je ale mnohonásobně méně účinný než plynný chlor.[5]

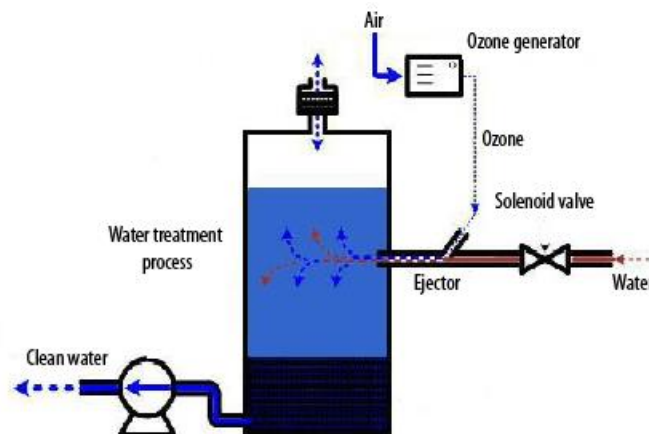
4.5.2 Dezinfekční činidla bezchlorová

Dezinfekce UV zářením je zajištěna UV lampami umístěnými v reaktorech. UV záření způsobí fotochemické poškození buněk jednotlivých mikroorganismů, což je po krátké reakční době usmrtí. Výhodou této metody je to, že do upravené vody nepřidáváme další chemikálie, a nevznikají tak vedlejší produkty dezinfekce. Dále také minimální závislost účinku dezinfekce na vlastnostech vody. Nevýhodou je absence rezidua ve vodovodní síti.[13]



Obr. 4.13 Schéma zařízení pro dezinfekci UV zářením [14]

Dezinfekce ozonem probíhá v kontaktních nádržích s probubláváním ozonu, ejektorech s přísáváním ozonu nebo pomocí rotorových mísičů s vnitřním rotujícím kuželem přísávajícím ozon. Ozon je nejsilnější oxidační a dezinfekční činidlo používané při úpravě vody, které ničí bakterie a viry při koncentraci $0,1 - 0,4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Doba zdržení je jen několik minut. Ozon působí toxicky, a proto je při manipulaci s ním nutno dodržovat veškerá bezpečnostní opatření. Vyráběn bývá přímo na úpravě pomocí ozonizátorů. Zlepšuje také senzorycké vlastnosti vody a umožňuje oxidaci železa, manganu a znečištění způsobené mikropolutanty. Ozon je po použití z vody odstraněn při $260 \text{ }^\circ\text{C}$ nebo pomocí filtru s aktivním uhlím. [1][5]



Obr. 4.14 Schéma dezinfekce ozonem [15]

4.6 KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ ÚPRAVEN VOD

Vodárenský kal bývá zpracován přímo na úpravně nebo je vypouštěn do kanalizace a je zpracován na čistírně odpadních vod. Vodárenské kaly obvykle obsahují 94 – 99 % vody, kterou je nutné odstranit pomocí zahuštění a následného odvodnění kalů.

4.6.1 Zahuštění vodárenských kalů

Nejčastěji se pro zahuštění vodárenských kalů používají **zahušťovací nádrže**. Jsou to železobetonové nebo ocelové nádrže s tepelnou izolací pláště. Pracují v nepřetržitém nebo přerušovaném režimu, často se využívají dvě nádrže s přerušovaným provozem. Zahuštěný kal sedimentuje na dně, odkud je odebírán. Zahušťovací nádrže se dělí na statické a průtočné, v nichž je zahušťovací proces podpořen tyčemi pohybujícími se ve vrstvě kalu. [1][5]

4.6.2 Odvodnění vodárenských kalů

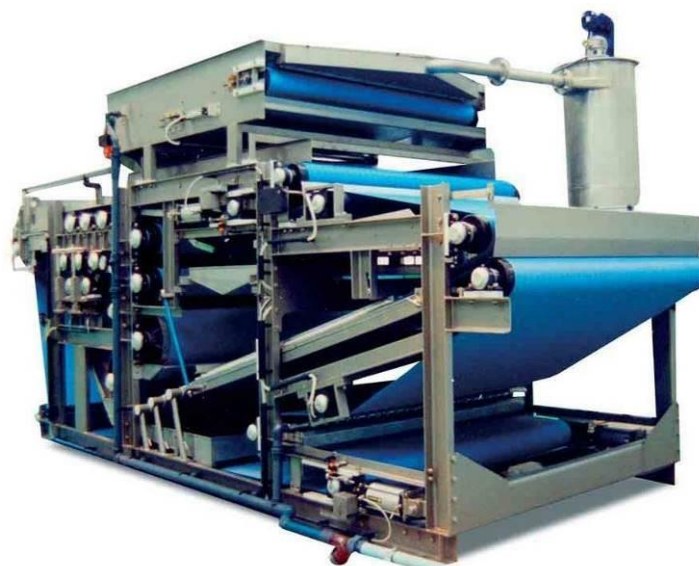
Při odvodnění dochází k odstranění vody ze suspenze a s výsledným kalem lze zacházet jako se zeminou. Odvodnění provádíme buď přírodními procesy (kalová pole, kalové laguny), nebo strojně (pásové lisy, odstředivky, kalolisy). Účinnost kalových polí a lagun je závislá na přírodních podmínkách, a proto se v současnosti navrhuje pro odvodnění kalů častěji strojní zařízení. Rozdílem mezi kalovými lagunami a poli je drenážní vrstva a uměle budované odvodnění v kalových polích, zatímco v kalových lagunách jde o prosté vysychání na přírodním dně. [5]



Obr. 4.15 Kalová pole [16]



Obr. 4.16 Kalolis [17]



Obr. 4.17 Pásový lis [18]

5 ÚPRAVNA VODY JOSEFOV



Obr. 5.1 Úpravna vody Josefov

5.1 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY

Úpravna byla navržena na výkon $30 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ a v současnosti není v provozu. Zdrojem surové vody byl Křtinský potok. Voda byla odebírána břehovým objektem z koryta a byla odváděna žlabem do dvou jímacích nádrží. Z těchto nádrží byla surová voda čerpána ponornými čerpadly a výtlačným řadem vedena do úpravy vody.



Obr. 5.2 Vtokový objekt

V úpravě vody byl před vstupem do vertikálního míšiče do surové vody dávkován síran hlinitý. Z vertikálního míšiče, kde probíhala ortokinická fáze koagulace, tekla voda gravitačně do čířičů, které byly prvním separačním stupněm. Z čířičů přepadala voda na otevřené pískové rychlofiltry, kde docházelo k odstranění nevhodných látek z vody.

Odtud se voda odváděla do akumulační jímky o obsahu 100 m³, kde se dezinfikovala plynným chlorem na dávku 0,5 mg volného chloru v litru. Dávkování síranu hlinitého bylo závislé na kvalitě surové vody odebírané z Křtinského potoka. Složení surové vody je značně proměnlivé, jak v průběhu roku, tak i vlivem povětrnostních podmínek.

Z provedených rozborů je patrné, že nejméně příznivé vlastnosti má povrchová voda v době kalových stavů a v letním období, kdy se výrazně projevuje vliv eutrofizačních faktorů na kvalitu vody. Zejména organické látky jsou důkazem vnějšího znečištění vody (zákal). Surová voda je tedy nevyhovující po stránce mikrobiologické.[21]



Obr. 5.3 Hlavní technologické stupně úpravy vody

Ve správní budově úpravy se dále nachází provozní místnosti:

- velín,
- rozvodna,
- zámečnická dílna,
- garáž,
- chlorovna, sklad Cl₂,
- přípravná a sklad hydroxidu vápenatého,
- přípravná a sklad síranu hlinitého.



Obr. 5.4 Přípravna a sklad síranu hlinitého



Obr. 5.5 Velín

5.2 SPRÁVCE ÚPRAVNY VODY – ADAVAK

Název společnosti: ADAVAK, s.r.o.

IČO: 25583484

Vznik společnosti: 2. prosince 1999

Sídlo společnosti: Nádražní, Adamov č.p. 455

ADAVAK s.r.o. je stoprocentní dceřinou společností Města Adamov. Statutárním orgánem společnosti je jednatel a kontrolním orgánem společnosti je rada, která má pět členů.

Hlavní činnosti a předmět podnikání:

- provozování vodovodů a kanalizací (distribuce a výroba pitné vody, odvádění a čištění odpadních vod),
- správa a údržba nemovitostí,
- výroba a rozvod tepelné energie.

Další předměty podnikání:

- vodoinstalatérství a topenářství,
- vedení účetnictví a daňové evidence,
- montáž, opravy, revize a zkoušky elektrických zařízení,
- provádění staveb, jejich změn a odstraňování,
- úklid a údržba veřejných komunikací,
- maloobchod se smíšeným zbožím,
- hostinská činnost.

Společnost zajišťuje výše zmíněné pracovní činnosti v obci Adamov a spolupracuje i s obcí Bílovice nad Svitavou, kde provádí opravy bytů. Mezi pracoviště společnosti patří také úprava vody a chlorovna Josefov, čistírna odpadních vod, vodojemy Hanákův kopec, Horka a Ptačina, čerpací stanice Kolonie. V sídle společnosti sídlí administrativní zaměstnanci divize vodovody a kanalizace, divize správa a údržba nemovitostí a ekonomického oddělení.

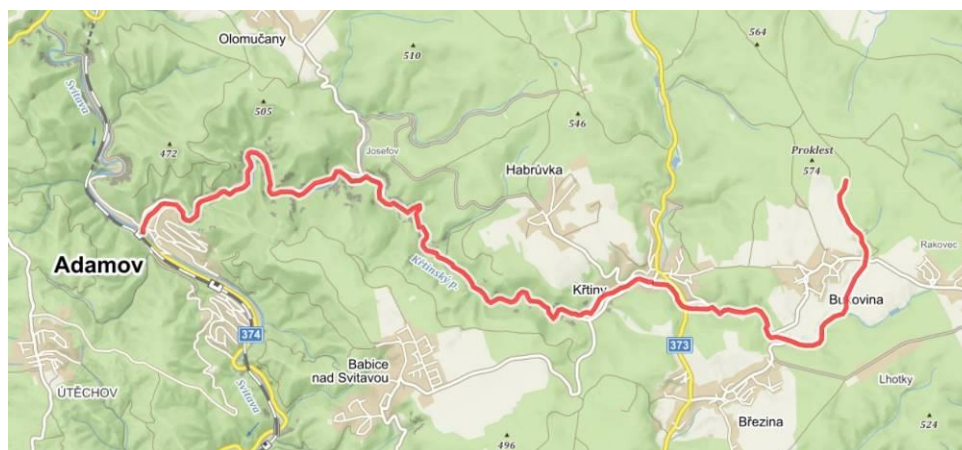


Obr. 5.6 Sídlo společnosti ADAVAK, s.r.o.

6 NÁVRH TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY

6.1 ZDROJ SUROVÉ VODY – KŘTINSKÝ POTOK

Zdrojem surové vody pro úpravnu je Křtinský potok, který pramení asi 1 km severně od obce Bukovina v okrese Blansko. Křtinský potok má délku 15,3 km a plochu povodí 70 km² s průměrným průtokem 250 l·s⁻¹. Potok protéká zčásti krasovým Křtinským údolím, kde protéká i podzemními krasovými soustavami a ztrácí se tak v podzemí, odkud vyvěrá v blízkosti tzv. Otevřené skály. Do Křtinského potoka se také vlévá několik menších krasových potůčků. Voda v křtinském potoce díky tomu obsahuje vyšší koncentrace vápníku. V obci Adamov se Křtinský potok vlévá do řeky Svitavy.



Obr. 6.1 Mapový podklad Křtinský potok

Pro volbu kategorie upravitelnosti vody bude vypočten průměrný index upravitelnosti surové vody. Podle kategorie upravitelnosti vody se poté určí typ a technologie úpravy vody. Provozovatel pro tuto studii poskytl celkově 4 protokoly o zkouškách surové vody (2 zkoušky na obsah fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů a 2 zkoušky na obsah pesticidních látek), což bohužel způsobuje jistou chybu výpočtu a jeho výsledek lze považovat za orientační. Jednotlivé protokoly o zkouškách surové vody jsou přílohou I. této práce.

Index upravitelnosti jednotlivých ukazatelů zařazujeme do kategorií podle Tabulky č. 1a z vyhlášky č. 448/2017 Sb., kterou se mění vyhláška 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) ve znění pozdějších předpisů. Průměrný index upravitelnosti ($I_{u,p}$) vypočteme pomocí vztahu:

$$I_{u,p} = I_{u1} \frac{a}{100} + I_{u2} \frac{b}{100} + I_{u3} \frac{c}{100} + I_{u4} \frac{d}{100},$$

kde a, b, c je četnost výskytu ukazatele v procentech v kategorii A1, A2, A3 a kde d je četnost výskytu ukazatele v procentech větší než v kategorii A3. Index upravitelnosti (I_u) je číslo odpovídající kategoriím A1 až A3 ($I_{u1} = 1$, $I_{u2} = 2$, $I_{u3} = 3$). Pro hodnoty větší než přísluší kategorii A3 je $I_{u4} = 4$. Rostoucí index upravitelnosti je úměrný zhoršující se kvalitě zdroje a s rostoucím indexem vyžaduje surová voda náročnější typ úpravy. [4]

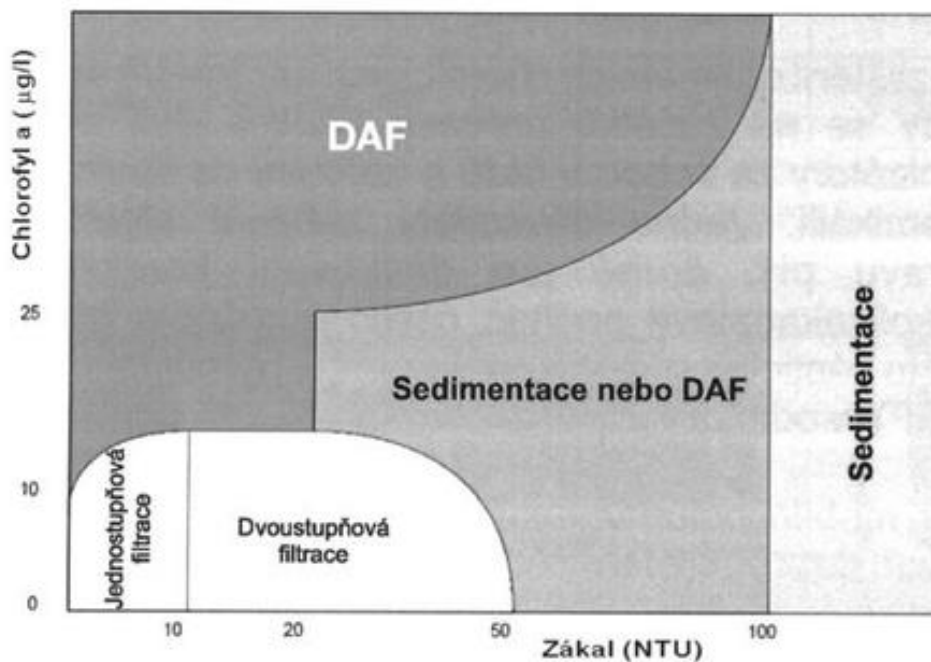
Z poskytnutých zkoušek surové vody byly vybrány ukazatele, jejichž obsah byl změřen v obou testech. Pro ně byly stanoveny jednotlivé indexy upravitelnosti a vypočten průměrný index upravitelnosti viz Tab. 6.1.

Tab. 6.1 Výpočet průměrného indexu upravitelnosti surové vody

Ukazatel	Kategorie				výsledná kategorie	I _u
	zk.13333	zk.5309	zk.9609	zk.5614		
Escherichia coli	A2	A1	-	-	A2	1,5
Koliformní bakterie	A2	A2	-	-	A2	2
Počty kolonií při 36°C	N	N	-	-	N	4
Počty kolonií při 22°C	N	N	-	-	N	4
Intestinální enterokoky	A2	A1	-	-	A2	1,5
Mikroskopický obraz - mrtvé organismy	A1	A1	-	-	A1	1
Mikroskopický obraz - živé organismy	A1	N	-	-	N	2,5
Mikroskopický obraz - abioseston	A1	A1	-	-	A1	1
Konduktivita	A1	A1	-	-	A1	1
Pach	A1	A1	-	-	A1	1
Teplota vody	A1	A1	-	-	A1	1
pH	A1	A1	-	-	A1	1
Barva	A2	A1	-	-	A2	1,5
Zákal	N	A1	-	-	N	2,5
Dusitany	A1	A1	-	-	A1	1
Amonné ionty	A1	A1	-	-	A1	1
Fosforečnany	A1	A1	-	-	A1	1
Dusičnany	A1	A1	-	-	A1	1
CHSK manganistanem	A1	A1	-	-	A1	1
Železo	A1	A1	-	-	A1	1
Mangan	A1	A1	-	-	A1	1
Hliník	A1	A1	-	-	A1	1
Vápník	N	N	-	-	N	4
Hořčík	A3	N	-	-	N	3,5
Chloridy	A1	A1	-	-	A1	1
Sírany	A1	A1	-	-	A1	1
Alachlor ESA	-	-	A1	A1	A1	1
Metazachlor ESA	-	-	N	A1	N	2,5
Pesticidní látky celkem	-	-	A1	A1	A1	1
Průměrný index upravitelnosti(alespoň 2 měření)						1,73

Výsledný průměrný index upravitelnosti vyšel 1,73, díky čemuž můžeme zdroj surové vody zařadit do kategorie A2.

Orientačně lze odhadnout vhodnou technologii i podle grafu z obr. 6.2. Chlorofyl a mezi měřenými ukazateli nebyl, ale hodnoty zákalu (5,5 a 1,8 ZFN) určují, že by využitelnou variantou mohla být jednostupňová filtrace.



Obr. 6.2 Graf vhodnosti výběru separačních procesů [11]

6.2 TECHNOLOGICKÁ LINKA ÚPRAVNY VODY

Požadovaný výkon úpravy je $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Podle průměrného indexu upravitelnosti a grafu vhodnosti výběru separačních procesů lze vyhodnotit, že by pro úpravu surové vody z Křtinského potoka stačila jednostupňová úprava vody. Volba technologie je ovšem ovlivněna nedostatkem testů surové vody a je nutné tedy počítat s možností zhoršení její kvality v různých ročních obdobích. Dalším kritériem je to, že původní úpravná voda byla dvoustupňová. Z toho důvodu navrhuji dvě možné varianty technologie úpravy. Variantou I bude jednostupňová úprava a Variantou II bude dvoustupňová úprava vody. Při návrhu je nutné také přihlídnout k tomu, že v jednom ze vzorků se vyskytla mírně nadlimitní hodnota pesticidní látky Metazachlor ESA.

6.2.1 Varianta I

První metodou využitou pro úpravu vody bude koagulace. Možným koagulantem je síran hlinitý, který byl používán na původní úpravně vody. K jeho uskladnění a výrobě roztoku koagulantu přidávaného do upravované vody by mohla být využita stávající místnost pro přípravu a uskladnění síranu hlinitého, jenž by musela projít celkovou rekonstrukcí. Koagulant bude přiváděn dávkovacím čerpadlem před homogenizační clonu, která bude zajišťovat perikinetickou fázi koagulace.

Návrh homogenizační clony v potrubí

Upravované množství vody:

$$Q = 10 [\text{l}\cdot\text{s}^{-1}] = 0,01 [\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}]$$

Návrh jmenovité světlosti DN:

Předpokládaná rychlost v potrubí:

$$v_1 = 1,3 [m \cdot s^{-1}]$$

Vypočtený průměr potrubí:

$$d_1 = 0,099 [m]$$

Navrhují potrubí DN100 – d = 100 [mm] = 0,1 [m]

Skutečná rychlost proudění vody v potrubí:

$$v = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}} = \frac{0,01}{\pi \cdot \frac{0,1^2}{4}} = 1,273 [m \cdot s^{-1}]$$

Návrh parametrů homogenizační clony:

Procentuální zaclonění potrubí je 50 %.

Délka homogenizačního prostoru:

$$L = 8x DN \text{ potrubí}$$

Obsahu průřezu potrubí S a zacloněný obsah průřezu potrubí S₀:

$$S = 0,008 [m^2]$$

$$S_0 = 0,004 [m^2]$$

Světlý průměr homogenizační clony:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S_0}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,004}{\pi}} = 0,071 [m]$$

Rychlost proudění vody v potrubí:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,01}{0,008} = 1,273 [m \cdot s^{-1}]$$

Ztráta ve cloně:

$$\Delta h_c = \left(1 + 0,707 \sqrt{1 - \frac{S_0}{S}} - \frac{S_0}{S} \right)^2 \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(1 + 0,707 \sqrt{1 - \frac{0,004}{0,008}} - \frac{0,004}{0,008} \right)^2 \cdot \frac{1,273^2}{2 \cdot 9,81} = 0,083 [m]$$

Příkon:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta h_c = 1000 \cdot 9,81 \cdot 10 \cdot 0,083 = 8,104 [J \cdot s^{-1}]$$

Objem homogenizačního prostoru:

$$V = L \cdot S = 0,8 \cdot 0,008 = 0,006 [m^3]$$

Gradient rychlosti proudění:

$$G = \sqrt{\frac{P}{V \cdot \rho \cdot v}} = \sqrt{\frac{8,104}{0,006 \cdot 1000 \cdot 1,31 \cdot 10^{-6}}} = 992,286 [s^{-1}]$$

Splňuje podmínku $G = 400 - 1000 s^{-1}$

Návrh tlakových filtrů

Pro jednostupňovou úpravu vody navrhuji koagulační tlakovou filtraci pomocí dvou tlakových nerezových filtrů TVK od firmy VODASERVIS s.r.o.. Konkrétně se jedná o filtry TVK110, které budou mít kombinovanou filtrační náplň z křemičitého písku a aktivního uhlí. Aktivní uhlí je vhodné pro odstranění mikropolutantů z vody, mezi které patří i pesticidy, takže volbou tohoto typu filtru by bylo zajištěno snížení Metazachloru ESA pod limitní hodnotu pro pitnou vodu. Využitím metody koagulační filtrace dojde k ortokinetické fázi koagulace ve filtrační vrstvě tlakového filtru.

Základní parametry filtru TVK110:

- průměr – 1100 mm,
- š/h/v – 1200/1350/2150 mm,
- trubní vedení – 2 palce,
- výkon – 2,11 – 5,28 l·s⁻¹.

Tab. 6.2 Základní parametry filtrů TVK [20]

Základní rozměry filtrů TVK				
Typ	Průměr mm	Rozměry š x h x v mm	Napojení palce	Výkon MIN - MAX m ³ /h
TVK 17	168,3	230 x 300 x 1050	3/4	0,2 - 0,4
TVK 20	204	280 x 350 x 1250	3/4	0,3 - 0,6
TVK 25	254	300 x 400 x 1750	3/4	0,4 - 1,0
TVK 30	304	350 x 450 x 1800	1	0,6 - 1,4
TVK 40	400	450 x 600 x 1850	1 1/4	1,0 - 2,5
TVK 50	500	550 x 700 x 1950	1 1/4	1,6 - 3,9
TVK 60	630	650 x 800 x 2000	1 1/4	2,3 - 5,6
TVK 70	700	750 x 950 x 2050	1 1/2	3,7 - 7,7
TVK 80	800	850 x 1050 x 2070	1 1/2	4,0 - 10,0
TVK 90	900	950 x 1150 x 2100	1 1/2	5,1 - 12,7
TVK 100	1000	1100 x 1250 x 2100	2	6,3 - 15,7
TVK 110	1100	1200 x 1350 x 2150	2	7,6 - 19,0
TVK 120	1200	1300 x 1450 x 2150	2	9,0 - 22,6
TVK 130	1300	1400 x 1550 x 2200	2 1/2	10,6 - 26,5
TVK 140	1400	1500 x 1650 x 2250	2 1/2	12,3 - 30,8
TVK 150	1500	1600 x 1750 x 2500	2 1/2	14,1 - 35,3
TVK 160	1600	1700 x 1900 x 2650	3	16,1 - 40,2
TVK 170	1700	1800 x 2000 x 2700	3	18,1 - 45,4
TVK 180	1800	1900 x 2100 x 2750	4	20,3 - 50,9
TVK 190	1900	2100 x 2200 x 2800	4	22,7 - 56,7
TVK 200	2000	2200 x 2300 x 3400	4	25,1 - 62,8



Obr. 6.3 Filtr TVK [20]

Další zařízení úpravy vody

Upravená voda bude dezinfikována plynným chlorem a odváděna do akumulární nádrže, odkud bude čerpána do vodovodní sítě. K uskladnění a manipulaci s chlorem budou využity původní místnost chlorovny a skladu chloru, které také musí projít celkovou rekonstrukcí. Pro praní filtru bude využita voda z akumulární nádrže, jenž bude využita i pro další provozní potřeby.

6.2.2 Varianta II

Druhou variantou úpravy při zhoršené kvalitě surové vody je dvoustupňová úprava. Pro dvoustupňovou úpravu vody navrhuji jako první separační stupeň dva čířiče s pulzačním pádlem a jako druhý stupeň dva tlakové filtry TVK 110, které již byly využity ve Variantě I.

Volba koagulantu, stejně jako fáze rychlého míchání pomocí homogenizační clony, je převzata z Varianty I. Fáze pomalého míchání bude probíhat ve flokulačním prostoru čířičů. Z čířičů bude voda čerpána na tlakové filtry TVK 110.

Návrh čířiče

Upravované množství vody:

$$Q = 10 [l \cdot s^{-1}] = 0,01 [m^3 \cdot s^{-1}]$$

Počet čířičů:

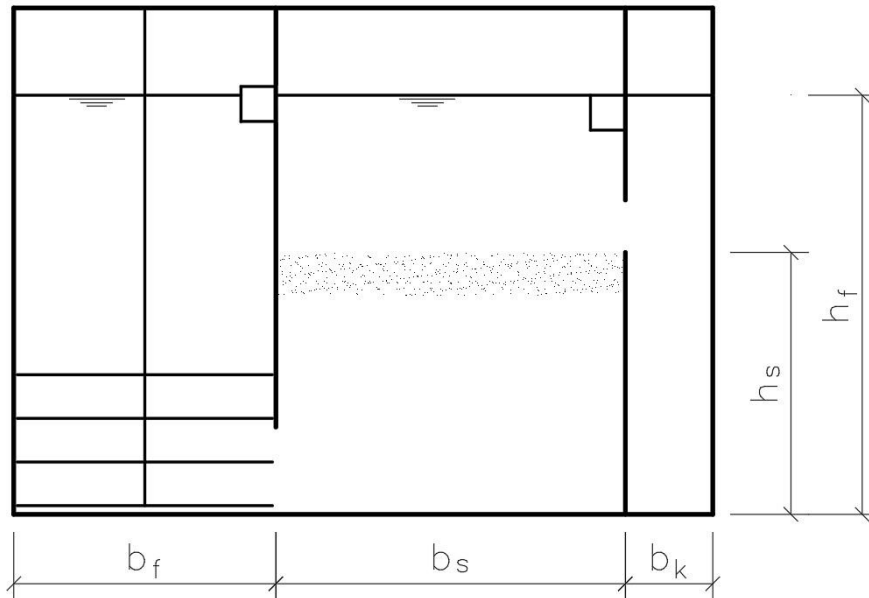
$$n = 2 [ks]$$

Výkon jednoho čířiče:

$$Q = 5 [l \cdot s^{-1}] = 0,005 [m^3 \cdot s^{-1}]$$

Zvolená vzestupná rychlost v hladině vločkového mraku:

$$v = 1,3 [mm \cdot s^{-1}] = 0,0013 [m \cdot s^{-1}]$$



Obr. 6.4 Schéma čiriče

Separáčnı́ prostor

Šı́řka separáčnı́ části čiriče:

$$b_s = 2 [m]$$

Výška separáčnı́ části čiriče:

$$h_s = 1,5 [m]$$

Délka separáčnı́ části čiriče:

$$l_s = \frac{Q}{v \cdot b_s} = \frac{0,005}{0,0013 \cdot 2} = 1,9 [m]$$

Doba zdržení v separáčnı́ části:

$$t_s = \frac{b_s \cdot h_s \cdot l_s}{Q} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 1,9}{0,005} = 1140 [s] = 19 [min]$$

Splňuje podmínku $t_s \geq 10 [min]$

Flokulační prostor

Šı́řka flokulační části čiriče:

$$b_f = 1,5 [m]$$

Výška flokulační části čiriče:

$$h_f = 2,4 [m]$$

Délka flokulační části čiriče:

$$l_f = 1,9 [m]$$

Doba zdržení ve flokulační části čířiče:

$$t_f = \frac{b_f \cdot h_f \cdot l_f}{Q} = \frac{1,5 \cdot 2,4 \cdot 1,9}{0,005} = 1368 [s] = 22,8 [min]$$

Splňuje podmínku $15 \leq t_f \leq 25 [min]$

Přelivná hrana odtoku

Zatížení přepadové hrany na odtoku:

$$z_0 = \frac{Q}{l_s} = \frac{5}{1,9} = 2,6 [l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}]$$

Splňuje podmínku $z_0 \leq 3 [l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}]$

Odtokový žlab

Rychlost vody v odtokovém žlabu:

$$v_{o\check{z}} = 0,2 [m \cdot s^{-1}]$$

Průtočná plocha odtokového žlabu:

$$S_{o\check{z}} = \frac{Q}{v_{o\check{z}}} = \frac{0,005}{0,2} = 0,025 [m^2]$$

Šířka odtokového žlabu:

$$b_{o\check{z}} = 0,2 [m]$$

Výška vody v odtokovém žlabu:

$$h_{o\check{z}} = \frac{S_{o\check{z}}}{b_{o\check{z}}} = \frac{0,025}{0,2} = 0,125 [m]$$

Výška odtokového žlabu:

$$h_{o\check{z}} = 0,2 [m]$$

Kalový prostor

Šířka kalového prostoru:

$$b_k = 0,5 [m]$$

Délka kalového prostoru:

$$l_k = 1,9 [m].$$

Výpočet míchadla

Míchadlo ve flokulační části čířiče bude osazeno čtyřmi dvojicemi deskových pádel.

Vzdálenost pádel od stěny čířiče:

$$l_A = 0,02 [m]$$

Maximální zdvih pádla:

$$h_{zdvih} = 0,2 [m]$$

Vzdálenost spodního pádla ode dna:

$$h_{p0} = 0,02 [m]$$

Střední poloha pádla ode dna čířiče:

$$h_{střed} = 0,12 [m]$$

Plocha flokulačního prostoru:

$$F_f = b_f \cdot l_f = 1,5 \cdot 1,9 = 2,9 [m^2]$$

Plocha pádla:

$$\begin{aligned} F_p &= (b_f - 2 \cdot l_A) \cdot (l_f - 2 \cdot l_A) = \\ &= (1,5 - 2 \cdot 0,02) \cdot (1,9 - 2 \cdot 0,02) = 2,7 [m^2] \end{aligned}$$

Zastoupení otvorů u jednotlivých dvojic deskových pádel (seřazeno ode dna čířiče):

1. dvojice deskových pádel:

procentuální plošné zastoupení otvorů: 35 %

plocha otvorů: $F_{o1} = 1,0 [m]$

plocha pádel: $F_{p1} = 1,7 [m]$

2. dvojice deskových pádel:

procentuální plošné zastoupení otvorů: 45 %

plocha otvorů: $F_{o2} = 1,2 [m]$

plocha pádel: $F_{p2} = 1,5 [m]$

3. dvojice deskových pádel:

procentuální plošné zastoupení otvorů: 55 %

plocha otvorů: $F_{o3} = 1,5 [m]$

plocha pádel: $F_{p3} = 1,2 [m]$

4. dvojice deskových pádel:

procentuální plošné zastoupení otvorů: 65 %

plocha otvorů: $F_{o4} = 1,8 [m]$

plocha pádel: $F_{p4} = 0,9 [m]$

Další zařízení úpravny vody

Po filtraci bude voda dezinfikována plynným chlorem, který bude do vody přidáván pomocí chlorátorů. Za dávkování chloru bude instalována homogenizační clona, jenž bude stejná jako clona určená k rychlému míchání. Upravená voda bude odváděna do akumulární nádrže, odkud bude odváděna do vodovodní sítě. Voda z akumulární nádrže bude také použita pro praní filtrů a pro ostatní provozní potřebu.

7 TECHNICKÁ ZPRÁVA

Zdrojem vody pro úpravnu bude Křtinský potok, z něž bude voda odebírána gravitačně břehovým odběrným objektem. Jakost surové vody je patrná z protokolů o zkouškách vody v příloze I. této práce. Původní vtokový objekt projde rekonstrukcí a budou v něm osazeny nové hrubé a jemné česle. Voda bude dále gravitačně dopravována do čerpací jímky. Lze uvažovat o využití stávající čerpací jímky, k rozhodnutí dojde na základě posouzení opotřebení stávajícího objektu. Z čerpací jímky bude voda čerpána novým čerpadlem na technologickou linku úpravy vody. Kvůli snížení výkonu úpravy na $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ z původních $30 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ můžeme snížit jmenovitou světlost přívodního potrubí surové vody z DN200 na DN100. Trasa přívodního potrubí bude kopírovat trasu stávajícího potrubí.

Prostup přívodního potrubí stěnou budovy bude proveden skrz stávající prostup přívodního potrubí. Trubní vedení v budově úpravy bude dle potřeby podpíráno prefabrikovanými betonovými bloky. Do vody bude následně pomocí dávkovacího čerpadla přidáván roztok síranu hlinitého s vodou, který bude plnit funkci koagulantu. Koagulant bude dávkován před homogenizační clonu, jenž bude zajišťovat perikinetickou fázi koagulace a začlení 50 % průtočného profilu. Za clonou bude homogenizační prostor v délce 0,8 m.

V dalším technologickém vybavení úpravy vody se obě navržené varianty liší, a proto budou další technologické prvky úpravy popsány v samostatných podkapitolách.

7.1 VARIANTA I

Pro první variantu byla navržena jednostupňovou úpravu vody. Separacním stupněm budou dva tlakové filtry TVK 110 od firmy VODASERVIS s.r.o., ve kterých bude probíhat koagulační filtrace. Filtry jsou vyrobeny z nerezové oceli a mají válcovitý tvar s průměrem 1,1 m a výškou 2,15 m. Ortokinetická fáze koagulace tedy proběhne v prostoru nad filtračním materiálem nebo přímo v něm. Ve filtru budou dva filtrační materiály. V horní části filtru bude vrstva aktivního uhlí, která je do filtru umístěna zejména kvůli odstranění pesticidních látek, jejichž mírně nadlimitní obsah byl nalezen při rozbořech surové vody. Ve spodní části bude vrstva z křemičitého písku. Potrubí před filtry DN80 bude napojeno na trubní vystrojení filtru 2“. Výkon jednoho filtru je $7,6 - 19,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ($2,1 - 5,3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$).

Do přefiltrované vody bude dávkován plynný chlor pomocí chlorátorů. Za dávkováním chloru je instalována homogenizační clona v potrubí, která začlení 50 % průtočného profilu, a bude za ní homogenizační prostor 0,8 m. Voda bude odvedena do 100 m^3 akumulací nádrže, odkud bude čerpána do vodovodní sítě.

7.2 VARIANTA II

Ve druhé variantě byla navržena dvoustupňovou úpravu vody. Prvním separacním stupněm budou dva čířiče s pulzačním pádlem. Voda bude po perikinetické fázi koagulace, která bude probíhat na homogenizační cloně stejně jako ve Variantě I, přiváděna na přítokový přepadový žlab o rozměrech 0,2 x 0,2 m, odkud bude gravitačně přepadat do flokulačního prostoru čířiče. Flokulační prostor bude mít výšku od hladiny 2,4 m, šířku 1,5 m a délku 1,9 m. Voda v něm bude míchána pulzačním míchadlem, čímž bude zajištěna ortokinetická fáze koagulace. Míchadlo bude osazeno čtyřmi dvojicemi deskových pádel, o ploše dvojice pádel $2,7 \text{ m}^2$.

V deskových pádlech se nacházejí otvory, které se v jednotlivých dvojicích pádel liší a jejich procentuální zastoupení v deskách se zvyšuje se vzdáleností ode dna čířiče. Konkrétně otvory v desce nejbližší dnu čířiče po nejbližší zaujímají 35, 45, 55 a 65 % plochy desky. Voda bude následně z flokulačního prostoru protékat otvorem u dna o výšce 0,5 m. V separační části čířiče bude upravovaná voda procházet přes vločkový mrak, vzestupná rychlost v hladině vločkového mraku je $1,3 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Přebytkový kal bude přepadat do kalového prostoru přes přepadovou desku o výšce 1,5 m ode dna čířiče. Otvor pro odvod kalu do kalového prostoru má výšku 0,3 m a kalový prostor má šířku 0,5 m a délku 1,9 m. Upravená voda bude přepadat do odtokového žlabu, jehož přepadová hrana bude ve výšce 2,4 m ode dna čířiče.

Dále bude voda čerpána na druhý separační stupeň, jímž budou dva tlakové filtry TVK 110 od firmy VODASERVIS s.r.o.. Ve filtru budou dva filtrační materiály. V horní části filtru bude vrstva aktivního uhlí, která je do filtru umístěna zejména kvůli odstranění pesticidní látky Metazachlor ESA, jehož mírně nadlimitní obsah byl nalezen při rozbořech surové vody. Ve spodní části bude vrstva z křemičitého písku. Potrubí před filtry DN80 bude napojeno na trubní vstrojení filtru 2“. Výkon jednoho filtru je $7,6 - 19,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ($2,1 - 5,3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$). Filtry jsou navrženy tak, aby při výpadku jednoho z filtrů bylo možné stále vyrábět alespoň $5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ($18 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) pitné vody, což je polovina požadovaného výkonu úpravy.

Do přefiltrované vody bude dávkován plynný chlor pomocí chlorátorů. Za dávkováním chloru je instalována homogenizační clona v potrubí, která zacloní 50 % průtočného profilu a bude za ní homogenizační prostor 0,8 m. Voda bude odvedena do 100 m^3 akumulární nádrže, odkud bude čerpána do vodovodní sítě.

8 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vypracovat studii úpravy vody pro obec Adamov o výkonu $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, jež bude umístěna v budově úpravy vody Josefov, která je v současnosti nevyužívaná. Cílem bylo popsat současný stav technologické a stavební části úpravy a navrhnout novou technologii úpravy vody odpovídající současným požadavkům. Návrh jednotlivých stupňů úpravy vody byl proveden na základě rozborů surové vody. Dalším cílem bylo zpracovat výkresovou dokumentaci navržených separačních stupňů a vypracovat technické a výškové schéma navržené technologické linky úpravy vody.

První částí práce je krátká rešerše, jež popisuje zdroje vody a současné technologie, které se používají pro úpravu vody z povrchového zdroje. Jsou zde zmíněny možnosti řešení mechanického předčištění, koagulace, hlavních separačních stupňů, dezinfekce a kalového hospodářství.

V další části je popsána technologie využívaná v původní úpravě vody a zdokumentován současný stav technologických a stavebních objektů původní úpravy. Lze říci, že bude nutné odstranit veškerou stávající technologii úpravy vody a nahradit ji novým vystrojením. Budova úpravy vody zůstane zachována, bude využita technologická hala i prostory určené k práci s chemikáliemi (plynný chlor, síran hlinitý).

Pro výběr technologie úpravy vody a počtu stupňů byl proveden výpočet průměrného indexu upravitelnosti. Kvůli nízkému množství rozborů vzorků surové vody byl výpočet velmi ovlivněn, a proto byly vypracovány dvě varianty technologie úpravy vody. Varianta I s jednostupňovou úpravou vody a Varianta II s dvoustupňovou úpravou vody. Určující byl průměrný index upravitelnosti, který vyšel 1,73, což by naši surovou vodu zařadilo do kategorie upravitelnosti A2 odpovídající jednostupňové úpravě. Původní úpravna byla dvoustupňová. Byla zvážena i možnost, že by další rozbor vody mohl zhoršit výsledek průměrného indexu upravitelnosti. Z tohoto důvodu byla vypracována také varianta s dvoustupňovou úpravou vody.

V první variantě je pro odstranění znečištění surové vody využita koagulační filtrace na dvou tlakových filtrech TVK 110 od firmy VODASERVIS s.r.o., jehož filtračním materiálem bude částečně křemičitý písek a částečně aktivní uhlí. Tlakové filtry s vrstvou aktivního uhlí jsou vhodné pro odstranění pesticidních látek, takže bude zaručeno snížení nadlimitní hodnoty pesticidní látky Metazachlor ESA.

V druhé variantě jsou jako první separační stupeň navrženy dva čističe s pulzačním pádlem navržené na výkon $5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na jeden čistič. Jako druhý stupeň byly navrženy stejné tlakové filtry jako ve Variantě I.

Dále jsou k diplomové práci zpracovány přílohy ve formě výkresů hlavních separačních prvků a technologických a výškových schémat obou variant úpravy vody. Další přílohou jsou také protokoly o vzorcích surové vody z Křtinského potoka.

9 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ, VODÁRENSTVÍ Studijní opory: A. ÚPRAVA VODY. Brno: FAST VUT v Brně, 2006.
- [2] WATER TREATMENT. Watereducation.org [online]. 2020 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://www.watereducation.org/aquapedia/water-treatment>
- [3] MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. *Chemie a technologie vody*. M02. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2006. ISBN 80-860-2013-4.
- [4] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška 448/2017 Sb.*, Praha: Ministerstvo zemědělství, ročník 2017, číslo 448.
- [5] BIELA, Renata a Josef BERÁNEK, 2004. *Úprava vody a balneotechnika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 80-214-2563-6.
- [6] Když se řekne úprava vody. In: www.vodapitna.cz [online]. [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <http://www.vodapitna.cz/index.php/uprava-vody-cerpadla/72-kdyz-se-rekne-uprava-vody>
- [7] MATYSÍKOVÁ, Jana. *Česle a síta* [online]. ASIO, spol. s r.o., 26.6.2014 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/285.cesle-a-sita>
- [8] GRÜNWALD, Alexander. *Zdravotně inženýrské stavby 40: úprava vody*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. ISBN 80-010-1658-7.
- [9] BRATBY, John. *Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment*. 3rd ed. London: IWA Publishing, 2016. ISBN 9781780407494.
- [10] Lamelová usazovací nádrž, ©2020. In: www.hutira.cz [online]. Brno: HUTIRA-BRNO [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <http://www.hutira.cz/upravny-vody-hutira-ccw/lamelove-usazovaky-ccw-ls.html>
- [11] BIELA, Renata, 2012. Vodárenská flotace a její použití při úpravě pitné vody v ČR [online]. In: . Brno: tzb-info, 6.8.2012 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8900-vodarenska-flotace-a-jeji-pouziti-pri-uprave-pitne-vody-v-cr>
- [12] DAF unit, 2019. In: [Waterform.com.au](http://www.waterform.com.au) [online]. Victoria, Australia: Waterform technologies, 1.3.2019 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://www.waterform.com.au/2019/03/01/how-does-a-daf-system-work/>
- [13] ŠAŠEK, Jaroslav. Použití UV záření pro dezinfekci pitné vody. *Vytápění větrání instalace* [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, 25.3.2013 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/9697-pouziti-uv-zareni-pro-dezinfekci-pitne-vody>
- [14] UV disinfection system for water treatment [online], ©2020. In: Mumbai: ALFAA UV [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://www.alfaa.com/blog/uv-disinfection-system-water-treatment/>
- [15] Ozone generators for water ozoning [online], ©2020. In: Moskva: PROM-WATER [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: https://prom-water.ru/en/catalog/industrial_water_treatment_systems/ozone_generators/

- [16] BIELA, Renata a Ilona ŠEVČÍKOVÁ, 2015. Možnosti zpracování vodárenských kalů [online]. In: Praha: tzb-info, 19.1.2015 [cit. 2020-12-16]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/12241-moznosti-zpracovani-vodarenskych-kalu>
- [17] Sludge treatment conditioning, dewatering: Sludge dewatering filter press [online], ©2018. In: Alpharetta, Georgia: ECOLOGIX ENVIROMENTAL SYSTEMS [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://www.ecologixsystems.com/process-sludge-treatment/>
- [18] Belt press filters [online], ©2018. In: Perundurair, India: Chem Tex Aqua [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <http://www.chemtexaqua.com/belt-press/>
- [19] Pressure filters [online], ©2020. In: Skanderborg, Denmark: EUROWATER [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://www.eurowater.com/en/water-treatment-plants/filtration/pressure-filter>
- [20] Filtr TVK, 2020. In: Vodaservis.cz [online]. Žďár nad Sázavou: VODASERVIS s.r.o [cit. 2021-01-01]. Dostupné z: <https://www.vodaservis.cz/tlakovy-filtr-tvk>
- [21] Podklady poskytnuté společností ADAVAK s.r.o.

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Kategorie upravitelnosti surové vody	5
Tab. 6.1 Výpočet průměrného indexu upravitelnosti surové vody	29
Tab. 6.2 Základní parametry filtrů TVK	32

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 4.1 Schéma usazovací nádrže	11
Obr. 4.2 Kruhová usazovací nádrž s radiálním horizontálním průtokem	12
Obr. 4.3 Kruhová usazovací nádrž s vertikálním průtokem.....	13
Obr. 4.4 Lamelová usazovací nádrž	13
Obr. 4.5 Čiřič s hydraulickým vznosem vločkového mraku	14
Obr. 4.6 Čiřič s mechanickým vznosem vločkového mraku	15
Obr. 4.7 Čiřič s cirkulací kalu Accelátor	15
Obr. 4.8 Čiřič s periodicky se měnícím průtokem Pulsátor	15
Obr. 4.9 Schéma flotační jednotky s rozpuštěným vzduchem	16
Obr. 4.10 Otevřený evropský rychlofiltr	18
Obr. 4.11 Filtr protékající zespod nahoru	18
Obr. 4.12 Uzavřený rychlofiltr	19
Obr. 4.13 Schéma zařízení pro dezinfekci UV zářením	21
Obr. 4.14 Schéma dezinfekce ozonem	21
Obr. 4.15 Kalová pole	22
Obr. 4.16 Kalolis	23
Obr. 4.17 Pásový lis	23
Obr. 5.1 Úpravna vody Josefov.....	24
Obr. 5.2 Vtokový objekt.....	24
Obr. 5.3 Hlavní technologické stupně úpravy vody.....	25
Obr. 5.4 Přípravna a sklad síranu hlinitého.....	26
Obr. 5.5 Velín.....	26
Obr. 5.6 Sídlo společnosti ADAVAK, s.r.o.	27
Obr. 6.1 Mapový podklad Křtinský potok	28
Obr. 6.2 Graf vhodnosti výběru separačních procesů	30
Obr. 6.3 Filtr TVK	33
Obr. 6.4 Schéma čiřiče	34

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

s.r.o. ... společnost s ručením omezeným

pH ... záporný dekadický logaritmus molární koncentrace vodíkových iontů

č. ... číslo

Sb. ... sbírka

tab. ... tabulka

např. ... například

Fe³⁺ ... železitý iont

Al³⁺ ... hlinitý iont

CHSK ... chemická spotřeba kyslíku

Pt ... platina

tzv. ... takzvaný

UV ... ultra violet (ultra fialové)

Cl₂ ... chlor

IČO ... identifikační číslo osoby

č.p. ... číslo popisné

DN ... jmenovitá světlost potrubí

SEZNAM PŘÍLOH

- I. Protokoly o zkouškách surové vody
- II. Výkresová dokumentace navržené technologie
 1. Výkres tlakového filtru
 2. Výkres čističe
 3. Technologické schéma úpravy vody Varianta I
 4. Technologické schéma úpravy vody Varianta II
 5. Výškové schéma úpravy vody Varianta I
 6. Výškové schéma úpravy vody Varianta II

SUMMARY

This diploma thesis deals with the study of a new water treatment plant. The water treatment plant will be located in the building of former water treatment plant Josefov, which was making drinkable water for Adamov town. Source of surface water is Krtinsky stream. The work documents the current state of the existing water treatment plant and describes used technology with a design flow $Q = 30 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. In the next part of thesis is design of two variations of new technological line with a design flow $Q = 10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. There were designed two variations of technology which could be use for water treatment in this case.

In the first variation was designed one-stage separation with coagulation filtration on two pressure filters TVK 110 made by company VODASERVIS Ltd.. The filter material is partly silica sand and partly activated carbon. Pressure filters with activated carbon are suitable for the removal of pesticide Metazachlor ESA, which have been found in the water source.

In the second variation was designed two-stage separation. There were designed two clarifiers with pulsating paddle as the first separation stage and two pressure filters, which are same as filtrers in the first variation, were used for second stage of separation.

Thesis includes drawing documentation of designed pressure filters and clarifiers, technological and height scheme of both variations. Another appendix of the thesis are protocols on source water samples, on the basis of which the water treatment plant technologies were designed.

Příloha I.

Protokoly o zkouškách surové vody

Protokol o zkouškách č. 5309 / 4P1 / 20

Číslo vzorku: 7592/4P1/20

Místo a bod odběru : Adamov - Křtinský potok nátok na ÚV

Datum a čas odběru : 11.5.2020 10:40

Datum a čas příjmu : 11.5.2020 12:15

Zákazník: ADAVAK, s.r.o., divize-vodovody a kanalizace, Nádražní čp. 455,
Adamov, 679 04

Vzorkoval : Tesař Stanislav, vzorkař

Předmět zkoušky : Povrchová voda

Postup odběru : Odběr vzorků povrchových vod SP č. 4 (ČSN EN ISO 5667-3, ČSN ISO 5667-4, ČSN EN ISO 5667-6, ČSN EN ISO 5667-14, ČSN EN ISO 5667-16, ČSN EN ISO 19458)

Rozsah rozboru : KRSV

Plán odběru : 1083/4P1/20

Datum provedení analýz: 11.5.2020 - 14.5.2020

Mikrobiologické a biologické ukazatele

Zkouška	Jednotka	Výsledek	Identifikace zkoušky
Escherichia coli	KTJ/100ml	24	SOP č. 13/2013/III (ČSN EN ISO 9308-1)
Koliformní bakterie	KTJ/100ml	>100	SOP č. 13/2013/III (ČSN EN ISO 9308-1)
Počty kolonií při 36°C	KTJ/ml	190	SOP č. 16/2013/III (ČSN EN ISO 6222)
Počty kolonií při 22°C	KTJ/ml	>300	SOP č. 16/2013/III (ČSN EN ISO 6222)
Intestinální enterokoky	KTJ/100ml	18	SOP č. 15/2013/III (ČSN EN ISO 7899-2)
Mikroskopický obraz - mrtvé organizmy	jedinci/ml	16	SOP č. 20/2014/III (ČSN 75 7712)
Mikroskopický obraz - živé organizmy	jedinci/ml	34	SOP č. 20/2014/III (ČSN 75 7712)
Mikroskopický obraz - abioseston	%	1	SOP č. 19/2014/III (ČSN 75 7713)

Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele

Zkouška	Jednotka	Výsledek	Nejistota měření	Identifikace zkoušky
Konduktivita	mS/m	59,0	±5%	SOP č. 8/2013/III (ČSN EN 27888)
Teplota vody	°C	8,1	±1%	SOP č. 7/2013/III (ČSN 75 7342)
Pach		Přijatelný - stupeň 0		SOP č. 5/2013/III (ČSN 75 7340)
pH		8,3	±0,2	SOP č. 3/2013/III (ČSN ISO 10523)
Absorbance (254 nm, 1cm)		0,037		interní metodika (ČSN 75 7360)
Barva	mg/l Pt	10	±10%	SOP č. 10/2013/III (ČSN EN ISO 7887, Metoda C)
Zákal	ZFn	1,8	±10%	SOP č. 44/2015/III/B (ČSN EN ISO 7027-1)
Dusitany	mg/l	0,054	±10%	SOP č. 24/2014/III (ČSN EN 26777)
Amonné ionty	mg/l	0,070	±10%	SOP č. 23/2014/III (ČSN ISO 7150-1)
Fosforečnany	mg/l	0,45	±10%	SOP č. 26/2014/III (ČSN EN ISO 6878, návod firmy MERCK, HACH LANGE)
Dusičnany	mg/l	22,2	±10%	SOP č. 25/2014/III (ČSN ISO 7890-3)
CHSK manganistanem	mg/l	1,9	±12%	SOP č. 40/2015/III (ČSN EN ISO 8467)
Železo	mg/l	<0,05		SOP č. 7 (ČSN ISO 6332)
Mangan	mg/l	<0,03		SOP č. 6 (M. Horáková a kol. - Chemické a fyzikální metody analýzy vod)
Hliník	mg/l	<0,020		SOP č. 9 (ČSN ISO 10566)
KNK 4.5	mmol/l	5,12	±5%	SOP č. 41/2015/III (ČSN EN ISO 9963-1)

Zkouška	Jednotka	Výsledek	Nejistota měření	Identifikace zkoušky	
Tvrdost vody	mmol/l	3,03	±8%	SOP č.5 (ČSN ISO 6059)	
Vápník	mg/l	110	±3%	SOP č.8 (ČSN ISO 6058)	
Hořčík	mg/l	6,8	±6%	SOP č.5 (ČSN ISO 6059)	
Chloridy	mg/l	20,2	±4%	SOP č.13 (ČSN ISO 9297)	
ZNK 8.3	mmol/l	0,12	±15%	interní metodika	+
Sírany	mg/l	52,9	±10%	SOP č.12 (ČSN 75 7477)	

* Zkoušky prováděné v místě odběru

|+| Zkoušky neakreditované

< Výsledek je pod mezí stanovitelnosti

KTJ - kolonii tvořící jednotka

Nejistota měření: Uvedená nejistota je rozšířená nejistota U na hladině pravděpodobnosti 95% pro k=2, je v souladu s EA-4/16 a nezahrnuje nejistotu odběru vzorku.

Nejistota odběru vzorku je 5% a není zahrnuta do nejistoty měření a do hodnocení.

Pokud informace a data dodané zákazníkem mají vliv na platnost výsledků zkoušek, Vodohospodářské laboratoře za ně odmítají odpovědnost.

Informace a data dodaná zákazníkem: Místo odběru, typ odběru, datum a čas odběru, výsledky zkoušek, které provedl zákazník.

AN – u zkoušky byl aktualizován normativní dokument identifikující zkušební postup

Hodnocení dle vyhlášky 252/2004 Sb. v aktuálním znění pro zkoušku: pach, pach*, chuť, chuť*: stupeň 0, 1, 2 - přijatelný, stupeň 3, 4, 5 - nepřijatelný

Výsledky zkoušek se týkají jen zkoušených předmětů. Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak než celý.

Protokol schválil dne : 15.5.2020

Protokol vystaven dne : 15.5.2020



Mgr. Jana Švestková
Vedoucí pracoviště

-----KONEC PROTOKOLU-----

Protokol o zkouškách č. 5614 / 4P1 / 20

Číslo vzorku: 7586/4P1/20

Místo a bod odběru : Adamov - Křtinský potok nátok na ÚV

Datum a čas odběru : 11.5.2020 10:40

Datum a čas příjmu : 11.5.2020 12:15

Zákazník: ADAVAK, s.r.o., divize-vodovody a kanalizace, Nádražní čp. 455,
Adamov, 679 04

Vzorkoval : Tesař Stanislav, vzorkař

Předmět zkoušky : Povrchová voda

Postup odběru : Odběr vzorků povrchových vod SP č. 4 (ČSN EN ISO 5667-3, ČSN ISO 5667-4, ČSN EN ISO 5667-6, ČSN EN ISO 5667-14, ČSN EN ISO 5667-16, ČSN EN ISO 19458)

Rozsah rozboru : PES

Plán odběru : 1083/4P1/20

Datum provedení analýz: 11.5.2020 - 21.5.2020

Pesticidy

Zkouška	Jednotka	Výsledek	Nejistota měření	Identifikace zkoušky	
2,4-D	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Acetochlor	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Acetochlor ESA	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Acetochlor OA	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Alachlor	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Alachlor ESA	µg/l	0,033	±30%	SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Alachlor OA	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Atrazin	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Atrazin-2-hydroxy	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Atrazindesethyl-desisopropyl	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Atrazin-desethyl	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Azoxystrobin	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Bentazon	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Cyproconazole	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Dicamba	µg/l	<0,035		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Diflufenican	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Dimethachlor	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Dimethenamid - P	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Epoxykonazol	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Ethofumesate	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Fenpropidin	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Fenpropimorf	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Chloridazon	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Chlorpyrifos	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Isoproturon	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
MCPA	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Metamitron	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Metazachlor	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Metazachlor ESA	µg/l	0,079	±30%	SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Metazachlor OA	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Metolachlor	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Metolachlor ESA	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1

Zkouška	Jednotka	Výsledek	Nejistota měření	Identifikace zkoušky	
Metolachlor OA	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Napropamid	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Pendimethalin	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Pethoxamid	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Pesticidní látky celkem	µg/l	<0,100		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Prochloraz	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Propiconazol	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Prothiokonazol	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Spiroxamin	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Tebukonazol	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Terbutylazin	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Terbutylazin-desethyl	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Terbutylazin-hydroxy	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Thiophanate-methyl	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1
Trinexapac-ethyl	µg/l	<0,025		SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	IPZ1

IPZ Interně provedená zkouška interním dodavatelem

Interní dodavatel : IPZ1 Zkušební laboratoř č. 1249 akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018, Pracoviště Brno

< Výsledek je pod mezí stanovitelnosti

Nejistota měření: Uvedená nejistota je rozšířená nejistota U na hladině pravděpodobnosti 95% pro k=2, je v souladu s EA-4/16 a nezahrnuje nejistotu odběru vzorku.

Nejistota odběru vzorku je 5% a není zahrnuta do nejistoty měření a do hodnocení.

Pokud informace a data dodaná zákazníkem mají vliv na platnost výsledků zkoušek, Vodohospodářské laboratoře za ně odmítají odpovědnost.

Informace a data dodaná zákazníkem: Místo odběru, typ odběru, datum a čas odběru, výsledky zkoušek, které provedl zákazník.

Výsledky zkoušek se týkají jen zkoušených předmětů. Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak než celý.

Protokol schválil dne : 21.5.2020

Protokol vystaven dne : 22.5.2020



Mgr. Jana Švestková
Vedoucí pracoviště

-----KONEC PROTOKOLU-----

Protokol o zkouškách č. 13333 / 4P1 / 19

Číslo vzorku: 18313/4P1/19

Místo a bod odběru : Adamov - ÚV - Josefov Křtinský potok

Datum a čas odběru : 2.9.2019 10:55

Datum a čas příjmu : 2.9.2019 13:00

Zadavatel : ADAVAK, s.r.o., divize-vodovody a kanalizace, Nádražní čp. 455,
Adamov, 679 04

Odebral : Tesař Stanislav, vzorkař

Předmět zkoušky : Povrchová voda

Postup odběru : Odběr vzorků podzemních vod SP č. 3 (ČSN EN ISO 5667-3, ČSN ISO 5667-11, ČSN EN ISO 5667-14,
ČSN EN ISO 5667-16, ČSN EN ISO 19458)

Rozsah rozboru : ÚRSB

Protokol o odběru : 8626/4P1/19

Datum ukončení zkoušek : 11.9.2019

Mikrobiologické a biologické ukazatele

Zkouška	Jednotka	Výsledek	Limit	Identifikace zkoušky
Escherichia coli	KTJ/100ml	>100		SOP č. 13/2013/III (ČSN EN ISO 9308-1)
Koliformní bakterie	KTJ/100ml	>100		SOP č. 13/2013/III (ČSN EN ISO 9308-1)
Počty kolonií při 36°C	KTJ/ml	>300		SOP č. 16/2013/III (ČSN EN ISO 6222)
Počty kolonií při 22°C	KTJ/ml	>300		SOP č. 16/2013/III (ČSN EN ISO 6222)
Intestinální enterokoky	KTJ/100ml	>100		SOP č. 15/2013/III (ČSN EN ISO 7899-2)
Mikroskopický obraz - mrtvé organizmy	jedinci/ml	0		SOP č. 20/2014/III (ČSN 75 7712)
Mikroskopický obraz - živé organizmy	jedinci/ml	0		SOP č. 20/2014/III (ČSN 75 7712)
Mikroskopický obraz - abioseston	%	3		SOP č. 19/2014/III (ČSN 75 7713)

Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele

Zkouška	Jednotka	Výsledek	Nejistota	Limit	Hodnocení	Identifikace zkoušky
Konduktivita	mS/m	60,7	±5%			SOP č. 8/2013/III (ČSN EN 27888)
Arsen	µg/l	1,2	±10%			SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2) is1
Baryum	µg/l	28,1	±10%			SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2) is1
Berylium	µg/l	<0,02				SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2) is1
Chrom	µg/l	<0,3				SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2) is1
Kobalt	µg/l	0,19	±10%			SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2) is1
Kadmium	µg/l	<0,01				SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2) is1
Měď	µg/l	2,3	±10%			SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2) is1
Nikl	µg/l	0,5	±10%			SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2) is1
Olovo	µg/l	<0,3				SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2) is1
Rtuť	µg/l	<0,05				SOP č. 29 (ČSN 75 7440) is1

Zkouška	Jednotka	Výsledek	Nejistota	Limit	Hodnocení	Identifikace zkoušky	
Selen	µg/l	<0,5				SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2)	is1
Zinek	µg/l	7,04	±10%			SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2)	is1
Vanad	µg/l	0,54	±10%			SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2)	is1
Bor	µg/l	17,4	±15%			SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2)	is1
Celkový organický uhlík	mg/l	2,7	±9%			SOP č.40 (ČSN EN 1484)	is1
Uhlovodíky C10-C40	mg/l	<0,05				SOP č.56 A (ČSN EN ISO 9377-2)	is1
Polycyklické aromatické uhlovodíky	µg/l	<0,010				SOP č.37 A (ČSN 75 7554)	is1
Pach	stupeň	0				SOP č.5/2013/III (ČSN EN 1622, TNV 75 7340)	*
Teplota vody	°C	13,8	±1%			SOP č.7/2013/II (ČSN 75 7342)	*
Kyslík rozpuštěný	mg/l	9,1	±5%			SOP č.6B/2013/III (ČSN ISO 17289, návod firmy HACH)	
pH		8,3	±0,2			SOP č.3/2013/III (ČSN ISO 10523)	
Absorbance (254 nm, 1cm)		0,064	±20%			interní metodika (ČSN 75 7360)	+
Barva	mg/l Pt	35	±10%			SOP č.10/2013/III (ČSN EN ISO 7887, Metoda C)	
Zákal	ZFn	5,5	±10%			SOP č. 44/2015/III/B (ČSN EN ISO 7027-1)	
Dusitany	mg/l	0,039	±10%			SOP č.24/2014/III (ČSN EN 26777)	
Amonné ionty	mg/l	0,080	±10%			SOP č.23/2014/III (ČSN ISO 7150-1)	
Fosforečnany	mg/l	0,51	±10%			SOP č.26/2014/III (ČSN EN ISO 6878, návod firmy MERCK, HACH LANGE)	
Fluoridy	mg/l	0,08	±7%			SOP č.3 (ČSN ISO 10359-1)	is1
Dusičnany	mg/l	20,4	±10%			SOP č.25/2014/III (ČSN ISO 7890-3)	
CHSK manganistanem	mg/l	2,4	±12%			SOP č.40/2015/III (ČSN EN ISO 8467)	
Železo	mg/l	0,09	±6%			SOP č.7 (ČSN ISO 6332)	
Mangan	mg/l	<0,03				SOP č.6 (M.Horáková a kol. - Chemické a fyzikální metody analýzy vod)	
Hliník	mg/l	<0,020				SOP č.9 (ČSN ISO 10566)	
KNK 4.5	mmol/l	5,29	±5%			SOP č.41/2015/III (ČSN EN ISO 9963-1)	
Tvrdost vody	mmol/l	3,03	±8%			SOP č.5 (ČSN ISO 6059)	
Vápník	mg/l	99	±3%			SOP č.8 (ČSN ISO 6058)	
Hořčík	mg/l	13,4	±6%			SOP č.5 (ČSN ISO 6059)	
Chloridy	mg/l	24,4	±4%			SOP č.13 (ČSN ISO 9297)	
ZNK 8.3	mmol/l	0,23	±15%			interní metodika	+
Sírany	mg/l	45,3	±10%			SOP č.12 (ČSN 75 7477)	
CHSK dichromanem	mg/l	6	±14%			SOP č.8 B (ČSN ISO 15 705, návod firmy HACH, MERCK)	is1
Nerozpuštěné látky	mg/l	<2				SOP č.22/2014/III (ČSN EN 872, ČSN 75 7350, skleněný filtr VITRUM GF 1,2)	is1
Dusík celkový	mg/l	4,23	±7%			SOP č.66 (ČSN EN 12260)	is1
Fosfor celkový	mg/l	0,166	±10%			SOP č. 18A/2013/III (ČSN EN ISO 17294-2)	is1
Kyanidy celkové	mg/l	<0,005				SOP č.24 (ČSN 75 7415)	is1
Tenzidy aniontové	mg/l	0,03	±8%			SOP č.26 (ČSN EN 903)	is1

* Zkoušky prováděné v místě odběru

+| Zkoušky neakreditované

|is| Zkoušky prováděny interním subdodavatelem

Interní subdodavatel : is1 Zkušební laboratoř č. 1249 akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005

Nejistota:Uvedená nejistota je rozšířená nejistota U na hladině pravděpodobnosti 95% pro k=2, je v souladu s EA-4/16 a nezahrnuje nejistotu odběru vzorku.

Limit: Hygienické limity jsou dané vyhláškou č. 252/2004 Sb. v aktuálním znění.

Hodnocení: Vyhovuje / nevyhovuje - výsledky zkoušky vyhovují / nevyhovují hygienickému limitu.

*** - u zkoušky není možné posoudit shodu s limitem

Hodnocení dle vyhlášky 252/2004 Sb. v aktuálním znění pro zkoušku: pach, pach*, chuť, chuť*:

stupeň 0, 1, 2 - přijatelný, stupeň 3, 4, 5 - nepřijatelný

< Výsledek je pod mezí stanovitelnosti

KTJ - kolonii tvořící jednotka při použití metody stanovení ČSN EN ISO 9308-1

MPN - nejpravděpodobnější počet bakterií při použití metody stanovení ČSN EN ISO 9308-2

Výsledky zkoušek se týkají jen zkoušených předmětů. Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak než celý.

Protokol vystaven dne : 12.9.2019

Ing. Jaroslav Fidler
Vedoucí pracoviště



Protokol o zkouškách č. 9609 / 4P1 / 19

Strana : 1 / 2

Číslo vzorku : 1130/4P1/19

Místo a bod odběru : Adamov - ÚV - surová voda

Datum a čas odběru : 17.6.2019 10:55

Datum a čas příjmu : 17.6.2019 11:05

Zadavatel : ADAVAK, s.r.o., divize-vodovody a kanalizace, Nádražní čp. 455,
Adamov , 679 04

Odebral : Tesař Stanislav, vzorkař

Předmět zkoušky : Surová voda

Postup odběru : Odběr vzorků pitných vod SP č. 1 (ČSN EN ISO 5667-3, ČSN ISO 5667-5, ČSN EN ISO 5667-14, ČSN EN ISO 5667-16, ČSN EN ISO 19458, Vyhl. MZ č. 252/2004 Sb.)

Rozsah rozboru : PES

Protokol o odběru : 5886 / 4P1 / 19

Datum ukončení zkoušek : 28.6.2019

Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele

Zkouška	Jednotka	Výsledek	Nejistota	Limit	Hodnocení	Identifikace zkoušky	
Atrazin	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Atrazin-desethyl	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Chlorpyrifos	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Isoproturon	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Metazachlor	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Pesticidní látky celkem	µg/l	<0,100				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Terbutylazin	µg/l	0,033	±30%			SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Metolachlor	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Alachlor	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Acetochlor	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Dimethenamid - P	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Epoxikonazol	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Fenpropimorf	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Pendimethalin	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Prochloraz	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Spiroxamin	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Tebukonazol	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Fenpropidin	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Propiconazol	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
2,4-D	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Azoxystrobin	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
MCPA	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Thiophanate-methyl	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Bentazon	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Dicamba	µg/l	<0,035				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Atrazindesethyl-desisopropyl	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Atrazin-2-hydroxy	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Chloridazon	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Dimethachlor	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Ethofumesate	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Cyproconazole	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Pethoxamid	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Metamitron	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1

Zkouška	Jednotka	Výsledek	Nejistota	Limit	Hodnocení	Identifikace zkoušky	
Diflufenican	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Trinexapac-ethyl	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Prothiokonazol	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Acetochlor ESA	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Acetochlor OA	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Alachlor ESA	µg/l	0,044	±30%			SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Metazachlor ESA	µg/l	0,111	±30%			SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Metolachlor ESA	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Metolachlor OA	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Alachlor OA	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Metazachlor OA	µg/l	0,041	±30%			SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Terbutylazin-hydroxy	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Terbutylazin-desethyl	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1
Napropamid	µg/l	<0,025				SOP č. 54/2018/III (EPA 535, EPA 536)	is1

is Zkoušky prováděny interním subdodavatelem

Interní subdodavatel : is1 Zkušební laboratoř č. 1249 akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005, Pracoviště Brno

Nejistota: Uvedená nejistota je rozšířená nejistota U na hladině pravděpodobnosti 95% pro k=2, je v souladu s EA-4/16 a nezahrnuje nejistotu odběru vzorku.

Limit: Hygienické limity jsou dané vyhláškou č. 252/2004 Sb. v aktuálním znění.

alachlor OA, alachlor ESA, atrazin-2-hydroxy, metolachlor ESA, metolachlor OA, metazachlor ESA, metazachlor OA - Doporučená limitní hodnota dle Seznamu posouzených nerelevantních metabolitů pesticidů a jejich doporučené limitní hodnoty v pitné vodě (MZ ČR)

Hodnocení: Vyhovuje / nevyhovuje - výsledky zkoušky vyhovují / nevyhovují hygienickému limitu.

*** - u zkoušky není možné posoudit shodu s limitem

< Výsledek je pod mezi stanovitelnosti

Výsledky zkoušek se týkají jen zkoušených předmětů. Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak než celý.

Protokol vystaven dne : 28.6.2019

Fidler Jaroslav Ing.
Vedoucí pracoviště

