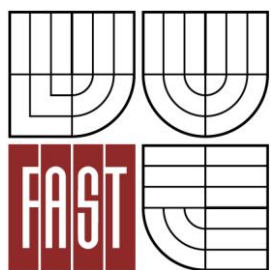




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

ODSTRAŇOVÁNÍ ŽELEZA A MANGANU Z PODZEMNÍCH ZDROJŮ VODY

REMOVAL OF IRON AND MANGANESE FROM GROUND WATER SOURCES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ZUZANA LÍZALOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RENATA BIELA, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Zuzana Lízalová

Název Odstraňování železa a manganu z
podzemních zdrojů vody

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

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2011

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 25. 5. 2012

V Brně dne 30. 11. 2011

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, 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] TUHOVČÁK, Ladislav, et al. Vodárenství: Studijní opory. 1.vydání. Brno: VUT FAST, 2006. 252 s.
- [3] GRÜNWALD, Alexander. Zdravotně inženýrské stavby 40: Úprava vody. 1.vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 103 s. ISBN 80-01-01658-7.
- [4] MALÝ, Josef; MALÁ, Jitka. Chemie a technologie vody. 2.doplněné vydání. Brno: Ardec s.r.o., 2006. 329 s. ISBN 80-86020-50-9.
- [5] Odborné časopisy (Sovak, Vodní hospodářství) a firemní podklady

Zásady pro vypracování

Bakalářská práce bude rozdělena do dvou částí. První část práce se bude rešeršní formou zabývat možnostmi odstraňování Fe a Mn při úpravě podzemní vody na pitnou. V druhé části práce bude vytvořen přehled zařízení vodohospodářských firem, které slouží k odstraňování železa a manganu z vody.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací
Přílohy dle pokynů vedoucího bakalářské práce



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

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou odstraňování železa a manganu při úpravě podzemní vody na pitnou. Cílem práce je popsat současné možnosti odstraňování železa a manganu při úpravě podzemní vody na pitnou včetně uvedení přehledu konkrétních zařízení vodohospodářských firem používaných pro odželezování a odmanganování podzemní vody. Za tímto účelem je práce rozdělena na část teoretickou, která se zabývá metodami odželezování a odmanganování podzemní vody formou rešerše, a část uvádějící aktuální informace o některých na trhu dostupných zařízeních k odstraňování železa a manganu při úpravě vody.

Klíčová slova

úprava vody, odželezování, odmanganování, podzemní voda, zařízení

Abstract

The thesis deals with removal of iron and manganese from ground water in drinking water treatment. The aim of the thesis is to describe the possibilities of removing iron and manganese from ground water, including an overview of the specific devices used by water technology companies for removing iron and manganese from ground water. For this purpose, the thesis is divided into a theoretical part, which deals with methods of removal of iron and manganese in the form of research, and the second part that uses information about specific devices for removing iron and manganese in ground water treatment that are available in the market.

Keywords

water treatment, iron removal, manganese removal, ground water, device

Bibliografická citace VŠKP

LÍZALOVÁ, Zuzana. *Odstraňování železa a manganu z podzemních zdrojů vody*. Brno, 2012. 63 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2012

.....
podpis autora

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Renatě Biele, Ph.D. za vedení bakalářské práce.

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	ODSTRAŇOVÁNÍ ŽELEZA A MANGANU PŘI ÚPRAVĚ PODZEMNÍCH VOD	5
2.1	Zdroje a jakost podzemní vody.....	5
2.1.1	Zdroje a formy železa v podzemních vodách	6
2.1.2	Zdroje a formy manganu v podzemních vodách.....	7
2.1.3	Jakost podzemních vod.....	7
2.1.4	Znečištění podzemních vod	10
2.2	Způsob odstraňování železa a manganu z podzemních vod	12
2.2.1	Odstraňování mechanickou oxidací	12
2.2.2	Odstraňování chemickou oxidací	18
2.2.3	Odstraňování metodou iontové výměny	21
2.2.4	Odstraňování biologickým způsobem	22
2.2.5	Tlakové membránové procesy	23
2.2.6	Odstraňování v horninovém prostředí	24
2.2.7	Filtrace	25
2.3	Příklad úpravy vody z podzemního zdroje	28
3	PŘEHLED ZAŘÍZENÍ POUŽÍVANÝCH K ODSTRAŇOVÁNÍ ŽELEZA A MANGANU PŘI ÚPRAVĚ VODY	30
3.1	Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.....	30
3.1.1	Provzdušňovací věže SK	30
3.1.2	Horizontální provzdušňovače	34
3.2	Vodárenské technologie s.r.o.	38
3.2.1	Vertikální aerační zařízení Fuka	39
3.2.2	Horizontální aerační zařízení Bubla	41
3.3	Eurowater, spol. s.r.o.	42
3.3.1	Tlakové filtry, typ NS/NSB	43
3.3.2	Tlakové filtry, typ TF/TFB	44
3.4	Univerzální čistá voda, a.s.....	46
3.4.1	Ruční , poloautomatické a automatické filtry	46
3.5	Firma AQUA	50
3.5.1	Automatická stanice Bluesoft Compact	50
3.6	Mangala spol. s.r.o.....	52
3.6.1	Reverzní osmóza	52
4	ZÁVĚR	55
5	POUŽITÁ LITERATURA	57
	SEZNAM TABULEK.....	60

SEZNAM OBRÁZKŮ	61
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	62
SUMMARY	63

1 ÚVOD

Voda je přírodním zdrojem, který má vzácnou vlastnost obnovitelnosti ve všech svých složkách na rozdíl od jiných přírodních zdrojů neživé přírody. Z hydrogeochemického hlediska je voda složitým heterogenním systémem, který se skládá jednak z pravého roztoku složeného z vody a rozpuštěných molekul, iontů a jejich komplexních sloučenin, jednak ze suspendovaných částic. Součástí přírodních vod jsou i rozpuštěné plyny a mikrobiální oživení. [33]

Podzemní vodou se podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (vodní zákon) označuje voda, která se přirozeně vyskytuje pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami. Její zásoby se doplňují průsakem atmosférických a povrchových vod, kondenzací vodních par v půdě a kondenzací vodních par z magmatu. Za podzemní vody se považují též vody protékající drenážními systémy a vody ve studních. [34] Podzemní voda se v horninách vyskytuje v dutinách, z nichž jsou nejvýznamnější průliny, pukliny a krasové dutiny. Podle typu dutin lze pak rozlišit horniny s propustností průlinovou, puklinovou a krasovou. Hydrogeologickou strukturou se rozumí geologické prostředí, v němž nastává ucelený oběh podzemní vody. Obdobně souhrn zákonitostí, které ovlivňují vznik, výskyt, pohyb a složení podzemní vody v horninovém prostředí a jejich změny v čase, se nazývá hydrogeologický režim. [33]

Podzemní voda a půdní voda (voda obsažená v půdě při styku s atmosférou) ve všech skupenstvích se souborně nazývá vodou podpovrchovou. Podzemní voda s běžným obsahem rozpuštěných látek je voda prostá. Tato voda je obvykle používána jako zdroj surové vody pro úpravu na vodu pitnou. Přírodní vody, které se od prostých vod liší množstvím nebo druhem rozpuštěných látek nebo plynů nebo teplotou či jinými fyzikálními parametry, se nazývají vodami minerálními (podle zákona č. 164/2001 Sb., o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon), ve znění pozdějších předpisů). [33]

Výstupem z horninového prostředí na zemský povrch se z vody podzemní stává voda povrchová. V porovnání s povrchovými vodami se podzemní vody vyznačují většinou vyšším obsahem rozpuštěných látek, vyšším obsahem oxidu uhličitého i vyšší kyselinovou neutralizační kapacitou. Teplota podzemních vod bývá většinou stálá. Obsah rozpuštěného kyslíku bývá velmi nízký, případně jej vody neobsahují vůbec a totéž platí o organických látkách. Naopak běžný je zvýšený obsah iontů železa a manganu. [10]

Vodními zdroji pro zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství jsou většinou podzemní a povrchové přírodní vody, přičemž pro toto zásobování je třeba zajišťovat množství vody s určitými vlastnostmi. Jakost vody je rozhodujícím faktorem pro způsob užívání vody a případné technologické úpravy vody. Na čistotu vody jsou kladeny různé

nároky ze strany uživatelů. Odstraňování železa a manganu je jednou z úprav vody prováděných za účelem zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství a týká se vod podzemních. Ačkoli se sloučeniny železa a manganu vyskytují jak v podzemních, tak v povrchových vodách, pouze v podzemních vodách představují nežádoucí znečištění surové vody. Sloučeniny železa a manganu nejsou pro zdraví člověka a živočichů škodlivé, jelikož se jedná o přírodní znečištění podzemní vody, způsobují však hygienické a zejména technologické závady. [35]

Odstraňování železa a manganu ze surové vody, stejně jako všechny technologie úpravy vody, by mělo být účinné a co nejméně nákladné. Cílem této práce je popsat současné možnosti odstraňování železa a manganu při úpravě podzemní vody na pitnou a uvést výhody a nevýhody jednotlivých metod. Za tímto účelem je práce rozdělena do dvou částí. První část práce se nejprve zabývá vodními zdroji a jakostí vody obecně a dále se metodou analýzy zabývá způsoby používanými k odželezování a odmanganování vody. Druhá část práce využívá informace získané od vodohospodářských firem a uvádí přehled zařízení používaných k odstraňování železa a manganu při úpravě vody.

2 ODSTRAŇOVÁNÍ ŽELEZA A MANGANU PŘI ÚPRAVĚ PODZEMNÍCH VOD

2.1 ZDROJE A JAKOST PODZEMNÍ VODY

Na úvod je třeba vymezit pojem podzemní voda a pojmy s ní související. Voda se dá rozdělit do následujících kategorií:

- Artézská – napjatá podzemní voda vyvěrající po naražení nad povrch terénu;
- Gravitační – voda v horninách schopná pohybu převážně působením gravitačních sil;
- Kapilární – voda, která se udržuje v horninách působením sil povrchového napětí;
- Podpovrchová – voda v zemské kůře ve všech skupenstvích;
- Podzemní – podpovrchová voda v kapalném skupenství.

Vědní obor, který se zabývá podzemními vodami, je hydrogeologie. Hydrogeologie podrobněji zkoumá původ podzemních vod a podmínky jejího výskytu, zákony pohybu a režim podzemních vod, dále fyzikální a chemické vlastnosti, jejich vzájemné působení s horninami, jejich vztah k atmosférickým a povrchovým a podpovrchovým vodám a jejich hospodářský význam. [35]

Fyzikálně – chemické složení podzemních vod závisí zejména na složení půdy a hornin, s nimiž podzemní vody přicházejí do styku. Obohacují se přitom o elektrolyty i neelektrolyty, koloidní látky a další částice. Vzduch v půdě obsahuje více oxidu uhličitého než vzduch atmosférický, což je způsobeno biologickými procesy v půdě. Celková mineralizace podzemních vod je většinou nízká v důsledku krátkého kontaktu vody s horninami, přičemž snadněji se voda obohacuje o různé kovy v prostředí s nižší hodnotou pH. Vysokou mineralizací se vyznačují vody z velkých hloubek. Co se týče složení mineralizace, podzemní vody ve svrchní oxidační vrstvě se vyznačují u aniontů převládajícími hydrogenuhličitany a sírany nad chloridy a u kationtů převládajícím obsahem vápníku a hořčíku nad obsahem sodíku a draslíku. [22]

V posledním desetiletí bylo na území České republiky zaznamenáno oteplení, které se promítlo do snížení přírodních zdrojů podzemních vod. Podzemní vody u nás bývají dotovány převážně sněhovými srážkami v mimovegetačním období. Se změnou klimatu dochází však k přerozdělování srážek během roku a stále častěji prší na jaře a v létě. Vegetační kryt tak neumožní dostatečné vsáknutí převážně přívalových srážek a většina vody nespotřebované rostlinami se vypaří nebo oteče po povrchu. Místo užítku tak vznikají spíše škody při povodních. V řadě rozsáhlých jímacích území také není stanovena

vhodná strategie čerpání podzemní vody, což způsobuje zánik pramenů, pokles průtoků v povrchových tocích i ztrátu vodnosti chráněných mokřadních biotopů. [20]

Co se týče charakteristik podzemní vody, hladina podzemní vody se dá rozlišit na volnou, kdy se jedná o geometrické místo bodů příslušejících dané zvodni (zvodnělému horninovému prostředí), v nichž je současně tlak podzemní vody roven tlaku atmosférickému, a napjatou podzemní hladinu, kdy jde o plochu horního omezení zvodně, která je pod vyšším tlakem, než je tlak atmosférický.

Zásoby podzemní vody se dají rozdělit následovně:

- Pružné – představují objem vody, která se uvolní po snížení kolektorového tlaku (piezometrického napětí) ze statické zásoby ve zvodněném kolektoru v důsledku pružnosti kolektoru, tj. v důsledku zvětšení objemu akumulované vody v souvislosti s její objemovou stlačitelností a v důsledku zmenšení pórového prostoru kolektoru;
- Statické – reprezentují objem gravitační vody ve zvodněném kolektoru;
- Přírodní statické – jsou statické zásoby vody v přirozených podmínkách;
- Přírodní – jsou souhrnem přírodních statických a pružných zásob podzemní vody.

Zdroje podzemní vody pak mohou být indukované, což je množství podzemní vody, která přitéká do zvodněného systému během jejího využití v důsledku změn vyvolaných tímto využitím na hranicích zvodněného systému, nebo přírodní, což je množství podzemní vody v přírodních podmínkách doplňované a dotékající z uvažovaného území. [6]

2.1.1 Zdroje a formy železa v podzemních vodách

Železo a mangan jsou ve vodě obsaženy většinou společně. Jejich existence dosahuje různých hodnot obsahu, a to od desetiny mg/l po desítky mg/l. Prostředí, ve kterém se tyto sloučeniny nacházejí je převážně s pH v oblasti kyselé a za přítomnosti volného oxidu uhličitého. Odstraňování železa a manganu z podzemních vod je ovlivňováno mj. složením vody. Výskyt organických látek a některých dalších sloučenin (např. $\text{NH}_3\text{-N}$) v podzemní vodě ztěžuje proces odstranění železa i manganu. [18] Naopak např. vysoké koncentrace HCO_3 zrychlují oxidaci železa. [11]

Nejrozšířenější železnou rudou je pyrit FeS_2 , krevel Fe_2O_3 , magnetovec Fe_3O_4 , limonit $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ a siderit FeCO_3 . V malém množství se železo vyskytuje také v hlinitokřemičitanech. Antropogenním zdrojem železa v přírodních a užitkových vodách jsou průmyslové odpadní vody (např. mořírny, válcovny a drátovny) a korozní procesy ve vodovodním potrubí. Ve vodách se železo vyskytuje v oxidačním stupni +II nebo +III, přičemž forma výskytu rozpuštěného a nerozpuštěného železa závisí na hodnotě pH,

oxidačně redukčním potenciálu a složení vody. Oxidační stupeň +II se vyskytuje v redukčním prostředí podzemních vod a v povrchových vodách u dna nádrží a jezer. Ve vodách obsahujících rozpuštěný kyslík je železo nejčastěji v oxidačním stupni +III. Mezi hlavní rozpuštěné formy železa ve vodách patří (v závislosti na hodnotě pH): Fe^{3+} , $[\text{Fe}(\text{OH})]^{2+}$, $[\text{Fe}(\text{OH})_2]^+$, $[\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{aq})]_0$, $[\text{Fe}(\text{OH})_4]^-$, $[\text{Fe}_2(\text{OH})_2]^{4+}$. [17]

2.1.2 Zdroje a formy manganu v podzemních vodách

Sloučeniny manganu existují v různých oxidačních stupních, a to ve stupních +II, +III, +IV, +VI a +VII. Ve vodě se mangan vyskytuje v rozpuštěné i nerozpuštěné formě, zejména v oxidačních stupních +II, +III a +IV. Mangan většinou v přírodě doprovází železné rudy. Z manganových rud se v přírodě vyskytuje zejména pyroluzit MnO_2 , braunit Mn_2O_3 , hausmanit Mn_3O_4 , manganit $\text{MnO}(\text{OH})$ a rodochrozit MnCO_3 . Do vody se mangan dostává z půd a sedimentů a také průmyslovou činností (zpracováním rud). V povrchových vodách se mangan může vyskytovat jako nerozpustný oxid manganitý MnO_2 a v podzemních vodách je jeho nejstabilnější formou Mn^{2+} , což je důsledkem redukčních podmínek bez přítomnosti vzdušného kyslíku a jiných oxidačních činidel. V kyselém a neutrálním prostředí se mangan vyskytuje zejména v rozpuštěné formě jako hydratovaný kationt $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, dále se mohou vyskytovat komplexy $[\text{MnOH}]^+$, $[\text{Mn}(\text{OH})_3]^-$, $[\text{MnHCO}_3]^+$ a $[\text{MnSO}_4(\text{aq})]^\circ$ a při vyšších koncentracích chloridů i různé chlorokomplexy jako $[\text{MnCl}]^+$, $[\text{MnCl}_2]^\circ$ a $[\text{MnCl}_3]^-$. Výskyt iontů závisí na pH a složení vody. Pokud je ve vodě obsažen rozpuštěný kyslík, je mangan v oxidačním stupni +II nestabilní a dochází k oxidaci. [17]

2.1.3 Jakost podzemních vod

Železo a mangan jsou nežádoucími látkami ve vodě hned z několika důvodů. Voda obsahující více než 0,3 mg/l železa zapříčiňuje žluté až načervenalé skvrny na téměř jakémkoli povrchu. Pokud koncentrace železa přesáhne 1 mg/l, chuť vody začíná být kovová a voda může být zakalená. Koncentrace manganu způsobují problémy od hodnoty 0,1 mg/l a vyšší. Mangan obsažený ve vodě dokonce již při nízkých koncentracích ve výši 0,1 mg/l způsobuje načernalé skvrny povrchů, se kterými přijde do styku. Pokud voda obsahuje železo i mangan, barva skvrn způsobených vodou se většinou pohybuje od tmavě hnědé k černé. Spotřebitelé si typicky stěžují, že na prádlo se vyskytují skvrny a že voda je červená nebo znečištěná. [15]

Podle ustanovení §13 odst. 1 zákona 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 (dále jen „zákon o vodovodech a kanalizacích“) voda odebraná z povrchových vodních zdrojů nebo z podzemních vodních zdrojů pro účely úpravy na

vodu pitnou (surová voda) musí splňovat v místě odběru před její vlastní úpravou požadavky na její jakost ve vazbě na použité standardní metody úpravy surové vody na vodu pitnou. [34] Ukazatele jakosti surové vody a jejich mezní hodnoty pro jednotlivé kategorie standardních metod úpravy surové vody na vodu pitnou, způsob a četnost měření hodnot jednotlivých ukazatelů, definice jednotlivých standardních metod úpravy surové vody na vodu pitnou, sledované parametry, referenční metody, četnost odběru vzorků a analýz, možnosti odchylek od požadavků na jakost a způsob předávání výsledků pak stanovuje prováděcí právní předpis, kterým je vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění vyhlášky č. 146/2004 Sb., vyhlášky č. 515/2006 Sb. a vyhlášky č. 120/2011 Sb. (dále jen „vyhláška“). Vyhláška stanoví, že surová voda se odebírá především z vodních zdrojů, které se v přirozeném stavu svým fyzikálním, chemickým, mikrobiologickým, popř. biologickým složením a vlastnostmi co nejvíce blíží požadavkům na pitnou vodu. Při rozhodování mezi několika možnými vodními zdroji se vychází z optimálních investičních a provozních nákladů ve vztahu ke složitosti technologie úpravy a náročnosti na dopravu vody. Při výběru vodního zdroje se hodnotí i využitelná vydatnost vodního zdroje, možnost ochrany jakosti vody ve vodním zdroji, potenciální kontaminace vody a další místní podmínky. [32]

Surová voda se rozděluje podle limitních hodnot ukazatelů kvality do tří kategorií A1, A2 a A3 odpovídajících standardním metodám úpravy a pro zařazení do kategorie se vzorky surové vody odebírají v místě před stavbou pro úpravu vody. Pro jednotlivé kategorie jsou předepsány typy úprav vody, které by měly být nasazeny na daný zdroj. Zařazení surové vody do kategorie provádí provozovatel podle vyhodnocení ukazatelů jakosti surové vody, které jsou uvedeny v příloze č. 13 vyhlášky. Pro zařazení surové povrchové vody do uvedených kategorií se vychází z minimálně 12 vzorků odebraných v průběhu dvou let, přičemž optimální počet vzorků je 24 - 36. Kategorie surové vody je každoročně upřesňována na základě výsledků analýz surové vody podle plánu kontrol jakosti vod. [32]

Požadavky na jakost podzemních surových vod stanovuje vyhláška v již zmíněné příloze č. 13. Zde uvedené mezní hodnoty ukazatelů limitují zařazení do příslušné kategorie jakosti A1, A2 nebo A3. Pro hodnocení kvality surové vody je definováno 40 parametrů, 36 chemických ukazatelů (z toho dva součtové) a 4 mikrobiologické a biologické ukazatele. Pro každou kategorii uvádí vyhláška doporučené typy úprav takto:

- A1: Úprava surové vody s koncovou dezinfekcí pro odstranění sloučenin a prvků, které mohou mít vliv na její další použití a to zvláště snížení agresivity vůči materiálům rozvodného systému včetně domovních instalací (chemické nebo mechanické odkyselení), dále odstranění pachu a plyných složek

provzdušňováním. Prostá filtrace pro odstranění nerozpustěných látek a zvýšení jakosti.

- A2: Surová voda vyžaduje jednodušší úpravu, např. koagulační filtraci, jednostupňové odželezování, odmanganování nebo infiltraci, pomalou biologickou filtraci, úpravu v horninovém prostředí a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody.
- A3: Úprava surové vody vyžaduje dvou či vícestupňovou úpravu čiřením, oxidací, odželezováním a odmanganováním s koncovou dezinfekcí popř. jejich kombinaci. Mezi další vhodné procesy se řadí např. využívání ozonu, aktivního uhlí, pomocných flokulantů a flotace. Ekonomicky náročnější postupy technicky zdůvodněné (např. sorpce na speciálních materiálech, iontová výměna, membránové postupy) se použijí mimořádně. [32]

Pro povrchovou vodu platí následující mezní hodnoty ukazatelů pro železo a mangan (mezní hodnotou je hodnota organoleptického ukazatele jakosti pitné vody, jejích přirozených součástí nebo provozních parametrů, jejíž překročení obvykle nepředstavuje akutní zdravotní riziko):

Tab. 2.1 Mezní hodnoty Mn a Fe jako ukazatelů jakosti surové povrchové vody pro jednotlivé kategorie standardních metod úpravy surové vody na pitnou vodu [32]

Ukazatel	Jednotka	A1	A2	A3
		mezní	mezní	mezní
Mangan	mg/l	0,05	0,5	1,5
Železo	mg/l	0,2	1	2

Pro podzemní vodu stanovuje vyhláška stejné mezní hodnoty ukazatelů jako pro vodu povrchovou s výjimkou hodnot platných právě pro železo a mangan (a sulfan, u kterého v případě podzemní vody platí limity stejné jako u prachu). Mezní hodnoty ukazatelů pro železo a mangan pro podzemní vodu jsou následující:

Tab. 2.2 Mezní hodnoty Mn a Fe jako ukazatelů jakosti surové podzemní vody pro jednotlivé kategorie standardních metod úpravy surové vody na pitnou vodu [32]

Ukazatel	Jednotka	A1	A2	A3
		mezní	mezní	mezní
Mangan	mg/l	0,05	1	2
Železo	mg/l	0,2	5	20

Kromě ukazatelů uvedených v tabulce přílohy č. 13 vyhlášky nesmí surová voda obsahovat další mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly po její úpravě na vodu pitnou ohrozit veřejné zdraví.

Mikrobiologické a biologické ukazatele a fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele jsou dále stanoveny vyhláškou č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů. Tato vyhláška stanovuje hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody včetně vody balené a teplé vody dodávané potrubím užitkové vody nebo vnitřním vodovodem, které jsou konstrukčně propojeny směšovací baterií s vodovodním potrubím pitné vody, jakož i vody teplé vyráběné z individuálního zdroje pro účely osobní hygieny zaměstnanců. V příloze č. 1 tabulce B vyhláška stanovuje fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele, přičemž pro železo a mangan platí následující mezní hodnoty:

Tab. 2.3 Mezní hodnoty železa a manganu podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. [31]

Ukazatel	Symbol	Jednotka	Limit	Typ limitu
Mangan	Mn	mg/l	0,05	MH
Železo	Fe	mg/l	0,2	MH

V případech, kdy jsou vyšší hodnoty manganu ve zdroji surové vody způsobeny geologickým prostředím, považují se hodnoty manganu až do 0,2 mg/l za vyhovující požadavkům za předpokladu, že nedochází k nežádoucímu ovlivnění organoleptických vlastností vody. Stejně podmínky vyhláška stanovuje i v případě železa, kdy jsou povoleny hodnoty železa až do 0,5 mg/l při splnění stejných předpokladů jako u manganu. [31]

2.1.4 Znečištění podzemních vod

Znečištěním podzemních vod se rozumí každá změna fyzikálních, chemických, popř. biologických vlastností při porovnání s jejich přírodním stavem. [6] Díky pomalému pohybu podzemní vody skrze podloží může být její kvalita ovlivňována lidskou činností po dlouhou dobu. Znečištění způsobené před několika desítkami let i v současnosti ohrožuje kvalitu podzemních vod a v některých případech bude ohrožovat i po několik budoucích generací. Ochrana, monitoring a obnova podzemních vod je kvůli jejich nedostupnosti obtížnější než u vod povrchových. Jedná se např. o případy určování místa, charakteru a porozumění dopadům znečištění. Největším problémem zůstává znečištění z domácností, zemědělství a průmyslu, a to ať se jedná přímo o vypouštění, nebo nepřímo o znečištění způsobených aplikací dusičnanů a pesticidů či průsaky ze starých zdrojů znečištění. I když největší část z dosud identifikovaných znečištění pochází z bodových zdrojů, plošné zdroje mají zřejmě na podzemní vody čím dál větší vliv. [16]

Způsoby znečištění podzemních vod

Jakost podzemních vod, obdobně jako jakost povrchových vod, závisí na intenzitě využití území a na znečištění životního prostředí jako je půda a vzduch. Znečišťující látky pronikají do podzemní vody z povrchu země průsakem srážkové vody, nebo v místech infiltrace z povrchových vodních toků. Znečištění podzemních vod je proto největší v oblastech, kde dochází ke znečištění povrchu v důsledku zemědělské činnosti, popř. průmyslové výroby nebo dopravy či těžby surovin. Běžnými způsoby znečištění jsou vypouštění odpadních vod do podzemí, úniky odpadních vod ze stokových sítí a čistíren odpadních vod, provozní a havarijní úniky z produktovodů jako je ropovod, průsaky ze špatně zabezpečených skládek odpadů, odkališť a úpraven rud, ze skladů hnojiv, úniky z objektů zemědělských provozů a výroben (sklárky odpadů ze živočišné výroby, silážní žlaby, nádrže na močůvku), průsaky ze zemědělsky obhospodařovaných ploch, průsaky znečištěných srážkových vod, infiltrace ze znečištěných vodních toků, nevhodně ošetřené hydrogeologické objekty, jako jsou neutěsněné vrty, úniky roztoků z chemické těžby surovin v podzemních prostorech nebo znečištění přes jímací, či pozorovací objekty zaplavené např. při povodních. [6]

Podle prostorového charakteru je možné znečištění členit na:

- Bodové zdroje znečištění, jež představují obvykle znečištění komunální (jako jsou průsaky z čistíren odpadních vod, průmyslové průsaky z výroben a provozů a zemědělské průsaky ze zemědělských provozů);
- Liniové zdroje znečištění - např. infiltrace z toků, průsak podél komunikací, vedení, apod.;
- Plošné zdroje znečištění, jež představují průsaky ze zemědělsky obhospodařovaných pozemků, infiltrace znečištění srážkové vody;
- Difúzní zdroje znečištění jsou zdroji rozptýlenými, které mohou pocházet z bodových, liniových či plošných znečištění. [6]

Zdroje znečištění a znečišťující látky

Látky ovlivňující změnu jakosti podzemní vody dělíme na antropogenní a přírodní. Mezi nejvýznamnější ukazatele patří mikrobiologické a biologické ukazatele (fekální koliformní bakterie, enterokoky, koliformní bakterie, mezofilní a psychofilní bakterie, živé a mrtvé organismy), fyzikální a chemické ukazatele jako jsou zdravotně významné anorganické látky (Sb, As, Be, B, Cr, Cd, Cu, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, Ag, kyanidy, fluoridy, dusičnany, dusitany, bromičnany) a zdravotně významné organické látky jako jsou těkavé látky (TOL) a chlorované uhlovodíky. Dále do této skupiny organických látek patří pesticidy a obtížně těkavé látky jako jsou polyaromatické uhlovodíky (PAU), či polychlorované bifenylly (PCB). Mezi ukazatele, jejichž zvýšené hodnoty mohou negativně

ovlivnit jakost pitné vody, patří tvrdost vody a rozpuštěné látky nad 1 g/l, chloridy, sírany, Fe, Al, Na, NH_4 , ChSK, barva, zákal, chuť, pach, pH a nepolární extrahovatelné látky (NEL). [6]

2.2 ZPŮSOB ODSTRAŇOVÁNÍ ŽELEZA A MANGANU Z PODZEMNÍCH VOD

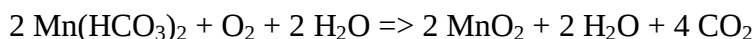
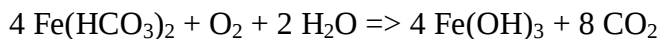
Princip většiny metod používaných pro odstraňování železa a manganu z podzemních vod spočívá v tom, že rozpustné iontové formy železa a manganu se převedou na nerozpustné sloučeniny a tyto sraženiny jsou z vody separovány vhodnými mechanickými procesy, jako je sedimentace a filtrace, popř. přímá filtrace. Železo je převáděno do formy hydroxidu železitého $\text{Fe}(\text{OH})_3$ a mangan do formy oxidu-dihydroxidu manganičitého $\text{MnO}(\text{OH})_2$ nebo oxidu manganičitého MnO_2 . Rovnováha mezi rozpustnou a nerozpustnou formou je závislá nejen na pH a oxidačně redukčním potenciálu, ale i na teplotě a složení vody. Pro dokonalé odstranění železa je velmi často třeba dávkovat alkalizační činidlo. [12] Způsob odstranění železa a manganu z podzemních vod je závislý na formě, ve které jsou dané prvky v upravované vodě přítomny. [35]

O zařazení sedimentace do úpravy vody rozhoduje koncentrace suspenzí v upravované vodě, tedy koncentrace železa a manganu v surové podzemní vodě. Úprava podzemní vody za účelem odstranění železa a manganu je jednostupňová (tedy filtrace), pokud součet množství Fe a Mn je menší než 5 mg/l. Pokud je součet množství Fe a Mn v podzemní vodě větší než 5 mg/l, jde o úpravu vody dvoustupňovou separací. V tomto případě se jako první stupeň separace mohou použít mikrofiltry, filtry (dvoustupňová filtrace), sedimentační nádrže, čističe s vločkovým mrakem nebo flotace vody. Jako druhý stupeň je pak použita filtrace. V případě, že se jedná o velké znečištění nebo při požadavku na vysokou kvalitu vody je také možné použít úpravu vody s vícestupňovou separací. U podzemní vody mohou být pro třístupňovou separaci použity následující stupně: sedimentace, odželezovací filtry a odmanganovací filtry. [27]

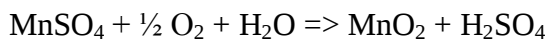
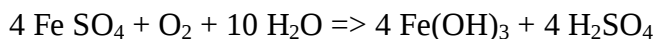
2.2.1 Odstraňování mechanickou oxidací

Schopnost železnatých (železitých) a manganatých iontů podléhat reverzibilní oxidaci a redukci má významnou úlohu v chemii a biologii přírodních vod a při odželezování a odmanganování vody. Jako nejjednodušší metoda oxidace je používána oxidace vzdušným kyslíkem, které je dosaženo mechanicky. Při provzdušňování – aeraci se okysličují hydrokarbonáty nebo sírany železa a manganu za současného uvolňování oxidu uhličitého (popř. sulfanu či metanu). Zároveň se při provzdušňování voda alkalizuje. [23]

Při aeraci dochází k této reakci:



V případě síranů probíhají reakce:



Pro oxidaci 1 mg Fe^{2+} je teoretická spotřeba kyslíku 0,143 mg a pro oxidaci 1 mg Mn^{2+} je teoretická spotřeba kyslíku 0,291 mg. Rozpustnost vznikajících železitých a manganičitých oxidů je při hodnotách pH vyšších než 7 prakticky zanedbatelná. I při nedokonalé aeraci se obohatí podzemní voda asi na 5 mg/l O_2 . Tímto množstvím kyslíku lze provést teoreticky oxidaci 35 mg/l Fe^{2+} nebo 17 mg/l Mn^{2+} . [26]

Hodnota pH vody po její aeraci má vliv na rychlost oxidace. Rychlost oxidace je přímoúměrná hodnotě pH, v zásaditém prostředí dochází k oxidaci rychleji. Při odželezování podzemních vod by proto pH nemělo klesnout pod 7. Při odmanganování podzemních vod nemá hodnota pH klesnout pod 8,1, v lepším případě pod 8,5. Oxidace Fe^{2+} a Mn^{2+} iontů probíhá různou rychlostí, obecně se železo oxiduje snadněji než mangan. V mezích hodnot pH 7 až 7,5 stačí k odželezení vody reakční doba řádově v minutách. Jestliže je hodnota pH po aeraci pod hodnotou 7, doporučuje se při oxidaci železa přidávat alkalizační chemikálie, zejména vápno. Při vyšších hodnotách pH se při odželezování vytváří suspenze s lepšími sedimentačními vlastnostmi. Počáteční tvorba železitých vloček se projevuje tím, že se voda zakalí. [26]

Pro aeraci vody se používají stejná zařízení jako u mechanického odkyselování vody. Tato zařízení pro oxidaci vzdušným kyslíkem jsou např. kaskáda, vodní skok, prstencový vodní skok, turbína, vertikální provzdušňovací věže, horizontální provzdušňovací zařízení typu INKA a Bubla a další.

Kaskáda

Jedná se o gravitační provzdušňovací zařízení, které kopíruje provzdušnění vody v přírodních podmínkách. Kaskády můžeme přirovnat například k malým vodopádům nebo peřejím v řece. Kaskáda patří k nejjednodušším provzdušňovacím zařízením a nemá nároky na technologické zařízení. Kaskády mají obvykle pět až šest stupňů. Voda na jednotlivých stupních podtéká a přitéká přelivnou a současně nornou stěnou s výsledným efektem protínajících se paprsků vody a tím je vytvořen velmi efektivní aerační proces. Dochází k intenzivnímu provzdušnění vody, odvětrává se volný CO_2 a voda se sytí

kyslíkem, přičemž dochází k rozpuštění dvojmocné formy iontů železa a manganu, které se následně převedou na nerozpustnou trojmocnou formu. [13]

Pokud je kaskáda v interiéru, je třeba volit pro stěny a strop místnosti odolné materiály a je třeba dbát na dokonalé odvětrání celého prostoru. Ještě účinnější je, když je v prostoru vytvořen mírný podtlak. Jako materiál pro kaskády je vhodný lomový drsný kámen (například žula) a hrubé nebo žádné spárování mezi kameny. [27]

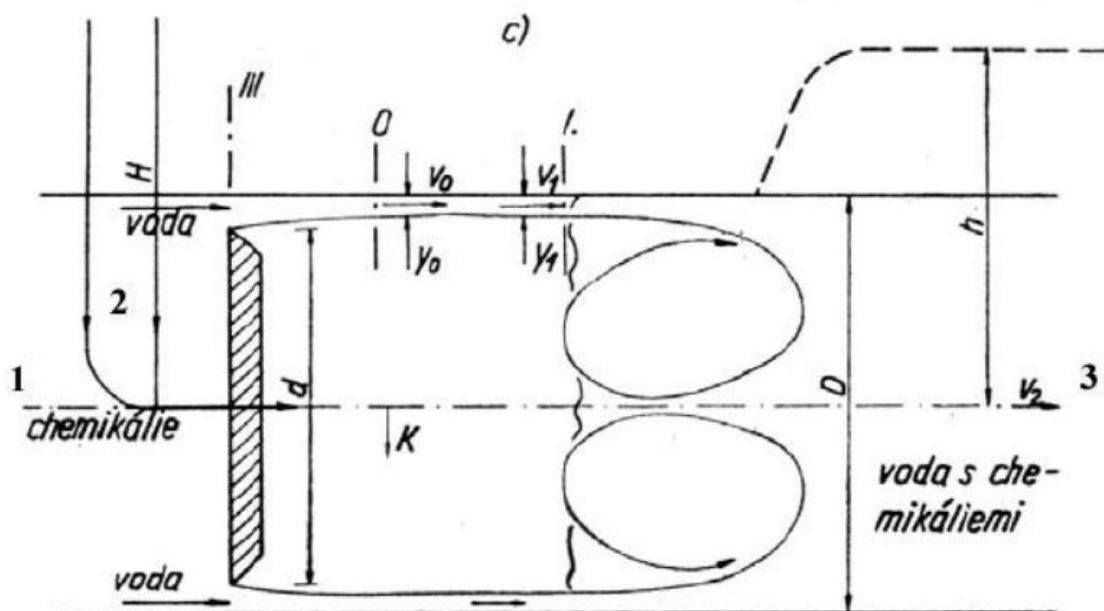


Obr. 2.1 Aerace vody – kaskáda [25]

Vodní skok a prstencový vodní skok

Vodní skok je velmi jednoduché provzdušňovací zařízení. Jde o přechod proudu o volné hladině z bystrinného do říčního proudění. Jeví se jako vlna na hladině obvykle pokrytá rotujícím vodním válcem.

Prstencový vodní skok je zařízení sloužící pro provzdušnění a současně pro intenzivní a rychlé míchání a homogenizaci dávkování chemikálie s upravovanou vodou. V prstencovém vodním skoku je protékající vodě vložena v potrubí překážka. Voda při zvýšené rychlosti překážku obtéká podél stěn potrubí a za překážkou se opět dostává do plného profilu potrubí prstencovým skokem. Za překážkou v potrubí vzniká turbulence a víry a tímto způsobem se chemikálie s vodou promísí a homogenizují. [27]



Obr. 2.2 Prstencový skok - typ Haindl [27]

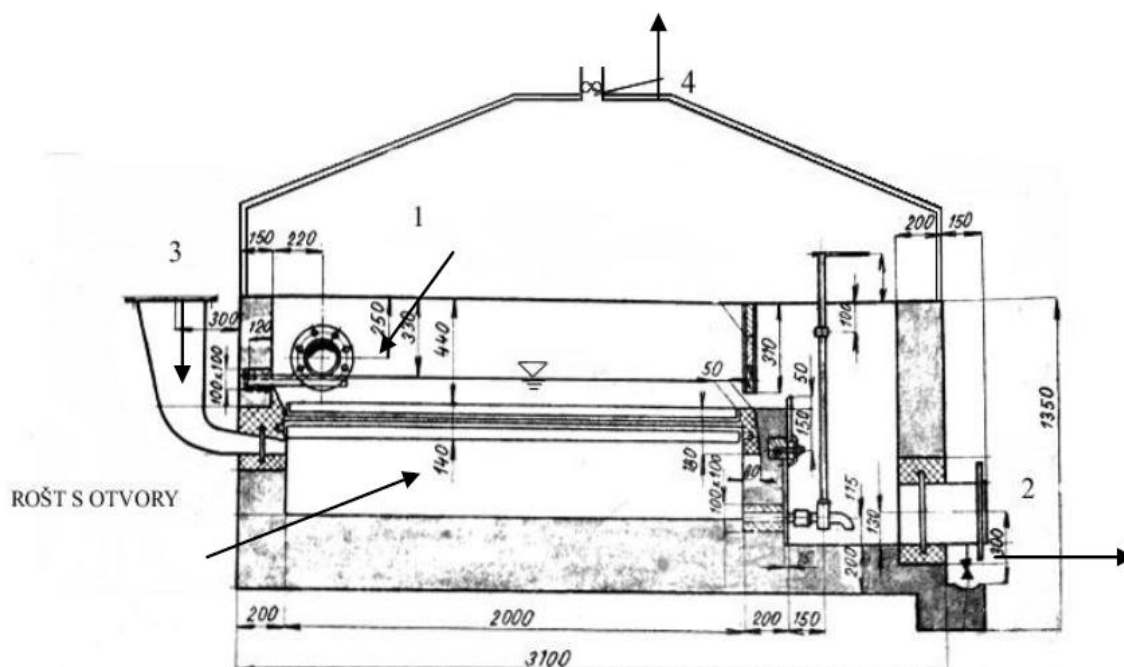
- 1- přítok upravované vody
- 2- dávkování chemikálie (koagulantu)
- 3- odtok homogenizované vody

Horizontální provzdušňovací věže

Jedná se o difuzorová provzdušňovací zařízení, jejichž principem je vhánění vzduchu děrovaným roštem do tenké vrstvy protékající upravované vody. Vrstvou vody proniká intenzivní proud vzduchu, voda vaří a bublá a je z ní takto vytěšňován volný oxid uhličitý a další plyny. Vytěšněné plyny spolu s vháněným vzduchem odcházejí nad hladinou bublající vody přirozeným odtahem nebo pomocí odtahových ventilátorů.

Rošt horizontálního provzdušňovacího zařízení se vyrábí z nerezového materiálu nebo z plastů. Otvary v roštu jsou kruhového tvaru a zabírají 2 až 3 třetiny plochy roštu. Výška vody nad roštem nepřesahuje 20 – 25 cm. Toto zařízení je velmi efektivní, protože pokud je odtah vytěšněných plynů kvalitní, dosahuje efektu 100% vytěšněného volného oxidu uhličitého. [27]

Pokud surová provzdušňovaná voda obsahuje velké množství železa a manganu, je toto zařízení pro aeraci nevhodné, protože dochází k zarůstání otvorů roštu oxidy velkého množství železa a manganu. Množství železa a manganu ve vodě pro tento typ aerace by neměl přesáhnout 3 – 5 mg/l. [27] Klasickým zařízením tohoto typu je INKA a další zařízení pracující na obdobném principu jako je Bubla aj.



Obr. 2.3 Zařízení INKA v železobetonovém provedení [27]

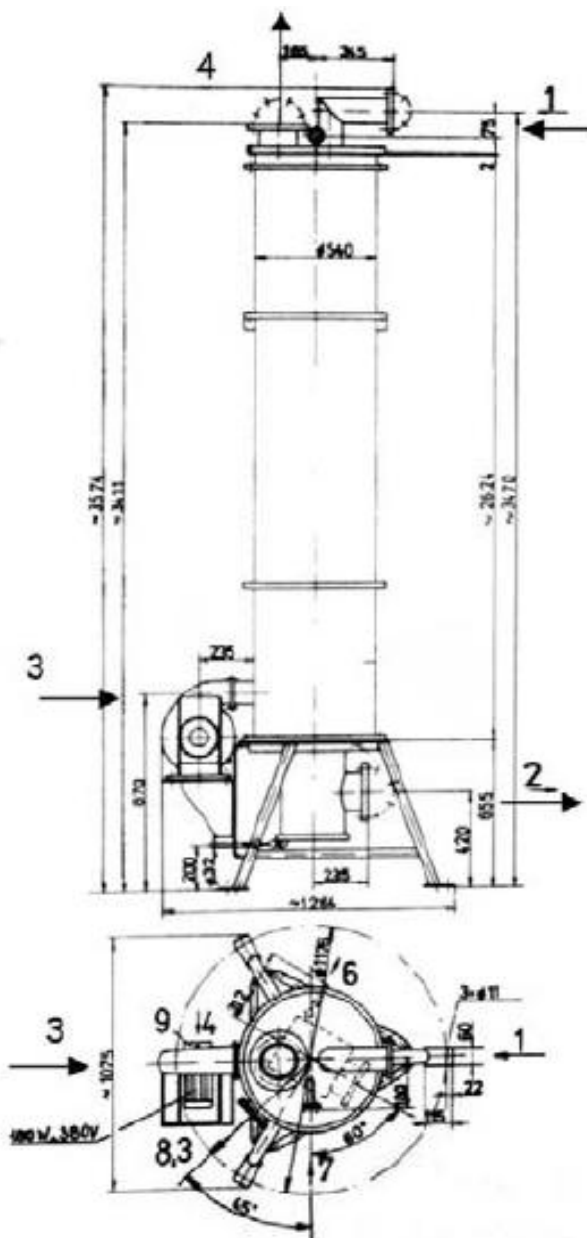
1 – přítok vody; 2 – odtok vody; 3 – přívod
vzduchu; 4 – odvod vzduchu do exteriéru budovy

Vertikální provzdušňovací věže

Vertikální provzdušňovací věže jsou nejrozšířenější provzdušňovací gravitační zařízení vertikálního typu. Vertikální věže jsou s půdorysem čtverce, kruhu či obdélníku s převládajícím vertikálním rozměrem a materiál pláště je vyroben z polypropenu nebo nerezové oceli. Při vertikálním způsobu provzdušnění je voda čerpána do horní části provzdušňovací kolony a gravitačně protéká přes vestavbu do dolní části, kde je odtok do sběrné akumulací nádrže nebo do akumulace vodojemu. Proti směru průtoku vody je vhnán tlakový vzduch, který je v horní části odváděn potrubním rozvodem. [14]

Věže mají buď přirozený průchod vzduchu proudící proti protékající vodě, nebo je vzduch do věže vhnán či naopak z ní odsáván. Průtok vody má směr shora dolů a průtok vzduchu zespodu nahoru. Provzdušňovací efekt je zajišťován vodou protékající v co nejmenších částicích tak, aby protiproud vzduchu účinně vytěsňoval z vody oxid uhličitý. V horní části věže jsou náplně různých granulátů nebo úlomků keramických nebo plastových materiálů o velkém povrchu. Jiný typ věží má ve své aktivní části zavěšeny vlnité desky či lamely, přes které shora dolů protéká provzdušňovaná voda. [27]

Provzdušňovací věže vertikální jsou energeticky méně náročné než horizontální, ale s ohledem na zarůstání a zanesení voštinových náplní nejsou vhodné pro znečištěné vody a vody s obsahem železa větším než 1 mg/l. Vyžadují rovněž umístění do objektů s vyššími stropy. [14] Provzdušňovacím zařízením vertikálního typu je Fuka.

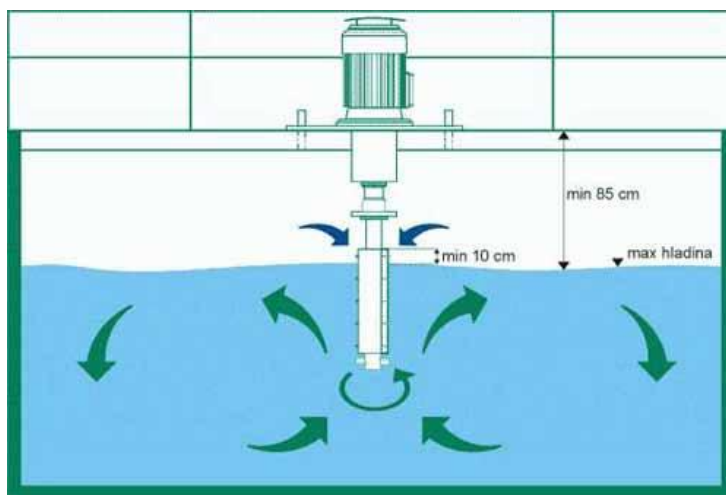


Obr. 2.4 Schéma aerační věže [27]

- 1 – vstup upravovanej vody
2 – výstup aerovanej vody
3 – vstup vzduchu (ventilátor)
4 – výstup smiesi vzduchu a CO₂

Turbína

Jedná se o aerátor se svislou osou rotace sloužící k syčení vody vzdušným kyslíkem při neustálém promíchávání obsahu nádrže. Především se využívá v aktivačních nádržích biologických čistíren odpadních vod splaškového i průmyslového charakteru. Aerátor se skládá z oběžného kola, hnací hřídele, převodovky, elektromotoru a nosné části, která může být stabilní nebo plovoucí. Elektromotor umístěný nad vodní hladinou pohání přes převodovku oběžné kolo ponořené v provzdušňované vodě. Oběžné kolo je opatřeno provzdušňovacími lopatkami a nadlehčováno dutinou uvnitř kola. Regulaci aerátoru lze provádět změnou otáček. [24]



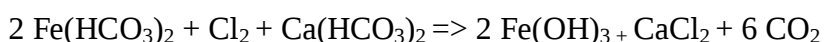
Obr. 2.5 Aerační turbína HKA [1]

2.2.2 Odstraňování chemickou oxidací

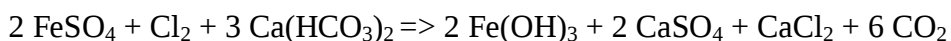
Oxidace chlorem

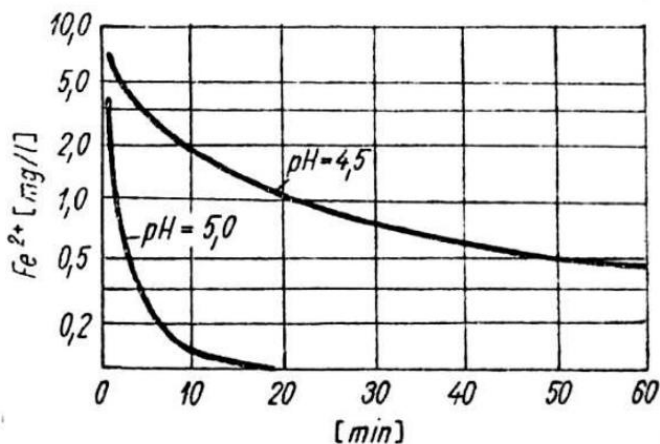
Oxidace chlorem vyžaduje kontrolu pH. Oxidace železa může probíhat již při pH menším než 7 a oxidace manganu vyžaduje pH větší než 8, a to po delší dobu. Proto je vhodné oxidaci chlorem použít v prvním stupni oxidace pro odstranění železa. [23]

Odželezovací oxidační reakce pro hydrogenuhličitaný probíhá podle rovnice:



Odželezovací oxidační reakce pro sírany probíhá podle rovnice:





Obr. 2.6 Průběh oxidace Fe^{2+} chlorem v závislosti na pH [27]

Oxidace 1 mg železa vyžaduje 0,647 mg chloru. Reakce probíhá rychle a je účinná již při hodnotě pH nad 5. S vyšší hodnotou pH se zvyšuje i rychlost reakce. V případě odmanganování se oxidace jenom chlorem používá vzácně, protože je třeba zajistit pH nad 7 a reakce by byla zdlouhavá. Proto se chlor používá pouze na oxidaci železa a manganaté sloučeniny jsou oxidovány následně např. manganistanem draselným. Časově je nutné obě reakce oddělit. Při dvoustupňové separaci se provede oxidace železa chlorem před prvním separačním stupněm a oxidace manganistanem draselným před druhým separačním stupněm. Výhodou použití chloru je skutečnost, že jde o levné oxidační činidlo. [27]

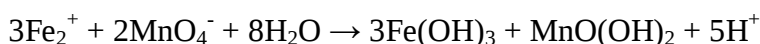
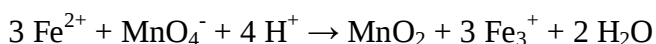
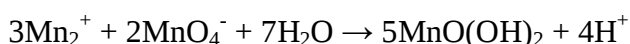
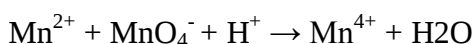
Oxidace manganistanem draselným

Manganistan draselný KMnO_4 je fialová až černá krystalická látka. Jeho hustota je 2,7 g/ml a rozpustnost 7,6 g/100 g vody při 25 °C. Používá se v koncentraci 3% roztoku. Manganistan draselný působí jako silné oxidační činidlo, je silnějším oxidačním činidlem než chlor a je schopen zoxidovat jak železo, tak mangan. Při jeho redukci v neutrálním prostředí vzniká nerozpustný oxid manganitý či manganičitý. Konkrétně manganistanový anion (MnO_4^-) oxiduje manganaté kationty (Mn^{2+}) za vzniku oxidu manganičitého MnO_2 (Mn^{4+}) či oxidu manganitého Mn_2O_3 (Mn^{3+}), které jsou nerozpustné a mohou být lehce odfiltrovány. Vznikající sraženina nemá zpravidla jednotnou stechiometrickou strukturu a nelze jí přiřadit celočíselný vzorec. [9]

Výhodou metody je jednoduchost provedení a nenáročnost na technologické vybavení. Další výhodou je rychlý průběh reakce i v oblasti neutrálních hodnot pH, odstranění některých virů a na rozdíl od použití chloru dochází k redukci trihalogenmethanů (zdravotně závadných látek vznikajících při chloraci). [8] Nevýhodou je určitá nepředvídatelnost reakce, toxicita manganistanu draselného a jeho nákladnost, proto je

zpravidla používán jen pro oxidaci manganu a nikoli železa, které se oxiduje relativně snadno i vzdušným kyslíkem. [9]

V praxi se může optimální dávka manganistanu značně lišit od dávky teoretické (optimální dávka může být až o polovinu nižší než dávka teoretická). [19] Vznikající hydratovaný oxid manganičitý má totiž katalytické účinky pro oxidaci manganatých iontů kyslíkem, čímž se provozní dávka oproti stechiometrii snižuje. Na druhou stranu je však manganistan draselný také spotřebováván i na další vedlejší oxidační reakce redukujících látek. V praxi je odželezování většinou prvním pracovním stupněm, kdy dochází současně k odkyselování vody, a následuje druhý stupeň odmanganování: [8]

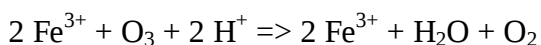


I přes zdánlivou jednoduchost aplikace manganistanu draselného je detailní chemismus některých reakcí nejasný, jelikož dochází k vedlejším reakcím, a praxe vyžaduje k optimálnímu průběhu reakce určitý přebytek manganistanu, který závisí i na ostatních složkách surové vody a fyzikálně-chemických vlastnostech.

Oxidace ozonem

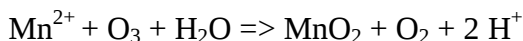
Ozon je nejrazantnějším oxidačním činidlem používaným v technologii vody. Ozon vyžaduje nákladné zařízení a je používán jen tam, kde má i další využití, např. pro oxidaci specifických organických látek nebo při hygienickém zabezpečení. Jedná se o nejsilnější oxidační činidlo, které oxiduje železo i mangan do vyššího stupně za velmi krátkou dobu, bez ohledu na hodnotu pH vody. [23] Při vyšších dávkách ozonu dochází k oxidaci manganu na vyšší oxidy manganu, což vytváří barevnost vody. Může dojít k oxidaci až do formy manganistanové a voda je zabarvena do fialova. [27]

Odželezování ozonem se používá u vod, v nichž je železo vázáno v organických komplexech např. s huminovými látkami. Tyto látky působí jako ochranné koloidy a brání vylučování vloček $\text{Fe}(\text{OH})_3$:



Na oxidaci 1 mg/l Fe^{2+} je zapotřebí teoreticky 0,43 mg ozonu. Rychlost oxidace je nezávislá na počáteční koncentraci železa ve vodě a na teplotě, ale závisí na době kontaktu odželezované vody s ozonem.

Oxidace Mn^{2+} ozonem probíhá velmi rychle podle následující reakce:



Na oxidaci 1 g Mn^{2+} je potřeba dávka ozonu 0,9 g. Dávkování musí být takové, aby došlo k oxidaci Mn^{2+} jen na MnO_2 , protože při přebytku ozonu vzniká MnO_4^- a voda se barví do fialova. [21]

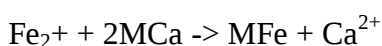
Oxidace alkalizací

Jelikož oxidace iontů Fe^{2+} a Mn^{2+} značně závisí na hodnotě pH, musí se většinou pro dosažení potřebného efektu voda alkalizovat, což se nejčastěji děje vápnem, popř. uhličitánem sodným a jen výjimečně hydroxidem sodným.

Železo ve vodě lze srážet alkáliemi jako např. hydroxidem vápenatým, uhličitánem sodným nebo hydroxidem sodným. Vzniká sraženina hydroxidu železnatého, která při vyšším pH a dostatku kyslíku oxiduje na hydroxid železitý. Rychlost oxidace je při hodnotě pH 4 velmi nízká, střední je při pH 6-8 a dále vzrůstá při zvyšování pH nad 8. Vápněním se odstraňuje také agresivní oxid uhličitý, při jeho vysoké koncentraci musí být voda nejprve odkyselena. [21]

2.2.3 Odstraňování metodou iontové výměny

Přírodní i umělé anorganické i organické látky mají schopnost vyměňovat ionty. V úpravě vody jsou nejčastěji používány umělé pryskyřice na bázi polymerů. Podle znaménka náboje rozeznáváme dva základní druhy měničů iontů (ionexů), a to katexy (měniče kationtů), jejichž disociované funkční skupiny mají záporný náboj, a proto přitažlivými elektrostatickými silami poutají kationty, a anexy, jejichž disociované funkční skupiny mají kladný náboj, což umožňuje poutat anionty. Pro odstranění železa Fe^{2+} do maximální koncentrace 5 mg/l lze použít měniče kationtů, pracující v sodíkovém nebo vápníkovém cyklu:



K regeneraci měniče se používá buď 2% roztok chloridu sodného, nebo 5% roztok chloridu vápenatého, přičemž odželezovaná voda musí mít nízký obsah vápníku a hořčíku. [21]

Tato metoda se v praxi nepoužívá. Metoda je známa spíše jako speciální úprava vody pro průmyslové účely. [27]

2.2.4 Odstraňování biologickým způsobem

Mezi biologické a mikrobiologické procesy patří likvidace producentů konzumenty (děje se v přírodním prostředí mimo úpravnu vody) a likvidace organického či anorganického znečištění působením mikroorganismů živočišného či rostlinného původu (jedná se o aerobní mikroorganismy a řasy). Aerobní mikroorganismy a řasy odstraňují vedle organického znečištění i nežádoucí mikroby a koliformní zárodky. Tento proces je nazýván mineralizací organického znečištění.

V přírodě tak dochází k oxidaci železa a manganu nejen chemicky, ale také biochemicky za účasti bakterií. Železité a manganové bakterie mají svůj metabolismus založen na oxidaci železa a manganu a mají různý způsob využívání železitých a manganových sloučenin, kdy oxidací uvolněnou energii využívají pro svůj metabolismus. V příznivých podmínkách probíhá oxidace velmi rychle. Ke známým rodům bakterií patří rody *Leptothrix*, *Crenothrix*, *Clonothrix*, *Siderococcus*, *Siderocapsa*, *Ferrobacillus*, *Galionella*, *Thiobacillus* a další. Lze je rozdělit na autotrofní a organotrofní bakterie. Autotrofní bakterie se vyskytují ve vodách oligotrofního charakteru (vody s nízkým obsahem živin, zejména dusíku a fosforu) a přijímají dvojmocné železo a mangan do svých buněk, přičemž jim oxidační procesy poskytují energii. Vyloučené množství oxidů je u autotrofních bakterií několikanásobně větší než obsah buněk. Organotrofní bakterie nepřijímají železo a mangan do buňky, ale dochází k vnější adsorpci. Narozdíl od autotrofních bakterií je u organotrofních bakterií vyloučené množství oxidů menší než obsah buněk a oxidační procesy neposkytují energii. Organotrofní bakterie se vyskytují v eutrofních vodách (s vysokým obsahem živin). [3]

Metabolismus některých autotrofních bakterií je založen na oxidaci Fe^{2+} na Fe^{3+} . Způsob předpokládá, že surová voda obsahuje amoniak. K optimálním podmínkám patří obsah rozpuštěného kyslíku 0,2 – 0,5 mg/l, hodnota pH 6,3 a hodnota oxidačně redukčního potenciálu 100 mV.

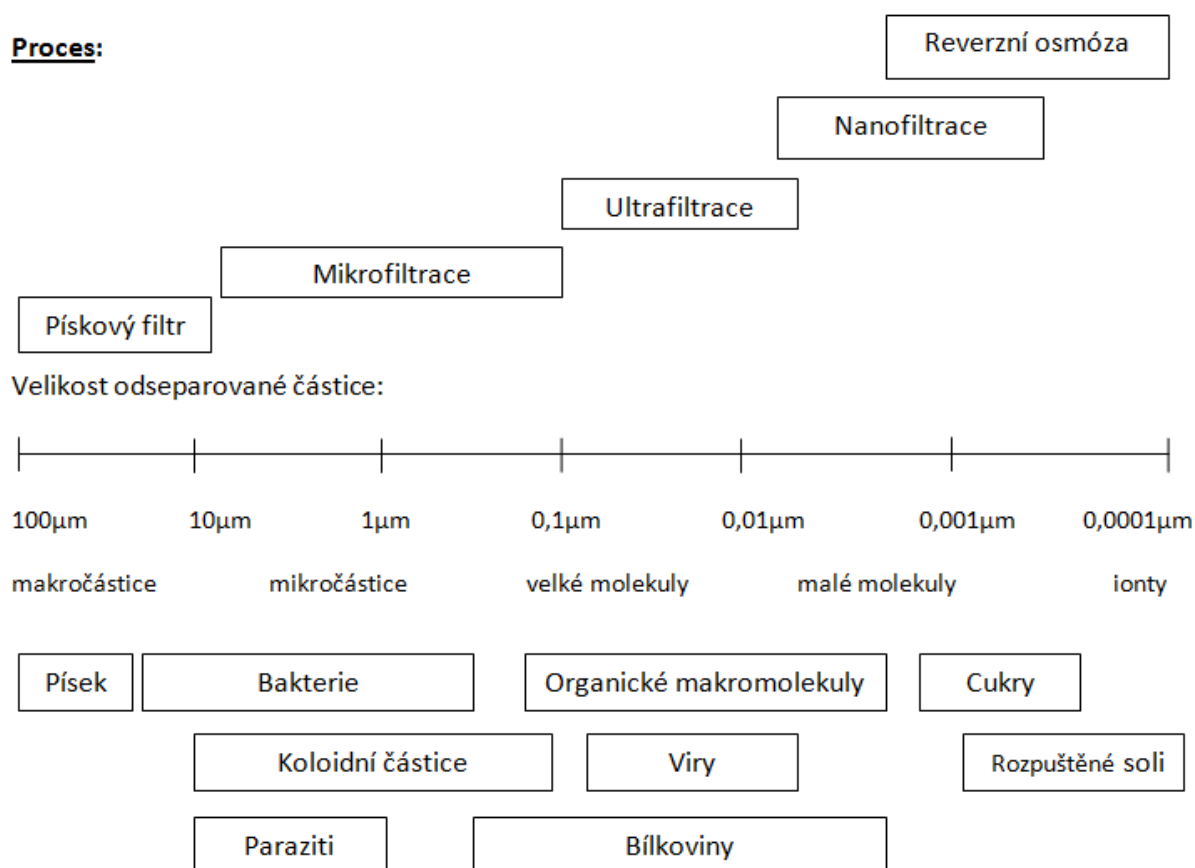
V případě manganu některé bakterie způsobují jeho oxidaci nepřímo v důsledku zvýšení pH spojeného s jejich rozmnožováním. Jiné bakterie oxidují mangan pomocí svých vnitrobuněčných enzymů, případně adsorbují mangan rozpuštěný na povrchu buněčné membrány a k jeho oxidaci pak dochází pomocí mimobuněčných enzymů. Mangan se poté koncentruje do vrstvy, která obklopuje buňku nebo skupinu buněk. Pro rozvoj těchto bakterií je třeba prostředí s hodnotou oxidačně redukčního potenciálu nad 400 mV. Klesne-li hodnota potenciálu, mohou určité bakterie opět rozpouštět akumulovaný mangan a převádět jej tak z nerozpustné formy MnO_2 na disociovaný kationt Mn^{2+} . Přítomnost snadno rozložitelných organických látek ve vodě urychluje metabolismus některých manganových bakterií, ale obecně platí, že růst bakterií oxidujících mangan je pomalejší

než bakterií oxidujících železo. Nevýhodou procesu je poměrně dlouhá doba zapracování. [21]

2.2.5 Tlakové membránové procesy

Jedny z alternativních fyzikálně-chemických metod, které byly navrženy k usnadnění a zefektivnění procesu odželezování a odmanganování se nazývají tlakové membránové procesy. Principem je filtrace vody přes membránový modul. Podstatou této technologie jsou polopropustné membrány propouštějící molekuly vody a podle typu membrány pak jen další částice určité velikosti. Polopropustné membrány jsou charakterizovány především velikostí pórů, které určují i velikost částic jimi procházejících. [7]

Tlakové membránové procesy odstraňují železo a mangan ve větších objemech než je tomu u běžné filtrace. Dochází k membránové separaci nerozpuštěných hydroxidů železa a manganu. Pro tlakové membránové procesy jsou vhodné dva přístupy: přímá membránová separace nebo kombinace oxidace a membránové separace. Lze použít mikrofiltraci, ultrafiltraci, nanofiltraci i reverzní osmózu. [8] Pomocí nanofiltrace a reverzní osmózy lze zachytit i některé rozpuštěné molekuly a ionty:

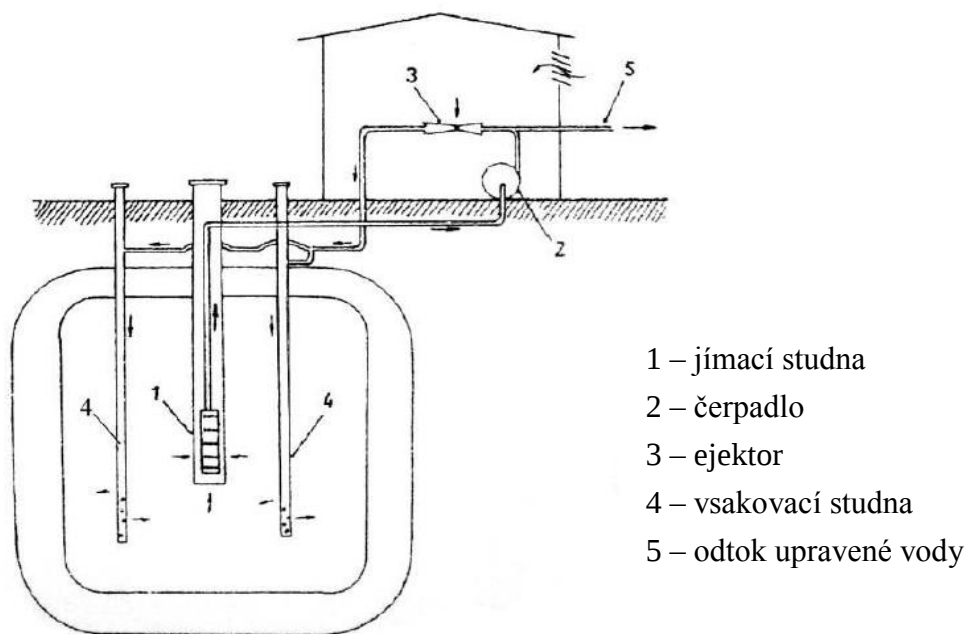


Obr. 2.7 Přehled procesů membránové separace v závislosti na velikosti částic [7]

Membránové moduly jsou umístěny většinou ve speciálním odděleném systému, přes který je filtrované medium čerpáno. Čím jsou póry použité membrány menší, tím je zapotřebí většího provozního tlaku. Membrány jsou vyráběny z keramických, plastických nebo organických materiálů a mohou být uspořádány v různých tvarových vyhotoveních. Nevýhodou této metody je náchylnost membrán k ucpávání, kvůli kterému je třeba zajistit vhodný stupeň předčištění. [7]

2.2.6 Odstraňování v horninovém prostředí

V poslední době je stále častěji využívána tzv. metoda in-situ, kdy oxidace železa a manganu a separace vyšších hydratovaných oxidů z vody je prováděna přímo v horninovém prostředí ve zvodnělé vrstvě. Metoda je založena na jednoduchém principu, kdy dochází k provzdušňování jímání podzemní vody a zpětnému zasakování do zvodnělé vrstvy. V procesu dochází jak k čistým chemickým reakcím, tak reakcím biochemickým železitými a manganovými bakteriemi. [23] Způsob je znám také pod názvem Vyredox. Používá se centrální jímací vrt obklopený prstencem pěti až osmi zasakovacích vrtů. V první fázi se po dobu 20 až 30 hodin vhání do zasakovacích vrtů provzdušněná a bublin zbavená voda. Každý vrt je vybaven čerpadlem. Podzemní voda z jednoho vrtu je čerpána přes provzdušňovací stanici a odlučovač bublin vzduchu do sousední studny v prstenci. Tím se mezi dvojicemi vrtů v prstenci vytvoří depresní kužel provzdušněné vody. Z centrálního vrtu se odebírá odželezená voda. Způsob se doporučuje pro vody, v nichž obsah Fe^{2+} není vyšší než 0,5 mg/l. [21]



Obr. 2.8 Schéma okruhu Vyredox [27]

2.2.7 Filtrace

Specifickým typem filtrace je filtrace na manganičitých filtrech, neboli kontaktní filtrace. Mangan je separovatelný při kontaktní oxidaci na zrnitém materiálu za přítomnosti katalyzátoru. Při oxidaci dochází k tvorbě povlaku na povrchu filtrační náplně, který slouží jako katalyzátor oxidační reakce. Oxidační stav povlaku náplně $\text{MnO}_x(\text{s})$ spolu s koncentrací povlaku náplně ovlivňuje efektivnost odstraňování manganu. Na různých filtračních náplních dochází k tvorbě povlaků s různými schopnostmi odstraňovat rozpuštěný mangan z vody. Při tomto způsobu odstraňování, především manganu, se používají buď přirozené, nebo uměle preparované filtrační materiály. Z přirozených materiálů je nejrozšířenější pyroluzit MnO_2 (manganová pěna), který má velký aktivní povrch. Z umělých materiálů jsou používány kaolínové a plavené písky, preparované ve vlastních filtrech. Kromě klasického preparovaného filtračního písku se v současnosti využívají různé materiály s vytvořenou oxidační vrstvičkou na povrchu zrn filtrační náplně. Některé z těchto materiálů jsou Klinopur Mn, Greensand, Birm, Culsorb M, Everzit Mn a MTM: [4]

- Klinopur Mn je aktivovaný zeolit – klinoptilolit vyráběný na Slovensku. Uměle vytvořená vrstvička oxidů manganu umožňuje použití tohoto materiálu při kontaktní filtraci;
- Birm je granulované filtrační médium dovážené z USA. Jde o speciálně vyvinutý materiál s vrstvou oxidu manganičitého na povrchu. Pro Birm se doporučuje použít pH vody v oblasti hodnot 6,8 - 9;
- Greensand je glaukonitový minerál zeolitového typu dovážený z USA, který se vyrábí z glaukonitového písku, který se aktivuje manganistanem draselným. Výsledný produkt je granulovaný materiál, který je obalený vrstvou oxidu manganičitého a dalšími vyššími oxidy manganu. Po vyčerpání oxidační kapacity se lože regeneruje roztokem manganistanu draselného, přičemž frekvence regenerace závisí na množství železa a manganu, kyslíku ve vodě a velikosti filtru. Doporučené pH vody pro tento materiál je 6,2 - 8,5;
- Culsorb M je vyroben ze speciálně preparovaných zelených písků, které mají vysokou katalytickou schopnost. Filtrační náplň je třeba pravidelně nebo průběžně regenerovat manganistanem draselným;
- Everzit Mn je granulovaná směs oxidů Mn, Fe, Si a Al. Aktivní povrch Everzitu Mn umožňuje oxidace rozpuštěného železa a manganu ve vodě s obsahem kyslíku. Na rozdíl od materiálu Birm a Greensand je Everzit možné použít pro vody s pH nad 6,5 a není třeba jeho regenerace manganistanem draselným;

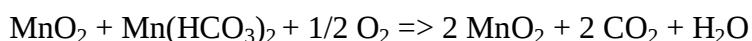
- Materiál MTM je granulovaný oxid manganičitý používaný pro redukci železa, manganu a sulfanu ve vodě. Jeho aktivní povrch oxiduje rozpuštěné železo a mangan. MTM je možné použít pro vody s pH 6,2 - 8,5 a voda nemusí obsahovat rozpuštěný kyslík. Po vyčerpání oxidační kapacity je třeba materiál oxidovat manganistanem draselným. Používá se regenerační roztok o koncentraci 0,5 - 2 kg (suché váhy) KMnO_4/m^3 . Provoz filtru a jeho oxidační činnost se na vzduchu snižují a může dojít i k jeho zabarvení. KMnO_4 může být i předávkován k udržení potřebné kapacity materiálu. [4]

Tab. 2.4 Filtrační materiály a některé jejich parametry [4]

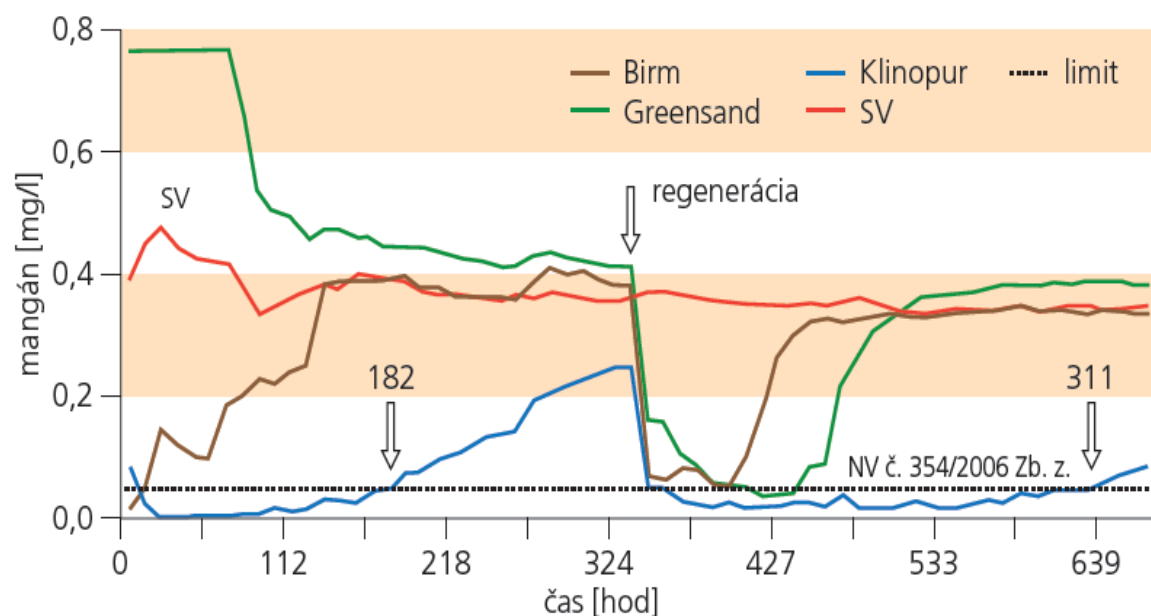
Materiál	Klinoptilolit	Birm	Greensand	Křemičitý písek
Zrnitost [mm]	0,3 - 2,5	0,48 - 2	0,25 - 0,8	0,7 - 2
Měrná hmotnost [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]	2,39	2	2,4 - 2,9	2,66
Sypná hmotnost [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]	0,84	0,7 - 0,8	1,36	1,55
Pórovitost [%]	64,8	-	-	41,7

Při odželezování proces vyžaduje zpravidla hodnoty pH 7,5 - 8 a při odmanganování pH minimálně 8. Filtry, v nichž dochází k vylučování manganu, vyžadují dokonale pracující systém regenerace vzduchem a vodou. Vytváření umělých povlaků na filtračním písku může být urychleno i již zmíněným přidáváním oxidačního činidla – manganistanu draselného. Katalytické odstraňování bez soustavného dodávání chemikálií je účinné jen tehdy, je-li ve filtrované vodě nadbytek kyslíku jako vlastního oxidačního činidla. V praxi se počítá na 1 mg železa provzdušované vody nejméně 2 litry vzduchu a na 1 mg manganu 4 litry vzduchu. [4]

Schéma oxidačních procesů lze vyjádřit touto rovnicí:

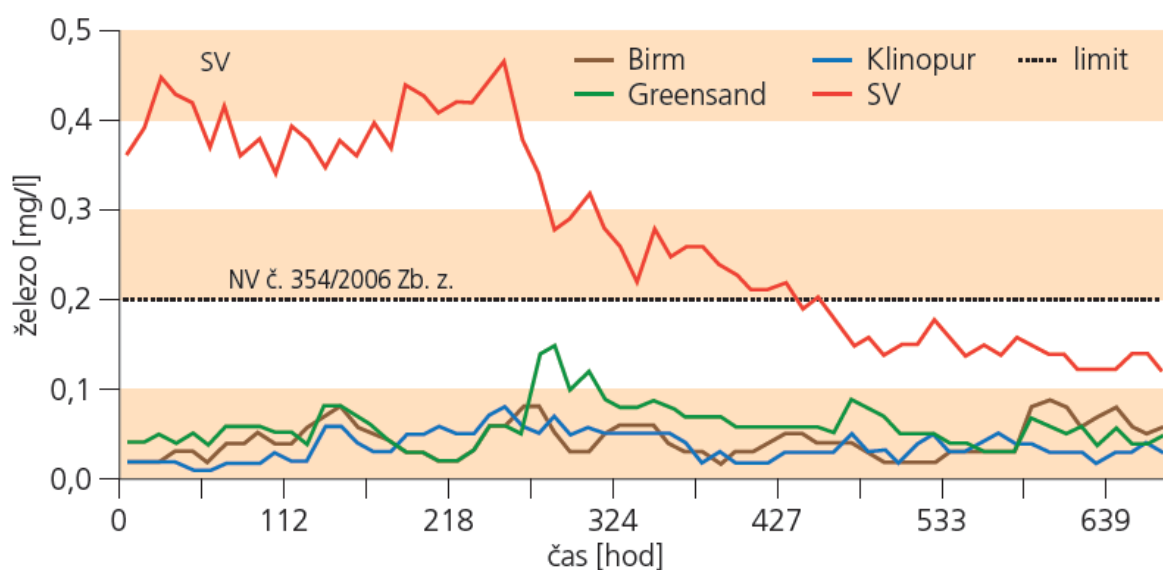


Podle výsledků experimentu prováděného v lokalitě Rohatec u Hodonína, při kterém byly použity tři filtrační kolony naplněné materiály Birm, Greensand a Klinopur Mn, je nejúčinnějším materiálem Klinopur Mn. Použitá adsorpční kolona byla ze skla, přičemž průměr kolony byl 5 cm a výška kolony 2 m, plocha kolony $19,635 \text{ cm}^2$ a výška filtračního média 120 cm u Greensandu a 125 cm u Birmu a Klinopuru Mn. Surová voda přecházela přes filtrační kolony ve směru shora dolů s průměrnou filtrační rychlostí v hodnotách 8,56 m/hod (Klinopur Mn, Greensand) a 9,02 m/h (Birm). Celkový čas filtrace u Klinopuru Mn při odmanganování vody byl 1 293 hodin a přefiltrováno bylo $21,5 \text{ m}^3$ vody, přičemž Klinopur Mn udržel svou účinnost i po překročení limitu manganu 0,05 mg/l. [4]



Obr. 2.9 Průběh odstraňování manganu během filtrace vody v Rohatci – srovnání filtračních materiálů (šípky značí regeneraci s KMnO_4) [4]

Při odželezování byl sledován limit 0,2 mg/l. Materiály byly srovnatelně účinné a udržovaly účinnost pod sledovaným limitem. Materiály Birm a Greensand vykazovaly při odželezování vody vyšší účinnost než při odmanganování vody. Klinopur-Mn byl velmi účinný jak při odmanganování, tak při odželezování vody. [4]



Obr. 2.10 Průběh odstraňování železa během filtrace vody v Rohatci – srovnání filtračních materiálů [4]

2.3 PŘÍKLAD ÚPRAVY VODY Z PODZEMNÍHO ZDROJE

Na obrázku 2.11 uvádím příklad úpravy vody z podzemního zdroje se zvýšeným obsahem železa a manganu a s průtokem do 20 l/s. Množství železa a manganu uvažuji do 5 mg/l a proto volím pouze jednostupňovou separaci.

Voda bude čerpána ze studní a odvedena do sběrné jímky, odkud bude čerpána do samotné úpravně vody. Pro oxidaci železnatých a manganatých sloučenin navrhuji provzdušnění, a to například provzdušňovací zařízení Bubla. Vzduch pro aeraci je získávám dmychadlem. Čerpadlo i provzdušňovací zařízení jsou voleny v počtu dvou kusů pro případ poruchy na jednom zařízení.

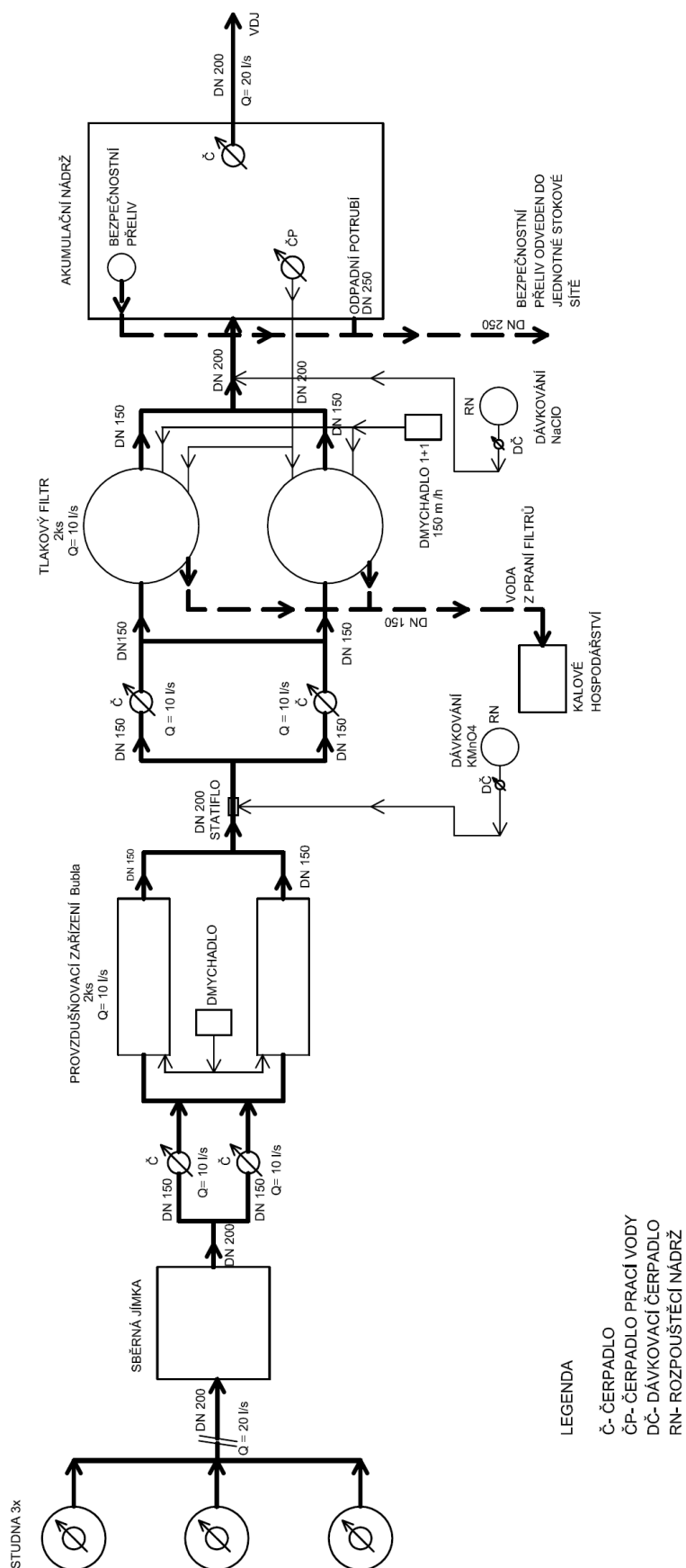
Jako koagulant volím manganistan draselný, který současně působí oxidaci manganatých solí a tím jejich lepší odstranitelnost z vody. Koagulant bude dávkován do potrubí, kde smíchání s vodou proběhne ve statickém mísiči Statiflo, který využívá systém dvou mísičů propojených do jednoho celku. Zde bude probíhat první fáze koagulace, a to perikinetická.

Následnými čerpadly bude voda vytlačena na dva tlakové filtry, které jsou jediným stupněm v úpravně vody. Jedná se zde o filtraci koagulační. Při koagulační filtraci dochází k tvorbě vloček před filtračním ložem před průchodem filtrační komorou. Za statorovým mísičem tak dochází cestou do filtru k druhé fázi koagulace, a to ortokinetické. Separace suspenze probíhá přímo ve filtračním loži a jsou odstraněny všechny nerozpuštěné látky včetně vzniklého kalu z koagulantu.

Voda je přiváděna do horní části filtru nad filtrační hmotu, kterou prochází až k filtračním tryskám, kterými protéká až do spodní části filtru. Prací voda se přivádí do spodní části a odvádí se horní částí. Prací vzduch se vyrábí v úpravně vody dmychadly a je přiváděn pod mezidno filtru.

Prací voda je do filtrů čerpána pracími čerpadly, která sají upravenou vodu z akumulární nádrže upravené vody, a odtéká do kalového hospodářství.

Jako dezinfekce je dávkován chlornan sodný. Upravená voda se akumuluje v nádrži, odkud může být nasávána čerpadlem a rozváděna příváděcími řady do předávacích objektů.



Obr. 2.11 Provozně technologické schéma úpravy vody do 20 l/s

3 PŘEHLED ZAŘÍZENÍ POUŽÍVANÝCH K ODSTRAŇOVÁNÍ ŽELEZA A MANGANU PŘI ÚPRAVĚ VODY

Tato část práce zmiňuje konkrétní zařízení používaná k odstraňování železa a manganu při úpravě vody. Využita jsou data získaná od vodohospodářských firem.

3.1 VODNÍ ZDROJE EKOMONITOR SPOL. S R.O.

Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. je firma se sídlem v Chrudimi. Provádí sanace zemin a vod, staré ekologické zátěže, sanace skládek, monitoring, průzkumné práce, realizuje úpravy vody, vodovody a kanalizace. Dále firma zhotovuje analýzy rizik a posudky EIA a vyrábí čistírny odpadních vod, odlučovače, nádrže a filtry.

Úpravy vody vyráběné a dodávané firmou Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. jsou technologie určené pro výrobu pitné vody z obvyklých zdrojů vody tj. z vody povrchové a z vody podzemní. Realizaci úprav zajišťuje pro zákazníky komplexně, což znamená od provedení rozborů surové neupravené vody, přes zpracování technologické i stavební části projektu, až po výstavbu úpravy vody. [30]

3.1.1 Provzdušňovací věže SK

Provzdušňovací věž SK je zařízení sloužící k intenzivnímu provzdušnění vody a odvětrání nežádoucích látek. Provzdušňování probíhá v orientované vestavbě VS-1. Vestavbu vyrábí Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o. Vestavba je patentově chráněna a provzdušňovací věž je certifikovaná Strojírenským zkušebním ústavem, s. p. Brno. Provzdušňovací věž je stojatá nádoba čtvercového průřezu, skládající se z části hlavové, ze středových dílů s vestavbou a části patní. Uvedené části věže jsou spojeny přírubami. Voda je přiváděna do hlavy věže. Dle směru výstupu vzduchu je hlava dodávána jako „hlava velká“ vývod horizontální, nebo „hlava malá“ vývod vertikální. Na patě je výstup vody, bezpečnostní přeliv a odkalovací otvor. Ventilátor na přívod čistého vzduchu je připojen na patu věže. Vývod vzduchu z kolony je v hlavové části. Pokud je to nutné, je možno ventilátor namontovat na odtah vzduchu z věže nebo kamkoli jinde na vzduchotechnické potrubí. [30]

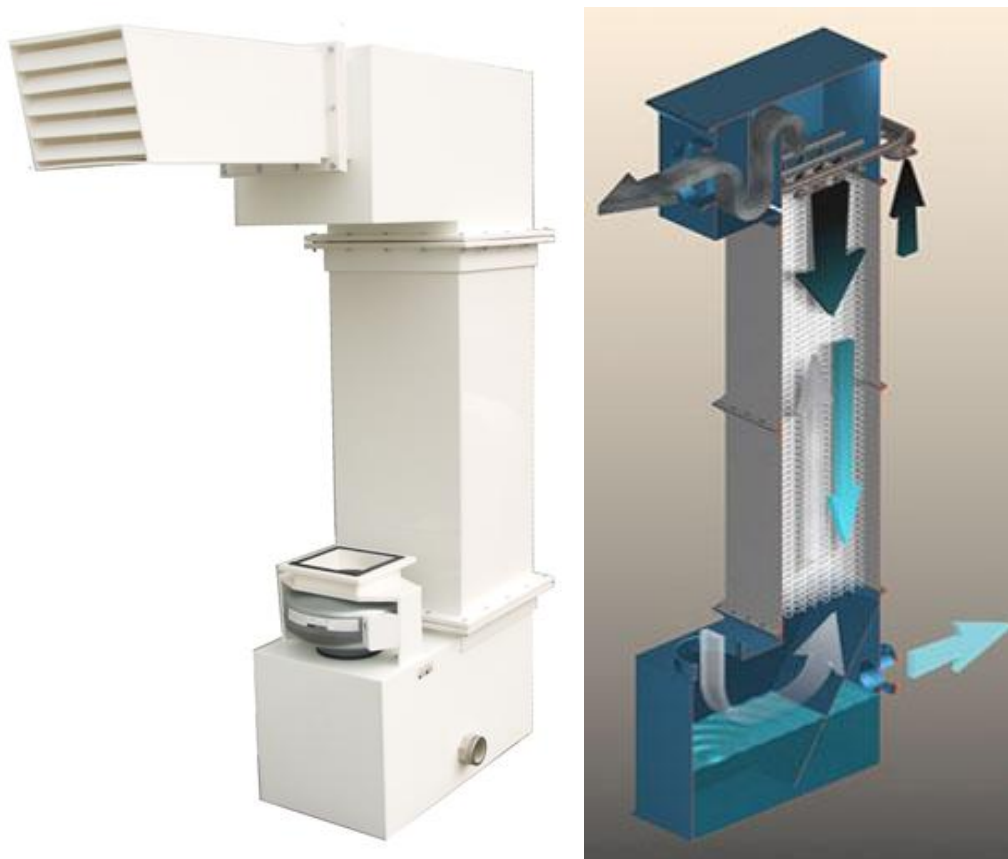
Jednotlivé díly věže je možno proti sobě libovolně otočit o 90°. Vstup vody může být levý, zadní nebo pravý a výstup vody může být přední, zadní nebo dolní. Po dohodě je možno jednotlivé díly upravit dle zadání zákazníka.

Výška věže je dána požadovanou účinnou délkou vestavby. Délku vestavby firma počítá pro konkrétní chemickou látku ze vstupních a požadovaných výstupních koncentrací.

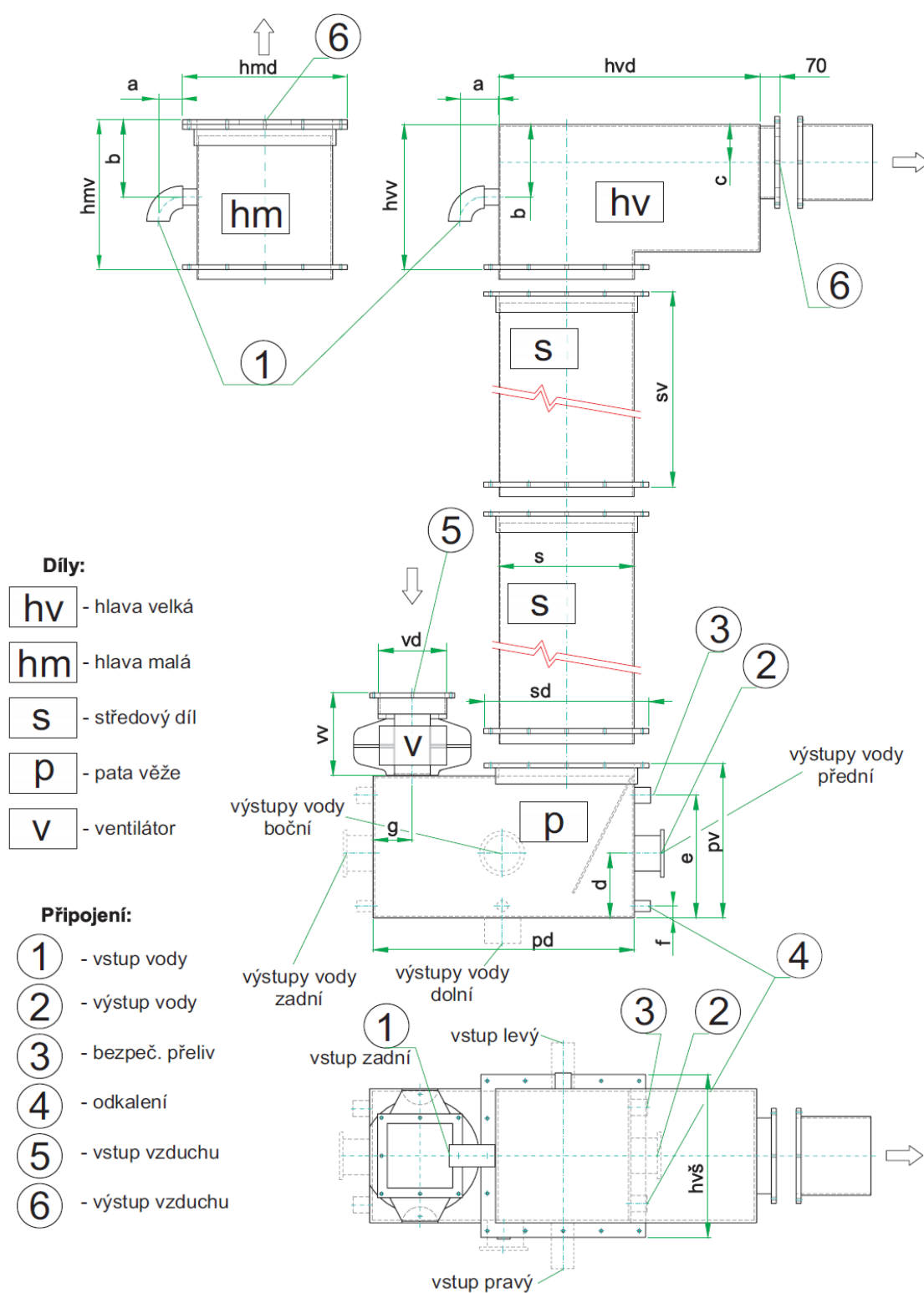
Plášť provzdušňovací věže je vyroben z oceli třídy 11, z nerezové oceli nebo z polypropylenu. Vestavba je vyrobena z tvarované polypropylenové síťoviny. Středové díly jsou vyplněny orientovanou vestavbou z polypropylenové síťoviny. [30]

Tab. 3.1 Technické parametry: Provzdušňovací věž SK - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. [30]

Název věže	max. průtok l/s	průřez věže mm	číslo JKPOV
SK - 20	1	200 x 200	436 322 504 028
SK - 40	4	400 x 400	436 322 504 048
SK - 60	9	600 x 600	436 322 504 068
SK - 80	16	800 x 800	436 322 504 088
SK - 100	25	1000 x 1000	436 322 504 108
SK - 120	36	1200 x 1200	436 322 504 128
SK - 140	49	1400 x 1400	436 322 504 148
SK - 160	64	1600 x 1600	436 322 504 168



Obr. 3.1 Provzdušňovací věž SK - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. [30]



Obr. 3.2 Technický výkres: Provozdušňovací věž SK - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. [30]

Tab. 3.2 Technické parametry: Provozdušňovací věž SK – Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. [30]

		SK 40	SK 60	SK 80
max. průtok (l/s)		3	6	12
max. průtok (m ³ /hod)		11	22	43
Rozměry dílů odkaz				
hlava velká (hv)				
hlava velká délka	hvd	800	1200	1400
hlava velká výška	hvv	460	460	660
hlava velká šířka ¹	hvš	500	700	900
vstup vody	a	100	110	120
výstup vody	b	60	60	190
výstup vzduchu	c	150	200	205
hlava malá (hm)				
hlava malá délka	hmd	500	700	900
hlava malá výška	hmv	290	290	390
vstup vody	a	100	110	102
výstup vody	b	60	60	190
středový díl (s)				
středový díl	s	400	600	800
středový díl délka	sd	500	700	900
středový díl výška ²	sv	max. 1200	max. 1000	max. 800
pata (p)				
pata délka ³	pd	800	1200	1400
pata výška (min.) ³	p _v	420	520	840
výtok vody	d	190	200	300
bezpečnostní přeliv	e	320	400	700
odkalení	f	40	40	40
vstup vzduchu	g	150	250	250
ventilátor (v)				
ventilátor přípoj. rozměry	vd	160	Ø 315/379	Ø 400/480
ventilátor výška ⁴	vv	170	285	315
ventilátor váha (kg)		2,8	12,4	17,5
přípojovací rozměry				
voda vstup	①	G 2"	DN80/PN10	DN100/PN10
voda výstup	②	DN100/PN10	DN 125/PN10	DN150/PN10
voda bezpeč. přeliv	③	G 2"	DN80/PN10	DN100/PN10
voda odkalení	④	G 2"	G 2"	G 2"
vzduch vstup	⑤	Ø 160x1,8	Ø 315x2,5	Ø 400x3,2
vzduch výstup	⑥	220x200 (Ø 160x1,8)	315x315 (Ø 315x2,5)	400x400 (Ø 400x3,2)

¹ šířka hlavy velké, malé, střed. dílu a paty je stejná (hvš=h_mš=sš=pš)

² středový díl výška v modulu 200 mm, od 400 do 1400 mm

³ rozměry paty dle požadavku zákazníka, patu možno navrhnout jako akum. nádrž, běžně kolem 1 m³

⁴ výška dle typu ventilátoru, typ je určen dle množ. vzduchu a tlak. ztráty

Velikost a umístění připojovacích hrdel je možné měnit podle potřeby pro co nejjednodušší zakomponování věže do úpravárenské technologie. Nejvyšší pracovní teplota je 80°C. Návrh typu provzdušňovací věže je zpracován individuálně na základě požadovaného výkonu v l/s, vstupních koncentrací látek v surové vodě, požadované koncentrace na výstupu a požadavku na materiálové provedení. V případě požadavku zákazníka je věž vybavena filtrem vzduchu na sacím potrubí před vstupem vzduchu do věže. Filtr je předepsán u věží pro úpravu pitné vody.

Standardním příslušenstvím provzdušňovacích věží je spojovací materiál a těsnění pro spojení jednotlivých částí věže, ventilátor, spojovací materiál a těsnění pro připojení ventilátoru, spojovací materiál a těsnění pro připojení vzduchotechnického potrubí, vodní uzávěr, vestavba VS-1, spojovací materiál pro připojení svrchní desky hlavové části věže, demister (odlučovač kapek) a náplň demisteru.

Provzdušňovací věž řady SK je přizpůsobena k připojení na zařízení pro filtraci vzduchu odcházejícího z výduchu věže. Filtrační zařízení na výstupu vzduchu odstraňuje obvykle těkavé látky, které se zachycují na náplni filtru. Filtr je navržen tak, aby vyhovoval příslušným emisním limitům. Dodávaný ventilátor je příkonově optimalizovaný na výkon věže a tlakové ztráty filtrů. [30]

3.1.2 Horizontální provzdušňovače

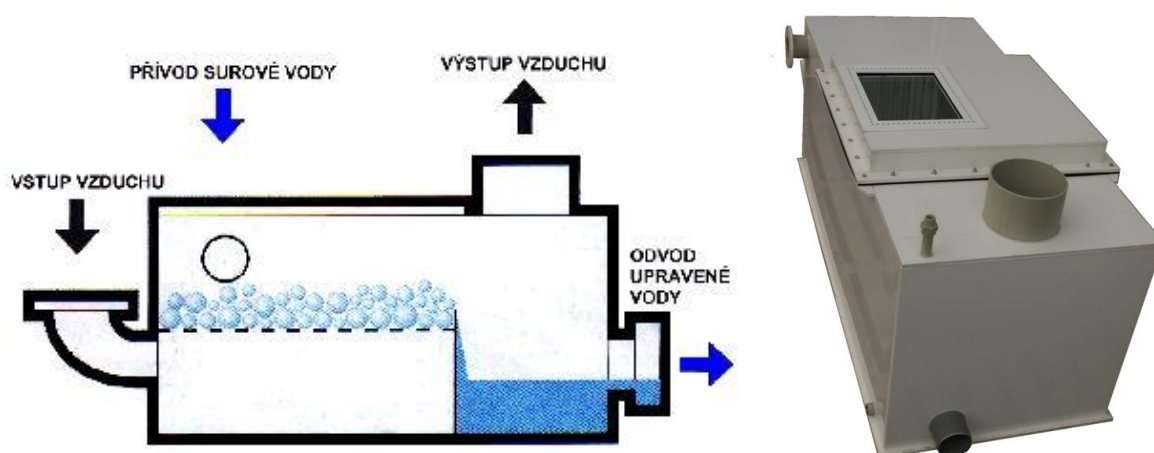
Horizontální provzdušňovače vody (dále jen „HPV“) jsou zařízení pracující na principu kontinuální nízkotlaké aerace úzké vrstvy vody. Na rozdíl od jiných typů provzdušňovačů jsou to mimořádně odolná zařízení vůči nepříznivým účinkům silně železitých vod s vysokou hodnotou přechodné tvrdosti vody. Vzhledem ke konstrukci HPV je snadné odstranění případného zanášení vnitřních prostor provzdušňovače v důsledku dlouhodobého provozu na silně železitých vodách.

Při odželezování a odmanganování vody na úpravárnách se používají HPV jako první stupeň technologie úpravy vody spočívající v nasycení podzemní vody vzdušným kyslíkem na koncentrace od 8 mg/l do 11 mg/l.

Zařízení HPV se skládá z tělesa provzdušňovače a vysokotlakého ventilátoru. Podle potřeby může být vybaveno ještě akumulací nádrží na výstupní vodu, vzduchovým sorpčním filtrem pro zachycení těkavých látek a plynu ze stripovacího vzduchu a zařízením k vícenásobné recirkulaci upravované vody. [30]

Tab. 3.3 Technické parametry: Horizontální provzdušňovače - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. [30]

Typ HPV	Průtok vody l/s	Základní rozměry		
		Délka L	Šířka B	Výška H
HPV1	1	1300	550	800
HPV2	2	1500	730	800
HPV3	3	1900	880	800
HPV4	4	2250	930	800
HPV5	5	2400	930	800
HPV6	6	2600	930	800
HPV7	7	2700	930	900
HPV8	8	2850	930	900
HPV9	9	3000	1030	1000
HPV10	10	3200	1030	1000
HPV11	11	3400	1030	1000
HPV12	12	3400	1130	1000
HPV13	13	3500	1130	1000
HPV14	14	3650	1130	1200
HPV15	15	3350	1230	1200
HPV17	17	3500	1230	1300
HPV20	20	3500	1530	1500
HPV25	25	4000	1530	1700
HPV30	30	3500	2030	2000
HPV35	35	3750	2030	2200
HPV40	40	4000	2030	2500



Obr. 3.3 Horizontální provzdušňovač vody - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. [30]

Parametry ventilátoru jsou projektovány na základě zadaného průtoku vody, typu separované škodliviny a požadovaného stupně účinnosti. Dle konkrétního zadání zakázky jsou pak stanoveny podrobnější rozměry HPV, typ ventilátoru, poměr vody a vzduchu, typ a otáčky oběžného kola, otáčky a příkon elektromotoru a eventuelně doplňující příslušenství (akumulační nádrž, sorpční filtr, atd.). Při objednávání je nutné uvést typ látky, která má být odstraněna, požadovanou účinnost separace, maximální průtok vody a také určit pravé nebo levé provedení ventilátoru. [30]

HPV bez akumulace

Základní provedení HPV bez akumulace je svařovaná nádoba z plastu nebo nerezové oceli s děrovaným mezidnem. Surová voda protéká nad mezidnem a pod mezidno je vháněn ventilátorem vzduch, který vodu intenzivně provzdušňuje vytvořením masivní clony miniaturních bublinek. Horní víko HPV je opatřeno průhledítkem, které umožňuje sledovat průběh procesu aerace a pomáhá určit vhodnou dobu k provedení údržby vnitřních prostor HPV. [30]

**Tab. 3.4 Ceník - Horizontální provzdušňovač bez akumulace plast - Vodní zdroje
Ekomonitor spol. s r.o. [30]**

	Délka L [mm]	Šířka B [mm]	Výška V [mm]	Základní cena bez DPH Kč
HPV 1	1300	550	800	64 000
HPV 2	1500	730	800	71 500
HPV 3	1900	830	800	75 800
HPV 4	2250	880	800	79 600
HPV 5	2400	930	800	81 500
HPV 6	2600	930	800	85 200
HPV 7	2700	930	900	88 100
HPV 8	2850	930	900	91 400
HPV 9	3000	1030	1000	95 700
HPV 10	3200	1030	1000	120 000
HPV 15	3350	1230	1200	138 000
HPV 20	3500	1530	1500	166 200



Obr. 3.4 Horizontální provzdušňovač bez akumulace - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. [30]

HPV s akumulací upravené vody

U provedení HPV s akumulací upravené vody je zařízení doplněno o akumulační nádrž, která je integrální součástí HPV. Akumulační nádrž je umístěna ve spodní části HPV a voda upravená aerací je od surové vody oddělena přepážkou. Tento typ zařízení se používá při instalacích, kdy jiná forma akumulace vody není možná, zejména v důsledku stísněných prostor pro instalaci zařízení, např. u instalací ve vodárnách rodinných domků nebo malých rekreačních zařízení. HPV s akumulací vody je uzpůsoben pro osazení čidel na hlídání výšky hladiny vody v akumulaci, a proto může být součástí automatických tlakových stanic, kde akumulační nádrž plní funkci zásobníku pitné vody pro čerpadlo dopravující vodu do objektu. [30]



Obr. 3.5 Horizontální provzdušňovač s akumulací - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. [30]

HPV s recirkulací upravované vody

Konstrukce HPV s recirkulací vody vychází z konstrukce HPV s akumulací vody, avšak je navíc doplněna o oběhové čerpadlo, které vrací část vody z akumulární nádrže zpět do prostor intenzivní aerace. Tímto opatřením se dosáhne vyšší účinnosti odstranění nežádoucích složek z vody. Z výše uvedeného vyplývá, že HPV s recirkulací vody nachází uplatnění v těch případech, kdy koncentrace odstraňované složky v surové vodě je tak vysoká, že jedním průchodem vody přes provzdušňovač se nedosáhne požadované účinnosti separace. Vzájemný poměr mezi průtokem upravené vody na výstupu z HPV a průtokem recirkulované vody lze nastavit na řídicí elektronické jednotce, která je součástí výbavy zařízení. [30]



Obr. 3.6 Horizontální provzdušňovač s recirkulací - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. [30]

3.2 VODÁRENSKÉ TECHNOLOGIE S.R.O.

Vodárenské technologie s.r.o. je firma se sídlem v Chrášťanech u Prahy. Hlavním zaměřením firmy je činnost spojená s komplexním řešením úpravy vody na vodu pitnou. Dále se zaměřuje na vývoj technologických zařízení pro aeraci vody, filtraci vody a pro chemické a vápenné hospodářství. Společnost externě spolupracuje s odborníky z daného oboru.

3.2.1 Vertikální aerační zařízení Fuka

Systém provzdušnění je vertikální, kdy je voda čerpána do horní části provzdušňovací kolony a gravitačně protéká přes voštinové vestavby do dolní části, kde je sifonový odtok do sběrné nádrže nebo do akumulace vodojemu. Proti směru průtoku vody je vháněn tlakový vzduch, který je v horní části odváděn potrubním rozvodem. Zařízení jsou vyrobena z materiálu polypropylen.

Firma Vodárenské technologie s.r.o. dodává aerační zařízení Fuka v parametrech 1 l/s, 3 l/s, 5 l/s, 9 l/s, 15 l/s a 30 l/s. Hodnoty průtoku vzduchu a tlaku jsou ovlivněny celým systémem aerace. Zařízení je vyráběno ve všech zrcadlových kombinacích a připojovací rozměry jsou dělány podle domluvy. [29]



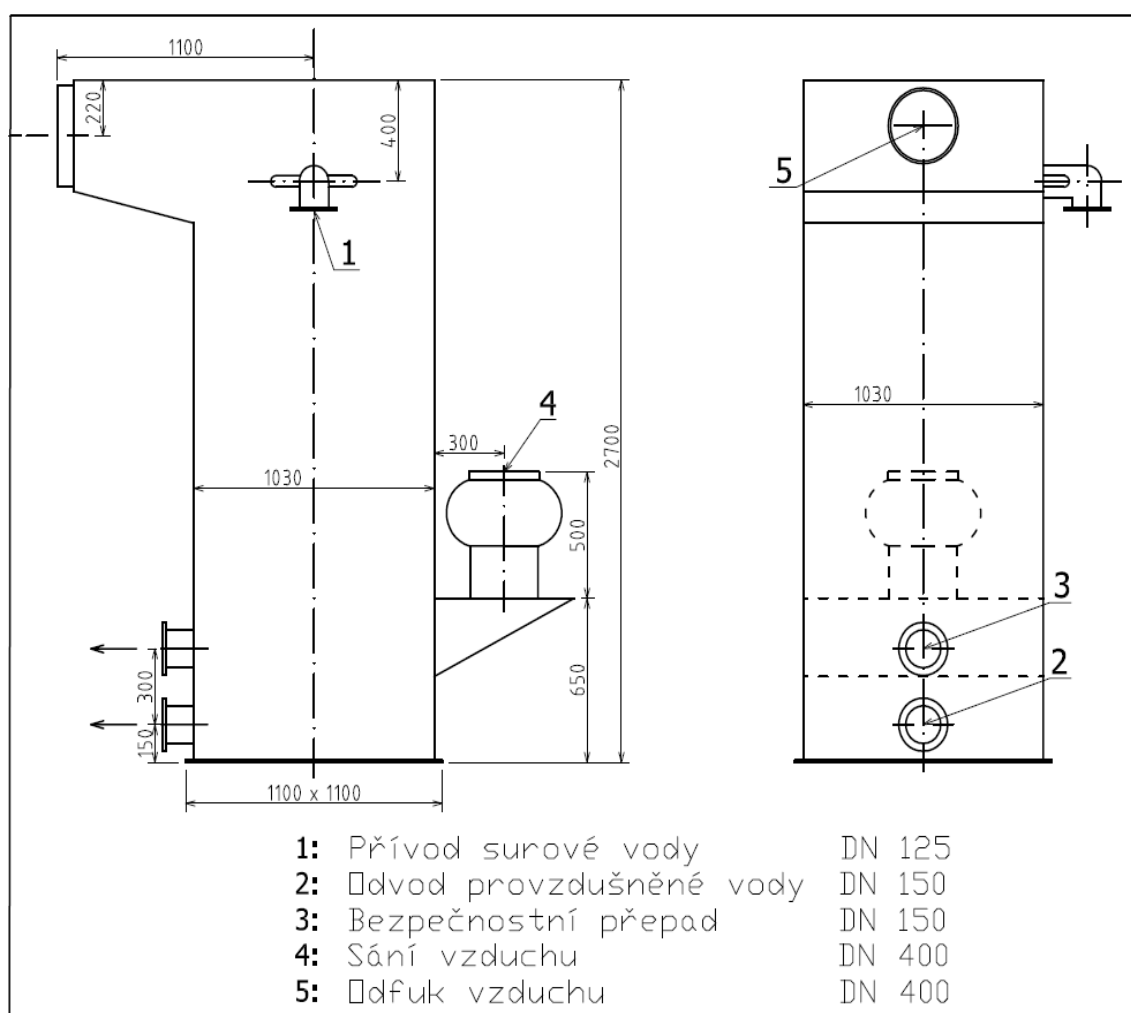
Obr. 3.7 Vertikální aerační zařízení Fuka – Vodárenské technologie s.r.o. [29]

Tab. 3.5 Technické parametry: Fuka 5V – Vodárenské technologie s.r.o. [29]

Technické parametry:	průtok vody	15-25 l/s
Parametry ventilátoru:	průtok vzduchu	Q = 1500 - 2000 l/s
	tlak	H = 200 - 450 Pa
	příkon	P = 0,75 kW
Celková hmotnost:		350 kg

Tab. 3.6 Ceník: Fuka V – Vodárenské technologie, s.r.o. [29]

Provzdušňovač vertikální věžový FUKA/V – vodárenský	
	Cena Kč bez DPH
Fuka 1/V	50 000
Fuka 3/V	88 000
Fuka 5/V	103 000
Fuka 9/V	126 000
Fuka 12/V	147 000
Fuka 15/V	162 000
Fuka 30/V	230 000



Obr. 3.8 Technický výkres: Fuka 15V – Vodárenské technologie, s.r.o. [29]

3.2.2 Horizontální aerační zařízení Bubla

U zařízení Bubla je systém provzdušnění horizontální, kdy upravovaná voda protéká nad perforovaným mezidnem, kterým je do zařízení vháněn tlakový vzduch. Tím dochází k intenzivnímu provzdušnění vody. Tato zařízení jsou vhodná při úpravě vody s vyšším obsahem železa nad 1 mg/l anebo při jiném mechanickém znečištění.

Zařízení je vyrobeno z polypropylenu v kombinaci s nerezovým materiálem a je přizpůsobeno snadnému čištění perforovaným mezidnem. Používá se v gravitačním systému pouze jako průtokové - netlakové. Odtok provzdušněné vody je sveden gravitačně buď do akumulčních nádrží vodojemu, nebo do nádrží k dalšímu přečerpání. Výhodou zařízení je malá zástavbová výška, což umožňuje umístění zařízení na záchytné nádrže či do omezených prostor. [29]

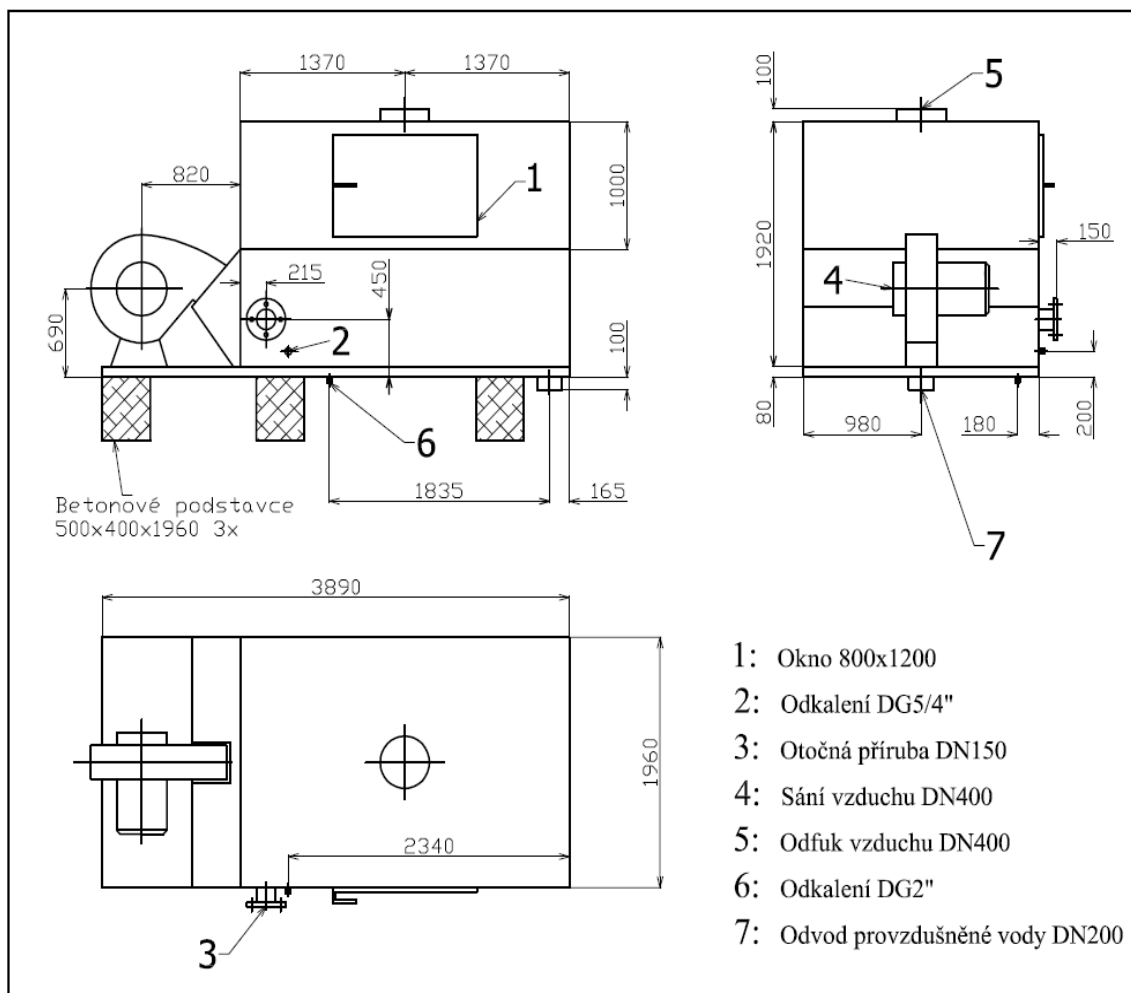
Firma Vodárenské technologie s.r.o. dodává zařízení Bubla v parametrech 1 l/s, 3 l/s, 5 l/s, 9 l/s, 12 l/s, 15 l/s, 20 l/s, 25 l/s a 40 l/s. Zařízení se objednávají kusově na zakázku, jejich tvarové uspořádání a rozměrové připojení je možné přizpůsobit objednateli.



Obr. 3.9 Horizontální aerační zařízení Bubla – Vodárenské technologie s.r.o. [29]

Tab. 3.7 Technické parametry: Bubla 1V – Vodárenské technologie, s.r.o. [29]

Technické parametry:	průtok vody	až 20 l/s
Parametry ventilátoru:	průtok vzduchu	Q = 1200 - 1600 l/s
	tlak	H = 2000 - 3000 Pa
	příkon	P = 5,5 kW
Celková hmotnost:		550 kg



Obr. 3.10 Technický výkres: Bubla 20V – Vodárenské technologie, s.r.o. [29]

Tab. 3.8 Ceník: Bubla V – Vodárenské technologie, s.r.o. [29]

Provzdušňovací zařízení BUBLA/V–vodárenský	
	Cena Kč bez DPH
Bubla 1/V	98 000
Bubla 3/V	104 000
Bubla 5/V	122 000
Bubla 9/V	146 000
Bubla 12/V	173 000
Bubla 15/V	192 000
Bubla 20 až 40/V	ceny dle zástavbové situace

3.3 EUROWATER, SPOL. S R.O.

Firma EUROWATER spol. s r.o. se zabývá průmyslovou úpravou vody a dodává své výrobky a služby téměř do všech průmyslových odvětví. Společnost má 240

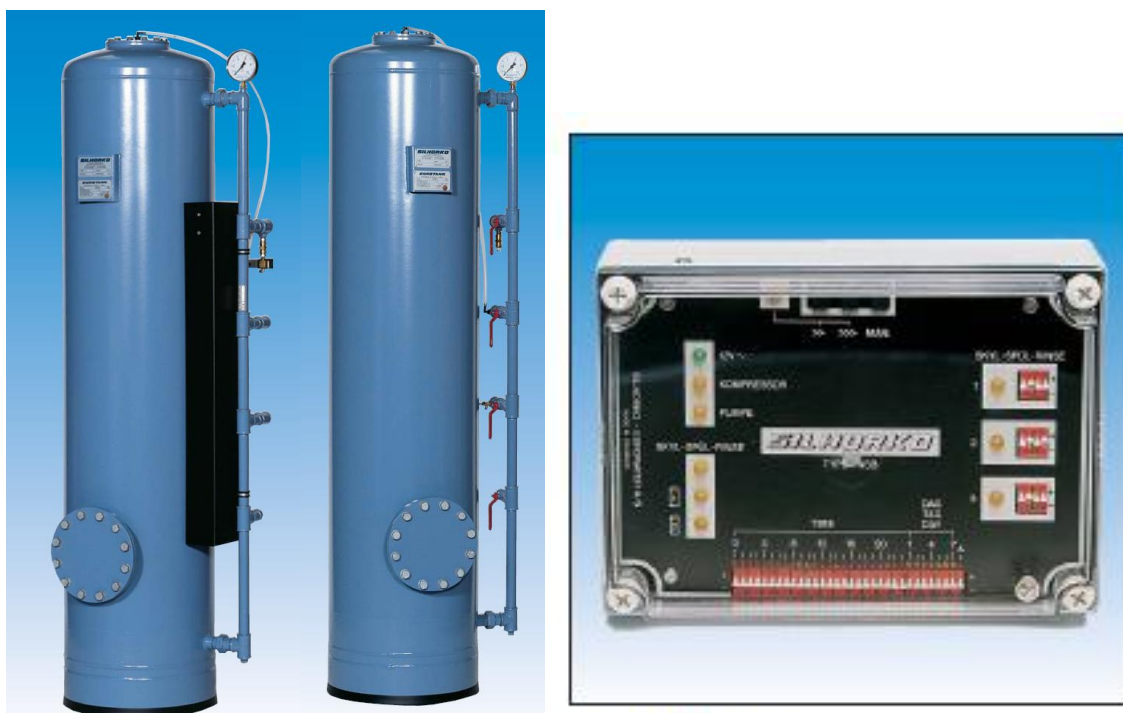
zaměstnanců, ze kterých polovina působí v Dánsku, hlavně v řídící centrále a ve výrobním závodě. Pobočky firmy se nachází ve více než 30 zemích světa. Výroba větších tlakových filtrů se uskutečňuje v závodě Eurotank A/S, který se nachází v Dánsku. Společnost podává informace o cenách jen v případě zadání konkrétních zakázek pro klienty.

3.3.1 Tlakové filtry, typ NS/NSB

Tlakový filtr je vhodný pro úpravu surové vody z vrtů nebo studní. Kvalita upravené vody vyhovuje požadavkům norem pro pitnou vodu. Velikost filtru se dimenzuje v závislosti na chemickém složení vody a jejím průtoku.

Filtr využívá při práci oxidaci a filtraci. Po aeraci surové vody se zachytávají málo rozpustné sloučeniny železa a manganu spolu s mechanickými nečistotami filtrovatelné velikosti v náplni filtru. Po proplachu je filtr opět připraven k filtraci. Kompresor je využíván k vhánění stlačeného vzduchu do surové vody. Je vybaven odlučovačem oleje, který zabráňuje vnášení oleje do vody. [5]

Firma Eurowater do tlakových filtrů používá náplně Nevtraco a Hydrolit Mn. Pomocí náplně Nevtraco je možno s vysokou účinností odstraňovat málo rozpustné sloučeniny železa a manganu, které se vyloučí po oxidaci. Hydrolit Mn je speciální náplň schopná adsorbovat na svém povrchu ionty manganu. Adsorbované ionty katalyticky podporují adsorpci dalších iontů manganu, čímž se účinnost odmanganování během činnosti zvyšuje. [5]



Obr. 3.11 Tlakové filtry NS/NSB a řídicí panel: Eurowater, spol. s r.o. [5]

Tab. 3.9 Technické parametry filtrů NS/NSB [5]

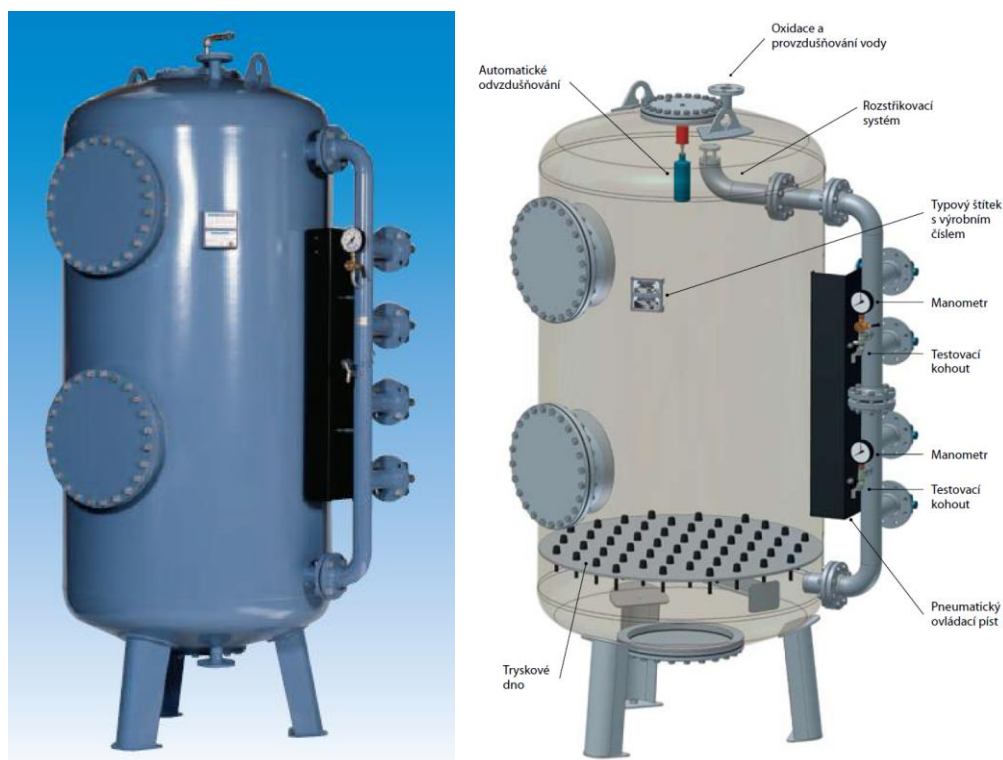
	Typ	NS/NSB 20	NS/NSB 40	NS/NSB 60	NS/NSB 80	NS/NSB 130
Průtok	l/min	20	40	60	80	130
Průměr filtru	mm	300	400	480	650	800
Šířka vč. ventilového systému	mm	500	600	680	900	1050
Hloubka	mm	375	475	555	740	890
Nároky na výšku místnosti	mm	1700	2000	2380	2500	2550
Přípoje	BSP	3/4"	1"	1"	1 1/2"	1 1/2"
Max.provozní tlak	bar	6	6	5,9	6	6
Hmotnost s filtr. náplní a vodou	kg	170	350	670	1000	1600

Tlakový filtr typu NS/NSB je vhodný na úpravu malého a středního množství pitné vody s průtokem do 12 m³/h na modul. Ve standardním provedení se dodává povrchově upravený nátěrem nebo galvanizací. Je osazen potrubním a ventilovým systémem.

3.3.2 Tlakové filtry, typ TF/TFB

Tlakové filtry typu TF/TFB jsou určeny pro velké průtoky do 100 m³/h na modul. Jsou vybaveny potrubním a ventilovým systémem. Filtry mohou být vyrobeny i podle speciálních požadavků zákazníků. Zařízení se dodávají s manuálním nebo automatickým proplachem. Filtrační tělesa jsou vyrobena z oceli nebo v provedení nerez. Vnitřek filtru je chráněn proti korozi vhodnou povrchovou úpravou v závislosti na použití filtru.

K odstranění železa a manganu je nutné provzdušnění surové vody. Provzdušnění se provádí pomocí kompresorové jednotky obdobně jako u typu NS/NSB. Aerací surové vody se mění mangan a železo na filtrovatelné částice, které jsou zachycovány na filtrační náplni. Náplň se v pravidelných intervalech propírá. Doba a četnost praní závisí na stupni znečištění surové vody.[5]



Obr. 3.12 Tlakové filtry TF/TFB: Eurowater, spol. s r.o. [5]

Tab. 3.10 Parametry tlakových filtrů TF/TFB [5]

Modul TF/TFB	Rozměry - 1 filtr*			Rozměry - 2 filtry**			Propojovací systém DN	Hmotnost kg**
	Šířka mm	Hloubka mm	Výška mm	Šířka mm	Hloubka mm	Výška mm		
10	1900	2200	3000	3300	2200	3000	65	3030
12	2000	2300	3000	3500	2300	3000	65	3475
14	2100	2400	3000	3700	2400	3000	65	4230
17	2200	2500	3100	4000	2500	3100	80	5180
20	2300	2600	3100	4200	2600	3100	80	6080
25	2500	2800	3100	4600	2800	3100	80	7950
30	2600	2900	3200	4800	2900	3200	100	9080
35	2700	3000	3200	5000	3000	3200	100	10200
40	2800	3100	3200	5200	3100	3200	100	11435
50	3200	3400	3300	5900	3400	3300	125	16030
60	3400	3600	3400	6300	3600	3400	125	19255
75	3600	3800	3500	6800	3800	3500	150	22940
100	4000	4200	3600	7600	4200	3600	150	31855

* prostor potřebný pro instalaci

** hmotnost s filtrační náplní a vodou

3.4 UNIVERZÁLNÍ ČISTÁ VODA, A.S.

Akciová společnost Univerzální čistá voda, a.s. je poradenskou, konstrukční a dodavatelskou firmou filtrů a zařízení na úpravu vody. Provádí úpravu vody pro rodinné domky, chaty, penziony, restaurace a podobně. Ve většině případů se jedná o úpravu vody z vlastní studny. Zařízení splňují podmínky pro styk s pitnou vodou.

3.4.1 Ruční , poloautomatické a automatické filtry

Odstranění železa a manganu se provádí průtokem vody přes filtr se speciální náplní. Volba náplně závisí nejen na obsahu železa a manganu ve vodě, ale též na dalším chemickém složení vody. Jako náplně se užívají materiály známé pod názvy Katex (značení „P“), Birm („BR“) nebo Manganese Greensand („MG“).

Kapacita filtru se po určité době vyčerpá a je nutné provést jeho proplach a regeneraci. Ta se provádí podle použité náplně pouze vodou, roztokem soli nebo za přídavku manganistanu draselného. Je možno ji provádět ručně, za použití poloautomatu nebo plně automaticky. [28]

Filtry řady „P“ s katexovou náplní jsou nejčastěji užívanou technologií. Odstraní jakékoli obsahy železa a manganu z vody, současně dochází ke změkčení vody a odstranění dalších kationtů (amonné ionty, kovy). Filtrační kapacitu ovlivňují nejen obsah železa a manganu ve vodě, ale též přítomnost dalších látek ve vodě, zejména vápníku a hořčíku, a hodnota pH. Regenerační látkou je chlorid sodný. Pro použití nesmí být surová voda silně alkalická.

Filtry řady „BR“ s náplní Birm mají omezené použití. Nelze je použít pro úpravu vody z hlubinných zdrojů (vrtů). Odstraňuje pouze mírně zvýšené obsahy železa a manganu. Praní filtru se provádí pouze vodou. Surová voda musí mít obsah železa maximálně 3,5 mg/l a obsah manganu maximálně 1,5 mg/l. Pro odželezení musí být hodnota pH vyšší než 7,5 a pro odmanganování mezi 8 - 9.

Filtry řady „MG“ s náplní Greensand selektivně odstraňují železo a mangan bez změkčení vody. Nevýhodou je citlivost na provozní podmínky, zejména je třeba dodržovat filtrační rychlost a hodnotu pH surové vody. Regenerační látkou je manganistan draselný. Surová voda musí mít obsah železa a manganu v součtu maximálně 15 mg/l a pro odželezení musí být hodnota pH vyšší než 7,5 a pro odmanganování mezi 8 - 9.

Ruční a poloautomatické filtry jsou vhodné pro chaty a rekreační zařízení s nízkou spotřebou vody a jsou vyráběny ve výkonové řadě od 0,3 m³/hod do 2 m³/hod. [28]

Automatické filtry jsou vhodné pro rodinné domky a výkonnější typy pro celé obce, města i průmyslové aplikace. Vyrábí se ve výkonové řadě od 0,2 m³/hod do 80 m³/hod v různých konstrukčních provedeních s možností volby automatické řídicí jednotky. Jejich výhodou je automatický bezobslužný provoz, kdy je třeba pouze občasná kontrola

a doplňování regenerační soli nebo jiných chemikálií. Automatické filtry lze třídit podle několika hledisek:

- Podle konstrukcí a režimu provozu:
 - bez přídavné nádrže (řada BR);
 - s oddělenou solnou nádrží, tzv. „singl“ (řada MG, P);
 - kompaktní provedení, tzv. „kabinet“ (řada P), která se dodávají v různém designovém provedení;
 - provedení DUO (řada P) – zdvojené zařízení, umožňující odběr upravené vody v kteroukoli denní i noční hodinu s kapacitou až šestinásobně větší než srovnatelné typy v jednoduchém provedení.
 - Podle způsobu regenerace:
 - časově řízená regenerace (po určitém počtu dní, v určitých dnech týdne);
 - objemově řízená regenerace (po odběru určitého objemu vody).
 - Podle způsobu programování:
 - elektromechanická řídicí jednotka – výhodou je jednoduchost programování;
 - elektronická řídicí jednotka – výhodou je vysoká variabilita programování.
- [28]



Obr. 3.13 Ruční filtr BR a poloautomatický filtr BR- Univerzální čistá voda, a.s. [28]

Tab. 3.11 Ceník: Automatické filtry P – provedení Kabinet – Univerzální čistá voda, a.s. [28]

				cena Kč/kus	
FILTR - typ	průtok - litry/hod	objem náplně - litry	potřebný prostor výška x šířka x hloubka - mm	bez DPH	včetně DPH
design STANDARD					
VAK 10 P MINI ZF 1 "	500	10	870 x 320 x 440	19000	22800
VAK 15 P MIDI ZF 1 "	500	15	1350 x 320 x 440	21200	25440
VAK 20 P MIDI ZF 1 "	800	20	1350 x 320 x 440	21800	26160
VAK 25 P MAXI ZF 1 "	1000	25	1350 x 320 x 440	22600	27120
VAK 30 P SUPER ZF 1 "	1200	30	1350 x 320 x 440	23300	27960
design CHRYSTAL					
VAK 10 P MINI ZF 1 "	500	10	870 x 320 x 440	18800	22560
VAK 15 P MIDI ZF 1 "	500	15	1350 x 320 x 440	20400	24480
VAK 20 P MIDI ZF 1 "	800	20	1350 x 320 x 440	21000	25200
VAK 25 P MAXI ZF 1 "	1000	25	1350 x 320 x 440	21800	26160
VAK 30 P SUPER ZF 1 "	1200	30	1350 x 320 x 440	22500	27000
design EXCLUSIVE					
VAK 10 P MINI ZF 1 "	500	10	870 x 320 x 440	20300	24360
VAK 15 P MIDI ZF 1 "	500	15	1350 x 320 x 440	21700	26040
VAK 20 P MIDI ZF 1 "	800	20	1350 x 320 x 440	22300	26760
VAK 25 P MAXI ZF 1 "	1000	25	1350 x 320 x 440	23100	27720
VAK 30 P SUPER ZF 1 "	1200	30	1350 x 320 x 440	23800	28560
řídící jednotka elektromechanická, objemově řízená regenerace					
design STANDARD					
VAK 10 P MINI WMF 1 "	500	10	870 x 320 x 440	22300	26760
VAK 15 P MIDI WMF 1 "	500	15	1350 x 320 x 440	24500	29400
VAK 20 P MIDI WMF 1 "	800	20	1350 x 320 x 440	25100	30120
VAK 25 P MAXI WMF 1 "	1000	25	1350 x 320 x 440	25900	31080
VAK 30 P SUPER WMF 1 "	1200	30	1350 x 320 x 440	26600	31920
design CHRYSTAL					
VAK 10 P MINI WMF 1 "	500	10	870 x 320 x 440	22100	26520
VAK 15 P MIDI WMF 1 "	500	15	1350 x 320 x 440	23700	28440
VAK 20 P MIDI WMF 1 "	800	20	1350 x 320 x 440	24300	29160
VAK 25 P MAXI WMF 1 "	1000	25	1350 x 320 x 440	25100	30120
VAK 30 P SUPER WMF 1 "	1200	30	1350 x 320 x 440	25800	30960
design EXCLUSIVE					
VAK 10 P MINI WMF 1 "	500	10	870 x 320 x 440	23600	28320
VAK 15 P MIDI WMF 1 "	500	15	1350 x 320 x 440	25000	30000
VAK 20 P MIDI WMF 1 "	800	20	1350 x 320 x 440	25600	30720
VAK 25 P MAXI WMF 1 "	1000	25	1350 x 320 x 440	26400	31680
VAK 30 P SUPER WMF 1 "	1200	30	1350 x 320 x 440	27300	32760



Obr. 3.14 Automatický filtr P: Duo, Kabinet a Standard - Univerzální čistá voda, a.s. [28]

Tab. 3.12 Ceník: Automatické filtry P – provedení Singl – Univerzální čistá voda, a.s. [28]

				cena Kč/kus	
FILTR - typ	průtok - litry/hod	objem náplně - litry	potřebný prostor výška x šířka x hloubka - mm	bez DPH	včetně DPH
<i>řídící jednotka elektromechanická, časově řízená regenerace</i>					
VAS 10 P ZF 1 "	500	10	940 x 1040 x 730	18600	22320
VAS 15 P ZF 1 "	500	15	1400 x 930 x 730	19300	23160
VAS 20 P ZF 1 "	800	20	1400 x 1040 x 730	19900	23880
VAS 25 P ZF 1 "	1000	25	1400 x 1070 x 730	20600	24720
VAS 30 P ZF 1 "	1200	30	1400 x 1090 x 730	21400	25680
VAS 35 P ZF 1 "	1300	35	1690 x 1090 x 730	22800	27360
VAS 45 P ZF 1 "	1500	45	1890 x 1090 x 730	24200	29040
VAS 60 P ZF 1 "	2000	60	1740 x 1150 x 820	28300	33960
VAS 80 P ZF 1 "	3000	80	1880 x 1180 x 820	30800	36960
<i>řídící jednotka elektromechanická, objemově řízená regenerace</i>					
VAS 10 P WMF 1 "	500	10	940 x 1040 x 730	21900	26280
VAS 15 P WMF 1 "	500	15	1400 x 930 x 730	22600	27120
VAS 20 P WMF 1 "	800	20	1400 x 1040 x 730	23200	27840
VAS 25 P WMF 1 "	1000	25	1400 x 1070 x 730	23900	28680
VAS 30 P WMF 1 "	1200	30	1400 x 1090 x 730	24700	29640
VAS 35 P WMF 1 "	1300	35	1690 x 1090 x 730	26100	31320
VAS 45 P WMF 1 "	1500	45	1890 x 1090 x 730	27500	33000
VAS 60 P WMF 1 "	2000	60	1740 x 1150 x 820	31600	37920
VAS 80 P WMF 1 "	3000	80	1880 x 1180 x 820	34100	40920

Tab. 3.13 Ceník: Automatické filtry P – provedení Duo – Univerzální čistá voda, a.s. [28]

				cena Kč/kus	
FILTR - typ	průtok - litry/hod	objem náplně - litry	potřebný prostor výška x šířka x hloubka -mm	bez DPH	včetně DPH
<i>řídící jednotka elektromechanická, objemově řízená regenerace</i>					
VAD 10 P WMF 1 "	500	2 x 10	940 x 1350 x 730	35800	42960
VAD 15 P WMF 1 "	500	2 x 15	1400 x 1220 x 730	37100	44520
VAD 20 P WMF 1 "	800	2 x 20	1400 x 1220 x 730	38300	45960
VAD 25 P WMF 1 "	1000	2 x 25	1400 x 1410 x 730	39700	47640
VAD 30 P WMF 1 "	1000	2 x 30	1400 x 1410 x 730	41300	49560
VAD 35 P WMF 1 "	1200	2 x 35	1690 x 1410x 730	43700	52440
VAD 45 P WMF 1 "	1500	2 x 45	1890 x 1450 x 730	46100	55320
VAD 60 P WMF 1 "	2000	2 x 60	1740 x 1560 x 820	54000	64800
VAD 80 P WMF 1 "	3000	2 x 80	1880 x 1620 x 820	59000	70800
<i>řídící jednotka elektronická, objemově řízená regenerace</i>					
VAD 10 P WMF 1 " E	500	2 x 10	940 x 1350 x 730	34000	40800
VAD 15 P WMF 1 " E	500	2 x 15	1400 x 1220 x 730	35300	42360
VAD 20 P WMF 1 " E	800	2 x 20	1400 x 1220 x 730	36500	43800
VAD 25 P WMF 1 " E	1000	2 x 25	1400 x 1410 x 730	37900	45480
VAD 30 P WMF 1 " E	1000	2 x 30	1400 x 1410 x 730	39500	47400
VAD 35 P WMF 1 " E	1200	2 x 35	1690 x 1410x 730	41900	50280
VAD 45 P WMF 1 " E	1500	2 x 45	1890 x 1450 x 730	44300	53160
VAD 60 P WMF 1 " E	2000	2 x 60	1740 x 1560 x 820	52000	62400
VAD 80 P WMF 1 " E	3000	2 x 80	1880 x 1620 x 820	57000	68400

3.5 FIRMA AQUA

Firma Aqua se sídlem v Praze provozuje elektronický obchod nabízející filtraci vody, vodní filtry, reverzní osmózu, úpravu vody, úpravny vody, změkčovače vody a rozbory.

3.5.1 Automatická stanice Bluesoft Compact

Automatická stanice Bluesoft Compact s řídící jednotkou VR-1 je zařízení na odstranění tvrdosti vody, železa, manganu, amoniaku a organických nečistot. Stanice se skládá z několika částí, jako jsou sklolaminátová láhev s náplní Ecomix, solná regenerační nádoba, řídící jednotka, spojovací součásti atd. Vše je umístěno v těle změkčovací stanice, kterou lze umístit na jakékoliv vhodné místo s přívodem vody, odpadem a elektrickým napětím. Úpravna pracuje samostatně a intervaly regenerace jsou závislé na spotřebě vody, není nutné je ručně nastavovat. Je třeba pouze určit dobu spuštění regenerace, např. v nočních hodinách, kdy není zapotřebí velký odběr vody. Při procesu regenerace zařízení zásobí neupravenou vodou. Regenerace by měla probíhat zhruba jedenkrát za týden.

Toto zařízení využívá několikavrstvou náplň Ecomix. Náplň se skládá z modifikovaného pohlcovače na odstranění železa, manganu a amoniaku, dále z katexové pryskyřice na přeměnu tvrdých iontů (vápník, hořčík) na ionty „měkkých minerálů“ (sodík, draslík) a z křemenné spodní vrstvy. Při regeneraci ecomixové náplně dochází ke zpětnému proplachu solným roztokem a odplavení chloridů vápníku a hořčíku, železa, manganu, amoniaku a dalších organických nečistot do odpadu. Po skončení regenerace je ecomixová náplň opět připravena k odstraňování tvrdosti vody a dalších složek. Životnost ecomixové náplně je závislá na tvrdosti vstupní vody. Průměrná životnost je cca 8 až 10 let. Cena stanice Bluesoft Compact je 18 900 Kč bez DPH. [2]



Vnitřní materiál na odstranění železa a správné uspořádání hmoty při proplachu

Modifikovaný pohlcovač na odstranění železa, manganu a amonných iontů

Modifikovaný pohlcovač organických nečistot

Katexová pryskyřice

Křemenná spodní vrstva

Obr. 3.15 Automatická stanice Bluesoft Compact - Aqua [2]

Tab. 3.14 Technické parametry Bluesoft Compact – Aqua [2]

Technické parametry Bluesoft Compact	
Celková výška	115cm
Hloubka	52cm
Šířka	34cm
Připojení	1"
Množství náplně (katex)	301
Spotřeba soli (kg/l reg.)	7,2
Nominální průtok (m ³ /h)	1
Maximální průtok (m ³ /h)	2,5 - 3
Hlavice	VR1-RX-63B-DVS
Řízení hlavice	Objemové (kapacitní) a by-passsem
Tank na ionex (katex)	Skleněné vlákno
Tlak vstupní vody	2,5-6 bar
Přípojky vstup a výstup	Plast 1", vnější závit
Přípojka na odpad	Plast 1/2", vnější závit

3.6 MANGALA SPOL. S R.O.

Firma Mangala spol. s r.o. se zabývá čištěním a změkčováním vody pomocí reverzní osmózy pro akvaristiku, laboratoře, gastro, domácnost, elektroerozivní obrábění, zvlhčovače, fotolaboratoře apod. Firma je přímým dovozcem nebo výrobcem. Membrány reverzní osmózy jsou vyrobeny z materiálu firmy DOW vyráběného v USA.

3.6.1 Reverzní osmóza

Reverzní osmóza pracuje oproti iontovým měničům, u nichž se ionty vyvolávající tvrdost (např. vápník), mění za ionty, které tuto vlastnost nemají (např. sodík), čistě fyzikálním způsobem. Proto se zařízení s reverzní osmózou nemusí regenerovat.

V modulu reverzní osmózy se voda tlakem tlačí proti polopropustné membráně. Touto membránou procházejí ionty vody. Takto získaná čistá voda (permeát) se z přístroje odvádí speciálním potrubím pro permeát. Hodnota pH permeátu se pohybuje, v závislosti na výchozí vodě, v kyselé oblasti. Ionty různých škodlivin, rozpuštěných ve vodě, nemohou pro svou velikost z 90-99% membránou proniknout a zůstávají zachyceny na jejím povrchu. Aby se jemné póry membrány časem neucpaly, musí se její povrch oplachovat. Tato oplachová voda (koncentrát) se odvádí zvláštním potrubím. [12]

Tab. 3.15 Technické parametry zařízení pro průmyslovou RO - Mangala spol. s r.o. [12]

Model	RO1500	RO3000	RO4500	RO6000	RO12000	RO15000	RO 24000
Výkon l/hod Teplota 25°C	285	633	950	1269	2540	3165	5080
Výkon l/hod Teplota 10°C	180	399	599	798	1596	1995	3192
Výkon l/hod Teplota 8°C	143	317	475	633	1266	1585	2532
Materiál membrán	TFC						
Membrány typ/počet	4040/1	4040/2	4040/3	4040/4	4040/8	4040/10	8040/4
Materiál obalů membrán	Nerez ocel 304						
Pracovní	0,75KW	2,2 KW	2,5 KW	2,8 KW	3,2 KW	3,2 KW	3,5 KW
Čerpadlo	Procon 2507	Vertikální čerpadlo	Vertikální čerpadlo	Vertikální čerpadlo	Vertikální čerpadlo	Vertikální čerpadlo	Vertikální čerpadlo
Hmotnost	65kg	100kg	120kg	150kg	300kg	320kg	350kg



Obr. 3.16 Zařízení pro průmyslovou RO 1500 - Mangala spol. s r.o. [12]

Pro membrány reverzní osmózy je velkým problémem železo, vápník a křemík. Železo tvoří uvnitř membrány krystaly, které postupně rozšiřují póry membrány a ta začne propouštět soli a minerály. Tím účinnost membrány klesá. Vápník, křemík a jeho sloučeniny způsobují postupné zanášení membrány, které způsobí až její celkovou nepropustnost. Proto je doporučováno zvolit správnou předúpravu vody, její změkčení nebo odželezení. Membrána má životnost 2 až 5 let v závislosti na kvalitě vody, vyprodukovaném objemu vody a četnosti používání.

Firma Mangala dodává zařízení pro reverzní osmózu jak pro průmyslové účely, tak pro menší zdroje. Momentálně firma dodává průmyslové jednotky velikosti 800, 1500 a 3000. Cena průmyslové jednotky reverzní osmózy velikostí 800 a 1500 je 65 000 Kč bez DPH a velikosti 3000 108 000 Kč bez DPH. [12]

4 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala odstraňováním železa a manganu z podzemních vod. V první části práce byla zkoumána nejprve obecná fakta o jakosti vod a dále byly popsány principy metod, které jsou používány k odstraňování železa a manganu ze surové vody. Bylo uvedeno, že proces odželezování a odmanganování podzemní vody je ovlivňován různými faktory jako je hodnota pH vody a její složení. V návaznosti na tento předpoklad byly u jednotlivých metod zmiňovány požadované hodnoty pro optimální průběh procesu odželezování a odmanganování. Popisované metody byly rozděleny podle použitého principu na oxidaci chemickou, mechanickou a ostatní metody. Pozornost byla věnována také výhodám a nevýhodám jednotlivých metod, např. nákladnosti používaných oxidačních činidel. Technologie úpravy vody včetně odželezování a odmanganování by měly být účinné a co nejméně nákladné. Výhodnost metody je však třeba vždy posuzovat pro každý případ zvlášť s ohledem na všechny okolnosti.

Cílem této práce bylo také zpracovat aktuální informace o dostupných zařízeních k odstraňování železa a manganu při úpravě vody na našem trhu. Za tímto účelem se druhá část práce zabývala několika zařízeními konkrétních firem. Zdrojem informací byly webové stránky firem i telefonická a emailová komunikace. Následující tabulky uvádí přehled výkonově srovnatelných zařízení s uvedením aktuálních cen.

Tab. 4.1 Ceny zařízení pro odželezování a odmanganování vody – průtok 15 l/s

Zařízení	Firma	Průtok l/s	Cena v Kč bez DPH
Horizontální provzdušňovač HPV 15 bez akumulace	Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.	15	138 000
Provzdušňovací zařízení Fuka 15/V	Vodárenské technologie s.r.o.	15	162 000
Provzdušňovací zařízení Bubla 15/V	Vodárenské technologie s.r.o.	15	192 000

Pro srovnání zařízení pro odmanganování a odželezování vody určené pro vyšší výkony byly použity horizontální provzdušňovač HPV bez akumulace od firmy Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. a aerační zařízení Fuka a Bubla od firmy Vodárenské technologie s.r.o. Všechna zmíněná zařízení mají průtok 15 l/s s nejnižší cenou v případě horizontálního provzdušňovače HPV bez akumulace.

Tab. 4.2 Ceny zařízení pro odželezování a odmanganování vody – průtok 0,1 – 1 l/s

Zařízení	Firma	Průtok l/s	Cena v Kč bez DPH
Automatický filtr řady P provedení DUO	Univerzální čistá voda, a.s.	0,83	68 400
Bluesoft Compact	Aqua	1	18 900
Reverzní osmóza 3000	Mangala spol. s r.o.	0,11	108 000

Pro srovnání zařízení určených pro malé výkony lze uvést automatický filtr firmy Univerzální čistá voda, a.s. v provedení s nejvyšší dostupnou dodávanou kapacitou o průtoku 3000 l/hod (0,83 l/s). Obdobně v případě reverzní osmózy od firmy Mangala s r.o. je v tabulce 4.2 uvedena největší dodávaná průmyslová jednotka s výkonem 400 l/hod (0,11 l/s). Ve srovnání s výše uvedenými zařízeními vychází cenově výhodně v současnosti nově používaná kabinetová úprava s náplní Ecomix firmy Aqua, která se regeneruje pomocí tabletované soli.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Aerační turbína HKA. SBH Water spol. s r.o. [online]. 2007 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z WWW: <http://www.sbhwater.cz/turbina-HKA>.
- [2] Aqua. [online]. 2012 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z WWW: <http://www.agua.cz/>.
- [3] AMBROŽOVÁ, Jana. *Mikrobiologie v technologii vod*. 1.vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2004. 244 s. ISBN 80-7080-534-X.
- [4] BARLOKOVÁ, Danko, ILAVSKÝ, Ján. Barloková D., Ilavský J.: *Odstraňovanie železa a mangánu z malých vodných zdrojov*. Praha: SOVAK Časopis odboru vodovodů a kanalizací, 2009, č. 4., s. 14.
- [5] Eurowater, spol. s r.o. [online]. 2012 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z WWW: <http://www.eurowater.cz/>
- [6] HLAVÍNEK, Petr, ŘÍHA Jaromír. *Jakost vody v povodí*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, s. 209.
- [7] CHUDOBA, Pavel, ČIŽÍK, Michal. *Membránové technologie pro úpravu pitných vod - příklad ÚV Méry sur Oise (Francie)*. Sborníky Voda Zlín 2005. Zlín: Voelia Water, 2005. [online]. 2012. [cit. 2012-05-02]. Dostupné z WWW: <http://www.smv.cz/res/data/014/001694.pdf>.
- [8] CHVÁTALOVÁ, Martina. *Odstraňování železa a manganu z vod*. Diplomová práce v oboru „Technologie vody“. Praha: VŠCHT, Ústav technologie vody a prostředí, 2009. 73 s.
- [9] JANDA, Václav. *Použití manganistanu draselného v technologii vody*. Konference Pitná voda 2006 v Táboře. Praha: Ústav technologie vody a prostředí, VŠCHT. [online]. 2007 [cit. 2012-03-22]. Dostupné z WWW: <http://www.vakinfo.cz/vodni-hospodarstvi/vodni-hospodarstvi-cr/pv06janda/>.
- [10] KOPÁČEK, Jiří. *Technologie úpravy pitné a provozní vody*. Jihočeská univerzita. Katedra biologie ekosystémů. [online]. [cit. 2012-03-18]. Dostupné z WWW: http://kbe.prf.jcu.cz/files/prednasky/Technologie_ZP/uprava_vod.pdf
- [11] MALÝ, Josef, MALÁ, Jitka. *Chemie a technologie vody*. 1. Vydání. Brno: NOEL 2000 s.r.o., 1996. 200 s. ISBN 80-86020-13-4.
- [12] Mangala spol. s r.o. [online]. 2012 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z WWW: <http://www.mangala.cz/>.

- [13] MARUŠINCOVÁ, Hana. *Technologická úprava vod na vodu pitnou*. Bakalářská práce v oboru „Chemie a technologie materiálů“. Zlín: Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. 34 s.
- [14] MERGL, V., SLÁDEČKOVÁ, A., PALČÍK, J., MARŠÁLKOVÁ, E. *Nebezpečí kontaminace podzemní vody způsobené aerací*. Zlín: Moravská vodárenská, a.s., 2012. 186 s. ISBN 978-80-260-1468-3.
- [15] Minnesota Rural Water Association. Aeration. [online]. 2002 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z WWW: <http://www.mrwa.com/OP-Aeration.pdf>.
- [16] Ochrana podzemních vod v Evropě. Evropská komise. [online]. 2010 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z WWW: <http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/groundwater/brochure/cs.pdf>.
- [17] ONDRAŠÍKOVÁ, Ivana. *Geochemie šíření kontaminantů v reálném horninovém prostředí*. Disertační práce v oboru „Geologické vědy se zaměřením“. Brno: Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, 2011. 130 s.
- [18] PIAO Fenshu, LI Yan, ZHANG Wenbo. Influence on removal iron and manganese from groundwater with micro pollutants. Multimedia Technology International Conference. Shenyang: School of Construction Engineering Shenyang University, China, 2011. s. 5415 – 5418.
- [19] RCCARO, P., BARONE, C., MANCINI, G., VAGLIASINDI, F.G.A. Removal of manganese from water supplies intended for human consumption: a case study. 9th Environmental Science and Technology Symposium. Catania: Department of Civil and Environmental Engineering, University of Catania, Italy, 2005. Desanilation, Volume 210, Issues 1 – 3, s. 205-214.
- [20] Rebalance zásob podzemních vod ve vybraných oblastech České republiky: rebalance. [online]. 2010 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z WWW: www.geology.cz/rebalance.
- [21] SLAVÍČEK, Marek, SLAVÍČKOVÁ, Kateřina. *Vodní hospodářství obcí I - úprava a čištění vody*. Praha: ČVUT, 2006. 194 s. ISBN 80-01-03534-4.
- [22] SOBOTA, Josef. *Úprava pitných a čištění odpadních vod*. Studijní texty předmětu. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2001.
- [23] STRNADOVÁ, Nina, JANDA, Václav. *Technologie vody I. 2. přeprac. vydání*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1999. 226 s. ISBN 80-7080-348-7.
- [24] STRŽÍŽ, Michal. *Porovnání aeračních elementů*. Bakalářská práce v oboru „Strojní inženýrství“. Brno: VUT, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2010. 33 s.

- [25] Syarikat Pengeluar Air Sungai Selangor Sdn Bhd (SPLASH). Rasa Water Treatment Plant Stage 1. [online]. 2009 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z WWW: <http://www.splash.com.my/gallery/?level=picture&id=38>.
- [26] TESAŘÍK, Igor. *Vodárenství – Úprava vody*. 2. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1982. 280 s.
- [27] TUHOVČÁK, Ladislav, et al. *Vodárenství: Studijní opory*. 1. vydání. Brno: VUT FAST, 2006. 252 s.
- [28] Univerzální čistá voda, a.s. [online]. 2008 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z WWW: <http://www.ucv.cz/cz/uvod/>.
- [29] Vodárenské technologie, s.r.o. [online]. 2011 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z WWW: <http://www.vodatech.cz/>.
- [30] Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. [online]. 2012 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z WWW: <http://www.ekomonitor.cz/>.
- [31] Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.
- [32] 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 vyhlášky č. 146/2004 Sb., vyhlášky č. 515/2006 Sb. a vyhlášky č. 120/2011 Sb.
- [33] Základní principy hydrogeologie. Metodická příručka Ministerstva životního prostředí. [online]. 2010. [cit. 2012-03-18]. Dostupné z WWW: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/OES-Hg_prirucka_TT-20100801.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/OES-Hg_prirucka_TT-20100801.pdf)
- [34] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- [35] ŽÁČEK, Ladislav. *Chemické a technologické procesy úpravy vody*. Brno: NOEL, 2000. 239 s. ISBN 80-86020-22-2.

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Mezní hodnoty Mn a Fe jako ukazatelů jakosti surové povrchové vody pro jednotlivé kategorie standardních metod úpravy surové vody na pitnou vodu	9
Tab. 2.2 Mezní hodnoty Mn a Fe jako ukazatelů jakosti surové podzemní vody pro jednotlivé kategorie standardních metod úpravy surové vody na pitnou vodu	9
Tab. 2.3 Mezní hodnoty železa a manganu podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.	10
Tab. 2.4 Filtrační materiály a některé jejich parametry	26
Tab. 3.1 Technické parametry: Provozdušňovací věž SK - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.	31
Tab. 3.2 Technické parametry: Provozdušňovací věž SK – Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.....	33
Tab. 3.3 Technické parametry: Horizontální provozdušňovače - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.	35
Tab. 3.4 Ceník - Horizontální provozdušňovač bez akumulace plast - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.....	36
Tab. 3.5 Technické parametry: Fuka 5V – Vodárenské technologie, s.r.o.	39
Tab. 3.6 Ceník: Fuka V – Vodárenské technologie, s.r.o.	40
Tab. 3.7 Technické parametry: Bubla 1V – Vodárenské technologie, s.r.o.	41
Tab. 3.8 Ceník: Bubla V – Vodárenské technologie, s.r.o.	41
Tab. 3.9 Technické parametry filtrů NS/NBS	44
Tab. 3.10 Parametry tlakových filtrů TF/TFB	45
Tab. 3.11 Ceník: Automatické filtry P – provedení Kabinet – Univerzální čistá voda, a.s.	48
Tab. 3.12 Ceník: Automatické filtry P – provedení Singl – Univerzální čistá voda, a.s.	49
Tab. 3.13 Ceník: Automatické filtry P – provedení Duo – Univerzální čistá voda, a.s.	50
Tab. 3.14 Technické parametry Bluesoft Compact – Aqua	52
Tab. 3.15 Technické parametry zařízení pro průmyslovou RO - Mangala spol. s r.o.	53
Tab. 4.1 Ceny zařízení pro odželezování a odmanganování vody – průtok 15 l/s	55
Tab. 4.2 Ceny zařízení pro odželezování a odmanganování vody – průtok 0,1 – 1 l/s	56

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Aerace vody – kaskáda	14
Obr. 2.2 Prstencový skok - typ Haindl	15
Obr. 2.3 Zařízení INKA v železobetonovém provedení	16
Obr. 2.4 Schéma aerační věže	17
Obr. 2.5 Aerační turbína HKA	18
Obr. 2.6 Průběh oxidace Fe^{2+} chlorem v závislosti na pH	19
Obr. 2.7 Přehled procesů membránové separace v závislosti na velikosti částic	23
Obr. 2.8 Schéma okruhu Vyredox	24
Obr. 2.9 Průběh odstraňování manganu během filtrace vody v Rohatci – srovnání filtračních materiálů (šipky značí regeneraci s KMnO_4)	27
Obr. 2.10 Průběh odstraňování železa během filtrace vody v Rohatci – srovnání filtračních materiálů	27
Obr. 2.11 Provozně technologické schéma úpravny vody do 20 l/s	29
Obr. 3.1 Provzdušňovací věž SK - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.	31
Obr. 3.2 Technický výkres: Provzdušňovací věž SK - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.	32
Obr. 3.3 Horizontální provzdušňovač vody - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.	35
Obr. 3.4 Horizontální provzdušňovač bez akumulace - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.	37
Obr. 3.5 Horizontální provzdušňovač s akumulací - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.	37
Obr. 3.6 Horizontální provzdušňovač s recirkulací - Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.	38
Obr. 3.7 Vertikální aerační zařízení Fuka – Vodárenské technologie s.r.o.	39
Obr. 3.8 Technický výkres: Fuka 15V – Vodárenské technologie, s.r.o.	40
Obr. 3.9 Horizontální aerační zařízení Bubla – Vodárenské technologie s.r.o.	41
Obr. 3.10 Technický výkres: Bubla 20V – Vodárenské technologie, s.r.o.	42
Obr. 3.11 Tlakové filtry NS/NSB a řídicí panel: Eurowater, spol. s r.o.	43
Obr. 3.12 Tlakové filtry TF/TFB: Eurowater, spol. s r.o.	45
Obr. 3.13 Ruční filtr BR a poloautomatický filtr BR- Univerzální čistá voda, a.s.	47
Obr. 3.14 Automatický filtr P: Duo, Kabinet a Standard - Univerzální čistá voda, a.s.	49
Obr. 3.15 Automatická stanice Bluesoft Compact - Aqua	51
Obr. 3.16 Zařízení pro průmyslovou RO 1500 - Mangala spol. s r.o.	53

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

MH	mezní hodnota
TOL	těkavé látky
PAU	polyaromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenily
ChSK	chemická spotřeba kyslíku [mg.l ⁻¹]
NEL	nerozpustné extrahovatelné látky
INKA	systém aerace, kdy je voda přiváděna na děrované mezidno, pod které je vháněn vzduch velkou intenzitou
EIA	vyhodnocení vlivů na životní prostředí podle zák. č. 100/2001 Sb.,
HPV	horizontální provzdušňovač vody
JKPOV	jednotná klasifikace průmyslových oborů a výrobků
pH	záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů
ÚV	úpravna vody
DN	dimenze potrubí – s příslušným číslem vyjadřuje vnitřní průměr
P	filtry řady Katex
BR	filtry řady Berm
MG	filtry řady Manganese Greensand
RO	reverzní osmóza

SUMMARY

The thesis deals with removing iron and manganese from ground water sources. The aim of the thesis is to describe the current possibilities of removing iron and manganese from ground water sources in order to turn it into drinking water. For this purpose the thesis is divided into two parts. The first part examines water resources and water quality requirements in general as well as particular water treatment technologies and their principles used for removal of iron and manganese from ground water. Water treatment technologies are divided according to mechanical, chemical or other principle that is used in the process. The advantages and disadvantages of particular methods are also mentioned. The second part uses information from water technology companies in order to overview the available devices in the current market including technical data and prices. As a source of data websites of the mentioned companies as well as email and phone communication was used. In the end of the first part the thesis mentions an example of a ground water treatment system.

In conclusion it was stated that the process of removal of iron and manganese from ground water is influenced by various factors such as pH value of water and water composition. The choice of particular water treatment technology should always be considered in each case having regard to all circumstances. As a result of the market survey two tables comparing different devices used for removal of iron and manganese from ground water are also presented, using data for automatic press filter, both horizontal and vertical aerators, reverse osmosis system and filter on Ecomix filter material basis.