

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

Chemická úpravna vody v elektrárně Ledvice

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek VACH, Ph.D.

Diplomant: Bc. Eliška KRAUSOVÁ

2013

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Krausová Eliška

Regionální environmentální správa - kombinované Litvínov

Název práce

Chemická úprava vody v elektrárně Ledvice

Anglický název

Chemical water treatment plant in Ledvice

Cíle práce

Zmapování moderních trendů úpravy vod v energetice. Provozní problémy nové CHÚV 3 po uvedení do provozu a návrhy na zlepšení současného stavu.

Metodika

Určení rozsahu práce a jednotlivých témat.

Shromáždění literárních podkladů, článků, manipulačních řádů, interních provozních předpisů a fotodokumentace.

Studium odborné literatury.

Rozhovory s odbornými pracovníky ELE a exkurze po provozu.

Úprava získaných informací, podkladů a dat.

Výčet provozních problémů a nalezení možností pro zlepšení technologie úpravy vod.

Harmonogram zpracování

Zadání - březen 2012

Odevzdání - květen 2013

Rozsah textové části

50 stran

Klíčová slova

Chemická úprava vody, surová voda, demivoda, kondenzát, likvidace odpadních vod ELE.

Doporučené zdroje informací

- BINDZAR, Jan, a kol. Základy úpravy a čištění vod. 1. vyd. Praha: VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-729-3.
- HETEŠA, Jiří a Eva KOČKOVÁ. Hydrochemie - Skriptum. Brno: MZLU, 1997. ISBN 978-80-7157-289-3.
- HÜBNER, Pavel, a kol. Úprava vody pro průmyslové účely. 1. vyd. Praha: VŠCHT Praha, 2006. ISBN 80-7080-624-9.
- HÜBNER, Pavel. Úprava vody v energetice. 1. vyd. Praha: VŠCHT Praha, 2010. ISBN 978-80-7080-746-0.
- NEISER, Jan, a kol. Základy chemických výrob. Praha: SPN, 1988. ISBN 66-00-15/1.
- PITTER, Pavel. Hydrochemie. 4. vyd. Praha: VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.
- RICHTER, Miroslav. Technologie ochrany životního prostředí: část I - Technologie čištění odpadních vod. Ústí nad Labem: UJEP, 2005. ISBN 80-7044-684-6.

Vedoucí práce

Vach Marek, doc. Mgr., Ph.D.

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 23.3.2012

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Chemická úpravna vody v elektrárně Ledvice“ vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny, publikace a jiné informační zdroje, ze kterých jsem čerpala.

.....

Eliška KRAUSOVÁ

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za vedení práce a odborné rady.

Dále bych chtěla poděkovat zaměstnancům ČEZ, a.s. - Elektrárny Ledvice za poskytnuté informace a cenné rady.

Abstrakt

Tato práce podává přehled o moderních metodách úpravy vod v energetickém provozu tepelné Elektrárny Ledvice. Zabývá se popisem činností chemické úpravy vod v elektrárně se zaměřením na technologická zařízení určená k úpravě vody. Pozornost je věnována klíčovým technologiím, kterými jsou předúprava čiřením a demineralizace na iontoměničích. Dále jsou zde uvedeny požadované parametry na upravovanou vodu a rizika, která mohou kvalitu vody ohrozit s návrhy jak jim předcházet nebo je řešit.

Klíčová slova

Chemická úpravna vody, surová voda, čiřená voda, demivoda, likvidace odpadních vod ELE.

Abstract

This dissertation gives an overview about modern contemporary methods of water treatment at energy operation of Ledvice thermal power plant. It is concerned with the description of chemical water treatment station processes at the power plant with a focus on technological equipment dedicated to water treatment. It pays attention to the key technologies as purifying pre-treatment and demineralization using ion meters. Further there are mentioned required parameters for treated water and risks which can endanger the water quality together with suggestions how to prevent or to solve them.

Key words

Chemical water treatment, raw water, purified water, de-min water, wastewater treatment in Ledvice power station.

Obsah

1	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	9
2	ÚVOD	11
3	METODIKA	13
4	CÍLE	13
5	CHARAKTERISTIKA ELEKTRÁRNY LEDVICE	14
5.1	HISTORIE	14
5.2	SOUČASNOST	14
5.3	BUDOUCNOST	15
6	CHEMICKÁ ÚPRAVA VODY V ELEKTRÁRNĚ LEDVICE ...	15
6.1	ČINNOSTI CHŮV V ELE	16
6.2	PŘÍVOD SUROVÉ VODY	17
6.2.1	<i>Charakteristika látek v surové vodě</i>	<i>18</i>
6.3	ÚPRAVA SUROVÉ VODY FILTRACÍ	20
6.4	CHLADÍCÍ OKRUH	22
6.5	PŘEDÚPRAVA VODY	23
6.5.1	<i>Technologie čističe Actiflo®</i>	<i>24</i>
6.5.2	<i>Jednotlivé fáze čisticího procesu Actiflo®</i>	<i>25</i>
6.5.3	<i>Odstranění organických látek</i>	<i>27</i>
6.6	FILTRACE ČIŘENÉ VODY	27
6.6.1	<i>Regenerace pískových filtrů</i>	<i>28</i>
6.7	REVERZNÍ OSMÓZA	29
6.8	DEMINERALIZACE	30
6.8.1	<i>Princip ionexové demineralizace</i>	<i>30</i>
6.8.2	<i>Technologický popis ionexů</i>	<i>30</i>
6.8.3	<i>Stupně ionexové demineralizace</i>	<i>31</i>
6.8.4	<i>Regenerace ionexů</i>	<i>34</i>
6.8.5	<i>Technologický popis demineralizační stanice</i>	<i>37</i>
6.8.6	<i>Odstranění organických látek</i>	<i>38</i>
6.9	SMĚSNÉ FILTRY (MIXBEDY)	39

6.9.1	<i>Pracovní fáze filtru</i>	39
6.9.2	<i>Regenerace směsného filtru</i>	39
6.9.3	<i>Odstranění organických látek</i>	41
6.10	ÚPRAVA VRATNÉHO TURBÍNOVÉHO KONDENZÁTU.....	41
6.10.1	<i>Regenerace směsného filtru vratného turbínového kondenzátu</i> 42	
6.11	ÚPRAVA VRATNÉHO TEPLÁRENSKÉHO KONDENZÁTU.....	43
6.11.1	<i>Regenerace katexového kondenzátního filtru</i>	43
6.12	SKLADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ CHEMIKÁLIÍ.....	44
6.12.1	<i>Neutralizace agresivních vod</i>	45
6.13	LIKVIDACE ODPADNÍCH VOD.....	45
6.13.1	<i>Druhy odpadních vod v Elektrárně Ledvice</i>	46
6.13.2	<i>Způsoby likvidace odpadních vod</i>	47
6.14	PROVOZNÍ PROBLÉMY PŘI ÚPRAVĚ VOD	51
6.14.1	<i>Závady na čířičích</i>	51
6.14.2	<i>Závady na demilinkách</i>	52
6.15	KVALITA UPRAVENÉ VODY PRO VÝROBNÍ BLOKY.....	55
7	DISKUZE	57
8	ZÁVĚR	59
9	POUŽITÁ LITERATURA	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	64
	SEZNAM TABULEK	65
	SEZNAM PŘÍLOH	66

1 Seznam použitých zkratek a symbolů

ELE	Elektrárna Ledvice
BČOV	Biologická čistírna odpadní vody
DEMI	Demineralizovaná voda
CHÚV	Chemická úpravna vody
CHV	Chladicí věž
JČV	Jímka čiřené vody
JK	Jímka kalů
JSV	Jímka surové vody
KK	Katex kondenzátu
LOV	Likvidace odpadních vod
NEL	Nepolární extrahovatelné látky
NFV	Nádrž filtrované vody
NL	Nerozpuštěné látky
NN	Neutralizační nádrž
NVTK	Nádrž vratného topného kondenzátu
POF	Polymerní organický flokulant
RAS	Rozpuštěné anorganické soli
RO	Reverzní osmóza
SFK	Směsný filtr kondenzátu
ZN	Zásobní nádrž
CHSK _{Cr}	Chemická spotřeba kyslíku
KNK _{4,5}	kyselinová neutralizační kapacita – alkalita celková
pH	záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových iontů
Fe	železo

H_2O	voda
CO_2	oxid uhličitý
SiO_2	oxid křemičitý
HCl	kyselina chlorovodíková
NaOH	hydroxid sodný
FeCl_3	chlorid železitý
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	hydroxid železitý
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	síran železitý
H_2CO_3	kyselina uhličitá
Cl^-	chloridový iont
SiO^{4-}	křemičitý iont
NO_3^-	dusičnanový iont
SO_4^{2-}	síranový iont
HCO_3^{3-}	hydrogenuhličitanový iont
H_3SiO_4^-	trihydrogenkřemičitanový iont
H^+	vodíkový iont
Fe^{3+}	železitý iont
Na^+	sodíkový iont
Ca^{2+}	vápenatý iont
Mg^{2+}	hořečnatý iont
NH_4^+	amonný iont

2 Úvod

V energetice zaznamenala úprava vod velký pokrok hlavně po technologické stránce. Zvyšující se požadavky na kvalitu upravované vody vedly k rozvoji nejen používaných, ale také k rozvoji nových technologických zařízení, materiálů a provozních postupů.

Úpravna vody má svůj význam zejména při přípravě přídavné vody pro chladicí okruh a parovodní okruh. U technologických postupů přípravy napájecí vody (směs přídavné vody a kondenzátu) pro parovodní okruh je důraz kladen na odstranění sloučenin, které by se v okruhu koncentrovaly a způsobily by v něm tvorbu úsad. Úsady by se roznášely po okruhu, vytvářely by nánosy a zapříčinily zhoršení přestupu tepla, nebo by pod nimi docházelo ke vzniku koroze [16].

Technologie přípravy přídavné vody pro chladicí okruh se kromě zabránění vzniku koroze a tvorby úsad zabývá i mikrobiálním znečištěním. V parovodním okruhu je vliv mikrobiálního života minimální vzhledem k vysokým teplotám. Teplota a koncentrace kyslíku v chladicím okruhu jsou pro vznik koroze a rozvoj mikrobiálního života ideální. Vznikající nánosy korozních zplodin, málo rozpustných sloučenin v kombinaci s nánosy mikrobiálního znečištění by v okruhu zhoršily přestup tepla a tudíž chladicí výkon [16].

Důraz při úpravě vody je kladen především na účinnost, hospodárnost a spolehlivost jednotlivých technologických postupů, a také na jejich automatizaci, aby se minimalizovalo selhání lidského faktoru. Nízké provozní a investiční náklady jsou založené na hospodárném využití veškeré vody. Minimální objem přídavné vody pro parovodní okruh a efektivnější využití přídavné vody pro chladicí okruh při použití speciálních přípravků snižují veškeré náklady na úpravy vod.

V neposlední řadě stojí stále se zpřísnující předpisy na kvalitu a množství vypouštěných odpadních vod. Tyto předpisy ovlivňují použité technologie, které by na jednu stranu byly účinné, ale z hlediska vlivu na životní prostředí jsou nevhodné [15].

Tato práce vzhledem k současné literatuře, která informuje o úpravě vod v obecné rovině má za cíl na základě odborné literatury a zjištěných informací popsat

úpravu vody v konkrétním energetickém provozu chemické úpravy vod, kterým je Elektrárna Ledvice. Zhodnotit použité technologie a jejich kombinace, aby výsledná kvalita upravované vody splňovala požadavky pro jednotlivá technologická zařízení elektrárenského provozu. Jsou zde také uvedené měřené parametry upravované vody ve srovnání s požadovanými hodnotami na kvalitu vstupní vody pro parovodní a chladicí okruh. Poskytuje dále výčet možných problémů, které mohou při úpravě vody nastat a návrhy řešení těchto rizikových stavů.

3 Metodika

Určení jednotlivých témat a rozsahu práce.

Shromáždění literárních podkladů, článků, místních provozních předpisů a instrukcí.

Studium odborné literatury a jednotlivých technologií.

Tvorba fotodokumentace a technologických schémat.

Rozhovory s pracovníky Elektrárny Ledvice a exkurze po provozu.

Uspořádání získaných informací do logického celku

Zhodnocení průzkumu a sestavení do konečné formy diplomové práce.

4 Cíle

Cílem této práce je zmapovat moderní trendy úpravy vod konkrétního elektrárenského provozu chemické úpravy vod (CHÚV) v Elektrárně Ledvice. Popsat činnosti CHÚV a jednotlivé technologie používané při úpravě vody. Zhodnotit plnění předepsaných parametrů upravené vody ve srovnání s požadovanými hodnotami na kvalitu výstupní vody pro jednotlivá technologická zařízení a do recipientu řeky Bíliny. Zjistit problémy, které mohou při úpravě vody nastat včetně možností jejich řešení nebo jejich předcházení.

5 Charakteristika Elektrárny Ledvice

5.1 Historie

Elektrárna Ledvice se nachází mezi městy Bílina a Teplice u stejnojmenné obce Ledvice. Byla postavena v letech 1966 - 1969 a její celkový výkon byl 640 MW. Zdrojovou základnu elektrárny tvořilo 5 výrobních energetických bloků s výkony 200 MW a 4 x 110 MW. Roku 1994 byl ukončen provoz bloku číslo 5 a roku 1998 byl odstaven i blok číslo 1. U bloků číslo 2 a 3 proběhla v letech 1992 – 1994 výměna turbín, které nyní dodávají teplo o objemu 2 x 170 MW. Dodávku turbín zajistila Škoda Plzeň. Pro bloky číslo 2 a 3 vyráběly páru průtlačné kotle s jedním přehříváním páry a s granulačním ohništěm. Pro blok číslo 4 dodával páru bubnový kotel s přirozenou cirkulací a granulační spalovací komorou. Mezi lety 1996 – 1998 proběhla oprava turbíny na 4. bloku a výstavba fluidního kotle. 1. listopadu 1998 by zahájen zkušební provoz bloku číslo 4. Tato technologie fluidního kotle řeší celý komplex emisí plynů, oxidu siřičitého, oxidů dusíku i oxidu uhelnatého a emisí prachových částic. U bloků číslo 2 a 3 byly proto zrekonstruovány elektroodlučovače a byly zřízeny odsířovací zařízení. Cílem bylo snížit dopad výroby elektrické energie na životní prostředí [10,11,28].

5.2 Současnost

V ELE se spaluje hnědé uhlí a dopravováno je buď přímo pásovými dopravníky ze sousední úpravny uhlí Ledvice do zásobníků paliva jednotlivých kotlů, nebo na manipulační skládku o kapacitě 40 000 tun. Tato manipulační skládka zajišťuje provoz elektrárny při poruchových stavech při těžbě nebo dopravě uhlí [10].

Elektrárna Ledvice funguje na principu kogenerace, kdy kromě výroby elektrické energie dodává prostřednictvím teplárenské společnosti také teplo pro města Bílinu a Teplice. Roční dodávka tepla do tepelných sítí je cca 1 000 TJ při výkonu 150 MW. Instalovaný výkon pro dodávku tepla je 380 MW a kapacita chemické úpravny vody umožňuje dodat 270 MW do teplených sítí. Tato výkonová rezerva umožňuje připojení dalších odběratelů (např. město Duchcov) a navýšit

dodávky do lokalit stávajících. Smysl společné výroby elektřiny a tepla v jednom cyklu je v tom, že snižuje spotřebu paliva a tím šetří životní prostředí [11, 23].

Zdrojem vody pro elektrárnu je řeka Labe a Všechlapská nádrž. Všechlapská nádrž slouží jako záložní zdroj.

5.3 Budoucnost

V současné době probíhá výstavba nového nadkritického zdroje v Elektrárně Ledvice v rámci obnovy výrobních zdrojů realizovaných energetickou skupinou ČEZ. Nový zdroj o výkonu 660 MW bude nejmodernější elektrárnou ve střední Evropě a po zahájení jeho provozu nahradí stávající výrobní bloky číslo 2, 3 a později i blok číslo 4 (za cca 25 let). Práce byly zahájeny v lednu 2009 a měly skončit v květnu 2012, ale přes komplikace především v použitém materiálu je zkušební provoz naplánován až na rok 2014. Výstavba nového zdroje zahrnuje rekonstrukci jednotlivých provozních souborů [17,23].

Pro výstavbu klíčových technologií a pro splnění požadavku nepřerušného provozu byla jako první zahájena realizace technologického celku CHÚV III, která nahradila CHÚV I a II, jelikož se předpokládá zvýšení spotřeby demineralizované napájecí vody a přídatné chladící vody při spuštění nového zdroje 660 MW [23].

Jeden z provozních souborů CHÚV III (dále jen CHÚV) bude zaměřen na úpravu teploty vratného kondenzátu a úpravu turbínového kondenzátu pro nový zdroj. V současné době slouží k úpravě vod pro bloky číslo 2, 3 a 4. Tento soubor dále obsahuje nádrže na stáčení chemikálií a zásobní nádrže demivody a kondenzátu [18].

Další provozní soubor bude připravovat vodu pro doplňování chladícího a parovodního okruhu nového zdroje, a také zahrnuje čerpadla systému hasicího zařízení nového zdroje a kalová čerpadla.

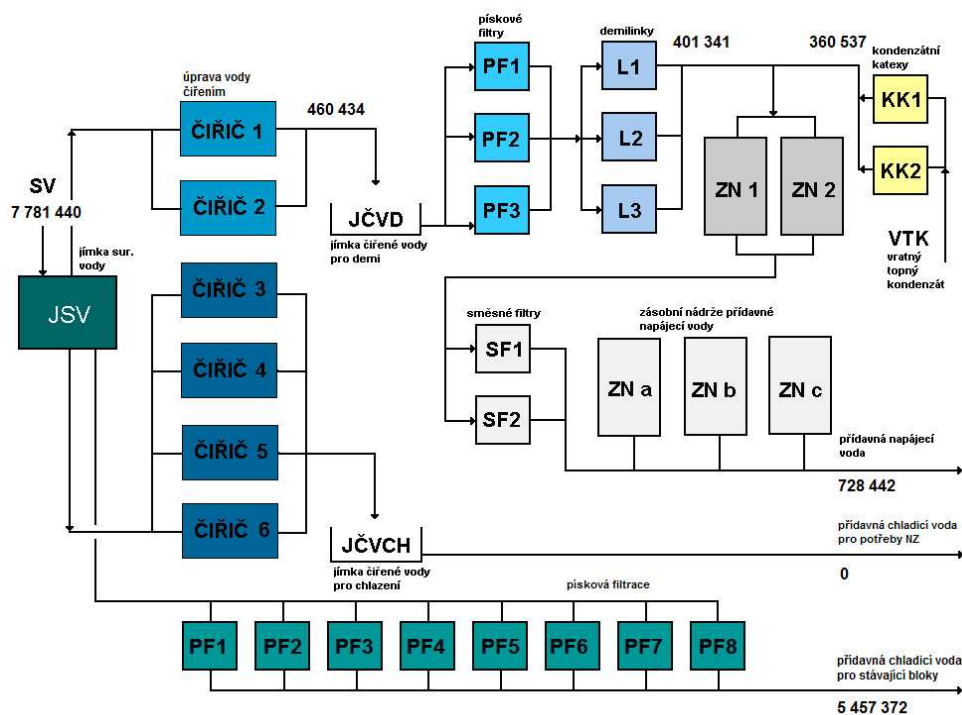
6 Chemická úprava vody v Elektrárně Ledvice

Hlavní činností chemické úpravy vod je přívod surové vody a její zpracování pro následné doplňování vnitřních technologických systémů s dominantní

spotřebou chlazení kondenzátorů turbín (parovodní okruh). Z CHÚV je surová voda po úpravě především využívána jako napájecí voda sloužící pro napájení kotlů. Po filtraci je surová voda vedena rovnou do okruhu chladicí vody, kde doplňuje ztráty odluhem, odparem a drobným chlazením. Schematický popis úpravy vody je zobrazen na obr. č. 1 a v Příloze č. 11 [17].

6.1 Činnosti CHÚV v ELE

- Úprava surové vody pro chladicí systém technologií elektrárny.
- Předúprava vody čiřením.
- Výroba demí vody pro doplňování parovodních okruhů výrobních bloků.
- Skladové hospodářství chemikálií a neutralizace agresivních vod.
- Bloková úprava turbínového kondenzátu.
- Úprava teploty kondenzátu.
- Likvidace odpadních vod z výrobních procesů, splaškových a dešťových vod a zaolejovaných vod z technologií.
- Ostatní činnosti související se zajištěním provozu ELE, pitného a požárního vodovodního řádu.
- Operativní, základní vzorkování upravované vody.
- Servisní činnost související s určováním koncentrací sledovaných parametrů.



obr. č. 1 Schéma CHÚV

6.2 Přívod surové vody

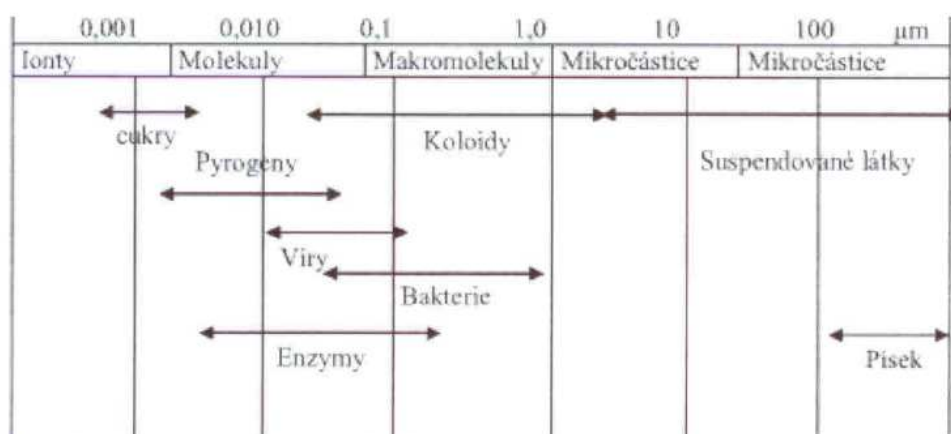
Elektrárna Ledvice má k dispozici dva zdroje surové vody. Hlavním zdrojem je řeka Labe s čerpací stanicí na jeho levém břehu v Dolních Zálezlích a potrubním (labským) přivaděčem o délce 20 km. Za 2. světové války byla voda čerpána pro technologické účely chemických závodů v Litvínově. V 60. letech bylo vlivem těžby potrubí zkráceno a voda se začala jímat jen pro ledvickou elektrárnu. Záložním zdrojem je vodní dílo Všechlapy s potrubním přivaděčem. Vodní dílo Všechlapy se využívá při havarijních stavech (povodně), nebo v případě odstávek z důvodů oprav. Tento záložní zdroj lze využít po dobu jednoho, maximálně dvou týdnů. Možnost čerpání vody z Labe je pod správou povodí Ohře [11,31].

Voda z Labe je čerpána přes česle pomocí pěti čerpadel napájených z elektrárny k temeni Dubického kopce, kde je výškový rozdíl cca 200 m. Odtud je gravitačně vedena labským přivaděčem k ELE. Na trase potrubí jsou odbočky pro další odběratele (úpravna uhlí, sklárna, soukromí odběratelé). Vzhledem k výškovému rozdílu má na vstupu do závodu tlak 1 MPa. Tento tlak je využíván

k pohonu vodoproudých vývěv kondenzátorů výrobních bloků. Surová voda po vykonání práce odchází do jímek vývěv bloků č. 2, 3 a 4 a odtud pak přepadem postupuje gravitačně do jímky vývěv bývalého bloku č. 1. Z této jímky vývěv je čerpána dvěma čerpadly do jímky surových vod umístěné v chemické úpravně vod [31].

6.2.1 Charakteristika látek v surové vodě

V energetice se používá pro úpravu vody většinou voda z povrchových toků nebo z nádrží. Tato voda je znečištěna dalšími látkami a v přírodě se v čisté formě nevyskytuje. Jedná se o plyny, látky hrubé a střední velikosti (v koloidní formě) a látky rozpuštěné (v molekulární formě) (viz. obr. č. 2). V minulosti byl na většině našich toků proveden monitoring kvality vod a na základě zjištěných výsledků, byly stanoveny optimální technologie pro úpravny vod v energetických zařízeních vzhledem na kvalitu vstupní surové vody [15,21].



obr. č. 2 Velikost jednotlivých částic ve vodě [15]

Plyny

Plyny jsou za příznivých podmínek pohlcovány vodou, se kterou přichází do styku. Ve vodě jsou rozpuštěny všechny složky vzduchu. Schopnost vody rozpouštět plyny závisí na teplotě vody a na parciálním tlaku plynu nad hladinou. Čím je teplota vody vyšší, tím je parciální tlak nižší a tím menší množství plynů se v ní rozpouští. Různé plyny mají rozdílný vliv na procesy probíhající v technologických zařízeních. Velký vliv má kyslík rozpuštěný ve vodě, který způsobuje korozi. Další plyn způsobující korozi v místech kde kondenzují jeho páry je oxid uhličitý [21,27,29].

Látky rozpuštěné

Jsou to látky v molekulární formě, především rozpuštěné soli. Tyto látky lze rozdělit do dvou skupin na soli vápníku a hořčíku a na soli ostatní (železa, sodíku a další). Obsah solí vápníku a hořčíku se vyjadřuje jako tvrdost vody. Soli sodíku se nejčastěji vyskytují ve formě hydrogenuhličitanu a chloridu [21].

Množství solí ve vodě je vyjádřeno jako solnost vody, ale v praxi se jedná o ukazatel měrné elektrické vodivosti [21].

Látky hrubé a střední velikosti

Látky hrubé a střední velikosti jsou kaly, jílovité látky a látky v koloidních roztocích. Hrubší nečistoty bývají odstraněny už na česlech při čerpání surové vody. Koloidní látky jsou anorganického a organického původu. Z anorganických látek to jsou sloučeniny křemíku a železa, které mohou přecházet do páry a vytvářet úsady zabraňující přenosu tepla uvnitř technologických zařízení. Koloidní roztoky organického původu se v kotli nebo v parní turbíně mohou rozkládat na CO₂, přecházet do páry, následně kondenzovat a způsobit korozi materiálů. Další problémy způsobují na iontoměničích a snižují jejich účinnost [21,27].

Organické látky

V povrchových vodách je značná biologická aktivita, při které se zvyšuje obsah organických látek ve vodě, jejichž zdrojem jsou bakteriemi rozložené živočišné a rostlinné organismy [29].

Pro úpravu vod v energetice bylo hodnocení organických látek prováděno metodou CHSK (chemické spotřeby kyslíku) manganistanem nebo dichromanem draselným. Hodnota CHSK udává spotřebu kyslíku potřebnou k oxidaci všech látek, ne jenom těch odbouratelných biologickou cestou. Touto metodou se stanovuje míra znečištění vody organickými a oxidovatelnými anorganickými látkami. Je vyjádřena hmotnostní koncentrací kyslíku, která je stejná spotřebě manganistanových/dichromanových iontů. Oxidace probíhá u různých sloučenin (uhlíku, dusíku, síry) a zjištěná hodnota neudává obsah organických látek, ale pouze schopnost těchto látek se oxidovat s oxidačním činidlem [21]. Přesnější metodou pro stanovení organických látek je stanovení TOC (celkového organického uhlíku), která

udává množství organického uhlíku. Organické látky v povrchových vodách byly rozděleny do skupin podle povahy, velikosti molekul a jejich totožného působení v úpravě vody (viz. tab. č. 1). Formy anorganického uhlíku (uhličitanů) jsou při analýze TOC vyčleněny, protože způsobovaly chybné stanovení nízkých hodnot TOC. V principu je organický uhlík vyloučen díky rozdílnému zpomalenému průchodu organických látek sorbentem v koloně, kterým prostupují podle své velikosti a v každé z frakcí je stanovován TOC. Díky stanoveným skupinám organických látek a znalosti jejich vlastností lze předvídat vliv těchto látek na provoz zařízení úpravy vod a tato zařízení podle toho dimenzovat. Podle vlastností dané vody byla koncepce (předúprava, demineralizace) úpravy vody navržena [15].

Název skupiny	Charakteristika	Působení
hydrofobní látky	oleje, tuky	lehce odstranitelné
polysacharidy	produkty mikrobiálního rozkladu	odstranitelné pouze koagulací, zanášení ionexů
humínové látky	konečné produkty rozkladu rostlin apod.	odstranitelné koagulací, 100% odstranění ionexy
fragmenty („building blocks“)	produkty mikrobiálního rozkladu huminových kyselin	nebezpečí zanášení ionexů, zejména silně bazických
neutrální, neionogenní a amfoterní látky	produkty bakteriálního rozkladu	pronikají ionexy
organické kyseliny	produkty bakteriálního rozkladu	zachytitelné pouze silně bazickým anexem

tab. č. 1 Rozdělení organických látek [15]

Odstranění organických látek v jednotlivých technologických stupních úpravy vody je v této práci věnována pozornost vždy v samostatné podkapitole.

6.3 Úprava surové vody filtrací

V objektu CHÚV se nachází filtrační stanice chladicí vody o výkonu 800 m³/h a skládá se ze tří vertikálních čerpadel surové vody nacházejících se v jímce surové vody, dále z osmi paralelně zapojených vertikálních tlakových pískových filtrů o průměru 3 000 mm, které jsou umístěné v prostoru suterénu haly CHÚV a z vertikálního čerpadla prací vody v jímce surové filtrované vody [31].

V provozu je vždy nejméně šest filtrů a zbylé dva filtry jsou odstaveny z důvodů praní. Vertikální pískový filtr je ocelová nádoba, na jejímž dně je 436 trysek. Pod tryskovým dnem jsou perforované trubky pro přívod a rozvod pracovního vzduchu. Náplň je křemičitý písek se zrnitostí 1,0 – 1,6 mm. Pod strop filtru vedou

dvě roury pro vstup surové vody a odvod odpadní vody z praní, a také trubka pro odvzdušnění (výstup pracího vzduchu). U vstupní a výstupní vody filtrace se provádí odběr vzorků. Průtok na vstupu je řízen u každého filtru regulační armaturou tak, aby byl všemi filtry stejný. Pokud dochází k zanášení filtračního lože, roste jeho hydraulický odpor a snižuje se průtok tímto filtrem. Dochází tak ke zvýšení průtoku u filtrů ostatních. Průtok vody k filtraci je tedy především řízen dle provozních potřeb [31].

Filtrace surové vody probíhá tak, že filtračním ložem protéká voda shora dolů a ve filtračním loži dochází k zachytávání suspendovaných látek. Během pracovního cyklu se zvyšuje tlaková ztráta filtračního lože a po dosažení maximálně přípustných hodnot tlakové ztráty je filtr prán za účelem obnovení jeho filtrační účinnosti. Jedná se o proces, kdy jsou vyplaveny zachycené nečistoty s vystupující odpadní vodou a dojde tak k vyčištění filtračního lože. Filtrační lože se pere vzduchem společně s vodou a nakonec pouze prací vodou. Prací voda a vzduch jsou přiváděny do spodní části filtru. Při praní jsou do odpadu z filtračního lože postupně vynášeny zachycené nečistoty. Odpadní voda z praní je odváděna do L-jímky a dále přepadem do kanalizace a na LOV. Prací vzduch je přiváděn z centrální kompresorové stanice, je technologicky nesusušený a provádí se u něho redukce tlaku z 0,6 MPa na 0,15 MP. Množství pracího vzduchu potřebného k praní filtračního lože je 420 m³/h. Prací voda je čerpána z jímky surové filtrované vody [4,31].

Filtrovaná voda je odváděna sběrným potrubím, které se rozděluje do dvou větví. Jedna potrubní větev vede k vanám jednotlivých chladících věží a druhá větev vede k jímce surové filtrované vody. Z jímky surové filtrované vody jsou pomocí čerpadel doplňovány výškové nádrže, odkud je surová filtrovaná voda odebírána pro drobné chlazení ložisek a ucpávek čerpadel na strojovně [31].

Když surová filtrovaná voda projde drobným chladícím okruhem, zvýší se její teplota, stává se vodou oteplenou a hromadí se v jímce oteplené vody. Odtud je odčerpávána do vratného chladicího řádu chladící vody a doplňuje tak ztráty způsobené odparem a odluhem v okruhu chladící věže.

Typ filtru	Pískový vertikální
Průměr filtru	3 000 mm
Materiál	Ocelový plech
Médium	Surová říční voda
Složení náplně	Křemičitý písek (zrnitost 1,0 – 1,6 mm)
Provozní přetlak	0,3 MPa
Provozní teplota	2 – 20 °C
Norm. výkon	100 m ³ /h
Max. výkon	140 m ³ /h

tab. č. 2 Technické parametry pískových filtrů [31]

6.4 Chladicí okruh

Jedná se o systém zařízení, jakými jsou rozvodná potrubí, oběhová čerpadla, chladiče, tepelné výměníky a tak podobně, v nichž obíhá chladicí voda, což je vlastně upravená surová voda. Tato chladicí voda absorbuje a odnáší teplo a je čerpána z jímky surové filtrované vody. V chladicím okruhu dochází ke ztrátám chladicí vody vzniklé odparem a odluhem, tudíž je potřeba ztráty kompenzovat doplňováním chladicí vody [31].

V ELE je využíván systém chlazení s otevřeným okruhem. Voda trvale recirkuluje a odebrané teplo je z oteplené vody odváděno odparem do atmosféry, kdy dojde k ohřátí vzduchu v chladicích věžích. Při odpařování chladicí vody dochází k zahušťování suspendovaných látek a solí (vznik zahuštěné vody), které jsou obsažené ve vodě a může tak docházet k nepříznivým jevům v chladicím okruhu (tvorba pevných úsad a vznik koroze). Aby se zabránilo těmto negativním vlivům, je potřeba tuto zahuštěnou vodu odluhovat (odvádět chladicí vodu z okruhu za účelem řízení jejího chemického režimu) a doplňovat potřebným množstvím přídavné chladicí vody. Z těchto důvodů jsou sledovány chemické parametry chladicí vody [31].

Důležitým parametrem pro řízení chemického režimu je $KNK_{4,5}$. U chladicího okruhu bloků číslo 2 a 3 se z důvodů úspory nákladů a plánované krátké doby provozu nedávkuje chemický přípravek. Pokud se parametr $KNK_{4,5}$ blíží ke kritické hodnotě 4,7 mmol/l (celodenní průměr je 4,5 mmol/l a žádoucí rozmezí je 4,2 – 4,7 mmol/l), tak je provedeno odluhování a doplnění chladicích věží přídavnou chladicí vodou. U bloku číslo 4, kde se předpokládá delší doba provozu, je potřeba

chladicí vodu v chladicím okruhu chemicky ošetřovat, aby nedocházelo k organickému i anorganickému zanášení usazeninami a ke vzniku koroze chladicích ploch. Jako chemický přípravek se používá směs derivátů fosforových kyselin a polykarboxylátů. Do chladicích věží je dávkována přímo pomocí dávkovacího čerpadla. Aby byl provoz chladicího okruhu ekonomický, udržují se hodnoty $KNK_{4,5}$ mezi 4,5 – 5 mmol/l, tak aby celodenní průměr nepřesáhl 4,8 mmol/l [15,31].

Dalším negativním jevem je biologické oživení (bakterie, plísně, řasy) chladicího okruhu. Zdrojem mikroorganismů je surová voda a spad z ovzduší. Toto biologické oživení způsobuje vznik biofilmu, který zanáší teplosměnné plochy, ovlivňuje hospodárnost provozu a probíhající metabolické procesy způsobují také korozi materiálů. Z tohoto důvodu je dávkován biocid přímo do chladicích věží. Dávkování je prováděno jednorázově po 14 dnech v zimních měsících a po 7 dnech v letních měsících [4,31].

6.5 Předúprava vody

Předúpravou vody je výroba čiřené vody. Čiření vody v ELE probíhá ve dvou čiřicích s tvorbou kalu na nosiči (systém Actiflo®). Cílem je odstranění suspendovaných a koloidních látek. Tyto látky mají proměnlivou velikost nábojů na rozdíl od iontů [6].

Technologie Actiflo® je kombinací výhod zátěžové koagulace a usazování v lamelové nádrži. Je to jedna z nejjednodušších metod, kdy dochází ke zvětšení částice přidáním činidla opačného elektrického náboje a vzniku sraženiny bez náboje, kterou lze odstranit sedimentací. Účinnost tohoto systému je znázorněna v tabulce č. 4.

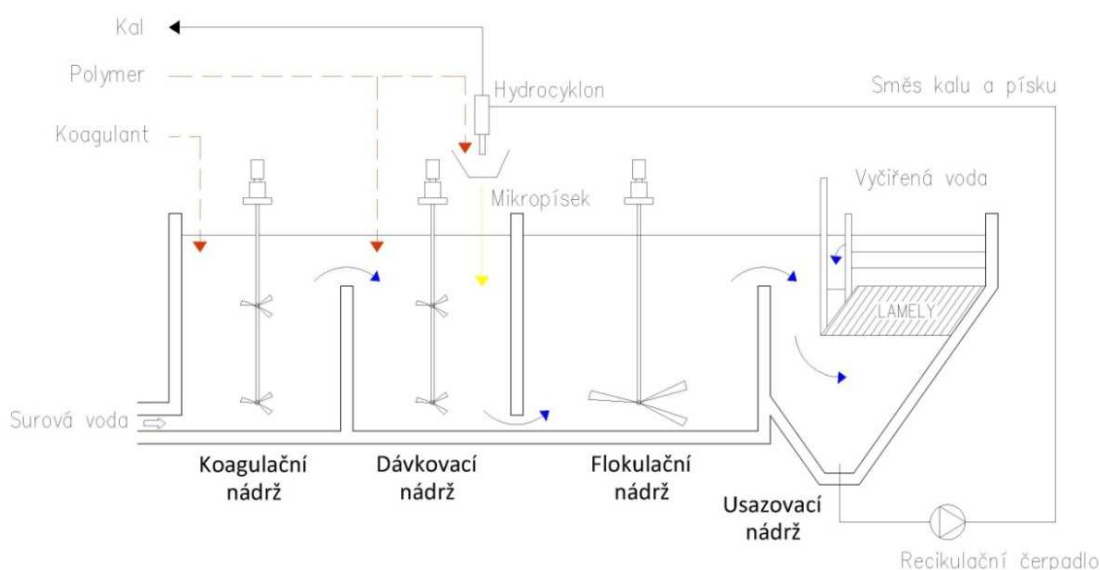
Během čiřicího procesu se přidává mikropísek, který výrazně urychlí tvorbu vloček a zejména jejich následnou sedimentaci. Čiření probíhá v kyselé oblasti (pH 6,0 – 6,5) a jeho podstatou je urychlená tvorba vloček tzv. „zátěžová flokulace“, kdy dochází k navázání zkoagulovaných částic k zrnkům mikropísku anionickým polymerem. Doba zdržení v celém procesu je cca 10-15 min. Mezi provozní výhody této technologie patří rychlý náběh, odstavení a vysoká flexibilita v reakci na změny kvality a množství surové vody. Další výhodou je, že systém je minimálně závislý na

obsahu suspendovaných látek ve vodě, což je významné například v období deště a tání, kdy je jejich obsah ve vodě vysoký. Proces čiření vody předchází demineralizaci a probíhá ve dvou jednotkách čističů Actiflo® o celkovém výkonu 230 m³/h. Do potrubí se surovou vodou je dávkován koagulant (41% roztok Fe₂(SO₄)₃), pak se potrubí rozděluje k jednotlivým čističům. Čiřená voda je pak z každého čističe odváděna do jímky čiřené vody nebo zpět do jímky surové vody [1,15].

6.5.1 Technologie čističe Actiflo®

Čistič se skládá z několika komor, kterými protéká postupně voda (viz. obr. č. 3):

1. Koagulační komora V ní se nachází rychlomíchadlo, které rozmíchává chemikálie.
2. Dávkovací komora Zde je dávkován mikropísek a pomocný organický flokulant POF (anionický polymer).
3. Flokulační komora Je vybavená pomalým míchadlem. Zde dochází k růstu vloček díky dávkování pomocného organického flokulantu.
4. Usazovací komora s lamelovým separátorem Dochází zde k sedimentaci vzniklého kalu, který klesá ke dnu a vyčiřená voda odtéká přepadem.



obr. č. 3 Schéma systému Actiflo®

Míchadla v prvních třech komorách brání usazování mikropísku a podporují tvorbu vloček. Vznikající kal se hromadí v kalníku pod lamelovým separátorem a je čerpán recirkulačním čerpadlem do hydrocyklónu. V hydrocyklónu jsou díky odstředivé síle separována zrnka mikropísku od nabalených vysrážených vloček. Vyčištěný mikropísek je do procesu navrácen a kal je odváděn do jímky kalu, odtud je přečerpáván k dalšímu zpracování v kalovém hospodářství [1,15].

Spolu s kalem uniká malé množství mikropísku, a aby nedošlo k poklesu jeho koncentrace pod potřebnou požadovanou hodnotu, tak se musí mikropísek pravidelně doplňovat do dávkovací komory čističe.

Minimální výkon čiření	60 m ³ /h
Maximální výkon čiření	140 m ³ /h
Nominální výkon čiření	115 m ³ /h
Recirkulační průtok kalu	5 - 8 m ³ /h
Dávkování koagulantu (Fe ₂ (SO ₄) ₃)	13 - 17 mg Fe ³⁺ /dm ³
Dávkování POF	0,1 - 0,3 mg/l
Dávkování mikropísku	1 - 3 g/m ³

tab. č. 3 Technické parametry čističe Actiflo® [31]

Kritérium	Vstup [mg/l]	Výstup [mg/l]	Účinnost [%]
Suspendované látky	147	16	89,1
CHSK _{Cr}	332	127	61,7
Zákal	124	5	96,0

tab. č. 4 Účinnost čističe Actiflo® [31]

6.5.2 Jednotlivé fáze čiřicího procesu Actiflo®

Proces čiření se skládá z několika fází. Tyto jednotlivé fáze ovlivňují účinnost celého procesu, proto musí mít kvalitní provedení.

1. Fáze

V první fázi jsou dávkovány chemikálie do určených míst a následuje jejich rychlá a dokonalá homogenizace se surovou vodou. Homogenizaci zajišťují v tomto případě zařízení vytvářející turbulentní proudění.

2. Fáze

Při homogenizaci chemikálií a čiřené vody začíná proces koagulace. Koagulace je shlukování disperzovaných částic ve větší agregáty (vločky),

kdy je náboj suspenze neutralizován. Je to rychlý proces trvající 1-2 minuty. Hlavní podmínkou je dokonalé promíchání čířících chemikálií s vodou [14,31].

Jako koagulant je používán $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ pro jeho nižší korozivní účinky a nižší cenu oproti v jiných procesech používanému FeCl_3 .

3. Fáze

Po koagulaci, která již proběhla je do vody přidáván mikropísek a polymerní organický flokulant (POF). POF je pomocná látka, která způsobuje okamžité navázání kalu na částice písku. K částicím písku o velikosti částice 100 μm jsou vločky přitahovány fyzikálními Van der Waalovými silami. V procesu navázání kalu na částice mikropísku, které mají velký povrch, dochází k rychlému nárůstu usazeniny a ke zvýšení sedimentační rychlosti, protože není potřeba dosáhnout takové velikosti vločky, aby byla schopna sedimentovat sama. POF má anionaktivní charakter a váže zbytkové kladně nabitě oxidy a hydroxidy anorganického koagulantu. Díky POF jsou odstraňovány nerozpustné látky a snižuje organické znečištění. Je přidáván v okamžiku, kdy je vločka téměř dokončena a musí být dokonale rozmíchán, aby jeho aplikace byla úspěšná. Je používán při kyselém čiření v moderních čířících, kde je flokulace oddělena od procesu sedimentace. Mikroísek je zbavován kalu v hydrocyklonu a je recirkulován zpět do procesu. Vzhledem k tomu, že dochází k určitým ztrátám písku (3-6 g na 1 m^3 upravené vody), musí se doplňovat na požadovaný poměr [5,31].

System Actiflo® je jiný oproti jiným systémům používaným v čiření, jelikož je založený na principu tvorby kalu na nosiči, kterým je mikropísek. V jiných systémech čiření většinou vznikají samostatně sedimentující vločky kalu bez přidání mikropísku.

4. Fáze

Poslední fází je sedimentace. Na sedimentační rychlost má vliv velikost a měrná hmotnost vločky, kterou zvyšuje obsah sorbovaných látek. Například vločka druhu $\text{Fe}(\text{OH})_3$ má měrnou hmotnost 1,009 g/cm^3 [31].

V čičiči Actiflo jsou v sedimentačním prostoru lamely, které mění trajektorii pohybu vločky. Kal usazený na lamele sklouzává do sedimentačního prostoru. Díky lamelám lze oddělit také částice o nižší pádové rychlosti než je vzestupná rychlost vody. Vliv na vzestupnou rychlost má délka lamel a jejich vzájemná vzdálenost. Větší vzdálenost mezi lamelami a jejich klesající délka vzestupnou rychlost snižují. Lamelové čičiče jsou výhodné pro jejich nezávislost na změny průtoku, zvyšují vzestupnou rychlost, snižují dobu zdržení v zařízení a zvyšují kvalitu upravované vody. Stoupací rychlost ještě zvyšují vločky tvořené částicemi písku s nasorbovaným kalem, kde měrná hmotnost písku je cca 1,8 g/cm³. Doba zdržení v celém systému je cca 10-15 min a stoupací rychlost je cca 60 až 80 m/h, z čehož vyplývá i kompaktnost celého zařízení [15,20].

6.5.3 Odstranění organických látek

V předúpravě vody pomocí technologie Actiflo® jsou odstraňovány kromě koloidních a suspendovaných látek také z části organické látky jakými jsou huminové kyseliny, polysacharidy, „building blocks“ a organické kyseliny. Hodnota TOC je snížena o 60 – 70 % a pohybuje se v čičičené vodě mezi 1500 – 3000 µg/l. U hydrofobních látek a neutrálních látek je hodnota TOC snížena o 20 – 30 % [15].

6.6 Filtrace čičičené vody

V čičičené vodě jsou obsaženy nerozpuštěné suspendované látky a zákal, které nebyly odstraněny sedimentací. Čičičená voda je proto vedena do pískového filtru o průměru 3000 mm. V lince jsou tři filtry, které se postupně cyklicky střídají (jeden filtr v provozu, zbylé dva jsou prány nebo v záloze), při plném zatížení jednotek a pouze krátkodobě pracují všechny tři filtry najednou. Počet zapojených filtrů závisí na potřebném množství upravované vody pro demilinky. Náplní filtru je křemičitý písek. Podložní vrstva má tzv. garnet zrnění 1,6 – 4,0 mm a výšku 150 mm. U první filtrační vrstvy je garnet zrnění 1,0 – 2,0 mm a výška vrstvy je 800 mm a druhá filtrační vrstva má garnet zrnění 0,5 – 1,0 mm a výšku 400 mm. Tyto vícevrstvé pískové filtry s filtračním ložem tvořeným různou zrnitostí a specifickou hmotností

zachycují největší znečišťující částice v horních vrstvách pískového filtru a nejméně nečistoty se zachytávají ve spodních vrstvách pískového filtru. Rozdílná sypná hmotnost materiálů zabraňuje promíchání vrstev při protiproudém praní [31].

Výkon jednoho pískového filtru je $70 \text{ m}^3/\text{h}$, tedy maximální výkon při zapojení všech linek je $210 \text{ m}^3/\text{h}$.

Účinnost filtrace je posuzována stanovením Fe. Na jeho obsah má vliv také pH čiřené vody. Při čiřeni je pH 5,5 – 6,0, obsah železa je kolem $100 \mu\text{m}$ a tvoří ho rozpustná nebo koloidní forma. Účinnost filtrace vzhledem k obsahu železa v rozpustné nebo koloidní formě bývá nízká a k jeho zachycení dochází až na katechu H^+ . Pro posouzení účinnosti pískové filtrace je významnější obsah nerozpuštěných (suspendovaných) látek a nerozpuštěné formy železa, kde se jejich obsah v čiřené filtrované vodě pohybuje pod 1 mg/l . Tvorba filtračního koláče je proto velmi pomalá [6,16].

Po dosažení sledovaných limitních hodnot je filtr odstaven z provozu. Může se jednat o překročení limitu celkově upravovaného množství vody v jenom pracovním cyklu, překročení limitu dP (rozdíl tlaku na vstupu do filtru a tlaku na výstupu z filtru), nebo na základě laboratorního měření (Fe). Po odstavení z provozu je pískový filtr regenerován praním [31].

6.6.1 Regenerace pískových filtrů

Regenerace pískových filtrů praním probíhá nejprve vzduchem, dále společně vodou a vzduchem a nakonec jen vodou. Praní se provádí čiřenou vodou. Praní vzduchem trvá cca 6 min., po jeho skončení následuje společné praní vodou a vzduchem, které trvá cca 8 min., a pak se pere pouze vodou cca 12 min. Prací cyklus se dle potřeby opakuje dvakrát až třikrát vzhledem k zanesení pískového lože. Následuje zafiltrování (vypouštění prvního podílu filtrátu do odpadu), které trvá cca 5 min [31].

Z pískových filtrů je čiřená filtrovaná voda vedena na první stupeň demineralizace přes reverzní osmózu.

Počet filtrů	3 ks
Průměr filtru	3000 mm
Průřez filtru	7,065 m ²
Náplň filtru	Křemičitý písek
Výkon filtru	70 m ³ /h, max. 210 m ³ /h
Průtok prací vody	70 m ³ /h
Průtok pracovního vzduchu	353 Nm ³ /h
Čas T praní vzduchem	6+8 minut
Čas T praní vodou	8+12 minut

tab. č. 5 Technické parametry pískové filtrace [31]

6.7 Reverzní osmóza

Reverzní osmóza je založena na přírodním jevu osmózy. Osmóza je děj probíhající na základě rozdílnosti koncentrací látek mezi dvěma roztoky oddělenými polopropustnou membránou. Molekuly vody začnou přecházet z roztoku méně koncentrovaného do roztoku koncentrovanějšího a dochází k zředování tohoto roztoku. Tento proces probíhá do té doby, dokud se koncentrace u obou roztoků nevyrovnají. Na membránu působí tlak molekul, které přecházejí tzv. osmotický. Typickým příkladem jsou osmotické jevy v buňkách [2,24].

Reverzní osmóza je membránový proces úpravy vody, který se začal v praxi využívat asi v 60. letech 20. století za účelem demineralizace mořské vody. Jedná se o fyzikální úpravu vody bez použití chemikálií. Princip reverzní osmózy je následovný. Když je vyvinut vyšší tlak u zkoncentrovanějšího roztoku nad tlak osmotický, tak voda začne proudit opačným směrem (obrácená resp. reverzní osmóza) [25,26].

Reverzní osmóza se uplatňuje před demineralizací vody. Je nenáročná na chemikálie a nezatěžuje tak vodoteč rozpustnými solemi. Její nevýhodou je vyšší náročnost na předupravenou vodu, kterou však zajišťuje technologie Actiflo® a čištění na pískových filtrech. V CHÚV ELE je zařazena až za pískovými filtry a tím je splněn požadavek na kvalitu vstupní vody (viz. Příloha č. 12). Je určena pro přípravu demineralizované vody zbavené především od organických látek typu polysacharidů.

V ELE je to nově zavedená technologie, u které se v současné době testuje její účinnost v rámci celého provozu. Původně byla zavedena za účelem zvýšení množství upravované vody, ale v tomto ohledu se příliš neosvědčila. Během necelého roku, kdy se technologie začala používat, bylo zjištěno, že je vhodná především pro ochranu anexu v demineralizačním procesu a tím se uspoří náklady na výměnu ionexů, jelikož se prodlouží jejich doba užívání. V technologickém okruhu je zařazena paralelně a zároveň sériově a dle potřebného množství upravované vody se využívá jedno, nebo druhé zapojení. Buď je voda vedena z pískových filtrů na reverzní osmózu a poté na demilinky, nebo je vedena z demilinek na reverzní osmózu a pak do nádrží demivody.

6.8 Demineralizace

Procesem demineralizace se rozumí výroba vody zbavené minerálních látek tzv. demivody (DEMI). Tato technologie se používá vzhledem k požadavku na velmi vysokou kvalitu vody s nízkou vodivostí [7]. Demineralizace vody v ELE je dvoustupňová s plnými kolonami, s provozem shora dolů a s protiproudou regenerací, při níž jsou odstraněny veškeré kationty a anionty silných kyselin.

6.8.1 Princip ionexové demineralizace

Zachycování rozpuštěných látek (iontů) v ionizovaném stavu s kladným nebo záporným nábojem probíhá na ionexech. Ionex je měnič iontů (kationtů = katex nebo aniontů = anex). Uvnitř ionexu probíhá výměna iontů difundujících dovnitř ionexu za ionty obsažené v ionexu [8].

6.8.2 Technologický popis ionexů

Nádoba ionexového filtru nemá složitou konstrukci. V anexovém filtru je tryskové mezidno, které dokonale odděluje slabě bazický anex od silně bazického anexu. V katexovém filtru se toto mezidno nenachází. Filtry jsou naplněny iontoměničem DOWEX od společnosti The Dow Chemical Company s minimálním množstvím volného prostoru nad ionexovým ložem. Filtry typu katex a anex jsou naplněny ionexovou hmotou DOWEX Upcore s inertní vrstvou DOWEX IF [31].

Přes vrstvu horního scezovacího orgánu (horní tryskové dno) do plovoucího inertního materiálu v množství 394 l je shora vedena voda, která se rovnoměrně rozptyluje do celého inoxového lože. Plovoucí inertní materiál obklopující scezovací orgán umožňuje protiproudé praní (kompakci) ionexového lože a zadržuje ionexové částice normální velikosti. Zadržené suspendované látky a prachový podíl jsou volně vymývány v regeneračním cyklu (viz. kapitola 6.2.7.4) [31].

6.8.3 Stupně ionexové demineralizace

Katexový stupeň demineralizace

V prvním stupni demineralizace se používá silně kyselého katexu v množství 4,575 m³ k odstranění zejména rozpuštěného Fe a suspendovaných a koloidních látek ze vstupní vody. Použití pouze silně kyselého katexu je opodstatněné vzhledem k tomu, že je demineralizaci předřazena flokulace, tudíž je ve vodě nízký obsah HCO₃⁻ iontů a není potřeba zařadit do technologie také slabě kyselý katex [15,31].

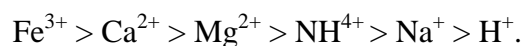
Silně kyselý katex se používá v H⁺ formě a při pracovním období, kdy protéká voda ložem, dochází k výměně kationtů ve vodě obsažených za H⁺ ion a jeho uvolnění. Výměnu iontů popisuje následující rovnice



kde Me je příslušný kation a *n* je jeho mocenství [15].

Když dojde k zachycení určitého množství kationtů z upravované vody a hmota katexu se vyčerpá, tak se ve výstupní vodě objeví kationty, které jsou na hmotě nejslaběji vázané, tedy jejich afinita vůči katexové hmotě je malá.

Pořadí afinit běžných kationtů je úměrné jejich náboji a tedy v klesajícím pořadí :



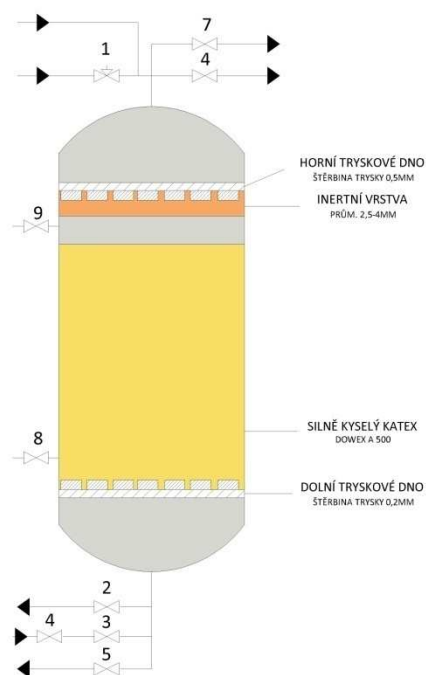
Vyčerpaný katexový filtr je třeba regenerovat, tedy vrátit do původního stavu a nasytit H⁺ ionty.

V upravené vodě jsou obsaženy nejen volné minerální kyseliny, ale i oxid uhličitý. CO_2 je ve vodě ve větším množství a je potřeba ho odstranit odvětráváním v beztlakých odvětrávacích věžích. Vyšší množství CO_2 v katexované vodě vzniká ve fázi koagulace při kyselém čiření [15]. V rámci každé linky je mezi katexovým a anexovým stupněm provzdušňovací věž o výkonu $70 \text{ m}^3/\text{h}$ [31].

Odvětrávací věž je válcová nádoba. Ve spodní části se nachází zásobní nádrž opatřená přepadem, vodoznakem a přírubami pro připojení přečerpávacích čerpadel. Nad zásobní nádrží je umístěna samotná provzdušňovací věž s rošty. Hrdlem ze spodu věže je vháněn vzduch z ventilátoru. Hrdlem v horní části odvětrávací věže je přiváděna voda obohacená o CO_2 a rozprašuje se na roštích s náplní kroužků do kapek. Vzduch přiváděný ze spodu prostupuje vrstvou náplně a odvětrává plyny z vody. Plyny jsou odváděny do horní části věže a odvzdušněná voda je shromažďována v zásobní nádrži, odkud je vedena do dalšího stupně demineralizace. Odvětrávací věž před anexovým stupněm snižuje provozní náklady na regenerační NaOH pro katexový filtr [31].

LEGENDA

- 1 vstup katexované vody
- 2 výstup upravené vody
- 3 vstup regenerantu
- 4 výstup regenerantu
- 5 vypouštění filtru
- 6 armatura pro regenerant
- 7 odvzdušnění
- 8 přeplavování inoexu do/z exterek
- 9 přeplavování inoexu do/z exterek



obr. č. 4 Schéma filtru katex

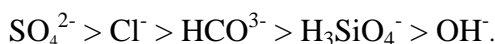
Anexový stupeň demineralizace

Ve druhém stupni demineralizace se používá silně bazického anexu v Cl^- formě v množství $1,7 \text{ m}^3$ a následuje použití slabě bazického anexu v množství $2,375 \text{ m}^3$. Slabě bazický anex zvyšuje účinnost a odolnost filtru vůči zanášení organickými látkami. Použití slabě bazického anexu nezvyšuje provozní náklady, protože se jeho regenerace provádí odpadním regenerantem ze silně bazického anexu [31].

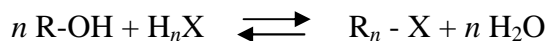
Na slabě bazickém anexu jsou odstraňovány anionty silných kyseliny, které vznikly na silně kyselém katexu. Zachycujícími anionty na anexu jsou NO_3^- , SO_4^{2-} a Cl^- , ale nereaguje s kyselinami slabými (HCO_3^- , SiO_4^{4-}). Na začátku pracovního cyklu dochází velmi slabě k zadržení také aniontů HCO_3^- , ale v první čtvrtině pracovního cyklu ostatní konkurenční anionty vytěsňují do výstupní vody CO_2 [15].

Na silně bazickém anexu nasyceném Cl^- ionty při styku se slabými kyselinami obsaženými ve vodě dochází k výměně jejich aniontové složky za Cl^- ion.

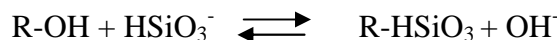
Pořadí klesající afinity aniontů zadržovaných na silně bazickém anexu:



Odstranění aniontů slabých kyselin probíhá dle následující rovnice

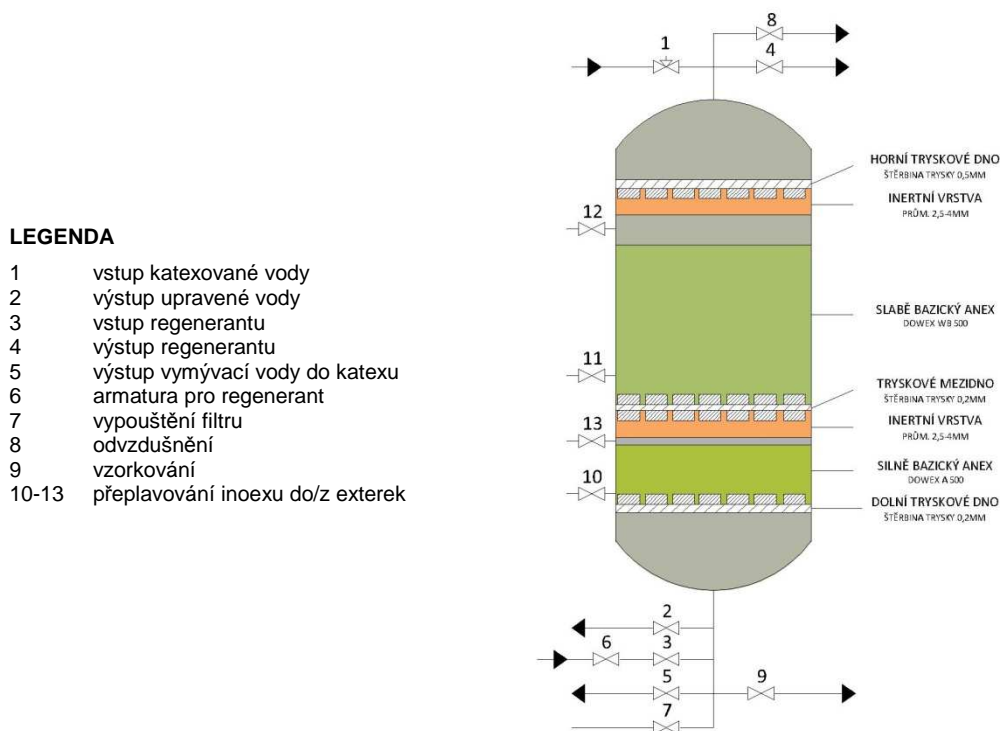


Jedná se o neutralizaci slabé kyseliny silnou zásadou. Anex je převeden do HCO_3^- a HSiO_3^- formy. U silně bazického anexu je rozhodující odstraňování slabých kyselin SiO_2 a CO_2 . Odstranění SiO_2 probíhá pouze na silně bazickém anexu, je to nejpomalejší reakce, kde rychlost reakce závisí na koncentraci SiO_2 v upravované vodě. Určující reakcí pro ukončení pracovního období anexového stupně je



Vyčerpání kapacity anexu se projevuje zvýšeným pronikáním SiO_2 a H_2CO_3 do anexu. SiO_2 však vodivost prakticky neovlivňuje, jelikož se neváže tak pevně na anex jak H_2CO_3 . Jestliže ale dojde ke zvýšení střední vodivosti výstupní demivody na dvojnásobek, tak je průnik SiO_2 mimo povolený rozsah a pokud současně dochází ke snížení pH u výstupní vody, tak na anexu neprobíhá neutralizace kyselin z katexového filtru. Tím je zjištěno vyčerpání kapacity anexu a zahájení procesu regenerace [15].

Výstupní demivoda (ze silně bazických anexů) je odváděna do zásobní nádrže demivody, kde je měřena vodivost a fotometrickými metodami obsah SiO_2 . Průměrná vodivost výstupní demivody je $1 \mu\text{S}/\text{cm}$ a průměrný obsah SiO_2 je $5 \mu\text{g}/\text{l}$ [21,31].



obr. č. 5 Schéma filtru anex

6.8.4 Regenerace ionexů

Smyslem regeneračního cyklu není pouze odstranění suspendovaných látek z ionexového lože, ale také reaktivace vyčerpaného ionexu.

Používanou technologií je technologie zvaná UPCORE a jedná se o protiproudou regeneraci plných kolon s nátokem regenerantu zdola, kdy regenerační roztok protéká opačným směrem než je vstup upravované vody. Tato technologie se v úpravnách vod využívá od začátku 80. let na celém světě. Výhodou technologie je její relativně snadná proveditelnost a úspora nákladů pro regeneraci. U systému

UPCORE je předpoklad, že dojde k dostatečnému vyprání při kompakci náplně. Nevýhodu jsou vyšší nároky na kvalitu předupravené vody [31].

Jednotlivé fáze regeneračního cyklu by se daly rozdělit následovně:

1. Kompakce
2. Regenerace – dávkování
3. Vytěšňování
4. Sedimentace
5. Společného promývání

Regenerační cyklus začíná vpouštěním proudu vody o vysoké rychlosti a v obráceném toku než je normální provoz. Ionexové lože se při normálním provozu nachází na dně filtru, ale opačný proud vody ho zvedne a přitlačí proti vrstvě inertu, nastává **fáze kompakce**. U katexu je průtok vody 57,1 m³/h a u anexu 48,9 m³/h. Opření lože o inertní vrstvu je podmíněno velikostí částic ionexu a jejich hustotou, množstvím volného prostoru a teplotou vody. Během 3 minut je dosaženo plné kompakce ionexového lože. Použitá voda je voda demineralizovaná, aby se zabránilo kontaminaci ionexového lože, především jeho spodní části, na které závisí účinnost tohoto protiproudého systému. Následuje **fáze regenerace**, kde je vstřikován regenerační roztok prací vody (demivody) a chemikálií (pro katex – HCl, pro anex - NaOH) do stále zvednutého ionexového lože za snížené rychlosti proudu. U katexu je proud prací vody snížen na 13,8 m³/h a u anexu na 15,1 m³/h. Fáze dávkování regenerantu trvá u katexu cca 15 minut a u anexu cca 27 minut. Poté co jsou chemikálie spotřebovány, je vpouštěna pouze prací voda. Při snížení rychlosti proudu vody zůstává ionexové lože stlačené a zvednuté díky efektu hystereze. Začne probíhat **fáze vytěšňování**, která probíhá na katexu cca 46 min a na anexu cca 40 min. Suspendované látky, které se zachytily na filtru během pracovního cyklu, jsou díky hydrodynamickým poměrům v kompaktním ionexovém loži vymyty. Ve stlačeném ionexovém loži je totiž rychlost vody proudící kolem kuliček ionexu vyšší a to několikanásobně než rychlost vody v loži expandovaném při běžném pracovním provozu. Během regenerace dochází k bobtnání ionexových kuliček, což také podporuje čistící efekt. Pokud samotná předúprava vody správně funguje a množství

suspendovaných látek je nízké a nezatěžují tak příliš ionexový filtr, tak je účinnost vyprání ionexové hmoty vysoká. Jestliže je vyšší kalové znečištění filtrů, tak narůstá jejich tlaková ztráta a praní musí být účinnější, takže se zopakuje kompakce, nebo se využije externí prací kolony (exterky) [15,31].

Optimalizace systému je závislá dále na zvolené inertní vrstvě DOWEX a na dimenzi štěrbin horního scezovacího orgánu.

Po skončení vytěšňovací fáze je průtok vody zastaven a po 5 až 10 minutách ionexové lože sedimentuje zpět na dno (**fáze sedimentace**). Úlomky ionexu jsou odstraněny během usazovací fáze ionexového lože, kdy během usazování padá lože na dno filtru, úlomky ionexu jsou vynášeny do horních vrstev ionexového lože, a pak jsou snadno odstraněny z filtru během další kompakce ionexového lože. Tento efekt zabráňuje vnášení drobných úlomků ionexu z katexového filtru do anexového stupně. U jiných systémů se musí navíc instalovat za katexovým stupněm lapače ionexu.

Na závěr jsou filtry na demilinec společně propláchnuty vodou proudící shora dolů při rychlosti stejné, jaká je u běžného pracovního cyklu 70 m³/h Tato **fáze společného promývání** trvá kolem 30 minut [31].

Celková doba regeneračního cyklu jedné kolony je maximálně 120 minut bez praní a maximálně 4 hodiny při praní v externí prací koloně (exterce). Doba mezi regeneracemi jedné demilinky je 12 hodin [31].

Z demilinek vede přepadové potrubí a prací voda s agresivní vodou z regenerací jsou zavedeny do nádrže agresivních vod.

Externí prací kolona (exterka)

Účelem externí prací kolony je především dokonalejší vyprání ionexových hmot – externí regenerace resp. nápravná regenerace. Přeplování ionexových hmot by mělo být mimořádné, především při závažných závadách filtru, kdy je třeba filtr vyprázdnit, nebo v případě silného znečištění ionexové náplně, kdy není umožněno účinné praní ve filtru. Extrémně zanesené mohou být ionexy produkty železa a koloidními částicemi na katexovém filtru nebo organickými látkami na anexovém filtru. U této technologie plných kolon s regenerací zdola nahoru je ukazatelem pro potřebu externího praní překročení povolené tlakové ztráty filtru. Nápravná

regenerace umožňuje dobré vyprání ionexových hmot, což v plně koloně systému vzhledem k malému expanzivnímu prostoru není dost dobře možné. Ionexová hmota se tedy z filtru odčerpává do externí prací nádrže a pere se mimo vlastní filtr. Jedna externí nádrž je určena pro katex a druhá pro anex. Do každé z nádrží je přivedena demineralizovaná voda pro praní ionexových hmot. Pokud je potřeba, tak je do externí prací nádrže přiváděna chemikálie (NaOH nebo HCl). Přepadovým potrubím je odváděna výstupní prací voda do nádrže agresivních odpadních vod. Zpět do filtru je ionexová hmota z externí prací nádrže přeplavena pomocí injektoru [31].

6.8.5 Technologický popis demineralizační stanice

Demineralizační stanice se skládá z demineralizačních linek, které jsou tři a každá má katexový (viz obr. č. 4) a anexový filtr (viz obr. č. 5) o průměrech 1600 mm. Každá linka má nominální výkon 70 m³/h. Standardní výkon demineralizační stanice bývá 140 m³/h (dvě demilinky v provozu a třetí demilinka v regeneraci). Pracují převážně v zapojení 2+1 a při plném zatížení jednotek v zapojení 3+0, které je krátkodobé. Součástí demineralizační stanice jsou dvě prací komory, kde probíhá externí praní ionexových náplní, ale pouze občasně [31].

Počet demilinek	3 ks (zapojení 2+1, 3+0)
Výkon demilinek	70 m ³ /hod
Množství upravené vody v jednom cyklu	Min. 840 m ³
Maximální celkový výkon demineralizační stanice	210 m ³ /hod
Standardní výkon demineralizační stanice	140 m ³ /hod
Doba regenerace jedné kolony	Max. 4 hod při praní v exerce Max. 120 minut bez praní
Průměrná kvalita demivody	Vodivost 1 μS/cm Obsah SiO ₂ 5 μg/l

tab. č. 6 Technické parametry demilinek [31]

Katexový filtr

počet filtrů	3 ks
průměr filtru	1 600 mm
náplň filtru	silně kyselý katex v H ⁺ formě
název	Dowex Upcore Mono C-600
výška náplně po regeneraci	2 317 mm
výška náplně po vyčerpání	2 201 mm

Anexový filtr

počet filtrů	3 ks
průměr filtru	1 600 mm
<u>náplň horní komory</u>	slabě bazický anex ve volné bázi
název	Dowex Upcore Mono WB-500
výška náplně po regeneraci	1 232 mm
výška náplně po vyčerpání	1 436 mm
<u>náplň dolní komory</u>	silně bazický anex v Cl ⁻ formě
název	Dowex Upcore Mono A-500
výška náplně po regeneraci	1 021 mm
výška náplně po vyčerpání	970 mm

6.8.6 Odstranění organických látek

Základní informace o chování organických látek v demineralizaci poskytuje Kubelova metoda měření CHSK. Za silně kyselým katexem dochází ke snížení CHSK nepatrně o necelých 10 %. Největší snížení CHSK je za slabě bazickým anexem a to o dalších zhruba 70 %. Za silně bazickým anexem je CHSK sníženo ještě o 15 %. Výsledná hodnota CHSK vstupující na mixbed je velmi nízká a pohybuje se kolem 0,1 mg/l [15,31].

Částice organických látek menších, než je poloměr pórů ionexu, musí být zpětně vytěsnitelné vratnou desorpčí. Pokud desorpce neprobíhá, tak dochází k zanášení ionexu, prodlužuje se doba vymývání a klesá kvalita čištěné vody. Ve vodách jsou nejčastěji organické látky v podobě aniontů huminových kyselin a postihují zanášením především anexy [15].

V ionexové demineralizaci při stanovení TOC je odstraněno 100 % huminových kyselin a 85-95 % ostatních látek. Ve výsledku se jedná o odstranění celkem 95 % organických látek. Nejhůře jsou odstraňovány polysacharidy [15].

Výstupní kvalita TOC za ionexovou demineralizací odpovídá požadavkům normy VGB, kde se hodnoty TOC na kvalitu přídatné demineralizované vody pohybují do 250 µg/l [15].

Demineralizovaná voda je uchovávána v zásobních nádrží demivody.

6.9 Směsné filtry (Mixbedy)

Upravená voda za demineralizační linkou nedosahuje zcela požadované kvality pro energetická zařízení, a proto je ze zásobní nádrže demivody čerpána do dalšího stupeň úpravy, kterým je směsný filtr (mixbed). Náplň filtru tvoří navzájem promísený silně kyselý katex a silně bazický anex. Tato náplň umožňuje přípravu vody, kde obsah rozpuštěných látek je tak nízký, že má nulovou vodivost a kvalita vody se blíží kvalitě tzv. ultračisté vody. Mixbedy jsou používány za demineralizací, protože vzhledem ke komplikovanému způsobu jejich regenerace by docházelo k zanášení směsného lože [7,16].

6.9.1 Pracovní fáze filtru

Demivoda protéká filtračním ložem shora dolů. Kontinuálně je sledována kvalita vody měřením obsahu SiO₂, elektrické vodivosti a tlaku.

Pokud dojde k překročení limitních hodnot, je filtr odstaven z provozu [31]:

- překročení limitu elektrické vodivosti 0,3 µS/cm
- překročení limitu SiO₂ 0,02 mg/l
- překročení limitu tlakové ztráty filtru 0,1 MPa
- překročení limitu tlakové ztráty lapače ionexů 0,08 MPa
- průtok vody filtrem je menší než 70 m³/h

6.9.2 Regenerace směsného filtru

Cílem regenerace je vytěsnit z ionexové hmoty zachycené ionty. Regenerace a vytěšňování katexu a anexu probíhá současně. Regeneraci lze provádět interně ve stejném filtru, kde probíhá běžný provoz, nebo externě přeplavením náplně do externích regeneračních nádrží.

Regenerace směsného filtru lze provádět díky rozdílné měrné hmotnosti katexu a anexu přímo ve filtru (viz obr. č. 6). Při běžném provozu jsou katex a anex promíchány. Před zahájením regenerace jsou ionexy nakypřeny vzduchem (5 min). Při regeneraci jsou rozděleny rozplavením zpětného toku demineralizované vody tak, že ve spodní části filtračního lože je těžší katex a v horní části lehčí anex (30 min). Nastává proces sedimentace ionexů (3 min) a poté odvzdušnění a odčerpání vody (2 min). Do spodu filtru pod katex je přiváděna ředící voda s roztokem 31% HCl o koncentraci 4,4 % (vytěšňovací voda) a z vrchu filtru do anexu ředící voda s roztokem 42% NaOH o koncentraci 5 % (22 min). Oba regeneranty postupně prostupují hmotou. Začíná probíhat regenerace ionexů a po spotřebování regeneračních chemikálií je odstaven jejich přívod. Současně probíhá vytěšňování regenerantu jak z katexu, tak z anexu (45 min), který je odváděn ven. Vzduchem jsou ionexy na závěr regeneračního cyklu promíchány a po zastavení přívodu vzduchu probíhá jejich usazování. Když proběhne sedimentace ionexu je zahájeno vymývání recirkulací vymývací vody a také měření vodivosti (cca 10 min). Když hodnota vodivosti dosáhne limitu $0,3 \mu\text{S}/\text{cm}$, proces vymývání se zastaví a filtr je připraven k dalšímu běžnému pracovnímu provozu. Doba celého regeneračního cyklu je cca 2 hodiny [31].

Při dokonalém rozdělení ionexů před regenerací je výsledná kvalita upravené vody velmi dobrá. Pokud by nebylo zajištěno dokonalé zregenerování, došlo by ke zpětnému vyluhování iontů z neúplně zregenerovaného ionexu a zhoršila by se kvalita upravené vody [16].

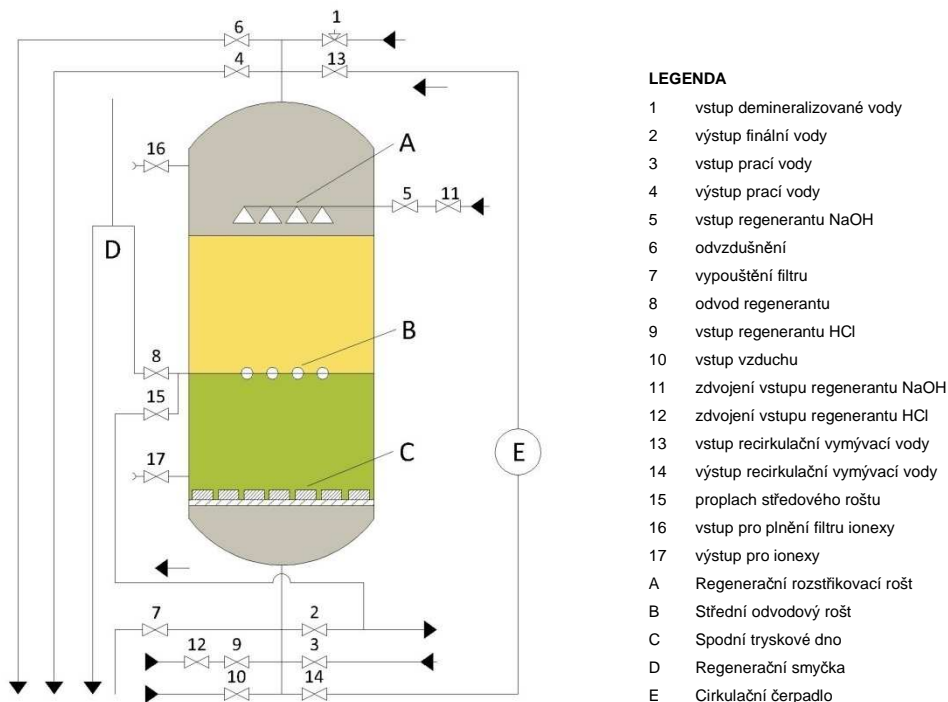
Vytvořená voda je téměř ultračistá (purified water), která je zbavená nečistot, iontů a mikroorganismů. Takto upravená voda nezpůsobuje velké provozní problémy, při kterých by docházelo k nadměrné tvorbě úsad a koroze.

Ve směsných filtrech probíhá také úprava vratného teplotěnského kondenzátu (viz. kapitola 6.10.).

Charakteristika směsných filtrů [31]

počet filtrů	2 ks
průměr filtru	2 400 mm
náplň filtru	silně kyselý katex v H^+ formě

název katexu	silně bazický anex v Cl ⁻ formě
název anexu	Dowex Marathón C-10
výška náplně po naplnění celkem	Dowex Marathón A
	1 059 mm



obr. č. 6 Schéma směsného filtru (mixbedu)

6.9.3 Odstranění organických látek

Mixbed nemá prakticky žádný vliv na odstranění organických látek.

6.10 Úprava vratného turbínového kondenzátu

Zahrnuje úpravu turbínového kondenzátu z bloků 2 a 3. Soubor je tvořen jedním směsným filtrem pro úpravu kondenzátu bloku 2 a jedním směsným filtrem pro úpravu kondenzátu bloku 3. Z jednoho bloku je celkové množství turbínového kondenzátu cca 300 m³/h. Obtokem je část kondenzátu vedena na úpravu mixbedem. Pro každý blok je navržen jeden mixbed s nominálním výkonem 150 m³/h. Upravený turbínový kondenzát je veden do vyrovnávací nádrže o objemu 100 m³. Odtud je

kondenzát pomocí čerpadel čerpán do jednotlivých bloků 2 a 3. Po skončení provozu bloků 2 a 3 budou nádrže využity pro posílení zásob demineralizované vody [31].

6.10.1 Regenerace směsného filtru vratného turbínového kondenzátu

Při regeneraci je snížena hladina vody a ze spodu filtruje vpouštěn proud pracího vzduchu. Po zastavení proudu vzduchu probíhá sedimentace ionexu a po jejím skončení jsou ionexy rozplaveny průtokem prací vody o rychlosti 31 m³/h. Následuje další sedimentace, když je proud prací vody zastaven. Katexem začnou proudit ředící vody a 31% HCl. Spotřeba HCl je 560 litrů. Anexem současně proudí ředící voda s 42% NaOH a její spotřeba je 403 litrů. Doba regenerace trvá cca 22 minut. Následuje vytěšňování regenerantu a do ionexu je vpouštěna pouze ředící voda pro katex o rychlosti 11,8 m³/h a pro anex o rychlosti 12,3 m³/h. Doba vytěšňování je cca 45 minut. Na závěr regeneračního cyklu jsou ionexy promíchány vzduchem, usadí se a proběhne fáze vymývání průtokem vymývací vody o rychlosti 112 m³/h. Celková doba regeneračního cyklu je 2,5 hodiny [31].

Filtr je odstaven z provozu za dosažení následujících maximálních podmínek:

- vodivost 0,4 μS/cm
- obsah SiO₂ 20 μg/l
- rozdíl tlaků 2,5 bar
- celkový průtok 140 000 m³

Výkon směsného filtru	210 m ³ /h
Počet směsných filtrů	2
Množství upravené vody	140 000 m ³
Požadovaná kvalita vyrobené vody	Vodivost ≤ 0,2 μS/cm SiO ₂ ≤ 20μg/l

tab. č. 7 Technické parametry směsných filtrů [31]

Charakteristika směsných filtrů pro vratný turbínový kondenzát [31]

počet filtrů	4 ks (2+2)
průměr filtru	2 400 mm
náplň filtru	silně kyselý katex v H ⁺ formě

	silně bazický anex v Cl ⁻ formě
název katexu	Dowex Marathón C-10
název anexu	Dowex Marathón A
výška náplně po naplnění celkem	1 059 mm

6.11 Úprava vratného teplotěnského kondenzátu

Vratný teplotěnský kondenzát (z otopných soustav) je přiváděn do nádrže vratného teplotěnského kondenzátu o objemu 400 m³ a pomocí čerpadel je přečerpáván na katexový filtr. V ELE jsou pro úpravu teplotěnského kondenzátu dva katexové filtry, kde v pracovním provozu je jeden filtr a na druhém probíhá regenerace. Při velkém zatížení pracují oba filtry, ale jen krátkodobě. Kapacita jednoho filtru je 150 m³/h. Kondenzát, který prošel katexovým filtrem je odváděn do nádrží demineralizované vody a je smísen s demineralizovanou vodou, jelikož jeho kvalita bývá totožná s demineralizovanou vodou. Poté je odváděn na směsné filtry.

6.11.1 Regenerace katexového kondenzátního filtru

V regeneračním cyklu nejdříve dojde ke snížení hladiny vody a poté je vhnán do filtru prací vzduch o rychlosti 110 m³/h. Po zastavení proudu vzduchu nastane usazování katexu na dno filtru, začne se vpouštět prací voda a opět probíhá sedimentace. Regenerace katexu je prováděna ředící vodou společně s 31% roztokem HCl naředěným na cca 4,4% roztok. Spotřeba HCl je 654 litrů. Po vyčerpání HCl je do katexu přiváděna pouze ředící voda o rychlosti 11,8 m³/h a nastává vytěšňování regenerantu trvající 45 minut. Nakonec je filtr naplněn vodou a recirkulačně vymýván tak dlouho, dokud není dosaženo požadovaných limitů vodivosti. Doba regeneračního cyklu je cca 2 hodiny.

Charakteristika katexových filtrů pro vratný teplotěnský kondenzát [31]

počet filtrů	3 ks
průměr filtru	2 000 mm
náplň filtru	silně kyselý katex v H ⁺ formě
název katexu	Dowex Marathón C-10

výška náplně po naplnění celkem 1 003 mm

Pokud je kvalita vratného teplotěnského kondenzátu nevyhovující, je odváděn do jímky čířené vody a upravován v demineralizační stanici. Vratný teplotěnský kondenzát musí být chlazen surovou vodou určenou pro číření nebo vyčířenou vodou, aby výsledná teplota směsi demineralizované vody a vratného kondenzátu nebyla vyšší než 50 °C a mohla být odvedena do dalšího stupně čířění. Použitá chladící voda je odváděna do jímky surové vody.

Směs katexovaného vratného kondenzátu a demineralizované vody je doupravována na dvojici směsných filtrů o kterých již bylo pojednáváno v rámci kapitoly 6.8. Směsné filtry (Mixbody).

6.12 Skladové hospodářství chemikálií

V areálu CHÚV se nachází nově zrekonstruovaný sklad chemikálií. V něm je umístěno 9 zásobních nádrží. Jedná se o dvě zásobní nádrže z oceli, uvnitř pogumované o objemu 70 m³ a 40 m³ pro uskladnění 31% HCl. Dále jsou zde dvě zásobní nádrže pro uskladnění 42% NaOH o objemu 70 m³ a 25 m³, které jsou z oceli, a uvnitř se nachází topný had. Dalšími čtyřmi nádržemi jsou ocelové pogumované nádrže pro uskladnění 41% Fe₂(SO₄)₃ o objemech 70 m³ a 40 m³ a neutralizační nádrže o objemech 63 m³ pro neutralizování agresivních vod vzniklých z regenerací filtrů. Poslední zásobní nádrž je nádrž pro přípravu čpavkové vody [31].

Nádrže jsou válcové stojaté nádoby s klenutým dnem umístěné nad záchytnou vanou o objemu 65 m³, která je svedena do havarijní vany. Případné úkapy z havarijní vany jsou přečerpávány do neutralizace. Nádrže jsou mezi sebou propojeny plastovým potrubím, tudíž lze chemikálie mezi nádržemi přečerpávat. Stáčení koncentrovaných chemikálií se provádí manuálně. Chemikálie jsou čerpány na regeneraci demilinek, přípravu čířené vody a neutralizaci odpadních agresivních vod v neutralizačních nádržích. Po spuštění Nového zdroje 660 MW budou také využívány pro úpravu přídavné chladící vody [31].

6.12.1 Neutralizace agresivních vod

V neutralizačních nádržích jak již bylo řečeno, se shromažďují agresivní vody z regenerace filtrů, ale také agresivní vody ze záchytných jímek. Uvnitř nádrží je rozvod vzduchu, cirkulační čerpadla a dávkovací čerpadla pro dávkování HCL resp. NaOH. V recirkulačním okruhu je měřeno pH.

Jakmile je v neutralizační nádrži dosažena maximální hladina agresivních vod, je jejich přívod do nádrže zastaven a zahájena neutralizace. Nejprve proběhne míchání vzduchem, po skončení je přívod vzduchu zastaven a je spuštěno čerpadlo pro cirkulaci agresivních vod v nádrži. Cirkulace trvá cca 5 min a poté je změřeno pH, jehož hodnota je určující pro další krok. Pokud je $\text{pH} > 8,5$, tak je dávkována HCl. Jestliže je $\text{pH} < 6,5$ dávkován je NaOH. Po nadávkování chemikálie se změní znovu pH a pokud není v rozmezí 6,5 – 8,5, tak se dávkování chemikálií opakuje. Neutralizace je ukončena, jestliže je dosaženo ideálního stavu pH [9,31]

6.13 Likvidace odpadních vod

Neopomenutelnou činností chemické úpravy vod je také likvidace odpadních vod. Cílem likvidace odpadních vod je oddělit různé druhy odpadních vod a zabezpečit jejich čištění a vyrovnaný odtok z hlediska kvality a kvantity[4].

LOV navazuje na vnější a vnitřní předpisy ELE.

Vnějšími předpisy jsou:

Zákon 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Nař. vlády č. 61/2003 Sb., kterým se stanoví ukazatele přípustného stupně znečištění vod.

ČSN 07 7403 Voda a pára pro tepelné energetické zařízení s pracovním tlakem 8 MPa a vyšším

ČSN 75 7171 Jakost vod – složení vody pro průmyslové účely

ČSN EN 12952-12 Vodotrubné kotle a pomocná zařízení – část 12: Požadavky na kvalitu napájecí vody a kotelní vody

6.13.1 Druhy odpadních vod v Elektrárně Ledvice

Elektrárna Ledvice je producentem odpadních vod, které lze rozdělit na vody:

Technologické – Vznikají přepadem z jímek CHÚV a jímek odpadní vody ze strojoven a z praní pískových filtrů.

Zaolejované – jedná se o úkapy a splachy ze strojoven a vody ze záchytných jímek pod transformátory.

Agresivní – Jsou vody po regeneraci demi linek, úkapy ze záchytných nádrží pod nádržemi HCl, NaOH a $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, které se nacházejí na CHÚV

Splaškové – odpady z WC, koupelen a stravovacích zařízení

Dešťové

Kaly – Z čiření na CHÚV a z usazovacích nádrží na LOV

Odpadní vody splaškové a dešťové jsou po elektrárně vedeny oddělenou kanalizační sítí. Splaškové odpadní vody jsou likvidovány na biologické čistírně odpadních vod a po vyčištění jsou vedeny do pojistné nádrže LOV. Dešťové a technologické odpadní vody jsou likvidovány na LOV a následně vypouštěny do recipientu Bíliny. Na gravitačních odlučovačích jsou čištěny zaolejované vody ze strojoven, kde je možná kontaminace ropnými produkty a vyčištěná voda se používá jako voda splavovací v popelovém hospodářství. Agresivní vody jsou upravovány v neutralizačních nádržích. Kaly z usazovacích nádrží a z chemické úpravy vody se na LOV odvodňují [30,31].

V areálu elektrárny je vedena dešťová a splašková kanalizace. Do dešťové kanalizace zaústíují dešťové vody z areálu elektrárny, odkaly a přepady z chladících věží, přepady z jímek surové a upravené vody na CHÚV a vody z praní pískových filtrů na CHÚV. Dešťová kanalizace vede do čerpací stanice dešťových vod a z ní je přečerpávána do usazovacích nebo do pojistných nádrží. Odpadní vody z provozu Úpravny uhlí Ledvice jsou čerpány nejdříve do usazovací nádrže LOV. Do pojistných nádrží LOV jsou odváděny vyčištěné splaškové vody. Splaškové vody z elektrárny jsou splaškovou kanalizací vedeny přes oddělovače tuků nejdříve do biologické čistírny odpadních vod, kde jsou odstraňovány organické látky. Čištění

odpadních vod je dvoustupňové. První stupeň tvoří usazovací nádrže a druhý stupeň pojistné nádrže odkud je odpadní voda vypouštěna do recipientu řeky Bíliny [19,30,31].

6.13.2 Způsoby likvidace odpadních vod

Technologie usazovací nádrže zahrnuje paralelně řazené železobetonové nádrže. V nádrži se nachází provzdušňovací komora o objemu 130 m³ a samostatná usazovací nádrž s nornou stěnou o objemu 842 m³. Odluh, odpadní vody z úpravny uhlí a smíšené dešťové, splaškové a technologické vody protékají postupně do jednotlivých komor. Nejprve přetékaají do provzdušňovací komory kam je veden nesusušený technologický vzduch redukován na tlak 0,15 MPa. Obsah kyslíku je udržován na minimální hodnotě 3 mg O₂/l. Před hřebenovým přelivem vedoucím do usazovací nádrže je dávkován koagulant Fe₂(SO₄)₃ a dochází k chemickému odbourání organického znečištění a sedimentaci suspendovaných látek. Kaly a suspendované látky sedimentují na dno nádrže, kontinuálně jsou shrabovány do kalových trychtýřů a odtud přečerpávány do nádrže kalolisu k odvodnění. Pomocí shrabováků jsou shrabovány také plovoucí nečistoty z hladiny nádrže do žlabu, odkud vedou do jímky plovoucích nečistot. Tyto nečistoty se dle potřeby odváží k likvidaci [12,19,31].

U usazovací nádrže je před výstupem instalován automatický hlásič ropných produktů se signálem na velín CHÚV.

Po vyčištění odpadní vody v usazovacích nádržích odtéká voda samospádem do uklidňujících komor. Do těchto komor ústí i potrubí z odluhování chladicích věží a dešťové, splaškové a technologické vody. Z uklidňovací komory odtékají odpadní vody otevřeným kanálem do tří pojistných železobetonových nádrží o objemu 1100 m³. Pojistné komory slouží k dosedimentování suspendovaných látek. Přes hřebenový přeliv odtékají vyčištěné odpadní vody do odtokové komory a pokračují měrným Parshalovým žlabem, který slouží ke kontinuálnímu měření průtoku odpadních vod z LOV do kanalizace s výpustí do řeky Bíliny. V měrném žlabu je umístěn další snímač pro kontinuální měření obsahu zbytkového kyslíku, pH, vodivosti, zákalu a ropných látek [19,31].

Následující tabulka číslo 8 porovnává měřené chemické ukazatele dvoustupňového čištění odpadních vod před vstupem do usazovací nádrže a na výstupu z pojistných nádrží.

Ukazatel	Usazovací nádrž – vstup vody	Pojistná nádrž – výstup vody
CHSK _{Cr}	68	35
BSK ₅	6	3
pH	8	8
NL	115	16
RAS	365	440
NEL	-	0,03
Celkový fosfor	0,4	0,2

tab. č. 8 Složení odpadních vod přitékajících do usazovacích nádrží a odpadních vod odcházejících z pojistných nádrží [mg/l] [31]

Kalové hospodářství

Kalové hospodářství lze rozdělit na technologická zařízení, a to na zařízení usazovacích nádrží (shrabováky, čerpadla usazovacích nádrží a filtr pro zachycení shrabků z usazeného kalu o velikosti větší než 5 mm), technologie čerpající kaly z čiření na CHÚV a technologický celek odvodnění a zpracování kalu [32].

Vlastní technologie kalového hospodářství je umístěna v areálu LOV, vedle usazovacích nádrží. Z předúpravy kalů z CHÚV a kaly z usazovacích nádrží LOV jsou vedeny trasy do zahušťovací nádrže. Do potrubí vedoucího z usazovacích nádrží je dávkován síran železitý, který zvyšuje stupeň zahuštění kalu a snižuje množství nerozpuštěných látek. Hodnota pevné fáze v zahuštěném kalu je 2 až 4 %. V zahušťovací nádrži jsou shrabováky běžící v nepřetržitém provozu. Usazený kal je shrabován do středu nádrže a pomocí vřetenového čerpadla je přečerpáván do homogenizační nádrže. Společně s přečerpávacím čerpadlem běží dávkovací čerpadlo flokulantu, který je dávkován přímo do jeho sání. Odsazená voda odtéká přes přepadový žlab do jímky filtrátu [9,31].

V homogenizační nádrži jsou míchadla a dvě kontrolní odběrná místa pro sledování hustoty a kvality zahuštěného kalu. Před tím, než je kal odveden do odvodňovací nádrže upravuje se pomocí dávkování chemikálií POF prostřednictvím membránových dávkovacích čerpadel umístěných do sání přečerpávacího čerpadla zahuštěného kalu. Roztok polymerního flokulantu je připravován ve flokulační

stanici vybavené míchadly. Používá se práškový flokulant ředěný pitnou vodou. Tlakovými čerpadly je kal čerpán dle potřeby do kalolisu [9,31].

Kalolis je komorový a využívá se pro odvodnění kalu. Působením filtračního tlaku na odvodňovanou suspenzi probíhá odvodnění. Plnění kalolisu zajišťují dvě vřetenová čerpadla. Jedno nízkotlaké plní kalolis do tlaku 0,6 MPa a druhé dokončuje filtraci do provozního tlaku 1,3 MPa. Tlaky snímá manostat. Přetlak závisí na výkonu plnicího čerpadla a velikosti odporu filtrační tkaniny. Na filtrační tkanině se zachycuje pevná fáze a drenážním systémem protéká kapalná fáze, která je vedena ven ze zařízení. V průběhu čerpání kalu do kalolisu se zvětšuje tloušťka filtračního koláče a tím roste odpor filtrační přepážky a přetlak na výtlačném potrubí plnicího čerpadla. Na podstavený redler vypadávají filtrační koláče a následně jsou dopravovány pomocí šnekového dopravníku do kontejneru umístěným pod ocelovým přístřeškem [30,31].

Odvodněný kal je odvážen specializovanou firmou v tuhém stavu ke zneškodnění. Filtrát (kalová voda) je akumulován a odčerpáván do sběrné jímky vod a odtud zpět do usazovacích nádrží.

Biologická čistírna odpadních vod

Vně stávajícího oplocení elektrárny na ploše bývalého bloku číslo 1 je situována biologická čistírna odpadních vod. Slouží pro čištění splaškových odpadních vod ze sociálních zařízení v areálu ELE. Čistírna odpadních vod zahrnuje čerpací stanici surových odpadních vod, zařízení pro mechanické předčištění, dvě samostatné jednotky pro biologické čištění a čerpací stanici vyčištěných odpadních vod.

Odpadní voda přitéká gravitačně do jímky čerpací stanice. Na nátok do čerpací stanice je česlicový koš sloužící k zachycení hrubých mechanických nečistot, které by mohly ucpat nebo poškodit čerpadla. Koš je ručně vyjímatelný za účelem odstranění zachycených předmětů. V jímce jsou tři čerpadla s různým ponorem. Při nárůstu hladiny odpadní vody v jímce se čerpadla postupně automaticky zapínají a při poklesu hladiny naopak vypínají. Tím je zajištěn vyrovnaný průtok a nižší hydraulické zatížení dalších stupňů ČOV, zejména dosazovacích nádrží [31].

Surová odpadní voda z čerpací stanice je čerpána do otevřeného betonového kanálu a natéká na rotační síto, kde jsou odlučovány hrubé mechanické části obsažené v surové odpadní vodě. Předčištěná odpadní voda pak gravitačně odtéká do lapače písku a poté do biologických jednotek ČOV paralelně zapojených [31].

Biologická jednotka ČOV je tvořena aktivační nádrží se zónou denitrifikace a zónou nitrifikace a dále dosazovací nádrží. V aktivačních nádržích probíhají vlastní biochemické čisticí procesy způsobené mikroorganismy v aktivovaném kalu. V zóně denitrifikace je anoxické prostředí a probíhá zde redukce dusičnanového dusíku na dusík elementární. Následně v zóně nitrifikace s oxickým prostředím díky jemnobublíkovému provzdušnění dochází k oxidaci amoniakálního dusíku na dusitanový a následně na dusičnanový dusík. Nakonec je odpadní voda vedena do dosazovací nádrže, kde je oddělován aktivovaný kal od vyčištěné vody. Oddělený aktivovaný kal je pomocí mamutky recirkulován zpět do denitrifikační zóny aktivační nádrže (tzv. vratný kal), nebo do kalojemu jako kal přebytečný [3,29,31].

Vyčištěná voda přepadá přes hrany přepadového žlabu dosazovacích nádrží do odtokového potrubí a odtéká gravitačně do čerpací stanice vyčištěné splaškové vody. Z této stanice je čerpána na pojistné nádrže LOV.

Přebytečný kal a shrabky jsou odváženy specializovanou firmou ke zneškodnění.

Tabulky číslo 9 a 10 porovnávají průtoky odpadní vody na LOV. V tabulce číslo 9 jsou hodnoty povoleného množství vypouštěných odpadních vod z LOV úřady životního prostředí. V tabulce číslo 10 jsou hodnoty průtoků odpadních vod přitékajících do LOV.

Průměrné množství [l/s]	Maximální množství [l/s]	Maximální množství [m ³ /měsíc]	Maximální množství [m ³ /rok]
130	250	650 000	7 500 000

tab. č. 9 Povolené množství vypouštění odpadních vod z LOV [31]

Přítok na LOV	Q _{prům} [l/s]	Q _{max} [l/s]
Vody smíšené*	20	74
Vody z úpravny uhlí	4	8
Odluh z chladicích věží	48	101
Vody z BČOV	0,2	0,4
celkem	72	183

tab. č. 10 Množství odpadních vod přitékajících na LOV [31]

* vody smíšené = vody dešťové, splaškové a technologické

Tabulka číslo 11 porovnává průměrné a maximální hodnoty ukazatelů v odpadních vodách na výstupu z LOV povolené úřady životního prostředí s průměrnými hodnotami odpadních vod z ELE v místě vypouštění do recipientu Bíliny.

Ukazatel	Průměrná hodnota	Maximální hodnota	Průměrná hodnota ELE
CHSK _{Cr}	50	60	34,8
BSK ₅	10	10	3,7
pH	7 – 9	7 – 9	7,9
NL	40	44	19,3
RAS	600	750	481,6
NEL	0,5	0,6	0,025
Celkový fosfor	0,5	0,6	0,228

tab. č. 11 Porovnání chemického složení odpadních vod [mg/l] [31]

6.14 Provozní problémy při úpravě vod

V chemické úpravně vody dochází k provozním problémům způsobujících nedokonalou úpravu vody a zhoršení její kvality. Problémy jsou zapříčiněny hlavně závadami na technologických zařízeních nebo změnami kvality surové vody.

6.14.1 Závady na čířicích

Problémy v technologii Actiflo® mohou způsobit nerozpuštěné látky ve vysokém množství nebo vysoký zákal způsobený změnou kvality surové vody, zdrojem surové vody, nízkou dávkou koagulantu, POFu nebo nízkou koncentrací mikropísku. Dalším problémem technologie může být nízký nebo vysoký tlak na vstupu do hydrocyklonu, ztráta vody a písku na čerpadle nebo nízký průtok surové vody do čířiče. Příčinou je většinou ucpání potrubí čerpadla nebo recirkulačního okruhu. Častým řešením je propláchnutí potrubí a nádrží čířiče čistou vodou.

Aby bylo předcházeno provozním problémům na čističích, je důležité kontrolovat parametry kvality surové a čířené vody. Jsou prováděna kontinuální měření obsluhou CHÚV a diskontinuální měření akreditovanou laboratoří. Výsledná kvalita čířené vody je rozhodující pro další technologická zařízení při úpravě vody.

Vliv na kvalitu čířené vody mají:

- Kvalita surové vody (CHSK_{Cr}, alkalita, pH, Fe, zákal a teplota)
- Aktuální hodnota průtoku vody zařízením
- Typ a dávka koagulantu a flokulantu
- Obsah mikropísku v procesu Actiflo
- Otáčky míchadel v koagulační a flokulační nádrži
- Výkon recirkulace kalů a účinnost separace kalů od mikropísku

Sledovaný parametr	Surová voda	Čířená voda
CHSK _{Cr} [µg/dm ³]	24,69	10,87
KNK _{4,5} [mmol/dm ³]	1,68	0,64
pH	7,62	6,06
Železo [µg/dm ³]	0,506	0,480
Zákal [NTU]	6,16	0,66
SiO ₂ [µg/dm ³]	6,51	-
Teplota [°C]	16,7	-

tab. č. 12 Průměrné sledované parametry vstupní surové vody a upravené čířené vody v roce 2012

Tabulka číslo 12 porovnává měřené parametry surové vody před vstupem do čističe Actiflo® a výstupní upravené vody za čističem. Hodnoty jsou průměrné za rok 2012. V případě předúpravy pro demineralizaci se jedná o zajištění takového provozu zařízení, aby bylo dosaženo požadované množství čířené vody o co nejnižším zákalu, obsahu železa a obsahu nerozpustných látek.

6.14.2 Závady na demilinkách

Problémy: Zhoršení kvality vyráběné vody

Vysoká tlaková ztráta filtru

Menší množství upravené vody za cyklus

Příčiny: Nevhodné provozní podmínky
 Mechanické závady na zařízení
 Špatná funkce ionexových náplní
 Změny ve kvalitě vstupní vody

Za pracovní cyklus demilinky může dojít ke změně kvality vstupní vody a to má přímý dopad na snížení množství upravené vody. Řešením jsou pravidelné kontroly a analýzy chemického složení vstupní vody. Výsledky kontrol je potřeba evidovat a na jejich základě zjistit například poruchu zařízení, kterou způsobila změna kvality vstupní vody, nebo mechanická závada na zařízení popřípadě špatná funkce ionexových náplní. Parametry demilinek je potřeba porovnávat s údaji, které byly navrženy projektantem technologie.

Zanášením ionexů jsou způsobeny provozní problémy, takže je zhoršena kvalita demivody, doba vymývání je delší, zvýší se tlaková ztráta filtru a sníží se jeho užitná kapacita. Tímto zanášením může v krajním případě dojít k mechanickému poškození ionexu. Ionexy mají určitou dobu životnosti, která je ovlivněna jak mechanickou degradací, tak chemickým odbouráváním funkčních skupin. V případě, že užitná kapacita klesne o 20 - 30 %, musí být ionex vyměněn. To ovlivňuje především ekonomiku provozu.

Další problémy způsobuje regenerace provedená nesprávně nebo nedostatečně, kdy dojde během pracovního cyklu k postupnému vymývání škodlivých látek z filtru. Zanášením částic nečistotami se sníží užitná kapacita ionexu (iontovýměnná kapacita hmoty) a dojde ke zkrácení pracovního cyklu. Vlivem nadměrného zanášení kolony suspendovanými látkami během pracovního cyklu se vytvoří ve vrchní části lože vrstva, která způsobí tlakovou ztrátu a nerovnoměrný průtok vody (tzv. kanálkování). Pracovní cyklus je opět zkrácen.

Katex může být napadán suspendovanými látkami (NL), oxidačními činidly¹ (Cl₂), oxidy železa, hliníku, mědi nebo produkty koroze, síranem vápenatým, oleji,

¹ Ionexové částice vlivem oxidačních látek přítomných ve vodě (volný chlór 0,1 – 0,2 mg/l) jsou chemicky poškozovány. Tato oxidační činidla mohou katalyticky reagovat s ionty kovů zachycených na ionexu a snížit kapacitu anexu nebo snížit mechanickou odolnost katexu.

řasami a bakteriemi ve vstupní vodě. Může také dojít k průniku flokulantu pískovým filtrem a k jeho vysrážení na katexu.

Následkem je zvýšení vodivosti demivody způsobená zvýšeným průnikem iontů, zvýšení tlakové ztráty lože a snížení užitečné kapacity katexu.

Napravení těchto rizikových stavů u zvýšeného množství suspendovaných látek lze řešit prodlouženou dobou praní, nebo opakovanou kompakcí dokud z lože nevytéká čistá voda. U vysráženého flokulantu lze použít 10% HCl. Ten lze využít také k odstranění sloučenin železa. Přítomnost oxidačního činidla však způsobuje nevratnou destrukci a poškozená hmota se musí vyměnit. Jako preventivní krok je vhodné dávkovat redukční činidlo.

Anex mohou napadat organické látky, oxidační činidla¹ a koloidní křemík. Veškeré tyto nečistoty způsobují zhoršení kvality demivody.

Slabě bazický anex je citlivý na extrémní zatížení organickými látkami a na oxidační činidla. Při nesprávně provedené regeneraci může dojít k uvolnění koloidního křemíku. Nápravným řešením odstranění organických látek je regenerace anexu 10% NaCl v 2% NaOH teplém 40 - 50 °C po dobu 4 – 12 hodin. Vysrážený koloidní křemík lze rozpustit 8% NaOH teplém 40 - 50 °C po dobu 4 – 12 hodin nebo nápravným řešením pro odstranění organických látek. Oxidační činidla nevratně degradují ionex [31].

Silně bazický anex je ohrožen podobnými provozními problémy jako slabě bazický anex. Může být nadměrně zatížen organickými látkami, dále silnou adsorpcí ferro-organických komplexů, vysokou provozní teplotou a kontaminací unikajících náplní z katexového filtru způsobenou například poruchou tryskového dna. Způsoby řešení těchto závad jsou stejné jako u slabě bazického anexu. Řešení problému s kontaminací anexové náplně katexem závisí na velikosti částic vyplavených z katexu. Pokud jsou částice z katexu příliš jemné, dojde ke smíchání s anexem a nelze je odstranit. Je nutné náplň anexového filtru vyměnit. Částice hrubší zrnitosti je možné z anexového lože odseparovat hydraulicky.

Řešením pro ochranění anexu před organickými látkami by mohlo být předřazení filtru s aktivním uhlím. Aktivní uhlí před stupni demineralizace působí

jako sorbent organických látek a zabraňuje zanášení anexu. Nevýhodou by mohla být častá výměna aktivního uhlí z hlediska ekonomiky provozu, řádově v ročních intervalech.

Jako adekvátním řešením se osvědčila technologie reverzní osmózy, která dostatečně zbavuje upravovanou vodu od organických látek, především od polysacharidů a zvyšuje tak životnost anexu.

Sledovaný parametr	Hodnota parametru
Fe [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]	4
SiO ₂ [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]	5,23
Měrná el. vodivost [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	0,23

tab. č. 13 Parametry upravené vody za demilinkami v roce 2012

V tabulce číslo 13 jsou popsány hodnoty sledovaných parametrů demineralizované vody za demilinkami, před úpravou směsnými filtry a pomocí reverzní osmózy.

6.15 Kvalita upravené vody pro výrobní bloky

Kvalita upravené vody pro výrobní bloky se řídí parametry požadovanými výrobcí kotlů a parních turbín. Tabulka číslo 14 udává maximální hodnoty parametrů pro sledované ukazatele. Především obsahu železa, oxidu křemičitému a měrné elektrické vodivosti je dáována nejvyšší pozornost. Hodnoty sledovaných parametrů na výstupu z CHÚV v ELE jsou uvedeny v tabulce číslo 15. Jedná se o průměrné hodnoty za rok 2012.

Sledovaný parametr	Hodnota parametru
Fe [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]	< 20
SiO ₂ [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]	< 10
Měrná el. vodivost [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	< 0,1
Tvrdost celková - T _c [$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$]	< 1
O ₂ [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]	< 10

tab. č. 14 Požadované parametry upravené vody pro výrobní bloky [31]

Sledovaný parametr	Hodnota parametru
Fe [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]	4
SiO ₂ [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]	2,05
Měrná el. vodivost [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	0,08
Tvrdost celková - T _c [$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$]	-
O ₂ [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]	0 - 1

tab. č. 15 Parametry výstupní upravené vody z CHÚV v Elektrárně Ledvice za rok 2012 před vstupem do výrobních bloků (kotlů a turbín)

V provozu ELE je obsah kyslíku měřen v napájecí vodě před kotli a hodnoty tohoto kontinuálního měření se pohybují mezi 0 – 1 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Z porovnání tabulek číslo 14 a 15 plyne, že chemická úprava vody v ELE splňuje požadavky na kvalitu upravené vody před vstupem do výrobních bloků a to až o několikanásobně méně. Například množství železa a oxidu křemičitého je sníženo až pětinasobně. Měrná el. vodivost a množství kyslíku je sníženo více jak desetinásobně.

Čím je kvalita upravené vody vyšší, tím je více zabráněno tvorbě úsad v technologických okruzích, které by se po okruhu roznášely, vytvářely by nánosy a zapříčinily zhoršení přestupu tepla, nebo by pod nimi docházelo ke vniku koroze. Je tak splněn jeden z hlavních cílů CHÚV a to účinnost technologie.

7 Diskuze

V publikacích, které jsou běžně k dostání, se především setkáváme s poznatky o úpravě vody v obecné rovině. Většinou jsou technologie úpravy vody pro energetické účely kombinovány s technologiemi úpravy vody pro další průmyslové účely. Pro zpracování této práce bylo hlavním cílem zjistit, jaké konkrétní technologie jsou používány ve vybraném elektrárenském provozu a následně dohledat rozšiřující informace o těchto technologiích v dalších publikacích a člancích. Hlavním zdrojem pro čerpání těchto informací byly provozní předpisy Elektrárny Ledvice a exkurze po provozu. Praktická zkušenost a vidět něco na vlastní oči je dle mého názoru mnohem víc než si o tom desetkrát přečíst. Bylo ovšem důležité předem nastudovat jak jednotlivé technologie pracují, ale pro konečné zpracování a pochopení problematiky byla důležitá praktická zkušenost. Další zdroje, ze kterých jsem čerpala, spíše osvětlily problematiku úpravy vody.

Velkým přínosem mi byla publikace od Ing. Pavla Hübnera, CSc., který v roce 2010 vydal odbornou knihu pod názvem „Úprava vody v energetice“. Poznatky v této knize co se týče technologických novinek lze brát jako aktuální. Autor se zde zabývá také reverzní osmózou, ale spíše jako samostatnou technologií, která by v budoucnu mohla ionexovou demineralizaci nahradit. Z hlediska ochrany životního prostředí je to zcela logické, protože pro regeneraci ionexových filtrů se musí použít chemikálie, což v případě reverzní osmózy není potřeba. Já jsem však zjistila, že reverzní osmózu v Elektrárně Ledvice používají jako další stupeň úpravy vody před demineralizací, což není tak běžné. Když jsem si zadávala téma diplomové práce, nebylo definitivně rozhodnuto, jestli bude tato technologie použita. Původní plán pro zavedení reverzní osmózy bylo zvýšení kapacity upravované vody. Tohoto cíle nebylo dosaženo, ale bylo zjištěno během necelého roku provozu reverzní osmózy, že účinnost odstranění organických látek je díky ní 90 %. Organické látky ohrožují hlavně aniontové filtry a zavedením reverzní osmózy se prodlouží jejich životnost. To vedlo také ke zvýšení jejich účinnosti, protože není nutná častá regenerace. Tím jsou šetřeny používané chemikálie a uspořeny také náklady na nákup nových náplní. Z hlediska investičních nákladů se tato technologie osvědčila a z hlediska ochrany životního prostředí se osvědčila částečně.

Problémy chemické úpravy vody byly zjištěny během provozu a návrhy na jejich řešení jsou výčetem praktických zkušeností. Pokud bych měla navrhnout nějakou inovaci CHÚV III, bylo by to složité, jelikož tento provoz byl vybudován před třemi lety a k jeho výstavbě byly použity technologie nejen ověřené, ale také jedny z nejnovějších. Tyto technologie byly zvoleny na základě průzkumu kvality čerpané surové vody, proto se budou lišit od elektrárenských provozů čerpajících například mořskou vodu. Zvolená kombinace jednotlivých technologií v CHÚV je výsledek zkušeností a znalostí této problematiky.

Dle mého zjištění však pro elektrárenské provozy čerpající surovou vodu z povrchových toků, které jsou znečištěny organickými látkami, je zavedení reverzní osmózy jako dalšího stupně úpravy vody před demineralizačním stupněm velmi výhodné nejen z hlediska úspor nákladů, ale také z hlediska ochrany životního prostředí.

Areál chemické úpravy vody vzhledem k rozloze nezabírá příliš prostoru, ale význam tohoto provozního celku je vysoký. CHÚV by se s trochou nadsázky dala přirovnat k srdci elektrárenského provozu.

8 Závěr

V současné době je dokončována kompletní rekonstrukce chemické úpravný vody v Elektrárně Ledvice, kde v rámci výstavby Nového zdroje 660 MW byly vybudovány nová a nejmodernější technologická zařízení dimenzovaná na základě průzkumu kvality čerpané surové vody. Hlavní činností chemické úpravný vody je úprava surové vody a vratného topného kondenzátu pro parovodní a chladicí okruh. Další činností je likvidace odpadních vod, základní vzorkování a zajištění provozu pitného a požárního vodovodního řádu

Moderní technologií chemické úpravný vody v Elektrárně Ledvice je v první řadě prostorově kompaktní technologie Actiflo® používaná v předúpravě vody. Výhodou této technologie je rychlost úpravy i při vyšších průtocích vody a její účinnost při odstraňování suspendovaných látek, která se pohybuje okolo 89 % bez ohledu na jejich množství ve vstupní vodě. Z hlediska odstranění organických látek však tato technologie není zcela vhodná, proto byl zařazen další stupeň úpravy a tou je reverzní osmóza. Tato technologie není běžně používaná ve velkých elektrárnenských provozech jako je Elektrárna Ledvice, přesto byla tato metoda úpravy vody zavedena cca před 3/4 rokem především z důvodu navýšení množství upravené vody. V tomto směru se příliš neosvědčila, ale za to její nespornou výhodou byla zjištěna účinnost při odstranění organických látek. Tím je šetřena životnost anexu v dalších stupních čištění vody a tím pádem úspory za náklady při nákupu těchto náplní. Stále osvědčenou a zdokonalující se metodou zůstala demineralizace na ionexech s protiproudou regenerací využívaná řadu let při úpravě vody.

Hlavními cíly úpravný vody je vysoká účinnost, rychlost, dlouhá životnost technologických zařízení a v neposlední řadě úspora provozních nákladů. Aby tyto cíle byly splněny, je potřebná pravidelná kontrola vstupní i výstupní vody. Sledovaných parametrů je celá řada v závislosti na druhu využití vody. Nejsledovanějšími parametry, které jsou měřeny jak akreditovanou chemickou laboratoří tak přímo v provozu, je množství SiO_2 , železa, měrná elektrická vodivost a pH. Tyto parametry jsou několikanásobně nižší, než parametry požadované výrobcí jednotlivých technologických zařízení. Co se týče plnění parametrů likvidace

odpadních vod vypouštěných do recipientu řeky Bíliny, tak tam jsou hodnoty sledovaných parametrů plněny o méně jak polovinu, než je doporučováno úřady životního prostředí.

Nejzávažnějšími problémy, které mohou vznikat při zhoršené kvalitě vyráběné vody, je tvorba úsad v technologických okruzích, které by se po okruhu roznášely, vytvářely tak nánosy a zapříčinily zhoršení přestupu tepla, nebo by pod nimi docházelo ke vniku koroze. Hlavními příčinami jsou mechanické závady na zařízeních, nevhodné provozní podmínky, změna kvality vstupní vody a vysoká tlaková ztráta. Aby se předešlo těmto problémům, jsou nutné pravidelné kontroly a servis veškerých zařízení, kontroly kvality vody před a po úpravě, hydraulická čištění potrubí, množství a koncentrace použitých chemikálií. Tím je zabezpečena výroba téměř „ultračisté vody“, která je zbavena veškerých látek způsobujících závady na zařízeních snižující jejich životnost a účinnost při úpravě vody.

9 Použitá literatura

- [1] ACTIFLO®. *Veolia Water* [online]. 2011 [cit. 2012-09-16]. Dostupné z: <http://www.veoliawaterst.com/actiflo/en/actiflo.htm>
- [2] Basics of Reverse Osmosis. *DOW: Water & Process Solutions* [online]. 2010 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: www.dowwaterandprocess.com/support_training/literature_manuals/lm_techinfo/basics.htm
- [3] Biological wastewater treatment. *Biological wastewater treatment* [online]. 2011 [cit. 2012-01-25]. Dostupné z: www.biologicalwastewatertreatment.com/
- [4] BINDZAR, Jan et al. *Základy úpravy a čištění vod*. 1. vydání. Praha: VŠCHT Praha, 2009, 251. ISBN 978-80-7080-729-3.
- [5] Coagulants and Flocculants. *Ecologix environmental systems* [online]. 2012 [cit. 2012-10-08]. Dostupné z: www.ecologixsystems.com/product-specialty-chemicals-coag-floc.php
- [6] Čiření vody. *Ekomonitor: Úprava vody* [online]. 2010 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: www.uprava-vody.com/cireni-vody
- [7] Demineralization (DM) Water Treatment Plants. *ENVICARE* [online]. 2012 [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: www.envicaresystems.com/demineralization-water-treatment-plants-pune.html
- [8] Di Systems for Deionization. *Filters, Water & Instrumentation, Inc.* [online]. 2010 [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: www.filterswater.com/water-purification/di-systems.html
- [9] DOHÁNYOS, Michal; KOLLER, Jan; STRNADOVÁ, Nina. Čištění odpadních vod. 2. vydání. Praha: VŠCHT Praha, 1998, 177 s. ISBN 978-80-7080-619-7.
- [10] Elektrárna Ledvice. *Skupina ČEZ: Výroba elektřiny* [online]. 2013 [cit. 2013-01-15]. Dostupné z: www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/uhelne-elektrarny/cr/ledvice.html
- [11] Elektrárna Ledvice: úvod, historie. (RED). *All for Power: informační portál a časopis* [online]. 2009 [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: www.cistickaodpadnichvod.cz/slovník/suspendovane-latky
- [12] Elektrárna Ledvice: výstavba nového ekologického zdroje 660 MW je v plném proudu. *Technický týdeník* [online]. 2006, roč. 2006 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/elektrarna-ledvice-

vystavba-noveho-ekologickeho-zdroje-660-mw-je-v-plnem
proudu_16270.html

- [13] GÄRTNER, Harald, Manfred HOFFMAN, Horst SCHASCHKE a Ina Maria SCHÜRMANNOVÁ. *Kompendium chemie*. 1. vydání. Praha: Euromedia Group, 2007, 542 s. ISBN 978-80-242-2012-3.
- [14] GEBBIE, Peter. An operator's guide to water treatment coagulant. *Earth Tech Engineering: 31st Annual Qld Water Industry Workshop*. 2006, issue 31.
- [15] HÜBNER, Pavel. *Úprava vody v energetice*. 1. vydání. Praha: VŠCHT Praha, 2010, 283 s. ISBN 978-80-7080-746-0.
- [16] HÜBNER, Pavel et al. *Úprava vody pro průmyslové účely*. 1. vydání. Praha: VŠCHT Praha, 2006, 133 s. ISBN 80-7080-624-9.
- [17] KUTAL, Tomáš. Úpravna vody nového zdroje MWe. *All for Power*. 2009, č. 3, s. 42-44.
- [18] LIŠKA, Pravoslav. Chemická úpravna vod v elektrárně Ledvice. *Evoda.cz: Vodohospodářský server* [online]. 2010, 22.2.2010 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: www.e-voda.cz/clanek/74/chemicka-upravna-vody-v-elektrarne-ledvice
- [19] MALÝ, Josef; HLAVÍNEK, Petr. *Čištění průmyslových odpadních vod*. Brno: NOEL 2000, 1996, 255 s. ISBN 80-86020-05-3.
- [20] NEISER, Jan et al. *Základy chemických výroby*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1988, 253 s. 66-00-15/1.
- [21] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4. vyd. Praha: VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [23] PYSTELKA, Jindřich. Tradiční dodavatel obchodních balíčků opět v akci. *All for Power*. 2009, č. 3, s. 55-56.
- [24] Reverzní osmóza - membránová filtrace. *Freshwater.cz* [online]. 2010 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: www.freshwater.cz/reverzni-osmoza-membranova-filtrace/t-319/
- [25] Reverzní osmóza - technologie. *AQUAWELL CZ* [online]. 2010 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: www.cistickyvody.cz/stranka-reverzni-osmoza-technologie-8
- [26] Reverse Osmosis: What Is Reverse Osmosis and How Does It Work?. *About.com: Chemistry* [online]. 2013 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: www.dowwaterandprocess.com/support_training/literature_manuals/lm_techinfo/basics.htm

- [27] RICHTER, Miroslav. *Technologie ochrany životního prostředí. Část I, Ochrana čistoty vod*. 1. vydání. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2005, 79 s. ISBN 80-7044-684-6.
- [28] SCHNEPP, Ota. Nová chemická úpravna vody je dalším průběžským kamenem výstavby nového zdroje v Ledvicích. *Skupina ČEZ: Pro média* [online]. 2009 [cit. 2012-11-13]. Dostupné z: www.cez.cz/cs/promedia/tiskove-zpravy/2397.html
- [29] SYNÁČKOVÁ, Marcela. *Čistota vod*. Praha: ČVUT, 1996, 208 s. ISBN 80-01-01083-X.
- [30] ŠVEHLA, Pavel; TLUSTOŠ, Pavel; BALÍK, Jiří. *Odpadní vody*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Katedra agrochemie a výživy rostlin, 2004, 107 s. ISBN 80-213-1169-X.
- [31] *Vnitřní provozní předpisy Elektrárny Ledvice*
- [32] ŽÁČEK, Ladislav. *Technologie úpravy vod*. 1. vydání. Brno: VUTIUM, 1998, 65 s. ISBN 80-214-1257-7.

Seznam obrázků

OBR. Č. 1 SCHÉMA CHÚV	17
OBR. Č. 2 VELIKOST JEDNOTLIVÝCH ČÁSTIC VE VODĚ	18
OBR. Č. 3 SCHÉMA SYSTÉMU ACTIFLO®	24
OBR. Č. 4 SCHÉMA FILTRU KATEX	32
OBR. Č. 5 SCHÉMA FILTRU ANEX	34
OBR. Č. 6 SCHÉMA SMĚSNÉHO FILTRU (MIXBEDU)	41

Seznam tabulek

TAB. Č. 1 ROZDĚLENÍ ORGANICKÝCH LÁTEK	20
TAB. Č. 2 TECHNICKÉ PARAMETRY PÍSKOVÝCH FILTRŮ PROVOZNÍ PŘEDPIS	22
TAB. Č. 3 TECHNICKÉ PARAMETRY ČIŘIČE ACTIFLO PROVOZNÍ PŘEDPIS	25
TAB. Č. 4 ÚČINNOST ČIŘIČE ACTIFLO	25
TAB. Č. 5 TECHNICKÉ PARAMETRY PÍSKOVÉ FILTRACE PROVOZNÍ PŘEDPIS	29
TAB. Č. 6 TECHNICKÉ PARAMETRY DEMILINEK PROVOZNÍ PŘEDPIS	37
TAB. Č. 7 TECHNICKÉ PARAMETRY SMĚSNÝCH FILTRŮ PROVOZNÍ PŘEDPIS	42
TAB. Č. 8 SLOŽENÍ ODPADNÍCH VOD PŘITÉKAJÍCÍCH DO USAZOVACÍCH NÁDRŽÍ A ODPADNÍCH VOD ODCHÁZEJÍCÍCH Z POJISTNÝCH NÁDRŽÍ [MG/L].....	48
TAB. Č. 9 POVOLENÉ MNOŽSTVÍ VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD Z LOV	50
TAB. Č. 10 MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD PŘITÉKAJÍCÍCH NA LOV	51
TAB. Č. 11 POROVNÁNÍ CHEMICKÉHO SLOŽENÍ ODPADNÍCH VOD [MG/L]	51
TAB. Č. 12 PRŮMĚRNÉ SLEDOVANÉ PARAMETRY VSTUPNÍ SUROVÉ VODY A UPRAVENÉ ČIŘENÉ VODY V ROCE 2012	52
TAB. Č. 13 PARAMETRY UPRAVENÉ VODY ZA DEMILINKAMI V ROCE 2012	55
TAB. Č. 14 POŽADOVANÉ PARAMETRY UPRAVENÉ VODY PRO VÝROBNÍ BLOKY	55
TAB. Č. 15 PARAMETRY VÝSTUPNÍ UPRAVENÉ VODY Z CHŮV V ELEKTRÁRNĚ LEDVICE ZA ROK 2012 PŘED VSTUPEM DO VÝROBNÍCH BLOKŮ (KOTLŮ A TURBÍN)	56

Seznam příloh

PŘÍLOHA Č. 1 ELEKTRÁRNA LEDVICE	67
PŘÍLOHA Č. 2 REVERZNÍ OSMÓZA	67
PŘÍLOHA Č. 3 ČIŘIČ ACTIFLO®	68
PŘÍLOHA Č. 4 LAMELY ČIŘIČE ACTIFLO®	68
PŘÍLOHA Č. 5 KATEXOVÉ FILTRY	69
PŘÍLOHA Č. 6 SMĚSNÉ FILTRY	69
PŘÍLOHA Č. 7 DVĚ ZÁSOBNÍ NÁDRŽE DEMI VODY PŘED SMĚSNÝMI FILTRY	70
PŘÍLOHA Č. 8 TŘI ZÁSOBNÍ NÁDRŽE DEMI VODY ZA SMĚSNÝMI FILTRY A UPRAVENÉHO VRATNÉHO TOPNÉHO KONDENZÁTU	70
PŘÍLOHA Č. 9 SKLAD CHEMIKÁLIÍ	71
PŘÍLOHA Č. 10 LIKVIDACE ODPADNÍCH VOD – USAZOVACÍ NÁDRŽE PŘED VÝPUSTÍ DO RECIPIENTU ŘEKY BÍLINY	71
PŘÍLOHA Č. 11 SCHÉMA CHŮV V ELEKTRÁRNĚ LEDVICE	71
PŘÍLOHA Č. 12 SCHÉMA REVERZNÍ OSMÓZY V ELEKTRÁRNĚ LEDVICE.....	73

Přílohy



Příloha č. 1 Elektrárna Ledvice (foto Krausová)



Příloha č. 2 Reverzní osmóza (foto Krausová)



Příloha č. 3 Čiřič Actiflo® (foto Krausová)



Příloha č. 4 Lamely čičiče Actiflo® (foto Krausová)



Příloha č. 5 Katexové filtry (foto Krausová)



Příloha č. 6 Směsné filtry (foto Krausová)



Příloha č. 7 Dvě zásobní nádrže DEMI vody před směsnými filtry (foto Krausová)



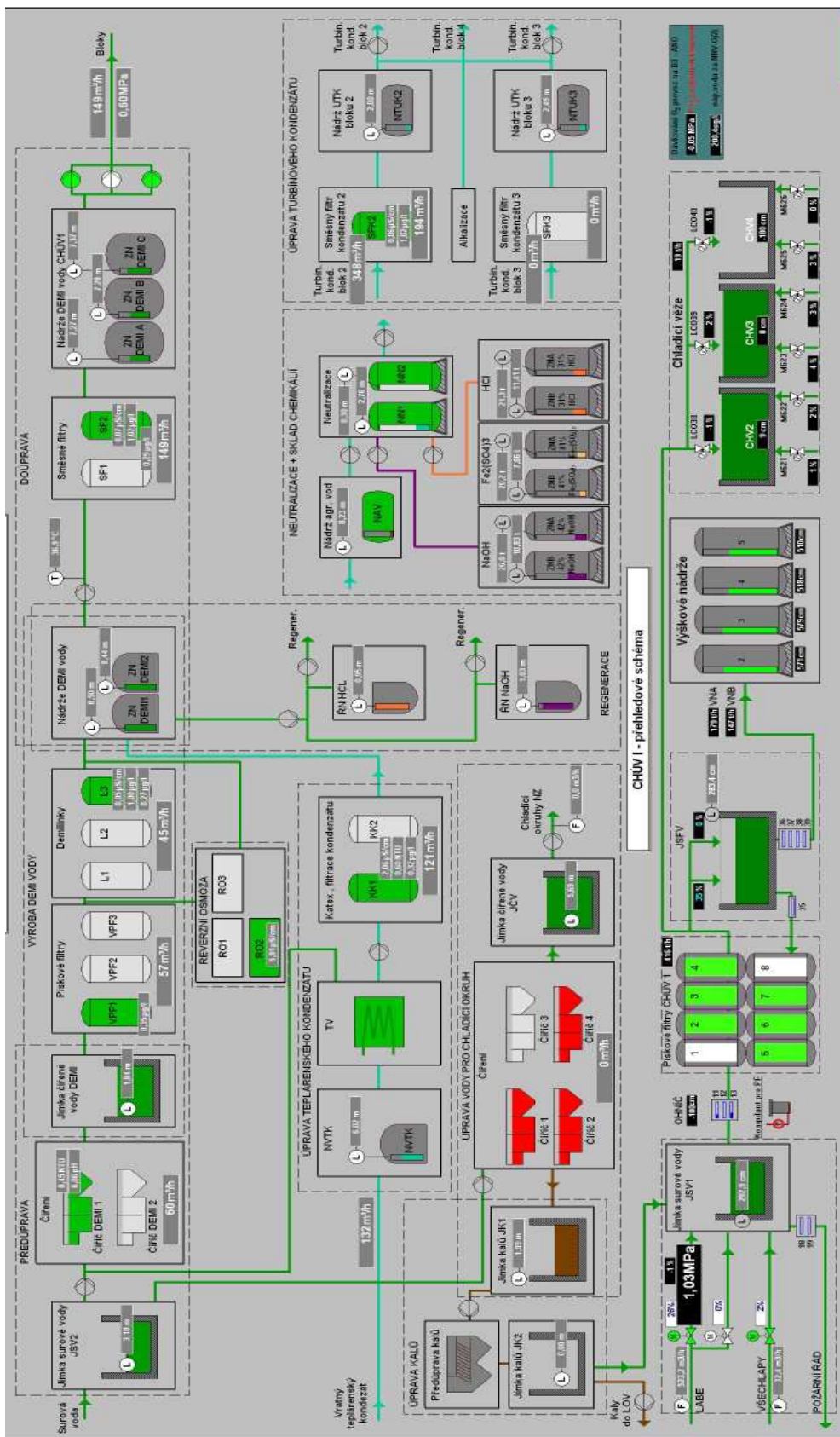
Příloha č. 8 Tři zásobní nádrže DEMI vody za směsnými filtry a upraveného vratného topného kondenzátu (foto Krausová)



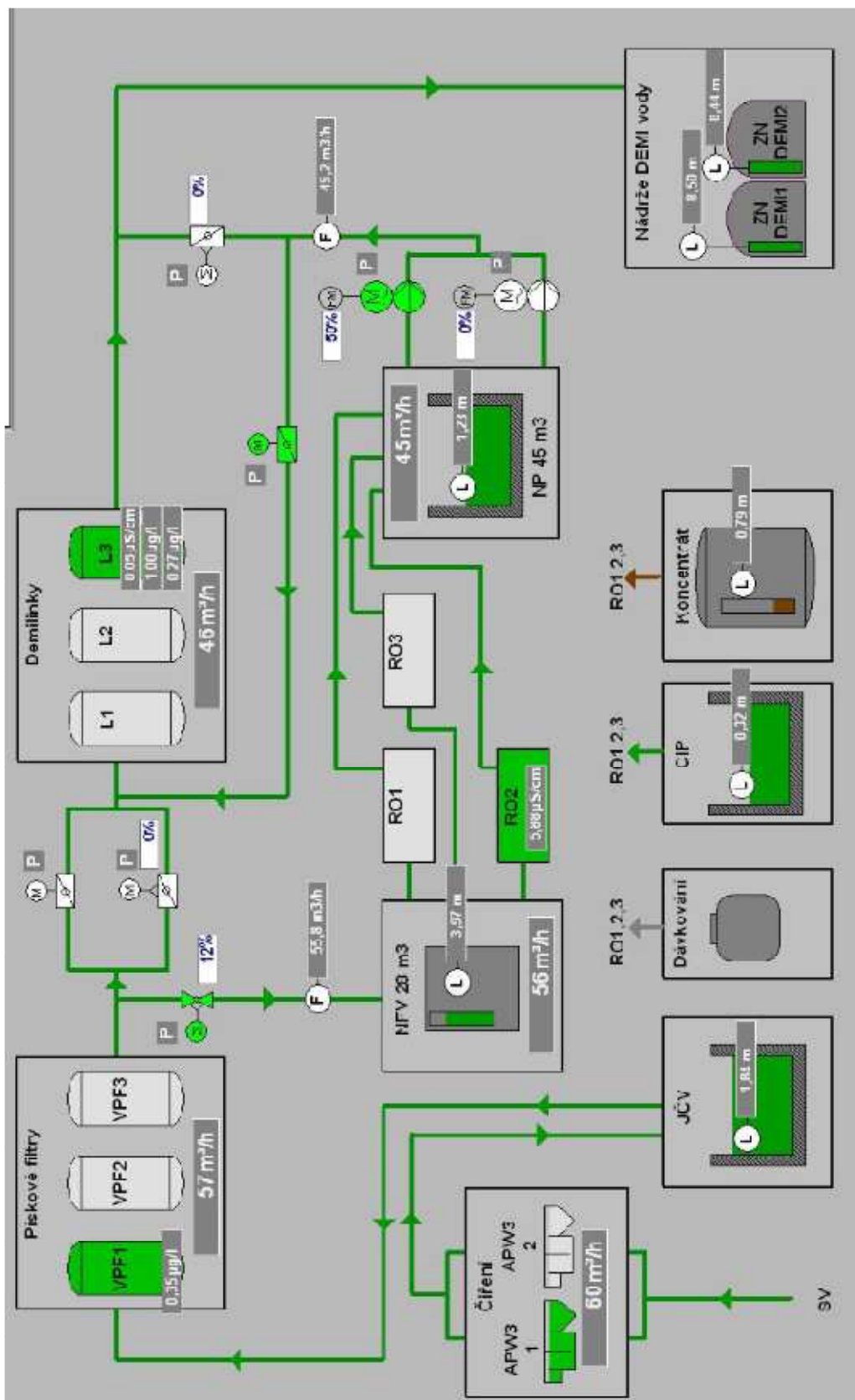
Příloha č. 9 Sklad chemikálií (foto Krausová)



Příloha č. 10 Likvidace odpadních vod – Usazovací nádrže před výpustí do recipientu řeky Bíliny (foto Krausová)



Příloha č. 11 Podrobné schéma CHUVI v Elektrárně Ledvice



Příloha č. 12 Schéma reverzní osmózy v Elektrárně Ledvice