

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A  
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



**ZPRACOVÁNÍ PRŮMYSLOVÝCH ODPADNÍCH VOD  
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

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

Bakalant: Jana Krejsová

2022



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autorka práce: Jana Krejsová  
Studijní program: Územní technická a správní služba v životním prostředí  
Vedoucí práce: Ing. Petra Sychová, Ph.D.  
Garantující pracoviště: Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování  
Jazyk práce: Čeština

Název práce: **Zpracování průmyslových odpadních vod**

Název anglicky: **Industrial wastewater treatment**

Cíle práce: Bakalářská práce je zaměřena na problematiku odpadních vod vznikajících v průmyslových provozech a možnosti nakládání s těmito vodami s ohledem na typ průmyslového odvětví a zvolenou technologii čištění. Konkrétněji pak je pozornost věnována specifikaci čištění odpadních vod z chemických závodů a využití kalu, které jsou procesem tohoto čištění produkovány.

Metodika: - literární rešerše dotčené problematiky,  
- výběr vhodné studijní lokality  
- zhodnocení procesu čištění a nakládání s kaly v konkrétním provozu  
- shrnutí zjištěných informací

Doporučený rozsah práce: 40 stran

Klíčová slova: odpadní vody, průmyslové odpadní vody, technologie čištění, kaly

Doporučené zdroje informací:

1. Dohányos M, Koller J, Strnadová N. 2007. Čištění odpadních vod. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. 177 s.
2. Kudláček I. 2002. Ekologie průmyslu. Praha: ČVUT. 170 s.
3. Malý J, Hlavínek P. 1996. Čištění průmyslových odpadních vod. Brno: NOEL 2000. 255s.
4. Pošta J., 2005: Čistírny odpadních vod. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 208 s.
5. Ranade V.V., Bhandari V.M., 2014: Industrial Wastewater Treatment, Recycling and Reuse. Butterworth-Heinemann. 576 p.
6. Tchobanoglous G., Burton F.L., 1991: Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse. New York: McGraw-Hill. 1334 p.

Předběžný termín obhajoby: 2021/22 LS - FZP

Elektronicky schváleno: 9. 3. 2022  
**prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**  
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 12. 3. 2022  
**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**  
Děkan

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Zpracování průmyslových odpadních vod, vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Litvínově dne 30.3.2022

Jana Krejsová

## **Poděkování**

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Petře Sychové, Ph.D. a paní Romaně Rychlé za pomoc při vypracování bakalářské práce, konzultace, jejich cenné rady a poznatky, kterými mi pomohly ke zpracování a k dokončení práce.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku spojenou se znečišťováním odebraných povrchových vod pro průmysl v České republice. Rešerše se zabývá jejich využíváním pro potřeby průmyslu, při kterých je velké množství vod znečištěno. Dále se práce přibližuje možnosti jejich čištění a opětovném využití v technologickém procesu nebo zpětném vypuštění do primárního zdroje.

Jsou zde popsána také používaná technologická zařízení ČOV v průmyslových výrobnách, především mechanické a biologické čištění odpadních vod a kalové hospodářství.

Experimentální část práce je věnována analýze způsobů nakládání s odpadními vodami v průmyslových výrobnách ORLEN Unipetrolu, procesům čištění a likvidaci případně využití vznikajících kalů.

Klíčová slova: znečištění vod průmyslem, technologie čištění, kaly

## **Abstract**

The bachelor's thesis is focused on issues related to the pollution of extracted surface water for industry in the Czech Republic. The research deals with their use for the needs of industry, in which a large amount of water is polluted. Furthermore, the work approaches the possibility of their cleaning and reuse in the technological process or release back to the primary source.

The issue is also related to the legislation, standards and local regulations mentioned here. It also describes the technological equipment used by WWTPs in industrial production plants, especially mechanical and biological wastewater treatment, and sludge management. The experimental part of the thesis is devoted to the analysis of wastewater management methods in the industrial production plants of ORLEN Unipetrol, the processes of cleaning and disposal or use of the resulting sludge.

Keywords: water pollution by industry, cleaning technology, sludge

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce .....	3
3	Metodika.....	4
4	Legislativa ve vodním hospodářství.....	5
5	Potřeba a spotřeba vody v průmyslu .....	7
5.1	Voda v průmyslu ve světě .....	8
5.2	Voda v průmyslu v ČR.....	10
5.3	Hospodaření s vodami v průmyslu.....	10
6	Odpadní vody .....	12
6.1	Charakter průmyslových odpadních vod.....	13
6.2	Způsoby čištění průmyslových odpadních vod .....	16
6.3	Čistírna odpadních vod.....	17
7	Popis sledované lokality .....	20
7.1	Čistírna odpadních vod ORLEN Unipetrol RPA s.r.o. ....	22
7.2	Kalové hospodářství v ORLEN Unipetrolu RPA.....	31
8	Diskuse .....	35
9	Závěr.....	37
	Použitá literatura: .....	38
	Seznam obrázků .....	41
	Seznam tabulek .....	41

# 1 Úvod

Voda je jedním z nejdůležitějších aspektů pro život na Zemi. Zaujímá téměř tři čtvrtiny povrchu naší planety, z čehož 97 % připadá na oceány, tedy slanou vodu. Zbývající 3 % patří sladkovodním zdrojům, přičemž většina z této části je uložena v pevné formě v ledovcích a dále v podzemních vodách. Na povrchovou vodu v řekách, jezerech či jiných nádržích připadá jen minimální část, a to zhruba cca 1 % veškerého vodstva na naší planetě. Na vodě je závislý celý ekosystém naší planety. Povrchové vody jsou charakteristické svou dynamikou prostředí a změnami v čase (MŽP, 2022). Pro většinu obyvatel planety je samozřejmostí pitná voda ihned k použití, kdy otočením kohoutku máme k dispozici vodu kolik chceme, aniž bychom brali v potaz náročný technologický proces, kterým se pitná voda ke každému z nás dostává. S rostoucí populací se bohužel na mnoha místech planety stává voda tím nejcennějším faktorem pro život. Povrchové nebo podzemní vody, jsou využívány k různým potřebám člověka. Jejich hlavním charakterem je kontinuální obnova v rámci celkového koloběhu vody na Zemi a můžeme do jisté míry hovořit o nevyčerpatelnosti vodních zdrojů.

Po dlouhá léta byla přirozená samočistící schopnost vodních toků dostačující, ale současné narůstající znečištění, a to hlavně nárůstem počtu obyvatel a k expanzi urbanizace. Tím se mění hydrologický režim krajiny a vodní toky tuto schopnost ztrácejí. Je tedy nutná výstavba čistíren odpadních vod.

Povrchová voda představuje největší podíl vodních zdrojů, což je 53 % všech zásob vody. Plní funkci zdroje vody pro zásobování obyvatelstva, zemědělství i průmyslu. Je vždy limitována jakostí, obsahuje vyšší procento organických látek, kyslíku a mikroorganismů než voda podzemní (Bindzar a kol.,2009)

V tabulce č.1 jsou uvedeny největší světové zásobárny vody v jednotlivých státech.

Tabulka 1 - Největší světové zásoby pitné vody (FAO.org)

FAO Code	Country	Average precipitation 1961-1990 (km <sup>3</sup> /year)	Internal resources: surface (km <sup>3</sup> /year)	Internal resources: groundwater (km <sup>3</sup> /year)	Internal resources: overlap (km <sup>3</sup> /year)	Internal resources: total (km <sup>3</sup> /year)	External resources: natural (km <sup>3</sup> /year)	External resources: actual (km <sup>3</sup> /year)	Total resources: natural (km <sup>3</sup> /year)	Total resources: actual (km <sup>3</sup> /year)	IRWR/inhab. (m <sup>3</sup> /year)
21	Brazil	15 236	5 418	1 874	1 874	5 418	2 815	2 815	8 233	8 233	31 795
185	Russian Federation	7 855	4 037	788	512	4 313	195	195	4 507	4 507	29 642
33	Canada	5 352	2 840	370	360	2 850	52	52	2 902	2 902	92 662
101	Indonesia	5 147	2 793	455	410	2 838	0	0	2 838	2 838	13 381
41	China, Mainland	5 995	2 712	829	728	2 812	17	17	2 830	2 830	2 245
44	Colombia	2 975	2 112	510	510	2 112	20	20	2 132	2 132	50 160
231	United States of America (Cont.)	5 800	1 862	1 300	1 162	2 000	71	71	2 071	2 071	7 153
170	Peru	1 919	1 616	303	303	1 616	297	297	1 913	1 913	62 973
100	India	3 559	1 222	419	380	1 261	647	636	1 908	1 897	1 249

## **2 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je nastínit problematiku průmyslem znečištěných vod, zátěži pro životní prostředí, množství odběru a složitosti odstraňování znečišťujících látek. Každá technologie představuje určitou zátěž pro životní prostředí a je tedy na místě porovnat procesy čištění a jejich účinnost.



### **3 Metodika**

Metodika mé práce spočívá především v rešerši odborných článků jak z českých, tak zahraničních zdrojů, uvedla jsem také normy dané a platné v ČR. Svou práci jsem zaměřila na porovnání potřeby a spotřeby vody v průmyslu, čištění odpadních vod z různých odvětví průmyslu a technologické postupy předepsané v ORLEN Unipetrol RPA s.r.o. Je zde popsána problematika čištění odpadních vod z výroben chemického závodu, který zpracovává ropu, ropné produkty a způsoby likvidace a využití kalů vzniklých z čištění odpadních vod v tomto chemickém závodě.

## 4 Legislativa ve vodním hospodářství

V oblasti vodního hospodářství jsou stěžejními body na ochranu a nakládání s vodami zákony, vyhlášky a právní předpisy. Jedná se o komplexní ochranu podzemních a povrchových vod. Česká republika se řadí mezi státy Evropské unie, proto musí dodržovat směrnice jí vydané.

Rámcová směrnice o vodách **2000/60/ES** Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000, představuje jednu z nejsložitějších směrnic vytvořených Evropskou komisí a pokrývá celou oblast životního prostředí. Účelem této směrnice je stanovit rámec pro ochranu vnitrozemských povrchových vod, brakických, pobřežních a podzemních vod (vztahuje se na veškeré vodstvo). Jejím cílem je pak především zabránit dalšímu zhoršování stavu a ochránit a zlepšit stav vodních ekosystémů i suchozemských, které jsou na vodě závislé. Hlavním cílem směrnice je dosažení dobrého stavu do roku 2015 s možností prodloužení této lhůty do roku 2027. Stěžejním nástrojem k dosažení těchto cílů je stanovený program opatření plánů povodí, jež je potřebné jako podklad pro výkon veřejné správy.

Směrnice Rady **91/271/EHS**, o čištění městských odpadních vod jejímž cílem je ochrana životního prostředí před nepříznivými účinky vypouštění městských odpadních vod a odpadních vod z určitých průmyslových odvětví.

V roce 1996 vyšla směrnice **96/61/ES**, stanovující takové opatření, které má vyloučit nebo snížit emise do ovzduší, vody a půdy a snižovat produkci odpadů a dosahovat vysoké ochrany životního prostředí.

Voda nerespektuje administrativní hranice, proto problémy vyskytující se v oblasti vodního hospodářství, je nutné řešit na úrovni států ležících na dolní části povodí. Přestože Česká republika není přímořským státem, podporuje snižování znečišťování moří, neboť ovlivňujeme kvalitu vody, která z našeho území do moří odtéká. Tato spolupráce vychází z mezinárodních dohod, smluv a úmluv jako komplexní ochrana podzemních a povrchových vod v ucelených hydrologických povodích.

Hlavním zákonem v České republice na ochranu vod a právům k jejich využívání je zákon č. **254/2001 Sb.**, o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Účelem tohoto zákona je chránit vody povrchové a podzemní, jako ohrožené a

nenahraditelné složky životního prostředí a stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a předcházet stavu nedostatku vody. Zákon též upravuje právní vztahy fyzických a právnických osob k využívání těchto zdrojů.

Evidence vodních toků, jejich povodí a ostatních vodních linií, je legislativně upraveno ve vyhlášce č. **252/2013 Sb.**, o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačního systému veřejné správy.

Dalším nařízením vlády č. **71/2003 Sb.** zajišťující hodnocení stavu povrchových vod vhodných pro život a reprodukci ryb a vyhláška č. **450/2005 Sb.**, o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následky.

Problematikou stanovení ukazatelů vyjadřujících stav povrchových vod, ukazatelů a hodnot přípustného znečištění povrchových a odpadních vod se zabývá nařízení vlády č. **401/2015 Sb.**, o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

Způsob a četnost měření množství vody pro jednotlivé druhy povoleného nakládání s vodami je součástí vyhlášky č. **93/2011 Sb.**,

Postup pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů míry znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do povrchových vod kde je zdrojem znečištění obec, vojenský újezd nebo areál průmyslového podniku stanovuje vyhláška č. **328/2018 Sb.**

Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o kanalizacích) č.**274/2001 Sb.**, kde jsou zakotveny práva a povinnosti producentů a vlastníků i provozovatelů kanalizací a následné sankce za porušení povinností z něj vyplývajících.

Souvisejícím zákonem je také zákon o odpadech č.**541/2020 Sb.** hlava V. zakazující skládkování odpadu, který je technicky možné zpracovat ve spalovnách nebezpečného odpadu nebo v jiných zařízeních pro materiálové nebo energetické využití odpadu. Vyhláška č.**273/2021 Sb.** pojednává o podrobnostech nakládání s odpady. Dle § 67 toho zákona je neupravený kal zařazován jako ostatní odpad.

## 5 Potřeba a spotřeba vody v průmyslu

Potřeba a spotřeba vody jsou rozdílné termíny, kdy u potřeby je počítáno skutečné nebo předpokládané množství odběru vody a spotřeba je množství, které se do recipientu již nevrací (Bindzar a kol.,2009). V Evropě je potřeba i spotřeba vody na místě prvním. Důvodem je samozřejmě větší zastoupení průmyslu, kde je spotřeba a potřeba vody 54 % (ČSÚ.cz).

U jednotlivých odvětvích průmyslu je potřeba i spotřeba vody rozdílná, jak je uvedeno v tabulce č.2. V potravinářství je voda hlavním zdrojem, energetický průmysl využívá vodu k chlazení zařízení a k výrobě páry, v chemickém průmyslu je vody zapotřebí k chemickým procesům (procesní voda), chlazení při exotermních reakcích, kde vzniká velké množství tepla, pračky plynů, čištění zařízení, v textilním průmyslu při zpracování vláken a konečné úpravě (Bindzar,2012).

Tabulka 2 - Průměrné množství spotřeby vody na výrobu vybraných produktů (Bindzar,2012)

<b>PRODUKT</b>	<b>POTŘEBA VODY (l)</b>
1 kg bavlny	10 000
1 kg cukru	8 000
1 vejce	1 000
1 l mléka	140
1 láhev minerální vody	1000
1 noviny	9
1 l piva	12-16
Kov na 1 automobil	450 000
4 pneumatiky	760 000

V letech 2000-2014 patřil k největším odběratelům povrchové vody energetický průmysl se zastoupením 55 % pro chlazení parních turbín, téměř celou čtvrtinu (24 %) povrchové vody bylo odebíráno v odvětvích, která shromažďují a upravují vodu, průmysl se podílel na odběru 16 % a necelá 2 % odběrů patřila zemědělství (ČSÚ.cz).

Od roku 2002 klesaly odběry povrchové vody ve zpracovatelském průmyslu, a to celkem výrazně, jedná se téměř o 100 mil.m<sup>3</sup> odebrané povrchové vody.

Podobně tomu bylo i v odvětvích, která se zabývají úpravou vody na vodu pitnou a jejím rozvodem, tam pokles odběrů z vodních toků činil necelých 30 %, tedy 120 mil.m<sup>3</sup>. Podobné odběry má toto odvětví také z vod podzemních (ČSÚ.cz).

Odběry pro vodárenský sektor jsou vyrovnané, ale pro ostatní odvětví se upřednostňuje voda povrchová. Podzemní vody zpracovává odvětví, které vodu shromažďuje, upravuje a rozvádí a odběry činili téměř 84 %. U zpracovatelského průmyslu byly odběry ze 7,3 %. Obě tato odvětví zaznamenala mezi roky 2002-2014 pokles odběrů podzemní vody asi o pětinu (ČSÚ.cz).

Většina velkých průmyslových podniků v současnosti čelí problémům s optimalizací nákladů za energie, tedy jak co nejlépe využít vstupní komodity s nižšími náklady, ale zároveň nesnížit kvalitu a množství výroby.

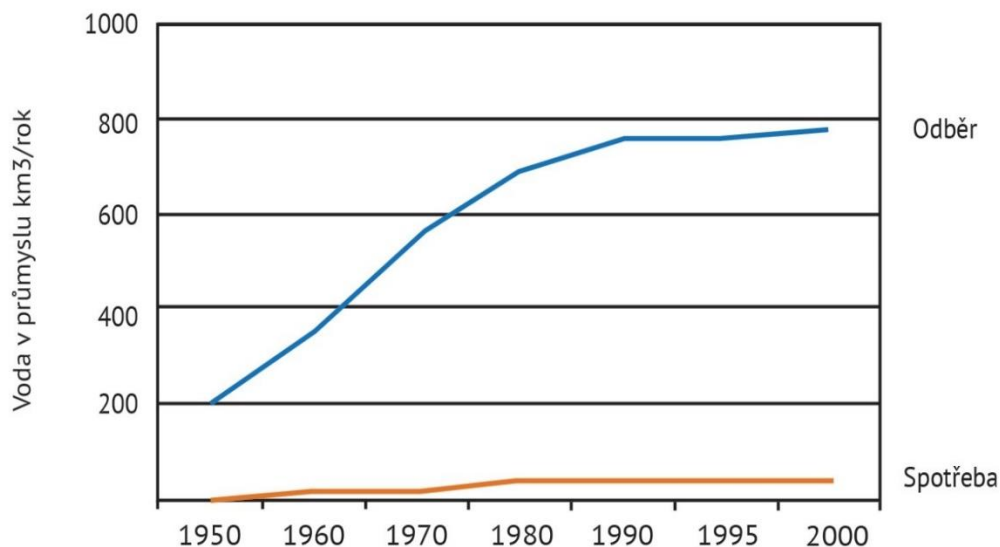
## **5.1 Voda v průmyslu ve světě**

Voda je nezbytností pro hospodářský růst, potřebná pro lidské zdraví a životní prostředí. Vlády po celém světě čelí výzvam při efektivním využívání vodních zdrojů na svém území. Problémy s efektivním využíváním vodních zdrojů jsou složité a nemalé: miliardy lidí na Zemi jsou stále bez přístupu k nezávadné vodě a adekvátní hygieně. K udržení a zlepšení situace je třeba značných investic ([www.oecd-ilibrary.org](http://www.oecd-ilibrary.org)).

Například Brazílie dosáhla významného pokroku v hospodaření s vodními zdroji, přijetím zákona o vodě (1997) a vytvořením Národní agentury pro vodu a hygienu v roce 2000. Problémy s ochranou vody však trvají a nadále se budou zhoršovat, neboť změna klimatu, stálý růst populace, urbanizace prostředí a také enviromentální důsledky pandemie ke zlepšení stavu vodních zdrojů nepřispívá ([www.oecd-ilibrary.org](http://www.oecd-ilibrary.org)).

Poměr spotřeby vody v průmyslu závisí na struktuře hospodářství daného státu. Čína zaujímá druhý největší podíl ve spotřebě vody u energetického průmyslu (Zhang et al.2011).

Ve světovém měřítku je největší spotřeba vody ze 70-90 % zastoupena zemědělstvím, vyšší podíl spotřeby vody má průmysl v Asii, kde je jeho rozvoj v posledních letech neudržitelný (Čermák, 2014). V letech 1950-2000 vzrostl objem vody dodávané průmyslu čtyřnásobně a v tom stejném období vzrostla také spotřeba vody průmyslem, což dokládá obrázek č.1.



Obrázek 1 - Odběr a spotřeba vody průmyslem v letech 1950–2000 (Čermák, 2014)

V Asijských zemích byl nárůst objemu odběru vody pro průmysl rychlejší až do roku 1990, od té doby má nižší růst, průmyslová produkce je intenzivnější a s ním roste i odběr vody, i když ne tak rychle (Čermák, 2014).

V EU jsou největšími spotřebiteli vody průmyslová odvětví: metalurgie, chemický a farmaceutický průmysl, energetika, výroba papíru a celulózy, zpracování ropy a plynu, textilní a kožedělný průmysl a výroba potravin. Užití vody znamená současně vysokou spotřebu energie, jejíž cena v současné době skokově roste, tudíž bude potřeba přehodnotit i průmyslové využití vody.

Spotřeba vody v Evropě se ve většině odvětví hospodářství od 90. let 20. století snížila, byla přijata řada opatření za účelem zvýšení účinnosti jako je vyšší hodnocení vody nebo posun v technologiích zařízení a strojů.

Velkým celosvětovým problémem v oblasti vodních zdrojů a je nadměrné využívání podzemních vod, které sebou současně přináší vyšší spotřebou energie na její čerpání a stejným energetickým zatížením se pojí také odsolování mořské vody. Změna klimatu a globální oteplování je příčinou zvýšené evaporace a evapotranspirace vod, častou proměnlivostí srážek a problematickým doplňováním zdrojů sladké vody. Je tedy nutné respektovat dopad změn jak pro zemědělství, průmysl i domácnosti.

## 5.2 Voda v průmyslu v ČR

Ještě před padesáti lety byl odběr a současné vypouštění znečištěných vod průmyslem téměř bez omezení, voda obsahovala často těžké kovy nebo pesticidy (eagri.cz). Až po výrazném zpoplatnění odběrů povrchové vody v roce 1966 se začaly průmyslové podniky zabývat ekonomičtějším způsobem výroby. Růst maximálních odběrů rostl až do poloviny sedmdesátých let (Čermák, 2014). Po restrukturalizaci a privatizaci, ale také důsledkem modernizace průmyslu byl zaznamenán pokles odběru vody o 31 %. Celkově se odběry povrchové vody pro průmysl snížil na 830 mil.m<sup>3</sup>/rok. Po roce 1989 vykazovaly klesající odběr vody také výrobní energie, ale postupně opět vzrostly, když byla do provozu zapojena jaderná elektrárna Temelín (Čermák, 2014).

Voda používaná v energetice a v průmyslu se z větší části opět vrací do vodních toků. Výpusti průmyslových odpadních vod se řadí mezi nejvýznamnější znečišťující zdroje a mají velký vliv na kvalitu vody v našich tocích. Je tedy nutné důkladně vodu vyčistit, aby splňovala legislativní podmínky pro opětovné vypuštění do vodního zdroje.

## 5.3 Hospodaření s vodami v průmyslu

Jedním z řady doporučení k ochraně vodních zdrojů je dobrovolný nástroj Ministerstva životního prostředí. Firmy a podniky mají prostřednictvím značky OHV (odpovědné hospodaření s vodou) možnost deklarovat, že nakládají s vodou udržitelným a environmentálně šetrným způsobem (MŽP, 2021). Díky odbornému hodnocení získávají značku OHV organizace, které nakládají s vodou ve smyslu ekonomickém a environmentálním, a to jak uvnitř vlastní společnosti, tak působením navenek, čímž uplatňují principy společenské odpovědnosti v oblasti hospodaření s vodou.

Tyto společnosti jsou hodnoceny v oblasti využívání vody ze srážek, recyklaci technologických vod, vzdělávání apod. Vzhledem k současné klimatické změně roste poptávka po vodě a současně se snižuje její kvalita a množství, proto je důležité přemýšlet nad zbytečnými ztrátami a znečištěním. Udržitelnost a efektivita využití vodních zdrojů mohou být zohledněny při postupech podle vodního zákona, který

připouští, že v situacích vážného nedostatku vody mohou být některým subjektům odběry vody administrativně omezeny nebo v krajním případě zakázány.



## 6 Odpadní vody

Odpadní voda (na obrázku č. 2) je znehodnocená buď antropogenní činností nebo komunálními činiteli a z historického hlediska je nejdéle znehodnocovanou oblastí životního prostředí. Odpadní vody jsou i vody průsakové, vznikající při provozu skládek a odkališť a také během následné péče o ně, vznikají také na území sídlišť, obcí, zdravotnických zařízení a závodech. Znečištění vod má významný vliv na zdraví člověka a ostatních živých organismů (Crittenden,2005). Snížení kvality a znehodnocení vod je způsobeno sníženým obsahem kyslíku ve vodě, výskytem škodlivých látek a v neposlední řadě také tepelným znečištěním. Ve světě bylo 80 % odpadních vod, z nichž 28 % pochází z průmyslu, zpětně vypuštěno do ekosystému bez minimálního čištění nebo opětovného použití (Guozhu M. a kol.,2021).

Jednou z podmínek je změna jakosti vody, dalším důvodem je, že svým složením může ohrozit povrchové nebo podzemní vody. Řadíme k nim vody splaškové z domácností a veřejných budov, městské, které jsou směsicí vody splaškové a průmyslové.

Poslední skupinou jsou samostatné průmyslové vody, vznikající při těžbě a zpracování surovin, vody znečištěné během výrobních procesů a v zemědělství. Průmysl produkuje velké množství odpadu, který svým složením zvyšuje množství minerálů ve sladkovodních vodách a následně i ve vodách mořských a mění její zabarvení (Eckenfelder,1998). Při čištění odpadních vod je zapotřebí sledovat různá kritéria znečištění podle druhu odpadní vody a k tomu použít i vhodné technologie a zařízení. Splaškové vody obsahují převážně látky z moče a fekálií (černá voda), anorganické látky z kuchyňských odpadů, zbytky čistících a pracích prostředků (šedá voda), ze znečištění ulic a veřejných prostranství (dešťová voda) a čištění probíhá biologickými procesy v městských čistírnách odpadních vod. U průmyslových odpadních vod záleží na charakteru výroby, tam se vyskytuje několik druhů odpadních vod. Jsou to vody technologické, chladicí, splaškové a srážkové.

Kvalita srážkových vod z areálu závodu je dána intenzitou srážek. Voda je odváděna kanalizací umístěnou pod areálem, chladicí vody tvořící vyšší podíl odpadních vod a nejsou znečištěny nad limit opětovného použití se recirkulací vrací zpět do výroby a technologické vody, které se již pro své velké znečištění nemohou opětovně použít, jsou odváděny na čistírnu odpadních vod. Kanalizační síť

v průmyslových závodech je většinou technologicky náročnější, je tedy důležité tyto vody odvádět odděleně, aby nedocházelo k jejich mísení a poté ke komplikovanějšímu čištění (Kudláček, 1997).



Obrázek 2 - Odpadní vody (Ekolist.cz)

## 6.1 Charakter průmyslových odpadních vod

Znečišťování vod je způsobováno několika faktory. Jsou to látky přítomné v surové vodě a látky, které vznikají během úpravy vod. Technické a ekonomické činnosti ve druhé polovině 20. století vedli k nárůstu znečištění jak ovzduší, půdy, tak i vodních zdrojů. Například regulací vodních toků, zpevněním břehů, vybetonováním dna se ztrácí samočisticí schopnost a vyšší průtoky způsobují zvýšenou erozi koryt a nárůst koncentrace nerozpustných látek (Richter, 2005).

Povrchové vody jsou znečišťovány kontinuálně především průmyslem a zemědělstvím. Vypouštění velkého množství organických látek vede k velkému nárůstu vodních řas a nejrůznějších plísní, které se usazují v meandrech a klidnějších úsecích vodních toků, kde dochází k jejich nárůstu, působí toxicky na teplokrevné organismy, způsobují jejich úhyn, působí také na ryby. Toxicita organických látek je závislá na fyzikálně-chemických vlastnostech vodního toku. Sekundární znečištění

způsobuje sedimentaci na dně toků a mění hygienický režim. Některé toxické látky při nárůstu jejich koncentrace sterilizují biologický povlak čistícího zařízení, které je součástí čistírny odpadních vod a negativně působí na mikroflóru (Gruško,1983).

I v průmyslově znečištěných vodách jsou rozdílné stupně znečištění, které závisí na odvětví průmyslu. Vznikají při zpracování anorganických a organických surovin a vznikají přímo v průmyslových výrobnách.

### 6.1.1 Potravinářský průmysl

Potravinářský průmysl se podílí na vypouštění odpadních vod 15 % veškeré produkce průmyslových odpadních vod a obsahují přibližně 50 % rozložitelných organických látek, které jsou odbouratelné mikroorganismy (Kudláček,1997). Stupeň znečištění odpadních vod v potravinářském průmyslu se odvíjí na použité technologii. Při zpracování masa, tedy na jatkách, vznikají odpadní vody s vysokým stupněm organického znečištění a jsou svým složením srovnatelné se splaškovými vodami. Nachází se v nich i mikrobi, kteří jsou nebezpeční pro povrchové vody. Odpadní vody vznikající v konzervárnách mají znečištění nižší, zde jde v největší míře o znečištění tepelné. V cukrovarech jsou to především směs organických i anorganických látek a technologie výroby je upravena tak, aby bylo možné tyto látky opět použít ve výrobě. K potravinářskému průmyslu se řadí také škrobárny, lihovary, droždárny, pivovary a sladovny, mlékárny a sýrárny. V tabulce č.3 je zaznamenán poměr odpadních vod z potravinářského průmyslu.

Tabulka 3 - Poměr odpadních vod z potravinářství (Kudláček, 1997)

ODVĚTVÍ	%
Masný průmysl	26
Cukrovary	24
Pivovary	21
Mlékárny	15
Lihovary a droždárny	10
Škrobárny	2
Drůbežárny	2

### **6.1.2 Textilní průmysl**

Při výrobě textilu vznikají též odpadní vody, které jsou znečištěné tensidy, alkalickými zbytky, chlórem a barvivy. Voda je využívána k rozpouštění většiny chemikálií a pro výrobu páry. Komplexní čištění odstraňuje všechny složky nečistot a umožňuje vracet použitou vodu zpět do výrobního procesu. Čištění je mechanické i biologické (Richter, 2005).

### **6.1.3 Výroba papíru a buničiny**

Pro výrobu buničiny je typické kyselé nebo alkalické prostředí kde vzniká velké množství odpadní vody při praní, separaci a odvodnění. V těchto vodách se vyskytují těžko rozložitelné organické látky podporující růst vláknitých bakterií a sekundárně znečišťují úseky vodních toků v nižších polohách. Výroba papíru sebou přináší především mechanické nečistoty nacházející se v odpadních vodách a recirkulace umožňuje jejich využití pro výrobu papíru s nižší kvalitou (Richter,2005).

### **6.1.4 Odpadní vody z povrchové úpravy kovů**

Odpadní vody z povrchové úpravy kovů se vyskytují ve strojírenství a v elektrotechnickém průmyslu. Jsou to vody alkalické z odmašťování, kyselé vody z moření, kyanidové vody alkalické a kyselé chromové vody. V posledních letech byly rozsáhle studovány metody pro odstraňování těžkých kovů z odpadních vod a jejich setrvání v životním prostředí (Agarwal,2017). K čištění těchto odpadních vod se používá neutralizace, srážení těžkých kovů, oxidační a redukční procesy a iontová výměna. U moderní výroby je snaha o hospodaření a předcházení znečišťování a zavádí se recirkulace oplachové vody, která se regeneruje a opakovaně používá.

### **6.1.5 Odpadní vody z chemického průmyslu**

Chemický průmysl se podílí na vzniku odpadních vod s nejvíce proměnlivým a čistitelným složením. Jsou to vody z anorganických a organických výrob, které obsahují vysoké koncentrace rozpuštěných solí, těžkých kovů a toxických látek a sloučenin. Jejich čištění se provádí nejprve v mechanických čistírnách a následuje čištění v biologické čistírně (Richter,2005).

### **6.1.6 Těžba uhlí a rud**

Důlní vody patří také ke znečišťujícím látkám, obsahují zbytky po těžbě rud a jsou buď vysoce zasolené z hlubinné těžby nebo kyselé z povrchové těžby. U takto znečištěných vod se doporučuje její akumulace (zasolené vody) a u kyselých je nutná úprava neutralizací, provzdušňováním a sedimentací (Richter,2005).

### **6.1.7 Zpracování uhlí**

Tepelné zpracování uhlí sebou přináší vznik odpadních vod bohatých na nerozpuštěné látky jako jsou částice uhlí, hlušiny, dehtu, škváry a podobně, současně se zde také vyskytují anorganické (čpavek a sírné sloučeniny).

Čištění se provádí v biologických čistírnách (Richter,2005).

### **6.1.8 Zpracování ropy**

Odpadní vody ze zpracování ropy obsahují emulgované i rozpuštěné ropné látky z chladících okruhů, skladovacích tanků a nádrží. Provádí se několikastupňové čištění k odstranění mechanických nečistot, posledním stupněm je biologické čištění (Richter,2005).

## **6.2 Způsoby čištění průmyslových odpadních vod**

Základní principy při čištění průmyslových odpadních vod a odpadních vod z městských kanalizací jsou totožné. Odlišné postupy čištění se používají u odpadních vod znečištěných látkami, které mají specifické fyzikální, chemické a toxikologické vlastnosti. Čištění má několik stupňů. Prvním stupněm je mechanické čištění, ve kterém dochází k odstraňování nerozpuštěných, sedimentujících, plovoucích i suspendovaných nesedimentujících látek, následuje čištění biologické. Čištění odpadních vod se řídí normou (ČSN 750101).

### 6.3 Čistírna odpadních vod

Je soubor objektů, které potřebných k čištění, úpravě odpadních vod a ke zpracování čistírenských kalů (Driscoll T.P.,2008). Nejvhodnější systém čištění průmyslových odpadních vod umožňuje předcházet následnému znečištění (Olsson G. et Newell B.,1999).

Čistírny odpadních vod (na obrázku č.3) komunálních i průmyslových používají v zásadě stejnou technologii. Čištění průmyslových odpadních vod je doplněno o specifické postupy a úpravy dle chemického složení, vlastností a koncentrace znečišťujících látek (Richter, 2005). Stavěny jsou především v blízkosti vodních toků v nejnižší položených lokalitách. Zajišťuje se tak samotížný odtok odpadních vod kanalizací z celého obhospodařovaného území dle normy (ČSN EN 12109). Voda je čerpána zpravidla šnekovými čerpadly, která jsou schopna čerpat velké objemy silně znečištěné vody do výšky několika metrů. Všechny technologické součásti a nádrže, jsou řazeny sériově nebo paralelně, aby bylo možné je kdykoliv nahradit v případě výpadku či oprav. Musí být uspořádáno tak, aby plnilo funkci po celý rok. Jednotlivé technologické stupně jsou řazeny v kaskádách postupně. Voda přepadává z jednoho čistícího stupně do dalšího bez použití čerpadel. Tím je technologie levnější a zjednoduší se tím čištění vod, provoz je spolehlivější. Většina těchto technologických zařízení je umístěna ve venkovních prostorech bez zastřešení a je tedy nutné počítat s vlivem povětrnostních podmínek již při návrhu výstavby.



Obrázek 3 - Čistírna odpadních vod (Vodárenství.cz)

### **6.3.1 Mechanické čištění**

Povrchová voda z řek, potoků a nádrží využívaná v průmyslu obsahuje hrubé nečistoty jako je listí, větve, písek a jiné naplaveniny, které by mohly ucpávat přiváděcí vodovodní řad, poškozovat zařízení úpravný a následně poškodit i technologické zařízení uvnitř průmyslového areálu. Je též nazýváno ochrannou částí čistírny. K odstranění těchto hrubých nečistot se používají česle, síta, lapáky písku a pásové filtry, usazovací nádrže a lapáky olejů a tuků. Provádí se ve dvou stupních. První stupeň je oddělen hrubší materiál na česlích a lapácích písku, ve druhém stupni se odstraní ostatní hrubší usaditelné látky sedimentací v usazovacích nádržích (Bindzar a kol., 2009).

### **6.3.2 Biologické čištění**

Základní princip biologického čištění odpadních vod je prakticky stejný jako proces samočištění probíhající v povrchových vodách (Chudoba, 1991). Biologické čištění odpadních vod následuje po hrubém předčištění a probíhá v aktivačních nádržích kde dochází u všech těchto procesů k oxidačně-redukční reakci. Probíhá v několika stupních a hlavním úkolem je odstranění organických látek obsažených v čištěných odpadních vodách. Využívají se zde aerobní a anaerobní podmínky. V aktivačních nádržích se nachází kultivovaná suspenze (aktivovaný kal) nebo ve formě nárostu(biofilm) v biofilmových reaktorech (Bindzar a kol.,2009).

Aktivovaný kal se odlišuje od většiny skupin mikroorganismů tím, že je schopen tvořit vločky (flokulanty) a oddělit se od kapalné fáze sedimentací (Pošta, 2005).

### **6.3.3 Kalové hospodářství**

Kalové hospodářství zajišťuje odvodnění veškerých kalů, vznikajících při čištění odpadních vod, účelem těchto procesů je odvodnit kaly z mechanického předčištění a následného biologického čištění.

Kaly z čistíren odpadních vod, představují nedílnou součást čištění odpadních vod. Zpracování těchto vod je navrženo tak, aby byly odstraněny nežádoucí složky a koncentrovalo je do objemově nevýznamného proudu-kalu.

Kaly jsou směsí velkého množství pevných a agregovaných koloidních látek organického a anorganického původu a je tedy potřeba tyto kaly odstraňovat nebo je

různými způsoby využívat. Cílem tohoto odstraňování a úpravy kalů je zabránit nepříznivým dopadům na životní prostředí a v neposlední řadě také na lidské zdraví. Finální koncentrace složek obsažených v kalu závisí na vstupní kvalitě odpadní vody a použité technologii. Náklady na zpracování kalů jsou obvykle ekonomicky náročné, představují více než polovinu celkových nákladů na čištění odpadních vod (MŽP,2021).

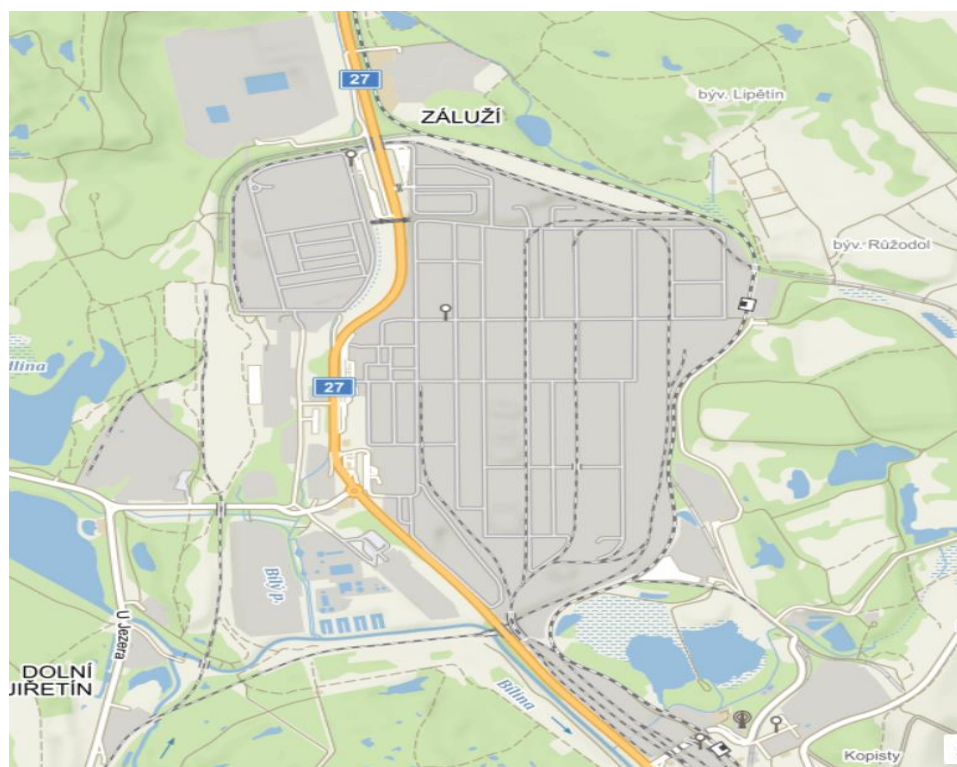
Vlastnosti a složení kalu je dle chemického hlediska suspenzí pevných a agregovaných koloidních látek, které byly součástí odpadní vody. Složení kalu a obsah sušiny (0,5-10 %) je dáno procesy čištění, kterými odpadní voda v ČOV prošla (Dohányos a kol., 2007).

Různé způsoby termického zpracování čistírenských kalů můžeme rozdělit na spalování, spoluspalování a alternativní procesy či skládkování. Žádná jiná univerzální metoda, jak kaly zpracovávat neexistuje (Hartman a kol.2005).



## 7 Popis sledované lokality

Chemický závod ORLEN Unipetrol sídlí na šesti lokalitách a je rozdělen do několika provozů, které vyrábějí řadu různých produktů. Do skupiny ORLEN Unipetrol se řadí rafinerie a výrobní závody v Litvínově a Kralupech nad Vltavou, společnost Paramo se značkou Mogul v Pardubicích a v Kolíně, Spolana v Neratovicích a dvě výzkumná centra v Litvínově a v Brně. Svoji historii má velice rozsáhlou. Počátky chemické výroby mají své kořeny již ve válečném období. Její výstavba započala v roce 1939 a postupně se rozšiřovala o další a další výroby. K prvním výrobnám se řadí výroba benzínu, následovaly fenoly, čpavek, syntetický líh a etylbenzen. Chemopetrol se stal jedním z největších výrobců pohonných hmot. V roce 2005 se sloučil se společností PKN ORLEN, která pokračovala v rozvoji tohoto závodu a od roku 2021 funguje pod jednotným názvem ORLEN Unipetrol.

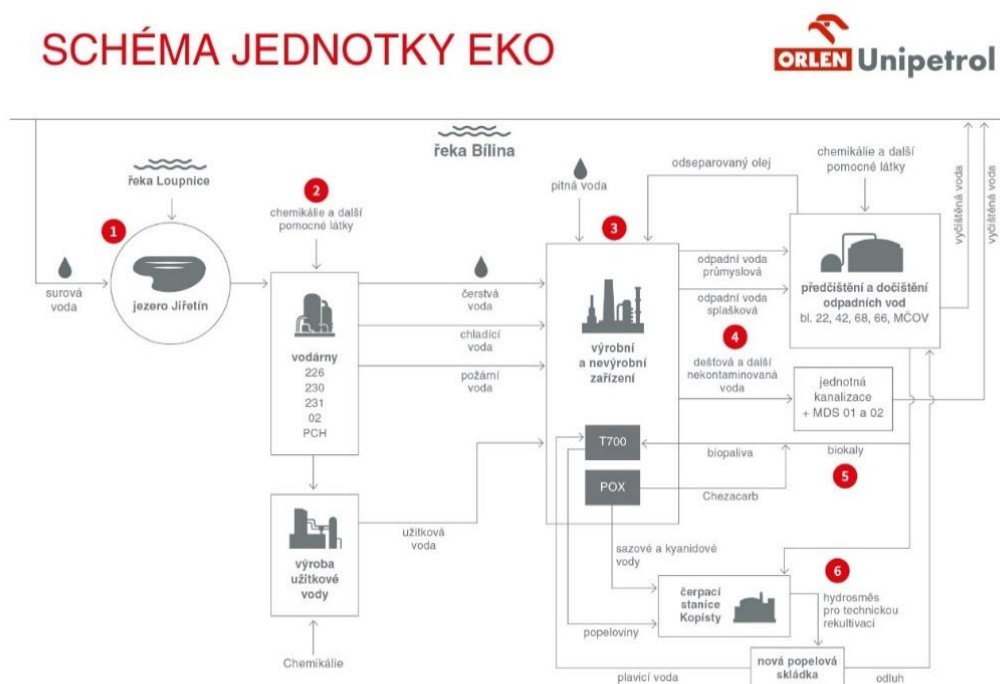


Obrázek 4 - výřez z areálu Chemparku Záluží (ORLEN Unipetrol R.P.A.) (Mapy.cz)

ORLEN Unipetrol je největší společnost zabývající se chemickou výrobou na území ČR a jediným zpracovatelem ropy. Jeho rozloha činí 8,23 km<sup>2</sup>. Hlavním předmětem podnikání společnosti je výroba, zpracování, rozvod a dodávky energií a

výroba, zpracování a prodej chemických látek, plastů a hnojiv. Společnost na trh dodává především motorová paliva, topné oleje, asfalty, zkapalněné ropné produkty, olejové hydrogenáty, ostatní rafinérské produkty, olefiny a aromáty, agrochemikálie, saze a sorbenty, polyolefiny (vysokohustotní polyetylen, polypropylen). Dále je rozdělen na výrobní jednotky, kam spadají všechny chemické výroby, jednotku rafinerie, jednotku monomery a chemikálie a jednotky energetických služeb, které zásobují celý areál energií a vodou a zároveň zajišťuje čištění odpadních vod.

Celý proces zásobování vodou začíná nákupem surové vody z řek Loupnice a Bílina. Množství odpovídá 18-19 mil. m<sup>3</sup>/rok. Zásoba surové vody ze soustavy dvou jezer je neustále doplňována povrchovou vodou z těchto dvou zdrojů. Surová voda je na Vodárně 226 Jiřetín ošetřována chlomanem sodným k eliminaci bakterií a následně distribuována na Vodárnu 230. Odtud již jako voda čerstvá rozváděna na výrobní užitkové vody (Jednotka EKO na obrázku č.5) a na další Vodárny 02 a 231, na Vodárnu Petrochemie. Tyto vodárny zajišťují vodu pro chlazení technologií, hydrantový rozvod a stabilní hasicí zařízení. Voda se na vodárnách ještě upravuje přidáváním chemikálií, které zamezují biologickému množení a korozivním procesům.



Obrázek 5 - schéma jednotky EKO (ORLEN Unipetrol RPA)

## 7.1 Čistírna odpadních vod ORLEN Unipetrol RPA s.r.o.

### 7.1.1. Účel zařízení

Dvoustupňové biologické čištění ve společnosti má za úkol odstranit nečistoty z procesních vod a je zařazeno z důvodu většího zastoupení hůře biologicky rozložitelných organických látek. První stupeň slouží k odbourávání podstatného množství těchto složek a sulfidů včetně dusíkatých sloučenin. Druhý stupeň procesem nitrifikace a denitrifikace dočišťuje vody po předřazeném prvním stupni z biologické čistírny odpadních vod III.

Z areálu společnosti jsou odváděny na biologickou čistírnu II. vody znečištěné chemickými procesy. Jsou to vody z výroby etylbenzenu, nadbilanční odpadní vody z Nové popelové skládky, vody z výroby katalyzátorů, odolejované ropné vody, odpadní vody z mechanické čistírny odpadních vod a splaškové vody ze starého závodu společnosti. Všechny tyto odpadní vody jsou přivedeny do aktivační nádrže I., nebo mohou být vody s výjimkou odpadních vod z výroby katalyzátorů, Nové popelové skládky a splaškových vod vedeny do homogenizační nádrže a do usazovací nádrže, které jsou využívány k homogenizaci odpadních vod.

Homogenizační nebo usazovací nádrž vyrovnává kvalitativní výkyvy odpadních vod a zároveň odlučuje nerozpuštěné látky a proniklé produkty. Z usazovací nádrže je také zajištěno stahování plovoucích látek stěrkami a sediment je odčerpáván čerpadly. Homogenizační nádrž se čistí dle potřeby a usazený kal se odčerpává čerpadlem do jímky plovoucího kalu, odtud do hydraulické dopravy v Kopistech. Z homogenizační nádrže se odpadní voda může kontinuálně přečerpávat přímo do aktivační nádrže, mechanicky předčištěné splaškové vody ze starého závodu jsou zavedeny do denitrifikace.

Množství čištěného odluhu se zároveň odvíjí od hydraulických kapacitních možností biologických čistíren a od aktuální kvality biologického kalu, je zde riziko vyplavení dosazovacích nádrží. Z důvodu rizika přerušení biologických procesů, se odluhové vody do biologického stupně nepouští přímo. Nejdříve se předčistí.

Odsazená voda z denitrifikace I. přitéká do aktivační nádrže II. stupně biologického čištění. Probíhá zde nitrifikace a denitrifikace, nebo podle analýz z laboratoře přímo přes měrný přeliv do recipientu. Do aktivační nádrže II.

(predenitrifikace) jsou také přivedeny předčištěné odpadní vody z biologické čistírny III. a odpadní vody z bývalé výroby močoviny. Směs vody a kalu z aktivační nádrže II. přitéká do dosazovací nádrže II. Odsazuje se zde biologický kal. Pro snadnější sedimentaci kalu v dosazovacích nádržích I. a II., je do odtokového žlabu z aktivačních nádrží I. a II. přidáván koagulant (41% síran železitý).

Jako živina je do aktivační nádrže I (predenitrifikace) přidávána kyselina fosforečná a k úpravě pH se přímo do nitrifikace přidává 20% roztok hydroxidu sodného. Vyčištěná voda z biologického čištění II je odváděna do recipientu.

Přebytečné kaly z I. a II. stupně čištění jsou přečerpávány do zahušťovací nádrže II a IV, plovoucí kaly jsou z I. stupně přečerpány do jímky plovoucích kalů. Kaly ze zahušťovacích nádrží čerpány do zásobníků kalů nebo do kalové jímky biologického čištění III.

Vratné kaly z dosazovací nádrže I a II se vrací zpět do nátoky k aktivaci. Přebytečné kaly je možné čerpat z dosazovací nádrže I do aktivační nádrže II a z dosazovací nádrže II do aktivační nádrže I a také na biologickou čistírnu III. (ORLEN Unipetrol RPA, 2022)

### **Hrubé předčištění**

Lapač splavenin tvoří dvě prohloubené části v přítokovém žlabu a odtěžený materiál se odváží na řízenou skládku. Splaškové vody ze starého závodu natékají gravitačně do česlovny. Nejprve přitékají na jemné česle, strojní, samočisticí. Další stupeň jsou ruční česle a vyklízení těchto česlí provádí obsluha. Odpadní vody zbavené plavenin na česlích dále pokračují do dvojice lapáků písku, kde se písek usazuje a je odklizen bagrovacími čerpadly. Lapák písku se pravidelně provzdušňuje pro lepší oddělení tuků a písku. Odtok z lapáků je veden přes přelivnou hranu dělicí zdi s nornou stěnou a sveden do čerpací jímky splašků a voda je přiváděna do aktivačních nádrží I. do části denitrifikace (ORLEN Unipetrol RPA, 2022).

#### **7.1.2 Biologické čištění**

Předčištěná odpadní voda z flotace gravitačně odtéká do čerpací jímky zároveň se splaškovými vodami a vratným kalem. Směs kalu a odpadní vody přečerpána do

homogenizační nádrže. Biologické čištění probíhá za pomoci mikroorganismů a bakterií, které tvoří shluky biologicky aktivního kalu.

Bakterie odbourávají organické znečištění, neboť tyto nečistoty jsou živinou pro bakterie. Potřebný kyslík je přiváděn do aktivační nádrže III jemnobublinovou aerací kontinuálně, dochází k jeho spotřebě bakteriemi. Za aktivační nádrží je zařazena odplyňovací nádrž. Dávkuje se koagulant  $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$  umožňující tvoření větších shluků vloček kalu. Jsou zde také odstraňovány bublinky vzduchu a dusíku, zachycené na kalu. Odplyněná voda je odváděna do dosazovacích nádrží, kde se odděluje kal ze směsi kalu a odpadní vody.

Odkalená voda je odváděna do jímky vyčištěné vody. Kal musí mít zachovánu čistící schopnost a je přiváděn do jímky vratného kalu (ORLEN Unipetrol RPA, 2022).

### **7.1.3 Biologická čistírna II.**

Aktivační nádrž I. je proces regenerace, selekce, denitrifikace a nitrifikace. Dochází k biologickému procesu čištění odpadních vod, které je zajišťováno aktivovaným kalem. Kal potřebuje ke své plné funkci dostatečný přísun živin a kyslíku. Potřebný kyslík je přiváděn do aktivační nádrže jemnobublinovou aerací. Množství přiváděného kyslíku musí být větší, neboť dochází k jeho spotřebě bakteriemi. Ty odbourávají organické znečištění, které je pro ně živinou.

Regenerace se nachází na čelní straně aktivace I. a má dvoulinkové uspořádání. Přivádí se sem zahuštěný vratný kal z čerpací jímky dosazovací nádrže. Obsah je homogenizován a provzdušňován jemnou bublinkovou aerací a odtud je směs přiváděna do nátok selektoru.

Do selektoru jsou přiváděny odpadní vody z rozdělovací komory aktivace I. a regenerovaný kal. Jsou zde smíchány pomocí intenzivní aerace a účelem je také zachycení případně vystripovaných problematických pachových a těkavých specifických organických látek ve vzdušině nad hladinou. Průlivovým oknem u dna lehké přičky je zajištěn odtok. Obsah selektoru je homogenizován a provzdušňován jemnobublinkovou aerací. Z důvodu úniku pachových látek ze vzdušiny je selektor při aeraci zastřešen a vybaven odtahem do zemního filtru.

Denitrifikace je zařazena pro odbourávání oxických forem dusíkatého znečištění  $\text{NO}_2$  a  $\text{NO}_3$ . Pro zvýšení účinnosti denitrifikace je z konce nitrifikace na začátek denitrifikace realizován interní recykl. Jedná se o čerpání aktivační směsi.

Nitrifikace plní funkci odbourávání uhlíkatého a anoxických forem dusíkatého znečištění ( $\text{NH}_4$ ). Nádrže nitrifikací jsou provzdušňovány jemnobublinkovou aerací za účelem oxidačních podmínek a homogenizace obsahu nádrže. Součástí nitrifikace je odplyňovací komora, kde probíhá střední bublinková aerace, tudíž je její provoz dle potřeby možný jak v oxickém a při odstavení vzduchu také v anoxickém režimu.

Způsob provozu odplyňovací komory jako nitrifikace nebo denitrifikace závisí na obsahu a kvalitě vstupního znečištění a požadavku optimalizace kvality odtoku (ORLEN Unipetrol RPA, 2022).

### **Dosazovací nádrž I.**

Dosazovací nádrž (obrázek č. 6) je určena k oddělování biologického kalu od vody, která je následně přečerpávána přes nornou stěnu a hřebenový přeliv do odtokového žlabu a dále do recipientu nebo do II<sup>o</sup>C čištění. Pro důkladnější sedimentaci kalů je v přední části dosazovací nádrže instalována flokulační zóna s průlivem po celé šířce u dna nádrže.

Odtah plovoucích nečistot z flokulační zóny i z hladiny nádrže je zajišťován náklonným žlabem a tyto nečistoty jsou následně odváděny do jímky plovoucích nečistot nebo do žlabu vratného kalu. Přebytný je odčerpáván do zahušťovací nádrže nebo přes jímku plovoucího kalu (ORLEN Unipetrol RPA, 2022).



Obrázek 6 - Dosazovací nádrž (ORLEN Unipetrol RPA)

## Aktivační nádrž II

Biologicky vyčištěná a odsazená odpadní voda z prvního stupně čištění odtéká z podélné dosazovací nádrže přes norné stěny do odtokového žlabu a dále do nitrifikace aktivační nádrže II., kde se biologickým procesem predenitrifikace, nitrifikace a denitrifikace odbourává dusíkaté znečištění. Je zde i možnost zavedení odpadní vody přímo přes měrný přeliv do recipientu. Aktivační nádrže II. jsou koncipovány ve dvoulinkovém uspořádání a v každé lince za sebou následuje predenitrifikace, která je osazena analyzátory dusičnanů. Následně je voda svedena gravitačně do části nitrifikace, kde probíhá hlavní část odbourávání organického znečištění a oxidace amoniakálního dusíku na dusičnany a dusitany, denitrifikace a aerace. Aerace je poslední sekcí, kam po denitrifikaci natékají již vyčištěné odpadní vody. V sekci aerace dochází k úplné oxidaci nezoxidovaných forem dusíku (ORLEN Unipetrol RPA, 2022).

## **Denitrifikační nádrže**

Denitrifikační nádrže slouží k odstraňování dusičnanů, které vznikly v nádrži nitrifikačním procesem nitrifikace. Aktivační směs (odpadní voda a aktivovaný kal), je zde promíchávána a denitrifikace probíhá za pomoci bakterií, které využívají pro svou respiraci právě dusičnany. Dochází tedy k redukci celkového dusíku a zároveň probíhá odstraňování organického znečištění, které v odpadní vodě je. Z důvodu nedostatku snadno biologicky rozložitelného organického znečištění je nutné pro lepší průběh denitrifikace přidat do směsi externí substrát, například metanol. Do denitrifikační nádrže natéká voda pouze ze sekce nitrifikace a aerace. Odpadní voda dále natéká do nitrifikační nádrže (ORELN Unipetrol RPA, 2022).

## **Nitrifikační nádrže**

Z denitrifikačních nádrží přitéká aktivační směs gravitačně do nitrifikačních nádrží, kde probíhá hlavní část odbourávání organického znečištění a oxidace amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany. Aktivační směs je intenzivně provzdušňována tlakovým vzduchem přes jemnou bublinkovou aeraci. Požadovaná koncentrace kyslíku je nastavena v řídicím systému. Z nitrifikační nádrže je zavedena interní recirkulace do denitrifikační nádrže. Proces nitrifikace probíhá v neutrálním prostředí, proto je potřeba sledovat hodnotu pH. Ta je v rozmezí od 6,9-7,2 a je regulována přidávkem 20 % hydroxidu sodného (ORELN Unipetrol RPA, 2022).

## **Dosazovací nádrž II**

Po dočištění odpadní vody v aktivační nádrži II., odtéká voda gravitací přes normou stěnu do dosazovací nádrže II. Před vstupem je do čištěné vody přidáván 41% síran železitý, který zajišťuje koagulaci nerozpuštěných látek. Odpadní voda s aktivovaným kalem přitéká do dosazovací nádrže přítokovým žlabem. Dochází zde k rovnoměrné distribuci vody s kalem do celé šíře linky dosazovací nádrže. Každá dosazovací nádrž je rozdělena na dvě poloviny a každá polovina je stírána dvěma souběžnými nezávislými stíracími zařízeními. V polovině obou dosazovacích nádrží je instalován sběrný žlab vratného kalu s jeho odsáváním ze dna a poté dopravován do aktivační nádrže II. Pro odčerpání přebytečného kalu, jsou ve žlabu umístěna čerpadla, která odčerpávají kal do kalového hospodářství. Pro případ hromadění plovoucích



nečistot jsou tyto odtaženy opětovně do aktivační nádrže, kde je prohloubena jejich destrukce opakovaným biologickým cyklem. Vyčištěná voda odtéká z dosazovací nádrže II. do recipientu, do proudu vyčištěné odpadní vody může být zaústěna nadbilanční voda z Nové skládky popílku, která není biologicky čištěna. Tato směs odpadních vod odtéká žlabem do řeky Bíliny (obrázek č.7). Celkové množství odpadních vod vypouštěných do recipientu je 11-13 mil.m<sup>3</sup>/rok (ORLEN Unipetrol RPA, 2021).



Obrázek 7 - Mapa povodí Ohře-recipient Bilina (Povodí Ohře)

#### 7.1.4 Účel a význam biologické čistírny III.

Na chemicko-biologickou čistírnu (biologická čistírna III.) se přivádí odpadní vody z rafinerie, petrochemie PCH I. a PCH II., fugát z odstředivky, výtlač z úkapové jámy.

Vyčištěná odpadní voda z biologické čistírny III. se přivádí na biologickou čistírnu II. do části predenitrifikace, kde se odstraňují dusíkaté sloučeniny procesem nitrifikace a denitrifikace. Vzniklý kal se zahušťuje v zahušťovací nádrži a odčerpán do zásobníků kalu. Kaly po flotaci i srážení se odčerpají a odvodní. Následně se uskladňují v kontejnerech a převáží na teplárnu T 700 (ORLEN Unipetrol RPA, 2022).

### 7.1.5 Biologické čištění III

Technologický proces biologického čištění III. slouží k chemickému předčištění zaolejovaných vod s obsahem uhlovodíků, fugát z odstředivky, výtlačky z úkapové jímky čerpadel a nadbilančních vod z Nové popelové skládky obsahující vanad, zbytky jedovatých, žíravých a zdraví škodlivých látek, fenoly, pyridin, sirovodík, čpavek, benzen a jiné s následným využitím separačních vlastností kalu v usazovacích nádržích. Zařazen je také flokulační stupeň, ve kterém dochází k promíchávání odpadní vody míchadlem a za přídatku  $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$ .

Flotace uvolňuje nasycený vzduch do vody, vznikají bublinky, které jsou následně vyflotovány k hladině nádrže a stěrkami shrabovány do jímky. Dochází zde k oxidaci a vysrážení výše uvedeného znečištění. Součástí této technologie je také kalové hospodářství a retence dešťových vod při přesažení retenčních kapacit mechanické čistírny odpadních vod. Kaly těžší, než voda usedají na dno flotační nádrže a jsou čerpány do jímky kalů.

Čerpací jímka promíchává odpadní vody s vratným kalem, odtud je část přečerpána do vyrovnávací nádrže a část do aktivační nádrže.

Z kalových jímek je kal čerpán do zahušťovacích nádrží nebo do zásobníků kalu případně do kalové jímky. Z kalové jímky je směs kalu (chemický kal ze srážení vanadu a flotační pěny) čerpány na odvodnění kalů na teplárnu T 700 (obrázek č.8).

Odpadní vody vstupující na chemické předčištění jsou sledovány (tabulka č.4) a vyhodnocovány v interní laboratoři. Podle výsledků analýz jsou regulovány jednotlivé nátoky do chemického předčištění i biologického dočištění.

V dalším stupni chemického předčištění je flotace, kde dochází k uvolnění nasyceného vzduchu do vody a vytváří se bublinky, díky kterým jsou vločky kalu vyflotovány na hladinu. Tento plovoucí kal je stírán stěrkami, následně se odplyní. Nevyflotovaný kal se usazuje na dno, je odváděn do kalové jímky a poté odčerpáván čerpadlem do zahušťovací nádrže III nebo IV (ORLEN Unipetrol RPA, 2022).

Tabulka 4 - Sledované parametry ČOV (ORLEN Unipetrol RPA)

Vzorkoviště	Sledované položky
Vstup syntézních vod do flokulace	CHSK, BSK <sub>5</sub> , pH, N(NH <sub>4</sub> ), močovina
Vstup petrochemických vod	CHSK, BSK <sub>5</sub> , pH, C <sub>10-40</sub>
Výstup z flotace	CHSK, BSK <sub>5</sub> , pH, V, As
Výstup z biologického čištění III.	CHSK, BSK <sub>5</sub> , pH, N(NH), N(NO <sub>3</sub> ), V, As, N(NO <sub>2</sub> )
Kal z čerpadla	CHSK, BSK <sub>5</sub> , pH, V, As, sušina, ztráta sušiny žháním
Výstup ze zahušťovací nádrže III.	V, As
Odluh z Nové popelové skládky	pH, CHSK, BSK <sub>5</sub> , V, As, F, Br, Ca, Cl



Obrázek 8 - Teplárna T 700 (ORLEN Unipetrol RPA)

## 7.2 Kalové hospodářství v ORLEN Unipetrolu RPA

Účelem kalového hospodářství je likvidace přebytečného aktivovaného kalu, který je produktem biologického čištění průmyslových odpadních vod produkovaných jednotlivými výrobními jednotkami průmyslového areálu. Kaly jsou produktem žádoucího procesu čištění vod vypouštěných do recipientu, je tedy žádoucí veškeré nebo co největší podíl nečistot zachytit v kalu (MŽP,2015).

Představují 1-2 % objemu čištěných vod a zůstávají v nich nahromaděné látky z původního znečištění. Patří sem vytěžené shrabky, plovoucí látky, štěrk, písek a sedimenty z biologických dočišťovacích nádrží a řadíme je mezi primární kaly. Obsahují větší množství koloidních látek, lépe absorbují vodu, a proto je těžší je odvodnit.

Sekundární kal je přebytečný biologický kal, má vločkovitou strukturu a jeho složení je ovlivněno čistícím zařízením a množstvím použitých flokulantů. Obsahuje nerozpuštěné zbytky organických látek a k jeho zahuštění dochází sedimentací. Zajišťována je pomocí systému dosazovacích a zahušťovacích nádrží, homogenizace a odstředění.

Náklady na provoz kalového hospodářství představují téměř 50 % celkových provozních nákladů.

Kaly vznikající v ropném průmyslu nelze využít v zemědělství či v kompostárnách nebo bioplynových stanicích jako například kaly z čistíren odpadních vod městských, proto se zneškodňují skládkováním, spoluspalováním, pyrolýzou nebo v cementárnách.

Spoluspalování kalů vzniklých při čištění odpadních vod ORLEN Unipetrolu probíhá solidifikací (stabilizací) mícháním se sazemí z výroby Chezacarb a s hnědým uhlím.

Kaly před sušením obsahují téměř 75% vody a je tedy nutné tyto kaly před mícháním s hnědým uhlím nejprve vysušit. Odvodnění probíhá za pomoci odstředivky, kaly jsou následně skladovány v síle, sloužícím jako zásobník. Solidifikovaný kal je v mlýnech T 700 míchán s hnědým uhlím a jako tzv. tuhé palivo spalován na teplárně T 700. Do tohoto zásobníku je v daných poměrech dávkován

odvodněný kal a saze Chezacarb. Vzniká sypká a neprašná směs s obsahem sušiny 30 %. Směs je poté přidávána ke spalovanému uhlí.

V případě nemožnosti spalování jsou biologické kaly spolu s popelovinami z teplárny T 700 a sazovými a detoxikovanými kyanidovými vodami z výroby POX dopravovány přes čerpací stanici Kopisty jako certifikovaný výrobek Hydrosměs pro technickou rekultivaci na vodní dílo Nová popelová skládka. Jedná se o směs energetických produktů spalování pevného paliva z teplárny T 700, biologických kalů z čistíren odpadních vod z areálu, sazové a detoxikované kyanidové vody ze zplyňování mazutu a vratné vody z výroby Chezacarb. Pevná část Hydrosměsi sedimentuje a oddělená voda je vrácena zpět na plavení popelovin teplárny T 700 a přebytečná část (odluh) vrácena k dočištění na biologickou čistírnu (ORLEN Unipetrol RPA,2022).

### **7.2.1 Využití kalů z ČOV Unipetrol**

V současné době je pro využití kalů zvoleno skládkování na Nové popelové skládce jako technická rekultivace, a to vyprodukovanou Hydrosměsí. Tyto kaly je potřeba odvodnit na 35% sušiny. Provádí se pomocí mechanických procesů, u těch lze snižovat obsah vody jen do určité míry. Dále se voda odstraňuje pomocí termo procesů, které jsou již nákladné.

Výrobna Chezacarb je jedinou technologií svého druhu na světě, využívá se izolace sazí ze sazové vody z výroby zplyňování mazutu (těžkých ropných zbytků) za pomoci nekatalytické parciální oxidace (POX) v reaktoru.

Obchodní název Chezacarb je složen z dřívější zkratky názvu CHEZA (chemické závody) a carb (uhlí). Jde o čistý uhlík, který vzniká jako odpad při zplynění ropných produktů na vodík a oxidy uhlíku (na obrázku č.9). Vyznačuje se velkým měrným povrchem přibližně 1000 m<sup>2</sup>/g uhlíku a vysokou porézností. Díky této schopnosti dokáže na sebe vázat škodlivé i nebezpečné látky z plynů, par a kapalin. Výzkum těchto sazí byl zahájen v roce 1989 a byl zaměřen na čištění plynů ze spalování. Jako první bylo použito aktivní uhlí ve spalovně SAKO Brno, ale kontrolním měřením bylo zjištěno, že jsou překračovány emisní limity. V roce 1995 byly použity stejným způsobem saze z výroby Chezacarb v téže spalovně a výsledky dopadly výborně. Chezacarb se osvědčil při odstraňování zvláště nebezpečných odpadů, k odstraňování

dioxinů a furanu. Spalovna po zavedení čištění spalin Chezacarbem vypouštěla o 70 % méně dioxinů a furanu, než je povoleno českými limity.

Částice Chezacarb se seskupují a vytvářejí shluky – o objemu 3-4 cm<sup>3</sup>/g. Póry peletek nemají stálý objem a při kontaktu s uhlovodíky se zvětšují. Kilogram Chezacarb je schopen pojmout až 8 litrů uhlovodíků. Je tedy možné jej využít do různých filtrů či jako sorbent při likvidaci ekologických havárií na řekách, kde na sebe naváže ropné látky. Tento sorbent byl také vyzkoušen americkým námořnictvem, ale mořská voda a vlny mu nesvědčí (ORLEN Unipetrol RPA,2007).

Saze Chezacarb jsou využívány nejen k mísení s hnědým uhlím a používány jako palivo, jejich využití má další řadu výhod. Využití se našlo při čištění odpadních vod, obsahuje stopové množství katalyzujících kovů a napomáhá rozkladu a přeměně sirovodíku a kyanovodíku na neškodné produkty.

Vyrábí se z nich sazové peletky o velikosti 0,5-2,5 mm. Skládá se z agregátů o velikosti do 60 nm a podle nařízení (ES) 1272/2008 není klasifikován jako nebezpečný, nesplňuje definici nanomateriálu podle (ES) 2018/1881. Díky jedinečné struktuře je vhodný pro použití v kompozitních materiálech i v enviromentální oblasti.

CHEZACARB®AC lze využít pro řadu plastových materiálů a také v oblastech kde je vyžadovány trvalé antistatické a elektro vodivé vlastnosti. Typickými segmenty jsou extrudované profily, trubky, plechy, vyfukované fólie a vstřikované díly (ORLEN Unipetrol RPA,2022).



*Obrázek 9 - Chezacarb (ORLEN Unipetrol RPA, 2022)*

## 8 Diskuse

Hospodaření s vodami v průmyslových odvětvích se během modernizací používaných technologií značně zefektivnilo. Průmyslové podniky řeší, jakým způsobem optimalizovat svoji energetickou a ekonomickou náročnost a sami usilují o ekologičtější přístup k životnímu prostředí.

Čištění odpadních vod z průmyslu a její recyklace hraje velkou roli v ochraně životního prostředí. Nakládání s odpadními vodami, jejich čištění a zpracovávání vzniklých kalů se vždy musí řídit platnou legislativou (vodní zákon a zákon o odpadech) a platným integrovaným povolením vydaným příslušným krajským a vodoprávním úřadem. To platí také o opětovném použití vyčištěných odpadních vod. Stále jsou považovány za odpad, i když při úpravě legislativy by mohli sloužit jako surovina (Wanner,2009).

Opětovné využívání odpadních vod, které by mohly být vráceny do výroby např. jako procesní, oplachové či chladicí by jistě vedlo také ke snížení odběrů povrchových vod v období sucha i menšímu zatížení vodních zdrojů při vypouštění odpadních vod do recipientu. Samozřejmostí je nulový negativní dopad na stav povrchových i podzemních vod, ohrožení zdraví obyvatel a celkový ekologický stav krajiny (Vojtěchovská a kol.,2018).

Ve společnosti ORLEN Unipetrol je technologie čištění odpadních vod na vysoké úrovni, neboť v roce 2007 došlo k částečné rekonstrukci biologické čistírny II. Tato rekonstrukce přinesla úspory v ekonomickém i ekologickém směru. Do čištění odpadních vod bylo zařazeno čištění sazemi Chezacarb, vzniklých při zpracování ropných produktů (ORLEN Unipetrol, 2005).

Jako vhodným přidaným stupněm čištění v průmyslu by mohla být zařazena membránová technologie, která byla testována v textilním průmyslu, kde se vyskytují různé typy barev složitěji odbouratelných klasickým biologickým čištěním(Hoferková a kol.,2020).Tato technologie může být využita také v petrochemickém průmyslu (čištění odpadních vod, zpětné využití technologických vod), farmaceutický průmysl(výrob a léků) a také při úpravě vody ve vodárnách, elektrárnách a teplárnách(demineralizovaná chladicí voda, přídatná voda pro napájení kotlů).Polopropustné membrány zachycují veškeré tuhé částice a vody následně i hygienicky zabezpečené (Peineman a kol.,2010).



Membránové technologie by bylo možné využít také na úpravu odebíraných vod z recipientu při výrobě demineralizovaných vod, které jsou v moderním průmyslu nezbytností (Bartoň, 2017). V posledním desetiletí je využití membránových separačních procesů při likvidaci průsakových nebo různých výrobních technologií ekonomicky rovnocenné stejně jako klasické separační metody (Přidal, 1999).

V průmyslu má tato recyklace velké opodstatnění. Průmysl značné množství vody spotřebovává, dochází k velkým výparům i transferu vody do výrobků. Proto by bylo vhodné použití výše uvedeného membránového čištění i v ORLEN Unipetrolu, k zefektivnění, a ještě dokonalejšímu odstraňování nečistot a k dalšímu snížení ekonomické náročnosti (při zpětném využití odpadní vody) a také ke snížení ekologického zatížení vod při jejich vypouštění. Bohužel v rámci Evropské unie se zatím na území ČR s tímto využitím nepočítá (Wanner, 2009).

Politika EU v oblasti odpadového hospodářství snižuje ukládání odpadů a podporuje minimalizaci vzniku odpadů a jejich recyklaci. Ukládání kalů na skládky je považováno za neudržitelné. Nejvyužívanějším způsobem nakládání s kaly z čistíren odpadních vod městských je materiálové využití, a to především kompostování, dále využití v zemědělství (aplikace do půdy). Druhým nejčastějším způsobem je úprava odpadu (biologická). To ale neplatí u kalů z průmyslových odpadních vod. Průmyslové kaly se likvidují pouze skládkováním, tepelným zpracováním nebo zpracováním v cementárnách. Veškeré zpracování kalů se řídí zákonem o odpadech, kde je také uvedeno možné nakládání a zpracování.

V ORLEN Unipetrolu je skládkování kalu zajištěno tzv. Hydrosměsí. Vytváří se jí konstrukční vrstvy technické rekultivace Nové popelové skládky. Vzhledem k výrazným změnám v legislativě odpadového hospodářství je budoucnost takto využívaného kalu nejistá.

## 9 Závěr

Při průmyslové výrobě vzniká celá řada škodlivých látek, které znečišťují vodu a ovzduší a je potřeba je z těchto komodit odstraňovat, aby dále nedocházelo k zatěžování životního prostředí. Některé chemické látky potřebují k odstranění složitější technologické postupy jako jsou například těžké kovy nebo složité uhlovodíky, jednodušších sloučenin není technologie odstraňování tak náročná a nákladná.

Dalším krokem na ochranu životního prostředí je vývoj a použití moderních technologií. Prvotní větší investice do těchto technologií budou navraceny během méně náročného zpracování a náklady na čištění jak vod, tak ovzduší se budou snižovat.

Volba správné technologie poukazuje na to, že i při vzniku velkého množství kalů z průmyslových odpadních vod, je možné tyto kaly zpracovat tak, aby byly ještě dále využívány a plnili jiné důležité funkce při čištění a nepohlíželo se na ně jen jako na odpad, který se spaluje nebo využívá k technické rekultivaci.

Budoucnost využívání veškerých kalů z čištění odpadních vod je vcelku nejistá. Ukládání kalů na skládky je v ČR zakázáno zákonem. Produkci kalů ale nelze zabránit, lze ji snížit použitím nové moderní technologie. Souvislost s likvidací kalů má v ORLEN Unipetrolu také spoluspalování s hnědým uhlím. Konec těžby a spalování uhlí se nezadržitelně blíží, Evropská unie usiluje o klimatickou neutrálnost do roku 2050.

Po této době nebude již možné kaly s hnědým uhlím mísit a spalovat. Do budoucna bychom se měli zaměřit na stále dokonalejší technologie při čištění odpadních vod, a hlavně na možnost recyklace těchto vod. Tam kde je to možné, je vracet po vyčištění zpět do výroby jako vody chladicí či procesní a vznikající kaly tzv. Hydrosměs použít například ve stavebnictví.

## **Použitá literatura:**

### Knihy a články:

Agarwal, M.,2017: Methodologies for removal of heavy metal ions from wastewater: an overview. Vol.18, No.2, 124-142 p.

Bartoň a kol., 2017: Česká akademie zemědělských věd. Praha.

Bindzar, J. a kol., 2009: Základy úpravy a čištění vod. VŠCHT, Praha, 251 s. 80-150.

Bindzar, J.,2012: Průmyslové odpadní vody. VŠCHT, Praha,29 s.

Crittenden, J a kol.,2005: Water treatment: Principles and Design. 2nd Edition. John Wiley and Sons.1948 p. ISBN 0-471-11018-3

Čermák, J. 2014: Voda a průmysl. Praha,40 s.

Dohányos, M. a kol., 2007: Čištění odpadních vod. VŠCHT, Praha, 177 s. 100-168 s.

Driscoll, T. P. a kol., 2008: Industrial Wastewater Management, Treatment, and Disposal, Alexandria, New York,568 p.

Eckenfelder, W.1998: Industrial Water Pollution Control. New York,389 p.

Gruško, M.J., 1983: Škodlivé organické látky v průmyslových odpadních vodách. Praha,184 s. 45-60.

Guozhu, M. a kol., 2021: Technology status and trends of industrial wastewater treatment. 288 p.

Hartman a kol.,2005: Hydrobiologie.364 s. 155-265.

Hoferková a kol.,2020: Využití membránových technologií pro recyklace odpadních vod. Konference odpadové vody.

Chudoba a kol., 1991: Biologické čištění odpadních vod. Praha, 465 s. 255-405

Kudláček I.,1997: Ekologie průmyslu. Praha,187 s. 100-180.

Olsson G. et Newell B., 1999: Wastewater treatment systems: modelling, diagnosis and control. IWA Publishing, 1st Ed., New York, 742 s.

ORLEN Unipetrol, 2022: Provozní předpis pro biologickou čistírnu II.76 s.

ORLEN Unipetrol, 2022: Provozní předpis pro biologickou čistírnu III. 96 s.

ORLEN Unipetrol, 2022: Kalové hospodářství. 23 s.

Peineman a kol., 2010: Membranes for Water Treatment. Volume 4. Wiley – VCH. 237 p. ISBN 978-3-527-31483-6

Pošta, J. a kol., 2005: Čistírny odpadních vod. Praha, 208 s. 155-200.

Přidal, J., 1999: Separační membrány a jejich průmyslové použití. Chemické listy. Hradec Králové, 432-440.

Richter, M. 2005: Průmyslové technologie III. Praha, 150 s. 50-140.

Vojtěchovská Šrámková, M., et al. 2018: Experimental verification of tertiary treatment process in achieving effluent quality required by wastewater reuse standards." Journal of Water Process Engineering 22: 41-45.

Wanner J., 2009: Možnosti opětovného používání odpadních vod. Sborník konf. Nové trendy v čistírenství a vodárenství. Soběslav. ISBN 978-80-254-5326-1

Zhang, Na et al. 2011: „The energy situation and its sustainable development strategy in China“. Energy 36. 3639-3649.

#### Internetové zdroje:

ČSÚ, ©2015: Odběry vody (online) [cit.2022.02.20], dostupné z <<https://www.čsú.cz>>

EAGRI, © 2008: Čištění odpadních vod jako nástroj k ochraně ŽP (online) [cit.2021.09.25], dostupné <<https://www.eagri.cz>>

OECD, © 2020: Water (online) [cit.2021.10.22], dostupné z <<https://www.oecd-ilibrary.org>>

OECD, © 2018: Water by source consumption (online) [cit.2022.01.20], dostupné z <<https://www.oecd-ilibrary.org>>

FAO, © 2015: Water resource (online) [cit.2022.01.20], dostupné z <<https://fao.org>>

MŽP, © 2015: Kaly z čistíren odpadních vod (online) [cit.2021.08.22], dostupné z <<https://www.mzp.cz>>

MŽP, ©2021: Odpovědné hospodaření s vodou (online) [cit.2021.09.20], dostupné z <<https://www.mzp.cz>>

MŽP, ©2022: Povrchové vody (online) [cit.2021.09.20], dostupné z <<https://www.mzp.cz>>

MŽP, ©2021: Nakládání s čistírenskými kaly (online) [cit.2021.09.20], dostupné z <<https://www.mzp.cz>>

ORLEN Unipetrol RPA, ©2005: intranet Unipetrol (online) [cit.2022.03.01] dostupné z <<https://intranet.unipetrol.cz>>

ORLEN Unipetrol RPA, ©2007: Chezacarb, intranet Unipetrol (online) [cit. 2021-10.14], dostupné z <<https://intranet.unipetrol.cz>>

ORLEN Unipetrol RPA, ©2022: intranet Unipetrol (online) [cit. 2021-07.20], dostupné z <https://intranet.unipetrol.cz>

#### Technické normy:

ČSN EN 12109, Kanalizace, vnitřní kanalizace-Podtlakové systémy. Evropská norma.

ČSN 750101, Vodní hospodářství. Český normalizační institut.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Odběr a spotřeba vody průmyslem v letech 1950–2000 (Čermák,2014) .....	9
Obrázek 2 - Odpadní vody (Ekolist.cz).....	13
Obrázek 3 - Čistírna odpadních vod (Vodárenství.cz) .....	17
Obrázek 4 - výřez z areálu Chemparku Záluží (ORLEN Unipetrol R.P.A.) (Mapy.cz).....	20
Obrázek 5 - schéma jednotky EKO (ORLEN Unipetrol RPA) .....	21
Obrázek 6 - Dosazovací nádrž (ORLEN Unipetrol RPA).....	26
Obrázek 7 - Mapa povodí Ohře-recipient Bílina (Povodí Ohře) .....	28
Obrázek 8 - Teplárna T 700 (ORLEN Unipetrol RPA).....	30
Obrázek 9 - Chezacarb (ORLEN Unipetrol RPA,2022) .....	34

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Největší světové zásoby pitné vody (FAO.org) .....	2
Tabulka 2 - Průměrné množství spotřeby vody na výrobu vybraných produktů (Bindzar,2012) .....	7
Tabulka 3 - Poměr odpadních vod z potravinářství (Kudláček, 1997).....	14
Tabulka 4 - Sledované parametry ČOV .....	30