

# SEMINÁŘ HOSPODÁRNĚJŠÍ UŽÍVÁNÍ VOD V PRŮMYSLU A ENERGETICE

Seminář se koná za sponzorské účasti našich partnerů

Generální partner:



Hlavní partneři:





## Partneři



## Mediální partneři



Projekt BETA2 TITOMPO941 byl řešen s finanční podporou TA ČR.

# Program **Beta**



MINISTERSTVO  
PRŮMYSLU A OBCHODU





#### Prohlášení:

Za věcnou správnost, obsahovou, jazykovou a grafickou úroveň příspěvků v tomto sborníku zodpovídají autoři. Stanoviska a doporučení obsažená v příspěvcích jsou názory a doporučení jejich autorů a nemusí nezbytně vyjadřovat stanoviska společnosti ENVI-PUR, s.r.o.

Kolektiv autorů, 2021

Editor: Petra Volavá



## Obsah

Aktivity MPO v oblasti vodního hospodářství průmyslových podniků .....	5
Představení projektu „Hospodárnější užívání vod v průmyslu a energetice ČR .....	25
<i>Křivánková J., Procházka J., Procházková L., Dolejš P., Bindzar J., Bartáček J., Lederer T., Urbanová H., Vilím D.</i>	
Struktura spotřeby vody v průmyslu.....	32
<i>Procházková L., Procházka J., Křivánková J.</i>	
Metodika Vodního auditu a představení katalogu technologií.....	41
<i>Procházka J., Procházková L., Dolejš P., Křivánková J.</i>	
Návrh vhodné technologie na čištění, úpravu a recyklaci vod pomocí poloprovozního testování .....	45
<i>Vilím D., Křivánková J.</i>	
Úspora vody/chladicí okruhy .....	52
<i>Urbanová H.</i>	
Provozní zkušenosti s technologií MBBR a FBBR při čištění průmyslových odpadních vod .....	57
<i>Lederer T., Novák L., Dvořák L.</i>	
Fyzikálně chemické technologie pro recyklaci vody v průmyslu .....	65
<i>Bindzar J.</i>	
Inovativní biologické procesy využitelné pro čištění a recyklaci odpadních vod v průmyslu .....	73
<i>Bartáček J., Dolejš P., Kouba V.</i>	
Digitalizace vodního hospodářství v průmyslu.....	80
<i>Dolejš P.</i>	



# Seminář

## *Hospodárnější využívání vod v průmyslu a energetice*

### Aktivity MPO v oblasti vodního hospodářství průmyslových podniků

**8. 11. 2021**

Tábor, hotel Palcát



MINISTERSTVO  
PRŮMYSLU A OBCHODU

Doc. Ing. Marian Piecha, Ph.D., LL.M.  
Náměstek ministra průmyslu a obchodu

# *Hospodárnější využívání vod v průmyslu a energetice*

## Obsah prezentace

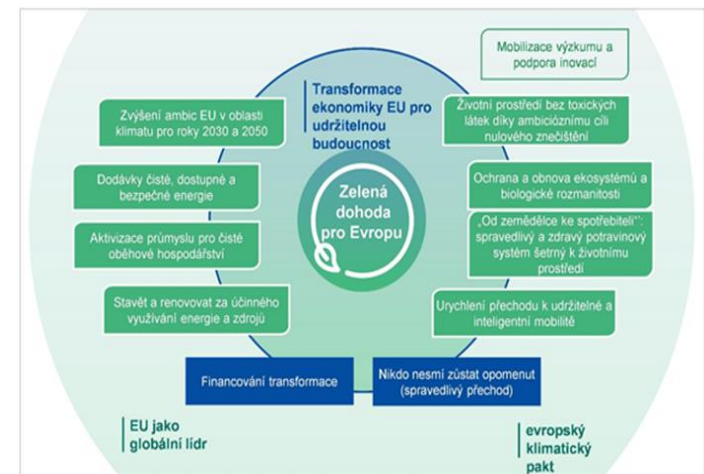
- ➔ Opatření realizovaná v rámci OP PIK
- ➔ Opatření připravovaná k realizaci v rámci OP TAK
- ➔ Opatření připravovaná k realizaci v rámci NPO/RRF
- ➔ OP TAK obecně, harmonogram dokončení
- ➔ NPO obecně, harmonogram činností

# Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost OP PIK (2014 – 2020)

➔ V závěru minulého programového období odstartovalo MPO realizaci podpory podnikatelského sektoru v boji se suchem, klimatickou změnou, resp. další krok k praktickému naplňování tzv. **Zelené dohody pro Evropu**.

➔ Konkrétně:

- ➔ MPO vyhlásilo v r. 2021 výzvu **Poradenství II pro podnikatele na zhodnocení hospodaření s vodou**,
- ➔ cestou tzv. **vodních auditů** chce MPO přispět k předcházení dopadů sucha na podnikatele,



➔ k tomu MPO připravilo v rámci projektu TAČR **metodiku** zacílenou na zpracování hodnocení vodního hospodářství průmyslových podniků.

# Vodní audit

- ➔ MPO zadalo **ve spolupráci s TAČR** zpracování metodiky Vodního auditu, který bude požadován jako příloha žádosti o dotaci.
- ➔ V rámci vodního auditu **bude popsán aktuální stav nakládání s vodami** v podniku.
- ➔ V případě zjištění nedostatků, budou v rámci vodního auditu **navržena opatření k nápravě**, k úsporám vod, včetně odhadu investičních nákladů na realizaci navržených opatření.
- ➔ Po realizaci opatření navržených ve vodním auditu může podnik požádat o **certifikát Odpovědného nakládání s vodou**, vydávaným MŽP.

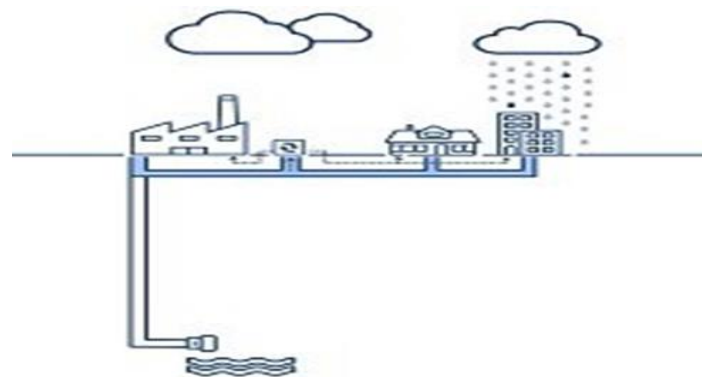


## Výzva Poradenství II

- ➔ Na zpracování Vodního auditu může podnik získat podporu až do výše 1 000 000,- Kč.
- ➔ Výzva na zpracování vodních auditů z programu podpory Poradenské služby pro MSP byla vyhlášena 8. 2. 2021:

<https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/aktualni-informace/mpo-vyhlasi-vyzvu-na-podporu-ziskani-certifikatu-a-zpracovani-hodnoceni-vodniho-hospodarstvi-prumyslovych-podniku---259491/>

- ➔ Žádosti bylo možné podávat do  
▶ 30. 6. 2021.



# VODNÍ AUDIT – možné technologie

## <http://recyklace-voda.vscht.cz/>

The screenshot shows a web browser window displaying the website 'Technologie pro recyklaci vody'. The browser's address bar shows the URL 'recyklace-voda.vscht.cz/technologie'. The page features a navigation menu with 'Úvod', 'Technologie pro recyklaci vody', 'Technická a provozní opatření pro úsporu vody', and 'Slovník'. A red banner at the top left contains text about state funding and the TAČR program. The main heading is 'Technologie pro recyklaci vody' with a recycling symbol. Below it, a paragraph explains the catalog's focus on water quality improvement technologies. A breadcrumb trail shows 'Úvod / Technologie pro recyklaci vody'. The page is divided into 'Filtry' (filters) and 'Seznam technologií' (technology list). The filters include 'Typy procesů' (Biologické procesy: 19 x 19, Dezinfekční procesy: 4 x 4, Fyzikálně chemické procesy: 33 x 33) and 'Skupina technologií' (Adsorpce: 1 x 1, Aktivace: 6 x 6, Anaerobní procesy v suspenzi: 2 x 2, Biofilmové reaktory: 7 x 7, Chemická dezinfekce: 3 x 3, Chemické procesy: 4 x 4, Extrakce: 1 x 1, Flotace: 3 x 3, Fyzikální dezinfekce: 1 x 1). The technology list includes 'A-B proces', 'Adsorpce', 'Aerobní biofilm na plovoucích nosičích (MBBR)', 'Aerobní biofiltry', and 'Aerobní laguny', each with a brief description and a category tag.

# VODNÍ AUDIT – možné technologie

## <http://recyklace-voda.vscht.cz/>

Součástí zpracované metodiky Vodního auditu je návrh vhodných technologií.

The screenshot shows a web browser window with the URL [recyklace-voda.vscht.cz](http://recyklace-voda.vscht.cz/). The page features a red banner at the top left with the text 'Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2. www.taacr.cz. Výzkum užitečný pro společnost.' and the logo of the 'MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU'. A navigation menu includes 'Úvod', 'Technologie pro recyklaci vody', 'Technická a provozní opatření pro úsporu vody', and 'Slovník'. The main heading is 'Katalog opatření pro úsporu vody v energetice a průmyslu'. Below this are two buttons: 'Technologie pro recyklaci vody' and 'Technická a provozní opatření pro úsporu vody'. The main text describes the catalog's purpose: 'Tento katalog byl vytvořen s cílem poskytnout základní informace o technologiích vhodných pro recyklaci vody v průmyslu a energetice a také o technico-provozních opatřeních pro snížení spotřeby vody v podnicích. Obě části katalogu slouží primárně jako podpurný materiál pro zpracovatele Vodního auditu podle certifikované metodiky MPO Hodnocení využívání vody na úrovni podniků. Katalog je členěn do dvou částí, konkrétně na [technologie pro recyklaci vody](#) a dále pak na [technická a provozní opatření ke snížení spotřeby vody v průmyslu a energetice](#). První část je zaměřena zejména na procesy, které jsou charakteristické tím, že při nich dochází ke změně jakosti vody. V drtivé většině se jedná o odstraňování určitých polutantů z vody a to jak charakteru chemického, tak i mikrobiologického. Tyto technologie jsou samozřejmě využitelné nejen v oblasti recyklace vod, ale často nacházejí uplatnění i při úpravě vody nebo čištění odpadních vod. Jednotlivé procesy a technologie je možné třídit podle typu procesu, skupiny technologií, typu znečištění (polutantu), průmyslového odvětví a také vhodnosti pro úpravu srážkových vod. Druhá část katalogu se pak zabývá opatřeními technického a organizačního charakteru, které vedou ke snížení spotřeby vody. Samozřejmě není možné definovat všechna konkrétní opatření pro všechny druhy průmyslu, nicméně při tvorbě katalogu bylo cílem

# VODNÍ AUDIT – možné technologie

## <http://recyklace-voda.vscht.cz/>

Technická a provozní opatření

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2. [www.tacr.cz](http://www.tacr.cz)  
Výzkum udržitelný pro společnost.

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU

Úvod | Technologie pro recyklaci vody | **Technická a provozní opatření pro úsporu vody** | Slovník

## Technická a provozní opatření pro úsporu vody

Tato část katalogu se zabývá opatřeními technického a organizačního charakteru, které vedou ke snížení spotřeby vody. Protože nelze poskytnout výčet všech opatření pro všechna odvětví a provozy, jsou popsána technická opatření spíše obecnějšího charakteru. Jejich praktická implementace musí být navrhována odborníkem na dané odvětví. Opatření organizačního charakteru spočívají primárně ve zlepšení přístupu k vodě jako k surovině a v omezení plýtvání.

Úvod / Technická a provozní opatření pro úsporu vody

### Filtry

Typy opatření

- Bezvodé technologie 7 x 7
- Minimalizace ztrát 6 x 6
- Organizační opatření 3 x 3
- Snížení nároků na vodu 17 x 17

Typická průmyslová odvětví

Filtrovat

### Seznam opatření 33

**Bezvodé čištění** Bezvodá technologie  
V některých případech lze čištění pomocí vody, nebo jeho část, nahradit bezvodým procesem. Může být buď využito jiného média, typicky vzduchu, nebo mechanickými systémy, které mohou využívat různé...

**Bezvodý ohřev** Bezvodá technologie  
Místo ohřevu vodou, například pomocí výměníků, nebo přímého ohřevu vodou či párou, lze v některých případech použít ohřev pomocí horkého vzduchu, elektroohřev nebo ohřev pomocí mikrovlnného záření.

**CIP - Čištění bez demontáže (Clean-in-place)** Snížení nároků na vodu  
CIP je metoda automatizovaného čištění vnitřních povrchů, například potrubí, nádob, filtrů, zařízení, bez jejich rozebírání. K čištění je často využíváno intenzivního turbulentního proudění, které...

**Chlazení/ohřev pomocí chladicích okruhů** Čištění nároků na vodu  
Náhrada průtočného chlazení/ohřevu uzavřeným okruhem s výměníky, nebo otevřeným okruhem a zvýšením stupně zahuštění. Teplo není odváděno odparem, ale ohřevem chladícího média. Uzavřený okruh je...

**Detekce ztrát a aplikace moderních prvků pro detekci ztrát** Minimalizace ztrát  
Snížení spotřeby vody je možné dosáhnout pomocí důsledné kontroly těsnosti potrubí a tím zamezení úniků vody. Detekce ztrát na bázi vyhodnocení vodní bilance podniku Na základě využívání dat z...



# Výzva Inovace IX

- **Výzva IX Inovace – Inovační projekt.**
- Předpokládané datum vyhlášení **28. 5. 2021.**
- Předpokládaný termín zahájení příjmu žádostí
- **15. 6. 2021.**
- Příjem žádostí ukončen dne
- **30. 8. 2021.**
- Alokace: **1 000 000 000 Kč.**
- Produktová, procesní, organizační, marketingová inovace pro **MSP a velké podniky – spol. VaV:**
  - Snížení množství dodávaných vod pro potřeby průmyslu a energetiky, a tím zlepšení trvale udržitelného hospodaření s vodou a optimalizace spotřeby vody v průmyslu a energetice. U podnikatelských subjektů následně dojde ke snížení nákladů a zvýšení konkurenceschopnosti.
  - Efektivní nakládání s vodou rovněž přispěje k vývoji nových technologií s nižší spotřebou vody využívající recyklaci a znovuvyžití vod.

# Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost

## OP TAK (2021 -2027) - Úspory vody

→ **Cíl politiky 2** – Zelenější nízkouhlíkový přechod k uhlíkově neutrálnímu hospodářství a odolná Evropa díky podpoře spravedlivého přechodu na čistou energii, zelených a modrých investic, oběhového hospodářství, zmírňování změny klimatu a přizpůsobení se této změně, prevence a řízení rizik a udržitelná městská mobilita.

→ **Průmyslové hospodaření s vodou**

→ **S. C. 5.1 – Úspory vody.**

→ **1 260 989 860 Kč.**



## 2.A.5.1 Specifický cíl 5.1 - Podpora přizpůsobení se změnám klimatu, prevence rizik a odolnosti vůči přírodním katastrofám

**Hlavní cílová skupina:** *Podnikatelské subjekty (MSP, velké podniky - a to zejména průmyslové podniky či výrobci energie s potřebou zajistit trvale udržitelné hospodaření s vodou a optimalizaci vody v průmyslu a energetice)*

**Alokace:** 48 499 610 € (cca 1 261 000 000,- Kč)

**Cílové území:** Území České republiky, mimo území hl. m. Prahy

**Zaměření specifického cíle:**

- Zadržování/zachycování vody a opatření k její recyklaci v podnicích.
- Výsledkem intervencí by měly být přínosy ve formě snížení množství dodávaných vod pro potřeby průmyslu a energetiky, a tím zlepšení trvale udržitelného hospodaření s vodou a optimalizace spotřeby vody v průmyslu a energetice. U podnikatelských subjektů následně dojde ke snížení nákladů a zvýšení konkurenceschopnosti.
- Efektivní nakládání s vodou rovněž přispěje k vývoji nových technologií s nižší spotřebou vody využívající recyklaci a znovuvyužití vod.

## 2.A.5.1 Specifický cíl 5.1 - Podpora přizpůsobení se změnám klimatu, prevence rizik a odolnosti vůči přírodním katastrofám

### Podporované aktivity:

- Proces **optimalizace spotřeby vody v rámci samotného výrobního procesu** – zavádění technologických změn, jejichž cílem je primární snížení spotřeby vody, případně i úplná eliminace potřeby vody;
- **Přímá recyklace vody** ve výrobních odvětvích s vysokou spotřebou vody (energetika, průmysl potravinářský, papírenský, chemický, textilní, zpracovatelský a recyklační a další), **přímá recyklace** ve vybraných odvětvích služeb, **instalace uzavřených cirkulačních okruhů** namísto lineárních/otevřených;
- **Opětovné využívání znečištěné/využité provozní vody v jiných procesech** – instalace filtračních technologií (např. pro vody znečištěné pouze tuhými látkami) a pro přípravu vody k dalšímu jinému využití v rámci podniku, včetně sociálních zařízení;
- **Optimalizace využívání vody v obslužných provozech podniků** (mimo hlavní výrobní proces) – údržba, logistika, doprava, sociální zařízení;
- **Snižování ztrát vody** v uzavřených okruzích nebo rozvodech vody;

## 2.A.5.1 Specifický cíl 5.1 - Podpora přizpůsobení se změnám klimatu, prevence rizik a odolnosti vůči přírodním katastrofám

### Podporované aktivity:

- **Využívání potenciálu odpadní páry** (záchyt a odběr tepla a další využití v technologickém procesu podniku);
- **Optimalizace technologie chlazení** (náhrada otevřených chladicích věží se skrápěním adiabatickým chlazením);
- **Jímání, akumulace a využívání dešťové a užitkové vody;**
- Zlepšení infrastruktury, zejména **vybudování nebo modernizace systémů pro monitorování netěsností rozvodů vod;**
- **Zvýšení spolehlivosti zásobování uživatelů vody** posílením kapacity záložních zdrojů povrchové vody a zlepšením jakosti vody dodávané záložními zdroji;
- **Instalace systémů suchého čištění** dopravních prostředků;
- **Zřízení vodních ploch** sloužící pro zadržení vody v areálech podniků;
- **Nákup poradenských služeb pro MSP** zacílených na zpracování plánu recyklace vody ve výrobních odvětvích;
- Revitalizace podnikových areálů a okolí komerčních budov k adaptaci na změnu klimatu, např. **výsadbou funkční vegetace a zřizováním tzv. vegetačních střeš.**

## 2.A.5.1 Specifický cíl 5.1 - Podpora přizpůsobení se změnám klimatu, prevence rizik a odolnosti vůči přírodním katastrofám

### Připravované výzvy S.C. 5.1 :

**Příprava výzev: IV. Q. 2021**

**Vyhlášení výzev: I. Q. 2022**

**Alokace I. Výzvy: 500 000 000,- Kč**

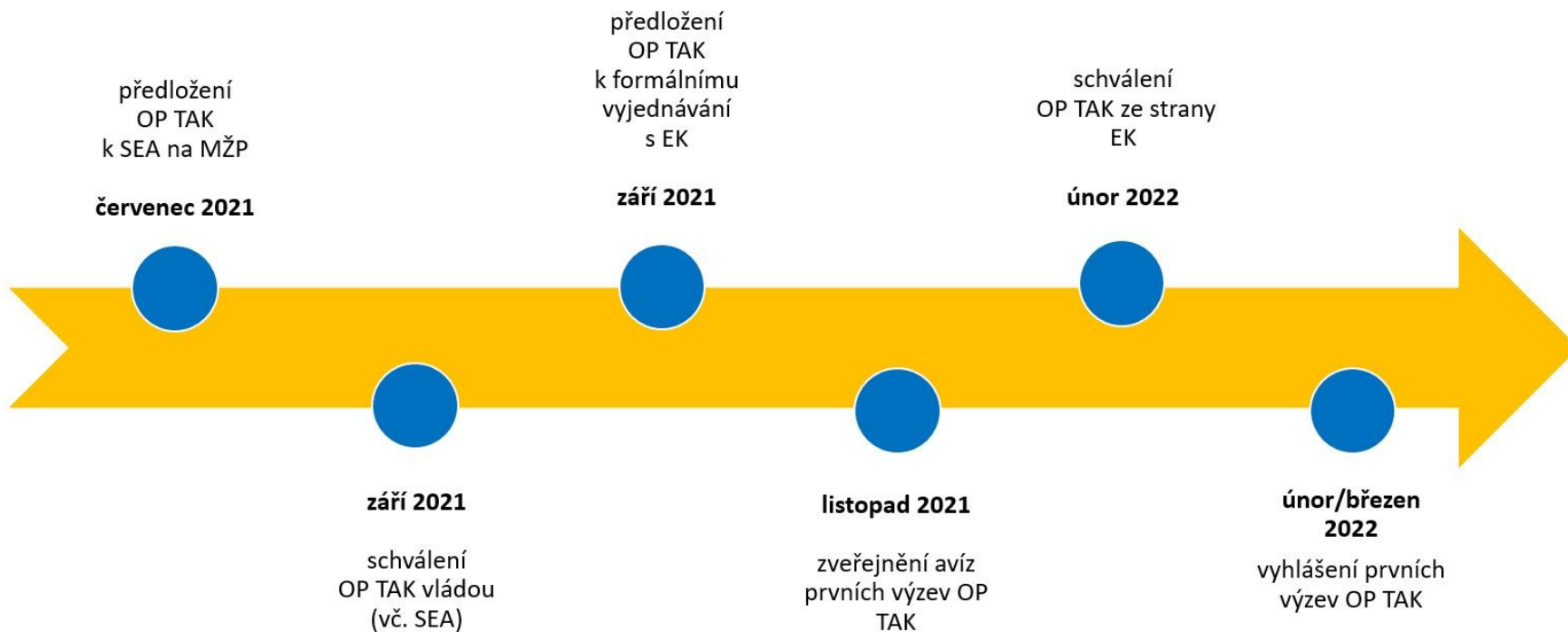
# Národní program obnovy Recovery and Resilience Facility NPO/RPF

- ➔ Next Generation EU.
- ➔ Programové období 2021 -2023.
- ➔ Období pro závazkování 2021 -2026.

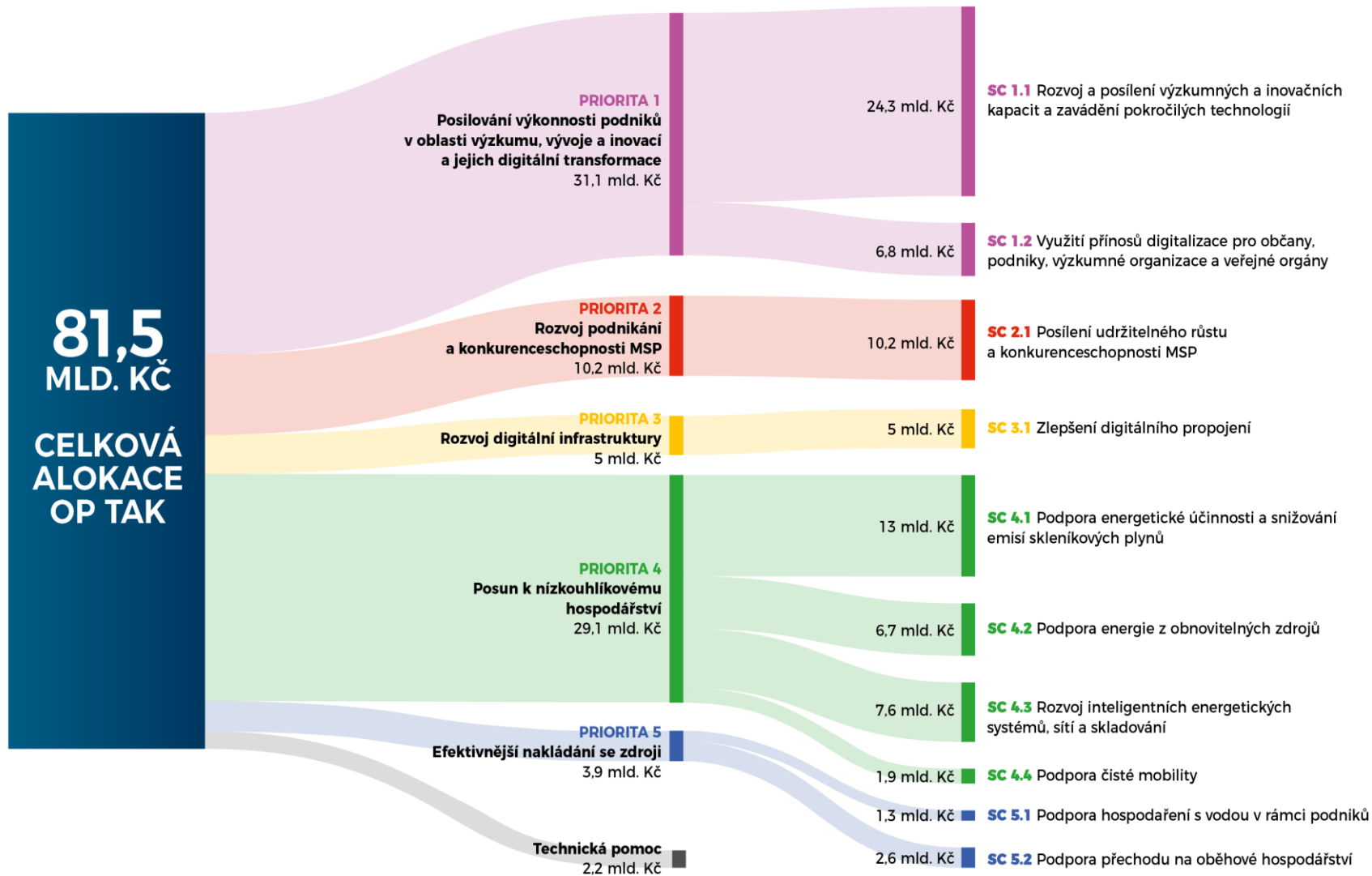


- ➔ **Podpora průmyslového hospodaření s vodou s podmínkou realizace vodního auditu:**
  - ➔ alokace: **1 000 000 000 Kč,**
  - ➔ podpora MSP/**velké podniky,**
  - ➔ zaměření a podporované aktivity – viz OP PIK/OPTAK,
  - ➔ příprava **výzvy po jednání výboru NPO dne 11. 10. 2021, tj. do konce r. 2021.**

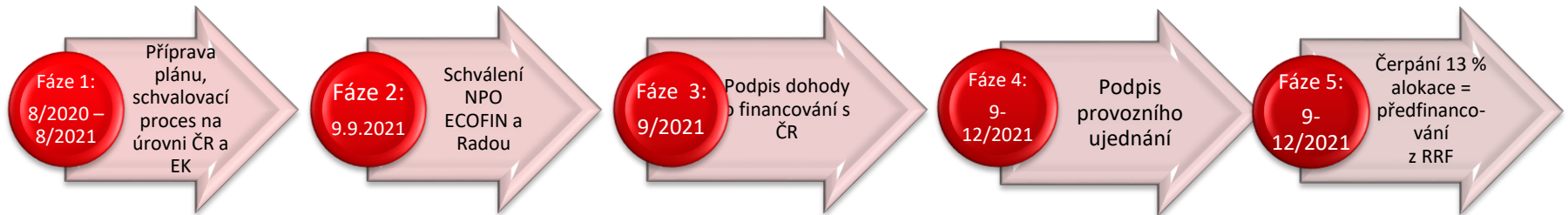
# Harmonogram dokončení přípravy OP TAK







# Harmonogram dalších činností NPO



## Činnosti 1-6/2022

Plnění 8 přidanych milníků ze strany EK (střet zájmů, informační systém, sběr údajů dle nařízení).

Příprava první žádosti o výplatu finančních prostředků.

Reporting pokroku při implementaci vč. reportingu společných indikátorů.

Příprava na potenciální realokace NPO.

Piliř	Komponenta	Celý pŕán			Zahrnuto v RRF		
		Alokace bez DPH (v mil. Kř)	Űroveň splnění zelené agendy	Űroveň splnění digitální agendy	Alokace bez DPH (v mil. Kř)	Űroveň splnění zelené agendy	Űroveň splnění digitální agendy
1. Digitální transformace 27 854 mil. Kř	1.1 Digitální služby občanům a firmám	2 857	0	2 857	2 857	0	2 857
	1.2 Digitální systémy veřejné správy	7 054	0	7 054	7 054	0	7 054
	1.3 Digitální vysokokapacitní síť	5 787	0	5 787	5 787	0	5 787
	1.4 Digitální ekonomika a společnost, inovativní start-upy a nové technologie	5 710	0	5 491	5 710	0	5 491
	1.5 Digitální transformace podniků	5 000	0	5 000	5 000	0	5 000
	1.6 Zrychlení a digitalizace stavebního řízení	1 446	0	1 446	1 446	0	1 446
2. Fyzická infrastruktura a zelená tranzice 85 182 mil. Kř	2.1 Udržitelná doprava	24 000	13 989	955	24 000	13 989	955
	2.2 Snižování spotřeby energie ve veřejném sektoru	8 265	8 265	0	8 265	8 265	0
	2.3 Přechod na čistší zdroje energie	6 660	6 660	0	6 660	6 660	0
	2.4 Rozvoj čisté mobility	4 884	4 884	0	4 884	4 884	0
	2.5 Renovace budov a ochrana ovzduší	16 081	15 667	0	16 081	15 667	0
	2.6 Ochrana přírody a adaptace na klimatickou změnu	14 576	10 955	0	13 796	10 643	0
	2.7 Cirkulární ekonomika, recyklace a průmyslová voda	4 400	2 400	0	3 600	2 400	0
	2.8 Revitalizace území se starou stavební zátěží	3 332	1 333	0	3 332	1 333	0
	2.9 Podpora biodiverzity a boj se suchem	2 984	1 605	0	2 984	1 605	0
3. Vzdělávání a trh práce 41 006 mil. Kř	3.1 Inovace ve vzdělávání v kontextu digitalizace	4 857	0	4 857	4 857	0	4 857
	3.2 Adaptace kapacity a zaměření školních programů	13 156	0	0	13 156	0	0
	3.3 Modernizace služeb zaměstnanosti a rozvoj trhu práce	22 993	8 579	4 560	22 549	8 579	4 560
4. Instituce a regulace a podpora podnikání v reakci na COVID-19 10 895 mil. Kř	4.1 Systémová podpora veřejných investic	2 471	49	0	0	0	0
	4.2 Nové kvazikapitálové nástroje na podporu podnikání a rozvoj ČMZRB v roli národní rozvojové banky	1 000	400	0	1 000	400	0
	4.3 Protikorupční reformy	0	0	0	0	0	0
	4.4 Zvýšení efektivity výkonu veřejné správy	34	0	0	34	0	0
	4.5 Rozvoj kulturního a kreativního sektoru	7 390	0	1 644	5 450	0	1 024
5. Výzkum, vývoj a inovace 13 200 mil. Kř	5.1 Excelentní výzkum a vývoj v prioritních oblastech veřejného zájmu ve zdravotnictví	5 000	0	0	5 000	0	0
	5.2 Podpora výzkumu a vývoje v podnicích a zavádění inovací do podnikové praxe	8 200	200	600	3 200	200	600
6. Zdraví a odolnost obyvatel 12 441 mil. Kř	6.1 Zvýšení odolnosti systému zdravotní péče	3 901	0	0	3 901	0	0
	6.2 Národní plán na posílení onkologické prevence a péče	8 540	0	0	8 540	0	0
<b>Celkem/Podíl na celkové alokaci</b>		<b>190 578</b>	<b>74 985 / 39,4%</b>	<b>40 251 / 21,1%</b>	<b>179 143</b>	<b>74 624 / 41,6%</b>	<b>39 631 / 22,1%</b>



# Děkuji za pozornost

doc. Ing. Marian Piecha, Ph.D., LL.M



MINISTERSTVO  
PRŮMYSLU A OBCHODU

Doc. Ing. Marian Piecha, Ph.D., LL.M  
Náměstek ministra průmyslu a obchodu



# PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU „HOSPODÁRNĚJŠÍ UŽÍVÁNÍ VOD V PRŮMYSLU A ENERGETICE ČR“

Křivánková J.<sup>1\*</sup>, Procházka J.<sup>2</sup>, Procházková L.<sup>2</sup>, Dolejš P.<sup>3</sup>, Bindzar J.<sup>3</sup>, Bartáček J.<sup>3</sup>, Lederer T.<sup>4</sup>, Urbanová H.<sup>5</sup>, Vilím D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ENVI-PUR, s.r.o., Na Vlčovce 13/4, 160 00 Praha 6

<sup>2</sup>ČEVAK a.s., Severní 2264/8, České Budějovice

<sup>3</sup>VŠCHT Praha, Ústav technologie vody a prostředí, Technická 5, Dejvice, 166 28 Praha 6

<sup>4</sup>Technická univerzita v Liberci, Oddělení technologie životního prostředí, Studentská 1402/2, 461 17 Liberec

<sup>5</sup>ČEZ, a.s., Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4

\*autor pro korespondenci, email: [krivankova@envi-pur.cz](mailto:krivankova@envi-pur.cz)

## ABSTRAKT

Příspěvek představuje náplň a výsledky projektu „TITOMPO941 Hospodárnější využívání vod v průmyslu a energetice ČR“ v programu BETA2 vyhlášeného a zaštitěného MPO ČR a TA ČR. Projekt je zaměřen na několik oblastí s cílem charakterizace jednotlivých průmyslových odvětví z hlediska nakládání s vodami. Cílem projektu bylo definovat věcná zaměření programů podpory v konkrétních oblastech průmyslové výroby a energetiky, která přispějí k úsporám vody a podpoří odolnost uvedených odvětví vůči výskytům sucha způsobeným změnami klimatu.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Analýza bariér; návrhy opatření; průmyslové vody; úspora vody

## 1. ÚVOD

Na podzim roku 2019 byla v rámci Programu veřejných zakázek v aplikovaném výzkumu a inovacích pro potřeby státní správy BETA2 Technologické agentury ČR vyhlášená výzva „TITOMPO941 Hospodárnější využívání vod v průmyslu a energetice ČR“. Projekt byl realizován v období březen 2020 – únor 2021. Na řešení projektu se podílel tým 12 odborníků z různých oblastí. Jednalo se o odborníky na jednotlivé průmysly (energetický, potravinářský a chemický průmysl), vědečtí pracovníci, hydrologové, odborníci na vodní hospodářství a vodní stavby, další členové se věnovali zpracování dat a jejich analýzám.

Projekt „TITOMPO941 Hospodárnější využívání vod v průmyslu a energetice ČR“ byl zaměřen na několik oblastí s cílem charakterizace jednotlivých průmyslových odvětví z hlediska nakládání s vodami. Prvním cílem byla Analýza struktury průmyslových odvětví dle CZ-NACE kódů a jejich průměrné spotřeby. Analýza technologií, které ovlivňují spotřebu vody a činností ve kterých se odráží suché počasí. Na analýzu navazuje Návrh metodiky (specifikace stávajících výrobních procesů a opatření zaměřených na optimální využití a úsporu vody, včetně snížení průmyslových emisí do vodního prostředí a specifikaci kritérií, která budou využitelná pro budoucí hodnocení projektů zaměřených na úspory vody). Dalším výstupem byla Analýza bariér, které brání podnikatelským subjektům realizovat inovace v oblasti úspory vody (zejména legislativní, technické, finanční, organizační apod.). Nedílnou součástí prací je i Katalog opatření pro úsporu vody v energetice a průmyslu, která jsou již používána, včetně těch, která jsou v ČR a světě zkoumána.

Cílem projektu bylo definovat věcná zaměření programů podpory v konkrétních oblastech průmyslové výroby a energetiky, která přispějí k úsporám vody v průmyslu a energetice a podpoří odolnost uvedených odvětví vůči výskytům sucha způsobeným změnami klimatu.



## 2. ANALÝZA STRUKTURY PRŮMYSLOVÉHO ODVĚTVÍ

Prvním úkolem projektu bylo zpracovat analýzu technologií, které ovlivňují spotřebu vody, a činností, ve kterých se odráží suché počasí. Výstup analyzuje jednotlivá průmyslová odvětví, primárně z hlediska nároků na vodu, popisuje na vodu náročné procesy a akcentuje technická opatření, která mohou přispět ke snížení spotřeby vody v odvětví. Cílem této analýzy bylo nalézt slabá místa a navrhnout opatření, která mohou být učiněna primárně ze strany státu. Tato opatření by měla podpořit snižování závislosti průmyslové výroby na vodě jako vstupní surovině, a tím snížit dopady nedostatku vody na konkurenceschopnost jednotlivých podniků.

V Tab. 1 jsou shrnuty průměrné potřeby vody na subjekt za jednotlivé CZ-NACE z databáze odběrů a vypouštění (ISPOP) a od vodárenských společností. Jsou zde zvýrazněny CZ-NACE mající potřebu vody větší než 500 tis. m<sup>3</sup>/rok. Jedná se o průmysl potravinářský (CZ-NACE 10), výroba papíru a výrobků z papíru (CZ-NACE 17), výroba chemických látek a chemických přípravků (CZ-NACE 20), výroba základních kovů, hutní zpracování kovů, slévárenství (CZ-NACE 24), výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu (CZ-NACE 35).

Spotřeba vody jednotlivých průmyslových odvětví neodpovídá podílu čistého obratu, který v ČR tvoří výroba automobilových vozidel (CZ-NACE 29). Např. pro CZ-NACE 17 Výroba papíru je průměrná spotřeba vody 3 679,2 tis. m<sup>3</sup>/subjekt, jeho čisté zisky v rámci zpracovatelského průmyslu činí pouze 1,8 % [1].

Na analýzu přímo navazují návrhy jednotlivých opatření a analýza jejich absorpční kapacity. Klíčovým neinvestičním nástrojem by pak měl být takzvaný Vodní audit, který by měl umožnit podnikům analyzovat strukturu svého vodního hospodářství, nalézt slabá místa a navrhnout konkrétní kroky k jejich odstranění. Za tímto účelem byla zpracována metodika vodního auditu, která je již veřejně přístupná a současně byl i vypsán dotační program, který umožní podnikům požádat o dotaci v programu Poradenství, která jim zpřístupní expertní vypracování tohoto dokumentu.

## 3. METODIKA VODNÍHO AUDITU

Metodika hodnocení využívání vody na úrovni podniků, tzv. Vodní audit, je určena pro hodnocení vodního hospodářství průmyslových podniků. Definiuje, kdo ji zpracovává, a zpracovateli definuje minimální rozsah hodnocení a strukturu výsledné zprávy. Rovněž popisuje minimální a doporučený rozsah použitých postupů a metod.

Cílem metodiky je pomoci hledat místa úspory vody a snižovat rizika ohrožení podniků nedostatkem kvalitní vody. Navržená opatření v definovaných oblastech by měla být reálná a zpracovatel by měl být odborně kvalifikovaný k tvorbě jejich návrhů.

Metodika je detailněji popsána v samostatném příspěvku „Metodika Vodního auditu a představení katalogu technologií“.

**Tab. 1:** Průměrná roční spotřeba na subjekt z databáze odběrů ISPOP a vypouštění a vodárenské společnosti.

CZ-NACE	průměr na subjekt ISPOP tis. m <sup>3</sup> /subjekt	průměr vodárenské spol. tis. m <sup>3</sup> /subjekt
10 Výroba potravinářských výrobků	<b>562,2</b>	77
11 Výroba nápojů	67	8,7
13 Výroba textilií	255,1	12,5
14 Výroba oděvů	272	4,2
15 Výroba usní a souvisejících výrobků	13,2	0,016
16 Zpracování dřeva	77,3	1,3
17 Výroba papíru a výrobků z papíru	<b>3 679,2</b>	143,4
18 Tisk a rozmnožování nahraných nosičů	31,3	4,1
19 Výroba koksu a rafinovaných ropných produktů	503,6	25,2
20 Výroba chemických látek a chemických přípravků	<b>5 910,5</b>	57,4
21 Výroba zákl. farmaceutických výrobků a farmaceutických přípravků	452,6	0,9
22 Výroba pryžových a plastových výrobků	64,2	24,5
23 Výroba ostatních nekovových minerálních výrobků	379,9	49,7
24 Výroba základních kovů, hutní zpracování kovů; slévárství	<b>2 661,6</b>	65
25 Výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků	266,9	32,1
26 Výroba počítačů, elektronických a optických přístrojů a zařízení	-	12,9
27 Výroba elektrických zařízení	254,9	32,45
28 Výroba strojů a zařízení j. n.	104,4	35,1
29 Výroba motorových vozidel	109,1	26,1
30 Výroba ostatních dopravních prostředků a zařízení	62,1	13,2
31 Výroba nábytku	-	0,6
32 Ostatní zpracovatelský průmysl	20,6	4,1
33 Opravy a instalace strojů a zařízení	-	3,1
35 Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu	<b>9 714</b>	124,1

#### 4. KATALOG OPATŘENÍ PRO ÚSPORU VODY

Pro zpracování vodního auditu, ale i k dalšímu širokému využití, je připraven tzv. Katalog technologií, které snižují spotřebu vody, například recyklací, a opatření, která rovněž mohou být aplikována s cílem snížit nároky výrobního procesu na vodu. Namísto textového dokumentu byl tento katalog zpracován





do podoby webové stránky s možností filtrování a vyhledávání. Katalog je veřejně přístupný na stránce: <http://recyklace-voda.vscht.cz/>.

## 5. ANALÝZA BARIÉR

Dalším výstupem byla analýza bariér, které brání podnikatelským subjektům realizovat inovace v oblasti úspory vody (zejména legislativní, technické, finanční, organizační apod.). Popis bariér není konečný výčet všech možných bariér, postihuje především ty nejvýznamnější. Cílem dokumentu bylo postihnout ty nejvýznamnější bariéry, které brání realizaci inovativních projektů a zlepšování hospodaření s vodou v průmyslových podnicích. Kromě popisu jednotlivých bariér byly nastíněny možnosti pro jejich odstranění a zmíněna specifika vybraných oborů ve vztahu ke konkrétním bariérám. U některých bariér jsou možnosti jejich překonávání velmi omezené. Naproti tomu lze v některých oblastech předpokládat účinné snížení výše bariéry pro inovace ve vodním hospodářství pomocí aktivní politiky ze strany státu.

Nejvýznamnějšími bariérami jsou:

- Dlouhá návratnost investic do vodohospodářské infrastruktury, nízká cena vody.
- Neexistující nebo naopak příliš složitá legislativa, případně nesmyslné legislativní požadavky v oblasti vodního hospodářství.
- Nedostatečná dotační podpora inovativních projektů, obavy z dotačního způsobu financování a složitá administrace dotací, zejména pro malé a střední podniky.
- Délka a složitost stavebního řízení.
- Nedostatek dat na straně státu i průmyslových podniků.
- Nedostatečné lidské zdroje.
- Konzervativnost a nízká úroveň společenské zodpovědnosti.

Efektivními nástroji k jejich eliminaci by pak mělo být:

- Zkrácení návratnosti projektů aktivní dotační politikou cílenou do vodního hospodářství podniků s důrazem na efektivní a inovativní technologie.
- Daňové zvýhodnění podniků zavádějící technologie pro snížení spotřeby vody.
- Povinná úspora vody v případě investičních akcí státních podniků, nebo v případě veřejných zakázek.
- Zkrácení/zjednodušení stavebního řízení.
- Zavedení legislativy pro recyklaci vody.
- Zefektivnění a zjednodušení legislativy v oblasti vodního hospodářství.
- Povinný reporting, respektive jeho rozšíření.
- Vodní audity.
- Propagace inovací a společenské zodpovědnosti dobrými příklady z průmyslové praxe, například jako podmínka přidělení investiční podpory.

## 6. NÁVRH OPATŘENÍ NA PODPORU ČINNOSTÍ ZAMĚŘENÝCH NA ÚSPORY VODY V PRŮMYSLU A ENERGETICE

Cílem bylo definovat návrhy opatření ze strany státu pro zlepšení hospodaření s vodou na úrovni podniků. Primárním smyslem dokumentu bylo navrhnout opatření, která mohou být aplikována pomocí Operačního programu Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost v gesci Ministerstva průmyslu a obchodu ČR (OP TAK).





Navrhovaná opatření vycházejí primárně z analýzy bariér. Právě nejvýznamnější bariéry by měly být navrhovanými opatřeními odstraňovány, nebo alespoň by jejich odstranění mělo být značně usnadněno.

Bylo zpracováno několik návrhů opatření:

#### Opatření charakteru znovuvyužívání vod

Jedná se o opatření, která k úspoře využívají principy recyklace, nebo alternativních zdrojů vody. Jedná se buď o znovuvyužití málo znečištěných proudů, znovuvyužití proudů znečištěných po kvalitativní úpravě, vícenásobné využití již využívaných vod a využití již sbíraných vod, které byly doposud bez užitku vypouštěny, například vod srážkových.

#### Úsporné a bezvodé technologie

Další významnou oblastí, která může přinášet úspory vody v průmyslu, je přímé snižování její spotřeby ve výrobě a výrobních technologiích. Primárně se jedná o zavedení technologií, nebo postupů, které jsou v porovnání s těmi současnými méně náročné na vodu. Protože oblast průmyslu zahrnuje velmi širokou a pestrou škálu činností a technologií, je i okruh úsporných technologií velmi široký, a to i v případě jeho zúžení na jednotlivé CZ-NACE kódy. Oproti předchozí oblasti recyklace vod je tak prakticky nemožné vyjmenovat konkrétní technologie obecně aplikovatelné v celém průmyslu a energetice. Definovat konečný okruh použitelných technologií ani není žádoucí, protože tím by byla ztížena dostupnost inovací do průmyslové praxe. Jako lepší způsob se jeví definování úsporných technologií podle účelu, a hlavně dosažené úspory.

#### Identifikace a snižování ztrát vody

Pokud je cílem dosáhnout snížení spotřeby vody v průmyslu nesmí být opomenuta ani oblast snižování ztrát vody. Protože vodohospodářská infrastruktura je často poměrně rozsáhlá a mnohdy uložená tak, že ji lze jen s obtížemi pravidelně a přímo kontrolovat, dochází k poruchám, jejichž důsledkem jsou ztráty vody. Ztráty vody při její výrobě, akumulaci a distribuci nejsou zcela neobvyklým jevem a potýká se s nimi jak průmyslová, tak i komunální sféra. V komunální oblasti došlo za poslední dvě dekády k velkému posunu ve snižování ztrát vody a s technologickým pokrokem tento proces dále pokračuje [2]. I v průmyslu je snižování ztrát cestou ke zlepšení hospodárnosti nakládání s vodou. Ke ztrátám nemusí docházet pouze ve vlastní distribuční síti, ale i v jednotlivých technologických uzlech vlastní výroby. Pro identifikaci a lokalizaci ztrát, a to ať v síti, nebo třeba přímo ve výrobních jednotkách, je klíčový monitoring a interpretace dat z něj.

#### Legislativa a administrace

V některých případech brání lepšímu hospodaření s vodou současná legislativa. Její lepší nastavení by odstranilo překážky, které brání aplikaci na vodu šetrnějších postupů.

V ČR je nyní velmi slabý právní rámec upravující využití recyklovaných vod obecně. Bylo by vhodné definovat podmínky pro tuto činnost co nejdříve, aby nehrozilo zmaření investic do recyklačních projektů v důsledku budoucích změn, nebo různých výkladů práva různými institucemi. Nejedná se pouze o šedé vody, ale i o recyklaci, nebo další využití vyčištěných splaškových vod a různých technologických proudů.



Chybí podpora (např. osvobození od poplatků) pro využití residuálně kontaminovaných podzemní vod pro úpravu na technologickou vodu.

Nejnáročnějším odvětvím na spotřebu vody je energetika, primárně pak velké elektrárny. Za zvážení stojí podpora investičních projektů v energetice, která by byla zde výjimečně zaměřena i na velké podniky. Potenciál k úsporám je v energetice zdaleka největší. Výraznému snížení spotřeby vody v energetice brání i současný přístup ke stanovení požadavků na kvalitu vypouštěných vod. Existence koncentračních limitů při zachování bilančních limitů pro vypouštění do vodoteče brání zavádění chladících okruhů, chemické úpravy cirkulační vody, nebo provozu chladících okruhů s vyšším zahuštěním tj. vyšší koncentrací rozpuštěných i nerozpuštěných látek, které by ovlivňovali kvalitu vypouštěných odpadních vod (odluh z chladících okruhů tvoří podstatnou část odpadní vody).

### Poradenství

Zvláště pro malé a střední podniky může být odborné poradenství hůře dostupné. Z absence odbornosti při provozování své vodohospodářské infrastruktury pak plynou různé nedostatky, které se v konečném důsledku mohou projevit jako neefektivita a plýtvání vodou. Podniky, které odbornosti v této oblasti nevěnují dostatečnou péči, nebo jejichž priority leží jinde, často ani nemají povědomí o možnostech úspor nebo inovací.

Program poradenství povede k přípravě projektů a uvědomění si nedostatků a potenciálu ke zlepšení na straně podniků a podpoří realizaci investičních projektů a také čerpání investičních dotací v budoucnu.

Výrazné zlepšení hospodaření s vodou by mohlo přinést také rozšíření dotačních výzev i na obchod a služby. Provozovny těchto ekonomických činností často disponují velkou plochou střech a mají velký potenciál pro využití srážkových vod. Ani na straně spotřeby vody nemusí obchod a služby za průmyslem a energetikou zaostávat, a i ve službách lze dosahovat značných úspor vody. Snížení spotřeby vody v sektorech obchodu a služeb přispěje k celkovému snížení spotřeby vody, která tak zůstane k dispozici dalším odvětvím.

## **7. UPLATNĚNÍ VÝSLEDKŮ**

Výsledek projektu Hodnocení využívání vody na úrovni podniků, tzv. Vodní audit, je podpořeno v rámci 2. výzvy programu Poradenství Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost [3]. V rámci dané výzvy mají malé a střední podniky možnost nákupu poradenských služeb na zpracování Vodního auditu podle dané metodiky.

Další výstupy projektu bude MPO využívat pro nastavení podpory investičních projektů v průmyslu ČR pro snižování spotřeby vody v rámci Operačního programu Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost (OP TAK) [4].

## **8. ZÁVĚRY**

Během řešení projektu byly diskutovány některé bariéry či omezení, která brání podnikům v lepším hospodaření s vodou. Klíčové/důležité kroky, které je potřeba učinit pro lepší hospodaření s vodou jsou zmíněny v následujících bodech:



### Podpora ze strany státu:

Stát by měl podporovat průmyslové podniky v úsporách vody cílenými dotačními programy, eventuálně daňovým zvýhodněním, obdobně jako v případě jiných strategických investic, například do inovací, nebo průmyslu 4.0. Tyto programy by měly být zaměřeny nejen na malé a střední podniky, ale i na velké, které jsou významným odběrateli vody, případně na energetiku.

Současně by mělo být cílem zvýšení úrovně celospolečenské odpovědnosti v hospodaření s vodou s ohledem na možné prohlubující se periody sucha. Toto by mělo být vztaženo i na služby a obchod, kde je poměrně velký potenciál na úsporu či recyklaci vody.

### Povinný reporting, respektive jeho rozšíření:

Stát nemá dostatečná data o potřebě vody od průmyslových podniků. Při nedostatečném množství dat nelze predikovat vývoj a navrhovat potřebná opatření. Proto by měl stát systematicky a s vyšší četností sbírat data o hospodaření s vodou od jednotlivých podniků. Data by byla využita pro lepší cílení konkrétní politiky při přípravě opatření pro zlepšení hospodaření s vodou v průmyslu. Současně by reporting i zlepšil vlastní povědomí podniků o jejich vodním hospodářství a tím je motivoval k jeho zlepšování. Inspirací může být povinnost online monitoringu spalín ve spalovnách odpadu dle Zákona o ovzduší.

### Legislativa pro recyklaci vody:

V současné době je legislativní ukotvení recyklace vod velmi chatrné. Bylo by vhodné definovat podmínky pro recyklaci a využití vod.

### Propagace inovací a společenské zodpovědnosti dobrými příklady z průmyslové praxe:

V mnoha oborech panuje všeobecná neochota ke změně zaběhnutých řešení ve vodním hospodářství. Investoři většinou chtějí, aby navrhované řešení bylo již mnohokrát předtím použito a oni nebyli ti „první“. Velkou roli hraje ověřování si informací u podobných aplikací ve stejném oboru, čímž se bludný kruh konzervativnosti uzavírá. Propagací inovací a názorných příkladů ze strany průmyslových podniků, kdy po zavedení opatření či inovací ve vodním hospodářství došlo ke snížení spotřeby vody, by bylo motivací pro další průmyslové podniky.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Projekt TITOMPO941 Hospodárnější užívání vod v průmyslu a energetice ČR byl financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2, konečným uživatelem je Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR.

## **LITERATURA**

[1] <https://www.czso.cz/csu/czso/ekonomicke-vysledky-prumyslu-cr-2018>, Tab. 21

[2] Wanner F., SOVAK CR, Česko-dánské dny vody 2019, Mladá Boleslav, 19. 3. 2019.

[3] <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/vyzvy-op-pik-2021/poradenstvi--vyzva-ii--poradenske-sluzby-pro-msp--259468/>

[4] <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/optak-2021-2027/>



## STRUKTURA SPOTŘEBY VODY V PRŮMYSLU

Procházková L. \*<sup>1</sup>, Procházka J.<sup>1</sup>, Křivánková J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ČEVAK a.s., Severní 2264/8, České Budějovice

<sup>2</sup> ENVI-PUR, s.r.o., Na Vlčovce 13/4. 160 00 Praha 6 – Dejvice

\*autor pro korespondenci, email: lenka.prochazkova@cevak.cz

### ABSTRAKT

Voda je pro průmysl nezbytnou surovinou. Její spotřeba v čase neustále klesá, v roce 2018 spotřeba klesla zhruba na 30 % stavu v roce 1980. Co se týče průmyslových odvětví, absolutně nejvyšší spotřebu vody má energetika. Z odvětví zpracovatelského průmyslu dominuje chemický průmysl, následovaný papírenstvím, hutnictvím a potravinářstvím.

### KLÍČOVÁ SLOVA

Průmysl; spotřeba; voda; 2018

### 1. ÚVOD

Voda je nejen naprosto klíčovou sloučeninou pro život na Zemi, ale také naprosto zásadní surovinou pro významnou část průmyslové výroby. Často je dominantní součástí vznikajícího produktu, klíčovými médii pro dopravu tepla, či surovin, nebo základním elementem pro zajištění kvality a čistoty výsledného produktu. Bez dostatku kvalitní vody nelze udržet současnou úroveň lidské společnosti, která je umožněna právě pokročilostí průmyslové výroby.

Jednou ze součástí projektu TITOMPO941 Hospodárnější užívání vod v průmyslu a energetice ČR byla i analýza spotřeby vody podle jednotlivých průmyslových odvětví. Hodnocena byla pouze odvětví zpracovatelského průmyslu a energetika, tedy podle CZ-NACE kódů 10–33 a 35 (Český statistický úřad, 2007). Zjišťovány byly odběry povrchových vod, podzemních vod, důlních vod i vod z veřejných vodovodů. Hodnoceným obdobím byl rok 2018.

### 2. METODIKA

Data o odběrech podzemních a povrchových vod byla získána na základě dat dodávaných podnikům povodí prostřednictvím Integrovaného systému plnění ohlašovacích povinností (ISPOP), který spravuje Česká informační agentura životního prostředí (CENIA). V hodnoceném období se předávala data o odběrech vyšších než 500 m<sup>3</sup>/měsíc nebo 6 000 m<sup>3</sup>/rok. U těchto dat je k dispozici rovněž údaj o způsobu využití odebrané vody, tedy zda a případně jaké množství bylo využito k průtočnému chlazení, k cirkulačnímu chlazení, pro závlahy, pro živočišnou výrobu, pro průmyslovou technologii, pro veřejnou spotřebu a pro ostatní účely.

Data o odběrech vod z veřejných vodovodů byla získána od provozovatelů vodovodů a kanalizací. Vodárenské společnosti, které data poskytly, celkem v roce 2018 fakturovaly jiným odběratelům než domácnostem 37 480 tis. m<sup>3</sup> vody (SOVAK, 2019a). Celkově bylo v České republice fakturováno mimo domácnosti 162 660 tis. m<sup>3</sup> vody (Český statistický úřad, 2019). Přehled tak pokrývá 23 % celorepublikových odběrů vody fakturovaných mimo domácnosti. Celorepublikové hodnoty odběrů vody byly vypočteny prostou extrapolací získaných hodnot.

Odběry vody jednotlivých odběratelů byly přiřazeny k průmyslovým odvětvím podle hlavního oboru ekonomické činnosti odběratele v Registru ekonomických subjektů.

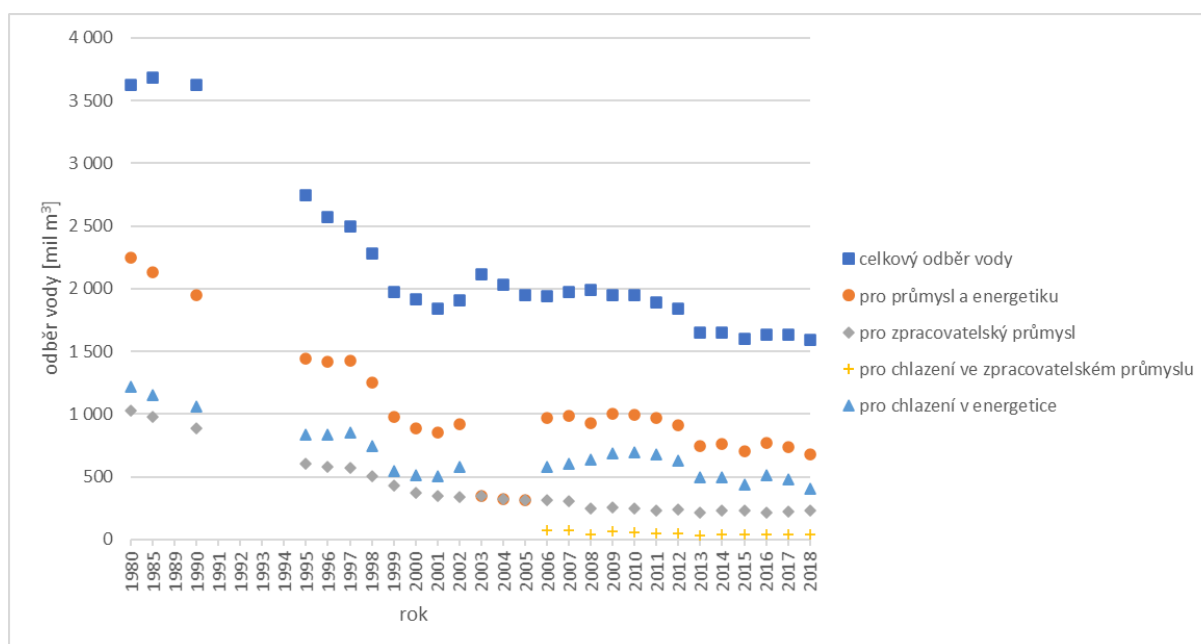
Získaná data jsou zatížena chybami:



- zařazení subjektu do průmyslového odvětví je vždy podle hlavní ekonomické činnosti subjektu. Pokud podnik vyrábí ve více odvětvích, veškerá spotřeba vody je přiřazena ekonomicky nejvýznamnějšímu odvětví. Naopak žádná spotřeba vody podniků, které mají hlavní činnost jinou než NACE 10–33 a 35, ale průmyslové činnosti se věnují také, není do statistik započítána.
- chybí data o odběrech z vlastních podzemních či povrchových zdrojů nižších než 500 m<sup>3</sup>/měsíc nebo 6 000 m<sup>3</sup>/rok
- chybí data o vodě převzaté z jiných než veřejných vodovodů
- extrapolace dat od vodárenských společností nebere v úvahu nerovnoměrnost geografického rozmístění jednotlivých průmyslových odvětví v rámci ČR

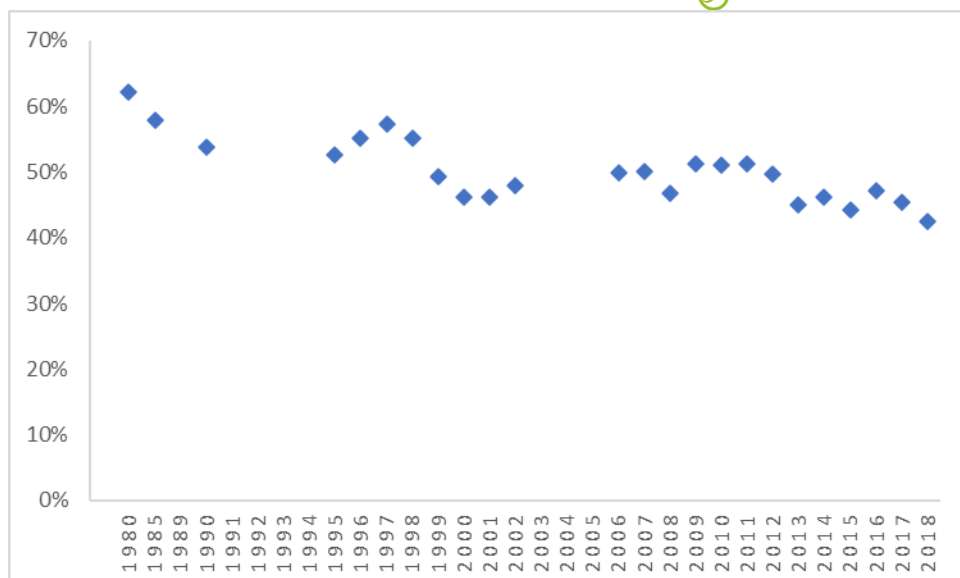
### 3. SPOTŘEBA VODY VE ZPRACOVATELSKÉM PRŮMYSLU A ENERGETICE

Z dlouhodobých statistik je patrné, že spotřeba vody v průmyslu neustále mírně klesá. Zatímco v roce 1980 bylo pro účely zpracovatelského průmyslu a chlazení v energetice odebráno celkem 2 248 mil m<sup>3</sup> povrchové a podzemní vody (Eurostat, 2021), v roce 2018 jen 675 mil m<sup>3</sup>, což je zhruba 30 % stavu v roce 1980. Časový vývoj odběrů vod pro sledovaná odvětví udává obrázek 1. Jediné významné narušení trendu klesající celkové spotřeby bylo zaznamenáno mezi lety 2002-2004, což může mít souvislost se spuštěním Jaderné elektrárny Temelín.



**Obr. 1.** Časový vývoj spotřeby vody pro průmysl a energetiku (Eurostat, 2021)

Zároveň také klesá podíl odběrů pro zpracovatelský průmysl a energetiku na celkových odběrech povrchové a podzemní vody (obrázek 2).



**Obr. 2.** Podíl zpracovatelského průmyslu a energetiky na celkovém odběru povrchových a podzemních vod v jednotlivých letech (Eurostat, 2021)

Dle námi použité metodiky, umožňující rozlišení jednotlivých průmyslových odvětví, odebraly průmyslové podniky v roce 2018 celkem necelých 891 milionů m<sup>3</sup> vody. Z toho téměř polovina, 421 milionů m<sup>3</sup>, byla použita pro průtočné chlazení v energetice. Dalších téměř 175 milionů m<sup>3</sup>, tedy 20 % celkové spotřeby vody, bylo použito pro cirkulační chlazení.

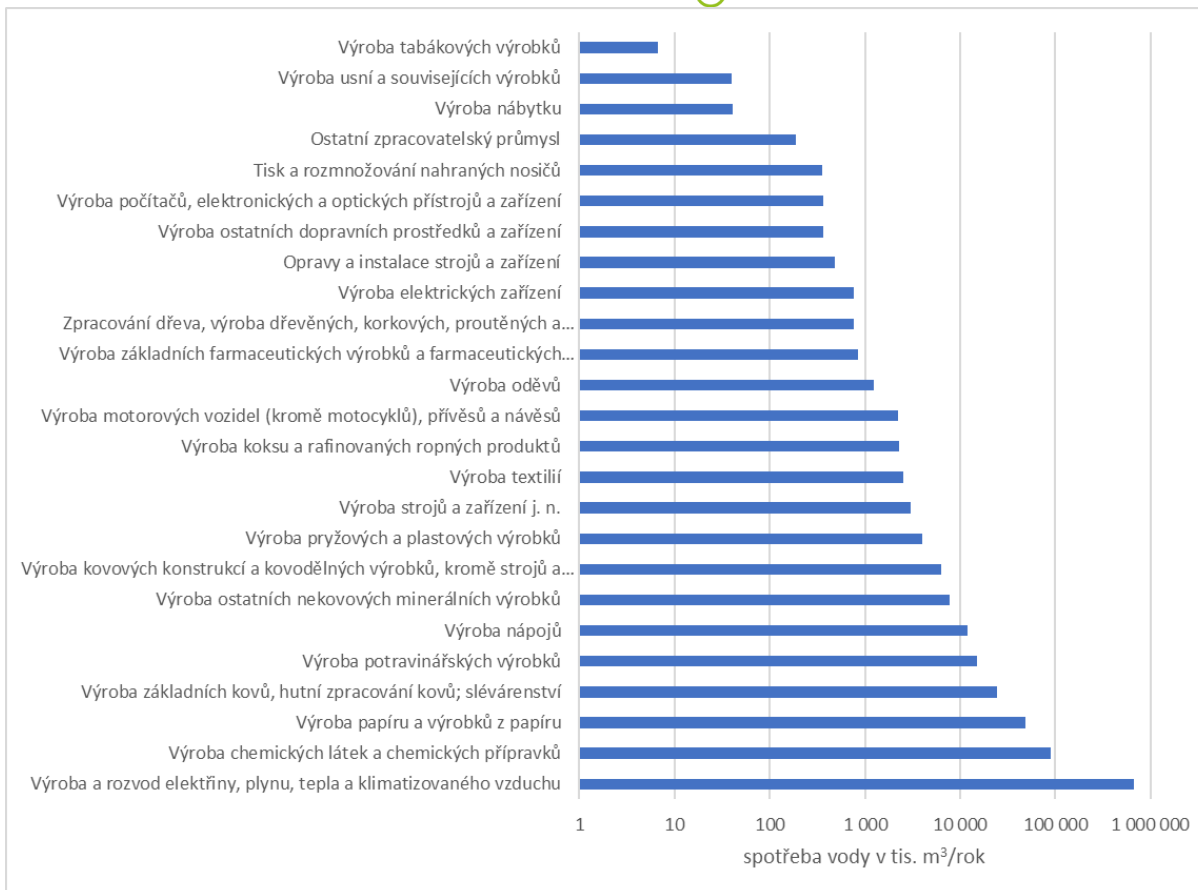
Rozložení odběrů vody různých zdrojů (povrchová, podzemní voda a veřejné vodovody) napříč průmyslovými odvětvími znázorňuje tabulka 1 a obrázek 3.

Odvětvím absolutně nejnáročnějším je energetika, která v roce 2018 spotřebovala téměř 75 % vody ze všech druhů odběrů. Absolutně dominovala v odběrech vod povrchových (téměř 80 % vody z daného typu zdroje), podzemních (téměř 28 %) i vod z veřejných vodovodů (téměř 26 %). Z odvětví zpracovatelského průmyslu je na spotřebu vody nejnáročnější chemický průmysl (celkem 10 % vody), následovaný papírenstvím (5,5 %), hutnictvím (2,8 %) a potravinářským průmyslem (celkem 3 %). Na spotřebě vody v chemickém průmyslu se významně podílelo průtočné chlazení se spotřebou vody téměř 32 milionů m<sup>3</sup>, což jsou 4 % celkové spotřeby vody v průmyslu a energetice. Oproti tomu v hutnictví výrazně dominuje spotřeba vody pro uzavřené chladicí okruhy, celkem 15,4 mil. m<sup>3</sup> vody, což odpovídá 2 % celkové spotřeby vody v průmyslu a energetice.

Co se týče odběrů podzemní vody, kromě energetiky se výrazně uplatňuje pouze ve výrobě nápojů a potravin (22 a 15 % množství vody z podzemních zdrojů), výrobě nekovových minerálních výrobků (8,5 %) a chemickém průmyslu (5,2 %).

Co se týče odběrů vody z veřejných vodovodů, kromě energetiky je dominantním odběratelem potravinářský průmysl (18,6 % vody z veřejných vodovodů výroba potravin, 5,2 % výroba nápojů). Významným odběratelem je i výroba kovářských výrobků a plastů (7,6, resp. 7,3 %) a chemický průmysl (6,8 %). Více než 5 % všech odběrů z veřejných vodovodů zaujímá i výroba nekovových výrobků, hutnictví a výroba strojů.

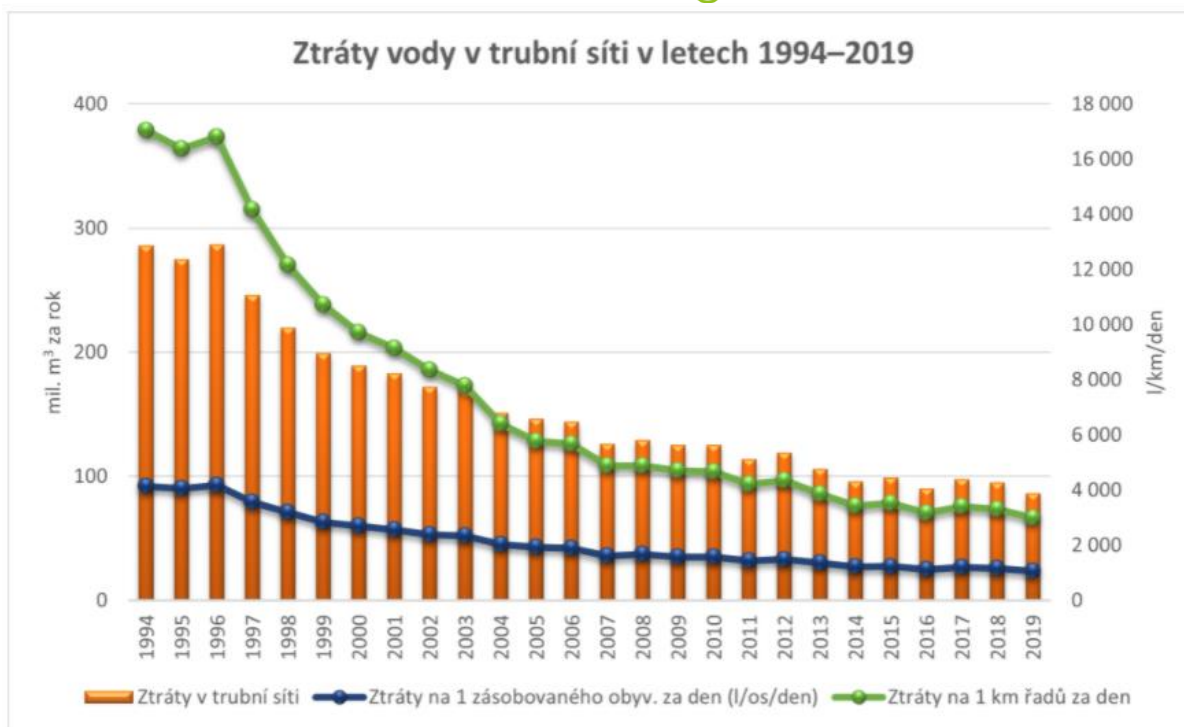




**Obr. 3.** Celkový odběr vody v jednotlivých průmyslových odvětvích

Zajímavým parametrem je efektivita využití vody, tedy hodnota produkce (zde objem výroby v tis. Kč dle dat Českého statistického úřadu (2019)) vztažená na jednotkovou spotřebu vody v daném odvětví. Nejvyšší efektivitu mají odvětví nenáročná na spotřebu vody. Nejvyšší efektivitu má výroba nábytku, kdy každý spotřebovaný m<sup>3</sup> vody umožní výrobu zboží v hodnotě 1 157 tis. Kč. Vysokou efektivitu má i výroba počítačů a dalších přístrojů, automobilový průmysl a výroba elektrických zařízení. Naopak v energetice 1 m<sup>3</sup> vody vytvoří produkt v hodnotě 220 Kč (tabulka 2).

Provedený průzkum se nezabýval příčinami pozorovaných fenoménů. Přesto jsme se pokusili nalézt určité paralely a vysvětlení: Vzhledem k tomu, že objem průmyslové výroby dlouhodobě nestagnuje, lze klesající spotřebu vody vysvětlit převážně postupně se zlepšující efektivitou jejího využití. To může být dáno jednak změnou struktury průmyslu, lepšími technologiemi, lepší provozní kázní, ale i snižováním ztrát vody ve vodohospodářské infrastruktuře. Protože například v komunální sféře je snižování ztrát vody v trubní síti významným faktorem ovlivňujícím celkové odebrané množství vody, lze předpokládat, že i v průmyslu bude tento trend patrný. Při porovnání vývoje ztrát v komunální sféře (obrázek 4) a spotřeby vody v průmyslu (obrázek 1) je zřejmé, že například během posledního desetiletí minulého tisíciletí byly ztráty vody v komunální oblasti sníženy zhruba na polovinu (SOVAK, 2019b). Ve stejném období byl rovněž zaznamenán dramatický pokles spotřeby vody průmyslem a právě omezení ztrát vody se jeví jako možné vysvětlení snížení spotřeby vody.



**Obr. 4.** Vývoj ztrát vody v trubní síti v ČR. Převzato od SOVAK ČR.

Dalším významným faktorem může být i cena vody (vodné a stočné dohromady), která vzrostla mezi lety 1994 a 2019 o 527 %, zatímco spotřebitelské ceny vzrostly ve stejném období jen o 423 % (Hospodka, 2021). Tedy i vyšší motivace snižovat náklady na výrobu právě úsporami ve vodním hospodářství mohla být určitou hnací silou pozorovaného trendu.




**Tab. 1.** Spotřeba vody z různých zdrojů pro jednotlivá průmyslová odvětví v roce 2018.

CZ-NACE	PODZEMNÍ VODA		POVRCHOVÁ VODA		VODOVOD		CELKEM		
	tis m <sup>3</sup>		tis m <sup>3</sup>		tis m <sup>3</sup>		tis m <sup>3</sup>		
<b>10</b>	Výroba potravinářských výrobků	5 113,20	15,0%	960,09	0,1%	9 009,80	18,6%	15 083,08	1,7%
<b>11</b>	Výroba nápojů	7 519,92	22,1%	1 900,08	0,2%	2 497,37	5,2%	11 917,37	1,3%
<b>12</b>	Výroba tabákových výrobků	6,70	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	6,70	0,0%
<b>13</b>	Výroba textilií	1 148,97	3,4%	1 250,02	0,2%	141,99	0,3%	2 540,98	0,3%
<b>14</b>	Výroba oděvů	754,80	2,2%	261,74	0,0%	233,93	0,5%	1 250,47	0,1%
<b>15</b>	Výroba usní a souvisejících výrobků	10,35	0,0%	29,33	0,0%	0,07	0,0%	39,74	0,0%
<b>16</b>	Zpracování dřeva, výroba dřevěných, korkových, proutěných a slaměných výrobků, kromě nábytku	297,53	0,9%	354,01	0,0%	111,09	0,2%	762,63	0,1%
<b>17</b>	Výroba papíru a výrobků z papíru	303,53	0,9%	47 414,26	5,9%	1 326,09	2,7%	49 043,88	5,5%
<b>18</b>	Tisk a rozmnožování nahaných nosičů	15,04	0,0%	47,60	0,0%	292,18	0,6%	354,82	0,0%
<b>19</b>	Výroba koksu a rafinovaných ropných produktů	942,48	2,8%	1 243,60	0,2%	123,49	0,3%	2 309,57	0,3%
<b>20</b>	Výroba chemických látek a chemických přípravků	1 784,79	5,2%	84 766,30	10,5%	3 278,30	6,8%	89 829,39	10,1%
<b>21</b>	Výroba základních farmaceutických výrobků a farmaceutických přípravků	550,75	1,6%	283,49	0,0%	12,47	0,0%	846,71	0,1%
<b>22</b>	Výroba pryžových a plastových výrobků	274,23	0,8%	163,95	0,0%	3 507,70	7,3%	3 945,88	0,4%



<b>23</b>	Výroba ostatních nekovových minerálních výrobků	2 891,61	8,5%	1 785,31	0,2%	2 989,46	6,2%	7 666,38	0,9%
<b>24</b>	Výroba základních kovů, hutní zpracování kovů; slévárenství	708,85	2,1%	21 126,78	2,6%	2 784,66	5,8%	24 620,29	2,8%
<b>25</b>	Výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků, kromě strojů a zařízení	1 473,41	4,3%	1 244,43	0,2%	3 658,38	7,6%	6 376,22	0,7%
<b>26</b>	Výroba počítačů, elektronických a optických přístrojů a zařízení	10,28	0,0%	-	0,0%	350,27	0,7%	360,54	0,0%
<b>27</b>	Výroba elektrických zařízení	289,11	0,8%	32,63	0,0%	432,43	0,9%	754,16	0,1%
<b>28</b>	Výroba strojů a zařízení j. n.	230,75	0,7%	176,81	0,0%	2 584,32	5,3%	2 991,88	0,3%
<b>29</b>	Výroba motorových vozidel (kromě motocyklů), přívesů a návěsů	271,98	0,8%	288,44	0,0%	1 647,63	3,4%	2 208,05	0,2%
<b>30</b>	Výroba ostatních dopravních prostředků a zařízení	49,63	0,1%	37,48	0,0%	281,37	0,6%	368,48	0,0%
<b>31</b>	Výroba nábytku	-	0,0%	-	0,0%	40,55	0,1%	40,55	0,0%
<b>32</b>	Ostatní zpracovatelský průmysl	11,86	0,0%	8,97	0,0%	167,29	0,3%	188,11	0,0%
<b>33</b>	Opravy a instalace strojů a zařízení	-	0,0%	-	0,0%	485,64	1,0%	485,64	0,1%
<b>35</b>	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu	9 428,86	27,7%	645 142,28	79,8%	12 362,83	25,6%	666 933,97	74,9%

**Tab. 2.** Podíl objemu výroby a celkové spotřeby vody pro jednotlivá průmyslová odvětví v roce 2018.

Odvětví		Objem výroby / spotřeba vody [tis Kč/m <sup>3</sup> ]
10	Výroba potravinářských výrobků	12,9
11	Výroba nápojů	4,8
13	Výroba textilií	12,4
14	Výroba oděvů	3,8
15	Výroba usní a souvisejících výrobků	31,8
16	Zpracování dřeva, výroba dřevěných, korkových, proutěných a slaměných výrobků, kromě nábytku	55,6
17	Výroba papíru a výrobků z papíru	0,77
18	Tisk a rozmnožování nahaných nosičů	69,4
20	Výroba chemických látek a chemických přípravků	0,81
21	Výroba základních farmaceutických výrobků a farmaceutických přípravků	24,2
22	Výroba pryžových a plastových výrobků	54,7
23	Výroba ostatních nekovových minerálních výrobků	11,2
24	Výroba základních kovů, hutní zpracování kovů; slévárství	5,5
25	Výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků, kromě strojů a zařízení	38,0
26	Výroba počítačů, elektronických a optických přístrojů a zařízení	446,0
27	Výroba elektrických zařízení	279,2
28	Výroba strojů a zařízení j. n.	80,0
29	Výroba motorových vozidel (kromě motocyklů), přívěsů a návěsů	358,8
30	Výroba ostatních dopravních prostředků a zařízení	121,6
31	Výroba nábytku	1157,6
32	Ostatní zpracovatelský průmysl	133,1
33	Opravy a instalace strojů a zařízení	181,3
35	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu	0,22

## ZÁVĚR

Z provedeného průzkumu vyplývá, že dlouhodobě v ČR klesá objem spotřebované vody, respektive stoupá efektivita využití vody průmyslem. Z velké části to lze přičíst zlepšení hospodaření, technologickému pokroku a snižování ztrát vody, což je trend pozorovatelný i v komunální sféře. Z hlediska odvětví nejnáročnějších na vodu tradičně dominují energetika, chemický průmysl a papírenství. Efektivita objemu výroby vztažená na spotřebu vody má v podstatě inverzní průběh k celkové spotřebě vody a odvětví s nejvyšší spotřebou vody tak vykazují nejmenší efektivitu.



## PODĚKOVÁNÍ

Data pro příspěvek byla získána v rámci projektu TITOMPO941 Hospodárnější užívání vod v průmyslu a energetice ČR.

## LITERATURA

Český statistický úřad (2007): Klasifikace ekonomických činností, online:

[https://www.czso.cz/csu/czso/klasifikace\\_ekonomickych\\_cinnosti\\_cz\\_nace](https://www.czso.cz/csu/czso/klasifikace_ekonomickych_cinnosti_cz_nace) , 13. 10. 2021

Český statistický úřad: Vodovody, kanalizace a vodní toky – 2018 (2019), dostupné online:

<https://www.czso.cz/documents/10180/91605333/2800211904.pdf/ea820700-893e-480c-946f-6e31cefd61fb?version=1.0>

Český statistický úřad (2019): Výroba vybraných výrobků v průmyslu – 2018, online:

<https://www.czso.cz/csu/czso/vyroba-vybranych-vyrobku-v-prumyslu-2018> , 13. 10. 2021

Eurostat (2021): Annual freshwater abstraction by source and sector, online:

[https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV\\_WAT\\_ABS\\_custom\\_1409393/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WAT_ABS_custom_1409393/default/table?lang=en) , 13. 10. 2021

Hospodka R., (2021) Vodné a stočné v ČR, Vodní hospodářství, online:

<https://vodnihospodarstvi.cz/vodne-a%E2%80%AFstocne-v-cr/>

Ministerstvo zemědělství (2020): Evidence odběrů povrchových a podzemních vod, vypouštění odpadních a důlních vod 2018, online:

[http://eagri.cz/public/app/vodev/odbery\\_vypousteni/oav.aspx](http://eagri.cz/public/app/vodev/odbery_vypousteni/oav.aspx) , 1. 4. 2020

SOVAK ČR a: Ročenka 2019, nakladatelství Silva, 2019

SOVAK ČR b: Ztráty vody v České republice, SOVAK ČR, online: <https://www.sovak.cz/cs/clanek/zraty-vody-v-ceske-republice> , 15. 10. 2021



# METODIKA VODNÍHO AUDITU A PŘEDSTAVENÍ KATALOGU TECHNOLOGIÍ

Procházka J.<sup>1</sup> \*, Procházková L.<sup>1</sup>, Dolejš P.<sup>3</sup>, Křivánková J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ČEVAK a.s., Severní 2264/8, České Budějovice

<sup>2</sup> ENVI-PUR, s.r.o., Na Vlčovce 13/4. 160 00 Praha 6 – Dejvice

<sup>3</sup>VŠCHT Praha, Ústav technologie vody a prostředí, Technická 5, Dejvice, 166 28 Praha 6

\*autor pro korespondenci, email: jindrich.prochazka@cevak.cz

## ABSTRAKT

Vodní audit, jehož zhotovení je nyní dotačně podporováno, je komplexní zhodnocení vodního hospodářství průmyslového podniku. Metodika postupuje od popisu současného stavu s důrazem na odhalení rizikových faktorů, přes návrhy opatření, až po vyhodnocení jejich efektivity, a to i ekonomické. Vodní audit posuzuje jak stránku čistých či procesních vod, tak i oblast vod odpadních, problematiku distribuční sítě, ohrožení podniku nedostatkem vody, ale i oblast administrativní. Katalog technologií je podpůrný dokument Metodiky Vodního auditu. V online podobě slouží k lepší orientaci laiků i odborníků v technických řešeních pro recyklaci a úsporu vody.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Vodní audit, metodika, vodní hospodářství

### 1. ÚVOD

V minulých letech jsme zažívali výjimečně suchou periodu. Tato zkušenost přivádí do popředí veřejného, ale i odborného zájmu otázku hospodaření s vodou. I v průmyslové sféře si dobří hospodáři jistě kladou otázky: Máme dostatek vody? Hospodaříme s vodou efektivně? Co budeme dělat, pokud nebudeme mít dostatek vody? Hlavní motivací při hledání odpovědí je pak zajištění výroby nebo provozu podniku i v případě dlouhodobého sucha a eliminace ekonomických dopadů nepříznivého klimatu na konkrétní podnik. Právě snížení vlivu podnebí, respektive množství vody dostupné pro průmysl, bylo hlavní motivací při přípravě a řešení projektu MPO řešeného v rámci programu Beta2 Technologické agentury ČR: projekt TITOMPO941 Hospodárnější užívání vod v průmyslu a energetice ČR (Procházka, 2020). Hlavním, ale nikoli jediným výstupem tohoto projektu byla právě metodika tzv. Vodního auditu, jehož cílem je odhalovat slabá místa podniků v oblasti hospodaření s vodou a navrhnout opatření pro zlepšení současného stavu, zvýšení efektivity a také zvýšení odolnosti podniku pro případné budoucí suché periody.

### 2. CÍL METODIKY

Cílem vodního auditu (VA) je komplexní zhodnocení vodního hospodářství posuzovaného podniku, identifikace rizikových míst, zhodnocení závažnosti jednotlivých rizik a návrhy opatření pro jejich odstranění nebo celkové zlepšení hospodaření podniku s vodou. Hodnoceny jsou jak vody pitné, tak procesní, ale i vody odpadní, užitkové a srážkové. VA zasahuje i do oblasti administrativy, sběru a vyhodnocování dat a souladu s legislativními náležitostmi.

Vodní audit je kompatibilní a vzájemně se doplňuje s metodikou Ministerstva životního prostředí pro hodnocení Odpovědného hospodaření s vodou. Při vypracování VA získá zpracovatel drtivou většinu údajů potřebných i pro zpracování faktické části hodnocení Odpovědného hospodaření s vodou a v případě, že jsou splněny požadované podmínky, může současně požádat i o udělení příslušné značky.



### 3. VYPRACOVÁNÍ VODNÍHO AUDITU

Vodní audit je zpracováván osobou odborně způsobilou, která garantuje správnost zpracování, interpretaci dat a je dostatečně erudovaná, aby mohla navrhnout konkrétní opatření. VA může být zpracován i kolektivem odborníků.

Části vodního auditu:

- Základní charakteristika podniku: zpracovatel definuje hranice podniku, předmět činnosti, produkty výroby, objem výroby, poskytované služby apod.
- Popis stavu vodního hospodářství podniku: jedná se o zásadní část, kdy pro identifikaci slabých míst je klíčová zpracovatelova detailní znalost současného stavu podniku. Zpracovatel pak definuje vodní hospodářství podniku, vodní zdroje a míru jejich ohrožení nedostatkem vody, způsoby úpravy, akumulace a distribuce vody v podniku. Dále pak nakládání s odpadními vodami, srážkovými a recyklovanými vodami. Zpracuje vodohospodářskou bilanci a popíše také způsoby údržby, plánování a realizace investic ve vodním hospodářství a sběr a nakládání s vodohospodářskými daty.
- Hodnocení spotřeby vody v podniku, porovnání s referenčními hodnotami: v této části je porovnávána spotřeba vody podnikem ve vztahu k objemu výroby v témže podniku. Dále pak ve vztahu k podobným podnikům, případně k referenčním hodnotám, například BAT hodnotám.
- Identifikace rizik: zde jsou již formulovány první závěry a zpracovatel definuje rizika, jako například ohrožení suchem, vysoké ztráty vody v síti, nedostatečná kvalita procesních vod aj. Těmto rizikům přiřazuje míru jejich závažnosti – tedy případný dopad do činnosti podniku, pokud by skutečnost nastala, a míru pravděpodobnosti, že se tak stane. Výsledkem je číselné hodnocení, které umožňuje rizika vzájemně porovnávat a prioritizovat je v souvislosti s navrhovanými opatřeními a jejich následnou realizací.
- Vyhodnocení a návrhy opatření: primárně, ale nikoli výhradně, na základě analýzy rizik navrhuje zpracovatel VA konkrétní opatření, která by měla eliminovat rizika, zvýšit stabilitu a snížit riziko narušení hlavní činnosti podniku v důsledku problémů s vodním hospodářstvím. Součástí návrhů je jak jejich technický popis, tak i odhad investičních nákladů a dopad opatření do budoucího provozu.
- Závěr: v závěru hodnotitel stručně shrne současnou úroveň hospodaření s vodou v podniku, definuje nejvýznamnější místa pro zlepšení a z navržených opatření zdůrazní ta s největším potenciálem aplikovatelnosti a snížením rizika ohrožení podniku nedostatkem vody.

Při zpracovávání vodního auditu je vhodné použít veškeré relevantní podklady poskytnuté podnikem. Jedná se například o povolení k nakládání s vodami, plán výroby nebo podobný dokument popisující objem a časový rozvrh výroby, smlouvy o odběru, případně předávání vody. Dále pak data z vodoměrů a to jak fakturačních, tak i provozních. Údaje o zdrojích vody, například o geologii, zprávy z hydrogeologických průzkumů. Součástí metodiky jsou i podpůrné dokumenty, kdy například na stránkách <http://suchovkrajine.cz/vystupy/vodni-audit> (Vizina, Hanel, 2021) jsou informace o potenciálu zachytitelných srážek a podklady k výpočtu míry ohrožení vodních zdrojů suchem. Důležitá je i kvalitativní stránka a zde jako podklady poslouží výsledky laboratorních rozběrů a data z přístrojů měřících kvalitu vody. Z řady dalších použitelných dokumentů lze zdůraznit například plán údržby a investic, rizikové analýzy vodovodů, provozní řady technologických celků, projektovou dokumentaci, generely stokové sítě a podobně. Přínosné mohou být také dokumenty naplňující požadavky ISO 14001



v oboru vodního hospodářství, má-li podnik certifikaci dle této normy. Klíčová a nezastupitelná je osobní prohlídka podniku zpracovatelem VA a osobní konzultace se zaměstnanci, především pak s vodohospodářem. Pro návrhy opatření pak zpracovatel může využívat i katalog technologií, který byl rovněž vypracován v rámci řešení projektu a je dostupný na stránkách: <http://recyklace-voda.vscht.cz/> (Bindzar, Bartáček, 2021).

Metodika umožňuje a i doporučuje rozšířit soubor dat o vlastní měření. Zpracovateli VA je tak doporučeno provést vlastní měrnou kampaň na klíčových uzlech vodního hospodářství v podniku. Měření by mělo být primárně zaměřeno na množství vody, průtoky v jednotlivých větvích, ale součástí může být i vzorkovací kampaň pro zjištění kvality vody v jednotlivých prouděch. Pokud je to vhodné, může být provedeno i poloprovozní, nebo laboratorní ověřování navrhovaných opatření. Typickým příkladem pak může být poloprovozní ověření možnosti úpravy a recyklace určitých proudů vody. Takovéto ověření pak zvýší hodnotu zpracovaného dokumentu a zpřesní jak technické parametry, tak i definuje provozní a investiční náklady konkrétních opatření.

#### 4. ZPRACOVATEL VODNÍHO AUDITU

Jak již bylo zmíněno v úvodu, aby byla zajištěna odborná úroveň VA, jsou na zpracovatele kladeny určité nároky. Zpracovatelem tak musí být osoba, nebo skupina osob, z nichž alespoň jedna:

- Má vysokoškolské vzdělání technického směru a zároveň:
- Alespoň 5 let praxe v oboru projektování, provozování, vývoji, nebo testování vodohospodářských zařízení (úpravny vody, čistírny odpadních vod) nebo technologického dozoru nad nimi.
- Jedná se o osobu, nebo subjekt nezávislý na hodnoceném podniku.

Ve výjimečných případech, kdy součástí vodního hospodářství podniku nejsou technologické celky pro úpravu vody, čištění odpadních vod nebo recyklaci vod, snižují se minimální požadavky na vzdělání vysokoškolské a 2 roky praxe, případně středoškolské zakončené maturitní zkouškou a 5 let praxe.

#### 5. HODNOCENÍ ODPOVĚDNÉHO HOSPODAŘENÍ S VODOU

Součástí zpracování VA může být i hodnocení Odpovědného hospodaření s vodou (dále jen OHV), (MŽP, 2021). To je jedním z dobrovolných nástrojů Ministerstva životního prostředí sloužících k ochraně vodních zdrojů. Firmy a podniky mají prostřednictvím značky OHV možnost deklarovat, že s vodou nakládají udržitelným a environmentálně šetrným způsobem. Na základě odborného hodnocení získají značku OHV organizace, které dobře hospodaří s vodou ve smyslu ekonomickém a environmentálním, a to jak uvnitř vlastní organizace, tak zároveň svým přístupem a působením navenek, čímž uplatňují principy společenské odpovědnosti v oblasti nakládání s vodou. Organizace jsou hodnoceny ve 12 kritériích, jako jsou například trendy ve spotřebě vody, využívání srážkových vod, recyklace technologické vody aj. Značka OHV je propůjčována Ministerstvem životního prostředí na dobu pěti let těm organizacím, které na základě posouzení dle Metodiky pro hodnocení odpovědného hospodaření s vodou získají stanovený počet bodů. Seznam organizací, které značku získaly, je uveden na webu Ministerstva životního prostředí.

Získání značky OHV od MŽP a její umístění na stránky a propagační materiály je dokladem, že podnik aktivně přispívá ke zlepšování životního prostředí včetně hospodaření s vodou – používání značky OHV má tak pro podnik též potenciál co se marketingové sebe prezentace týče.





Konečně udržitelnost a efektivita při využívání vodních zdrojů mohou být zohledněny také při postupech podle vodního zákona, který připouští, že v situacích vážného nedostatku vody mohou být některým subjektům odběry vody administrativně omezeny či dokonce zakázány.

Hodnocení OHV je dobrovolnou součástí VA, kterou je doporučeno zpracovat současně s VA a zvýšit tak přínos zpracování VA pro podnik.

## 6. DOTAČNÍ PODPORA

Výzva programu Poradenství OPPIK (MPO, 2021) umožňuje nákup poradenských služeb pro malé a střední podniky zacílených na zpracování hodnocení vodního hospodářství průmyslových podniků, které povede k dosažení úspory vody dle Metodiky hodnocení využívání vody MPO (vodní audit). Výstupem projektu je získání značky Odpovědného hospodaření s vodou Ministerstva životního prostředí nebo provedení doporučených návrhů opatření dle vodního auditu. Celková alokace výzvy je 130 mil. Kč, míra podpory je 50 %. Termín podávání žádostí je do 31. 12. 2021.

## 7. ZÁVĚR

Metodika vodního auditu je multifunkčním nástrojem pro hodnocení stavu vodního hospodářství jednotlivých průmyslových podniků. Její využití je jak pro vlastní potřebu podniku, tak i pro udělení značky Odpovědného hospodaření s vodou. Zároveň se předpokládá bonifikace podniků se zpracovaným vodním auditem při podávání žádostí o finanční podporu investičních akcí ve vodním hospodářství podniků v budoucích dotačních programech MPO. Zpracování vodního auditu podle předkládané metodiky zároveň naplňuje značnou část požadavků normy ISO 46001 (ISO 46001, 2021).

## PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl v rámci programu Beta2 Technologické agentury ČR: projekt TITOMPO941 Hospodárnější užívání vod v průmyslu a energetice ČR.

## LITERATURA

Procházka J., Dolejš P., Procházková L., Křivánková J. (2020): Metodika hodnocení využívání vody na úrovni podniků, dostupné online: <https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/prumysl-a-zivotni-prostredi/2021/5/Metodika-vodniho-audit.pdf>

Ministerstvo životního prostředí (MŽP 2020): Značka Odpovědné hospodaření s vodou, dostupné online: [https://www.mzp.cz/cz/odpovedne\\_hospodareni\\_voda](https://www.mzp.cz/cz/odpovedne_hospodareni_voda)

Vizina A., Hanel M., (2021): Ohrožení vodních zdrojů výskytem sucha, dostupné online: <http://www.suchovkrajine.cz/vodni-audit/> .

Bindzar J., Bartáček J. a kolektiv (2021): Katalog opatření pro úsporu vody v energetice a průmyslu [online], [cit. 3. 9. 2021]. Dostupné z: <http://recyklace-voda.vscht.cz>

Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO, 2021): Vyhlášení výzvy Poradenství OP PIK 2021, dostupné online: <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/vyzvy-op-pik-2021/poradenstvi--vyzva-ii--poradenske-sluzby-pro-msp--259468/>

ČSN ISO 46001 (759050), Systémy managementu efektivního hospodaření s vodou - Požadavky s návodem k používání, 2021.





# NÁVRH VHODNÉ TECHNOLOGIE NA ČIŠTĚNÍ, ÚPRAVU A RECYKLACI VOD POMOCÍ POLOPROVOZNÍHO TESTOVÁNÍ

Vilím D. \*, Křivánková J.

ENVI-PUR, s.r.o., Na Vlčovce 13/4. 160 00 Praha 6 – Dejvice

\*autor pro korespondenci, email: vilim@envi-pur.cz

## ABSTRAKT

Průmyslové odpadní vody se ve srovnání s komunálními odpadními vodami vyznačují velkou rozmanitostí ve svém složení, kvalita odpadních vod z jednoho zdroje je také často značně proměnlivá podle probíhajících výrobních procesů a výkyvy množství mohou být výraznější než u komunálních odpadních vod. Vhodný technologický návrh čištění průmyslových odpadních vod či jejich znovuvyužití je tedy náročnější než u komunálních odpadních vod, které mají obvykle velmi podobné složení, a rozsah návrhových parametrů pro čištění průmyslových odpadních vod je tedy širší. Pro účely vhodného návrhu technologie je žádoucí ověřit zvolenou technologii v rámci poloprodučního testování.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Membrána; poloproduční testování; průmyslové vody; znovuvyužití

## 1. ÚVOD

Trend posledního desetiletí je výrazně spojen s extrémními obdobími sucha. Logickým důsledkem těchto období je nedostatek vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou. Tato skutečnost způsobuje nejen zvýšený zájem o efektivnější využívání pitné vody, ale také tlak na velké průmyslové podniky, které potřebují velké množství vody. Bez pitné a technologické vody často nemohou průmyslové podniky zajistit adekvátní provoz. Tyto společnosti proto hledají „nové“ vodní zdroje. Jedním z těchto základních zdrojů vody je znovuvyužití vyčištěné odpadní vody, která je v současné době považována za odpad, nikoli za potenciální zdroj. Díky moderním technologiím 21. století, jako je membránová filtrace, AOP (advanced oxidation processes – pokročilé oxidační procesy) a sorpce na granulovaném aktivním uhlí lze odpadní vodu čistit a upravovat na velmi vysokou kvalitu.

Velmi výhodou je technologie MBR (membránový bioreaktor). Ta kombinuje biologické čištění odpadních vod s membránovou separací. První výhodou technologie MBR je menší zastavěný prostor oproti konvenčnímu biologickému čištění se separací v sekundárních usazovacích nádržích. Další výhodou je vysoce kvalitní odpadní voda zbavená všech suspendovaných látek a většiny mikrobiologického znečištění, kterou lze využít jako zdroj užitkové/technické vody v areálu zákazníka a kde požadavky na kvalitu vody umožňují ušetřit případnou spotřebu pitné/surové vody. V dalším textu budou popsány vybrané poloproduční jednotky pro testování technologií úpravy a čištění vod.

### Poloproduční jednotka MBR

Odpadní voda na poloproduční jednotku MBR je čerpána přes česle s 2 mm vrtanými otvory do kulaté nerezové zásobní nádrže. V zásobní nádrži je měřena hladina a také pH. Ze zásobní nádrže byla voda čerpána vřetenovým čerpadlem do aktivace. Čerpané množství je měřeno indukčním průtokoměrem a chod čerpadla je regulován pomocí frekvenčního měniče tak, aby bylo možné simulovat denní nerovnoměrnosti nátoků. Aktivační nádrž je osazena měřením kyslíku, hladiny a jemnobublinnou aerací. Aktivace je provozována jako směšovací s časovým střídáním fází nitrifikace a denitrifikace. Z



aktivační nádrže je aktivační směs přečerpávána do membránové komory. Membránová komora je vystrojena měřením hladiny a měřením koncentrace kalu. Z membránové komory byl odsáván přebytečný kal dle signálu od sondy měřící koncentraci nerozpuštěné látky. Permeát je odsáván vřetenovým čerpadlem, potrubí permeátu je osazeno měřením průtoku, tlaku a pH. Do potrubí permeátu lze dávkovat chemikálie pro čištění membrán. Permeát je jímán do další nádrže, která slouží jako zásobník pro zpětné proplachy a chemické zpětné proplachy. Řídicí systém obsahuje veškeré algoritmy týkající se mechanického předčištění, biologického čištění a filtrace. Záznamy dat umožňují vyhodnocovat veškeré hodnoty z čidel a strojů. Celá poloprovozní jednotka je umístěn do montované lehké skladové haly (v zásadě stanu) o rozměrech 4x10 metrů.

Na Obr. 1a je znázorněno umístění při poloprovozním ověřování intenzifikace ČOV. Na Obr. 1b je pak jednotka rozšířena o flokulační nádrže a lamelový separátor při ověřování vhodnosti technologie pro rekonstrukci ČOV.



a)



b)

**Obr. 1:** a) intenzifikace komunální ČOV; b) rekonstrukce průmyslové ČOV

### Poloprovozní jednotka AMAYA

Poloprovozní jednotkou je *AMAYA 5.2 NEW GENERATION* ( $Q_{\max}$  5 m<sup>3</sup>/h, flux 200 LMH). V jednotce je umístěn jeden keramický membránový element s povrchem membrány 25 m<sup>2</sup>, nominální velikostí póru 0,1 μm, průměrem kanálku 2,5 mm a s počtem kanálků 2000.

Celý systém pracuje na principu přímé filtrace (dead end filtration). Před a za mikrofiltrační jednotkou jsou umístěna tlaková čidla, která zaznamenávají nárůst transmembránového tlaku (TMP) a monitorují zanášení membrány vzniklou suspenzí. Pokud TMP nastoupá na hodnotu nastavenou hodnotu je provedeno fyzikální praní. Fyzikální praní (backwash BW) se provádí upravenou vodou v časovém intervalu 1,5-20 hodin, v závislosti na kvalitě surové vody. Fyzikální praní probíhá nejprve filtrovanou vodou z akumulace permeátu o tlaku 500-600 kPa, následuje praní vzduchem o tlaku 200 kPa. Díky využití vysokého tlaku při zpětném praní je doba potřebná pro proplach velmi krátká (10-15 s) s vysokou účinností odstranění depozitů (výrazné snížení TMP). Potřebné množství vody pro fyzikální praní (100 l) je odebíráno pomocí čerpadla na BW ze zásobníku upravené vody (nádrž na permeát). Zdrojem tlakového vzduchu pro provedení fyzikálního praní je vzduchový kompresor.

V daných časových intervalech je aplikováno i chemické praní (chemical enhanced backwash CEB), a to kyselé nebo oxidační. Kyselé praní (ACID CEB) se provádí 37% kyselinou sírovou. Oxidační praní (OXID CEB) se provádí nejčastěji dávkováním chlornanu sodného nebo směsí chlornanu sodného s hydroxidem sodným z důvodu zvýšení hodnoty pH. Chemické praní membrány trvá přibližně 15 minut, poté následuje standardní fyzikální praní. Četnost chemických CEBů a spotřeba těchto chemikálií na jedno praní je v závislosti na typu aplikace a charakteru upravované vody různá. Fyzikální i chemické



praní probíhá automaticky s možností změny četností a dalších nastavitelných parametrů. Kromě chemického praní prováděného několikrát do týdne, je zapotřebí provádět také tzv. CIP (clean in place).

Za čerpadlem surové vody jsou umístěny filtry hrubých nečistot, které odstraňují částice o velikosti  $\geq 300 \mu\text{m}$  a chrání membránu před mechanickým poškozením. Za filtry probíhá dávkování koagulačního činidla a nadávkovaná voda přechází do trubkového flokulátoru, ve kterém dochází k vytvoření potřebné suspenze, jež se následně separuje na keramické membráně. Z keramické membrány je upravená voda dopravována do akumulace permeátu, která zároveň slouží jako zásoba vody pro fyzikální a chemické praní.

## 2. POLOPROVOZNÍ OVĚŘENÍ PRO INTENZIFIKACI KOMUNÁLNÍ ČOV

Membránový bioreaktor byl testován v rámci hledání řešení pro ČOV s omezenými prostorovými možnostmi pro případné zvětšení DN a jednalo se o předprojektovou fázi přípravy. Následně se bude vlastník rozhodovat, zda technologii membránové filtrace zvolí. Pokud ano, tak výsledky poloprovozních zkoušek jasně ukazují, jak technologii MBR naprojektovat.

Poloprovozní ověření mělo za úkol porovnat dva typy deskových filtračních membrán, keramickou a polymerní, výsledek je poměrně jednoznačný pro využití polymerních membrán. Dalším cílem poloprovozního ověření bylo validování, případně úprava, první ideové rozvahy intenzifikace stávající komunální ČOV. Zde se podařilo také splnit účel poloprovozu, na základě naměřených a ověřených hodnot bylo možné snížit původně navrženou membránovou plochu o 25 %, což představuje nezanedbatelnou úsporu v investičních nákladech (jedná se o částku výrazně vyšší než 10 mil. Kč), ale i v nákladech na provoz a údržbu (jedná se o úspory ve výši statisíců korun rok).

Návrh poloprovozní jednotky vycházel z provedeného předběžného technologického návrhu intenzifikace ČOV. Poloprovozní jednotka byla provozována s koncentrací kalu a jeho zatížením odpovídajícím předběžnému technologickému návrhu intenzifikované ČOV.

V konzervativně pojatém návrhu „od stolu“ bylo uvažováno s návrhovým net flux 7,2 LMH, čehož bylo dosaženo vybudováním 4 membránových komor s celkovou instalovanou plochou 23 040 m<sup>2</sup>.

Během testu s polymerní membránou se podařilo udržet stabilní hodnotu net flux 13 LMH, což je velice dobrý výsledek, který až předčil očekávání, návrhový net flux v hodnotách vyšších než 10 LMH je již z našeho pohledu vnímán jako progresivní návrhová hodnota. Jednotka byla také trvale provozována s vysokou hodnotou gross flux 22 LMH, což je výhodné z hlediska optimalizace provozních nákladů reálné ČOV, čím vyšší je gross flux, tím kratší je doba potřebná pro filtraci daného objemu a tím pádem jsou kratší doby chodu strojů potřebných pro filtraci. Umožní to také lepší způsob řízení filtrace, který nadále přispěje k úspoře provozních nákladů. Celkově tak lze konstatovat, že výkon polymerní membrány předčil předpoklady vyslovené před začátkem testování.

## 3. OVĚŘENÍ APLIKOVATELNOSTI A PROVOZNÍ UDRŽITELNOSTI MBR PŘI ČIŠTĚNÍ PRŮMYSLOVÝCH ODPADNÍCH VOD

Základním zadáním bylo ověřit aplikovatelnost a provozní udržitelnost technologie MBR pro specifické odpadní vody z provozu farmaceutického podniku. Pro poloprovozní ověření byla zvolena keramická membrána. Důvodem byla větší mechanická a chemická odolnost, která přináší možnost agresivnějších fyzikálních i chemických metod čištění v případě blokáce membrány.



Návrh poloprovozní jednotky vycházel z technického a cenového návrhu intenzifikace ČOV, které na základě historických dat kalkulovalo zatížení 22 000 EO dle BSK<sub>5</sub>(1 320 kg BSK<sub>5</sub>/den) a Q<sub>d</sub>=500 m<sup>3</sup>/den. Toto bylo kalkulováno jako maximální kapacita ČOV ve stávajících nádržích.

Z hlediska analýz odtoku lze provoz jednotky hodnotit jako velmi dobrý. Veškeré sledované parametry byly bezpečně v limitech povolení pro vypouštění přečištěných odpadních vod.

Vzhledem ke kvalitě vstupní průmyslové odpadní vody, která má značně nestandardní složení, se ukázal provoz oproti komunálním MBR jako náročnější. Především se to projevilo v nižším použitém gross flux i net flux. Zároveň pro chemické čištění membrán bylo nutné použít značně agresivní přístup, byly použity vysoké koncentrace aktivního chlóru a pH nad 12.

S ohledem na kvalitu odpadní vody, bylo stabilní nebo mírně klesající permeability dosaženo pouze při gross flux 22 LMH a menším. Z této hodnoty je v zásadě odvozený i maximální net flux 17 LMH. Jedná se ale o maximální možný net flux, kdy je filtrace v provozu nepřetržitě. Toho nelze v případě reálně MBR dosáhnout, např. z důvodů CEB. Je tak nutné reálný MBR navrhnout s nižším hydraulickým zatížením, aby byla vytvořena určitá rezerva pro plánované i neplánované odstávky. Z tohoto důvodu je intenzifikace ČOV počítána pro net flux 13 LMH a navrhovaná membránová plocha činí 4 200 m<sup>2</sup>. V tomto případě poloprovozní testování určilo udržitelné návrhové parametry technologie, které byly v původní úvaze „od stolu“ výrazně poddimenzované.

#### 4. POLOPROVOZNÍ TESTOVÁNÍ PRO NÁVRH REKONSTRUKCE PRŮMYSLOVÉ ČOV

Poloprovozní membránová jednotka (MBR) s předřazeným lamelovým usazovákem s flokulací byla testována v závodu vyrábějící hliníkové odlitky a produkující odpadní vody vysoce zatížené těžko biologicky rozložitelnými organickými látkami.

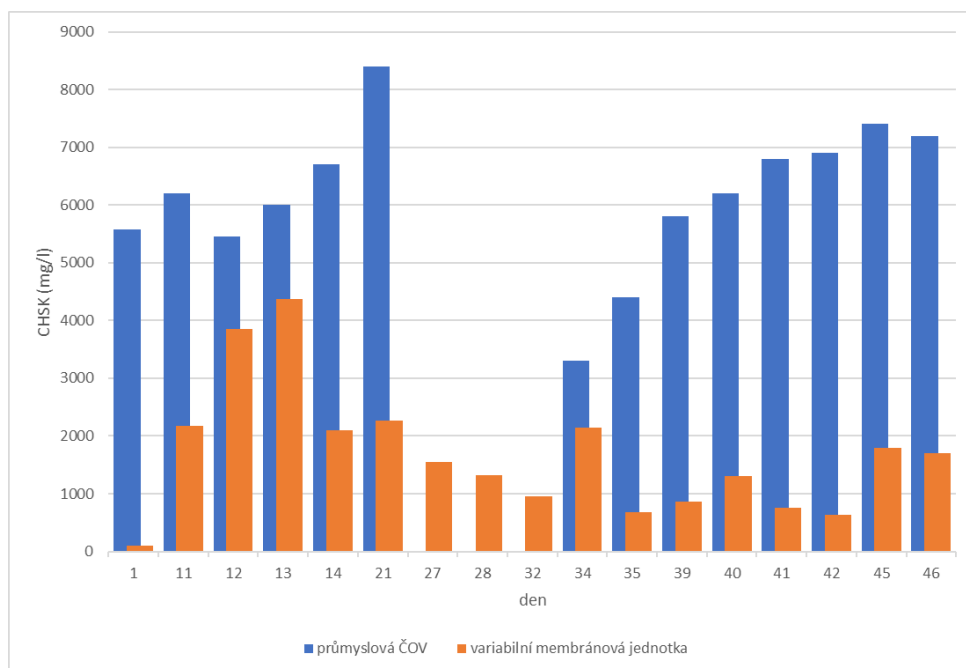
Během pilotního provozu membránové jednotky byla pozorována značná rozkolísanost vstupní surové odpadní vody, což mělo negativní efekt na účinnost deemulgace chloridem železitým, a to zejména v případech nepředvídatelných úniků olejů do odpadní vody. Účinnost deemulgačního procesu byla totiž silně závislá jak na optimální hodnotě pH, při které deemulgace probíhala, tak na koncentraci vstupního znečištění, od čehož se odvíjela optimální dávka deemulgačního činidla.

Z pilotního testování vyplynulo, že organické látky přítomné v odpadní vodě ze strojírenského závodu byly špatně biologicky rozložitelné při době zdržení do přibližně 3 dnů (doba zdržení shodná se stávající ČOV). Pro dostatečnou účinnost biologického stupně byla nutná doba zdržení 7-10 dní. Při těchto dobách zdržení se koncentrace CHSK<sub>Cr</sub> v permeátu pohybovala pod 2 g/l (cílová hodnota 3 g/l) a koncentrace NEL byla v rozmezí od <1 (mez stanovitelnosti) do 8 mg/l (cílová hodnota 10 mg/l). Jako optimální průtok permeátu byla na základě výsledků provozu stanovena hodnota čistého (tzv. net) fluxu na 0,02 m<sup>3</sup>/h (plocha membrány 1,81 m<sup>2</sup>), tudíž permeabilita se pohybovala v rozmezí 70-100 LMH/bar.

Na Obr. 2 jsou pro porovnání uvedeny odtokové koncentrace CHSK<sub>Cr</sub> ze stávající ČOV a z poloprovozní jednotky. Koncentrace CHSK<sub>Cr</sub> 3 g/l v permeátu z poloprovozní jednotky byla cílová hodnota požadována producentem odpadních vod. Je zřejmé, že této hodnoty bylo dosaženo vždy, s výjimkou 2 vzorků na začátku provozu ještě před adaptací kalu v SBR režimu. Účinnost odstranění CHSK<sub>Cr</sub> z odpadní vody dosahovala hodnot vyšších než 70 %. Naopak hodnoty na odtoku ze stávající ČOV byly vždy vyšší. Ve čtyřech případech byla zaznamenána i koncentrace CHSK<sub>Cr</sub> vyšší než 15 g/l (nejsou uvedeny v Obr. 2), což bylo zapříčiněno únikem biomasy do odtoku z důvodu nedostatečné separační schopnosti



dosazovací nádrže na stávající ČOV. Uniklá biomasa poté významně zvyšovala koncentraci  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  na odtoku z ČOV.



**Obr. 2:** Porovnání odtokových koncentrací  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  ze stávající průmyslové ČOV a poloprovozní membránové jednotky

Během pilotního provozu vyvinuté technologie bylo prokázáno, že průmyslovou odpadní vodu ze strojírenského závodu lze čistit pomocí kombinace vhodného způsobu předčištění (deemulgací železitou solí) a membránového bioreaktoru, ovšem za předpokladu doby zdržení v systému vyšší než 7 dní (stávající ČOV doba zdržení 3 dny).

## 5. POLOPROVOZNÍ TESTOVÁNÍ ODPADNÍ VODY Z VÝROBY CIDERU

Účelem připravovaného poloprovozního testování (MBR) je optimalizovat investiční a provozní náklady na plánovanou výstavbu ČOV pro společnost vyrábějící cider.

Na základě parametrů odpadní vody zasláných zákazníkem lze konstatovat, že požadavky na objem nádrží biologického čištění se mohou pohybovat od 180 do 610 m<sup>3</sup> a požadovaná plocha membrán od 360 do 1 080 m<sup>2</sup> v závislosti na zvolených návrhových parametrech. Jen tyto dvě položky, membrány a konstrukce nádrží v daných rozmezích, představují v celkových investičních nákladech (technologie + stavba) odchylku až 10 mil Kč. K tomu je třeba připočítat další vybavení, které závisí na objemu nádrží a instalované ploše membrán, v krajním případě lze hovořit o 13 mil Kč, které lze ušetřit proti velmi konzervativnímu návrhu díky poloprovoznímu testování. V opačném případě, v případě velmi progresivního návrhu, který není podložen výsledky pilotního ověření, hrozí riziko nefunkčnosti dodané ČOV, nedodržení požadavků na kvalitu odpadní vody, případně extrémní provozní náklady a v důsledku toho může být řešení tohoto problému ještě dražší.

Příliš konzervativně navržená, a tedy větší, plocha membrány také zvyšuje provozní náklady v podobě spotřeby elektrické energie používané k vhánění vzduchu pod membrány a chemikálií na čištění membrán. Lze tedy konstatovat, že ověření pilotního zařízení poskytne výsledky pro optimální rovnováhu investičních a provozních nákladů navrhovaného řešení.





## 6. POLOPROVOZNÍ TESTOVÁNÍ NA ZNOVUVYUŽÍVÁNÍ VODY Z AUTOKLÁVŮ

Mezinárodní společnost s pobočkou v České republice, která se zabývá produkcí potravinářských produktů, jejíž celková produkce odpadní vody činí přibližně 1 000 m<sup>3</sup>/den (cca 40 m<sup>3</sup>/h). Environmentálně-ekonomická politika společnosti má za cíl postupně znovuvyužívat co největší množství odpadních vod. Znovuvyužívaná odpadní voda nahradí pitnou vodu, která je aktuálně dopouštěna z řadu.

Pro určení návrhových parametrů byla použita keramická membránová filtrace AMAYA, která upravovala vodu z autoklávů za účelem její recirkulace.

Cílem zkušebního provozu bylo snížit spotřebu vody z vodovodního řadu za účelem snížení provozních nákladů společnosti a jednak vychytat všechna úskalí spojená s provozem membrány a ty následně vyladit na provoz stacionárního zařízení. Poloprovozní testování odpovědělo i na otázky ohledně spotřeby vody a chemikálií na praní systému, spotřebu elektrické energie, určí optimální délku filtračního cyklu, maximální výkon membrány, charakter a množství vznikajících odpadních vod.

Za celou dobu testování bylo vyrobeno celkem 8 094 m<sup>3</sup> vody. Spotřeba na fyzikální a chemická praní bylo 227,8 m<sup>3</sup> vody, což je 2,8 %. Elektrické energie bylo spotřeba celkem 3 000 kWh, a to je v přepočtu na 1 m<sup>3</sup> vyrobené vody 0,37 kWh. Spotřeba jak pracích vod, tak spotřeba elektrické energie velmi nízká.

Projekt je již ve fázi realizace. Výkon jednotky na znovuvyužívání odpadní vody je 168 m<sup>3</sup>/den (cca 7 m<sup>3</sup>/h). Bilance návratnosti investice je uvedena v Tab. 1.

**Tab. 1:** Bilance návratnosti investice jednotky AMAYA

výkon jednotky	168 m <sup>3</sup> /den
cena jednotky	4,2 mil Kč (s DPH)
vodné (voda z řadu)	30 Kč/ 1 m <sup>3</sup> (s DPH)
aktuální denní úspora	5 040 Kč
návratnost investice	2 roky a 3 měsíce
životnost technologie	15-20 let

## 7. RECYKLACE CHLADÍCÍCH VOD

Technologie keramické membránové filtrace AMAYA v kombinaci s gravitačním filtrem s aktivním uhlím WG-12 a následnou filtrací na reverzně osmotické jednotce NANO-REOS byla využita pro recyklaci chladících vod. Jedná se o případné doplnění technologie na znovuvyužití chladících odpadních vod tak, aby tyto vyhovovaly legislativním požadavkům na kvalitu vody pro možnost recirkulace vody.

Předmětem poloprovozního testování bylo zhodnotit účinnost separačních vlastností jednotlivých technologických stupňů na odpadní vodě. V rámci testů bylo kontinuálně sledováno několik zásadních provozních parametrů odpadní vody.

Z výsledků naměřených v rámci poloprovozního testování vyplývá vysoká účinnost navrženého systému. V rámci prvního stupně systému keramické membránové filtrace, dochází k velmi účinnému odstranění organických látek a mikrobiologických parametrů. Zároveň keramická membrána představuje bariéru pro vysoké znečištění, které v průběhu testování často přitékalo. Ačkoli v mnoha případech keramickou membránu takovéto znečištění ucpalo, tento systém lze poměrně snadno vyčistit. Pokud by takové znečištění dospělo na aktivní uhlí či reverzní osmózu, mohlo by dojít k jejich



znehodnocení. Aktivní uhlí má sorpční charakter a dokáže tedy z vody eliminovat řadu mikropolutantů, tedy především zbývající organických látek a pesticidů. Poslední stupeň reverzní osmóza vodu snadno zbaví rozpuštěných minerálů a kvalita vody dosahuje téměř kvality destilované vody.

Důležitým výstupem poloprovozních zkoušek je relevantní odhad provozních nákladů dle fakticky naměřených hodnot. Celková hodnota výroby 1 m<sup>3</sup> vody pro znovuvyužití činí necelých 26 Kč. Projekt je již ve fázi projektové přípravy. Výkon jednotky na znovuvyužívání odpadní vody je 1 200 m<sup>3</sup>/den (cca 50 m<sup>3</sup>/h). Znovuvyužívaná voda nahradí vodu, která je doplňována z řadu. V tomto projektu je počítáno i s reverzně-osmotickou technologií z důvodu vysokého zasolení odpadních vod. Bilance návratnosti investice je uvedena v Tab. 2.

**Tab. 4:** Bilance návratnosti investice jednotky AMAYA

výkon jednotky	400 m <sup>3</sup> /den
cena jednotky	18,5 mil Kč (s DPH)
vodné (voda z řadu)	30 Kč/1 m <sup>3</sup> (s DPH)
aktuální denní úspora	12 240 Kč
návratnost investice	4 roky
životnost technologie	15-20 let (reverzně osmotické membrány 5 -7let)

## 8. ZÁVĚR

Z výše uvedených reálných případech poloprovozního testování bylo názorně ukázáno, že kvalitní poloprovozní ověření dokáže upřesnit návrh budoucí technologie (skladba technologie doby zdržení, plochy membrán, fluxy apod.) a určit investiční a provozní náklady.

Primární cíl poloprovozních testů je potvrzení použitelnosti aplikované technologie a dále poté upřesnění návrhových parametrů. V některých případech použití poloprovozního ověření dojde i ke značnému snížení investičních nákladů a potažmo následně i provozních nákladů oproti teoretickému návrhu.

Každé velké realizaci na průmyslové odpadní vodě či znovuvyužívání odpadní vody by mělo předcházet poloprovozní ověření navrhované technologie jako nedílné součásti předprojektové přípravy a jako důležitého podkladu pro projektování.



## ÚSPORA VODY/CHLADICÍ OKRUHY

**Urbanová H.**

ČEZ, a.s. JE Temelín, 373 05 Temelín

email: hana.urbanova@cez.cz

### ABSTRAKT

Nároky na vodu pro energetické provozy jsou z pohledu množství velmi významné. Podle zpracované analýzy využívající databázi MPO ČR a vodoprávní rozhodnutí tvoří nároky na vodu pro energetiku a teplárenství více než 80 % celkové spotřeby vody pro průmysl. Princip "recyklace vody" v energetice, jako efektivní způsob snižování spotřeby vody, je možný a realizovatelný. Nejedná se o využití akumulace srážkových nebo šedých vod, ale náhrada průtočného chlazení chlazením cirkulačním, případně zvýšení zahuštění již provozovaných chladicích okruhů. Toto řešení je však podmíněno „vysokými“ investicemi do úpravy odebírané vody, úpravy oběhové chladicí vody, případně potřebou dávkování kondičních prostředků apod. V některých případech zvýšení zahuštění brání stanovené vodoprávní limity kvalitativních parametrů na vypouštění odpadních vod, což vyžaduje změnu ve strategii státních orgánů pro vydávání vodoprávních rozhodnutí. Cirkulační chladicí okruhy je cesta k výraznému snížení spotřeby vody v energetice, proto je třeba je investičně, dotačně a legislativně podpořit.

### KLÍČOVÁ SLOVA

energetika; cirkulační okruh; chladicí systémy; odpar; zahuštění

### 1. ÚVOD

Více než 80 % spotřeby vody z vodních zdrojů v ČR pro průmyslu tvoří nároky na vodu pro energetiku a teplárenství. Významnou potřebu vody v průmyslu tvoří chladicí vody (až 90 %). Největší spotřebu chladicí vody mají elektrárny na kondenzaci páry v kondenzátorech. Optimalizací chladicích systémů je možné vysoké nároky na spotřebu vody významně snížit.

### 2. CHLADICÍ SYSTÉMY

Chladicí vodou se definuje voda, která absorbuje a odvádí teplo, tj. ochlazování strojní technologie (motory, kompresory, ložiska apod.) nebo chlazení média (kondenzaci par, kapalin a jiných látek).

#### Podle zapojení se rozlišují chladicí systémy:

- ⇒ **Průtočný** – potřebné množství se odebírá z vodního zdroje, podle potřeby se čistí a upravuje a po využití se vrací zpět do vodního zdroje. Lze použít pouze u vodního toku s dostatečným průtokem, je nutno počítat s nadměrnou spotřebou vody a oteplením toku, u nově budovaných se neplánuje.
- ⇒ **Cirkulační s uzavřeným okruhem** – chladicí voda recirkuluje, oteplená voda se ochlazuje ve výměníku tepla bez přímého styku se vzduchem.
- ⇒ **Cirkulační s otevřeným okruhem a odparem** – chladicí voda recirkuluje, absorbované teplo se odvádí z oteplené vody stykem s atmosférickým vzduchem, který je zajišťován komínovým efektem věže, nebo nuceně ventilátory. Tento systém je vhodný pro řeky s nízkým průtokem, proto je u nás nejběžnější.





**Podle účelu** se liší i optimální teplota chladicí vody. Pro kondenzátory (ohřev max. na 40 °C), chladiče oleje, vzduchu apod. je vhodná teplota cca 15 °C, pro ložiska, potravinářský a chemický průmysl co nestudenější, pro chlazení dieselaagregátů, ocelářských pecí apod. se používá chladicí voda od 40 °C.

### 3. POŽADAVKY NA KVALITU VODY

Přírodní vodu v energetice není možné bez úprav použít. Podle potřeby je prováděna úprava odebírané surové vody tak, aby voda splnila požadavky jako médium v chladicím, horkovodním, primárním nebo sekundárním okruhu, popřípadě jako rozpouštědlo pro reagenty přidávané do těchto okruhů.

Požadavky na kvalitu jsou dány typem energetického zařízení a jsou definovány platnou normou ČSN. Cílem úpravy vody v energetice (elektrárny, teplárny, výtopny) je snaha minimalizovat korozi, tvorbu úsad, mikrobiální život a současně je velký důraz kladen na kvalitu a množství vypouštěných odpadních vod, což mnohdy ovlivňuje způsob a volbu úpravy vody.

Kvalitativní parametry přídavné a chladicí vody se také liší podle systému zapojení chlazení a materiálového složení technologie. Pro energetická zařízení a chladicí okruhy s uzavřeným okruhem jsou stanoveny vysoké nároky na jakost vody a páry, ČSN stanovuje pro různé typy technologie požadavky na jakost kondenzátu, napájecí a kotelní vody a páry.

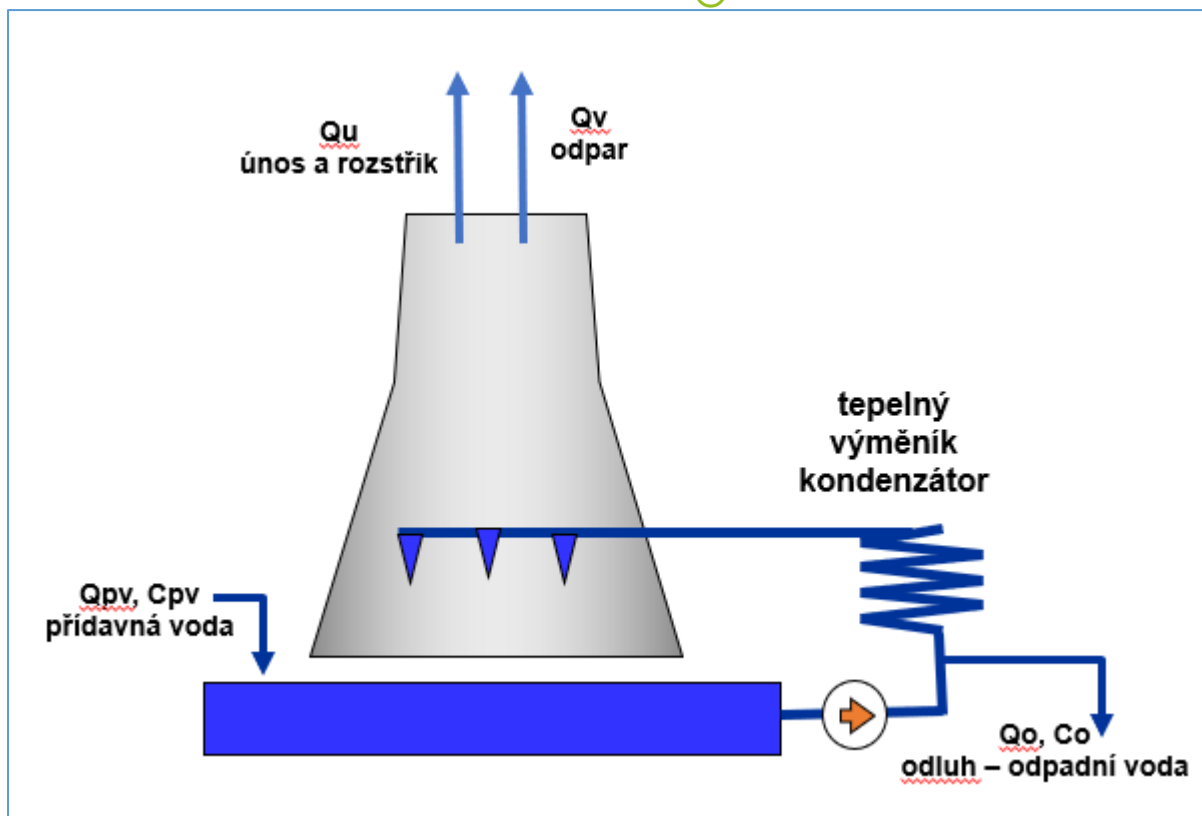
Chemické, hydrobiologické, korozivní a inkrušiční vlastnosti vody, různý konstrukční materiál chladicích systémů (ocel, mosaz, titan, beton, dřevo atd.), široký rozsah provozních teplot vytváří v chladicí vodě komplex pochodů, které je nutno řešit komplexně, ale vždy ve vztahu s přírodním zdrojem vody a typem systému. Proto je v energetických provozech pro optimální provoz chladicích okruhů zaveden chemický režim, stanoveny řídicí a diagnostické parametry, definovány iniciační úrovně pro úpravu a operativní řízení provozu.

### 4. CHLADICÍ OKRUH S ODPAREM

V energetice při větších objemech chladicí vody je nejčastěji využíván chladicí systém cirkulační s otevřeným okruhem a odparem. Odpar a únos je doplňován přídavnou vodou. Při odparu se zvyšuje mineralizace chladicí vody. Změnou teploty se mění rovnovážné poměry ve vodě a hrozí vypadávání solí na teplosměnných plochách ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ) tj. inkrušiče. Velký problém způsobují i biologické nánosy (řasy a bakterie), které také významně zhoršují přestup tepla.

#### **Na bilanci (Obr. 1) spotřeby vody otevřeného chladicího okruhu s odparem má vliv:**

1. množství tepla, které je nutno odvést, tj. parametry páry vystupující z turbíny do kondenzátoru a parametry kondenzátu
2. typ a parametry chladicí věže
3. klimatické podmínky
4. materiálové složení technologie
5. chemické složení oběhové vody, tj. chemický režim chladicí vody
6. hydraulické parametry okruhu (doba zdržení, těsnost, rychlost proudění atd.)
7. znečištění chladicího vzduchu



**Obr. 1 Schéma a bilance (1) průtoků vody v otevřeném chladicím okruhu**

$$Q_{pv} = Q_v + Q_u + Q_o \quad (1)$$

$Q_{pv}$  – přídavná voda

$Q_v$  – odpar závisí na konstrukci věže, teplotě vzduchu a stoupá s rozdílem oteplené a ochlazené vody

$Q_u$  – únos (0,05 – 0,2 %) a rozstřík (nemá stálou hodnotu, uvádí se paušálně 0,3 %)

$Q_o$  – regulovaný odluh (podle kvality oběhové vody) a odkal

### Zahuštění chladicí vody otevřeného chladicího okruhu s odparem

Výpočet (2) zahuštění chladicího okruhu prováděn z koncentrací chemického kvalitativního parametru, který je pro systém inertní, např. chloridy

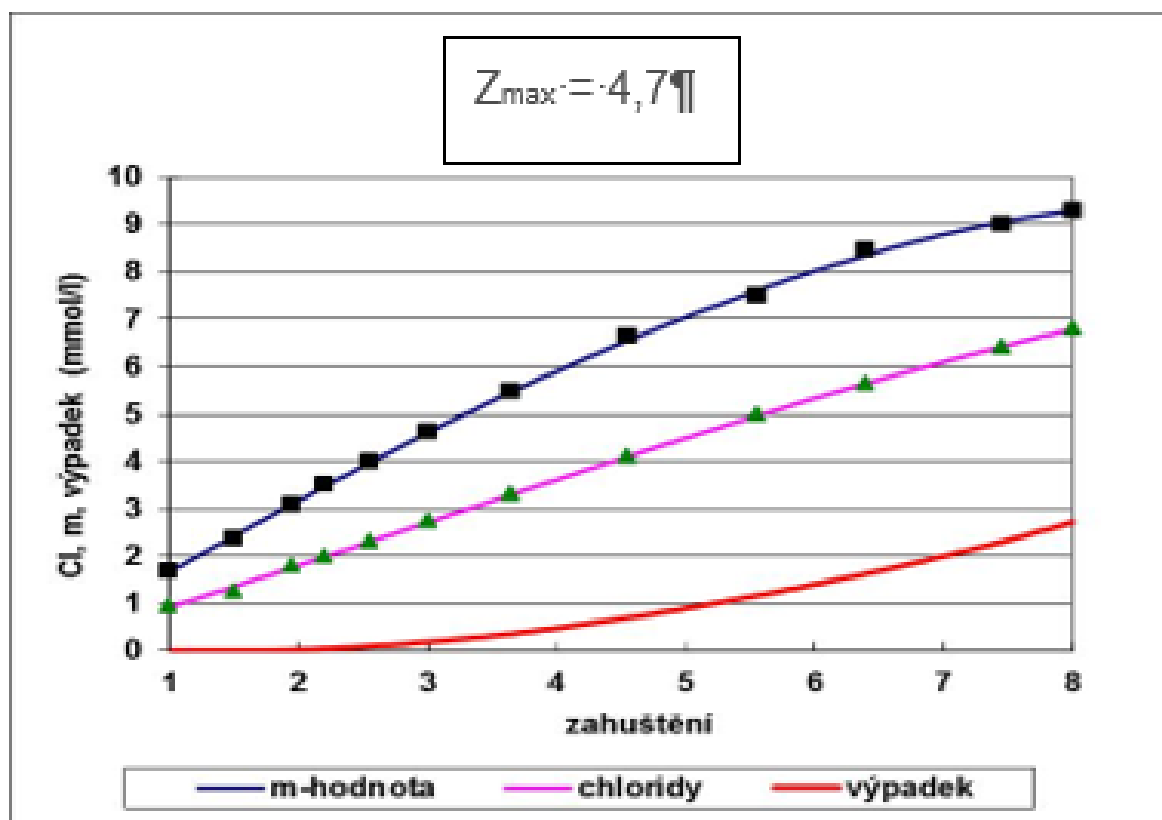
$$Z = C_o / C_{pv} \quad (2)$$

$Z$  – zahuštění

$C_o$  – koncentrace v odluhu

$C_{pv}$  – koncentrace v přídavné vodě

Se stoupajícím zahuštěním oběhové vody klesá množství odluhu, a tedy i množství přídavné vody. Největší úspory je dosaženo při zahuštění 3,0 pod tuto hodnotu je úspora přídavné vody nízká. Optimální zahuštění chladicího okruhu (z pohledu koroze a tvorby úsad) je výhodné stanovit pro odebíraný zdroj pomocí „zahušťovacího testu“ (Obr. 2) na modelové aparatuře, které provádí např. ÚJV Řež na zařízení simulující úpravu a zahušťování provozních vod v cirkulačních chladicích okruzích.



**Obr. 2 Příklad vyhodnocení zahušťovacího testu.** K výpadku uhličitanu vápenatého  $\text{CaCO}_3$  dochází při zahuštění 5, proto doporučené maximální provozní zahuštění je cca 10 % pod kritickým zahuštěním tj. 4,7. Stanoven interval optimálního provozního zahuštění (3,0 – 4,7).

V ideálním případě je výhodné provoz chladicího okruhu řídit podle kvality oběhové vody a operativně kontrolovat podle kontinuálního měření vodivosti, zákalu atd.

## 5. PROVOZNÍ PROBLÉMY A OPTIMALIZACE

### Provozní problémy

Se zahušťováním rozpuštěných solí dochází i k zahušťování nerozpuštěných látek z přírodní vody a současně na chladicích věžích k vnosu nerozpuštěných látek ze vzduchu. Může tak docházet k zanesení bazénů pod chladicími věžemi, zanesení chladičů a výměníků, snižování účinnosti chlazení, ale i riziko překročení VPL ve vypouštěné odpadní vodě, která tvoří více než 90 % odluh z chladicího okruhu.

Ideální podmínky pro biologický život (mikroorganismy, řasy, plísňe, houby, bakterie Legionella, škeble Slávička mnohotvárná atd.), které mají v otevřeném okruhu dostatek kyslíku, světla, živin, pH a teplota pro jejich život optimální. Tvorba biofilmu na teplosměnných plochách způsobí snížení přenosu tepla, snížení účinnosti chlazení, korozi pod nánosy SRB.

Korozivní vlastnosti vody na konstrukční materiál chladicích systémů. Nejkritičtější místem chladicího okruhu pro korozi jsou kondenzátory, proto jsou obvykle z ušlechtilých materiálů, mosaz, slitiny mědi, antikorozi ocel, titan.

### Úprava vody a optimalizace provozu otevřeného chladicího okruhu

- Dávkování kondičionálních prostředků antiskalanty (polyfosfáty, nebo polymery na bázi sulfonové nebo akrylové kyseliny), disperzanty (kationaktivní polymery) snižující tvorbu málo rozpustných sraženin a úsad v systému, korozi inhibitory (soli zinku, fosfonáty, chromany,



molybdenany), biocidy (chlornany, plynný chlór, ozon, bromnany, ClO<sub>2</sub> atd.). Dávkování všech chemikálií do chladicího okruhu podléhá schválení příslušného vodoprávního orgánu, tj. požadavek na VPR.

- b) Při nízkých koncentracích rozpuštěných látek v přídatné vodě lze nastavit vyšší zahuštění snížením kontinuálního odluhu. Zde je prostor k výraznému snížení spotřeby vody. Při vyšším zahuštění ale dojde současně i ke zvýšení koncentrace nerozpuštěných látek, pozor na překročení VPL.
- c) Úpravou přídatné vody (čiřením, filtrací) je možno snížit obsah nerozpuštěných, organických látek atd. a zvýšit zahuštění oběhové vody.
- d) Úpravou části oběhové vody (boční filtrace, čiření) je možno snížit obsah nerozpuštěných, organických látek atd. a provozovat chladicí okruh s optimálním zahuštěním.
- e) Kontinuální systém čištění vnitřního povrchu kondenzátorových trubek systémem TAPROGE.
- f) Nastavení periody mechanického čištění v odstávce, nánosů a sedimentů v bazénu pod chladicí věží, sací jímky čerpadel, kondenzátorů atd.

## 6. ZÁVĚR

Cirkulační chladicí okruhy a zvýšení zahuštění oběhové vody je cesta k výraznému snížení spotřeby vody v energetice.

Zvýšení zahuštění může být podmíněno dávkováním kondicionálních prostředků, nebo kontinuální úpravou přídatné vody, nebo úpravou části oběhové vody apod. Tato řešení jsou však podmíněna „vysokými“ investičními i provozními náklady, proto je třeba je investičně, dotačně a legislativně podpořit.

Výraznému snížení spotřeby vody v energetice brání i současný přístup ke stanovení požadavků na kvalitu vypouštěných vod. Existence koncentračních limitů při zachování bilančních limitů pro vypouštění do vodoteče brání zavádění chladicích okruhů, chemické úpravy cirkulační vody, nebo provozu chladicích okruhů s vyšším zahuštěním, tj. vyšší koncentrace rozpuštěných i nerozpuštěných látek a podobně. Odluh z chladicích okruhů tvoří podstatnou část odpadní vody, takže kvalitativní parametry oběhové vody tvoří kvalitu vypouštěných odpadních vod.

## LITERATURA

Kolektiv autorů, Praha 1976 „Technická příručka pro pracovníky oboru úprava vody ČKD DUKLA

Hübner, 2015, „Úprava vody v energetice“

Wünsch, 1981 „Technická příručka pro pracovníky oboru úprav vody“



# PROVOZNÍ ZKUŠENOSTI S TECHNOLOGIÍ MBBR A FBBR PŘI ČIŠTĚNÍ PRŮMYSLOVÝCH ODPADNÍCH VOD

Lederer T.<sup>1</sup>, Novák L.<sup>2</sup>, Dvořák L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technická univerzita v Liberci, Centrum pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace, Oddělení technologie životního prostředí, Studentská 2, 461 17 Liberec 1

<sup>2</sup>PRO-AQUA CZ, s.r.o., Petrovická 214, 403 40, Ústí nad Labem

## ABSTRAKT

Příspěvek shrnuje zkušenosti s technologií MBBR (Moving Bed Biofilm Reaktor) použité pro čištění 2<sup>o</sup>typů odpadních vod. První instalace MBBR v ČR byla realizována v Lučebních závodech Draslovka Kolín. 2 reaktory o objemu 260 m<sup>3</sup> čistí vody s obsahem anilinu, difenylguanidinu, fenylničoviny a kyanidů. Jedna z největších instalací MBBR technologie v ČR byla realizována pro čištění podzemních vod znečištěných fenoly a kresoly v areálu RPA Unipetrol. FBBR technologie (Fixed Bed Biofilm Reaktor) s nosičem ve formě textilní pleteniny s hybridní přízí s nanovláknem byla ověřena na ČOV Bochemie Bohumín, kde majoritním organickým zatížením byly vyráběné chloraminy.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Průmyslové odpadní vody, toxické kontaminanty, biofilmové procesy, nosiče biomasy, MBBR, FBBR

## 1. ÚVOD DO BIOLOGICKÉHO ČIŠTĚNÍ PRŮMYSLOVÝCH ODPADNÍCH VOD

Při čištění průmyslových odpadních vod platí obdobné zásady jako pro komunální vody s tím rozdílem, že rozhodné parametry mají zpravidla užší interval optima nebo přímo podmiňují vyrovnanost a často i proveditelnost procesu. Toto platí zejména pro čištění odpadních vod s obsahem toxikantů nebo velmi pomalu rozložitelných látek, kterým se tento příspěvek věnuje.

Biologický rozklad xenobiotik s toxickým vlivem je určen prahovou úrovní jejich koncentrace a specifického látkového zatížení, které jsou vždy specifické pro daný systém mikrobiální konsorcium-odpadní voda. Ačkoli je možno prahové koncentrace čerpat z dostupných referencí, je modelové nebo lépe poloprovozní ověření optimální pro potvrzení spolehlivosti biologického procesu a zjištění limitních hodnot hlavních parametrů.

Stejně jako u komunálních vod je doba zdržení biomasy v systému (stáří kalu) klíčovým parametrem určujícím udržení rozhodujících mikroorganismů v systému. Kromě zajištění potřebného stáří kalu je nutno vzácně, ve specifických případech, přistoupit k inokulaci selektivně připraveným inokulem, fyziologicky adaptovaným na přítomné znečištění a složení odpadní vody (bioaugmentace). Jako optimální řešení z hlediska rychlosti se jeví pochopitelně inokulace biomasou z čistírny s podobným charakterem znečištění a typu odpadní vody eventuálně inokulace podzemní vodou dlouhodobě znečištěnou stejnými kontaminanty. Vedle typu znečišťujících látek určuje minimální dobu zdržení také celková solnost odpadních vod, která sama o sobě vede ke zpomalení zejména růstu biomasy, a tedy k nutnému zvýšení její doby zdržení.

Pokud se jedná o zjištění maximálního zatížení biologického stupně, je třeba vždy dlouhodobě ověřit jak maximálně přípustné koncentrace, tak specifické látkové zatížení  $B_x$ . Právě u čištění odpadních vod s toxickými látkami je zejména maximální koncentrace v bioreaktoru limitujícím faktorem, a proto je přiměřené ředění s jinými vodami často jediným možným řešením. Na stabilitu procesu má vliv zejména



vyrovnanost přiváděného znečištění, a proto je vyrovnání kvality odpadních vod s obsahem toxických látek klíčové pro stabilní účinnost procesu. V případech, kdy je taková odpadní voda rozhodujícím C zdrojem, pak vyrovnání kvality je nezbytnou podmínkou stabilizace kalových poměrů, resp. vyrovnané koncentrace biomasy v systému.

Při návrhu technologie biologického čištění je maximálně vhodné zjistit účinnost procesu za všech provozně možných podmínek (zejména vliv teplot v průběhu roku) a to nejen těch minimálních obecně snižujících aktivitu mikrobiálního konsorcia, ale i maximálních, které vedle složení odpadní vody snižují oxigenační kapacitu navrhovaného aeračního systému a ovlivňují ekonomiku provozu.

Výše uvedené klíčové parametry biologického čištění toxických látek (doba zdržení biomasy a maximální koncentrace kontaminantů) předurčují využití biofilmových procesů, které vedle zvýšení koncentrace biomasy a udržení pomalu rostoucích mikroorganismů poskytují výhodu zvýšené rezistence k toxickému vlivu kontaminantů.

## 2. VÝHODY BIOFILMOVÝCH PROCESŮ PŘI ČIŠTĚNÍ PRŮMYSLUVÝCH ODPADNÍCH VOD

Biologické odstraňování cizorodých toxických látek z odpadních vod často naráží na koncentrační limity dané jejich biostatickými až biocidními účinky. Využití mikroorganismů schopných vytvářet přirozený biofilm tak nabízí nespornou výhodu. Zejména díky jejich obecně vyšší rezistenci k toxikantům, nerovnoměrnému zatížení a možnosti udržení i pomalu rostoucích mikroorganismů v systému. Fixace degradérů specifického znečištění ve formě přirozeného biofilmu je podmiňující nejen v případě primárně pomalu rostoucích mikroorganismů, ale i v situacích, kdy rozhodující mikroorganismus roste pomalu ve specifických podmínkách (druh a koncentrace substrátu, salinita a teplota). Vyšší rezistence přirozeně imobilizovaných mikroorganismů se pojí se zvýšenou produkcí extracelulárních polymerů, poskytujících mikroorganismům schopných vytvářet přirozený biofilm přirozenou difúzní bariéru.

Imobilizace mikroorganismů v přirozeném biofilmu je technologicky využívána již od počátku minulého století. Zkrápěné biofiltry používané pro čištění splaškových odpadních vod byly v minulosti masivně rozšířené i v ČR stejně jako tzv. anglické filtry využívané ve vodárenství pro pomalou filtraci surových vod. Biofiltry používané v čistírenství byly vesměs zkrápěné kolony, jejichž zásadní nevýhodou bylo zarůstání nosiče, limitace s dodávkou kyslíku a obecně nižší účinnost ve srovnání s klasickým aktivačním procesem. Zmíněné nevýhody většinou odstraňují kombinované systémy s biomasou jak fixovanou v ponořeném biofilmu, tak volnou (ve vznosu). První technologie využívaly fixované nosiče biomasy ve formě různých vestaveb, které byly tvořeny profilovanými plastovými konstrukcemi ve formě biologické voštiny. Tyto techniky neodstraňují s jistotou možnost zarůstání náplně a rovněž komplikují údržbu stavebních prvků bioreaktorů, zejména aeračních systémů. Z těchto důvodů jsou moderní nosiče biomasy tvořeny různými částicemi ve fluidním loži nebo jako vyjímatelné segmenty. Právě na takové formy nosičů je zaměřen tento příspěvek včetně využití nanovlákněných materiálů jako nosičů biomasy pro čistírenské technologie.

Nosič biomasy je určující prvek pro technologii čištění odpadních vod v biofilmovém reaktoru. Současné trendy jednoznačně dospěly do stavu, kdy jsou vyvíjeny nosiče pro jednotlivé typy odpadních vod, resp. systému odpadní voda – rozhodující mikrobiální konsorcium. Materiál nosiče musí být biochemicky inertní, chemicky a fyzikálně stabilní, současně morfologicky vhodný a kompatibilní s povrchovými strukturami vytvářeného biofilmu. Měrná hmotnost nosiče by měla být srovnatelná s odpadní vodou, a to i po nárůstu biomasy případně sraženin. Snahou je především maximalizovat specifický povrch nosiče a nastavovat mezerovitost nosiče dle typu odpadní vody.



V příspěvku jsou dále uvedeny 3 příklady plnoprovozní aplikace biofilmových bioreaktorů pro 3 případy čištění odpadních vod v průmyslových areálech chemických podniků.

### 3. ODPADNÍ VODY Z VÝROBY DIFENYLGUANIDINU, LUČEBNÍ ZÁVODY DRASLOVKA KOLÍN

Příspěvek shrnuje zkušenosti získané v průběhu šestiletého sledování provozu čistírny odpadních vod s MBBR technologií (Moving Bed Biofilm Reactor), nosič AnoxKaldnes K3. MBBR je využíván při čištění specifických průmyslových odpadních vod s vysokými koncentracemi anilínu, difenylguanidinu (DPG), kyanidů, s rezidui fenylderivátů močoviny a extrémní solností. Zdrojem těchto odpadních vod je především výroba DPG a dalších, s jeho výrobou souvisejících, meziproductů (chlorkyan). DPG slouží jako akcelerátor vulkanizace kaučuku a je vedle výroby kyanidů jedním z klíčových produktů podniku – vyrábí se zde více než 20 % jeho celosvětové produkce. Tyto odpadní vody specifického, a navíc velmi často se měnícího složení nebyly před instalací MBBR čištěny dostatečně. Vysoké koncentrace kyanidů byly eliminovány srážením (solemi železa) vedoucím ke stabilním komplexním sloučeninám, především ke vzniku Berlínské modři. Instalace MBBR umožnila kromě dosažení požadavků na kvalitu vypouštěných odpadních vod také významné navýšení a stabilizaci produkce DPG.

#### Popis chemicko-biologické ČOV Draslovka

MBBR se sestává ze dvou (à 260 m<sup>3</sup>) paralelně uspořádaných aerovaných nádrží osazených středobublinnými aeračními elementy. Vzhledem k uspořádání MBBR je také možná jeho snadná transformace do uspořádání sériového. Za MBBR následuje dosazovací nádrž, kde je za účelem podpory sedimentace malých fragmentů biomasy do nátoku dávkován roztok koagulantu, případně flokulantu. Z dosazovací nádrže je vyčištěná odpadní voda vypouštěna do kanalizačního řádu podniku, kde je naředěna chladícími vodami z jiného provozu. Konečným recipientem těchto vod je řeka Labe. Přehled základních technických a technologických parametrů MBBR je uveden v Tab. 1.

**Tab. 1.** – Přehled základních technických a technologických parametrů CHBČOV Draslovka.

Parametr	hodnota
Průměr a hloubka nádrží [m]	8×5,9
Celkový objem [m <sup>3</sup> ]	520 (2×260)
Průtok odpadní vody [m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> ]	100–200
Hydraulická doba zdržení [d]	2,5–5
Zatížení CHSK <sub>Cr</sub> [g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> ]	4–8
Zatížení anilínem [g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> ]	0,4–1
Zatížení kyanidy [g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> ]	0,015–0,3
Celkový objem nosičů [m <sup>3</sup> ]	260

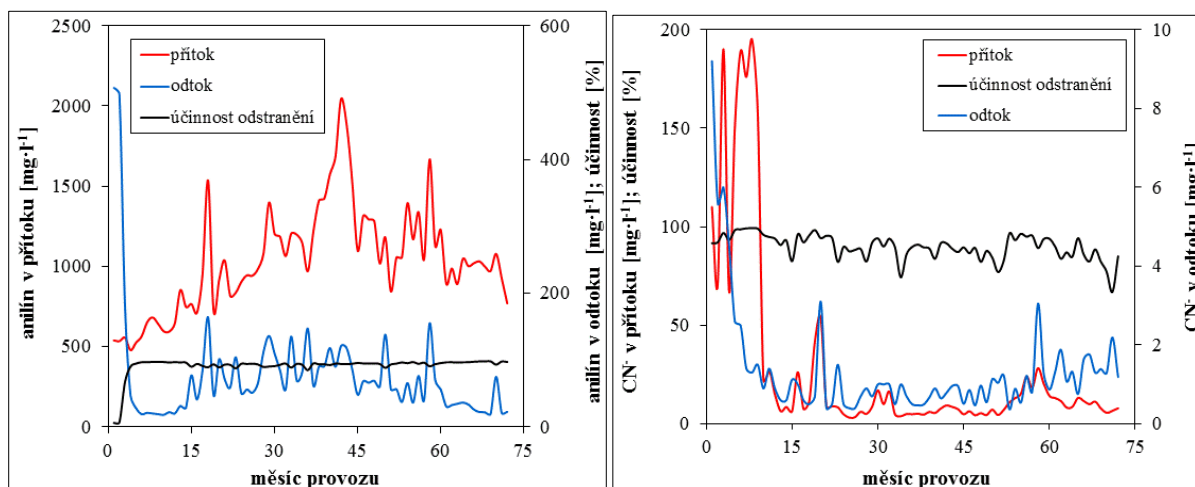
Jako nosiče biomasy jsou použita plastová tělíska Anox Kaldnes<sup>TM</sup> K3 o plnění 25 % z celkového objemu MBBR. V roce 2016 bylo zvýšeno procento plnění na 50 %. Celkový objem použitých nosičů biomasy byl stanoven na základě velikosti jejich maximálního specifického chráněného povrchu (tj. 500 m<sup>2</sup>·m<sup>-3</sup>), množství a charakteru vstupující odpadní vody a dále na základě výsledků laboratorních a pilotních experimentů.





## Účinnost odstraňování hlavních kontaminantů

Z důvodu vyšší přehlednosti výsledků jsou na následujících obrázcích uvedeny průměrné měsíční hodnoty vypočtené z celého souboru zjištěných dat



**Obr. 1.** – Vývoj průměrných koncentrací anilínu a kyanidů v přítoku a odtoku, včetně průměrných účinností odstranění (9. měsíc provozu – implementace předčištění kyanidů).

## 4. ODPADNÍ VODY ZE SANACE BÝVALÉ VÝROBNY FENOLŮ, UNIPETROL LITVÍNŮV

Technologie předčištění fenolových odpadních vod v areálu Unipetrol byla realizována na základě předcházejícího laboratorního ověření s reálnými vzorky vod z lokality v laboratořích TUL. Na základě ověření rozhodujících parametrů (zejména minimální doby zdržení pro danou koncentraci odpadních vod) byla provedena realizace MBBR bioreaktoru pro předčištění odpadních vod, které vznikaly v rámci sanace bývalé výroby fenolů v areálu Unipetrol. Pro realizaci byly využity stávající nádrže, které slouží jednak jako vlastní bioreaktor, jednak jako egalizační nádrže pro vyrovnání kvality přitékajících odpadních vod. Jako nosič biomasy byl použit nosič PAQ-34 (PRO-AQUA CZ). Provoz MBBR pro předčištění fenolových vod trval cca 1 rok po dobu odtěžby kontaminovaných zemin v rámci sanace bývalé výroby fenolů.

### Popis MMBR v areálu RPA Unipetrol Litvínov

Technologie předúpravy fenolových vod řeší odstranění vysokých koncentrací kresolů a fenolů z podzemních vod před jejich přečerpáním na podnikovou BIČ Unipetrolu. Předúprava kontaminovaných vod je realizována ve třech nadzemních ocelových nádržích, z nichž dvě slouží jako vyrovnávací nádrže na kontaminovanou a předupravenou vodu a jedna jako biofilmový fluidní reaktor pro samotnou předúpravu kontaminovaných vod.

Vyrovnávací nádrž kontaminovaných vod byla průběžně plněna čerpáním vody z drénů sanace kontaminovaných podzemních vod. Kontaminované vody z vyrovnávací nádrže jsou v závislosti na výšce hladiny ve vyrovnávací nádrži řízeně čerpány do reaktoru předúpravy kontaminovaných vod s imobilizovanou kulturou směsi bakterií namnožených ze vzorků sedimentů odebraných z bloku 32. Do kontaminované vody čerpané do reaktoru je dle potřeby dávkován odpěňovač, kyselina fosforečná a síran amonný jako nutriční prvky. Aerační systém tvoří trojice dmychadel (1400 m<sup>3</sup>/hod) řízená v závislosti na naměřeném množství rozpuštěného kyslíku v reaktoru, s omezením minimální úrovně výkonu potřebného pro hydraulické promíchávání obsahu reaktoru. Po průchodu reaktorem předupravené vody gravitačně odtékají do vyrovnávací nádrže předupravených kontaminovaných vod.



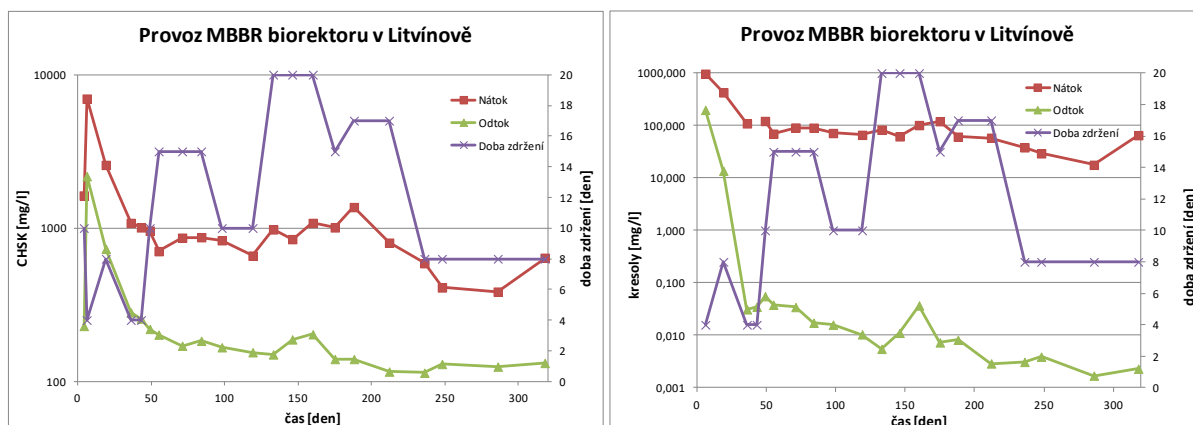


Z vyrovnávací nádrže předupravených kontaminovaných vod jsou vody řízeně čerpány na podnikovou BIČ.

**Tab. 2.** – Přehled základních technických a technologických parametrů MBBR v Unipetrolu Litvínov.

Parametr	hodnota
Průměr a hloubka nádrže [m]	20×4,5
Celkový objem [m <sup>3</sup> ]	1410
Průtok odpadní vody [m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> ]	70–350
Hydraulická doba zdržení [d]	3–20
Zatížení CHSK <sub>Cr</sub> [g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> ]	0,43–2,1
Zatížení kresoly [g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> ]	0,04–0,21
Zatížení fenolem [g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> ]	0,02–0,13
Celkový objem nosičů PAQ-34 [m <sup>3</sup> ]	332

Provoz reaktoru byl zahájen inokulací postupně namnoženým bakteriálním inokulem rodu *Rhodococcus* (VŠCHT Praha), který byl získán izolací ze sedimentů z drenu zajišťující hydraulickou ochranu bývalé výroby fenolů. Inokulum bylo namnoženo z laboratorně připravených 100 l suspenze postupným namnožením v 3 a 20 m<sup>3</sup> bioreaktorech používaných v rámci biodegradace kontaminovaných zemin v areálu Unipetrol. Odpadní vody čerpané z drenážního systému byly předčištěny stripováním (odstranění chlorovaných uhlovodíků) a následně vedeny přes egalizační nádrž do MBBR. Následující obrázky dokumentují odstraňování jednotlivých kontaminantů v průběhu provozu.



**Obr. 2.** – Vývoj průměrných koncentrací CHSK a kresolů v přítoku a odtoku, v závislosti na době zdržení odpadní vody

## 5. ODPADNÍ VODY Z VÝROBY CHLORAMINŮ, BOCHEMIE BOHUMÍN

Biologická část ČOV je určena pro čištění technologických i splaškových odpadních vod z provozu závodu Bochemie. Z technologického hlediska se jedná o biologickou ČOV s jemnobublinnou aerací a aerobní stabilizací přebytečného kalu provozovanou jako nízko zatížený aktivační systém s terciárním stupněm čištění. ČOV tvoří 2 na sobě nezávislé technologické linky, které je možno provozovat variabilně.



Vzhledem k charakteru a složení odpadních vod produkovaných v závodě je na biologické ČOV chemické hospodářství, zabezpečující dávkováním fosforu optimální poměr nutrientů v odpadní vodě. Technologické odpadní vody ze závodu jsou předčištěny na původní neutralizační stanici. Sedimentace kalu vzniklého při neutralizaci probíhá ve dvou lamelových usazovacích nádržích.

Aktivační nádrže mají objem 125 m<sup>3</sup> každá a jsou provozovány paralelně. Ve druhé aktivační nádrži (AN2) byla v roce 2012 umístěna vestavba s nanovlákněným nosičem biomasy, tvořeným pleteninou upnutou v rámech, vyrobenou z polyesterové příze pokryté nanovlákněným povlakem z polyuretanu. Aktivovaný kal se pak usazuje v dosazovacích nádržích o objemu 65 m<sup>3</sup>. Většina odsazeného kalu se vrací do aktivace jako vratný kal. Část odsazeného kalu je odtahována ze systému jako přebytečný kal. Jeho množství je závislé na zatížení ČOV. Přebytečný kal se provzdušňuje v zásobní nádrži přebytečného kalu a po přidavku polymerního flokulantu se odvodní na kalolisu, kde se odvodňuje kal z neutralizační stanice závodu (v současné době jsou kaly po odvodnění likvidovány odvozem na ČOV Bohumín).

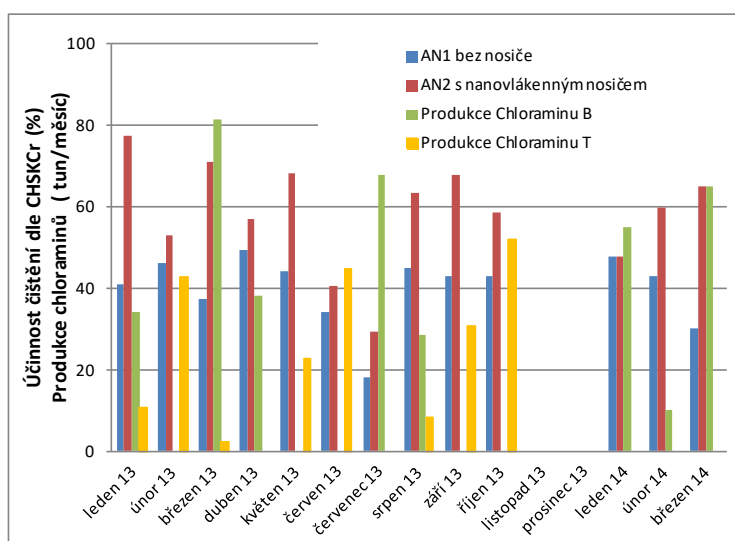
Vyčištěná voda z dosazovacích nádrží je dále dočišťována na mikrosítovém bubnovém filtru a vypouštěna přes měrný Parshallův žlab do recipientu.

Průměrný průtok odpadní vody je cca 500 m<sup>3</sup>/den. V současnosti jsou přivedeny splaškové vody (odpadní vody ze sociálních zařízení od cca 50 zaměstnanců) v množství 4–5 m<sup>3</sup>/d.

**Tab. 3** – Přehled základních technických a technologických parametrů ČOV Bochemie.

Parametr	hodnota
Půdorys a hloubka 1 nádrže [m]	5,6x5,6x4
Celkový objem (2 nádrže) [m <sup>3</sup> ]	250 (2x125)
Průtok odpadní vody [m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> ]	400–1050
Hydraulická doba zdržení [h]	5,7–15
Zatížení CHSK <sub>Cr</sub> [g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> ]	190–290
Celkový povrch nosiče [m <sup>2</sup> ]	130

Následující obrázek dokumentuje odstraňování CHSK v závislosti na výrobě chloraminů.



**Obr. 3.** – Účinnost odstraňování CHSK v závislosti na výrobě chloraminů

## 6. ZÁVĚRY



Příspěvek shrnuje dlouhodobé provozní zkušenosti s provozem biofilmových bioreaktorů pro čištění průmyslových odpadních vod s obsahem toxických látek na 3 příkladech různě kontaminovaných odpadních vod.

Šestiletý intenzivní monitoring provozu první plno-provozní aplikace MBBR v České republice využívaný pro čištění toxických průmyslových odpadních vod z výroby difenylguanidinu prokázal, že tato technologie může být úspěšně aplikována pro čištění takovýchto vod, původně biologicky velmi obtížně čistitelných, kde konvenční systémy obvykle selhávají. Pokud je MBBR spojen s vhodným předčištěním, jenž je nutné volit v závislosti na charakteru odpadní vody, eventuálně i s inokulací specifickým rodem mikroorganismů či s dostatečně dlouhou adaptací biomasy, je možné biologicky čistit i tyto toxické průmyslové odpadní vody.

Laboratorními experimenty zjištěná proveditelnost biologického čištění extrémně znečištěných podzemních vod s obsahem kresolů a fenolu v biofilmovém fluidním reaktoru (MBBR) byla následně potvrzena. Získané návrhové parametry byly použity pro realizaci plnoprovozního technologického zařízení a následně provozem potvrzeny, ačkoli znečištění přiváděných vod po náběhu klesalo a ustálilo se pod hranicí 500 mg/l celkových fenolů. Účinnost odstraňování jednotlivých kontaminantů byla zpravidla vyšší než 99 %.

Výsledky porovnání 2 paralelních aktivačních linek ČOV odstraňujících chloraminy, kde jedna byla osazena vestavbou s nanovláknovým nosičem, ukázaly následující skutečnosti. Linka s vestavbou nosiče biomasy dosahuje vyšších účinností odstraňování přiváděného znečištění. Aktivační linka s vestavbou provozovaná jako hybridní systém měla obecně nižší koncentrace suspendované biomasy, což snižuje látkové zatížení dosazovacích nádrží. Rozdíly v účinnosti čištění jsou jednoznačné i při omezené velikosti vestavby (3x3x2m, celkem jen 130 m<sup>2</sup> nosiče). Zjištěné rozdíly jsou výrazné zejména při vyšších koncentracích znečištění. Životnost instalovaného nosiče byla po dobu provozního testování (2,5 roku) bezproblémová.

## LITERATURA

- Borghei S. M., Hosseini S. H., 2004. The treatment of phenolic wastewater using a moving bed biofilm reactor. *Proc. Biochem.* 39 (10), 1177–1181.
- Dvořák L., Lederer T., Jirků V., Masák J., Novák L. (2014) Removal of aniline, cyanides and diphenylguanidine from industrial wastewater using a full-scale Moving Bed Biofilm Reactor. *Process Biochemistry*, 49 (1), 102-109
- Havlíček K., Nechanická M., Lederer T., Kolčavová Sirková B. 2021 Analysis of nitrifying bacteria growth on two new types of biomass carrier using respirometry and molecular genetic methods, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 225 112795
- Kim Y. M., Lee D. S., Park Ch., Park D., Park J. M., 2001. Effects of free cyanide on microbial communities and biological carbon and nitrogen removal performance in the industrial activated sludge process. *Water Res.*, 45, 1267–1279.
- Lewandowski, Z., Beyenal, H., 2007. *Fundamentals of biofilm research*. CRC Press, Boca Raton. ISBN-13: 978-0849335419.
- Malý J, Hlavínek P., 1996. *Čištění průmyslových odpadních vod*



- Ødegaard H., 2006. Innovations in wastewater treatment: the moving bed biofilm process. *Water Sci. Technol.* 53 (9), 17–33.
- O'Neill F. J., Bromley-Challenor K. C. A., Greenwood R. J., Knapp J. S., 2000. Bacterial growth on aniline: implications for the biotreatment of industrial wastewater. *Water Res.*, 4397–4409.
- Svobodová L, Lederer T., Rosická P., Svoboda P., Novák L, Dostálková J., Jirků V.: Advanced Characterization of Natural Biofilm on Nanofiber Scaffold. *Physiol. Res.* 2019 Dec 30; 68 (34Suppl 4):S491-S499
- Svobodová L, Havlíček K., Nechanická M., Špánek R., Kolčavová Sirková B., Lenfeldová I., Louda O., Moučková°E., Lederer T. 2021 Microfiber structure for enhanced immobilization of nitrifying bacteria in a post-nitrification reactor. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101373
- Wu J., Chen K., Chen C., Hwang J. Hydrodynamic Characteristics of Immobilized Cell Beads in a Liquid-Solid Fluidized-Bed Bioreactor, 2003, *Biotechnol Bioeng* 83, 583–594



# FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ TECHNOLOGIE PRO RECYKLACI VODY V PRŮMYSLU

**Bindzar J.**

*Ústav technologie vody a prostředí, VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6 – Dejvice*

*email: jan.bindzar@vscht.cz*

## **ABSTRAKT**

Příspěvek se zabývá problematikou technologií založených na fyzikálně chemických principech, které jsou vhodné pro recyklaci vody v podmínkách průmyslových podniků. V první části se věnuje obecným pravidlům pro jejich volbu, technickým a v menší míře i ekonomickým. Druhá část je zaměřena na tlakové membránové procesy, odparky, membránovou destilaci a krystalizaci - technologie, které jsou dnes nejčastěji spojovány s přístupem Minimal Liquid Discharge (MLD) nebo Zero Liquid Discharge (ZLD), tedy s minimálním či nulovým vypouštěním odpadních vod.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

krystalizace; membránové procesy; odparky; průmyslové vody; recyklace; Zero Liquid Discharge

## **1. ÚVOD**

V posledních letech celosvětově, a zejména pak v rámci Evropské unie, vzrůstá tlak na udržitelnost průmyslové výroby. Nedílnou součástí takové snahy je také nový pohled na vodní hospodářství průmyslových podniků. Důraz je kladen jak na omezování potřeby vody, tak snižování produkce odpadních vod. Těchto cílů lze dosáhnout dvěma základními cestami: prevencí (tzn. zaváděním úspornějších, v ideálním případě „suchých“ technologií) nebo recyklací a opětovným využíváním vody (v podstatě tedy nahrazení čisté vstupní vody z větší či menší části vodou již použitou, odpadní).

Druhá cesta vyžaduje menší zásahy do samotného výrobního procesu, nicméně v řadě případů zvyšuje nároky na čištění vzniklých odpadních vod na úroveň, která umožní jejich opakované využití. Což se odráží ve volbě vhodných čistírenských technologií, které jsou schopné těmto nárokům dostát. Samozřejmě vždy záleží na konkrétní situaci, především na charakteru produkované odpadní vody a vyžadovaných kvalitativních a kvantitativních parametrech vody pro výrobu. A nelze zapomínat ani na kritérium množství a jakosti vypouštěných odpadních vod. Nepochybně může nastat situace, kdy zcela vyhovujícím prvkem přečištění je sedimentace či nějaká jiná, principiálně, investičně a provozně jednoduchá a nenáročná technologie. Ovšem s rostoucími požadavky na kvalitu používané vody narůstá složitost vhodných řešení. Za vrchol z hlediska úspory vody, ale i technologické náročnosti, lze považovat řešení typu „Zero Liquid Discharge (ZLD)“, tedy s nulovým odtokem, která neprodukují odpadní vody ani další odpady s obsahem vody.

Díky rychle postupujícímu vývoji je dnes i pro sofistikovanější přístup nabídka dostupných technologií široká, a to jak v oblasti biotechnologií, tak fyzikálně chemických procesů. Právě řada fyzikálně chemických technologií, které jsou často z principu separační, mají značný potenciál pro recyklaci. A to nejen vody, ale i látek v ní obsažených.

Problematika technologií pro znovuvyužití/recyklaci vody je mimořádně obsáhlá a rozhodně ji nelze vyčerpávajícím způsobem pokrýt v jednom příspěvku. A omezení na fyzikálně chemické procesy a průmyslové aplikace rozhodně nepředstavuje dostatečné zjednodušení. Tento příspěvek si proto nestanovuje tak široký a ambiciózní cíl, pouze zmiňuje některé obecné zásady pro výběr vhodného řešení a dále informuje o vybraných technologiích. Při jejich volbě autor upřednostnil procesy zaměřené



na rozpuštěné znečištění, schopné produkovat vodu o vysoké kvalitě v širokém rozmezí vstupních parametrů, které svými výkony mohou pomoci k dosažení oné nejvyšší mety - ZLD.

## 2. OBECNÉ ZÁSADY VOLBY TECHNOLOGIE

Volbu vhodné recyklační technologie ovlivňuje řada faktorů, technických (technologických) a ekonomických.

### Cílové znečištění

Prvním rozhodovacím bodem je typ odstraňovaného znečištění. Použitelnost jednotlivých technologií pro cílové polutanty je dobře zmapována v literatuře (Metcalf & Eddy, 2013; Brinkmann a kol., 2016; Davis, 2021). Pokud jde o fyzikálně chemické procesy, jejich doménou jsou dvě oblasti:

#### a) Nerozpuštěné znečištění

Pro nerozpuštěné látky (organické i anorganické) je podle jejich vlastností (sedimentační rychlost, velikost, struktura, ...) k dispozici řada známých technologií – od gravitační separace přes hydrocyklony, koagulaci, flotaci, klasickou filtraci až po membránové separace zhruba na úrovni mikrofiltrace.

#### b) Rozpuštěné látky neodstranitelné biologickými procesy

Odkaz na (ne)použitelnost biologických procesů je zásadní. V současné době stále přetrvává i v průmyslu trend preferovat pro odstranění organických a některých anorganických (např. sloučenin dusíku) látek biotechnologii, umožňují-li to podmínky. To je důvod, proč recyklace odpadních vod často vychází z konceptu fyzikálně chemického terciárního čištění odtoku z biologického stupně (Davis, 2021). Obecně lze říct, že pro řadu ZLD technologií je separace organických látek od anorganických stěžejní prostě z toho důvodu, že tyto dvě skupiny vyžadují odlišný přístup při separaci či eliminaci, případně nabízejí různé možnosti recyklace.

V případě organických látek obtížně rozložitelných/toxických, nebo koncentrací ležících mimo možnosti biologického stupně, ke slovu přicházejí procesy separační nebo destruktivní, v podstatě oxidační. Do první skupiny lze zařadit např. extrakci, adsorpci, některé membránové procesy (např. ultra- a nanofiltrace) nebo destilaci/odpařování. Oxidační procesy jsou svým postavením výjimečné, protože jako jedny z mála fyzikálně chemických technologií nabízejí možnost transformace až úplné destrukce organických polutantů. Zástupci této skupiny jsou na jedné straně tzv. moderní/pokročilé oxidační procesy (Advanced Oxidation Processes – AOPs), definované jako procesy probíhající za běžných teplot a tlaků, při kterých jsou vlastním oxidačním činidlem radikály, především radikály hydroxylové OH<sup>•</sup>, a na straně druhé mokrá oxidace (Wet Air Oxidation – WAO) a oxidace v nadkritickém stavu (SuperCritical Water Oxidation - SCWO), fungující na principu oxidace kyslíkem za zvýšeného tlaku a teploty.

Pro anorganické polutanty je použití fyzikálně chemických procesů většinou první volbou, s čestnou výjimkou sloučenin dusíku, ale i u nich lze narazit na výjimky. Nabídka možných řešení je široká: podle charakteru a koncentrace anorganických látek od srážení přes membrány (typicky nanofiltrace, reverzní osmóza, elektrodialýza), odparky/krytalizaci až po iontovou výměnu.

### Požadovaná kvalita vody

Dalším stěžejním kritériem je požadovaná kvalita výstupu, jinak řečeno účinnost dané technologie. Řadu látek lze odstranit různými postupy, ovšem s různými zbytkovými koncentracemi cílového polutantu. Při zvýšených požadavcích na kvalitu produkované vody některé technologie vysloveně vyžadují další čištění. To se týká např. oxidace organických látek, protože jejich transformace málokdy probíhá stoprocentně až na oxid uhličitý a vodu.





Naopak existují i technologie, které jsou spojovány s produkcí vody až demineralizované, ovšem při aplikaci na odpadní vody většinou vyžadující předčištění. Typickými zástupci jsou odparky, reverzní a přímá osmóza nebo ionexy.

### **Produkce dalších odpadů**

Jak již bylo zmíněno, většina fyzikálně chemických procesů má pouze separační charakter. Při koncipování linky pro recyklaci vody je tedy obvykle nutné vyřešit otázku vzniku tuhých odpadů, případně kapalných odpadních proudů (v podstatě odpadních vod koncentrovanějších než voda původní). Např. v případě srážení či koagulace jde o vzniklý kal, u adsorpce o vyčerpaný sorbent, u membránových procesů o koncentrátový proud, u ionexů o vyčerpaný regenerační roztok.

U tuhých odpadů se podle jejich charakteru obecně nabízejí možnosti likvidace (nejčastěji skládkování u anorganických, spalování u organických kalů) nebo recyklace/regenerace. Druhá varianta je pochopitelně přinejmenším ekologicky přijatelnější, nicméně její realizace je otázkou množství, složení a také ekonomické atraktivity zpracovávaného odpadu.

Je faktem, že některé technologie (především membránové separace a iontová výměna) oddělují zachycené znečištění do více či méně koncentrovaných proudů, které vyžadují vlastní způsob nakládání. Konkrétní způsob opět závisí na jejich charakteru:

#### a) Recyklace

Ideální situace nastává v případě, že látky zachycené v koncentrátu je možné vrátit zpět do výroby. Jako příklad lze uvést možnost recyklace barviv či některých solí v textilním průmyslu, či rekuperaci kyselin z oplachových vod v povrchové úpravě kovů a plastů (Lens a kol., 2002). Koncentrátový proud lze buď přímo, nebo po další úpravě použít pro doplnění pracovních lázní apod.

#### b) Další čištění/zpracování

Pokud je na některý z výstupů recyklační technologie pohlíženo jako na odpadní vodu, je s ní podle toho nakládáno. V podstatě může jít o její recirkulaci zpět do hlavní linky čistírny odpadních vod, např. koncentrát u ultrafiltrace zatížený organickým znečištěním může být vrácen do biologického stupně. Další variantou je aplikace technologie, která by pro původní vodu byla technicky či ekonomicky nepoužitelná – příkladem je srážení anorganických solí z membránových koncentrátů nebo aplikace WAO na organické koncentráty. Specifickou variantou jsou ZLD technologie (dnes se převážně opírající o kombinaci membrán, odparek, případně krystalizace (Tong, 2016)), které oddělené znečištění postupně zkoncentrují do té míry, že v podstatě problém odpadních vod přesouvají do oblasti tuhých odpadů.

#### c) Vypouštění

V některých případech jsou např. retentáty z membránových separací (koncentráty z reverzní osmózy) vypouštěny, většinou do veřejné kanalizace, méně často přímo do recipientu. Podmínkou samozřejmě je, že vypouštěný proud nesmí překračovat předepsané limity. Důležitou roli pak hraje nejen objem vypouštěného proudu, ale i míra zakoncentrování. Je třeba si uvědomit, že z bilančního hlediska takový přístup nevede ke snížení množství vypouštěného znečištění, pouze ke snížení objemu vypouštěných vod.

### **Ekonomické aspekty**

Nedílnou součástí rozhodovacího procesu je samozřejmě posouzení investičních a provozních nákladů. Diskutovat v obecné rovině otázku počátečních investic nemá příliš velký význam (ani přínos), promítá



se do nich pochopitelně především složitost a velikost daného zařízení a míra úprav ve výrobě, kterou nová technologie vyžaduje.

Neméně důležité jsou ale náklady, které vyžaduje provoz technologie. Mezi ty nejvýznamnější patří:

a) Náklady na obsluhu

Tato položka je víceméně dána osobními náklady, které se odvíjí od požadavků zvolené technologie: jakou míru lidských zásahů/dozoru vyžaduje a jaké jsou kvalifikační požadavky na obsluhující personál.

b) Provozní materiál a chemikálie

Řada procesů vyžaduje v kratších či delších časových intervalech pravidelnou obnovu některých prvků: typicky u adsorpce jde o doplnění vyčerpaného adsorbentu, výměnu degradovaného ionexu při iontové výměně, u membránových technologií o výměnu samotných membrán. Spotřeba provozních chemikálií může být významnou položkou u mnoha technologií. A nemusí jít jen o zcela zřejmé případy, jako jsou kyseliny či zásady u neutralizace, činidla pro srážení a koagulaci, ale i položky, které jsou především laikům na první pohled skryté. To je případ již několikrát zmiňovaných membránových procesů, u kterých je podle situace nutné počítat s chemickým čištěním membrán a někdy dávkováním pomocných činidel do vstupu – např. pro snížení rizika zanášení.

c) Energie

Energetické nároky jsou v řadě případů stěžejním kritériem při rozhodování mezi dvěma nebo vícero řešeními. Většinou lze s uspokojivou přesností vyjádřit na jednotkový objem vstupu či výstupu. Relativně nový faktor, který vstupuje do hry, je otázka zdroje energie ve vztahu k uhlíkové stopě zvolené technologie. Jinak řečeno: lze očekávat, že průmyslové podniky se při volbě recyklačních technologií budou muset ohlížet nejen na to, zda pro ně mají dostatečný a ekonomicky přijatelný zdroj, ale také zdroj s nízkou uhlíkovou stopou. Což může být např. využití odpadního tepla z výroby pro odparky a jiné termální procesy, nebo dodávka elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

d) Likvidace odpadů

Jak bylo zmíněno dříve, vedlejším produktem recyklace vody mohou být odpady nejrůznějšího druhu a jejich zpracování či eliminace, ať v rámci podniku nebo prostřednictvím externí firmy, mohou významně ovlivnit ekonomickou bilanci procesu. Známými příklady jsou opět vyčerpané sorbenty, kaly ze srážení a koagulace, ale např. také tuhý zbytek z odparky při používání technologie ZLD.

### **3. VYBRANÉ TECHNOLOGIE PRO RECYKLACI VODY**

Jak bylo naznačeno v úvodu, tato část se zaměří na aspoň stručné přiblížení technologií, které s vysokou účinností odstraňují rozpuštěné znečištění, a jejichž kombinací lze dosáhnout úplného uzavření vodní smyčky s nulovou produkcí odpadních vod (ZLD), nebo přinejmenším objem odtoku ze systému minimalizovat (Minimal Liquid Discharge - MLD). Ve spojitosti s MLD i ZLD jsou dnes nejhojněji skloňovány dvě skupiny procesů: membránové (především tlakové) a termální (Tong, 2016; Panagopoulos, 2020).





## Tlakové membránové procesy

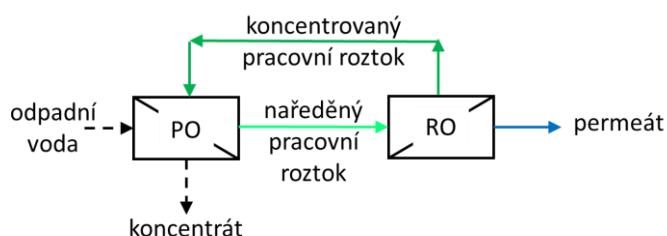
Obecně membránové separační procesy využívají selektivní polopropustné membrány. Voda vstupuje do modulu s membránou, na které dochází k rozdělení na dva proudy: membránou prostupuje permeát (též diluát) zbavený části znečištění, oddělené znečištění zůstává v tzv. retentátu (koncentrátu). Nejrozšířenější skupinou jsou právě tlakové membránové procesy, u kterých je hnací silou rozdíl tlaků mezi koncentrátovou a permeátovou stranou. Velikost separovaných částic je dána typem membrány a pracovním tlakem. Ve spojení s recyklací vody jsou nejčastěji zmiňovány ultrafiltrace, nanofiltrace a přímá a reverzní osmóza.

**Ultrafiltrace.** S porozitou membrán cca 10 – 100 nm a pracovními tlaky 200 – 1000 kPa je schopna odstraňovat nerozpuštěné látky a makromolekulární sloučeniny typu bílkovin či polysacharidů. Je účinná také při separaci koloidů či virů (Metcalf & Eddy, 2013).

**Nanofiltrace.** Pracuje s membránami o velikosti pórů asi 1 – 10 nm a pracovními tlaky 1 – 4 MPa a cílovým znečištěním jsou organické látky a ionty s mocností vyšším než 1 (Metcalf & Eddy, 2013).

**Reverzní osmóza.** Běžně je schopna při pracovních tlacích v jednotkách až desítkách MPa separovat částice o velikosti 0,1 – 1 nm a větší. Od předchozích tlakových procesů se liší principem separace – používané membrány jsou neporézní a látky přes ně migrují na základě své rozpustnosti v materiálu membrány a následné difúzi. Teoreticky by přes membránu měla procházet jen voda a reverzní osmóza by měla být schopna produkovat ultračistý permeát zbavený prakticky jakéhokoliv znečištění (Metcalf & Eddy, 2013).

**Přímá osmóza.** V angličtině označována jako forward osmosis. Je relativně novým příspěvkem do portfolia membránových procesů. Probíhá ve dvou stupních: V prvním je na jednu stranu membrány přiváděna vstupní voda, na druhou pracovní (osmotický, hnací, "tažný") roztok s vysokým osmotickým tlakem, tedy vysokou koncentrací rozpuštěných látek. V tomto stupni je hnací silou osmotický tlak daný rozdílnými koncentracemi rozpuštěných látek na obou stranách membrány. Voda ze vstupního proudu prochází přes membránu do pracovního roztoku (např. roztoku NaCl, mořské vody), který ředí. Výstupy z 1. stupně jsou tedy vstupní koncentrát a naředěný pracovní roztok. Ten je následně ve druhém stupni zakonzentrován pomocí vhodného procesu (reverzní osmózy, případně destilace či membránové destilace). Z 2. stupně tak vystupují regenerovaný (zpět zakonzentrován) pracovní roztok, který se vrací do 1. stupně, a získaná voda (viz Obr. 1), (Valladares Linares a kol., 2014).



**Obr. 1.** Schéma propojení přímé osmózy (PO) s reverzní osmózou (RO). Regeneračním stupněm může být alternativně odparka či membránová destilace.



## Termální procesy

Jak název napovídá, termální procesy pracují se separací složek ve vstupním proudu při zvýšené teplotě. Pro znovuvyužití a recyklaci vody jsou nejčastěji aplikovány odparky (destilace), membránová destilace a krystalizace.

*Odparky/destilace.* Při destilaci jsou složky roztoku odděleny odpařením a následnou kondenzací. V případě recyklace odpadních vod je odpařovanou složkou právě voda. Existuje řada odparek pracujících s různými tepelnými zdroji a v různých tlakových režimech, jedno i vícestupňových. Cílem je především co nejefektivnější využití dodaného tepla. Pro zvýšení účinnosti pracují s využitím tepla kondenzátu a předehřevem vstupující vody. Jedním ze způsobů, jak snížit energetické nároky je odpařování/destilace za sníženého tlaku (vakua), (Metcalf & Eddy, 2013).

*Membránová destilace.* Jedná se o technologii, jejíž zapojení do čištění odpadních vod je stále na počátku. Je to termální membránový proces a hnací silou prostupu separované složky přes membránu je teplotní gradient, který způsobuje, že páry z teplejšího roztoku přecházejí přes membránu do prostoru s nižší teplotou. Membránová destilace využívá hydrofobní porézní membrány, které brání prostupu kapalin a umožňují prostup právě pouze parní fázi. Obdobně jako u destilace je odpařovanou složkou právě voda (Brinkmann a kol. 2016).

*Krystalizace.* Krystalizace je proces, při kterém rozpuštěná látka přechází do čisté tuhé, krystalické formy. Díky tomu nachází široké uplatnění při rekuperaci řady látek i recyklaci vody. Proces krystalizace nemusí být nutně vyvolán změnou teploty, nicméně v oblasti recyklace odpadních vod a rekuperace solí z nich jsou nejčastěji zmiňovány ty varianty procesu, které pracují právě na teplotním principu: Krystalizace je způsobena zahuštěním (přesycením) vodného roztoku na odparce či pomocí membránové separace, nebo naopak jeho ochlazením (Lu a kol., 2017).

## Zapojení procesů do ZLD

Prvním cílem ZLD obvykle bývá odstranění organických látek. Toho je často dosaženo předřazením biologického čištění. Jinými slovy jsou pro ZLD využívány odtoky z biologické čistírny odpadních vod. Výhodou je, pokud oním biologickým stupněm je membránový biologický reaktor (MBR), kde membránová separace (zejména na úrovni ultrafiltrace) zajišťuje vyšší kvalitu odtoku. Pokud je biologický přístup nevhodný, nebo je nutné odstranit organická rezidua za biologickým stupněm, alternativou mohou být adsorpce, iontová výměna či oxidace. Nelze zapomínat, že organické látky může odstranit i nanofiltrace. V tomto případě je pochopitelně nutné vyřešit otázku nakládání s koncentrátem, který může být zatížen kromě organiky také vícemocnými anorganickými ionty (Tong, 2016; Panagopoulos, 2020; Davis, 2021).

Další možností, jak se vypořádat s výskytem organických látek, je aplikace přímé osmózy. Tento proces umožňuje aplikovat membránovou separaci i pro vody, které není možné čistit přímo reverzní osmózou. Ale i tak je třeba vždy zvážit riziko zanesení membrán. Permeát získaný regenerací pracovního roztoku (viz Obr. 1) již většinou splňuje kvalitativní požadavky na opětovné využití. Ovšem množství koncentráту může být vysoké (desítky procent) a z hlediska bilančního je přímá osmóza spíš řešením typu MLD (Valladares Linares a kol., 2014).

Po eliminaci organického znečištění přichází na řadu separace anorganických solí. V současnosti převažují dva přístupy (Tong, 2016; Panagopoulos, 2020; Davis, 2021):



a) Čistě termální, který obnáší přímé využití odpadky pro zahuštění s následnou krystalizací koncentráту. Spojení odpadka – krystalizátor má za úkol snížit energetickou náročnost procesu.

b) Kombinace membránových a termálních procesů, která by měla vést k dalším energetickým úsporám. V klasickém uspořádání jde o využití reverzní osmózy, jejíž koncentrát je zpracován na odparce a následně v krystalizátoru.

Reverzní osmóza je tradičně proces poměrně citlivý na kvalitu vstupu, takže kromě výše zmíněného odstranění organických látek může vyžadovat další úpravu čišťené vody. Může jít např. o předřazení ultrafiltrace, změkčování (snížení koncentrace  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  kvůli riziku inkrustací) nebo dávkování antiscalantů (Tong, 2016). Zajímavou variantou je kombinace nanofiltrace – reverzní osmóza. V tomto uspořádání totiž dochází k oddělení vícemocných iontů od jednomocných, což usnadňuje případnou recyklaci vzniklých solí. Permeát i koncentrát z nanofiltrace jsou dále zakoncentrovány klasickým postupem reverzní osmóza → odparka → krystalizátor. Lze takto oddělit např.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  od  $\text{NaCl}$  (Shi a kol., 2021).

#### 4. ZÁVĚRY

Fyzikálně chemické procesy jsou nedílnou součástí technologií určených pro recyklaci vody. Skladba použitých technologií vždy závisí na konkrétních podmínkách, nicméně v obecné rovině lze konstatovat, že s rostoucími požadavky na kvalitu vyrobené vody a s rostoucí mírou uzavřenosti daného vodního systému vzrůstá technická i ekonomická náročnost možných řešení. Za nejvyšší úroveň recyklace vody jsou považovány systémy ZLD, které neprodukují odpadní vody ani další odpady s obsahem vody. V současnosti jsou pro ZLD nejčastěji používány tlakové membránové procesy, odparky a krystalizace.

#### PODĚKOVÁNÍ

Publikace byla vytvořena v rámci projektů TITOMPO941 Hospodárnější užívání vod v průmyslu a energetice ČR a SS02030027 Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu (Centrum Voda).

#### LITERATURA

- Brinkmann T., Giner Santonja G., Yükseler H., Roudier S., Sancho L. D. (2016). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector*. EIPPCB
- Davis C., Rosenblum E. eds. (2021) *Sustainable Industrial Water Use: Perspectives, Incentives, and Tools*. IWA Publishing, UK.
- Lens P., Hulshoff Pol L., Wilderer P., Asano T. eds. (2002). *Water Recycling and Resource Recovery in Industry*. IWA Publishing, UK.
- Lu, H., Wang J., Wang T., Wang N., Bao Y. (2017). Crystallization techniques in wastewater treatment: An overview of applications. *Chemosphere*, 173, p. 474-484.
- Panagopoulos A., Haralambous K.-J. (2020). Minimal Liquid Discharge (MLD) and Zero Liquid Discharge (ZLD) strategies for wastewater management and resource recovery – Analysis, challenges and prospects. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104418.
- Metcalf & Eddy Inc., Tchobanoglous G., Burton F. L., Tsuchihashi R. Stensel H. D. (2013). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Professional, USA.
- Shi, Y.-T., Meng X., Yao L., Tian M. (2021). A full-scale study of nanofiltration: Separation and recovery of  $\text{NaCl}$  and  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  from coal chemical industry wastewater. *Desalination*, 517, 115239.



Tong T., Elimelech M. (2016). The Global Rise of Zero Liquid Discharge for Wastewater Management: Drivers, Technologies, and Future Directions. *Environmental Science & Technology*, 50(13), p. 6846-6855.

Valladares Linares R., Li Z., Sarp S., Bucs Sz.S., Amy G., Vrouwenvelder J.S. (2014). Forward osmosis niches in seawater desalination and wastewater reuse. *Water Research*, 66. p. 122-139.



# INOVATIVNÍ BIOLOGICKÉ PROCESY VYUŽITELNÉ PRO ČIŠTĚNÍ A RECYKLACI ODPADNÍCH VOD V PRŮMYSLU

**Bartáček J.\*, Dolejš P., Kouba V.**

*Ústav technologie vody a prostředí, VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6*

*\*autor pro korespondenci, email: bartacej@vscht.cz*

## **ABSTRAKT**

Přednáška se bude zabývat představením několika netradičních technologií založených na biologických procesech (např. NEREDA, bioelektrické systémy, speciální kombinace odstraňování dusíku, uhlíku a síry atd.), které jsou využitelné pro čištění a recyklaci vod v průmyslu. Tyto technologie budou porovnány s běžnými technologiemi a dány do kontextu katalogu technologií vyvinutého v rámci projektu „Hospodárnější užívání vod v průmyslu a energetice ČR“.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Membrána; permeát; průmyslové vody; znovuvyužití

## **1. ÚVOD**

V posledních letech se s překvapivou rychlostí stupňují dopady klimatických změn na lidskou společnost a to i v prostředí střední Evropy. Nejviditelnějším efektem v České republice je fakt, že se každým rokem vyskytne řada případů obcí, které trpí akutním nedostatkem zdrojů vody. Nicméně problémů, které spojuje voda, jako ústřední téma je celá řada: dlouhodobý pokles hladiny podzemní vody, vysychání lesních porostů a s ním spojené kůrovcové kalamity, nedostatek vody v zemědělství, eutrofizace vodních nádrží včetně vodárenských atd. Je jasné, že výše zmíněné jevy mají i další příčiny jako nedostatečný záchyt vody v krajině a především ve městech nebo zvýšené vypouštění fosforu do povrchových vod. Nicméně vliv oteplování planety je již zcela nesporný a se těmito dalšími problémy se umocňuje.

Je tedy logické, že i výzkum v oblasti nakládání s odpadními vodami se stále intenzivněji věnuje vývoji nových technologií, které jednak mohou dlouhodobě zmírnit rychlost klimatických změn, jednak mohou krátkodobě až střednědobě zmírnit dopady klimatických změn na společnost. V prvním případě jde především o snižování energetické náročnosti čištění odpadních vod a o recyklaci zdrojů, tj. energie, nutrientů, organických látek a dalších materiálů z odpadních vod. V druhém případě jde o zvýšení efektivity využití vody prostřednictvím recyklace vody pro různé účely na různých úrovních od zcela centralizovaných po zcela decentralizované systémy.

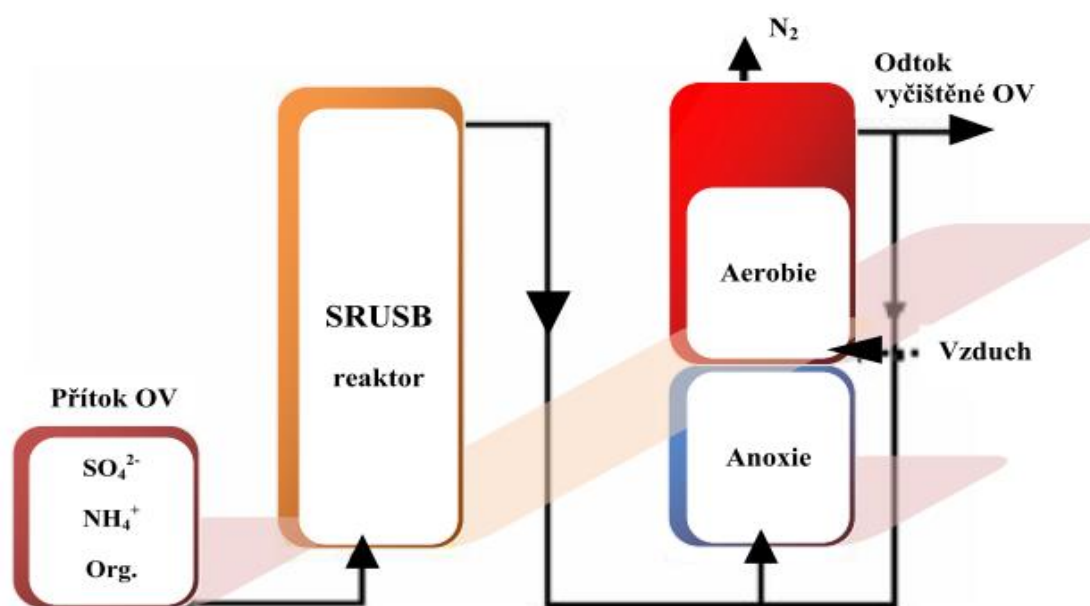
V tomto příspěvku uvádíme řadu příkladů technologií naplňující výše zmíněné principy: energeticky úsporné technologie, technologie recyklující zdroje a technologie recyklace vody. S jedinou výjimkou procesu NEREDA® jde o technologie, jejichž vývojem se kratší či delší dobu zabýváme na laboratorní, poloprovozní a/nebo provozní úrovni v rámci skupiny Anaerobních biotechnologií na Ústavu technologie vody a prostředí, VŠCHT Praha.



## 2. TECHNOLOGIE NETRADIČNĚ KOMBINUJÍCÍ ODSTRAŇOVÁNÍ UHLÍKU, DUSÍKU A SÍRY

### SANI® proces

Tato technologie byla vyvinuta na základě výzkumu univerzity v Číně (The Hong Kong University of Science and Technology) ve spolupráci s univerzitou v Nizozemí (Delft University of Technology (Lu et al., 2012a; Lu et al., 2012b)). Jedná se v současné době o nejsofistikovanější zařazení procesu autotrofní denitrifikace do komplexního řešení nakládání s OV. Proces se skládá z kroků: redukce síranů v anaerobním reaktoru, nitrifikace v aerobním filtru a autotrofní denitrifikace (anoxická část procesu), obr. 1.



**Obr. 1.** Schéma SANI® procesu na čištění městských odpadních vod v Hongkongu.

Hlavním benefitem SANI procesu je jednoznačně velmi nízká produkce kalu (v porovnání s konvenčními ČOV) daná charakterem využívaných biologických procesů čištění OV. Anaerobní SRB (sulfát redukující bakterie), autotrofní denitrifikační bakterie a nitrifikační bakterie jsou všechny pomalu rostoucí mikroorganismy. Navíc se tato technologie může pochlubit snížením uhlíkové stopy o cca 1/3, především díky sulfát redukujícím bakteriím, které v kompetici s metanogeny zcela převládli a žádný bioplyn nebyl v tzv. SRUSB reaktoru (sulfate reduction up-flow sludge bed) produkován. To potvrzuje teorii, že pokud je v prostředí dostatek síranů, hydrogenotrofní SRB dominují nad hydrogenotrofními metanogeny.

Stručný princip procesu spočívá v redukci síranů na sulfidy za současné spotřeby organického znečištění, vzniklé sulfidy slouží jako donor elektronů procesu autotrofní denitrifikace, za který je zařazen běžný biologický nitrifikační filtr. Z přítokových parametrů odpadní vody 280 mg.l<sup>-1</sup> nerozpuštěné látky, 431 mg l<sup>-1</sup> CHSK<sub>Cr</sub>, 588 mg l<sup>-1</sup> SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> a 87 mg l<sup>-1</sup> TN je tento proces schopen odstranit NL, CHSK<sub>Cr</sub> a TN z 87 %, 87 % a z 57 %, přičemž nízká účinnost na odstranění dusíku je osvětlována charakterem OV (z mytí plochy letiště v Hongkongu). Ovšem v dalším experimentu s totožnou pilotní jednotkou SANI procesu jsou uvedeny účinnosti odstranění CHSK<sub>Cr</sub> a TN 95 % a 74 %. Dále koeficient produkce biomasy Y<sub>obs</sub> je například v SRUSB reaktoru řádově srovnatelný (reálně dokonce nižší) s teoretickou hodnotou udávanou pro „klasický“ anaerobní fermentační proces, a nesrovnatelný s





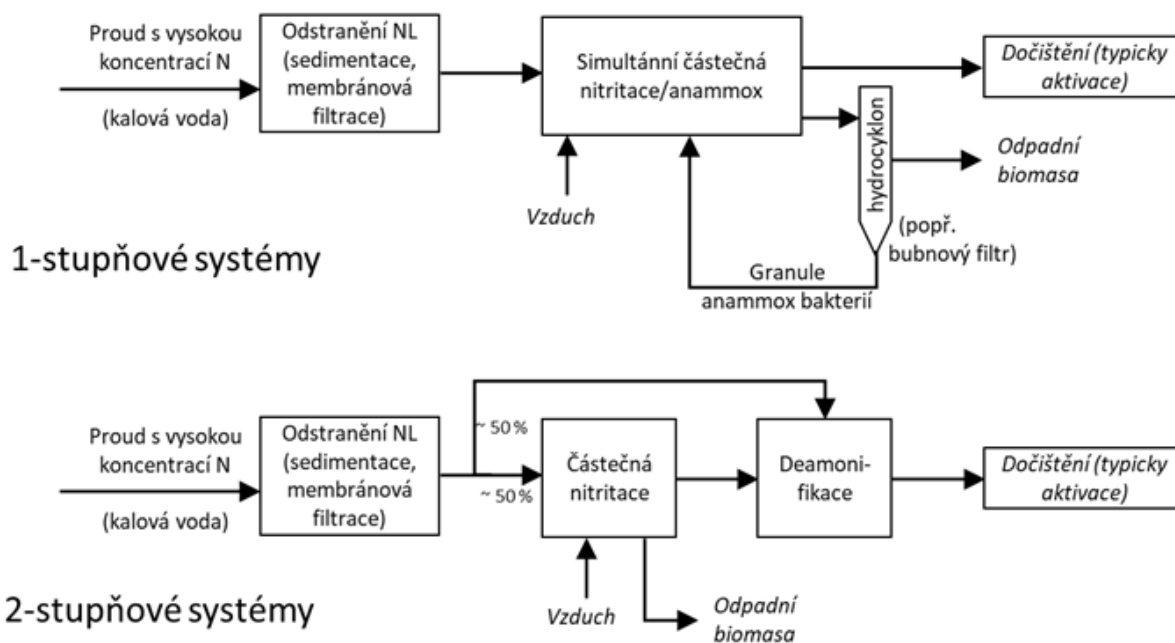
produkcí biomasy v aktivačním (aerobním) procesu. Tato technologie snižuje produkci kalu o 90 % oproti klasické aktivační ČOV. Nutno ale zmínit, že tento proces je striktně závislý na neobvykle vysoké koncentraci síranů v OV. Běžné městské OV ve střední Evropě obsahují v průměru  $150 \text{ mg l}^{-1} \text{ SO}_4^{2-}$ , což je koncentrace nízká pro využití sulfidů, které jsou vhodným prostředkem pro proces autotrofní denitrifikace.

### Odstraňování dusíku nezávisle na organickém uhlíku – proces anammox

Použití deamonifikace (anaerobic ammonium oxidation – anammox) se stává trendem v oblasti čištění koncentrovaných a relativně teplých odpadních vod (typicky kalová voda, tj. kapalná fáze po odvodnění nebo zahuštění anaerobních kalů). V roce 2014 již bylo v plném provozu nejméně stovka provozních instalací různých modifikací procesu anammox po celém světě (Lackner et al., 2014). Jedná se o mnoho modifikací včetně jedno- a dvou-stupňových procesů, s použitím biomasy anammox ve formě granulí i biofilmu na plastových nosičích (MBBR). Přibližně jedna čtvrtina těchto instalací čistí průmyslové odpadní vody, zbytek (75 %) je použit pro čištění kalové vody v městských čistírnách odpadních vod.

Vzhledem k tomu, že kalová voda s sebou nese nejméně 20 % celkového zatížení ČOV dusíkem navíc ve značně koncentrované formě (Chudoba et al., 2013), aplikace procesu anammox přináší určité úspory objemu (typické objemové zatížení dusíkem se pohybuje mezi  $0,2 - 0,65 \text{ kg.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$ ) a úspory okolo 15 % celkové spotřeby vzduchu na oxidaci amoniakálního dusíku (anammox potřebuje cca. 50 % energie na aeraci v porovnání s procesem nitrifikace-denitrifikace) (Lackner et al., 2014).

Ještě významnější je u anammoxu prakticky 100% snížení spotřeby (externího) substrátu a 90% snížení produkce kalu v porovnání s procesem nitrifikace-denitrifikace (Lackner et al., 2014). Tento proces je tedy vhodný pro odpadní vody s vysokým poměrem N/C, jako jsou např. fugáty z bioplynových stanic.



Obr. 1. Příklady uspořádání procesu deamonifikace (anammox)

### 3. ENERGETICKY ÚSPORNÉ A KOMPAKTNÍ TECHNOLOGIE

#### Aerobní granulovaná NEREDA® – systém NEREDA®

V oblasti aerobních technologií je jednou z nejnovativnějších technologií použití aerobních granulí v procesu NEREDA®. Jedná se o zdola protékané aerobní reaktory provozované jako SBR. Růst

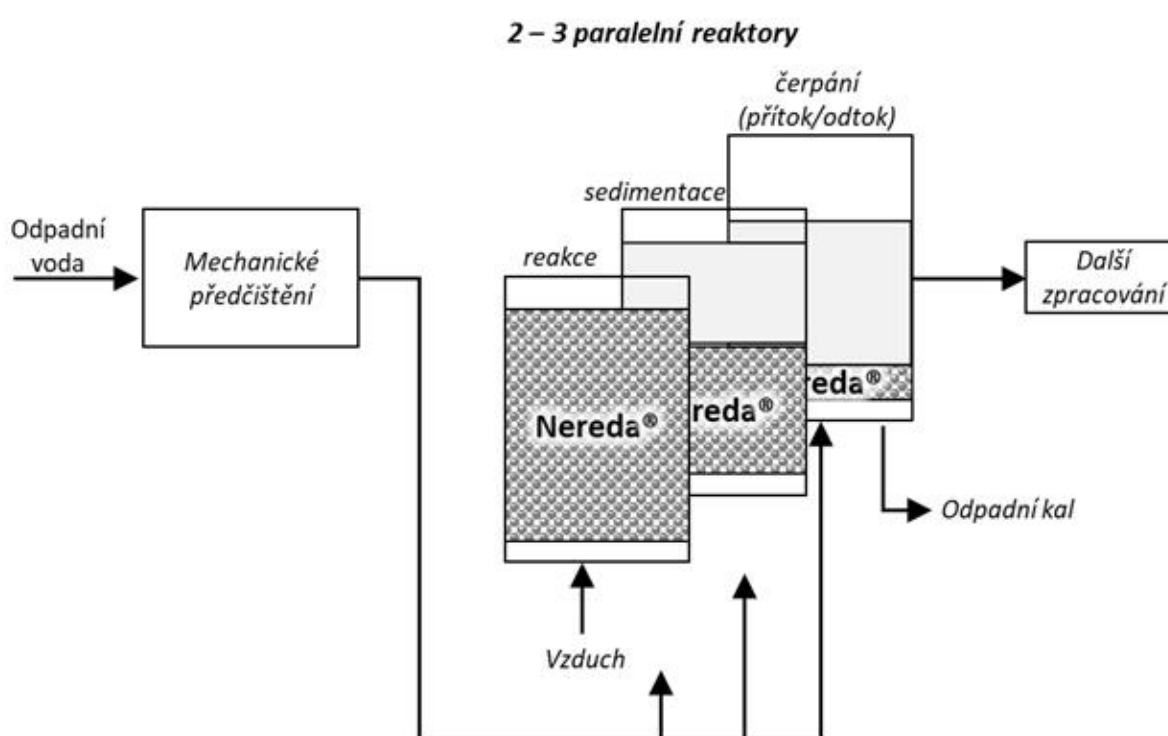




granulovaného kalu je dosaženo jednak podporou růstu pomalu rostoucích organismů (zejména zařazením anaerobní fáze a podporou růstu poly-P bakterií), jednak vymytím suspendovaného kalu díky dokonale distribuovanému vzestupnému pístovému toku.

Hlavní výhodou procesu NEREDA® jsou cca o 25 % nižší prostorové nároky ve srovnání s aktivací (mj. nejsou potřeba dosazovací nádrže). Druhým významným pozitivním faktorem je bezproblémové zajištění dostatečného stáří kalu nutného pro růst nitrifikantů. Nevýhodou jsou vyšší potřebné koncentrace rozpuštěného kyslíku v aerobní fázi, protože granulovaný biofilm působí jako překážka pro transport kyslíku. Přesto se však uvádí, že NEREDA® spotřebovává méně než polovinu elektrické energie ve srovnání s běžnými holandskými ČOV (Pronk et al., 2015).

V současnosti je v provozu 26 městských a 4 průmyslové ČOV (na 4 kontinentech) založené na procesu NEREDA® (Wastewater Treatment Solutions, 2016). Rychlejší rozvoj této technologie je brzděn faktem, že jde o patentovanou technologii.



**Obr. 1.** Schéma typického uspořádání procesu NEREDA®.

### Technologie MBBR

Bionosiče ve vznosu MBBR (moving bed biofilm reactor) jsou již zavedenou čistírenskou technologií pro průmyslové i pro komunální odpadní vody. Výhody biofilmových technologií spočívají zejména ve využití mikroorganismů schopných vytvářet přirozený biofilm, které vynikají vyšší rezistencí vůči toxickým vlivům, udržení v systému i pomalu rostoucích mikroorganismů (např. nitrifikační bakterie), odolnost vůči periodickému přetěžování apod. V ČR se lze inspirovat z několika realizací, jak uvádí např. (Lederer et al., 2014). Ačkoli se tedy nejedná o nový způsob nakládání s odpadními vodami, jeho potenciál v ČR není ani z daleka vyčerpán. Navíc se stále více využívají schopnosti např. postdenitrifikačních MBBR pro odstranění zbytkového dusíku s externím substrátem nebo obecně vyšší pozorované účinnosti odstranění specifických polutantů v těchto systémech. Nedávným (2017) příkladem úspěšné intenzifikace mlékárenské ČOV je realizace v areálu firmy Hollandia, kde dvojice



MBBR o užitém objemu 2 x 80 m<sup>3</sup> předčišťuje OV s nosiči biomasy ve fluidním loži se systémem hrubobublinné aerace (Dolejš et al., 2018).



## TECHNOLOGIE PRO RECYKLACI CHEMICKÉ ENERGIE

### Anaerobní čištění odpadní vody

Pro čištění městských (tzn. zředěných) odpadních vod přichází v úvahu použití UASB reaktoru se suspenzním kalem a s připojeným fermentorem pro mesofilní stabilizaci nerozpuštěných látek (systém UASB-Digester), membránových anaerobních bioreaktorů (AnMBR), nebo reaktorů se speciálními nosiči biomasy (granulované aktivní uhlí – GAC, polyuretanová pěna atd.). Nejjednodušším a nejlevnějším systémem pro anaerobní čištění městských a splaškových vod je reaktor UASB, popř. systém UASB-Digester (Mahmoud et al., 2004; Seghezzi et al., 1998). Tyto systémy bývají často využívány v rozvojových zemích s teplejším klimatem, především pro svoji jednoduchost. V těchto oblastech napomáhá i zpravidla vyšší koncentrace splaškových vod (ChSK až 1 g.l<sup>-1</sup>) a vyšší teplota. Samotný UASB reaktor dosahuje odtokových koncentrací ChSK v rozsahu 100 – 200 mg.l<sup>-1</sup>.

Podstatně lepších účinností lze dosáhnout při použití AnMBR (odtoky v rozsahu 50 – 100 mg.l<sup>-1</sup>). Každé zlepšení odtoku však s sebou přináší větší složitost technologie, zvýšení nákladů na vstupní materiály (sofistikované anebo patentované membránové materiály u AnMBR) a zvýšení energetických nákladů pro čerpání.

Význam AnMBR v poslední dekádě exponenciálně roste. Smith et al. (2014) porovnával současný stav technických možností (reálně dosahovaných vs. budoucí vývoj) AnMBR dle tří základních parametrů: 1) dosahovaný tok přes membránu (flux); 2) intenzita recirkulace plynu pro potlačení zanášení membrán (gas sparging) a 3) procento získaného rozpuštěného methanu z odtoku (dissolved methane recovery) (Tab. 1).

**Tab. 1** Porovnání současného stavu provozních možností AnMBR (publikováno 2014) a budoucího výhledu perspektiv technologie AnMBR dle (Smith et al., 2014).

parameter <sup>a</sup>	baseline value	current		future	
		worst case	best case	worst case	best case
flux (LMH)	10	7	17	10	30
sparging (SGD; m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> /frequency; % on)	0.23/100	0.50/100	0.10/100	0.23/100	0.082/25
dissolved methane recovered (%)	0	0	0	0	100

## 4. ZÁVĚRY

Tento příspěvek podává přehled několika více či méně nových technologií, které jsou v různém stádiu vývoje (od laboratorních pokusů, přes poloprovozy až po provozní aplikace). Autoři tohoto příspěvku jsou přesvědčeni, že jde o vysoce perspektivní technologie, které se v blízké budoucnosti prosadí na trhu.

## PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek byl vytvořen s podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Beta 2.

## LITERATURA

- Dolejš, P., Čejka, J., Arnoltová, K., Škoda, M. 2018. Vyhodnocení zkušebního provozu mlékárenské ČOV s nosiči biomasy (MBBR) v symbióze s městskou ČOV Krásné Údolí. in: *Nové metody a postupy při provozování čistíren odpadních vod*, NOEL. Moravská Třebová, pp. 126-133.
- Lackner, S., Gilbert, E.M., Vlaeminck, S.E., Joss, A., Horn, H., van Loosdrecht, M.C.M. 2014. Full-scale partial nitrification/anammox experiences - An application survey. *Water Research*, **55**, 292-303.



- Lederer, T., Novák, L., Křiklavová, L., Dvořák, L. 2014. Čištění průmyslových odpadních vod v biofilmových bioreaktorech, využití moderních nosičů biomasy. in: *Odpadové vody 2014*, NOI Bratislava. Štrbské Pleso, pp. 293-298.
- Lu, H., Ekama, G.A., Wu, D., Feng, J., van Loosdrecht, M.C.M., Chen, G.H. 2012a. SANI® process realizes sustainable saline sewage treatment: Steady state model-based evaluation of the pilot-scale trial of the process. *Water Research*, **46**(2), 475-490.
- Lu, H., Wu, D., Jiang, F., Ekama, G.A., van Loosdrecht, M.C., Chen, G.H. 2012b. The demonstration of a novel sulfur cycle-based wastewater treatment process: Sulfate reduction, autotrophic denitrification, and nitrification integrated (SANI®) biological nitrogen removal process. *Biotechnology and Bioengineering*.
- Mahmoud, N., Zeeman, G., Gijzen, H., Lettinga, G. 2004. Anaerobic sewage treatment in a one-stage UASB reactor and a combined UASB-Digester system. *Water Research*, **38**(9), 2347-2357.
- Pronk, M., de Kreuk, M.K., de Bruin, B., Kamminga, P., Kleerebezem, R., van Loosdrecht, M.C.M. 2015. Full scale performance of the aerobic granular sludge process for sewage treatment. *Water Research*, **84**, 207-217.
- Seghezzi, L., Zeeman, G., Van Lier, J.B., Hamelers, H.V.M., Lettinga, G. 1998. A review: The anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors. *Bioresource Technology*, **65**(3), 175-190.
- Smith, A.L., Stadler, L.B., Cao, L., Love, N.G., Raskin, L., Skerlos, S.J. 2014. Navigating wastewater energy recovery strategies: a life cycle comparison of anaerobic membrane bioreactor and conventional treatment systems with anaerobic digestion. *Environmental Science & Technology*, **48**(10), 5972-5981.



## DIGITALIZACE VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ V PRŮMYSLU

Dolejš P.

*IP4life, s.r.o., Na Veselí 1206/14, 140 00 Praha 4*

*VDT Technology, a.s., Na Ořeškovce 580/4, 162 00 Praha 6*

*VŠCHT Praha, Ústav Technologie vody a prostředí, Technická 5, 166 28, Praha 6*

*email: dolejs@waterincity.cz*

### ABSTRAKT

Příspěvek představuje vybrané inovativní přístupy ke správě a řízení vodohospodářské infrastruktury v průmyslu a prezentuje možnosti využití moderních SW a HW nástrojů za účelem optimalizace provozu a například úspory vody.

### KLÍČOVÁ SLOVA

Průmysl 4.0; Digitální dvojče; Monitoring, Datová správa

### 1. ÚVOD

Digitalizace správy vodohospodářské infrastruktury nejsou jen chytré vodoměry nebo zavedení online provozního deníku. Obrovský potenciál přinášejí řešení v oblasti detekce a snižování ztrát vody (včetně recyklační technologií), cloudová řešení datové správy v podniku, prediktivní údržby, provozního monitoringu, optimalizace procesů s použitím matematického digitálního modelu (digitální dvojče) a správa životního cyklu vodohospodářských strojně-technologických celků. Níže jsou shrnuty některé výstupy z projektu „Hospodárnější užívání vod v průmyslu a energetice ČR“ (Křivánková et al., 2021).

### 2. SNIŽOVÁNÍ ZTRÁT VODY

Pro identifikaci ztrát je klíčový monitoring spotřeby vody a chování distribuční soustavy. Kromě klasických metod, jakými je instalace vodoměrů a jejich pravidelný odečet, se nabízí i pokročilé způsoby založené na on-line měření průtoku v jednotlivých větvích, monitoring tlaku, nebo akustické metody pro identifikaci poruch. Nejlepších výsledků je pak dosahováno kombinací více prvků charakteristických pro Průmysl 4.0, které dokážou sestavit bilanci spotřeby vody v reálném čase a nalézat tak poruchy na vodohospodářské infrastruktuře. Současně tyto metody dokážou eliminovat i nevhodné chování ve výrobě a hlídat spotřebu vody a její vztah k jednotce produkce průmyslového podniku. Tuto oblast lze rozdělit na vlastní monitoring a aplikaci prvků Průmyslu 4.0 ve vodohospodářské infrastruktuře a na digitalizaci správy vodohospodářských dat.

#### Monitoring spotřeby vody

Pro sestavení vodní bilance průmyslového podniku je zásadní monitoring nejen množství spotřebované vody (vstup do systému, podniku) a množství produkované odpadní vody (výstup ze systému, podniku), ale i monitoring hlavních proudů vody např. v jednotlivých technologických celcích či v jednotlivých budovách průmyslového areálu. S ohledem na relevantní právní úpravu EU a národní právní úpravu ČR jsou měřidla proteklého množství vody (dále jen „vodoměry“) druhem měřidel, jejichž uvádění na trh a do oběhu se z hlediska působnosti této právní úpravy rozděluje na tři skupiny (všechny jsou pro oblast průmyslu relevantní), a to:

- a) vodoměry, které jsou určeny k použití v oblasti bydlení, obchodu a lehkého průmyslu;
- b) měřidla proteklého množství vody určená pro použití mimo oblasti bydlení, obchodu a lehkého průmyslu;
- c) vodoměry na teplou nebo studenou vodu označované značkou EHS.



Navrhovaným opatřením jsou instalace těchto typů (či jejich kombinací) vodoměrů i na podružné sekce (jednotlivé výrobní technologické celky, jednotlivé budovy podnikového areálu, jednotlivé proudy dělené dle kvality vody nebo dle způsobu využití, atd.), kde jsou získávány údaje o spotřebě vody, jako základní informace potřebné pro vyhodnocení vodní bilance podniku, specifické spotřeby vody na produkt a informace potřebné k vyhodnocení případných realizovaných opatření za účelem snížení spotřeby vody v podniku.

Přednostně jsou doporučeny vodoměry s elektronickým záznamem (typ b)) vybaveny radiovým či kabelovým digitálními moduly (princip IoT), které je možné integrovat do podnikové (nebo cloudové) sítě digitálního dvojčete podniku či výrobního celku a data o spotřebě jsou k dispozici online/v reálném čase a lze využít pokročilých systémů správy vodohospodářských dat na principu průmyslu 4.0, včetně notifikací.

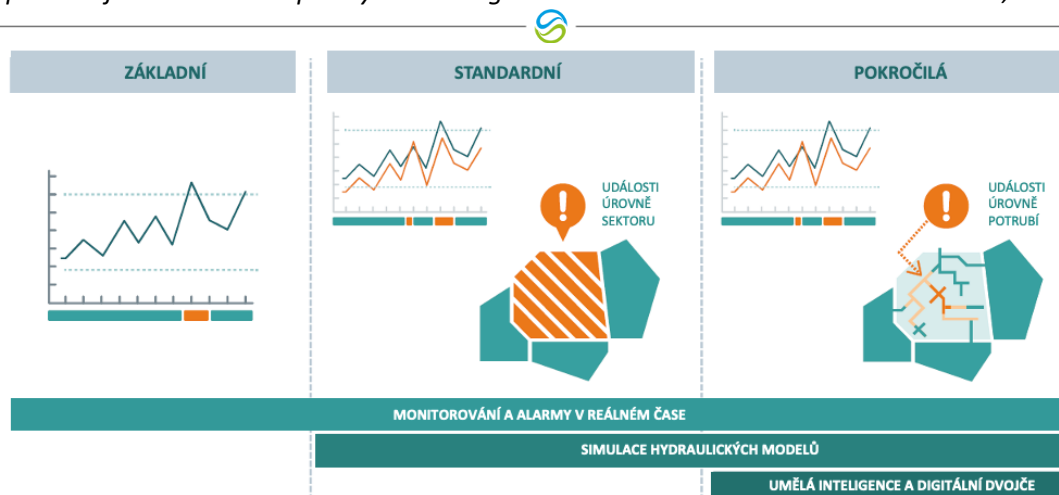
### **Detekce ztrát a aplikace prvků průmyslu 4.0**

Prvky průmyslu 4.0 umožňují detekci ztrát a vyhodnocování spotřeby vody do značné míry automatizovat a zefektivnit. Pokud jsou osazeny vodoměry a současně jsou vybaveny prvky pro přenos získávaných informací, lze sestavit vodní bilanci v podniku a tím identifikovat provozní úseky s nejvyšší spotřebou, resp. při sestavení bilance vstupů-výstupů lze identifikovat ztráty. Tyto ztráty lze pak lokalizovat v rámci infrastruktury, ale kromě ztrát vlivem poruch zařízení lze identifikovat i ztráty způsobené například technologickou nekázní, či nevhodným přístupem zaměstnanců, či špatnou organizací výroby. Dalšími metodami, které lze použít, jsou například metody na bázi měření tlaku. Nejlepší efektivity je dosahováno kombinací více metod. Klíčovým faktorem je ale způsob vyhodnocování dat. Existuje několik úrovní, od základní manuální, přes sofistikované automatizované, až po metody využívající umělou inteligenci pro předpovídání ztrát na základě anomálního chování distribuční sítě v podniku (popř. v daném procesním okruhu).

Mohou to být principy:

- Online měření tlaku v potrubní síti
- Online měření průtoku v potrubí
- Kombinace obou principů a jejich vyhodnocení hydraulickým modelem (simulace vs. skutečnost)

Úroveň (rozsah) online monitoringu může být základní (určená časovým úsekem) za celý podnik nebo procesní okruh, nebo již lokalizovaná na konkrétní výrobní celek v podniku, anebo rozklíčovaná pokročilá pro konkrétní samostatné trubní rozvody v podniku, což umožňuje efektivně (relativně přesně) určit lokalizaci defektu v potrubí, nebo jinou příčinu úniku vody. Tyto úrovně detekce ztrát ilustruje Obrázek 1. Základním principem je tedy detekce změny a její správná interpretace. Proto jsou tyto metody zpravidla vždy kombinovány s vyhodnocovacím softwarem a vizualizací výsledků.



Obrázek 2 Různé úrovně online monitoringu ztrát vody v potrubí v průmyslovém podniku, zdroj: (Siemens, 2017)

Detekce ztrát na bázi skenování distribuční sítě

Mezi metody skenování distribuční sítě za účelem detekce ztrát vody je využití:

- různé snímače zvuku (hydrofonní analyzátory) a šumu
- akcelerometrické snímače (snímač zvuku s magnetem)
- vesmírné technologie na bázi satelitního snímkování
- korelační technologie na bázi zpracování velkého množství dat (údajů o síti) s využitím umělé inteligence a vyhledávání anomálií

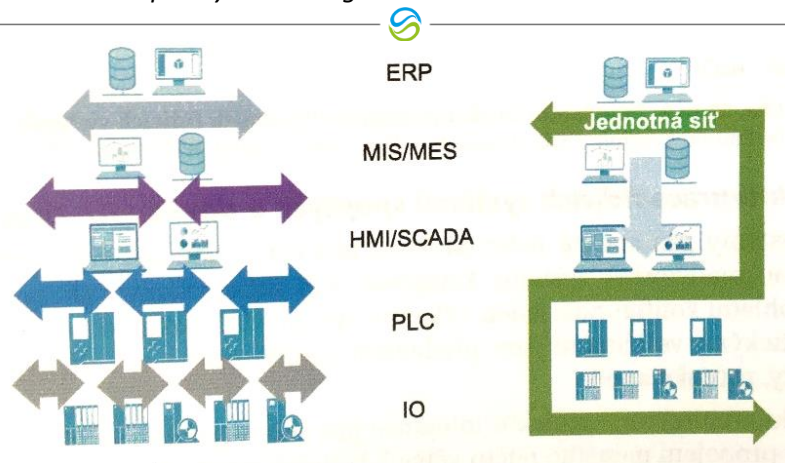
Všechny tyto metody jsou již v provozní praxi aplikovatelné, jejich výhoda je zejména v neinvazivním vyhledávání úniku vody a propojení s digitálními geolokačními podklady o distribuční síti (GPS souřadnice). Tyto jsou tedy využívány při hledání úniků vody pod terénem nebo v nepřístupných místech (např. v betonových základech budovy průmyslového podniku apod.)

### 3. SPRÁVA VODOHOSPODÁŘSKÝ DAT

#### Centrální správa dat na úrovni podniku

Průmyslové podniky mají v současnosti k dispozici nástroje pro efektivní správu datového managementu a správa vodohospodářských dat není výjimkou. Systémy realizované na přelomu tisíciletí (vycházející z logiky lokálních řídicích systémů s oddělenými datovými úložišti) jsou s nástupem velkého výpočetního výkonu a prakticky nevyčerpatelného úložiště nahrazovány jednotnou, tzv. integrovanou komunikační sítí, spojující jednotlivé výrobní úseky, čímž se otevírá možnost analýze velkého množství dat, což ve většině případů představuje možnost úspor v provozních nákladech v jednotkách a nižších desítkách procent (Obrázek 2).





Obrázek 3 Porovnání „klasického“ hierarchického modelu správy podnikových dat a Integrované správy podnikových dat v jednotnou komunikační a databázovou síť. ERP – Enterprise Resource Planning, MIS/MES – Manufacturing Information/Execution Systems, HMI/SCADA (Human Machine Interface/Supervisory Control and Data Acquisition, PLC – Programovatelný logický automat, IO – datový vstup/výstup). Zdroj: (Kadlec et al., 2017)

V konkrétním případě vodohospodářské společnosti se může jednat o tyto nástroje/prvky datového modelu:

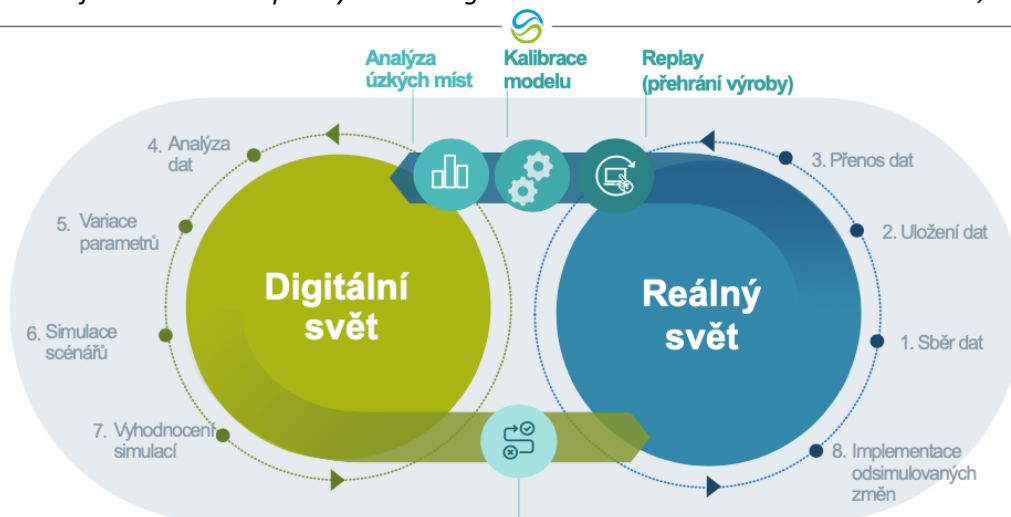
- Smart metering (online odečty spotřeby vody, digitální vodoměry)
- TD (Technická databáze), TIS (Technický informační systém), CDE (centrální datové úložiště)
- SCADA systémy a jiné místní/cloudové nástroje monitoringu a řízení vodohospodářských procesů

#### Cloudová řešení správy vodohospodářských dat

Využití cloudových služeb umožňuje podnikům eliminovat náklady na provoz vlastních HW nástrojů pro správu podnikových dat (serverová řešení), včetně vodohospodářských. Tyto jsou pak přístupné odkudkoli ze zařízení připojeného k síti internet (přes webové rozhraní). V současné době existuje na českém trhu několik platforem poskytující standardizovaná řešení pro správu technologických celků s databázovým úložištěm. Základním předpokladem je zajištění SW/HW komunikace mezi zařízeními a cloudovou službou se splněním kybernetické bezpečnosti dle platných národních i nadnárodních norem.

#### 4. DIGITÁLNÍ DVOJČE

S dostupností téměř neomezeného výkonu výpočetní techniky a exponenciálním růstem množství generovaných dat během správy a provozu vodohospodářské infrastruktury se nabízí otázka, jakým způsobem tyto dva nevratné trendy propojit a mít k užítku. Přidaná hodnota ale nepřichází vždy s jedním konkrétním nástrojem nebo službou, pokud jeho/její výstupy jsou izolované od zavedené praxe a nejsou efektivně využívány. Příkladem komplexního přístupu, který modernizuje stávající procesy, integruje nové nástroje a propojuje datovou komunikaci k dosažení vyššího užítku, je digitální dvojče (například čistírny odpadních vod nebo úpravny vody). Právě vzájemné propojení jednotlivých nástrojů a služeb ve funkční celek (Obr. 3), je klíčové pro dosažení budoucího zhodnocení (Dolejš et al., 2021). Výhodou komplexního přístupu je možnost zvýšení efektivity od samého začátku, od designování (studie a projekce), po realizaci, provoz a údržbu, správu dat a průběžné vyhodnocování, navíc s možností využití pokročilých IT nástrojů jako strojové učení, umělá inteligence nebo prediktivní algoritmy.



Obrázek 4 Schématické znázornění propojení reálného výrobního podniku s digitálním dvojčtem výroby; Zdroj: (Siemens, 2017)

Tabulka 1 Orientační návrh digitálního dvojčete v podniku zpracování mléka za účelem optimalizace výroby a snížení specifické spotřeby vody, energie a vstupních surovin na jednotku produktu. Modelový příklad: 100 zaměstnanců, produkce jogurtu 150 m<sup>3</sup>/den

Návrh senzorů a akčních prvků pro digitální dvojče		
Tlakové senzory ve výrobní lince a v distribuční síti pitné vody	20	ks
Teplotní senzory ve výrobní lince	10	ks
Průtokoměry ve výrobním procesu a v distribuční síti pitné vody	20	ks
Zákaloměry	5	ks
Hladinová čidla, tenzometry do zásobních nádob	10	ks
Digitalizační prvky motorů čerpadel (snímání provozních dat)	10	ks
Akční členy na distribuční síti pitné vody a ve výrobní lince (automatické uzávěry, klapky apod.)	10	ks
Náklady na instrumentaci a elektroinstalaci (silno/slaboproud) – kabeláž, rozvaděče, zapojení, oživení, revize	2 500 0000	Kč
Náklady na přenosovou soustavu IoT (HW, SW) - jednorázové	200 000	Kč
Náklady na přenosovou soustavu IoT (HW, SW) - licenční	20 000	Kč/rok
Náklady na software pro digitální dvojče – jednorázové	500 000	Kč
Náklady na software pro digitální dvojče – licenční	200 000	Kč/rok

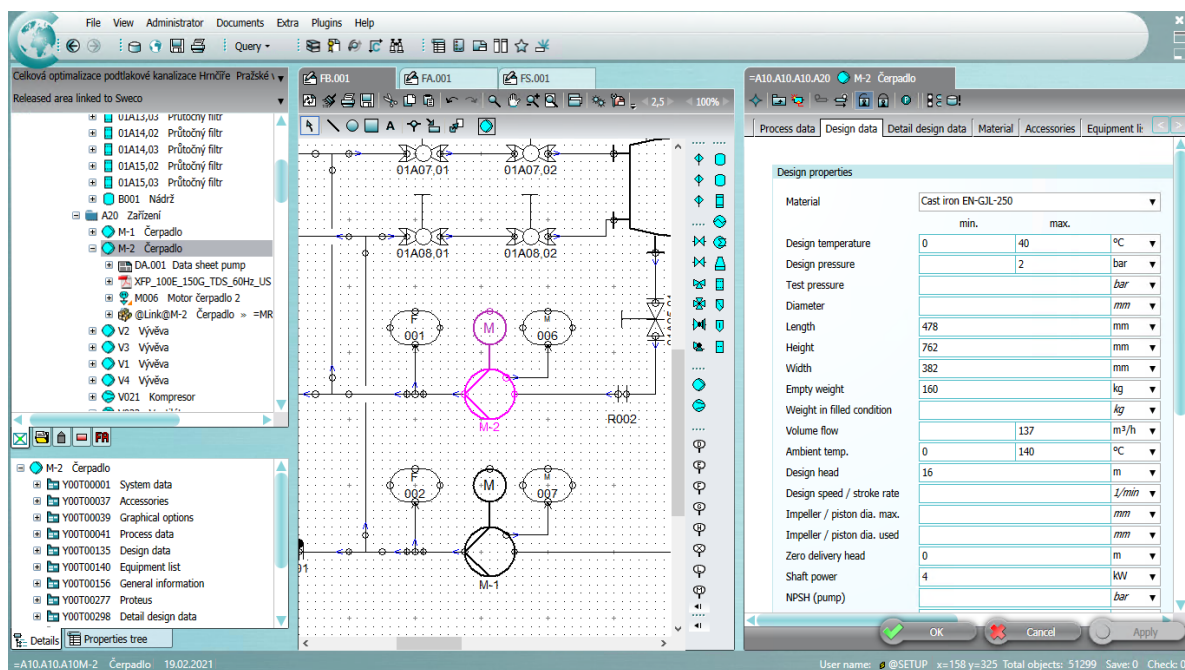
## 5. PROJEKTOVÁNÍ V OBJEKTIVÉ ARCHITEKTUŘE

Principem objektového projektování je namísto kreslení elektronických výkresů skládání prvků z databáze objektů, které mají své atributy – vlastnosti (Obr. 4, okno vpravo). Vedle výkresové dokumentace tak vzniká zároveň automaticky hierarchicky seřazený seznam veškerých prvků použitých v projektu (Obr. 4, okno vlevo), lokalizovaných a vždy aktuálních v daném čase. Objekty lze vytvářet jak uživatelsky, tak s využitím rozsáhlých knihoven i pro obor vodárenství (Hložanka & Jirkovský, 2020).

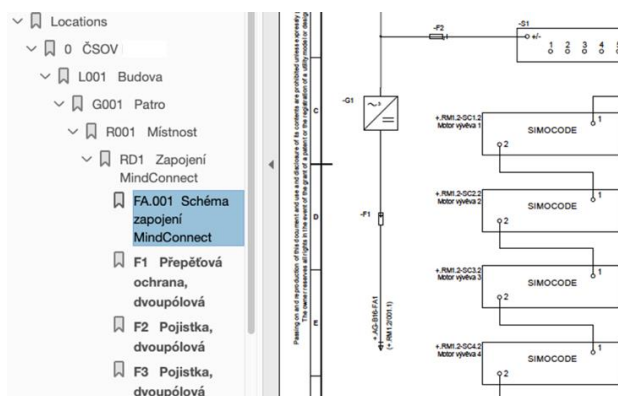
Stále je zde ale kladena pozornost samotným modelům. Ty samotné nicméně metodiku BIM jako takovou netvoří, stejně jako nejsou ani vyžadovány pro objektové projektování. Díky tomu nabízí pro obor vodohospodářství jakousi zlatou střední cestu, jejíž digitalizace může následně velmi usnadnit napojení na 3D model, resp. BIM a povede tak k vytvoření kompletního digitálního dvojčete pro následnou správu a údržbu – vše v rámci jednoho řešení. Výstupem projektu zpracovaného v objektové



architektuře může být samozřejmě i dokumentace „v mašličkách“ anebo ve formátu PDF. Rozdíl je však v tom, že v digitální podobě například už samotný PDF dokument obsahuje hierarchicky členěnou dokumentaci prvků v objekty, mezi kterými lze i v běžných open-source PDF prohlížečích filtrovat, navigovat se do zvoleného objektu a vyhledat konkrétní prvek v dokumentaci na jedno kliknutí (Obr. 5).



Obrázek 5 Ukázka řešení COMOS konsolidující objektové projektování, 2D blokové schéma a negrafická data (atributy).



Obrázek 6 Ukázka (výřez) hierarchického členění objektů v projektové dokumentaci čerpací stanice odpadních vod zpracované v objektové architektuře, otevřeno ve volně dostupném PDF prohlížeči na PC.

## 6. ZÁVĚR

Výše uvedené příklady demonstrují, že jsou k dispozici digitalizační řešení, která skutečně, bez velkých fyzických zásahů do infrastruktury v podniku, mohou usnadnit provoz, údržbu a obnovu vodohospodářské infrastruktury, včetně jejího plánování. Jejich implementace by ale neměla být překotná, naopak je cestou realizace pilotních projektů, které ale musí být kvalitně připraveny, provedeny a hlavně vyhodnoceny (např. cost-benefit analýzou a posouzením dopadů na životní prostředí). V současnosti se nabízí využití některých z dotačních titulů MPO nebo Národního plánu obnovy.



## LITERATURA

- Dolejš, P., Chalupa, L., Jirkovský, J. 2021. Digitalizace vodárenství v praxi - prediktivní údržba, diagnostika pohonů, IoT cloudové služby a využití BigData. in: *VODA 4.0 ve službách infrastruktury - akcelerace změn*, (Ed.) L. Macek. Praha.
- Hložanka, F., Jirkovský, J. 2020. Digitalizace vodárenské infrastruktury - nástroje pro pasportizaci technologické infrastruktury a její správy životního cyklu. in: *Konference Obnova vodohospodářské infrastruktury*. Hotel Myslivna, Brno.
- Kadlec, K., Kmínek, M., Kadlec, P. 2017. *Měření a řízení chemických, potravinářských a biotechnologických procesů, Díl II. Řízení technologických procesů*. KEY Publishing s.r.o. , Ostrava.
- Křivánková, J., Procházka, J., Urbanová, H., Lederer, T., Dolejš, P., Procházková, L., Bartáček, J., Hanel, M., Bindzar, J., Dvořák, L., Maršík, M., Vilím, D. 2021. NÁVRH OPATŘENÍ NA PODPORU ČINNOSTÍ ZAMĚŘENÝCH NA ÚSPORY VODY V PRŮMYSLU A ENERGETICE. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR.
- Siemens, s.r.o. 2017. Chytrá řešení pro vodárny a čistírny odpadních vod. *Industry Forum*, **1.**, 6-7.

**HORIBA**  
Scientific

**LAQUA**

pH

ORP

Ion

Conductivity

Resistivity

Total Dissolved Solids

Dissolved Oxygen

Salinity

## PŘENOSNÉ PŘÍSTROJE HORIBA PRO MĚŘENÍ ELEKTROCHEMICKÝCH PARAMETRŮ VE VODÁCH

### SÉRIE 200

měření pH, ORP, EC, TDS, RES, SAL, DO, teploty

- Vodotěsný kryt přístroje (IP67), odolný proti poškrábání, s protiskluzovou úpravou
- Velký LCD displej (50 x 50 mm), výborně čitelný, podsvícený
- Vestavěný držák elektrod
- Indikátor stavu elektrod
- Měření AutoStable/ AutoHold/ RealTime
- Možnost připojení k PC, tiskárně
- Interní paměť až na 1000 položek

Záruka 3 roky



### Série 300

měření pH, ORP, EC, TDS, RES, SAL, DO, iontů, teploty

- Až 3 měřicí kanály
- Automatické rozpoznání senzorů
- Velký vícekanálový barevný displej
- Nacvakávací konektory
- Transport dat přes USB nebo WiFi
- SMART elektrody = hlavice + senzor
- Optický DO senzor
- Délka kabelu 1 nebo 5 metrů

Záruka 3 roky



### Série U-50 multiparametrické sondy

multiparametrické měření pH, ORP, EC, TDS, SAL, DO, TURB, hloubka, teplota, GPS

- Vodotěsný kryt, odolný proti nárazu, s protiskluzovou úpravou
- Velký dobře čitelný displej
- Ovládání jednou rukou
- Autokalibrace
- Transport dat přes USB

Délka kabelu až 30 metrů



Více o přístrojích HORIBA pro měření kvality vod na stránkách [eshop.bioing.cz](http://eshop.bioing.cz)

**Dodavatel v ČR:**

Biolng, s.r.o., U Hřiště 175/15, 664 91 Ivančice

T: +420 776 054 558 | E: [info@bioing.cz](mailto:info@bioing.cz) | [www.bioing.cz](http://www.bioing.cz) | [eshop@bioing.cz](mailto:eshop@bioing.cz)

# ART CARBON



[www.art-carbon.cz](http://www.art-carbon.cz)

OPRAVDU ČISTÁ VODA  
BEZ STAROSTÍ  
EKONOMICKY

**ART SAND PROCESS** - česká patentovaná technologie přinášející nový typ adsorbentu na bázi uhlíkových nanotrubic.



CERTIFIKOVANÝ PRO  
STYK S PITNOU VODOU



ON-SITE  
REGENERACE



10x RYCHLEJŠÍ  
KINETIKA ADSORPCE



ANTIMICROBIÁLNÍ  
VLASTNOSTI





# VODNÍ AUDIT

Cestou k nalezení úspor při hospodaření s vodou je Vodní audit, který zanalyzuje vodní hospodářství firmy - využívání vody, nakládání s odpadní vodou a vodní zdroje.

## Vodní audit vám ukáže:

- Jaký typ, množství a kvalita odpadních vod vzniká v podniku.
- Jestli lze odpadní vodu znovu využít.
- Jestli je možnost využití srážkové vody.
- Jaké jsou možné úspory v oblasti hospodaření s vodou.
- Jaké budou investiční a provozní náklady na toto lepší hospodaření s vodou.
- Jaká je návratnost investic.



## Benefity Vodního auditu:

- Komplexní přehled hospodaření s vodou v podniku za poslední 3 roky.
- Konkrétní návrh opatření pro zlepšení hospodaření s vodou včetně finanční náročnosti.
- Vodní audit bude zvýhodněním při podání žádosti o investiční dotaci na implementaci navržených technologických opatření v programovém období 2021-2027.
- Možnost získání známky „Odpovědného hospodaření s vodou“ (OHV), která vašemu podniku, mimo jiné, může pomoci „Nebýt na suchu v období sucha“.

Možnost  
dotace až  
**50%**  
✓

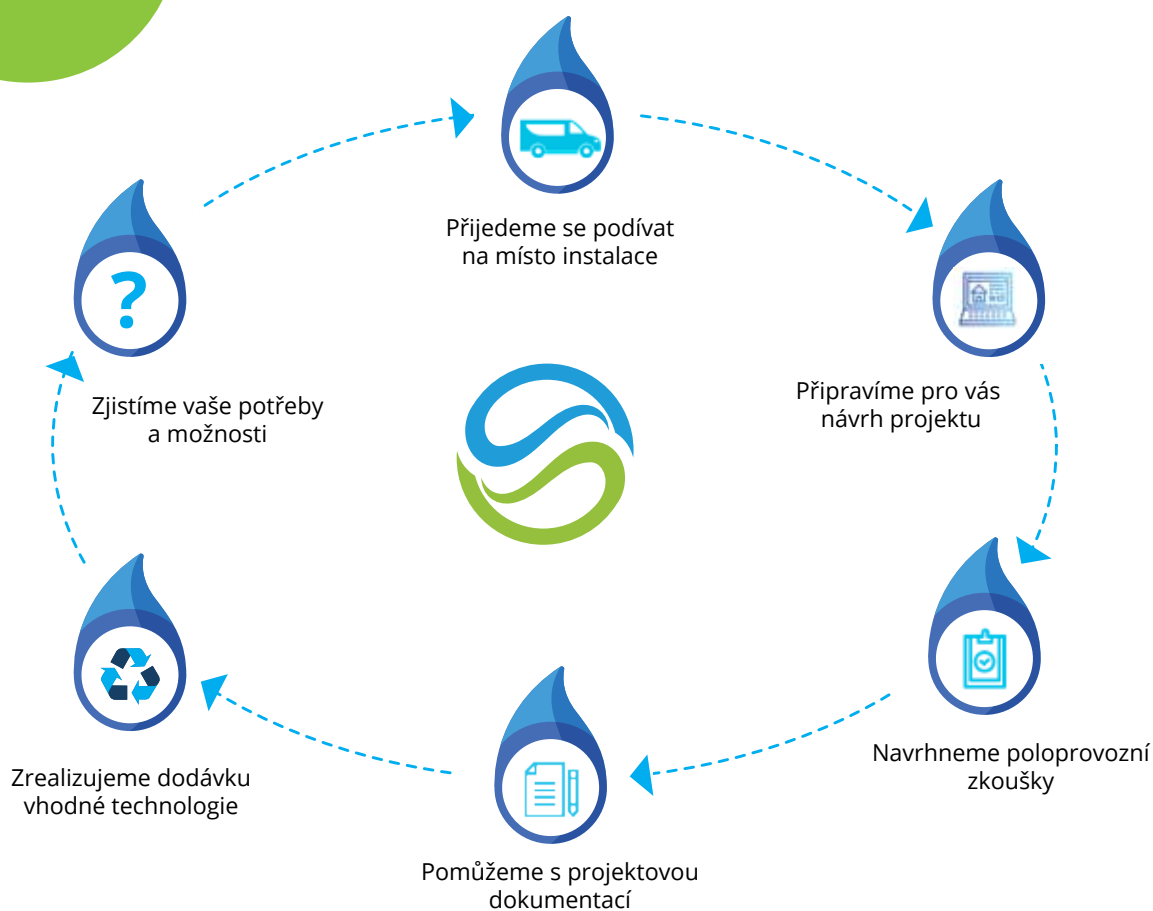






## Vodní audit

## Průběh přípravy projektu



### Poloprovozní testy jako součást Vodního auditu

Součástí Vodního auditu může být i poloprovozní testování, které zajistí návrh technologie přímo na míru dle vašich požadavků a potřeb. Poloprovozní testy navrhne dle charakteru odpadní vody. ENVI-PUR disponuje různými poloprovozními jednotkami, které lze variabilně kombinovat či doplňovat o požadovanou technologii čištění odpadních vod.

Možnost  
dotace až

**50%**



### Možnost dotace MPO na VODNÍ AUDIT

- pro malé a střední podniky
- míra podpory je do výše 50 % celkových způsobilých nákladů
- doba trvání příjmu žádostí 03/21 – do 31.12.2021



Čištění  
odpadních  
vod

Čistírny odpadních vod  
pro domy, chaty, hotely, obce a průmysl

Membránové čistírny

Flotace pro průmyslové OV

Technologické  
komponenty ČOV

Elektrokoagulace



Úprava  
vody

Flotace DAF  
a lamelová separace

Drenážní systém Leopold  
a filtrační náplně Filtralite

Membránová úprava vody

Desinfekce vody

Nádrže na  
dešťovou vodu

Příslušenství  
pro dešťové nádrže

Vyřízení dotací



Dešťový  
program

Membránové  
technologie  
a pokročilé oxidační  
procesy AOP

Odstranění  
mikropolutantů

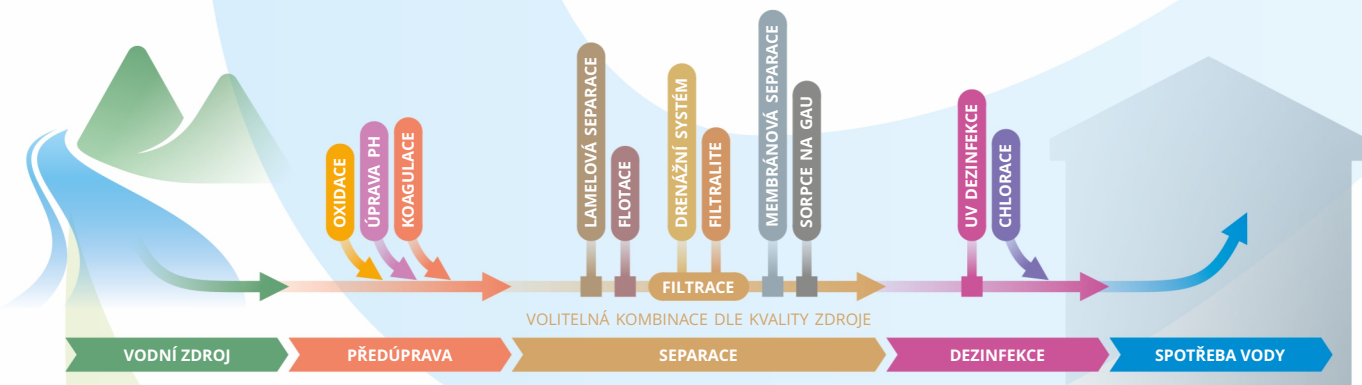


Recyklace  
vody



# OBECNÍ A PRŮMYSLOVÉ ÚPRAVNY VODY

Vyrábíme kvalitní pitnou vodu. Specializujeme se na návrh a dodávku kompletních technologických linek úprav vod, ale také na dodávku jednotlivých částí či produktů. V našich návrzích ctíme stávající konvenční technologie, ale jsme zároveň inovátory a nositeli nejmodernějších technologií do vodárenské praxe.



## Flotace (DAF)

Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF - Dissolved Air Flotation) je separační proces, který se zařazuje jako první separační stupeň při úpravě pitné vody. Vyniká vysokou účinností separace i u špatně sedimentovatelných částic. Pro DAF je charakteristická vysoká hodnota povrchového zatížení a sušiny kalu. Provozovatel ocení rychlý náběh zařízení a zejména jeho efektivní provoz. Kompaktní design technologie DAF jsme schopni navrhnout a osadit do ocelových nebo betonových nádrží dle požadavku investora.

## Lamelová separace

Pro významné zlepšení účinnosti separačních vlastností suspenze navrhujeme a vyrobíme lamelový separátor s vestavbou nebo samostatně lamelové kazety dodáme do stávajícího zařízení.

## Filtrace

Dodáváme otevřené i tlakové vodárenské filtry. Otevřené betonové filtry jakéhokoliv tvaru (i kulaté) vystrojíme drenážním systémem Leopold, který zajistí vysokou účinnost při praní filtračního média, a dle potřeb zákazníka doplníme vhodným filtračním médiem (Filtralite, GAU). Spolehlivě dokážeme navrhnout a vyrobíme ocelové filtry, které jsme schopni montovat na místě. To vše za nepřerušovaného provozu úpravy pitné vody.

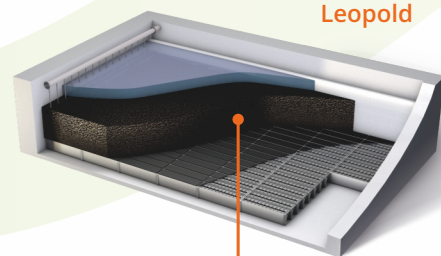
## Filtralite - moderní filtrační materiál s vynikajícími vlastnostmi

Filtralite byl vyvinut speciálně pro úpravárny. Jeho předností je možnost volby objemové hmotnosti filtračního materiálu a velikosti zrn, což v praxi znamená „poskládat“ si jednotlivé vrstvy filtru dle požadavku zákazníka/provozovatele. Před dodávkou Filtralite nabízíme provedení modelových zkoušek pro ověření jeho vlastností u Vás na úpravě vody. Filtralite společně s drenážním systémem Leopold v současné době představuje to nejlepší co je ve vodárenské filtraci na trhu dostupné.

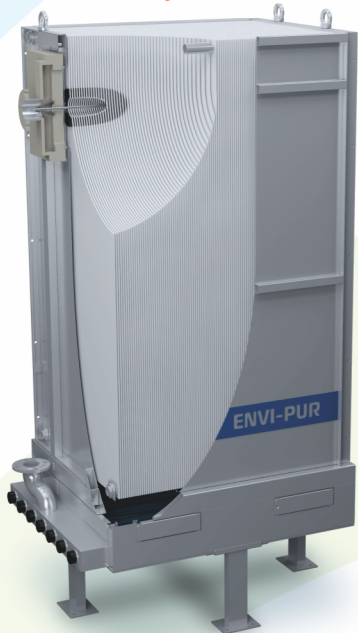
## Granulované aktivní uhlí (GAU)

GAU WG 12 je vyráběno z černého uhlí, karbonizováno a aktivováno vodní parou. Běžně je používáno pro dechloraci a zlepšení sensorických vlastností vody. V současné době nabývá na významu odstranění mikropolutantů (pesticidů a farmak) z pitných a odpadních vod. Sorpční materiál GAU WG 12 lze vhodně kombinovat s osazením drenážního systému Leopold.

Drenážní systém Leopold



## Membránový modul



# RECYKLACE VODY

Vyčištěná odpadní voda jako produkt ne odpad. Recyklujeme vodu pro splachování toalet, zalévání zeleně, kropení komunikací a zejména znovuvyužití v průmyslu. Při návrhu recyklace používáme membránové technologie (mikro-, ultra-, nano- filtraci a reverzní osmózu), dále pokročilé oxidační procesy AOP (peroxid vodíku, ozon, UV záření atd.) a sorpci na GAU.

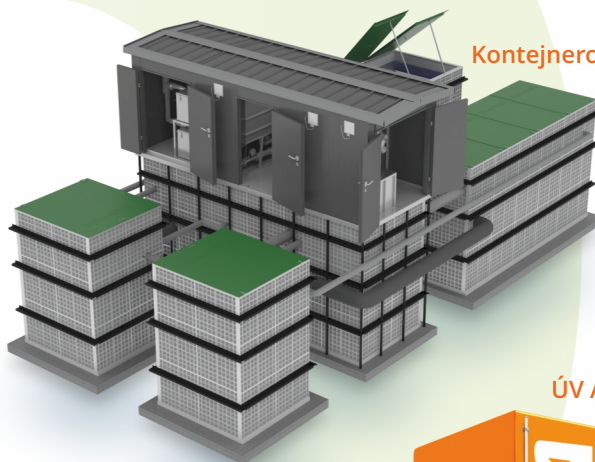
## Membránová technologie MBR (Membránový Bio Reaktor)

Nejmodernější technologie, která produkuje vyčištěnou vodu nejvyšší možné dosažitelné kvality. ČOV BC-MBR nabízíme ve všech velikostních kategoriích od domovních ČOV po velké obecní a průmyslové čistírny. MBR je vhodná zejména pro:

- Recyklaci vody (zálivka, splachování toalet, znovuvyužití vody v průmyslu)
- Oblasti s velmi přísnými limity na odtoku (zásak odtoku, přírodní rezervace, atd.)
- Intenzifikace nebo navýšení kapacity ČOV ve stávajících objemech
- Malé prostorové nároky pro stavbu nové ČOV



MBR ČOV  
v ISO kontejneru



Kontejnerová sestava  
MBR ČOV

## Membránová úprava vody

Vynikající kvalita pitné vody z Hi-tech membránové úpravny vody AMAYA byla dosažena na mnoha provozních testech a reálných aplikacích po ČR i na Slovensku. Princip zařízení spočívá v přímé tlakové filtraci přes keramickou membránu s předřazeným koagulačním stupněm. Tento systém je spolehlivým bariérovým způsobem odstraňování organických látek, barvy, zákalu, mikroorganismů a popřípadě dalších polutantů o velikosti částic nebo buněk přesahujících porozitu membrány (0,1 µm).

Mezi hlavní výhody technologie AMAYA patří:

- Mobilní (námořní kontejner) i stacionární provedení
- Vysoká účinnost při odstraňování organických látek, barvy, zákalu, mikroorganismů a virů
- Úplná automatizace provozu, dálková správa s kontinuálním měřením kvality surové a upravené vody
- Vhodné pro povrchové i podzemní zdroje vody s výrazným kolísáním kvality



ÚV AMAYA M 5

Keramický  
membránový element

Nádrž na  
dešťovou vodu



## DEŠŤOVÉ NÁDRŽE

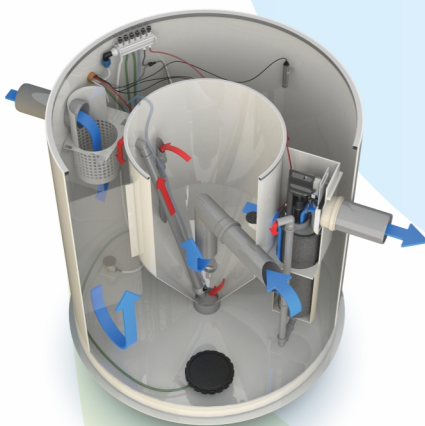
Umožníme vám zachycení a využití dešťové vody, tak aby cenná voda neodtékala z vašeho pozemku, ale aby Vám sloužila i po dešti. Dodáváme kvalitní dešťové nádrže včetně příslušenství. Dotace vyřídíme za Vás! Objednejte na našem eshopu [shop.envipur.cz](http://shop.envipur.cz) s dodáním až do domu.



# ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

Technologie bio cleaner BC představuje mechanicko-biologickou čistírnu odpadních vod, která produkuje kvalitně vyčištěnou vodu, ta potom může být následně vypuštěna zpět do přírodních zdrojů bez zatěžování životního prostředí. Lapáky tuků, odlučovače ropných látek, flotace pro průmyslové OV, elektrokoagulace, samostatné nádrže, čerpací jímky, aerační systémy, dosazovací nádrže Clari-Vac, mechanické předčištění, to vše v nejvyšší kvalitě, najdete v naší nabídce.

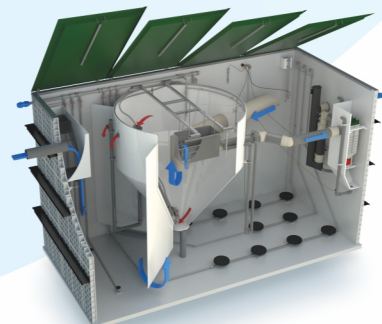
## Domovní ČOV



## Domovní ČOV

Skvělý výběr pro Váš rodinný dům. Čistírna vhodná pro rodinný dům a rekreační chalupu nebo chatu, pro trvalé i přechodné bydlení. Všude tam, kde není možné se napojit na kanalizaci. Spolehlivý a úsporný provoz s rychlou návratností prvotní investice.

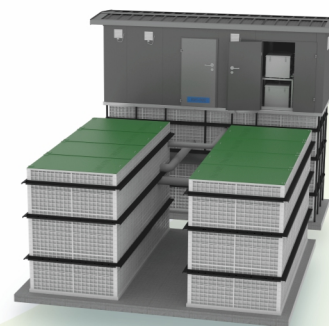
## Kontejnerová ČOV



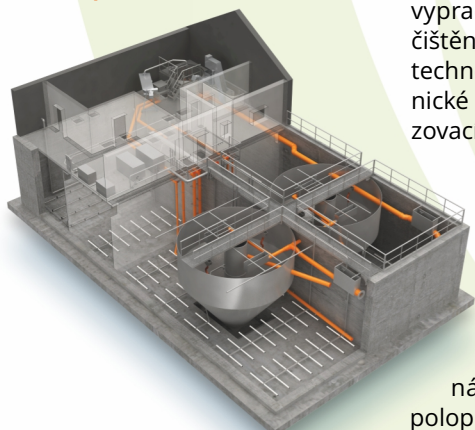
## Kontejnerové ČOV

Vhodná volba pro majitele penzionů, kempů, hotelů, starosty obcí nebo vlastníky menších průmyslových podniků k likvidaci splašků, díky které získáte kvalitně vyčištěnou vodu, v souladu s platnou legislativou.

## Modulární ČOV



## Kompaktní ČOV



## Obecní a městské ČOV

Základem správného výběru je konkrétní návrh na míru, který pro Vás naši odborníci rádi vypracují, tak aby výsledkem bylo efektivní čištění odpadních vod. Dodáváme nejen celé technologické linky ČOV, ale i její části: mechanické předčištění, aerační systémy nebo dosazovací nádrže Clari-Vac.

## Průmyslové ČOV

Technologii bio cleaner BC doporučujeme rovněž vlastníkům průmyslových podniků. Pomocí moderních technologií lze průmyslovou odpadní vodu vyčistit až na kvalitu vhodnou pro znovuvyužití. Jako novinku nabízíme inovativní flotační technologii, která přináší značné provozní úspory. Další novinkou je nabídka zařízení pro elektrokoagulaci, za kterým následuje separační stupeň. Pro ověření vhodnosti návrhu provádíme poloprovozní testování.

## KDO JSME

Již od počátku 90. let, kdy byla naše společnost založena, si uvědomujeme, že voda je nenahraditelnou komoditou. S respektem k tomu jsou vyvíjeny a vyráběny i naše produkty, díky kterým patříme mezi nejsilnější společnosti v oblasti čištění, úpravy a recyklace vody na českém trhu. Stále více se nám daří prosazovat se i na trhu zahraničním. Naši odborníci patří ke špičkám ve svém oboru, a díky jejich zkušenostem a znalostem, dodáváme na trh produkty vysoké kvality. Při výrobě a distribuci klademe důraz na kvalitu a spolehlivost.



## CO NABÍZÍME

Naše portfolio produktů pokrývá širokou oblast od nejmenších domovních čistíren a nádrží na dešťovou vodu, přes kontejnerové čistírny, vhodné pro obce, města a menší průmysl, až po velké městské a průmyslové čistírny. K našim klíčovým oblastem dále patří úprava vody pro obce, města a průmyslové podniky a recyklace vody. Naše výrobní zaměření reflektuje stěžejní témata dnešní doby jako jsou: akumulace dešťové vody, dodávka kvalitní pitné vody bez pesticidů a farmak či znovuvyužití odpadní vody zejména v průmyslových podnicích. Pokud vodu nelze znovu využít, vracíme ji čistou zpět přírodě.



ENVI-PUR, s.r.o.

Wilsonova 420

392 01 Soběslav

+420 381 203 211

info@envi-pur.cz

www.hospodarimesvodou.cz

www.envi-pur.cz