



T A

Č R

Ministerstvo životního prostředí

Možnosti použití modifikovaného zařízení pro fyzikální způsob zpracování odpadů pro čištění odpadních vod elektrostatickým polem

Centrum environmentálního výzkumu

Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost

WP 2.A Kontaminace vodního prostředí

Ing. Tomáš Sezima Ph.D.



Historie Projektu

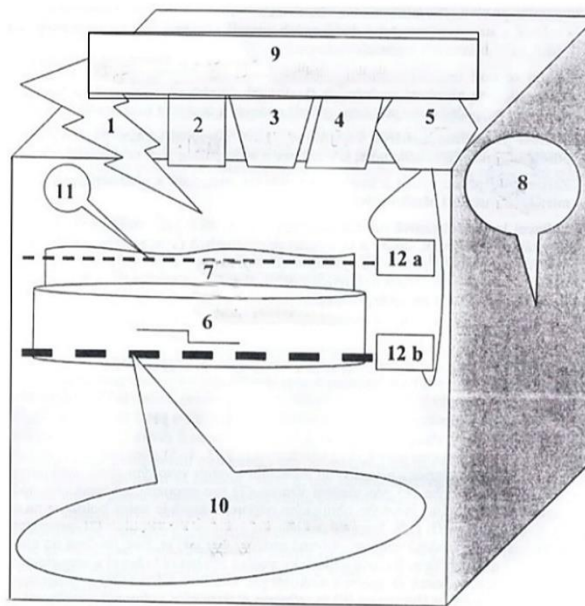
VaV - SP/2f2/98/07

- Oblast 1: Výzkum možností využití odpadů jako surovinových a energetických zdrojů
- Oblast 2: Výzkum snižování nebezpečných vlastností odpadů
- Oblast 3: Výzkum odpadů vhodných k výrobě alternativních paliv
- Oblast 4: Výzkum a aplikace kombinovaných metod (chemicko-toxikologických) pro sledování nebezpečných vlastností odpadů v procesu úpravy odpadů a materiálového či energetického využití
- Oblast 5: Koordinace a řízení prací, Syntéza získaných výsledků a jejich prezentace

Projekt VaV - SP/2f2/98/07 (2007–2011) svým řešením

- Popsal možnosti využití odpadů jako surovinových a energetických zdrojů, provedl vytipování vybraných odpadů pro energetické využití,
- Popsal a odzkoušel na reálných vzorcích vybraných odpadů možnosti snižování nebezpečných vlastností fyzikálními, fyzikálně-chemickými postupy a biochemickými postupy /samostatně i v kombinaci/,
- Navrhl a odzkoušel vhodné receptury k výrobě tuhých směsných vícesložkových alternativních paliv,
- Navrhl a odzkoušel možnosti kombinovaných metod (chemicko-ekotoxikologických) pro sledování nebezpečných vlastností odpadů v procesu úpravy odpadů pro materiálové či energetické využití.

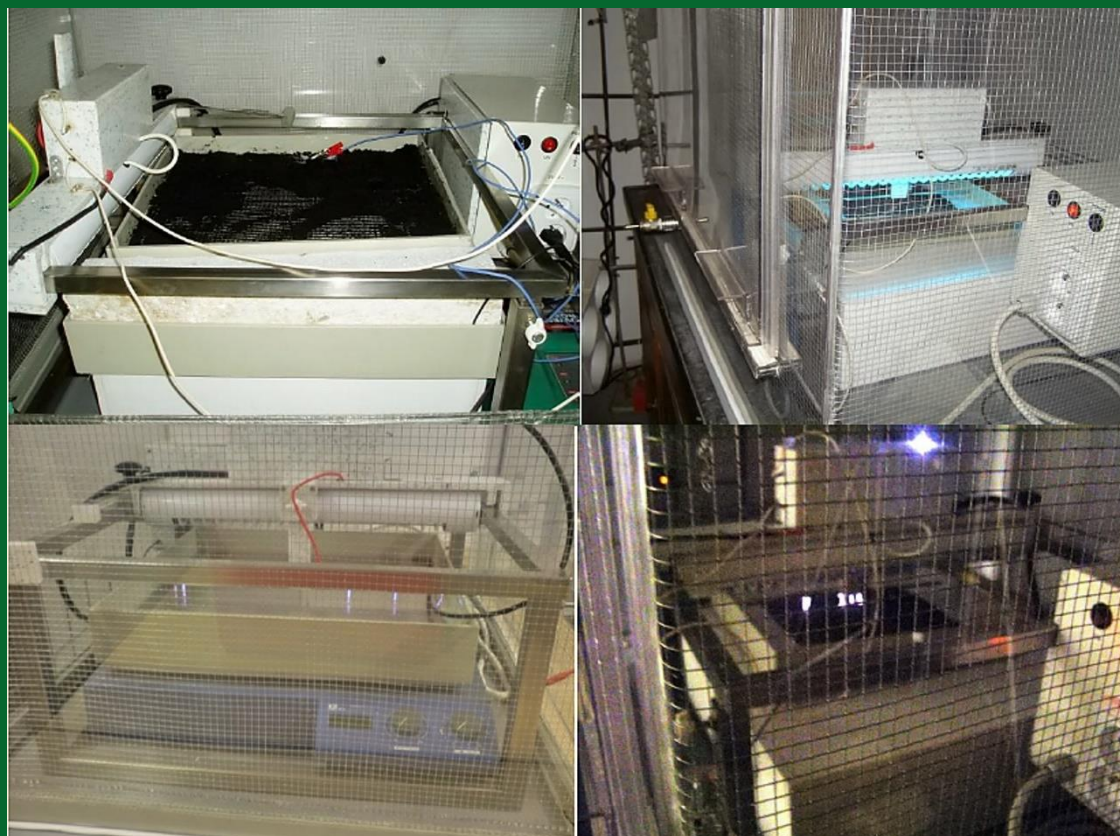
Historie zařízení pro fyzikální úpravu odpadů - koncept



1,2,3,4,5- generátory silových polí /jiskrový výboj – vysokotepečná plazma, mikrovlnné pole, ultrazvuk, UV záření, elektrostatické pole - studená plazma/, **6-** plastová vana (nádobna na vzorek), **7-** zkoumaný vzorek, **8** -Faradayova klec, **9-** posuvný most, **10, 11-** vodivá kovová mřížka, **12a,b-** přívodní kabely VN

Historie zařízení

Zařízení pro fyzikální úpravu odpadů - EP 2388068 „Device for physical waste treatment“ /elektrostatické pole, jiskrový výboj, UV záření/, zapsáno dne 22.08.2014, a užité vzory na dílčí technické finesy. Jednotlivé nebo kombinované působení vybraných silových polí (mikrovlnné pole, ultrazvuk, UV záření, jiskrový výboj, elektrostatické pole a popř. i dalších).



Historie zařízení

- V rámci Projektu VaV - SP/2f2/98/07 (2007–2011) vznikl koncept zařízení pro kombinovanou fyzikální úpravu odpadů „Device for physical waste treatment“ –

Sezima T., Sikora E.: Evropský patent EP 2388068, 22.08.2014

(119)  (12)  (13) **EP 2 388 068 B1**

(12) **EUROPEAN PATENT SPECIFICATION**

(43) Date of publication and mention of the grant of the patent: **28.08.2014 - Bulletin 2014/34**

(21) Application number: **10189542.3**

(22) Date of filing: **01.11.2010**

(54) **Device for physical waste treatment**
Vorrichtung zur physikalischen Behandlung von Abfällen
Dispositif pour le traitement physique de déchets

(84) Designated Contracting States:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(24) Inventor: **Markus, Liber**
PATENT ATTORNEY
Gröbner 54
402 55 Bonn (DE)

(56) References cited:
WO-A1-97/23759 WO-A1-94/24218
WO-A1-2004/02704 WO-A1-2009/14766
GB-A1-4 402 220 US-A1-2009/074 027

(73) Proprietor: **Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka v.v.i.**
16062 Praha 6 (CZ)

(72) Inventors:
• **Sezima, Tomas**
78236, Ostrava (CZ)
• **Sikora, Eugen**
73937, Horní Blatovice (CZ)

(74) Patent attorney:
Ing. Liber Markus, patentový zástupce, Gröbner 54, 402 08 Bonn

(54) **Summary:**
Zařízení a způsob fyzikálního zpracování odpadů

(12) **PŘEKLAD EVROPSKÉHO PATENTOVÉHO SPISU**

(19) **CZ/EP 2 388 068 T3**

(96) **International publication number:** **01.11.2010**

(98) **Class of invention:** **EP 10189542.3**

(97) **Date of invention:** **22.11.2011**

(97) **Date of publication:** **EP 2388068**

(97) **Date of publication:** **28.08.2014**

(97) **Date of publication:** **19.05.2010 CZ 20102733 U**

(98) **IPC class:**

(97) **IPC class:** **B 01 J 19/08 (2006.01)**
B 09 B 3/00 (2006.01)
A 62 D 3/10 (2007.01)
C 02 F 11/00 (2006.01)
H 05 H 1/02 (2006.01)
H 05 H 1/46 (2006.01)
H 05 H 1/48 (2006.01)

(73) **Proprietor:**
Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka v.v.i., 16062 Praha 6, CZ

(72) **Inventors:**
Sezima, Tomas, 70200, Ostrava, CZ
Sikora, Eugen, 73937, Horní Blatovice, CZ

(74) **Patent attorney:**
Ing. Liber Markus, patentový zástupce, Gröbner 54, 402 08 Bonn

(54) **Summary:**
Zařízení a způsob fyzikálního zpracování odpadů

(12) **PŘEKLAD EVROPSKÉHO PATENTOVÉHO SPISU**

(19) **CZ/EP 2 388 068 T3**

(96) **International publication number:** **01.11.2010**

(98) **Class of invention:** **EP 10189542.3**

(97) **Date of invention:** **22.11.2011**

(97) **Date of publication:** **EP 2388068**

(97) **Date of publication:** **28.08.2014**

(97) **Date of publication:** **19.05.2010 CZ 20102733 U**

(98) **IPC class:**

(97) **IPC class:** **B 01 J 19/08 (2006.01)**
B 09 B 3/00 (2006.01)
A 62 D 3/10 (2007.01)
C 02 F 11/00 (2006.01)
H 05 H 1/02 (2006.01)
H 05 H 1/46 (2006.01)
H 05 H 1/48 (2006.01)

(73) **Proprietor:**
Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka v.v.i., 16062 Praha 6, CZ

(72) **Inventors:**
Sezima, Tomas, 70200, Ostrava, CZ
Sikora, Eugen, 73937, Horní Blatovice, CZ

(74) **Patent attorney:**
Ing. Liber Markus, patentový zástupce, Gröbner 54, 402 08 Bonn

(54) **Summary:**
Zařízení a způsob fyzikálního zpracování odpadů

 **Europäisches Patentamt**
European Patent Office
Office européen des brevets

URKUNDE **CERTIFICATE** **CERTIFICAT**

Es wird hiermit bescheinigt, dass für die in der Patentschrift beschriebene Erfindung ein europäisches Patent für die in der Patentschrift bezeichneten Vertragsstaaten erteilt worden ist.

It is hereby certified that a European patent has been granted in respect of the invention described in the patent specification for the Contracting States designated in the specification.

Il est certifié qu'un brevet européen a été délivré pour l'invention décrite dans le fascicule de brevet, pour les Etats contractants désignés dans le fascicule de brevet.

Europäisches Patent Nr. **2388068**

European patent No. **2388068**

Brevet européen n° **2388068**

Patentinhaber **Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka v.v.i. Podbabská 30/2582 16062 Praha 6/CZ**

Proprietor of the patent **Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka v.v.i. Podbabská 30/2582 16062 Praha 6/CZ**

Titulaire du brevet **Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka v.v.i. Podbabská 30/2582 16062 Praha 6/CZ**

Vize úprav zařízení - oblast ODPADY i VODA (cíleno na perzistentní látky) na základě:

- Nové směry, strategie na poli tvorby a ochrany životního prostředí /všechny složky ŽP/
- Nová legislativa /obsáhlejší a přísnější/
- Např. návrhy úprav nové legislativy pro oblast čištění odpadních vod /příprava novely Směrnice 91/271/EHS, ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod/, dokument 2022/0344 návrh Směrnice Evropského parlamentu a Rady, která má za cíl změnit směrnici 2000/60/ES o rámcové politice Společenství v oblasti vodní politiky a směrnici 2006/118/ES o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršením
- Dokumenty „WG Chemical“ z jednání Pracovní skupiny pro chemické látky (Working Group on Chemicals),
- zavádění hodnocení pomocí effect-based methods (EBM), nové sledované polutanty, mikropolutanty (PPCP – farmaka), revize limitů, antibiotická rezistence ..
- Rešerše domácí a zahraniční literatury /technologie, zejména biodegradace, možnosti použití/
- Stanovení cílů pro další rozvoj a směřování zařízení
- Vize a představy o dalších možnostech využití zařízení /nové oblasti působení/
- Návrh koncepce, úprav a dovybavení zařízení
- Možnosti propojení s biotechnologiemi
- Ekonomika /výstavba, provoz, údržba, lidské zdroje, energie a další vstupy/

Zdroj:

[EUR-Lex](#) [EUR-Lex](#) - Access to European Union law

<https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=cs>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=celex:31991L0271>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32024L3019>

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=OJ:L_202590038

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=OJ:L_202590038

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022PC0540>

Orientační srovnání technologií pro odstranění farmak z vod

Technologie	Princip	Účinnost	Výhody	Nevýhody	Rozšíření ve světě
Biologické procesy (klasické ČOV, aktivovaný kal)	Mikroorganismy rozkládají organické látky	20–60 %	Levné, standardní, osvědčené	Slabá účinnost na rezistentní farmaka	Celosvětově standard
Konstruované mokřady	Rostliny + mikrobiální biofilm	30–70 %	Nízké náklady, přírodní, vhodné pro malé obce	Velké plochy, pomalejší proces	Menší obce, nemocnice
Mikroorganismy (cílená biodegradace)	Speciální bakterie, houby	30–80 %	Ekologické, selektivní	Pomalé, závislé na podmínkách	Pilotní projekty
Mikrořasy a fotobioreaktory	Sorbce + metabolismus řas	40–85 %	Fixace CO ₂ , biomasa pro bioenergii	Potřeba světla, náročná kultivace	Výzkum, pilotní jednotky
Enzymatické technologie (lakázy, P450)	Izolované enzymy degradují farmaka	60–95 %	Vysoce účinné, cílené	Drahá produkce enzymů, stabilita	Laboratorní/pilotní
Membránové bioreaktory (MBR, SBR)	Kombinace biologie + membrány	50–90 %	Vysoká účinnost, kompaktní	Dražší provoz, fouling membrán	Moderní ČOV v EU, Asii
Adsorpce (aktivní uhlí, biochar, zeolity)	Sorbce na povrch sorbentu	60–95 %	Jednoduché, levné, osvědčené	Nutná regenerace nebo likvidace uhlí	Švýcarsko, Německo (povinně)
Ozonace (O ₃)	Oxidace organických molekul	70–95 %	Velmi účinná, ničí i hormony, antibiotika	Tvorba vedlejších produktů	Německo, Švýcarsko, Skandinávie
Pokročilé oxidační procesy (UV/H ₂ O ₂ , Fenton)	Generace OH• radikálů	70–95 %	Silná mineralizace, široké spektrum	Energeticky a chemicky náročné	Pilotní aplikace
Hybridní metody (O ₃ + uhlí, UV + H ₂ O ₂ + membrána)	Kombinace chemických/biologických postupů	90–99 %	Nejvyšší účinnost, univerzální	Složitá technologie, vysoké náklady	Pilotní, moderní projekty
Nanofiltrace (NF), Reverzní osmóza (RO)	Membránová separace	90–99 %	Odstraní téměř vše	Vznik koncentrovaného retentátu, drahé	USA, Asie (recyklace vody)

Příprava modifikace zařízení z oblasti ODPADY na oblast VODA

- Cca od roku 1960 byly publikovány první informace ohledně působení různých silových polí, zejména elektromagnetických, na člověka a životní prostředí. V současné době se této problematice věnuje samostatně anebo v kombinaci s jinými technologiemi řada pracovišť
- Vize uplatnění patentovaného zařízení nejenom v oblasti ODPADY ale i VODA
- Úvahy nad možnými modifikacemi zařízení, kdy pro další rozvoj bylo vybráno elektrostatické pole pro samostatné působení nebo v kombinaci s dalšími technologiemi
- Úvahy nad efektivností a ekonomikou zařízení /konstrukce, provoz, servis, energetické potřeby, nároky na pracovní sílu apod./

Orientační srovnání technologií pro odstranění farmak z vod (investiční a provozní náklady)

Technologie	Účinnost	Investice (CAPEX)	Provozní náklady (OPEX)	Poznámka
Biologické procesy (ČOV, aktivovaný kal)	20–60 %	nízké	nízké	Standardní technologie, nestačí na odolná farmaka
Konstruované mokřady	30–70 %	nízké	nízké	Potřebují hodně plochy, vhodné pro malé obce
Mikroorganismy (cílená biodegradace)	30–80 %	střední	nízké–střední	Vhodné spíše pro specifické látky, zatím výzkum
Mikrořasy a fotobioreaktory	40–85 %	střední	střední	Nároky na světlo, možnost produkce biomasy
Enzymatické technologie (lakázy, P450)	60–95 %	střední–vysoké	střední–vysoké	Vysoce účinné, ale drahé enzymy
Membránové bioreaktory (MBR, SBR)	50–90 %	střední–vysoké	střední	Kompaktní, stabilní, riziko zanášení membrán
Adsorpce (aktivní uhlí, biochar, zeolity)	60–95 %	nízké–střední	střední	Osvědčené, nutná regenerace nebo likvidace sorbentu
Ozonizace (O ₃)	70–95 %	střední	střední	Velmi účinná, musí se hlídat vedlejší produkty
Pokročilé oxidační procesy (UV/H ₂ O ₂ , Fenton)	70–95 %	střední–vysoké	vysoké	Účinné, ale drahé na energii a chemikálie
Hybridní metody (O ₃ + uhlí, UV + H ₂ O ₂ + membrána)	90–99 %	vysoké	vysoké	Nejvyšší účinnost, ale složité a drahé
Nanofiltrace (NF), Reverzní osmóza (RO)	90–99 %	vysoké	vysoké	Skoro úplné odstranění, problém s koncentrátem

Orientační srovnání technologií pro odstranění farmak z vod - Cost/benefit analýza - nejlepší poměr „cena/výkon“

Technologie	Účinnost	Investice (CAPEX)	Provozní náklady (OPEX)	Hodnocení poměru cena/výkon
Aktivní uhlí (adsorpce)	60–95 %	nízké–střední	střední	🏆 Nejlepší kompromis, povinně zaváděno v Německu/Švýcarsku
Ozonace (O ₃)	70–95 %	střední	střední	🏆 Velmi účinná, univerzální, vhodná v kombinaci s uhlím
Membránové bioreaktory (MBR, SBR)	50–90 %	střední–vysoké	střední	🏆 Moderní technologie pro městské ČOV, dobrý poměr výkon/náklady
Konstruované mokřady	30–70 %	nízké	nízké	✅ Vhodné pro malé obce a nemocnice, nízké náklady
Mikrořasy a fotobioreaktory	40–85 %	střední	střední	🔄 Perspektivní, možnost vedlejšího využití biomasy

Zjednodušené doporučení aplikace dostupných technologií pro odstranění farmak z vod (MIX)

- města, městské aglomerace → ozonizace + aktiv. uhlí ,
- menší provozy → MBR technologie (membrane bioreactor),
- obce → mokřady,
- farmaceutický průmysl → kombinace reverzní osmóza/nanofiltrace (RO/NF),
- výhledově → mikrořasy (popř. „řasy s umělou inteligencí“) i s ohledem na další využití např. biopaliva

Metody odstranění farmak z odpadních vod

- Aktivní uhlí (adsorpce) – nejvíce nasazované, osvědčené, velmi účinné.
- Ozonizace – často spolu s aktiv. uhlím, v Evropě se rychle prosazuje.
- Hybridní kombinace (O_3 + aktiv. uhlí, UV + H_2O_2) – nejvyšší účinnost, zatím menší rozšíření.
- Reverzní osmóza/nanofiltrace – nejvyšší účinnost, ale drahé, více v Asii a USA.
- Pokročilé oxidační procesy (AOP) – účinné, ale méně využívané kvůli nákladům.
- Biologické procesy – levné, ale samy o sobě slabé; vhodné jen jako základní krok.
- Biochemické procesy (biodegradace) – levné, vhodné jen pro některá farmaka, v prostředí aerobním a anaerobním
- Enzymatické procesy - drahá produkce enzymů, možno je imobilizovat na nosičích

**Propojení biochemických procesů s vybraným silovým fyzikálním působením
/vybráno pro další experimenty OBLAST VODA - elektrostatické pole/**

Srovnání biotechnologií pro odstranění farmak

Metoda	Princip	Účinnost	Výhody	Nevýhody	Typické využití
Mikroorganismy (biodegradace)	Bakterie, houby metabolizují farmaka	30–80 % (podle látky)	Levné, přírodní, ekologické	Pomalé, selektivní	ČOV, pilotní biodegradační reaktory
Enzymatické procesy (laktázy, peroxidázy, P450)	Izolované enzymy rozkládají léčiva	60–95 %	Vysoká účinnost, cílená degradace	Drahé, nutná imobilizace, stabilita enzymů	Laboratoře, pilotní jednotky
Konstruované mokřady	Rostliny + mikrobiální biofilm	30–70 %	Levné, jednoduché, estetické, vhodné pro malé obce	Velká plocha, nižší účinnost u odolných látek	Malé obce, nemocnice, farmaceutické odpady
Bioreaktory (MBR, SBR)	Prodloužený pobyt biomasy + membrány	50–90 %	Kompaktní, stabilní, vysoká účinnost na více typů farmak	Vyšší náklady, fouling membrán	Moderní ČOV, města
Mikrořasy a fotobioreaktory	Sorbce + metabolismus řas, fotosyntéza	40–85 %	Obnova biomasy, vazba CO ₂ , možnost biopaliv	Potřeba světla, kultivační nároky	Průmyslové odpadní vody, integrace s bioenergetikou

Mikroorganismy vhodné pro biodegradaci léčiv

Pořadí (účinnost)	Mikroorganismus / skupina	Typická cílová farmaka	Poznámka k účinnosti
1	<i>Trametes versicolor</i> , <i>Phanerochaete chrysosporium</i> (bílé hnilobné houby)	Hormony, cytostatika, antibiotika	Nejvyšší účinnost díky enzymům (laccasa, ligninperoxidáza, Mn-peroxidáza); zvládají i persistentní látky
2	<i>Pseudomonas</i> spp. (bakterie)	Antibiotika, NSAIDs, analgetika (např. ibuprofen)	Velmi účinné, široké degradační spektrum
3	<i>Bacillus</i> spp. (bakterie)	Široká škála farmak, metabolitů	Dobrá účinnost, robustní kmeny, odolné v praxi
4	<i>Acinetobacter</i> spp. (bakterie)	Detergenty, aromatické léčiva	Vysoká účinnost, dobře se adaptují na směsi kontaminantů
5	<i>Sphingomonas</i> spp. (bakterie)	Persistentní aromatické sloučeniny, hormony	Specializovaná účinnost, ale úzce zaměřená
6	<i>Streptomyces</i> spp. (aktinomycety)	Různé farmaka (široké spektrum)	Silné enzymy, účinné na složitější struktury
7	<i>Aspergillus</i> spp., <i>Penicillium</i> spp. (vláknité houby)	Antibiotika, hormony	Dobrá účinnost, ale méně univerzální než <i>Pseudomonas</i>
8	<i>Aeromonas</i> spp. (bakterie)	Antibiotika, hormony	Střední účinnost, často doplňkové
9	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (kvasinka)	Hormony, některá léčiva	Nízká účinnost, spíše laboratorní model než praxe

Anaerobní/ fakultativně anaerobní (nebo spíše mikroaerofilní) mikroorganismy vhodné pro biodegradaci léčiv v odpadních vodách

Skupina / rod	Role v anaerobních procesech	Účinnost biodegradace léčiv	Typické odbourávané látky
<i>Clostridium spp.</i>	Hydrolytický rozklad komplexních organických látek	Vysoká	Paracetamol, amoxicilin, cefalexin
<i>Bacteroides spp.</i>	Degradace aromatických a dusíkatých sloučenin	Střední–vysoká	Sulfonamidy, některá antibiotika
<i>Desulfovibrio, Desulfotomaculum</i> (sulfát-redukující bakterie)	Redukce sulfátů, odbourávání aromatických struktur	Střední–vysoká	Ketoprofen, naproxen, tetracykliny
<i>Pseudomonas spp.</i> (fakultativně anaerobní)	Denitrifikace, rozklad xenobiotik	Střední	Diclofenac, sulfamethoxazol
<i>Syntrophomonas, Syntrophobacter</i>	Syntrofní odbourávání mastných kyselin a aromatů	Střední	Částečná degradace karbamazepinu, NSAID
Methanogenní archea (<i>Methanosaeta, Methanospirillum</i>)	Přeměna meziproduktů na metan, stabilizace prostředí	Nepřímá (nízká)	Podpora degradace ibuprofenu, sulfonamidů
Izolované nové kmeny z ČOV (např. <i>Clostridium, Actinomyces, Firmicutes</i>)	Specificky adaptované na léčiva, testováno v laboratoři	Vysoká (experimentálně až 80–90 %)	Tetracykliny, makrolidy, hormony (estradiol, EE2)

Vybrané mikroorganismy - účinnost biodegradace

- Vysoká účinnost - *Clostridium spp.*, dobře odbourává jednoduchá léčiva (paracetamol, antibiotika), dále speciální izolované kmeny z ČOV – velmi účinné na antibiotika a hormony (tetracykliny, makrolidy, estradiol),
- Střední účinnost - *Bacteroides spp.* – sulfonamidy, antibiotika, sulfát-redukující bakterie (*Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum*) – NSAID (ketoprofen, naproxen), *Pseudomonas spp.* (fakultativně anaerobní) – diclofenac, sulfamethoxazol, syntrofní bakterie (*Syntrophomonas*, *Syntrophobacter*) – částečně karbamazepin, NSAID,
- Nízká / nepřímá účinnost - methanogenní archea – léčiva přímo neštěpí, ale stabilizují prostředí.

Shrnutí

- Nejúčinnější na obtížně odbouratelná farmaka = bílé hnilobné houby (*Trametes*, *Phanerochaete*)
- Nejuniverzálnější a stále velmi účinné = *Pseudomonas* a *Bacillus*
- Ostatní mikroorganismy mají spíše střední až doplňkovou účinnost

Anaerobní mikroorganismy pro biodegradaci léčiv zejména při anaerobní digesci

Pořadí (účinnost)	Skupina / rod mikroorganismů	Typická role v digesci	Cílové farmaka (příklady)	Poznámka
1	<i>Clostridium spp.</i> (hydrolytické bakterie)	Rozklad komplexních látek, fermentace	Antibiotika (sulfonamidy), hormony, NSAIDs (částečně)	Nejvyšší účinnost na farmaka mezi anaeroby, široký metabolismus
2	<i>Bacteroides spp.</i> (fermentační bakterie)	Štěpení sacharidů a proteinů	Antibiotika, hormony	Velmi časté, vysoká adaptační schopnost
3	<i>Syntrophomonas spp.</i> (acidogenní bakterie)	Přeměna mastných kyselin na H_2 a acetát	Metabolity antibiotik a hormonů	Spolupracují s methanogeny, účinnost střední až vyšší
4	<i>Syntrophobacter spp.</i> (acidogenní)	Degradace propionátu a aromatických kyselin	Některé metabolity léčiv	Specializované, účinné v syntrofii
5	<i>Pelotomaculum spp.</i> , <i>Syntrophus spp.</i> (acetogenní)	Přeměna vyšších MK a alkoholů na acetát	Persistentní metabolity farmak	Střední účinnost, úzce specializované
6	<i>Methanosarcina spp.</i> (methanogenní archea)	Acetoklastická + hydrogenotrofní methanogeneze	Nepřímo přispívají (udržují nízký H_2)	Multifunkční, robustní, ale spíš nepřímý efekt
7	<i>Methanosaeta spp.</i> (acetoklastická archea)	Přeměna acetátu na CH_4	Nepřímo ovlivňují degradaci hormonů a antibiotik	Účinnost na farmaka nízká, ale důležité pro stabilitu systému
8	<i>Methanobacterium spp.</i> (hydrogenotrofní archea)	Přeměna H_2 a CO_2 na CH_4	Nepřímo podporují fermentační fáze	Slabá přímá účinnost na farmaka

Shrnutí účinností mikroorganismů v procesu degradace

- Nejvyšší účinnost: hydrolytické anaerobní mikroorganismy (*Clostridium*, *Bacteroides*) a některé sulfát-redukující bakterie (přímo dokážou částečně odbourávat léčiva).
- střední účinnost → *Syntrophomonas*, *Syntrophobacter*, *Pelotomaculum* (hlavně transformace metabolitů).
dále syntrofní bakterie, denitrifikační bakterie
- Nepřímý vliv: methanogeny a acidogenní bakterie (udržují rovnováhu, umožňují degradaci) methanogenní archea (*Methanosarcina*, *Methanosaeta*, *Methanobacterium*)
– jejich role je spíš nepřímá, udržují podmínky pro ostatní

Příprava modifikace zařízení z oblasti ODPADY na oblast VODA

- Cca od roku 1960 byly publikovány první informace ohledně působení různých silových polí, zejména elektromagnetických, na člověka a životní prostředí. V současné době se této problematice věnuje samostatně anebo v kombinaci s jinými technologiemi řada pracovišť
- Vize uplatnění patentovaného zařízení nejenom v oblasti ODPADY ale i VODA
- Úvahy nad možnými modifikacemi zařízení, kdy pro další rozvoj bylo vybráno elektrostatické pole pro samostatné působení nebo v kombinaci s dalšími technologiemi
- Úvahy nad efektivností a ekonomikou zařízení /konstrukce, provoz, servis, energetické potřeby, nároky na pracovní sílu apod./

Modifikace zařízení

- Návrh a realizace přestavby a dostavby „Zařízení a způsobu fyzikálního zpracování odpadu“ dle EP 2388068
- Ladění a optimalizace experimentálního zařízení pro oblast působení VODA /zejména pracovního prostor pro působení elektrostatickým polem/
- Ladění a optimalizace vysokonapěťového zdroje
- Příprava pro podání užitného vzoru na nový pracovní prostor pro oblast VODA - modifikace „Zařízení a způsobu fyzikálního zpracování odpadu“ dle EP 2388068
- Propojení biodegradačních procesů s vybraným působením silovým fyzikálním působením / vybráno elektrostatické pole/
- Pro biodegradace byla postupně modifikována směs bakterií - *Pseudomonas putida*, *Rhodococcus degradans*, *Rhodococcus rhodochrous* a *Rhodococcus erythropolis*, které byly získány z České sbírky mikroorganismů působící při Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Česká sbírka mikroorganismů disponuje značným spektrem mikroorganismů, k nimž je vytvořena podpůrná databáze s jejich degradačními schopnostmi a specifickými vlastnostmi a podmínkami kultivace. V procesu zkoušek jsou další organismy (řešeno ve spolupráci s VSB TUO HGF - Katedra environmentálního inženýrství (doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová)

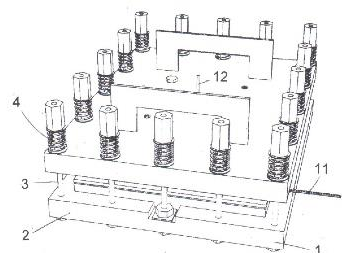
Úprava, optimalizace zařízení

V rámci řešení WP 2. A CEVOOH pro experimentální činnosti úpravy odpadních vod se využívá upravené a optimalizované zařízení pro fyzikální zpracování odpadů s přepracovaným pracovním prostorem pro působení elektrostatickým polem.

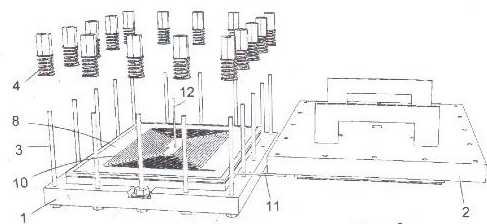


Upravené zařízení

Schéma upraveného, optimalizovaného zařízení – elstat. pole

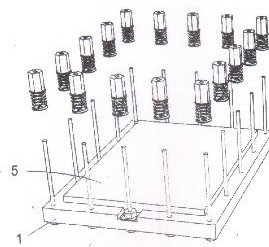


Obr. 1

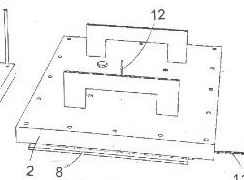


Obr. 2

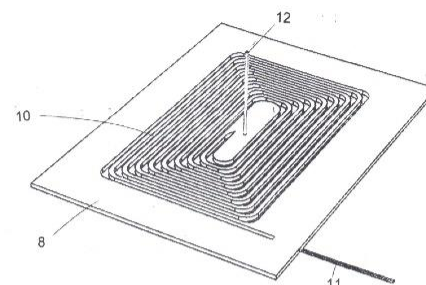
Obr. 3



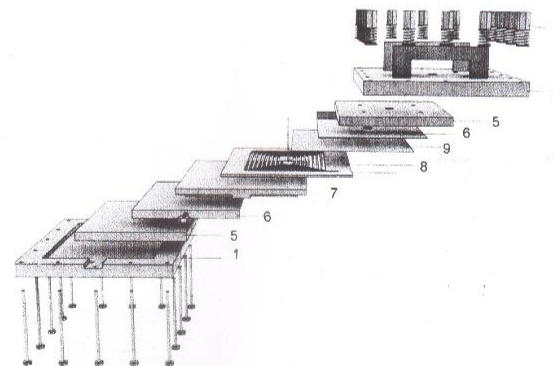
Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7

Upravené zařízení

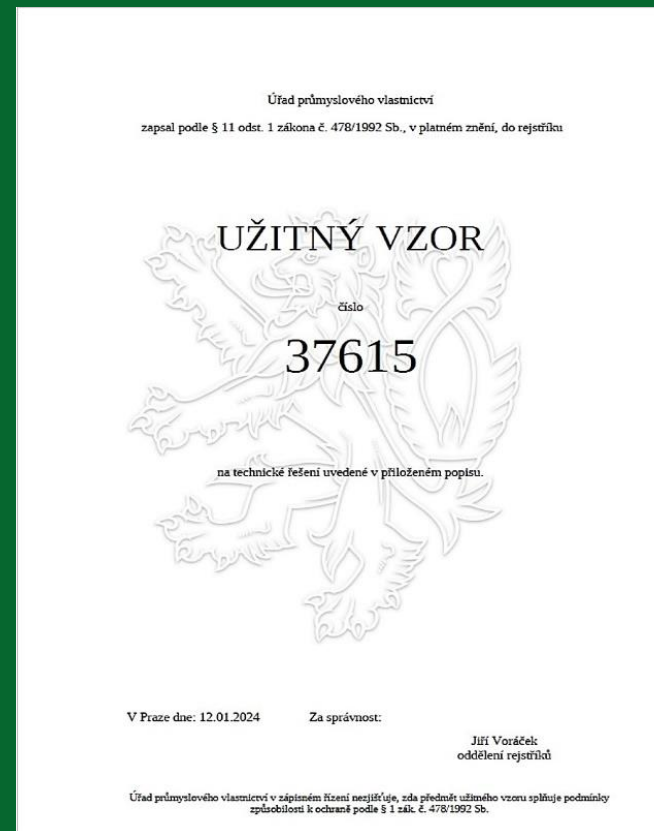
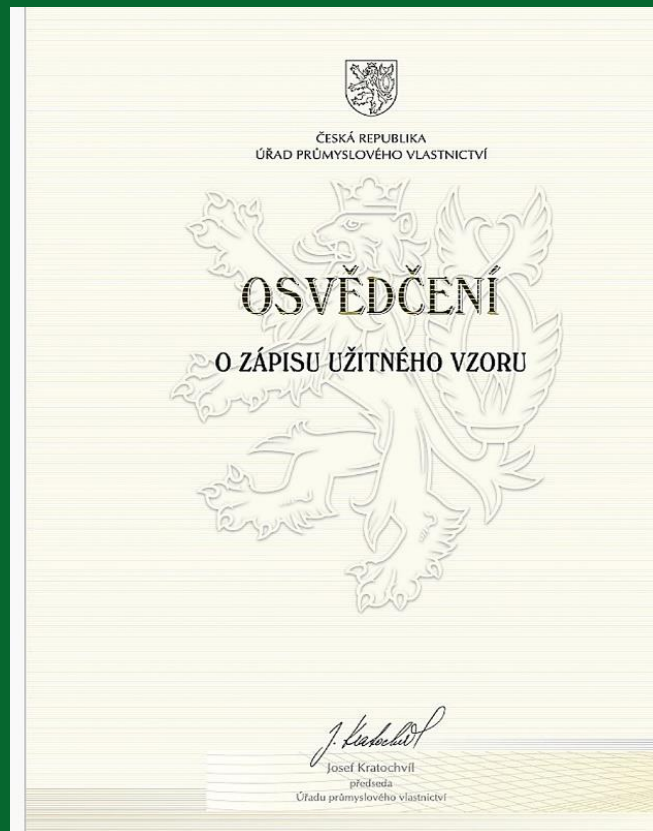
Zařízení pro úpravu odpadní vody působením elektrostatického pole, vytvořeného mezi dvěma elektrodami a protékaného odpadní vodou.

Podstata pracovního prostoru:

elektrody ve tvaru rovnoběžných desek svírají do spirály stočený kanál se vstupem odpadní vody na boku zařízení a s centrálním výstupem.

Užitný vzor na pracovní prostor

Užitný vzor č. 37615 „Zařízení pro úpravu odpadní vody působením elektrostatického pole“ zapsán Úřadem průmyslového vlastnictví v Praze dne 12.01.2024



UŽITNÝ VZOR		(11) Číslo dokumentu: 37 615
(19) ČESKÁ REPUBLIKA	(21) Cíle přihlášky: 2013-41504 (22) Přihlášeno: 29.11.2023 (47) Zapsáno: 12.01.2024	(13) Druh dokumentu: U1 (51) Int. Cl.: C02F 1/48 (2023.01)
 ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ		
(73) Majitel: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Praha 6, Dejvice, CZ		
(72) Převodce: Ing. Tomáš Sezim, Ph.D., Ostrava, Moravská Ostrava, CZ		
(74) Zastupce: Ing. Libor Markes, Grohova 145/54, 602 00 Brno, Vevří		
(54) Název užitného vzoru: Zařízení pro úpravu odpadní vody působením elektrostatického pole		
CZ 37615 U1		
Úřad průmyslového vlastnictví v zápisném řízení nejdříve, zda předmět užitného vzoru splňuje podmínky způsobilosti k ochraně podle § 1 zák. č. 478/1992 Sb.		

Experimentální činnosti

Jedna část vzorků byla biodegradována bez předúpravy a část byla před vlastní biodegradací podrobena fyzikální předúpravě na zařízení pro fyzikální předúpravu v laboratořích VUV TGM v.v.i..

Pro předúpravu bylo odzkoušeno působení elektrostatickým polem s různou dobou expozice, max. napětí 20 kV, el. proud do 0,1 mA.

Vlastní biodegradace směsnou kulturou vybraných bakteriálních kmenů probíhala po dobu tří týdnů. Poté byly vzorky zfiltrvány a provedeny speciální chemické analýzy. Vzhledem k charakteristice daného vzorku odpadních vod bylo pro chemická stanovení vybráno cca 70 látek ze skupiny PPCP, převážně farmak. Chemické analýzy zajišťovala Laboratoř environmentální biotechnologie Mikrobiologického ústavu AV ČR, v.v.i.

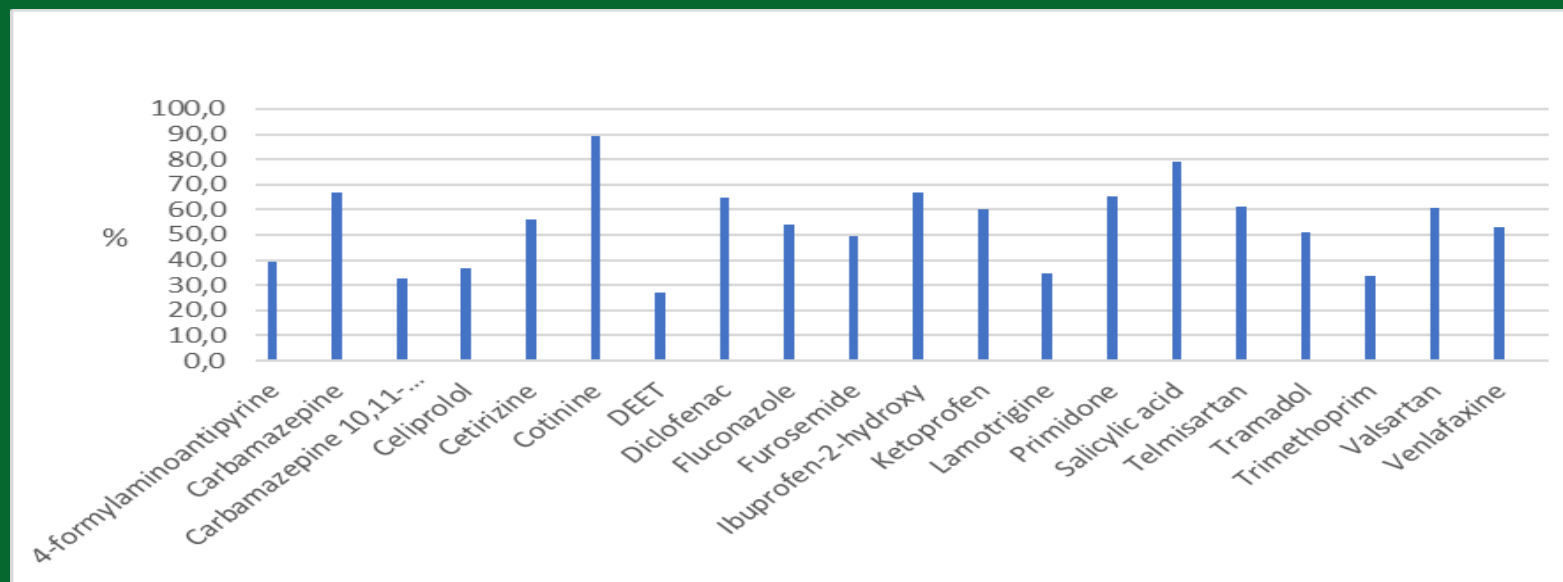
Experimentální činnosti probíhaly od roku 2022 do roku 2025 a s výhledem pokračování v roce 2026.

Vyhodnocení experimentálních činností

Vyhodnocení první série experimentů v roce 2022 naznačilo, že jen za pomoci elektrostatického pole u mnohých farmak, obsažených v odpadních vodách, lze snižovat obsah účinných složek léčiv (např. carbamazepin, celiprolol, claritromycin, diclofenac, hydrochlorothiazide, iohexol, iomeprol, irbesartan). Kombinovaný technologický postup – fyzikální úprava elektrostatickým polem a biotechnologie za pomoci vybraných kmenů bakterií se jeví jako velmi nadějný, kdy dochází ke snížení významné části celého spektra sledovaných látek.

Fyzikální předúprava výrazně zvyšuje účinnost následně zařazených biotechnologií řádově o desítky procent.

Změna (zvýšení) účinnosti biodegradace vybraných farmak použitím elektrostatického pole oproti biodegradaci bez použití elektrostatického pole (vyjádřeno v %) je zobrazena grafem.

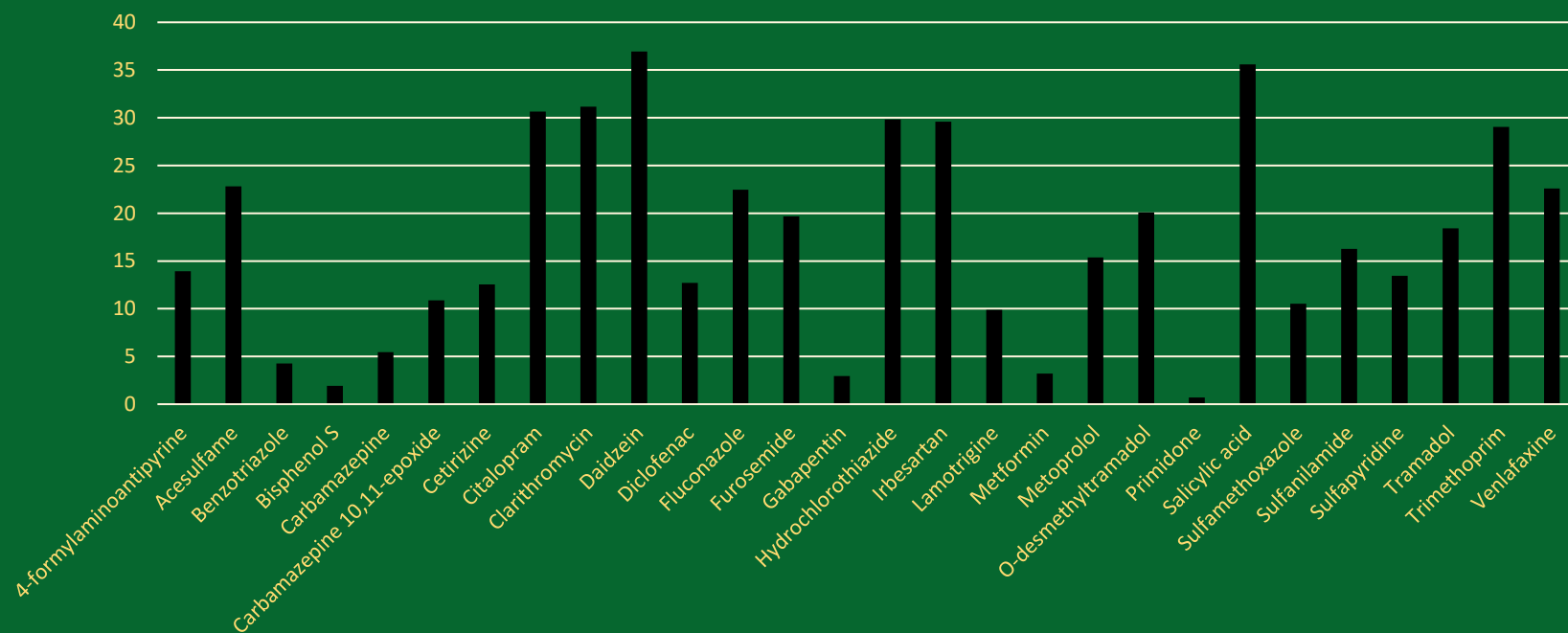


Vyhodnocení experimentálních činností

Vyhodnocení dalších sérií experimentů potvrdilo procesy zjištěné u první série experimentů.

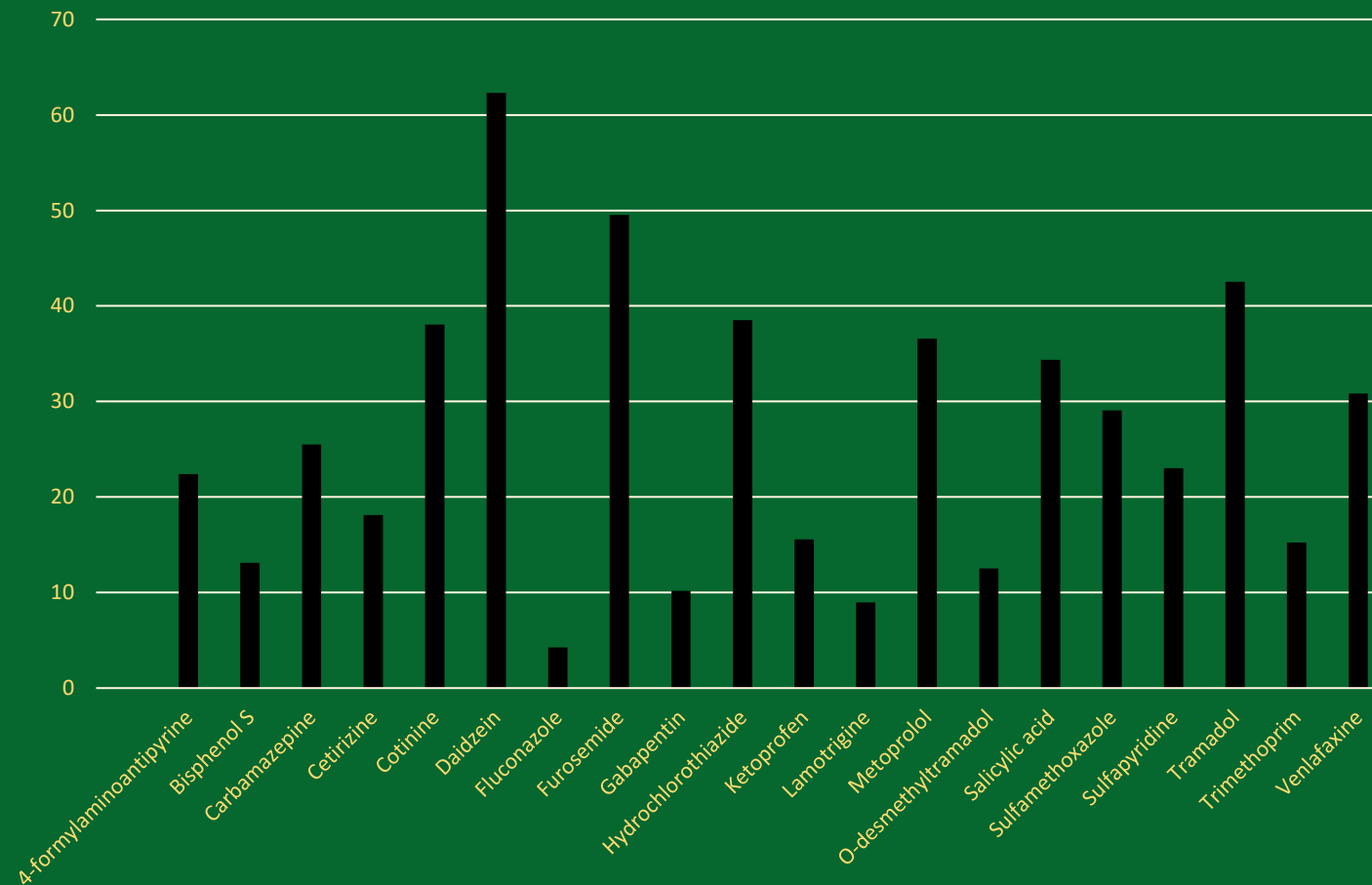
Lze konstatovat, že za pomoci samostatně působícího elektrostatického pole u mnohých farmak, obsažených v odpadních vodách, lze snižovat obsah účinných složek farmak (např. 4-formylaminoantipyrine, Acesulfame, Benzotriazole, Bisphenol S, Carbamazepine, Carbamazepine 10,11-epoxide, Cetirizine, Citalopram, Clarithromycin, Daidzein, Diclofenac, Fluconazole, Furosemide, Gabapentin, Hydrochlorothiazide, Irbesartan, Lamotrigine, Metformin, Metoprolol, O-desmethyltramadol, Primidone, Salicylic acid, Sulfamethoxazole, Sulfanilamide, Sulfapyridine, Tramadol, Trimethoprim, Venlafaxine).

Účinnost samostatného působení elektrostatického pole u vybraných farmak (vyjádřeno v %) je zobrazena grafem.



Experimentální činnosti - pokračování

Změna (zvýšení) účinnosti biodegradace vybraných farmak použitím elektrostatického pole oproti biodegradaci bez použití elektrostatického pole (vyjádřeno v %) je zobrazena grafem



Závěry a doporučení

Lze konstatovat, že velmi aktuálním vodohospodářským tématem dneška je dočišťování odpadních vod od mikropolutantů, které povede jednak ke snížení zatížení životního prostředí z antropogenních aktivit, a také k opětovnému využití vody. Proto jsou v dnešní době nové techniky a technologie vítány a ve správném čase i společnostmi podporovány, a to v rámci naplňování strategie trvale udržitelného rozvoje.

Upravené experimentální zařízení fyzikálního zpracování odpadu je modifikováno na použití elektrostatického pole za účelem snižování obsahu vybraných persistentních polutantů v odpadních vodách. Aktuálně je zařízení vystavěno jako zkušební laboratorní zařízení, výhledově i jako zařízení průmyslové.

V současné době probíhá spolupráce s dalšími výzkumnými pracovišti, zejména dislokovanými na vysokých školách, a zkušební testování odpadních vod v rámci uživatelské optimalizace zařízení. Dále jsou vedena jednání s výrobcí zkušebních laboratorních a průmyslových technických zařízení (zejména COV).

Pro zvýšení účinnosti samostatného působení elektrostatickým polem se domníváme, že by bylo vhodné navýšit u zařízení výkon VN zdroje - navýšení napětí cca na dvojnásobnou úroveň.

Nová Směrnice (EU) 2024/3019 o čištění městských odpadních vod (klady)

Oblast	Pozitivní dopad	Popis / Přínos
Kvalita vod	Čistší řeky, jezera a moře	Lepší odstraňování živin a mikropolutantů → menší eutrofizace a toxické zatížení.
Zdraví obyvatel	Menší expozice chemikáliím	Omezení farmaceutik, hormonů a pesticidů v životním prostředí a pitné vodě.
Ekologická rovnováha	Ochrana vodních ekosystémů	Podpora biodiverzity a stability vodních organismů.
Princip „znečišťovatel platí“	Spravedlivější rozložení nákladů	Farmaceutické a kosmetické firmy přispívají na likvidaci svých mikropolutantů.
Energetická účinnost	Snížení emisí a nákladů	Povinnost sledovat energetickou bilanci čistíren a směřovat k energetické neutralitě.
Inovace	Podpora výzkumu a modernizace	Tlak na vývoj nových technologií a inovativních čisticích procesů.
Ekonomické přínosy	Čistší prostředí = nižší náklady	Evropská komise odhaduje čisté přínosy ~6,6 mld € ročně do 2040.
Transparentnost a kontrola	Povinné sledování a hlášení	Zavedení pravidelných auditů, sledování účinnosti, kvality i energetiky.

Nová Směrnice (EU) 2024/3019 o čištění městských odpadních vod (zápory)

Oblast	Negativní dopad / Riziko	Popis / Důsledek
Finanční zátěž	Vysoké investiční náklady	Modernizace čistíren, nové technologie pro mikropolutanty – drahé pro obce.
Náklady pro občany	Možné zvýšení vodného a stočného	Pokud stát neposkytne dost dotací, provozovatelé náklady přenesou na spotřebitele.
Technologická náročnost	Obtížné odstranění mikropolutantů	Technologie pro farmaceutika či kosmetické látky jsou energeticky náročné.
Nerovnost mezi státy	Vyšší tlak na nové členy EU	Země s méně rozvinutou infrastrukturou (např. ČR, SR, PL) musí rychle dohánět standardy.
Právní spory	Odpor průmyslu	Farmaceutický sektor zvažuje právní kroky proti povinnému spolufinancování.
Administrativní zátěž	Komplexní reporting a audit	Nutnost pravidelných zpráv, sledování, kontroly a implementace nových postupů.
Riziko zpoždění implementace	Krátké přechodné období	Transpozice do národního práva do roku 2027 – obce nemusí stihnout přípravu.
Konkurenceschopnost podniků	Vyšší výrobní náklady	Firmy v kosmetickém a farmaceutickém sektoru mohou ztrácet konkurenceschopnost.

Nová Směrnice (EU) 2024/3019

Návrhy opatření ke zmírnění negativních dopadů

Oblast problému	Navrhované opatření / řešení	Očekávaný přínos
Vysoké investiční náklady	Zřízení speciálních dotačních programů z fondů EU (Kohézní fond, Fond soudržnosti, Modernizační fond)	Umožní financovat modernizace čistíren a nové technologie bez přenesení nákladů na občany.
Zvýšení cen vodného a stočného	Zavedení přechodného období (2027–2035) s postupným navyšováním požadavků	Rozložení finanční zátěže v čase a snížení dopadu na domácnosti.
Technologická náročnost u mikropolutantů	Podpora výzkumu a pilotních projektů (např. biologické filtry, aktivní uhlí, membránové systémy)	Vývoj levnějších, energeticky úspornějších a ekologičtějších technologií.
Nerovnost mezi státy / regiony	Evropská koordinace a sdílení know-how (společné projekty, technické standardy)	Vyrovnaní rozdílů mezi vyspělými a méně rozvinutými členskými státy.
Odpor průmyslu (farmacie, kosmetika)	Nastavení férového modelu EPR („rozšířená odpovědnost výrobce“) s jasnými pravidly financování	Transparentní systém přerozdělení nákladů – snížení právních sporů a zvýšení akceptace.
Administrativní zátěž obcí	Digitalizace hlášení, automatizované monitorovací systémy, centrální databáze	Zjednodušení administrativy, nižší personální nároky a přesnější data.
Krátké přechodné období	Včasné zpracování národní strategie implementace (MŽP, SFŽP, vodohospodářské svazy)	Jasný harmonogram kroků, přehledná koordinace investic a plánování.
Energetická náročnost provozu čistíren	Instalace kogeneračních jednotek, fotovoltaiky a využití bioplynu	Snížení provozních nákladů, vyšší soběstačnost a dosažení energetické neutrality.
Konkurenceschopnost firem	Zavedení daňových úlev a podpor pro podniky investující do čistých technologií	Motivace firem k inovacím bez ztráty konkurenceschopnosti.
Komunikace s veřejností	Osvětové kampaně o přínosech nové směrnice a důvodech úprav vodného	Zvýšení veřejné podpory a snížení odporu vůči modernizačním opatřením.

Závěr ke Směrnici Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/3019 ze dne 27. listopadu 2024 o čištění městských odpadních vod

Směrnice (EU) 2024/3019 je významným krokem k modernizaci systému čištění městských odpadních vod v EU. Přinese vyšší kvalitu životního prostředí a inovace, ale i potřebu velkých investic a organizačních změn.

Úspěch implementace bude záviset na:

- dostatečné finanční podpoře,
- férovém rozdělení nákladů,
- podpoře výzkumu a inovací,
- a postupném zavádění opatření v praxi.

Pokud budou tyto podmínky splněny, může se tato směrnice stát milníkem v ochraně evropských vodních zdrojů

– legislativně, technologicky i environmentálně.

Zdroj:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32024L3019>

Nabídka spolupráce

Výzva k partnerství

- hledání nových uplatnění prezentovaného zařízení /VODA - ODPADY - .../
- rozvoj kombinovaných technologií s transferem do praxe
- příprava společných projektů zejména pro aplikovaný výzkum a následnou komercializaci

Nabídka EP, užitný vzor

- odprodej
- poskytnutí licence
- souhlas s užíváním

Poděkování

- Interním spolupracujícím
- Externím spolupracujícím
 - Laboratořím
 - Odborným firmám
- Konzultantům a oponentům
- Poradcům a spřízněným osobám

Závěrem komentář paní Dany Drábové

V rámci komentování nástupu elektromobilů komentovala i názory „zelených“ politiků: „Někdy si říkám, že se rozhodli přehlasovat fyzikální zákony.“

Vždyť i v jádru dobrá myšlenka musí brát v potaz reálné možnosti.
Jak technologické, tak ekonomické a sociální, ...”

Ing. Dana Drábová, Ph.D. , (3. června 1961 Praha – 6. října 2025 Pyšely)

Zdroj: Rozhovor - Český rozhlas, 2020

Časopis Garáž, 6. 10. 2025 (převzato)

<https://www.garaz.cz/clanek/novinky-zemrela-dana-drabova-21015607>

A photograph of several autumn leaves floating on a body of water. The leaves are in various stages of decay, showing colors like yellow, orange, red, and brown. The water is dark blue, and the background is a blurred green, suggesting a forest setting. The text "Děkuji za pozornost" is overlaid in the center of the image in a yellow, sans-serif font.

Děkuji za pozornost



T A
Č R

Ministerstvo životního prostředí

Možnosti použití modifikovaného zařízení pro fyzikální způsob zpracování odpadů pro čištění odpadních vod elektrostatickým polem

VÚV
TGM

Ing. Tomáš Sezima Ph.D. et. al.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.
Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6 | +420 220 197 111 | info@vuv.cz, www.vuv.cz
Pobočka Brno | Mojžírovo náměstí 16, 612 00 Brno-Královo Pole | +420 541 126 311 | info.brno@vuv.cz,
Pobočka Ostrava | Macharova 5, 702 00 Ostrava | +420 595 134 800 | info.ostrava@vuv.cz