



# Odstraňování farmak z biologicky vyčištěných odpadních vod

## Průběžné výsledky pilotních testů na reálné ČOV

Tomáš Lederer, Libor Novák, Tomáš Dufek, Karel Havlíček, Petra Šubrtová, Radka Fabiánová, Vladimír Janeček

+420 730 160 329

tomas.lederer@tul.cz

# Výchozí stav a motivace

# Motivace

- **Dlouhodobý VaV v oblasti dočištění odpadních vod** a odstraňování mikropolutantů ve vodách (např. čištění OV z farmaceutického, papírenského a strojírenského průmyslu, testování poddřezových filtrů pro pitné vody).
- **Řešení extrémních požadavků** na kvalitu odtoku z ČOV včetně minimalizace sumy organických látek.
- **Materiálový vývoj** v oblasti pokročilých sorpčních materiálů (grafenoxid a redukovaný grafenoxid).
- **Novela Směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod**
- **Podpora Norských fondů (SFŽP a MŽP)**

## Výchozí stav

- **Rešeršní údaje a monitoring 3 ČOV** (ČOV Liberec, ČOV pro Distribuční centrum Amazon a obecní ČOV v Dobrovízi u Prahy).
- **Farmaka jsou přítomna v odpadních vodách v desetinách až desítkách  $\mu\text{g/l}$ .**
- **Gabapentin** – epilepsie, ATB: Clarithromycin, Azithromycin, Sulfamethoxazol, **Metformin-cukrovka**, **Oxypurinol**-dna, antidepresiva: karbamazepin a deriváty (komerční zóna), venlafaxine a deriváty, **analgetika**, **benzotriazoly** – UV stabilizátory).
- **Koncentrace v odtoku jsou cca o řád nižší a jsou velmi proměnlivé.**
- **Rozhodující zdroje jsou právě ČOV** a odpadní vody z farem. Nemocnice mají specifické složení i vyšší koncentrace, ale nedominují.

# Uplatnění odstraňování mikropolutantů

- **Průmyslové odpadní vody** (farmaceutický, papírenský, chemický, strojírenský – PFAS)
- **Znovuvyužívání** odpadních vod
- **Komunální ČOV** - vlivem společenského zájmu na zvýšení kvality povrchových a podzemních vod
- **Řešení problematiky antibiotik a mikrobiální rezistence**
- **Vliv na vodní organismy** (ED a psychofarmaka) a kumulativní efekty (UV stabilizátory, PFAS)
- **Legislativní tlak** po přijetí novely Směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod

# Testování kvarterního čištění

Odstraňování farmak z biologicky vyčištěných odpadních vod

Od laboratoře k pilotním testům



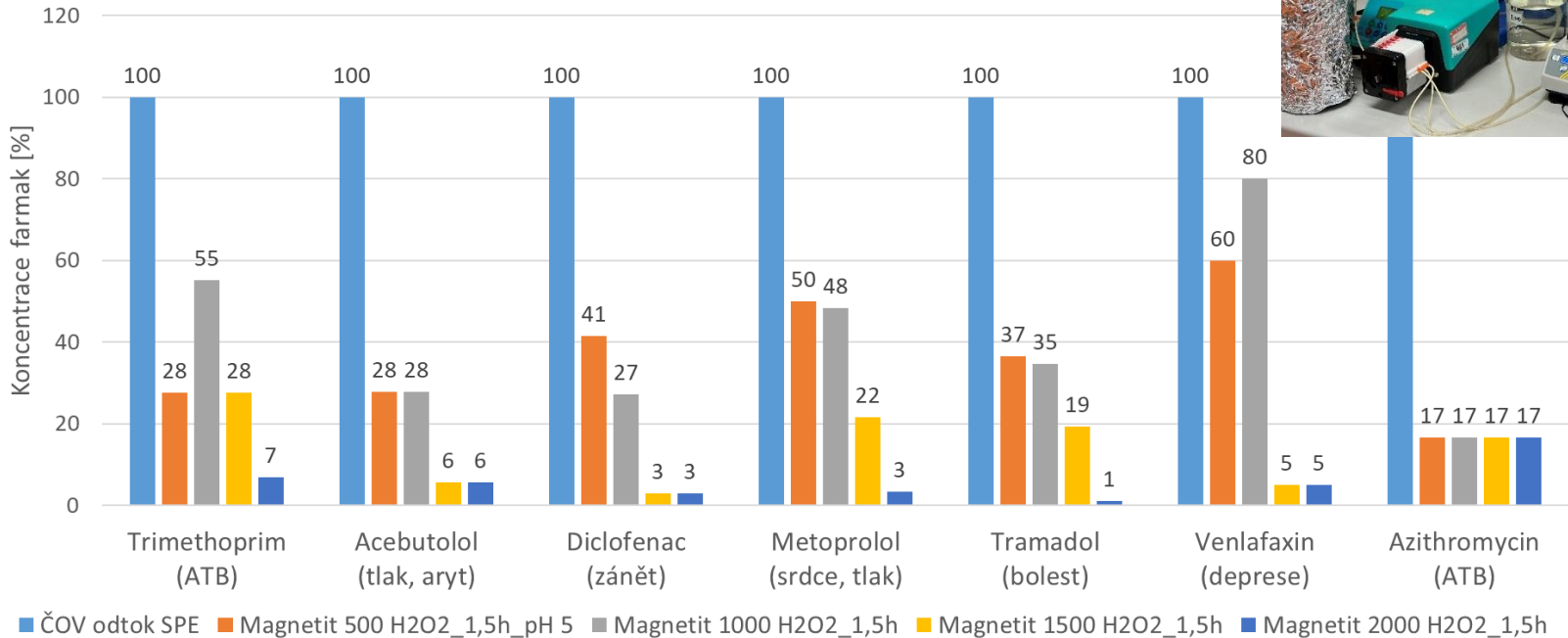
# Lab testy předčištění a odstraňování farmak

- **Koagulace** jako nástroj pro snížení zbytkové CHSK a dosrážení fosforu. Nejefektivnější je koagulace při nižším pH, 25 mg/l Fe, snížení CHSK o 50-65% PAX19 účinnost 40%. Testování pomocných organických koagulantů.
- Před kvarterním stupněm **nutná filtrace** pro odstranění NL a související CHSK.
- **AOP – Fenton** s heterogenním katalyzátorem (drcený magnetit a spinely železa). Různé koncentrace peroxidu (0,5 – 2 g/l), ověření vlivu pH.
- **AOP – ozonizace a UV Fenton**. Laboratorní testy při různých koncentracích (jednotky mg/l) a kontaktních časech (vteřiny až minuty).
- **Sorpční testy** po AOP (vsádkové i dynamické).
- Analytická koncovka - hmotnostní spektrometr Sciex X500R s kapalinovým chromatografem Exion LC AC, verifikace laboratoře JČU, MBU a UJEP.



# Laboratoř– Fenton heterogenní katalýza

Pokles koncentrace farmak vyjádřený v %, metoda SPE.



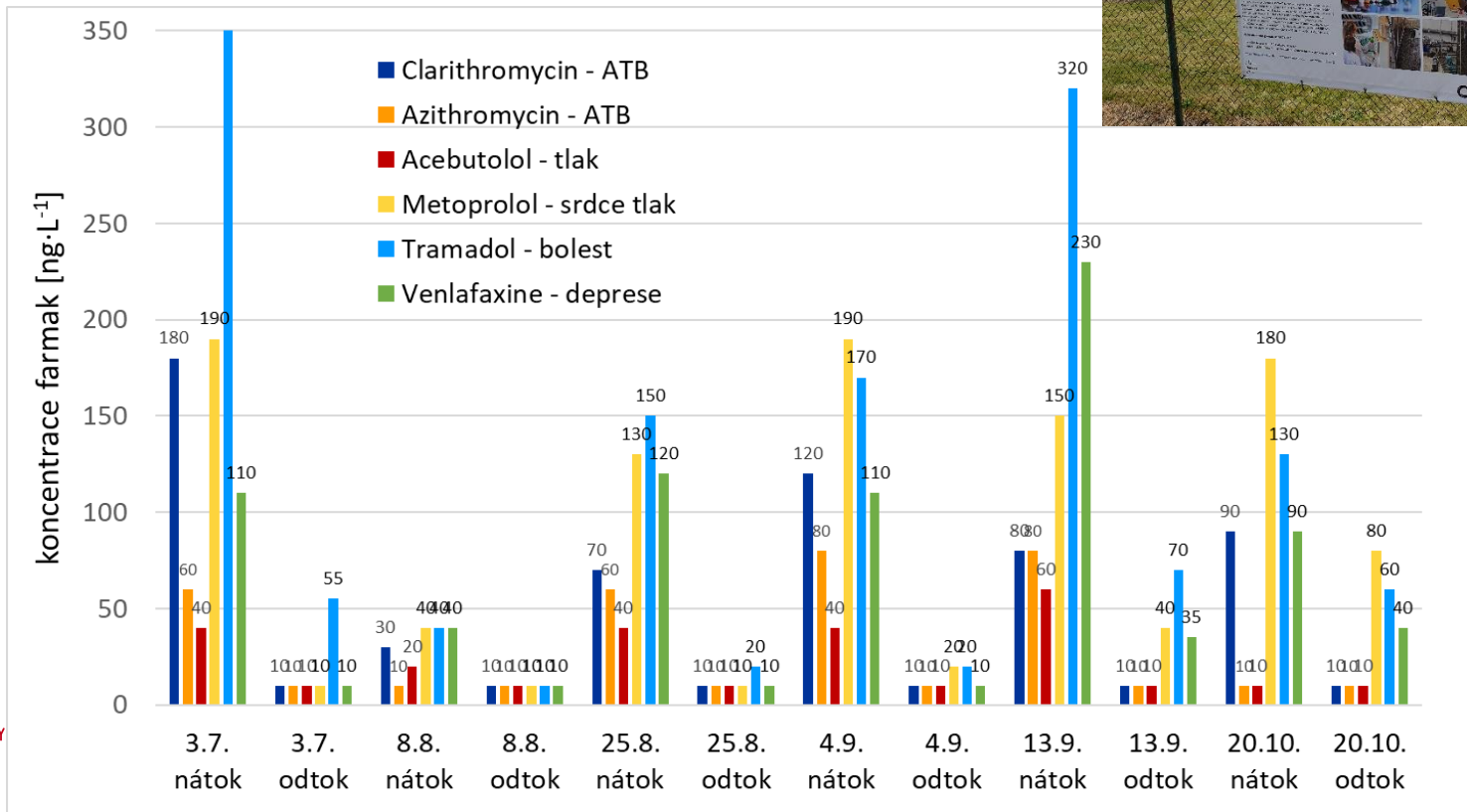
# Pilotní testy

1. Písková filtrace
2. AOP s heterogenním katalyzátorem (magnetit)
3. filtr pro eliminaci zbytkového peroxidu (filtrační písek preparovaný burelem)
4. MBBR reaktor pro biosorpci a biodegradaci produktů oxidace
5. sorpční filtr s aktivním uhlím

- Průtok 25 l/h, kontaktní doba ve filtru s magnetitem ca 1h
- Koncentrace peroxidu 2 g/l (červenec-srpen), 1,5 g/l (září), 1 g/l říjen [2023]
- Provoz se sorpční koncovkou GAU (2024)



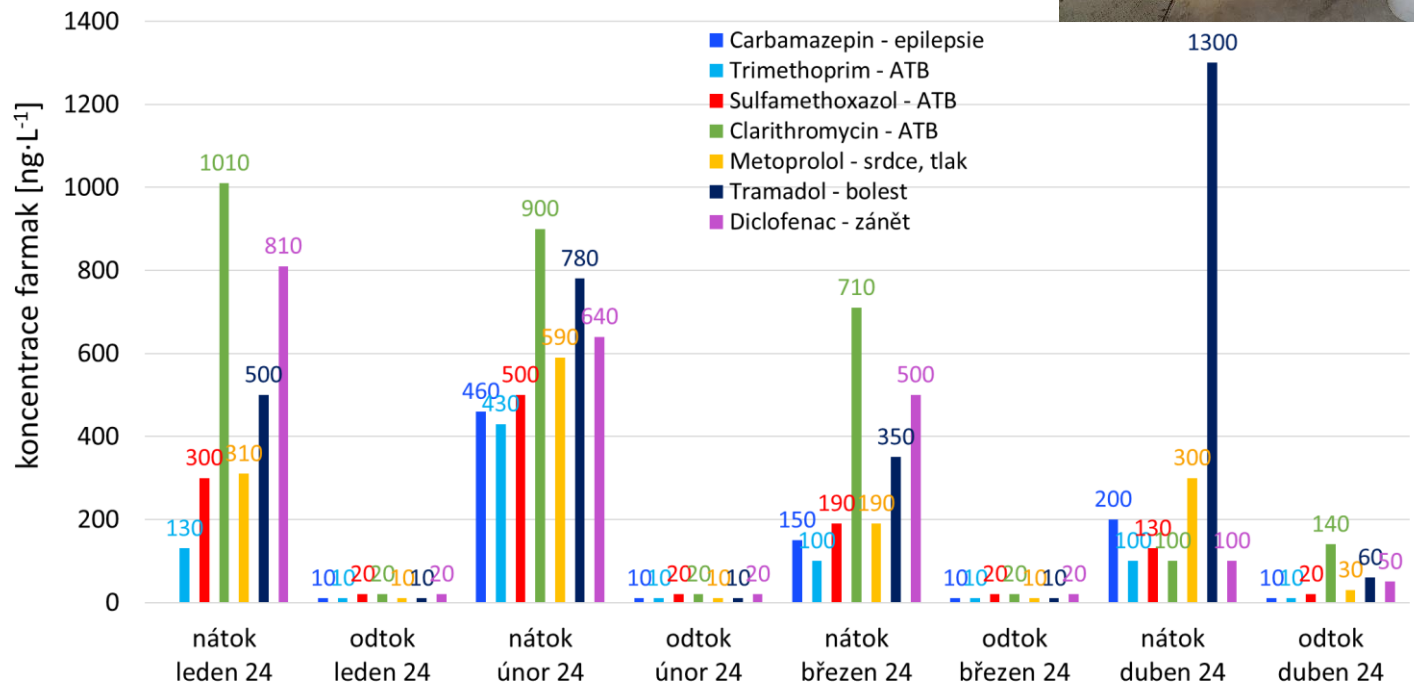
# Pilotní testy – ČOV Liberec



# Pilotní testy – ČOV Liberec



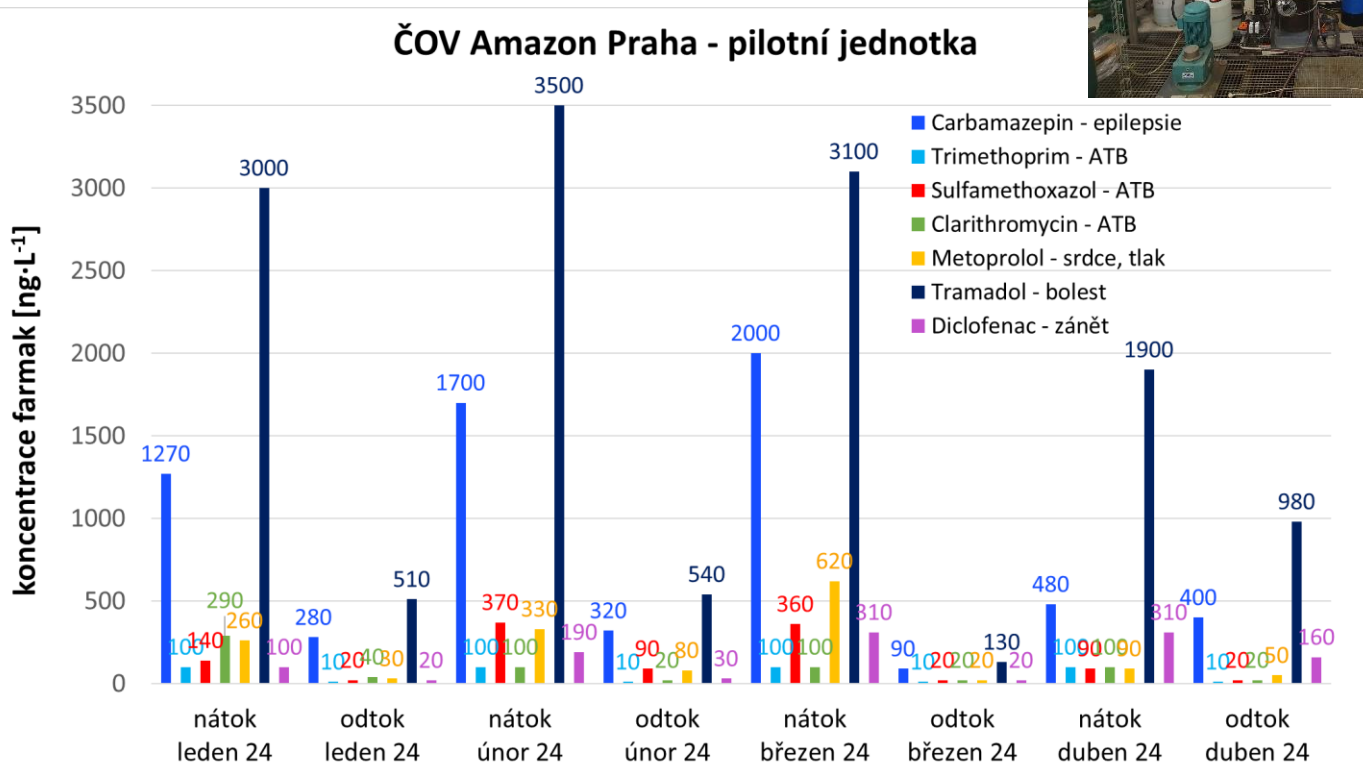
ČOV Liberec - pilotní jednotka



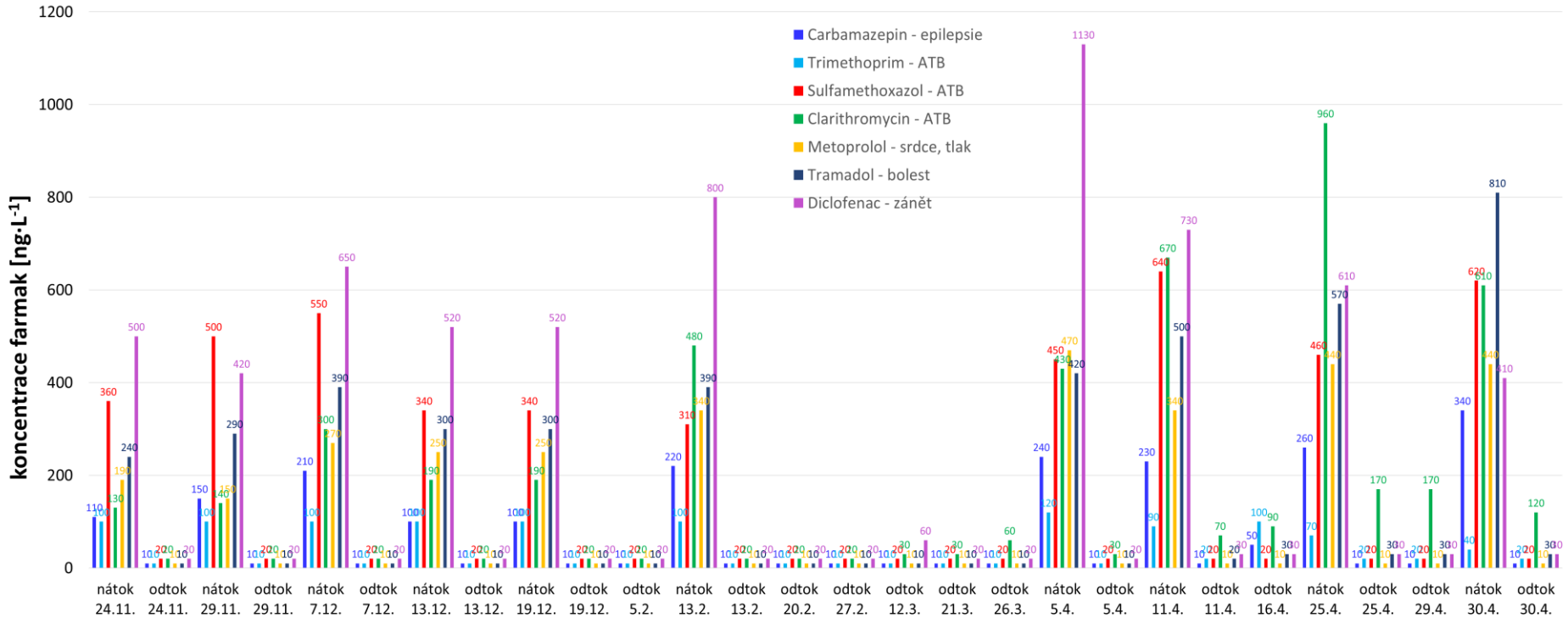
# Pilotní testy – ČOV Amazon



ČOV Amazon Praha - pilotní jednotka



Adsorpce GAU K 835 - odtok z AOP pilot ČOV Liberec

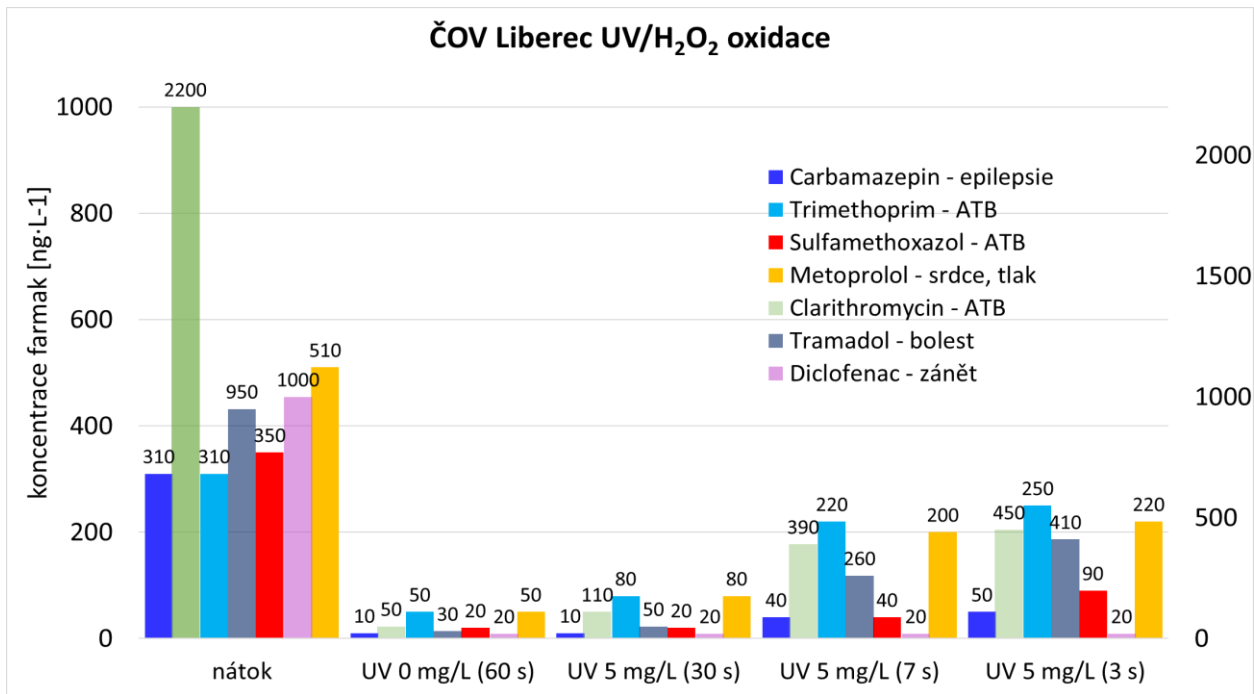


# Lab testy odstraňování farmak - ozon



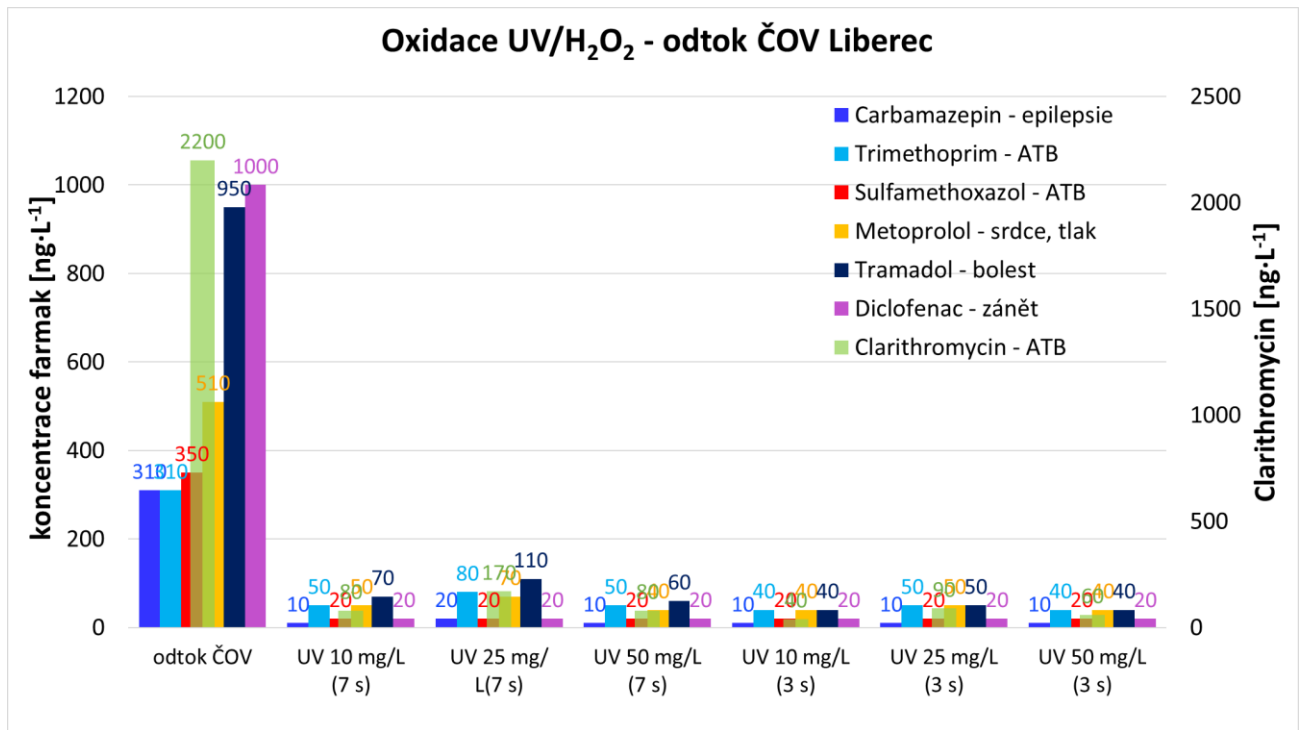
	CHSK	DOC	Carbamazepine	Trimethoprim	Sulfamethoxazole	Clarithromycin	Azithromycin	Acebutolol	Metformin	Oxypurinol	Metoprolol	Gabapentin	Tramadol	Sulfapyridine	Venlafaxine	Iopromid
popis vzorku	mg/l	mg/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
odtok ČOV 9.10.	20,2	7,7	60	180	70	80	<50	<50	3400	1700	90	240	120	40	60	<500
ozon 1 mg/l, 1 min.	19	8,1	<10	<20	<10	<20	<20	<20	3900	1800	30	110	70	<20	20	<500
ozon 2 mg/l, 2 min.	18,3	7,6	<10	<20	<10	<20	<20	<20	3500	810	<20	<40	<20	<20	<5	<500
ozon 5 mg/l, 5 min.	16,4	7,9	<10	<20	<10	<20	<20	<20	1300	<500	<20	<40	<20	<20	<5	<500
ozon 7 mg/l, 5 min.	11,9	6,8	<10	<20	<10	<20	<20	<20	560	<500	<20	<40	<20	<20	<5	<500

# Lab testy odstraňování farmak – UV+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>





# Lab testy odstraňování farmak – UV+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>



# Souhrn

- Pro efektivní odstraňování mikropolutantů z odpadních vod je ekonomickou nutností odstranění NL a **snížení odtokové koncentrace CHSK/TOC** z předcházejících stupňů a přináší:
  - Snížení spotřeby oxidačního činidla
  - Prodloužení životnosti sorpčního stupně
  - Snížení zanášení sanitační technologie při znovuvyužívání vody
- Snížení odtokových koncentrací je možné dosáhnout:
  - **Snížením zatížení** aktivace a **prodloužení doby zdržení** (prostor, objemy a investice)
  - **Koagulace** (koagulační filtrace) s Fe se simultánním dosrácením fosforu (limitace pH)
- **AOP sice snižuje CHSK, ale nemineralizuje TOC** (environmentálně optimální je monitoring produktů)
- Koncentrace a zastoupení mikropolutantů jsou proměnlivé.
- AOP Fentonem s heterogenním katalyzátorem je možnou, méně rizikovou alternativou k ozonizaci. Při nižším pH (5) jsou podobně efektivní koncentrace peroxidu cca poloviční.
- **Sorpční koncovka je nezbytná** a efektivní. Provozní náklady určuje zbytkové organické znečištění po sekundárním čištění a vyžaduje optimální substrát zejména pro post-denitrifikaci.

ÚSTAV PRO NANOMATERIÁLY,  
POKROČILÉ TECHNOLOGIE  
A INOVACE TUL



*Práce je podpořena projektem číslo 3213200013  
– Snížení znečištění povrchových vod  
farmaceutickými látkami v biologicky vyčištěných  
odpadních vodách v programu „Životní prostředí,  
ekosystémy a změna klimatu“ podporovaného  
z Norských fondů 2014-2021.*

*Part of the work was carried out with the support  
of VVI CENAKVA Research Infrastructure (ID  
LM2023038, MEYS CR, 2023–2026).*

Tomáš Lederer

+420 730 160 329  
tomas.lederer@tul.cz



# Děkuji za pozornost