



STÁTNI FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY

Společně pro zelenou Evropu

Podpořeno Norskem prostřednictvím
Norských fondů.

Využití pokročilých oxidačních procesů pro efektivní odstraňování gabapentinu a ibuprofenu z odpadních vod

Mgr. Martin Vašinka, Ph.D.

5. 6. 2024



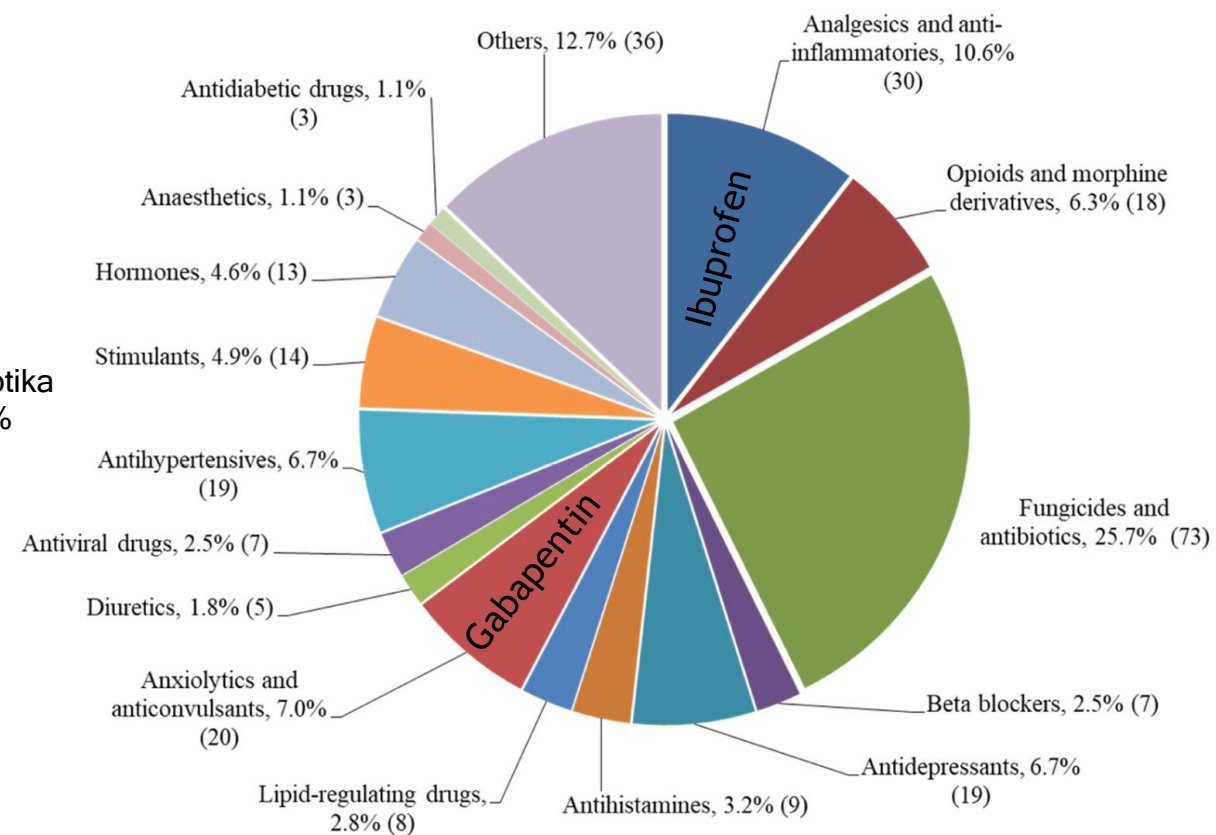
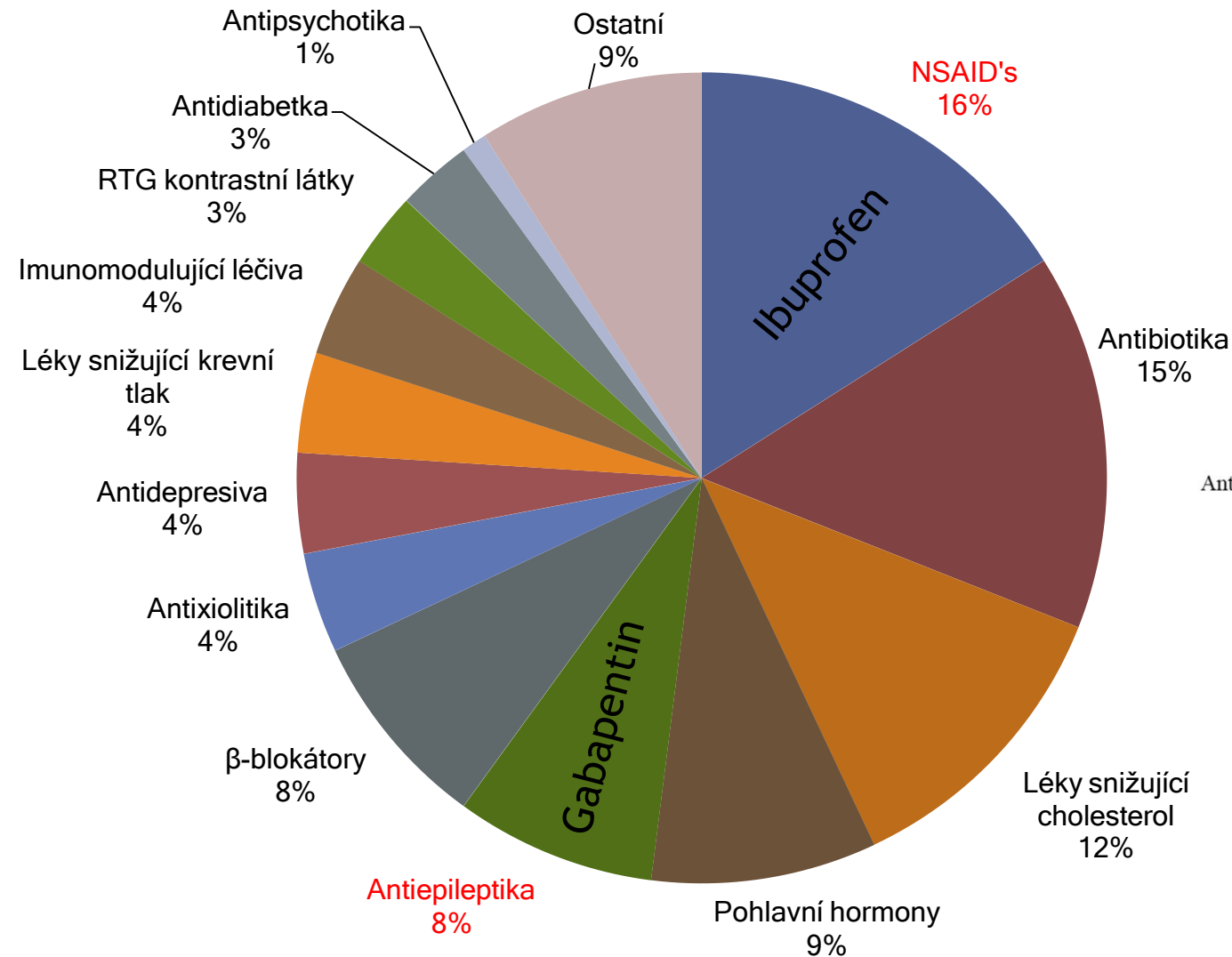
Realizace výzkumu v rámci projektu

- ▶ **Pokročilé oxidační procesy (AOP) Moravský Beroun (3213200003), výzva Call-3B Trondheim**
- ▶ Pilotní projekty pro snížení farmaceutického znečištění vodních toků financovaného ze Státního fondu životního prostředí České republiky v rámci Programu podporovaného z Finančního mechanismu Norska
- ▶ Doba řešení: 4/2022–4/2024
- ▶ partner - Moravský Beroun a jejich ČOV
- ▶ **recipient zasahuje do ochranného pásma Ondrášovky**
- ▶ Záměrem projektu byla instalace pilotního poloprovozu terciárního stupně čištění odpadních vod
- ▶ sledovaná léčiva - Gabapentin a Ibuprofen

Cíle projektu

- ▶ Odstranění gabapentinu a ibuprofenu v ČOV Moravský Beroun
- ▶ Dosažení účinnosti odstranění >90 %
- ▶ Použití mobilní technologie AOP při terciárním čištění odpadní vody

Jednotlivé třídy léčiv detekované v ŽP a stanovené v povrchových vodách Evropy

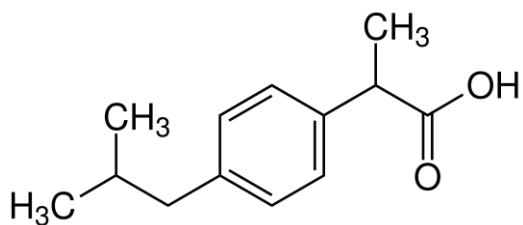


Sledované látky

Nesteroidní protizánětlivá léčiva

Ibuprofen

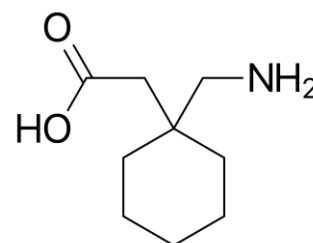
- působí analgeticky, antipyreticky a antiflogisticky → tlumí bolest a snižuje horečku
- bolest začíná tlumit již od dávky 200 mg
- existuje ve formě sirupů, tablet a léků pro lokální podání (krémy, gely).
- mezi přípravky obsahující Ibuprofen patří Brufen, Ibuprofen, Dolgit, Ibalgin a Nurofen



Antiepileptika

Gabapentin

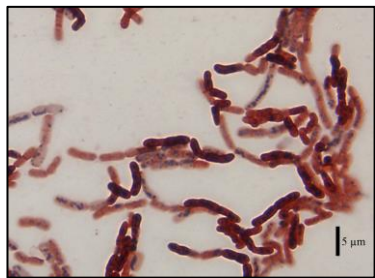
- léčivo pro léčbu epilepsie a periferní neuropatické bolesti
- běžná denní dávka pro dospělého je 900–3600 mg
- existuje ve formě tablet nebo tobolek
- mezi přípravky obsahující gabapentin patří Gabapentin Teva, Gabapentin Aurobindo a Neurontin



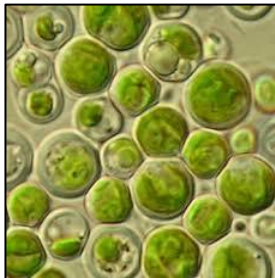
Negativní účinky/toxicita

Ibuprofen

- ▶ Snížení životaschopnosti užitečných bakterií (voda/půda) 1) *Bacillus megaterium* a řasy 2) *Chlorella* bohaté na chlorofyl, vitamíny B, C, E a beta karoten
- ▶ Nepříznivé účinky na reprodukci ryb 3) *Oryzias latipes* (Medaka japonská) Japanese rice fish (výskyt na rýžových polích), *Oryza* = rýže
- ▶ Převaha samčího pohlaví, poruchy mozku a ledvin u 4) *Danio rerio* (Dánio pruhované)
- ▶ Deformace jater a žáber 5) *Clarias gariepinus* (Sumeček africký/Keříčkovec červenolemý)
- ▶ Přítomnost ve sladké vodě může mít nepříznivé a chronické účinky na lidské zdraví



1)



2)



3)



4)



5)

Negativní účinky/toxicita

Gabapentin

- ▶ Nedostatečná prozkoumanost negativních účinků na organismy
- ▶ Produkty přeměny gabapentinu mohou být více toxické
- ▶ Např. Gabapentin-lactam byl stanoven více toxický než samotný gabapentin pro embrya 1) *Danio rerio* (Dáňo pruhované)



1)

Co jsou AOPs?

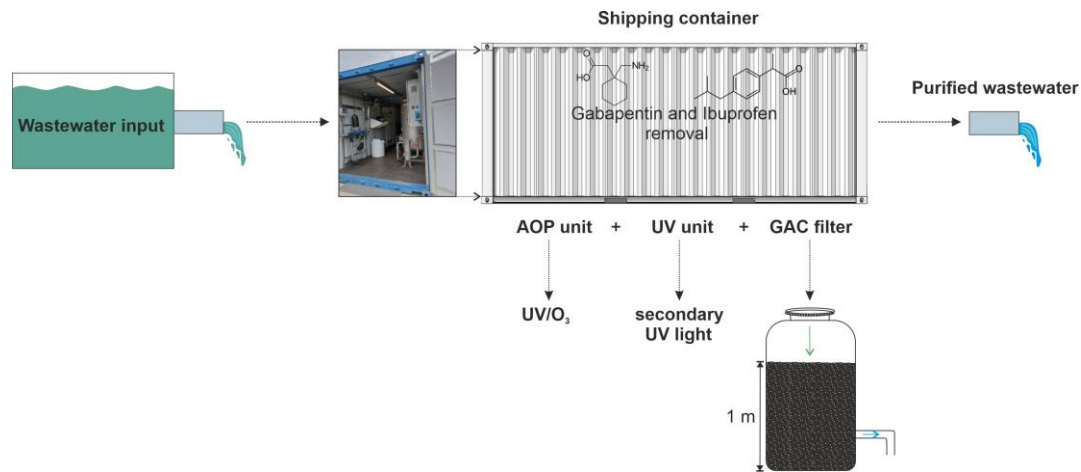
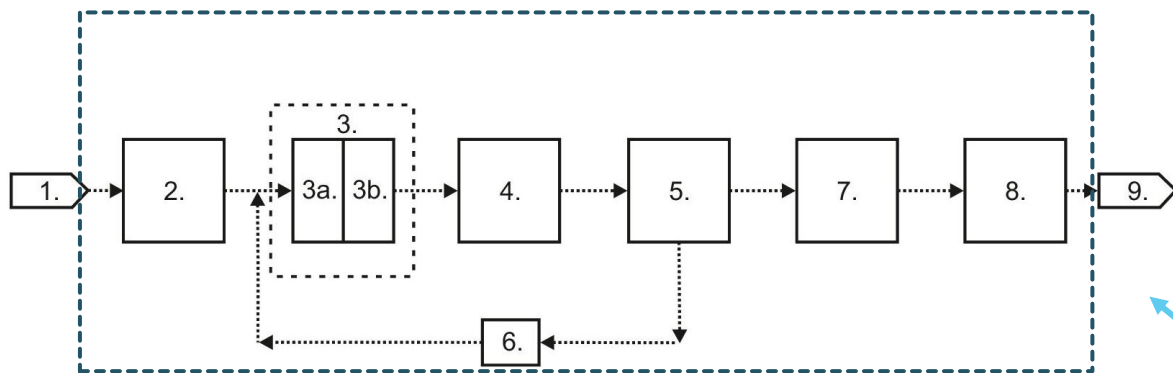
- ▶ AOPs = Advanced oxidation processes/Pokročilé oxidační procesy
- ▶ Environmentálně šetrné metody pro odstranění mikropolutantů (léčiva, pesticidy aj.) zahrnující generaci hydroxylového radikálu OH•
- ▶ Tyto radikály následně oxidují (degradují) organické a anorganické polutanty

- ▶ Nejčastější metody AOP: O₃ /H₂O₂ , UV/H₂O₂ , UV/TiO₂ , Fe²⁺/H₂O₂
- ▶ Při metodě UV/H₂O₂ (koncentrace peroxidu >0,1 %, vlnová délka UV<280 nm)
- ▶ Př: Fentonova reakce : $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{OH} + \text{OH}\cdot$

- ▶ V naší technologii byla použita kombinace UV a OZÓNU, která způsobuje účinnější oxidaci a vznik vysoce reaktivního radikálu OH•
- ▶ Oproti systému s peroxidem vodíku má i širší absorpční pás, je tedy účinnější při oxidaci aromatických sloučenin

- ▶ Princip: (1) $\text{O}_3 + \text{UV} \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}\cdot$
(2) $\text{O}\cdot + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{OH}\cdot$

Technologické schéma - Boxový model



1. VSTUP VYČIŠTĚNÉ VODY Z ČOV
2. DISKOVÝ FILTR
3. JEDNOTKA AOP
 - 3a. Ozon
 - 3b. UV lampa
4. JEDNOTKA UV
5. AKUMULAČNÍ NÁDRŽ
6. RECIRKULACE AOP
7. TLAKOVÝ FILTR S AKTIVNÍM UHLÍM
8. TLAKOVÝ RUKÁVOVÝ FILTR
9. VÝSTUP VYČIŠTĚNÉ VODY Z AOP

Testování technologie

▶ Testování technologie

- 5 kol testování
- Průtok (1,5, 2, 2,3, 2,5, 3, 4 a 5 m³/h)
- Zapojení 0. až 4. recyklu (recirkulace daného objemu vody)

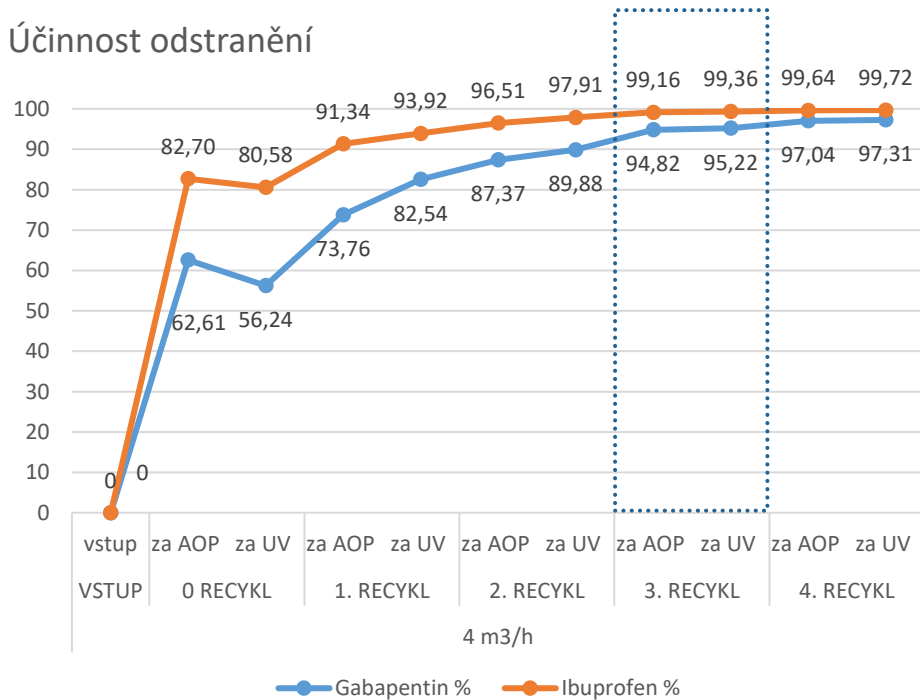
▶ Odběr vzorků odpadní vody

- 5 kol (paralelně s testováním)
- Sledování koncentrace ibuprofenu a gabapentinu (po UV, bez UV, po AOP, po GAU)
- Výpočet účinnosti odstranění sledovaných léčiv
- Doprovodné analýzy zaměřené na změny základního chemismu vod

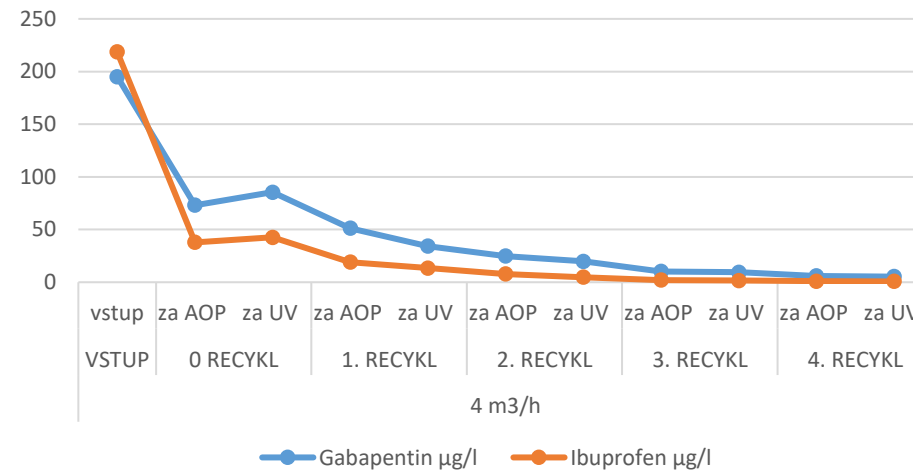
Testování recirkulace - průtok 4 m³/h

- ▶ Ve 3. recyklu obě léčiva odstraněna z >90 %
- ▶ Variabilita dle typu léčiva

Účinnost odstranění



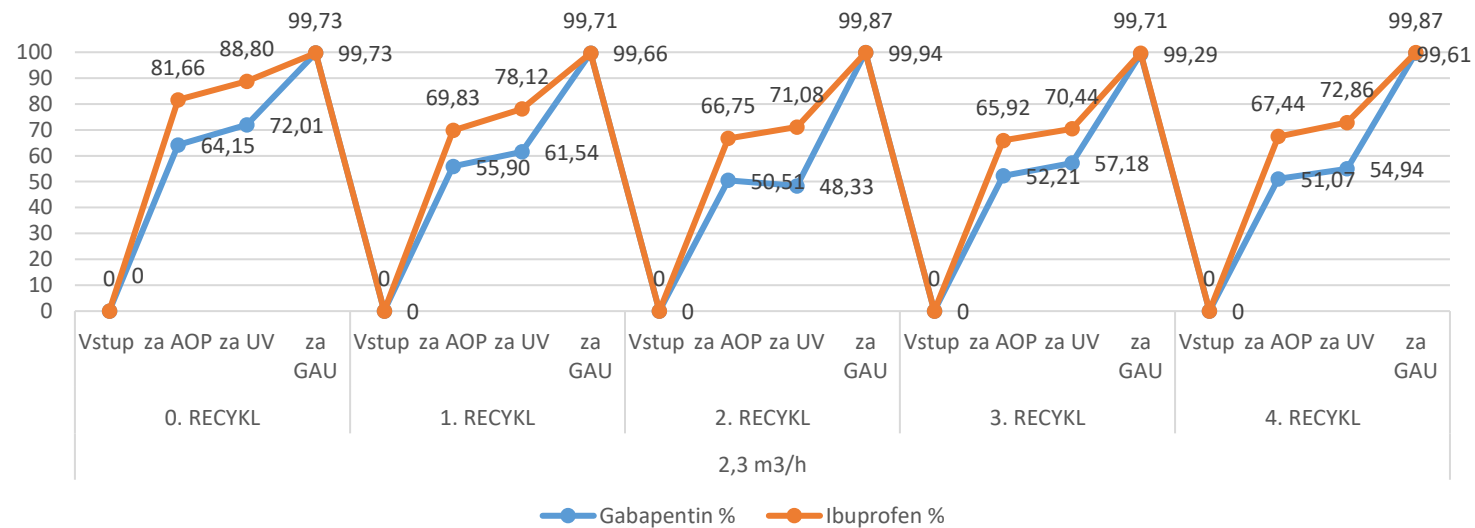
Úbytek koncentrace



Testování GAU na účinnost odstranění

- GAU má velký vliv svými sorpčními vlastnostmi bez ohledu na recirkulaci odpadní vody (>99 % účinnost odstranění obou léčiv)

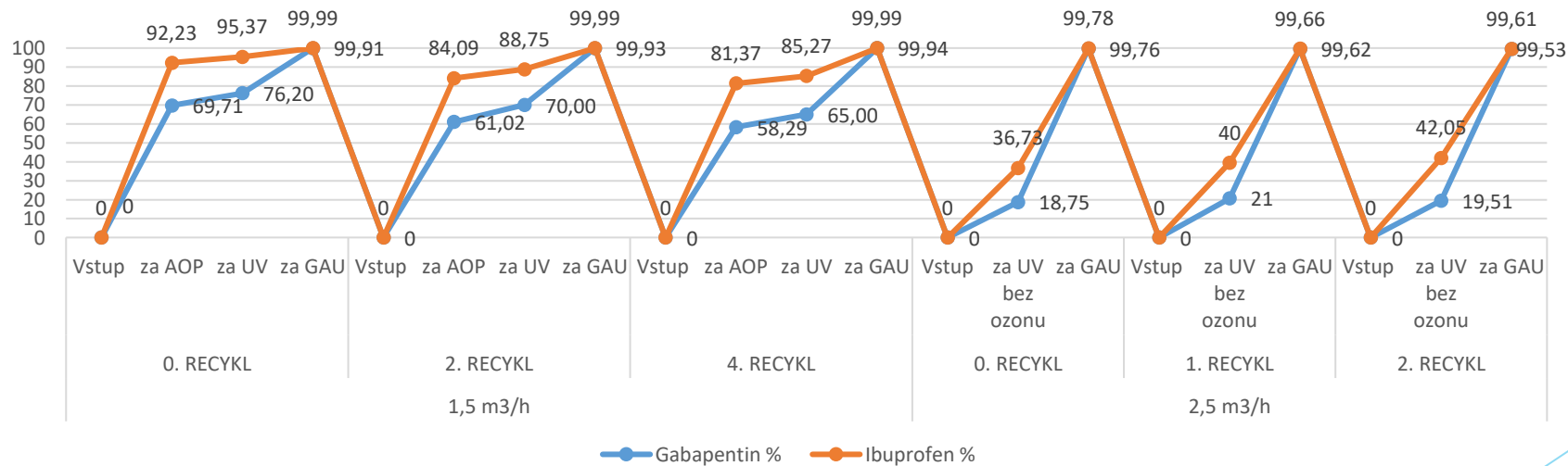
Účinnost odstranění



Testování AOP (UV + OZÓN) X BEZ OZÓNU

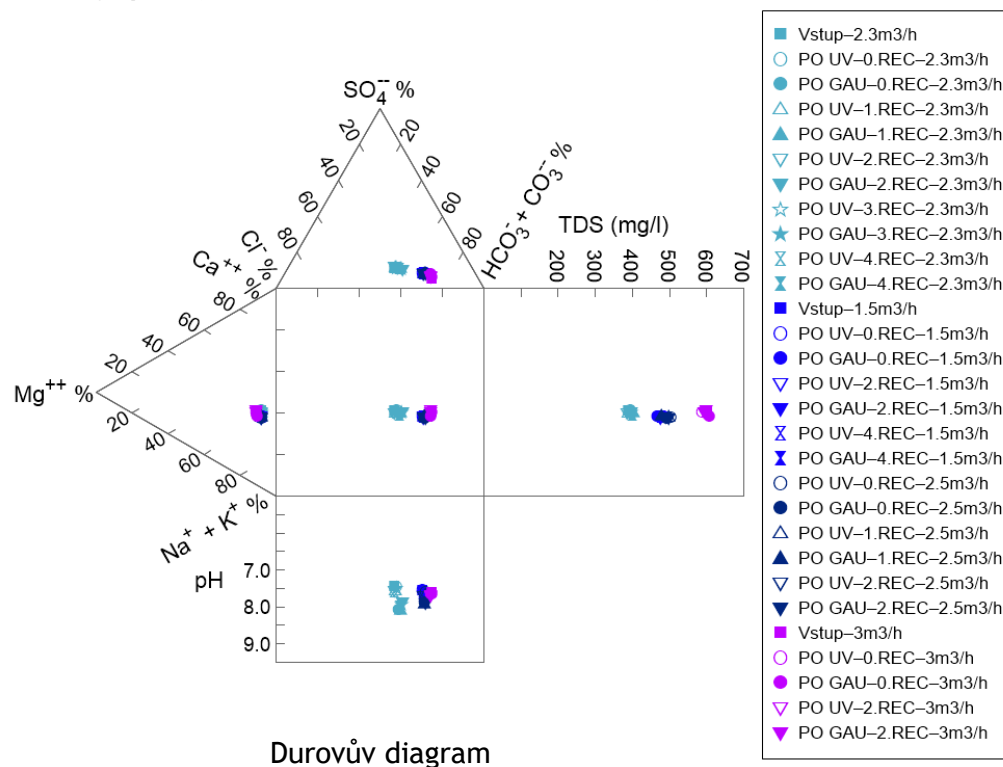
- ▶ Pokud zanedbáme rychlost průtoku a vycházíme ze stejné vstupní koncentrace
- ▶ 0. RECYKL: ibuprofen 95,37 % vs 36,73 % → 58,64 %
gabapentin 69,71 % vs 18,75 % → 50,96 %
- ▶ 2. RECYKL: ibuprofen 88,75 % vs 42,05 % → 46,7 %
gabapentin 70,00 % vs 19,51 % → 50,49 %

Účinnost odstranění



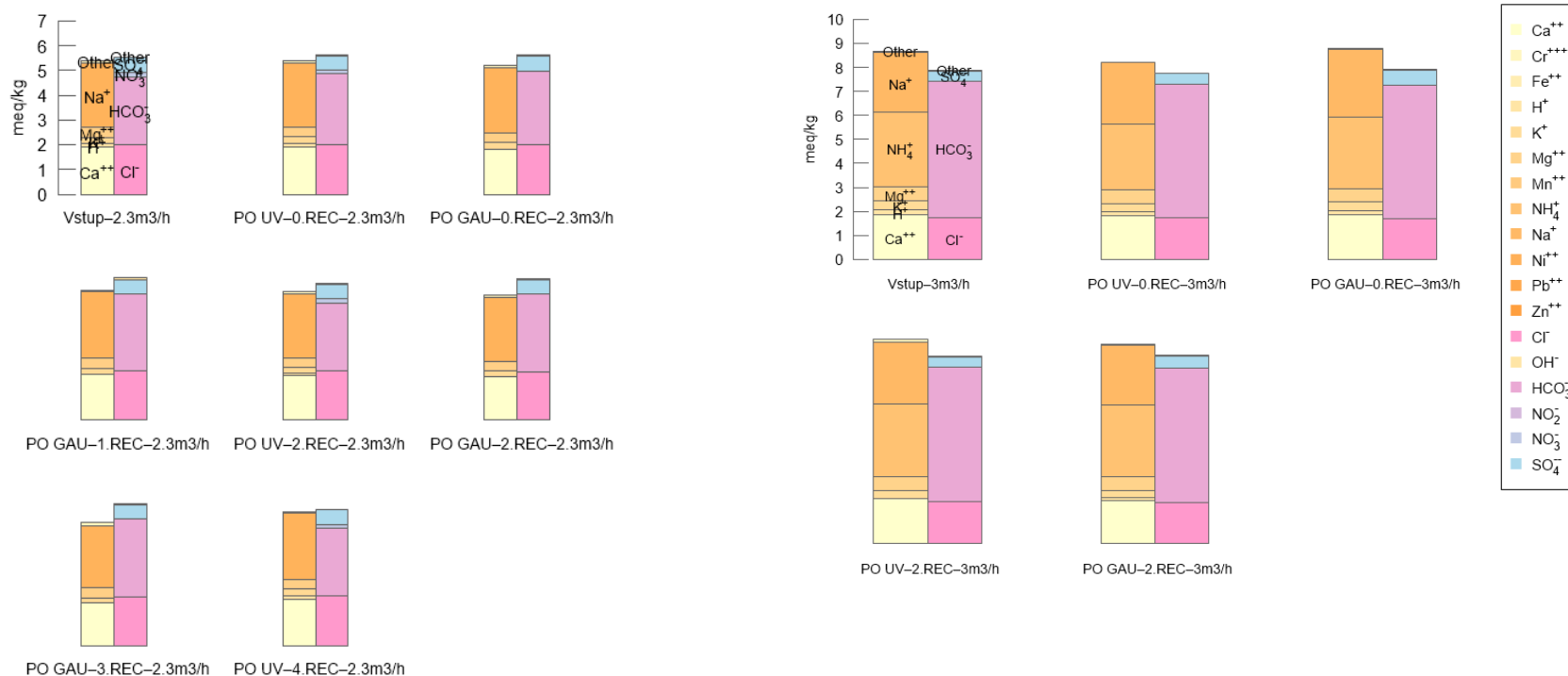
Vliv technologie na anorganické složení

- ▶ Chemismus je ovlivněn rozdílným poměrem vstupů do odpadní vody v jednotlivých kolech odběru
- ▶ $\text{Na}^+ + \text{K}^+ = \pm 54-58 \%$, $\text{Ca}^{++} = \pm 33-36 \%$, $\text{Mg}^{++} = \pm 7-10 \%$
- ▶ $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{--} = \pm 53-71 \%$, $\text{Cl}^- = \pm 22-37 \%$, $\text{SO}_4^{--} = \pm 6-11 \%$
- ▶ Nárůst hodnoty pH (7,5 na 8,12; 7,63 na 7,95)



Poměr ionů v odpadní vodě

- ▶ Vody typu Na-HCO₃ a NH₄⁺-HCO₃
- ▶ Nárůst koncentrace amoniaku
 - a) neúplnou nitrifikací na odtoku z ČOV do našeho vstupu
 - b) rozkladem organické hmoty. Každá org. hmota obsahuje AMK, ta se mění na amoniak



Závěr

- ▶ Použití technologie AOP v Moravském Berouně bylo úspěšné
- ▶ Bylo dosaženo plánované účinnosti technologie (>90% odstranění obou léčiv)
- ▶ Účinnost technologie byla pro sledovaná léčiva variabilní
- ▶ Při nižším průtoku vzniká delší doba kontaktu a s tím zpravidla spojená vyšší účinnost odstranění
- ▶ Použití ozónu je potřebné ke vzniku vysoce reaktivního OH•
- ▶ Použití GAU znatelně navyšuje účinnost technologie již v 0. recyklu
- ▶ Technologie nemá významný vliv na distribuci dominantních ionů ve vodě
- ▶ Technologie je patentově chráněna užitným vzorem, je mobilní a unikátní v rámci České republiky, možná i v Evropě

Děkuji za pozornost!

Mgr. Martin Vašinka, Ph.D.

E-mail: martin.vasinka@vuchs.cz

Agrovýzkum Rapotín s.r.o.
Výzkumníků 863
Rapotín 788 13

