

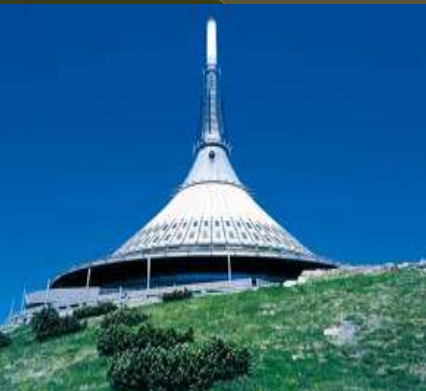


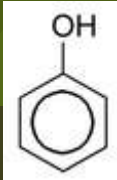
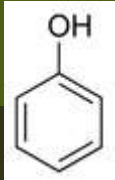
VYUŽITÍ NANOVLÁKENNÝCH NOSIČŮ PŘI BIOLOGICKÉM ČIŠTĚNÍ PODZEMNÍCH VOD ZNEČIŠTĚNÝCH FENOLY

Lucie Křiklavová, Tomáš Dub, Tomáš Lederer

Technická univerzita v Liberci

*Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií
& Centrum pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace*





FENOLY (C₆H₅OH)



● Látka toxická pro mikroorganismy a vyšší živočichy i v nízké koncentraci.

● Do prostředí se dostává:

- > při rozkladu organických zbytků
- > lesních požárech
- > většina má průmyslový původ

● Používá se například:

- > při výrobě materiálů pro automobilový průmysl
- > při výrobě barev
- > jako desinfekční látka (díky své toxicitě k plísním a bakteriím)

Vlastnosti:

Molární hmotnost	94,11	g/mol
Teplota tání	40,5	°C
Teplota varu	181,7	°C
Hustota	1,07	g/cm ³
Disociační konstanta pKa	9,95	
Rozpustnost ve vodě	8,3	g/100 ml (20 °C)

● Odpadní vody v laboratorních experimentech:

- > podzemní voda z areálu bývalé výroby fenolů:

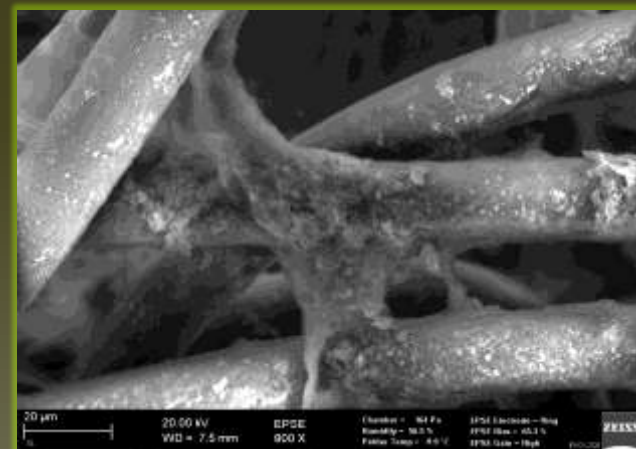
FENOLY (172 – 1642 mg/l), **KRESOLY** (59 – 1110 mg/l),
DIMETHYLFENOLY (48 – 285 mg/l), **VYŠŠÍ FENOLY** (13 – 19 mg/l)

● Biologické odbourávání fenolu:

- > populace bakterie *Rhodococcus erythropolis*

● Rod *R. erythropolis*:

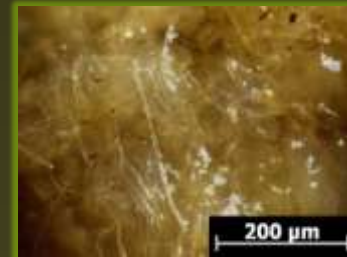
- > disponuje širokým degradačním potenciálem
- > je schopna utilizace i velmi problematických, obtížně odbouratelných a persistentních sloučenin
- > kromě řady metabolických aktivit má *Rhodococcus erythropolis* lepší schopnost tvorby biofilmu



BIOFILM

- Uskupení buněk uzavřených v extracelulárně produkovaném polymerním matrix
- Větší odolnost k toxickým a limitujícím vlivům (působení antibiotik i větší koncentraci polutantů a nízkému pH)
- Biofilmové reaktory:
 - Dovolují dosažení vysoké koncentrace biomasy
 - Účinné čištění velkých objemů průmyslových odpadních vod

Detail nosiče, kde nanovláknina tvoří kostru biofilmu, mokrá a suchý vzorek



NOSIČE BIOFILMU

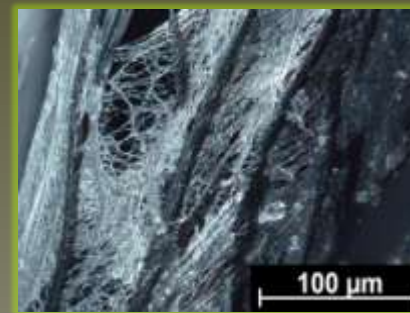
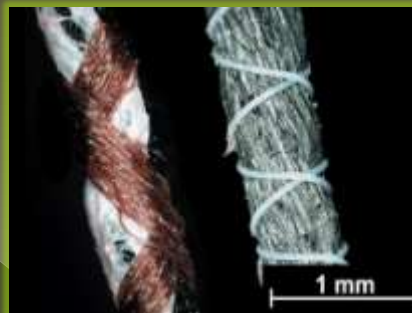


AnoxKaldnes™ MBBR nosiče (typ K3)

- Vyrobeny z polyetylenu s hustotou mírně nižší než voda
- Náplň nosičů v reaktoru 30 %
- Udržování v pohybu působením dmýchaného vzduchu
- Specifický chráněný povrch 500 m²/m³ (zde 0,45 m²/l)

Nanovláknenné nosiče

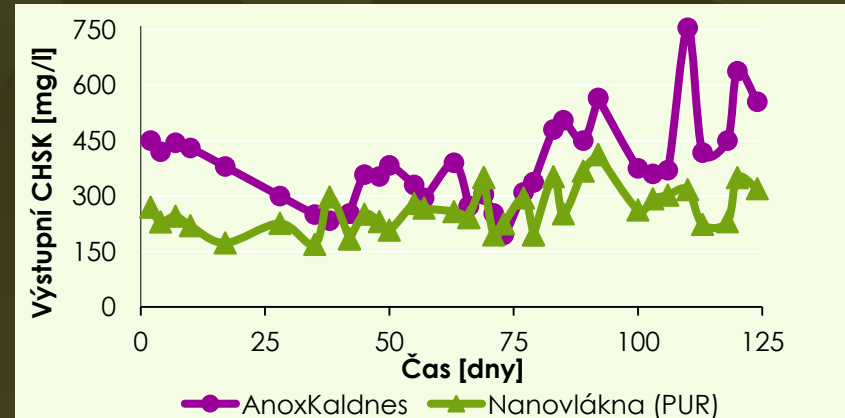
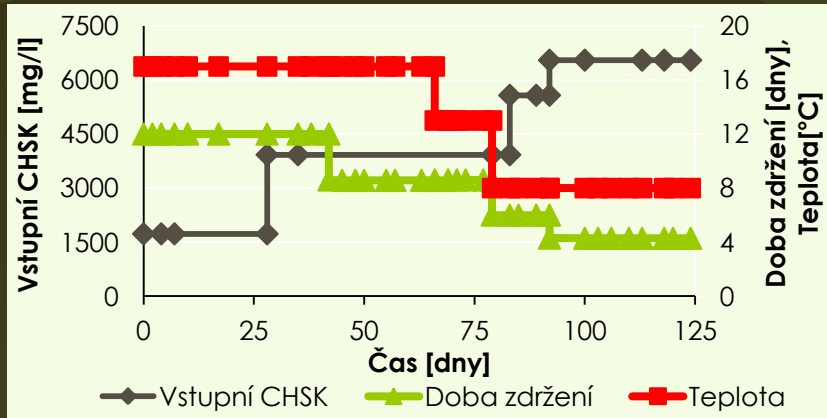
- Základní vlákno je polypropylen, povlak polyuretanová nanovláknina, ochranný ovin polyetylenová vlákna
- Nitě navinuty na rám (10 x 10 cm), s velikostí oka 1 cm
- Povrch může dosáhnout až stovek m²/g (zde 0,67 m²/l)



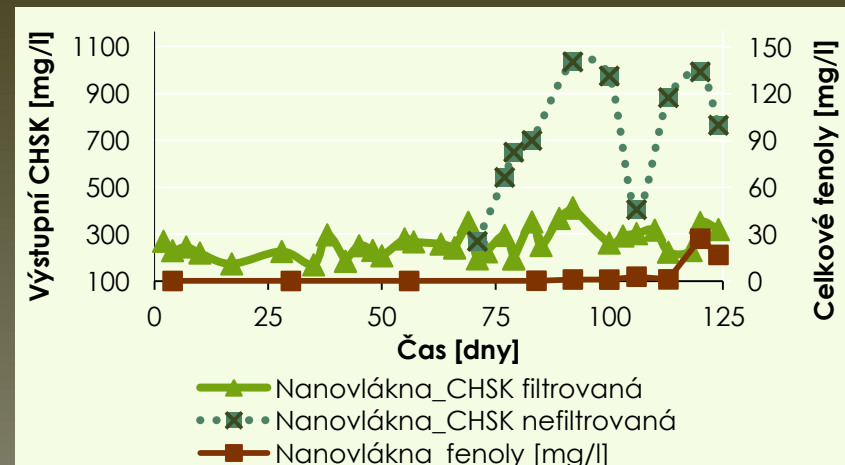
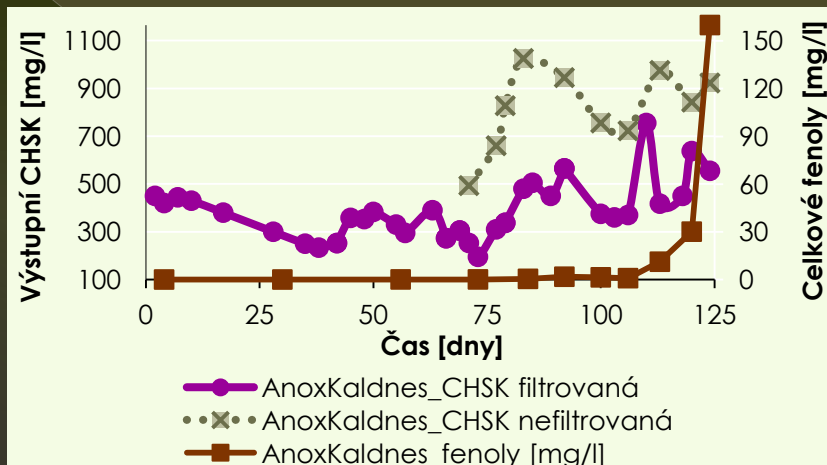
VÝSLEDKY



- Vstupní parametry (CHSK, doba zdržení a teplota)
- Výstupní měřené parametry (CHSK) → téměř shodné výstupní hodnoty CHSK



- Měření celkových fenolů již vykazuje výrazný rozdíl:
 - > AnoxKaldnes až k 160 mg/l X Nanovláknenné nosiče k 30 mg/l
- Důvod „kolapsu“ systému:
 - > synergický efekt působení teploty (8 °C), nízké doby zdržení (4 dny) a vysokého látkového zatížení (6.550 mg/l)

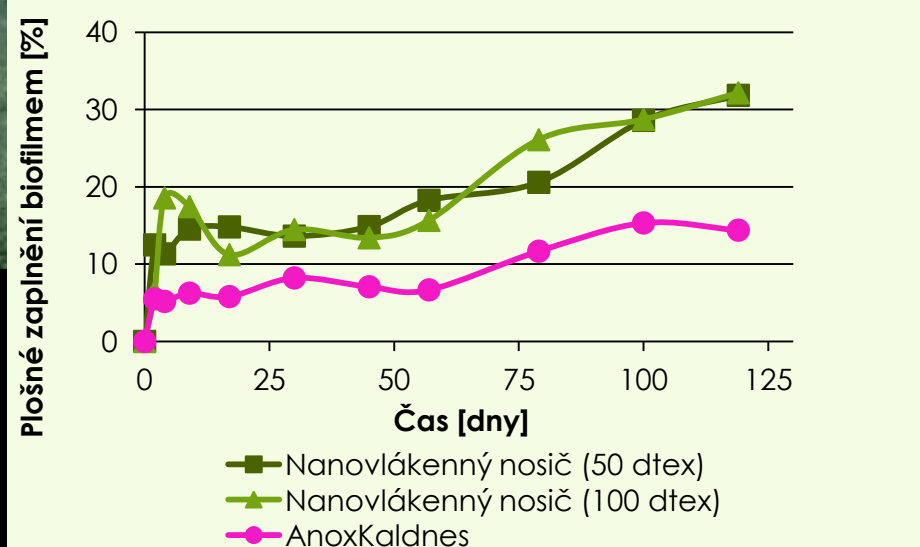
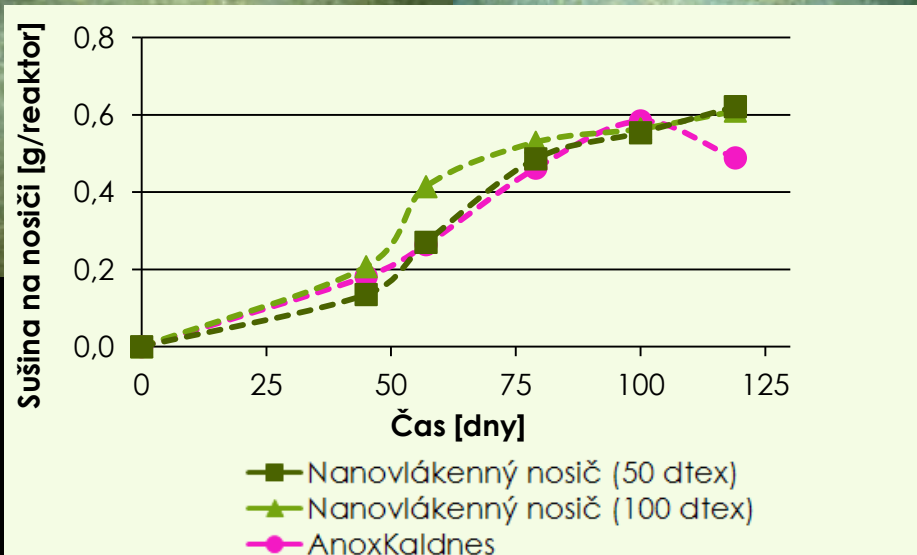


VÝSLEDKY



- Hydrofobita povrchu = důležitých faktorů ovlivňující adhezi
- Bakterie *Rhodococcus erythropolis*
 - lepší schopnost adheze na hydrofobní materiál (polyuretan)
 - díky nano-vrstvám rychlejší kolonizace nanovláknenného nosiče
- Sušina na nosiči dosahovala pro nanovláknennou technologii podobných hodnot jako pro AnoxKaldnes
- Obrazové hodnocení biofilmu na povrchu nosiče
 - je jasně zřetelný rozdíl v plošné kolonizaci nosiče
 - faktory usnadňující proces adheze mají též pozitivní vliv na fyziologické vlastnosti vzniklého biofilmu, což se následně projevuje účinnější degradací fenolu

Snímky vývoje biofilmu (57, 79, 100 a 119 dnů) pro AnoxKaldnes a nanovláknenný nosič



NÁVRH REÁLNÉ APLIKACE

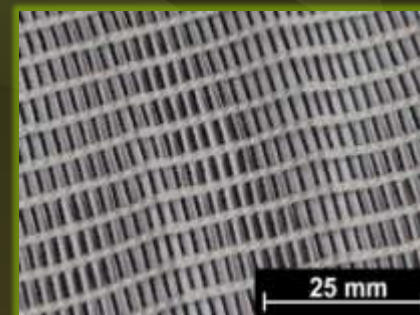
- Předpoklady pro reálný návrh BČOV s nanovláknennými nosiči:
 - biologické čištění průmyslových odpadních i splaškových vod
 - nutný nepřetržitý charakter čistícího procesu (kontinuální zdroj příslušného polutantu)
 - zajištění jemno-bublinnou aerací, další technologické zajištění je dle potřeb zadavatele
- Výhody:
 - zvýšení koncentrace biomasy a tím stability provozu
 - dle specifické aplikace, rozměrů a dalších parametrů BČOV se určí potřebné vlastnosti nosičů biomasy (fixní / fluidní nosič, velikost a tvar nosiče, velikost oka textilie aj.)
 - zachování současné konstrukce nádrží (instalace pevné konstrukce)
 - jednoduchá manipulace s technologií pevné vestavby



Příklady reálné aplikace:

● Nanovláknenná technologie (fixní lože ukotvené ve vyjímatelných rámech)

- > bioreaktor/nádrž o rozměrech 3.5 m x 3.5 m, hloubka 3 m (37 m³ vody)
- > nosič biomasy = plošné zaplnění nanovláken 50 dtex
 - 0.1 m² aktivní plochy na 1 m délky nitě, velikost oka například 0.5 cm
- > velikost nerezových rámu o rozměrech 3 x 2 m (celá konstrukce 3 x 3 x 2 m)
 - 17 rámu na 1 m nádrže (reálně lze až 40 rámu na 1 m nádrže)
- > celkem cca. 300 m² pleteniny na nádrž
 - výsledný aktivní povrch od 350 m²/m³ (až po 800 m²/m³)
- > celý objem nádrže = 6 000 m² aktivního povrchu (využitím fluidního je možné i více)
- > výsledná cena celého komplexu (pevné rámy, nosná konstrukce a textilní nanovláknenná pletenina) může dosahovat cca. 120 000 Kč



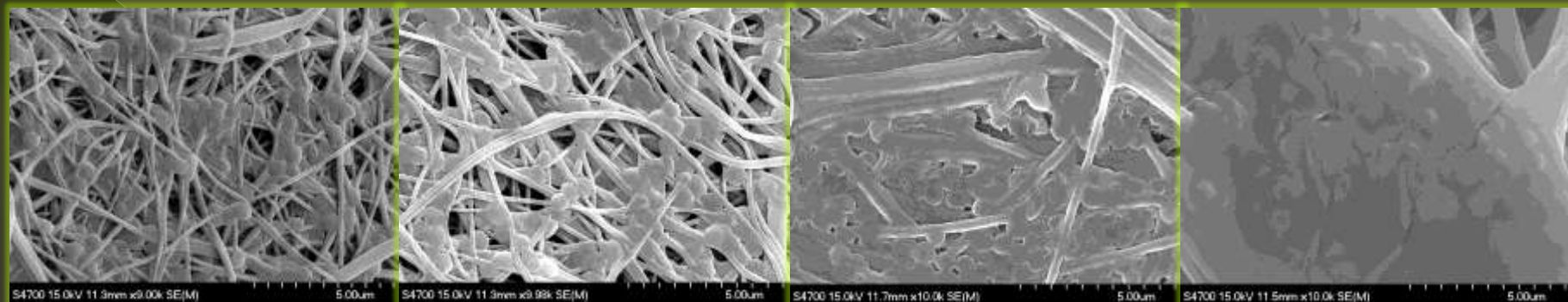
● Komerční technologie (AnoxKaldnes, typ K3)

- > při minimálním sytném plnění nosičů 30 %
 - celková plocha 5 550 m² aktivního povrchu na nádrž (pro nosič definováno 500 m²/m³)
- > cena technologie cca. 140 000 Kč (plus další nutné výdaje na aerační techniku)



ZÁVĚR

- Výsledkem studie použití nanovláknenné technologie pro čištění odpadních vod je několik variant stabilních a použitelných nosičů biomasy, které splňují nezbytná hlediska jako nosiče bakteriálního biofilmu.
- Výhody použití nanovláknenné technologie jsou:
 - > vyšší schopnost odolávat významnějším oscilacím v kvalitě odpadních vod
 - > předchází se tak opakovanému zapracování bioreaktoru
 - > je možné snížit celkové zatížení organického znečištění na odtoku čistíren odpadních vod
 - > počáteční zapracování nosiče je rychlejší
 - > pro výrobu nosičů se využívá mnohem méně materiálu s vysokým měrným povrchem
 - > cena
- Aplikace nanotechnologie v kombinaci s biologickými metodami tak přináší nesporné výhody.
- Stále existuje několik sporných otázek, jako dezintegrace nanovláken a toxicita na vyšší organismy, které budou dále studovány.



Postup kolonizace nanovláknenného nosiče (140, 160, 210, 330 hodin kultivace); *Rhodococcus erythropolis*, 23 °C, v přítomnosti 1.0 g fenol / liter.

Human subtlety will never devise an invention more beautiful, more simple or more direct than does nature because in her inventions nothing is lacking, and nothing is superfluous.

Leonardo da Vinci

Děkuji za pozornost

lucie.kriklavova@tul.cz



Poděkování

Projekt je realizován v rámci projektu
2B08062 AROMAGEN podporovaného MŠMT ČR.