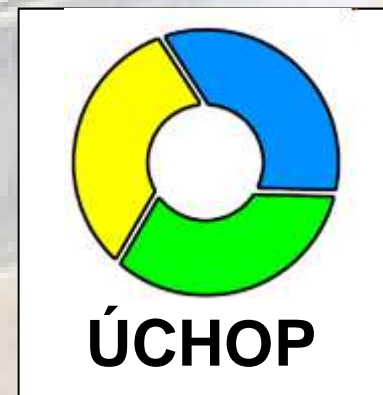


APLIKACE MEMBRÁNOVÝCH TECHNOLOGIÍ PŘI OPĚTOVNÉM VYUŽITÍ VYČIŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD

Zuzana Honzajková, Eva Podholová



VŠCHT Praha
Ústav chemie ochrany prostředí



Důvody pro opětovné využívání

Odpadní voda vnímána jako odpad, který se musí odstranit
- nyní jiný pohled

~~odpadní voda~~

=

použitá voda

- nedostatečné zdroje pitné vody
- rostoucí cena pitné vody
- vysoká kvalita odtoku z ČOV - je zbytečné tuto vodu bez dalšího využití vypouštět

Možnosti opětovného využití

- technologické vody - chladicí vody, prací vody filtrů
- závlahy parků, hřišť
- čištění ulic, budov
- požární ochrana
- stavební práce
- prádelny, sociální zařízení



Možnosti opětovného využití

- závlahy pastvin
- závlahy plodin, meliorace
- zkvalitňování životního prostředí - rekultivace
- voda pro rekreační aktivity
- zdroj pitné vody



Terciální čištění

nutné v případě dalšího využití vyčištěné odpadní vody

- **hygienické zabezpečení**
- **separace** - odstranění zbytkových suspendovaných částic a polutantů
- **odstranění specifického znečištění**

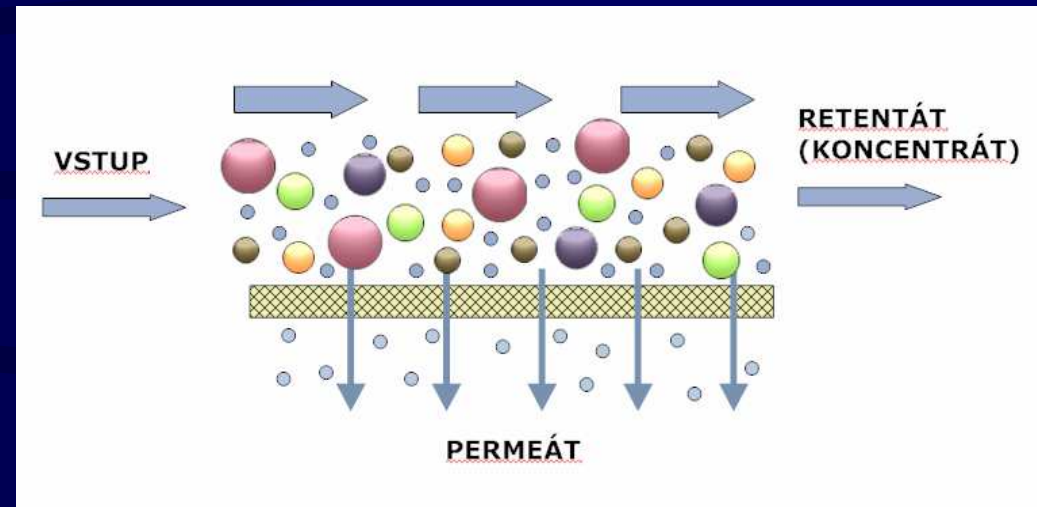
membránové separační technologie vhodně kombinují odstranění zbytkových polutantů a hygienizaci odtoku.

Proč membránová technologie ?

- + vynikající účinnost čistícího procesu
- + stabilní spolehlivý zdroj čisté vody i při kolísání vstupních parametrů
- + spolehlivý záchyt patogenů
- + flexibilní technologie
- + automatický proces filtrace a regenerace
- + ekonomicky výhodná metoda
- + šetrná k životnímu prostředí

Princip membránových separačních procesů

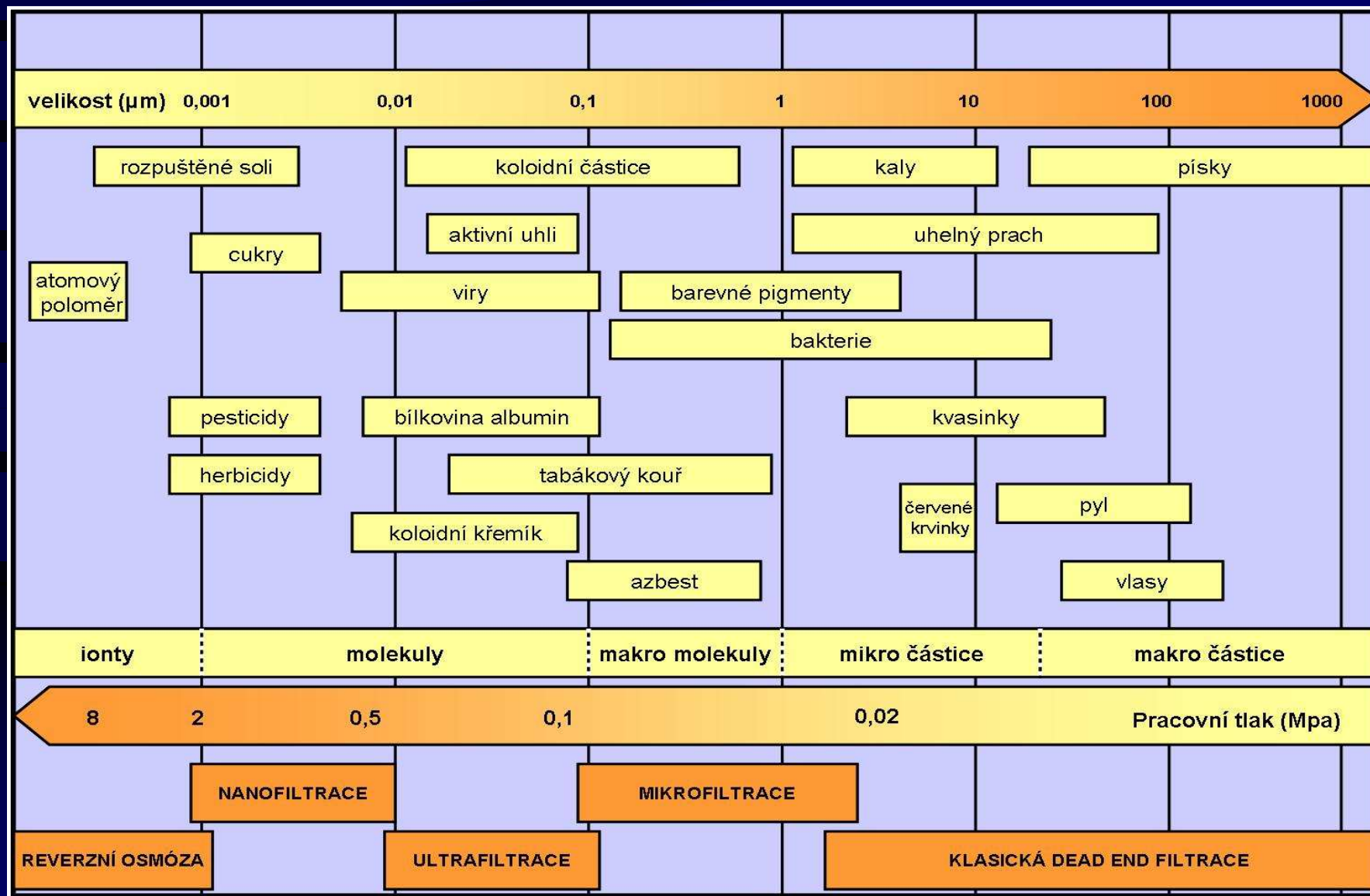
- fyzikálně – chemický proces
- vstup dělen pomocí semipermeabilní membrány na permeát a retentát
- k udržení toku přes membránu je nutná hnací síla



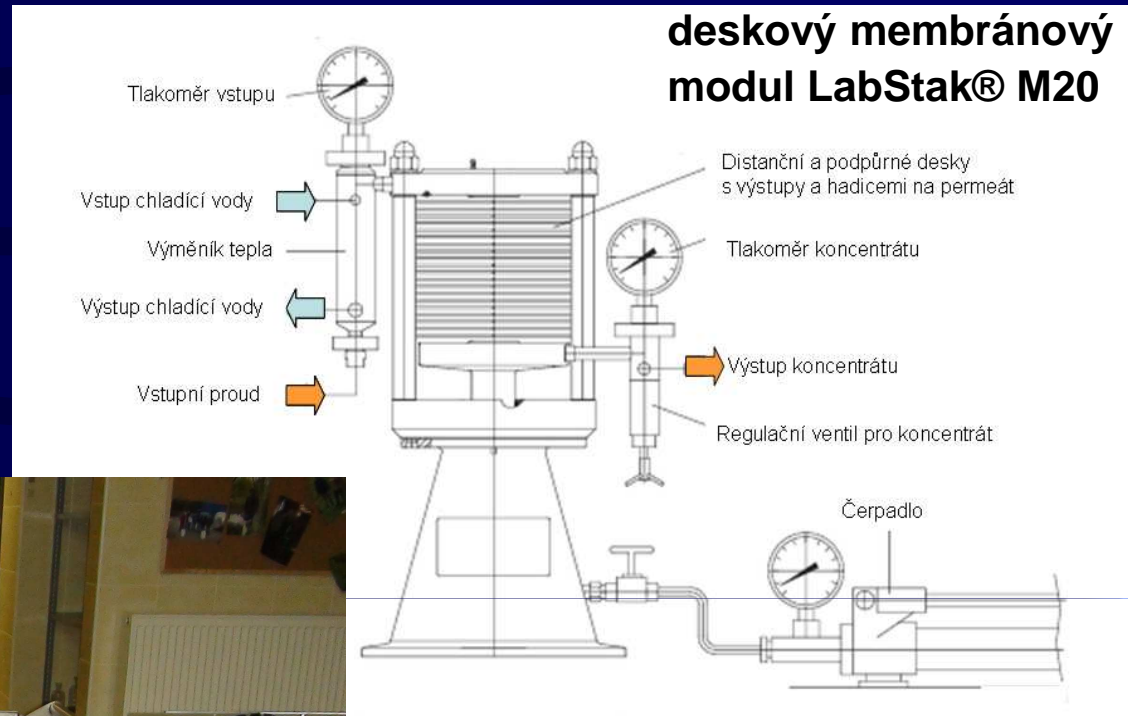
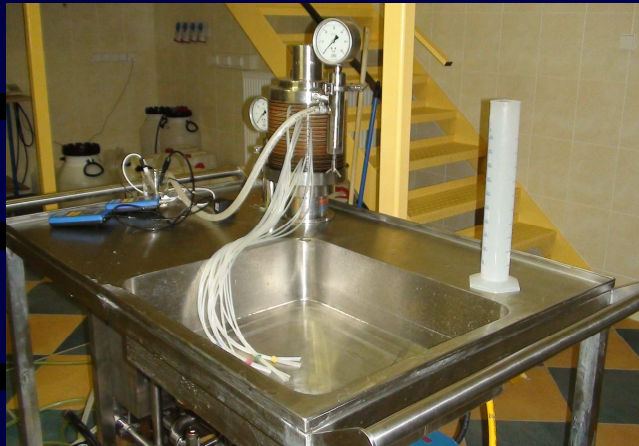
Tlakové membránové procesy

Proces	velikost zachycených částic	pracovní tlak
mikrofiltrace	$> 0,1 \mu\text{m}$	0,02 - 0,5 Mpa
ultrafiltrace	$0,1 - 0,05 \mu\text{m}$	0,1 - 1 Mpa
nanofiltrace	$0,01 - 0,001 \mu\text{m}$	0,5 - 1,5 Mpa
revezní osmóza	$0,0001 - 0,0001 \mu\text{m}$	1,5 - 15 Mpa

Tlakové membránové prosesy



Experimentální zařízení



membránová separační jednotka LAB M240



Laboratorní experimenty

Byly odebrány vzorky odtoku ze dvou různých ČOV

Cíl experimentů – ověření účinnosti technologie, výběr vhodné membrány

▪ Průběh experimentů :

- vsádkový režim, objem vstupu vždy 15l
- pracovní tlak 0,8 Mpa, teplota 20°C
- měřena teplota, vodivost, pH a permeační výkon
- ukončení experimentů při koncentračním faktoru 2 (50% vstupního objemu převedeno na permeát)

▪ Použité membrány

Typ membrány	MWCO [Da]	Materiál	Proces
GR 61PP	20 000	polysulfon/polyethersulfon	UF
ETNA 01PP	10 000	kompozitní flouropolymer	UF
NF 99	400	polyamid	NF

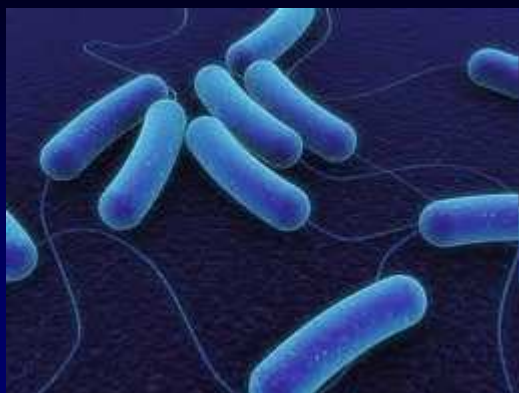
- MWCO (molecular weight cut off) - dělicí rozsah membrán udává molekulovou hmotnost molekul, které již membránou neprojdou vyjádřenou v daltonech (1 D = $1,66053 \cdot 10^{-27}$ kg)

Výsledky chemického rozboru ČOV 1

ukazatel	jednotka	odtok ČOV 1	permeát		
			NF99	ETNA	GR61
NO_3^-	[mg/l]	50,0	39,0	47,0	47,0
NO_2^-	[mg/l]	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
N-NH ₃	[mg/l]	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
SO_4^{2-}	[mg/l]	100	1,1	62,0	99,0
Cl ⁻	[mg/l]	100	39,0	100	100
HCO_3^-	[mg/l]	82,3	19,6	71,1	72,9
TOC	[mg/l]	12,9	0,6	3,4	6,0
CHSK _{Cr}	[mg/l]	84,8	33,8	43,6	46,6
RL	[mg/l]	625	172	524	602
vodivost	[μS/cm]	968	267	805	927
pH		7,1	7,4	7,2	7,2
Na	[mg/l]	67,5	26,1	58,4	60,1
Fe	[mg/l]	0,21	<0,05	<0,05	<0,05
Pb	[mg/l]	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Ca	[mg/l]	66,9	11,2	59,6	68,3
Mg	[mg/l]	17,4	2,3	14,9	16,7
Mn	[mg/l]	<0,10	<0,10	0,29	0,30
K	[mg/l]	19,7	7,8	16,2	17,1

Výsledky mikrobiologického rozboru ČOV 1

ukazatel	jednotka	Odtok ČOV 1	Permeát GR 61PP	Permeát ETNA O1PP	Permeát NF 99
Koliformní bakterie	KTJ/100 ml	19 000	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100 ml	59 000	0	0	0
intestinální enterokoky	KTJ/100 ml	6 000	0	0	0
<i>Clostridium perfringens</i>	KTJ/100 ml	1 000	0	0	0
Kultivovatelné bakterie při 22°C	KTJ/1 ml	6 000	20	58	28
Kultivovatelné bakterie při 36°C	KTJ/1 ml	52 000	0	1	1
Mikroskopický obraz - abioseston	%	5	3	8	2
Mikroskopický obraz -počet organismů	jedinci/1 ml	220	0	0	0
Mikroskopický obraz - počet živých organismů	jedinci/1 ml	200	0	0	0

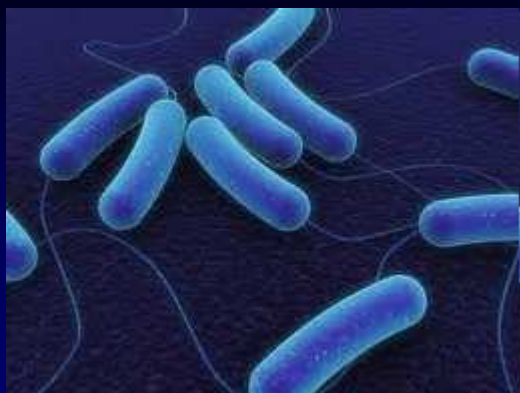


Výsledky chemického rozboru ČOV 2

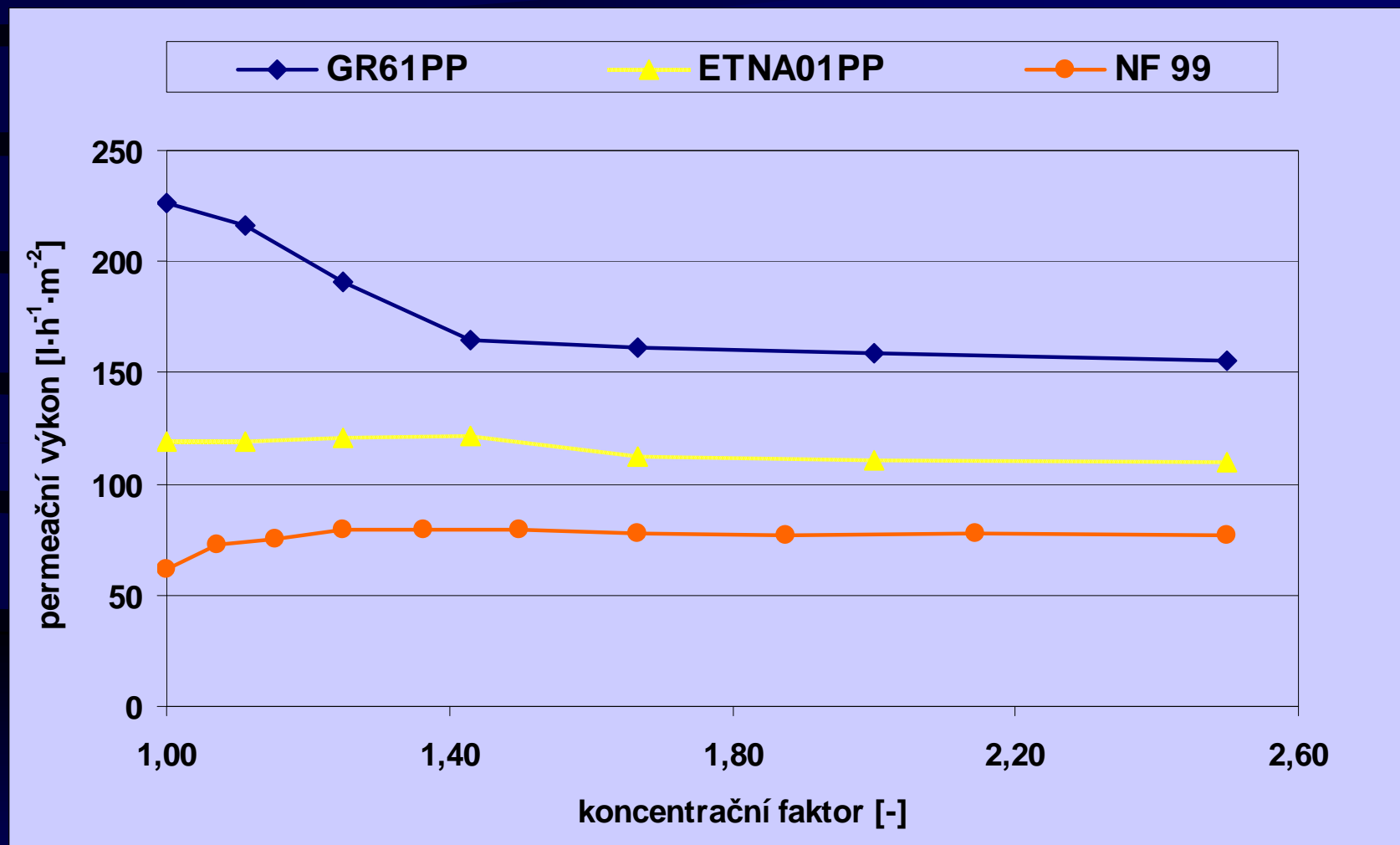
Ukazatel	jednotka	odtok z ČOV 2	permeát		
			NF99	ETNA	GR61
NO_3^-	[mg/l]	6,5	3,2	5,3	5,4
NO_2^-	[mg/l]	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
N-NH ₃	[mg/l]	2,9	1,4	2,5	2,6
SO_4^{2-}	[mg/l]	134	41,4	64,1	99,8
Cl ⁻	[mg/l]	120	47,5	114	114
HCO_3^-	[mg/l]	260	47,8	210	224
TOC	[mg/l]	13,2	0,1	5,2	6,7
RL	[mg/l]	685	172	586	608
CHSK _{Cr}	[mg/l]	122	35,1	79,6	86,7
vodivost	[μS/cm]	961	232	797	853
pH		7,7	7,1	7,6	7,6
Na	[mg/l]	79,1	23,1	72,9	75,5
Fe	[mg/l]	0,08	<0,05	<0,05	<0,05
Pb	[mg/l]	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Ca	[mg/l]	88,1	9,1	67,9	76,9
Mg	[mg/l]	20,2	1,63	17,0	18,5
Mn	[mg/l]	0,36	<0,10	0,29	0,30
K	[mg/l]	18,7	7,57	16,0	16,1

Výsledky mikrobiologického rozboru ČOV 2

ukazatel	jednotka	odtok ČOV 2	Permeát GR 61PP	Permeát ETNA 01PP	Permeát NF 99
Koliformní bakterie	KTJ/100ml	54800	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100 ml	198 600	0	0	0
Enterokoky intestinální	KTJ/100 ml	6 200	0	0	0
<i>Clostridium perfringens</i>	KTJ/100 ml	4 400	0	0	0
Kultivovatelné bakterie při 22 °C	KTJ/1 ml	72 000	41	178	141
Kultivovatelné bakterie při 36 °C	KTJ/1ml	34 100	1	0	0
Mikroskopický obraz – abioseston	%	3	3	7	1
Mikroskopický obraz – počet organismů	jedinci/1 ml	2 000	0	0	0
Mikroskopický obraz – počet živých organismů	jedinci/1 ml	1 840	0	0	0



Permeační výkon membrán v závislosti na koncentračním faktoru



$$\text{koncentrační faktor} = \frac{V_{vstup}}{V_{konc.}}, \text{ permeační výkon} = \frac{V_{perm.}}{\tau \cdot A_m}$$

Závěr

- ultrafiltrace a nanofiltrace jsou vhodné technologie pro terciální čištění odpadní vody
- experimenty potvrdily že UF i NF membrány spolehlivě zachytí patogeny = účinná hygienizace vody
- NF membrány částečně odstraní i zbytkové polutanty

Budoucnost

- další laboratorní experimenty
- poloprovaz

Velkou roli v tom zda se opětovné využití odpadní vody prosadí bude hrát názor veřejnosti

A close-up photograph of a vibrant green leaf hanging from the top, with a single drop of water falling from its tip. The drop is captured in mid-air, just above a surface of water. Upon impact, the water surface is disturbed, creating a series of concentric, shimmering ripples that spread outwards. The background is a soft, out-of-focus light blue, suggesting a clear sky or a calm body of water. The overall composition is clean and serene, emphasizing the natural cycle of water.

Děkuji za pozornost

Příspěvek byl připraven v rámci výzkumu realizovaného s podporou projektu MSM6046137308