



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
Ústav chemie ochrany prostředí

OPĚTOVNÉ VYUŽITÍ VYČIŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD POMOCÍ MEMBRÁNOVÝCH TECHNOLOGIÍ

Ing. Eva Podholová
Ing. Zuzana Honzajková
Bc. Radek Vurm

ÚCHOP

Opětovné využívání odpadní vody

Důvody pro opětovné využití odpadní vody:

- **Nedostatek vody v některých lokalitách**
- **Zvyšující se cena vody**
- **Snižující se cena terciálních technologií**
- **Nevhodné používání pitné vody**



Možnosti opětovného použití

- závlahy parků, hřišť
- čištění ulic, budov
- požární ochrana
- stavební práce
- sociální zařízení
- závlahy plodin, meliorace
- rekultivace, voda pro rekreační aktivity



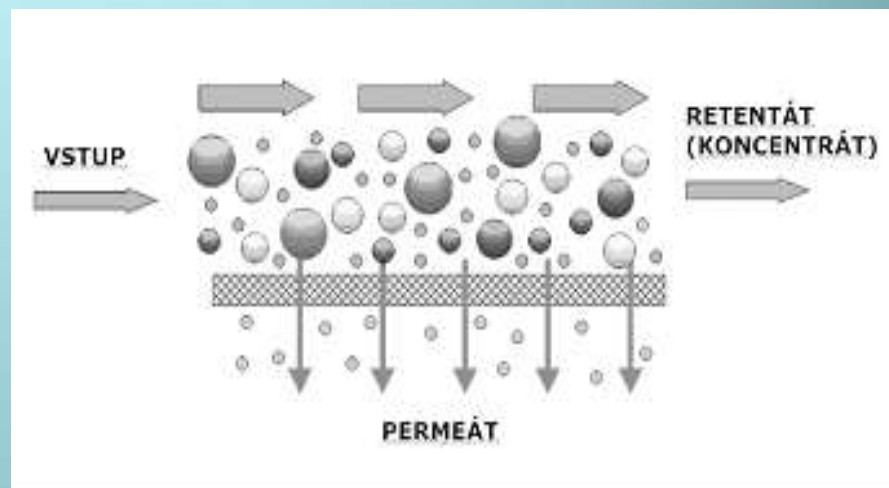
Koagulace

- Fyzikálně – chemický proces pro odstranění koloidních a jemně suspendovaných částic z vody
- převedení malých částic do větších celků separovatelných sedimentací či filtrací
- nejčastější koagulanty:

FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 , $[\text{Al}(\text{OH})_x\text{Cl}_y]_n$, NaAlO_2

Membránové separační Technologie

- Fyzikálně – chemický proces
- Vstup dělen pomocí semipermeabilní membrány na retentát a permeát
- Hnací silou je transmembránový gradient



Tlakové membránové procesy

proces	velikost pórů	pracovní tlak
mikrofiltrace	$> 0,1 \mu\text{m}$	0,2 - 5 bar
ultrafiltrace	$0,1 - 0,05 \mu\text{m}$	1 - 10 bar
nanofiltrace	$0,01 - 0,001 \mu\text{m}$	5 - 15 bar
revezní osmóza	$< 0,0001 \mu\text{m}^*$	15 - 150 bar

Laboratorní experimenty

Byl odebrán vzorek na odtoku ze dvou městských ČOV a jedné domácí ČOV

Cíl experimentu:

porovnání účinnosti membrán pro odstranění chem. i biologického znečištění a metody koagulace pro separaci mikrobiologických organismů

Průběh experimentů:

UF, NF – pracovní teplota 20°C, tlak 9 bar

RO – pracovní teplota 20°C, tlak 20 bar

Koagulace – pracovní teplota 20°C, dávka Fe: 30, 45, 60, 75 mg/l

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
RO 98 pHt	10	polysulfon	RO

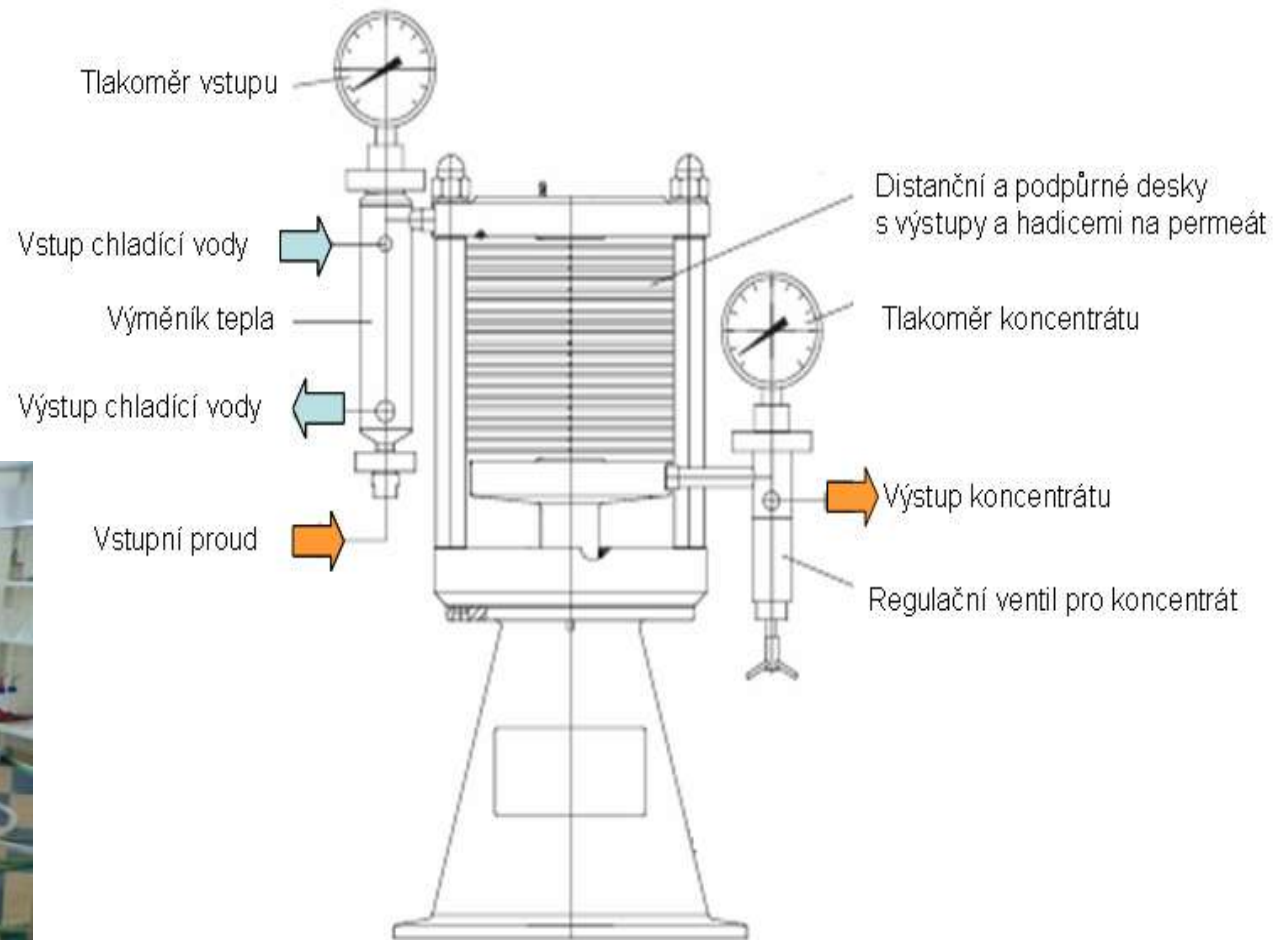
Experimentální zařízení

LAB M240



Experimentální zařízení

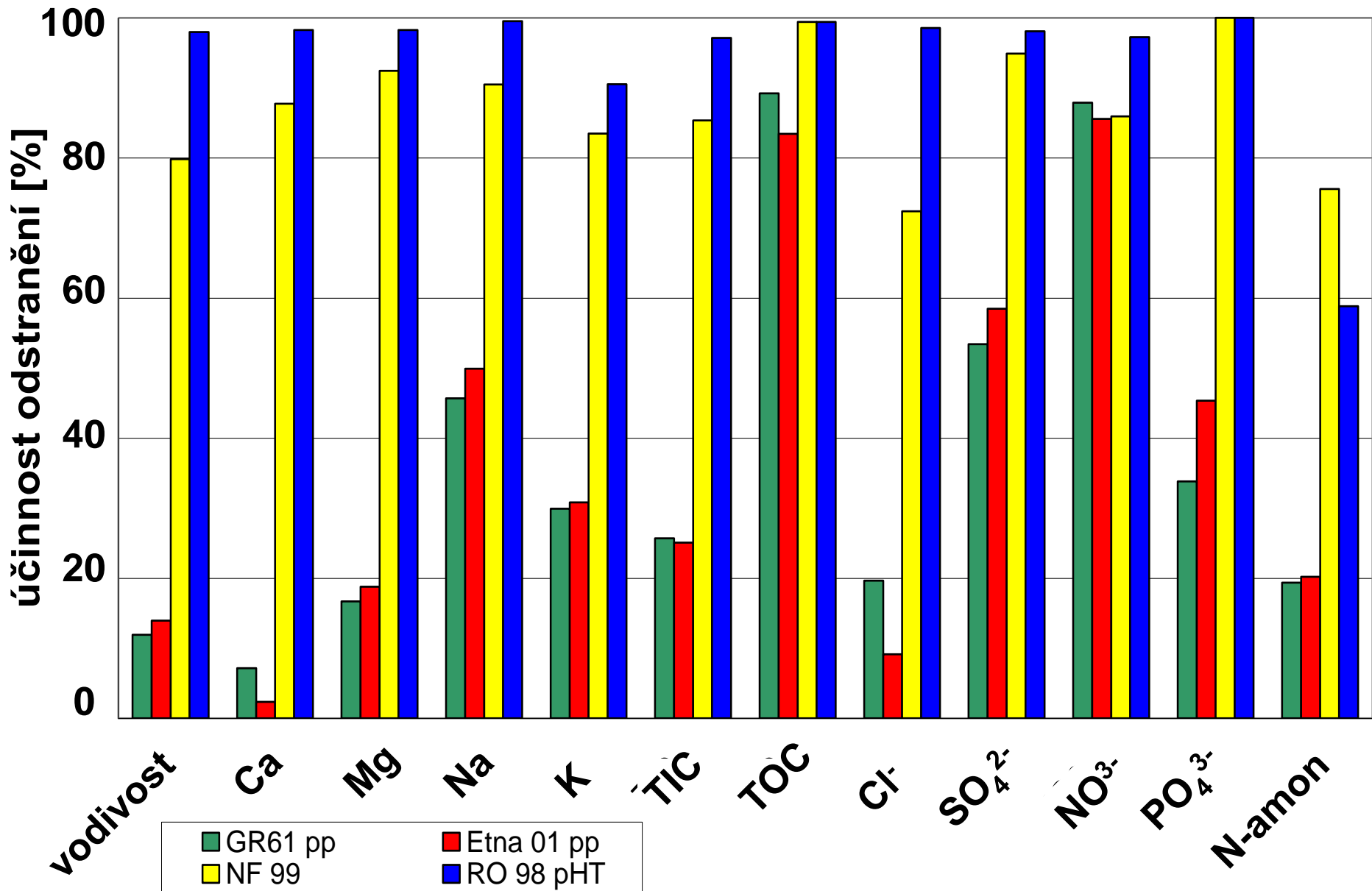
LAB M20



ukazatel	jednotka	limit	vstup	přeměň			
				GR61	Etna 01	NF 99	RO 98
pH		6,5-8,5 (MH)	7,54	7,54	7,49	6,96	6,28
Vodivost	[μS/cm]	1250 (MH)	1090	960	938	220	22
Teplota	[°C]	-	14	16,9	17,1	17,6	17,5
Ca	[mg/l]	> 30 (MH)	29	27	28	3,5	< 0,5
Mg	[mg/l]	10 (MH)	11	9,5	9,3	0,9	< 0,2
Na	[mg/l]	200 (MH)	205	111	103	20	< 1
K	[mg/l]	-	21	15	15	3,5	< 2
TIC	[mg/l]	-	116	87	87	17	3,3
TOC	[mg/l]	5 (MH)	87	9,4	15	< 0,5	< 0,5
Cl ⁻	[mg/l]	100 (MH)	73	59	67	20	1,1
SO ₄ ²⁻	[mg/l]	250 (MH)	105	49	44	5,3	< 2
NO ₃ ⁻	[mg/l]	50 (NMH)	30	3,6	4,3	4,2	0,8
PO ₄ ³⁻	[mg/l]	-	30	20	16	< 0,25	< 0,25
N-amon	[mg/l]	0,5 (NMH)	31	25	25	7,6	13

Procentuální účinnost odstranění látek (domácí ČOV)

	GR61 pp [%]	Etna 01 pp [%]	NF 99 [%]	RO 98 pHT [%]
vodivost	12	14	80	98
Ca	7,2	2,4	88	98
Mg	17	19	92	98
Na	46	50	91	99
K	30	31	84	91
TIC	26	25	85	97
TOC	89	83	99	99
Cl ⁻	20	9,2	72	99
SO ₄ ²⁻	53	58	95	98
NO ₃ ⁻	88	86	86	97
PO ₄ ³⁻	34	45	> 99,9	> 99,9
N-amon	19	20	76	59



Výsledky mikrobiologického rozboru ČOV 1

Ukazatel	jednotka	Odtok ČOV 1	Koag. Fe 75 mg/l	Perm. GR61	Perm. ETNA01	Perm. NF 99
Vodivost	[μS/cm]	961	1192	853	797	232
TOC	[mg/l]	12,9	4,6	6	3,4	0,6
Koliformní bakterie	[KTJ/100 ml]	48·10 ⁴	145	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	[KTJ/100 ml]	59·10 ³	14	0	0	0
Intestinální enterokoky	[KTJ/100 ml]	6·10 ³	4	0	0	0
<i>Clostridium perfringens</i>	[KTJ/100 ml]	1·10 ³	0	0	0	0
Kultivovatelné bakterie při 22 °C	[KTJ/1 ml]	61·10 ²	31·10 ²	20	58	28
Kultivovatelné bakterie při 36 °C	[KTJ/1 ml]	52·10 ³	19·10 ²	0	1	1
Mikroskopický obraz – abioseston	[%]	5%	1%	3%	8%	2%
Mikroskopický obraz – počet mrtvých o.	[jedinci/1 ml]	220	0	0	0	0
Mikroskopický obraz – počet živých o.	[jedinci/1 ml]	200	0	0	0	0

Výsledky mikrobiologického rozboru ČOV 2

Ukazatel	jednotka	Odtok ČOV 2	Koagulace Fe 60 mg/l	Perm. GR61	Perm. ETNA01	Perm. NF 99
TOC	[mg/l]	6,45	4,71	0,47	<0,10	<0,10
Vodivost	[μS/cm]	1020	1061	907	862	253
Koliformní bakterie	[KTJ/100 ml]	54,8·10 ³	308	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	[KTJ/100 ml]	198,6·10 ³	69	0	0	0
Intestinální enterokoky	[KTJ/100 ml]	6,2·10 ³	12	0	0	0
<i>Clostridium perfringens</i>	[KTJ/100 ml]	4,4·10 ³	0	0	0	0
Kultivovatelné bakterie 22 °C	[KTJ/1 ml]	72·10 ³	1634	41	178	141
Kultivovatelné bakterie 36 °C	[KTJ/1 ml]	34,1·10 ³	808	1	0	0
Mikroskopický obraz – abioseston	[%]	3%	3%	3%	7%	1%
Mikroskopický obraz – počet mrtvých o.	[jedinci/1 ml]	2·10 ³	60	0	0	0
Mikroskopický obraz – počet živých o.	[jedinci/1 ml]	1·10 ³	40	0	0	0

Závěr

- **Výsledek experimentu dle stoupající účinnosti odstranění kontaminantů:**

Reverzní osmóza > Nanofiltrace > Ultrafiltrace > Koagulace

- **Volba metody dle požadovaných výsledků a předpokládaného využití vody**
 - Reverzní osmóza – technologické a chladící vody
 - Nanofiltrace – sociální zařízení
 - Ultrafiltrace – zemědělství, stavebnictví

- **Budoucnost:**

delší experimenty, nekonverzní zkoušky

Děkuji za pozornost.