



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
Ústav chemie ochrany prostředí

Odstranění kyanidů z kontaminovaných podzemních vod pomocí procesu reverzní osmózy

Radek Vurm

ÚCHOP

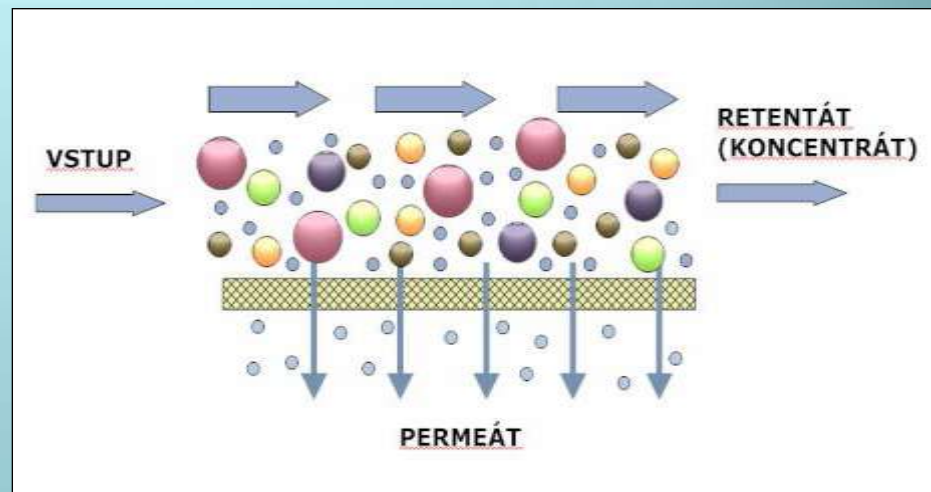
Kyanidy ve vodách

- Vysoká toxicita, zejména volné kyanidy
- Ve vodách především antropogenního původu
- **Celkové CN^-** = volné + komplexní
- **Volné CN^-** - uvolní se při pH 4 (HCN , CN^-)
- Obecné standardy znečištění vod kyanidy:

	celkové CN^- [mg/l]	volné CN^- [mg/l]
pitná voda	0,05	-
pramenitá voda	0,005	-
závlahová voda	0,4	-
povrchové vody	0,7	0,01
voda do kanalizace	0,2	0,1

Princip membránových separačních procesů

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



Tlakové membránové procesy

proces	velikost póru	pracovní tlak
mikrofiltrace	$> 0,1 \mu\text{m}$	0,02 - 0,5 MPa
ultrafiltrace	0,1 - 0,05 μm	0,1 - 1 MPa
nanofiltrace	0,01 - 0,001 μm	0,5 - 1,5 MPa
revezní osmóza	0,0001 - 0,0001 μm	1,5 - 15 MPa

Vlastnosti membrán

Požadavky kladené na membránu:

- velká selektivita
 - ovlivňuje účinnost dělení a čistotu permeátu
- velká permeabilita
 - propustnost má vliv na rychlost procesu
- velká životnost
 - odolnost proti mechanickým, chemickým a teplotním vlivům
- přijatelná cena

Spirálně vinutý modul



Laboratorní experimenty

Byly odebrány vzorky z vybraných vrtů kontaminované oblasti

Cíl experimentu:

ověření účinnosti technologie a porovnání účinnosti separace se zvýšením pH pomocí CaO a bez předúpravy

Průběh experimentů:

RO – objem vstupu 30 l, pracovní teplota 20 °C, tlak 3 MPa

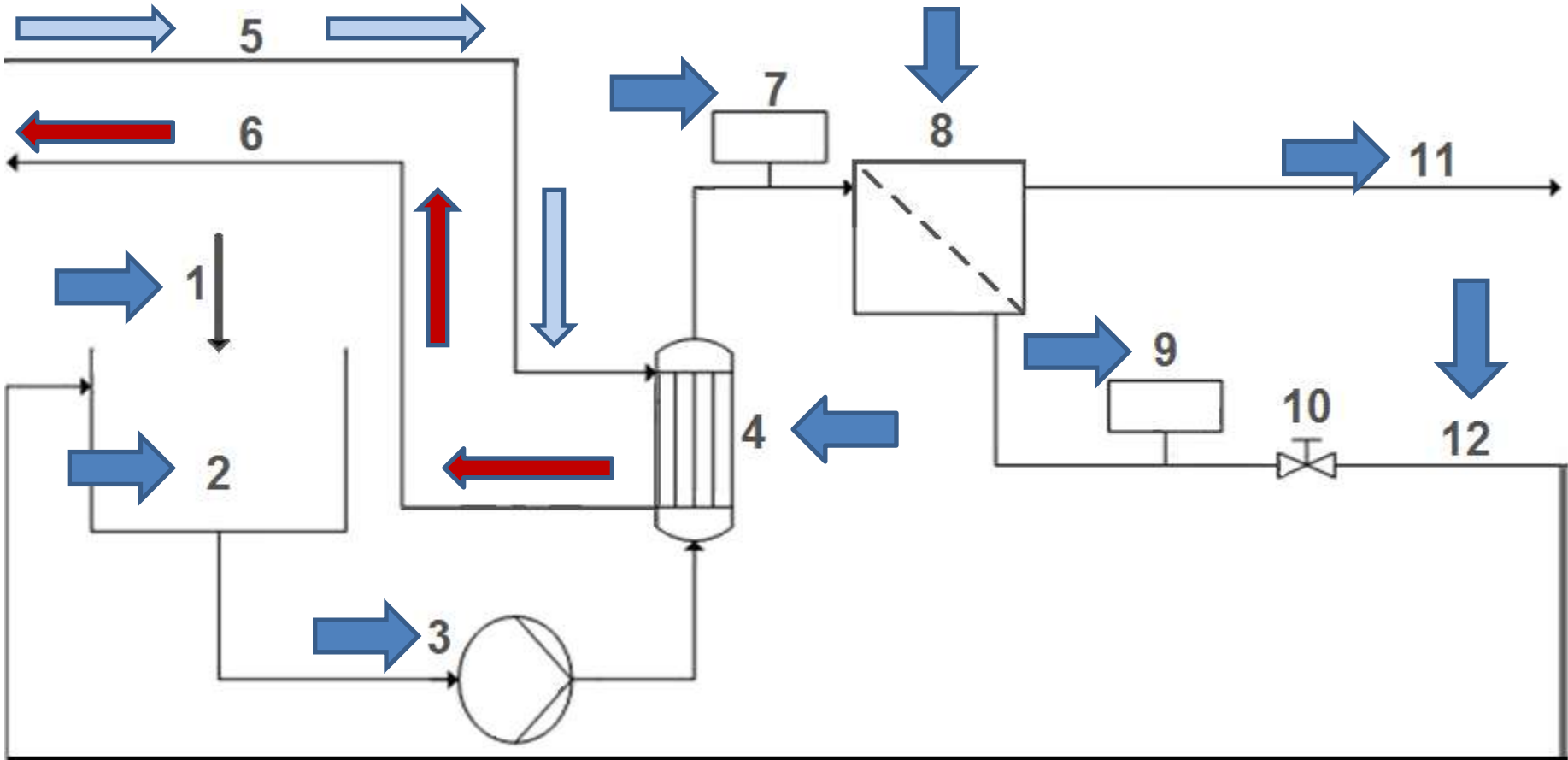
RUN 1 – vzorek z vrtu A bez předúpravy

RUN 2 – vzorek z vrtu A předupraven srážením oxidem vápenatým (pro dosažení pH 12 bylo spotřebováno 220 g CaO na 100 l vzorku)

RUN 3 – vzorek z vrtu B bez předúpravy

RUN 4 – vzorek z vrtu B předupraven srážením oxidem vápenatým (pro dosažení pH 12 bylo spotřebováno 200 g CaO na 100 l vzorku)

Schéma zařízení LAB M240 SW



Schematický popis membránové separační jednotky LAB M240 SW.

1 - vstupní roztok, 2 - zásobní nádrž, 3 – tlakové čerpadlo, 4 – výměník, 5 - přívod chladicí vody, 6 - odvod chladicí vody, 7 – manometr na vstupu do membránového modulu, 8 - membránový modul, 9 - manometr na výstupu z membránového modulu, 10 – regulační tlakový ventil, 11 – odvod permeátu, 12 - odvod koncentrátu

LAB M240 SW



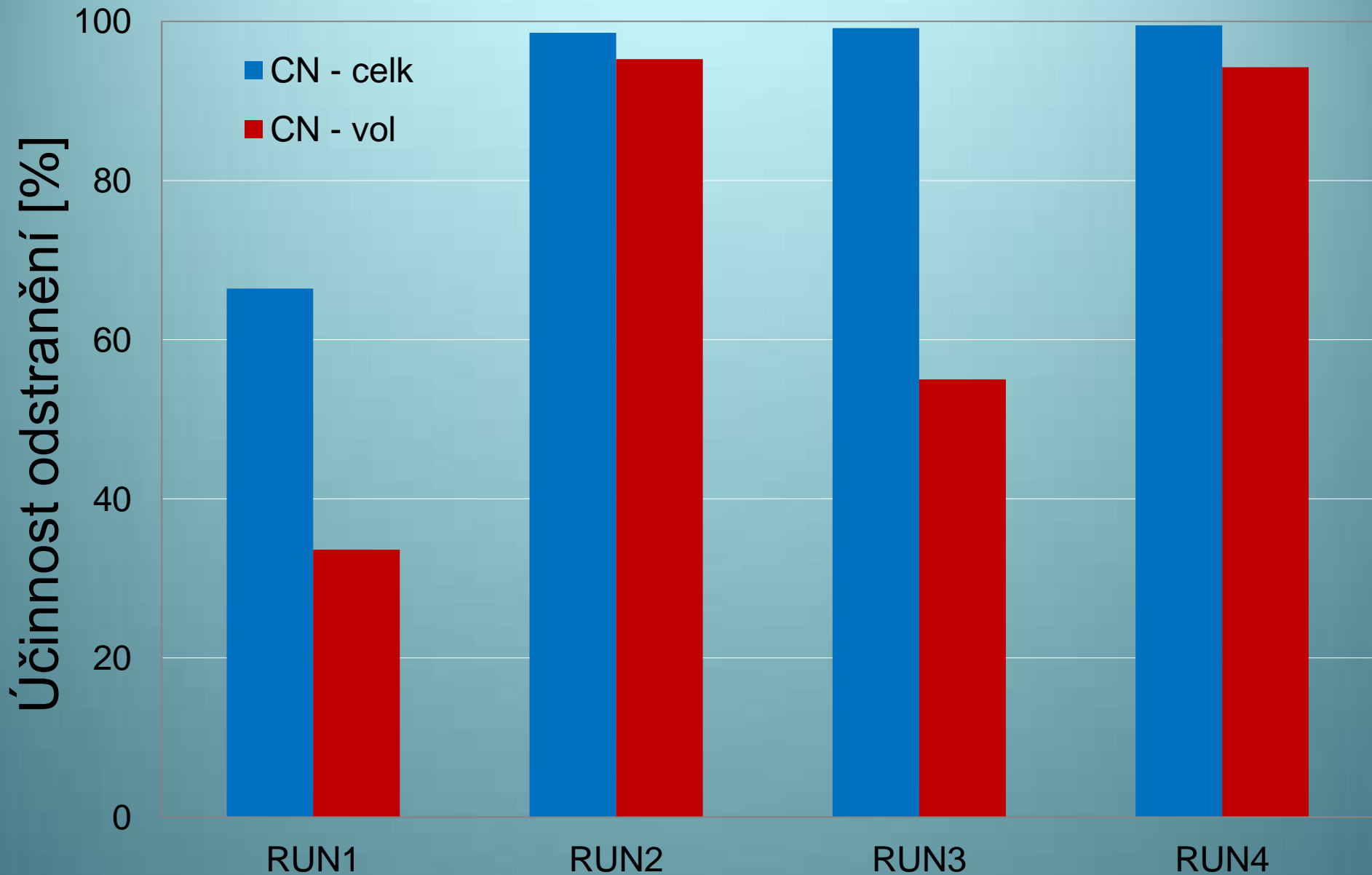
Výsledky chemického rozboru RUN 1 a RUN 2

označení vzorku		RUN 1			RUN 2		
ukazatel		vstup	perm.	konc.	vstup	perm.	konc.
pH		10,1	9,8	10,1	12,3	11,7	12,7
vodivost	mS/m	635	76	1710	983	130	2140
RAS	mg/l	3930	115	12700	4250	305	7740
RL-105	mg/l	4970	133	15400	4690	337	8530
CHSK-Cr	mg/l	528	40	1640	444	25	1570
N-NH ₄	mg/l	293	194	226	215	187	201
CN-celk	mg/l	196	66	402	301	4,29	242
CN-vol	mg/l	47	31	111	63	3	206
CO ₃ ²⁻	mg/l	1570	423	3560	786	270	1800
HCO ₃ ⁻	mg/l	<0,5	<0,5	866	<0,5	<0,5	<0,5
SO ₄ ²⁻	mg/l	592	16,4	1910	563	<0,5	1910
Cl ⁻	mg/l	244	<0,5	790	243	<0,5	829
Na	mg/l	1250	27,6	4150	1470	119	4060
K	mg/l	285	13,5	900	296	28	894

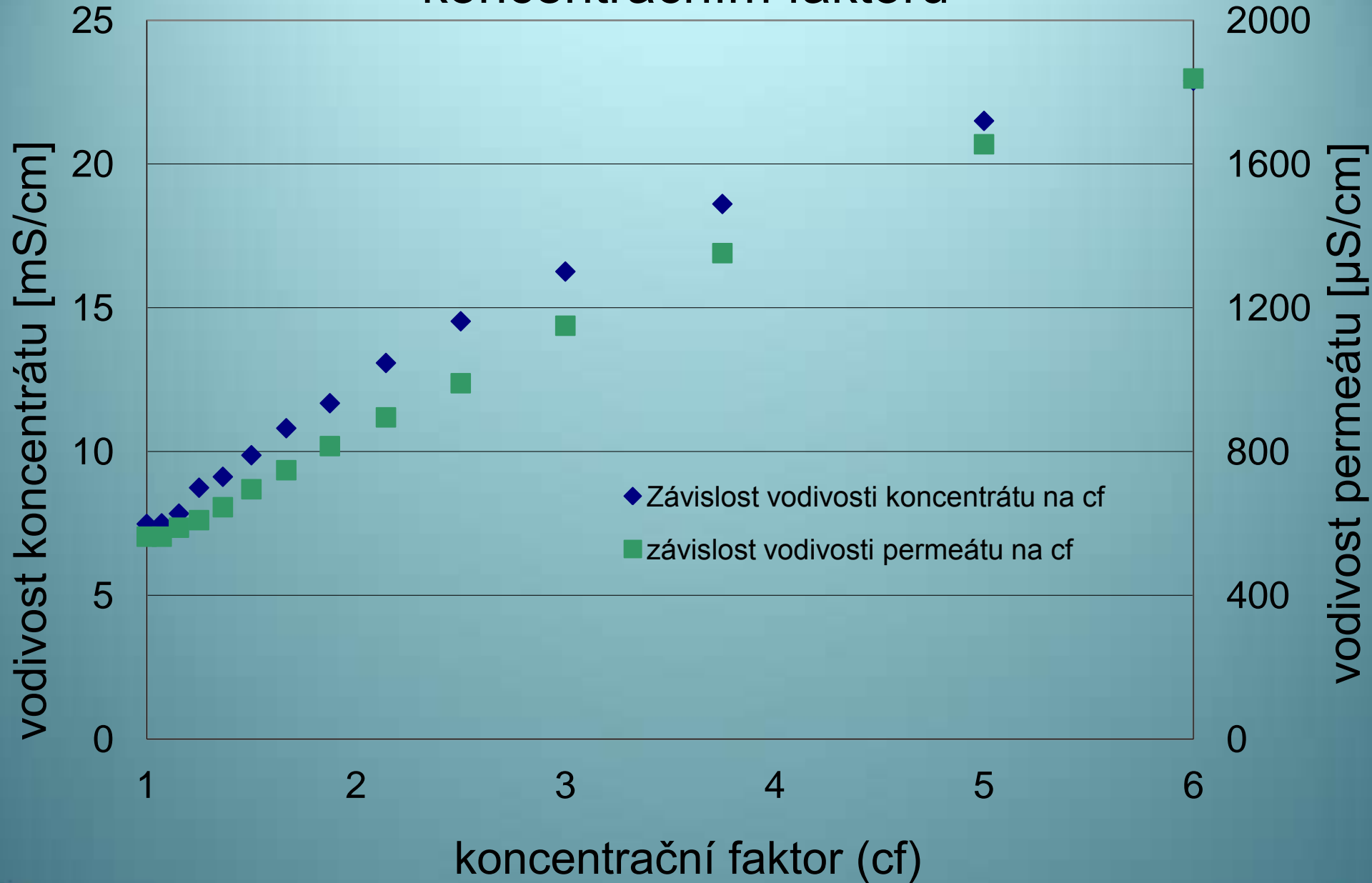
Výsledky chemického rozboru RUN 3 a RUN 4

označení vzorku		RUN 3			RUN 4		
ukazatel		vstup	perm.	konc.	vstup	perm.	konc.
pH		10,9	12	11	12,5	11,9	12,8
vodivost	mS/m	1130	37	2760	1260	110	3240
RAS	mg/l	8160	55	17800	6160	333	23400
RL-105	mg/l	9760	67	20400	7140	363	29200
CHSK-Cr	mg/l	1220	33	3680	1100	26,6	3280
N-NH ₄	mg/l	476	384	437	434	391	388
CN-celk	mg/l	141	1,21	294	65	0,32	203
CN-vol	mg/l	1,74	0,78	4,45	1,91	0,11	3,31
CO ₃ ²⁻	mg/l	2180	300	7860	1820	300	5520
HCO ₃ ⁻	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SO ₄ ²⁻	mg/l	863	<0,5	2780	854	<0,5	2800
Cl ⁻	mg/l	338	<0,5	1080	338	<0,5	1110
Na	mg/l	2840	22	8960	2960	90	8290
K	mg/l	323	4,45	978	305	24	964

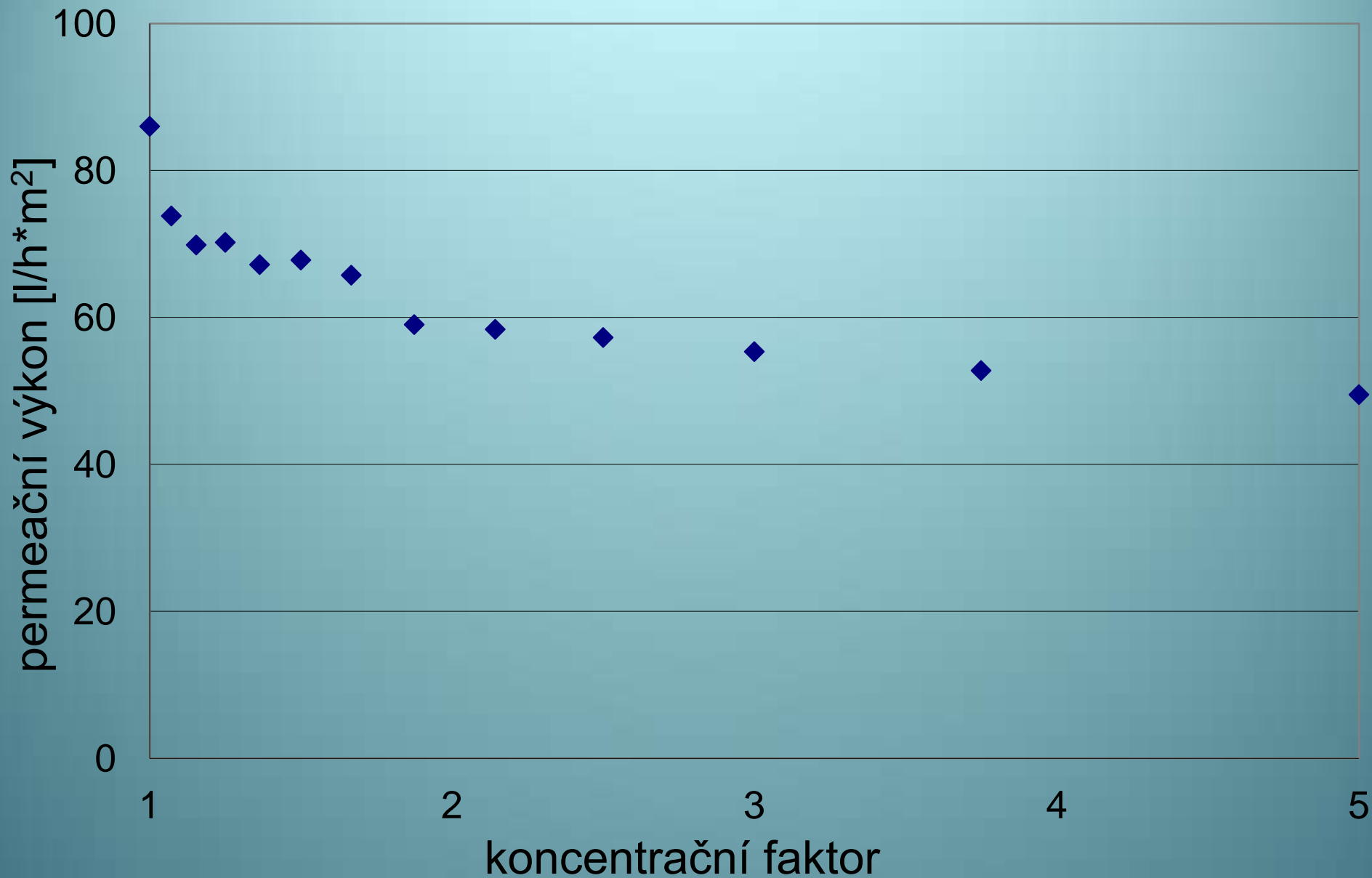
Graf účinnosti odstranění vybraných polutantů



Závislost vodivosti koncentráту a permeátu na koncentračním faktoru



Graf závislosti permeačního výkonu na koncentračním faktoru



Závěr

- Ověření výsledků z externích laboratoří
- RO se ukázala jako vhodná metoda pro odstraňování CN^-
- Nutnost separace v bazické oblasti
- Nutnost dodržení bezpečnostních opatření

- **Budoucnost:**
další experimenty v rámci diplomové práce, poloprovoz,
zavedení metody pro měření CN^- v laboratoři

Děkuji za pozornost

