



VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE

ÚCHOP

Využití reverzní osmózy pro sanaci výluhů z úložišť popílků

Martin Bystrianský

M.Šír, T.Patočka, M.Podhola, Z.Honzajková, M.Kubal

Průsakové vody z popílkoviště

- Úložiště odpadních produktů po odsiřování spalin v tepelné elektrárně Prunéřov
- Vysoké koncentrace anorganických solí, CaSO_4
- Produkce velkého objemu průsakových vod (desítky m^3/h)
- Vypouštění do Ohře
- Nutnost remediacce

	[mg/l]	Fe	<1
Ca	329	Si	6
Mg	301	SO_4^{2-}	515
Na	153	Cl^-	252
K	22	TOC	<0,1



Použití reverzní osmózy

- Efektivní technologie pro čištění a separaci roztoků
- Rozdělení roztoku na 2 proudy – koncentrát a permeát
- Polopropustná membrána
- Hnací silou je rozdíl tlaků (2-10 MPa)

Krystalizace při RO

- Nežádoucí jev
- Zanášení membrán a tvorba úsad
- Klesá permeační výkon
- Při zahušťování roste saturační index síranu vápenatého, vznikají krystaly $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Krystalizaci lze zpomalit antiscalantem

Experimenty

- 12 experimentů ve 3 sériích
- 1. série – navržení podmínek procesu a ověření jeho použitelnosti
- 2. série – vliv koncentrace železa v koncentrátu na průběh krystalizace
- 3. série – vliv koncentrace železa ve vstupu na průběh krystalizace

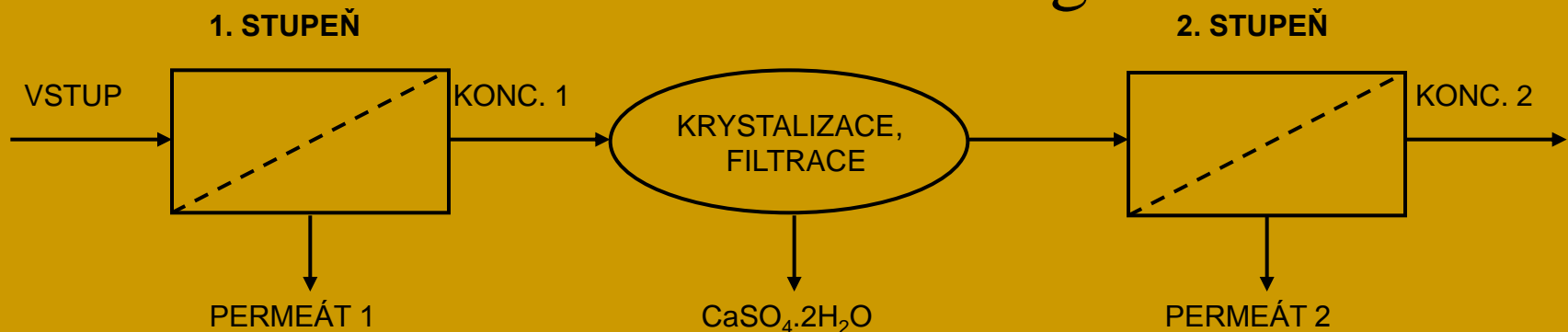
Pracovní podmínky

- ❑ Laboratorní zařízení LAB-M20
- ❑ Deskový modul
- ❑ Plocha membrán $A=0,6\text{m}^2$
- ❑ Vsádkový režim
- ❑ Objem vstupu 20 - 30 l
- ❑ On-line měření pH, teploty a konduktivity
- ❑ Nízká konduktivita permeátu
- ❑ Krystalizace koncentrátu



Pracovní podmínky

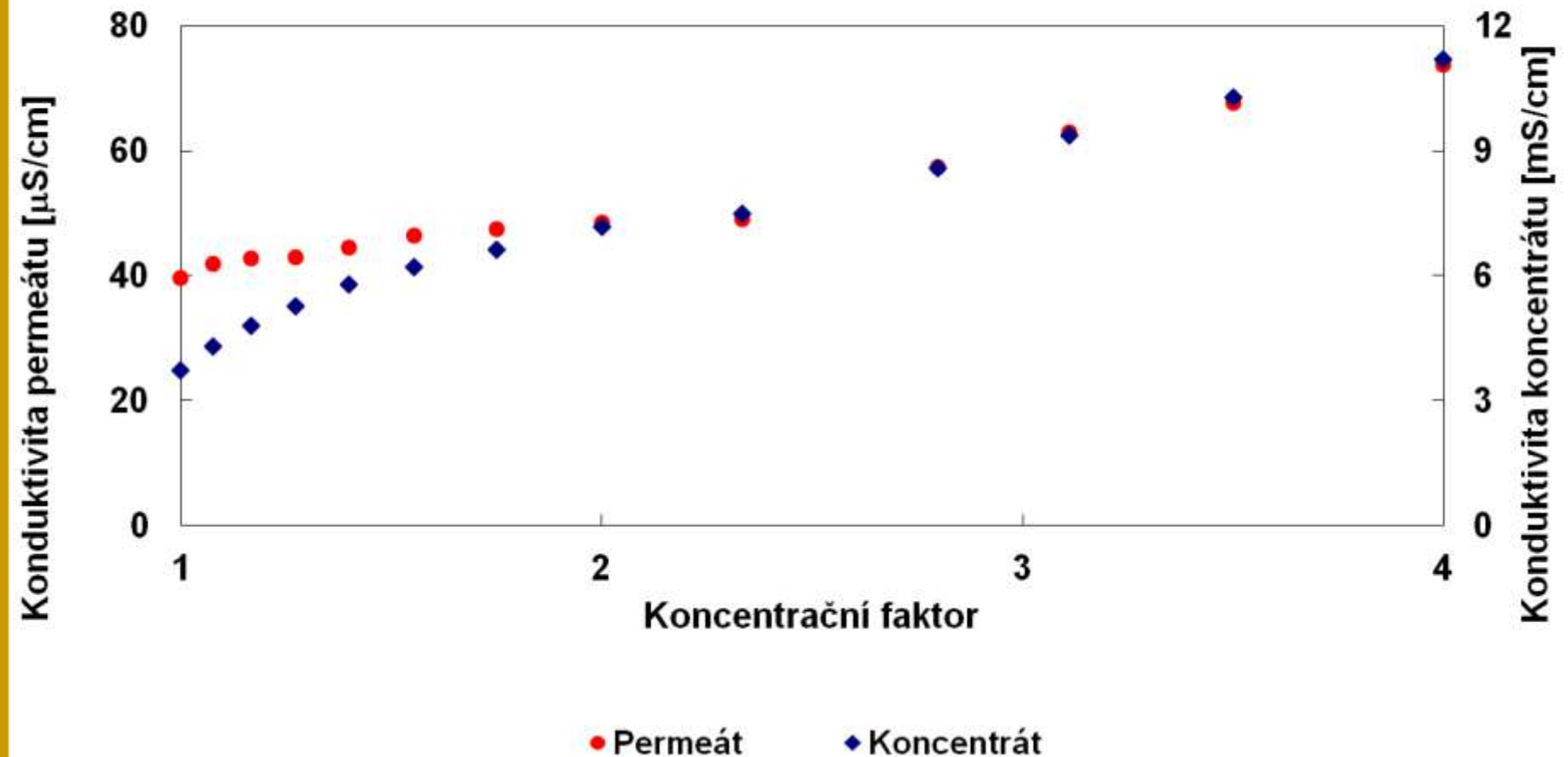
- Dvoustupňové uspořádání + krystalizace
- Zahuštění 75 a 80 %
- Tlak 2 a 3 MPa, teplota 20°C,
- Koncentrace antiscalantu 3 mg/l



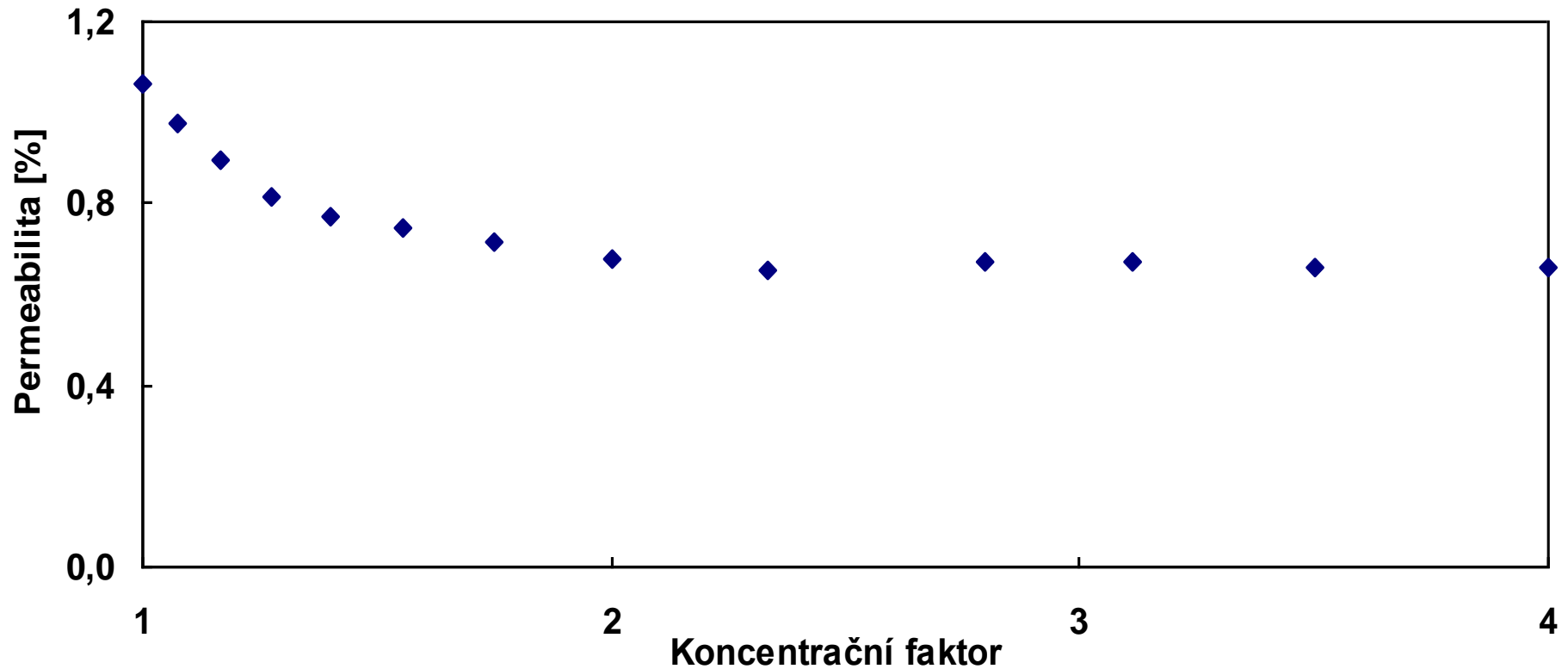
Chemické analýzy proudů z RUN 5

[mg]	Vstup	Koncentrát	Permeát	Stupeň odstranění [%]
Fe	<0,1	0,223	<0,1	
Mn	2,95	10,7	<0,25	
Ca	329	1929	2,58	99,2
Mg	301	1331	1,14	99,6
K	21,9	101	1,1	95,0
Na	153	864	6,97	95,4
Zn	<0,20	-	-	
Cl ⁻	252	1160	10,7	95,8
NO ₃ ⁻	3,41	12,8	0,143	95,8
N _{amon}	1,58	10,8	0,592	62,5
SO ₄ ²⁻	515	1809	6,5	98,7
PO ₄ ³⁻	<0,2	<0,2	<0,2	
TOC	<0,1	<0,1	<0,1	

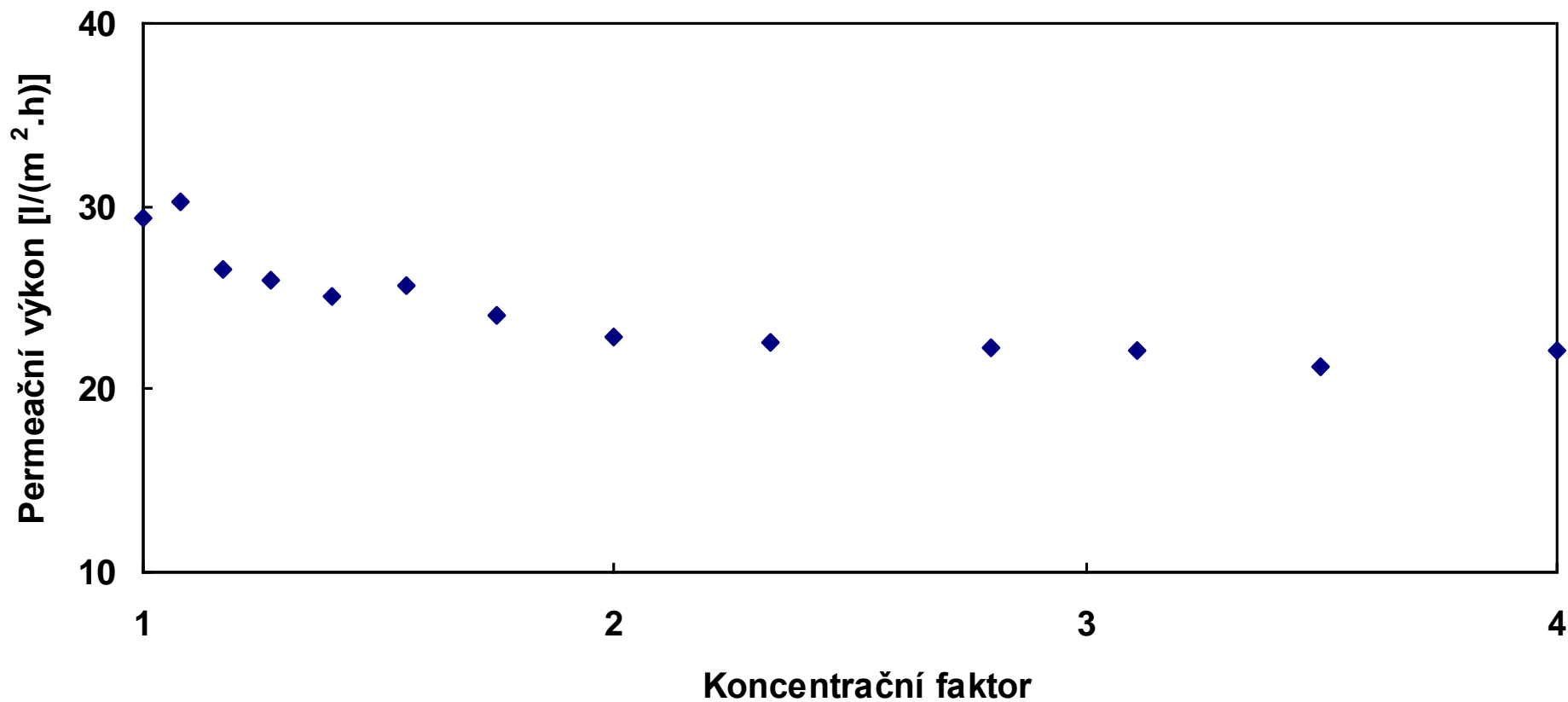
Závislost konduktivit koncentrátu a permeátu na koncentračním faktoru (RUN1)



Závislost permeability na koncentračním faktoru



Závislost permeačního výkonu na koncentračním faktoru



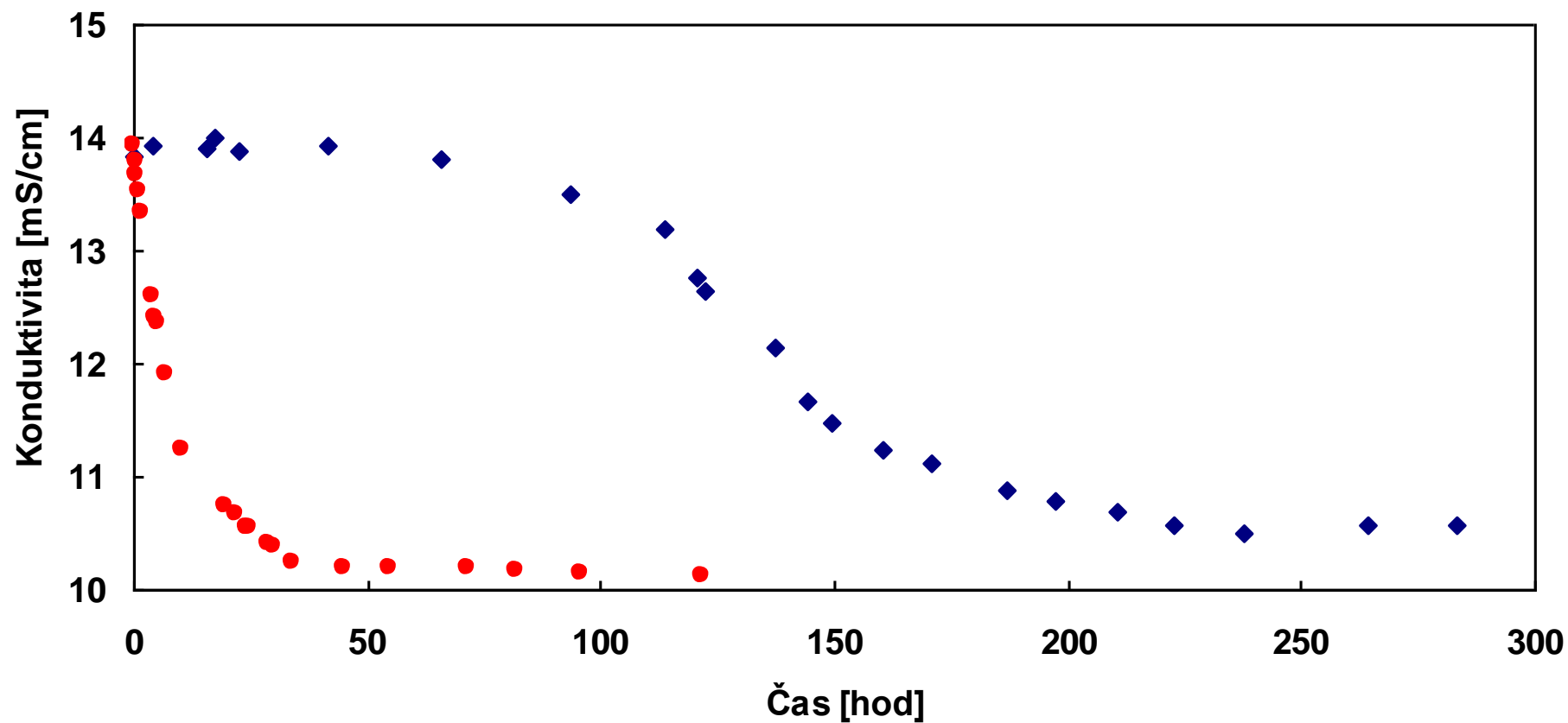
Krystalizace koncentrátu

- Zahušťování vede k přesycení CaSO_4
- Pozdržení krystalizace antiscalentem
- Antiscalant ovlivněn i nízkou koncentrací železa (<1 mg/l)
- Přídavek FeSO_4 do koncentrátu/vstupu
- Průběh krystalizace – měření konduktivity
- Indukční doba
- Celkový čas krystalizace

Přidávky FeSO_4

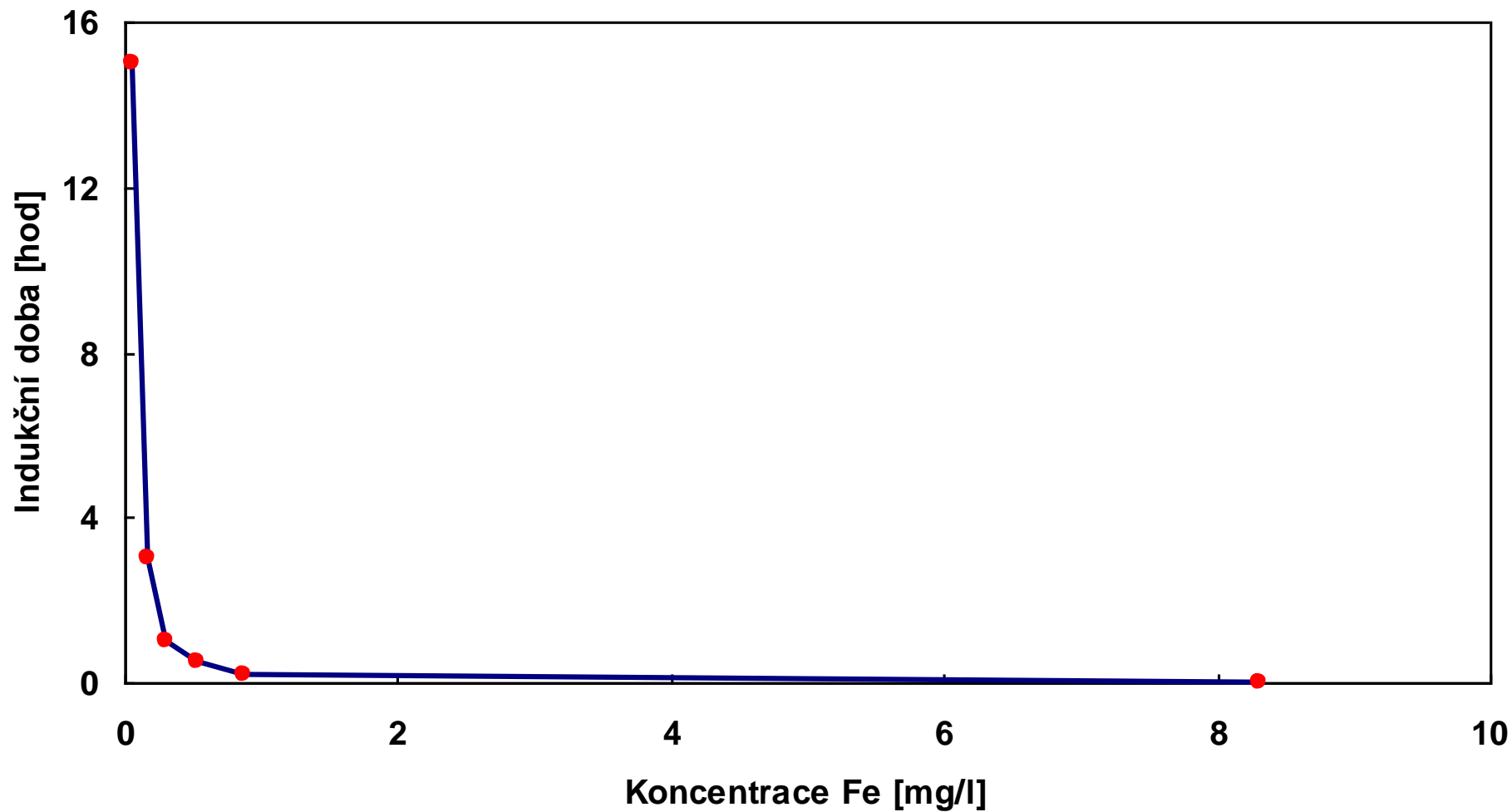
- Přídavek do koncentrátu
 - Koncentrace 1, 5, 20 a 100 mg/l
 - Vyšší koncentrace železa → urychlení krystalizace
- Přídavek do vstupu
 - Koncentrace 0; 0,1; 0,25; 0,5; 1; 10 mg/l
 - Vyšší koncentrace železa → urychlení krystalizace
 - RUN 11 bez antiscalantu → krystalizace již v membránové jednotce

Průběh krystalizace



◆ RUN 12; 0,062 mg/l Fe ● RUN 8; 0,534 mg/l Fe

Indukční doba krystalizace



Závěr

- Vysoká účinnost RO při odstranění rozpuštěných látek
- Odstranění některých složek (CaSO_4) až >99%
- Objem roztoku zredukován 16x (25x)
- Dvoustupňové uspořádání s vloženou krystalizací
- Krystalizace pozdržena antiscalantem
- Funkce antiscalantu ovlivněna ionty železa
- Akceptovatelná koncentrace železa 0,5 mg/l
- Předřazený stupeň odstraňující železo



Děkuji za pozornost!