

VERÉB Gábor<sup>1</sup>, FEKETE Laura<sup>1</sup>, FAZEKAS Ákos Ferenc<sup>1</sup>, KERTÉSZ Szabolcs<sup>1</sup>, BESZÉDES Sándor<sup>1</sup>, JÁKÓI Zoltán<sup>1</sup>, HODÚR Cecília<sup>1</sup>, LÁSZLÓ Zsuzsanna<sup>1</sup>, KOVÁCS Gábor<sup>2</sup>, PAP Zsolt<sup>3</sup>, GYULAVÁRI Tamás<sup>3</sup>, HERNÁDI Klára<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Szegei Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete, Moszkvai krt. 9, Szeged, HU-6725

<sup>2</sup>Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományi Kar, Kertész-mérnöki Tanszék, Segesvári út, 2., Marosvásárhely / Koronka, RO-540053

<sup>3</sup>Szegei Tudományegyetem, Természettudományi és Informatika Kar, Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék, Rerrich Béla tér 1, Szeged, HU-6720

\*e-mail: verebg@mk.u-szeged

## Bevezetés

Világszerte egyre több olajos szennyvíz keletkezik számos tevékenység révén, melyek nagy mennyiségben tartalmaznak a környezetre, és az emberi egészségre egyaránt káros komponenseket. A folyamatosan szigorodó kibocsátási határértékek miatt az olajos szennyvizek hatékony kezelési módszereinek fejlesztése nagy érdeklődésre tart számot és a hagyományos technikák - például az olajfogók, a homokszűrők, a flotálás, a kémiai destabilizálás - kiegészítése várhatóan kötelező lesz a nem túl távoli jövőben egy olyan hatékony módszerrel, mint például a membránszűrés, amely akár a mikro- és nanoméretű olajcseppek eltávolítására is alkalmas.

A membráneltömődés azonban komoly kihívást jelent a gazdaságos alkalmazás számára, mivel az olajos szennyeződések nagyon gyorsan kialakítanak egy hidrofób réteget a membrán felületén, ami jelentős gátat jelent a vízáram számára. Jelen kutatásban TiO<sub>2</sub>/CNT nanokompozitokat alkalmaztunk a membrán felületének és anyagának a módosítására a membráneltömődés csökkentése érdekében.

## Alkalmazott anyagok és módszerek

### Olajemulzió előállítása



100 ppm kőolaj Milli-Q vízben diszpergálva - intenzív keverés (35000 rpm) + ultrahangos homogenizálás (Hielscher UP200S)

### Membránszűrés (Millipore XFUF07601)



V=250 ml; VRR=5  
ΔP=0,5; 1; 2; 3 bar

### Membránok felületkezelése

- Membrán: 250 kDa, PVDF ultraszűrő membrán (VSEP)
- Titán-dioxid: Aeroxide P25
- Szén nanocső: Nanothinx NTX1, l≥10 μm; d=15-35 nm

CNT/TiO <sub>2</sub> [m/m%]	TiO <sub>2</sub> [mg]	i-propanol [mL]	400 mg/L-es CNT szuszp. [mL]
0	40	100	-
1	39,6	99	1
2	39,2	98	2
5	38	95	5

- Fizikai immobilizálás: Millipore membránszűrő reaktorral 0,3 MPa transzmembrán nyomáson + szárítás levegőn (T=25°C)

### Anyagukban módosított membránok előállítása

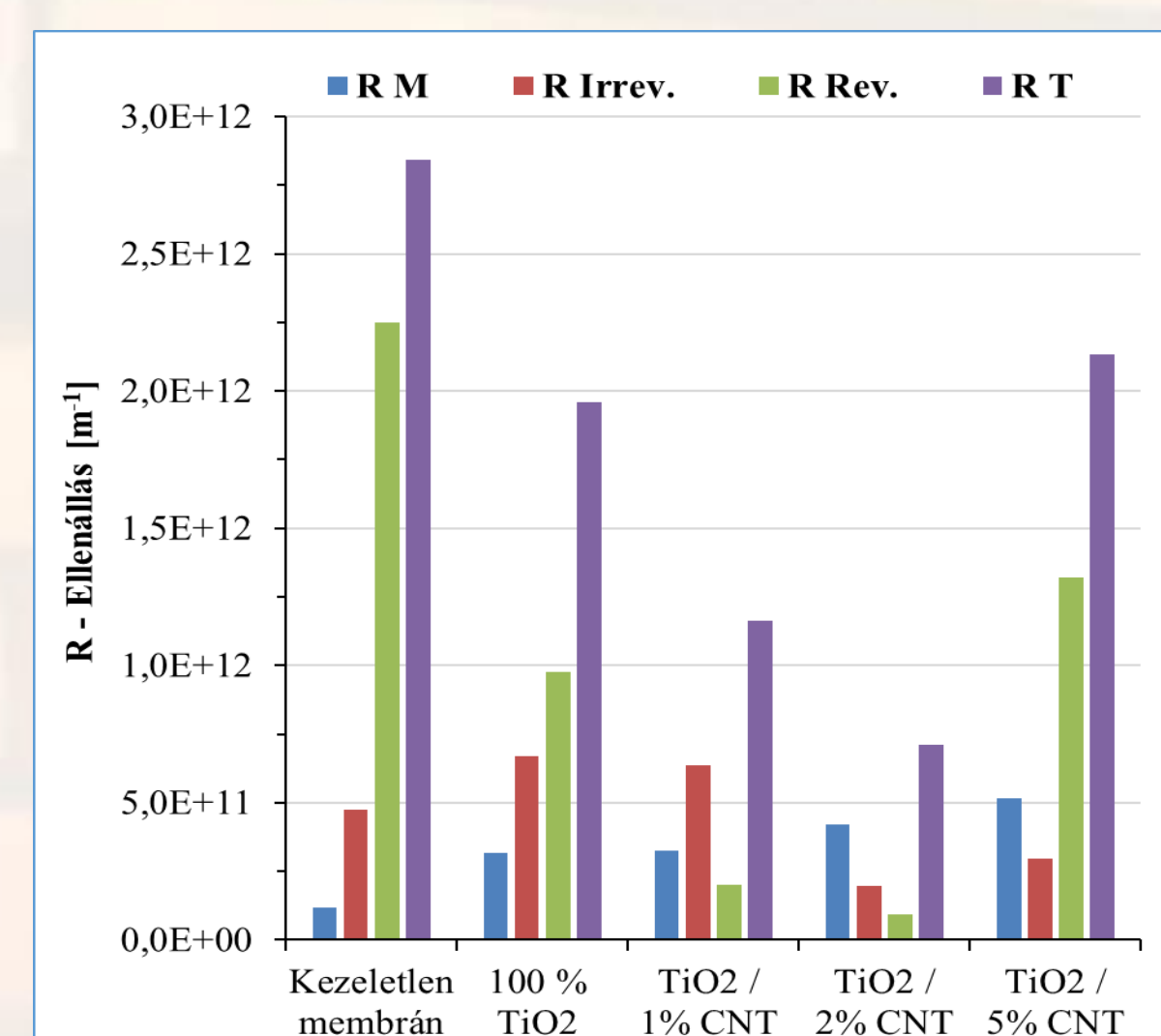
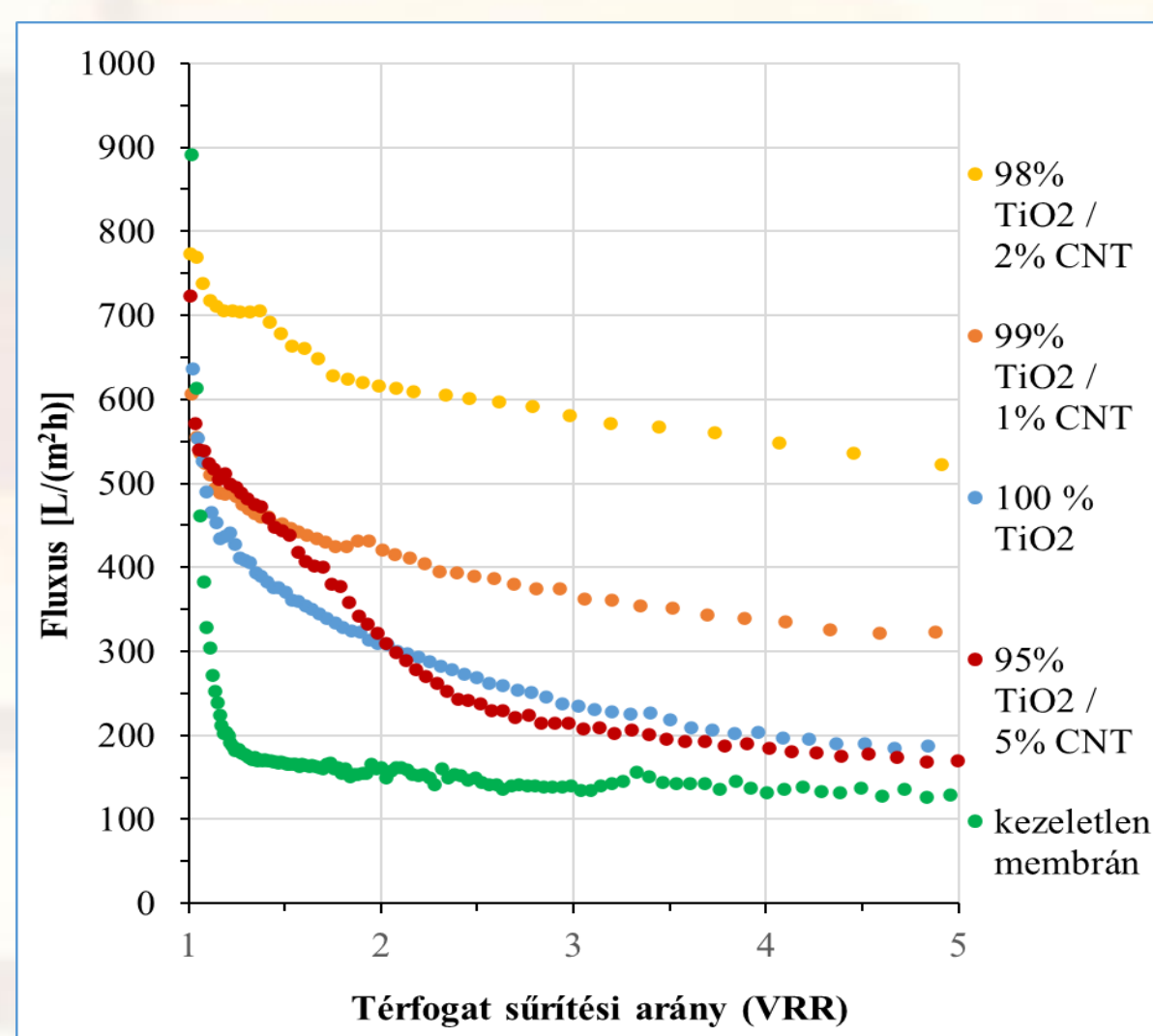
- Nanokompozit: 98% TiO<sub>2</sub>, 2% CNT
- Polimerek (PVDF, PVP) és nanorészecskék szárítása, összekeverése, hozzáadása az oldószerhez (1-metil-2-pirrolidon)
- Filmhúzás applikátorral + fázis inverzió (nátrium-lauril-szulfát oldatban)

Kód	PVDF		PVP		TiO <sub>2</sub>		Kompozit		NMP
	%	g	%	g	%	g	%	g	
O	15	3	-	-	-	-	-	-	85
P	15	3	1,5	0,3	-	-	-	-	83,5
O-TiO <sub>2</sub>	15	3	-	-	0,5	0,1	-	-	84,5
P-TiO <sub>2</sub>	15	3	1,5	0,3	0,5	0,1	-	-	83
O-Ti	15	3	-	-	1	0,2	-	-	84
P-Ti	15	3	1,5	0,3	1	0,2	-	-	83,5
O-Ti(5)	15	3	-	-	1,5	0,3	-	-	83,5
P-Ti(5)	15	3	1,5	0,3	1,5	0,3	-	-	82
O-Ti(0,5)	15	3	-	-	-	-	0,5	0,1	84,5
P-Ti(0,5)	15	3	1,5	0,3	-	-	0,5	0,1	83
O-Ti(1)	15	3	-	-	-	-	1	0,2	84
P-Ti(1)	15	3	1,5	0,3	-	-	1	0,2	83,5
O-Ti(1,5)	15	3	-	-	-	-	1,5	0,3	83,5
P-Ti(1,5)	15	3	1,5	0,3	-	-	1,5	0,3	82

## Eredmények

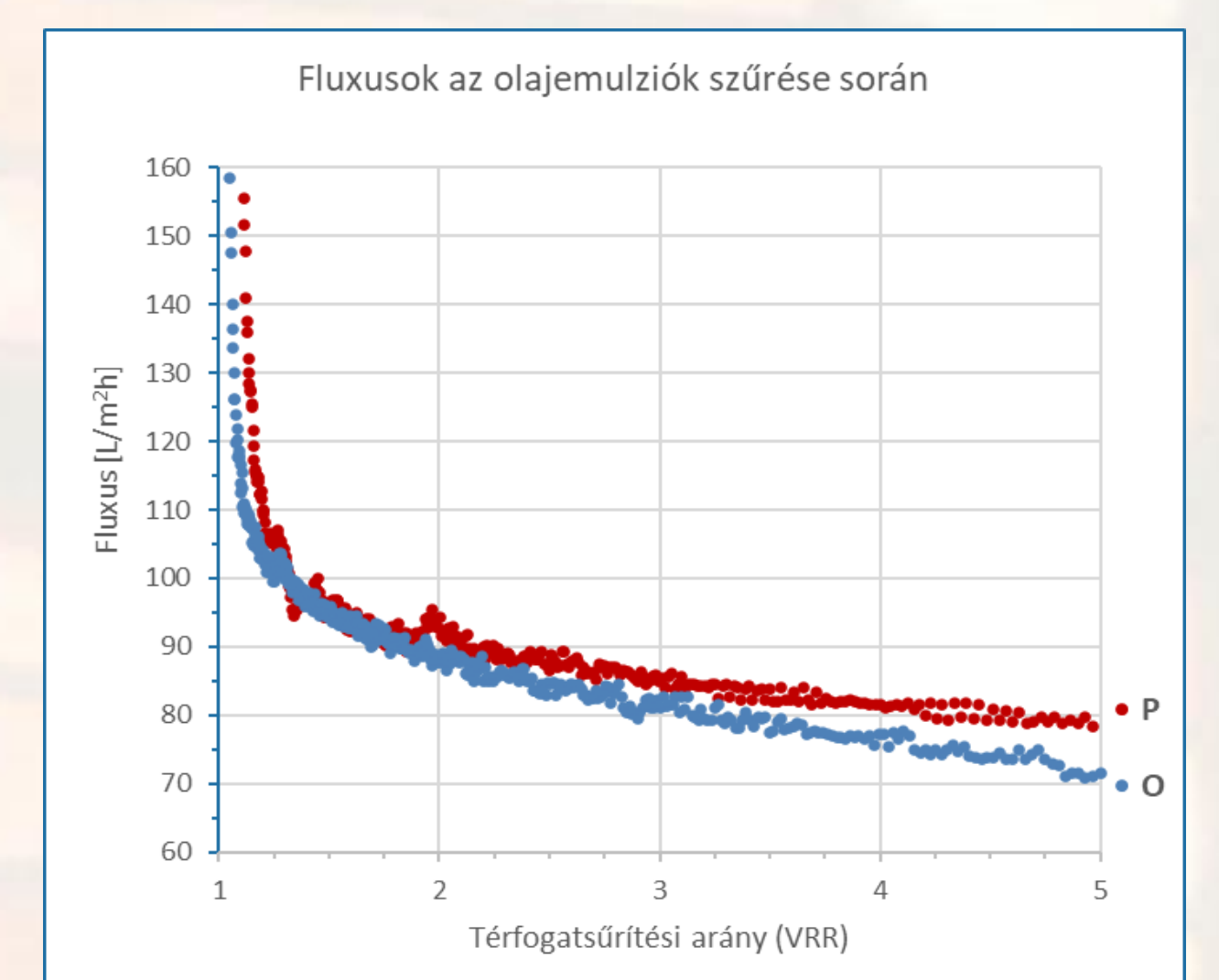
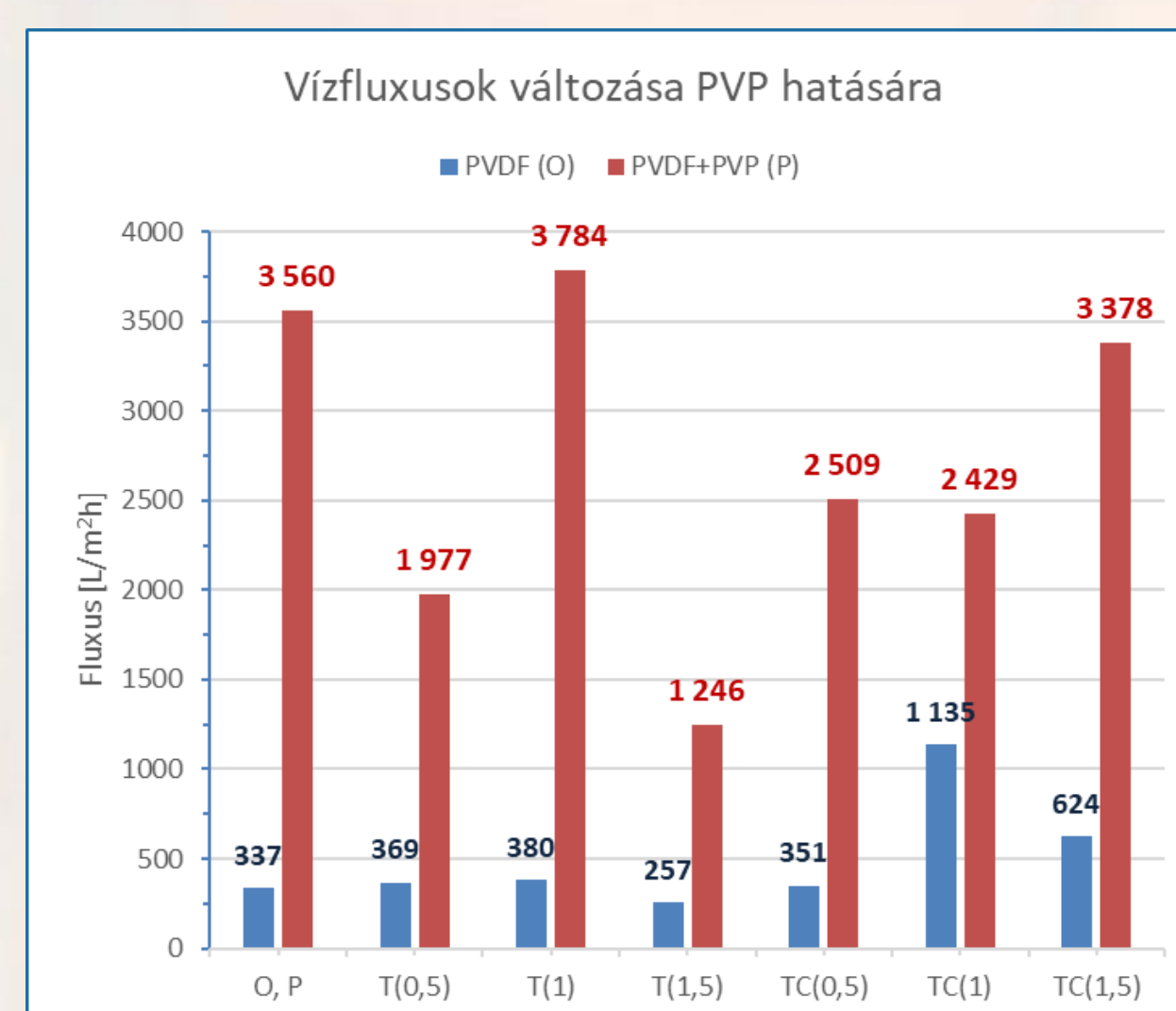
### TiO<sub>2</sub>/CNT kompozitokkal felületmódosított PVDF membránok

Elérhető fluxusok és szűrési ellenállások 0,1 MPa transzmembrán nyomáson

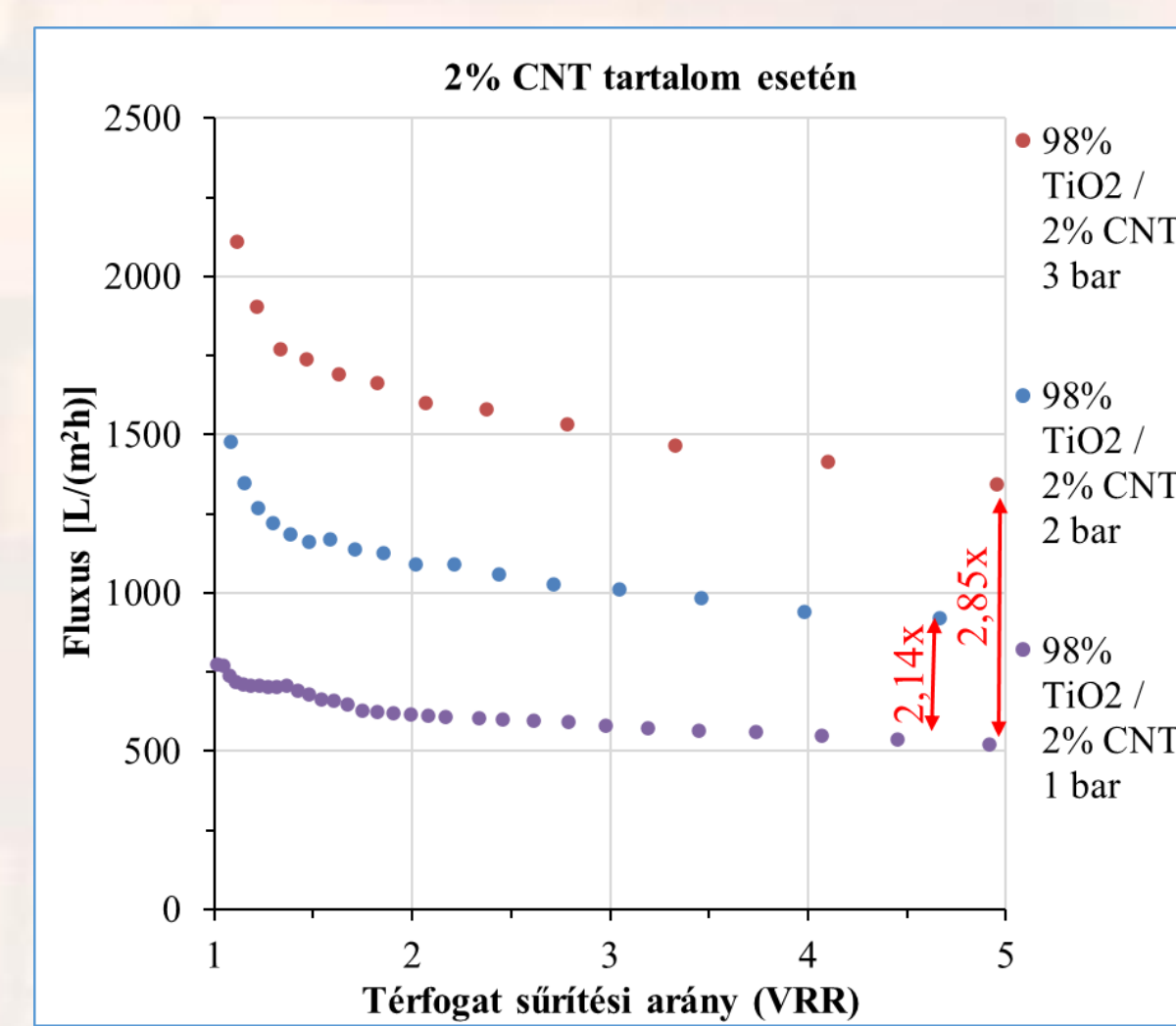
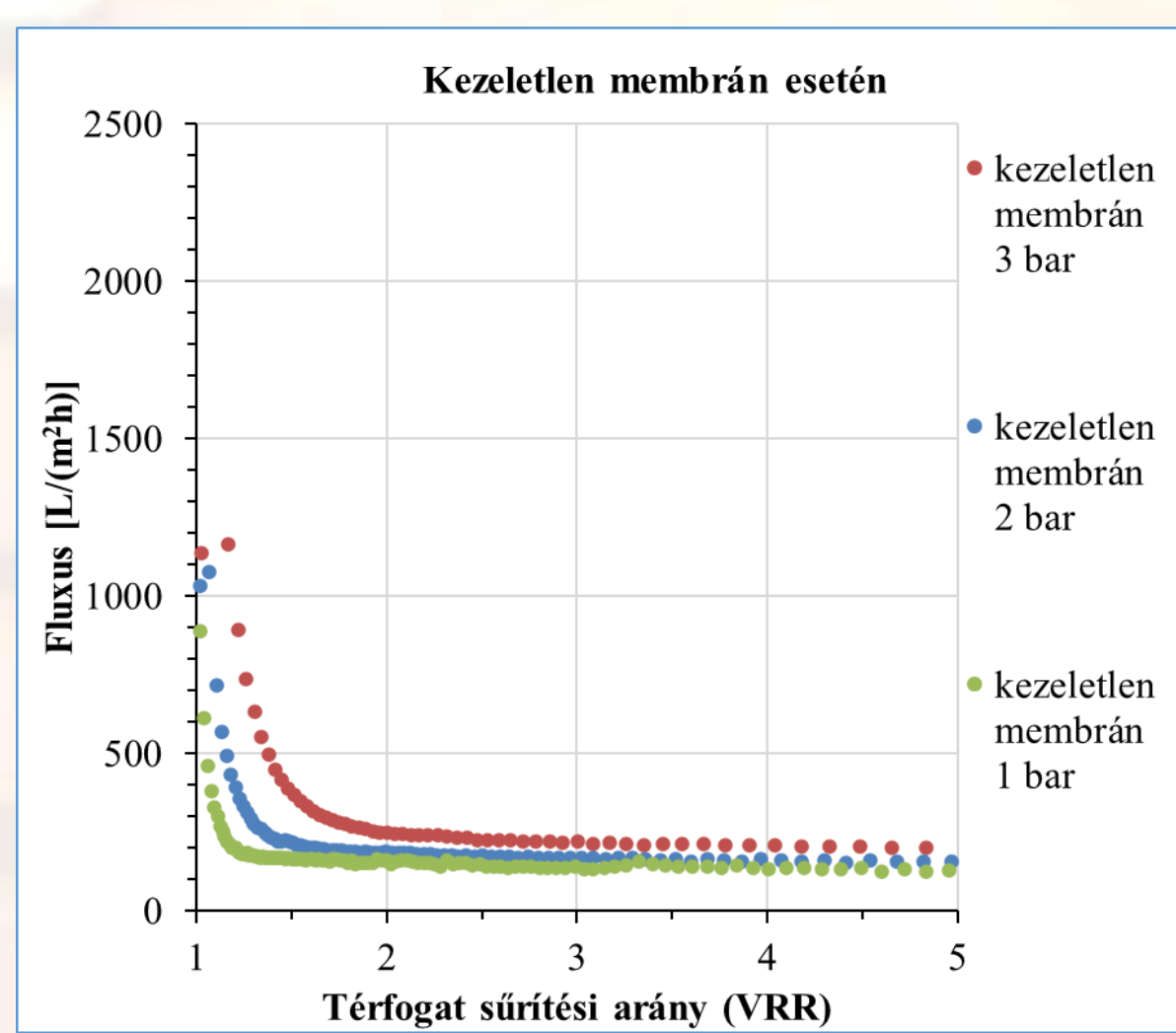


### TiO<sub>2</sub>/CNT kompozitokkal anyagmódosított PVDF membránok

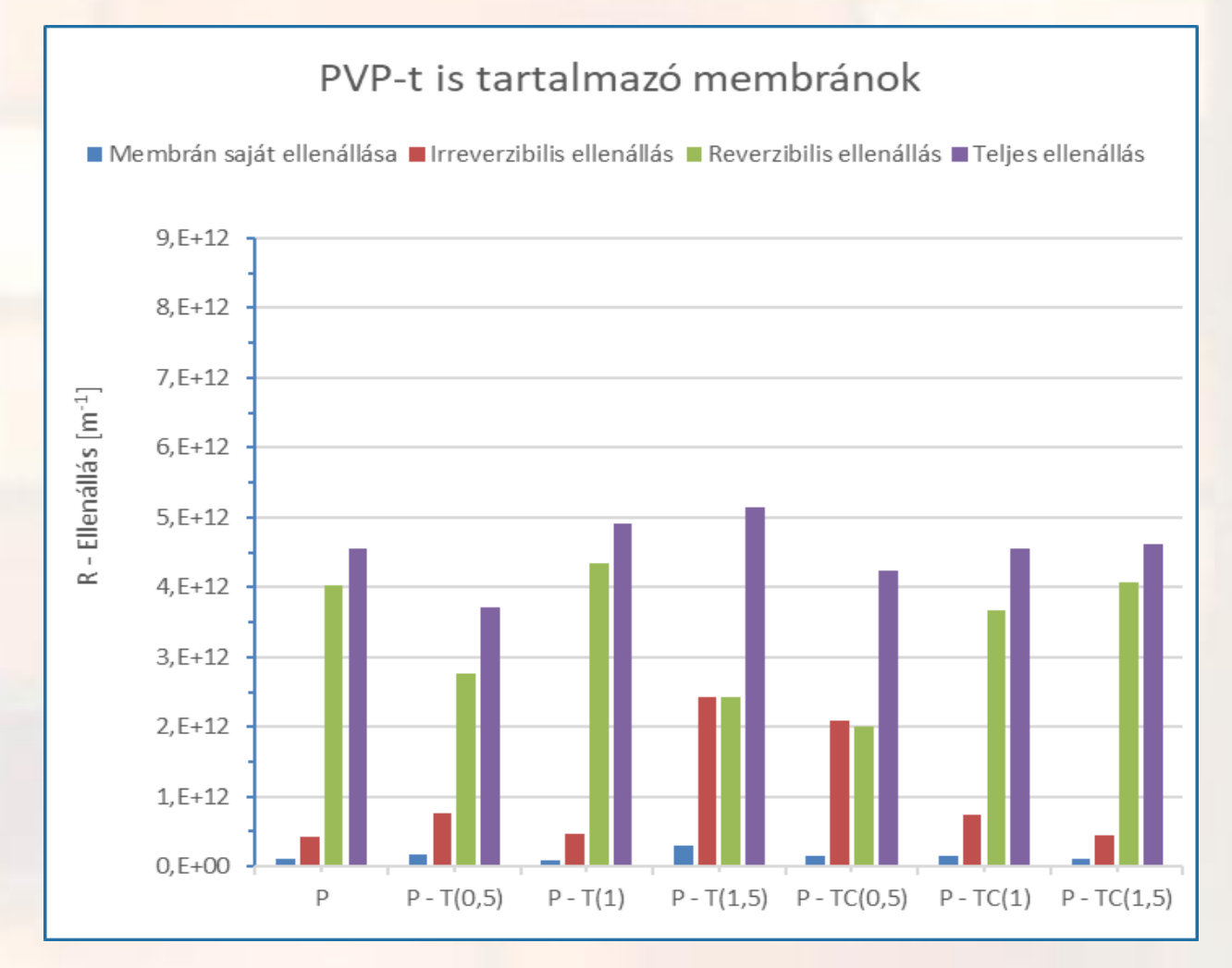
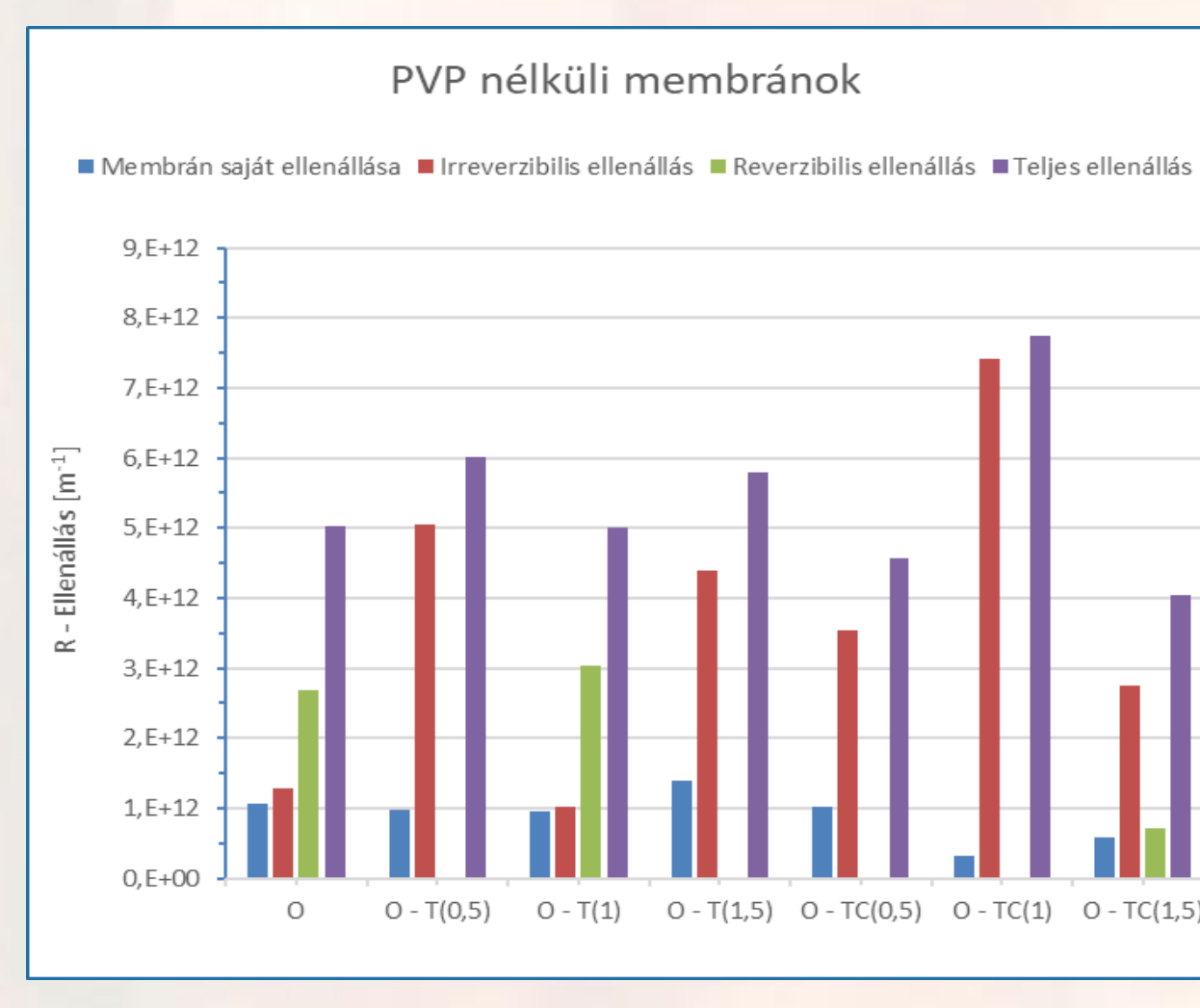
Fluxusértékek 0,1 MPa transzmembrán nyomáson



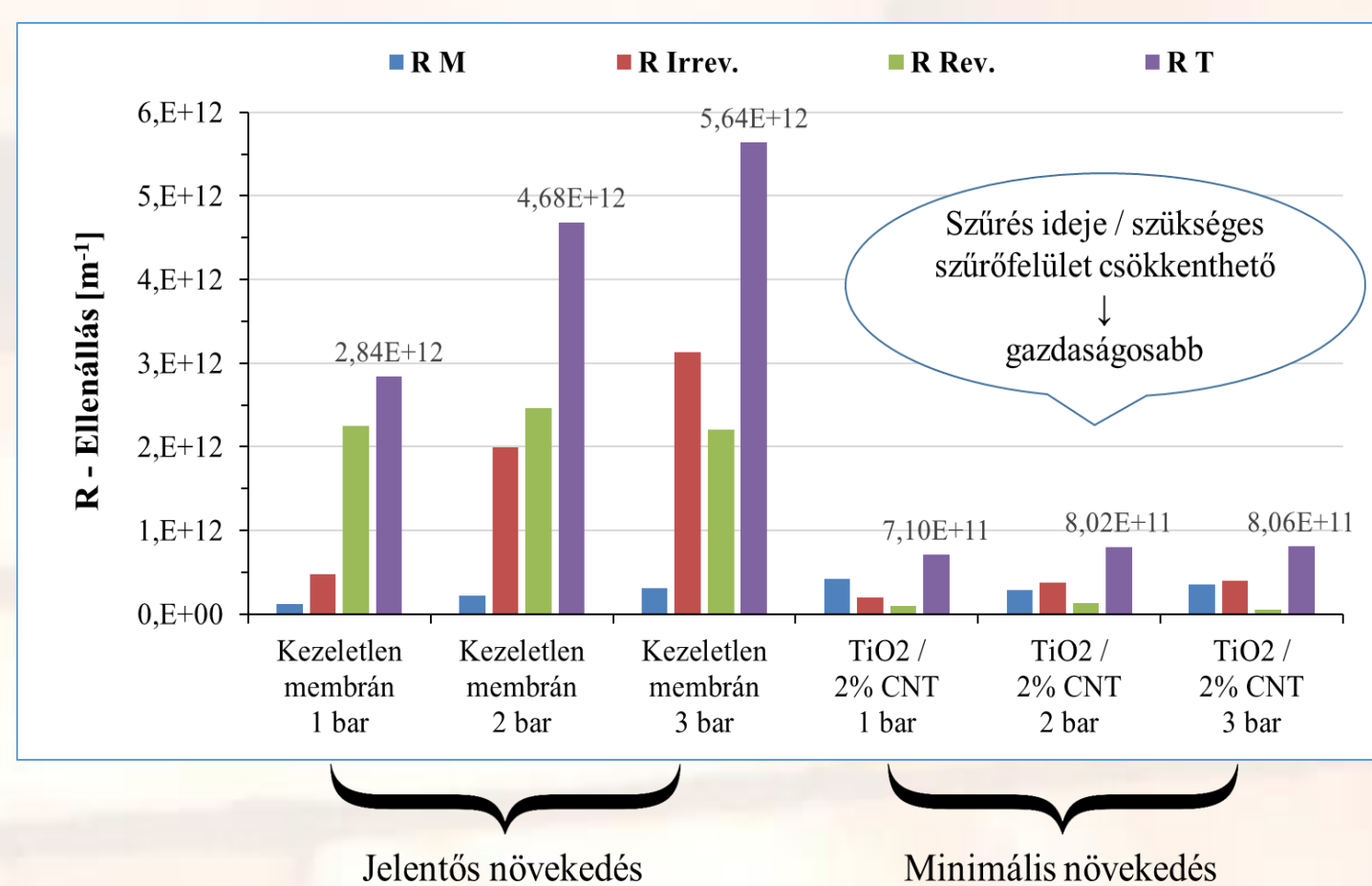
Elérhető fluxusok különböző membránok és transzmembrán nyomások esetén



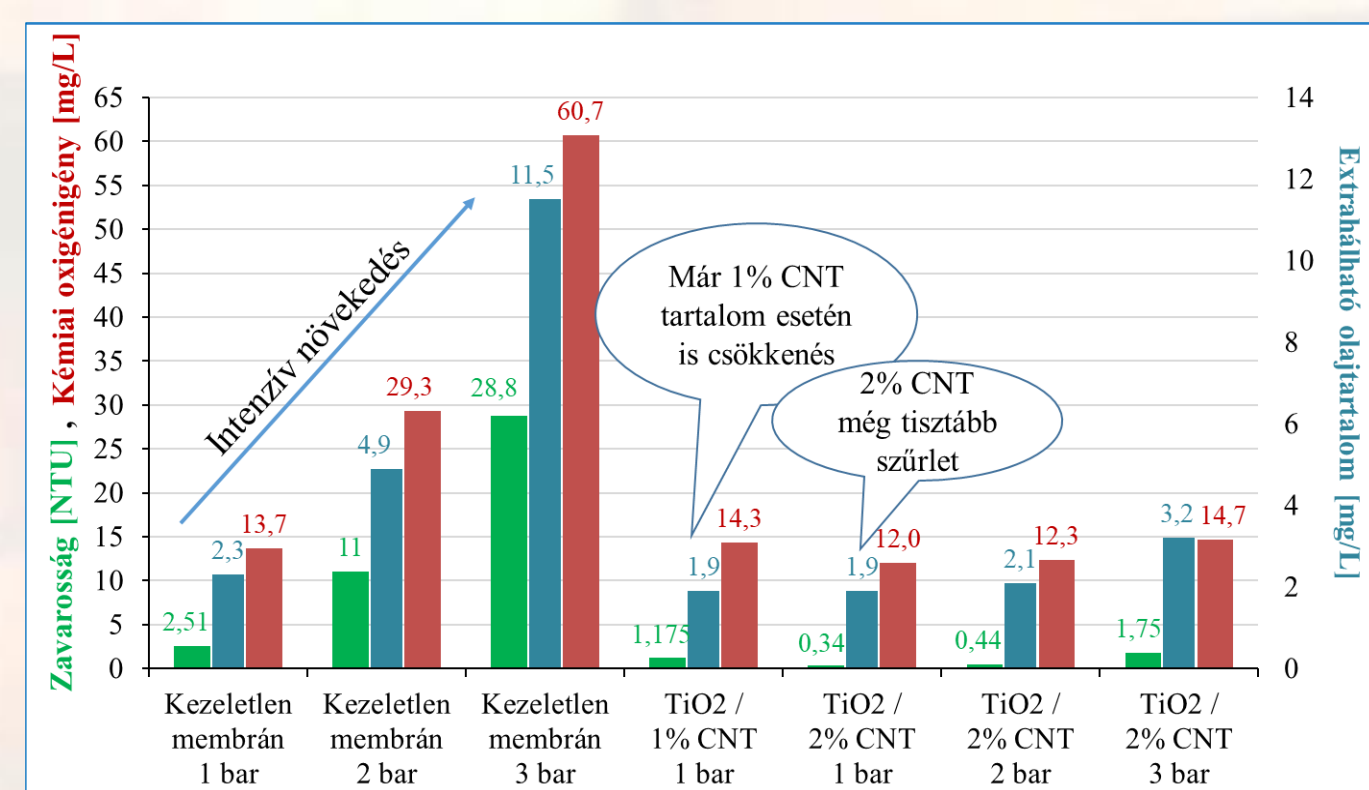
Szűrési ellenállások összehasonlítása



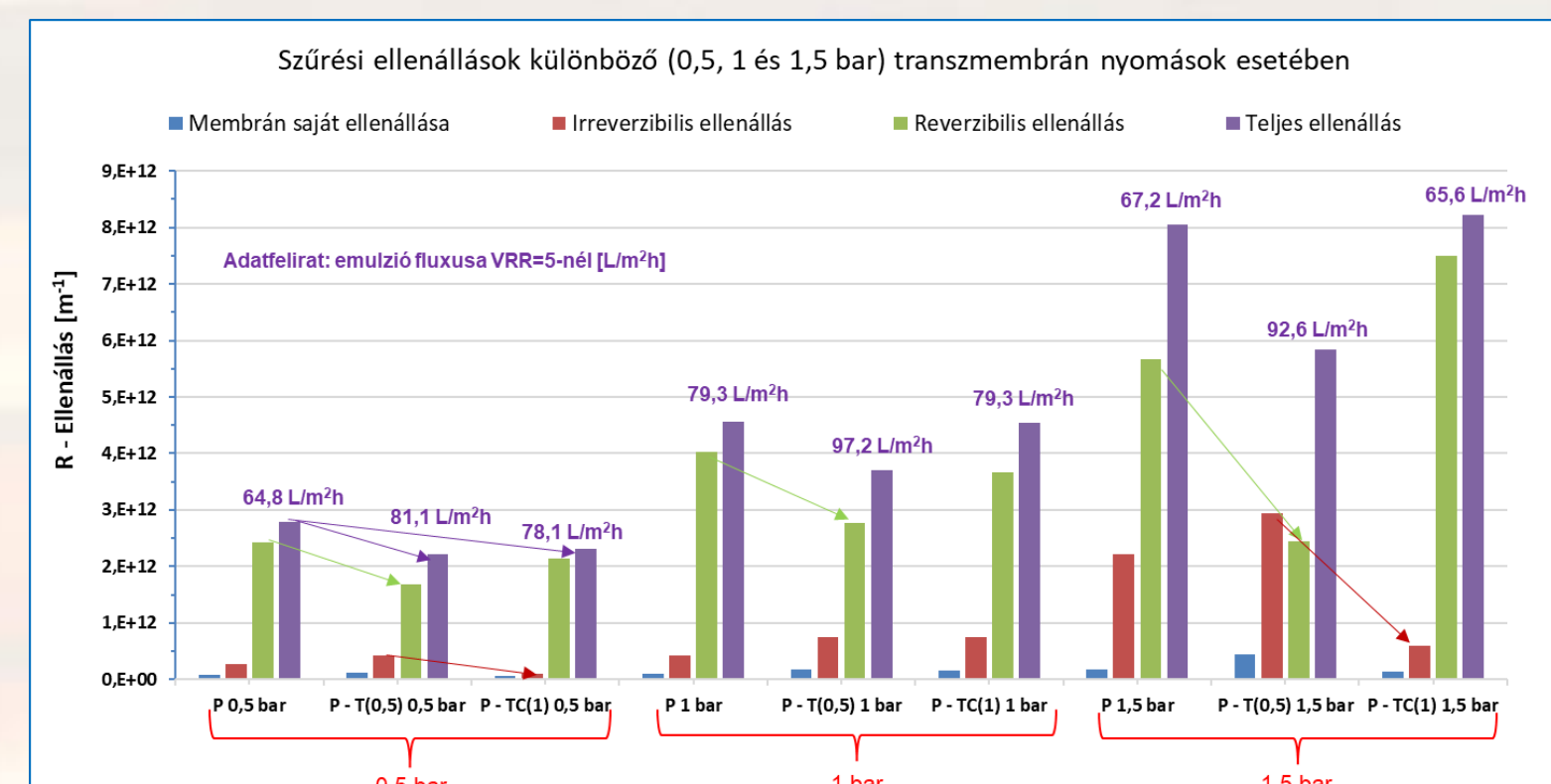
Szűrési ellenállások



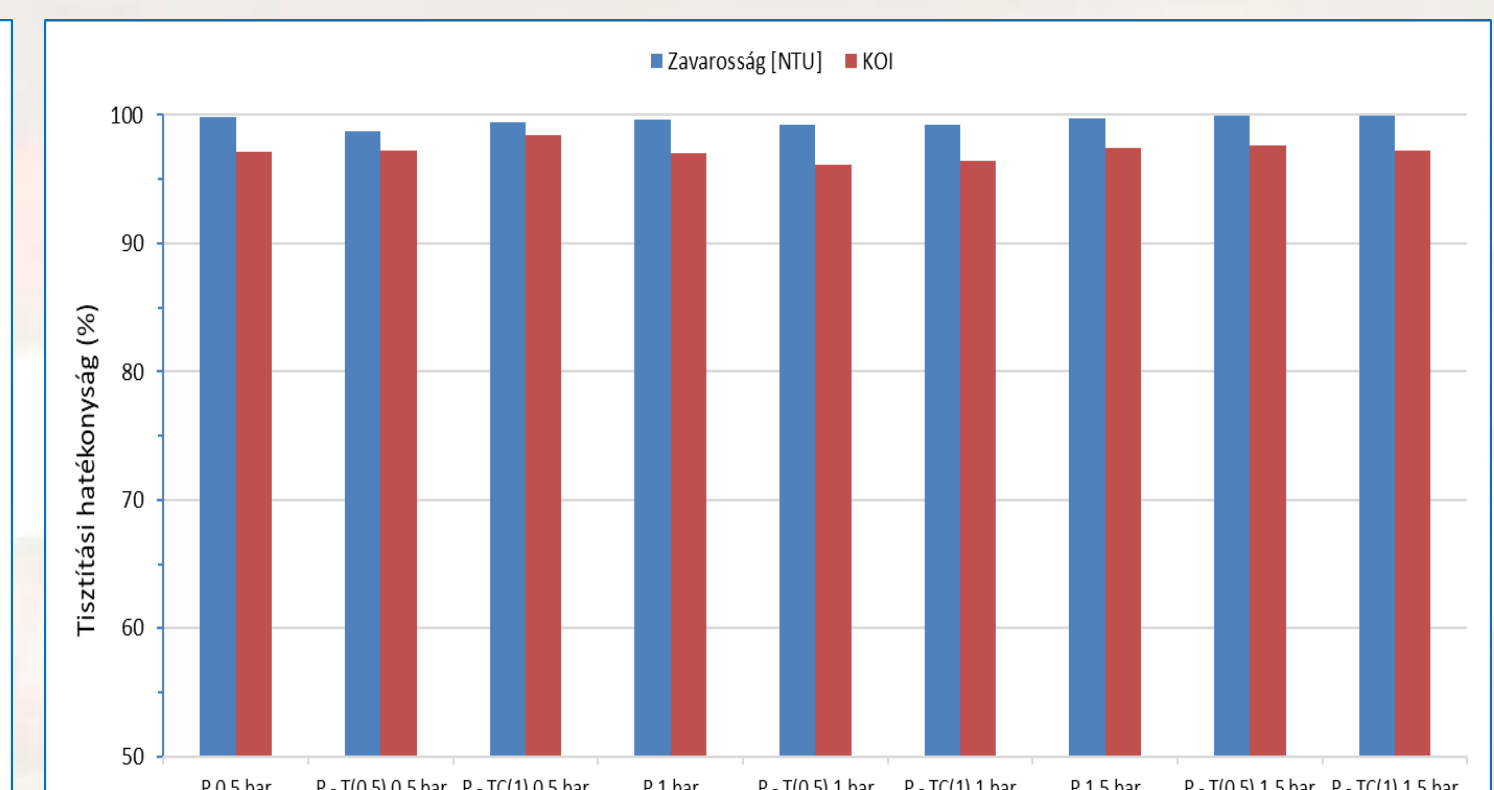
Szűrőterek szennyezettsége



Ellenállások különböző nyomásokon



Tisztítási hatékonyság nyomásokon



## Összegzés

- A 2 % CNT tartalmú TiO<sub>2</sub>/CNT nanokompozittal jelentős, 4-szeres fluxusnövelés volt elérhető (1 bar), az irreverzibilis szűrési ellenállás kisebb lett a membrán saját ellenállásánál, és a reverzibilis ellenállás is minimális volt!
- Kezeletlen membránok esetében a nyomás emelésével nem növelhető számottevően a fluxus, és a nagyobb nyomás a tisztítási hatékonyság jelentős csökkenéséhez is vezetett!
- 2 % CNT tartalmú kompozittal módosított membrán esetében a nyomás emelésével jelentős (akár 7-szeres) fluxusnövelés volt elérhető, a tisztítási hatékonyság jelentős csökkenése nélkül!
- Az anyagában módosított membránok vonatkozásában csak kisebb mértékben javultak a szűrési tulajdonságok. (0,5 bar nyomás esetén a fluxusértékek 20-25%-kal nőttek).

## Köszönetnyilvánítás:

A kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal - NKFIH támogatásával készült a „Nanorészecskékkel módosított membránok fejlesztése és alkalmazása olajszennyezett vizek hatékony kezelésére” című projekt (NKFI\_FK\_20\_135202) keretében!

