

***Ferrát-technológia alkalmazása biológiailag
tisztított szennyvizek kezelésére***

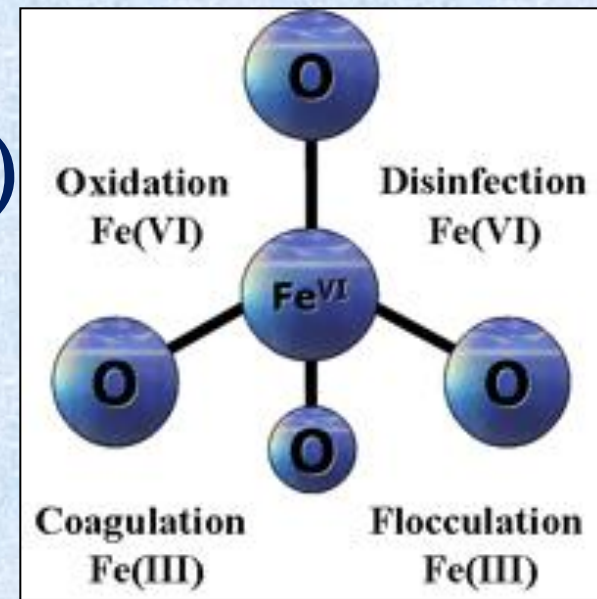
***Gombos Erzsébet
Környezettudományi Doktori Iskola
II. éves hallgató***

***Témavezető: dr. Záray Gyula
Konzulens: dr. Barkács Katalin***

PhD munkám célja

- Ferrát-technológia alkalmazásának vizsgálata különböző típusú vizek esetén (különböző komponensek eltávolítása)
 - Ferrát szakirodalom áttekintése
 - Ferrát hatásának vizsgálata:
 - fertőtlenítőképeség tanulmányozása
 - különböző fizikai-kémiai paraméterek változása ferráttal való vízkezelés során

Ferrát (FeO_4^{2-})

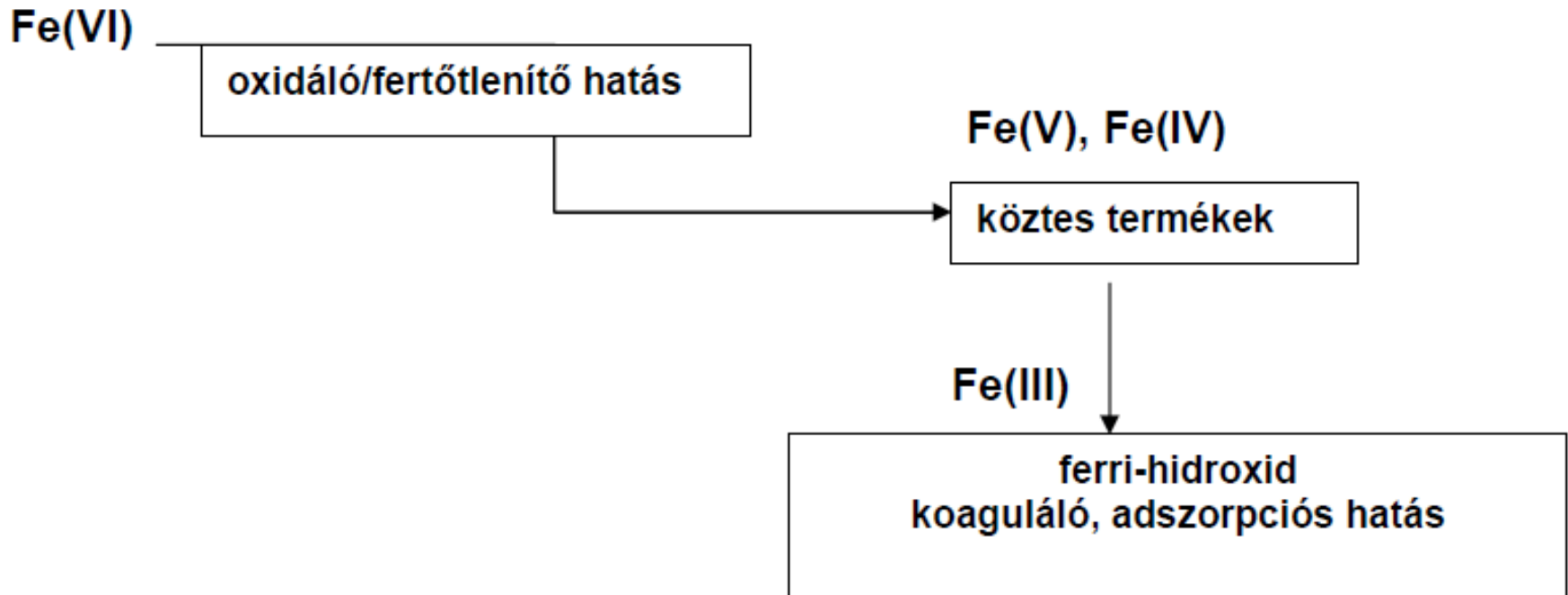


- A ferrát a jelenleg ismert leghatékonyabb, mégis környezetbarát oxidáló-, és egyben fertőtlenítőszer – ható komponense a Fe(VI) .
- A ferrát-ion (FeO_4^{2-}) redoxipotenciálja is pH-tól függően változik (savas közegben +2,2V, lúgos közegben +0,7V).
- A ferrát ion lúgos közegben hosszú ideig stabil.

A víz- és szennyvízkezelésben használt oxidáló és fertőtlenítőszeres redoxi-potenciálja savas közegben (Jiang 2007)

Fertőtlenítő/oxidálószer	Kémiai reakció	E ⁰ (V)
Klór	$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	0,841
Klórdioxid	$\text{ClO}_{2(\text{aq})} + \text{e}^- \leftrightarrow \text{ClO}_2^-$	0,954
Oldott oxigén	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1,229
Klór	$\text{Cl}_{2(\text{g})} + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{Cl}^-$	1,358
Perklorát	$\text{ClO}_4^- + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cl}^- + 4\text{H}_2\text{O}$	1,389
Hipoklorit	$\text{HClO} + \text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	1,482
Permanganát	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \leftrightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,507
Permanganát	$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,679
Hidrogénperoxid	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1,776
Ózon	$\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2,076
Ferrát(VI)	$\text{FeO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}^-$	2,200

Ferrát hatásmechanizmusa



- ivóvíz, szennyvíz és szennyvíziszapok kezelésére egyaránt alkalmazzák,
- esetenként szagtalanításra és víztelenítést elősegítő adalékanyagként is hasznosítható

PhD munkám 1. évében elvégzett feladatok

- A ferráttal való fertőtlenítési és KOI eltávolítási kísérletek, valamint a ferrát előállításával, hatásmechanizmusával foglalkozó cikkek szakirodalmának áttekintése, összefoglaló készítése.
- **Laboratóriumi kísérletek**
 - Ferrát előállítása laboratóriumi körülmények között;
 - ferrát hatóanyag tartalmának meghatározása;
 - ferrát valamint különböző makro- és mikro-szennyező anyagok kölcsönhatásának vizsgálata:
 - modell rendszerekkel és ipari vizekkel folytatott kísérletek;
 - előkísérletek kommunális szennyvizek elsősorban utótisztítási műveletben való kezelésére.

PhD munkám 2. évében elvégzett feladatok

- Biológiailag tisztított szennyvizek kezelése ferráttal
- Ferrát hatásának vizsgálata, valamint a klórozás és ferrát kezelés összehasonlítása:
 - fertőtlenítés
 - KOI és TOC csökkentés
 - AOX vegyületek keletkezése
 - reaktív foszfát-tartalom csökkentése

Ferrát kezelés kivitelezése (laboratóriumi modell-rendszer)



Segítségével optimálni lehet a ferrátos technológia műszaki paramétereit és gazdaságosságát többféle vízkezelési területen.

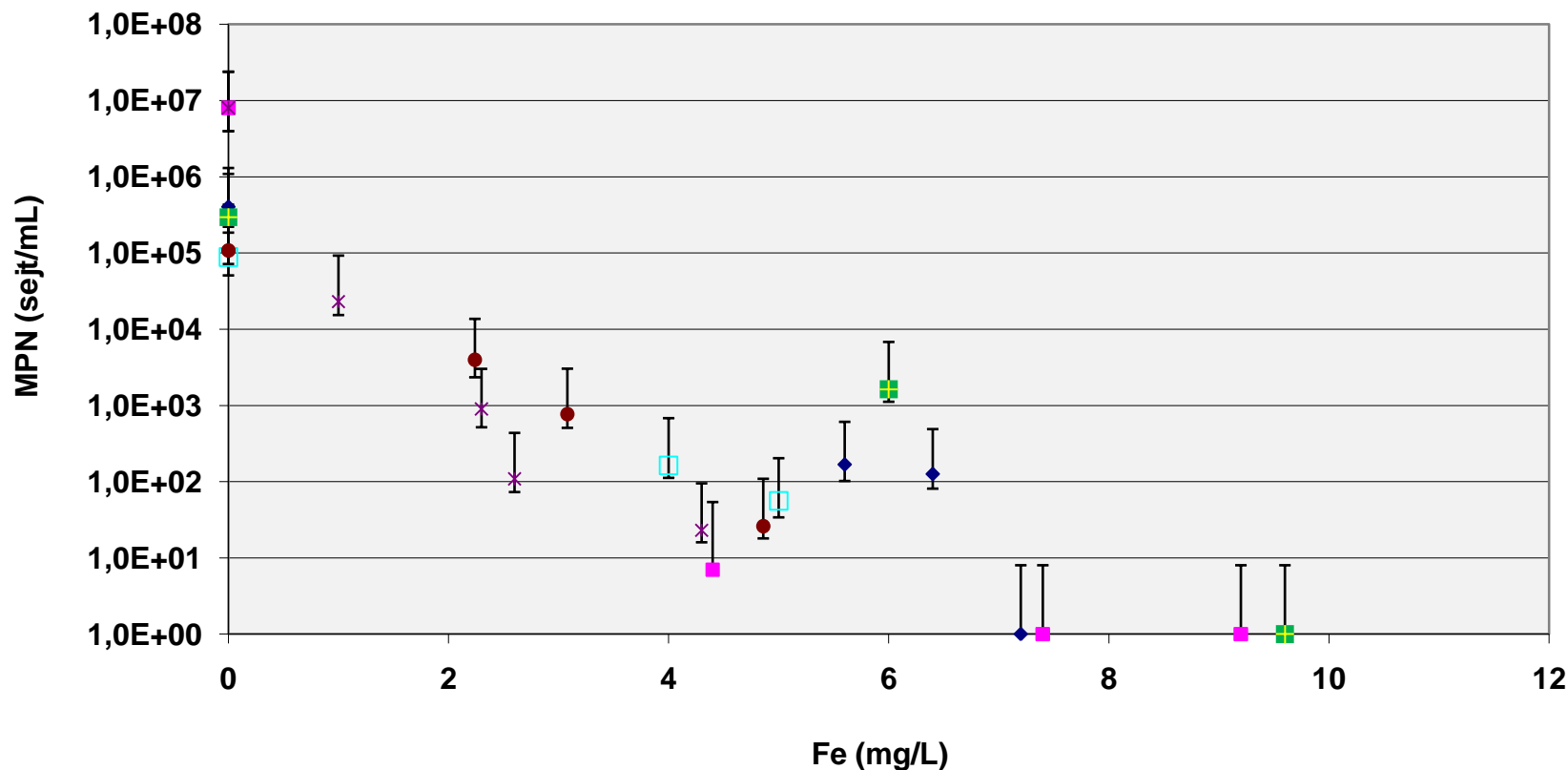
16 alkalommal vett minták vizsgált paramétereit

- **KOI_{kr}**: MSZ 260/16-82 szerint
- **TOC**: Multi N/C 2100S készülékkel, MSZ EN 1484:1998 szerint
- **TN_b** = N_{org} + N_{inorg} (org=szerves, inorg=szervetlen):
Multi N/C 2100S készülékkel, MSZ EN 12260:2004 szerint
- **AOX**: Multi X 2000 AOX analizátor, Analytik Jena AG, MSZ EN 1485 ISO 9562: 2004 szerint

- **pH:** Radelkis OP-264 típusú pH mérő, elektrokémiai módszer, MSZ 260-4 szerint
- **fajlagos elektromos vezetőképesség:** OK-102/1 típusú konduktométer, MSZ 448-32 szerint
- **reaktív PO_4^{3-} :** MSZ/260/20-80, spektrometriás módszer
- **NH_4^+ tartalom:** MSZ-260/9-88 szerint, spektrometriás módszer
- **Fe tartalom:** MSZ 260/13-80 szerint, spektrometriás módszer
- **lebegőanyag tartalom meghatározás:** MSZ-260/3-73
- **csíraszám meghatározás (MPN)**
- **genotípus vizsgálatok (T-RFLP)**

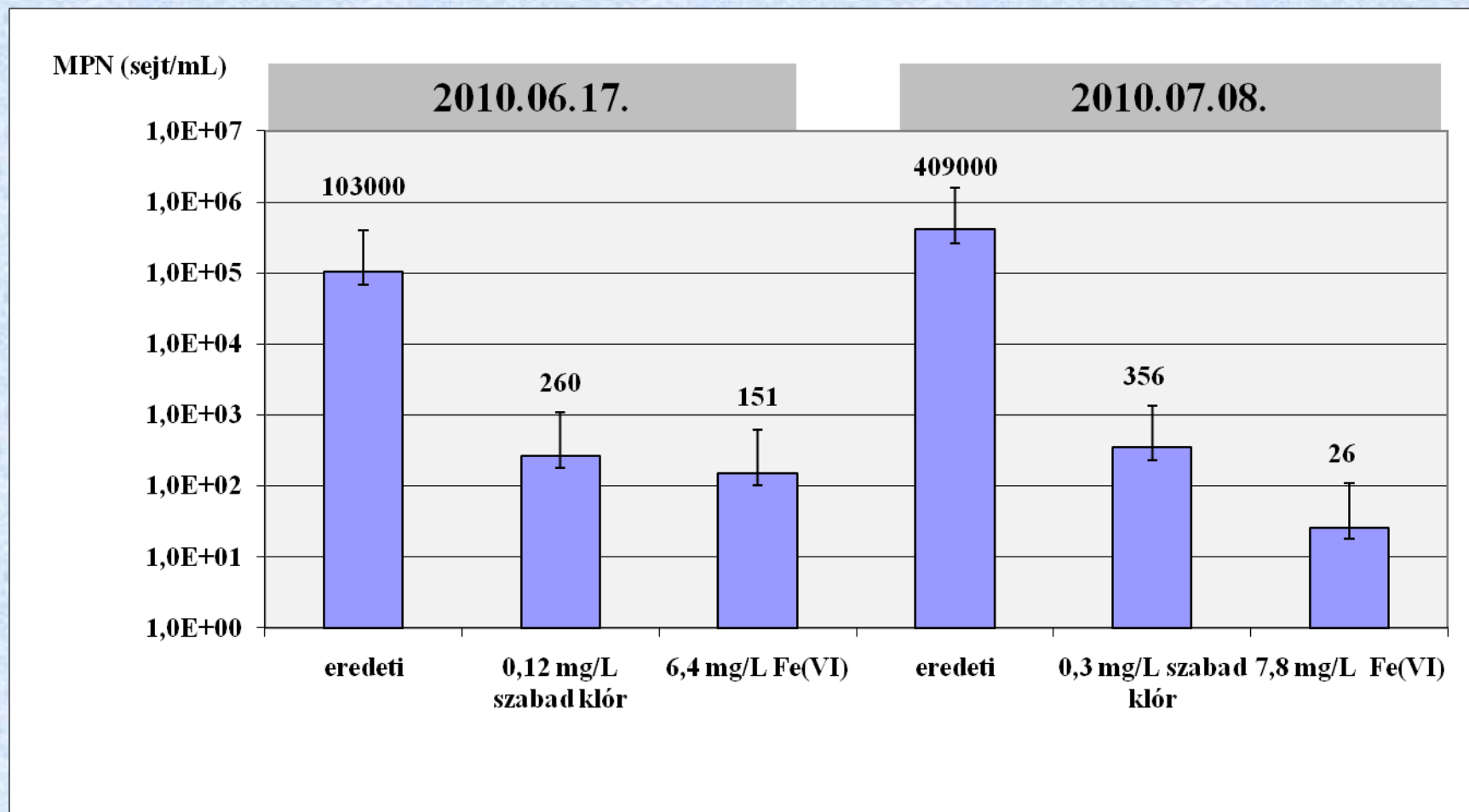
Ferrát fertőtlenítő hatása különböző kiindulási csíraszámok esetében

(Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep biológiailag tisztított szennyvize)



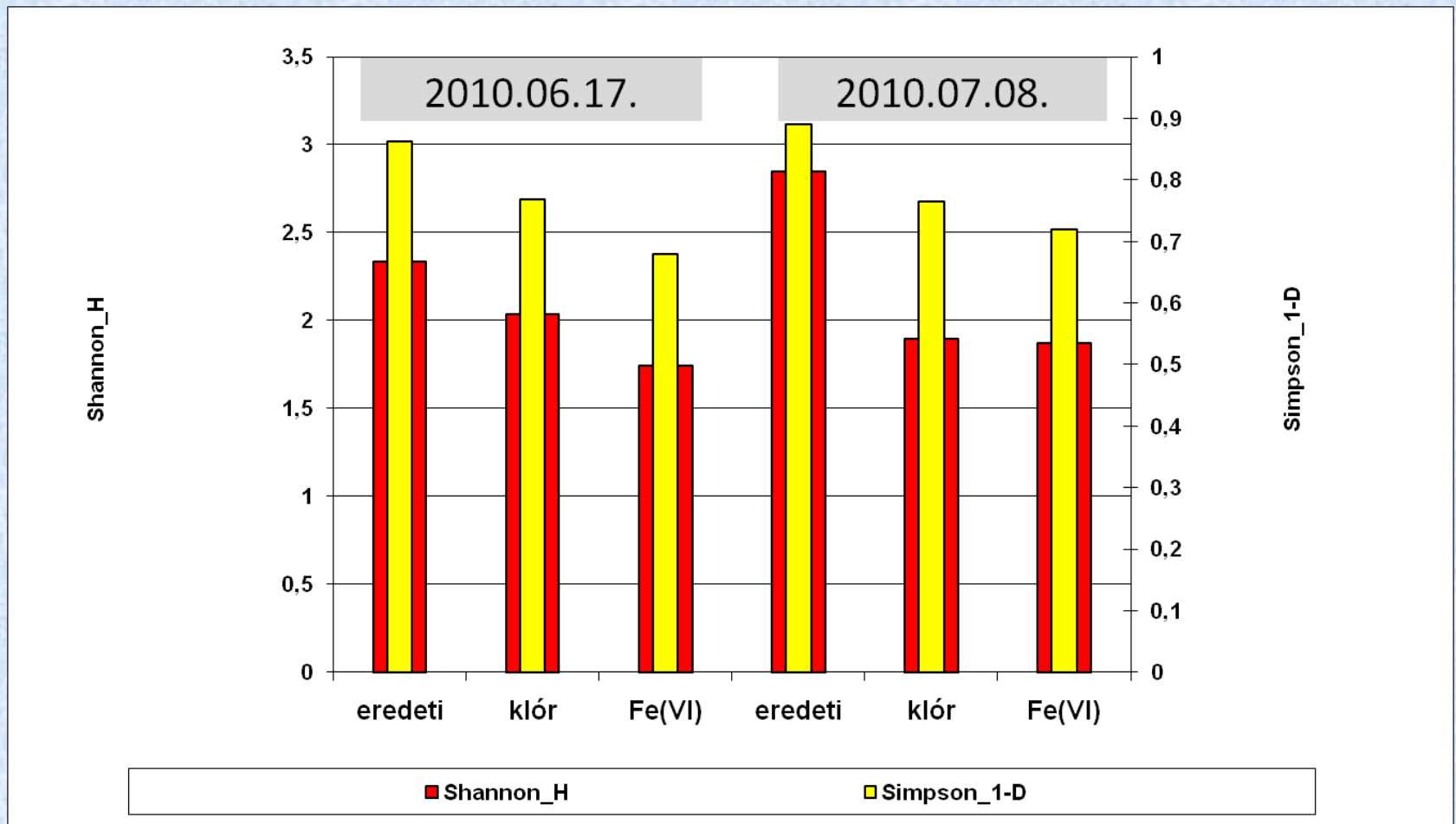
Laboratóriumban végzett klórozás és ferrát-kezelés hatása biológiáról elfolyó szennyvízminta esetében

Eredeti, klórral illetve ferráttal kezelt tisztított szennyvízmintákban mért csíraszámok

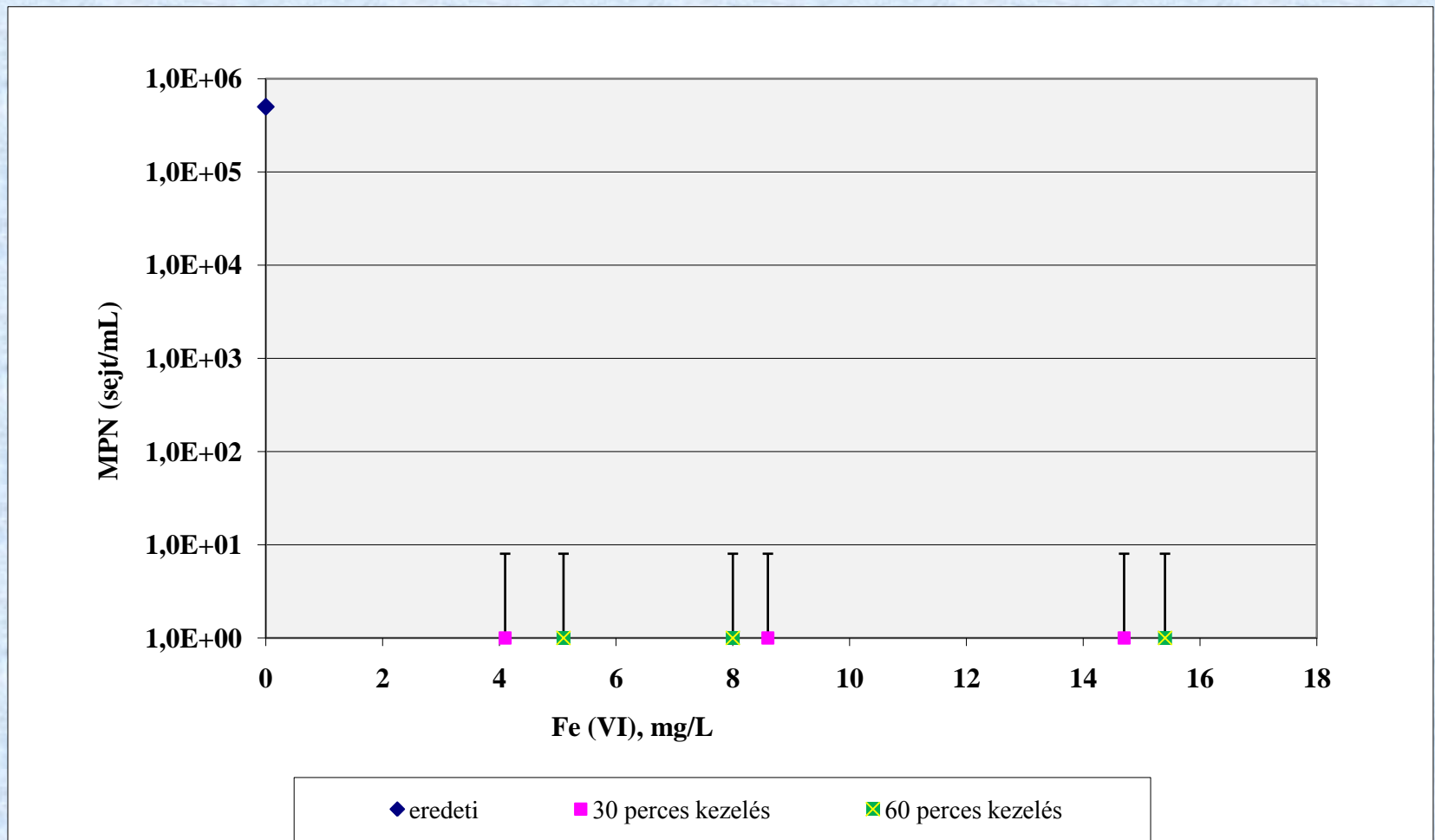


Klórozás: 15 mg/L
Kontaktidő: 30 perc

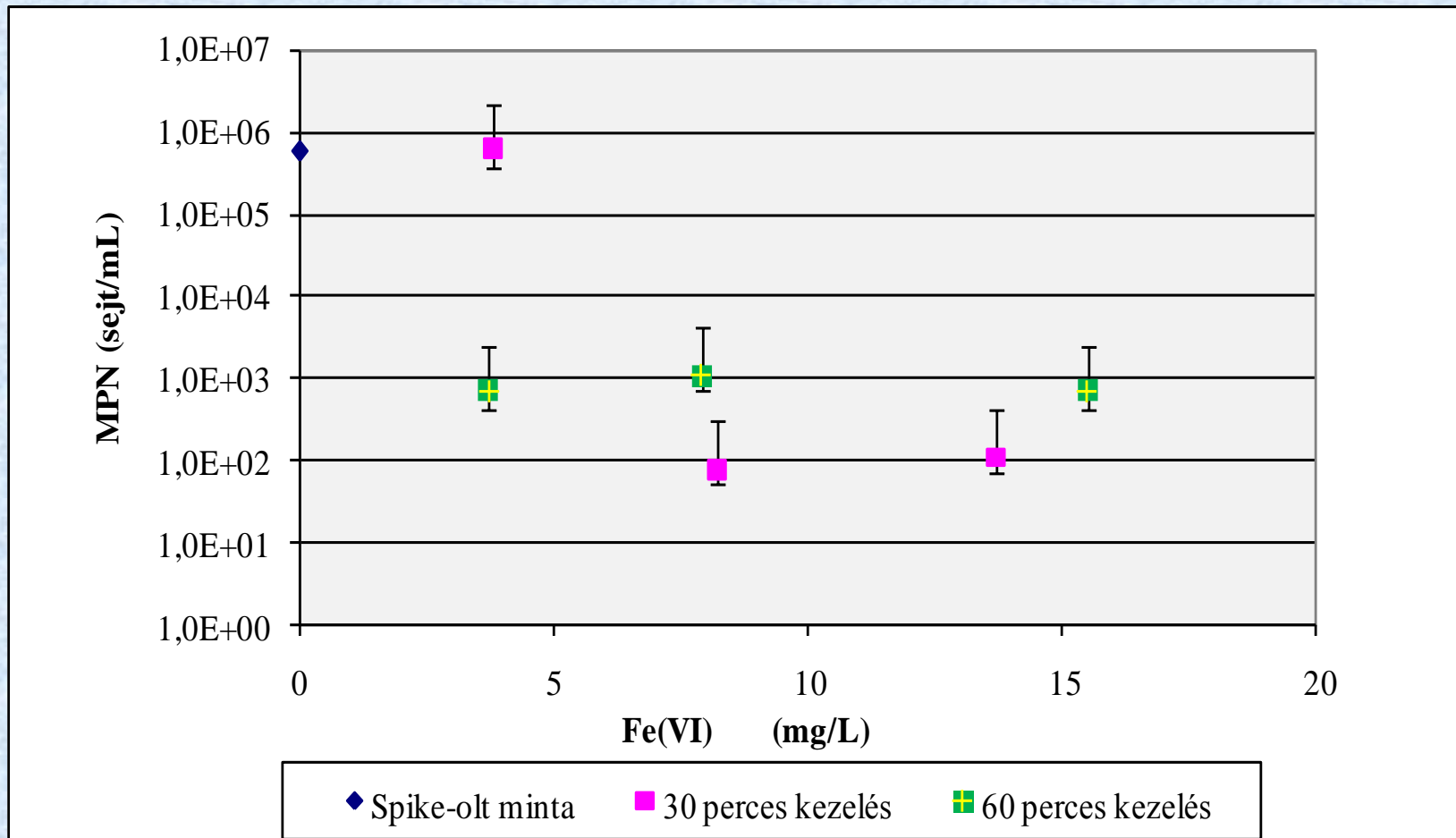
Az eredeti, klórral illetve ferráttal kezelt, tisztított szennyvízminutákra vonatkozó biodiverzitas indexek



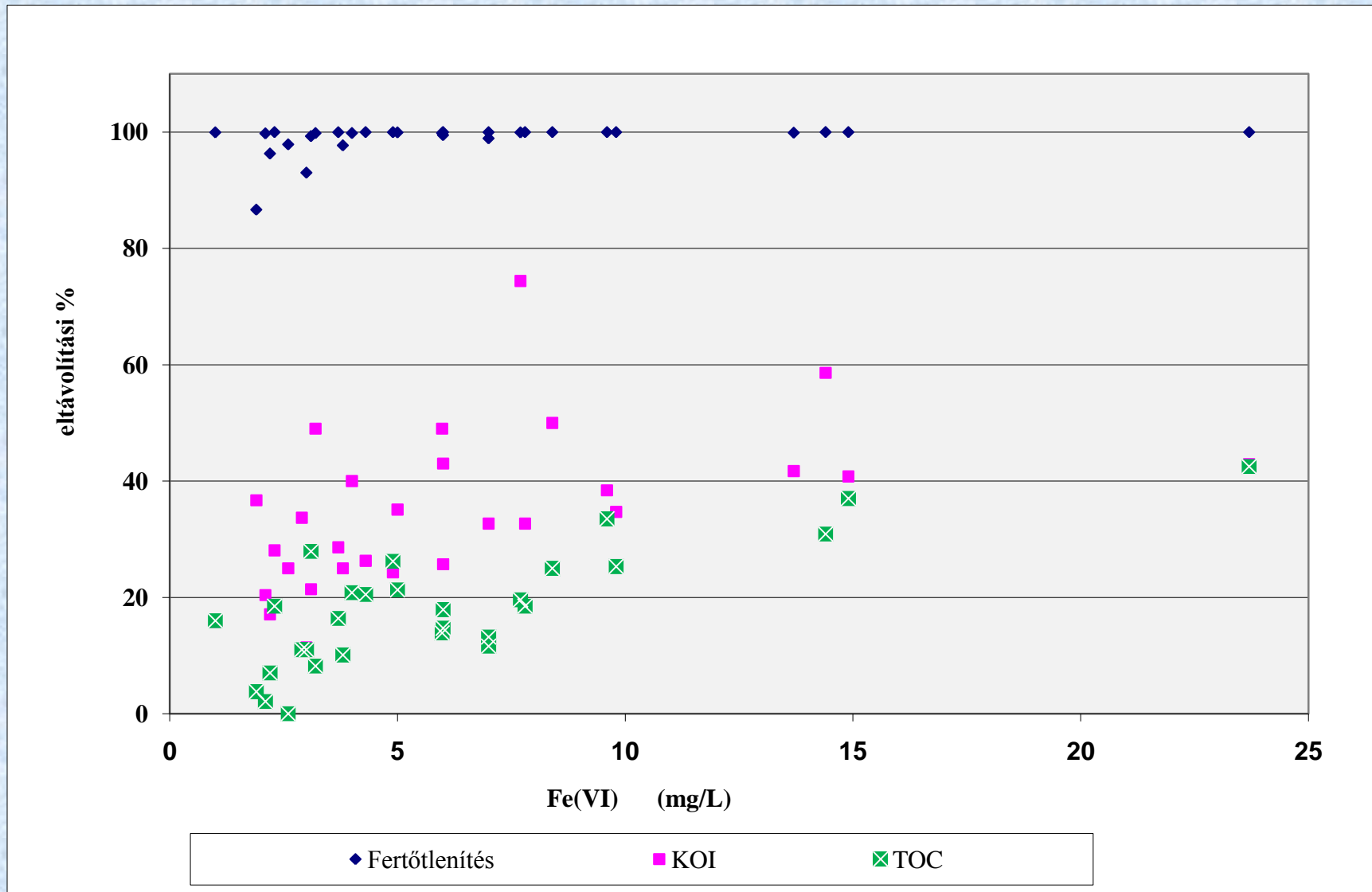
Klórrezisztens *Mycobacterium frediksbergense* baktériumokkal szennyezett, sterilizált, biológiailag tisztított szennyvíz kezelése ferráttal



Klórrezisztens baktériumokkal (*Mycobacterium* *sentense*, *Bacillus licheniformis* és *Mycobacterium* *frediksbergense*) szennyezett, sterilizált, biológiailag tisztított szennyvíz kezelése ferráttal

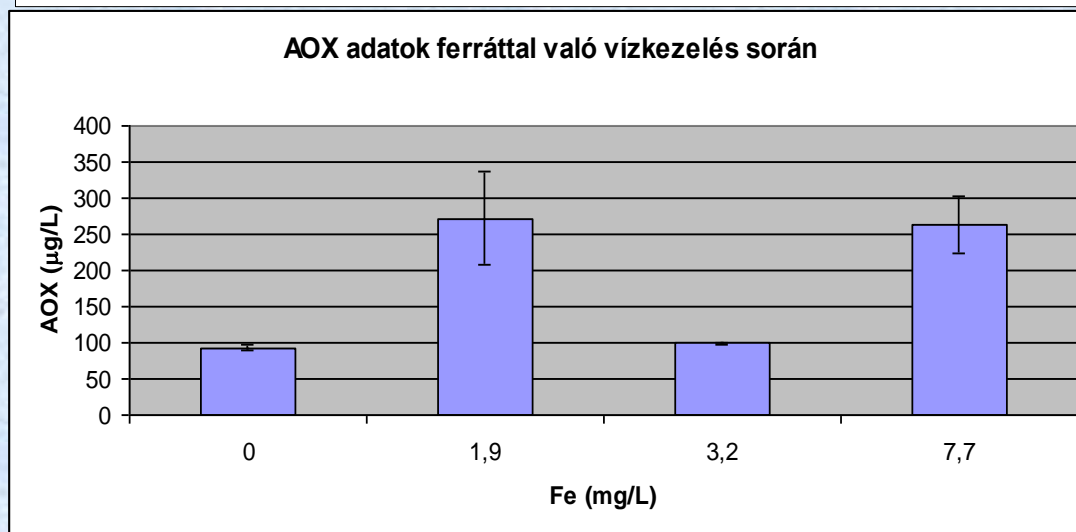
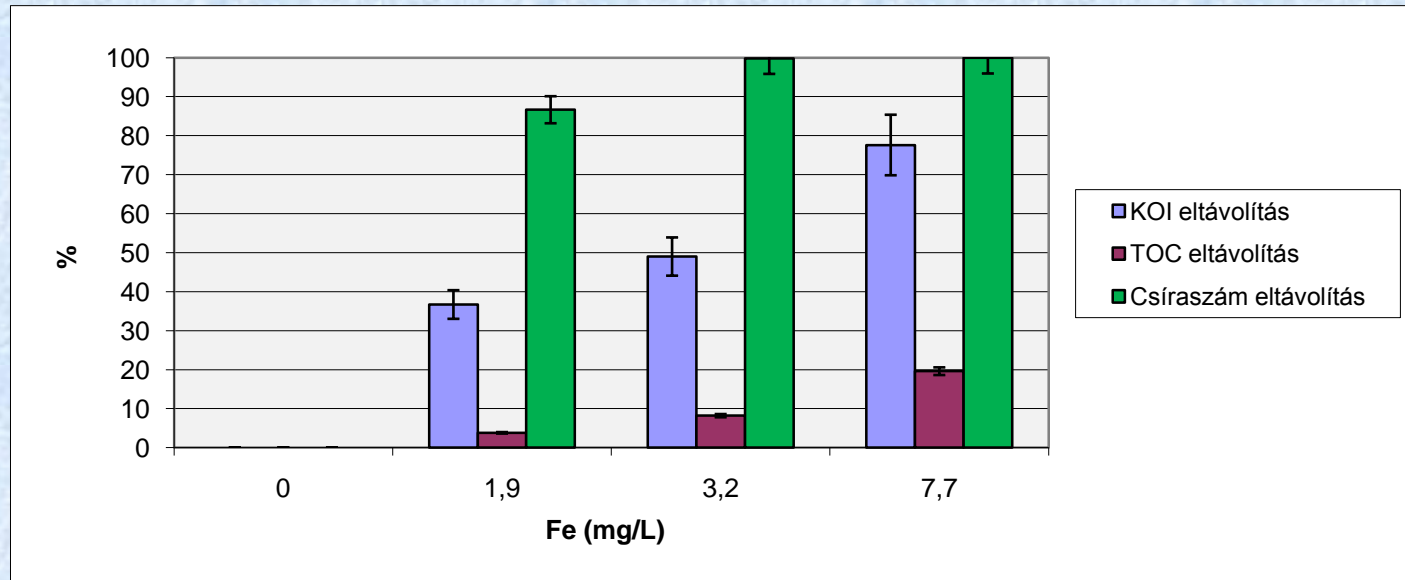


Fertőtlenítés, KOI és TOC csökkentés ferráttal



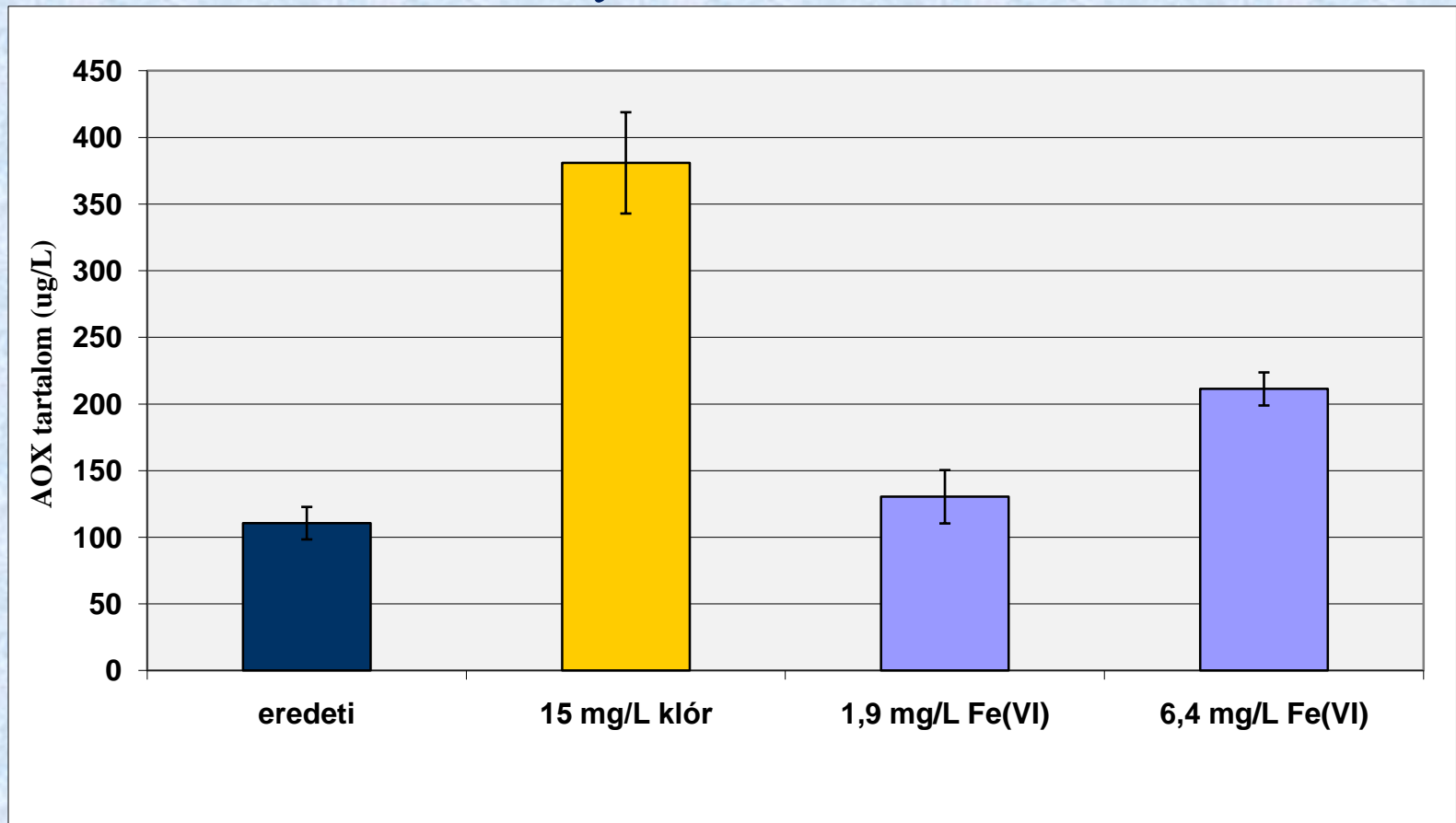
A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep tisztított szennyvizének kezelése ferráttal

KOI: 49 mg O₂/L, TOC: 15,8 mg C/L, csíraszám: 42000 sejt/mL



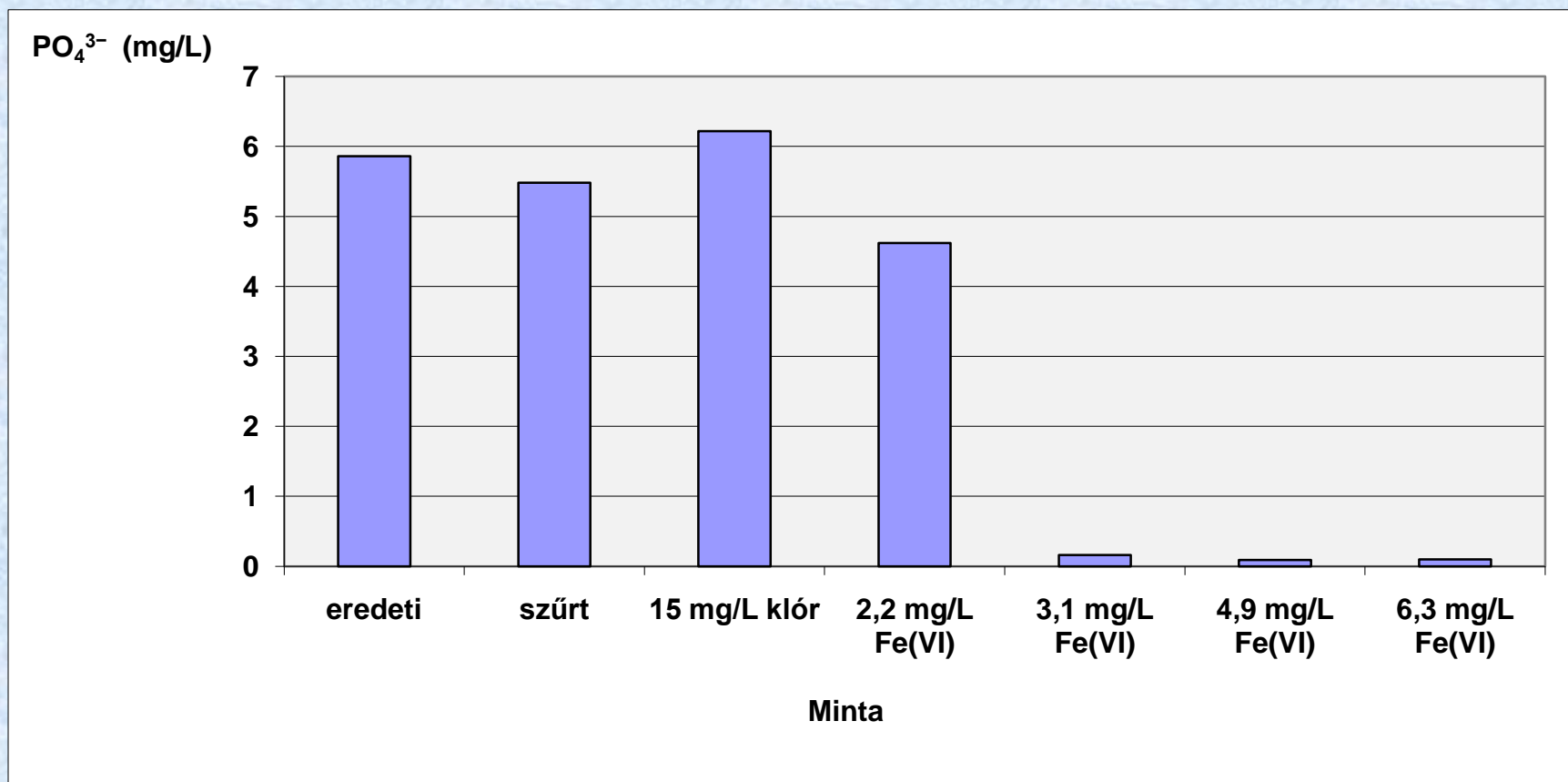
Klórozás és a ferrát hatása az AOX koncentrációra

Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep biológiáról elfolyó szennyvizének kezelése



A ferráttal történő kezelés hatása a biológiailag tisztított szennyvíz reaktív foszfáttartalmának alakulásra

kiindulási koncentráció: 5,86 mg/L PO_4^{3-}



Szűrés: 0,45 μm pórusméretű membránon

Összefoglaló

- Biológiaiilag tisztított szennyvizek kezelését valósítottam meg ferrát-technológiával
- Eredményeim alapján megállapítható:
 - biológiaiilag tisztított kommunális szennyvíz hatékony fertőtlenítéséhez 5 mg/L ferrát-Fe elegendőnek bizonyul
 - a csíraszám eltávolítás mértékében, valamint a fajgazdagság csökkentésében a ferrát technológia kedvezőbb értékeket szolgáltat, mint a klórozás

- a klórrezisztens baktériumok 99,9 %-ot meghaladó mértékben eltávolíthatók ferráttal 4-8 mg Fe (VI)/L koncentrációknál, 30 perces kontaktidő mellett
- ferrátos kezeléssel (átlagosan 8-10 mg/L Fe koncentrációval) 40-50 % KOI és 20-30 % TOC eltávolítás érhető el
- a ferrát technológia a klórozáshoz képest kisebb mennyiségű toxikus melléktermék kialakulását eredményezi (pl. AOX)
- ferrát alkalmazásával eredményesen eltávolítható a vízminták foszfáttartalma

Tanulmányok, konferencia

- Ferrát-technológia alkalmazása a szennyvíztisztításban - Szakirodalmi áttekintés
- A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep kifolyójánál vett vízminták fertőtlenítése céljából végzett laboratóriumi kísérletek eredményei
- A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep kifolyójánál vett vízminták szerves- és lebegőanyag tartalmának eltávolítása céljából végzett laboratóriumi kísérletek eredményei
- Az optimális ferrát-koncentráció és a ferrátkezelés hatására kialakuló vízparaméterek meghatározása
- Ferrát-technológia alkalmazása biológiailag tisztított szennyvizek fertőtlenítésére – MKE 1. Nemzeti Konferencia, Sopron (2011. május 22-25.)

Köszönetnyilvánítás

- **Dr. Barkács Katalin adjunktus**
- **Dr. Záray Gyula egyetemi tanár**
- **Dr. Felföldi Tamás egyetemi tanársegéd**
- **Dr. Vajna Balázs egyetemi tanársegéd**
- **Jurecska Laura PhD hallgató**
- **Dr. Márialigeti Károly egyetemi tanár**
- **Dr. Vértés Csaba FTT-Középeurópai Kft.**
- **FCsM részéről Makó Magdolna, Tarjányiné Szikora Szilvia, Palkó György**

***Köszönöm megtisztelő
figyelmüket!***