

Laky Dóra, Licskó István

## Arzén eltávolítása ivóvízből vas(III)-klorid koaguláció Alkalmazásával

*Uklanjanje arsena koagulacijom sa gvožđe(III)-hloridom  
u tretmanu vode za piće*



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék; 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

Novi Sad, 2013. szeptember 5.

## Az előadás vázлата-Koncept predavanja

- A magyarországi arzénprobléma ismertetése-upoznavanje sa problematikom arsena u mađarskoj
- Arzén eltávolítása ivóvízből – technológiák-Tehnologije za uklanjanje arsena
- A koagulációs arzénmentesítés – laboratóriumi kísérletek-Uklanjanje arsena koagulacijom-laboratorijski eksperimenti
  - ✓ A technológia hatékonyságát befolyásoló vízminőségi paraméterek- Parametri kvaliteta voda koja utiču na efikasnost tehnologija
  - ✓ A paraméterek együttes hatásának értékelése-Evaluacija zajedničkih uticala parametara

A laboratóriumi és félüzemi kísérleti eredmények összefoglalása-Pregled rezultata laboratorijskih i poluindustrijskih istraživanja

## Arzén a magyarországi ivóvizekben-Arsen u vodi za piće u mađarskoj

- Csatlakozás az Európai Unióhoz: a 98/83-as EU Direktívának megfelelően az arzénhatárérték szigorodása 10 µg/L-re (korábban 50 µg/L volt a maximálisan megengedhető arzénkoncentráció az ivóvízben)
- Arzén előfordulása Magyarországon: a mélységi vizekben, természetes eredetű szennyezőként-u dubinskim vodonosnim slojevima i prirodnog je porekla
- Arzén tekintetében kifogásolt minőségű volt az ivóvíz a határérték szigorodása miatt-zbog strogoće
  - ✓ Kb. 400 településen
  - ✓ Érintett fogyasztók száma: 1,2 millió (a teljes lakosság kb. 12 %-a)
- Jelenleg folyamatban van az Ivóvízminőség-Javító Program (EU támogatással)
- Amíg a végleges megoldások nem épülnek ki, számos településen átmeneti megoldást alkalmaznak (pl. lajtoscso, konténeres víztisztító berendezés, palackozott víz)



Hungary-Serbia

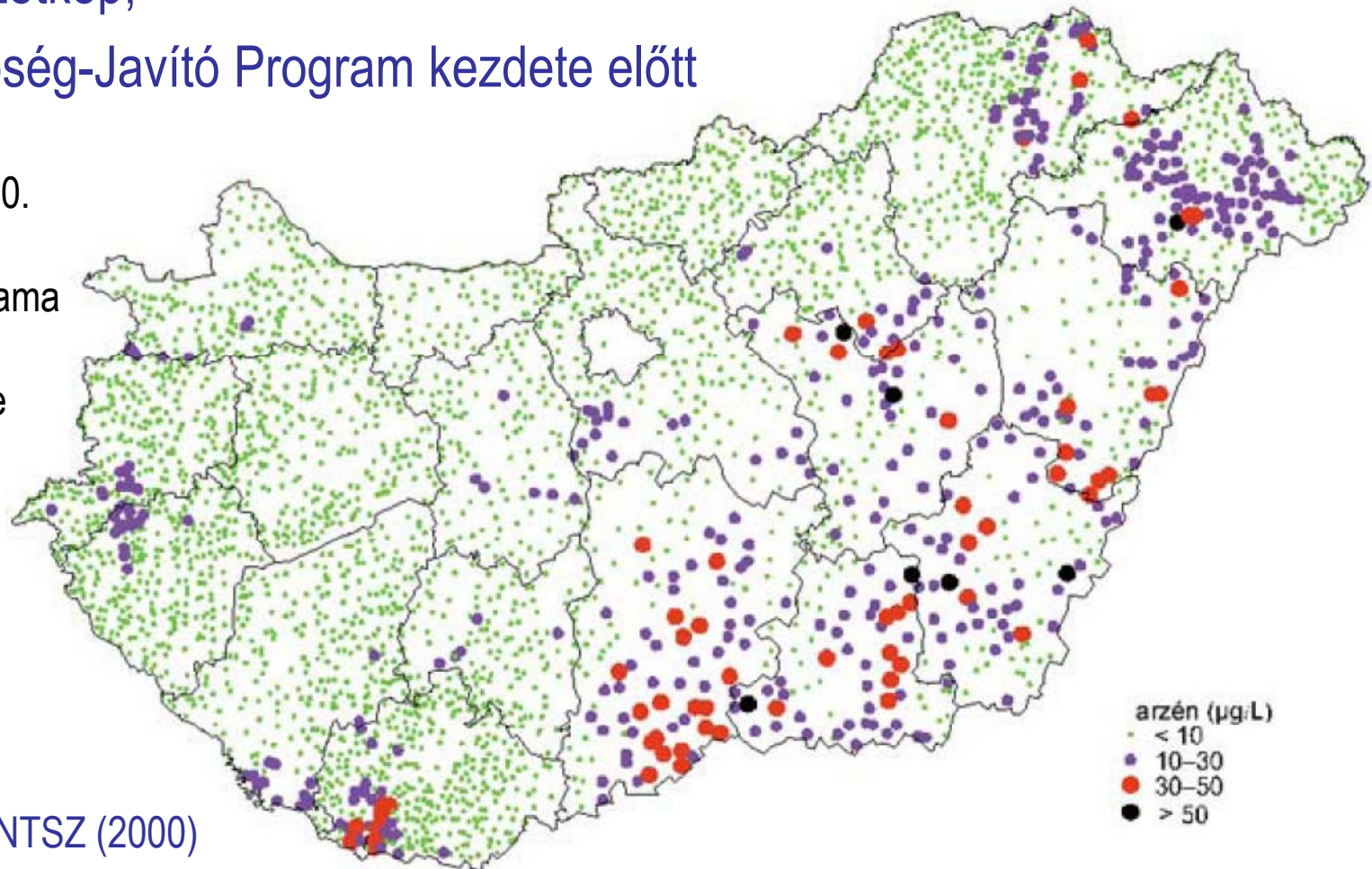
IPA Cross-border Co-operation Programme

Arsenic and ammonium in drinking water: implementation of a cross-border Platform for safe water (HUSRB/1002/121/075) - ARSENICPLATFORM  
Novi Sad, 5 – 6 September, 2013

# Arzén a magyarországi ivóvizekben-Količina arsena u vodi za piće u mađarskoj

2000-es helyzetkép,  
az Ivóvízminőség-Javító Program kezdete előtt

Pregled iz 2000.  
godine pre  
početka programa  
Poboljšanja  
kvaliteta pijaće  
vode



Forrás: ÁNTSZ (2000)

## Arzéneltávolítási technológiák- Tehnologije uklanjanja arsena

- Koagulációs eljárás; fő lépései: Koagulaciona procedura sa glavnim koracima

Folyamat-Proces	Technológia-Tehnologija
Oxidáció: As(III) → As(V)	KMnO <sub>4</sub> , O <sub>3</sub> , Cl <sub>2</sub> , NaOCl, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Oldott As(V) → Partikulált As(V)	Fém(III)-só adagolása: FeCl <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
Partikulált As(V) eltávolítása	Homokszűrés, Mikroszűrés, Ultraszűrés

- Adszorpció arzenmentesítés; fő lépései: Uklanjanje arsena adsorpcijom, glavni koraci

Folyamat-Proces	Technológia-Tehnologija
Oxidáció: As(III) → As(V) (szükség van előoxidációra?)	KMnO <sub>4</sub> , O <sub>3</sub> , Cl <sub>2</sub> , NaOCl, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Szilárd állapotú szennyezők eltávolítása-Uklanjanje otpada čvrstog agregatnog stanja	Homokszűrés-peščani filtri
Adszorpció-Adsorpcija	Vas, alumínium, cérium-alapú adszorbensen történő átvezetés (protok kroz adsorbense na bazi gvožđa, aluminijuma i cerijuma)

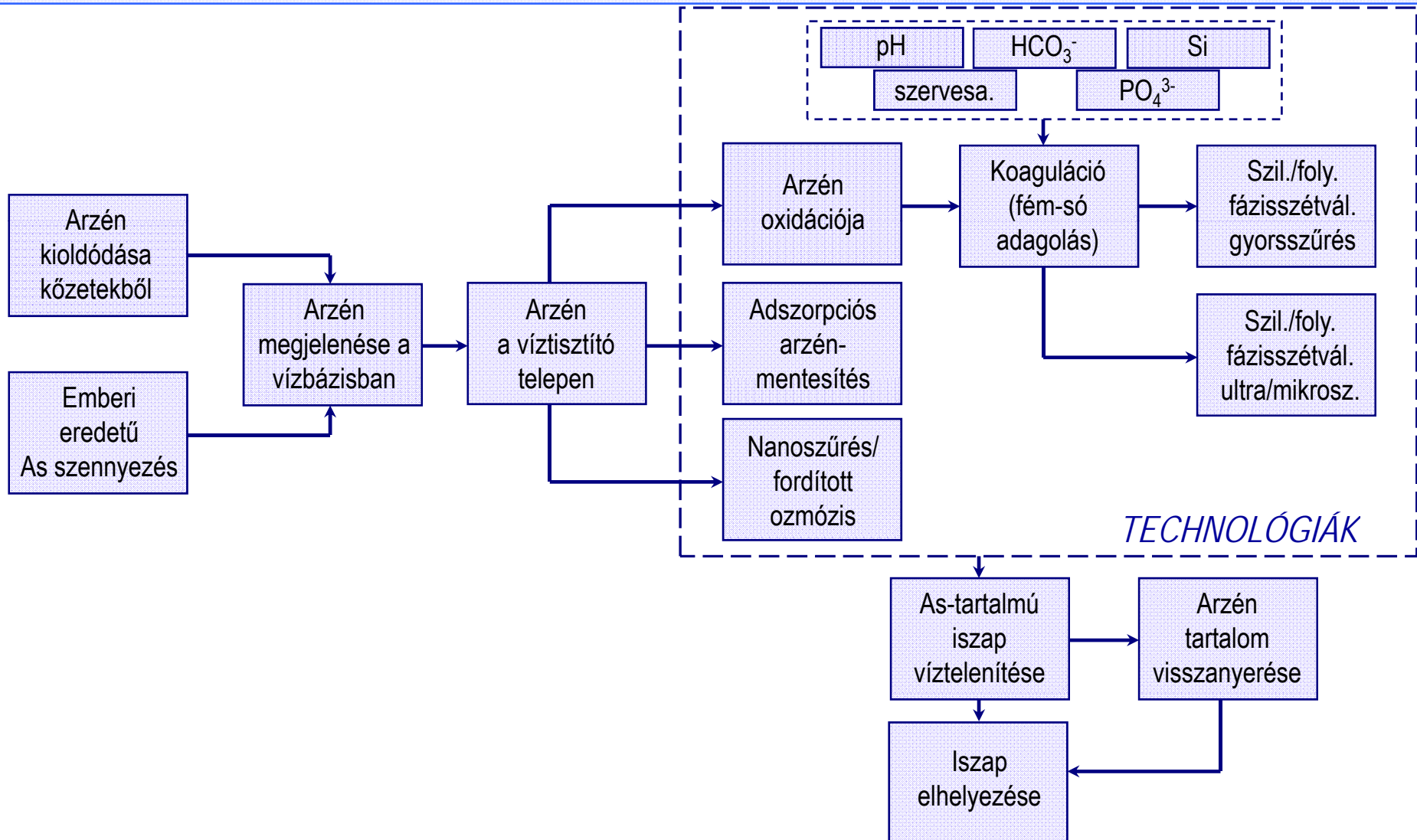
- (Meszes vízlágyítás során történő arzenmentesítés)-Uklanjanje arsena tokom omeksanja voda sa vodenim krečom
- (Membrántechnológiák – pl. fordított ozmózis: oldott As eltávolítására is alkalmas)-Membranske tehnologije-npr. reversna osmoza



Hungary-Serbia

IPA Cross-border Co-operation Programme

## Arzéneltávolítási technológiák- Tehnologije za uklanjanje arsena

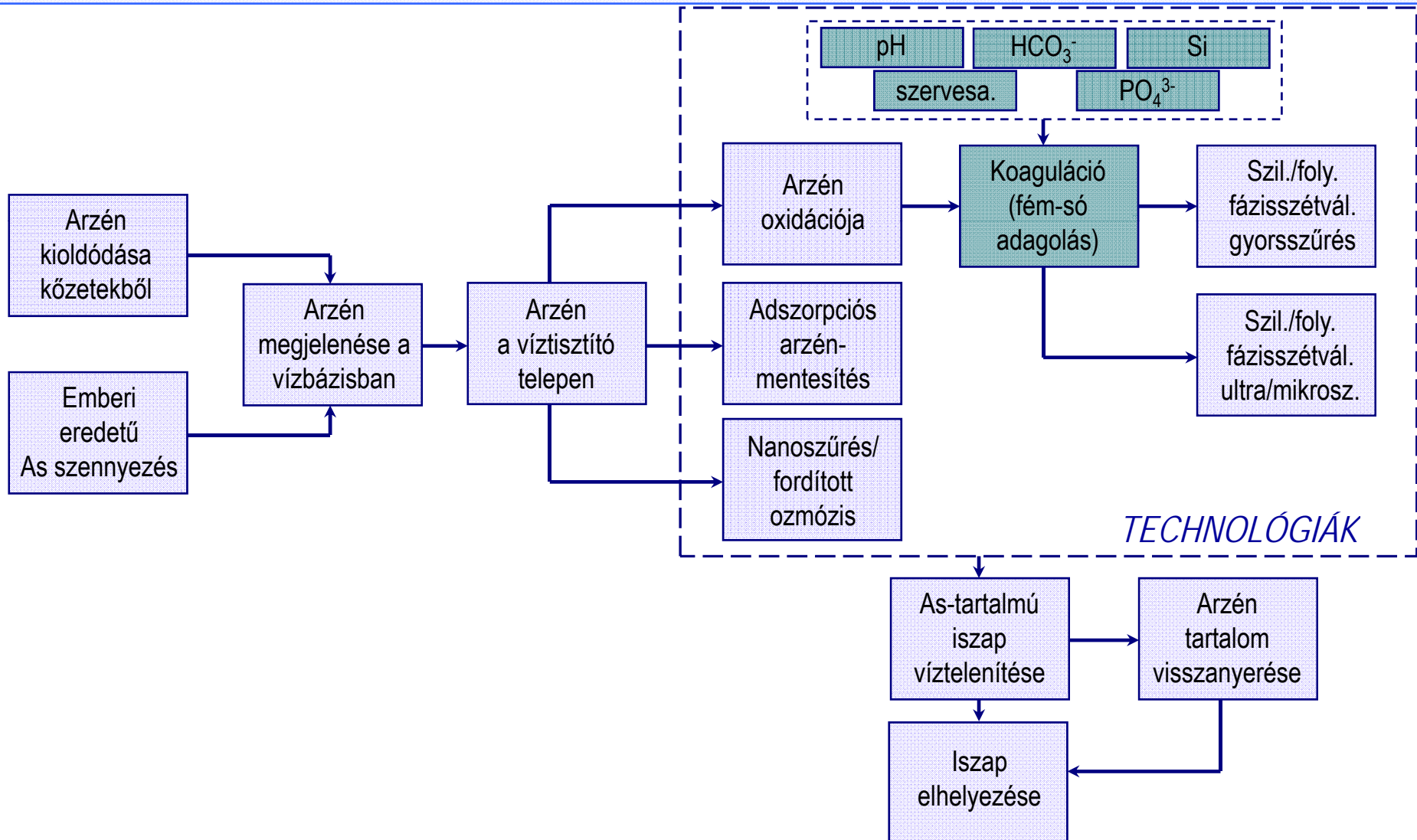




Hungary-Serbia

IPA Cross-border Co-operation Programme

# Arzéneltávolítási technológiák - Tehnologije za uklanjanje arsena



## Koagulációs arzénmentesítés – laboratóriumi kísérletek

**Célkitűzés: az egyes vízminőségi paraméterek arzénmentesítésre gyakorolt hatásának értékelése-uticaj pojedinih parametara vode na uklanjanje arsena**

- Arzén oxidációs száma-oksidacioni broj arsena
- Koaguláns típusa-tip koagulanata
- pH
- **Szervesanyag tartalom**-sadržaj prirodne organske materije
- **Orto-foszfát ion koncentráció**-koncentracija ortofosfatnih jona
- **Szilikát koncentráció**-silikatna koncentracija
- Szervetlen szén ( $\text{HCO}_3^-$ ) tartalom-sadržaj neorganskog ugljenika ( $\text{HCO}_3^-$ )



## Koagulációs arzénmentesítés – laboratóriumi kísérletek

### Uklanjanje arsena koagulacijom-laboratorijski eksperimenti

## Módszertan-Methodologija

- Poharas kísérletek (jar-tesztek) különböző összetételű modell oldatokkal és természetes vizekkel Jar test sa rastvorima različitog sastava i prirodnim vodama

- A kísérletek során alkalmazott keverési program

#### Program mešanja

- ✓ 1 perces gyors keverés (350 fordulat/perc)
  - ✓ 10 perces lassú keverés (20 fordulat/perc)
  - ✓ 20 perces ülepitési fázis
- Ülepítés után mintavétel; a minta átvezetése 0,45 µm pórusméretű membránon, majd az arzénkoncentráció mérése a membránszűrt mintából

Uzorkovanje posle bistrenja; prevođenej uzoraka kroz membrane poroziteta 0,45 µm, i merenje koncentracije arsena u filtriranim uzorcima



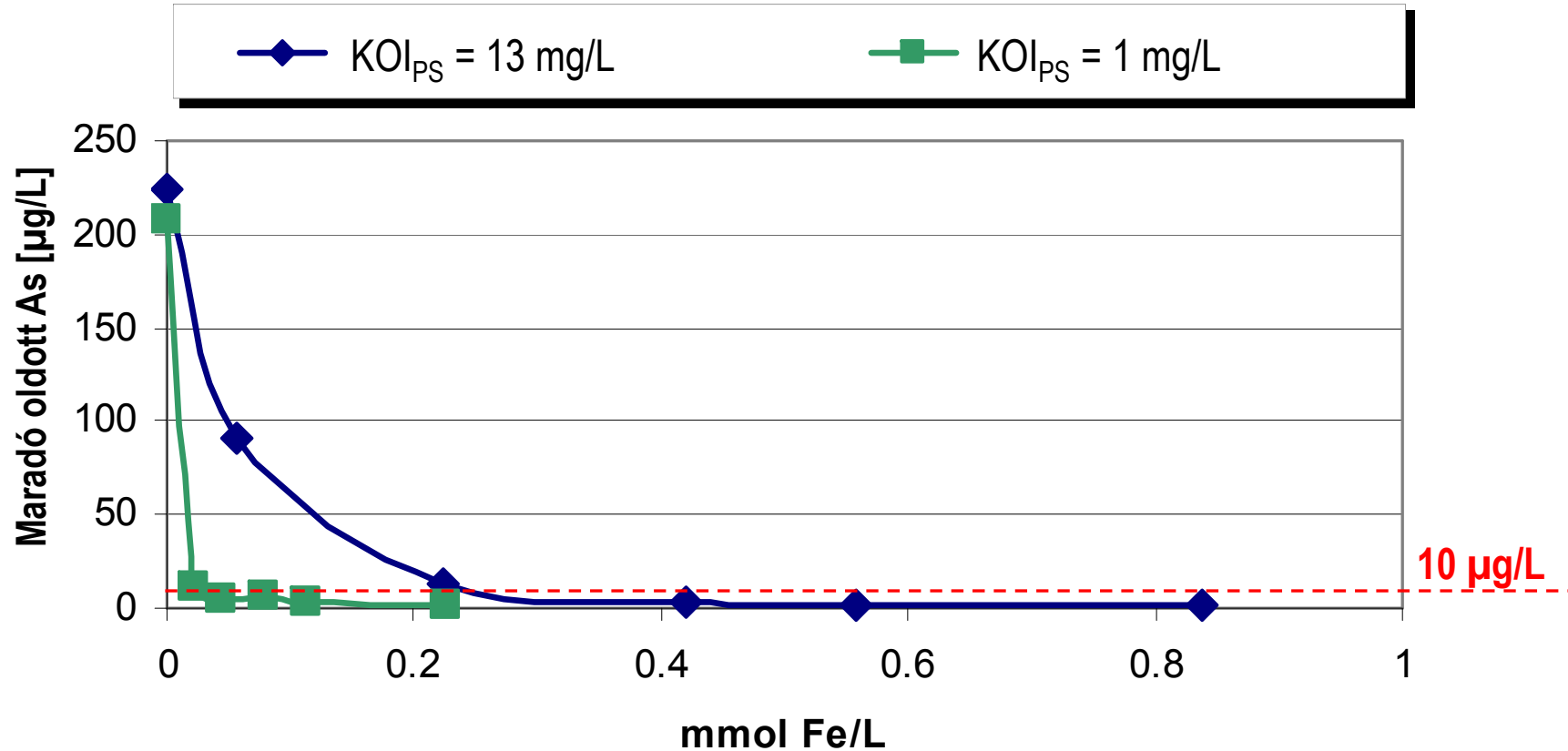


Hungary-Serbia

IPA Cross-border Co-operation Programme

# Szervesanyag koncentráció hatása-Uticaj koncentracije organske materije

Arzénmentesítés vas(III)-klorid só adagolásával alacsony ( $KOI_{PS} = 1 \text{ mg/L}$ ) és nagy ( $KOI_{PS} = 13 \text{ mg/L}$ ) szervesanyagtartalom esetén





Hungary-Serbia

IPA Cross-border Co-operation Programme

## Szervesanyag koncentráció hatása-Uticaj organske supstanc

A 10 µg/L arzén koncentráció eléréséhez szükséges  $Me^{3+}$  : As mólarány

$KOI_{PS} \sim 1 \text{ mg/L}$

$KOI_{PS} \sim 13 \text{ mg/L}$

$Fe^{3+}$  (vas-klorid  
koaguláns)

6,8

85,1

$Al^{3+}$  (alumínium-szulfát  
koaguláns)

44,3

272,5

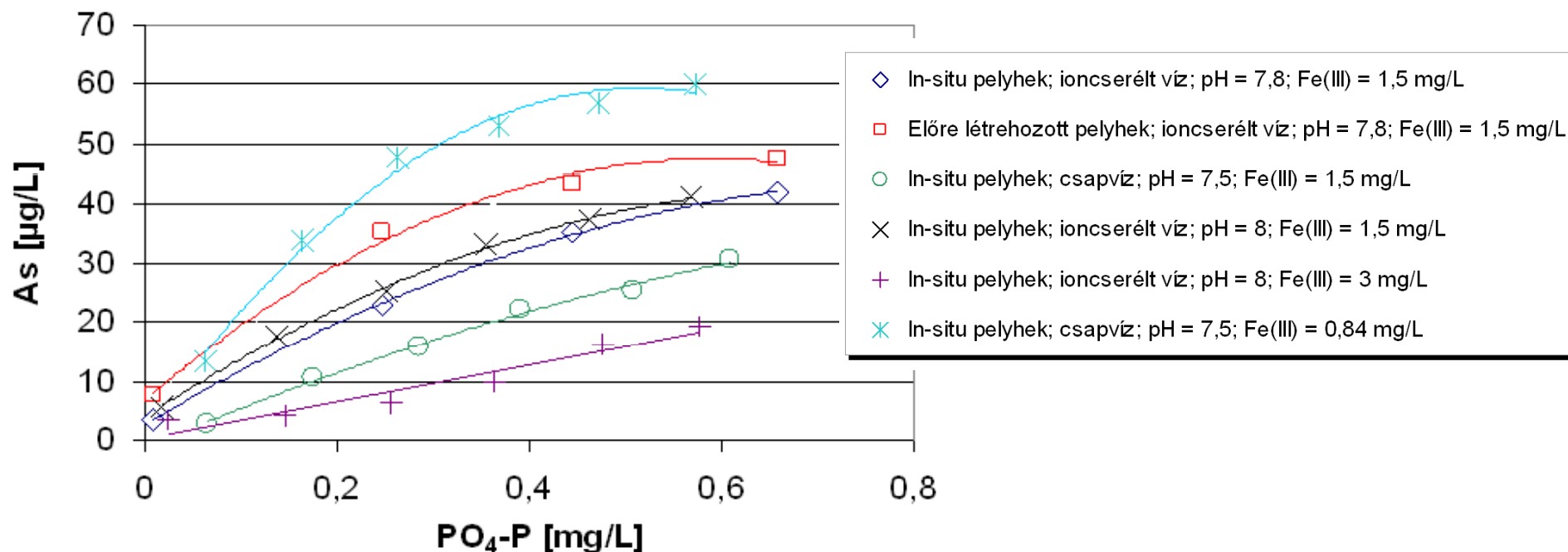
**A szükséges koaguláns dózisok között nagyságrendi különbség van!  
Postoji razlika u dozama koagulanata!**



Hungary-Serbia

IPA Cross-border Co-operation Programme

## Orto-foszfát ion koncentráció hatása- Uticaj koncentracije jona orto-fosfata



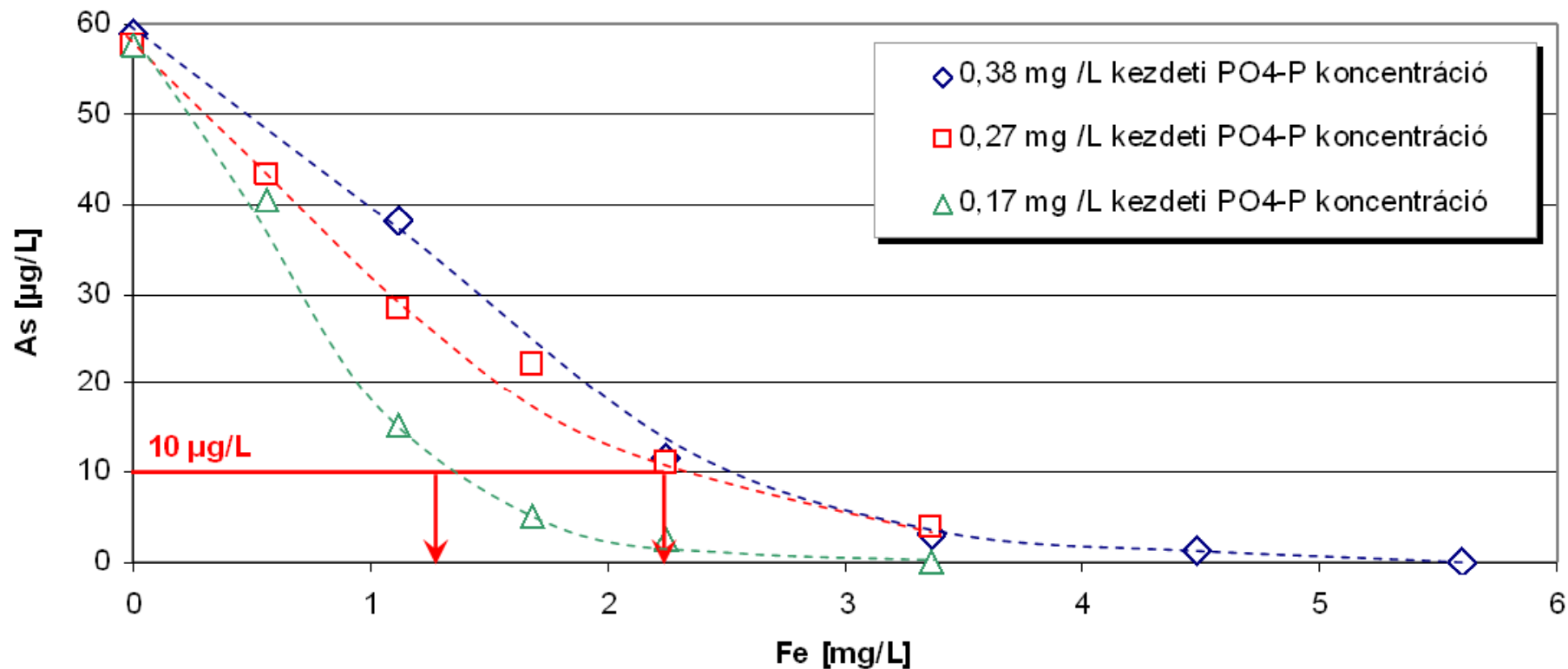
Minden vizsgált pH értéken és koaguláns dózissnál a foszfátkoncentráció arzénmentesítésre gyakorolt negatív hatása egyértelmű volt- Pri svim ispitivanim pH vrednostima i doza koagulantna sadržaj fosfata je imao negativni uticaj na uklanjanje arsena



Hungary-Serbia

IPA Cross-border Co-operation Programme

# Orto-foszfát ion koncentráció hatása-Uticaj koncentracije orto fosfata



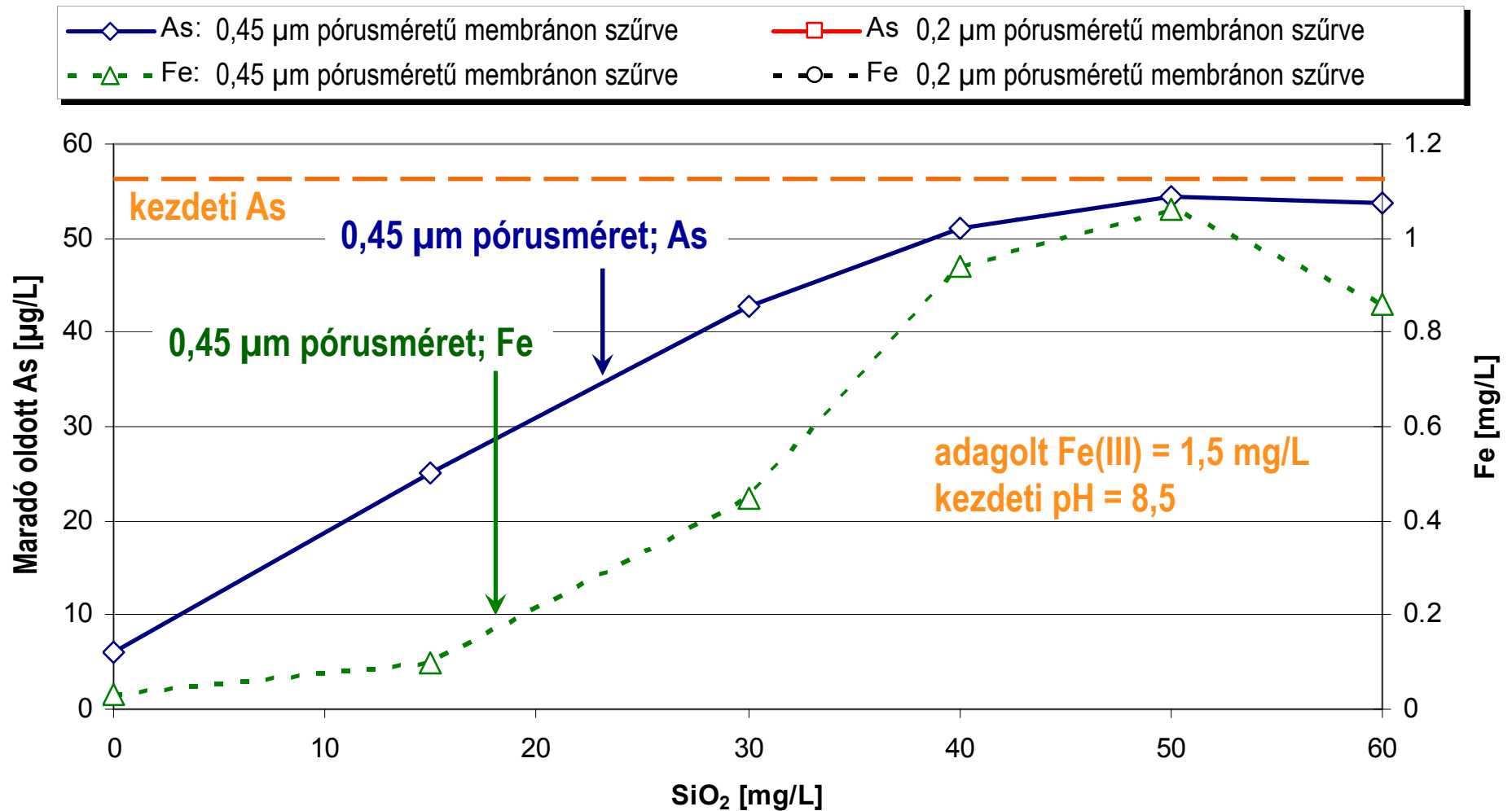
Csapvízből készített modell oldatok; kezdeti pH = 7,6 – 7,7;  
Fe koaguláns alkalmazása vas(III)-klorid formájában adagolva



Hungary-Serbia

IPA Cross-border Co-operation Programme

## Szilikát koncentráció hatása-Uticaj koncentracije silikata

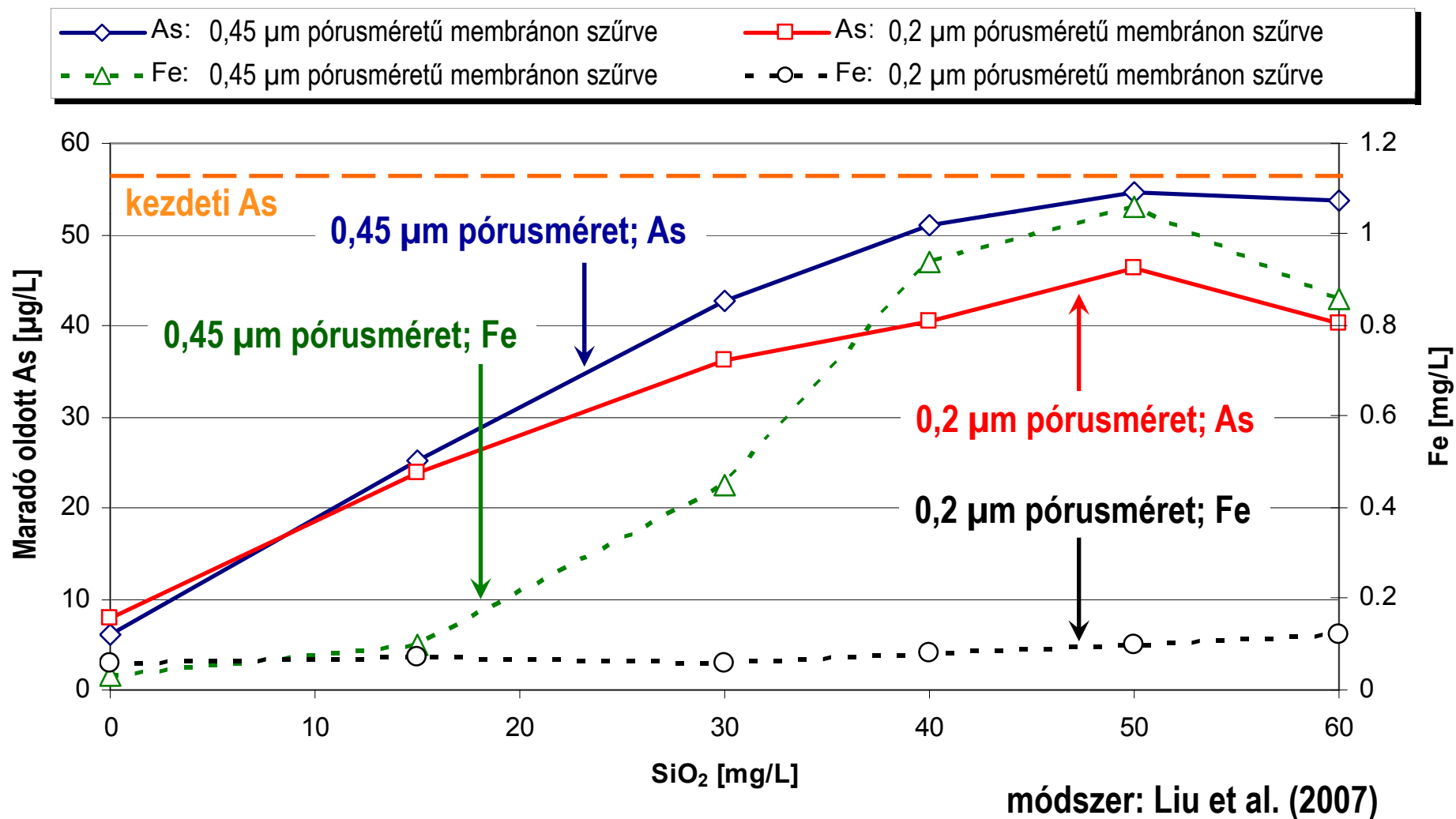




Hungary-Serbia

IPA Cross-border Co-operation Programme

## Szilikát koncentráció hatása-Uticaj koncentracije silikata

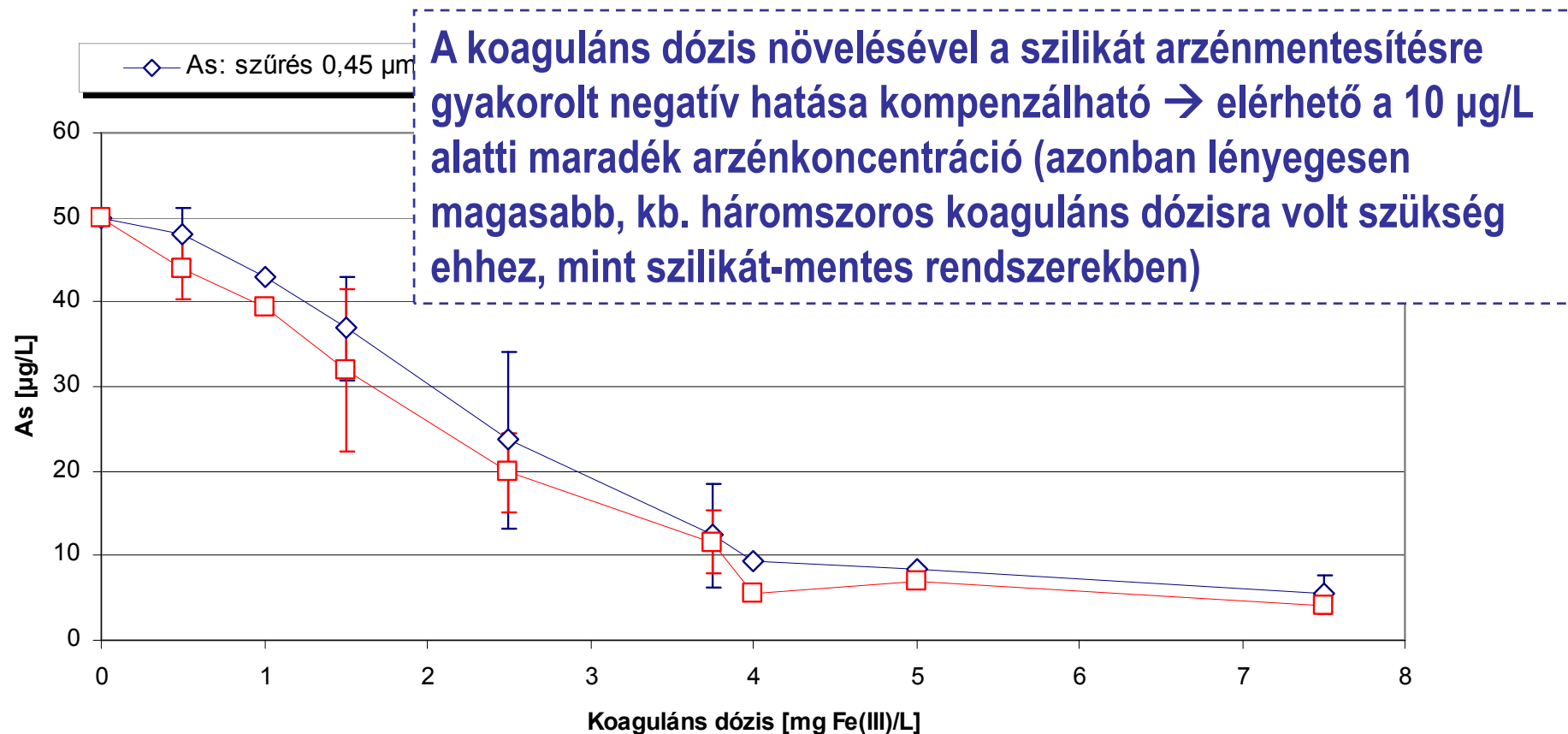




Hungary-Serbia

IPA Cross-border Co-operation Programme

## Szilikát koncentráció hatása-Uticaj koncentracije silikata



Arzénkoncentráció értékek 0,45 µm és 0,2 µm pórusméretű membránon történő szűrést követően növekvő vas koaguláns és fix szilikát dózis (50 mg/L SiO<sub>2</sub>) alkalmazása esetén (ioncserélt vízből készített modell oldat; 50 µg/L kezdeti As(V) koncentráció; kezdeti pH = 8)



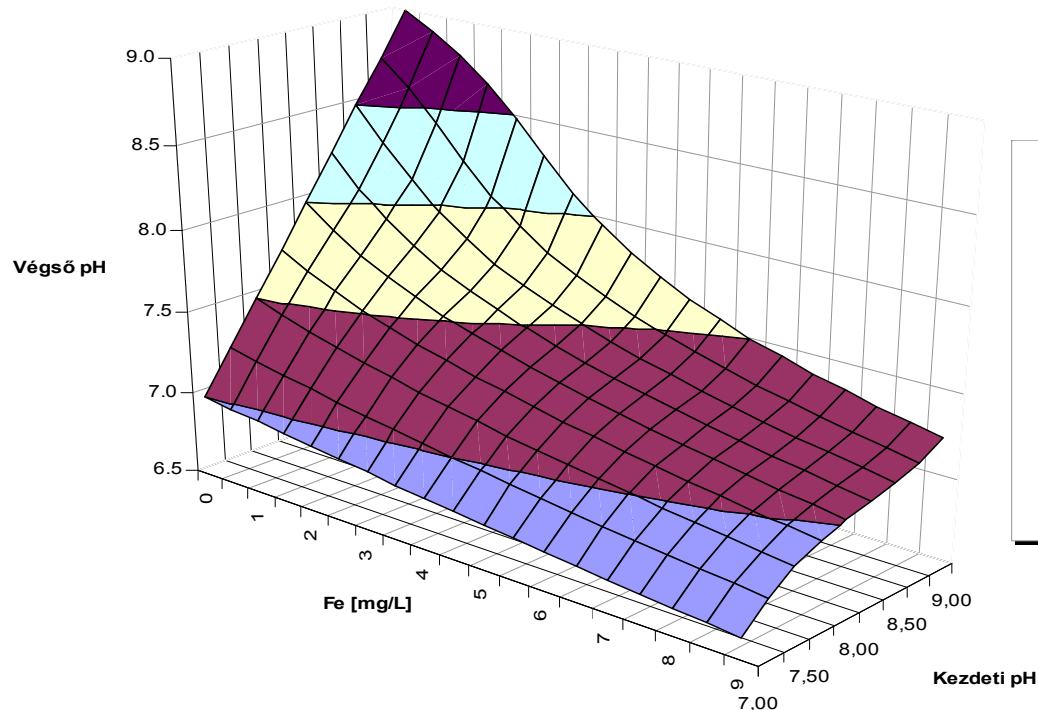


Hungary-Serbia

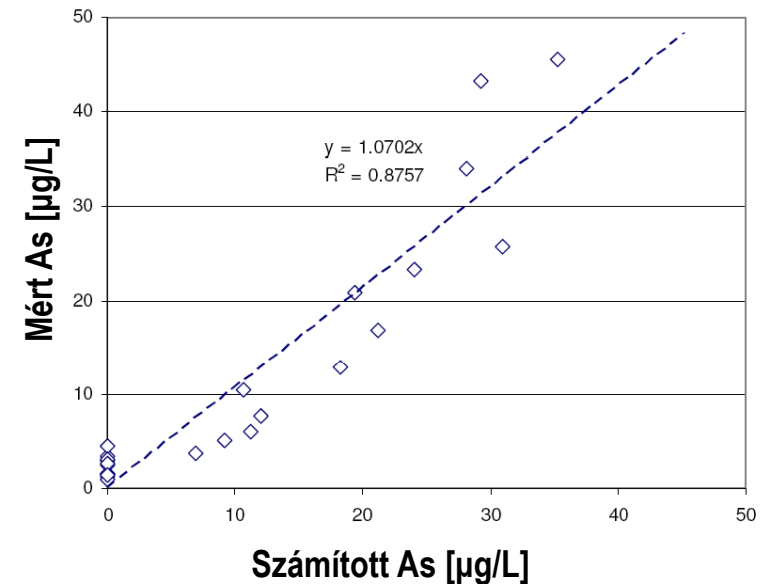
IPA Cross-border Co-operation Programme

# A tényezők együttes vizsgálata – regresszió analízis

Lúgosság = 3,0 meq/L



## Igazolás



$$\text{Oldott As } [\mu\text{g/L}] = -94,44 + 31,14 * \text{PO}_4\text{-P } [\text{mg/L}] + 14,71 * \text{pH} + 0,55 * \text{SiO}_2 [\text{mg/L}] - 5,80 * \text{Fe } [\text{mg/L}]$$

A 10 µg/L-es arzénkoncentráció eléréséhez szükséges vas koaguláns mennyisége:

$$\text{Fe } [\text{mg/L}] \geq -18,01 + 5,37 * \text{PO}_4\text{-P } [\text{mg/L}] + 2,54 * \text{pH} + 0,09 * \text{SiO}_2 [\text{mg/L}]$$

## Összefoglalás – laboratóriumi kísérletek

**Eredmény: az adagolandó koaguláns mennyiségét elsősorban NEM a kezdeti arzénkoncentráció, hanem az EGYÉB vízminőségi paraméterek értékei határozzák meg**

- Arzén oxidációs száma – **előoxidáció szükséges**
- Koaguláns típusa – **Fe(III) koaguláns hatékonyabbnak bizonyult, mint az Al(III) koaguláns**
- pH – **alacsonyabb pH-n hatékonyabb koaguláció, azonban a pH csökkentése a koagulációt megelőzően nem gazdaságos megoldás a magyarországi viszonyok (magas  $\text{HCO}_3^-$  tartalom) esetében**
- Szervesanyag tartalom – **jelentős hatás, akár nagyságrenddel több koagulálószer is szükséges lehet**
- Orto-foszfát ion koncentráció – **jelentős hatás**
- Szilikát koncentráció – **jelentős hatás; 2,5 – 3,5-szeres koaguláns igény 30 – 50 mg/L  $\text{SiO}_2$  esetében**
- Szervetlen szén ( $\text{HCO}_3^-$ ) tartalom – **közvetett hatás, a koagulációt követően kialakuló pH érték befolyásolásán keresztül**



Hungary-Serbia

IPA Cross-border Co-operation Programme

Arsenic and ammonium in drinking water: implementation of a cross-border Platform for safe water (HUSRB/1002/121/075) - ARSENICPLATFORM  
Novi Sad, 5 – 6 September, 2013.

## Koagulációs arzénmentesítés – félüzemi kísérletek



Kezele

Nyers-  
víz

elt víz



## Összefoglalás – félüzemi kísérletek

### Eredmények

- Az optimális vegyszerdózisok (oxidálószer és koagulálószer) meghatározása – **víz típusonként eltérő**
- A keverés szerepének vizsgálata rövid és hosszú távon – **rövid távon nem jelentkezett a keverés elhagyásának negatív hatása, hosszú távon már csupán a flokkulátortartály kiiktatásának is egyértelmű negatív hatása volt**
- Annak meghatározása, hogy a laboratóriumi és félüzemi kísérletek vegyszerdózisok tekintetében hasonló eredményeket szolgáltatnak-e – **igen, hasonló eredményt adtak**
- A gyors homokszűrés hatékonyságának értékelése (a homokszűrőt elhagyó víz összes és oldott arzénkoncentrációjának összehasonlításával) – **az alkalmazott szűrési sebesség és szemcseméret mellett a gyors homokszűrés hatásfoka megfelelő volt**

# Köszönjük megtisztelő figyelmüket!

## Hvala na pažnji

A kutatás anyagi háttérét a GVOP 3.1.1-2004-05-0186/3.0 sz. projekt biztosította.  
Köszönetünket fejezzük ki továbbá a HAJDÚVÍZ Zrt. munkatársainak a kutatásban nyújtott  
aktív közreműködésükért.