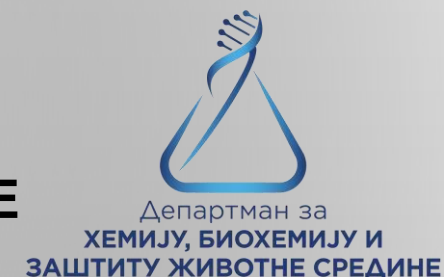




**UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HEMIJU, BIOHEMIJU I ZAŠTITU ŽIVOTNE
SREDINE**



**PRIMENA ADSORBENATA NA BAZI METALNIH OKSIDA/HIDROKSIDA
ZA UKLANJANJE ARSENA IZ PODZEMNE VODE**

Jasmina Nikić, [Malcolm Watson](#), Kristiana Zrnić Tenodi, Miloš Dubovina, Aleksandra Tubić,
Božo Dalmacija, Jasmina Agbaba



dr Jasmina Nikić
naučni saradnik

jasmina.nikic@dh.uns.ac.rs



dr Malcolm Watson
vanredni profesor

malcolm.watson@dh.uns.ac.rs



MSc Kristiana Zrnić Tenodi
istraživač saradnik

kristiana.zrnic@dh.uns.ac.rs



dr Miloš Dubovina
saradnik

milos.dubovina@dh.uns.ac.rs



dr Aleksandra Tubić
vanredni profesor

aleksandra.tubic@dh.uns.ac.rs



dr Božo Dalmacija
redovni profesor u penziji

bozo.dalamcija@dh.uns.ac.rs

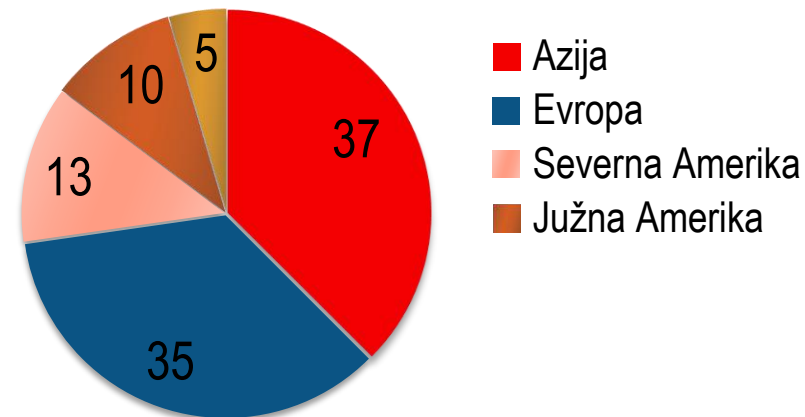
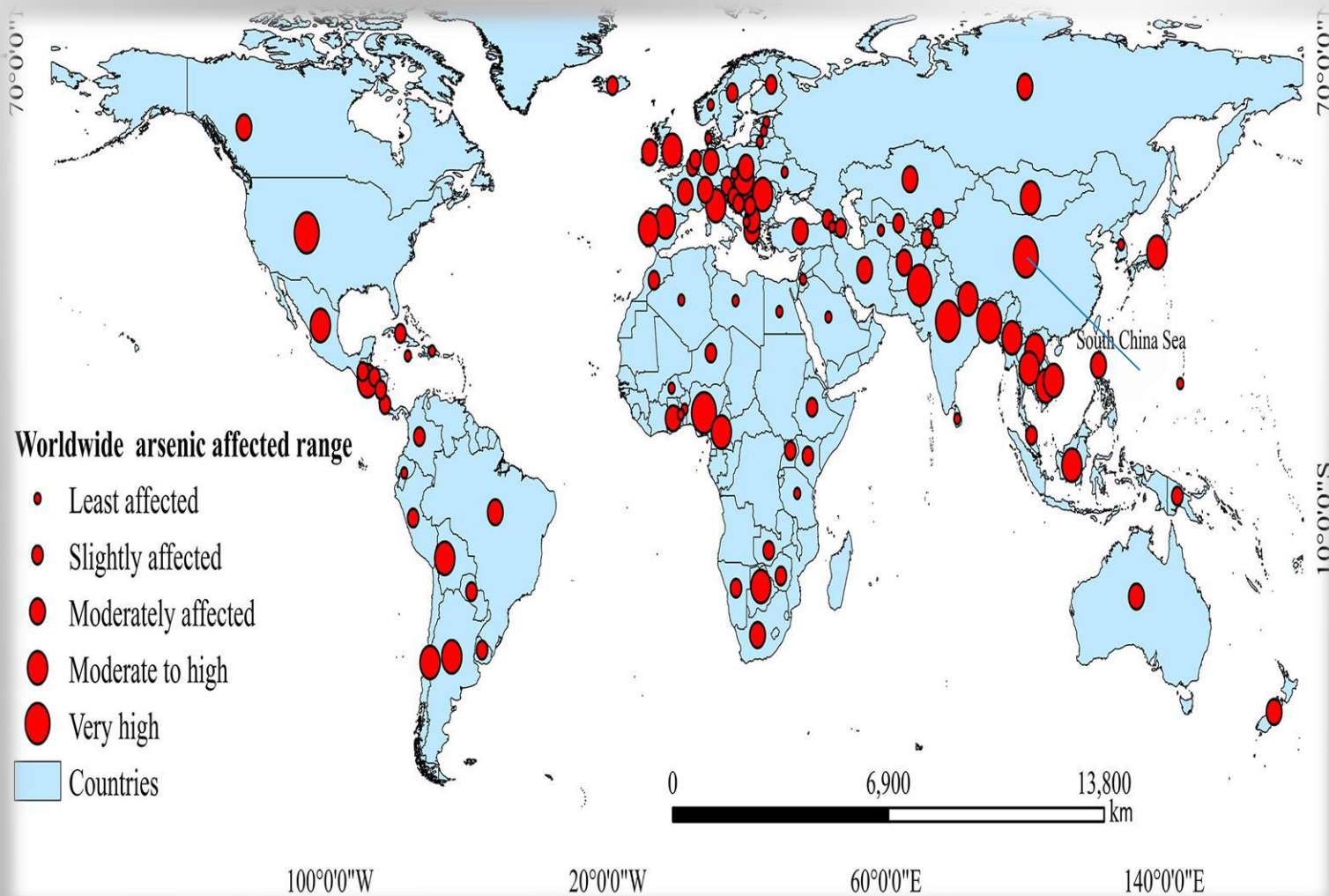


dr Jasmina Agbaba
redovni profesor

jasmina.agbaba@dh.uns.ac.rs

ARSEN U PODZEMNIM VODAMA: GLOBALAN I LOKALAN PROBLEM

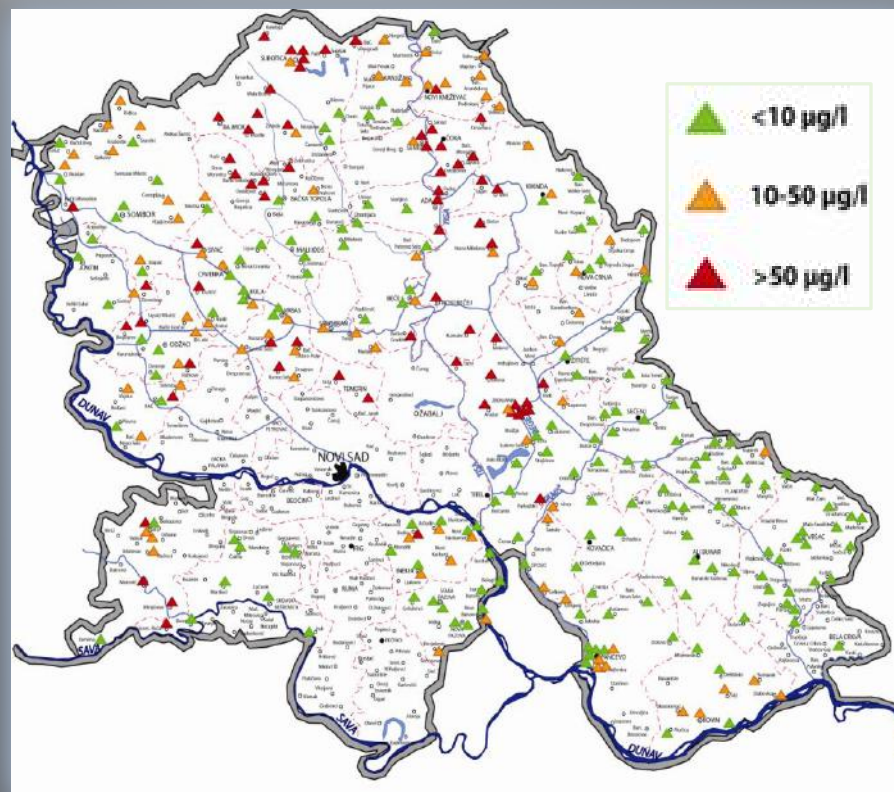
- Prema procenama WHO 130 miliona ljudi u preko 107 zemalja snabdeva se vodom za piće koja sadrži povećanu koncentraciju arsena



Država	Koncentracija As (µg/l)	Procenjena izloženost populacije (million)
Bangladeš	> 1000	35
Indija	50–3600	40
Kina	1–2400	5.6
Pakistan	10–200	20
Argentina	10–5300	2
Čile	470–700	1.5
Mađarska	1–174	0.6
Srbija	1–500	1

ARSEN U PODZEMNIM VODAMA: GLOBALAN I LOKALAN PROBLEM

■ Prirodna kontaminacija podzemnih voda arsenom zabeležena je u Mađarskoj, Hrvatskoj, severnom delu Srbije i Rumuniji



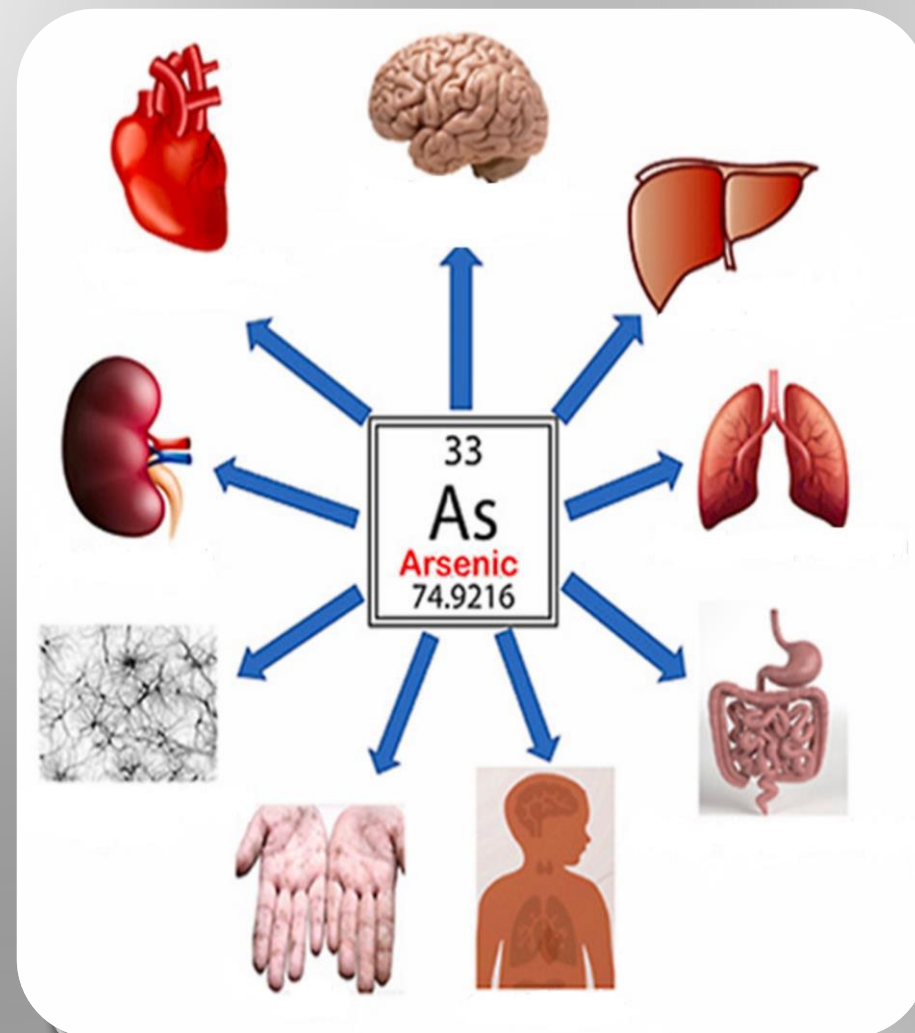
- Približno 50% bunara u Vojvodini sadrži povećane koncentracije As ($>10 \mu\text{g/l}$)
- Najveće koncentracije arsena u podzemnim vodama a teritoriji Banata
- Zrenjanin (325-580 $\mu\text{g/l}$)
- Elemir (569-586 $\mu\text{g/l}$)
- Taraš (687-859 $\mu\text{g/l}$)

ARSEN U PODZEMNIM VODAMA: GLOBALAN I LOKALAN PROBLEM

- Hronična izloženost As može uzrokovati brojne neželjene efekte po ljudsko zdravlje uključujući i kancer
- Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC) je klasifikovala arsen i njegova jedinjenja u A grupu – dokazani human karcinogen

DMA^{III} > MMA^{III} > As(III) > As(V) > DMA^V > MMA^V > TMAO

- WHO – Maksimalno dozvoljena koncentracija za arsen u vodi za piće je 10 µg/l
 - Većina zemalja Evropske Unije i Srbiju: MDK 10 µg/l
 - Australija: MDK 7 µg/l
 - Holandija: MDK 1 µg/l



UKLANJANJE ARSENA U TRETMANU VODE ZA PIĆE



- **Visoka efikasnost uklanjanja As**
- **Jednostavno upravljanje i kontrola procesa**
- **Mogućnosti primene u malim i velikim vodovodnom sisitemima**



CILJ RADA

CILJ RADA

Ispitivanje efikasnosti uklanjanja arsena iz podzemne vode sa povećanim sadržajem arsena, procesom adsorpcije na dva komercijalno dostupna adsorbenta,

Bayoxide[®]E 33

(adsorbentu na bazi

oksi(hidroksida) gvožđa ($\alpha\text{-FeO(OH)}$)

окси(μ-диоксида) гвозда ($\alpha\text{-FeO(OH)}$)

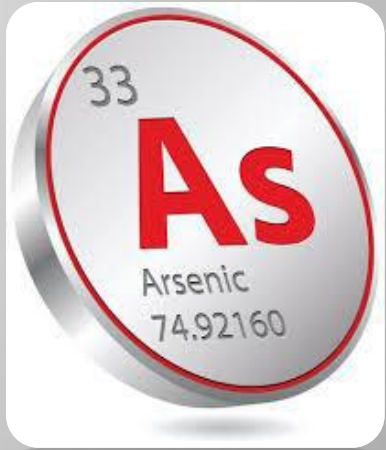


AsMet

(adsorbentu na bazi

cerijum hidroksida, Ce(OH)_4)

церіум μ-диоксида, Ce(OH)_4)



TEHNIKE RADA

I. Adsorpcija arsena iz podzemne vode na Bayoxide®E33 i AsMet, u šaržnom sistemu

a. Adsorpcija kinetika arsena iz podzemne vode na Bayoxide®E 33 i AsMet

b. Adsorpcione izoterme



II. Adsorpcija arsena iz podzemne vode na Bayoxide®E33 i AsMet, u dinamičkom sistemu



Karakteristike filtracione kolone sa ispunom Bayoxide®E33 odn. AsMet

Parametri	Jedinica	Vrednost
Dijametar kolone	cm	1,7
Visina kolone	cm	80
Visina ispune	cm	30
Zapremina ispune	ml	68
EBCT	min	5,7
Protok	ml/min	12
Brzina filtracije	m/ h	3,2

Analiza As i Fe na ICP/MS (Agilent 7700x)

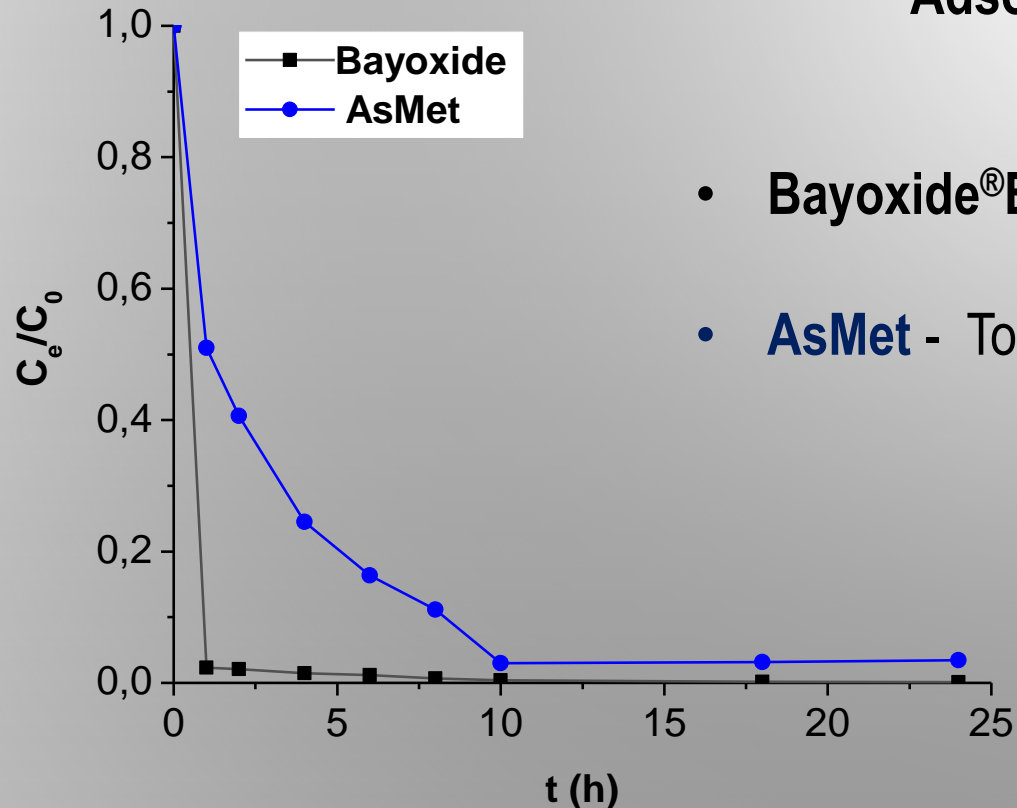
REZULTATI I DISKUSIJA

Karakteristike podzemne vode

Parametar	Jedinica mere	Srednja vrednost \pm sd
pH	-	8,05 \pm 0,15
Ep	μ S/cm	669 \pm 14,3
TOC	mg/l	2,40 \pm 0,71
DOC	mg/l	2,12 \pm 0,51
Oksidabilnost	mg KMnO ₄ /l	6,83 \pm 0,85
Arsen	μg/l	126 \pm 8,97
Gvožđe	mg/l	20,2 \pm 25,8
Mangan	μ g/l	21,4 \pm 13,3
Amonijak	mg N/l	0,15 \pm 0,10
Ortofosfati	mg PO₄/l	1,33 \pm 0,05
Alkalitet	mmol/l	6,93 \pm 0,37
Tvrdoća	mg CaCO ₃ /l	133 \pm 48,3
Hloridi	mg Cl/l	17,7 \pm 1,36
Sulfati	mg SO ₄ /l	20,3 \pm 12,2

Adsorpcija arsena iz podzemne vode na Bayoxide®E 33 i AsMet u šaržnom sistemu

Adsorpciona kinetika



- **Bayoxide®E 33** - Tokom 1h uklonjen je najveći deo prisutnog As (98%)
- **AsMet** - Tokom 1h uklonjeno je 49% prisutnog arsena

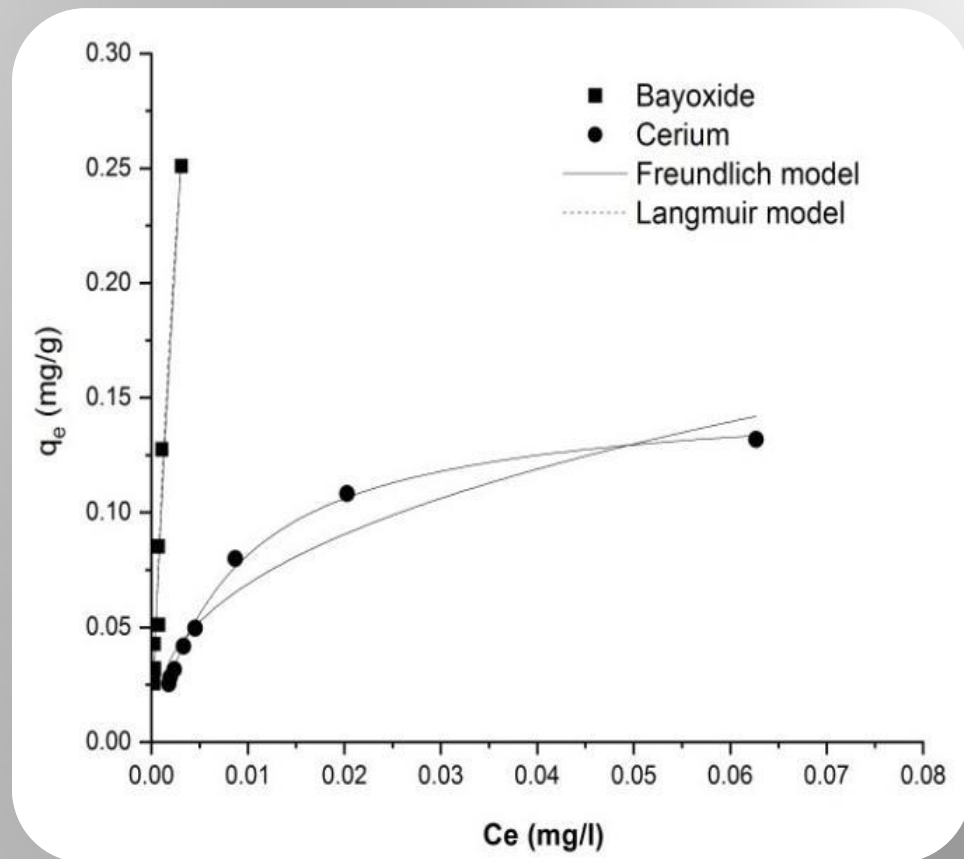
Promena koncentracije (C_0/C_e) arsena na Bayoxide®E 33 i AsMet u funkciji vremena (t)

Parametri kinetičkih modela za adsorpciju arsena na Bayoxide®E 33 i AsMet

Modeli	Adsorbent	
	Bayoxide®E 33	AsMet
Pseudo-prvi red		
k_1 (h ⁻¹)	4,19	0,538
q_t (mg/g)	0,0510	0,0479
R^2	0,9996	0,9665
Pseudo-drugi red		
k_2 (g mg ⁻¹ h ⁻¹)	822	14,4
q_t (mg/g)	0,0512	0,0531
q_{exp} (mg/g)	0,0515	0,0525
R^2	0,9998	0,9928
Elovich		
α (g mg ⁻¹ h ⁻¹)	8,18E7	0,183
β (mg g ⁻¹ h ⁻¹)	1073	117
R^2	0,9988	0,9834

Adsorpcija arsena iz podzemne vode na Bayoxide® E 33 i AsMet u šaržnom sistemu

Adsorpcione izoterme

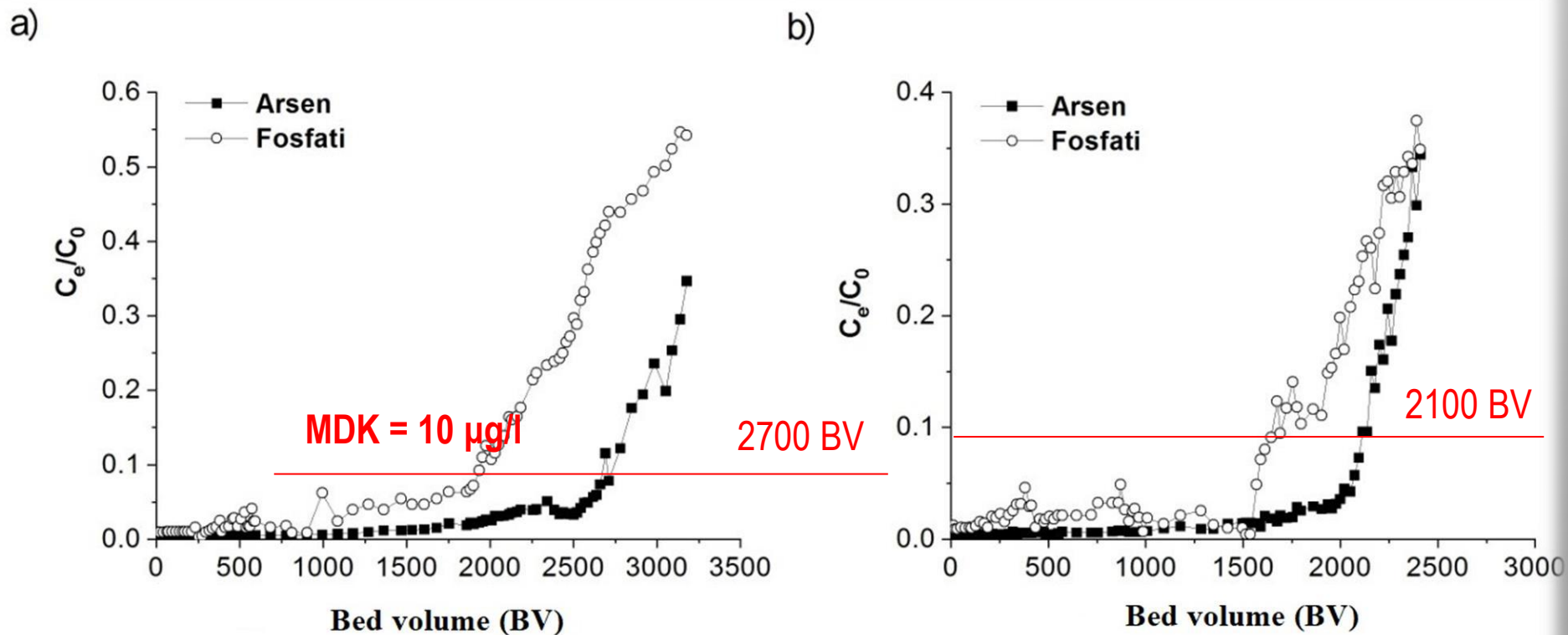


Freundlich-ove i Langmuirove adsorpcione izoterme arsena na Bayoxide® E 33 i AsMet

Parametri adsorpcije Freundlich-ovog i Langmuir-ovog modela za adsorpciju arsena iz podzemne vode na Bayoxide® E 33 i AsMet

Model izoterma	Bayoxide® E 33	AsMet
Freundlich		
K_F (mg/g)/(mg/l) ⁿ	30,9	0,427
1/n	0,831	0,394
R ²	0,9578	0,9134
Langmuir		
q_{max} (mg/g)	0,791	0,146
K_l	149	116
R_l	0,049	0,0628
R ²	0,9618	0,9970

Adsorpcija arsena iz podzemne vode na Bayoxide®E 33 i AsMet u dinamičkom sistemu



**Kratak operativni vek
ispuna**

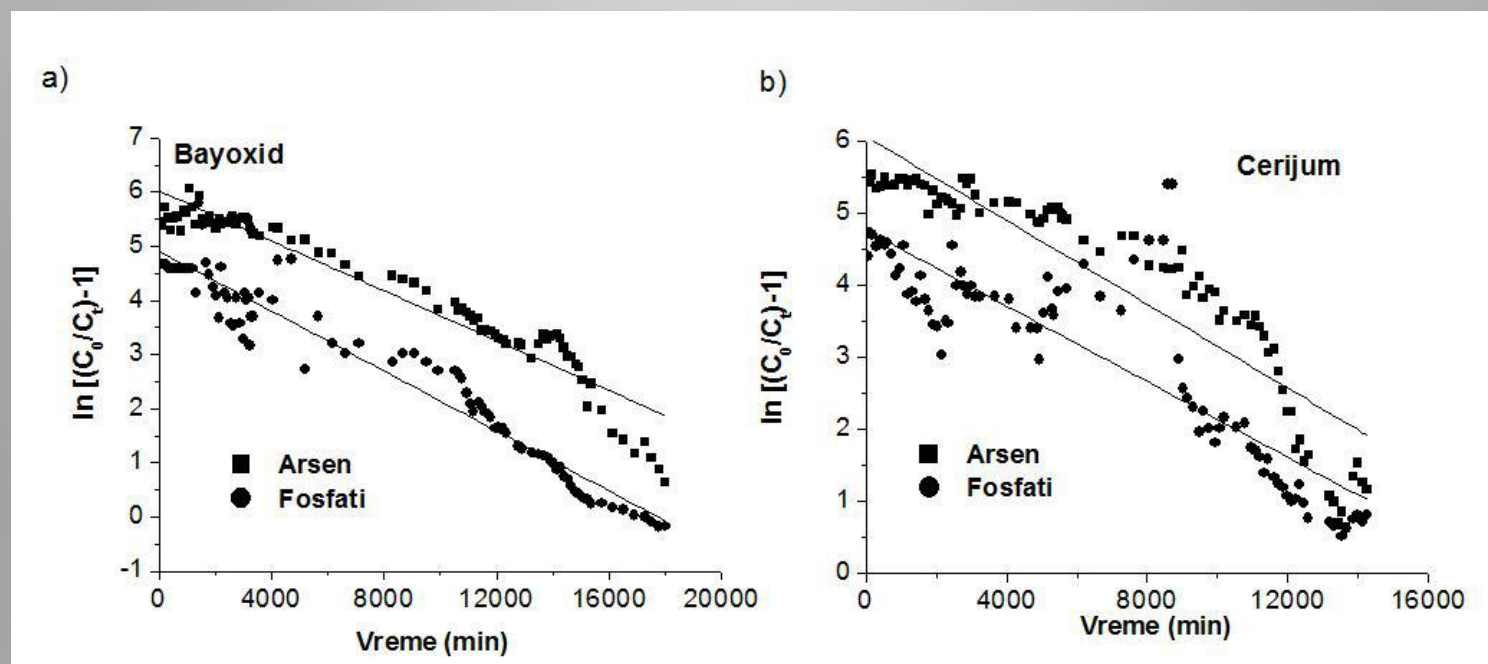
Kompeticija fosfata i
arsena

Visoka pH vrednost
podzemne vode

Krive proboja arsena na a) Bayoxide®E 33 i b) AsMet

Koeficijenti determinacije i parametri Thomasovog modela za adsorpciju As i fosfat na Bayoxide[®]E 33 i AsMet

Thomasov model	Bayoxide [®] E 33		AsMet	
Parametri modela	Arsen	Fosfati	Arsen	Fosfati
k_{Th} (ml/min/g)	0,00000180	0,000208	0,00000227	0,000197
Q_{Th} (mg/g)	1311	9261	845	7654
R^2	0,9234	0,9413	0,8345	0,7231



Linearni oblik Thomasovog modela za adsorpciju arsena na a) Bayoxide[®]E 33 i b) AsMet

ZAKLJUČAK

- Imajući u vidu kvalitet ispitivane vode (u pogledu sadržaja arsena i komeptirajućih fosfata, ali i visoku pH vrednost) i učinak primenjenih komercijalnih adsorbenata u pogledu smanjenja sadržaja arsena dalja ispitivanja je potrebno usmeriti na optimizaciju samog procesa (korekcije pH vrednosti vode, uvođenje predtretmana i sl) ili pak ispitivanju tehnološke linije pripreme vode za piće, koja bi bila adekvatnija za dati kvalitet podzemne vode.
- Sveobuhvatno, dobijeni rezultati imaju veliki značaj sa aspekta dalje primene ovih materijala u realnom sistemu, obzirom da je odabir adekvatne tehnološke linije pripreme vode najbolje prvo razmotriti kroz laboratorijske eksperimente, pre svega dinamičke, kolonske a potom dalje kroz ispitivanja na poluindustrijskom pilot postrojenju.



laboratorija



poluindustrijska pilot



postrojenja