

Uspješnost uklanjanja arsena oksidacijskim postupcima pri preradi podzemne vode u Vodovodu Osijek

Romić, Željka; Pichler, Dubravko; Habuda-Stanić, Mirna; Kalajdžić, Brankica; Kuleš, Mirko

Source / Izvornik: Ružičkini dani : 13. međunarodni znanstveno-stručni skup Ružičkini dani "Danas znanost - sutra industrija" : zbornik radova, 2011, 481 - 488

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:109:673045>

Rights / Prava: [Attribution-ShareAlike 4.0 International](#)/[Imenovanje-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)





Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa
Prehrambeno-tehnološki fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
European Federation of Food Science and Technology

Međunarodni znanstveno-stručni skup

XIII. Ružičkini dani

“DANAS ZNANOST – SUTRA INDUSTRIJA”



16. i 17. rujna 2010.
Vukovar, Hrvatska

ZBORNİK RADOVA

Osijek, 2011.

ZBORNİK RADOVA XIII. Ružičkini dani
DANAS ZNANOST - SUTRA INDUSTRIJA
PROCEEDINGS 13th Ružička days
TODAY SCIENCE – TOMORROW INDUSTRY

Izdavači Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa (HDKI)
Published by *Faculty of Food Technology Osijek*
Croatian Society of Chemical Engineers

Glavni urednik Drago Šubarić
Chief Editor

Izvršna urednica Mirela Planinić
Executive Editor

Tehnička urednica Ivana Pavleković
Technical Editor

Tisak i uvez Grafika d.o.o.
Printed by

Naklada 200
Number of Copies

Osijek, 2011.

ISBN (PTF): 978-953-7005-26-9
ISBN (HDKI): 978-953-6894-43-7

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu
Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod brojem 130201016
*A CIP catalogue record for this publication is available from the
City and University Library Osijek under 130201016*

Scientific and Organizing Committee Drago Šubarić (chairman),
Srećko Tomas (vice-chairman),
Ante Jukić (vice-chairman),
Jurislav Babić, Mate Bilić, Ljubica Glavaš-Obrovac,
Vlado Guberac, Ivan Hubalek, Damir Ježek, Filip
Kljajić, Damir Magdić, Milena Mandić, Ivanka Miličić,
Ana Mrgan, Mira Nikolić, Ivana Pavleković, Mirela
Planinić, Milan Sak-Bosnar, Aleksandra Stjepanović,
Darko Vrbešić

Honorary Committee Ivan Butula, Petar Čobanković, Mirko Čavara, Radovan
Fuchs, Božo Galić, Marin Hraste, Zvonimir Janović,
Vlado Jerbić, Dragan Kovačević, Gordana Kralik,
Božidar Pankretić, Vlasta Piližota, Antun Pintarić, Đuro
Popijač, Jelenka Prelić, Mladen Proštenik, Željko Sabo,
Nenad Trinajstić

Under the Auspice of: Croatian Academy of Sciences and Arts
Department of Mathematical, Physical and Chemical
Sciences

Supported by: Ministry of Science, Education and Sports of the
Republic of Croatia

Ministry of Agriculture, Fisheries and Rural
Development of the Republic of Croatia

Ministry of Economy, Labour and Entrepreneurship of
the Republic of Croatia

Ministry of Regional Development, Forestry and Water
Management of the Republic of Croatia

Committee of the Economy of the Croatian Parliament

Croatian Academy of Engineering

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Vukovar-Srijem County

City of Vukovar

Uspješnost uklanjanja arsena oksidacijskim postupcima pri preradi podzemne vode u Vodovodu Osijek

UDC: 628.161.3 : 546.19 (497.543)

Ž. Romić^{1*}, B. Kalajdžić², M. Habuda-Stanić²,
D. Pichler¹, M. Kuleš²

¹VODOVOD-OSIJEK d.o.o., PJ Gradski vodovod, RJ Laboratorij, Poljski put 1, 31000 Osijek, Hrvatska

²Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Sažetak

Podzemna voda, koja je izvor pitke vode vodovodnog sustava grada Osijeka, svojim kemijskim sastavom ne zadovoljava standarde zdravstvene ispravnosti vode za piće zbog povišenog sadržaja organskih tvari, željeza, mangana, arsena i amonijaka. Poseban problem u tehnologiji obrade ove podzemne vode je povišena koncentracija arsena. Istraživanja pokazuju da je teško ukloniti trovalentni arsen klasičnim tehnologijama obrade vode, pa se u svrhu djelotvornijeg uklanjanja nameće potreba za oksidacijom izrazito toksičnog As(III) u manje toksičan As(V). Parametri koji kontroliraju pokretljivost arsena su pH i redoks-potencijal (pE). Elektrostatski naboj spojeva As(III) i As(V) značajno utječe na učinak procesa uklanjanja. Cilj ovog rada je izbor najpogodnijeg oksidacijskog postupka u svrhu osiguranja vode za piće odgovarajuće kakvoće. Rezultati ukazuju da oksidacijom osječke podzemne vode s 1,5 mgO₃/l uz dodatak 1,2 mgFe/l, koncentracija ukupnog arsena se smanji za oko 30 %, a koncentracija As(III) za 33 % od početne koncentracije, dok oksidacijom sa 3,0 mgO₃/l uz dodatak 1,2 mg Fe/l, koncentracija ukupnog arsena se smanji za oko 74 %, a koncentracija As(III) za 65 %. Oksidacijom 1 %-tnom otopinom KMnO₄ uz koagulant FeCl₃ uklanja se oko 85 % ukupnog arsena i 93 % arsena(III), dok uz koagulant polialuminij klorid ukupni arsen se uklanja 64 %, a arsen(III) 75 %.

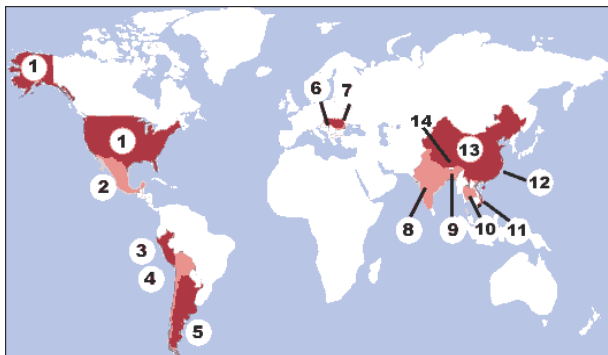
Ključne riječi: podzemna voda, oksidacija, tehnologija obrade vode, uklanjanje arsena

Uvod

Kakvoća podzemnih voda prvenstveno ovisi o hidro-geološkim, hidro-kemijskim i mikrobiološkim značajkama vodonosnika i njegove neposredne krovine odnosno podine. Zbog toga je detaljno poznavanje svih relevantnih čimbenika uvjet pravilnog odabira najpovoljnije metode kondicioniranja podzemnih voda, čija kakvoća ne odgovara predviđenoj namjeni da se upotrijebi kao voda za piće.

* zeljka.romic@vodovod.com

U mnogim zemljama svijeta, kao posljedica geološkog sastava tla, arsen se javlja u visokim koncentracijama u podzemnim vodama koje se koriste kao vode za piće (Slika 1).



Slika 1. Broj ljudi širom svijeta izloženih trovanju arsenom u vodi za piće
Fig. 1. Number of people around the world exposed to arsenic from drinking water

- (1. USA nepoznato – unknown, 2. Meksiko 400 000, 3. Čile 437 000, 4. Bolivija 20 000, 5. Argentina 2 000 000, 6. Mađarska i Hrvatska 20 000 7. Rumunjska 36 000, 8. Indija 1 000 000. 9. Bangladeš 50 000 000., 10. Tajland nepoznato – unknown, 11. Vijetnam 1 000 000, 12. Tajvan 200 000, 13. Kina 720 000, 14. Nepal nepoznato – unknown)

U sjevernom Čileu koncentracije arsena su u području od 100-1000 $\mu\text{g/l}$, a u jugoistočnoj Aziji (Bangladeš, Indija, Filipini, Tajvan) koncentracije arsena se kreću od 300-3400 $\mu\text{g/l}$ (Eisler, 1988; WHO, 2001).

Voda je jedan od glavnih oblika transporta arsena u okolišu. Njegova pojava u visokim koncentracijama u prirodnim vodama, najčešće je posljedica geološkog sastava tla, odnosno otapanja željeznih oksida i oksidacije arsenovih pirita, ali može biti i posljedica antropološkog djelovanja, odnosno uporabe herbicida i insekticida na bazi spojeva arsena, te nepropisnog odlaganja opasnog otpada teške industrije (Smedley i Kinniburg, 2002). Otapanje 245 različitih minerala, koji u svom sastavu imaju i arsen, najčešći je put njegovog unosa u podzemne vode.

Arsen je vrlo rasprostranjen u okolišu. U prirodi se javlja u četiri oksidacijska stanja kao arsin (-3), arsen (0), arsenit (+3) i arsenat (+5). U vodenim otopinama egzistira u dva oksidacijska stanja: kao trovalentni arsen u obliku arsenitne kiseline odnosno peterovalentni arsen u obliku arsenatne kiseline (Pongratz, 1998).

Brojnim je istraživanjima utvrđeno da je vrlo teško ukloniti trovalentni arsen klasičnim tehnologijama obrade vode, pa se u svrhu djelotvornijeg uklanjanja arsena iz vode često provodi oksidacija izrazito toksičnog As(III) u manje toksičan As(V). Za oksidaciju arsenita u arsenat primjenjuje se ozon, kisik, klor, kalij-permanganat i vodikov peroksid/ Fe^{2+} (Fentonov reagens).

Materijali i metode

Određivanje koncentracije ukupnog i trovalentnog arsena provedeno je anodnom stripping voltometrijskom tehnikom (ASV) (Kopanica i Novotny, 1998; Application Bulletin 226/2 e, 2003). Koncentracija arsena određivana je u 10 ml uzorka zakiseljenog sa 10 ml 30 % HCl, dok je za detekciju As(III) uz 30 % HCl korištena 1 % askorbinska kiselina (100 µl/10 ml uzorka). Za mjerenje je korišten elektrokemijski instrument *Methrom 757 VA Computrace* s bočno postavljenom rotirajućom zlatnom elektrodom.

Za određivanje pH vrijednosti korišten je pH metar *Metller Toledo*, Seven easy sa elektrodom InLab 413. Kalibracija je vršena dnevno, puferima pH 4,01, pH 7,00 i pH 9,21 (*Metller Toledo*).

Koncentracija ukupnog željeza je mjerena spektrofotometrijski pri 510 nm (UV/VIS spektrofotometar Lambda 20, Perkin Elmer) koristeći Ferower reagens (metoda DR/2000 Handbook, 2000). Provjera rada je vršena dnevno sa standardom željeza koncentracije 10 µg i 100 µg Fe/l (*Fluka*).

Koncentracija dvovalentnog željeza određivana je spektrofotometrijski na 510 nm uz korištenje reagensa Ferower 2 koji stvara narančasto obojenje proporcionalno koncentraciji Fe²⁺ na spektrofotometru proizvođača *Hach*, model DR/2000.

PAN metoda (DR/2000 Handbook, 2000) uz dodatak askorbinske kiseline, alkalnog cijanida i 0,1 % PAN reagensa koristila se za određivanje mangana. Mjerenja su rađena pri 560 nm na aparatu UV/VIS spektrofotometar Lambda 20, Perkin Elmer. Provjera metode je vršena dnevno sa standardom mangana koncentracije 50 µg Mn/l (Carlo Erba).

Za mjerenje mutnoće uzoraka korišten je turbidimetar (2100 P, Hach). Provjera rada turbidimetra vršena je dnevno sa standardom za mutnoću 5,34° NTU (Test kit Hach, Cat.No. 24641-05).

Boja uzoraka određivana je na laboratorijskom spektrofotometru proizvođača *Hach*, model DR/2000 primjenom platina-kobalt metode na 455 nm. Očitane vrijednosti iskazane su stupnjevima Pt-Co skale, a provjera aparata je vršena dnevno pripremljenim standardima od 10 i 30° Pt-Co skale.

Koncentracija ozona u kapljevitoj fazi određivana je sondom za mjerenje otopljenog ozona i indigo metodom (spektrofotometrijski). Korištena je sonda za mjerno područje 0-2 mg/l mjerne osjetljivosti 0,02 mg/l model Dulcotest OZE, *Prominent*.

Indigo metoda podrazumijeva da ozon u kiseloj sredini razgrađuje indigo, smanjujući s obzirom na prisutnu koncentraciju karakteristično obojenje. Prati se promjena apsorbancije kod $\lambda = 600$ nm. Za određivanje sadržaja otopljenog ozona indigo metodom koristio se spektrofotometar proizvođača *Hach*, model DR/2000, metoda Acu Vac DR/2000 Handbook.

Rezultati i rasprava

Pilot ispitivanja oksidacije ozonom u Pogonu za proizvodnju vode

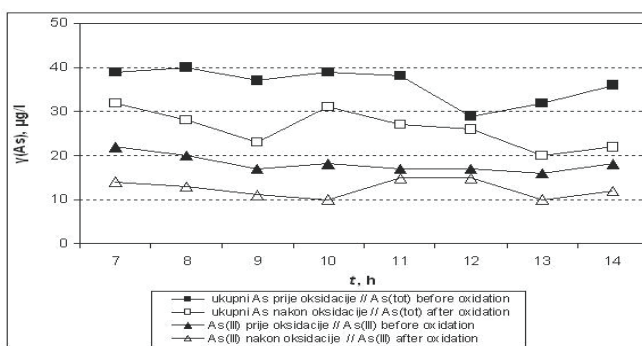
Za potrebe praćenja oksidacije arsena ozonom u Pogonu za proizvodnju vode za piće postavljeno je pilot-postrojenje. Ispitivanja oksidacije s ozonom u ovom slučaju provedena su na već obrađenoj, filtriranoj vodi.

Koncentracija ozona bila je 1,5 mgO₃/l za prvo ispitivanje te 3,0 mgO₃/l za drugo uz dodatak 1,2 mgFe/l u oba slučaja.

Početna vrijednost koncentracije ukupnog arsena iznosila je 37,5 µg As/l, a As (III) 17,5 µg /l. Boja vode iznosila je 15,3° Pt Co-skale, mutnoća 0,26° NTU, a pH vrijednost 7,48.

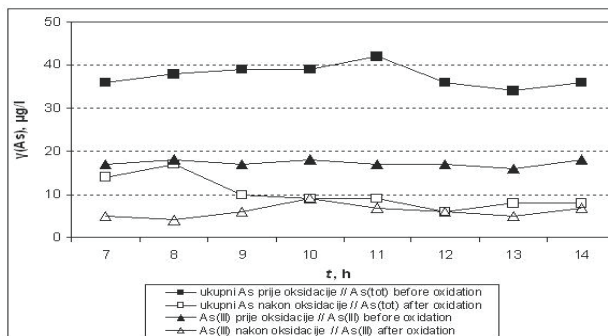
Pregledom rezultata oksidacije ozonom provedene na pilot postrojenju u Pogonu za proizvodnju vode za piće pri koncentracijama od 1,5 mg O₃/l odnosno 3,0 mg O₃/l uočava se bitna razlika u uspješnosti oksidacije i smanjenja parametra boje vode.

Nakon oksidacije vode ozonom koncentracije 1,5 mg O₃/l, koncentracija ukupnog arsena smanjila se na 26 µg As/l, a koncentracija As(III) na 12,5 µg As/l (Slika 2). Ujedno se uočava da je došlo do povećanja mutnoće vode na 0,365° NTU te neznatnog smanjenja boje vode i pH vrijednosti.



Slika 2. Koncentracija arsena prije i nakon oksidacije s 1,5 mg O₃/l (uz dodatak 1,2 mg Fe/l)
Fig. 2. Arsenic concentration before and after oxidation with 1.5 mg O₃/l (1.2 mg Fe/l added)

Pri oksidaciji s 3,0 mgO₃/l koncentracija ukupnog arsena se smanjila na 9,8 µg As/l, a koncentracija As(III) na srednju vrijednost od 6,3 µg As/l (Slika 3).



Slika 3. Koncentracija arsena prije i nakon oksidacije s 3,0 mg O₃/l (uz dodatak 1,2 mg Fe/l)
Fig. 3. Arsenic concentration before and after oxidation with 3.0 mg O₃/l (1.2 mg Fe/l added)

Oksidacija ozonom utjecala je na poboljšanje boje vode i srednja vrijednost je iznosila 9,8° Pt Co-skale, ali je došlo do 100 %-tnog povećanja mutnoće boje vode na 0,582° NTU. pH vrijednosti nisu se značajnije mijenjale.

Oksidacijom sa 1,5 mg O₃/l, koncentracija ukupnog arsena se smanji za oko 30 %, a koncentracija As(III) za 33 %, dok oksidacijom s 3,0 mgO₃/l, koncentracija ukupnog arsena se smanji za oko 74 %, a koncentracija As(III) za 65 %.

Očito je da ozon oksidira As(III) u As(V) i u toj se formi kod uobičajenih pH vrijednosti lakše adsorbira na nastale flokule željezovog hidroksida. Dakle pretpostavivši da je primjenom nekog oksidansa sav trovalentni arsen prešao u peterovalentni, uspješnost procesa uklanjanja isključivo ovisi o sadržaju koagulanata koji se dodaje u vodu. Pojedini su autori pratili uspješnost oksidacije arsena s ozonom te došli do zaključka da je ozon je vrlo učinkovit u oksidaciji As(III), a potpuna oksidacija u nekim slučajevima postignuta je za manje od 15 sekundi. Također je uočeno da učinak oksidacije As(III) opada u slučaju kad su u vodi otopljeni mangan, željezo i sulfidi (Kim i Nriagu, 2000).

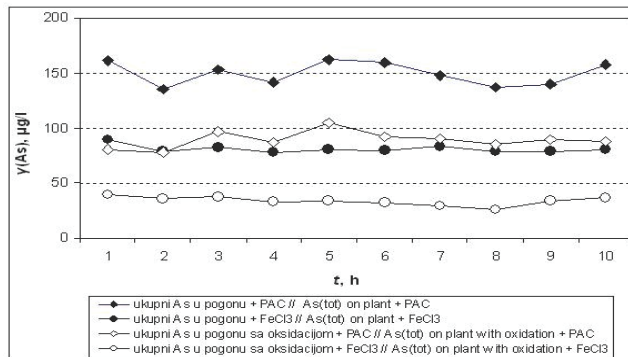
Ozonizacija je uzrokovala smanjenje vrijednosti pokazatelja boje vode jer dolazi do oksidacije organskih tvari koje uzrokuju pojavu boje i neugodnog okusa i mirisa vode. Nastali oksidacijski nusprodukti su polarne organske molekule koje se zatim veoma lako apsorbiraju na precipitiranim flokulama koagulanata i na taj način uklanjaju iz vode.

Pilot ispitivanja u Pogonu za proizvodnju vode za piće oksidacijom otopinom KMnO₄ uz koagulanate FeCl₃ i PAC

Pilot ispitivanja provedena su u Pogonu za proizvodnju vode za piće uz oksidaciju 1 %-tnom otopinom KMnO₄ uz korištenje različitih koagulanata. Za koagulaciju su korišteni željezo(III) klorid i polialuminij klorid (PAC).

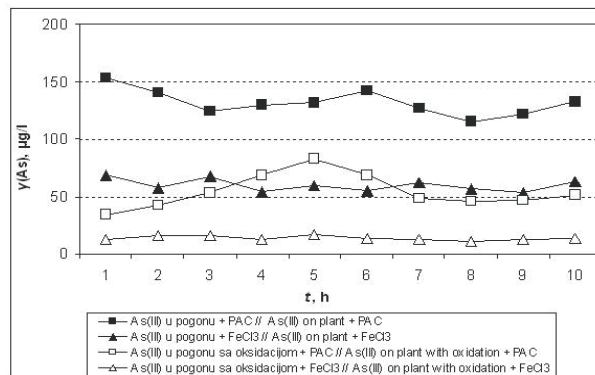
U zbirnom uzorku nepreradene podzemne vode koncentracija ukupnog arsena iznosila je 243,7 $\mu\text{g As/l}$, a koncentracija As(III) 212,6 $\mu\text{g /l}$.

Prosječna vrijednost koncentracije ukupnog arsena na pilot liniji gdje se obrada provodila uz koagulant FeCl_3 , a bez oksidacije iznosila je 81,021 $\mu\text{g As/l}$, dok je na liniji s oksidacijom iznosila 33,86 $\mu\text{g As/l}$ (Slika 4).



Slika 4. Koncentracija ukupnog arsena nakon obrade s FeCl_3 i PAC bez i s oksidacijom s 1 %-tnom otopinom KMnO_4
Fig. 4. Total arsenic concentration after treatment with FeCl_3 and PAC without and with oxidation using 1 % KMnO_4 solution

Prosječna koncentracija arsena(III) na istoj pilot liniji bez oksidacije iznosila je 59,53 dok je nakon oksidacije koncentracija iznosila 13,74 $\mu\text{g As/l}$ (Slika 5).



Slika 5. Koncentracija arsena(III) nakon obrade s FeCl_3 i PAC bez i s oksidacijom s 1 %-tnom otopinom KMnO_4
Fig. 5. Arsenic(III) concentration after treatment with FeCl_3 and PAC without and with oxidation using 1 % KMnO_4 solution

Pilot linija s PAC-om imala je puno lošiji rezultat, te je ukupni arsen na liniji bez oksidacije iznosio 149,67 µg As/l, a na pilot-liniji s oksidacijom 87,21 µg As/l (Slika 4). Prosječna koncentracija As(III) na pilot liniji bez oksidacije uz PAC iznosila je 131,3 µg As/l, a na liniji s oksidacijom 54,25 µg As/l (Slika 5).

Prikazani rezultati ukazuju da je pri istim uvjetima uspješnija oksidacija 1 %-tnom otopinom KMnO₄ uz koagulant FeCl₃ pri čemu se uklanja oko 85 % ukupnog arsena i 93 % od početne koncentracije As(III), dok se uz koagulant PAC uklanja 64 % ukupnog arsena i 75 % As(III). Bez oksidacije uz koagulant FeCl₃ uklanja se 66 % ukupnog arsena i 73 % As(III), a s PAC-om bez oksidacije uklanja se 39 % ukupnog arsena i 40 % As(III).

Kako je As(III) mnogo toksičniji od As(V) i organskih vrsta arsena, oksidativni tretman podzemne vode s kemikalijama može poslužiti za smanjenje toksičnosti arsena olakšavajući njegovo uklanjanje iz vode. (Edwards, 1994; Hering et al., 1996).

Zaključak

U bogatoj ponudi tehnoloških rješenja vrlo je teška i odgovorna zadaća investitora da odabere najbolji postupak. Neovisne temeljite analize mogućih tehnoloških rješenja, uz odgovarajuća ispitivanja i provjere pomoću pilot-postrojenja mogu pri odabiru tehnologija znatno smanjiti rizik krivog investiranja. Osim što se treba osigurati voda odgovarajuće kakvoće, odabrani tehnološki postupak za uklanjanje arsena mora zadovoljiti i još dva nužna kriterija: dostupan nivo ulaganja i cijenu vode koja će biti dostupna potrošačima. Oksidacijom osječke prerađene podzemne vode sa 1,5 mgO₃/l uz dodatak 1,2 mgFe/l, koncentracija ukupnog arsena se smanji za oko 30 %, a koncentracija As(III) za 33 %, dok oksidacijom sa 3,0 mgO₃/l koncentracija ukupnog arsena se smanji za oko 74 %, a koncentracija As(III) za 65 %.

Oksidacijom neprerađene podzemne vode s 1 %-tnom otopinom KMnO₄ uz koagulant FeCl₃ uklanja se oko 85 % ukupnog arsena i 93 % arsena(III), dok uz koagulant PAC ukupni arsen se uklanja 64 %, a arsen(III) tek 75 %. Primjenom koagulanta FeCl₃ bez oksidacije uklanja se 66 % ukupnog arsena i 73 % arsena(III), a s PAC-om bez oksidacije uklanja se 39 % ukupnog arsena odnosno 40 % od početne koncentracije arsena(III).

Literatura

- Application Bulletin 226/2 e (2003): Determination of arsenic by ASV at the rotating gold electrode, Metrohm, Zürich.
- DR /2000 Spectrophotometer Handbook (2000), Loveland, USA.
- Edwards, M.(1994): Chemistry of arsenic removal during coagulation and Fe-Mn oxidation, *J. Am. Water Works. Assoc.* 86 (9), 64-78.
- Eisler, R. (1988): Arsenic, Hazards to Fish, Wildlife and Invertebrates: A Synoptic Review, *Contaminant Hazard Reviews* 12, 92-99.
- Hering, J.G., Chen,P.Y., Wilkie, J.A., Elimelech, M., Liang, S.(1996): Arsenic removal by ferric chloride, *J. Am. Water Works Assn.*, 88(4), 155-167.

- Kim, M.J., Nriagu, J. (2000): Oxidation of arsenite in groundwater using ozone and oxygen. *Sci. Total Environ.* 47, 71-79
- Kopanica, M., Novotny, L. (1998): Determination of traces of arsenic(III) by anodic stripping voltametry in solutions, natural waters and biological material, *Anal. Chim. Acta*, 3, 211-218
- Pongratz, R. (1998): Arsenic Speciation in Environmental Samples of Contaminated Soil, *Sci. Total Environ.*, 224, 133-141
- Smedley, P.L., D.G Kinniburgh, D.G. (2002): A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters, *Appl. Geochem.* 17, 517-568
- World Health Organisation, Environ. Health Criteria 224(2001): Arsenic and Arsenic Compounds, 2nd ed., WHO, Geneva

The efficiency of arsenic removal using oxidation processes in the well water treatment in Vodovod-Osijek

Ž. Romić¹, B. Kalajdžić², M. Habuda-Stanić²,
D. Pichler¹, M. Kuleš²

¹VODOVOD OSIJEK d.o.o., PJ Municipal Waterworks, RJ Laboratory, Poljski put 1, 31000 Osijek, Croatia

²University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek, Croatia

Summary

Well water, which is used for water-supply of the city of Osijek, generally does not meet health standards for drinking water due to the high content of organic matter, iron, manganese, arsenic and ammonia. A particular problem in the treatment process of this well water is arsenic. Researches show that it is difficult to remove trivalent arsenic with conventional water treatment technologies, and it appears an inevitable need for the oxidation of highly toxic As(III) to less toxic As(V). The parameters that control the mobility of arsenic are pH and redox-potential (PE). Electrostatic charge of As (III) and As(V) significantly affect the removal process. The purpose was to find the most appropriate oxidation process to ensure adequate water quality. The results suggest that oxidation of the Osijek groundwater with 1.5 mgO₃/l with the addition of 1.2 mgFe/l decreases total arsenic concentration for about 30 % and As(III) for 33 % of initial concentration, while oxidation with 3.0 mgO₃/l with the addition of 1.2 mgFe/l, decreases total arsenic concentration for about 74 %, and As(III) for 65 %. About 85 % of total arsenic and 93 % of arsenic(III) are removed when 1 % KMnO₄ solution with coagulant FeCl₃ is used, while the polyaluminium chloride coagulant removes 64 % of total arsenic and 75 % of arsenic (III).

Keywords: well water, oxidation, processing technology, arsenic removal