

## Fotogalvanski nanomaterijali

U prirodi su već dugo poznati kristali koji pri jednoličnom osvjetljavanju proizvode električnu struju. Taj fotogalvanski efekt predstavlja makroskopsku manifestaciju nedostajanja centralne simetrije u mikroskopskoj strukturi. Sa sveučilišta Lund, Švedska, javljaju da su istraživači razvili analogan nanomaterijal s nelinearnom elektronskom funkcionalnošću. Pri tome je interesantno da se pojedini sastavni dijelovi mogu izraditi jednostavnim izrezivanjem odgovarajućih komada iz materijala. Na taj se način mogu izraditi dijelovi koji služe kao vrlo osjetljivi detektori ili senzori za GHz-, Thz- a eventualno i infracrvene signale. Kao moguća primjena navode se telekomunikacije i uređaji za noćno motrenje.

I. J.

## Minijaturna pumpa od silicija

Na institutu Fraunhofer, München, Njemačka, izradili su pumpu veličine manje od novčića koja se u potpunosti sastoji od silicija. Zahvaljujući odličnim mehanoelastičnim svojstvima od silicija su izrađene i membrane. Ti uređaji rade uz neznatno trošenje i umor materijala dugo i pouzdano s medijima bez čestica. Za tim minijaturnim pumpama postoji potražnja u biotehnologiji i laboratorijskoj tehnici. Sadašnja cijena takve minijaturne pumpe iznosi oko 200 Eura. Pogonski uređaj za tu pumpu stoji oko 250 Eura.

I. J.

# zaštita okoliša

Uređuje: Vjeročka Vojvodić

## Čistije vode

*Iz časopisa Chemistry in Britain od svibnja 2003. godine prenosi-mo članak autora Martina Kimbera, koji odgovara na sve učestali-ja pitanja: "Što tvrtke trebaju učiniti da osiguraju zdravu pitku vo-du i dovoljno čiste otpadne vode koje se mogu otpuštati u rijeke i mora?"*

Istraživanje voda i obrada otpadnih voda u Velikoj Britaniji za-počelo je davne 1858. godine. To je bila najtoplija od tad zabi-lježena godina, što je u kombinaciji s već prisutnim onečišće-njem rijeke Temze dovelo do stvaranja anaerobnih uvjeta u rijeci i po zlu poznatog "velikog smrada". Smrad je bio prouzročen pomanjkanjem kisika potrebnog za razgradnju organske tvari te pojavom masovne proizvodnje vodikova sulfida i drugih plinova. Od tada se stanje počelo poboljšavati.

Još prije nekoliko stoljeća voda se uz zrak, vatru i zemlju smatra-la temeljnim elementom. Također, ne tako davno, smatralo se da je kvalitetna, zdrava voda za piće po sebi razumljiva blagodat, a brige zbog korištenja izvora pitke vode kao odlagališta različitog otpada gotovo da i nije bilo. Procesi industrijalizacije i urbaniza-cije u 19. stoljeću doveli su do velikog zagađivanja rijeka, poseb-no uz velike gradove. Bolesti prouzročene konzumiranjem vode slabe kakvoće postale su uobičajena pojava, a pojavio se i pro-blem osiguravanja dovoljnih količina zdrave, pitke vode. Uspr-kos pojavama "smrdljivih voda", jedan je drugi događaj utjecao na promjene ponašanja vezane za pitanja zdrave vode. Bila je to epidemija kolere 1854. godine koju je izazvala voda zagađena otpadom iz septičkih jama.

Sredinom devetnaestog stoljeća donesen je zakon o korištenju vode rijeke Temze iz gornjeg toka s čistijom vodom, koja nije pod utjecajem plime i oseke, uz obavezno filtriranje prije upo-trebe za piće. U isto vrijeme glavni inženjer postao je Joseph Ba-zalagette, koji je konstruirao odvodni kanal za odvođenje otpada u donji dio ušća rijeke Temze, iz kojeg se otpad pomoću plime uklanjao iz riječnog toka.

I na kraju, iznenađujuće je što sve do nedavno nisu bili utvrđeni standardi o kakvoći pitke vode, nego je postojao samo općeniti zahtjev da pitka voda mora biti zdrava. Tek polovicom 20. sto-

ljeća uspostavlja se mikrobiološki standard koji uzima koliformne bakterije i *E.coli* kao indikacijske organizme: prisustvo tih bak-terija indikator je fekalnog zagađenja voda. Tijekom 1950. godi-ne Svjetska zdravstvena organizacija započela je s uvođenjem standarda za kemikalije koje se nalaze u vodi, a u nastavku je 1980. godine tadašnja Europska zajednica utvrdila tzv. Uputstva o pitkoj vodi (engl. EC Drinking Water Directive). Ti su zahtjevi uključeni u zakone u Velikoj Britaniji 1988. godine. Tada je prvi put u Velikoj Britaniji zdrava voda definirana brojčanim stan-dardima.

Tijekom 1998. godine Direktiva je u okviru Europske unije revi-dirana te su utvrđene promjene u standardima o kvaliteti voda.

## Procesi obrade

Unapređivanje postupaka obrade voda utjecalo je i na bolje ra-zumijevanje kemijskih i fizikalnih aspekata vode kao i na po-boljšanje definicije "zdrave vode". Prvi primijenjeni postupci obrade vode uključivali su polaganu filtraciju vode kroz pješčane filtre. Kroz pješčane filtre prolazila je voda dovoljno sporo da se dijelom čistila fizičkim odstranjivanjem nečistoća i, što je pu-no važnije, čistila se i biološkim procesima unutar biološkog materijala formiranog na površini pijeska. Ti filtri čistili su se sva-kih nekoliko tjedana uklanjanjem gornjeg sloja. Postupak fil-tracije kroz pijesak učinkovit je, ali ne dezinficira vodu. Tako-đer je neprikladan za vode koje sadrže veće koncentracije kru-tih tvari jer se pore filtra brzo začepuju uklonjenim mate-rijalom.

Početkom i sredinom dvadesetog stoljeća postupci obrade vo-da unaprijeđeni su te se mnoge relativno zagađene nizinske riječne vode nakon pročišćavanja mogu koristiti kao izvori pitke vode.

Glavni postupci obrade voda uključuju procese:

- koagulacije za destabilizaciju koloidne tvari u vodi
- flokulacije za sprečavanje formiranja velikih, lako sedimentira-jućih čestica

– flotacije

– brzu filtraciju gravitacijom pomoću pješčanih filtara velikog kapaciteta za fizičko uklanjanje krutih tvari (čiste se dnevno protustrujnim ispiranjem zrakom ili vodom)

– dezinfekcije pomoću plinovitog klora ili otopinom Na-hipoklorita. Do 1990. godine običavalo se dezinficirati sirovu, neobrađenu vodu, no zbog stvaranja štetnih trihalometana od te se prakse odustalo.

Kroz dugo vremensko razdoblje tako pročišćena voda smatrala se zdravom. Međutim, opisani postupci uklanjaju samo krute čestice i ne zadovoljavaju neke od numeričkih standarda utvrđenih prvom Direktivom Europske unije. Posebno se to odnosi na загаđivala iz grupa pesticida i trihalometana. Radi toga u zadnjih deset godina prošlog stoljeća započinje široka primjena unaprijeđenih postupaka obrade pitkih voda pomoću granuliranog aktivnog ugljena i ozona, a ključni standard bio je određen za pesticide i iznosio je 0,1  $\mu\text{g/L}$  za pojedinačni pesticid te 0,5  $\mu\text{g/L}$  za ukupne pesticide.

Tijekom devedesetih široko su primjenjivani herbicidi simazin i atrazin, osim ostalog i za suzbijanje korova na željezničkim tračnicama. Kao nerazgradljive tvari pronađene su u površinskim i podzemnim vodama, dok su drugi pesticidi određivani u manjim količinama. To znači da se postupkom obrade pitke vode procesima adsorpcije na aktivnom ugljenu i ozoniranjem ne mogu tretirati bilo koje vode i udovoljiti traženim standardima.

Revidirana Direktiva o vodama počela se primjenjivati 1998. godine, a temeljila se na znanstvenim istraživanjima prihvatljivog dnevnog unosa kemikalija kao i prihvatljive količine koja se unosi konzumiranjem pitke vode (prikaz u tablici 1).

Tako su uvedeni neki novi, prihvatljivi standardi, a posebno se to odnosi na olovo, jer su dva stupnja smanjene dopuštene koncentracije u pitkoj vodi, od do sada važećih 50  $\mu\text{g/L}$  na 10  $\mu\text{g/L}$  do 2013. godine, zatim novi standardi za bromate do 19  $\mu\text{g/L}$  te za arsen do 20  $\mu\text{g/L}$ .

U slučaju kada je u vodi prisutan brom u obliku bromida, ozoniranjem vode brom prelazi u bromat, a koncentracija nastalog bromata ovisi o dozi upotrebljenog ozona, o vremenu kontakta vode i ozona te o pH otopine.

Za bolju učinkovitost ozona u procesu oksidacije organskih kemikalija u vodi primjenjuje se kombinacija ozona i vodikovog peroksida ili UV svjetla, čime se dobiva više slobodnih hidroksil-radikala. U praksi se ipak pokazalo da za sada nije potrebno

primjenjivati pojačano ozoniranje vode premda će u budućnosti za postizanje standarda o kvaliteti vode, za kemikalije koje se samo uz ozon ne mogu razgraditi, to biti potrebno.

Prema sadašnjim saznanjima o tehnologijama obrade vode prema zdrave pitke vode odvijat će se uz primjenu membranskih procesa, bilo postupkom ultrafiltracije ili postupkom reverzne osmoze. Kod reverne osmoze pomoću povećanog tlaka kroz polupropusnu membranu prevladava se osmotski pritisak te se izdvaja čista ili gotovo čista voda iz slane otopine. Proces radi na molekularnoj/ionskoj skali te uključuje difuziju. Ultrafiltracija je fizikalni proces kojim se voda filtrira pomoću vrlo finih filtara za uklanjanje svih neotopljenih tvari. Ultrafiltracija se već sada često primjenjuje za uklanjanje oocista *Cryptosporidium* manjih od 5  $\mu\text{m}$ . Sada se u Velikoj Britaniji postupak reverzne osmoze sve više primjenjuje, posebno na jugoistoku zemlje, gdje su zahtjevi za vodom porasli, a izvori su prorijeđeni.

I na kraju, što učiniti s predrasudama o upotrebi vode za piće dobivene obradom otpadnih voda. Takav postupak dobivanja pitke vode zanimljiv je sa stajališta vođenja procesa. S druge strane, ako se na primjer razmatra dobivanje pitke vode iz slane vode, troškovi energije za dobivanje vode postupkom reverzne osmoze izravno su ovisni o slanosti vode koja se obrađuje, pa je ekonomično pročišćavati otpadne vode niskog saliniteta. Međutim, još uvijek je prisutna bojazan o učincima tako dobivene vode na zdravlje jer se još uvijek ne zna dovoljno o nekim bolestima i putevima kojima se prenose. Zbog toga je teško predvidjeti hoće li se izravno pročišćavanje efluenata ikada primjenjivati za dobivanje pitke vode premda bi to mogla biti dobra prilika za gusto naseljene otoke. Bez obzira na tu mogućnost, razni postupci obrade otpadnih voda učinili su rijeke u Velikoj Britaniji u posljednja dva desetljeća znatno čistijim.

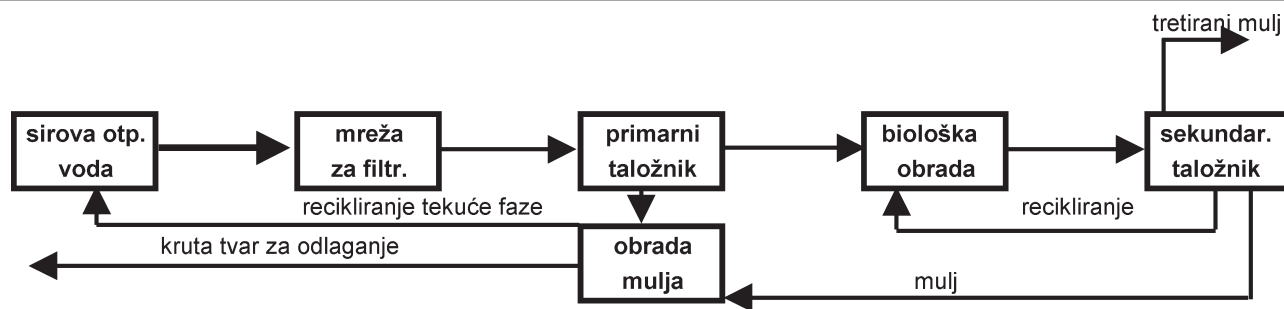
Legislativa je u Velikoj Britaniji bila glavni promotor ogromnih investicija za obradu otpadnih voda i to ponajprije poslije uredbe o pročišćavanju od 1975. godine, uz dodatni zamah koji se dogodio poslije 1991. godine nakon donošenja Uredbe o obradi gradskih otpadnih voda.

### Što s otpadom

Obrada otpadnih voda iz domaćinstava u posljednjih se 100 godina bitno promijenila. Uobičajeni postupci obrade prikazani na slici 1 uključuju uklanjanje krupnog otpada pomoću mreža, sedimentiranje težih čestica te uklanjanje gustih nakupina, posebno biološkog materijala u tanku za sedimentaciju. Obično se u opisanim postupcima ne upotrebljavaju sredstva za koagulaciju,

Tablica 1 – Dopušteni dnevni unos određenih kemikalija (DDK) u vodotoke (nije pronađena koncentracija sa štetnim djelovanjem – engl. DDL)

Kemikalija	DDK	Komentar
Nikal	oko 5 mg/d/kg tj.tež.	glavni izvor: dim i hrana
Nitrati	3,7 mg/d/kg tj.tež.	niža konc. za bebe s rizikom od metaloglobinemije (sindrom plave bebe)
Uran	0,6 $\mu\text{g/d/kg}$ tj.tež.	glavni izvor: hrana
Mikrocistin-LR	0,04 $\mu\text{g/d/kg}$ tj.tež.	toksin koji proizvode plavo-zelene alge
EDTA	1,9 mg slob.kis./d/kg tj.tež.	glavni izvor hrana i proizvodi za osobnu njegu
Karbofuran	2,2 $\mu\text{g/d/kg}$ tj.tež.	glavni izvor vjerojatno je hrana
Cianazin	0,2 $\mu\text{g/d/kg}$ tj.tež.	voda i hrana potencijalni su izvori
2,4 D (2,4-diklor-fenokciostena kis.	0,01 mg/d/kg tj.tež.	voda i hrana potencijalni su izvori
Glikofosfat	1,75 mg/d/kg tj.tež.	glavni izvor vjerojatno je hrana
Kloroform	13 $\mu\text{g/d/kg}$ tj.tež.	izvori su zrak i voda



Slika 1 – Shema procesa za obradu pitkih i otpadnih voda

osim u slučaju nedovoljnog prostora ili kod rada sa zagađenijim vodama.

Za biološku obradu otpadnih voda primjenjuje se biomasa pri-pojena učvršćenom mediju ili biomasa suspendirana u vodi. U tanku za biološku obradu uvodi se kisik upuhivanjem zraka ili pomoću površinskih mehaničkih aeratora.

Iz sekundarnog taložnika uklanja se biomasa nastala tijekom bio-loške obrade i dio se vraća u proces, a dio odlazi na dodatnu obradu.

Tercijarna obrada obično uključuje neke oblike pješčanih filtara i primjenjuje se za smanjenje krute faze. Kad se obrađeni otpad ponovno upotrebljava, primjenjuje se dezinfekcija pomoću klor-a, ozona ili UV zračenja.

Postupci obrade koji kombiniraju fizikalne i biološke postupke na kraju mogu dati otpad visoke kvalitete, za koji se prije smatra-lo da se može odlagati u rijeke. Danas se međutim mora voditi računa o posljedicama prekomjernog unošenja hranjivih tvari iz obrađenog mulja u vode.

Otpad sadrži i dušik u obliku amonijaka: dnevni doprinos po glavi stanovnika iznosi oko 5 grama (izraženo u obliku duši-ka). Biološkom obradom lako se oksidacijom prevodi u nitra-te koji uz spojeve fosfora predstavljaju jedan od ključnih hranji-vih sastojaka koji utječu na prekomjerni razvoj i cvjetanje alga u vodi.

Nitrati se mogu ukloniti uvođenjem anoksičnog biološkog reaktora u kojem biomasa nitrata koristi kao izvor kisika. Postupak denitrifikacije široko se primjenjuje u posljednjih tridesetak godi-na, dok se uklanjanje fosfora tek nedavno počelo primjenjivati u praksi.

Fosfati se lako uklanjaju u obliku netopljivih soli precipitacijom uz dodatak soli aluminija ili željeza. Nedostatak je postupka u relativno visokoj cijeni obrade te u činjenici da je konačni proiz-

vod kemijski otpad. Zbog toga biološka obrada otpadnih voda ima prednost.

Također, u budućnosti će se iz obrađenog otpada morati ukla-njati tvari koje mijenjaju spol riba putem endokrinog sustava. Među tvarima koje oštećuju endokrini sustav riba nalazi se estro-gen i čitav niz drugih kemikalija. Nedavna su istraživanja pokaza-la da neke kemikalije u koncentracijama oko 1 ng/L mogu utje-cati na ribe. Premda su neke od tih kemikalije obuhvaćene propisanim standardima, kao na primjer nonilfenol s najvećom do-puštenom koncentracijom u slatkim vodama od 3,5 µg/L, ipak većina još nije obuhvaćena propisima o dopuštenim koncentra-cijama u vodi. Također, sadašnji standardi možda ni ne mogu zaštititi ekosustave voda jer se oštećenja endokrinog sustava mo-gu javljati u prisustvu kemikalija s koncentracijom nižom od propisanih standarda. S obzirom na moguće vrlo visoke troškove obrade otpadnih voda tvarima koje oštećuju endokrini sustav, vjerojatno će biti povoljnije zabraniti upotrebu tih sredstava i na taj način spriječiti njihov ulazak u ekosustave voda.

Cijena obrade postala je izuzetno važna. Konvencionalni postup-ci obrade zahtijevaju veliku potrošnju energije te proizvode veli-ke količine mulja čija je obrada skupa. Oba se problema javljaju kod aerobne obrade otpadne vode. Za uvođenje kisika u reaktor troši se velika količina energije i, s druge strane, aerobni organiz-mi proizvode puno težu biomasu po jedinici uklonjenog otpada nego anaerobni organizmi. Anaerobni organizmi, osim što ne trebaju kisik, kao konačni produkt razgradnje proizvode korisni plin metan. Zato će vjerojatno između raznih načina obrade ot-padnih voda prevagnuti anaerobni postupak. Nedostatak je ana-erobnog postupka spori rast biomase te što se proces odvija vrlo sporo kod niske temperature. Anaerobna obrada otpadnih voda pogodnija je zato za industrijske otpadne vode i u geografski to-plijim predjelima. Za sada se u Velikoj Britaniji taj postupak još uvijek šire ne primjenjuje.

U tablici 2 prikazani su neki datumi vezani za obradu pitkih i ot-padnih voda.

Tablica 2 – Ključni datumi vezani za obradu voda i otpadnih voda

Datum (aprosks)	Obrada otpada	Obrada vode za piće
1500. p.n.e.		U starom Egiptu: alaun za bistrenje vode
1850.	kemijska precipitacija	primjena pješčanih filtra/spora filtracija
1880.		Louis Pasteur: teorija o mikrobima, primjena koagulacije i brze filtracije kroz pješčane filtere
1900.	primjena bioloških filtra	dezinfekcija vode kloriranjem
1915.	proces s aktivnim muljem	dezinfekcija vode ozonom (Europa)
1950.	roritajući sustav/biološki kontakt	
1990.	uklanjanje nutrijenata	

### Water environment research foundation: Nove knjige u 2003. godini u izdanju IWA Publishing:

(Dodatne obavijesti dostupne su na internet adresi:  
www.iwapublishing.com)

- Activated Sludge Separation Problems
- Advanced Oxidation Processes for Water and Wastewater Treatment
- Analytical Models to Evaluate Natural
- Assessing Microbial Safety of Drinking Water
- Asian Water Supplies
- Attenuation of Groundwater Pollutants
- Biofilms in Wastewater Treatment
- Biofilms in Medicine, Industry and Environmental Technology
- Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions
- Environmental Information in European Transboundary Water Management
- Environmental Management in the Tropics
- Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety
- Instrumentation, Control and Automation in Wastewater Systems
- Improving Water Management
- Losses in Water Distribution Networks
- Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking, Foaming and other Solids Separation Problems
- Microbiological Water Quality in Piped Distribution Systems
- New Parameters to Determine the Scaling Propensity of Water
- Organic Compounds and Genotoxicity in Drinking Water
- Our World of Water
- Performance Indicators for Wastewater Services
- Phosphorus in Environmental Technologies
- Principles of Water and Wastewater Treatment Processes
- Pond Treatment Technology
- Sampling for Measurement of Odours
- Solids in Sewers
- Wastewater Treatment Plant Design
- Water in China

## društvene vijesti

### Uz 100. obljetnicu prve volframove žarulje

*U travnju 2003. navršilo se sto godina od prvog patenta A. Justa i F. Hanamana DRP 154 262 kojim se opisuje postupak dobivanja volframovih niti supstitucijom. Kako je jedan od ravnopravnih izumitelja tog epohalnog otkrića bio kemijski inženjer i utemeljitelj kemičko-inženjerskog studija u Hrvatskoj Franjo Hanaman, podsjetit ćemo čitatelje na taj važan izum u razvoju električnih žarulja te na Hanamanovu ulogu u razvoju visokoškolske tehničke izobrazbe u nas.*

Premda se prvi pokušaji iskorištavanja električne struje za rasvjetu javljaju u prvoj polovici devetnaestog stoljeća,<sup>1</sup> a javna je rasvjeta prvi puta iskušana 1872.,<sup>2</sup> prioritet u razvoju električnih izvora svjetlosti pripada ipak T. A. Edisonu<sup>3</sup> koji je, služeći se iskustvom svojih prethodnika, 1879. u New Yorku izumio električnu žarulju s ugljenom žarnom niti u vakuumu. Unatoč njezinim nedostacima uzrokovanim krhkošću ugljene niti i velikom potrošnjom električne energije od 3,5 W/HS<sup>4</sup> žarulja je doživjela uspjeh i primjenu.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>1841. prijavljen je u Engleskoj prvi patent za električnu žarulju. Prve žarne niti izradivale su se iz retornog ugljena, da bi J. W. Swan 1850. proizveo ugljenu nit žarenjem celuloznih vlakana u vakuumu.

<sup>2</sup>zahvaljujući ruskom izumitelju A. N. Lodiginu.

<sup>3</sup>Thomas Alva Edison (1847.-1931.), izumitelj

<sup>4</sup>Hefnerova svijeća, prema Friedrichu von Hefner-Altenecku (1845.-1904.) jedinica jakosti svjetla. Prema međunarodnom sustavu jedinica (SI) jedinica intenziteta svjetlosti je kandela (cd).

<sup>5</sup>Javna rasvjeta sa 112 Edisonovih žarulja prvi puta je postavljena 1880. na parobrodu "Columbia".



Franjo Hanaman