

reaktor IDEJA 4

službeno glasilo Studentske Sekcije HDKI-ja | vol 3

siječanj 2019.

Od samoga početka, ljudi su imali razne ideje, filozofije, vjerovanja, provodili su pokuse i istraživanja kako bi mitove približili stvarnosti. Ljudi su kroz znanost proučili kakvog ga znamo, postoji zbog uspijeha koja je privukla njihovu pozornost i u svoj posao, pomogli su im različitim izumima, učinivši Aristotel je bio genijalac se biologijom, zoologom i znanje u različitim tekstovima sačuvarao normu za daljnji tek u zajednici znanstvenika koji su se pobili u teoriji i u praksi. Batio se običnim, praktičnim problemima, koji su bili primjenjivani na mnogim



VODA ZA PIĆE KROZ POVIJEST

STR. 1

PROČIŠĆAVANJE PODZEMNIH I POVRŠINSKIH VODA

STR. 7



VOLTAMMETRIJSKO ODREĐIVANJE KOMPLEKSA METALA S ORGANSKIM LIGANDIMA

STR. 11

ISSN 2584-6884
e-ISSN 2459-9247
Zagreb

HDKI
STUDENTSKA SEKCIJA
HRVATSKO DRUŠTVO
KEMIJSKIH INŽENJERA I
TEHNOLOGA

Želite li svaki mjesec znati što se događa
na području kemijskog inženjerstva i općenito STEM području?

I uz to učiniti našu struku sjajnom?

To i mi želimo, ali smo tek studenti i zato to ne možemo učiniti sami.

Da bismo Vam svaki mjesec približili svježe informacije,
treba nam velika pomoć!

Podržite rad Studentske sekcije donacijom

Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa,
Berislavićeva 6/I, 10000 Zagreb.
OIB: 22189855239
IBAN: HR5323600001101367680,
Zagrebačka banka

Molimo da u opisu plaćanja navedete da je donacija namijenjena Studentskoj sekciji.
Hvala!

Reaktor ideja – više od studentskog časopisa.



MINISTARSTVO ZNANOSTI I OBRAZOVANJA

www.mzo.hr





Dragi čitatelji,

predstavljamo Vam četvrti broj *Reaktora ideja* u akademskoj godini 2018./2019. i prvi broj u 2019. godini.

Studentskoj sekciji HDKI-ja dodijeljena su sredstva putem natječaja *Hrvatskih voda* za izdavanje *Reaktora ideja* te je, povodom toga, ovaj broj posvećen kemiji voda.

Ovaj broj ponajviše je orijentiran na praćenje kvalitete vode za ljudsku uporabu te na suvremene procese obrade voda o kojima možete pročitati u *Znanstveniku*.

Također, predstavljamo Vam dva velika istraživačka projekta koja se izvode na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, a orijentirana su na praćenje i poboljšanje kvalitete vode.

Za kraj, još želimo istaknuti članke znanstvenika Laboratorija za fizičku kemiju okoliša i Laboratorija za zelenu sintezu Instituta Ruđer Bošković.

Nadamo se da ćete na ovim stranicama pronaći nešto zanimljivo i korisno.

Mislav Matić,
Glavni urednik

IMPRESSUM

Reaktor ideja

Uredništvo:

Berislavićeva ul. 6/I,
10 001 Zagreb
Tel: +385 95 827 9310
Faks: +385 1 487 2490
e-pošta: studenti@hdki.hr

Glavni urednik:

Mislav Matić
(mislav.matic00@gmail.com)

Urednici rubrika:

Mislav Matić
Irena Milardović
Leo Bolješić

Grafička priprema:

Ines Topalović
Mislav Matić
Irena Milardović

ISSN 2584-6884

e-ISSN 2459-9247

Vol. 3 Br. 4, Str. 1–20

Izlazi mjesečno (kroz akademsku godinu)

Časopis sufinancira Ministarstvo znanosti i obrazovanja
Republike Hrvatske, Zagreb

Zagreb,
siječanj 2019.

SADRŽAJ

Kemijska posla	1
Znanstvenik	7
Boje inženjerstva	15
Stand-up kemičar	19





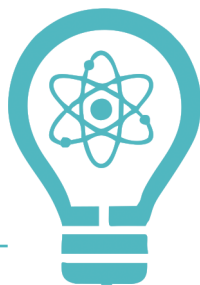
KEMIJSKA POSLA

Voda za piće kroz povijest

Dubravka Tavra

Voda je jedan od najvažnijih spojeva na Zemlji. Neophodna je za sav živi svijet i upravo zato su naselja, gradovi i civilizacije nastajali uz rijeke i u blizini izvora vode. Onečišćenje vode zabilježeno je stoljećima prije Krista i to nije nešto što postoji samo zadnjih par desetljeća. Najstarija onečišćenja povezana su uz ljudski izmet. Prvi koji su shvatili da se taj problem mora riješiti bili su Škoti koji su 3200. god. pr. Kr. izgradili prvi sustav odvodnje. Tekući ljudski otpad odvodnjavao se ispod ili izvan kuća. Nešto kasnije razvila se kanalizacija i u Mezopotamiji, na Kreti, u Egiptu, a kasnije u staroj Grčkoj (300 – 500 god. pr. Kr.) i starom Rimu (800 – 300 god. pr. Kr.). Hipokrat je nakon 500. god. pr. Kr. izumio tzv. „Hipokratov rukav“ tj. prvi filter s vrećicom. Cilj je bio da na vrećici zaostanu tvari koje su uzrokovale loš miris i okus vode.

U starom Rimu nađen je složeni sustav odvodnje za odvodnju oborina. Iako su postojali javni zahodi, većina otpada je bacana na ulice. Do 312. god. pr. Kr. rijeka Tiber je bila toliko onečišćena ljudskim otpadom koji je dospijevao u nju preko



kanalizacija da su Rimljani morali graditi akvadukte da bi dobili čistu i pitku vodu prvenstveno za piće. Upravo ta činjenica omogućila je Rimu da se razvije i postane jedan od najvećih gradova antičkog svijeta. U to vrijeme je navodno i poznati Arhimed izumio stroj za podizanje vode. Taj sustav se koristio u navodnjavanju, ali je bio značajan za daljnje razvijanje sustava pročišćavanja voda. Onečišćenje pitke vode otpadnim vodama uzrokovalo je u povijesti mnoge bolesti no tek se polovicom 19. st. došlo do zaključka o povezanosti onečišćene vode i kuge i kolere. Upravo se to očituje nakon pada Rimskog Carstva kada su sustavi odvodnje pali u zaborav, kupanje je postalo rijetkost, a gradovi i potoci prljavi. Nažalost takvo stanje

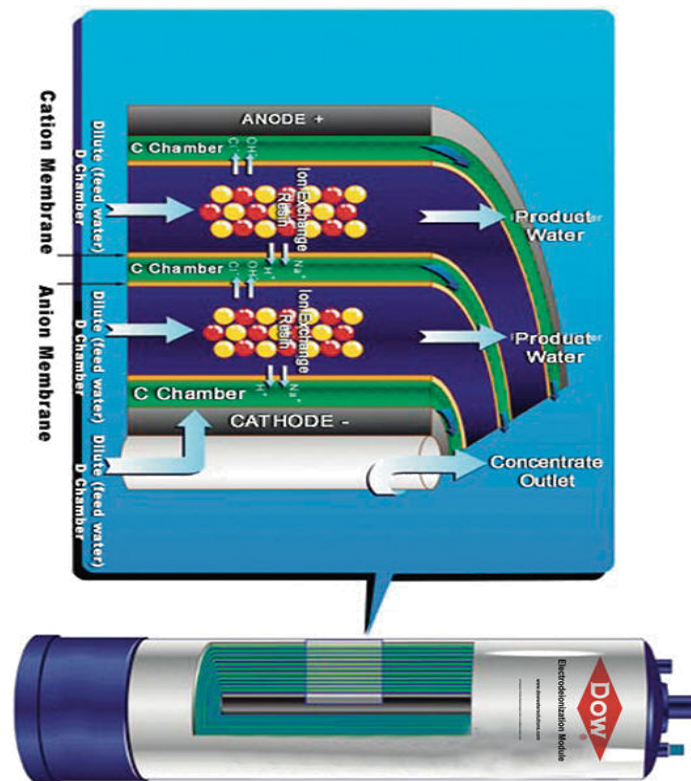


Slika 1 – Onečišćenje vode

se većinom zadržalo u cijelom srednjem vijeku. Ljudi su obavljali nuždu bilo kada i bilo gdje. U Parizu su se koristile zahodske jame preko kojih je izmet i urin ljudi dospijevao u tlo. Što je više rastao broj tih jama to su se podzemne vode više onečišćivale. Sličan trend uočljiv je i u Americi gdje su se tijekom godina i stoljeća onečišćivale rijeke tijekom procesa štavljenja kože i sl. Kako se godinama ništa značajno nije promijenilo, voda se sve više i više onečišćivala, a ljudi su ju kao takvu koristili za piće i druge aktivnosti. Tako je početkom 18. st. zavladao kolera na području Europe. Prvi čovjek koji je povezo onečišćenje vode s kolerom bio je englez sir John Snow. U to vrijeme tvrdilo se da je kolera posljedica lošeg zraka – *bad air theory*, no on je tvrdio da se kolera unosi kroz usta. Uspio je dokazati svoju teoriju tako što je istražujući ustanovio da je pumpa u Broadwick ulici u Londonu izvor bolesti. Čim je promijenio ručku pumpe kolera u Londonu se značajno smanjila. U to vrijeme probleme s pitkom vodom stvarala je i prva industrijska revolucija tj. izum parnog stroja. Radnička naselja bila su skućena i prljava, a kanalizacija i odvoz smeća bili su rijetki. Vodu je s jednog mjesta konzumirala cijela zajednica i zato je često dolazilo do trovanja putem vode. Također, prve kisele kiše otkrivene su 1850-ih, a nastajale su zbog plinova koji su se ispuštali iz elektrana na ugljen. Tako se tijekom 19. st. pokušavalo očistiti vodu odstranjivanjem otpada, razrjeđenjem ili izravnim ispuštanjem kanalizacije u more.

Krajem 19. st. pojavljuju se sanitarni inženjeri koji se ozbiljno bave pitanjima pročišćavanja otpadnih voda. Pokušavali su pomoću škrljevca, koji je posebna vrsta stijene, pročititi otpadnu vodu. Također su i američki znanstvenici u to vrijeme povezali da mikroorganizmi sa pločica škrljevca poboljšavaju stabilizaciju organske tvari. Od tada pa na dalje inženjeri su razvijali tehnike pročišćavanja vode na temelju mikrobioloških procesa. U Americi su krajem 19. st. gradili velike pješčane filtre, a kapacitet filtara su povećali čisteći ga velikim mlazovima vodene pare. Ovome su još prethodili procesi sedimentacije. Na taj način su se i oni uspješno riješili velikog broja „vodenih bolesti“ na američkom kontinentu. Uveli su i jedan negativan trend, a to je kloriranje vode kako bi ju dezinficirali. No, ubrzo su shvatili negativne učinke klora na ljudsko zdravlje i našli alternativni dezinficijens. U Francuskoj je to bio ozon, a mnogi ljudi su ugrađivali kućne filtre za vodu koji bi sprječavali da klor dospje u vodu za piće. Tijekom 20. st. tvornice su ispuštale onečišćujuće tvari izravno u rijeke i potoke. Došlo je do velikih onečišćenja poput onoga u Ohiju 1969., kada je kemijski otpad pušten u rijeku Cuyahoga. Taj otpad se zapalio i uzrokovao požar. Ova velika nepogoda pokrenula je naciju i počele su intenzivnije i ozbiljnije kontrole voda. Počeli su se projektirati uređaji za pročišćavanje voda koji su se temeljili na složenijim matematičkim modelima.

Od 90-ih godina prošlog stoljeća računala zamjenjuju proračune ljudi. Stanje u 21. st. poprilično je zabrinjavajuće. U 2007. CNN je izvijestio da „godišnje do 500 milijuna tona teških metala, otapala i otrovnih muljeva uđe u globalnu vodoopskrbu. U zemljama u razvoju [prema UNESCO-u] čak 70 % industrijskog



Slika 2 – EDI sustav

otpada baca se netretirano. Prema Greenpeaceu, oko 70 % kineskih jezera i rijeka je onečišćeno industrijskim otpadom, ostavljajući 300 milijuna ljudi prisiljenih oslanjati se na onečišćene zalihe vode. Naravno, tu su još brojne katastrofe nastale zbog ljudi. Danas se koriste mnogi sustavi za pročišćavanje vode. Neki od njih su: UV sterilizacija koja se temelji na tome da UV zrake ubijaju veliki dio štetnih mikroorganizama i na taj način pročiste vodu od njih, obrnuta osmoza koja se temelji na tome da kada onečišćena voda prođe kroz polupropusnu membranu na njoj zaostaju otopljene soli i ostale čestice, a dalje prolazi samo čista voda. Jedna od najnovijih i najmodernijih metoda je elektrodeionizacija (EDI). Jedan dio ovog sustava na svojoj elektrodi stvara polje pozitivno nabijenih čestica i polje negativno nabijenih čestica. Voda koja prolazi kroz taj sustav sadrži katione i anione koji putuju prema suprotno nabijenim česticama. Voda se tim putem oslobodi od kationa i aniona i odlazi u poseban spremnik demineralizirane vode, dok voda koja sadrži ione odlazi u otpadni kanal. Na kraju je bitno za napomenuti da Hrvatska obiluje čistom, pitkom vodom za razliku od većine svijeta i na toj činjenici trebamo biti zahvalni. No, također moramo ustrajati u tome da tako i ostane.

Literatura

1. <https://www.history.com/topics/natural-disasters-and-environment/water-and-air-pollution>
2. <http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/predavanja/POVIJEST%20ODVODNJE.pdf>
3. <https://www.lenntech.com/history-water-treatment.htm>
4. <http://www.renewablesfirst.co.uk/hydropower/hydropower-learning-centre/archimedean-screw-hydro-turbine/>
5. <http://cwg.hr/proizvodi-za-obradu-vode/cwg-water/edi-elektrodeionizacija>
6. <http://www.pollutionissues.com/Fo-Hi/History.html>

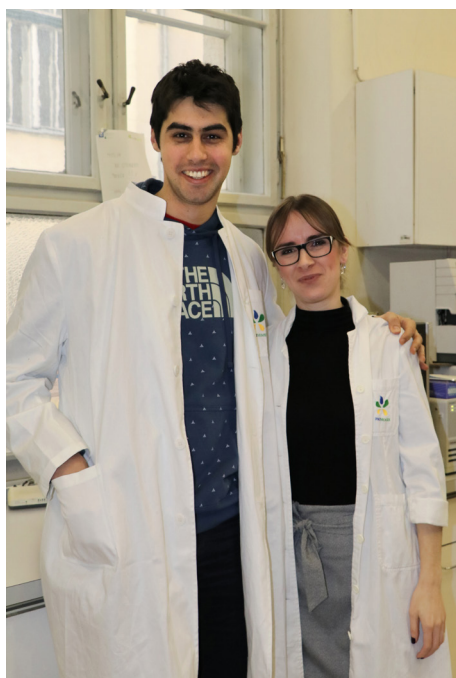


Sudbina farmaceutika u okolišu i tijekom naprednih postupaka obrade vode – *PharmaFate*

Prof. dr. sc. Sandra Babić

Danas je već poznato da se farmaceutici mogu pronaći u svim dijelovima okoliša (prirodne vode, tlo, sediment, otpadne vode) te mogu štetno djelovati na okoliš i živa bića. O tome su napisani brojni znanstveni radovi, a objavljeni su članci i u Reaktoru ideja (svibanj 2017. i prosinac 2018.). O važnosti praćenja farmaceutika u okolišu govori i činjenica da su neki farmaceutici uvršteni na Popis praćenja za tvari za koje je potrebno praćenje diljem Unije u području vodne politike (2018/840/EZ). Unatoč tome, još uvijek nedostaju znanja o sudbini i učincima farmaceutika na okolišu. Nedostaju i učinkoviti postupci uklanjanja farmaceutika iz otpadnih voda čime bi se spriječilo njihovo unošenje u okoliš. Proučavanje razgradnje farmaceutika u okolišu i tijekom obrade otpadnih voda iznimno je važno, s obzirom da nastali razgradni produkti mogu imati bitno drukčija fizikalna, kemijska i toksična svojstva. Mogu nastati spojevi koji su postojani i toksičniji od početnog farmaceutika. Za pravilnu procjenu rizika za ekosustave izložene ovim spojevima ovakva istraživanja su nužna.

Projekt *PharmaFate* (2015. – 2019.) financira Hrvatska zaklada za znanost u okviru program „Istraživački



Slika 1 – Mlade snage projekta *PharmaFate* – Martina Biošić i Dario Dabić u Laboratoriju za kemijsku analizu okoliša

projekti“. Glavni ciljevi projekta su (i) razvoj naprednih tehnologija obrade otpadnih voda za učinkovito uklanjanje farmaceutika i (ii) istraživanje sudbine farmaceutika u okolišu i tijekom obrade otpadnih voda.

U okviru projekta istražene su tehnologije obrade koje se temelje na fotokemijskim naprednim oksidacijskim procesima – fotolizi i heterogenoj fotokatalizi uz primjenu tankog filma TiO_2 , te novih materijala s poboljšanim fotokatalitičkim svojstvima. U okviru istraživanja vezanih uz sudbinu farmaceutika u okolišu istražena je hidrolitička te izravna i neizravna fotolitička razgradnja izabраниh farmaceutika u uvjetima relevantnim za okoliš te njihova sorpcija na tlo i riječni sediment. Razgradni produkti nastali tijekom postupaka obrade voda i u uvjetima relevantnim za okoliš detektirani su i identificirani primjenom naprednih analitičkih metoda poput tekućinske kromatografije vezane sa spregnutom



Slika 2 – Mlade snage *PharmaFate* projekta – Mirta Čizmić, dobitnica Godišnje nagrade Društva mladim znanstvenicima i umjetnicima u 2017. za rad „Kinetics and degradation pathways of photolytic and photocatalytic oxidation of anthelmintic drug praziquantel“

spektrometrijom masa (HPLC-MS/MS) i dodatno potvrđeni NMR analizom. Ispitana je kinetika razgradnje te su predloženi mehanizmi i putevi razgradnje. Također, ispitan je utjecaj tvari uobičajeno prisutnih u vodama u okolišu (huminske kiseline, nitrati, kloridi...) na kinetiku razgradnje farmaceutika. S obzirom da oksidacijom farmaceutika tijekom obrade voda, ali i njihovom razgradnjom uslijed procesa koji se odvijaju u okolišu (hidroliza i fotoliza) nastaju novi spojevi, a kako bi se procijenio učinak razgradnje na okoliš, ispitana je toksičnost farmaceutika i nastalih razgradnih produkata.

Istraživački tim projekta *PharmaFate* čine znanstvenici koji rade u različitim, ali komplementarnim istraživačkim područjima (analitička kemija, kemija okoliša, organska fotokemija, tehnologije obrade voda i znanost o materijalima), što je omogućilo provođenje interdisciplinarnih istraživanja i cjelovito sagledavanje problematike istraživane u ovom projektu. Uz to, u rad

projekta uključeni su i brojni studenti u okviru izrade završnih i diplomskih radova.

Provedena istraživanja rezultirala su znanstvenim radovima, sudjelovanjima na kongresima, diplomskim i završnim radovima te studentskim radovima nagrađenim Rektorovom nagradom o čemu više možete pročitati na mrežnoj stranici projekta (<https://www.fkit.unizg.hr/PharmaFate>).

Znanstvena kvaliteta istraživanja i znanstvenika projekta *PharmaFate* dodatno je potvrđena njihovim uključivanjem u nedavno odobreni EU projekt *NOWELTIES – Joint PhD Laboratory for New Materials and Inventive Water Treatment Technologies. Harnessing resources effectively through innovation* (2019. – 2023.) u okviru kojega će nastaviti istraživanja na ovoj problematici.

Na kavi s Marijom Lukić, mag. ing. cheming.

Martina Miloloža

Marija Lukić rođena je 1987. godine u Požegi, završila je osnovnoškolsko obrazovanje u Velikoj te srednjoškolsko obrazovanje u Požegi. Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije upisuje 2006. godine. Prvostupnica primijenjene kemije postaje 2009., a magistra inženjerka kemijskog inženjerstva 2011. Diplomirala je kao *Magna cum laude* i dobitnica je dvije dekanove nagrade. Radila je na jednogodišnjem BICRO projektu na Institutu Ruder Bošković. Nakon IRB-a, zapošljava se u Elektrodi Zagreb d. d. kao Inženjerka u kontroli i razvoju proizvoda te naknadno postaje Voditeljica odjela kontrole i razvoja proizvoda. Stječe certifikat internog auditora po ISO 9001 te je članica dva tehnička odbora u Hrvatskom zavodu za norme.

Iz navedenog razdoblja istaknuto je atestiranje četiri proizvoda po kriterijima TÜV SÜD-a za posude i opremu pod tlakom, i razvoj dvije nove elektrode za zavarivanje. Na navedenoj funkciji ostaje do lipnja 2015., a 2016. zapošljava se na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije na Zavodu za mjerenja i automatsko vođenje procesa te upisuje Poslijediplomski studij Kemijsko inženjerstvo i primijenjena kemija. Sudjeluje u izvođenju vježbi iz kolegija Primjena i programiranje računala, Primijenjeno računarstvo i Osnove elektrotehnike.

Trenutačno radi na izradi doktorata pod naslovom Optimiranje polimernih milireaktora izrađenih aditivnom proizvodnjom. Pod njenim mentorstvom zajedno sa studentima D. Marčec i M. Rukavinom osvaja 1. mjesto na natjecanju u sklopu H2020 projekta *PRINTCR3DIT – Process Intensification through Adaptable Catalytic Reactors made by 3D Printing* te im je certifikat uručen u rujnu 2018. u Norveškoj. Sudjelovala je u provođenju velikog stručnog projekta *Improvement of loop performance for process areas at Rijeka Refinery*. Koautorica je Studije izvodljivosti prediktivnog naprednog vođenja procesa kontinuirane kristalizacije. Sudjelovala je na projektu HRZZ-a Razvoj materijala za 3D tiskanje mikroreaktora. Objavila je nekoliko znanstvenih radova i sudjelovala na domaćim i inozemnim znanstvenim skupovima.



Slika 1 – Marija Lukić, mag. ing. cheming.

Hvala Vam što ste se odazvali ovome pozivu za razgovor. Predstavite nam Zavod na kojem radite.

Hvala drage kolege na pozivu. Radim na Zavodu za mjerenja i automatsko vođenje procesa za koji će svaki student instinktivno pomisliti da se radi o „ferovcima“, no to su samo prof. dr. sc. Z. Glasnović i mr. sc. M. Markić, v. pred. Ostali su FKIT-ovci orijentirani na kemijsko inženjerstvo, a ja sam pak hibrid primijenjenog kemičara i kemije i inženjerstva materijala. Naš Zavod jako puno surađuje s industrijom, ima bogato iskustvo u suradnji sa Siemensom, INA d. d., Plivom d. o. o., no više o samim projektima može se pogledati na stranici <http://lam.fkit.hr/>.

Doktorandica ste. Koja je tema Vašega doktorskoga studija?

Trenutačno sam na 3. godini Poslijediplomskog studija KiPK. Tema mog doktorskoga rada je *Optimiranje polimernih milireaktora izrađenih aditivnom proizvodnjom*. Iza relativno kompliciranog naziva krije se STEM područje koje objedinjuje puno toga zanimljivog – od projektiranja u CAD-u, izrade reaktora komplicirane geometrije na 3D-pisaču do provođenja reakcija u višefaznim nemješljivim sustavima te na koncu optimiranje. Sve vam je jasno, zar ne?



Koje su sve obveze koje obuhvaća Vaše radno mjesto? Da li volite to što radite?

Obveze su brojne. Osim dijela nastave koju provodim u sklopu kolegija koja se protežu u oba semestra 1. godine, nađe se uvijek i neki posao na projektu s industrijom te ispunjavanje ostalih obaveza po nalogu voditelja Zavoda. Ne radim na jednom mjestu tj. zgradi, tako da uključuje i puno pješaćenja što dobro dođe jer se najbolje ideje javljaju na svježem zraku i u pokretu, barem meni. Zapravo ono što studenti ne znaju, osobito niže godine, da su nama vježbe i nastava bitan dio posla, ali se uz to bavimo i polaganjem kolegija, izradom doktorata i pisanjem znanstvenih radova te da smo na neki način još uvijek studenti, kao i oni. I da, volim svoj posao, to je bitno – ako ne volite to što radite, to vas samo čini nesretnima.

Što biste istaknuli kao najvažnije za kvalitetno obavljanje Vašega posla (primjerice organizacija, volja, zainteresiranost za posao, proučavanje literature i sl.)?

Zapravo sve od ovoga što ste i sami naveli. No mislim da je najbitnija volja, zainteresiranost i ljubav prema znanosti s obzirom da i niste baš najplaćeniji.

Kako biste opisali svoje studentske dane?

Moji studentski dani su bili dosta kratki s obzirom da sam završila faks u roku s 23 godine. Malo mi je sada kad pogledam unazad žao što nisam možda dulje studirala. Puno sam učila (iz knjiga), ali i izlazila, stekla vrijedna prijateljstva koja i danas održavam. Posjetila skoro svaki koncert i festival koji sam htjela (hvala roditeljima i državnoj stipendiji). Nije mi ništa falilo i bilo je najljepše razdoblje u životu do sada (to tek kasnije shvatiš).

Kakvi su komentari studenata na kolegije na Vašem Zavodu? Jesu li im zanimljivi ili teško shvatljivi?

Uh, mislim da su im preapstraktni i da im načelno i nisu baš omiljeni. Radim isključivo s prvom godinom gdje me dočeka prvi semestar koji se još traži. Ne znaju još kako fakultet funkcionira, što je normalno jer i sama sam bila poslana kao paket u Zagreb da se snađem. Kasnije nadodeš i počneš učiti pa na višim godinama nemamo problema, a i čini mi se da studenti shvaćaju koliko su im bitna znanja iz kolegija Mjerenja i vođenje procesa jer su univerzalno primjenjiva bilo da se bavite znanosti ili industrijom.

Da li uspijevate uskladiti poslovne i privatne obveze?

Za sada da. Kako će biti s proširenjem obitelji ne znam, no pretpostavljam puno teže.

Kako volite provoditi slobodno vrijeme?

Pa zapravo imam nekoliko hobija koji se intenzitetom izmjenjuju. Volim glazbu, jogu, putovanja i povijest. Svaki tjedan pogledam u prosjeku bar pet dokumentaraca raznih tematika, volim i čitati, ali to sad puno rjeđe radim zbog zasićenosti znanstvenom literaturom. Družim se s prijateljima i poznanicima i radim uglavnom sve što vole i rade mladi.

Čitate li Reaktor ideja? Da li je za Vaših studentskih dana bilo sličnih inicijativa?

Obvezno prolistam ukoliko nađem na tiskani primjerak (jer ja sam *oldskul* generacija koja voli prolistati), a pogledam naravno i online izdanje i mogu samo reći da sam PONOSNA. Koliko ja znam, naše generacije nisu imale takvu inicijativu, ne znam zašto nismo, ali zato vi jeste i svaka čast na volji, trudu, kreativnosti i uloženom vremenu, što je itekako vidljivo kroz kvalitetu koju nam prezentirate svaki mjesec.

Za kraj, recite neke savjete za studente.

Općenito što mogu savjetovati mladim studentima jest da uče s razumijevanjem. Nije poanta imati super ocjene, a iza toga imati šuplju priču koja se ne povezuje. Da prevedem, naravno da ćete neke stvari zaboraviti jer dolaze nove informacije, ali je bitno da vam ostanu bar pojmovno i da ih znate potražiti i ponoviti ukoliko je potrebno. Jedino dobrim poznavanjem osnova kemija, matematike i fizike možete kemiju prebaciti u industrijsko mjerilo, što i je bit kemijskog inženjerstva. Stvari se jako brzo mijenjaju zadnjih godina i bitno se prilagoditi i razviti inženjerski pristup rješavanju problema. Nadalje, koliko god je teško, nastojite se ne gledati kao konkurenciju niti uspoređivati. Svatko od vas je priča za sebe sa svojim karakteristikama, životnim pričama i načinom razmišljanja i tu ste s istim ciljem, a to je da završite fakultet i nađete posao koji će vas ispunjavati. Po Murphijevom zakonu, ono što vam se najmanje dalo za vrijeme studija će vas prvo dočekati u praksi. Nastojte naći u svakom kolegiju nešto što vas zanima jer ćete tako lakše naučiti. Poslužite se internetom za vizualizaciju kompliciranih pojmova, npr. videa Khan Academy su genijalna, a sigurno postoji još mnoštvo jednako kvalitetnih.

Projekt ReHOHMem

doc. dr. sc. Davor Dolar

Industrijalizacija, porast ljudske populacije i klimatske promjene tri su ključna uzroka vezana uz globalni problem opskrbe pitkom vodom te za industrijske i poljoprivredne potrebe. Prema predviđanju Organizacije za ekonomsku suradnju i razvoj (OECD) do 2030. 47 % svjetske populacije bit će suočeno s vodenim stresom. Iako je Hrvatska relativno bogata vodom s procijenjenim kapacitetom pitke vode od oko 9,1 Mm³, klimatske promjene sve se više osjećaju kroz dugotrajna sušna razdoblja. Problem suša posebno se odnosi na poljoprivredni sektor, pri čemu se prinosi poljoprivrednih kultura značajno smanjuju. Klimatska predviđanja poručuju da budućnost neće biti puno svjetlija i da je zapravo već došlo vrijeme u kojem je za ponovnu upotrebu potrebno iskoristiti svaki raspoloživi vodni resurs, bez obzira na stupanj njegovog onečišćenja.

Projekt Izravna uporaba komunalne otpadne vode za navodnjavanje membranskim tehnologijama (ReHOHMem) imao je za cilj pokazati učinkovitost naprednih membranskih tehnologija mikrofiltracije, ultrafiltracije, nanofiltracije, reverzne osmoze i membranskog bioreaktora u obradi komunalnih voda za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih površina. Membranske tehnologije ekonomski su opravdane i ekološki održive, nisu destruktivne i učinkovito zadovoljavaju strogo propisane standarde. Oporabom otpadnih voda postiže se i efekt smanjenja intenzivnog crpljenja površinskih i podzemnih voda namijenjenih piću, čime se smanjuje nestašica vode. Projekt se bavi praćenjem svih parametara komunalne otpadne vode iz Čakovca uključujući patogene mikroorganizme (bakterije, virusi), kemijska onečišćenja (biorazgradljive organske tvari, mikro i makronutrijenti, teški metali, anorganske soli, hormoni, itd.) i odabrane kategorije novih onečišćenja (EE2, E2, E1, diklofenak, makrolidi, neonikotinoidi i oksadiazon). Potonja onečišćenja izabrana su s liste za praćenje (*Watch list*) i određena su Provedbenom odlukom komisije (EU) 2015/495. Obrada komunalne vode kombiniranim membranskim postupcima i njihovim optimiranjem rezultirala je izlaznom strujom visoke kvalitete čiji mikrobiološki

i fizikalno-kemijski parametri zadovoljavaju MDK vrijednosti za kategoriju voda za poljoprivredno navodnjavanje. Projekt je od koristi lokalnoj zajednici, slijedi preporuke Europske komisije koja prepoznaje važnost uporabe otpadne vode te pokazuje na potrebu uvođenja naprednih i održivih membranskih tehnologija u obradi voda.

ReHOHMem projekt je financiran u iznosu od 1,5 mil. kroz dvije godine (2017. – 2019.) od strane Ministarstva zaštite okoliša i energetike RH, Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, Ministarstva znanosti i obrazovanja te Hrvatske zaklade za znanost unutar Programa poticanja istraživačkih i razvojnih aktivnosti u području klimatskih promjena. Voditelj projekta je docent dr. sc. Davor Dolar s Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, a interdisciplinarni tim čine prof. dr. sc. K. Košutić, prof. dr. sc. D. Ašperger, M. Racar, mag. ing. cheming. i mr. sc. M. Markić s FKIT-a, mr. sc. N. Glumac, N. Kolenić, dipl. inž. i K. Jambrošić, dipl. inž. iz Međimurskih voda d. o. o., dr. sc. I. Jerić, dr. sc. D. Omanović, L. Brkljačić, dipl. inž. i J. Pađan, mag. ing. oecoining s IRB-a te A. Špehar, dipl. inž. iz Agroproteinke d. d.



*Slika preuzeta s Facebook stranice projekta



ZNANSTVENIK

Pročišćavanje podzemnih i površinskih voda

Vedrana Čupurdija (PTF Osijek)

Podzemne i površinske vode koriste se kao izvori vode za piće. Podzemne vode su, zbog prirodne filtracije kroz slojeve zemlje, puno čišće od površinskih i najčešće se koriste za proizvodnju vode za piće. Iako se voda prolaskom kroz slojeve zemlje pročisti, važno je napomenuti da se prolaskom kroz slojeve jedan dio tvari u njoj i otopi poput željeza, mangana, arsena, karbonata, organskih tvari i različitih koloida. Potrebno je primijeniti niz postupaka taloženja, filtracije i dezinfekcije za njezinu obradu.⁴

Koagulacija uključuje destabilizaciju koloidnih čestica dodatkom koagulanata koji neutraliziraju naboj koloida i uzrokuju njihovo taloženje. Provodi se sa svrhom neutralizacije naboja, bistrenja i povećanja brzine taloženja, a preduvjet je za uspješnu dezinfekciju. Kao koagulant koriste se soli aluminijske i željezne. Otopina koagulanata mora biti jednolična te se priprema u uređaju uz kontinuirano miješanje. Nakon što se koagulant ubaci u vodu potrebno je nastaviti miješanje kako bi se poboljšala koagulacija. Nakon toga slijedi faza flokulacije u

kojoj se mineralni ili organski flokulanti dodaju za ubrzanje procesa i postizanja boljih svojstava flokula, poput voluminoznosti i veće težine. Tim postupcima uklanjaju se mikroorganizmi i nečistoće.

Podzemne i površinske vode sadržavaju visok udio željeza, mangana i arsena.¹ Željezo i mangan uklanjaju se oksidacijom i hidrolizom nakon čega se talože u obliku MnO_2 i $Fe(OH)_3$. 1 mg kisika može oksidirati 7 mg željeza i samo 1,5 mg mangana. Proces se provodi aeracijom koja se može provoditi uz pomoć gravitacije, raspršivanjem u fine mlazove, površinski te u aeracijskim tornjevima. Oksidacija mangana zrakom teža je nego kod željeza, te se provodi pri pH 9,5 i uz dodatak jakog oksidansa $KMnO_4$. Uklanjanje se može provesti i biološkom oksidacijom koja se sastoji od faze aeracije i faze prolaska aerirane vode kroz filter sa imobiliziranom kulturom mikroorganizama. Taj proces je osobito pogodan za uklanjanje mangana.

Arsen je sastavni element u tlu, nalazi se prirodno otopljen u podzemnoj vodi u obliku arsenitne kiseline i arsenatne kiseline. Za čovjeka je toksičan i taloži se u organizmu.¹ Njegova koncentracija u tlu predstavlja problem za ljudsko zdravlje, a vode s najviše arsena na ovim područjima su u istočnoj Hrvatskoj. Zbog toksičnosti, 2004. donesen je Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće u RH čime je propisana koncentracija arsena u vodi za piće koja iznosi $10 \mu g L^{-1}$. Za uklanjanje arsena koriste se metode taloženja i

filtracije (učinkovitosti 50 - 90 %), membranske metode (učinkovitosti iznad 95 %) te ionska izmjena, pri čemu se koriste bazične ionske smole i aktivirani aluminijev oksid.

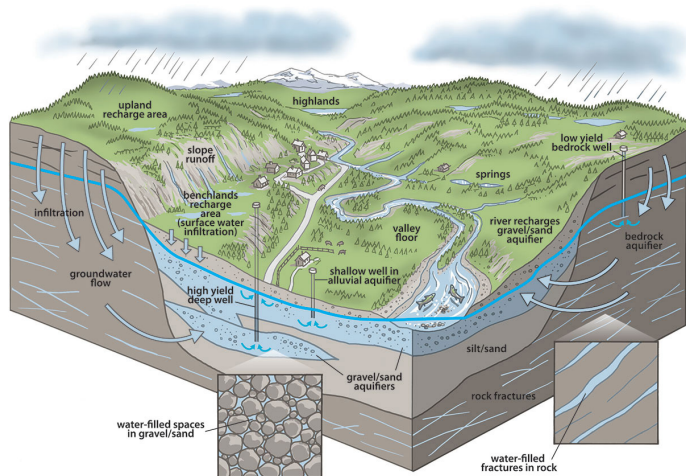
Karbonati predstavljaju veći udio otopljenih soli u vodi, a utječu na njezinu tvrdoću, okus i topljivost drugih tvari, poput detergenata.¹ Dekarbonizacija se može provoditi pomoću vapna pri povišenoj temperaturi čime se uklanja cjelokupna tvrdoća, ili pri nižoj temperaturi čime se uklanjaju kalcijeve soli i slobodna ugljična kiselina. Nastali talog uklanja se putem filtracije jer nije topljiv u vodi. Uz vapno se koristi i natrijev karbonat koji reagira s preostalim solima nekarbonatne tvrdoće. Uz navedene metode koristi se i ionska izmjena; proces vezanja iona iz otopine na kruti ionski izmjenjivač s fiksnim nabojem, s time da izmjenjivač otpušta stehiometrijski ekvivalentnu količinu suprotnog naboja. Izmjenjivači mogu biti kationski ili anionski, a po stupnju disocijacije mogu biti kiseli i bazični. Nakon prolaska vode, potrebno je provesti regeneraciju.



Slika 2 – Membrane za filtraciju

voda.²Ovisno o tlaku i veličini pora razlikujemo reverznu osmozu, nanofiltraciju, ultrafiltraciju i mikrofiltraciju.

Zadnji korak u obradi vode je dezinfekcija. Za uspješnu dezinfekciju potrebno je ukloniti humusne tvari koje mogu tvoriti štetne i toksične nusprodukte sa sredstvima za dezinfekciju (npr. trihalometan). Uklanjaju se upotrebom aktivnog ugljena, membranskom filtracijom, koagulacijom i flokulacijom te ionskom izmjenom. Najčešća sredstva za dezinfekciju su na bazi klora i njegovih spojeva.³ Elementarni klor vrlo je jak oksidans i dodatkom u vodu tvori hipokloritnu kiselinu koja je vrlo nestabilna i raspada se na klorovodičnu kiselinu i nascentni kisik koji je zaslužan za dezinfekcijsko djelovanje. Pravilna doza klora za dezinfekciju određuje se iz količine klora koja je potrebna za reakciju sa svim tvarima koje oksidiraju u vodi te rezidualnog klora koji zaostaje u vodi nakon oksidacijskih reakcija. Rezidualni klor ima naknadno djelovanje u vodoopskrbnoj mreži i osigurava naknadnu dezinfekciju, a najčešća doza je 0,5 – 1 mg L⁻¹. Klor dioksid jače je oksidacijsko sredstvo od elementarnog klora, no glavni nedostatak mu je nestabilnost i potreba za proizvodnjom na mjestu primjene. Osim sredstava na bazi klora, koriste se ozon i srebro, UV zračenje, ultrazvuk te toplina u kućanstvima.



Slika 1 – Ciklus vode u prirodi

Filtracija je najvažniji postupak obrade vode. Prolaskom kroz poroznu membranu ili poroznu sredinu na filtru zaostaju čvrste netopljive tvari, flokule koloida, talog dekarbonizacije te hidroksidi nastali uklanjanjem željeza i mangana.⁴ Nečistoće koje se nakupljaju na površini filtra pospješuju učinkovitost, filtracijska masa može i katalizirati hidrolizu željeza i mangana, dok se apsorpcijom koloida na površini materijala poboljšava anglomeracija i filtracija taloga. Osim za pročišćavanje, filtri od mramora mogu se koristiti i za remineralizaciju vode. Kao filtracijski materijal koristi se drobljeni antracit, aktivni ugljen i aktivirani aluminijev oksid. Za uspješnu filtraciju važna je jednoličnost mase te odnos površine i volumena zrna. U industriji se najčešće primjenjuju otvoreni brzi filtri koji imaju visoki kapacitet. U današnje vrijeme često se koristi membranska filtracija koja uspješno uklanja otopljene soli i organske molekule, vrši dezinfekciju i može se koristiti za obradu otpadnih

Površinske vode puno su više kontaminirane nego podzemne te se one ne koriste često za proizvodnju vode za piće. Njihova obrada sastoji se od kombinacije različitih metoda uz dopunske tretmane s ozonom i aktivnim ugljenom zbog visoke koncentracije fenola, ugljikovodika, pesticida i deterdženata.

Literatura

1. <http://houstonecowater.com/diagnose-your-water/>
2. <https://www.wateronline.com/doc/high-recovery-reverse-osmosis-water-treatment-for-industrial-agricultural-0001>
3. <https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/chlorine-disinfection.html>
4. Technologies for Upgrading Existing or Designing New Drinking Water Treatment Facilities. – EPA

Mijenjanje kvalitete vode kroz vrijeme

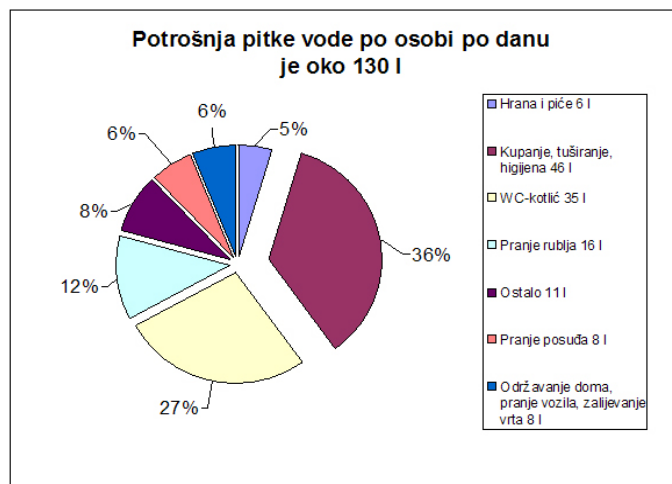
Zvonimir Jukić (KTF Split)

Voda je prirodni fenomen koji pokriva velik dio planeta Zemlje a ujedno je i najzastupljenija tvar u građi svih živih bića, pa se s pravom može tvrditi da je voda život. Obzirom na to, voda je prirodni resurs za koji ne postoji zamjena u prirodi. Voda je transportni medij, sredstvo za proizvodnju energije, lijek, stanište, lokalni i globalni resurs, regulator klime, ali istovremeno i granica između država, religija i kultura.¹ Kemijski gledano, u čistoj vodi postoji ravnoteža autoionizacije vode, tj. autoprotoliza, u kojoj jedna molekula vode djeluje kao kiselina a druga kao baza, što pokazuje da je voda amfoterna, omogućavajući reakciju s oksidima metala pri čemu daje baze i reakciju s oksidima nemetala pri čemu nastaju kiseline. Voda je poznata kao univerzalno otapalo zbog čega u manjoj ili većoj količini može otopiti sve na što naiđe. Voda otapa količinu tvari sve dok novonastala otopina ne postane zasićena.



Slika 1 – Voda

Euroljani svake godine upotrebljavaju milijarde kubičnih metara vode ne samo za piće, već i u poljoprivredi, proizvodnji, grijanju i hlađenju, turizmu i drugim uslužnim sektorima. Međutim, rast broja stanovnika, urbanizacija, onečišćenje i učinci klimatskih promjena, kao što su dugotrajne suše, vrše znatni pritisak na zalihe vode pa i samu kvalitetu. Zanimljiva je činjenica da od ukupnog volumena vode na Zemlji samo 2,5 % otpada na zalihe slatke vode, a unutar tog postotka samo 30 % slatkih voda pohranjeno je ispod zemlje u obliku plitkih i dubokih podzemnih voda do 2000 m². Kao i drugi važni resursi, voda također može biti izložena pritisku, posebno kada je potražnja za vodom veća od ponude, a takav pritisak dovodi do smanjenja količine (prekomjerno iskorištavanje ili suša) i pogoršanja kvalitete izvora slatke vode (onečišćenje i eutrofikacija).³ Posebno se taj pritisak odnosi na vode u gospodarstvu jer se voda upotrebljava u svim sektorima gospodarstva, ali na različite načine i u različitim količinama. Iako se navodnjava samo 9 % ukupnih poljoprivrednih površina u Europi, navodnjavanje svejedno čini 50 % ukupne potrošnje vode u Europi. Slijedi sektor proizvodnje



Slika 2 – Potrošnja vode u kućanstvima

energije, gdje se utroši 28 % od ukupno potrošene količine vode.

Voda se većinom upotrebljava za hlađenje u nuklearnim elektranama i u elektranama na fosilna goriva. U rudarstvu i proizvodnji upotrebljava se 18 % vode, a u kućanstvu otprilike 12 %. Tako se kućanstvima u Europi dnevno isporučuje 144 litara vode po osobi.⁴ Sektori s najvećom potrošnjom vode razlikuju se ovisno o regijama.

Bez obzira na to što je voda jedan od najvećih prirodnih resursa, sljedeći podatci OUN-a su alarmantni:

- 1,5 milijarda ljudi nema čistu vodu za piće.
- U sljedećih 25 godina taj broj će se popeti na oko 5,4 milijarde.
- 80 % oboljenja u zemljama trećeg svijeta prouzročeno je uzimanjem onečišćene vode.
- Oko 4 milijuna ljudi godišnje umire zbog korištenja prljave vode.

Kad god zahvatimo i upotrebljavamo vodu iz izvora, gotovo uvijek mijenjamo njene različite aspekte. Sve ljudske aktivnosti utječu na ekosustave voda i mogu ugroziti slatkovodne izvore, tj. količinu i kakvoću vode. Pod pojmom onečišćenja vode smatra se svaka promjena kakvoće vode koja nastaje unošenjem, ispuštanjem ili odlaganjem hranjivih i drugih tvari u vode, utjecajem energije i drugih uzročnika u količini u kojoj se mijenjaju korisna svojstva vode. Onečišćenje vode predstavlja degradaciju kvalitete vode fizikalnim, kemijskim, biološkim ili radiološkim onečišćenjem do stupnja pri kojem je nemoguće korištenje vode za piće, odnosno pri kojem voda postane štetna po ljudsko zdravlje.⁵

Izvori onečišćenja vode mogu se podijeliti na⁵:

- Prirodne – vulkanske erupcije, pješčane oluje, šumske požare...
- Umjetne – eksploatacija sirovina, promet, poljoprivreda, deponiji otpada, energetika.
- Fizikalne – promjena osnovnih karakteristika vode
- Mikrobiološke – uzrokovana prisutnošću patogenih mikroorganizama koji nisu autohtoni u vodenim sustavima, a dospjeli su kao otpadne tvari.

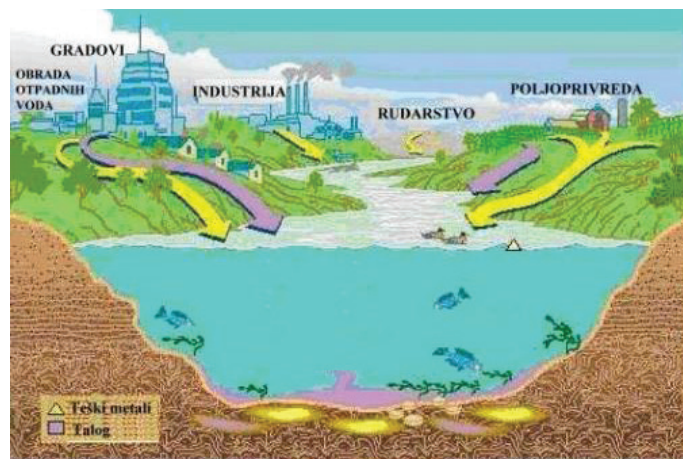
- Kemijske i radiološke – razni toksični anorganski i organski spojevi koji mogu štetno utjecati na zdravlje živih bića.

U prirodi nema idealno čiste vode. Voda već pri nastanku iz vodene pare otapa plinove i krute čestice koje se nalaze u atmosferi. Sastav tla ima veliki utjecaj na sastav i kakvoću vode. Ako unutar ove podjele izvora onečišćenja vode izoliramo dominantne zagađivače, dolazimo do toga da je polazišna točka svih tih aktivnosti – čovjek. Kao najveće zagađivače vode možemo izdvojiti industriju, poljoprivredne preparate, upravljanje odlagalištima otpada, vodovodni sustav i kućanstva.⁶ Industrija ispušta ogromne količine štetnih tvari i plinova koji se emitiraju iz dimnjaka industrijskih objekata u atmosferu i putem oborina vraćaju na zemlju i vodonosne slojeve. Otpadne industrijske vode zagađuju rijeke i jezera. Atmosfera se nalazi u konstantnom kretanju te kiša u toku padanja apsorbira atmosfersko onečišćenje zbog povećane količine CO₂, SO₂ i dušikovih oksida u atmosferi pa tako nastaju kisele kiše čiji pH iznosi 4 – 4,5 koje oborinama dopijevaju u podzemne vode i riječne tokove. Onečišćenje podzemne vode je uvijek nepovoljno, jer ako se voda onečisti perzistentnom ili otrovnom tvari, ona je izvan upotrebe, u najboljem slučaju desetljećima. Ovakvo zakiseljavanje voda može dovesti do uginuća pojedinih organizama i prekomjernog razmnožavanja drugih organizama, što dovodi do neravnoteže u ekosustavu.

Poljoprivredni preparati se koriste radi zaštite usjeva od bolesti ili poboljšanja rasta usjeva. Navodnjavanjem kemikalije i pesticidi završavaju u podzemnim vodama ili se ispiru s poljoprivrednog zemljišta i završavaju u obližnjim rijekama ili jezerima. Isto tako raspršivanjem završavaju u atmosferi te indirektno putem oborina dopijevaju do površinskih ili podzemnih voda.

Odlagališta otpada mogu biti izvori zagađenja vodenog sustava na nekoliko načina. Kiša protjecanjem kroz otpad prikuplja zagađivala poput amonijaka, teških metala, klorida i tvari koje smanjuju udjel kisika. Otpadne vode s odlagališta nastaju ispiranjem odlagališta otpada, prilikom čega dolazi do procjeđivanja u dublje slojeve, a kod nepropisno pripremljenih odlagališta ovakva voda miješa se s prirodnim podzemnim vodotocima, što dovodi do trajnog onečišćenja prirodnog vodotoka. Kad je u pitanju sustav vodovodnih cijevi, u njima se, (pogotovo u onima starijim od 20 godina) mogu nalaziti različiti oblici zagađenja kao što su teški metali (olovo, cink, živa, bakar, krom, nikal, željezo), hrđa, kamenac i druge tvari koje utječu na kvalitetu pitke vode i time na zdravlje konzumenata.

Što se tiče kućanstava, izdvojen je primjer upotrebe dezinfekcijskih sredstava. Naime, klor je osnovni sastojak većine dezinfekcijskih sredstava. Koristi se za ubijanje bakterija u vodi. Dezinfekcija klorom je efikasna, no njegovi popratni učinci za ljudsko zdravlje su pogubni i nepopravljivi. ispiranjem dezinfekcijskih sredstava, povećava se koncentracija klora u vodovodnim cijevima i kanalizaciji.⁶



Slika 3 – Zagađenje voda

S obzirom na sve navedeno, mjere obvezatne zaštite vode kod planiranja, gradnje i održavanja objekata moraju biti efikasne, ali i rigorozne, zakonski provedive i određene „Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće“ te „Uredbom o maksimalno dopuštenim koncentracijama opasnih tvari u vodama“. Kemijskom i bakteriološkom analizom može se utvrditi ukupna kvaliteta vode analizirajući parametre kao što su fizikalna svojstva (temperatura, miris i okus, mutnoća i boja), kemijska svojstva (pH, otopljeni plinovi, otopljene tvari, anorganske tvari) i mikrobiološka svojstva (bakterije i virusi).⁷

Europa je u posljednja četiri desetljeća ostvarila znatan napredak u pogledu regulacije kvalitete vode, pročišćavanja svojih otpadnih voda i zaštite morskih i slatkovodnih staništa. U posljednjem izvješću Europske agencije za zaštitu okoliša o stanju voda navedeno je da otprilike tri četvrtine podzemnih voda ima dobro kemijsko stanje te se smatraju čistim.⁸

Sve većim razvojem industrije i tehnologija, a time i sve većim tehnološkim i znanstvenim dostignućima u svijetu koje bi trebale omogućiti rješavanje važnih pitanja kao što je i pitka voda, u isto vrijeme stupanj zagađenosti voda nikada nije bio veći.

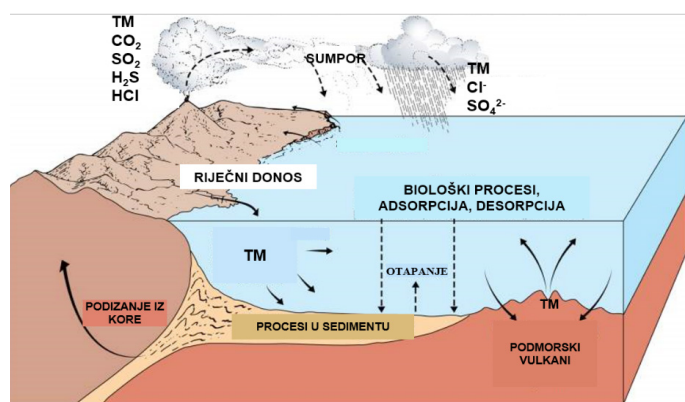
Literatura

1. <https://www.eea.europa.eu/hr/signals/eea-signali-2018-voda-je-zivot/clanci/uvodni-clanak-2013-cista-voda#tab-related-infographics>
2. <https://www.eea.europa.eu/hr/signals/eea-signali-2018-voda-je-zivot/clanci/uporaba-vode-u-europi-2013#tab-novosti-i-%C4%8Dlanci>
3. European waters – Assessment of status and pressures 2018, EEA report, 7/2018.
4. Use of freshwater resources, EEA report, 3/2018.
5. doc.dr.sc. Mario Nikola Mužek - Održivi razvoj i tehnologije, podloga za predavanja, Kemijsko-tehnološki fakultet, 2018.
6. prof.dr.sc. Marina Trgo – Industrija i okoliš, podloga za predavanja, Kemijsko-tehnološki fakultet, 2015.
7. <https://www.vodovod-sb.hr/index.php/voda/kvaliteta-vode/kvaliteta-vode>
8. Better mix of measures including pricing and awareness campaigns key to improve sustainable water use, EEA report, 04/2017.

Voltammetrijsko određivanje kompleksa metala s organskim ligandima

*Andela Bačinić, mag. chem.,
Dr. sc. Marina Mlakar (IRB)*

Metali u more dolaze iz različitih izvora, iz atmosfere, rijekama, iz sedimenta, otpadnim vodama, međutim najznačajniji je utjecaj čovjeka – antropogeni utjecaj (slika 1). U moru se nalaze esencijalni (npr. bakar, cink, mangan, željezo itd.) ili toksični metali (živa, kadmij, olovo itd.) u vrlo niskim koncentracijama.



Slika 1 – Izvori metala u okolišu

Uneseni u vodeni sustav, metali tamo ostaju zauvijek – kruže između atmosfere, vode, sedimenta i organizama. Tragove metala u vodama u najširem smislu nalazimo u različitim kemijskim vrstama, tzv. specijama koje s organskim i anorganskim ligandima stvaraju komplekse. Specije elemenata u tragovima moguće je proučavati elektroanalitičkim metodama i tehnikama koje se mogu primijeniti na velikom broju elemenata: Ag, Al, As, Au, Bi, Br, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Eu, Fe, Ga, Hg, I, In, Mn, Mo, Ni, Pb, Pt, S, Sb, Se, Sn, Tl, U, V, W, Yb, Zn.

Elektroanalitičke mjerne metode su: potenciometrija, amperometrija, kronopotenciometrija, polarografija i voltametrija. Polarografija se radi na kapajućoj živinnoj elektrodi, a voltammetrijske metode na stacionarnim elektrodama.

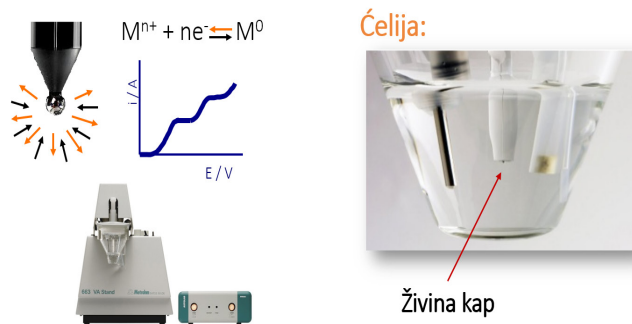
U Zavodu za istraživanje mora i okoliša, Laboratoriju za fizičku kemiju tragova (LFKT) za elektroanalitičke analize najčešće koristimo voltametriju. Voltametrija je skraćena riječi volt-ampero-metrija. U voltametriji signal pobude je električni napon dok je signal odziva električna struja. Mjerenja se provode u elektroanalitičkoj ćeliji te se može kvalitativno i kvantitativno provesti analiza uzorka. Elektroanalitička ćelija sastoji se od radne,

referentne i protuelektrode (slika 2). Stacionarne radne elektrode mogu biti: viseća živina elektroda, staklasti ugljik ili metalne elektrode (Pt, Au itd.). Voltametrija je iznimno osjetljiva metoda te omogućuje mjerenje vrlo niskih koncentracija metala u prirodnim vodama, do 10^{-12} mol dm^{-3} .

Najčešće je korištena voltametrija s otapanjem pretkoncentriranog analita – “stripping analiza” na površini radne elektrode. U pretkoncentracijskoj fazi dolazi do akumulacije iona metala ili metalnog kompleksa na površinu elektrode. Pretkoncentracija kod voltametrije anodnog otapanja (ASV) postiže se elektrolizom, pri čemu se stvaraju amalgami s ispitivanim metalima (kadmij, bakar, cink, olovo), dok kod voltametrije katodnog otapanja (CSV) u fazi pretkoncentriranja dolazi do adsorpcije metalnih kompleksa na radnu elektrodu. Prilikom voltametrije anodnog i katodnog otapanja mogu se primijeniti različiti oblici pobudnih signala, pa tako postoje različite promjene potencijala: linearna (LS), diferencijalno-pulsna (DP), pravokutno-valna promjena potencijala (PV), te izmjenične struje (AC).

Najčešće korištena metoda je adsorpcijska voltametrija katodnog otapanja kojom proučavamo kompleksiranje metala s prirodno prisutnim organskim ligandima u prirodnim vodama, uključujući i more. Metal s organskom tvari stvara kompleks koji se adsorbira na visećoj živinnoj kapi pri potencijalu pozitivnijem od formalnog potencijala metala. Promjenom potencijala prema negativnijim vrijednostima dolazi do redukcije adsorbiranog kompleksa te se mjeri odziv struje.

Osjetljivost voltametrije katodnim otapanjem ovisi o jačini i vremenu akumulacije te brzini adsorpcije koja se može povećati miješanjem otopine. Granica osjetljivosti ovisi i o veličini adsorpcijske površine tj. radne elektrode. Glavna prednost CSV metode je ta da ona nije ograničena samo na slobodne metale, već se određuju oni koji stvaraju komplekse adsorbirane na površinu elektrode. Selektivnost metode odražava se mjerenjem formiranih kompleksa s jednim od nekoliko oksidacijskih stanja metala te različite stehiometrije kompleksa metala s anorganskim i organskim ligandima koji se ovisno o tome reduciraju na različitim potencijalima.



Slika 2 – Prikaz elektrokemijskog instrumenta i procesa

Mehanokemijske metode aktivacije ugljik-vodik veze

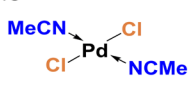
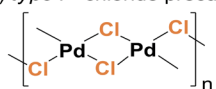
Alen Bjelopetrović mag. chem.
Dr. sc. Manda Ćurić (IRB)

Zbog sve većeg zagađenja okoliša te neprimjerenog trošenja prirodnih resursa raste potreba za razvijanjem čistih, brzih i ekonomski isplativijih metoda za sintezu organskih spojeva.

Aktivacija ugljik-vodik veze prijelaznim metalima jedna od najjednostavnijih i najčešćih metoda za sintezu organometalnih spojeva i ključni je korak u sintezi velikog broja organskih spojeva. U takvim reakcijama se kemijski vrlo inertna ugljik-vodik veza prevodi u ugljik-metal vezu, koja je puno reaktivnija i podložna je daljnjim reakcijama, što omogućuje nadogradnju ugljikova kostura ili uvođenje novih funkcijskih skupina. Zajedničko svim reakcijama ovog tipa je da do spajanja različitih organskih molekula i tvorbe nove ugljik-ugljik ili ugljik-heteroatom veze dolazi na atomu metala koji je korišten kao katalizator. Valja napomenuti da se kao katalizatori najčešće koriste soli paladija(II) zbog njihove reaktivnosti i kompatibilnosti s brojnim funkcijskim skupinama i reagensima.¹

PALLADIUM(II) PRECURSORS

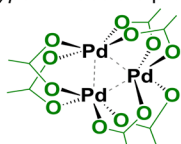
1) type I - chloride precursors



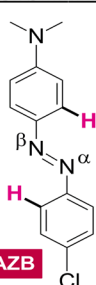
2) type II - ionic precursor



3) type III - acetate precursor



SUBSTRATE



MILLING METHODS

neat grinding (NG)
liquid-assisted grinding (LAG)
ion-assisted grinding (IAG)
ion-and-liquid-assisted grinding (ILAG)

ADDITIVES:

liquids: DMF, H₂O, AcOH, MeCN
solids: NaOAc, NaBF₄

Slika 1 – Eksperimentalni uvjeti za mehanokemijsku aktivaciju C-H veza u odabranom azobenzenu Pd^{II} prekursorima

Reakcije aktivacije ugljik-vodik veze tradicionalno se provode u otopinama. Takav pristup zahtijeva dugačke i skupe postupke, kako pripreve tako i izolacije produkata. Osim toga, veliki problem stvaraju i otpadna organska otapala koja su štetna za okoliš, a njihovo je zbrinjavanje skupo. Upravo zato je razvoj metoda za provođenje katalitičkih reakcija koje smanjuju štetni utjecaj na okoliš i troše manje resursa istaknut kao jedan od temeljnih ciljeva zelene i održive kemije.

U objavljenom članku "Mechanism of Mechanochemical C-H Bond Activation in an Azobenzene Substrate by Pd^{II} Catalysts" opisana je aktivacija jedne ili dviju C-H veza u azobenzenskom supstratu različitim



Slika 2 – Reaktivnost Pd^{II} prekursorima u aktivaciji C-H veze azobenzena

Pd^{II} katalizatorima, PdCl₂, [Pd(OAc)₂]₃, PdCl₂(MeCN)₂ i [Pd(MeCN)₄][BF₄]₂, slika 1.² Reakcije su provedene u čvrstom stanju primjenom sljedećih mehanokemijskih metoda: suho mljevenje (NG), mljevenje potpomognuto tekućinom (LAG), mljevenje potpomognuto solima (IAG) i mljevenja potpomognuto solima i tekućinom (ILAG), slika 1.² Aktivacija C-H veze postignuta je svim korištenim Pd^{II} prekursorima te je ustanovljeno da njihova reaktivnost raste u sljedećem nizu [Pd(OAc)₂]₃ < PdCl₂(MeCN)₂ < PdCl₂ < [Pd(MeCN)₄][BF₄]₂. Da bi se identificirali međuprodukti i produkti, korištene su spektroskopske metode, infracrvena (IR) i nuklearna magnetska rezonancija (NMR) te metode difrakcije na prahu (PXRD) i monokristalu. *In situ* praćenje reakcija Ramanovom spektroskopijom u kombinaciji s *ex situ* eksperimentima (IR, NMR, PXRD) omogućilo je izravno ispitivanje reakcijskog mehanizma i kinetike te je otkrilo kako katalitičke količine tekućina, različitih kiselobaznih svojstava i protičnosti, kao i odabrane krute tvari koje su dodane kao aditivi modificiraju prekursora i njihovu reaktivnost. Reakcijski međuprodukti, koji su izolirani i strukturno karakterizirani, slažu se s opaženim vrstama tijekom reakcija. Rezultati istraživanja dali su detaljan uvid u učinkovitost katalizatora, zatim na ulogu krutih i tekućih aditiva na njihovu reaktivnost i na brzinu aktivacije C-H veze, slika 2.² Dobiveni rezultati mogli bi pomoći u budućem razvoju reakcija funkcionalizacije C-H veze primjenom čistih, okolišu prihvatljivih metoda. Nadalje, umjesto paladijevog(II) acetata, najčešće korištenog katalizatora u otopinskim reakcijama, mogle bi se koristiti kloridna ili tetrafluoroboratna sol paladija budući da daleko brže aktiviraju C-H veze od acetatnog prekursora, ali samo u prisutnosti odgovarajućih tekućih i krutih aditiva.

Literatura

- Lyons, T; W. Sanford, M. S. "Palladium-Catalyzed Ligand-Directed C-H Functionalization Reactions". *Chem. Rev.* **2010**, *110*, 1147-1169.
- Bjelopetrović, A.; Lukin, S.; Halasz, I.; Užarević, K.; Đilović, I.; Barišić, D.; Budimir, A.; Juribašić Kulcsar, M.; Ćurić, M. "Mechanism of Mechanochemical C-H Bond Activation in an Azobenzene Substrate by Pd^{II} Catalysts". *Chem. Eur. J.* **2018**, *24*, 10672-10682.
- James, S. L. et al. "Mechanochemistry: Opportunities for New and Cleaner Synthesis". *Chem. Soc. Rev.* **2012**, *41*, 413-417.

Gravimetrijsko određivanje metalnih iona u vodi

Mislav Matić (FKIT)

Nesumnjivo, jedan od najvažnijih spojeva uopće jest voda. Molekula vode sastoji se od dva atoma vodika i jednog atoma kisika (H₂O) te je kutna (nelinearna) molekula s kutom veze od 104,5°. Zbog velike razlike u koeficijentima elektronegativnosti kisika i vodika te nesimetrične strukture, molekula vode je polarna s izraženim dipolnim karakterom. Molekula vode amfoterna je i njezinom disocijacijom nastaju vodikovi (H⁺) i hidroksidni (OH⁻) ioni. Zahvaljujući svojoj velikoj moći otapanja, prirodna voda nije nikada potpuno čista. Obično sadržava nešto otopljenih soli raznih minerala kroz čije je slojeve prošla.¹ Pitka voda dobiva se uglavnom pročišćavanjem prirodne vode raznim postupcima te također nije nikada potpuno čista. Osim anorganskih tvari, prirodna voda i voda za piće mogu sadržavati veće ili manje količine organskih spojeva. Iz sigurnosnih i zdravstvenih razloga, potrebno je ispitati kakvoću vode za piće i općenito vode za ljudsku uporabu. Od metoda klasične kvantitativne kemijske analize nerijetko se primijenjuju gravimetrijske metode za određivanje metalnih iona.



Slika 1 – Izvor prirodne vode

Zbog svojih pogodnih svojstava kao otapalo, prirodna voda i voda za piće sadrže razne anorganske tvari poput kiselina, baza, soli, metalnih iona, aniona te kompleksa metala. Osobito je značajno onečišćenje vode s ionima kalcija (Ca²⁺), magnezija (Mg²⁺) i željeza (Fe²⁺) jer se prilikom vrenja takve vode stvaraju netopljivi produkti.¹ Zbog toga, vodu s ionima Ca²⁺, Mg²⁺ i Fe²⁺ nazivamo tvrdom vodom. Tvrdoća vode uvjetovana je uvijek prisutnošću kalcijevih, magnezijevih i željezo(II) – iona, premda se može smatrati da je prisutnost Ca²⁺ najvažnija. Kalcijevi ioni nalaze se u vodi za piće zbog otapanja karbonatnih stijena kroz čije slojeve prolazi prirodna voda (slika 1). Prirodna voda je kisela zbog otopljenog ugljikova dioksida te otapa naslage kalcijeva karbonata.

Osim spomenutih metalnih iona, prirodna voda i voda za piće mogu sadržavati i druge metalne ione s, p- ili d-bloka te iznimno rijetko i elemente f-bloka periodnog

sustava elemenata. Najčešći teški metali koji se nalaze u vodi su arsen, kadmij, živa, bakar, krom, nikel i olovo.⁵ Kationi prijelaznih elemenata (metali d-bloka) zbog nepopunjenih d-orbitala tvore komplekse s različitim brojem liganada. Ligand je negativno nabijeni ion ili neutralna molekula koja donira slobodni elektronski par d-orbitalama središnjeg metalnog iona.² Broj liganada s kojim se okružuje središnji metalni ion naziva se koordinacijski broj, a veza između liganda i metalnog iona je koordinatno-kovalentna. Ovisno o ligandima, metalni ioni tvore komplekse različite stabilnosti. Zbog električnog polja liganda, dolazi do cijepanja d-orbitala središnjeg metalnog iona. Posljedica toga je različita stabilnost kompleksa i različita obojenost kompleksa ovisno o ligandu. Gotovo svi metali d-bloka periodnog sustava elemenata mogu raditi komplekse koji se međusobno, zbog cijepanja d-orbitala u prisutnosti različitih liganada, razlikuju po stabilnosti. Stvaranje kompleksa različite stabilnosti i obojenosti jedno je od osnova kvalitativne i kvantitativne analize iona prijelaznih metala u vodi te se na tome zasniva gravimetrijsko određivanje prethodno spomenutih iona teških metala.

Gravimetrijske metode analize zasnivaju se na mjerenju mase. Taloženjem iona ili spoja u otopini uzorka otopinom pogodnog reagensa, u obliku teško topljivog taloga i vaganjem tog taloga, ili iz njega nastalog odgovarajućeg spoja, određujemo količinu tog iona ili spoja u uzorku.³ Gravimetrijske metode analize pogodne su analizu uzoraka u kojima je udio analita veći od 0,1 % te su iznimno točne za uzorke u kojima je udio analita veći od 1 %.⁴ Postupak gravimetrijskog određivanja sastoji se od taloženja, digeriranja, filtriranja, ispiranja taloga, termičke obrade taloga, vaganja i računanja rezultata analize. Ioni i spojevi izlučuju se iz otopine uzorka u obliku teško topljivih taloga. Za potrebe izračuna rezultata definira se gravimetrijski faktor. Gravimetrijski faktor (g.f.) jednak je omjeru molarne mase tražene tvari i molarne mase vagane tvari (molarne mase su u ekvivalentnom odnosu).³

$$\text{gravimetrijski faktor} = M(\text{vagane tvari}) / M(\text{tražene tvari})$$

Pomoću gravimetrijskog faktora možemo vrlo jednostavno odrediti masu analita tako da masu taloga pomnožimo s gravimetrijskim faktorom. Vrijedi izraz:

$$m(\text{analita}) = \text{gravimetrijski faktor} \cdot m(\text{taloga})$$

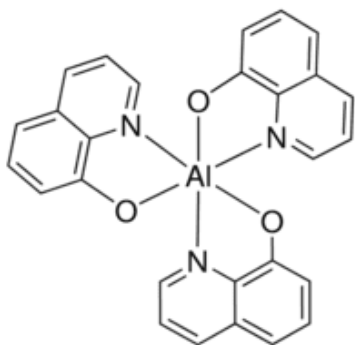
Talag može biti neka teško topljiva sol ili kompleksni spoj, odnosno kelat. Na reakcijama u kojima nastaju teško topljive soli temelji se gravimetrijsko određivanje aniona i kationa dok se analiza metalnih iona elemenata d-bloka temelji, osim na spomenutim reakcijama i na reakcijama kompleksiranja. Kelati su kompleksni spojevi (produkti reakcije kompleksiranja) metalnih iona i organskih molekula čiji pojedini atomi doniraju svoje slobodne elektronske parove u nepopunjene d-orbitale središnjeg metalnog iona. Reakcije u kojima nastaju kelati općenito su selektivnije i osjetljivije od reakcija u kojima nastaju teško topljive anorganske soli. Prilagodбом uvjeta

taloženja, gravimetrijske metode mogu biti izuzetno selektivne i osjetljive te mogu poslužiti kao relativno jeftina, a iznimno točna i precizna metoda određivanja anorganskih i organskih tvari u vodenom mediju. Organski reagensi koji se koriste za gravimetrijsko određivanje metalnih iona su 8-hidroksikinolin, dimetilglioksim i natrijev tetrafenil borat.⁴ U tablici 1 navedeni su metali s kojim navedeni reagensi tvore kelate. Metale navedene u tablici 1 moguće je odrediti gravimetrijski analizom uzorka vode za piće.

Tablica 1 – Prikaz metalnih iona koji se mogu gravimetrijski odrediti pomoću organskih reagensa

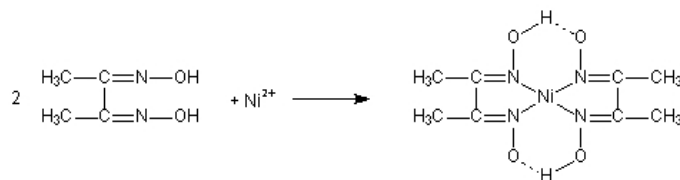
Reagens	Metalni ioni s kojim tvori kelate	Selektivnost reakcije
8-hidroksikinolin	Tvori s oko 20 metala. Najvažniji su ioni metala Al, Fe, Cu, U, Hg, Mg	Reakcija je selektivna. Selektivnost se može povećati prilagodbom pH vrijednosti
Dimetilglioksim	Ni	Iznimno selektivna
Natrijev tetrafenilborat	NH ₄ ⁺ i K	Vrlo selektivna

8-hidroksikinolin (oksin) tvori stabilne i obojene komplekse s oko 20 metalnih iona. Selektivnost reakcije s 8-hidroksikinolinom može se povećati prilagodbom pH vrijednosti jer se molekula oksina uvijek deprotonira tijekom reakcije. U gravimetrijskoj analizi vode za piće primjenjuje se ponajviše za određivanje Al³⁺ i Mg²⁺ iona. Kelat aluminijski i oksina prikazan je na slici 2.



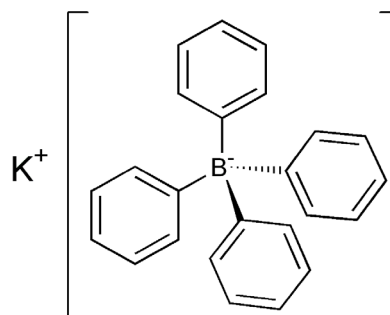
Slika 2 – 8-hidroksikinolin

Dimetilglioksim organski je taložni reagens neusporedive specifičnosti. Iz slabo bazične otopine taloži se samo nikel(II).⁴ Reakcija niklovi(II) iona i dimetilglioksima prikazana je na slici 3.



Slika 3 – Reakcija Ni²⁺ i dimetilglioksima

Natrijev tetrafenilborat tvori taloge slične solima. U hladnim kiselim otopinama, natrijev tetrafenilborat skoro je specifičan taložni reagens za kalijeve i amonijeve ione. Sastav taloga je stehiometrijski i sadrži jedan mol kalijeva ili amonijeva iona za svaki mol tetrafenilborata. Reakcije kalijevih i amonijevih iona s tetrafenilboratom su stehiometrijski istovjetne. Kalijev tetrafenilborat prikazan je na slici 4.



Slika 4 – Kalijev tetrafenilborat

Zaključno, gravimetrija je pouzdana i jeftina metoda za određivanje anorganskih tvari u vodenom mediju. Uporabom organskih reagensa 8-hidroksokinolina, dimetilglioksima i natrijeva tetrafenilborata za kompleksiranje i taloženje metalnih iona, ona se primjenjuje za selektivno određivanje velikog broja metalnih iona u vodenom mediju. Općenito, gravimetrijske metode vrlo su pouzdane i točne za određivanje analita čiji je udio u uzorku veći od 0,1 %. Uporaba gravimetrije nije preporučljiva za određivanja u kojima je udio analita manji od 0,1 % dok je za uzroke s udjelom analita od 1 % i više nego iznimno točna s odstupanjem od svega 1 – 2 ppm. Nedostatak gravimetrijskih metoda jest dugo trajanje samog analitičkog postupka što ih čini teško primjenjivim na ispitivanja s velikim brojem uzoraka.

Literatura

1. I. Filipović, S. Lipanović, Opća i anorganska kemija, II. dio, 1995.
2. I. Filipović, S. Lipanović, Opća i anorganska kemija, I. dio, 1995.
3. Z. Šoljić, Laboratorijske osnove kvantitativne kemijske analize, 2006.
4. D. Skoog, D. West, F. Holler, Osnove analitičke kemije, 1999.
5. <https://www.lenntech.com/aquatic/metals.htm> (17.12.2018.)



BOJE INŽENJERSTVA

Moderna kemija u zagrljaju medicine

Doc. dr. sc.

*Katarina Mišković-Špoljarić
(Medicinski fakultet, Osijek)*

*„posebna grana znanosti zvana kemija, sadrži ključ koji može otključati vrata osnovnih spoznaja o skrivenim uzrocima zdravlja i bolesti“
– Theodore William Richards (1909.)*

Kemija, posebna grana znanosti, snažno je povezana s životom, ali i s drugim znanostima. Kemija je sastavni dio svake prirodne filozofije, ona je intelektualna disciplina, vodilja u proizvodnom i prodajnom procesu farmaceutike. Možda najvažnija značajka kemije je spoznaja da je ona ključ za otkrivanje bitnih spoznaja o zdravlju i bolesti što je jedan od najvrjednijih znanstvenih doprinosa u službi humanosti.

Još u vrijeme alkemičara kemija je bila usko povezana sa medicinom, a danas je ta veza još jača



zahvaljujući spoznajama o ljudskom tijelu. Naše tijelo je u potpunosti protkano brojnim kemijskim supstancama, i veliki broj naših funkcija je ovisan o kemijskim reakcijama. Kemijski procesi nam omogućavaju da probavimo hranu, održavaju tjelesnu temperaturu odnosno osiguravaju nam potrebnu količinu topline, i omogućavaju nam energiju za mišićne kontrakcije. Osjetila i naša sjećanja su također povezana s određenim kemijskim procesima. Možemo reći da je ljudsko tijelo veličanstvena kemijska mašina usklađenih varijacija kemijskih promjena koje su prisutne u zdravlju i bolesti, životu i smrti. Stanica je osnovna jedinica života, koja svojim varijacijama kroz procese diferencijacije, sazrijeva u specifične nakupine i pri tome je svaki taj korak rezultat kemijskih zakonitosti, stoga je jasno da je kemija u pozadini vitalnih životnih funkcija.

Kemija je značajan aspekt dnevne rutine medicinskih profesionalaca koji su uključeni u dijagnostiku, aplikaciju lijekova i praćenje njihovog djelovanja samostalno ili u kombinaciji kao i samo oboljenje. Stoga je znanje iz područja kemije vitalno za medicinske profesionalce poput liječnika, farmaceuta i ostalog medicinskog osoblja koje dolazi u neposredni kontakt s lijekovima.

Kako i zašto je potrebno poznavati kemiju u medicini? Navedimo samo neke od značajnih elemenata:

- Poznavanje stvarnog sastava i razumijevanje kemijske prirode lijeka
- Otkriće novih i poboljšanje postojećih lijekova
- Predviđanje interakcije lijeka i mehanizma djelovanja
- Smanjenje toksičnih učinaka lijeka i povećanje podnošljivosti (tolerancija)
- Postavljanje dijagnoze bolesti
- Regulacija distribucije lijeka

Lijek u svom sastavu, osim aktivne komponente, sadrži i druge pomoćne tvari. Poznavanje kemijske pozadine i reaktivnosti te interakcija pomaže medicini da apliciraju lijek. Lijekovi mogu biti različite kiselosti (kiseli, bazični) i topljivosti (topljivi u vodi ili mastima). Liječnicima poznavanje kemijske strukture lijeka omogućuje da pretpostave puteve apsorpcije i vremena potrebno za aktivno djelovanje te puteve izlučivanja. Primjer: lijek niskog pH (kiselo) znatno će se bolje apsorbirati u želucu dok će se onaj visokog pH (alkalni) dobro apsorbirati u tankom crijevu. Ne zaboravimo lipofilnost kao važnu komponentu budući da lipofilni lijekovi znatno brže i bolje prelaze krvno – moždanu barijeru i prodiru u dublja tkiva u odnosu na lijekove hidrofilnog karaktera. To su samo od nekih faktora koji su važni za medicinu, farmaciju, ali i kemičara koji dizajnira lijek i određuje njegove osobine. Međusobne interakcije lijeka vrlo su značajne posebno u slučajevima kombiniranog terapijskog tretmana kako ne bi došlo do neželjenih reakcija.

Uzmimo za primjer lijek za ulcerozni kolitis. Ako u kombinaciji s antacidom koji sadrži kalcijev hidroksid pacijent prima i antibiotik na bazi tetraciklina dolazi do međusobne interakcije i kompleksiranja koji rezultira neučinkovitošću primijenjenih lijekova. Prekomjerna koncentracija salicilne kiseline ili nekog drugog kiselog lijeka može se ublažiti i potaknuti izlučivanje dodatkom natrijeva bikarbonata poznatog trivijalno kao soda bikarbona. Iako je soda bikarbona relativno jeftina i lako dostupna supstanca, potreban je oprez kod srčanih bolesnika i bolesnika koji boluju od kronične kongestivne bolesti pluća kod kojih može imati kontraindikacije.¹ Ne zaboravimo da samoinicijativno uzimanje bilo kojeg lijeka, nikada se ne preporuča upravo zbog mogućih neželjenih interakcija odnosno kontraindikacija.

Toksičnost lijeka je jedan od značajnih faktora u njegovoj primjeni. Poznavanjem rasporeda funkcionalnih grupa i njihovom preraspodjelom moguće je modificirati molekulu i učiniti je manje toksičnom te samim tim



Slika 1 – Presentacija lijeka virtualnoj populaciji³

i prihvatljivijom za primjenu u terapijske svrhe. Modifikacija može dovesti do smanjene učinkovitosti lijeka i/ili preusmjerenja za druge svrhe. Medicinski kemičar koje je u osnovi organski kemičar u timu s analitičkim kemičarem, liječnicima, fizičarima, farmaceutima priprema i modificira postojeće i stvara nove supstance koje moraju zadovoljiti kriterij uspješnosti u liječenju bez štetnog djelovanja na zdrave stanice te se mora zadovoljiti zahtjev prihvatljivog oblika aplikacije i dostave na ciljno mjesto djelovanja. Važne su interakcije supstance u organizmu.

Osim u pripremi i interakciji lijekova, kemija u medicini je prisutna i u području osiguranja čistoće, dezinfekcije i sterilizacije pri čemu se primjenjuju kemikalije poput 70 % alkohola, glutaraldehida, stabiliziranog vodikova peroksida, kvarternih amonijevih soli i joda. Ne zaboravimo primjenu formaldehida koji se koristi za očuvanje tkiva i tkivnih preparata.²

Dragi čitatelju, ovo je samo mali djelić zajedničke suradnje kemije u medicini i medicine u kemiju. Priča je znatno veća i ovih nekoliko redaka samo je kratka uvertira u područje medicinske kemije, područje neograničenih mogućnosti istraživanja.

Literatura

1. Pizzorno J. (2015). Acidosis: An Old Idea Validated by New Research. Integrative medicine (Encinitas, Calif.), 14(1), 8-12.
2. Brenner E. (2014). Human body preservation - old and new techniques. Journal of anatomy, 224(3), 316-44.
3. <https://www.medicalsciencenavigator.com/body-chemistry/>

Nepoznato o poznatima – Gilbert Newton Lewis

Marina Bekavac

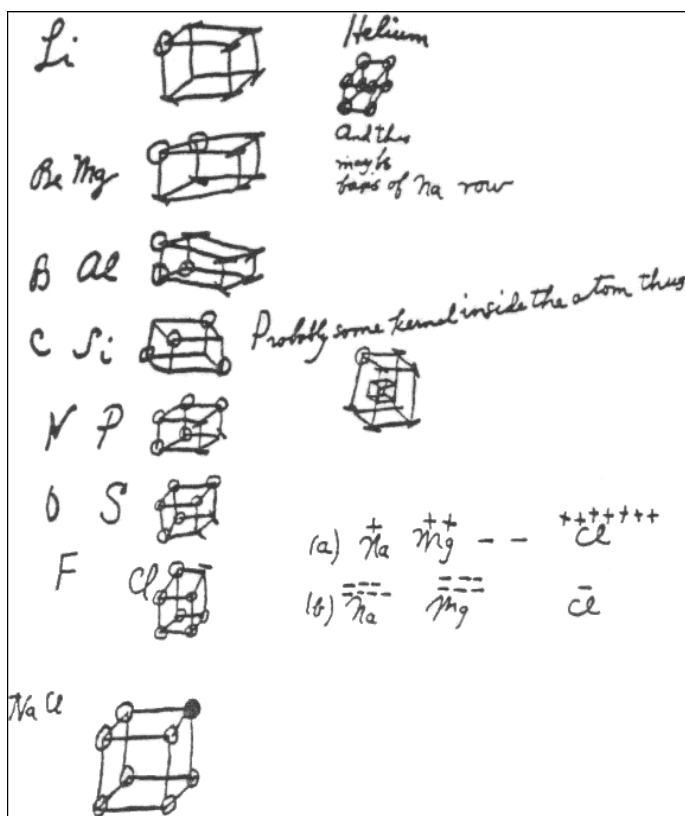
Gilbert Newton Lewis američki je kemičar rođen 23. listopada 1875. godine. 1907. godine postaje profesor kemije na Massachusettskom institutu za tehnologiju (MIT), a 1912. na Kalifornijskom sveučilištu u Berkeleyju.

Njegov rad ostavio je velik utjecaj na današnje poimanje kemije. Teorija o povezivanju atoma zajedničkim elektronskim parom unaprijedila je razumijevanje kemijske kovalentne veze i proširila koncepciju o kiselinama i bazama.

Lewis je počeo koristiti neobjavljene crteže kubičnih atoma, koji su se nalazili u njegovim bilješkama, na



Slika 1 – Gilbert Newton Lewis u laboratoriju



Slika 2 – Lewisove bilješke

svojim predavanjima. Uglovi kocke su predstavljale moguće položaje elektrona. Njegov velik interes započeo je na Harvardu. Teoriju valencije prvo je predstavio svojim studentima kada je zamislio ideju da su atomi izgrađeni od koncentričnog niza kocki s elektronima u svakom kutu. Ovaj „kubni atom” objasnio je ciklus od osam elemenata u periodnom sustavu elementa i bio je u skladu s opće prihvaćenim uvjerenjima da su kemijske veze nastajale prijenosom elektrona.

1916. godine objavljuje svoju ideju o kemijskom spajanju „The Atom and the Molecule” u kojoj objašnjava kovalentnu vezu, podjelu elektronskog para te objašnjava kako do navedenih pojava dolazi.

Danas je njegova teorija opće prihvaćena, te je poznata pod nazivom *Lewisova teorija*.

Godine 1933. započeo je istraživanje o razdvajanju izotopa. Radio je s vodikom i uspio je pročistiti uzorak teške vode (deuterijev oksid) te je prvi izolirao vodikov izotop, deuterij.

Iako je bio nominiran 41 put za Nobelovu nagradu za kemiju nikada je nije osvojio. Lewis je pronađen mrtav u svom laboratoriju u Berkeleyju gdje je radio s cijanidom. Mnoge kolege su tvrdile da je počinio samoubojstvo no takvi navodi nisu nikada dokazani.



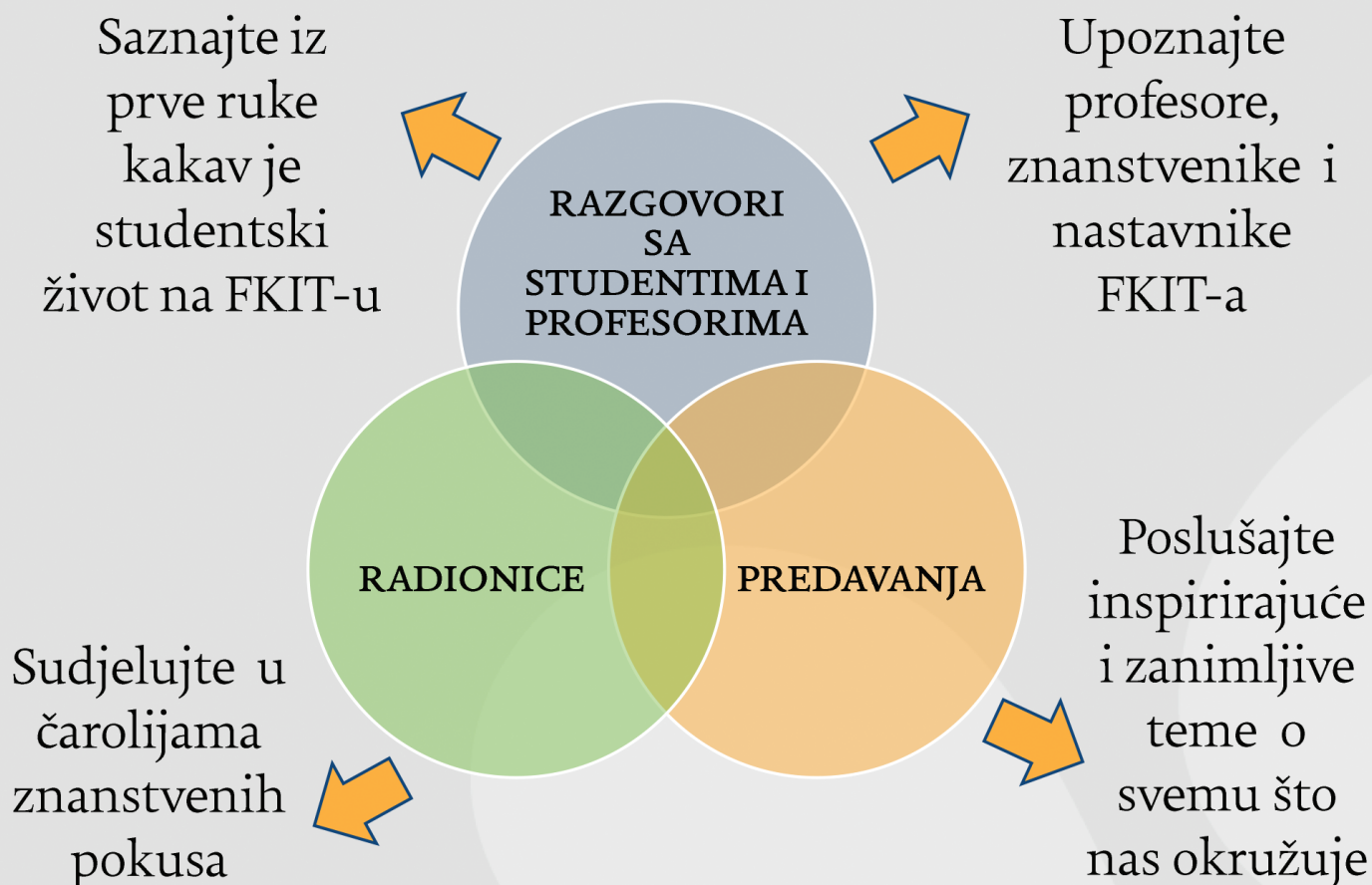
Dan otvorenih vrata

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

22. veljače 2019.

9:00 – 15:00

www.fkit.unizg.hr





STAND-UP KEMIČAR

| Fun facts

pripremio Leo Bolješić

Pčele ponekad bodu druge pčele, što se najčešće događa od strane takozvanih „čuvara“ koji štite košnicu. Ukoliko pčela iz druge košnice priđe, oni je krenu gristi, pa čak i bodu.

Pretpostavlja se da je ukupna masa svih mrava na svijetu približno jednaka masi svih ljudi.

Lijekovi za djecu su u 19. stoljeću sadržavali morfij kako bi umirili djecu i umanjili im bol. Međutim, morfij je za djecu vrlo opasan i to u vrlo malim količinama.

Najsušnije područje na Zemlji vrlo je slično Marsu. Riječ je o pustinji Atacama u Čileu, gdje u nekim područjima čak nikada nije zabilježena kiša. Na nekim visinama u Atacami, tlo je toliko suho da onemogućuje život čak i mikroorganizmima i zapravo se može usporediti s Marsom. NASA je čak poslala istraživače u ovu pustinju kako bi testirali instrumente koji će se koristiti u misijama na Marsu



Morske iguane dišu često kako bi izlučile sol iz žlijezda pored njihovih noseva. Sol se često smjesti na njihove glave, dajući im karakterističnu bijelu „periku“. (slika ispod)



Kada bi se naprstak napunio neutronsom zvijezdom, težio bi 100 000 000 tona.

Ako se helijev-4-izotop podvrgne superhlađenju, postaje superfluid, odnosno ima viskoznost jednaku 0.

Vicevi

pripremio Leo Bolješić

Kako se zove skupina polarnih medvjeda?

– Dipol-dipol interakcije

Koja je najdraža pjesma Roberta Boylea?

– Queen – Under pressure

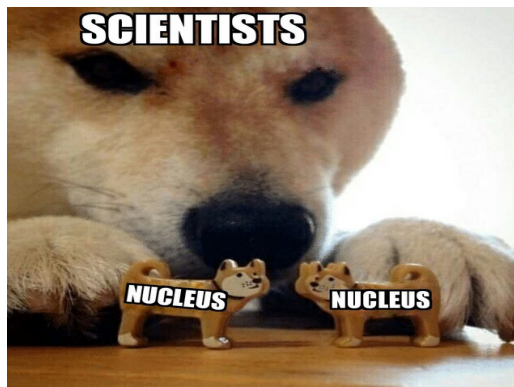
Neki dan sam uhićen zbog krađe elektrona, unatoč tome što su žrtve rekly da im je to sve u svemu bilo pozitivno iskustvo.

Newton, Einstein i Pascal odluče igrati skrivača. Einstein zatvori oči i broji do 10, te nakon što ih otvori vidi Newtona kako stoji u kvadratu od 1 m^2 .

– Užas si, našao sam te! – Reče Einstein, na što će Newton

– Našao si jednog Newtona u metru kvadratnom. Zapravo si našao Pascala.

Rekao bih foru o Fibonaccijevom nizu, ali je vjerojatno loša kao zadnje dvije kombinirane



Marvel: 'Infinity War is the most ambitious crossover event in history'

Me:



Nagradni zadatak

Za osvajanje nagrade potrebno je točno odgovoriti na sva zadana pitanja. Svoje odgovore pošaljite na e-mail adresu: mislav.matic00@gmail.com.

Mravlja kiselina određuje se po Jonesu tako da se na alkalnu otopinu formijata doda višak otopine kalijeva permanganata, zakiseli sumpornom kiselinom, doda otopina oksalne kiseline do nestanka boje i zatim ponovno titrira kalijevim permanganatom do pojave stalne ružičaste otopine.

Kolika je masena koncentracija mravlje kiseline, ako je na 25 mL uzorka dodano 25 mL otopine kalijeva permanganata koncentracije $0,02 \text{ mol L}^{-1}$, koji je bio u suvišku, a zatim je dodano 10 mL otopine oksalne kiseline koncentracije $0,05 \text{ mol L}^{-1}$? Za titraciju suviška oksalne kiseline utrošeno je 5 mL otopine kalijeva permanganata koncentracije $0,02 \text{ mol L}^{-1}$.

Nagradni zadatak u prethodnom broju uspješno je riješio Zvonimir Mlinarić.

SADRŽAJ
vol. 3, br. 4

KEMIJSKA POSLA

Voda za piće kroz povijest	1
Sudbina farmaceutika u okolišu i tijekom naprednih postupaka obrade vode – <i>PharmaFate</i>	3
Na kavi s Marijom Lukić, mag. ing. cheming.	4
Projekt ReHOHMen	6

ZNANSTVENIK

Pročišćavanje podzemnih i površinskih voda	7
Mijenjanje kvalitete vode kroz vrijeme	9
Voltametrijsko određivanje kompleksa metala s organskim ligandima	11
Mehanokemijske metode aktivacije ugljik-vodik veze	12
Gravimetrijsko određivanje metalnih iona u vodi	13

BOJE INŽENJERSTVA

Moderna kemija u zagrljaju medicine	15
Nepoznato o poznatima – Gilbert Newton Lewis	17

STAND-UP KEMIČAR

Fun facts	19
Vicevi	20
Nagradni zadatak	20

