

A TARTALOMBÓL:

A vörösiszap hasznosítása
és feldolgozása

Sósavdúsítás elektro-
dialízissel-elektrolízissel

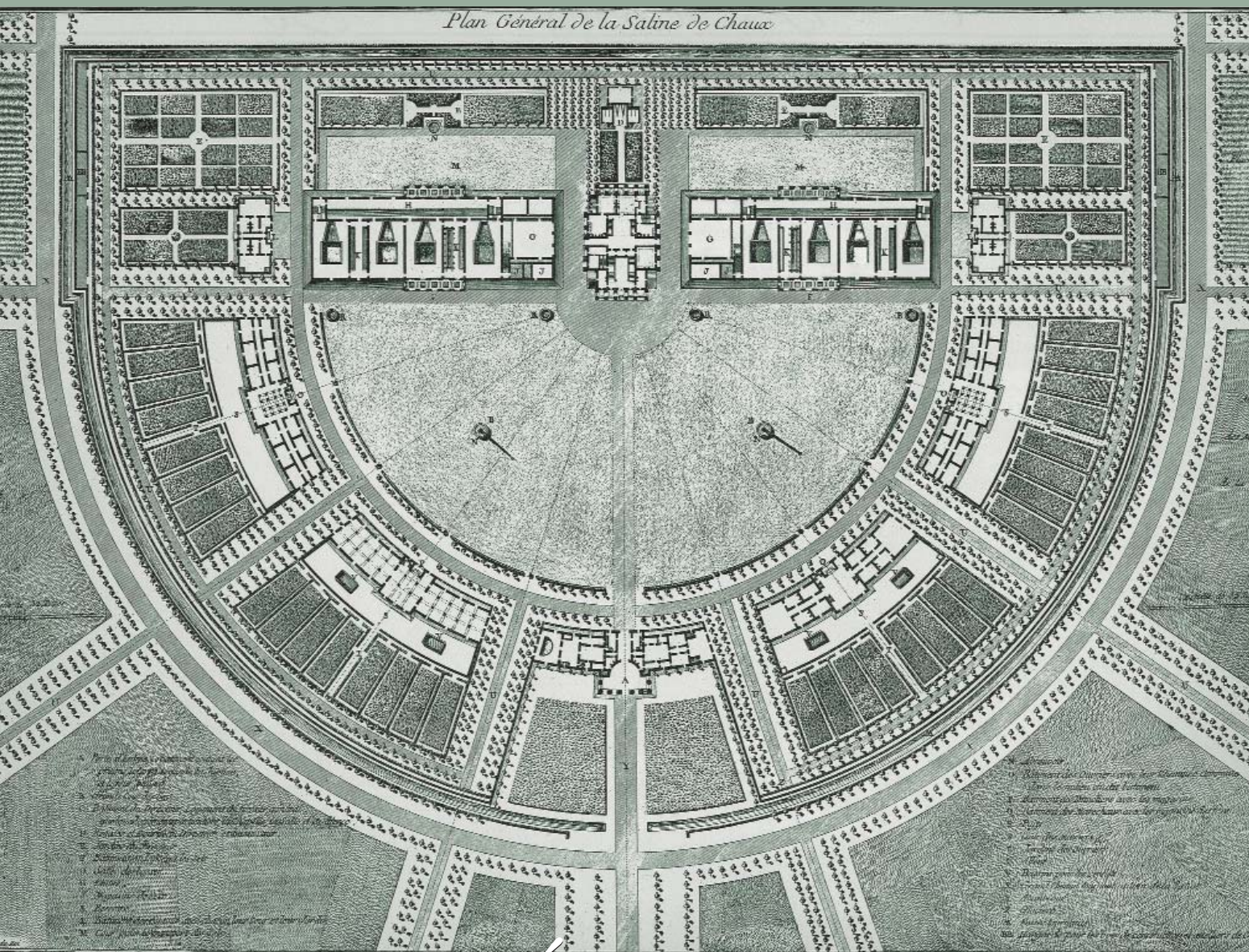
A gyógyszerkutatás
kémiája

Híresek és Kémikusok:
Margaret Thatcher



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXVII. ÉVFOLYAM • 2012. DECEMBER • ÁRA: 850 FT



KÉMIA *18. századi sólépárló terve* ÉS TÖRTÉNELEM

Az első moduláris GC:

Az új **Thermo Scientific** Trace 1310

- Teljesen új, szabadalmaztatott technikai megoldások
- Felhasználó által cserélhető „Instant Connect” injektorok és detektorok
- Kompromisszumok nélküli analitikai teljesítmény
- Automatikus váltás a folyadék és gőztér injektálási üzemmódok között
- Rendkívül egyszerű kezelhetőség az új Chromeleon 7 szoftverrel
- Kivételes robusztusság, kompakt méretek
- Csatolás egyszeres kvadrupol, hármas kvadrupol és ioncsapda tömegspektrométerekhez



Kizárólagos képviselő:

UNICAM Magyarország Kft., 1144 Budapest, Kőszeg u. 27.

Telefon: 1-221-5536 • Fax: 1-221-5543

E-mail: unicam@unicam.hu • Web: www.unicam.hu



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXVII. évf., 12. szám, 2012. december



A Magyar Kémikusok Egyesületének
– a MTE SZ tagjának –
tudományos ismeretterjesztő
folyóirata és hivatalos lapja

Szerkesztőség:

Felelős szerkesztő: KISS TAMÁS
Olvasószerkesztő: SILBERER VERA
Tervezőszerkesztő: HORVÁTH IMRE
Szerkesztők:
ANDROSITS BEÁTA, BANAI ENDRE,
JANÁKY CSABA, LENTE GÁBOR,
NAGY GÁBOR, PAP JÓZSEF SÁNDOR,
ZÉKÁNY ANDRÁS
Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

Szerkesztőbizottság:

SZÉPVÖLGYI JÁNOS,
a szerkesztőbizottság elnöke,
[SZÉKES GÁBOR] örökös főszerkesztő,
ANTUS SÁNDOR, BECK MIHÁLY,
BIACS PÉTER, BUZÁS ILONA,
GÁL MIKLÓS, HANCSÓK JENŐ,
[HERMECZ ISTVÁN], JANÁKY CSABA,
JUHÁSZ JENŐNÉ, KALÁSZ HUBA,
KEGLEVICH GYÖRGY, KOVÁCS ATTILA,
KÖRTVÉLYESI ZSOLT,
KÖRTVÉLYESSY GYULA,
LIPTAY GYÖRGY, MIZSEY PÉTER,
MÜLLER TIBOR, NEMES ANDRÁS,
RÁCZ LÁSZLÓ, SZABÓ ILONA,
SZEBÉNYI IMRE, TÖMPE PÉTER,
ZÉKÁNY ANDRÁS

Kapják az egyesület tagjai és a megrendelők

A szerkesztésért felel: KISS TAMÁS

Szerkesztőség: 1015 Budapest, Hattyú u. 16.

Tel.: 36-1-225-8777, 36-1-201-6883,

fax: 36-1-201-8056

E-mail: mkl@mke.org.hu

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete

Felelős kiadó: ANDROSITS BEÁTA

Nyomdai előkészítés: Planta-2000 Bt.

Nyomás és kötés: Mester Nyomda

Felelős vezető: ANDERLE LAMBERT

Tel./fax: 36-1-455-5050

Terjeszti a Magyar Kémikusok Egyesülete

Az előfizetési díjak befizethetők a CIB Bank

10700024-24764207-51100005 sz.

számlájára „MKL” megjelöléssel

Előfizetési díj egy évre 10 200 Ft

Egy szám ára: 850 Ft. Külföldön terjeszti

a Batthyany Kultur-Press Kft.,

H-1014 Budapest, Szentháromság tér 6.

1251 Budapest, Postafiók 30.

Tel./fax: 36-1-201-8891, tel.: 36-1-212-5303

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:

SÜLI ERIKA

Magyar Kémikusok Egyesülete,

1015 Budapest, Hattyú u. 16. Tel.: 36-1-201-6883,

fax: 36-1-201-8056, e-mail: mkl@mke.org.hu

Aktuális számaink tartalma,

az összefoglalók és egyesületi híreink,

illetve archivált számaink honlapunkon

(www.mkl.mke.org.hu) olvashatók

Index: 25 541

HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)

HU ISSN 1588-1199 (online)

A lap megjelenését a Nemzeti Kulturális Alap
támogatja



Nemzeti
Kulturális
Alap



A karácsonyi menü összeállítását a legtöbb családban gondos mérlegelés előzi meg: hal legyen vagy pulyka, töltött káposzta vagy könnyebb, divatosabb fogás. A végén aztán mindent feltálalunk az ünnepek alatt, már csak azt kell eldönteni, hogy gesztenyével töltsük a pulykát vagy aszalt szilvával, pontyot válasszunk vagy tengeri halat, paprikásan főzzük a káposztát vagy káposztán. Divathóbortból tavaly kipróbáltuk a molekuláris gasztronómiát: az idén maradunk a hagyományosnál.

Az MKL karácsonyi kínálata már elkészült. Rögtön a főétellel kezdünk: Szépvölgyi János és Kótai László a vörösiszap lehetséges felhasználásáról ír. Az eddigi javaslatok alapján – és ipari méretű, sokrétű feldolgozás hiányában – célszerűnek látják az egyelőre számítógépekben, papírokon testet öltött elgondolások kritikai áttekintését, a korábban kidolgozott eljárások újraértékelését. Következő cikkünk a környezetvédelem, az újrahasznosítás újabb aspektusát érinti: a szerrőgárda hulladéksavak, pácevek kezelésének, híg savoldatok töményítésének elektrodialízis-elektrolízis módját elemzi egy új készülék tesztelése kapcsán.

Hogyan tájékozódhat a viking hajósok borult időben? Navigálásuk titkát a lágymányosi kampuszon próbálják felderíteni magyar fizikusok. A kutatás egyáltalán nem légből kapott, bár az égbolttól indul ki. Minderről a csoport vezetőjével, Horváth Gáborral beszélgettünk. Jöhet a desszert! Papp József Sándor Vegyészkalendáriuma Than Károllyal és Alfred Wernerrel zárja az évet. Lente Gábor, a nagyon népszerű Vegyészletek rovatvezetője új sorozattal jelentkezik. A Híresek és Kémikusok bevezetőjében azt írja: „Ma minden bizonnyal Alfred Nobel a leghíresebb ember, akiről a kémiához való kötődése is közismert, noha az ő hírnevét sem elsősorban a biztonságos dinamit kifejlesztése, hanem az általa létrehozott tudományos díj alapozta meg. Vannak azonban nála is híresebb vegyészek: közös bennük az, hogy ismertségüket nem a kémiai tevékenységüknek köszönhetik.” A decemberi epizód főszereplője: Margaret Thatcher. Inzelt György nemrég megjelent, Mély kútforrása a bölcsességek című könyvéből is olvashatnak néhány részletet. Ismét egy kémiában jártas hölgy, Madame Lavoisier alakja bontakozik ki; képzeletbeli asztalunkra pedig só meg bors kerül. A címlap is „a só kultúrhistoriájára”-hoz illeszkedik: Franciaországban, Arc és Senans között épült fel a chaux-i (!) sólepárló manufaktúra; a megmaradt épület együttes a világörökség része. Címlapunkon egy korabeli tervrajz másolata látható.

Boldog karácsonyt, szép téli napokat kívánok.

2012. december

Silberer Vera

Silberer Vera

TARTALOM

VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY

Szépvölgyi János, Kótai László: Az ajkai vörösiszap-ömlés. II.

A vörösiszap hasznosítási és feldolgozási lehetőségei

362

Gergely András, Török Tamás, Vértess György, Lambertus Zsolt:

Sósavdúsítás elektrodialízis-elektrolízissel és kimerült páclé regenerálásának vizsgálata

368

Braun Tibor: Áttörési remények a kristályos szénnanotudomány,

főleg a grafén fejlesztési frontvonalán

374

KÖNYVISMERTETÉS

Greiner István: Gyógyszerkönyv a kémia évében (A gyógyszerkutatás kémiája.

Szerkesztette: Keszű György Miklós)

375

Riedel Miklós: Kémia, történelem, irodalom (Inzelt György: Mély kútforrása a bölcsességek)

376

ISMERETTERJESZTÉS

Inzelt György: „Láss bele végül mélyen az elrejtett dolgokba”

377

KITEKINTÉS

Viking navigáció. Beszélgetés Horváth Gábor fizikussal

379

Lente Gábor: Híresek és Kémikusok. Margaret Thatcher

382

VEGYIPAR- ÉS KÉMIATÖRTÉNET

Vegyészkalendárium (Pap József Sándor rovata)

383

OKTATÁS

Idén is átadták a Magyar Kémia Oktatásért díjakat

385

MEGEMLEKEZÉS

Hudecz Ferenc: Kucsman Árpád (1927–2012)

386

Herczegh Pál: Sztaricskai Ferenc (1934–2012)

387

VEGYÉSZLETEK

Lente Gábor rovata

388

A HÓNAP HÍREI

390

Szépvölgyi János – Kótai László

■ MTA Természettudományi Kutatóközpont,
Anyag- és Környezetkémiai Intézet
Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar,
Műszaki Kémiai Kutatóintézet

■ MTA Természettudományi Kutatóközpont,
Anyag- és Környezetkémiai Intézet

Az ajkai vörösiszap-ömlés

Második rész

A vörösiszap hasznosítási és feldolgozási lehetőségei

Az Ajka térségében 2010. október 5-én bekövetkezett vörösiszap-ömléshez kapcsolódó előző közleményünkben [1] áttekintettük a vörösiszap keletkezésével járó Bayer-technológia alapjait és összefoglaltuk az Ajkai Timföldgyárban képződött vörösiszapok kémiai összetételének, fázisviszonyainak, morfológiájának és termikus sajátságainak vizsgálata során kapott eredményeket. Bemutattuk továbbá a vörösiszapok tárolási lehetőségeit, különös tekintettel az Ajkán korábban alkalmazott nedves, majd a 2011 márciusában bevezetett száraz tárolásra.

A vörösiszapok tulajdonságainak és hasznosítási lehetőségeinek vizsgálatával foglalkozó szakirodalomban, köztük saját korábbi munkánkban [2], Thakar és Das összefoglaló tanulmányában [3], valamint Luidold és Antrekowitsch újabb közleményében [4] is hangsúlyosan foglalmazódik meg, hogy a vörösiszapok, mennyiségük-nél,¹ értékes fémtartalmuknál és fizikai tulajdonságaiknál fogva elsősorban nem hulladékoknak, hanem másodlagos nyersanyagoknak tekintendők. Hasznosítási lehetőségeik tanulmányozása és a feldolgozásukra alkalmas eljárások kifejlesztése mind műszaki, mind gazdasági, mind környezetvédelmi szempontból kiemelt fontosságú. A vörösiszapok akár csak részleges hasznosításakor is számottevően csökkenthető a timföldgyártás környezetterhelése: egyrészt kevesebb terület kell a tároláshoz, más-

részt kisebb lesz a lerakás miatti talaj-, víz- és levegőszennyezés.

A vörösiszapok hasznosítását több tényező, így a nedvességtartalom, a lúgtartalom, a reológiai sajátságok, a szemcseméret, a fajlagos felület, a fázisviszonyok, a főalkotó fémek és a ritkafémek koncentrációja, valamint számos egyéb jellemző is befolyásolja. A hasznosításnak két fő iránya van. Az egyik szerint a vörösiszapot, mint adott fizikai és kémiai tulajdonságú anyagot – szükség szerinti előkészítés után – alkotóinak szétválasztása nélkül használik fel különböző célokra [5], így

- a talajnedvesség és a tápanyagok vízszatartására mezőgazdasági területeken,
- egyéb anyagokkal kombinálva tározók falának építésére,
- vízzáró rétegek kialakítására hulladéktárolóknál,
- veszélyes hulladékok stabilizálására és megkötésére,
- cementklinker őrlésénél adalékanyagként,
- víztelenítés és kalcinálás után hidraulikus adalékként cementekben,
- építőanyagok előállítására,
- mérnöki alkalmazásoknál geopolimerként,
- a vaskohászatban agglomerátumok és pelletek gyártására,
- polimer kompozitok töltőanyagaként építőipari termékek előállítására,
- katalizátorként vas/vas-oxid által katalizált reakciókban és
- folyékony hulladékok kezelésére adszorbensként vagy kicsapószerként.

A másik fő hasznosítási irányt a vörösiszap egy vagy több alkotójának elválasztása, majd külön-külön értékes termékek-

történi átalakítása jelenti. Magas vastartalma miatt a vörösiszap jó minőségű vaskohászati alapanyagként hasznosítható, feltéve, hogy a benne levő nátriumvegyületeket (amelyek megtámadják a kohászati berendezések falazatát) előzőleg elválasztjuk a vastartalmú fázisoktól. Titán- és egyéb ritkafémtartalma miatt pedig ritkafémforrás is lehet a vörösiszap.

A hasznosítási megoldások az alkalmazott segédanyagokban, az egyes technológiai lépésekben, az egész rendszer komplexitásában (nevezetesen abban, hogy a vörösiszap alkotói közül melyeket alakítjuk át értékes termékek-ké), valamint a gazdaságosan feldolgozható anyagmennyiségben térnek el egymástól. A feldolgozási technológiák kiválasztásakor több szempontot kell mérlegelni. Ezek közül a legfontosabbak a következők:

- mennyi a feldolgozható vörösiszap mennyisége,
- a feldolgozás révén milyen mértékben csökken a környezetterhelés,
- képződik-e újabb hulladék a feldolgozás során,
- az elképzelt technológia iparilag megvalósítható-e,
- nem veszélyes-e a technológia,
- mennyi a hozzáadott érték,
- a technológia megvalósítását az érintett lakosság támogatja-e?

A szakirodalom, valamint saját tapasztalatunk alapján egyértelműen leszögezhető, hogy a vörösiszapok hasznosítására nincs *panacea*: minden esetben a műszaki, környezetvédelmi, gazdasági és társadalmi hatások figyelembevételével kell kiválasztani a megfelelő megoldást. Az esetek többségében ez nem egyetlen módszert vagy technológiai lépést jelent, hanem többféle

¹ A világon jelenleg mintegy 3000 Mt vörösiszapot tárolnak, és évente közel 120 Mt „friss” iszap képződik. Magyarországon korábban – négy helyszínen – 50 Mt vörösiszapot raktak le. Az egyetlen még működő hazai üzemben, az Ajkai Timföldgyárban pedig évente mintegy 300 et vörösiszap képződik.



eljárást kell egymással kombinálva alkalmazni.

Közleményünkben a vörösiszapok hasznosítási és feldolgozási lehetőségeit foglaljuk össze. Terjedelmi korlátok miatt nem vállalkozhatunk az összes szóba jöhető módszer áttekintésére, ezért választott példákön keresztül mutatjuk be a fontosabb területeket és eljárásokat.

A vörösiszapok közvetlen hasznosítása alapanyagként és adalékként

Tégla- és cserépgyártás, kerámiai termékek előállítása

Számos adalékanyagot és módszert fejlesztettek ki vörösiszap-alapú, vagy vörösiszapot is tartalmazó keverékek építőipari termékekké történő átalakítására. Ezen eljárásoknál a vörösiszapot jellemzően más hulladékkal és különböző hidraulikus kötőanyaggal, így cementtel, gipszsel, vízüveggel vagy kohósalakkal elegyítik, az elegyet formázzák, majd magas hőmérsékleten hőkezelik, ezáltal alakítva ki a termékek végső fázisviszonyait, kristályszerkezetét és tulajdonságait.

Az egyik hasznosítási példa gipsz-vörösiszap keverék készítése és ebből – kalcium-oxidos kezeléssel és 1100–1300 °C-on végzett égetéssel – időjárásálló kerámiák előállítása [6]. Egy másik példa: kalcinált vörösiszap és kohósalak keverékéből 1100–1150 °C-on történő égetéssel kopásálló járólapok gyárthatók [7].

A téglagyártás nagy mennyiségben használhat fel vörösiszapot: a téglamasz-szába 20–70% keverhető be, ha a vörösiszapot megfelelő egyéb (tulajdonságjavító, pórusképző és módosító) komponensekkel egészítik ki. Ezt a viszonylag egyszerű technológiát Indiában és Kínában kiterjedten alkalmazzák [8]. A felhasználhatóság kapcsán vizsgálták vörösiszapot tartalmazó, még ki nem égetett téglák (1. ábra) szilárdsági jellemzőit, és megállapították: a téglák elég szilárdak ahhoz, hogy egyenes épületeket húzhasanak fel be-

1. ábra. Vörösiszadból készített falazóelem



Alapmassza	Nyers szilárdság (kg·cm ⁻²)	Égetési hőmérséklet (°C)	Égetett tégl	
			Nyomószilárdság (kg·cm ⁻²)	Víznyelés (%)
Pernye + vörösiszap	Nem sajtolható	1000 1060	175–210 240–275	18,5–19,0 16,5–17,0
Pernye + vörösiszap + agyag	50	1000 1060	185–225 380–425	17,5–18,0 16,0–17,0
Pernye + vörösiszap + agyag + mész	45	1000 1060	190–215 670–750	17,0–18,0 8,5–9,2

1. táblázat Vörösiszap-tartalmú téglák tulajdonságai

lölük. A kedvező mechanikai tulajdonságok az anyagban kialakuló, rosszul kristályosodó, a szemcséket összekötő alumino-goethitnek tulajdoníthatók [9]. A vörösiszapot tartalmazó, különböző összetételű téglák fontosabb tulajdonságait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Sharma és Prasad eljárást dolgozott ki tűzálló téglák előállítására [10] SiO₂-aggregátumok, vörösiszap és kalciumtartalmú adalékok elegyéből, formázást követő, 1400–1500 °C-on végzett égetéssel.

Puskás [11] szabadalma szerint téglák és falburkoló lapok állíthatók elő vörösiszap és különböző ásványi anyagok keverékéből. Az adalékok kovaföld, kvarc, vulkanikus kőzetek, agyagok és dolomit lehetnek. Székely és munkatársai [12] csökkentett zsugorodású, kevésbé repedező durvakeramiai és tűzálló anyagok előállítására dolgoztak ki eljárást agyagásványok, vörösiszap, fémtartalmú hulladékok, tőzeg és zeolit keverékéből.

Cementgyártás

Megfelelő komponensekkel kiegészítve és az összetételi korlátokat figyelembe véve a vörösiszap a cementgyártás hasznos segédanyaga lehet. Indiában évente mintegy 2,5 Mt, míg Kínában mintegy 0,8 Mt vörösiszapot használnak fel cementgyártási adalékként.

A hematit, a vörösiszap egyik fő alkotója regulátorként befolyásolja a cementgyártásnál fontos 3CaO·Al₂O₃, illetve 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃ összetételű, hidraulikus sajátságú, kristályos fázisok kialakulását. A klinkergyártás alapanyagához 2–10% vörösiszapot adva 200 °C-kal csökkenhet az üveges alkotók képződési hőmérséklete, ezáltal javítható a klinkerégetés energiamérete [13].

A vörösiszap 700 °C-on végzett hőkezeléskor cementhez hasonló, gyors hidraulikus

kötésre képes anyaggá alakul át, amelynek hidratációs hőmérséklete azonban magasabb, mint a hagyományos cementké. Emiatt közvetlenül nem használható fel, de ha adalékként 2–5%-ban cementhez keverik, akkor az ebből készített beton szilárdsága a hetedik napon 36%-kal lesz nagyobb az adalékot nem tartalmazó cementből készített betonhoz képest [13].

Üvegek és üvegkerámiák előállítása

Mivel a vörösiszapok az üvegyártás valamennyi főkomponensét tartalmazzák, megfelelő minőségű és mennyiségű segédanyagokkal a vörösiszapokból széles választékban lehet üvegtermékeket előállítani.

Intézetünkben – hagyományos üvegyártási módszerekkel – ajkai vörösiszából Na₂CO₃, CaO és SiO₂ felhasználásával fekete színű, könnyen törő üveget állítottunk elő. Hosszabb ideig tartó állás közben az üveg repedezni kezd, mivel kristályos fázisok alakulnak ki benne. Ennek ellenére útalapokban megfelelő töltőanyag lehet.

A vörösiszadból gyártott üvegtermékek tulajdonságai nagymértékben javíthatók, ha a kapott üveget újra megolvasztják, majd magképzők (ZrO₂, TiO₂) jelenlétében szabályozott körülmények között, lassan lehűtik. Ily módon 30–90%-ban kristályos fázisok jönnek létre, és a képződött üvegkerámia számos előnyös mechanikai, termikus, kémiai, elektromos és mágneses tulajdonsággal rendelkezik. A termékek tulajdonságai széles határok között változtathatók, az alapüveg összetételétől, valamint a hőkezelés és kristályosítás körülményeitől függően [15].

Ha az alapüveg gyártásánál vörösiszapot is használnak, nincs szükség külön magképzőre, mivel a vörösiszapban levő vas-oxid kristályképzőként működik. A kris-

tályosodást nagyban befolyásolja a vas oxidációs állapota: legkedvezőbb esetben a $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ arány $< 0,4$, amikor is főként magnetit van jelen a rendszerben [16]. A vörösiszap további előnye, hogy belőle a szokásosnál keményebb, nanokristályos üveggerámiák is előállíthatók [17].

Töltőanyagok készítése

Korábbi közleményünkben [1] bemutattuk, hogy a vörösiszapok valójában nanoanyagok. Ezt kihasználva vörösiszapokból sokféle töltőanyag állítható elő, amelyek a gumigyártástól az építőiparon át az útépitésig széles körben felhasználhatók.

A savval kezelt vörösiszap töltőanyagként javítja a gumi tulajdonságait, és a korom alternatívájaként jöhet számításba. Autópályákhoz használt töltőanyagot készítettek úgy, hogy a vörösiszap lúgtartalmát alumíniumsókkal semlegesítették, a kapott alumínium-hidroxid gélit szárították, szénhidrogénnel kezelték, majd újból szárították. Japán kutatók vörösiszapból és vulkáni hamuból állítottak elő műtalaj kialakítására alkalmas pelletet [18].

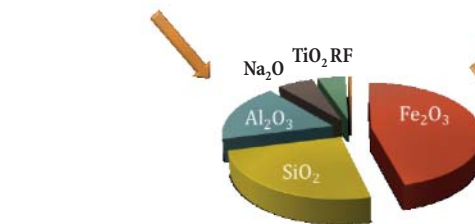
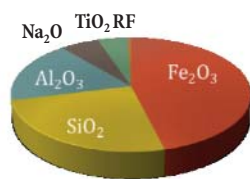
A vörösiszap önmagában nem megfelelő építőanyag, de ha 4–10% CaO -ot adnak hozzá, a kalcium és nátrium közötti ioncsere és ásványképződési folyamatok eredményeként megváltoznak kötési jellemzői. A vörösiszapban levő hidroxiszodalit ugyanis finomszemcsés tetrakalcium-alumínium-hidráttá alakul át, ami javítja például a veszélyesanyag-tárolók szigetelését azáltal, hogy eltömi az alsó szigetelőréteg pórusait [19]. A gyakorlatban úgy járnak el, hogy a vörösiszapot összekeverik CaO -dal és mintegy 60 cm vastagságban elterítik a tároló alján. A keverékből kb. 10 óra alatt megfelelően merev és jól szigetelő réteg alakul ki.

Társított anyagok előállítása

A vörösiszap jelenlétében végzett polimerizációs reakciókban, valamint polimerek és vörösiszap társításával számos kedvező tulajdonságú építőipari, vegyipari és más termék gyártható.

Sztirol-poliészter szálakat vörösiszappal impregnálva, majd γ -sugárzással iniciált polimerizációnak alávetve, csempék, járólapok, csövek, tárolóedények és szaniter termékek gyártására alkalmas társított anyagokat állítottak elő [20].

Ha a polivinil-kloridhoz CaCO_3 helyett vörösiszapot adnak töltőanyagként, kitűnő mechanikai tulajdonságú társított anyag



2. ábra. A vörösiszapok komplex hasznosításának elve

készíthető [21]. A kapott kompozit kötőanyag szerkezetének vizsgálata alapján a jó mechanikai stabilitás, valamint a hő- és fényállóság a Si-O-C és Fe-O-C kötések kialakulásának köszönhető [22].

A vörösiszap mint katalizátor

A vörösiszap katalitikus sajátosságainak vizsgálatával sokan foglalkoznak: becslések szerint a vörösiszap-kutatások 12–15%-a e területre esik [23].

A kémiai módosított vörösiszap megfelelő katalizátornak bizonyult szerves vegyületek hidrogénezésekor és tetraklór-etilén hidroklorozásakor [24]. Balakrishnan és munkatársai [25] különböző ipari és mezőgazdasági hulladékok katalitikus sajátosságainak vizsgálata alapján megerősítették, hogy a vörösiszap nagy vastartalma miatt szerves kémiai reakciók katalizátoraként, míg különleges morfológiája miatt katalizátorhordozóként is felhasználható. A lehetséges katalitikus reakciók közé tartozik a hidrogénezés, a szén cseppfolyósítása, a hidroklorozás, a füstgázok kezelése, a metán krakkolása hidrogénre és grafityszerű szénre, valamint egyes polimerek átalakítása folyékony üzemanyagokká.

Érdekességgé említjük, hogy vörösiszap mint katalizátor jelenlétében kereskedelmi léptékben gyártanak többfalú szén-nanocsöveket C_2H_4 és He elegyből, CVD² módszerrel [26].

Környezetvédelmi alkalmazások

A vörösiszapot széleskörűen alkalmazzák a környezetvédelemben, többek között savanyú és sós talajok javítására, valamint homokos talajoknál a foszforvisszatartás növelésére [27]. Használják továbbá talajok termőképességének fokozására, megfelelő adalékokkal (gipszel és különféle műtrágyákkal) keverve. Nagy fajlagos felülete és kedvező adszorpciósi sajátosságai miatt a vö-

rösiszap a szennyvizekből nitrogént és foszfort [28], valamint nehézfémeket [29] képes megkötni.

A vörösiszapok alkotóinak szétválasztása és átalakítása értékes termékekké

A vörösiszapok hasznosításának környezetvédelmi és gazdasági szempontból is hatékony módja a „komplex feldolgozás”. Ennek lényegét a 2. ábrán szemléltetjük: a vörösiszap egyes alkotóit lépésenként elválasztjuk egymástól és arra törekszünk, hogy lehetőleg mindegyik komponensből értékes terméket állítsunk elő. Ez a gyakorlatban többlépcsős feldolgozást jelent. Az egyes alkotók célszerű elválasztási sorrendje: nátriumtartalom, vastartalom, titántartalom, vanádiumtartalom, egyéb (ritka- és ritkaföld-) fémek, feldolgozási maradék.

A szakirodalomban nagyon sok közlemény foglalkozik az egyes komponensek elválasztásával és termékekké történő átalakításával. Gyakori, hogy egy-egy eljárással egyszerre több komponenst nyernek ki és dolgoznak fel. A továbbiakban először az egyes alkotók kinyerésével foglalkozunk, és később tárgyaljuk a komplex feldolgozás lehetőségeit.

A nátriumtartalom elválasztása

Mivel a vörösiszap nátriumtartalma a legtöbb esetben zavarja a többi alkotó kinyerését és feldolgozását, a nátrium elválasztása a vörösiszap hasznosításának kulcskérdése. Ráadásul, ha a kinyert Na_2O -ot visszavezetik a timföldgyártásba, csökken a környezetterhelés és a bauxitfeldolgozás költségeit is.

Nátriummentesítésre leggyakrabban hidrometallurgiai és pirometallurgiai eljárásokat alkalmaznak. Ezek főbb típusai a következők: atmoszférikus, illetve hidro-

² Chemical Vapor Deposition (kémiai leválasztás gőzfázisból).



termális kausztifikálás, kezelés SO_2 - és SO_3 -tartalmú gázokkal, kezelés vas-szulfátokkal, kezelés ásványi savakkal és zsugorítás (szinterelés) CaO vagy CaCO_3 jelenlétében.

Kausztifikáláskor a vörösiszaphoz $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ot adnak, aminek hatására a

kötött $\text{Na}_2\text{O} \rightarrow$ kausztikus (oldható) Na_2O reakció játszódik le. Az átalakulás hatásfoka a vörösiszapban levő nátrium-alumínium-szilikátok minőségétől, a koncentrációtól, a hőmérséklettől és a reakcióidőtől függ. A kausztifikálást jellemzően 1–1,5 CaO /összes Na_2O molarány mellett, 80–100 °C-on, 2–3 óráig átlagos tartózkodási idővel végzik.

Egy francia szabadalom [30] szerint a vörösiszap zagyot SO_3 -tartalmú gázzal kezelve, majd leszűrve, az összes Na_2O -tartalom 88%-a oldatba vihető. A nátriumtartalom csökkentésének és a maradék vas-kohászati feldolgozásának egy másik lehetséges módja a vörösiszap összekeverése $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -tal, majd az elegy hőkezelése 500 °C-on, 2 óráig. Ekkor a nátriumvegyületekből, beleértve az oldhatatlan nátrium-alumínium-szilikátokat is, könnyen oldódó Na_2SO_4 képződik, a 0,1% nátriumtartalmú maradék pedig kohósítható.

A vastartalom kinyerése

A vörösiszap vastartalma közvetlen kohósítással, egyéb pirometallurgiai (például klórozásos) módszerekkel és más (például hidrometallurgiai) eljárásokkal nyerhető ki. Egy példa a kohósításra: a vörösiszap nátriumtartalmát sósavval eltávolítják, a maradékot CaO -dal és szénnel keverik össze, majd 1450 °C-on megolvassztják és redukálják. Ekkor a vasolvadék mellett olyan salak keletkezik, amelyet ha gipszsel kezelnek, $4\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3$ összetételű vegyületet kapnak. Ez Na_2CO_3 -tal kilúgozható, így a vörösiszapban levő alumínium 92%-a NaAlO_2 formájában elválasztható [31].

A vastartalom hasznosítására irányuló hazai kutatások közül kiemelkedik Dobos és munkatársainak tevékenysége a 60-as évek második felében [32, 33]. Az általuk kidolgozott, félüzemi méretekben is kipróbált technológia a következő lépésekből áll: kausztifikálás, szinterelés és redukálás forgókemencében, mágneses elválasztás, majd a salak lúgos kezelése az alumíniumtartalom kioldására. A kezelés szilárd maradéka bevihető a portlandcement-gyártásba. A fémkinyerési hatásfokok a következők: vas 83%, nátrium 75% és alumínium 90%. A legújabb kutatások közül Liu és munkatársai munkáját [34] említjük.

Vörösiszap, aktív szén és $\text{Ca}(\text{OH})_2$ elegyből készített briketteket kezeltek 1050–1300 °C-on, 90–150 percig. A redukció után a briketteket megőrölték és mágneses elválasztással a vastartalom több mint 90%-át fémként kinyerték.

A mágneses elválasztás fontos technológiai elem a redukált vörösiszap vastartalmának kinyerésekor. A módszer hatásfoka növelhető egy újszerű megoldás, a nagy térerősségű szupravezető mágneses elválasztás (HGSMS) alkalmazásával [35].

Számos esetben tettek kísérletet a vörösiszap redukciójára gázfázisú reagensekkel. Korábban elsősorban európai, amerikai és indiai, újabban főként kínai kutatók végeznek ilyen irányú kutatásokat és fejlesztéseket. Marcel [36] már 1960-ban szabadalmat jelentett be vasszivacs előállítására vörösiszaphoz. Szabadalma szerint a redukciót forgókemencében hidrogéntartalmú gázokkal, 1050–1300 °C között végezve a vastartalom több mint 90%-a fémként kinyerhető. Costa és munkatársai [37] 400–600 °C között vizsgálták a vörösiszap hidrogén redukcióját, és olyan fémvasat, valamint Fe_3O_4 -et tartalmazó terméket állítottak elő, amely vizes oldatban hatékonyan redukálja a $\text{Cr}(\text{VI})$ -ot.

További módszer a vastartalom kinyerésére a klórozás, amikor is a vörösiszapot jellemzően klórral, szén-tetrakloriddal vagy foszfénnel reagáltatják magas hőmérsékleten. A reakciókörülményektől függően az anyag vastartalma, alumínium-tartalma és titántartalma is kisebb-nagyobb mértékben átalakul illékony kloridokká és elválasztható. Korábbiakban megállapítottuk, hogy ha 800–900 °C-on végzett hőkezelés után a vörösiszapot oxidatív körülmények között 500 °C-on klórozzuk, vastartalma FeCl_3 formájában kvantitatívan illósítható. Ezt követő, redukzív körülmények között végzett klórozással pedig az alumíniumtartalom nyerhető ki AlCl_3 -ként [38]. Egyik újabb munkánkban 850 °C-on COCl_2 -ben 30 percig végzett klórozással a vörösiszap vastartalmának 98%-át, alumíniumtartalmának 65%-át, titántartalmának 96%-át nyertük ki kloridok formájában [39].

Intézetünkben plazmakörülmények között tanulmányoztuk a vörösiszap direkt redukcióját szilárd, illetve gázfázisú redukálószerrel jelenlétében [39]. Induktív kicsatolású rádiófrekvenciás plazmareaktorban hidrogénnel redukáltuk a vörösiszapot. Fő terméként nagyon finom vasport kaptunk. Ez mágneses elválasztással tovább tisztítható és pometallurgiai célokra

alkalmas, nagy tisztaságú, 100 nm átlagos szemcseméretű vapor állítható elő.

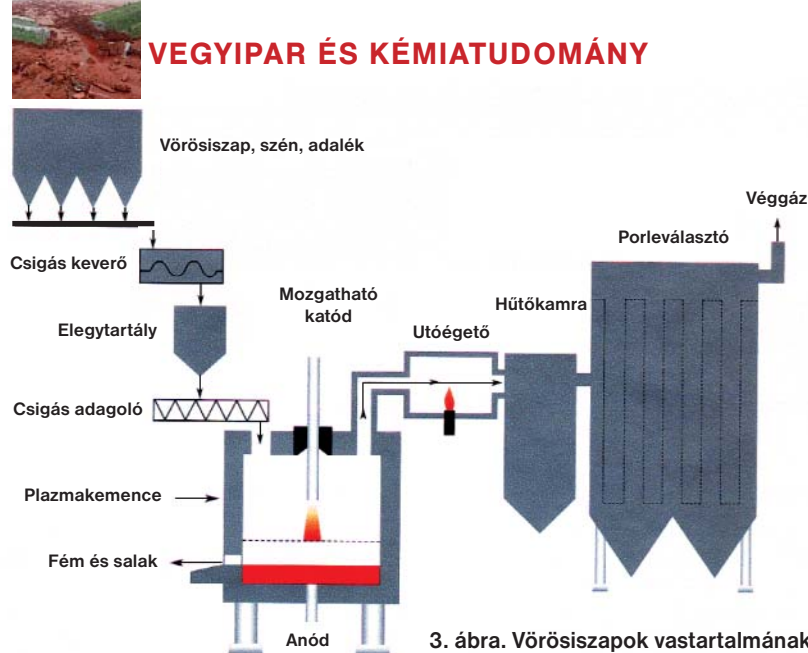
A vörösiszap elektromos ívkemencében, szénnel végzett redukcióját korábban már üzemi méretben is kipróbálták [40]. A vörösiszapot mésszel és szénnel keverték össze, az elegyet brikettezték, majd 1600 °C körüli hőmérsékleten, olvadákfázisban redukálták. A folyamat végén a vastartalom közel 98%-át kinyerték. A redukció során a vörösiszap galliumtartalmának közel fele, vanádiumtartalmának kétharmad része, míg szkandiumtartalmának több mint 97%-a a salakba került. Innen a galliumot és a vanádiumot gyakorlatilag teljesen ki lehetett oldani. A kilúgozott, titántartalmú salakot klórozták, majd az illékony kloridokat (TiCl_4 , AlCl_3) elválasztották.

A 3/035/2001 számú NKFP projekt keretében vizsgáltuk szénporral mint redukálószerrel és kvarchomokkal mint üvegeképítő adalékkal kevert vörösiszap redukcióját ívplazmás reaktorban. Megállapítottuk, hogy

- ívplazmás olvadákredukcióval a vörösiszap vastartalma több mint 90%-a fémként kinyerhető; a fémvas szennyezőként szilíciumot, titánt, alumíniumot és szenet tartalmaz;
- a képződő salaktermék közel 50%-ban amorf, üveges anyagból áll; a salak kristályos részét főként kalcium-alumínium-szilikát és perovszkit alkotja;
- a nátriumtartalom jelentős része – üvegeképítőként – beépül a salakba;
- a ritkafémek a redukáló olvasztás során többnyire a salakban maradnak, de nem dúsulnak fel oly mértékben, hogy gazdaságosan ki lehetne őket nyerni;
- az üveges salakterméknek kedvezőek a mechanikai tulajdonságai és kémiai-lag nagyon stabilis; szabványos vizsgálatok szerint a termékből a megengedett határértékek alatt oldódik ki a króm, a réz, a mangán, a cink és a nátrium.

A projekt keretében elvégzett olvadákredukciós kísérleteink és szakirodalmi analógiák alapján, az angol TETRONICS céggel fennálló, többéves kutatási-fejlesztési együttműködésünket kihasználva 2003-ban megterveztünk és műszaki-gazdasági szempontból értékeltünk egy évente 50 000 tonna (száraz) vörösiszap feldolgozására alkalmas, ívplazmás redukción alapuló üzemet [41]. Az ebben alkalmazott technológia vázlata a 3. ábrán látható.

Megvalósíthatósági tanulmány szintű számításaink szerint az adott beruházás



3. ábra. Vörösiszapok vastartalmának kinyerésére kifejlesztett ivplazmás technológia vázlata

metgtérülési ideje kevesebb, mint 4 év. A számításokból kiderült az is, hogy az üzem működési költségeinek közel 65%-át a villamos energia költsége teszi ki, és az eljárás gazdaságossága nagymértékben függ attól, hogy a lerakás elmaradásával milyen megtakarítással számolhatunk; a gazdaságosság előfeltétele, hogy a megvalósító ezt a költségtényezőt érvényesíteni tudja.

A titántartalom kinyerése

A titántartalmat célszerűen a vörösiszap vagy a metallurgiai feldolgozásakor keletkezett salak kénsavas feltárásával vagy klórozásával lehet kinyerni. Előbbi esetben a vörösiszapot tömény nátrium-hidroxid-oldattal 8 órán át reagáltatták az összes alumínium kioldására, majd a maradékot kénsavval 130 °C-on, 8 óráig hidrotermálisan kezelték. Az oldatot fémvassal redukálva, majd 100 °C-on, 1 órán keresztül kezelve, a H_2TiO_3 98%-os tisztaságban, fehér hőszerű terméként kicsapható [42].

A klórozásos eljárás egyik változatánál a vörösiszapot 800–1000 °C-on előkezeltük, majd petrolkoksszal keverve 650 °C-on klórral reagáltattuk. Közel 85% tisztaságú TiCl_4 képződött, amely szennyezőként SiCl_4 -ot tartalmazott [43].

Ritkafémek kinyerése

A vörösiszapok tartalmazzák mindazokat a ritkafémeket, amelyek a Bayer-feltárás során részlegesen vagy egyáltalán nem oldódnak be a lúgoldatba. A vanádiumon és a titánon kívül a hazai vörösiszapok jellemzően 1500–2500 ppm (azaz 0,15–0,25%) ritkafémet tartalmaznak. Ezek az értékek a földkéreg 16 km-es felső rétegére vonatkoztatott, ún. Clarke-értékek többszörösei. A vörösiszap tehát potenciális ritkafémforrásnak tekinthető.

Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy az adott koncentrációviszonyok mellett a vörösiszap mint önálló ritkafémforrás nem jöhet számításba; a ritkafém-tartalom hasznosítását össze kell kapcsolni az előzőekben említett egyéb fémek kinyerésével.

Az 1970-es években az ALUTERV–FKI-ban vizsgálták, hogy a *Thiobacillus ferrooxidans* tenyésztéssel feloxidált $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ oldat miként használható a vörösiszap ritkafém-tartalmának kinyerésére. Azt találták, hogy a mikroorganizmusok jelenléte javítja a kioldási hatásfokot, és kétlépcsős kezeléssel a ritkafémek 40–50%-a kinyerhető [44]. Az utóbbi időben többen tanulmányozták, hogy a vörösiszapban levő ritkafémeket szerves savakat produkáló mikroorganizmusok segítségével miként lehet kinyerni. További módszer a savas kezelés: Nikolaev és munkatársai [45] szerint erős szerves savakkal (HCl , HNO_3 és H_2SO_4) a vörösiszap ritkafém-tartalma jó hatásokkal kioldható.

A vörösiszap komplex feldolgozása

Az előzőekben láttuk, hogy már sokféle módszert és eljárást kipróbáltak a vörösiszap egyes alkotóinak elválasztására és értékes termékekké történő átalakítására. Ezekkel a módszerekkel az újonnan képződő, illetve már lerakott vörösiszap kisebb-nagyobb hányadát lehet feldolgozni. Az eddigi kutatások és fejlesztések ugyanakkor azt is nyilvánvalóvá tették, hogy a vörösiszap lerakásából származó környezeti hatások csak az anyag nagy tömegét érintő, lehetőleg annak összes alkotóját hasznosító technológiákkal csökkenthetők. Az egyik első komplex vörösiszap-feldolgozási technológia Albert [46] 1963-ban szabadalmaztatott eljárása volt. A technológia első lépése a vörösiszap hematittartalmá-

nak magnetitté történő átalakítása CO-H_2 elegyben. A redukált anyaghoz CaCl_2 -ot adva és 530–600 °C-on hosszabb ideig kezelve a nátrium- és kalciumsók vízzel kioldhatók. Ezután a Fe_3O_4 mágneses térben elválasztható a TiO_2 -tól és a SiO_2 -tól. A maradék vastartalmat CO-H_2 áramban 600–850 °C-on redukálva, majd az anyagot égett mésszel összekeverve, az elektrokemencében megolvasztható, a fémvas elválasztható, a salak pedig cementgyártásban használható.

Kovalenko [47] a következő hasznosítási lehetőségek kombinálását javasolja a vörösiszap komplex feldolgozására: átalakítás cementadalékká; színezőanyag gyártása ipari és egyéb padlózatok befestésére; színes papírok előállítására; vasérc agglomerátumok és pelletek előállítására kohászati felhasználásra; talajadalékként való felhasználás; a talajszerkezet javítása, nyomelemforrás és növényvédő szerek megkötése; ritkafémek kinyerése és alumínium-vas vegyületek előállítására műszaki célokra.

Az A/13 OKKFT program keretében az MTA Szervetlen Kémiai Kutatólaboratóriumában, az ALUTERV–FKI-val és más hazai kutatóhelyekkel együttműködve, az 1980-as évek elején kezdtük el a hazai vö-

2. táblázat. Módszerek a bauxit, illetve vörösiszap alkotóinak elválasztására

Alkotók	Eljárások
Al	Bayer-feltárás
	klórozás redukálószer jelenlétében
Fe	sósavas kioldás
	redukció elektrokemencében, oxigénes lefúvatás
	klórozás redukálószer nélkül
	zsugorítmány-gyártás
Si	bauxitpörkölés, lúgos kezelés
	klórozás redukálószer jelenlétében
Na	atmoszférikus kausztifikálás
	hidrotermális kausztifikálás
	kezelés erőműi füstgázzal
	kioldás $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -oldattal
Ti	klórozás redukálószer jelenlétében
V	klórozás redukálószer jelenlétében
Ritkafémek	klórozás redukálószer jelenlétében, kilúgzás

A hat változatra, a 4. ábra utolsó sorában feltüntetett kapacitást figyelembe véve (a kapacitásokat műszaki és gazdasági szempontok alapján határoztuk meg), a 80-as évek közepén részletes műszaki-gazdasági értékelést készítettünk. Ebből kiderült, hogy az akkori műszaki-gazdasági feltételek mellett is léteztek rentábilis technológiai változatok. Az akkori számítások eredményei ma már persze nem érvényesek, többek között a bér- és anyagköltségek, az energiaárak, valamint a környezetvédelmi kiadások változásai miatt. A kapott kutatási eredmények azonban jó alapot adnak a vörösiszapok hasznosítására irányuló további kutatásokhoz és fejlesztésekhez.

Világszerte hosszabb idő óta folynak kutatások és fejlesztések a vörösiszapok hasznosítására, ezeknek magyar szakemberek is aktív részesei voltak. Jelentős ismeretanyag halmozódott fel itthon és külföldön a vörösiszapok tulajdonságaival, tárolásával és feldolgozásával kapcsolatban. Na-

4. ábra. Az A/13 OKKFT programban vizsgált technológiai változatok

Az ajkai vörösiszap-ömlés és emberi, környezeti, gazdasági következményei újból felvetették a vörösiszap hasznosításának kérdését. Tekintettel a hazai kutatásfejlesztési előzményekre és a még rendelkezésre álló szakmai ismeretekre, célszerű volna elindítani egy olyan hazai vagy nemzetközi projektet, melynek célja a vörösiszap hasznosításával kapcsolatos eredmények kritikai áttekintése és a korábban

A jelenlegi gazdasági és tulajdonviszonyok mellett nyilvánvaló, hogy már a kutatási fázisban is az állami és magán-szektor együttműködésére van szükség, nem is beszélve a feldolgozási technológia ipari megvalósításáról. Vélhetően minden Magyarországról származó életképes megoldás széles körű nemzetközi érdeklődésre tarthat számot.

The flowchart illustrates the alumina production process (Bayer-eljárás) with the following steps and materials:

- Bauxit** (input) → **Bayer-eljárás** (orange box) → **Vörösiszap** (red sludge)
- Vörösiszap** → **Na-mentesítés** (red box) → **Na-mentes vörösiszap** (red sludge)
- Na-mentesítés** → **Na₂SO₄** (output)
- Na-mentesítés** → **Kalcinálás** (purple box) → **Kalcinált iszap** (red sludge)
- Kalcinált iszap** → **Oxidáló klórozás** (purple box) → **Elbontás** (blue box) → **Fe₂O₃** (output)
- Oxidáló klórozás** receives **Cl₂** (input) and **FeCl₃** (input from Elbontás)
- Elbontás** → **Redukáló klórozás** (green box) → **Kioldás** (blue box) → **RFF** (output)
- Redukáló klórozás** receives **Co + Cl₂** (input) and **Maradék** (input from Elbontás)
- Kioldás** → **Kondenzáció** (green box) → **Tisztítás** (blue box) → **AlCl₃** (output)
- Kondenzáció** receives **AlCl₃** (input from Elbontás)
- Tisztítás** → **FeCl₃ + AlCl₃** (output)
- Elbontás** (bottom) receives **TiCl₄** (input from Elválasztás) and **TiC** (input from Elválasztás)
- Elválasztás** (green box) receives **SiCl₄** (input from Elbontás) and **TiCl₄** (input from Elbontás)
- Elválasztás** → **VOCl₃** (output)
- Elválasztás** → **SiO₂** (output)
- Elválasztás** → **TiCl₄** (output, which is recycled to Elbontás)
- Elválasztás** → **TiC** (output, which is recycled to Elbontás)



IRODALOM

- Szépvolgyi J., Kótai L., MKL (2011) LXVI(1) 2.
 Székely T., Szépvolgyi J., BKL-Kohászat (1986) 118(6) 279.
 R. S. Thakur, S. N. Das, Red mud – Analysis and Utilization. Wiley–Eastern, New Delhi, 1994. 1–291.
 S. Luidolu, H. Antrekowitsch, BKL-Kohászat (2011) 144(3) 34.
 www.icsoba.info/past-future-events/icsoba-2011-go
 J. Kasai, K. Fukkur, Japanese Patent 744988, May 15, 1974.
 Bosilkov V., Építőanyag (1977) 29(4) 185.
 H. Z. Xu, Gold (1996) 17, 17.
 W. R. Pinnock, J. N. Gordon, J. Mater. Sci. (1992) 27(3) 692.
 K. R. Sharma, K. K. Prasad, Indian Patent 142642, Aug. 6, 1977.
 Puskás F., German Patent 2610012 Sept. 30, 1976.
 Székely T., Szépvolgyi J. et al., 200434 Ijsz. magyar szabdalom, 1986. dec. 19.
 P. E. Tsakiridis, S. Agatzini-Leonardou, J. Hazar. Mater. (2004) 116(1–2) 103.
 S. Shiro, I. Yuichiro, K. Hides, Japanese Patent 8315, June 22, 1961.
 M. Romero, J. M. Rincon, J. Amer. Ceram. Soc. (1999) 82(5) 1313.
 N. Romero, J. M. Rincon, Boletin SECV (2000) 39, 155.
 F. Peng, K. Liang, H. Shao, A. Hu, Chemosphere (2005) 59, 899.
 Nippon Light Metal Co., Japanese Patent 57188449, Nov. 19, 1982.
 J. Lotze, G. Wargala, Erzmetall (1986) 39(7–8) 294.
 H. C. Yuan et al., Large Radiation Sources Accl. Ind. Proc. (1969) 383.
 N. Negata, Japanese Patent 7473438 July 16, 1974.
 N. Yu, Q. Wang, M. Ding, J. Guo, Journal of Xiamen University (1991) 30(3) 294.
 K. Pirkanniemi, M. Sillanpa, Chemosphere (2002) 48, 1047.
 S. Ordóñez, H. Sastre, E. V. Díez, J. Hazard. Mater. (2001) 81(1–2) 103.
 M. Balakrishnan et al., Green Chem. (2011) 13, 16.
 www.nanothinx.com
 R. N. Summers, N. R. Guise, D. D. Smirk, Fert. Res. (1993) 34, 85.
 C. Namasivayan et al., Res. Ind. (1992) 37, 165.
 V. K. Gupta, M. Gupta et al., Water Res. (2001) 35(5) 1125.
 Mitsubishi Shipbuilding Co., French Patent 1353118, Feb. 24, 1964.
 C. Yoshi, K. Inhumura, Bulletin of the Faculty of Engineering Hokkaido University (1978) 89, 1.
 Dobos Gy., Kaptay Gy., Oszvald Z., Freiburger Forschungshefte (1965) 103B, 19.
 Dobos Gy., Solymár K., Horváth Gy., BKL-Kohászat (1972) 105(9) 417.
 W. Liu, J. Yang, B. Xiao, J. Hazar. Mater. (2009) 161, 474.
 Y. Li, J. Wang, X. Wang, Z. Luan, Physica C (2011) 47, 1, 91.
 E. R. Marcel, US Patent 2964309 Dec. 13, 1960.
 R. C. C. Costa et al., Chemosphere (2010) 78, 1116.
 Újhidy A., Szépvolgyi J. et al., 181729 Ijsz. magyar szabdalom 1983. febr. 28.
 Szépvolgyi J., Mohai I., Károly Z. et al., Travaux ICSOBA (2005) 32(36) 354.
 L. Piga, E. Pochetti, L. Stoppa, J. Metals (1993) 1, 1, 54.
 Szépvolgyi J., Jelentés a 3/035/2001 sz. NKFP projekt 14. részfeladatának teljesítéséről. MTA KK AKI, Budapest, 2004. jan. 31.
 R. D. Desai, J. Ind. Chem. Soc. Ind. News (1945) 8, 9.
 Szépvolgyi J., Bertóti I., Tóth A., Székely T., Reactivity of Solids (1988) 5, 139.
 Lakatos T., BKL-Kohászat (1977) 110(3–4) 184.
 I. V. Nikolaev, V. I. Zaharova, R. T. Khajrullina, Izv. Vyssh. Ucheb. Zaved. Tsev. Met. (2000) 2, 19.
 O. H. Albert, German Patent 11432529 Feb. 14, 1963.
 E. P. Kovalenko, Light Metals (1998) 55.

Gergely András¹–Török Tamás¹–Vértés György²–Lambertus Zsoltné³

¹ Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Metallurgiai és Öntészeti Intézet

² Innoveng Bt.

³ Feszo Trade Kft.

Sósavdúsítás elektrodialízis-elektrolízissel és kimerült páclé regenerálásának vizsgálata

Az elektromos erőter alkalmazásával kombinált ionszelektív membrános műveletek széles palettája fejlődött ki az utóbbi fél évszázadban. A technológia alapjaiban a töltött részecskék ellentétes irányú, migrációs vándorlásán, az elektrolitokban jelen levő ionok egyedi áramvezetésén és csapdázásán alapuló technikák egy gyakorlati szempontból igen fontos esete a dialízis ionmentesítés, illetve víztisztítás. Ami korábban sós vizekből történő jó minőségű ivóvíz előállításával vette kezdetét, az mára az elektrodialízis eljárások kidolgozott és kiforrott technológiájának tekinthető. Az elmúlt időszakban számos alkalmazás fejlődött ki az ipar legkülönbözőbb területein, például az élelmiszeriparban, a víztisztításban, a hulladékgazdálkodásban. Ezen technológiák ugrásszerű fejlődését az ionszelektív membránok rohamos fejlesztése tette lehetővé a szelektivitás, az ellenállás, az áramlási tulajdonságok és egyéb fontos paraméterek terén.

Dacára a fejlesztéseknek, minden manapság alkalmazott elektromembrán módszernek vannak eszközi és eljárásbeli hiányosságai. Mivel a modern környezettudatosági és energiatakarékosági szemlélet nem nélkülözheti az iparban alkalmazott eljárások teljesítmény, gazdaságosság és energiateljesítmény szerinti optimalizációját a hulladéksavak, páclevek kezelése (a hatékonyság és gazdaságosság, ill. a versenyképesség fokozásán túl),

valamint a híg savoldatok regenerálása és töményítése terén, ezért a jelen cikk tárgya, hogy rávilágítson a Feszo-Trade Kft.-től tesztelésre kapott elektrodializáló berendezés kedvező működtetési paramétereinek meghatározására.

Természetesen Európában van hagyománya az elektrodializáló cellák kutatólaboratóriumi fejlesztésének, [1] az elektrodializáló és a kapacitív elektródos technikákat együttesen felvonultató eljárások továbbra is különlegesnek tekinthetők, és a fejlesztésre csak néhány cég mutatott érdeklődést ez idáig. Ezek közül az egyik említésre méltó a német PCell GmbH, melynek laboratóriumi berendezése képes vas-kloridot tartalmazó sósavas oldatok hatékony kezelésére. [2] A megfelelő minőségű membránok felhasználásával épített cellák sorozatából kialakított diffúziós dializáló készüléket mutattak be Jing Xu és mtsai a közelmúltban, [3] amely alkalmas volt sósavas, vas-kloridos páclevek savregenerálására, illetve kezelésére. Fontos lépésnek tekinthető a sósavas oldatok laboratóriumi vizsgálatára szánt elektrokémiai cella részét képező hidrogéndiffúziós anódok fejlesztése és gyártástechnológiájuk bemutatása. [4] A savregeneráló elektrodializáló cellák elektrolitjait elválasztó membránfalak (diafragmák) építhetők kizárólag ioncserélő (kation- és anioncserélő) membránok felhasználásával, de lehetőség van bipoláris membránokkal történő cel-



la összeállítására is. Mindazonáltal jobb áramhatásfok és tömönyebb regenerált oldat érhető el „egyszerű” ioncserélő membránok alkalmazásával. [5]

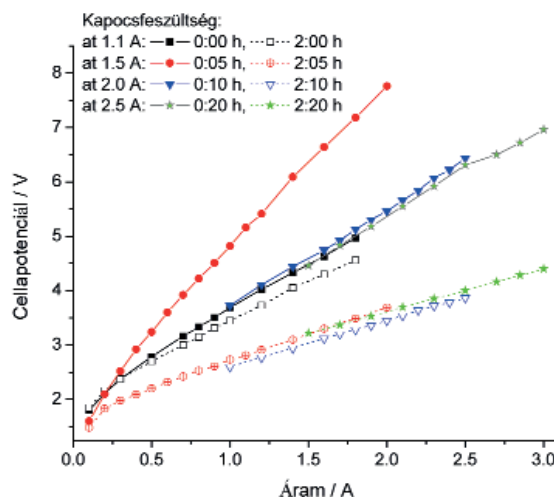
A jelen munka tárgya, az általunk vizsgált elektrodializáló/elektrolizáló berendezés megfelelő működtetési paramétereinek meghatározása, a sósavdúsítási és vasleválasztási hatékonyság, illetve ezek energiafelhasználás szerinti hatékonysága alapján. A cél az elválasztási teljesítmény és energiafelhasználás szerinti optimális paraméterezés, ajánlás kidolgozása azok számára, akik hasonló eszközt kívánnak felhasználni az elválasztási teljesítmény és a gazdaságossági tényezők nagyfokú figyelembevételével. Vizsgálatunkban nem foglalkozunk különböző típusú membránok elválasztási hatásfokának, szelektivitásának vizsgálatával, a Donnan- és koncentrációs polarizációs hatások optimalizálásával, valamint az oldatok áramlási sebességeinek, tömegáramának és tömegarányának tanulmányozásával.

Kísérleti rész

A Feszo-Trade Kft. által biztosított berendezés háromterű cella volt, melynek katódterét egy anioncserélő, anódterét egy kationcserélő membrán határolta. A két membrán által határolt cella közbülső terében ment végbe a sósav csapdázása, dúsítása. A katoliton és a koncentrátumot szivattyúval áramoltattuk, az anoliton mechanikai áramoltatást nem alkalmaztunk. A kísérletekhez sósav-koncentrátumként 1000 ml 0,01 mol/l koncentrációjú oldatot használtunk. A katoliton 1500 ml 140 g/l anyagmennyiségű FeCl_2 -oldat volt, mely egyéb fémszennyezőt is tartalmazott pár százalékban. 170 ml 1 M kénsavoldattal töltöttük fel az anódteret, melyet rendszeres időközönként desztillált víz adagolásával póoltunk. Az oldattérfogatokat a mérések elején pontosan kimértük, majd a desztillált víz készülékből történő eltávolítása után az oldatokkal a megfelelő cellaterekre feltöltöttük. Az eljárás végén minden oldatot eltávolítottunk a dializáló berendezésből (szobahőmérséklet elérése után térfogatmérés), ezután következett a berendezés desztillált vízzel történő tisztítása és kondicionálása. A koncentrátum sósav-koncentrációját titrálassal határoztuk meg. Rendszeres időközönként háromszor 1 ml mintát véve (1 ml-es pipettával) a savoldatot 0,01 N nátrium-hidroxid-oldattal (ismert faktorú) titráltuk meg, metil-narancs indikátoros végpontjelzéssel. A felhasznált kation- és anioncserélő membránok a következők voltak: PC SC 250-250, valamint PC Acid 60-250-250 (PCCell GmbH, Heusweiler, Németország). Katódként szénacél lemezt alkalmaztunk. A katódot a nagy és aktív felület érdekében 600-as, 800-as és 1200-as csiszolópapírral felcsiszoltuk, majd desztillált vízzel nedvesített ronggyal tisztítottuk és azonnal felhasználtunk leválasztásra a cella katódterében. Az eljárás végén a katódot desztillált vízzel mostuk, szobahőmérsékleten tömegállandóságig szárítottuk, majd kéttizedes pontossággal a tömeget megmérve, meghatároztuk a vasleválás által okozott tömegnövekedést. Anódként DSA vegyes fém-oxid bevonatú titánelektrodot használtunk (MMO titánánód, Baoji Changli Special Metal Co., Ltd., Kína). Galvanosztátként GW gyártmányú GPR-181 OHD típusú tápegységet használtunk. Az eljárás során a sósavkoncentrátum vezetőképességét OK-102/1 (Radelkis, Magyarország), a katoliton hőmérsékletét Digi-Sense Temperature Controller R/S (Eutech Instruments Pte Ltd., Szingapúr) és pH-ját Orion 710A+ pH és millivoltmérővel (Thermo Electron Corp., Egyesült Államok) mértük. Továbbá a folyamat során ellenőriztük az oldatok áramlási sebességét, amely 45 és 80 l/h volt a sósavkoncentrátumra és a katolitra nézve.

Kísérleti eredmények

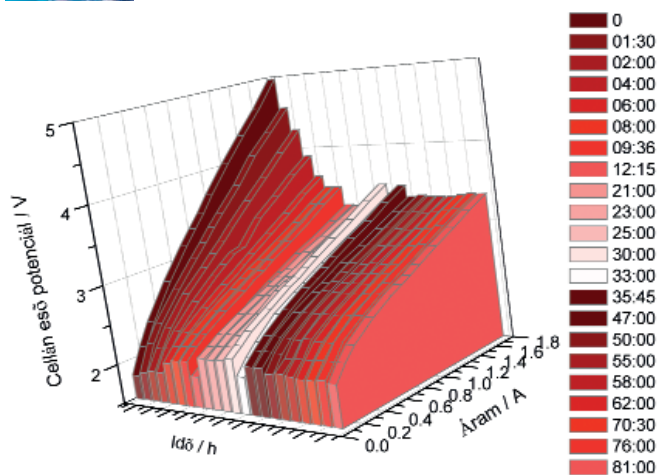
Az elektrodializálási folyamatra felhasznált áramerősség hatására eső kezdeti és a két óra eltelté után észlelt cellafeszültséget az 1. ábra foglalja össze. Az ábrán jól látható, hogy az 1,1 A áramerősségen mért kezdeti és a két óra dialízis közötti potenciálesés kevesebb mint 1 V-on belül maradt. A kis áramsűrűség fenntar-



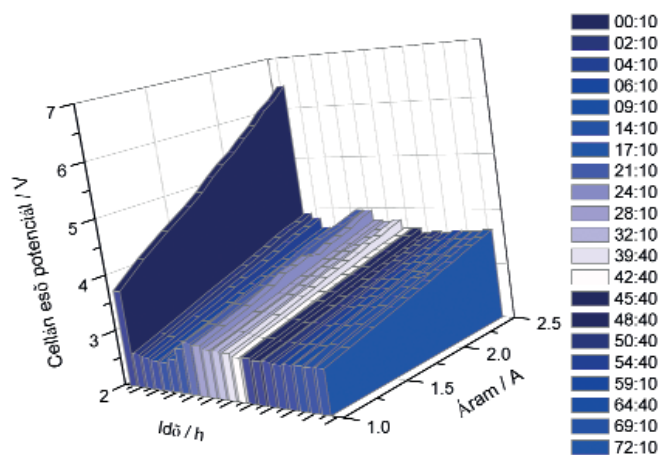
1. ábra. A dializálócellán eső feszültség különböző műveleti áramértékek mellett az ábrán megjelölt időpontokban

tására elegendő potenciál annak a fényében értelmezhető, hogy az 1,5 A műveleti paraméterezés mellett jóval nagyobb kezdeti kapocsfeszültséget lehetett mérni, igen jelentős meredekséggel. A két óra elteltével kapott kapocsfeszültség azonban jóval kisebb volt, mint a kisebb áramerősségen kapott potenciálesés. Mivel a 2,0 és 2,5 A áramerősségen nem lehetett mérni, illetve dializálni a kísérlet indításakor (vagy legalábbis nem lett volna célszerű a vas leválási sebességének finom szabályozása végett), ezért a kezdeti tranzienzi időszakon túl a műveleti áramerősségen elsőként mért cellapotenciál-esés van feltüntetve. Érdekes, hogy a kétszer akkora indukciós idő elteltével közel azonos mértékű és meredekségű pontenciál/áram összefüggést lehetett mérni (a teljes áramon vett kezdeti kapocsfeszültségként), amely végső soron a 1,5 A-rel kivitelezett folyamat felső szakaszbeli potenciálesésével egyezett meg csaknem két óra elteltével.

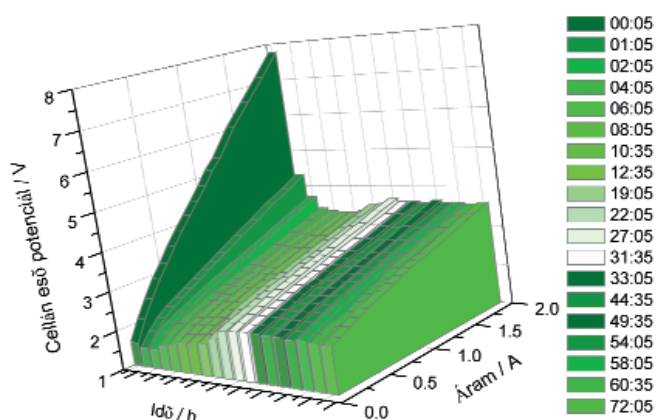
A különböző áramerősségen mért kapocsfeszültség-változás mélyebb megértése, illetve a maximális műveleti teljesítmény paraméterezése (határáram-sűrűség az áram/feszültség görbe inflexiós pontja szerint) érdekében az áramerősség időben történő pásztázásos vizsgálatának eredményét a 2., 3., 4. és 5. ábrával mutatjuk be. Mind a négy ábra állapotfelülete nagyon hasonló, ezért ezeket összefoglalóan tárgyaljuk. Az összes kísérlet elején tapasztalt nagy potenciálesést (nagy meredekségű kezdeti szakasz erősen a nagyobb potenciálok felé tolódva) a cella nagy kezdeti ellenállása okozza, ami az indításra beadagolt 0,01 mólos sósavoldat kis vezetőképességére és a vaselektrod kisebb kezdeti aktivitására vezethető vissza. Mivel a 2,0 és 2,5 A áramerősségen végzett folyamat kiindulási pásztázási árama is nagyobb az összehasonlításban szereplő első két folyamatnál (1,1 és 1,5 A mellett), ezért a kapott kezdeti cellapotenciál-esés is jóval nagyobb volt. Az időben rákövetkező potenciálesés mértéke minden esetben gyorsan csökkent, ami az elektrodialízis által hajtott és a diffúzióval is kezdetben segített hidrogénionnak a sósavkoncentrátumban történő gyors dúsulásával és a cellaellenállás jelentős



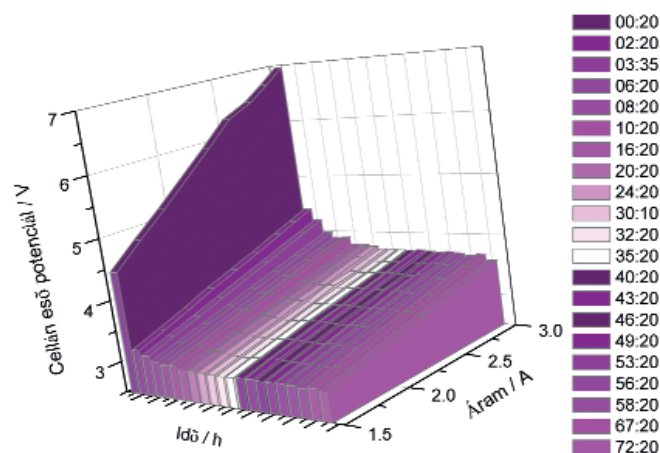
2. ábra. A dializálócellán eső feszültség 1,1 A ($i = 1,22 \text{ A} \cdot \text{dm}^{-2}$ áramsűrűség) mellett az ábrán megjelölt időpontokban



4. ábra. A dializálócellán eső feszültség 2,0 A ($i = 2,23 \text{ A} \cdot \text{dm}^{-2}$ áramsűrűség) mellett az ábrán megjelölt időpontokban



3. ábra. A dializálócellán eső feszültség 1,5 A ($i = 1,67 \text{ A} \cdot \text{dm}^{-2}$ áramsűrűség) mellett az ábrán megjelölt időpontokban



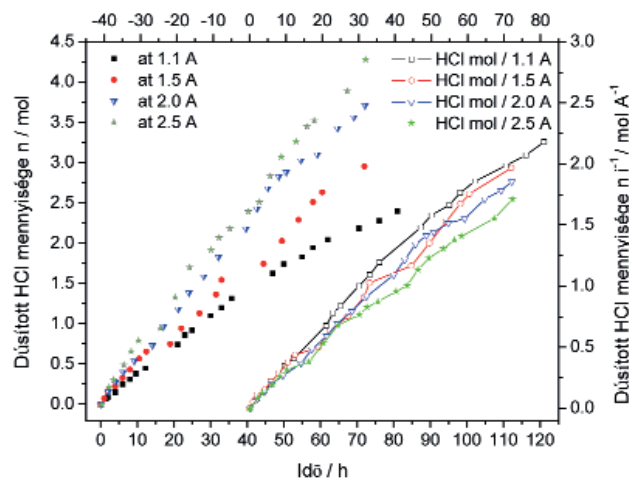
5. ábra. A dializálócellán eső feszültség 2,5 A ($i = 2,78 \text{ A} \cdot \text{dm}^{-2}$ áramsűrűség) mellett az ábrán megjelölt időpontokban

csökkenésével értelmezhető. Mivel ez a folyamat kisebb áramsűrűségeken jóval lassabb (mint nagyobb áramerősségeken), ezért a kapcsolófeszültség folyamatosan csökkenő ellenállásaként jelenik meg a 2. ábrán, mint a növekvő áramon és idővel mért egyre meredekebben csökkenő cellafeszültség-esés a 3., 4. és 5. ábrán. Ezalatt a katód felületének kiterjedt aktiválódása is lejátszódik (a kezdeti pár órában jelentős mértékű vasleválás nem megy végbe). Mivel a vaselektrod teljes aktivációja még 1,1 A-en is nagyjából 12 óra alatt végbemegy, ezért a katód rövid időn belül (kb. 16 óra) hatékonnyá válik fémleválasztásra. Ennek hatására megindul a katolit vastartalmának elszegényítése és párhuzamosan a koncentráció sósav-koncentrációjának növekedése, ezáltal a kloridionok migrációja (ill. a makroszkopikus töltésneutralitás) által elősegítve. A vas leválásának és a katolit kloridion-elszegényedésének (emellett a hidrogénleválásból eredő növekvő mértékű vízbontás és elektrolit-lúgosodás) következménye a katolit kémhatásának lúgos tartományba történő eltolódása. Ennek következménye, hogy bár a pár órán belül kialakuló nagy sebességű hasznos Faraday-reakció, nagy katódos áramsűrűség (vasleválás) csökkenti a cella potenciálcsökkenését, a vas koncentrációjának csökkenése a katolitban idővel bizonyosan kapcsolófeszültség-növekedést okoz még az igen nagy aktív felületű katódon, nagy áramlási sebesség alkalmazása esetén is. Ezért ez legtöbbször csökkenő, majd növekvő kiindulási cellapotenciálban nyilvánul meg, csökkenő meredekséggel (kilaposodó áram/feszültség egye-

nesekkel), 1,1 A-en 8 és 24 óra között, 1,5 A-en 4 és 22 óra között, 2,0 A-en 4 és 14 óra között, és 2,5 A-en 6 és 10 óra között. A csökkenő indukciós idő, valamint a lerövidülő intervallum, plató típusú zóna kialakulása mutatja az eltérő áramsűrűséggel folytatott művelet jellegzetességeit.

Az első 24 óra eltelté után következő időszak ugyan kevésbé látványos a cellafeszültség-görbesorozat külleme alapján, de nem kevésbé fontos változásokat rejt magában. A legtöbb esetben a katolit vaskoncentrációjának elszegényedését és az ebből következő enyhén növekvő, kiindulásként mért cellapotenciálcsökkenést a művelet 48 órája körül a sósavnak a sósav-koncentráció 1,5 mólos oldatkoncentráció hatására intenzívebbé váló katolitba történő diffúziója ellensúlyozza. Ezért a második naptól az árampásztázás során kisebb kiindulási cellaellenállást lehetett mérni, általában enyhén megnövekedett gradienssel a teljes áramtartomány szerint. Ez az elektrolitoldatok ionos vezetésének kevésbé hatékony részvételét jelzi a kapcsolófeszültség, illetve a cellapotenciálcsökkenésében, mint az elektroaktív komponensek töményebb oldataival fenntartott, nagyobb oldat/elektrod határfelületi reakciósebesség által biztosított, gyorsabban növekvő áramerősség által eredményezett kisebb cellapotenciálcsökkenés és kapcsolófeszültség.

Bár ez a diagramokból nem látszik, a cellában alkalmazott kationszelektív membrán a sósav töményedésével egyre kevésbé volt képes ellenállni a sósav anódtérbe történő diffúziójának. A

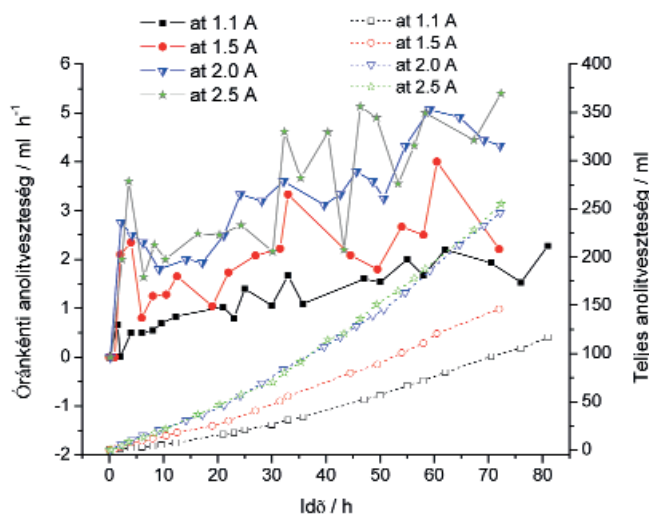


6. ábra. A különböző áramerősségen dúsított sósav anyag-mennyisége az elektrodialízis műveleti idő szerint

sósavkoncentrátumban 2 mol/l sósav-koncentráció mellett volt érezhető enyhe klórleválás az anódon. 2,5 mol/l sósav-koncentrációnál már jelentős klórfejlődést figyeltünk meg. 3 mol/l koncentráció körül pedig nagyon intenzív klórfejlődés, az anolit erőteljes habzása és tekintélyes anolitvesztés jelentkezett (időegység szerint). Az anódos leválás pedig a művelet harmadik napján rendszerint intenzív klórfejlődést eredményezett, a cella dializáló és sósavdúsítási hatásfokának rohamos csökkenését okozva.

A különböző áramerősségen dúsított, azaz elektrodializált sósav a mennyiségét dializáló műveleti idő függvényében a 6. ábra mutatja. Az ábrán jól látszik, hogy a nagyobb áramsűrűsége végzett elektrodialízis eredményeként növekvő sebességű dúsítási mértéket lehetett elérni. Az ábra 2. y-tengelyén az áramerősséggel normált sósav mennyisége van feltüntetve az idő függvényében, amelyből egyértelműen kivehető, hogy bár a sósav abszolút dúsítási hatásfoka minden művelet első tíz órájában azonosnak mutatkozott, 24 órán túl (amikor a sósav átlagosan az 1,5 mólos töménységet eléri) az eljárás sósavra vonatkoztatott dúsítási hatásfoka progresszíven csökkent az áramsűrűség növelésével. Ez minden bizonnyal a nagyobb térerősség által okozott

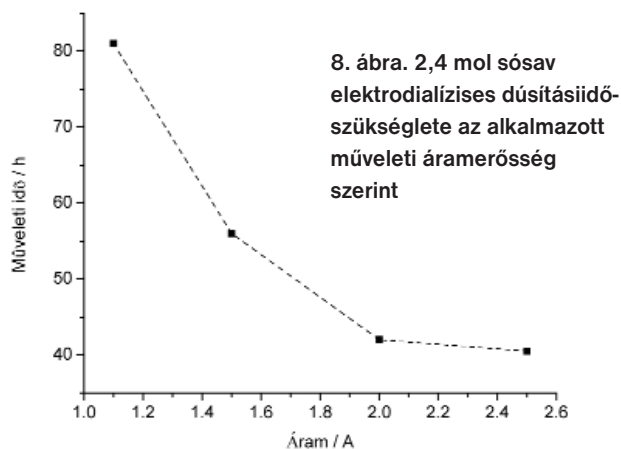
7. ábra. Az anolit különböző áramerősségeken mért, párolgási, vízbontási veszteségéből és elektrooszmózis-transzportjából származó elektrolitvesztése (illetve pótlása), valamint az összes anolitfogyás mennyisége az elektrodialízis műveleti idő szerint



növekvő anion- és kation-migrációnak, valamint a közvetett hatáson alapuló, növekvő mértékű oldószer-elektrooszmózisból, illetve a nagyobb sebességgel lezajló ionvándorlásból következő, kevésbé hatékony ionszféra megbomlásának tudható be.

A 7. ábra az anolit különböző áramerősségen mért párolgásból és a káros Faraday-áramfelhasználásból származó vízbontási veszteség, valamint az elektrooszmózis-transzportból származó elektrolitfogyás (ill. pótlása) által okozott összes anolitfogyás mennyiségét ábrázolja a műveleti idő szerint. A dialízis időegységre normált, és az összesített teljes oldószerigényen is jól látszik a nagyobb áramerősség hatására növekvő anolit-oldószer utánpótlás igénye, ami különösen a folyamat második felében vált számottevővé minden folyamat esetében. Ez azzal értelmezhető, hogy a folyamat második szakaszában az elektrodialízis már az intenzívebbé váló diffúzióval szemben egyre csökkenő hatásfokkal lép fel, mindez a nemkívánatos migrációs folyamatok elkerülhetetlenül fokozódó sebessége mellett.

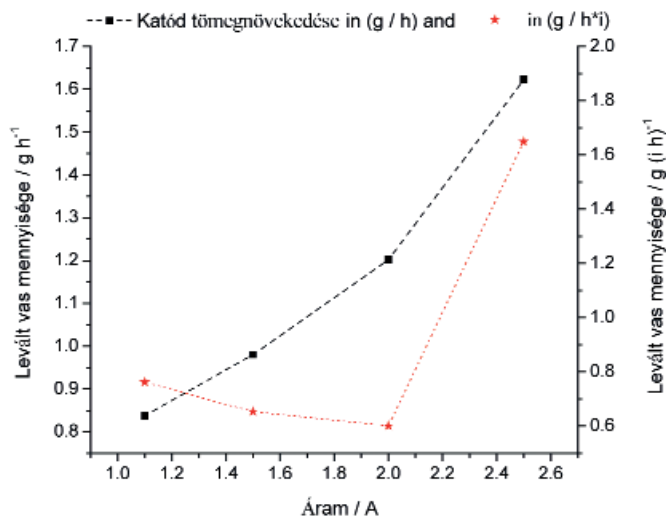
A 8. ábra a 2,4 mól mennyiségű sósav elektrodialízis dúsítási idő-szükségletét mutatja az alkalmazott műveleti áramerősség szerint. Ahogy az várható, az elválasztás teljesítményére a fo-



8. ábra. 2,4 mol sósav elektrodialízis dúsítási idő-szüksége az alkalmazott műveleti áramerősség szerint

lyamat során igen erőteljes hatással van az áramerősség, egész pontosan az áramsűrűség növelése. Mindez a jelentősen csökkenő műveleti időben nyilvánul meg. Érdekes hogy a 2,0 és a 2,5 A-en tapasztalt dúsítási sebesség, illetve elválasztási teljesítmény nem tér el számottevő mértékben egymástól, ami arra enged következtetni, hogy a berendezés az aktuálisan használt membránokkal és azok aktív felületével ezen áramerősség-tartományban működhet legfeljebb kielégítő hatékonysággal.

A kapacitív ionmentesítés elvén működő cella katódjának a különböző áramerősségen mért és időegységre normált tömegváltozását a 9. ábra mutatja. A pontokra illesztett egyenesekből kivehető a fémleválás folyamatát befolyásoló, töltésátlépési kinetikára jellemző reakciósebesség/áramsűrűség összefüggés. Bár a vaskatódos leválás mértéke az áramerősség szerint az egyenes arányosságon túl nőtt, hatékonysága egyértelműen csak a legnagyobb áramerősség (2,0 A) alkalmazása esetén nőtt a kiinduláshoz képest (1,1 A), ami a vasleválás áramerősség szerinti normált függvényén jól látszik. Ennek oka a párhuzamosan versengő reakciók, elsősorban a vas és a hidrogén leválási sebességének egymáshoz képesti változása, valamint a különböző elektródpotenciálra eltérő sebességű vasoldódás sebességében keresendő. Emiatt egy határon túl minél nagyobb a katódos polarizáció (termodinamikai immunizáció), annál kisebb a vaselektrod oldódási sebessége, anódos korróziója. A hidrogén- és vasleválás sebessége szerinti értelmezés már bonyolultabb, mivel ez a hidrogén



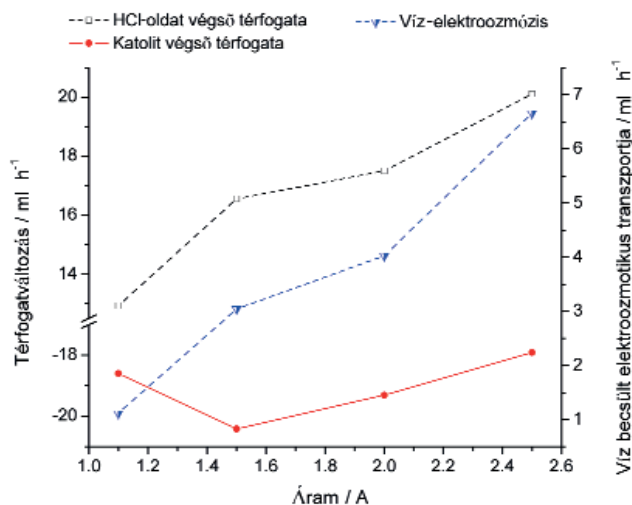
9. ábra. A különböző áramerősségeken mért és időegységre normált katódtömeg-változás

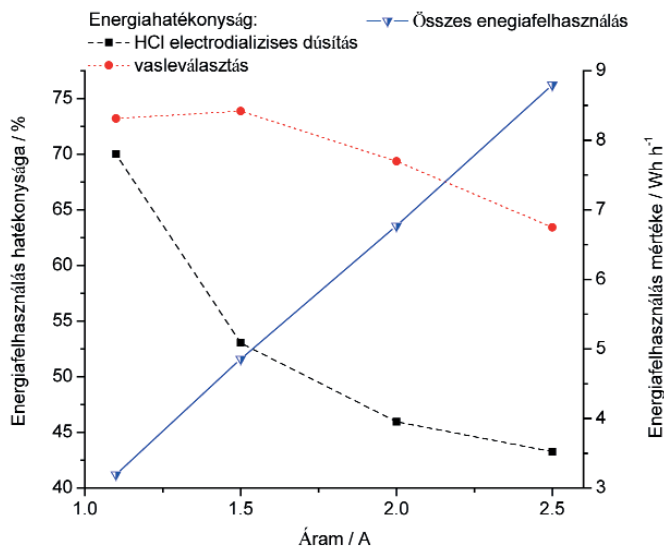
és vas részéről is erősen függ az oldat ionjainak aktivitásától és az elektród felületi állapotától. Általánosságban megjegyzendő, hogy a 80–150 g/l vasat tartalmazó oldatok kémhatásukat tekintve pH = 2–3 tartományban kedveznek a vasleválásnak, különösen a negatívabb, erősen katódos elektródpotenciál-tartományban. A hidrogénleválás sebességét úgy lehetett számottevően visszaszorítani a vasleválás sebességéhez képest, hogy az elektrodialízis kezdeti szakaszában az elektródot lassan növekvő katódos polarizációnak tettük ki, ezzel indukálva a növekvő mértékű fémleválást a hordozó teljes felületén. A fokozatosan megnövelt katódos áram lassan, de egyenletesen növekvő mértékben aktiválta a katód felületét. A nagyobb felületi sűrűségben jelen lévő göcek már kisebb munkabefektetéssel képesek voltak nagyobb reakciósebesség, azaz fémleválás fenntartására, ami így összességében tömörebb szerkezetű fémelektrodok kialakulásának kedvezett. Ez utóbbi is szempont az elektrodialízis folyamatok kivitelezésénél, elkerülendő a cella, de elsősorban a membrán mechanikai sérülését. A vasleválás minden esetben tömb szerkezeti formában jelentkezett, növekvő porozitással, szivacsossággal az áramsűrűség növelésével párhuzamosan. A vas katódos leválása azonban érdekesen változott a növekvő áramsűrűséggel. Az 1,1 A-en történő elektrolízis során fémleválás a membrán szerinti ellentétes oldalon ment végbe. Az ok jobbra az lehet, hogy a katód az áramoltatott elektrolitoldat hozzávezetése miatt nagyobb koncentrációjú oldatból hatékonyabban választotta le a fémét (kisebb túlfeszültséggel elektrolizálva). Másrészt a kisebb reakciósebesség fenntartása lehetővé tette a vas katódos leválását a cella kisebb elektromos térerejű részén. 1,5 A műveleti áramerősség esetén már a katód mindkét oldalán volt fémleválás, nagyjából azonos mértékben. 2,0 és 2,5 A áramerősség használatával már jóformán csak a membrán felőli oldalon volt vasleválás. Nagyon valószínű, hogy a nagy áramlási sebesség (elenyésző vastagságú koncentrációs polarizációs oldatréteg kialakulása a katód felületéhez közeli régióban) és az alkalmazott nagy túlfeszültség nagy fémleválási sebességet eredményezett szinte kizárólag az elektród nagyobb elektromos térerejű oldalán (a membrán felőli részen, az anóddal szembekapcsolva). A levált vas csak az oldat felőli legkülső részen mutatott cseppszerű növekedést, válaszul a nagy és növekvő oldatáramlási sebességre az időben szűkülő cellaátfolyási keresztmetszet hatására.

A 10. ábra a sósavkoncentrációt és a katolit-diluátum térfogatváltozását, valamint a kation- és anioncserélő membránon áthaladt, a sósavkoncentrációt hígító összes elektrolittranszportot ábrázolja az alkalmazott műveleti áramerősség szerint. Ahogy az várható, az áramsűrűség növelésével párhuzamosan nő az elsősorban elektrooszmózis, másodsorban a nagyobb sebességű iontranszport hatására bekövetkező, kevésbé hatékony ionhidrárburok-felbomlásából eredő oldószer-anyagtranszport. Mindez a sósavkoncentrációt jelentős hígulását, egyben mennyiségi hozam növekedését okozza. Mindazonáltal érdekes, hogy a közbűsű, 1,5 és 2,0 A-rel végzett mérésorok fajlagos mutatója között nem tapasztaltunk jelentős eltérést. Ez részint kapcsolatban lehet a technológiai paraméterezéstől függő és a mérésművelet szerint meghatározható gyakorlati határárammal, illetve azzal szoros kapcsolatban lévő inflexiós ponttal. Ez az eredmény megerősíti az áramerősséggel normált elektrodialízissel dúsított teljes sósavmennyiség-idő grafikon által mutatott eredményt, illetve az ebből kiolvasott kedvező áramerősség/sűrűség üzemeltetési tartományt (1,667–2,23 A). A katolit mennyisége inkább szélsőérték, helyi minimum szerint változott 1,5 A-nél, amelyből sejthető, hogy technológiaiailag ideális paraméterezés az általunk használt berendezéssel valahol 1,5 A áramerősség, azaz 1,67 A·dm⁻² áramsűrűségnél található (mivel kisebb áramsűrűségen túl lassú a hidrogénion-dúsítás sebessége, ennél nagyobb áramon pedig az elválásztás határfoka jelentősen csökken). A becsült elektrooszmotikus víztranszport mértéke nagyjából a sósavkoncentrációt dúsítási karakterisztikáját tükrözi, kissé kevésbé határozott inflexióval. Ez utóbbi azzal lehet összefüggésben, hogy a sósav mennyiségi dúsítása és a koncentrációt térfogatváltozása érzékenyebb, jellemzőbb műveleti optimalizálásra, mint az elektrooszmotikus transzport változása.

A 11. ábra az energiafelhasználás szerinti sósavdúsítási és vasleválasztási határfokot, valamint az időegységre normált energiafelhasználást (azaz fajlagos teljesítményt) mutatja be az alkalmazott áramerősség szerint. Habár az energiafelhasználás nagyjából egyenesen arányosan nőtt az áramerősség növelésével, az energiafelhasználás szerinti normált elektrodializált sósav mennyisége helyi maximumot jelzett 1,5 A áramerősségen, az elektrolitikusan leválasztott vas mennyisége pedig monoton csökkent. A sósavmennyiség energia szerinti helyi maximuma az előbbiekből

10. ábra. A sósavkoncentrációt, katolitdiluátum térfogatváltozása és a membránon keresztül történő elektrooszmotikus elektrolittranszport az alkalmazott műveleti áramerősség szerint





11. ábra. Az energiafelhasználás szerinti sósavdúsítás és vaslevalásztás hatásfoka, valamint az energiafelhasználás időegységre normált mértéke az alkalmazott áramerősség szerint

kel egyezésben a technológiai paraméterezés optimumtartományát jelzi, megerősítésben a korábbiakban tárgyaltakkal. Bár a vaslevalás változása az áramerősség szerint számottevőnek nevezhető (9. ábra), az energiafelhasználás szerinti függvény meredeksége erősen csökkenő képet mutatott. Ez arra enged következtetni, hogy a főreakció mellett a befektetett energia egyre növekvő részarányban használódik fel: nem kívánt elektrokémiai folyamatok, mellékreakciók játszódnak le a növekvő áramerősséggel (pl. hidrogénlevalás, kolloidion-levalás, -oxidáció stb.), illetve a cellaüzemeltetés optimális tartományán túl egyre jelentősebb a termikus formában felszabaduló, disszipált energia, azaz nem hasznos munkavégzésre fordított entalpiaváltozás, hőmennyiség-felszabadulás. Ugyanakkor ez azt is jelenti, hogy az elektrodialízis elválasztást/dúsítási műveletet nem csak, vagy nem elsősorban erre a paraméterre érdemes optimalizálni. Megjegyzendő továbbá, hogy a 11. ábrán bemutatott, energiafelhasználás szerinti ábrázolt sósavdúsítás alkalmas elektrodialízis művelet kiegészítő jellegű paraméterezésére, illetve optimalizálására (az áram/potenciál görbesorozaton túl, amely alkalmas egy időpillanatban történő optimális kapcsolófeszültség megállapítására), az inflexiós pont mint határáram keresésének gyakorlati módszereként. [6] Eszerint a kedvező elválasztás (kedvező energiafelhasználás szerinti optimalizálás esetén) valahol az 1,1 A·dm⁻² áramsűrűség körül keresendő. Ez minden bizonnyal az áram/kapocs-

feszültség két inflexiós pontja közé esne, melynek az első inflexiós pontját, vagy annak kezdeti szakaszát nem tapasztaltuk a nagyobb kezdeti pásztázó áramsűrűség miatt.

Következtetések és összefoglalás

Az általunk végzett vizsgálatok és értékelési eredmények alapján a következő irányelveket fogalmaznánk meg hasonló típusú és felépítésű elektrodialízis berendezések paraméterezésére a ki-elégítő hatásfokkal történő üzemeltetés érdekében. A membránfelület által meghatározott, az elektródok geometriájához tartozó optimális áramsűrűség-tartományt 1,1–1,67 A·dm⁻² körül érdemes beállítani. A vaslevalás minősége és a cellán bekövetkező kis potenciálesés miatt a kezdeti kapcsolófeszültségen végzett elektrodialízist kis potenciálnál előnyös indítani (az elérni kívánt műveleti áramerősség kb. 1/4-ével). Az elektród aktiválódásával, valamint a sósavkoncentráció töményedésével a kapcsolófeszültséget kb. 1 óra leforgása alatt az alkalmazni kívánt végső áramerősségre állíthatjuk be. Ezután a folyamatot addig végezzük, amíg a sósavkoncentráció koncentrációja el nem éri a 2,3 vagy a maximális 2,5 mól koncentrációt. Mivel innentől indul meg a sósav töményített teréből – elsősorban diffúzió hatására – a membránnal határolt elektrolitokba a sósav intenzív anyagáram (vagyis a dúsítási vesztesége, emiatt a klórfejlődés és a katolit habzása, ill. párolgási vesztesége), ezért nem érdemes a folyamatot tovább folytatni. A művelet során mindvégig ellenőrizni kell az anolit mennyiségét (amely időnként esetleg pótlást igényel), valamint a katolit pH-ját, amely optimálisan a pH = 2–3 tartományba kell esnie. Bár a vaslevalás miatt a cellaellenállás-növekedés nem nevezhető jelentősnek, az esetleges ebből fakadó kapcsolófeszültség-növekedést, illetve áramerősség-csökkenést természetesen idővel kompenzálni kell.

A szerzők remélik, hogy a jelen közleményben ismertetett mérési és értékelési eredmények hasznos információval szolgálnak ipari berendezések működtetésének paraméterezéséhez, illetve a technológia igény szerinti finomhangolásához.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS. Ez a kutatási téma részben a TÁMOP-4.2.1B-10/2/KONV-2010-0001 számú „Az új Magyarországi fejlesztési program” keretén belül nyert támogatást, amelyhez az Európai Unió és Európai Szociális Alap is hozzájárult.

IRODALOM

- [1] Pirson, E., homepage of MTM University of Leuven, Belgium.
- [2] Altmeier, P., PCA GmbH, <http://www.pccell.de>
- [3] Xu, J., Lu, S., Fu, D., J. Hazard Mater (2009) 165, 832.
- [4] Faverjon, E., Rakib, M., Durand, G., Electrochim Acta (2005) 51, 366.
- [5] Faverjon, E., Durand, G., Rakib, M., J. Membrane Sci. (2006) 284, 323.
- [6] Meng, H., Deng, D., Chen, S., Zhang, G., Desalination (2005) 181, 101.

Magyar, orosz, ukrán kormányközi megállapodás a nukleáris üzemanyagok szállításáról

2012. október 17-én Magyarország, Oroszország, és Ukrajna kormánya közös megállapodást írt alá az Ukrajna területén át Magyarország és Oroszország között történő nukleáris üzemanyag szállításáról. A megállapodást hazánk képviseletében az Országos Atomenergia Hivatal főigazgatója, Dr. Rónaky József, Oroszország részéről a ROSATOM nemzetközi együttműködésekért felelős helyettes főigazgatója, Nikolai Spasskiy, ukrán oldalról pedig az Állami Nukleáris Szabályozási Főfelügyelet elnöke, Olena Mykolaichuk írta alá.

A megállapodás az Oroszország és Magyarország közötti, Ukrajna

területén keresztül történő nukleáris üzemanyag szállítás főbb szabályait határozza meg, és a három ország által 1992. december 29-én kötött, eddig hatályos együttműködési megállapodást váltja fel. Az új megállapodás megkötését a nemzetközi környezet változása, Magyarország Európai Unióhoz történő csatlakozása, az atomenergiát érintő jogszabályi háttér fejlődése, valamint a szigorúbb nukleáris biztonsági követelmények tették szükségessé.

Oroszország és Ukrajna a magyar megállapodáshoz hasonló egyezményeket kötött korábban Bulgáriával (2006) és Szlovákiával (2010).



Braun Tibor

■ ELTE Kémiai Intézet

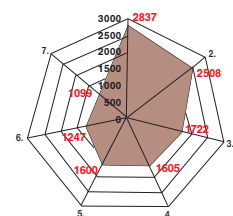
Áttörési remények a kristályos szénnanotudomány, főleg a grafén fejlesztési frontvonalán

Az utóbbi két és fél évtized során a nemzetközi interdiszciplináris kutatóközösség és a szakirodalom nem szűkölködött a kristályos szénnanotudomány – értve ez alatt a fullerén-nanocső-nanogyémánt-grafén kvartettet – különleges méltatásában. Ennek alátámasztására talán nem is kell mást említenünk, mint a területen kiosztott két Nobel-, egy-egy Kavli- és Európai Feltalálói Díjakat. [1] A területtel kapcsolatos alapkutatás vitathatatlanul úttörő eredményekkel járult hozzá az emberiség tudás- és ismeretanyagának gyarapításához.

Nem lehet és nem is szabad eltitkolni azonban, hogy a lelkenedző vélemények és megnyilvánulások mellett visszafogottság, ritkábban ugyan, de néha kimondottan pesszimista hangok is nyilvánosságot kaptak arról, hogy a lelkesítő tudásgyarapításon túl az emberiség mindennapi életének a jobbításához, tömeges gyakorlati alkalmazásokhoz, igazi ipari felhasználáshoz eddig nem, vagy csak elenyésző mértékben születtek eredmények. Különlegesen érvényes ez a fullerénekre, kisebb mértékben ugyan, de a nanocsövekre, a nanogyémántokra és a grafénre is.

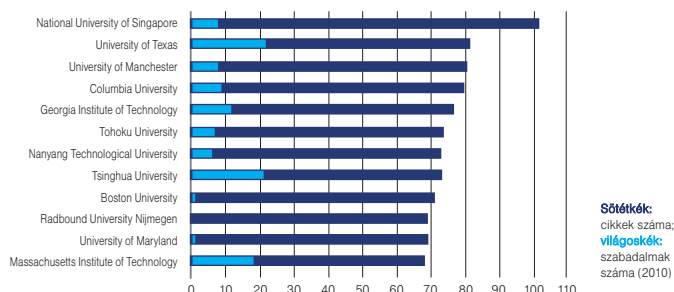
A tudományos alapkutatás alkalmazásaival, hasznosításaival kapcsolatos pesszimizmus, főleg a legutóbbi években megjelent gazdasági világválságnak is tulajdoníthatóan nemcsak a szénnanotudomány területén, hanem a tudomány és fejlesztés más területein, sőt teljes egészén is hangot kapott. Ez utóbbival jelen szerző *A tudományos kutatás költségei, értéke és haszna* című munkájában is behatóan foglalkozott. [2] Az írás főleg abból a tételből indult ki, hogy egyes amerikai közgazdászok úgy érzik, hogy azok az állítások, amelyek szerint a tudományos alapkutatások állami és más forrásbeli anyagi támogatása az egyik legjobb út a gazdasági növekedés biztosításához, nem teljesen megalapozottak, sőt mint írják, a közgazdászok nem tudnak szabadulni attól a szorongó érzéstől, hogy a K+F-re való ráfordítások növelését követelő érveket a kutatók érteken felül „adják el”. Ennek értelmében azt állítják, hogy a gyakran említett számokat csak néhány olyan tanulmány alapján extrapolálják, amelyeknek kimondott célja inkább a K+F-re költött befektetések hasznának szövegi alátámasztása volt, és kevésbé a teljes folyamat objektív input-output értékelése. [2, 3]

A fentebb vázolt, meglehetősen borús hangulatra biztató, reményt keltő napsugarat vetett a közelmúltban részletezett hír, [4]



1. ábra. 1991 és 2010 között grafén-témájú folyóiratcikkek multi- és interdiszciplinaritása [8]

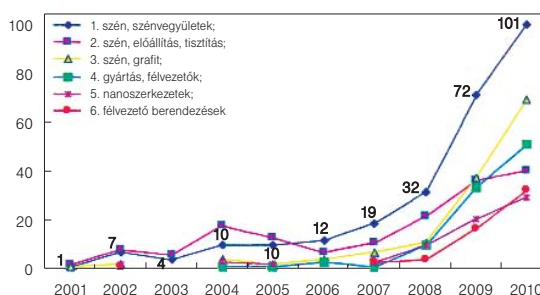
1. kondenzált anyagok fizikája; 2. multidiszciplináris anyagtudomány; 3. alkalmazott fizika; 4. fizikai kémia; 5. nanotudomány, nanotechnológia; 6. multidiszciplináris kémia; 7. multidiszciplináris fizika



2. ábra. Grafénkutatással és fejlesztéssel foglalkozó jelentős egyetemek által 2010-ben publikált folyóiratcikkek és bejelentett szabadalmak. [4]

amely a rendkívüli tekintéllyel rendelkező *Nature* című folyóiratban *Az Egyesült Királyság nagy fogadása a grafénre. A manchesteri intézet az egyatomnyi vastagságú szénlemezek kereskedelmi alkalmazásaira fókuszál (Britain's big bet on graphene. Manchester Institute will focus on commercial applications of atom-thick carbon sheets)* címmel jelent meg. Az Egyesült Királyság kormánya reméli, hogy Novoszelov és Geim (a 2010. évi kémiai Nobel-díjasok) pénzt tudnak csinálni (*can make money, sic!*) a grafénből. Ez év februárjában az UK Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) 38 millió angol font (59 millió amerikai dollár) támogatást ítélt meg a Nemzeti Grafénkutató Intézet létrehozására a Manchesteri Egyetemen. Megnyitását 2015-re tervezik, és reményeik szerint az intézet az alapkutatások ipari alkalmazásai felé vezető út gócpontja lesz. A manchesteri kutatók hazai és tengerentúli műszaki vállalatok által finanszírozott ipari kutatókkal működnek majd együtt. Spin-off cégek virágnak majd a kampuszon kívüli manchesteri kutatási parkokban, műszaki forradalmat szítva egy olyan városban, amelyik valaha az ipari forradalom központja volt.

3. ábra. Különböző területeken bejelentett szabadalmak számának növekedése 2001 és 2010 között. [8]





Az angolok felbuzdulása és optimizmusa több indíciom alapján is reményt keltő. Ezek egyike a terület már sokszor hangoztatott inter- és multidiszciplinaritása [8], amint az **1. ábrán** látható. [8] A másik példa a **2. ábrán** bemutatott grafénkutatói globalizáció. [4] Biztatónak mutatkozik a graféntémában 2001 és 2010 között bejelentett szabadalmak száma is (**3. ábra**).

Óriási sikert jelentene az angol és az egész világ tudományára vonatkozóan, ha a fentiek beválnának.

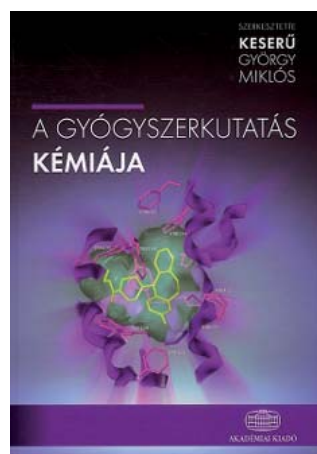


IRODALOM

- [1] Braun Tibor, Magy. Kém. Lapja, (2012) 67, 84.
- [2] Braun Tibor, Magyar Tudomány, (2011) 172, 90.
- [3] Braun Tibor, Magyar Tudomány, (2012) 173, 466.
- [4] Brumfiel, Nature, (2012) 488, 140.
- [5] C. Macilwain, Nature, (2010) 465, 682.
- [6] R. M. May, New Scientist, (2010) 18 September, 5.
- [7] R. Monastersky, J. Tollefson, M. Wadman, E. Samuel Rich, Nature, (2010) 2010, 146.
- [8] P. Lui, G. Wang, Y. Wan, Q. Liu, F. Cheng, Scientometrics (2012) 68, 399.

Gyógyszerkönyv a kémia évében

(A gyógyszerkutatás kémiája • Szerkesztette: Keserű György Miklós, Akadémiai Kiadó, 2011)



A tudományos és szakmai ismereteket átfogó és összefoglaló könyvek megjelenésének több motivációja képzelhető el. Ezek közé tartozhat a megismert tények rögzítése az utókor részére és/vagy a szerzett ismeret minél szélesebb szakmai körökkel történő megosztása is. Számos szakember szerint azonban ezeket a célokat jobban szolgálják a rendszeres, szaklapokban megjelenő publikációk, vagy review jellegű cikkek. A könyvek megjelenésének talán sokkal inkább az lehet a

kiindulópontja, hogy a szakmai ismereteket más, rokon tudományokkal együttesen bemutatva, azokkal átlapolva, a megismerést megkönnyítő módon egységes szerkezetben tárja az olvasó elé, le rövidítve és meggyorsítva egy adott terület megismerését, feltárását. Mindezek mellett természetesen aktualitását adhatja még egy könyv megjelenésének valamilyen nemzetközi esemény, vagy egy korszak lezárulása is.

A Keserű György Miklós szerkesztette, „A gyógyszerkutatás kémiája” címet viselő könyv megjelentetése tudatosan esett a kémia évére. Ebben az évben a számos tudományos esemény közepette jelentős mérföldkő volt a könyv megjelenése, hiszen ez a mű is bizonyítható és megerősíthette a kémia fontosságát életünkben. Ugyanakkor így utólag visszatekintve már látjuk, hogy más, sokkal szomorúbb szempontok miatt is fontos volt ennek a könyvnek a megszületése a tavalyi év derekán. 2011 őszén több gyógyszerkémiai foglalkozó kutatóhely is befejezte működését Budapesten, de talán még ennél is szomorúbb, hogy egy tudós kollégánk, Hermecz István akadémikus, aki e könyv egyik hangsúlyos fejezetének is szerzője, tavaly októberben örökre eltávozott közülünk.

„A gyógyszerkutatás kémiája” című könyv azonban nemcsak időzítésében, de tartalmában is kiemelkedő jelentőségű. Több mint 800 oldalon, 5 főfejezetben és ezeken belül kb. 200 alfejezetben a vonatkozó szakterület minden fontos aspektusa tárgyalásra kerül benne a legnevesebb iparági és egyetemi szakértők által, a legrangosabb nemzetközi irodalmak beépítésével. Különlegessége a könyvnek továbbá, hogy a téma tárgyalásakor jelentős mértékben veszi figyelembe az ipari szempontokat, és mindezt a megfelelő tudományos igényességgel teszi. Az ipar érdekeinek figyelembevétele azért is kiemelten fontos, mert egy hatékony molekula megtalálásához és gyógyszerre válásához, a kutatás és a fejlesztés kiteljesedéséhez, a

gyógyszerkutatás sikeréhez, azaz a forgalombahozatali engedély megszerzéséhez ma elengedhetetlenek az ipari keretek. Természetesen a könyvben is hangsúlyt kap az a tény, hogy az akadémiai-egyetemi kutatóhelyek jelentősen növelik a gyógyszer-molekula megtalálásának valószínűségét, alapkutatási tevékenységük nélkül pedig szinte elkezdni sem lehetne ezt a munkát.

Mivel a könyv összeállításában és színvonalában is elsősorban az alaptudással már rendelkező, specializálódásban is többé-kevésbé előrehaladt felsőfokú végzettségű szakemberek számára készült, érdemes megvizsgálni azt, hogy ez a mű miben más, mint a rendelkezésre álló hasonló tematikájú könyvek. Nos, először is ki kell emelni, hogy ilyen korszerű, széles körű, a gyógyszerkutatás ipari aspektusaira fókuszáló, ugyanakkor az elméleti alapok tekintetében is a legrészletesebb tárgyalást tartalmazó szakkönyv hazai nyelven nem áll rendelkezésre. Ebben az értelemben a mű hiánypótló. De ez a könyv nem pusztán irodalmi áttekintés és összefoglalás a hozzáférhető nemzetközi forrásanyagok alapján. Sokkal több annál. Több, mert a hazai szakemberek legszélesebb körének bevonásával, a mindennapi gyakorlattal is rendelkező, elsősorban ipari tapasztalattal bíró szerzőgárda munkájának gyümölcse. Olyan emberek foglalták össze tapasztalataikat, akik valamely magas fázisig eljutott gyógyszerfejlesztés aktív résztvevői voltak és saját korábbi munkájuk igazolja a könyv kiemelkedő szakmai minőségét.

Kinek is ajánlhatnánk tehát e könyvet? Elsősorban azoknak a szakembereknek, akik jól ismerik a gyógyszerkutatás kémiájának egy területét, de szeretnék jobban megismerni, hogy az ő munkájuk hogyan függ össze a nagy egésszel, a gyógyszer-innovációval. Másodszor azoknak, akik új szakterületre kerülve az alapok megismerésének minél gyorsabb módját részesítik előnyben, és szeretnék hamar hozzáadott értéket felmutatni munkájuk során. Ezek a kutatók és fejlesztők nagyon hatékonyan tudják majd a könyvből elsajátítani a szakmához kapcsolódó legfontosabb információkat, és eljutni olyan technikai szintre, amely segítségével magabiztosan láthatnak neki új munkájuknak. Természetesen a könyv nagyon hasznos azoknak az egyetemi és PhD-hallgatóknak is, akik érdeklődnek a gyógyszerkutatás iránt és szeretnék minél szélesebb körű ismeretek birtokában dönteni jövőbeni munkájukról. Végül, de nem utolsósorban fontos lehet a könyv ismerete a gyógyszerkutatás nem kémiai területén dolgozó kutatóknak, fejlesztőknek, hogy jobban megértsék, milyen szerepet töltenek be ebben a bonyolult, hosszú és drága folyamatban.

Természetesen érdemes ezt a könyvet csak az élvezet kedvéért is kézbe venni és olvasgatni, hisz a magyar gyógyszerkutatás a hazai ipar kiemelkedő ágazatának markáns hajtóereje volt mindig, mára is az maradt, és bízunk abban, hogy még sokáig az is lesz.

Greiner István



Kémia, történelem, irodalom

(Inzelt György: *Mély kútforrása a bölcsességnek*

Könyvpont Kiadó – L'Harmattan Kiadó, Budapest, 2012)

Inzelt György újabb kötete kedves olvasmányul szolgál az érdeklődő nagyközönségnek és a kémikus szakmát művelőknek egyaránt. A szokatlanul ható cím rögtön érthetővé válik a bevezető gondolatokban, hiszen idézet a Gilgames-eposz-ból: „...mindent látott, hallott, tapasztalt – jelenvalót és régen voltat; mély kútforrása a bölcsességnek.” A cím nyilvánvalóvá teszi a könyv stílusát, tartalmát. Igazi kultúrtörténeti munka, a kémia, a történelem, irodalmi utalások egyaránt megtalálhatók benne. Nagy része minden kémiai vagy fizikai tudás nélkül is élvezhető mindenki számára, viszont a vegyészek, tanárok, diákok is megtalálják a szakmai csemegéket, a legújabb eredmények ismertetését, *horribile dictu* a szükséges képleteket, egyenleteket is.

A könyv áttekintését kezdetül az elején, a tartalomjegyzék szerint, de a végén a névmutatónál is. Mindkettő jó iránymutató arra, hogy mit várhatunk a 200 oldalas, nagyon sok – legtöbbször ritkán vagy eddig még nem is látott – képpel illusztrált könyvtől. A mintegy 480 nevet felsorakoztató jegyzék ígéri talán az izgalmasabb kalandozást. Hogyan is kerül egymás alá Jókai, Joliot-Curie, József Attila és Józsué, vagy pedig Napóleon, Nendtvich Károly, Néror és Nernst. Ez valóban arra készítetheti az embert, hogy itt-ott felüsse a kötetet csillapítva hirtelen jött kíváncsiságát, de járjunk el rendszeresebben, kövessük a tartalomjegyzéket. A könyv 12 fejezete egy-egy független írás a néhány oldalastól a 30–40 oldalnyi terjedelmesebb tanulmányokig.

A könyv címlapján Mengyelejev szakállas képe köszönti az olvasót, nyilván szándékosan, mert az első két írás jelentős terjedelemben – szinte Plutarkhoszt idézve – két kiemelkedő tudóst, Mengyelejevet és Than Károlyt állítja párhuzamba egymással. A két tudós kortárs volt, pályájuk kezdete is hasonló mederben folyt, mégis egészen más végeredménnyel zárult. Mengyelejev a kémia emblematikus alakja világszerte, Thanról talán hazánkban is csak a szakmai közönség tud annak ellenére, hogy ő a korszerű magyar kémia tudomány



és -oktatás megteremtésének nagy alakja, szinte az összes neves magyar kémikus az ő szakmai gyermekének, unokájának, dédunokájának tekinthető. A bevezető fényképen Mengyelejev az akkori tudós világ nagyjai körében ül, a Berlini Akadémia ünnepi ülésén, jelezvén súlyát a világ tudományos életében. Ugyanakkor Than Károlyról ilyenféle ábrázolást a képek felkutatásában szorgos szerző sem tud bemutatni. Az esszék ezt alaposan meg is indokolják. Inzelt György nézete szerint, ha Mengyelejev életművéből kivesszük is a periódusos rendszert, akkor sem lehet – tegyem hozzá, nagyon is sajnálatosan – a két tudós eredményeit egy lapon említeni. A két karrier különbözősége nemcsak személyi okokra vezethető vissza, hanem a két ország belső viszonyaira is. Itt még némi áthallást is olvashatunk korunkra vonatkozóan: a magyar hivatalosság akkor sem és talán ma sem értékeli eléggé – és ebbe az anyagi támogatást is beleértve – tudósainak munkáját. Akit a bulvár esetleg jobban érdekel, mint mondjuk a kőolaj-kitermelés vagy a periódusos rendszer prioritási vitája, szintén megtalálhatja a csemegét. Mengyelejev tulajdonképpen bigámiát követett el a második házasságával, de az ez irányú panaszt a cár egyszerű kije-

lentéssel söpörte le: „Mengyelejevnek két felesége van, igen, de nekem csak egy Mengyelejevem.” Valóban, Mengyelejev fontos szerepet játszott Oroszország gazdasági életének fellendítésében, sajnos, Thannak ez a szerep nem adatott meg. Nem tudjuk, hogy Ferenc József mondott-e bármit is Thanról, ami egy anekdotagyűjteménybe bekerülhetett.

Érdekes korszakot fest a kötetben a 19. század második felének magyar tudományosságáról a Természettudományi Közöny első évfolyama (1869) cikkeinek elemzése. Mi is foglalkoztatta ekkoriban a kémikusokat, mit is kívántak megosztani a „művelt magyar közönséggel”? Talán a legfontosabb közlések az új mértékegységek mellett az „atómokkal és a tömecskekkel” kapcsolatosak, hiszen ez idő tájt még újdonság volt az atomok molekulákká kötődése a vegyértékekkel, de szó esik az energiaforrások végességéről, a darwinizmusról is. A könyv egy másik fejezete egyébként részletesebben is szól az Avogadro-törvény történetéről, arról, ahogyan a felismerés rendet teremtett a kémia addigi káoszából, igaz, vagy 50 évnyi lappangás után, éppen a Természettudományi Közöny indulásának éveiben. Az Avogadroszám (-állandó) ma az alapvető iskolai ismeretek közé tartozik, de hallgatás övezi, hogy ki is volt az, aki ezt bevezette, számszerűsítette, és mikor is történt mindez. A fejezet erre is részletes választ ad, ajánlom kémia tanár-kollégáim szíves figyelmébe!

Avogadro, Loschmidt, Perrin persze csak a kezdeti nagy felismerés főszereplői voltak. Az igazi atomkorszak kezdetéről és ebben a magyarok szerepéről a 4. fejezetben olvashatunk. Fontos írás ez, mert az ismertnek tekinthető részletek (Becquerel, Marie Curie, Rutherford, Geiger stb.) mellett felbukkannak a magyar úttörők és utódaik Lengyel Bélától Wesselszky Gyulán át a nemrég elhunyt Vértes Attiláig. A magyar kutatók élete sokféleképpen alakult, történetükben szinte benne van az egész 20. század története. Akik külföldre kényszerültek, vagy ismertek, sőt sikeresek lettek (Róna Erzsébet, Hevesy György), vagy a diktatúrák áldozataiként tragikusan vé-



gezték (Götz Irén). A könyv egyik fejezete külön is foglalkozik a kutató, tudós, feltaláló nőkkel. Volt közöttük alkimista (Cillei Borbála), a férje mellett szorgoskodó segítő, mai szóval talán technikus (Madame Lavoisier), és a sort korunk Nobel-díjas nagyszonyai zárják. E fejezeteket olvasva különös csodálattal tölthet el, hogy a nagy felfedezésekhez vezető kísérleti eredmények milyen egyszerű eszközök alkalmazásával születtek. Egy-két fotó és rajz erről is meggyőzheti az olvasót.

A kötet ínycsiklandozó fejezetei a sóval és más fűszerekkel (fokhagyma, szegfűszeg, szerecsendió, fahéj, paprika, safrány, bors) foglalkoznak. Ha valaki eddig hiá-

nyolta a vaskos szerkezetei képleteket, itt szembesülhet velük, sőt szó esik a hatóanyagok hatásmechanizmusáról is. Megtudhatjuk, hogyan befolyásolták a só és a fűszerek a világtörténelmet, sőt turisztikai ajánlásokat is kapunk, hol láthatunk gyönyörű sókristályokat, sótartókat, sóbányákat. A kötet egyik írása a ritkaföldfémek felfedezésének történetével, kémiaiájával, felhasználásával foglalkozik. Igen tanulságos, hogy e fémek nem is annyira ritkák mindennapi életünkben, és ez adja kiemelkedő gazdasági jelentőségüket, sőt a fő ki-termelő, Kína „olajfegyverét”, azt, hogy ezek az egzotikusnak tűnő elemek akár politikai konfliktusokat is okozhatnak.

Végül felvillantanék néhány érdekes kapcsolatot és kérdést. Mit tudott Bartók Béla az atomtitokról? Ki volt Einstein (magyar) orvosa? Hány gramm aranyat tartalmaz egy olimpiai aranyérem? Bár tudjuk, ki volt a Napkirály, de ki volt a magyar „Napkirálynő”, aki még a 2012-ben készült gimnáziumi kémia tantervbe is bekerülhetett? Az olvasóra bízunk ezek és sok további talány és ismeret felfedezését ebben a szellemi felüdülést hozó műben.

Jó szórakozást kíván

Riedel Miklós

■ *A következő hasábkokon néhány részletet mutatunk be a kötetből.*

Inzelt György

■ ELTE Kémiai Intézet

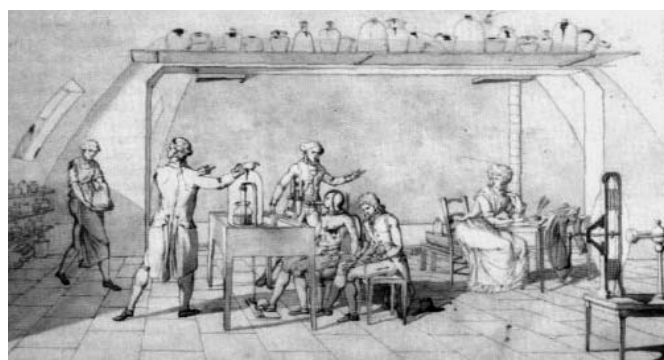
„Láss bele végül mélyen az elrejtett dolgokba”

DIVATBA JÖTTEK A TUDÓS NŐK. A 2011-es kémia éve a vegyészet eredményei mellett előttük is tisztelgett. Az, hogy Marie Curie-Skłodowska második Nobel-díjának centenáriuma választották, szintén azt a célt szolgálta, hogy fejet hajtsuk az ő küzdelmük előtt. Nekik harcolni kellett már azért is, hogy tanulhasanak, és még a 20. században is nehezen fogadott be nőket a tudóstársadalom. Persze, közöttük is – mint ahogy férfi kollegáik körében – vannak sztárok, jobban ismert nevek. Sajnos, nem írhatom azt, hogy jól ismert nevek, mert aránylag kevés természettudós jutott el az ismertség olyan fokára, mint számos zeneszerző, költő, államférfi vagy hadvezér. A kémia éve során is a Nobel-díjas nők kerültek leginkább szóba, őket állították – természetesen jogosan – példaképül. Sokan vannak azonban, akiket elfeledtünk, még a természettudósok sem tudnak róluk. Mindig is kötelességemnek éreztem azt, hogy előhívjam emléüket a felejtés homályából. Így már korábban írtam Agnes Pockelsről (1862–1935), a felületi filmek fizikokémiaiájának úttörőjéről, Lise Meitnerről (1878–1968), az atomfizika kiemelkedő alakjáról és még sok más kitűnő emberről. E könyv más fejezeteiben is szerepelnek kiváló tudós nők, Marie Curie-Skłodowska és Irène Curie mellett Götz Irén, Róna Erzsébet és Szófia Kovalevskaja. Ismerkedjünk meg még néhány figyelemre méltó személyiséggel az ókortól kezdve napjainkig! A válogatás szubjektív, de talán ilusztrálja azt a küzdelmet, amelyet a nők folytattak azért, hogy szépségük és kedvességük mellett szellemi képességeiket, tudásukat és tudásukat is elismerje a társadalom.

Minden kémiai történeti könyv egyik főszereplője Antoine Laurent de Lavoisier (1743–1794). A modern kémia egyik atyjának nevezik. A háttérben volt egy nő is. Ő nem más, mint a vele kísérletező felesége, Marie-Anne Pierette Paulze (1758–1836). La-

voisier 1771-ben feleségül vette a csupán 13 éves, gazdag családból származó leányt. A házasság sajátosan indult, mert Marie-Anne kezét a nála közel harminc évvel idősebb, befolyásos főúr, d'Amerval kérte meg. Marie-Anne apja félt, hogy ha visszautasítják az ajánlatot, aminek elfogadására a lánya nem volt hajlandó, elveszti jól jövedelmező állását a Ferme Générale-nál. [A Ferme Générale az adóbérlők testülete volt. A különböző adókat, például a sóadót, a dohányadót ők szedték be a királynak. A központi testület kb. 40 emberből állt, ők meg is gazdagodtak, de összességében több tízezer adószedőt irányítottak. Voltaire is dolgozott az adóhatóságnak. 1775-ben ő tárgyalta a Ferme Générale embereivel, Anne-Robert-Jacques Turgot, Baron de Laune (1727–1781) kiváló közigazdással és pénzügyminiszterrel a Genfből elmenekült és Ferney-ben letelepült órásmesterek adózási mentességeiről. Felmentették őket a sóadó és az útdó megfizetése alól.

Madame Lavoisier rajza 1780-ból a légzési kísérletekről. Ő jobboldalt látható, amint a jegyzőkönyvet vezeti





Voltaire 1776-tól adófelügyelő lett, és a mentességekkel együtt is komoly adójövedelmet produkált, mert az órákészítés felvirágzott.] Ezért ajánlotta fel lánya kezét kollegájának, az ugyancsak nemes Lavoisier-nek. Lavoisier folytatta munkáját a Ferme-Générale-nál, de 1775-ben kinevezték az Arsenal puskaporgyár felügyelőjének. Felesége vagyona tette lehetővé, hogy nagy laboratóriumot rendezzen be. Ennél azonban többről volt szó, mert felesége is részt vett a kísérletekben, vezette a laboratóriumi jegyzőkönyveket és szerkesztette a közleményeket. Ő rajzolta a diagramokat és készítette el a laboratóriumi eszközök ábráit is. Rajztudását nem kisebb mesternél, mint Jacques-Louis Davidnál fejlesztette.

Madame Lavoisier tudományos műveket is olvasott és fordított. Tanulmányokat is folytatott két vegyésznel, Jean-Baptiste Bucquet-nél (1746–1780) és Philippe Gingembre-nél.

A SÓ KULTÚRHISTÓRIÁJA. Az emberek az ismert történelem kezdetétől gyűjtöttek, bányásztak és termeltek sót. Már az ókorban is három módszert alkalmaztak, nevezetesen a tengervíz elpárologtatását a Napból jövő hő segítségével, sótartalmú vizek bepárlását forralással és a kősó bányászatát. Az első módszer sok



Sólepárló üzem belseje egy 1557-ből származó metszeten

napsütést és száraz éghajlatot igényel, tehát a Földközi-tenger, illetve még délebbi vidékeken terjedt el. A föníciaiak ilyen irányú tevékenységéről adataink vannak, e kereskedőnépek egyik komoly exportcikkét a só jelentette. Ásványvizek forralása bármilyen klímánál lehetséges, és kontinentünk népei alkalmazták is ezt a technológiát. Mivel az eljárás tüzelőanyagot igényelt, a sótermelés nem kis részben járult hozzá az európai erdők pusztításához.

Az előbbieknél fáradságosabb, de ugyanolyan ősi foglalkozás a természetes nátrium-klorid ásvány, a halit bányászata, amit ősi óceánok és tengerek hagytak ránk örökölni. A vaskor emberei Európában már bányásztak sót. A mély, helyenként több kilométer hosszú alagutak, hatalmas kivájt üregek ma is sok helyen megtekinthetők. Községek, falvak, majd városok jöttek létre a bányák környezetében és gazdagodtak meg a sóból származó jövedelemből. A nevek is beszédesek: Salzburg, Halle, Hallstatt, La Salle, Moselle mind a görög hals vagy a latin sal, azaz só szóra utalnak, de a Tuzla nevű helységek Bosznia-Hercegovinában vagy Törökországban is a só török nevét (tuz) hordozzák. A kősóbányászat nevét őrzi az ausztriai Salzkammergut éppúgy, mint például Sósartyán Nógrád megyében.

Velence karrierje is azzal kezdődött, hogy a lagúnák sóját nyerték ki és forgalmazták. A sónyerés módszereinek legrégebbi leírása Kínából származik. Részletes útmutatást ad a legkorábbi gyógyszerészeti műnek tekinthető, 4700 évvel ezelőtti Peng-Cao-Kan-Mu című könyv.

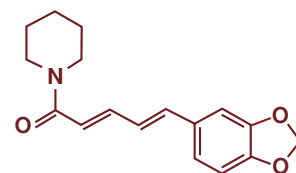
Az egyiptomiak is kereskedtek sóval, és használták a mumifikáláshoz. Hérodotosz (i. e. kb. 484–425) leírja egy i. e. 425-ös látogatását egy sóbányában, ami a Líbiai-sivatagban volt. Az ókori Görögország szintén kereskedett sóval, például rabszolgát is lehetett venni sóért. Az angol mondás, ami úgy szól, hogy „not worth his salt” (nem éri meg a sóját – tulajdonképpen az árát, pénzét) ezekre az időkre vezethető vissza.

Rómát az Ostiában létesített part menti sólepárló látta el, ezért építették a Via Salariát, a sóról elnevezett utat i. e. 600-ban. Néhány évszázad múlva Ostia már nem volt tengerparti település. Ugyanis sok fát vágta ki a forraláshoz, amit talajerózió követett, és a Tiberis folyó ezzel a hordalékkal fokozatosan feltöltötte a területet. A sótelepet odébb vitték az új tengerparthoz, de a környezeti kár megmaradt. A latin salarium szó azt jelentette, hogy sóban fizettek: időnként például a munkásokat vagy a legiónáriusokat. Ennek emlékét őrzi az angolban a salary = fizetés szó. A latin sal (só) szóra vezethetők vissza a sauce (szósz, mártás, ízesítő) és a sausage (kolbász) szavak is.

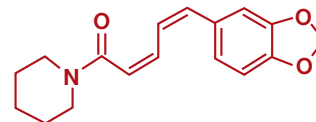
EGY SZTÁRFÜSZER: A FEKETE BORS. Kezdjük a *piper nigrum* termésével, amiből több fogy, mint az összes többi fűszere együttvéve. Ez egy Indiából származó, trópusi kúszónövény. Ma India mellett Indonézia, Malajzia, Thaiföld, Kína, Vietnam és Brazília a fő szállítója. Nemcsak fekete, hanem fehér, zöld vagy vörös formában is vehetünk borsot. Ezek mind származhatnak ugyanarról a növényről, a különbség a betakarítás idejétől és a további alkalmazott eljárástól függ. A legjobban ismert fekete változathoz, ami az összes forgalom háromnegyedét teszi ki, ak-



Fekete bors (még zölden)



A piperin képlete (transz-transz módosulat)



A kavicin képlete (cisz-cisz módosulat)



Hans Christian Ørsted

kor jutnak, ha a még éretlen, éppen sárga színt öltő bogyókat szedik le, és azután fermentálják. A fehér borshoz a már érettebb termést szüretelik. A Napon szárítják. A fehér szín abból adódik, hogy a héját eltávolítják. A zöld színű bors szintén korai szüretelésű, sóoldatban vagy ecetben pácolják, magasabb hőmérsékleten vagy vákuumban szárítják. Ez kevésbé csípős, viszont nagyon jó aromájú. Az érett termésből ugyanilyen eljárással vörös változat készül.

A borsfélék (*Piperaceae*) csípős ízét a piperin, illetve ennek sztereoizomerje, a kavicin (ez még csípősebb, mint a piperin) okozza. A borsfélék 6–10% mennyiségben tartalmazzák. Hans Christian Ørsted (1777–1851) – akit inkább az elektromágnesesség felfedezőjeként tisztelünk – állította elő fekete borsból a piperint. A piperin számos szerves oldószerben jól oldódik, alkoholból jól kristályosítható. Ørsted édesapja gyógyszerárában ismerkedett meg a kémiával. Tiszta fémalumíniumot is ő állított elő első ízben 1825-ben alumínium-klorid redukciója útján.



Viking navigáció

Beszélgetés Horváth Gáborral

Horváth Gábor az ELTE Fizikai Intézetének habilitált egyetemi docense. Több olyan kutatást folytat, amely a sajtóban is visszhangra talál: ilyen például a zebracsíkok eredetének vagy a lovak lépéshibás ábrázolásainak a vizsgálata. Egyik új projektjében „a polarimetrikus viking navigációnak” kedvező meteorológiai viszonyokat térképezi fel.

– Nagyszerű lehet olyan kutatási eredményekkel előrukkolni, amelyek nem csak a szakmabelieket hozzák lázba.

– Bennünket is ugyanúgy érdekelnek a régi, megoldatlan problémák, mint bárki mást. Már Darwin és Wallace vitatkozott azon, hogy miért csíkos a zebra. Azóta több elmélet született, ezek közül az egyik a mienk, és először mi támasztottuk alá kísérletekkel az elgondolásunkat.

Ezeknek a rejtélyeknek a bogarászásához több-kevesebb ön- és helyzetismeret is szükséges: csak olyan kérdéseket vizsgálhatunk, amelyeket Magyarországon – viszonylag kis anyagi ráfordítással – valószínűleg meg tudunk válaszolni. A viking navigáció kérdése például ilyen, pedig már magyar bírálóktól megkaptuk, hogy „magyar ember ne kutassa a svéd vikingeket”. Az égbolt-polarizáció (lásd a keretes írást) alapuló navigációt azonban a világon bárhol tanulmányozhatjuk, ha megvan hozzá a tudásunk és a felszerelésünk. A vikingeket övező misztikum miatt ez a kutatás is sokakat érdekel. Szinte minden eredmény „világszenzáció”. Természetesen tudjuk, hogy a nagy médiavisszhang gyakran nem felel meg a munka tudományos értékének. De mégis úgy hisszük, hogy ezek a régóta megválaszolatlan problémák picit olyanok, mint a nagy Fermat-sejtés, és aki megoldja őket, az megérdemli a népszerűséget.

– Mi derült ki eddig a vikingek navigációjáról?

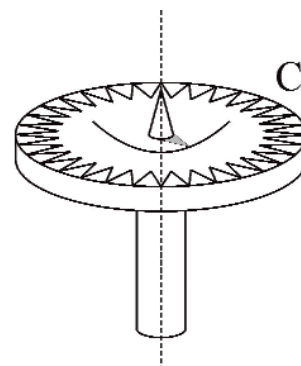
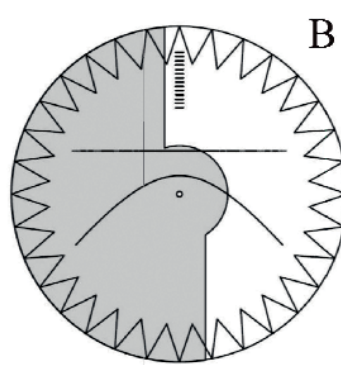
– Tíz évvel ezelőtt jelent meg egy könyv, amelyben leírják, hogyan tájékozódhattak napsütésben a vikingek, akik nem ismerték a mágneses iránytűt. Egy kis napórát használtak.

Ha a 61. szélességi fokon, nyáron Bergen és Grönland déli csücske között hajóztak, akkor a napóra függőleges pálcikájának az óra vízszintes tárcsájára vetett árnyéka és a tárcsába karcolt megfelelő alakú hiperbola alapján meg tudták mondani, merre van észak. Ezt előzőleg „kimérték” erre a földrajzi szélességre, és kiválóan működött. A napórát régészek fedezték fel: egy kőlap meg egy fatárcsa töredékéből rekonstruálták, és kísérletekkel be is bizonyították, hogy a 61. szélességi fokon a nyári hónapok alatt egészen pontosan lehet vele navigálni napsütésben. Tehát a vikingek Bergenből elértek Grönland csücskére (ahol az egyik teleptük volt), ha végig nyugati irányban haladtak a 61. szélességi fok mentén.

De hogyan tájékozódtak, amikor felhős vagy ködös volt az ég, vagyis nem sütött a Nap? A tengeren, különösen a 61. szélességi fok körül elég gyakoriak a felhők. A múlt század hatvanas éveiben egy dán régésznek, Thorkild Ramskounak az az ötlete támadt, hogy felhős vagy ködös idő-

ben a vikingek az égbolt-polarizáció alapján navigálhattak – egyes rovarokhoz hasonlóan. Korábban Karl von Frisch már felfedezte, hogy a méhek az égbolt-polarizáció segítségével tájékozódnak, amikor felhő takarja a Napot. A méhek szemében és agyában „lineáris polárszűrőként” működő fotoreceptor- és idegrendszer van, ezért „látják” az égbolt polarizációs mintázatát. A vikingek – Ramskou feltevése szerint – ehhez mankót hívtak segítségül. (Bár az emberi szem is érzékeli némiképp a poláros fényt, erre a képességre valószínűleg nem támaszkodhattak.) A hipotézis szerint a mankó a „napkő” volt, például egy kordieritkristály, amely úgy működik, mint a lineáris polárszűrő. Meg lehet vele határozni az égbolt (kellően) erősen poláros pontjaiból érkező égboltfény rezgés-síkját. Két ilyen rezgéssíkra merőleges főkör a Napban metszi egymást, ha az égbolt-polarizáció a Rayleigh-szórásnak megfelelő, vagyis a megfigyelő, a megfigyelt pont és a Nap által bezárt háromszög síkjára merőleges az égboltfény polarizációja.

A viking napóra fatárcsájának megtalált töredéke (A), a rekonstruált tárcsa felül- (B) és oldalnézetből (C)



■ Az OTKA Magazinban megjelent interjú részlete.



Ez igaz, ha egyszerűen szóródik a napfény a légkörben. A fény azonban több légköri szórócentrumot (például molekulát) is eltalálhat, így többszörösen is szóródhat, de ez nem túl gyakori, ezért a Rayleigh-feltétel nagyjából teljesül. Mi éppen azt mértük ki korábban az Északi-sarkon és a világ más részein, hogy az égbolt 40–90 százaléka alkalmas a viking navigációra a felhőfedettségtől függően. Ha az ég felhősödik, csökken ez az érték, de az egész égbolt közel fele még mindig megfelel a polarimetrikus viking navigáció céljára. Nem az égboltfény polarizációirány-mintázata a szűk keresztmetszet, hanem az, hogy gyakran nagyon kicsi lehet az égboltfény polarizációfoka.

– Ez miért baj?

– A hajós úgy kémlelhette az égboltot, hogy a kordieritkristályt forgatta a szeme előtt. Ekkor szinuszgyezetesen változott a kristályon áteresztett égboltfény intenzitása: hol kivilágosodott, hol besötétedett a kristály. Amikor a legvilágosabb volt, akkor a kristályba karcolhatott egy vonalat, ami a Nap felé mutatott. Ezzel „kalibrálta” az eszközt. Ha ezután az égbolt bármely másik pontját vizsgálta ugyanígy, akkor a karcolás – a Rayleigh-feltétel miatt – mindig a Nap irányába mutatott. Ha a

Napot eltakarta egy felhő, de az égboltnak volt felhőmentes része, akkor a karcolás irányából megállapíthatta, merre van a nem látható Nap. Ekkor még csak a Nap irányát tudhatta. Ezért szüksége volt még egy „kalibrált” kordieritkristályra. Rayleigh-szórás esetén a két karcon átmenő főkörök a Napban metszik egymást. De ha az égboltfény gyengén poláros – lapos a szinuszgyezetes görbe –, akkor az ember hiába forgatja a szeme előtt a kristályt, csak nagyon-nagyon pontatlanul tudja megmondani, mikor látja a legvilágosabbnak.

Most éppen azt próbáljuk megállapítani a laborbeli pszichofizikai kísérletekben, hogy alacsony polarizációfok esetén lehet-e így navigálni. A kísérleti alanyoknak, a „művikingeknek” majd azt mondjuk, hogy addig forgassák a kristályt, amíg a legvilágosabbnak nem látják, és akkor leolvassuk a kristály szögállását. Mi persze tudjuk majd, milyen szögben kellene tartani az eszközt, és a két szög eltérése adja meg a hibát. De itt nem állunk meg, mert a polarizációfok függvényében is mérjük – fehér fény esetén –, hogy a viking mekkora hibával határozhatta meg az égboltfény rezgéssíkjának irányát. Ez a viking navigáció első lépése, és a további lépéseket is

követve, a hibaterjedést figyelembe véve, mérjük a „navigáció hibafüggvényét”.

– Ha a vikingek valóban így navigáltak, sokat gyakorolhatták a kristály használatát: talán ügyesebbek voltak, mint a kísérleti alanyok.

– Ezt a kristályos módszert nagyon hamar megtanulja az ember. A kísérlet előtt elmondjuk, hogy mit kell csinálni, és hagyunk időt a próbálgatásra. A mindennapi életben többször is szembesülünk olyan helyzettel, amikor el kell döntenünk, hogy melyik a világosabb két folt közül: például egy potenciométerrel változtatgatjuk folyamatosan egy szoba vagy egy képernyő világítását. Persze aki sokat gyakorolja ezt a módszert, az pontosabban „mér”. Ezért mi főülbecsüljük majd a hibát: a viking valószínűleg jobb volt a leendő kísérleti alanyainknál.

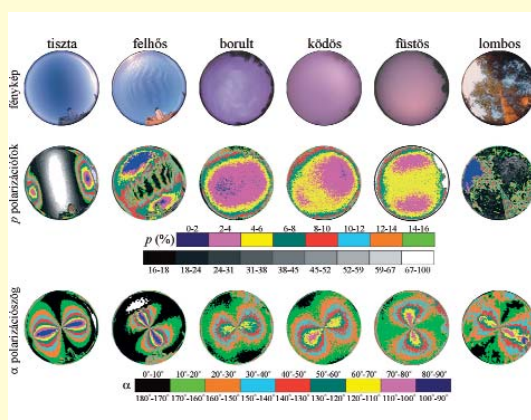
Né felejtjük el, hogy hipotézissel van dolgunk. Eddig nem találtak csiszolt kordieritkristályt semmilyen börtökben, vagy más módon, amiből viking navigációs eszközre következtethetnénk. Nem találtak leírást sem a napkő működéséről. Egyetlen legenda, az úgynevezett Sigurd-saga szól arról, hogy egy viking király – a szárazföldön, nem a tengeren! – belenézett a „napkő”-be, és megmondta, hol a Nap.

Poláros fény – égbolt-polarizáció

A fény elektromágneses hullám, melyben az E elektromos és M mágneses térerősségvektorok egymásra és a terjedési irányra is merőlegesen szinuszosan rezegnek azonos fázisban. A fény színe a λ hullámhosszal kapcsolatos (λ csökkenése az érzékelt színnek a vöröstől a kék felé való eltolódásához vezet), míg intenzitása az elektromos térerősség maximumának (amplitudójának) négyzetével arányos. Ha egy adott hullámhosszú fényben az elektromágneses rezgés egyetlen irányban játszódik le, akkor teljesen lineárisan poláros fényről beszélünk, a rezgéssík irányát pedig polarizációiránynak nevezzük. Ekkor a lineáris polarizációfok, $p = 100\%$. Ilyen teljesen lineárisan poláros fény tükröződik például a vízfelületről az úgynevezett Brewster-szögben, mikor a visszavert és a vízben továbbhaladó megtört fénysugár egymásra merőleges.

Ha például azonos amplitúdójú és hullámhosszú, de sok eltérő rezgéssíkú, teljesen lineárisan poláros fényt keverünk össze, akkor polarizálatlan fényhez jutunk ($p = 0\%$). Ilyen a Nap fénye, melyben a rezgéssík minden lehetséges iránya előfordul. Ugyancsak polarizálatlan

fény jön az égbolt Arago-, Babinet- és Brewster-féle neutrális pontjaiból, valamint a vastag felhőkből. A világos és érdes (matt) felület, például a porhó vagy a fehér homok is gyakorlatilag polarizálatlan ($p \approx 0\%$) fényt ver vissza.



Tiszta, részben felhős, teljesen borult, ködös, erdőtüztől füstös és napfény által megvilágított lomboktól zömében takart égbolt 180° látószögű halveszemoptikás fényképe, valamint a spektrum kék (450 nm) tartományában képalkotó polarimetriával mért p lineáris polarizációfokának és a helyi meridiántól számított α polarizációsögének mintázata. A napkorong egyik égbolton sem látszik

A polarizálatlan és a teljesen lineárisan poláros fény keveréke részlegesen lineárisan poláros fényt eredményez ($0\% < p < 100\%$), melyben minden irányú rezgéssík előfordul, de a teljesen poláros fény rezgéssíkja kitüntetett, mert ebben az irányban maximális az intenzitás. Ezt a kitüntetett irányt nevezzük polarizációiránynak, a p lineáris polarizációfok pedig azt adja meg, hogy az összintenzitás hányad részét képezi a teljesen poláros fényé. A földi természetben leggyakrabban részlegesen lineárisan poláros fény fordul elő a fényvisszaverődésnek vagy fényszóródásnak köszönhetően. Ilyen például a szórt égboltfény, és szinte minden (nemfém) tárgy ilyen fényt ver vissza.

Horváth Gábor–Barta András–Suhai Bence–Varjú Dezső:

A poláros fény rejtett dimenziói
(http://arago.elte.hu/files/AtomCsill-POL-1_TV_0.pdf)



Ezen az egy „ködlábon” áll a polarimetri-
kus viking navigáció teóriája. Mi a rendelkezésre álló kísérleti és égbolt-polarizációs mérési eredmények birtokában – Sherlock Holmes módjára – kiderítjük majd a részleteket, és megmondjuk, mikor működhetett ez a módszer, s mikor nem. Nem azt állítjuk, hogy a vikingek valóban így navigáltak; ezt csak régészeti leletek vagy történeti leírások bizonyíthatnák. De szerencsére Magyarországon is „nyomozhatunk”, mert ez légköroptikai és pszichofizikai probléma.

– *Akkor folytassuk a gondolatkísérletet! Felhó takarja a Napot, de azért sejtjük a helyét. Merre van nyugat?*

– A napkövekkel megállapított két égi főkör metszéspontjának – a Nap helyének – meghatározása is hibát hordoz; ezt a mérést is modellezzük a laboratóriumban, s egy másik pszichofizikai kísérletben megbecsüljük a hibáját. Most jön a legnehezebb feladat: a vikingnek a nem látható Napból jövő képzeletbeli napsugarak irányát „le kellett fordítania” a napórára, ami csak napsütéskor működött. Valahogyan helyettesítenie kellett a Napot. Zseblámpája nem volt, de fáklyája és segédje lehetett. Talán azt mondta: „Erik, tartsd ezt a fáklyát, és addig mozgasd, amíg ott nem látom, ahová az előbb a Napot jósoltam.” A fáklya már árnyékot vethetett a napórára, melynek tárcsáját addig forgathatta a hajós a függőleges tengelye körül, amíg a kis függőleges pálcikának az árnyéka a tárcsába bekarcolt hiperbolát nem metszette. Ebben az állapotban a korong egyik kitüntetett karcolása északra mutatott.

Ezt a folyamatot laborban is modellezhettük: fáklya helyett egy alkalmas fényfoltot vetítettünk majd az eget imitáló műanyag félgömbre, és annak fényénél kell megállapítani az északi irányt a viking napórával. Sokan, érthetően, elborzadnak ettől a módszertől.

– *Ez az iránymeghatározás kinek az ötlete volt?*

– Részben a miénk. Ramskou dán régész sajnos már nem él, így nem tudjuk kikérni a véleményét, de több szakértővel is konzultáltunk, és azt mondták, hogy még ez a leghihetőbb verzió. Nem látszik más megoldás, mert a vikingeknek nem volt egyéb műszerük. Sherlock Holmes a rendelkezésre álló információkból kénytelen dolgozni. Azért vitathatatlanul ez az utolsó, fáklyás lépés az elmélet legtamadhatóbb része.

– *Elég furfangos észjárást tételez fel.*

– A vikingek háromszáz évig uralták az Atlanti-óceán északi részét. Grönland után

továbbmentek Labradorba: ők fedezték fel elsőnek Amerikát is, jóval Kolumbusz előtt. Üveglencséik is voltak, bár még nem tudják a régészek, hogy ezek nagyító-, olvasó- vagy tűzgyújtó lencsék voltak-e, esetleg valamelyik főúrnak a díszgombjai. Eljutott hozzájuk az üvegtechnika, de a mágnesű csak jóval később érkezett meg.

Egy több száz évvel később elsüllyedt hajóban – nem viking hajó volt – kalcitkristályt is találtak. Ezzel még pontosabban lehet navigálni. A kalcit kettős törő: ha az ember ráragasztja a csiszolt felszínére egy fekete pöttyöt, akkor a kettős törés miatt két sötétszürke foltot lát, amikor a fénybe tartja a kristályt. Forgatáskor az égboltfény polarizációja miatt a két folt hol világosabb, hol sötétebb lesz. Amikor a két szürke folt egyformán sötét vagy egyformán világos, akkor kell rákarcolni a Nap felé mutató vonalat. Ennek a fordítottja is működik: letakarja az ember a kalcitkristályt egy fekete lappal, amibe egy apró lyukat szúr. Ha az ember átnéz a kristályon, két világos pontot lát, és ha ezeken keresztül nézi az égboltot, ezek is szinusznégyszekesen sötétednek/világosodnak. Azt a helyzetet kell megtalálni, amikor a két folt egyformán fényes. A kordieritkristály esetében memorizálni kell a „szinusznégyszek maximumát”: időbeli összehasonlításra van csak mód. A kalcitnál viszont elég a térbeli összehasonlítás, mert két foltot látunk egyszerre. Ez differenciális mérés, ami pontosabb. Az egyik hipotézis szerint így navigálhattak a vikingek. Mindenesetre kipróbáljuk: kordierit-, turmalin- és kalcitkristállyal, sőt polárszűrővel is mérünk majd.

– *A kalcit tulajdonképpen két, egymásra merőleges áteresztési irányú polárszűrő feladatát látja el. És a turmalin?*

– A turmalin a kordierithez hasonlóan lineáris polárszűrőként működik. Kissé bonyolítja a helyzetet, hogy a kordierit és a turmalin a színét is változtatja forgatás közben, ezért a kalcitnál pontatlanabban mérhetünk velük, hiszen például egy világosabb kéket meg egy sötétebb zöldet kell összehasonlítani. Már most látjuk, hogy a kalcit a legjobb. Azt nem tudjuk megmondani, hogy kalcitot, kordieritet vagy turmalint használtak-e a vikingek, de azt igen, hogy ha kalcitot használtak, akkor mennyivel pontosabban mértek, és már ez is fontos, új eredmény.

– *Másképpen nem navigálhattak a vikingek?*

– Egyes elképzelések szerint például az uralkodó szelek vagy a tengerhullámok iránya alapján is tájékozódtak. Vagy ha

láttak egy bálnát, amelyikről, mondjuk, tudták, hogy azon a vidéken mindig nyugatra vándorol, akkor csak azt kellett követni. Az északról délre vagy fordítva repülő vándormadarak is szolgálhattak iránytűként. Ilyen „kíségítő információkat” biztosan használtak, csak az a gond, hogy a szél nem mindig ugyanabból az irányból fúj, a bálnák és a madarak sem vándorolnak mindig: ha a hajósok nem kapják el éppen a vándorlásukat, nem tudják, hogy merre van nyugat. És ha az egyik nap látják is, merre vándorolnak a tengeri állatok, a szél később is elfújhatja a hajót: másnapra elvesztik az irányt. A navigációnak éppen az a lényege, hogy naponként vagy óránként korrigálják a hajó menetirányát. Ilyen gyakran nem jönnek a bálnák vagy a madarak. A szakma is tudja, hogy a kiegészítő információk sorozata talán lefedheti azt a több hónapot, amíg egy viking hajó Bergenből elér Grönland csücskéig, de az információlánc sokszor hetekre is megszakadhat. Több apró jel segíthet, hosszú távon azonban nem működhet ez a rendszer, háromszáz évig különösen nem. Erre nem bízhatták egy nép veszélyes tengeri útjainak a navigációját.

Még a feltételezett viking navigáció el-
lenére is nagyon sokan a tengerbe vesztek: előfordult, hogy egy 50–60 hajós flottából csak egy-kettő érkezett meg. Ha például két hétig nagyon felhős vagy ködös volt az idő, akkor hiába igaz a Rayleigh-feltétel, olyan kicsi lehetett az égboltfény polarizációfoka, hogy nem tudhatták pontosan megállapítani a Nap állását. Egyes járulékos információk viszont szerepelnek a viking sagákban. Ezeket a jeleket persze nem csak a vikingek ismerték. De főként a szárazföld közelében támaszkodhattak rájuk, rövidebb hajóutakon.

Mi nem azt vállaltuk, hogy megmondjuk, miként navigáltak a vikingek, hanem azt, hogy megbecsüljük ennek a többlépéses, égbolt-polarizáción alapuló navigációs módszernek a hibáit, és feltárjuk, milyen meteorológiai körülmények között használható, és mikor nem.

Talán sikerül egy több száz éves rejtélyt megoldanunk. Ettől, persze, még nem mennek gyorsabban az autók, nem lesz kisebb a szegénység a Földön. De talán jó lesz valamire, hiszen például a polarizációs kutatásainkból kiderült, hogy a zebracsíkok védenek a bögyök ellen. Amikor, mondjuk, egy evezős zebracsíkos pótlót húz, nem repülnek rá a bögyök, még ha különben agyoncsípnek is a víz közelében.

Silberer Vera



Híresek és Kémikusok

Tisztelt Olvasók!

Ettől a számtól új rovattal bővül a Magyar Kémikusok Lapjának kínálata. A rovat alapötletét az a megfigyelés adta, hogy a kémián belül nagyon híresként számon tartott tudósok a közvélemény számára többnyire teljesen ismeretlenek. Míg Charles Darwin, Sigmund Freud vagy Albert Einstein neve nagy tömegek számára ismerősen cseng, a kémiatudományban nem lehet hozzánk hasonló sztárszemélyiséget találni. Ma minden bizonnyal Alfred Nobel a leghíresebb ember, akiről a kémiához való kötődése is közismert, noha az ő hírnevét sem elsősorban a biztonságos dinamit kifejlesztése, hanem az általa létrehozott tudományos díj alapozta meg. Vannak azonban nála is híresebb vegyészek: közös bennük az, hogy ismertségüket nem a kémiai tevékenységüknek köszönhetik. Mi több, a vegyésztársadalom gyakran nem is tud szakmai pályafutásukról, mert tudományos szempontból nem számítanak jelentősnek. Ennek ellenére közismertségük olyan érték, amely az ösztársadalmi kemofóbia egyik hatásos ellenszere lehet. A tervek szerint a két- vagy háromhavonta visszatérő „Híresek és kémikusok” rovat ilyen emberekre koncentrálni majd. Elsőként a közelmúlt brit és nemzetközi politikai életének jelentős alakját, Margaret Thatchert mutatjuk be vegyész-szemüvegen keresztül.

Kellemes olvasást kíván:

Károly Gábor



Margaret Thatcher

Margaret Hilda Thatcher (sz. 1925. okt. 13., leánykori családi neve Roberts) a közelmúlt egyik legnagyobb hatású brit politikusa, Nagy-Britannia 20. századi történelmének leghosszabban hivatalban lévő miniszterelnöke, s mindmáig az egyetlen nő, aki betöltötte ezt a posztot. A közelmúltban mutatták be az életéről készült mozifilmet *A Vaslady* címmel, a címszereplőt Meryl Streep alakítja. Nem valószínű, hogy sokan tudják: a neves politikus kutatóvegyészként kezdte pályafutását.

Margaret Thatcher Angliában, a Nottinghamhez közeli Grant-hamben töltötte gyermekkorát, ahol politikai szerepvállalásáról

is közismert édesapja, Alfred Roberts élelmiszerüzleteket vezetett, 1945–1946 között a város polgármestere is volt. Lánya a helyi általános iskolába járt, ezt követően pedig a Kesteven and Grantham Girls' School középiskolába, ahol érdeklődése a természettudományok felé fordult. Egyetemre az oxfordi Somerville College-ba jelentkezett kémia szakra. A feljegyzések szerint először elutasították felvételét, de egy visszalépés következtében mégis lehetőséget kapott a továbbtanulásra. Oxfordba 1943-ban költözött, nem sokkal az után, hogy Dzsavaharlal Nehru lánya, aki később Indira Gandhi néven lett indiai miniszterelnök, tanulmányai befejezése nélkül hagyta el a Somerville College-ot.

A fiatal Margaret kémiai BSc-diplomáját 1947-ben szerezte meg, bár már ekkor is többeknek feltűnt, hogy szabadidejét nem tudományos problémákon való gondolkodással, hanem politizálással tölti. Diplomamunkáját röntgendiffrakciós szerkezeti kutatásokból írta, témavezetője az a Dorothy Mary Hodgkin (1910–1994, lánykori családi neve Crowfoot) volt, aki 1964-ben fehérjékén végzett röntgenkristallográfiai vizsgálataiért kapott osztatlan kémiai Nobel-díjat. Ő így emlékezett tanítványára: „Végül is jó érdemjegyet adtam neki. Bármikor tudott olvasható, értelmes dolgozatokat írni.” Hodgkin ekkoriban a penicillin szerkezet-meghatározásán dolgozott elsősorban, és így a Szovjetunióban néhány évvel korábban felfedezett antibiotikus hatású vegyület, a gramicidin-S néhány kristályát is megkapta. Az anyag vizsgálataira a német menekültként Oxfordban élő Gerhardt Schmidt posztdoktori ösztöndíjast kérte meg, s ebbe a munkába kapcsolódott be Margaret. Ha nem is feltétlenül tisztán tudományos szempontból, de Dorothy Hodgkin nagy hatással volt rá: a tudós nő fényképét a nyolcvanas években a brit miniszterelnöki rezidencia látogatói is megsejlelheték.

Nincs nyoma annak, hogy Margaret Roberts valaha is kémiai publikáció szerzője lett volna. A Somerville College vezetője ebben az időben a hematológus Janet Vaughan volt, aki vegyes érzelmekkel emlékezett a későbbi miniszterelnöknő tudományos képességeire: „Kémiai ismeretei minden szempontból kielégítőek voltak. Valójában azonban senki sem tartotta őt sokra. Tökéletes másodrangú kémikus volt, egy béta-vegyész.”

A diploma megszerzése után az oxfordi egyetem segítségével a British Xylonite (BX) Plastics cégnél talált munkát Colchesterben. Kutatóként a polivinil-klorid fémekhez való kémiai kötésének problémáján dolgozott; későbbi politikai nézeteinek fényében igencsak ironikus, hogy ekkor szakszervezeti tag is volt. Gyorsan fölfelé ívelő közéleti karrierje viszont messzire szólította: Dartfordban lett képviselő-jelölt, ezért 1949-ben a körzethez közelebb lévő Hammersmithben talált új munkát magának, a J. Lyons & Co. élelmiszeripari cégnél. Baloldali brit körökben elterjedt élcelődés szerint itteni munkájának fénypontja a „puha jégkrém” feltalálása volt: ez a jégkrém a szokásosnál több levegőt tartalmazott, ezért minősége gyengébb volt, a gyártó számára viszont több anyagi hasznot hozott. A J. Lyons & Co. valóban kifejlesztett ilyen terméket, de nincs rá bizonyíték, hogy ehhez Margaretnek is kö-





ze lett volna, aki leginkább minőségbiztosítási területen dolgozott.

1951 februárjában egy választáshoz kapcsolódó összejegyzetben találkozott Denis Thatcherrel, egy festékipari cég üzletileg sikeres, elvált vezetőjével, akivel decemberben összeházasodtak. Margaret felmondott munkahelyén, és jogot kezdett tanulni. 1953-ban szerzett diplomát, s ebben az évben ikergyermekei születtek, akik a Carol és a Mark nevet kapták.

Pályafutásának későbbi részét már sokkal jobban ismeri a közvélemény. 1959-ben lett parlamenti képviselő, 1970-től 1974-ig oktatási miniszter, 1975 és 1979 között az ellenzékben lévő Konzervatív Párt árnyékkormányának vezetője, majd 1979 és 1990 között miniszterelnök volt. Vezetésével vett részt Nagy-Britannia a Falkland-háborúban. Politikai felfogását és intézményrendszerét manapság thatcherizmus néven emlegetik. A találó Vaslady nevet szovjet újságírók terjesztették el Margaret Thatcherről, akinek

furcsa sajtósága volt, hogy személyes politikusi népszerűsége rendszeresen elmaradt az általa vezetett Konzervatív Párt mutatóitól. 1990-ben John Major követte őt a kormányfői székben. Az 1992-es választásokon Margaret Thatcher már nem is indult a képviselői székért. A következő másfél évtizedben több könyvet jelentetett meg. A sajtóban annak is jelentős visszhangja volt, hogy a Munkáspárt vezetőjéről, Tony Blairről rendszeresen pozitívan nyilatkozott. Fél évszázadon át kitartó házastársa, Denis Thatcher 2003 júniusában hunyt el. 2007 februárjában Margaret Thatcher lett az első brit miniszterelnök, akinek még életében szobrot állítottak a londoni Parlamentben. A szobor bronzból készült, egy parlamenti beszéd közben örökíti meg a Vasladyt, aki ezt az alkalmat fel is használta kémiai ismereteinek megcsillantásához: „A vas jobban tetszene, de azért a bronz is megteszi... Legalább nem rozsdásodik.”

Lente Gábor



Vegyészkalendárium

Pap József Sándor rovata

THAN KÁROLY (1834. DECEMBER 20.) ÉS A KORSZERŰ MAGYAR KÉMIA MEGTEREMTÉSE. Óbecse szülötte, ahol apja a helybéli királyi uradalom tisztartója. Családja semmiben nem szenved



hiányt, középosztálybeli módon élnek. Minden gyermeküket taníttatják (négy fiút, Károly a legkisebb), akik így egytől egyig gimnáziumot végeznek. Egyik bátyja, Than Mór később híres festővé lesz. Még gimnazista, amikor kirobban a szabadságharc. Kalandvágyó természete az események kellős közepébe sodorja, önként jelentkezik a tűzértséghez, részt vesz a vízaknai csatában, majd a nagyszebeni ágyúöntőde-

ben dolgozik, ahol érdekelni kezdi az anyagok természete, a kémia. Jelen van a zsigódi fegyverletételnél, innen eresztik szélnek a szinte még gyermek honvédot. Sorsában osztozik sok kortársával: mire hazaér, anyja már nem él, apja elveszti munkáját hazafiassága miatt; 1851-ig a család anyagi bizonytalanságban tengődik.

Thannak saját lábára kell állnia: alföldi városokban patikussegédi munkát végez. Szerencsére főnökei támogatják kémia iránti vonzalmában, így munka után, főleg éjjel, kísérletezget. Ahogy maga is említi: „Filléreimből összetakarított kis összegben Prágából kémiai készülékekkel felszerelt szekrénykét szereztem. A rendes napi kötelességek után többnyire éjjel végeztem kísérleteimet.” Szegeden Rohrbach Antal gyógyszerész mellett dolgozva leteheti az érettségit (1855), így következhet az egyetem.

Bécsbe megy orvostanhallgatónak: ha már mindenképpen németül kell tanulnia (akkoriban a pesti egyetemen is így folyt az oktatás), inkább a jobban felszerelt és tekintélyesebb intézményt választja. Egy év után kerül át a bölcsészkarra gyógyszerészhall-

gatónak, mivel ide tud ösztöndíjat szerezni. 1858-ban a kémia doktorává avatják. Ezerforintos ösztöndíjával eljut Heidelbergbe, Bunsenhez, aki negyvenévesen épp pályája csúcán áll. Tanulmányútja után Bécsben lesz tanársegéd, majd magántanári minősítést nyer gyógyszerési és analitikai kémiából.

Sikeresen pályázik a pesti egyetem kémia tanszékének professzori tisztéire, így 1860 őszétől ismét itthon dolgozhat (a pályázat furcsasága, hogy az akkori bürokrácia megkövetelte a magyar nyelv tökéletes ismeretét, így Thannak erről igazolást kellett kérnie, amit végül a gimnáziumi magyartanára állított ki neki). Egyik első teendője egy új vegytani intézet építésének kiharcolása, mivel az akkori orvosi karon belül mostohagyereknek számítanak a kémikusok. Olyan intézetet szeretne, „amelyben 280–300 hallgató a kísérletekkel egybekapcsolt vegytani előadásokat látogathatja, és egyidejűleg 70 gyakornok, akik közül mintegy 20 előbbre haladott, illetőleg önálló bűvárlatokkal foglalkozó, vehessen részt a vegytani gyakorlatokban”. A fejlesztéseket külföldi útjain begyűjtött tapasztalatai alapján képzei el, tevékenyen részt vállal a tervezésben. Fáradozásainak eredménye, hogy 1872-ben már az új épületben indulhat meg a tanítás, az alapító további pályája teljes egészében ide köthető.

Közben természetesen a kémiáról sem feledkezik meg: például 1867-ben felfedezi a karbonil-szulfidot. Kimerítő vizsgálatai, bár messze meghaladják a vegyület jelentőségét, mutatják mennyire alapos és lelkes kutató. Az általános, a szervetlen és az akkor még igencsak újdonságnak számító fizikai kémia területén is jelentős eredményeket ér el. Ő veti fel elsőként a gáztérfogó egységének definícióját, mégpedig az egy hidrogénatomot tartalmazó HCl-gáz azon mennyiségének térfogatáért, amelyik éppen 1 g hidrogént tartalmaz. Ez vizsgálatai szerint 0 °C-on és 1 atm nyomáson 22,33 liter (látható, hogy nagyon közel járt a mól-térfogó ma is használatos értékéhez, a 22,41 literhez). Nem csoda, hogy nemzetközi szinten is számon tartják, bár eredményei alapján akár sokkal nagyobb tekintélyre is szert tehetne, ha nem



publikálna szinte kizárólag csak magyarországi folyóiratokban. Valószínű, hogy meggyőződésből tesz így. Saját érdekei helyett a nemzetét tartja szem előtt, hogy támogassa a magyar kémia nemzetközi színvonalra emelését. Erre utal 1871-es, akadémiai székfoglaló beszéde is, amelyben hangsúlyozza, hogy „nemzeti létünk igen nagy mértékben tudományos életünk önálló és erélyes fejlesztésétől függ, hogy a nemzetek boldogulásának fő feltétele a műveltség”. Az MTA átfogó magyar kémiai könyv írására kéri fel, így születik meg nagy sokára „A kísérleti chemia elemei” c. művének első kötete 1897-ben (második kötete csak 1907-ben jelenik meg). Akadémiai munkásságát, amelyet nem csak a kémia tudományának javára végez (pl. kimagasló érdeme az első magyar gyógyszerkönyv, a *Pharmacopoea Hungaricae* megalkotása), 1887-től a Matemtikai és Természettudományi Osztály elnökeként, majd 1907-től haláláig az Akadémia alelnökeként folytatja. Önzetlenségére jellemző, hogy ezerforintos adományaival ösztönzi a végül 1895-től induló Magyar Kémiai Folyóirat kiadását. 1908-ban kéri nyugdíjazását, de nem sokat pihenhet, röviddel nyugdíjba vonulása után, 1908. július 5-én otthonában éri a halál.

Than tisztában volt vele, hogy a tudományos kutatás fejlesztése hazánkban sok akadályba ütközik, mégis hangsúlyozta, hogy „az önálló tudományos bűvázkodás, valamint a tudományos irodalom művelése nagy állami érdek, melyre hazai viszonyaink között elsősorban a tudományegyetemek, a műegyetem és a főiskolák professzorai hivatottak... minél fogva az államnak semmiféle áldozattól sem szabad visszariadnia annak biztosítására, hogy a professzorok a tanítás mellett zavartalanul kutathassanak is...”

Iskolateremtő szellemét mutatja, hogy a 20. századi magyar kémiai tudomány szinte minden jeles képviselője Thanhoz köthető. A század első feléből nehéz lenne olyan professzort említeni, aki nem nála tanult. Szinte minden érdemes tanítványát Bunsenhez küldte külföldi tanulmányútra, így is biztosítva a minél magasabb szintű képzést, az önálló kutatásra való nevelést, a korszerű magyar kémia megteremtését.

(Forrás: Szabadváry F., *A magyar kémia művelődéstörténete*, Mundus Magyar Egyetemi Kiadó, 1998, 100–103. o.)

ALFRED WERNER (1866. DECEMBER 12.) ÉS A BŰVÖS HATOS. Szerény körülmények között élő szülei a család kicsi birtokát művelik amellet, hogy apja gyári művezetőként is keres némi pénzt.



Így az akkor Franciaországhoz tartozó Mulhouse-ban az ifjú Werner favágással és egyéb alkalmi munkákkal keres saját kedvtelésére: a kémiára. Vékonyka zsebpénzéből veszi meg első laborszerekeit, könyveit és persze a vegyi anyagokat. Tizenhét éves korára a szénapajtában már egész labor áll rendelkezésére. Innen küldi be Noeltling professzorhoz első kéziratát, amelynek kapcsán azt is megkérdezi,

hogy mennyi időbe kerül professzorrá válni. Szerencsére válaszában Noeltling biztató szavakkal tüzel tovább az ifjú kutató érdeklődését, így amikor egy évvel később jelentkezik a hadseregbe, Karlsruheba – akkoriban Elzász-Lotaringia és vele együtt „Mülhausen” már a Német Birodalom része (1870-től 1918-ig) –,

egyből a műszaki főiskolára is jelentkeznek. (Későbbi éveiben szívesen emlékezett vissza arra, hogy katona korában gyakran posztolt őrszemként Viktória hercegnő palotájához, akiből később Svédország királynéja lett, és akinek udvarát, immár mint a Nobel-díj kitüntetettje, maga is meglátogatta.)

1886-ban Werner Zürichbe utazik, hogy tanulmányait az Állami Műszaki Egyetemen folytassa. Tanárai Lunge, Hantzsch és Treadwell; Werner Lunge asszisztense, ezzel egy időben pedig Hantzsch doktorandusza. Nitrogéntartalmú vegyületekben vizsgálja az atomok térbeli elhelyezkedését, aminek során rendkívüli megfigyelőkészségről és eredeti gondolkodásról tesz tanúbizonyságot. Ekkor még mindössze 24 éves, mégis ez a munka alapozza meg a legjelentősebb felfedezéseit. Rövid időt eltölt Berthelot párizsi laborjában, majd visszatér Zürichbe. Az affinitásról, vegyértékről és a szerves vegyületek összetételéről született önálló publikációi már 27 évesen az egyetem professzorává emelik. Ezekben állítja fel Kekulé állandó vegyértékeivel szemben a változó vegyérték elméletét, amely szerint egy központi atom körül változó számban lehetnek jelen hozzá kötődve további atomok, egyszerű geometriai formák szerinti elrendezésben. A leggyakoribb számok a 3, 4, 6 és 8, legkiemelkedőbb gyakorisággal a bűvös hatos.

A zürichi laborok az első években még nagyon kezdetlegesek, rosszul felszereltek. Főleg az alagsorok és a pincék félhomályában található helyiségeket jelölik ki a kémikusok számára, amelyeket találozók katalombáknak keresztelnek. A mostoha körülmények ellenére Werner jelenléte évről évre a hallgatók egyre növekvő táborát vonzza a kémiához, így aztán a professzor nagyon határozott közbenjárására 1905-ben végre a kanton vezetése új laborok építéséről dönt, amelyeket 1909-ben birtokba is vehetnek. Végre méltó körülmények között végezheti korszakalkotó kutatásait. Nem is akármekkora lendülettel: mindig ő érkezik először és gyakran ő távozik utoljára az intézetből. Itt születik 169 publikációjának, valamint annak a 200 disszertációnak a zöme, amelyet hallgatói írnak. Nem ritkán 25 diplomázó munkáját irányítja egyszerre. Hihetetlen, de e mellett a tempó mellett is talál időt kikapcsolódásra, kedvencei a kártya, a biliárd, a sakk. Házában szívesen látja kollégáit, hallgatóit, és mindig ő a társaság középontja.

Gyors sikerei hamar kivívják kortársai elismerését, a tudományos társaságok sorra tüntetik ki. 1913-ban következik a kémiai Nobel-díj az átmenetifém-komplexek változatos koordinációs számának felfedezéséért. A sok elismerés mit sem változtat a természetes módon szerény kutatón, aki rövid hátralevő éveit is teljes odaadással munkájának szenteli. Betegsége első jelei 1915-ben mutatkoznak, fokozatosan kénytelen visszavonulni előbb az oktatás, végül a kutatás területéről is. 1919-ben, 53 évesen veszt el csatáját az érelmeszesedéssel szemben.

Életműve nem mondható befejezetlennek, hiszen koordinációs elméletét számos példával bizonyította, és végül megkoronázta az optikailag aktív komplexek felfedezésével. Sikere talán annak is köszönhető, hogy messze előremutató ötleteit mindig alá tudta támasztani (akár hosszú évek munkája árán is) a megfelelő bizonyítékokkal. Pontos meglátásai azonban rendkívül türelmetlen partnerré tették tudományos viták során, amelyekben csak ritkán hallgatta meg az övétől különböző véleményeket. Mint vezető is kissé autokrata volt, mégis mindig szívélyesen fogadta a hozzá tanácsért folyamodó hallgatóit, lelkesedésével pedig soku- kat végleg a kémia tudományához kötött.

(Forrás: T. E. Thorpe, G. T. Morgan, *J. Chem. Soc. Trans.* 1920, 117, 1626–48.)

Idén is átadták a Magyar Kémia Oktatásért díjakat

Tizennegyedik alkalommal adták át a Magyar Kémia Oktatásért díjat annak az öt kémiatanárnak, akik kiemelkedő szakmai munkásságukkal és elhivatottságukkal hozzájárultak a jövő nemzedékének felkarolásához, az utánpótlás neveléséhez.

A Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémia Oktatásért kuratóriuma évek óta jutalmazza azokat az általános és középiskolai tanárokat, akik odaadó munkájukkal segítik a magas szintű szakképzést, felkarolják és tudásukkal támogatják a tehetséges diákokat. Az ünnepélyes ceremóniára idén is a Magyar Tudományos Akadémián került sor, ahol a rangos elismerés mellett 400 ezer forintos díjat vehettek át a kitüntetett kémiatanárok. A díjakat Dr. Pellioniszné dr. Paróczai Margit, a Richter Gedeon Nyrt. emberierőforrás-igazgatója adta át.

Röviden bemutatjuk a 2012. évi díjazottakat.



A kitüntetett tanárok (balról jobbra): Sipos Judit, Halusz Magdolna, Horvát József, Kiss Szilvia, Nagy Mária

Nagy Mária a Kossuth Lajos Tudományegyetem elvégzése után egy évig Siklóson tanított, majd volt kémiatanára, Kromék Sándor hívó szavára 1983-ban visszatért az Alma Materba, a pécsi Nagy Lajos Gimnáziumba. Tanítványai rajongtak érte. Sokan közülük ma már elismert kémikusok. Számos tanítványa jutott az OKTV, illetve az Irinyi-verseny döntőjébe. 1989-ben a Baranya Megyei Pedagógiai Intézet pályázatán I. díjat nyert a „Kémia feladatok és megoldások” című munkájával. Az 1998/99-es tanévtől a Kodály Zoltán Gimnáziumban tanít, ahol a művész, valamint zenész fiatalok között missziós szerepet tölt be.

Sipos Judit a Kossuth Lajos Tudományegyetem Természettudományi Karán, matematika–kémia tanári szakon szerezte diplomáját. A gyakorló tanítást már jelenlegi iskolájában, a Vegyipari Szakközépiskolában végezte. Tanítványainak pályakezdő kora óta, tanítási órákon túl is rendszeresen segít, legyen az korrekpetálás vagy versenyfelkészítés. Munkája során tanulói elméleti tudását és gyakorlati feladatmegoldó készségét is kiváló pedagógiai érzékkel fejleszti. Számos tanítványa szerzett értékes helyezést az OKTV, OSZTV, SZÉTV és az Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny országos döntőjében.

Horvát József a horvátországi Vörösmarton született. 1991-ben családjával együtt Magyarországra költözött, s itt kezdett tanítani. Kiváló képességű, innovatív tanár. A szentesi Kiss Bálint Református Általános Iskolába járó tanítványai évek óta a legjobbak között szerepelnek a legrangosabb kémiaversenyeken: a He-

vesy György Kémiaversenyen, a Curie Emlékversenyen, a Református Középiskolák Országos Kémiaversenyén, a Melegh István Kémiaversenyen. Egyre több tanítványa folytatja tanulmányait kémia tagozaton a középiskolákban, majd az egyetemeken. Szak-kört vezet a hetedik és nyolcadik osztályosoknak, de a versenyre készülő tanulókkal naponta gyakorolnak. Évente két-három alkalommal látványos kémiai kísérleti bemutatót szervez az alsóbb évfolyamok számára.

Nagy örömeinkre szolgál, hogy az idén két kiváló, határon túli magyar kémiatanár is a díjazottak közé kerülhetett.

Kiss Szilvia Dunaszerdahelyen született, 1995-ben matematika–kémia szakos tanári diplomát szerzett a Nyitrai Pedagógiai Főiskolán. 2008-ban védte meg doktori értekezését a nyitrai Konstantin Filozófus Egyetemen. A dunaszerdahelyi Kodály Zoltán Magyar Tannyelvű Alapiskolában tanít. Számos kémiaversenyre készítette föl diákjait, akik a szlovákiai versenyeken kívül eredményesen vettek részt a Marosvásárhelyen szervezett 6. és a Pécsen szervezett 7. Nemzetközi Kémikus Diákszimpoziumon. A 8. Kémikus Diákszimpoziumot 2013-ban Dunaszerdahelyen tartják a tanárnő vezetésével.

Halusz Magdolna 1957-ben az Ungvári Állami Egyetemen szerzett kémikus, kémiatanári diplomát. Dolhán és Munkácsan tanított, jelenleg a Munkácsi Szent István Liceumban dolgozik. Tanári fokozata „sztarsij vcsétely”, kiváló pedagógus. Fél évszázados odaadó tanári munkásságának eredményeként több tucat tanítványa választotta a kémikusi hivatást. Tanítványai jó eredménnyel vesznek részt a tantárgyi vetélkedőkön. Rendszeresen küld résztvevőket a KMPSZ által rendezett kémiavetélkedőkre is, ahol eddig már 1., 2., és 3. helyezést is nyertek.

A Magyar Nukleáris Társaság állásfoglalása a közoktatási kerettantervekről

A Magyar Nukleáris Társaság elnökségének véleménye szerint az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet (OFI) honlapján megjelentetett kerettanterv-tervezetek alapos felülvizsgálatra szorulnak. A Társaság állásfoglalása letölthető a <http://mnt.kfki.hu> Internet-címről, rövid foglalat pedig a következő: A Magyar Nukleáris Társaság veszélyesnek és elkerülendőnek tartja azt, hogy egyes kerettanterv-tervezetek egyes évfolyamokon a természettudományos tantárgyak óraszámát heti 2 óra alá csökkentenék. Ez több szempontból is káros: egyrészt lehetetlenné teszi, hogy a komoly munkát és elmélyülést igénylő tananyagot a gyerekek el tudják sajátítani, másrészt degradálja a tantárgy fontosságát a gyerek és a tanár számára, harmadszorban pedig szembemegy a kormány által kinyilvánított akarral, amely a műszaki-természettudományos képzés súlyát növelni szándékozik.

Nem tudjuk elfogadni azt az érvet, hogy az iskolának lehetősége van ennél nagyobb óraszámú kerettantervet is választani, mivel a kerettanterv-választást az iskolában nemcsak szakmai szempontok alakítják. Ezért a Magyar Nukleáris Társaság javasolja a kerettantervek felülvizsgálatát, javasolja, hogy ne legyen olyan kerettanterv és ne legyen olyan év (7. évfolyamtól felfelé), amikor heti 2 óránál kevesebb jut egy-egy műszaki-természettudományos tárgyra.



Kucsman Árpád (1927–2012)

Az ELTE Széchenyi-díjas professor emeritusa, a Szerves Kémiai Tanszék, valamint az MTA–ELTE Peptidkémiai Tanszéki Kutatócsoport



korábbi vezetője, a kénorganikus kémia hazai művelésének megindítója és irányítója életének 85. évében, Budapesten, 2012. szeptember 23-án elhunyt.

Kucsman Árpád 1927. október 27-én született Budapesten. „[Szüleim] szerény anyagi körülményeink ellenére hallgattak a tiszteletes úr és egyik nagybátyám tanácsára, s vállalták a tanítással járó áldozatot”, idézi egy interjúban az indulás körülményeit. Középiskolai tanulmányait 1937–45 között a Budapesti Fásori Evangélikus Gimnáziumban végezte, 1945-ben érettségizett Vermes Miklós tanítványaként, majd kezdte egyetemi tanulmányait a Pázmány Péter Tudományegyetem kémia-fizika tanári szakán. Felvételt nyert az Eötvös József Collegiumba, az ott töltött évek egész életére alapvető hatással voltak: számos ismeretség és barátság szövődött az egyetem legkülönbözőbb szakos hallgatói között. 1946-tól az időközben megindult vegyész szakon is folytatott tanulmányokat. 1947-ben tanári alapvizsgát tett, 1949-ben vegyész oklevelet szerzett.

Munkássága az Eötvös Loránd Tudományegyetemhez, a Szerves Kémiai Tanszékhez és a Természettudományi Karhoz kapcsolódik. Az egyetemi tanulmányok befejezése után egyetemi tanársegéd (1950), adjunktus (1956), docens (1965), egyetemi tanár (1971), majd nyugdíjba vonulását követően professor emeritus (1998). 1970–1993 között a Szerves Kémiai Tanszék tanszékvezetője, emellett az MTA–ELTE Peptidkémiai Tanszéki Kutatócsoportjának szervezeti vezetője (1972–1990). Önálló kénorganikus kutatói eredményei alapján az egyetemi doktori címet (1959), később a kandidátusi (1965), majd a kémiai tudomány doktora (1971) fokozatot szerzi meg.

Tudományos kutatói és egyetemi oktatói tevékenységét számos díjjal ismerték el: MTA Akadémiai Díj (1975, megosztva), Zemplén Géza-fődíj (1987), Magyar Felsőoktatásért Emlékplakett (1992), Széchenyi-díj (1996), Bruckner Győző-díj (elsőként, 1998), MTA Eötvös József-koszorú (2000), Náray-Szabó István-díj (2008). Az egyetem az ELTE Pro Universitate Érem (1985), majd az ELTE Arany Emlékérem

(1997) kitüntetéssel jutalmazta, 2007-ben pedig díszdoktorává fogadta.

Munkatársként közreműködött Bruckner Győző hatkötetes (4300 oldal) *Szerves kémia* című tankönyvének megírásában, átdolgozásában és szerkesztésében (1952–1979). 1972-ben Bruckner Győzőtől vette át a vegyészhallgatók számára tartott szerves kémia főkéllégiumi alapozó előadásokat. Átalakította az előadási tematikát: a Bruckner-iskola hagyományait figyelembe véve megújította a tárgy oktatását, és az addig leíró jellegű, fenomenologikus szerves kémia helyett bevezette a reakciók és vegyületek tulajdonságainak értelmező, atomi és molekulaszervezet, valamint mechanizmusokon alapuló bemutatását (1972). Az angolszász iskolához közelebb álló, modern illusztrációkkal kísért, oldottabb hangulatú, humorral és öniróniával átitatott előadások sokunk érdeklődését a szerves kémia felé fordították. A főkéllégium előadásainak anyagát ötkötetes egyetemi jegyzetben (1220 oldal) és hatkötetes ábragyűjteményben (800 oldal) foglalta össze (1974–1976). A tanárjelöltek részére kétkötetes praktikumot jegyez (1968), előadási segédanyagként egyetemi jegyzetet állít össze a szerves kémiai nomenklatúráról (1971), felhasználva tapasztalatait, amelyeket az MTA Nomenklatúra és Helyesírási Bizottság tagjaként szerzett (1962–1971).

Müller Sándor tanítványaként és társszerzőként első tudományos dolgozata 1952-ben jelent meg a diizomomogenol sztereokémiai vizsgálatáról. 1953-tól önálló kutatómunkát folytatott a szerves kénvegyületek területén, évtizedeken át a tanszéki kénorganikus munkacsoportot vezette. A más csoportok kutatóival kialakított együttműködés hazánkban első ízben tette lehetővé, hogy a csoportban szintetizált, irodalomban nem ismert új vegyületek (elsősorban szulfiliminek, szulfoxidok, spiro-szulfuránok) szerkezetvizsgálatában együttesen alkalmazzák a spektroszkópiát, a diffrakciós és a kvantumkémiai módszereket, a reakciómechanizmusok vizsgálatában pedig a reakciókinetikai megközelítést, felhasználva az izotópjelzést, valamint a kromatográfiai módszereket.

Kucsman Árpád 145 tudományos dolgozata közül 107 eredeti közlemény idegen nyelven, döntő része elismert nemzetközi folyóiratban jelenik meg (Eur. J. Org. Chem., J. Am. Chem. Soc., J. Chem. Soc. Perkin Trans-2, J. Mol. Struct., Struct. Chem., Tetrahedron, Tetrahedron Asymmetry, Theochem).

Korán felismerte a nemzetközi tudományos kapcsolatok fontosságát. Már a 60-as években tudományos együttműködést épített ki külföldi egyetemekkel (Toronto, Oszaka, Padova, Bécs és München)

A sárga ház a Trefort-kertben

„...Veszem a nagy, kemény fedelű osztályzó könyvet és felsétálok az emeleti vegyészhallgatói laborba, hogy zárórát csináljak. Sokan még ügködnek, mert a szerves kémiai prepizés bizony igencsak időigényes és a műveletek eltarthatnak akár az este tíz órai zárásig is. A sok-sok tanítvány közül most csak két kis csoport tagjai merülnek fel emlékezetemben. Sanyi, Kropa, Miki, Iván: többek között velük vonultunk le a déli laborszünetben a C épület háta mögé röplabdázni, amivel talán Szent-Györgyit imitáltuk, aki rendszeresen hajigált karikát munkatársaival a Trefort-szobor előtt. Azután négy tündéri vegyészleány alakja tűnik elő: Marika, Icuka, Judit és Annamária. 1954 telén elpanaszolták, mennyire hiányzik életükből a bálozás. Szó szót követett és titokban elhatároztuk, hogy estélyi ruhás, frakkos-cilinderes bált rendezünk, pártállami időkről lévén szó, persze, magánlakásban és a kellékeket majd a jelmezkiöltösznőből szerezzük be. Az egyik kislány professzor édesapja mosolyogva engedett kívánságunknak és egy hétvégi éjszakára átengedte tágas budai lakását a rendezvénynek. A tanszemélyzet három ifjú tagja kapott a bálra meghívást, rajtam kívül Marci és a sármos Jani. A bál jól sikerült, fáradalmainkat kora reggel a régi gavallérok szokása szerint a Rudas gőzfürdőben pihentük ki, majd elmentünk a rekoneszansz-vizitre, mert valahol azt hallottuk, hogy úri körökben ez így szokás. Nem mintha vissza-sírtuk volna a „régis szép idők”, de fiatalok lévén jólesett egy kis rendszer-fricskázás. Milyen szívderítő most minderre visszaemlékezni!

A tanszéki zárórát jelzi, hogy Lajos bácsi, az épület alagsorában lakó altiszt-laboráns kulcsait csörgetve megjelenik a hallgatói laborban, pakolás, gyerekek, és indulás. Hirtelen felrévedek, ránézek az órára, és rájövök, most bizony itt a szobámban is későre jár. Ideje bevenni az altatót, jól működik, bár ezt a fajtát az úrhajósoknak találták ki, nálam is bevált. Fél óra múlva jön az alvás, azután lehet tovább álmodni, vajon ismét felidéződik-e a múlt? Addig is jó éjszakát, Trefort-kert, jó éjszakát, sárga ház.”

Kucsman Árpád



kutatóival, vendégkutató volt a Padovai Egyetemen (1967), nemzetközi konferenciák (WATOC 1. Világkongresszus, 1987, Budapest és 2. Világkongresszus, 1990, Toronto) szervezésében vett részt és tagja lett a J. Mol. Structure (Theochem) szerkesztőbizottságának (1981–1999).

Kucsman Árpád eredményes kutató volt, de fő feladatának egész pályafutása során az oktatást, a hallgatók tehetségének kibontakoztatását tekintette. Büszke volt „Szerves kémia” főkéllégiumi előadásainak népszerűségére, amelyet a „TTK kiváló oktatója” cím (1979) is jelez. Irányításával készítette egyetemi doktori dolgozatát számos, ma már neves kutató és oktató.

Professor emeritusként a TTK Kémia Doktori Iskola szerves kémiai alprogramjának irányítására vállalkozott (1998–2001), és ezekben az években (1998–2007) 10 tudományos közleménye is megjelent rangos nemzetközi folyóiratokban.

Szakmai-közéleti tevékenysége szintén szerteágazó, látványos és eredményes volt. 1973-tól tagja volt az MTA Szerves Kémiai Bizottságának és az Elméleti Szerves Kémiai Munkabizottságnak, 1994–1999 között tanácskozó tagként vett részt az MTA Kémiai Osztályának munkájában. 1993–2004 között a 19 kötetes Magyar Nagylexikon szerkesztőbizottságának főmunkatársa, a szerves kémia szócikkei egyik felének szerzője, a másik felének lektora.

Kucsman Árpád színes egyéniség volt, vonzódott az irodalomhoz, a képzőművészethez, szerette a komoly zenét – több mint 600 tételből álló Vivaldi-lemezgyűjteményt mondhatott a magáénak. Élvezte és alkotó módon művelte a szépirodalmat. Mozart, Schubert, Brahms, Bartók muzsikája mellett a Beatles, Koncz Zsuzsa, az Illés és az LGT zenéje állt közel hozzá. A 2004-ben a *Hetvenéves az ELTE Szerves Kémiai Tanszéke* című könyve vagy a *Természet Világa* folyóiratban idén megjelent írása (A sárga ház a Trefort-kertben) nem csak a tanszék történetének szakszerű vagy éppen személyes, valóságos jellegű bemutatása; ezek a művek egyben igényes irodalmi alkotások. Gyermekkori földrajzi és történelmi érdeklődését megőrizve szívesen utazott történelmi és kulturális emlékeket őrző vidékekre/országokba, élményeit többezres diagyűjtemény őrzi.

Életútjáról, munkájáról szívesen nyilatkozott. Ennek köszönhető, hogy az ELTE Eötvös Kiadó és a PolgArt Kiadó gondozásában 2006-ban megjelent az *Egy kémikus a régi Eötvös Collegiumban* című munka a Petőfi Irodalmi Múzeum kiadványaként, s az ELTE megalapításának 375. évfordulója alkalmából rögzített professzori portrészorozatban is készült róla film.

Pályatársai, munkatársai, tanítványai nevében búcsúzunk a hazai szerves kémia kiemelkedő professzorától a hallgatók számára megfogalmazott üzenetével: „Ne essenek a mai, pénz által uralt, rideg világ hamis kihívásainak és értékeinek csapdájába. Ha idejüket értelmes alkotómunkával töltik, egymásra szeretettel odafigyelve, ez szinte magától meghozza a többi fontos dolgot: az önállóságot, a kitartást, a megbízhatóságot, a nyitottságot és a toleranciát. Ezekre figyelve építhetők értékes emberi kapcsolatok, s az út vége felé, amerre magam is járok, higgyék el, jobb ezekre visszatérni, mint a felhalmozott »csillogó üveggyöngyökre«.”

Hudecz Ferenc
tanszékvezető egyetemi tanár

Sztaricskai Ferenc (1934–2012)

Az antibiotikumkutatás nagy egyénisége, Sztaricskai Ferenc, a Debreceni Egyetem emeritus tanácsadója, kiváló tanára 2012. március 23-án elhunyt.



Sztaricskai Ferenc 1934. május 23-án Békéscsabán született. 1948-tól a Szege-di Vegyipari Technikumban tanult, 1952-ben itt szerzett jeles vegyésztchnikus oklevelet. A technikum elvégzése után az akkor felépített Hajdúsági Gyógyszergyárba irányították dolgozni, mely a hazai penicillingyártás elindítója lévén, az ifjú szakember antibiotikumok iránti elkötelezettségét egész életére meghatározta.

Egy év elteltével megkezdte egyetemi tanulmányait a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem vegyész szakán. A szerves kémiát Bognár Rezsőtől, a szervetlen kémiát Szarvas Páltól, a fizikai kémiát Imre Lajostól tanulta.

1958-ban, friss kutatóvegyézi diplomával, a debreceni Biogal Gyógyszergyár kémiai kutatólaboratóriumában kezdett dolgozni, ahol több új magyar és külföldi antibiotikum izolációjának üzemeltetésével foglalkozott. Első kitűnő dolgozata a rangos *Nature* folyóiratban jelent meg, a félszintetikus penicillinek kiindulási anyagának, a 6-aminopenicillánsavnak új kimutatási módszeréről.

Sztaricskai Ferenc 1963-ban Bognár akadémikus meghívására a KLTE Szerves Kémiai Tanszékére került, s egyik alapító tagja lehetett az akkoriban megalakuló MTA Antibiotikumkémiai Kutatócsoportnak. 1964-ben fél évet dolgozott a Szovjet Orvostudományi Akadémia Új Antibiotikumokat Kutató Intézetében. Itt kezdett el foglalkozni a risztomicin nevű, glikopeptid típusú antibiotikum szerkezetvizsgálatával. 1966-ban egyetemi doktori, 1975-ben kandidátusi címet szerzett. 1978–79-ben egy évet töltött az Egyesült Államok Vanderbilt Egyetemen, ahol kimutatta, hogy a risztomicin azonos az amerikai risztocetin antibiotikummal. Későbbi munkája során ezen antibiotikum kémiai szerkezetét derítette fel, melynek alapján 1984-ben akadémiai doktori fokozatot nyert el. 1985-ben a KLTE címzetes egyetemi tanárává nevezték ki. 1987-ben megbízást kapott az antibiotikumkémiai kutatócsoport vezetésére, mely feladatot 18 éven keresztül látta el. Ugyanakkor szerves kémiai és gyógyszerkémiai oktatómunkát végzett, 1995-ben habilitált és magántanári képesítést szerzett. Az MTA alkalmazottjaként igen aktívan részt vett a debreceni gyógyszerészképzés megszervezésében és akkreditálásában. A Debreceni Egyetem Gyógyszerésztudományi Kara Gyógyszerészeti Kémia Tanszékének megalapítójaként első vezetője volt 2000-ig.

Négy évtizedes kutatómunkája felöleli a penicillinek és cefalosporinok, az antraciklin típusú rákellenes vegyületek, a makrolid antibiotikumok, a linkozaminidek, s természetesen a glikopeptid típusú antibiotikumok kémiáját, mely utóbbi területen emeritusként is kiváló eredményeket ért el. Tudományos közleményeinek száma meghaladja a 220-at. Közel harminc évig volt tagja a *Journal of Antibiotics* szerkesztőbizottságának. A Magyar Kemoterápiai Társaság alelnöki tisztségét tizenhat, az MTA Antibiotikum Munkabizottság elnöki tisztségét pedig húsz éven keresztül látta el.

Számos kikitüntetésé közül kiemelkedő a japán Kitasato Aranyérem, a Debrecen városa által adományozott Pro Urbe és Hatvani István Díj, az Akadémiai Díj, a magyar kemoterápiai Társaság Paracelsus Nagydíja, a Szent-Györgyi Albert-díj. Sztaricskai Ferenc kiváló, igényes vezető, jellemes, erős akaratú, szókimondó ember volt. Halála pótolhatatlan hiányt idézett elő barátai, munkatársai, tanítványai körében.

Emlékét kegyelettel megőrizzük.

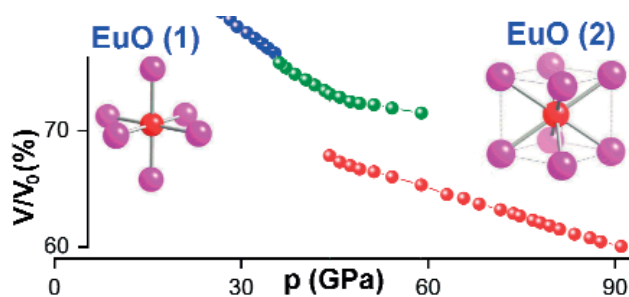
Herczegh Pál
egyetemi tanár



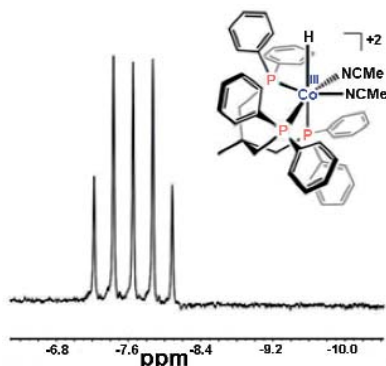
Vegyérték nyomás alatt

Az európium-oxid nagy nyomáson végzett szerkezet-meghatározása érdekes következtetésre vezetett: az egyébként egységesnek látszó vegyületben előfordul ugyan a lantanidákra szilárd testekben jellemző kevert vegyérték jelensége, de ez erősen nyomásfüggő. Az EuO 44 GPa alatt NaCl-szerkezetben Eu^{2+} állapotban, 59 GPa fölött pedig CsCl-szerkezetben ugyancsak Eu^{2+} állapotban stabil. A két határérték között mindkét fázis egyszerre fordul elő, de ekkor a +2-es állapot +3-assal is keveredik. A tanulmány során XANES (x-ray absorption near-edge spectroscopy) módszerrel tanulmányozták a vegyértékállapotokat, s arra a meglepő következtetésre jutottak, hogy a kötéstávolságokból nem mindig lehet megbízható következtetéseket levonni.

Phys. Rev. Lett. 109, 026403. (2012)



Hidrogénfejlődés vízből, kobaltkomplexszel

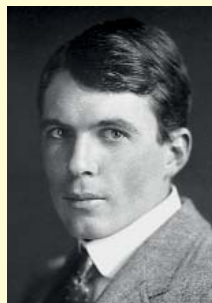


Amerikai tudósok egy újonnan előállított kobaltkomplex segítségével a vízalapú hidrogén-előállítás egyik fontos közttermékét izolálták. Ilyen katalizátorokra nagy szükség lesz a reménybeli napenergiás vízbontó rendszerekben. A közt termék részletes

tanulmányozásának kulcsa a hidrogénfejlődési reakció hatékonyságának csökkentése volt a komplexben lévő ligandum megfelelő módosításával: így az egyébként igen reaktív közt termék NMR-rel is detektálhatóvá vált. A kulcsrészecske egy kobalt(III)hidrid-komplex, amely elektronfelvétel révén kobalt(II)hidriddé alakul, majd ennek protonálódásával képződik a hidrogénmolekula. Egy másik lehetséges út két kobalt(III)hidrid-komplex reakciója lenne, amely a tanulmányozott rendszerben igen lassú. A katalizátorrendszert nemcsak jó tanulmányozhatósága, hanem a benne található fém alacsony ára is igen vonzóvá teszi.

Proc. Natl. Acad. Sci. USA 109, 15127. (2012)

Ha észrevétele vagy ötlete van ehhez a rovathoz, írjon e-mailt
Lente Gábor rovatszerkesztőnek: lenteg@dragon.klte.hu.



CENTENÁRIUM

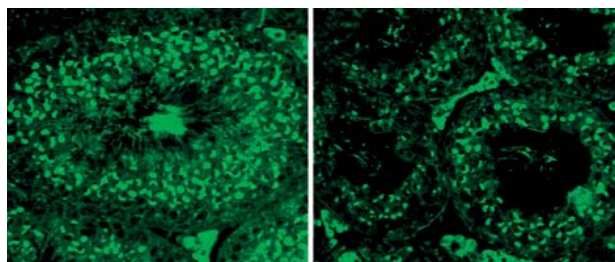
W. L. Bragg: The Specular Reflection of X-rays
Nature Vol. 90, p. 410
(1912. december 12.)

Sir William Lawrence Bragg (1890–1971) ausztráliai születésű brit tudós volt, felfedezte a róla elnevezett diffrakciós alapegyenletet. 1915-ben ő lett minden idők legfiatalabb Nobel-díjas tudósa: az elismerést fizikatumományban kapta édesapjával, Sir William Bragg-gel megosztva.

Fogamzásgátló férfiaknak

Férfiak számára hatásos fogamzásgátló tabletta készítése a gyógyszeripar jelentős erőfeszítései ellenére sem sikerült eddig. Úgy reményt jelent a probléma megoldására a JQ1 jelzésű molekula, amely a spermák kialakulásában alapvető jelentőségű BRDT fehérje működését akadályozza meg. Ez a szer egérkísérletekben a hímek terméketlenségét okozta a tesztoszteron vagy más hormonok szintjének befolyásolása nélkül. Egy-két hónappal a kezelés befejezése után pedig a hatása minden jel szerint teljesen elmúlt. A JQ1-et eredetileg rákos betegségek kezelésére szánták, s hatását a BRD4 fehérjére hangolták. A humán kísérletek megkezdéséhez azért még szükség van további fejlesztésre: a szer olyan változatát kellene kidolgozni, amely sokkal szelektívebb a BRDT-re.

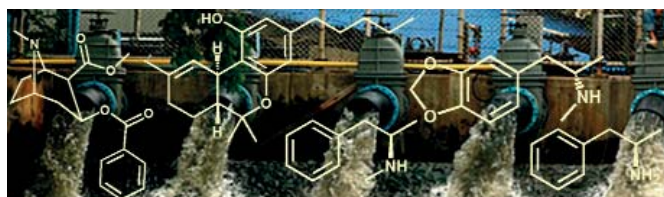
Cell 150, 673. (2012)



Kábítószeny

Egy norvég kutatócsoport 2011 márciusában 19 európai városban gyűjtött szennyvízmintákat, hogy bennük öt különböző kábítószernek (kokain, amfetamin, ecstasy, metamfetamin és kanna-bisz) és ezek vizeletben megjelenő biomarkerjeinek a koncentrációját meghatározhassák. Az egy főre jutó kokainmennyiség Belgiumban volt a legnagyobb, míg a metamfetamin-használatot a skandináviai városokban találták a legelterjedtebbnek. Azon aligha lepődik meg bárki is, hogy a legtöbb kanna-bisz Amszterdam szennyvizében találták. A becslések szerint Európa teljes napi kokainfogyasztása átlagosan mintegy 350 kg, és ez az érték a hétvégéken észlelhetően nagyobb, mint hét közben.

Sci. Total Environ. 432, 432. (2012)

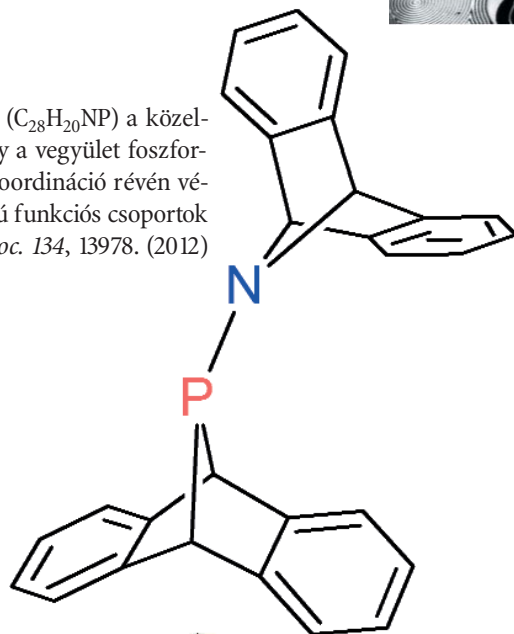




A HÓNAP MOLEKULÁJA

A védőcsoportot nem tartalmazó foszfonorbornadiének családjának első tagját ($C_{28}H_{20}NP$) a közel-múltban állították elő. Korábbi próbálkozásoknál a kutatók azt feltételezték, hogy a vegyület foszfor-atomjának nemkötő elektrópárját foszfin-oxid képzésével vagy fémionhoz való koordináció révén védeni kell majd. Az újonnan előállított vegyület nagy szerepet játszhat foszfortartalmú funkciós csoportok kialakításában.

J. Am. Chem. Soc. 134, 13978. (2012)

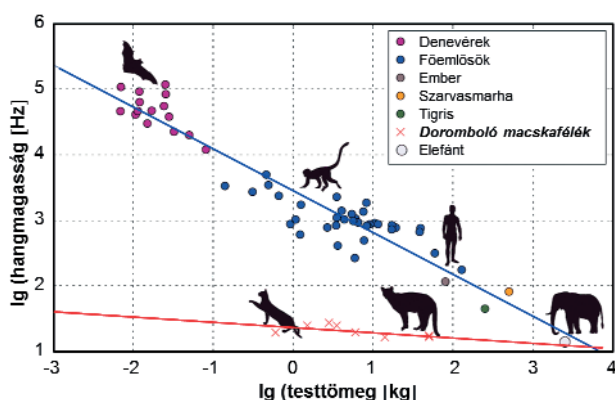


TÚL A KÉMIAÁN

Hallhatatlan ormányosok

Az elefántokról már régóta ismert, hogy az emberi fül számára hallhatatlanul mély infrahangokkal is tudnak egymással kommunikálni. Az azonban mind ez idáig nem volt világos, hogy az ormányosok ezt a hangot az emberi hangképzéshez hasonlóan a hangszálaikra juttatott légárammal adják-e ki, vagy a macskák dorombolására emlékeztető speciális izommozgásokkal. Osztrák és német tudósok nemrégiben tisztázták ezt az égető kérdést: egy sebészeti úton láthatóvá tett elefántgége mozgását ultragyors videofelvételen rögzítve a hangszálakat és a levegőmozgást felhasználó mechanizmust sikerült bizonyítani, amelynek alapprofiliája 13 Hz körüli. A kutatás során összefüggést vezettek le az állatok testtömege és a kiadott hang szokásos frekvenciája között. Ez az összefüggés a macskafélék dorombolására is érvényes, de a benne szereplő állandók értéke egészen más.

Science 337, 595. (2012)



Idősödő testszag

Úgy tűnik, az öregedéssel nemcsak a bor, a whisky és némelyik sajt válik jobbá, hanem az emberek testszaga is. Korábbi tanulmányok már utaltak arra, hogy egyes állatok pusztán szag alapján is meglehetősen valós képet alkotnak a szagot kibocsátó élőlény koráról. Az amerikai Monell Chemical Senses munkatársai ezen a nyomon elindulva három korcsoportba (20–30 év, 45–55 év, 75–95 év) tartozó önkéntesek testszagát gyűjtötték be öt éjszakán át viselt ruhadarabjaik segítségével. A tanulmányban résztvevők ezen idő alatt nem illatosított szappant használtak. Ezután újabb 40 önkéntes rangsorolta a szagokat, és meglehetősen jó arányban sikerült az idős személyeket azonosítani. A jelenség oka minden bizonnyal a bőr korral változó izzadságmirigy- és mikrobiális tulajdonságaiban keresendő, bár a biomarkereket még nem sikerült azonosítani.

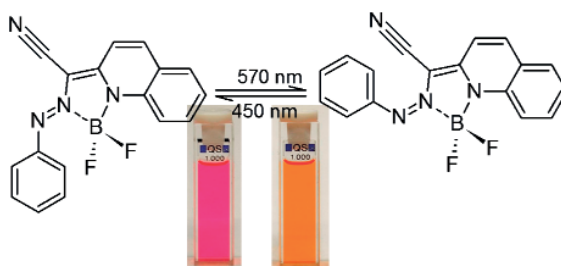
PLoS ONE 7, e38110. (2012)

Látható fotokapcsoló

Az azobenzol cisz-transz izomerizációja a kémia leghasznosabb folyamatainak egyike a molekuláris gépek számára. A közelmúltban bebizonyították, hogy a reakció megfelelőképpen szubsztituált származékokon látható fénnel is kiváltható, így a molekula akár élő szervezetekben is használható fényérzékeny kapcsolóként. A kulcs egy BF_2 egységgel való komplexképződés volt, amely kiterjesztette az azobenzol elektronrendszerének konjugációját. 570 nm-es fény a cisz, míg 450 nm-es a transz módosulat képződését segíti elő, s az izomerizációs reakció oldott

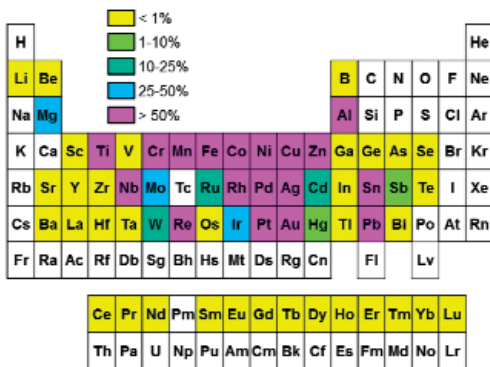
oxigént tartalmazó oldószerekben gyorsabbnak bizonyult, mint anaerob körülmények között.

J. Am. Chem. Soc. 134, 15221. (2012)



APRÓSÁG

A világon keletkező titánhulladékból a felénél többet újrahasznosítják, míg a periódusos rendszerben szomszédos vanádium esetén az újrahasznosítás aránya 1%-nál is kisebb.





HÍREK AZ IPARBÓL

Vegyipari mozaik

A BorsodChem felavatta új TDI üzemét. A BorsodChem Zrt. (BorsodChem) kazincbarcikai telephelyén felavatta új TDI üze-



mét. A kereskedelmi működését most megkezdett új létesítmény teljes kapacitása évi 160 kilotonna. Ez a BorsodChemet Európa vezető toluol-diizocianát (TDI) gyártói közé rangsorolja. A TDI elsősorban gépjármű-ülések, autókárpitok és matracok gyártásához használt lágy poliuretán habok alapanyaga. A TDI-t kisebb mennyiségben egyébeken között poliuretán elasztomerek és bevonóanyagok gyártása során használják fel.

A BorsodChem 200 millió euró értékű beruházással építette fel az új üzemét. Az új gyár évente 160 kilotonna névleges gyártási kapacitással rendelkezik, amely további negyven kilotonnával évi 200 kilotonnára bővíthető, a piaci kereslet függvényében. A BorsodChem által kifejlesztett magas minőségű technológiát hasznosító új gyár számottevően hatékonyabban működik, mint a meglévő TDI-1 üzem. A piaci környezet jelenleg kedvezőtlen alakulása miatt azonban az új gyár várhatóan csak egy későbbi időpontban működhet teljes kapacitással. A magyar kormány örömmel üdvözölte a kínai Wanhua Industrial Group által végrehajtott jelentős kapacitásbővítést – fogalmazott az ünnepségen Fónagy János, a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium parlamenti államtitkára. Beszédében rámutatott: a Magyarországon eddigi legnagyobb kínai befektetésnek számító BorsodChem jelentős fejlesztése jól példázza a kínai–magyar gazdasági kapcsolatok fejlődését, és szervesen illeszkedik a Magyarország versenyképességét növelő magyar–kínai stratégiai együttműködés folyamatába. (BC)



A MOL-csoport a világ legnagyobb olajcégei között. A világ egyik legjelentősebb energetikai információs szolgálatának vállalatokat rangsoroló listáján jelentőset lépett előre a MOL: az október 23-án nyilvánosságra hozott, a teljesítményük alapján a legjobb 250 energetikai vállalatot összegyűjtő Platts Top 250 Global Energy Company Rankings rangsorban – az elmúlt évhez képest több mint 40 helyet előrelépve – a MOL idén a 93. helyen végzett. A MOL-csoport működési régióiban, azaz Európában, Közel-Keleten és Afrikában a MOL a 15. legjelentősebb integrált olaj- és gázipari vállalat, míg az összes vállalkozást tekintve 33. a rangsorban ugyanebben a régióban.

A rangsorban szereplő 250 cég mindegyike minimum 4 milliárd dolláros eszközértékkel rendelkezik. A MOL-csoportban 31 000 munkavállaló dolgozik világszerte, kutatás-termelési tevékenysége több évtizedes tapasztalattal rendelkezik a szénhidrogén-bányászatban. Jelenleg 7 országban folytat szénhidrogén-kitermelést és 13 országban végez kutatási tevékenységet. A MOL-csoport öt kőolajfinomítót és két petrokémiai gyárat üzemeltet Magyarországon, Szlovákiában, Horvátországban és Olaszországban. Több mint 1700 töltőállomással rendelkezik Közép- és Délkelet-Európában, 11 országban, hét márkanév alatt. A MOL-csoport 100 százalékos tulajdonában lévő leányvállalata, az FGSZ révén működteti az 5800 km hosszúságú magas nyomású földgázvezeték-rendszert. (A MOL nyomán)

Új nemzetközi oktatási kampány indult. Az EPCA (European Petrochemical Association, Európai Petrolkémiai Szövetség) lett az egyik kiválasztott partnere az Európai Bizottság által alapított és a European Schoolnet által menedzselte inGenious projektnek. A hároméves inGenious projekt célkitűzése, hogy az európai fiatalok körében növelje a természettudományos szakirányokat és az e területekre tanárképző pályát választók arányát. Ez elengedhetetlen ahhoz, hogy az európai ipar (azon belül a vegyipar) versenyképessége és innovációs ereje növekedjen a világpiaci versenyben. Jelenleg ugyanis túl kevesen választják ezeket a területeket továbbtanulásra, így az európai vegyipar is munkaerő-utánpótlási problémákkal küzd. Az EPCA már tavaly is komoly szerepet vállalt az iparág európai népszerűsítésében a diákok körében, hiszen nevéhez fűződik a „2011 – A Kémia Nemzetközi Éve” népszerűsítése, valamint az ennek keretében megalkotott „Chemistry: All About You” filmklip is. A film frissített verziója nemrég készült el, az EPCA YouTube oldalán magyarul is megtekinthető: <http://www.youtube.com/watch?v=LwZsQ3y2s3-w&feature=plcp>.

Az EPCA idén október 6–10. között Budapesten tartotta éves közgyűlését, melynek keretében külön szekcióban mutatkozott be az inGenious projekt az érdeklődők számára. A projekt keretében az EPCA, a CEFIC és az APPE erőforrásait egyesítve lépnek a nagyközönség elé idén ősszel az Xperimania tanulmányi verseny V. évfolyamával, mely idén a TALK2US nevet kapta. A projekt részleteiről, a diákok és tanárai bekapcsolódási lehetőségeiről bővebb információval (angol nyelven) az alábbi linkeken található oldalak szolgálnak: <http://www.epca.eu/>, <http://www.ingenious-science.eu>, <http://www.xperimania.net/> (TVK)

Banai Endre összeállítása

MKE-HÍREK

Konferenciák, rendezvények

XXIII. IFATCC INTERNATIONAL CONGRESS

International Federation of Associations of Textile Chemists and Colourists

2013. május 8–10.

Budapest, Hotel Danubius Health Spa Resort Margitsziget

Online regisztráció: <http://www.ifatcc2013-budapest.hu>

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk!

TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix, info@ifatcc2013-budapest.hu

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FLUOROUS TECHNOLOGIES 2013 (ISOFT¹³)

2013. június 2–5.

Budapest, Eötvös Loránd Tudományegyetem

Online regisztráció: <http://www.isoftware13.mke.org.hu>

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk!

TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Bondár Mónika, isoftware13@mke.org.hu

Vegyészkonferencia

2013. július 26–28.

Hajdúszoboszló, Hotel Béke

Online regisztráció hamarosan: www.vegkonf2013.mke.org.hu

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk!

TOVÁBBI INFORMÁCIÓ: Schenker Beatrix, beatrice.schenker@mke.org.hu

Bondár Mónika, monika.bondar@mke.org.hu



9TH EUROPEAN CONFERENCE OF COMPUTATIONAL CHEMISTRY (EuCo-CC)

2013. szeptember 1–5.
Sopron, Hotel Sopron
Online regisztráció: <http://www.euco-cc9.mke.org.hu>
Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk!
TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Bondár Mónika, euco-cc9@mke.org.hu

6TH INTERNATIONAL K0 USERS' WORKSHOP

2013. szeptember 22–27.
Budapest, Hotel Gellért
Online regisztráció: <http://www.6thk0-user-workshop.mke.org.hu>
Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk!
TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Bondár Mónika, 6thk0-user-workshop@mke.org.hu

Sohár Pál akadémikus

A *Ring és Bayreuth, Wagner Művészete* címmel előadást tart.

Helyszín: Magyar Kémikusok Egyesülete,
1015 Budapest, Hattyú u. 16. II/ 8.
Időpont: 2012. december 4. (kedd), 15 óra
Minden érdeklődőt szeretettel várunk.

A Magyar Kémikusok Egyesülete Kémia- és Vegyipar-történeti Szakosztálya előadói ülést szervez

Program:
Simonné Dr. Sarkadi Livia, az MKE elnöke:
Beszámoló a prágai EuCheMS konferenciáról
Helyszín: Magyar Kémikusok Egyesülete,
1015 Budapest, Hattyú u. 16. II/ 8.
Időpont: 2012. december 5. (szerda), 15 óra
Minden érdeklődőt szeretettel várunk.

A Magyar Magnézium Társaság előadói ülést szervez

Program:
Dr. Kuti Vilma kiténtetése
Kiss Zoltán: *A magnézium preventív és adjuváns terápiás szerepe rosszindulatú daganatokban*
A 2013. évi magnézium szimpózium szervezési kérdései, egyebek
Helyszín: Magyar Kémikusok Egyesülete,
1015 Budapest, Hattyú u. 16. II/ 8.
Időpont: 2012. december 6. (csütörtök), 10 óra

Kálmán Alajos akadémikus, az MKE örökös tb. elnöke vetített képes előadást tart

Katedrálisok kora – időutazás a romanikában és a gótikában címmel
Helyszín: Magyar Kémikusok Egyesülete,
1015 Budapest, Hattyú u. 16. II/ 8.
Időpont: 2012. december 6. (csütörtök), 15 óra

Ismét támogathatja személyi jövedelemadója 1 százalékával a Magyar Kémikusok Egyesületének közhasznú céljait.

Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy
személyi jövedelemadójuk 1 százalékának felajánlásából idén

745 190 forintot

utal át az APEH Egyesületünknek.

Köszönjük felajánlásait, köszönjük, hogy egyetértenek a kémia oktatásért és népszerűsítésért kifejtett munkánkkal. Az összeget ismét-

ten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, a XIV. Országos Diákvegyész Napok és a 2012-ben negyedszer szervezett Kémia-tábor egyes költségeinek fedezésére használtuk fel, valamint arra a célra, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több, kémia iránt érdeklődő határon túli honfitársunkhoz.

Ezúton is kérjük, hogy a 2012. évi SZJA bevallásakor – értékelve törekvéseinket – éljenek a lehetőséggel, és személyi jövedelemadójuk 1%-át ajánlják fel az erre vonatkozó Rendelkező Nyilatkozat kitöltésével.

Felhívjuk figyelmüket, hogy akinek a bevallás pillanatában adótartozása van, az elveszíti az 1% felajánlásának a lehetőségét!

Az MKE adószáma: 19815819-2-41.

Terveink szerint 2013-ban az így befolyt összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, a 8. Kémikus Diák-szimpózium, a Kémiantanári Konferencia, valamint a 2013-ban ötödször szervezendő Kémia-tábor egyes költségeinek fedezésére használjuk fel. Továbbra is céljaink közé tartozik, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több, kémia iránt érdeklődő határon túli honfitársunkhoz.

MKE egyéni tagdíj (2013)

Kérjük tisztelt tagtársainkat, hogy a **2013. évi tagdíj** befizetéséről szíveskedjenek gondoskodni annak érdekében, hogy a Magyar Kémikusok Lapját 2013 januárjától is zavartalanul postázhassuk Önöknél. A tagdíj összege az egyes tagdíj-kategóriák szerint az alábbi:

• alaptagdíj:	7000 Ft/fő/év
• nyugdíjas (50%):	3500 Ft/fő/év
• közoktatásban dolgozó kémiantanár (50%):	3500 Ft/fő/év
• ifjúsági tag (25%):	1750 Ft/fő/év
• gyesen lévő (25%):	1750 Ft/fő/év

Tagdíjbefizetési lehetőségek:

- banki átutalással (az MKE CIB banki számlájára: 10700024-24764207-51100005)
- az Egyesület Titkárságától igényelt csekken (Süli Erika, mkl@mke.org.hu)
- személyesen (MKE-pénztár, 1015 Budapest, Hattyú u. 16. II/8.)

Banki átutalásos és csekkes tagdíjbefizetés esetén a **név, lakcím, összeg rendeltetése** adatokat kérjük jól olvashatóan feltüntetni. Ahol a munkahely levonja a munkabérből a tagdíjat és listás átutalás formájában továbbítja az MKE-nek, ez a lista szolgálja a tagdíjbefizetés nyilvántartását.

Előfizetés a Magyar Kémiai Folyóirat 2013. évi számaira

A Magyar Kémiai Folyóirat 2013. évi díja fizető egyesületi tagjaink számára 1400 Ft. Kérjük, hogy az előfizetési díjat a tagdíjjal együtt szíveskedjenek befizetni. Lehetőség van átutalással rendezni az előfizetést a Titkárság által küldött számla ellenében. Kérjük, jelezzék az erre vonatkozó igényüket!

Köszönjük mindazoknak, akik 2012-ben kettős előfizetéssel hozzájárultak a határon túli magyar kémikusoknak küldött Folyóirat terjesztési költségeihez. Kérjük, aki teheti, 2013-ban is csatlakozzon a kettős előfizetés akcióhoz.

MKE Titkárság



ACS-látogatás

Európai körútja során Magyarországra is ellátogatott az American Chemical Society (ACS) két tisztségviselője, Dr. *Miranda Li Wu* megválasztott elnök és *Bradley D. Miller, PhD* a nemzetközi kapcsolatok felelőse. A kétnapos, 2012. október 8–9-i programon Simonné Dr. Sarkadi Livia, az MKE elnöke fogadta, illetve kísért a vendégeket. Az első nap



Vendégeinkkel

és megnyitották az MKE *Őszi Radiokémiai Napok* rendezvényét, valamint ellátogattak Veszprémbe és kollégákat kerestek fel a Pannon Egyetemen. Másnap, október 9-én az MKE Intézőbizottság rendkívüli ülésén az ACS, az ACS Hungary Chapter és az MKE képviselői kölcsönösen tájékoztatták egymást az aktuális tevékenységükről, majd kötetlen beszélgetés keretében kérdések, javaslatok, ötletek hangzottak el. Az eszmecsere a kellemes hangulatú ebéd keretében is folytatódott.

Együttműködési megállapodás



Ünnepélyes aláírás

társ, közös tanfolyamok szervezése, a kémiával és a kémikusokkal összefüggő kiemelt fontosságú ügyek, események, programok globális és hazai támogatása szerepel többek között a megállapodásban.

Az MKE és az ACS Hungary Chapter (Amerikai Kémiai Társaság Magyar Szekciója) közötti együttműködési megállapodást írt alá 2012. október 17-én a két szervezet elnöke, Simonné Dr. Sarkadi Livia (MKE) és Dr. Guttman András (ACS Hungary Chapter). A kölcsönös szélesebb körű tájékoztatás, közös tanfolyamok szervezése, a kémiával és a kémikusokkal összefüggő kiemelt fontosságú ügyek, események, programok globális és hazai támogatása szerepel többek között a megállapodásban.

Megalakult Egyesületünk Fiatal Kémikusok Fóruma!

2012. október 28-án Szegeden, a XXXV. Kémiai Előadói Napok előestéjén megalakult a Fiatal Kémikusok Fóruma. A 35 év alatti, kémiával foglalkozó szakemberek számára az Egyesület szakosztályai, szakcsoportjai, területi szervezetei, munkahelyi csoportjai mellett ez egy fiatalokat összefogó Fórum, amely segíti a nemzetközi kémikus szervezetekkel való szorosabb kapcsolattartást, valamint széles körű tájékoztatást ad a fiatalok hazai és nemzetközi lehetőségeiről. A Fiatal Kémikusok Fóruma elnökének választotta Endrődi Balázst. További programjaikról, tevékenységeikről a hamarosan elkészülő honlapjuk ad majd tájékoztatást.



Sok munka vár rájuk

mint széles körű tájékoztatást ad a fiatalok hazai és nemzetközi lehetőségeiről. A Fiatal Kémikusok Fóruma elnökének választotta Endrődi Balázst. További programjaikról, tevékenységeikről a hamarosan elkészülő honlapjuk ad majd tájékoztatást.

Az MKE Intézőbizottság ülése

(2012. október)

1. Az Intézőbizottság támogatta, hogy együttműködési megállapodás jön létre az Amerikai Kémiai Társaság Magyar Szekciójával (ACS HC).
2. Az IB megtárgyalta az IMEKO nemzetközi szervezet magyarországi képviseletében (IMEKO Magyar Nemzeti Bizottság) történő MKE-szerepvállalás lehetőségét, feltételeit és perspektíváit összefoglaló előterjesztést, valamint meghallgatta *Princz Péter* szóbeli kiegészítését. Többeségi támogató döntéssel IB-határozat született, hogy a szerepvállalással kapcsolatban együttműködési megállapodás jöjjön létre az IMEKO MNB szervezetet működtető MATE-val.
3. Az IB részéről igényként merült fel, hogy a EuCheMS különböző szakmai részlegeibe (divízió, munkacsoport) delegált MKE-képviselőkkel személyes véleménycserére is legyen évente lehetőség, így ez a megoldás beépül az MKE IB munkaprogramjába.
4. Az IB döntött a 2013. évi Fabinyi Rudolf Emlékérem egyesületi elismerés odaítéléséről.
5. Az IB egyhangú támogatással megfogalmazta személyi javaslatát a Náray-Szabó István Tudományos Díj kuratóriuma egyik tagjának pótlására, és ezt továbbítja a kuratórium elnökének.
6. Simonné Sarkadi Livia bejelentette, hogy a 2013. évi EuCheMS Közgyűlés színhelye Budapest lesz.

Kovács Attila

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXVII. No. 12. December 2012

CONTENTS

- Red mud flow in Ajka, Hungary. Part two. Utilization and processing of red mud* **362**
JÁNOS SZÉPVÖLGYI, LÁSZLÓ KÓTAI
- Acid concentration by electrodialysis-electrolysis* **368**
ANDRÁS GERGELY, TAMÁS TÖRÖK, GYÖRGY VÉRTES, ZSOLTNÉ LAMBERTUS
- Potential breakthrough in commercial applications of crystalline carbon-based nanoscience* **374**
TIBOR BRAUN
- Bookreview
(*Chemistry of drug research*. Ed. György Miklós Keserű, reviewed by ISTVÁN GREINER) **375**
- („Familiar with all things” by György Inzelt, reviewed by MIKLÓS RIEDEL) **376**
- „To view the core of being at the centre hid” **377**
GYÖRGY INZELT
- Viking navigation. An interview with Gábor Horváth* **379**
VERA SILBERER
- Noted and Chemist. Margaret Thatcher* **382**
GÁBOR LENTE
- Chemistry calendar (Edited by JÓZSEF SÁNDOR PAP)* **383**
- Richter's award for Hungarian Chemistry Teaching* **385**
- Obituaries* **386**
- Chembits (Edited by GÁBOR LENTE)* **388**
- News of the Month* **390**



► Létünk az alkotás !

Az **Anton Paar** GmbH-t 1922-ben alapították Ausztriában. Azóta a grazi központ 15 leányvállalatot hozott létre, számos új méréstechnikai területen fejleszt, valamint új régiókban is közismertté vált. Jelenleg közel 1400 szakembert foglalkoztat. Az **Anton Paar** neve egybeforrt a nagypontosságú készülékek fejlesztésével és gyártásával a K+F illetve a minőség-ellenőrzés számára, valamint a robusztus folyamatos mérőrendszerek gyártásával. Piacvezető a sűrűségmérés és a reológia területén. Ezen kívül az **Anton Paar** számos területen újszerű megoldásokat fejleszt, mint például a SAXS rendszerek, refraktométerek és polariméterek, mikrohullámú reaktorok minta-előkészítésre és szintézisre, illetve zéta-potenciál mérők területén.

► Méréstechnikai megoldások a következő területeken:

Sűrűség- és koncentrációmérés
Reometria
Viszkozitásmérés
Termometria
Refraktometria
Felületi analízis
Polarimetria
Nanoszerkezetek tanulmányozása
Mikrohullámú mintaelőkészítés és szintézis



Anton Paar

www.anton-paar.com

ÉV VÉGI RADIKÁLIS ÁRCSÖKKENTÉS

Aktuális termékek
Kimagasló minőségben
Célszerű funkciókkal
Ismert gyártóktól
Óvatos árszinten

**SZÜKEBB KERETEKHEZ
IGAZÍTOTT ÁRAK...**

**Rekord engedmények:
-5 ... -30 %**

Valamennyi **WTW-termékre 12...22%**, kiemelt típusokra egyedi árak még jelentősebb (**22-30%**), valamennyi analitikai **mérlegre 20%** engedmény, és díjmentes kiegészítő tartozékok.

Néhány példa: NANOCOLOR UV/VIS szkennelős és zavarosságot is mérő fotométer tartozékaival: **1.250.000 Ft**, NANOCOLOR VIS szkennelős és zavarosságot is mérő fotométer tartozékaival: **700.000 Ft**, NANOCOLOR 500D precíziós laboratóriumi FOTOMÉTER: **550.000 Ft**, PF-12 univerzális adattárolós, motoros hullámhossz állítású mobil fotométer: **220.000 Ft**, az új PF-3 kompakt okos-fotométer: **99.000 Ft**, VARIO C2 érintőképernyős termoblokk: **200.000 Ft**, VISOCOLOR TALAJKOFFER helyszíni talajvizsgálatokhoz: nitrogén, pH érték, foszfát, kálium, talajszerkezet: **110.000 Ft**. Umweltkoffer környezetvédelmi mérőkészlet PF-12 fotométerrel: **313.000 Ft**.

TURB 430 IR, 550 és 555 IR: **precíziós zavarosság mérő készülékek 325.000 Ft-tól 805.000 Ft-ig.**

WTW pH 3110 terepi/labor koffer-szett készlet: **115.000 Ft**, oldott-oxigént mérő terepi/labor OXI koffer-szettek: **246.000 Ft-tól**, 4 paraméteres MULTI 340i SET: **525.000 Ft**, pH/Cond multiparaméteres SET: **315.000 Ft**.

OxiTop BOI mérő készülékek: **525.000 Ft-tól**, 6 férőhelyes biogáz termelés mérő készülékek **1.500.000 Ft-tól**. Multiparaméteres IDS ("Intelligent Digital Sensor") elektródás szettek: MULTI 3410 szettek: **210.000 Ft-tól**, MULTI 3420 szettek: **425.000 Ft-tól**, MULTI 3430 szettek: **572.000 Ft-tól**.

Automata vízmintavevők: **300.000 Ft-tól**, KOI mérő készülékek ISO 15705 szerint: **420.000 Ft-tól**, KOI roncsolók ISO 6060 szerint: **290.000 Ft-tól**, Kjeldahl-roncsolók **590.000 Ft-tól**.

Árkedvezményes automata TOC analizátorok, elemtartalom analizátorok, aminosav analizátorok és ionkromatográfok.

Akciós áron gázballonok, gázórák, biogáz analizátorok és légtér szennyezettség mérő műszer készülékek. /Valamennyi fenti ár nettó, ÁFA nélküli./

Kérje részletes ismertetőnket!



*Köszönjük az évközi együttműködést!
Kellemes Karácsonyi Ünnepeket és
Boldog Újesztendőt kívánunk !*

AKTIVIT Kft.
1145 Budapest, Pétervárad u. 14.
Tel.: +36-(1)-470-0125, 221-7865.
Levél: 1581 Budapest 146, PF: 104.
Fax: 252-9940, Mail: info@aktivit.hu, web: www.aktivit.hu
Környezetvédelmi műszerek, analitikai eszközök