

TARTALOM

	oldal
Borbély G., Nagy E.: Komplexképzéssel segített membránszűrés alkalmazása ipari szennyvizek fémtartalmának kinyerésére	42
Eredményhirdetés	52
Műszaki Kémiai Napok	53
Közelgő membrános konferenciák, kurzusok	55

Komplezképzéssel segített membránszűrés alkalmazása ipari szennyvizek fémtartalmának kinyerésére

Borbély Gábor, Nagy Endre

Pannon Egyetem, Műszaki Kémiai Kutató Intézet

8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

Bevezetés

A felületkezelő iparok, mint pl. a galvanizálással foglalkozók, valamint a bányászkodás szennyvizeiben gyakran igen magas nehézfém-koncentrációk mutathatók ki, ám az értékek jelentősen szórnak (1. táblázat).

1. táblázat: *Fém tartalmú minták összehasonlítása*

<i>Fém [mg/l]</i>	<i>[EPA, 1991]</i>	<i>[Ajmal et. al., 1996]</i>	<i>[Papadopoulos et. al., 2004]</i>	<i>[Bánki et. al., 2006]</i>
Cink	355,1	56	0,34	48,219
Kadmium	220,5			0,184
Mangán				0,005
Nikkel	643,9	20	45,7	
Ólom	1,12			0,196
Réz	729,1	20	<0,05	0,068
Vas	1177		<0,025	0,147

EPA: egy galvanizáló üzem szennyvíztisztítójának iszapja; Ajmal: egy galvanizáló üzem elfolyó szennyvize; Papadopoulos: egy galvanizáló üzem technológiai mosóvize; Bánki: egy felhagyott cink- és ólomérc bánya bányavize

Sok technika ismeretes arra, hogyan lehet fémeket vizes oldatból kinyerni (kicsapás, derítés, flotálás, szorpciós eljárások), ám szinte mindegyiknek van valamennyi mellékterméke, amivel az ipar nem feltétlenül tud mit kezdeni, s ráadásul ezen melléktermékek szinte kivétel nélkül veszélyes hulladékként kezelendők. Milyen elvárásokat támaszthatunk egy fémeltávolító eljárással szemben?

- Legyen kellően hatékony, valamint gyors.
- Legyen gazdaságosan üzemeltethető, beruházása mielőbb megtérülő.
- Minél kevesebb káros mellékterméket produkáljon.

- Általa csökkenjen a környezet terhelése.
- A tisztított oldat a felszíni vizekbe bocsátható legyen.

Több új eljárás is létezik, mely képes lehet teljesíteni őket, ám ipari alkalmazásaik eddig még nem igazán ismertek. Ilyenek lehetnek például a különböző elektrokémiai módszerek [Pethő et. al., 2008], illetve a membrános eljárások, ha kellő gondossággal tervezzük őket.

A membrános eljárások között számos olyat találhatunk, melyek potenciálisan alkalmasak lehetnek (nehéz)fémek oldatból történő eltávolítására. Ezek a következők [Frenay, 2003]:

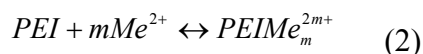
- nyomáskülönbségen alapuló eljárások közül a fordított ozmózis [Ozaki et. al., 2002] és a nanoszűrés [Bruggen & Vandecasteele, 2003],
- dialízis és az elektrodialízis [Strathmann, 2000],
- membrándeztilláció [Strathmann et. al., 2006],
- folyadékmembránok alkalmazása [Nagy et. al, 1991], és
- hibrid eljárások (pl.: micellaképzéssel segített ultraszűrés [Akita et. al., 1999], komplexképzéssel segített ultraszűrés [Bodzek et. al., 1999]).

A hagyományos eljárásokkal szemben a membrános eljárások alkalmazásakor ugyan magasabb költségekkel számolhatunk, ám a legtöbb esetben a folyamat hatékonysága is jobb. Hibrid eljárásokról beszélünk akkor, amikor a membrános elválasztáshoz szorosan kapcsolódik egy másfajta technika is, ami által a membrános módszerek hatékony alkalmazhatóságának keretei kiszélesednek. Ilyen az általunk alkalmazott komplexképzéssel segített ultraszűrés is, melynek révén a nyomáskülönbségen alapuló eljárások fémeltávolításban alkalmazható mérettartománya bővül ki.

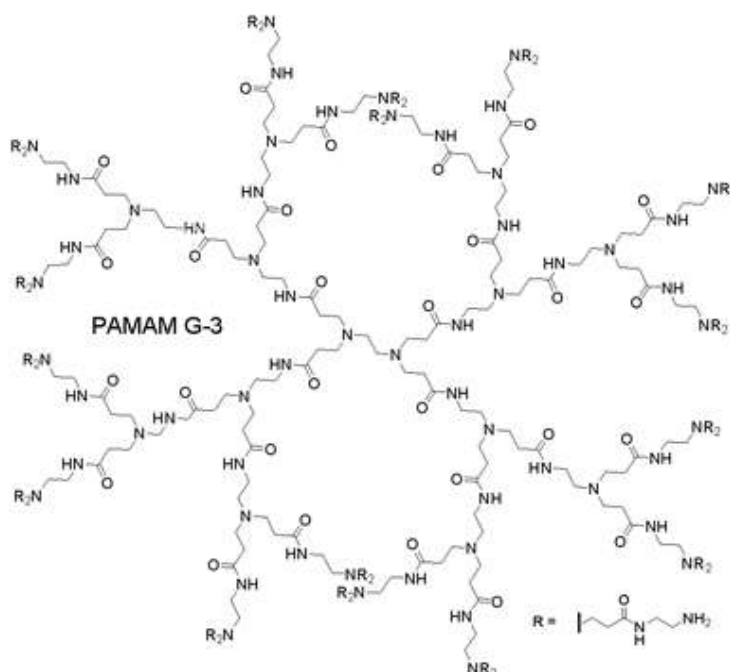
Az eljárás ismertetése

Fémek vizes oldatból történő kinyerésére számos membránszeparációs eljárás létezik, az egyik lehetséges módszer közülük a komplexképzéssel segített ultraszűrés, melynek alap gondolata az, hogy a különböző makromolekulák intermolekuláris kölcsönhatások révén képesek kis molekulású anyagok megkötésére, mely vagy komplexképzésben, vagy ionos kötés kialakításában, esetleg ezek kombinációját jelenti. Ennek köszönhetően a kis molekulású anyagokat tartalmazó oldatok is egyszerűen szűrhetővé válnak. Az ötlet nem új keletű, először Michaels említi, 1968-ban [Michaels, 1968]. A kétvegyértékű fémionok és a

vízoldható polimerek között lejátszódó reakció a következő (Eqs. (1), (2)) [Molinari et. al., 2002]:



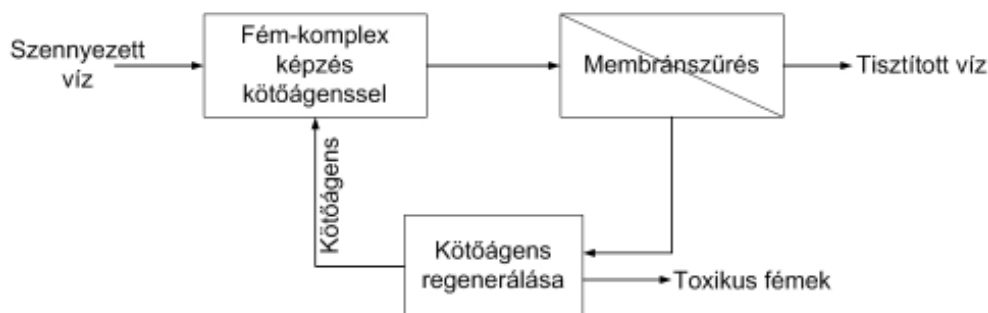
A különböző irodalmakban találhatunk meglehetősen sok példát különféle komplexképzők alkalmazására. Az általunk is használt polietilénimin (PEI) a leggyakrabban alkalmazott komplexképző ágensek egyike (pl.: [Smith és Robinson, 1998; Cañizares et. al., 2002]). Alkalmunk nyílt továbbá egy újabb anyagcsoport, a poliamido-amin (PAMAM) dendrimerek két tagjának kipróbálására is, melyek Intézetünkben lettek szintetizálva. Ezek alkalmazhatósága rendkívül széles körű, többek között a víztisztítás említett formájában is kiválóan használhatók. A dendrimerek definíció szerint olyan gömbszimmetrikus makromolekulák, melyek alapvetően három, egymáshoz kovalens kötésekkel kapcsolódó részből épülnek fel: a központi magból (a PAMAM-oknál etilén-diamin), a belső elágazó csoportokból és a láncvégi – funkciós – csoportokból [Diallo, 2006]. Az egymásra épülő csoportok száma határozza meg a dendrimer generációját. A szintézisközi stabil termékeket feles generációnak nevezzük (1. ábra).



1. ábra: G3.0 dendrimer szerkezete [www.aapspharmscitech.org]

Az alkalmazható membránmodulok konfigurációját tekintve tulajdonképpen teljesen mindegy, hogy síkmodult vagy kapilláris modult használunk, mi a méréseinket síkmodullal szerelt készülékkel végeztük. A választott membránnal szemben nincs egyéb követelmény, mint a megfelelő fizikai és kémiai ellenálló képesség, illetve természetesen a megfelelő vágási él.

A komplexképző regenerálására több mód is létezik: vagy megsavanyítjuk az oldatot ($\text{pH}_{\text{max}} = 4$), ezzel olymértékben meggyengítve a polimer-fém kötéseket, hogy hirtelen hozzáadott lúg hatására a fémhidroxidok kicsapódjanak [Llorens et. al., 2004], vagy alkalmazhatunk valamilyen elektrokémiai módszert, például az elektrodialízist [Schlichter et. al., 2004], ezzel elkerülhetjük a további felesleges vegyszeradagolást, valamint az iszapképződést. Az eljárás vázlatos rajza a 2. ábrán látható.



2. ábra: A komplexképzéssel segített membránszeparáció vázlatos rajza

Vizes közegből történő fémeltávolításra ez az eljárás a legígéretesebb eljárások egyike, ugyanis gyakorlatilag nincs olyan mellékterméke, melyet ne lehetne valahol valamilyen módon felhasználni: a komplexképző regenerálható, a fémtartalmú oldat pedig elég tömény lehet a technológiába történő visszaforgatáshoz.

Anyagok és módszerek

Kísérleteinket nikkel és cink modelloldatokkal végeztük, ahol a fémek Cl^- formában voltak jelen (NiCl_2 és ZnCl_2). A tesztelt komplexképző ágensnek főbb paramétereit a 2. táblázat foglalja össze.

Ahogy azt már említettem, a PAMAM-okat Intézetünkben állítottuk elő. Mivel csak igen kis mennyiség állt rendelkezésünkre, így csak kislaboratóriumi méretekben alkalmaztuk a kísérletekben. A PEI-vel viszont nagyobb méretű szűrőmodullal is végeztünk méréseket. A két berendezés főbb paramétereit, valamint az alkalmazott mérési tartományokat a 3. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Az alkalmazott komplexképző ágensek főbb paramétereit

Név	Molekulatömeg [g/mol]	Funkciós csoport
PEI	25000	-NH ₂
PAMAM G4.5	23441	-COOH
PAMAM G5.0	28825	-NH ₂

3. táblázat: Az alkalmazott berendezések és mérési tartományok

		
	PEI	PAMAM
Membrántípus	PES-10 PES-20	PES-10
Szűrési mód	cross-flow	dead-end
A_{membrán} [cm²]	63,62	19,63
V_{betáp} [cm³]	1000	50
p [bar]	0,5-5	5
T [°C]	15-25	~ 20 (szobahőm.)
pH	2-9	2; 7; 9
Polimer/fém [mol/mol]	0,01-5	0,1; 1

PES-10: poliéterszulfon anyagú, MWCO = 10 kDa vágási élű membrán

PES-20: poliéterszulfon anyagú, MWCO = 20 kDa vágási élű membrán

A gyűjtött 30 perces átlagminták elemzése atomabszorpciós spektrofotometriás (AAS) módon történt.

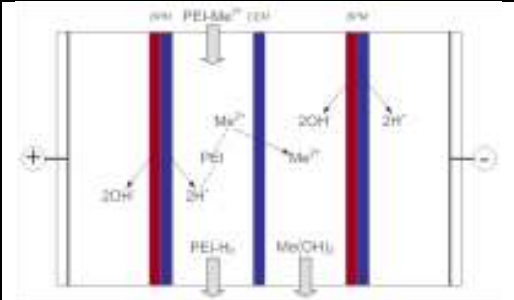
Az eredmények a későbbiekben minden esetben retencióban (R [%]) kerülnek megadásra, melynek definiálása a következő (Eq. (3)):

$$R [\%] = \left(1 - \frac{c_p}{c_0} \right) * 100, \quad (3)$$

ahol

- c_p a permeátumban mért fémkoncentráció,
- c_0 a betáplált fémoldat koncentrációja.

Schlichter és munkatársai [2004] útmutatásait követve megkíséreltük a komplexképzők regenerálását is bipoláris membránnal szerelt elektrodializáló berendezéssel. A cella összeállítását a 3. ábra mutatja. A membránok felülete egyenként 100 cm^2 , az alkalmazott feszültség konstans $U = 36 \text{ V}$.

	Sótkör	300 cm^3 polimer-fém komplex
	Lúgkör	300 cm^3 2 g/l NaCl
3. ábra: Bipoláris membránnal szerelt elektrodializáló cella működési vázlat	Elektroda	500 cm^3 0,05 M Na_2SO_4

Eredmények

A vizsgált paraméterek közül a pH hatása a PEI esetén nem egyértelmű, míg a PAMAM esetében – ahogy azt irodalmi adatok alapján is várni lehetett [Rether & Schuster, 2003] – jelentős volt a pH-tól való függés. Méréseinket így PEI esetén az oldatok saját pH-ján (NiCl_2 : 5,5; ZnCl_2 : 2,1), míg PAMAM esetén 9-es pH-n végeztük.

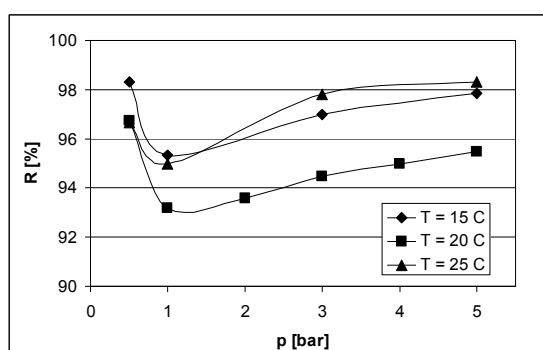
A PEI-vel végzett mérések során jelentős hatása volt minden vizsgált esetben a nyomásviszonyoknak, pontosabban a transzmembrán-nyomásnak (p). Ezt szemléltetik a következő grafikonok (4-7. ábrák), melyek közül a 4. és 5. ábrán jól látszik a hőmérséklet (T)

vizsgált tartományban mutatott elhanyagolható szerepe is. PAMAM esetén a fentebb leírtaknak megfelelően nem tudunk a nyomás- és hőmérsékletviszonyokat vizsgálni.

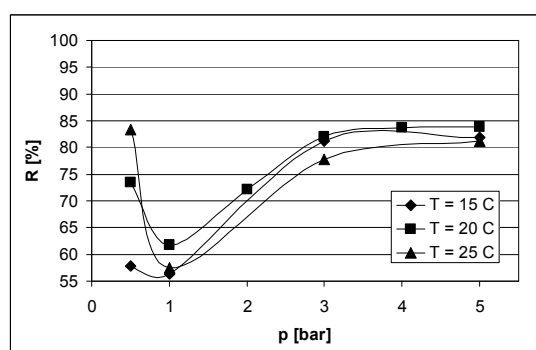
A 6-8. ábrák a molarányok döntő szerepét mutatják.

A transzmembrán-nyomástól való függés görbéinek lefutása meglepő. Megjegyezzük, hogy valamennyi nyomás függvényében felvett görbénk ezt a tendenciát mutatta.

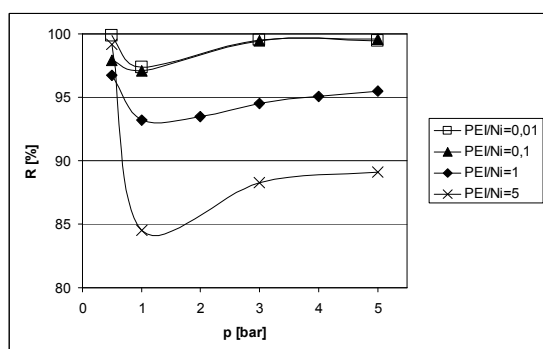
A molaránytól való függés szintén nem azt az eredményt hozta, mint ami várható lett volna, azaz hogy több komplexképző több fémeket képes megkötni. Épp ellenkezőleg alakult: a kevesebb komplexképző kötött meg több fémeket. (Komplexképző nélkül gyakorlatilag $R = 0\%$ -nak vehető.) Feltételezhető, hogy létezik egy olyan minimális komplexképző/fém arány, melynél a retenciónak maximuma van. Technológiai szempontból ez kedvező, ám e hatás tisztázása további vizsgálatokat igényel. Érdekes megfigyelni, hogy kisebb molarány mellett a nyomás hatása jelentősen csökken.



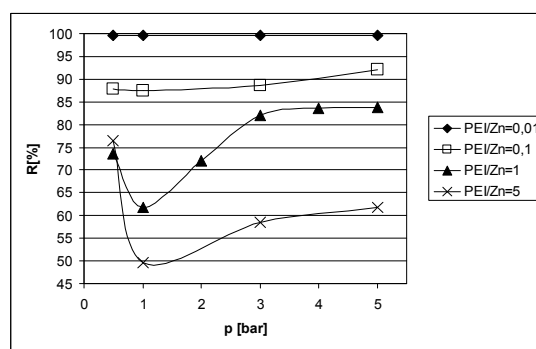
4. ábra: A transzmembrán-nyomás hatása különböző hőfokokon a Ni^{2+} PES-20 membránnal történő eltávolítására. $\text{PEI}/\text{Ni}^{2+} = 1 \text{ mol/mol}$



5. ábra: A transzmembrán-nyomás hatása különböző hőfokokon a Zn^{2+} PES-20 membránnal történő eltávolítására. $\text{PEI}/\text{Zn}^{2+} = 1$



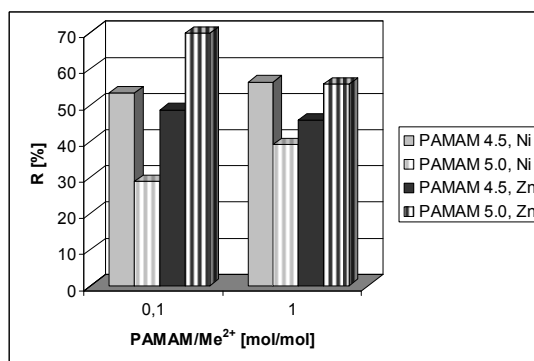
6. ábra: A $\text{PEI}/\text{Ni}^{2+}$ molarány hatása a retencióra. PES-20 membrán, $T = 20 \text{ °C}$



7. ábra: A $\text{PEI}/\text{Zn}^{2+}$ molarány hatása a retencióra. PES-20 membrán, $T = 20 \text{ °C}$

A PAMAM-okkal nem sikerült megközelíteni a 90%-os retenciót, aminek oka talán a dendrimerek esetleges szennyezettségében keresendő.

A komplexképző regenerálása ezidáig kevés sikerrel járt. A Schlichter és munkatársai [2004] által PEI-re kapott érték 20 % körüli (ők PEI-Cu²⁺-komplexet próbáltak megbontani), ezt elérni nekünk is sikerült, felülmúlni viszont egyelőre nem. A PEI-Me²⁺ kötés meglehetősen erős, a komplex stabil.



8. ábra: PAMAM dendrimerek Ni²⁺- és Zn²⁺-megkötő képessége a molarány függvényében. PES-10, pH = 9

Következtetések

Eddigi eredményeink alapján levonhatjuk a következtetést, hogy a komplexképzéssel segített ultraszűrés jól alkalmazható fémtartalmú szennyvizek tisztítására. A rendszer erőssége, hogy, könnyen fejleszthető, optimalizálható konkrét feladatokhoz. A módszer gyenge pontja egyelőre a komplexképző regenerálhatósága, ám feltehetőleg a működési paraméterek megfelelő megválasztása e részlépés hatékonyságát is képes lesz elfogadható mértékűre javítani. A két részlépés (komplexképzéssel segített ultraszűrés és elektrodialízis) összekapcsolható, így megvalósítható egy kvázi félfolyamatos üzem a fémionok eltávolítására.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretnénk köszönetet mondani Dr. Halmos Pálnak (Pannon Egyetem, Analitikai Kémia Intézeti Tanszék) az analitikai vizsgálatok elvégzéséért. Munkánk anyagi háttérét az OTKA 63615/2006 sz. projektje biztosította.

Irodalomjegyzék

Ajmal, M., Rao, R. A. K., Siddiqui, B. A.: Studies on removal and recovery of Cr(VI) from electroplating wastes, *Water Research* 30 (1996) 1478-1482

Akita, S., Castillo, L. P., Nii, S., Takahashi, K., Takeuchi, H.: separation of Co(II)/Ni(II) via micellar-enhanced ultrafiltration using organophosphorus acid extractant solubilized by nonionic surfactant, *Journal of Membrane Science* 162 (1999) 111-117

Bánki, J., Csövári, M., Földing, G., Ötvös, K.: A felhagyott gyöngyösoroszi Zn-, Pb érc bányászati bányatárségek vízminőségének alakulása és geokémiai viszonyai, Magyar Hidrológiai Társaság, XXIV. Országos Vándorgyűlés, Pécs, 2006. július 5-6.
www.hidrologia.hu/vandorgyules/24/5szekcio/240501.doc

Bélafiné Bakó K.: Membrános műveletek, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2002

Bodzek, M., Korus, I., Loska, K.: Application of the hybrid complexation-ultrafiltration process for removal of metal ions from galvanic wastewater, *Desalination* 121 (1999) 117-121

Bruggen, B. V. d., Vandecasteele, C.: Removal of pollutants from surface water and groundwater by nanofiltration: overview of possible applications in the drinking water industry, *Environmental Pollution* 122 (2003) 435-445

Cañizares, P., Pérez, Á., Camarillo, R.: Recovery of heavy metals by means of ultrafiltration with water-soluble polymers: calculation of design parameters, *Desalination* 144 (2002) 279-285

Diallo, M.: Water treatment by dendrimer-enhanced filtration, Canadian Patent Application, CA 2578338, 2006

EPA: Project Summary. Characterization and Treatment of Wastes from Metal-Finishing Operations, EPA/600/S2-90/055, Mar. 1991, www.epa.gov/p2pays.org/ref/36/35561.pdf (2008. IV. 29., BG.)

Frenay, J.: Selection of bonding agents for the removal of metals from liquid effluents by a fast process based on the membrane ultrafiltration, PERMEA 2003 Proceedings of the Membrane Science and Technology Conference of the Visegrad Countries with Wider International Participation, Tatranské Matliare, Slovakia, 7-11 September, 2003, p. 38

Llorens, J., Pujolá, M., Sabaté, J.: Separation of cadmium from aqueous streams by polymer enhanced ultrafiltration: a two-phase model for complexation binding, *Journal of Membrane Science* 239 (2004) 173-181

Michaels, A. S.: Ultrafiltration, In: Perry, E. S. (Ed.): *Advances in Separation and Purification*, John Wiley, New York, NY, 1968

Molinari, R., Argurio, P., Poerio, T.: Comparison of polyethylenimine, polyacrylic acid and poly(dimethylamine-co-epichlorohydrin-coethylenediamine) in Cu^{2+} removal from wastewaters by polymer-assisted ultrafiltration, *Desalination* 162 (2004) 217-228

Nagy, E., Stelmaszek, J., Gorska, L., Ujhidy, A.: A hidrogén-koncentráció hatása a fémionok kinyerésére folyadék-membrán eljárással, *Magyar Kémikusok Lapja*, XLVI. No. 9-10 (1991) 386-389

Ozaki, H., Kusumakar, S., Saktaywin, W.: Performance of an ultra-low-pressure reverse osmosis membrane (ULPROM) for separating heavy metal: effects of interference parameters, *Desalination* 144 (2002) 287-294

Pethő, D., Horváth, G., Gáspár, Gy., Liszi, J., Tóth, I.: Ipari szennyvíztisztítás elektrokémiai módszerrel, *Műszaki Kémiai Napok '08, Veszprém, 2008. április 22-24., Konferencia kiadvány*, 354-358

Rether, A., Schuster, M.: Selective separation and recovery of heavy metal ions using water-soluble N-benzoylthiourea modified PAMAM polymers, *Reactive & Functional Polymers* 57 (2003) 13-21

Schlichter, B., Mavrov, V., Erwe, T., Chmiel, H.: Regeneration of bonding agents loaded with heavy metals by electrodialysis with bipolar membranes, *Journal of Membrane Science* 232 (2004) 99-105

Smith, B. F., Robinson, T. W.: Water-soluble polymers for recovery of metal ions from aqueous streams, *United States Patent*, Patent Number: 5766478, 1998

Strathmann, H., Giorno, L., Drioli, E.: An introduction to membrane science and technology, *Institute on Membrane Technology, CNR-ITM at University of Calabria, Italy*, 2006, pp. 100-110

Strathmann, H.: Electrodialysis, In: Wilson, I. D., Adlar, E. R., Cooke, M., Poole, C. F. (Eds.): *Encyclopedia of separation science*, Academic Press, 2000, pp. 1707-1717
www.aapspharmscitech.org/view.asp?art=pt060363 (2008. IV. 29., BG.)

**Az idei membrános Nyári Egyetemen
való részvételre meghirdetett pályázat**

EREDMÉNYHIRDETÉSE

A *Membrántechnika* idei 1. számában (2008. február), a MKE Membrántechnikai Szakosztálya által meghirdetett felhívásra a megadott határidőn belül (2008. április 15.) négy pályázat érkezett, így az elbírálás nem okozott nagy nehézséget a Szakosztály vezetésének. A nyertesek:

CSERJÉSI PETRA, Pannon Egyetem, Veszprém

FOGARASSY ESZTER, Budapesti Corvinus Egyetem

KERTÉSZ SZABOLCS, Szegedi Tudományegyetem

LOVÁSZ ANETT, Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A sikeres pályázók megkapják a pályázatra elkülönített összeget, így a Membrános Nyári Egyetemen (Leoven, 2008. szeptember) való részvételükre 50-50 ezer Ft áll rendelkezésükre. A pályázat nyertesei a Nyári Egyetemről beszámolót készítenek, amelyet lapunk megjelentet. A támogatás felhasználásáról a rendezvényt követően költségelszámolást kell készíteni a szakosztály felé.

MŰSZAKI KÉMIAI NAPOK **Veszprém, 2008. április 22-24.**

A hagyományokhoz híven a veszprémi Várban található VEAB székház adott otthont a Műszaki Kémiai Napok 2008. évi rendezvényeinek. A három napos konferencián az első napi plenáris előadásokat (ahol Szerencsés Zoltán, Rákhely Gábor, Kiss István és Jiri Klemes volt a felkért előadó) követően több szekcióban folyt a szakmai munka. A szerda délelőtti membrános szekcióban (elnök Nagy Endre) – amely a Magyar Kémikusok Egyesülete Membrántechnikai Szakosztályának idei kihelyezett ülését is jelentette – szegedi és budapesti kollégák mellett veszprémiek számoltak be eredményeikről



Cserjési Petra előadást tart a VEAB könyvtárában

Elsőként Nagy Endre a membrán bioreaktorok matematikai leírását mutatta be, majd nikkel és cink membrános szeparációjáról (Borbély Gábor, PE), feketeribizli membrános besűrítéséről (Szép Angéla, SZTE), pektinek membrán bioreaktorban történő hidrolíziséről (Kiss Katalin, PE), s galakturonsav elektrodialízissel történő kinyeréséről (Molnár Eszter, PE) hallhattunk előadásokat. A kávészünet előtt a BCE-ről az ausztriai Johannes Kepler Egyetemre került Kovács Zoltán számolt be (angolul) a membrán rendszerek tervezésénél alkalmazható numerikus módszerekről.

A kávészünetet követően ionos folyadékból előállított folyadék membránok (Cserjési Petra, PE – képünkön), ammónium laktát elektrodialízises bontása (Huj Mónika, PE) és izopropanol pervaporációs elválasztása (Vatai Gyula, BCE) területén elért eredményekről tartottak a kollégák előadást.

A szekcióülés után közvetlenül került sor Búcsú Dénes (PE) PhD házivédésére, aki a biohidrogén dúsításánál alkalmazott membrános gáz szeparáció lehetőségeit taglalta. A bírálók és a jelenlevők egyöntetűen úgy ítélték, hogy a dolgozat benyújtható a PhD fokozat eléréséhez.

A csütörtök délelőtti szervezett MTA Vegyipari Műveleti Munkabizottság ülésén az egyik előadó is membrános témát mutatott be: Cséfalvay Edit (BME) a szennyvizek és hulladékvizek membrános kezelésének részleteit mutatta be.

A keddi esti, VEAB pincében megtartott hagyományos fogadás ismételten remek lehetőséget nyújtott a résztvevő ipari szakemberek illetve egyetemi/kutatóintézeti kollégák számára a legújabb tudományos eredmények megvitatására és (nemcsak) szakmai csevegésre – terített asztalok mellett, kellemes, oldott hangulatban.

KÖZELGŐ MEMBRÁNOS KONFERENCIÁK, KURZUSOK

7th Scientific Conference: Membranes and Membrane Processes in Environmental Protection

2008. június 5-7, Ustron, Lengyelország

További információ: Prof. Krystyne Konieczny
E-mail: membrany@pols.pl
www.ise.polsl.pl/membrany.html

International Congress on Membranes and Membrane Processes (ICOM 2008)

2008. július 12-18, Honolulu, Hawaii, USA

További információ: Ingo Pinnau, Chairman
Membrane Technology and Research, Inc. (USA)
E-mail: ipin@mtrinc.com
<http://www.icom2008.org>

Summer School on Modelling Membrane Bioreactor Processes

2008. július 15-17, Gent, Belgium

További információ: BIOMATH Dep. of Ghent University
Dr. Ingmar Nopens
summerschool@mbr-train.org
MBR-TRAIN
RWTH Aachen University
Ms Rita Hochstrat
info@mbr-train.org
www.mbr-train.org/summerschool

XXV EMS Summer School: Solvent resistant membranes

2008. szeptember 7-11, Leuven, Belgium

További információ: Chris Laermans
Centre for Surface Chemistry and Catalysis (COK)
Department of Microbial and Molecular Systems
Faculty of Bioscience Engineering

Katholieke Universiteit Leuven
Kasteelpark Arenberg 23, box 2461
B-3001 Leuven, Belgium
E-mail: EMS-SS@biw.kuleuven.be
<http://www.biw.kuleuven.be/emsss2008>

CHISA 2008

2008. augusztus 24-28, Prága, Csehország

További információ: CHISA 2008
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1
Czech Republic
Fax: +420 221 082 366 or +420 233 335 529
E-mail: org@chisa.cz,
Paper administration: paper@chisa.cz
www.chisa.cz/2008

12. Aachener Membran Kolloquium

2008. október 28-30, Aachen, Németország

További információ: Jozef Kochan
Phone: +49 (0) 2 41 - 8 09 39 96
E-mail: amk@avt.rwth-aachen.de
www.amk.rwth-aachen.de

EuroMembrane'09

2009. szeptember 6-10, Montpellier, Franciaország

További információ: Gérald POURCELLY
(IEM, France)
E-mail: euromembrane2009@iemm.univ-montp2.fr
<http://www.euromembrane2009.com>