

MEMBRÁN-

TECHNIKA

IPARI



BIOTECHNOLÓGIA

XVI. évfolyam 3. szám

2025. szeptember

TARTALOM

oldal

Koók L., Hülberné Beyer É.A., Rózsenszki T.: A szerves elektroszintézis reneszánsza az elektrokémiai integráción alapuló biofinomítóknak – a fermentált hulladék alapú szerves savak esete.....	34
Útibeszámoló: Sótalanítás a környezetért – Tiszta víz és energia konferencia	40
PERMEA konferencia.....	48
Közelgő membrános konferenciák, kurzusok.....	51

A szerves elektroszintézis reneszánsza az elektrokémiai integráción alapuló biofinomítókban – a fermentált hulladék alapú szerves savak esete

Koók László, Hülberné Beyer Éva Anna, Rózsenszerszki Tamás*

Pannon Egyetem, Bio-, Környezet- és Vegyészmérnöki Kutató Fejlesztő Központ,
Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Csoport
Veszprém, Egyetem u. 10.

[*kook.laszlo@mk.uni-pannon.hu](mailto:kook.laszlo@mk.uni-pannon.hu)

Fenntartható biofinomítók, elektrifikáció

Napjainkban a vegyipari termelés egyre jelentősebb hányada mozdul el a petrokémiai alapú megközelítésről a bio-alapú kémia irányába a hatékonyabb erőforrás-gazdálkodás elősegítésének és a modern direktívák követésének érdekében. Különösen érdekes ez a trend a biofinomítók fejlődése és az előállított termékek terén, ahol megfigyelhető, hogy egyre szélesebb spektrumú hulladékok, szennyvizek és egyéb melléktermékek jelentik a fenntarthatóbb vegyipar kiinduló szubsztrátjait, akár ipari, lakossági vagy környezeti forrásból. Mindemellett a feldolgozás során számos új biotechnológiai eljárás is megjelenik, melynek egyik kiemelkedő példája az ún. bioelektrokémiai rendszerek (BER).

A BER számos fajtája ismert, kezdve a hulladék alapú elektromos áramtermelésére szolgáló mikrobiális üzemanyagcelláktól a CO₂-befogást és redukciót megvalósító bioelektroszintézis cellákon át az ún. elektrofermentációig, mely során a fermentációt végző mikrobák mikrokörnyezetét és metabolikus anyagsereútjaik egyensúlyát elektrokémiai stimulációval befolyásolhatjuk a nagyobb hozamú és szelektívebb termék-előállítás érdekében [1]. Az így kialakított elektro-biofinomítók alkalmasak lehetnek arra, hogy komplex alapanyagok feldolgozása közben bioelektromos energiát vagy energiahordozót (pl. H₂) termeljenek, illetve megújuló alapú energiabefektetéssel egyszerűbb szerves komponenseket állítsanak elő (szerves savak, alkoholok) CO₂ megkötése és konverziója által [2]. Az új koncepciót érintő

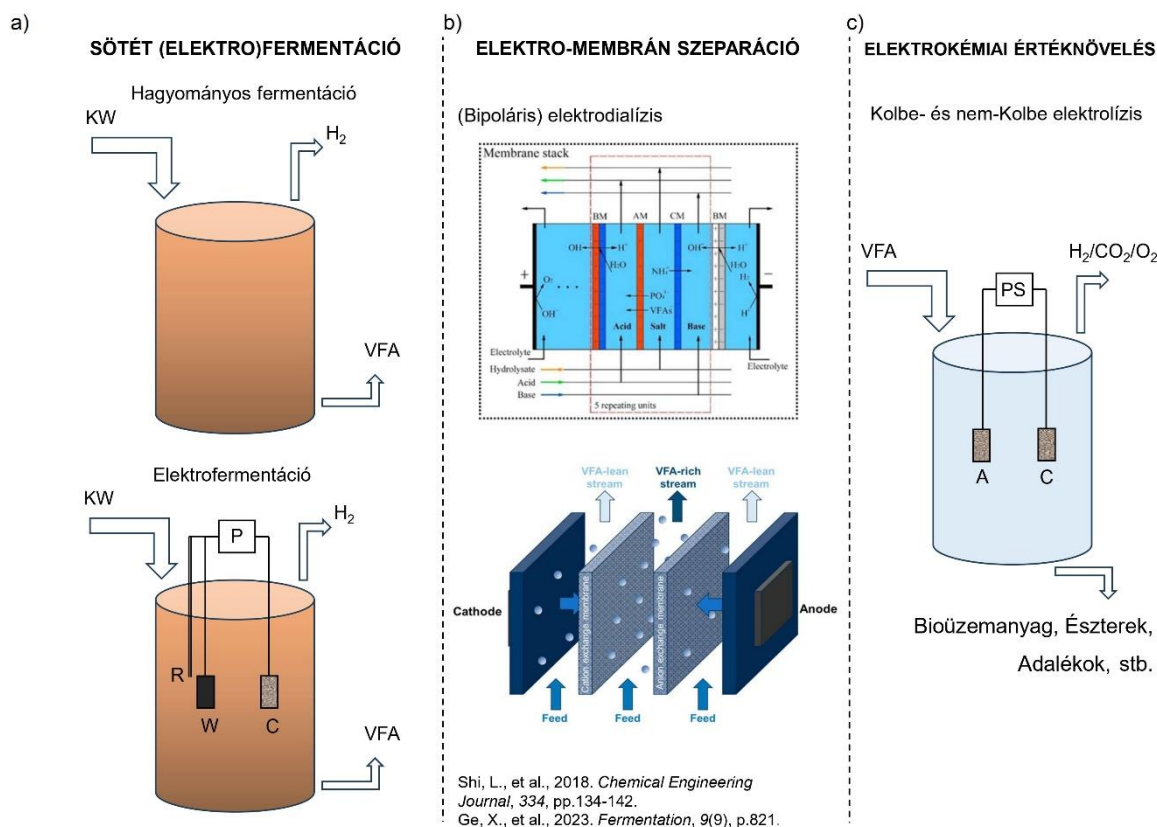
intenzív és gyümölcsöző tudományos kutatómunkát értelmezhetjük annak fényében is, hogy a felkínált technológiák jól illeszkednek az egyre hangsúlyosabb elektrifikációs trendekhez, hiszen megújuló elektromos áram előállítása és egyéb megújuló felhasználása is fellelhető az elektro-biofinomító sémában. A gyakorlati és belátható időn belüli ipari megvalósításhoz ugyanakkor további két fontos rész kérdést is figyelembe kell vennünk: a szeparációs eljárások szükségességét és típusát, valamint az előállított egyszerű termékek utókezelését, továbbalakítását. Továbbá azt is, hogy a folyamatok hogyan illeszthetők az elektrifikációra, tehát az elsősorban megújuló elektromos áram ipari integrációjára irányuló törekvésekhez. A következőkben a hulladékok fermentációjával előállított szerves savak elektrokémiai értéknövelésének példáján járjuk körbe ezt a kérdéskört.

Szerves savak fermentációja – az elektrokémiai folyamatok integrálása az előállítási, szeparációs és értéknövelési lépésekhez

A szerves savak (vagy illékony zsírsavak, angolul: volatile fatty acids, VFA) fermentatív előállítása elektrokémiai integrációval kifejezetten jó példa az első generációs elektro-biofinomítók működési elvének bemutatására. A VFA-k önmagukban is értéket képviselnek, felhasználásuk széleskörű, ideértve pl. a gyógyszeripart, ízanyagok, észterek előállítását, kozmetikumokat, tisztítószereket vagy bioműanyagokat [3]. Anaerob módon ún. sötét fermentáció folyamán termelődnek, és H_2 képződése mellett akkumulálódnak az elfolyóban [4]. Napjaink egyik intenzív kutatási irányában pedig fermentációs alapanyagként szerves hulladékokat (pl. konyhai hulladék, angolul: kitchen waste, KW) használnak fel, így megvalósítva a biofinomító üzemelést [5].

Ezt a viszonylag egyszerű sémát tovább gondolva minden fő műveleti lépcsőben megvalósítható a célzott elektrokémiai integráció. A fermentációs lépés optimalizálására, hosszabb szénláncú VFA-k előállítására és alapvetően a kinetika intenzifikálására elérhető megoldás a folyamat elektrokémiai vezérlése és stimulálása [6,7]. Az elektrofermentáció (**1.a ábra**) során a fermentorban elektródokat helyezünk el, és anódos vagy katódos potenciálszabályzást végezve (termékképződés javítására ez

utóbbi javasolt) extra redukáló erőt biztosítunk a mikrobák anyagcserefolyamataikhoz. Jelen tudásunk szerint ennek a beavatkozásnak több szerepe is lehet: (i) redoxpotenciál szabályozás, (ii) indirekt és direkt elektrontranszfer elősegítése, illetve (iii) kofaktor regenerálás intenzifikálása [8]. E hatások eredménye pedig jellemzően előnyösebb végső VFA profil (értékesebb savak felhalmozódása) és gyorsabb, szelektívebb fermentáció.



1. ábra – Elektro-biofinomító koncepció fermentatív VFA előállítás, szeparáció és elektrokémiai értéknövelés példáján. a) hagyományos- és elektrofermentáció; b) elektro-membrán VFA szeparáció; c) elektrolitikus értéknövelés VFA-k oxidatív dekarboxilezésével.

A fermentációt követően – és az elektrokémiai utókezelés feltételeként – a VFA-k szelektív kinyerése és koncentrációja szükséges. Az elektrokémiai módszerek, különösen az elektrodialízis, ideális megoldást nyújthat (**1.b ábra**). A folyamat során egy membránmodulban felváltva elhelyezett anion- és kationcserélő (valamit egyes módszereknél bipoláris) membránokon keresztül, a modul két pólusánál elhelyezett elektródok közé kapcsolt elektromos feszültség mint hajtóerő hatására jutnak át a

komponensek ionos formában [9,10]. Ennek megfelelően VFA-ban híguló és töményedő fázisokat kapunk. Ez az elektro-membrán technika jól illeszkedik az említett elektrifikációs törekvésekhez, hiszen megújuló elektromos energiával jól kombinálható. Melléktermékként pedig sok esetben olyan fázisokat kapunk (pl. koncentrált lúgot), melyet újra felhasználhatók.

A már kinyert, koncentrált VFA-k, noha értékes terméknek tekinthetők, további értéknövelésre lépéseket valósíthatunk meg, akár elektrokémiai módszerekkel is. Éppen az említett tématerület okán került újra előtérbe – és éli reneszánszát az elmúlt 10 évben – a több, mint 170 éve felfedezett ún. Kolbe-elektrolízis. Ez az elektro-oxidatív dekarboxilezésen alapuló szintetikus eljárás Michael Faraday előzetes tanulmányaiból és teljes részleteiben Hermann Kolbe tollából származik. Célját tekintve a Kolbe-elektrolízis alkánok előállítására szolgál szerves savak felhasználásával, mely komponenseket jól lehet hasznosítani bioüzemanyagként, üzemanyag-adalékként, oldószerekként és egyéb területeken. Mechanizmusa lényegében savak anódos dekarboxilezéséből származó gyökök dimerizációja, mely végbe mehet mind homo-, mind heterodimerizáció formájában. A reakció során a platina anód felületén játszódik le az i C-atomot tartalmazó, $C_{i-1}H_{2i-1}COOH$ szerkezetű szerves sav oxidációja, melynek eredménye CO_2 kilépése után egy alkilgyök ($C_{i-1}H_{2i-1}^*$) [11]. Mindeközben a katódon hidrogén fejlődik. A Kolbe-termék irányába mutató reakció során az alkilgyök dimerizálódik, aminek során $2i-2$ C-atomszámú alkánt kapunk – pl. valeriansav (C5) esetében oktánt (C8). Ráadásul VFA-k vagy sóik vizes oldatában lejátszatva a reakciót egy könnyen elválasztható szerves fázis alakul ki a kapott alkánokból, mely megkönnyíti a szeparációt. A hulladék alapú, fermentációs VFA előállítás savprofilja ecetsavtól (C2) kapronsavig (C6) terjed. Ennek értelmében a Kolbe-termékek etántól dekánig terjednek (ez utóbbinak mint repülőgép hajtóanyag komponens is van jelentősége) [12].

Jelen ismereteink szerint a folyamat viszonylag enyhe körülmények között megy végbe (min. 150 mA/cm^2 áramsűrűség, szobahőmérséklet, és ideálisan $0,5\text{ mol/l}$ vagy afeletti kezdeti VFA koncentráció), ugyanakkor a módszer elterjedését két fő tényező is korlátozza [11]. Egyrészt Pt használata szükséges, hogy elkerüljük a vízbontás dominanciáját, noha számos kutatás terjed ki a gazdaságosabb elektródtípusok

alkalmazhatóságára is. Másfelől pedig a reakció szelektivitásának kontrollálása nem egyszerű feladat. Például az alkilgyök diszproporcionálódhat, ami egy-egy rövid szénláncú alkán és alkén képződéséhez vezet. Emellett az ún. nem-Kolbe irányban is lejátszódhat a reakció, mely főként primer alkoholt (Hofer-Moest termék), illetve a keletkező alkohol és a jelen lévő szerves sav(ak) reakciójában észtert eredményez [13]. Ezen folyamatok jellemzően párhuzamosan is végbemennek, így várhatóan egy szerves sav-elegy elektrolízise során egy összetett, értékes komponensekben dús terméket kapunk.

Összefoglalás

Az elektro-biofinomító technológia, azaz a teljes elektrokémiai integráció megvalósítása a fenntartható ipari biotechnológiában, napjainkban már nemcsak egy koncepció, hanem egy intenzíven kutatott, a modern energia- és nyersanyag-hasznosítás gyakorlataihoz jól illeszkedő eljárás. A részlépéseket érintő jelentős tudományos előrehaladás pedig egyértelműen kijelöli a (bio)elektrokémiai módszerek, a szerves hulladék hasznosítás és a megújuló alapú értéknövelt komponens-előállítás összehangolásának szükségességét. A Pannon Egyetemen folyó kutatások elsőként alkalmazzák az elektrokémia lehetőségeit a teljes biofinomítási folyamat során a fent bemutatott műveletek példáján, melynek eredményei jelentős potenciállal bírnak a tématerületen.

Köszönetnyilvánítás

A munka a Kulturális és Innovációs Minisztérium 2024-2.1.1-EKÖP kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- [1] M.M. Gul, K.S. Ahmad, Bioelectrochemical systems: Sustainable bio-energy powerhouses, Biosens Bioelectron 142 (2019) 111576. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.111576>.
- [2] A. ElMekawy, H.M. Hegab, G. Mohanakrishna, A.F. Elbaz, M. Bulut, D. Pant, Technological advances in CO₂ conversion electro-biorefinery: A step toward

- p commercialization,
- Bioresour Technol*
- 215 (2016) 357–370.
- <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.03.023>
- .
- [3] M. Ramos-Suarez, Y. Zhang, V. Outram, Current perspectives on acidogenic fermentation to produce volatile fatty acids from waste, *Rev Environ Sci Biotechnol* 20 (2021) 439–478. <https://doi.org/10.1007/s11157-021-09566-0>.
- [4] S.K. Bhatia, Y.H. Yang, Microbial production of volatile fatty acids: current status and future perspectives, *Rev Environ Sci Biotechnol* 16 (2017) 327–345. <https://doi.org/10.1007/s11157-017-9431-4>.
- [5] S. Dahiya, O. Sarkar, Y. V. Swamy, S. Venkata Mohan, Acidogenic fermentation of food waste for volatile fatty acid production with co-generation of biohydrogen, *Bioresour Technol* 182 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.007>.
- [6] Y. Zhang, J. Li, J. Meng, X. Wang, A cathodic electro-fermentation system for enhancing butyric acid production from rice straw with a mixed culture, *Science of The Total Environment* 767 (2021) 145011. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145011>.
- [7] Y. Jiang, H.D. May, L. Lu, P. Liang, X. Huang, Z.J. Ren, Carbon dioxide and organic waste valorization by microbial electrosynthesis and electro-fermentation, *Water Res* 149 (2019) 42–55. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.092>.
- [8] R. Moscoviz, J. Toledo-Alarcón, E. Trably, N. Bernet, “Electro-Fermentation: How to Drive Fermentation Using Electrochemical Systems From Microbial Fuel Cells to EF,” *Trends Biotechnol* 34 (2016) 856–865.
- [9] É. Hülber-Beyer, K. Bélafi-Bakó, N. Nemestóthy, Low-waste fermentation-derived organic acid production by bipolar membrane electrodialysis—an overview, *Chemical Papers* 75 (2021) 5223–5234. <https://doi.org/10.1007/s11696-021-01720-w>.
- [10] C. Huang, T. Xu, Y. Zhang, Y. Xue, G. Chen, Application of electrodialysis to the production of organic acids: State-of-the-art and recent developments, *J Memb Sci* 288 (2007) 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2006.11.026>.
- [11] D. Klüh, W. Waldmüller, M. Gaderer, Kolbe Electrolysis for the Conversion of Carboxylic Acids to Valuable Products—A Process Design Study, *Clean Technologies* 3 (2021) 1–18. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol3010001>.
- [12] L.F.M. Rosa, K. Röhring, F. Harnisch, Electrolysis of medium chain carboxylic acids to aviation fuel at technical scale, *Fuel* 356 (2024) 129590. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.129590>.
- [13] K. Neubert, M. Hell, M. Chávez Morejón, F. Harnisch, Hetero-Coupling of Bio-Based Medium-Chain Carboxylic Acids by Kolbe Electrolysis Enables High Fuel Yield and Efficiency, *ChemSusChem* 15 (2022) e202201426. <https://doi.org/10.1002/cssc.202201426>.

Útbeszámoló

Sótalanítás a környezetért – Tiszta víz és energia konferencia

Az EDS (European Desalination Society) szervezet első alkalommal rendezte meg a Sótalanítás a környezetért - Tiszta víz és energia (Desalination for the Environment - Clean Water and Energy) kongresszust (<https://congress.edsoc.com/>) a portugáliai Portóban (1. ábra), 2025. április 27. és április 30. között, a híres Alfandega kongresszusi központban (2. ábra), melyen részt vettek kutatók, döntéshozók, vezetők, tervezőmérnökök és üzemeltetők sőt tanácsadó cégek, kutatóintézetek és egyetemek képviselői is.



1. ábra. Porto festői látképe (saját fotó)



2a. ábra Alfandega kongresszusi központ madártávlatból
([https://en.wikipedia.org/wiki/Porto_Convention_Centre#/media/File:Alf%C3%A2ndega_Nova_do_Porto_\(2\).JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Porto_Convention_Centre#/media/File:Alf%C3%A2ndega_Nova_do_Porto_(2).JPG))



2b. ábra Alfandega kongresszusi központ a Douro folyó felől (saját fotó)

A szervezőbizottsági tagok között volt többek között Prof. Antonio Carmona Rodrigues (President of Aguas de Portugal; https://www.mare-centre.pt/en/acrodrigues_adp) és Prof. João Crespo a Lisszaboni NOVA Egyetem vegyészmérnöki professzora és a NOVA ITQB (Instituto de Tecnologia Química e Biológica António Xavier; <https://www.itqb.unl.pt/>) dékánja (<https://www.ibet.pt/ibet-teams/directory/joao-crespo/>), akiktől megtudtuk, hogy Portugália élen jár a sótalánítási erőfeszítésekben a vízhiány leküzdése érdekében, különösen Algarve régióban (ami a tíz történelmi tartománya közül a legdélibb). Többek között ezért is volt izgalmas fejlemény az Albufeirai sótalánító üzem építésének bejelentése, amelynek becsült költsége 90 millió euró (3. ábra). Az üzem várhatóan 2026-ra lesz működőképes. A portugáliai kormány prioritásként kezeli a víztakarékossági intézkedéseket, beleértve a veszteségek csökkentését, a víz újrafelhasználását és a meglévő infrastruktúra optimalizálását, melyek mind jól mutatják Portugália elkötelezettségét a víz rendelkezésre állásának és rugalmasságának biztosítása iránt a folyamatos aszályos kihívásokkal szemben.



3. ábra. A 90 millió eurós költségvetésű Albufeirai sótalánító üzem (<https://www.portugalresident.com/tender-launched-for-albufeira-desalination-plant-in-spite-of-protests-and-pollution-warnings/>)

A környezetbarát sótalánításról szóló konferencia a mindenki számára elérhető áron és gazdaságos energiaigény mellett biztosítandó édesvíz biztosítása érdekében tett előrelépésekről szólt. A korlátozott és kimerülő természetes források mellett a sótalánítás kiegészítheti a fenntartható fejlődéshez szükséges, kritikusan hiányzó vízmennyiség egy részét. Továbbá a konferencia áttekintést adott a sótalánítási technológia legújabb fejleményeiről, költségeiről és alkalmazásának mértékéről, valamint a társadalmi-gazdasági és környezetvédelmi kérdésekről. Megtudhattuk például, hogy a kétlépcsős, előkezelés utáni RO tengervíz sótalánítási technikák a '70-es években még 16 kWh/m³ körüli energiafogyasztással rendelkeztek. Az óta döntően a membránok áteresztőképességének a jelentős javulása és az egyre hatékonyabb nagynyomású szivattyúk elterjedése miatt ez jelentős mértékben lecsökkent. Napjainkban az RO rendszerek fogyasztása kb. 1,6 kWh/m³, a kétlépcsőseké 1,3 kWh/m³ és az elméleti minimum 1,1 kWh/m³ körüli érték.

Magyarországról, a Szegedi Tudományegyetemről 3 kutató csatlakozott az eseményhez: Kertész Szabolcs egyetemi docens (SZTE, Mérnöki Kar, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete), Aws N. Al-Tayawi PhD-hallgató (SZTE,

Környezettudományi Doktori Iskola) és Hadid Sukmana posztdoktori kutató (SZTE, Mérnöki Kar, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete). Három kutatási témában a következő címekkel a társszerzőkkel képviseltették magukat:

1. Improvement of ultrafiltration by module integrated 3D printed turbulence promoters: Szabolcs Kertész, Aws N. Al-Tayawi, Hadid Sukmana, Cecilia Hodúr, Imre Ábrahám, Nóra Garabné Ábrahám, Andrea Süveges-Gruber, Zsuzsanna László
2. Optimization of membrane filtration processes using the design of experiments in different whey solutions: Hadid Sukmana, József Csanádi, Cecilia Hodúr, Zsuzsanna László, Gábor Veréb, Sándor Beszédes, Imre Ábrahám, Nóra Garabné Ábrahám, Andrea Süveges-Gruber, Szabolcs Kertész
3. Synergistic effects of 3D-printed spacers and modular vibration towards membrane fouling mitigation: Aws Al-Tayawi, Imre Vajk Fazekas, Szabolcs Kertész



4. ábra. A konferencián készült képek (saját fotók)

A konferencia témakörei voltak: Innováció az alkalmazásokban és a műveletekben; Erőforrás-visszanyerés és újrafelhasználás; Klímaadaptáció, környezeti hatásvizsgálatok, szabályozás; Fejlett technikák és eljárások; A membránok, a membrángyártás és a tömegátadással kapcsolatos megfontolások fejlesztése; Intelligens sótalanítás; Fenntarthatóság és energia.

A konferencián megismerkedhettük olyan a kutatási területeink témájához kapcsolódó és abban jártas szakértőkkel és vezető kutatókkal, melyekkel a jövőben közös együttműködések létrejöhetnek. Továbbá számos cég képviseltette magát, melyek szponzorként, illetve kiállítóként jelenhettek meg. A teljes listát [itt](#) lehet elérni: <https://congress.edsoc.com/exhibitors-2/>. A teljesség igénye nélkül felsorolunk néhányat: (Adiquímica: <https://en.adiquimica.com/>; Aquamatch: <https://aquamatch.com.tr/>; Caramondani: <https://caramondani.com/>; LG Chem: <https://www.lgchem.com/main/index>; Neom: <https://www.neom.com/en-us>; Entegris: <https://www.entegris.com/>; Osmo Sistemi: <https://osmosistemi.it/en/inglese/>; Danfoss: <https://www.danfoss.com/en/markets/water-and-wastewater/dcs/desalination/>; Impact Filtration: <https://impactfiltration.com/>; Kurita: <https://www.kurita.eu/en/>; Rethinkaqua: <https://rethinkaqua.com/>)

A következő cégek kiemelt támogatóként jelentek meg:

A WRC, Egyesült Királyság („Water Research Centre”, <https://www.wrcgroup.com/>) elsősorban a nemzetközi vízügyi, hulladékgazdálkodási és környezetvédelmi ágazatokban, támogatja az ENSZ fenntartható fejlődési céljainak elérését. Arra összpontosítanak, hogy helyesen cselekedve védjék a környezetet, csökkentsék saját és ügyfeleink szénlábnymát, és mindenekelőtt biztonságos, egészséges lakosságot és élőhelyeket biztosítsanak. Ezt alapvető értékeik felmutatásával és megbízható innovatív megoldásaikkal, műszaki kiválósággal és független gondolkodással támasztják alá.

A MemBrain Kft. Csehország (<https://www.membrain.cz/en/>) egy kutatási, mérnöki és technológiai vállalat, amely elsősorban a membránfolyamatok területén végzett kutatási és innovációs tevékenységekre összpontosít, különös tekintettel a kutatási eredmények kereskedelmi gyakorlatba történő átültetésére.

A Toray, Japán „Innovation by Chemistry” (<https://www.toray.com/global/>) cég 1926-ban műselyemfonal-gyártó vállalkozásként indult, majd azóta alapanyagok gyártásán dolgozik, és részt vesz fejlett anyagok és nagy hozzáadott értékű termékek gyártásában: előállítanak gyantákat, vegyi anyagokat, filmeket, szénszálakat és kompozit anyagokat, gyógyszereket és orvosi termékeket. Mindezek mellett vízkezeléssel és környezetvédelemmel is foglalkoznak. Továbbá gyártanak fordított ozmózis szűrőmodulokat, ultraszűrő modulokat és membrán bioreaktorokat is.



5. ábra. A Toray cég által forgalmazott membrán modulok néhány típusa (saját fotók)

A **Fedco, Egyesült Államok** (<https://www.fedco-usa.com/>) cég 1997 óta világszerte a nagynyomású szivattyúk és energia-visszanyerő berendezések tervezése és gyártása terén az édes-, brakk- és tengervíz fordított ozmózisú rendszerekhez és az azokhoz használt előkezelési megoldások tekintetében. Szivattyúik és energia-visszanyerő turbófeltöltőik hatékonyságát és megbízhatóságát több mint 5000 egyedi kialakításokban bizonyították, a legkisebbektől a konténeres változatokon át a világ legnagyobb sótalanító létesítményekig. Mivel a tengervíz sótalanításához használt fordított ozmózis szűrőmodulok előtt végzett előkezelési eljárások leggyakrabban az ultraszűrésekhez kapcsolódnak, az ezekhez szükséges ultraszűrő modulok komplett rendszereinek tervezésével és költségszámításokkal, valamint a léptéknöveléshez szükséges szaktudással is rendelkeznek.

Az **ACCIONA S.A., Spanyolország** (<https://www.accion.com/>) egy globális csoport, amely fenntartható infrastrukturális megoldásokat fejleszt és kezel, különösen a megújuló energiaforrások területén. A spanyol vállalat a teljes értékláncban tevékenykedik, a tervezéstől a kivitelezésen át az üzemeltetésig és karbantartásig. Céljuk, hogy az alacsony szén-dioxid-kibocsátású gazdaságra való áttérés élére álljanak, műszaki kiválóságot és innovációt hozva minden projektjükbe.

Az **LG Chem és Water Solutions** (<https://www.lgwatersolutions.com/>) az innovatív vékonyrétegű nanokompozit (TFN) technológián alapuló NanoH₂O™ tengervíz és brakkvíz fordított ozmózis (RO) membránokat gyárt. A TFN technológia akár 20%-kal növeli a membránfluxust anélkül, hogy a sóvisszatartás csökkenne. RO membránok iparágban vezető 99,89%-os sóvisszatartási értéke kiváló vízminőséget biztosít.



6. ábra. A LG Chem cég néhány referenciája (saját fotó)

A konferencia helyszínét adó ország, Portugália gasztronómiája híres a tengeri halakról, különösen a szardíniáról, tonhalról és sós tőkehalról. A konferencia ideje alatt mi is kóstolhattunk számos ízletes ételt és desszertet is (7. ábra).



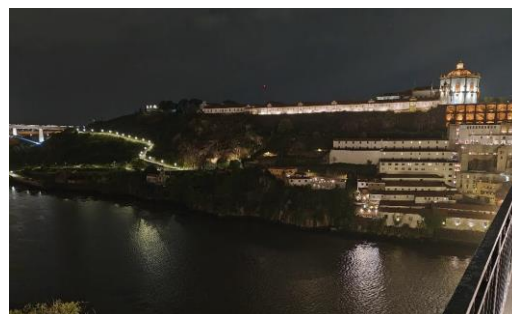
7. ábra. Az ízletes tenger gyümölcsei és desszert (saját fotók)

A vallás ugyancsak fontos szerepet játszik Portugáliában, így Portóban is számos kisebb templom található a leghíresebb, nagyobbak mellett, melyek a Szent Ferenc templom (Igreja de São Francisco), a Lelkek kápolnája (Capela das Almas) és a Sé do Porto (Porto Cathedral). Portugáliában nagyon sok keresztény, főleg katolikus (90-95%) él (a többiek protestánsok vagy más vallásúak) és a portugál nemzeti lobogón is látható a kereszt alakú címer, ami sokak szerint a katolikus hit tanúja.



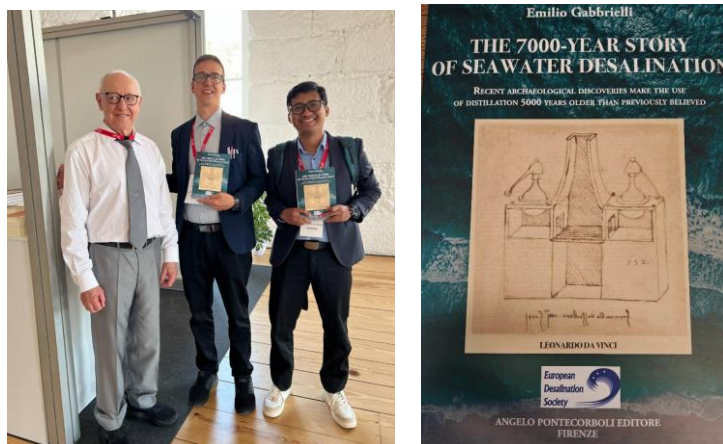
8. ábra. Portó híres az egyedi építészeti stílusairól és a kisebb templomok is gyakran mutatnak érdekes részleteket (saját fotó)

Portóban éjjel sem áll meg az élet, mivel a történelmi sikátorok is ragyognak a csillagos ég alatt, miközben lágy „fado” hangok töltik be a levegőt (fado jelentése: sors/végzet). A város naplemente utáni is élénken „él”, egyedülálló élményt kínálva a nyugodt és barátságos környezetével, amely lehetővé teszi, hogy élvezzük a helyi kultúrát egészen hajnalig (9. ábra).



9. ábra. Portó még éjjel is gyönyörű arcát mutatta (saját fotók)

A konferencia érdekessége volt, hogy ingyenesen hozzá lehetett férni Emilio Gabbrielli által írt „The 7000-year story of seawater desalination” című, dedikált könyvéhez, amely lehetőséggel természetesen mindannyian éltünk (<https://greeningtheislands.org/seawater-desalination-a-7000-year-old-story/>).



10. ábra. A könyv szerzőjével a dedikálás után (saját fotók)

Ugyancsak a konferencián történt a Miriam Balaban Innovációs Díj 2025 pályázatának kihirdetése. Erre még a konferencia előtt lehetett jelentkezni a tengervíz sótalanítás és membránok eltömődésének csökkentése témáihoz köthető bármilyen projekt ötlettel vagy innovatív megoldással, aminek közvetlen kereskedelmi hasznosítási lehetősége lehet. Az EDS 5000 eurós díjat, projektfejlesztést és az ACWA Power (<https://www.acwapower.com/>) által szponzorált dubai utazást ajánlott fel a nyertesnek, aki végül (a hat jelölt közül) Sander Ten Cate (Termanox BV: <https://www.termanox.com/?lang=en>) lett Hollandiából. Projektötlete olyan biológiailag lebomló vízkezelő termék fejlesztésére vonatkozik, amely az oxidáló szennyező vegyi anyagok, pl. a klór alternatívájaként szolgálhat, elsősorban nyitott hűtővízrendszerek és sótalanítási membrános alkalmazások számára. Ötlete tulajdonképpen a kezelés teljesítményének átlátható adagolásán és folyamatos (on-line és távoli) nyomon követésén alapuló in situ megvalósítás.

A szervezők jövőre is mindenkit szeretettel várnak az Euromed konferencián Marokkóban, Casablancában 2026. júniusában!

Köszönetnyilvánítás:

A konferenciárésztvevők és az azokhoz kapcsolódó kutatások a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal, NKFI-FK-142414 és 2022-1.2.6-TÉT-IPARI-TR-2022-00011 azonosító számú projektek finanszírozásából valósultak meg.



Szeged, 2025.05.27.

Dr. habil. Kertész Szabolcs
egyetemi docens
SZTE MK BRMI

PERMEA konferencia

Június 24. és 26. között rendezték meg a jubileumi, tizedik Permea konferenciát MEMSEP & PERMEA 2025 néven a lengyelországi Chorzówban, amely a sziléziai Műszaki Egyetem és a toruói Mikołaj Kopernik Egyetem szervezésében valósult meg. Az esemény három napján lengyel és nemzetközi kutatók, valamint ipari képviselők cseréltek tapasztalatot a membrántechnológiák legújabb kutatásairól. A konferencia témái között kiemelt szerepet kapott a membránok felhasználása a környezetvédelem, az orvostudomány és a biotechnológia területén.

A plenáris nyitóülésen Michał Bodzek professzor a mikro- és nanoműanyagok vízből történő eltávolításáról, Alberto Figoli professzor a fenntartható membrángyártásról, Marian Turek professzor pedig a fordított elektrodialízis költségelemzéséről tartott előadást. A konferencia további szekciói foglalkoztak többek között kerámia membránokkal végzett szűréssel, a nehézfémek eltávolításával, valamint a gyógyszerek szennyvízből történő kivonásával.

A Pannon Egyetem kutatói aktívan képviseltették magukat a rendezvényen. A III. szekcióban, amely a gázelválasztással és elektrokémiai membránrendszerekkel foglalkozott, több magyar előadás is elhangzott. Rózsenszki Tamás (társszerző: Komáromy Péter) a bipoláris membrán elektrodialízis alkalmazását mutatták be széndioxid kinyerésére. Koók László a bioelektrokémiai sótalánítás teljesítményét és robusztusságát elemezte.

Szakács Szabolcs pedig két előadásban is ismertette, hogyan növelhető a mikrobiális üzemanyagcellák hatékonysága polianilin bevonatú membránokkal, különösen konyhai hulladékból származó illékony zsírsavakat felhasználva.

A IV. szekcióban, a membrán- és elektrokémiai technológiák témakörében, Bocskai Boglárka és Nagy Kristóf Bence a vizeletből történő tápanyag-visszanyerésről

beszéltek. A poszterszekció szintén jelentős magyar részvétellel zajlott. Nagy Kristóf Bence és Koók László a nitrogén és foszfor visszanyeréséről, Hülberné Beyer Éva Anna pedig a *Streptomyces coelicolor* baktérium mikrostruktúrájú membránfelületen történő termesztéséről tartott bemutatót. A poszterek között szerepelt továbbá a biometanizációs hatékonyság hidrogén-kiegészítéssel történő vizsgálata, amelyet Kalauz-Simon Veronika és társai mutattak be.

A konferencia keretében került sor a V4-es „Bio-elektrokémiai hidrogéntermelő rendszer fejlesztése bimetál hidrogén-evolúciós katalizátor és tri-blokk kopolimer protoncserélő membrán alkalmazásával” című nemzetközi pályázat projekt megbeszélésére is. Majd Miroslav Otmar és Zbynek Pientka a Pannon Egyetem kutatóival közösen a biokémiai rendszerekhez használt kationcserélő membránok tulajdonságait ismertették.



AV4-es projekt szereplői

A tudományos előadások mellett a program részeként gálavacsora és egy tudományos kirándulás is színesítette a rendezvényt. A konferencia zárásaként díjátadó ünnepségre került sor, ahol a legjobb fiatal előadókat, poszter bemutatókat díjazták. A zsűri elnöke Nemestóthy Nándor professzor volt.



A zsűri

A következő PERMEA konferenciára 2028-ban, Prágában kerül sor

KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

IWA Membrane Technology Conference

2025. szeptember 14-17., Daegu, Dél-Korea

<https://iwa-network.org/events/iwa-membrane-technology-conference-2025/>

1st International Symposium on Functionalized Membranes

2025. október 7-10., Girona, Spanyolország

<https://www.fundacioudg.org/ca/1st-international-symposium-on-functionalized-membranes.html>

17th International Conference on Catalysis in Membrane Reactors

2025. október 26-29., Nanjing, Jiangsu, Kína

<https://www.iccmr17.com/>

16th Aachener Tagung Wassertechnologie (ATW)

2025. november 11-12., Aachen, Németország

<https://www.avt.rwth-aachen.de/cms/avt/die-avt/aktuelle-veranstaltungen/~bhpqpb/16-aachener-tagung-wassertechnologie/>

MEMTEK 2025

2025. november 12-14., İzmir, Törökország

<https://www.memtek2025.org>

7th International Conference on Desalination Using Membrane Technology (MEMDES2025)

2025. november 16-19., Clearwater, Florida, USA

<https://www.elsevier.com/events/conferences/all/desalination-science-and-technology>

12th International Membrane Science and Technology Conference (IMSTEC'25)

2025. december 8-10., Brisbane, Ausztrália

<https://www.membrane-australasia.org>

Nanofiltration 2026

2026. május 31 - június 4., Nantou County, Taiwan

<https://sites.google.com/view/nanofiltration-2026/home>

18th International Conference on Inorganic Membranes (ICIM-18)

2026. június 29 -július 3., Montpellier, Franciaország

<https://icim2026.org/>

MELPRO 2026

2026. október 4-7., Prága, Csehország

<https://melpro.cz/>

MEMBRÁNTECHNIKA ÉS IPARI BIOTECHNOLÓGIA

A MKE Membrántechnikai Szakosztályának kiadványa ISSN 2061-6392

Felelős szerkesztő:

Bélafiné Dr. Bakó Katalin, Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatócsoport, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

E-mail: belafine.bako.katalin@mk.uni-pannon.hu

A szerkesztőbizottság tagjai:

a MKE Membrántechnikai Szakosztály vezetősége: Dr. Nemestóthy Nándor, Békássyné Dr. Molnár Erika, Dr. Mizsey Péter, Dr. Hodúr Cecília, Dr. Vatai Gyula, Dr. Cséfalvay Edit, valamint Dr. Gubicza László (lektor)

Megjelenik: negyedévente, 300 példányban

Előfizetési díja: évi 1 500 Ft

Megrendelhető: MKE Membrántechnikai Szakosztály, 1015 Budapest, Hattyú u. 16.