



**MEMBRÁN-**

---

---

**TECHNIKA**



**IPARI**



**BIOTECHNOLÓGIA**

**XVII. évfolyam 3. szám**

**2026. szeptember**



## TARTALOM

oldal

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Nemestóthy N.: Az antibiotikumok tündöklése a bukása<br>az élelmiszeripari ágazatban..... | 30 |
| Kertész Sz.: Útbeszámoló .....                                                            | 37 |
| Közelgő konferenciák, kurzusok.....                                                       | 43 |

## Az antibiotikumok tündöklése és bukása az élelmiszeripari ágazatban

*Nemestóthy Nándor\**

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

[\\*nemestothy.nandor@mk.uni-pannon.hu](mailto:nemestothy.nandor@mk.uni-pannon.hu)

Amikor Ernest Hemingway regényében Santiago az öreg halász végre kifogja a hatalmas zsákmányát tudjuk, hogy még nincs túl a nehezén, azt biztonságban haza is kell juttatnia. Milyen jó lenne, ha volna egy csodálatos ketrece, amivel meg tudná védeni a halat a rá támadó veszélyektől. A 20. század közepén az élelmiszeripar egy ilyen csoda ketrecként tekintett az antibiotikumokra.

### A csoda ígéretes hajnala:

#### Az antibiotikumok aranykora és az élelmiszeripar iparosodása

Az 1940-es évek végén és az 1950-es évek elején az antibiotikumok felfedezésének úgynevezett „aranykorában” a tudományos közösséget és a klinikai gyógyászatot rendkívüli eufória uralta. Miután Alexander Fleming 1928-as korszakalkotó felfedezése után a penicillint végre orvosilag is hasznosítható, tömeges mennyiségben kezdték el gyártani, a bakteriális fertőzések okozta megbetegedések és halálozások drasztikusan visszaestek [1]. Ebben a lázas időszakban az orvosok és kutatók egy olyan jövőről vizionáltak, ahol a fertőző betegségek okozta halál hamarosan teljesen a múlté lesz. Ez a határtalan optimizmus rendkívül gyorsan áterjedt az élelmiszer-termelés és -tartósítás területére is. Az élelmiszeripar és a tudományos közösség képviselői az antibiotikumokra úgy tekintettek, mint a romlás elleni végső és abszolút megoldásra, amely képes lehet az élelmiszer-romlást mint globális problémát teljesen felszámolni [2].

Ezt az eufóriát a korszak mélyreható társadalmi és gazdasági kényszerei is fűtötték. A második világháborút követő időszakban a népességnövekedés, az élelmiszer-feldolgozás, valamint az állattenyésztés radikális intenzifikálódáson és centralizáción ment keresztül, ami szükségessé tette az élelmiszerek eltarthatósági idejének drasztikus meghosszabbítását. Az intenzív, ipari méretű állattartó telepek, az úgynevezett „gyárként működő farmok” (*farm as factory*) és az integrált ellátási láncok kiépülése a hidegháborús rivalizálás és a jóléti ígéreték szimbólumaivá váltak a vasfüggöny mindkét oldalán. Ebben a feszült és növekedés-orientált környezetben az antibiotikumok nem csupán orvosi eszközökként jelentek meg, hanem egyfajta „univerzális kenőanyagként” (*universal lubricant*), amelyek csökkentették a termelési kockázatokat, minimalizálták a drága munkaerőköltségeket, fokozták a hozamokat, és hatékonyan kordában tartották a fertőző betegségekből adódó állandó nyomást az intenzív állattartás során.

A korszak uralkodó szemléletére jellemző, hogy az antibiotikumok mezőgazdasági és tartósítási célú elterjedését a tőkés és a szocialista rendszerekben egyaránt a tiszta haladás és a

modernizáció történeteként ünnepelték. A korabeli kommentátorok és szakértők elragadtatással cikkeztek az antibiotikus konzerválásról; a brit *The Times* például egyenesen úgy fogalmazott, hogy az antibiotikus tartósítás jelenti a legnagyobb előrelépést a romlandó élelmiszerek feldolgozásában a hűtőszekrény feltalálása óta. Így az 1950-es évekre a gátlástalan és ellenőrizetlen antibiotikum-használat az élelmiszerlánc megkerülhetetlen, mélyen beágyazódott infrastrukturális elemévé nőtte ki magát [2].

### **Az „antibiotikus jégkorszak” – Közvetlen élelmiszer-tartósítási technológiák a gyakorlatban**

A közvetlen élelmiszer-tartósítási kísérletek alapját az a felismerés adta, hogy a halászati és húsipari nyersanyagok romlását elsősorban Gram-negatív baktériumok okozzák, amelyek ellen a széles spektrumú tetraciklinek – különösen a klórtetraciklin (Aureomycin) és az oxitetraciklin (Terramycin) – rendkívül hatékonynak bizonyultak. Az 1950-es években az Egyesült Államokban és Kanadában úttörő eljárások indultak ezen anyagok közvetlen alkalmazására a friss termékek eltarthatóságának növelése érdekében [3].

A korszak egyik legelterjedtebb és leglátványosabb módszere a halak jéggel történő tartósítása során alkalmazott antibiotikum-adagolás volt. H.L.A. Tarr és kanadai kutatócsoportja már 1950-ben megállapította, hogy ha a hűtéshez használt jégbe mindössze 1–5 ppm (mg/kg) koncentrációban klórtetraciklint kevernek, a tengeri halak eltarthatósági ideje 5–10 nappal is meghosszabbítható a hagyományos jegeléshez képest. Ez a technológiai áttörés lehetővé tette, hogy a távoli halászati övezetekben kifogott tengeri halak friss áruként juthassanak el a kontinensek belső területeinek piacaira. A módszer sikerét látva később, alapos tesztelések után a brit kormány is hivatalosan engedélyezte az antibiotikus tartósítók használatát a halászatban 1964-ben.

A baromfiiparban szintén hasonló elveken alapuló technológiát vezettek be a csíraszám csökkentésére. A levágott csirkék tetemeit oxitetraciklint tartalmazó vizes oldatba mártották. Ez az eljárás, amelyet az iparban „acronizing” néven szabadalmaztattak, az 1950-es évek közepére teljesen legálissá vált az Egyesült Államokban. A kiskereskedelmi láncok és szupermarketek ezt a technológiát nemcsak technológiai vívmányként, hanem elsőrangú marketingeszközként is kezelték, és a vásárlóknak a „frissesség garanciájaként” hirdették a pultokon.

Az antibiotikus tartósítás legextrémabb és legmeghökkenőbb kísérletei a bálnavadászathoz kapcsolódtak. A bálnaiparban a bélbaktériumok okozta belső rothadás és a lassú feldolgozási idő komoly gazdasági veszteséget jelentett. Miután a megsebzett állatot elejtették, oxigénnel kellett felfűjni, hogy ne süllyedjen el a vontatás során, ám ez a gázbefúvás fokozta az autólízist és a szövetek bomlását. A probléma kiküszöbölésére a bálnavadászok az 1950-es évek elejétől kezdve tetraciklinek alkalmazásával kísérleteztek: az antibiotikumokat közvetlenül a robbanó szigonyokba (harponákba) építették be, vagy a tetem felfűjásakor a levegővel együtt fecskendezték be a belső szervekhez. Az izlandi Hvalurfjörður bálnavadász állomáson 1953-tól kezdve rutinszerűen alkalmazták a Pfizer által gyártott *Biostat* nevű oxitetraciklint, és a technológiát hamarosan a norvég és a szovjet bálnavadász flották is átvették, aminek köszönhetően jelentősen csökkent a hús felpuffadása, és javult a kinyert olaj, valamint a bálna hús (test) minősége.

Ezzel párhuzamosan az antibiotikumokat a növényvédelemben is bevetették. Az 1950-es évek közepétől kezdve sztreptomycin-alapú permetezőszereket és oldatokat engedélyeztek a gyümölcsösökben, hogy leküzdjék az amerikai tűzelhalást, egy rendkívül kártékony bakteriális betegséget, amely 1957-ben Európában is elterjedt [3].

### **Globális elterjedés és a hidegháborús hatások**

Az állati takarmányozás forradalma: a növekedésfokozók (AGP) felfedezése. Az 1940-es évek végén az élelmiszer-termelés hatékonyságának növelése érdekében végzett kísérletek egy váratlan, de korszakalkotó felfedezéshez vezettek. Thomas Jukes és az American Cyanamid Lederle Laboratories kutatói az antibiotikum-gyártás fermentációs melléktermékeit – főként a klórtetraciklin (Aureomycin) előállításánál visszamaradt biomasszát – tesztelték olcsó B12-vitamin-forrásként csirketápokban. A kísérletek meglepő eredményt hoztak: az antibiotikum-maradványokkal etetett állatok növekedési üteme és takarmányértékesítési hatékonysága messze felülmúlta a kontrollcsoportokét. Jukes visszaemlékezései szerint a vállalat hamarosan „*egész tartálykocsira való, fermentációs maradványokat tartalmazó sóoldatot*” értékesített a gazdáknak. Az alacsony dózisú, nem-terápiás célú antibiotikumos növekedésfokozók (AGP-k) takarmányozási alkalmazását az Egyesült Államokban 1951-ben hivatalosan is engedélyezték, amellyel kezdetét vette a húsipari tömegtermelés új korszaka.

### **Az európai engedélyezési hullám és az iparosodó mezőgazdaság**

A növekedésfokozók tengerentúli sikere és a gyógyszergyártó lobbijának nyomása gyorsan átszelte az Atlanti-óceánt. A háború utáni élelmiszer-fejadagok kivezetése, az olcsóbbá váló hatóanyagok és a magasabb mezőgazdasági hozamok iránti igény arra késztette az európai kormányokat, hogy sorra feloldják a korlátozásokat. Az AGP-k állatorvosi recept nélküli használatát először Nyugat-Németországban engedélyezték 1951-ben, majd ezt követte Nagy-Britannia (1953), Hollandia (1954) és Franciaország (1955). Bár az európai állattenyésztők kezdetben óvatosak voltak, a csökkenő gyógyszerárak és az integrált baromfi- és sertéstelepek térnyerése fokozatosan eloszlatta a gyanakvást. 1958-ra a brit sertések mintegy 50%-ának takarmányába keverték folyamatosan tetraciklineket, 1966-ban pedig a nyugatnémet mezőgazdasági miniszter már úgy becsülte, hogy a fiatal sertések, borjak és baromfik részére gyártott kevert tápok több mint 80%-a tartalmazott valamilyen antibiotikum-adalékot [4].

### **A hidegháborús geopolitika és a vasfüggöny túloldala**

Az antibiotikumok nemcsak a gazdasági növekedés, hanem a hidegháborús technológiai verseny szimbólumaivá is váltak. A második világháború alatt az ENSZ Segélyezési és Újjáépítési Alapja (UNRRA) még megosztotta a fejlett amerikai és brit penicillingyártási technológiákat többek között Olaszországgal, Lengyelországgal, Kínával, Csehszlovákiával és Jugoszláviával. A hidegháborús feszültség fokozódásával és az UNRRA 1947-es leállítással azonban az antibiotikum-kutatás a szuperhatalmi kémkedés és geopolitikai presztízsharc kiemelt terepévé vált.

A szovjet blokk országai, hogy csökkentsék kiszolgáltatottságukat a nyugati importtal szemben, illegálisan vagy félhivatalosan beszerzett nyugati tetraciklinek generikus változatait kezdték el gyártani – Magyarországon tetrán, a Szovjetunióban és Bulgáriában biomicin néven. A szocialista államok tervezői a húsfogyasztás növelésével akarták bizonyítani a rendszer felsőbbrendűségét, ehhez pedig az ipari sertés- és baromfitelepek „infrastrukturális kenőanyagaként” szintén az antibiotikumokat hívták segítségül. Bulgária 1959-ben Peshterában kezdte meg egy hatalmas üzem építését a „Biovit-60” (tetraciklint és B12-vitamint tartalmazó takarmány-adalék) előállítására, míg Románia Iasiban indított el egy hasonló gyárat 1958-ban szovjet mérnökök segítségével. Az NDK-ban a kezdeti hiányokat követően az 1960-as években indult meg a rendszeres tetraciklin termelés jugoszláv közvetítéssel, és az AGP-k használata 1959-től kezdve ott is általánossá vált [5].

### **Globális expanzió az éhség és a kommunizmus ellen**

Az Egyesült Államok külpolitikája a mezőgazdasági technológiák és az antibiotikumok fejlődő országokba irányuló exportját a szegénység és az abból táplálkozó kommunizmus elleni hatékony fegyvernek tekintette. Az amerikai gyógyszer- és takarmánygyártó óriások (mint a Pfizer) agresszív globális terjeszkedésbe kezdtek. A Fülöp-szereken a Pfizer képviselői által forgalmazott „terramycin egg formula” úgy fogyott, mint a meleg kenyér. Dél-Afrikában az állatorvos-hiány miatt már 1947-ben eltörölték a legtöbb állati gyógyszer receptkötelességét, melynek hatására az 1970-es évek elejére a nagy sertéstelepek 80%-a rutinszerűen antibiotikumos tápokat etetett a malacokkal [6].

E globális expanzió méretét jól mutatja, hogy míg 1951 és 1970 között az Egyesült Államok teljes antibiotikum-felhasználása tizenegyszeresére (690 tonnáról 7670 tonnára) nőtt, addig a takarmányozási és közvetlen tartósítási célú (nem-orvosi) felhasználás harmincszorosára (110 tonnáról 3310 tonnára) duzzadt, elérve a teljes nemzeti felhasználás 43,3%-át.

### **A láthatatlan veszélyek felszínre kerülése és az első szabályozási hullám**

Tejipari krízisek és az adalékanyag-pánik. Az 1950-es évek közepére az antibiotikumok gátlástalan és szinte teljesen ellenőrizetlen mezőgazdasági használata elérte azt a pontot, ahol a technológiai előnyök már nem tudták elfedni a súlyosbodó közegészségügyi és gazdasági hátulütőket. Az első látványos figyelmeztető jelek a tejiparban jelentkeztek. Az amerikai tejüzemek egyre gyakoribb panaszokkal fordultak a hatóságokhoz, mivel a beérkező tejből képtelenség volt sajtot vagy joghurtot előállítani; az antibiotikum-maradványok ugyanis elölték a tejsavas fermentációhoz szükséges baktériumkultúrákat. Az amerikai Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hatóság (FDA) országos vizsgálatai sokkoló eredményt hoztak: az amerikai tejminták akár 10%-a is penicillin-szennyezett volt [7].

A szennyezés elsősorban a tőgygyulladás (masztitisz) túladagolt kezeléseiből, a kötelező vágási és fejési várakozási idők be nem tartásából, valamint abból származott, hogy egyes gazdák illegálisan közvetlenül a tejbé keverték az antibiotikumot a romlás késleltetésére. A tej gyűjtőtartályos, ömlesztett szállítása ráadásul azt eredményezte, hogy egyetlen kezelt tehén tejmaradványa képes volt több ezer liter tiszta tejet elszennyezni. Bár a húsok és belső

szervek esetében a szabályozás megengedett minimális szermaradványokat (például 2 ppm-et a sertésmájban vagy 4 ppm-et a borjúvesében), a tej esetében a hatóságok szigorú zéró toleranciát hirdettek meg. A tejben kimutatott penicillin miatt a fogyasztók körében gyorsan eluralkodott az adalékanyag-pánik, a szermaradványokat a láthatatlan, mérgező kémiával azonosították, ami arra kényszerítette az FDA-t, hogy 1960-ban bevezesse az első nemzeti ellenőrzési programot. Nyugat-Németországban a vegyi anyagoktól és az „invisible poisoning” (láthatatlan mérgezés) jelenségétől való félelem még radikálisabb lépéshez vezetett: az 1958-as új német élelmiszer-törvény (Lebensmittelgesetz) kifejezetten és teljesen betiltotta az antibiotikumok élelmiszer-tartósítószerként való alkalmazását.

### A tudományos fordulat: Plazmidok és a horizontális géntranszfer

Míg az amerikai és a német szabályozás kezdetben a közvetlen szermaradványok egészségügyi és technológiai kockázataira összpontosított, Nagy-Britanniában a tudományos és közegészségügyi figyelem a sokkal veszélyesebb antimikrobiális rezisztencia (AMR) felé fordult. Ebben kulcsszerepe volt a Public Health Laboratory Service (PHLS) kiváló megfigyelőképeségének és Ephraim Saul („Andy”) Anderson úttörő kutatásainak. Az 1950-es évekbeli japán kutatásokra építve Anderson leírta, hogy a baktériumok képesek a rezisztenciát kis, extra-kromoszomális DNS-gyűrűk, úgynevezett plazmidok útján egymás között kicserélni. Ez a horizontális géntranszfer (HGT) alapjaiban rengette meg a korábbi orvosi paradigmát. Korábban a kutatók úgy vélték, hogy a rezisztencia csak vertikálisan, spontán mutációval és utódlással terjed. A plazmid-mediált transzfer azonban azt jelentette, hogy a baktériumok nemcsak saját fajtársaiknak, hanem teljesen eltérő fajoknak és nemzetségeknek is képesek átadni a rezisztenciagént (például a bélben lévő *Staphylococcus aureus* és az *Escherichia coli* között), ráadásul egyetlen konjugáció alkalmával egyszerre több különböző osztályú antibiotikummal szembeni multirezisztenciát (MDR) is közvetíthetnek. Anderson megfigyelései szerint a brit állattartó telepeken a folyamatos és szubterápiás antibiotikum-expozíció miatt kialakult egy rendkívül ellenálló *Salmonella typhimurium* törzs, amely aztán élelmiszeren keresztül súlyos, halálos kimenetelű humán ételmérgezés-járványokat okozott. Anderson drámai hangvételű jelentésekben figyelmeztette a kormányt: ha nem korlátozzák az állattenyésztési antibiotikum-használatot, hamarosan olyan klinikailag kritikus kórokozók is multirezisztenssé válnak, mint a tífuszért felelős *Salmonella enterica* serovar Typhi [8].

### A Swann-jelentés és az aranykor vége (1969)

A növekvő lakossági felháborodás (amelyet Ruth Harrison 1964-es *Animal Machines* című [9], a gyáripari állattartást és gyógyszer-túlzásokat leleplező bestsellere is fűtött) és a PHLS riasztó tudományos bizonyítékai politikai lépésre kényszerítették a brit döntéshozókat. A kormány 1968-ban felállított egy vizsgálóbizottságot Michael Swann professzor vezetésével. A bizottság 1969 novemberében közzétett, történelmi jelentése (Swann-jelentés) mérföldkőnek bizonyult a globális élelmiszer-szabályozásban [10].

A Swann-bizottság megállapította, hogy a humán gyógyászatban alkalmazott, kritikusan fontos antibiotikumokat (mint a penicillin és a tetraciklinek) szigorúan ki kell vonni a mezőgazdasági hozamfokozás és a rutin takarmányozás (AGP) területétől és kizárólag

állatorvosi rendelvevényre, terápiás célokra szabad korlátozni. Bár a hús- és gyógyszeripari lobbi hevesen védekezett azzal érvelve, hogy nincs közvetlen bizonyíték az állati és humán rezisztencia átfedésére, az elővigyázatosság elve győzött. A jelentés ajánlásait követve Nagy-Britannia 1971-ben, az Európai Gazdasági Közösség (EGK) tagállamai pedig fokozatosan, 1973 és 1976 között betiltották a terápiás antibiotikumok takarmány-adalékként való alkalmazását, végleg lezárva az antibiotikumok gátlástalan közvetlen élelmiszeripari használatának korai időszakát.

### **Magyar vonatkozások: A szocialista nagyüzemi modell és a „Tetrán-tápszert” (1948–1979)**

Magyarországon a mezőgazdasági kollektivizálás és az iparszerű, zsúfolt állattartás kiépülése az 1950-es és 1960-as években súlyos higiéniai és elhullási kihívásokat teremtett. Az agrárvezetés a tartási hibák kiküszöbölése helyett a takarmányok szisztematikus antibiotikus dúsítását választotta technológiai válaszul. A hazai előállítás három fő bázisra nehezedett: a debreceni BIOGAL Gyógyszergyár a *Streptomyces rimosus* által termelt oxytetraciklinből fejlesztette ki a piacvezető Tetrán-tápszert, míg a budapesti Phylaxia a penicillin- és vitamin-alapú Phylosol termékcsaládot hozta létre. A Kőbányai Gyógyszerárugyár és a Chinoin B12 vitaminos, illetve szulfonamid alapú koncentrátumokkal egészítette ki a kínálatot. Ezen ergotróp (növekedésserkentő) takarmány-kiegészítőket – az MTA és az Állattenyésztési Kutatóintézet kísérleteire támaszkodva – a szocialista tervteljesítés zálogaként mutatták be [12]. A hazai élelmiszeripar emellett közvetlen tartósítási kísérleteket is végzett: a Balatoni Halászat a szállítás során tetraciklines jéggel hűtötte a friss édesvízi halakat, de vizsgálták a vágott baromfik tetraciklines fűrésztését is a hűtőkapacitással nem rendelkező kiskereskedelmi egységek számára.

A szabályozási fordulatot a nemzetközi nyomás kényszerítette ki. Mivel Magyarország jelentős vágóállat- és húsexportőrként volt jelen a nyugat-európai (főként nyugatnémet) piacokon, az importőrök a hetvenes évektől már szigorúan ellenőrizték az antibiotikum-maradványokat és a rezisztens kórokozókat. A devizabevételek megőrzése érdekében Magyarország harmonizálta szabályozását a Swann-jelentés elveivel: 1972-ben korlátozták a terápiás penicillin és tetraciklin hozamfokozóként való használatát, majd az 1977-es Élelmiszer-törvény végrehajtási rendeletével teljesen megtiltották a humán szempontból kritikus antibiotikumok takarmányba keverését, szigorú élelmezés-egészségügyi várakozási időket vezetve be. E folyamat tudományos hátterét Kádár Tibor (OAI igazgató) hatósági ellenőrzési munkássága, valamint Kovács Ferenc akadémikus környezet-élettani kutatásai alapozták meg, aki határozottan rámutatott, hogy a szubterápiás antibiotikum-használat csupán a hiányos tartástechnológia veszélyes pótléka [11].

### Hivatkozások:

1. Sass, P. (Szerk.). (2022). *Antibiotics: Methods and protocols* (2. kiad., Vol. 2601). Springer US; Humana. <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2855-3>
2. Kirchhelle, C. (2018). Pharming animals: A global history of antibiotics in food production (1935–2017). *Palgrave Communications*, 4(1), 96. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0152-2>
3. Winter, R. (2009). *A consumer's dictionary of food additives* (7. kiad.). Crown Publishing Group.
4. Finlay, M. R. (2004). Hogs, antibiotics, and the industrial environments of postwar agriculture. In P. Scranton & S. R. Schrepfer (Szerk.), *Industrializing organisms: Introducing evolutionary history* (237–260. o.). Routledge.
5. Jukes, T. H. (1985). Some historical notes on chlortetracycline. *Reviews of Infectious Diseases*, 7(5), 702–707. <https://doi.org/10.1093/clinids/7.5.702>
6. Thoms, U. (2012). Between promise and threat: Antibiotics in foods in West Germany 1950–1980. *NTM*, 20(3), 181–214. <https://doi.org/10.1007/s00048-012-0072-y>
7. McKenna, J. E. (2014). *Antibiotics – Are they curing us or killing us?* Gill Books.
8. Anderson, E. S. (1968). Drug resistance in *Salmonella typhimurium* and its implications. *British Medical Journal*, 3(5613), 333–339
9. Harrison, R. (1964). *Animal machines*. Vincent Stuart Ltd.
10. Swann, M. M. (1969). *Report of the Joint Committee on the use of antibiotics in animal husbandry and veterinary medicine*. Her Majesty's Stationery Office.
11. Kovács, F. (1971). *Az iparszerű sertéstartás fontosabb környezet-élettani kérdéseinek vizsgálata*. (Doktori értekezés, Magyar Tudományos Akadémia).
12. Szabó, I. (1985). Az Országos Állategészségügyi Intézet története. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 40(8), 501–505.

## Útbeszámoló

### International Workshop on Membrane Engineering

### Nápoly, 2026. június 14 – 17.

Nápolyról sokaknak ma is a pizza, a Vezúv és a maffia jut először eszébe. Az elmúlt években azonban a dél-olasz város, jelentős átalakuláson ment keresztül: látványos gazdasági fejlődést mutatott, a turizmus rekordokat döntött, a városkép folyamatosan megújult, és a közbiztonság is számottevően javult. Mindezek mellett Nápoly egyre inkább a tudomány, az innováció és a nemzetközi kutatási együttműködések egyik meghatározó központjává vált. Ennek kiváló példája az is, hogy 2026. június 14–17. között első alkalommal rendezték meg az *'International Workshop on Membrane Engineering'* nemzetközi workshopot, amely a világ vezető membránkutatóit és ipari szakembereit látta vendégül.

A rendezvény házigazdája a Nápolyi II. Frigyes Egyetem ([Università degli Studi di Napoli Federico II](#)) volt, amelyet 1224-ben II. Frigyes német-római császár alapított, és amely a világ egyik legrégebben folyamatosan működő állami egyeteme. A konferencia szervezésében meghatározó szerepet játszott az egyetem nemzetközileg elismert [DICMAPI](#): Vegyész-, Anyag- és Ipari Termelés-mérnöki Tanszéke, amely Olaszország egyik vezető mérnöki kutatóközpontja a membrántechnológia és az elválasztási műveletek területén.

A workshop helyszínéül az egyetem tengerparti Kongresszusi Központja szolgált (1. ábra), ahonnan lenyűgöző panoráma nyílik a Nápolyi-öbölre, a Vezúvra, Capri szigetére és a Sorrento-félszigetre. Ez a helyszín mindössze néhány percre található Nápoly történelmi belvárosától, amely az UNESCO Világörökség része, és gazdag kulturális örökségével, hangulatos utcáival, valamint pezsgő mediterrán életével.



**1. ábra:** A Nápolyi II. Frigyes Egyetem központi kongresszusi központja és Nápoly festői látképe

A szervezőbizottsági tagok között volt többek között [Alberto Figoli](#) (Institute on Membrane Technology ([ITM-CNR](#))), Luca Fortunato, Stefano Guido és Giovanna Tomaiuolo ([University of Naples Federico II](#)) (2. ábra). Alberto Figoli 2019 márciusa óta az Olasz Nemzeti Kutatási Tanács ([ITM-CNR](#)) Membrántechnológiai Intézetének igazgatója, a membrántechnológia szakértője, különösen a membránok gyártása és jellemzése, valamint környezetvédelmi alkalmazása terén. Több mint 170 kutatási cikk szerzője lektorált folyóiratokban, valamint számos könyvfejezet: öt könyv, három szabadalom szerzője.



**2. ábra:** A konferenciaelnökök a záróünnepségen balról jobbra: Stefano Guido, Alberto Figoli, Luca Fortunato, Giovanna Tomaiuolo

A háromnapos workshop során a szervezők mindvégig egyetlen párhuzamos szekcióban bonyolították le a programot, amelynek keretében összesen mintegy 81 szóbeli előadás hangzott el, de viszonylag kevés, körülbelül 20 poszter került bemutatásra. Az előadások időtartama változott: a plenáris előadók számára 25 perc, a meghívott előadók és kutatók részére 15 perc, míg a hallgatói előadók számára 10 perc állt rendelkezésre.

A workshop előadásai az alábbi fő témakörök köré csoportosultak:

- Gázelválasztás és membrántechnológiák az energetikai átmenet szolgálatában (10 előadás);
- Innovatív és intenzifikált membránfolyamatok (9 előadás);
- Korszerű vízkezelési technológiák, újonnan megjelenő szennyezőanyagok (9 előadás);
- Fordított ozmózis, nanoszűrés és előkezelés (9 előadás);
- Membránalkalmazások az élelmiszeriparban, a gyógyszeriparban és a speciális iparágakban (8 előadás);
- Membráneltömődés kialakulása és szabályozása (8 előadás);
- Membránfolyamatok modellezése és számítógépes módszerei (7 előadás);
- Membránanyagok fejlesztése, előállítása és felületmódosítása (6 előadás);
- Ipari szekció (6 előadás);
- Membránmérnöki Szekció: membránkontaktorok, biomedikai és egyéb alkalmazások (6 előadás);
- Membrándesztilláció és membránkontaktorok (3 előadás);

A workshop két plenáris előadója Prof. Dr. Frank Lipnizki (Lundi Egyetem, Svédország) és Prof. Dr. Bart Van der Bruggen (KU Leuven, Belgium) volt, akik a membrántechnológia nemzetközileg elismert kutatói. A meghívott előadók között is számos kiemelkedő tudományos szakember kapott helyet, mint például a következők:

Andrea Achilli, Arizonai Egyetem, USA  
 Gaetan Blandin, Gironai Egyetem, Spanyolország  
 João Crespo, Universidade Nova de Lisboa, Portugália  
 Zhaoliang Cui, Nanjing Műszaki Egyetem, Kína  
 Eric Favre, Université de Lorraine, Franciaország  
 Mattia Giagnorio, MANN+HUMMEL Water & Fluid Solutions SpA, Olaszország  
 Lidiatta Giorno, CNR-ITM, Olaszország  
 Sanghyun Jeong, Pusani Nemzeti Egyetem, Dél-Korea  
 Davide Mattia, Bathi Egyetem, Egyesült Királyság  
 Philippe Moulin, Aix-Marseille-i Egyetem, Franciaország  
 Suzana Nunes, KAUST, Szaúd-Arábia  
 Wilfredo Yave, DeltaMem AG, Svájc

Magyarországról, a Szegedi Tudományegyetemről 2 kutató csatlakozott az eseményhez: Kertész Szabolcs, egyetemi docens (SZTE, Mérnöki Kar, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete), és témavezetettje Hadid Sukmana posztdoktori kutató, akik két kutatási témában a következő címekkel a társszerzőkkel képviselték magukat (3. ábra):

1. 'The combined effects of membrane module vibration and 3D-printed turbulence-enhancers on ultrafiltration performance'; szerzők: **Szabolcs Kertész**, Réka Dobozi, Aws N. Al-Tayawi, Hadid Sukmana, Szilveszter Bence Virág, Zoltán Krémer, Zsuzsanna László, Cecilia Hodúr
2. 'Optimization and environmental assessment of dead-end membrane filtration for whey and buttermilk solutions'; szerzők: **Hadid Sukmana**, Ferenc Kiss, Zita Šereš, Cecilia Hodúr, Zsuzsanna László, Gábor Veréb, Sándor Beszédes, Szabolcs Kertész

Az első előadás a membránmodul vibrációjának és a 3D-nyomtatott áramlásjavító elemek együttes hatását vizsgálta az ultraszűrés hatékonyságának növelése érdekében (NKFI-FK-142414 projekt téma). A második előadás a savó- és íróoldatok klasszikus membránszűrésének optimalizálásával, valamint a technológia környezeti hatásainak értékelésével foglalkozott (2022-1.2.6-TÉT-IPARI-TR-2022-00011 projekt téma).

Az előadásokat jelentős szakmai érdeklődés övezte: a prezentációkat élénk szakmai vita követte, a résztvevők számos kérdést fogalmaztak meg, valamint értékes észrevételekkel és javaslatokkal járultak hozzá a kutatások tovább fejlesztéséhez. A konferencián való részvétel kiváló lehetőséget biztosított a nemzetközi tudományos kapcsolatok bővítésére, a legújabb kutatási eredmények megismertetésére, valamint a jövőbeni együttműködések megalapozására.



3. ábra: Magyarországi kutatók részvétele

Az első plenáris előadó Prof. Dr. Frank Lipnizki volt, aki a svédországi Lundi Egyetem Vegyészmérnöki Tanszékének professzora, a membrántechnológia és az elválasztási műveletek nemzetközileg elismert szakértője, valamint az Európai Membrán Társaság jelenlegi elnöke. 'Innovatív membrános vízkezelési eljárások' címmel tartott előadásában rámutatott arra, hogy a világ egyre súlyosbodó vízhiánya új szemléletet és korszerű vízkezelési technológiákat tesz szükségessé. Bemutatta, hogy a membrántechnológia miként járulhat hozzá a vízkészletek fenntarthatóbb hasznosításához, a laboratóriumi kutatásoktól egészen az ipari méretű alkalmazásokig. Három sikeres esettanulmányon keresztül ismertette a membrános vízkezelés legújabb eredményeit:

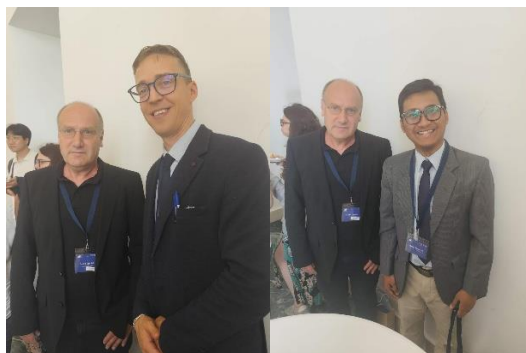
(1) Az első projekt a csapadékvíz újrahasznosítására irányult, ahol mikro- és ultraszűrés alkalmazásával olyan vízminőséget sikerült elérniük, amely lehetővé teszi a csapadékvíz biztonságos újrafelhasználását. A svédországi Lund városában működő kísérleti rendszer már

naponta mintegy 1300 liter vizet kezel, amellyel az ivóvíz-felhasználás akár 40%-kal is csökkenthető.

(2) A második bemutatott fejlesztésük a kommunális szennyvíz közvetlen membránszűrésére (DMF) épült. Az eljárás a koagulációt, flokkulációt és membránszűrést egyetlen technológiai rendszerben egyesíti, így nem csak a szerves szennyezők, a lebegőanyag és a foszfor eltávolítása válik hatékonyabbá, hanem a biogáz-termelés is. A laboratóriumi kutatásokat követően a technológiát már ipari körülmények között is sikeresen alkalmazzák Norvégiában.

(3) A harmadik téma a tengervíz sóatlanítása volt. Az EU Horizon 2020 DESOLINATION projekt keretében olyan hibrid membránrendszert fejlesztettek ki, amely a napenergiát előrehaladott membrántechnológiákkal - ozmózissal (FO), membránesztillációval (MD) és nanoszűréssel (NF) - ötvözi. A laboratóriumi eredmények alapján a technológiát már kísérleti méretben is sikeresen tesztelik Szaúd-Arábiában.

A professzor úr előadása jól szemléltette, hogy a membrántechnológia napjaink egyik legígéretesebb eszköze a fenntartható vízgazdálkodásban, legyen szó csapadékvíz-hasznosításról, szennyvíztisztításról vagy tengervíz sóatlanításáról (4. ábra).



**4. ábra:** A magyar kutatók szakmai megbeszélése az egyik plenáris előadóval

A workshop másik plenáris előadását Prof. Dr. Bart Van der Bruggen, a belgiumi KU Leuven egyetem professzora tartotta, a membrános és a fenntartható elválasztási technológiák nemzetközileg elismert kutatója, aki több mint 800 tudományos közlemény szerzője, kutatási eredményeit világszerte széles körben idézik, emellett a Separation and Purification Technology című vezető nemzetközi folyóirat főszerkesztője.

*„Kritikus fémek membrántechnológiával történő elválasztása és tisztítása, a kísérleti kutatások és modellezési módszerek áttekintése”* című előadásában a kritikus nyersanyagok, a lítium, a gallium, a germánium és a ritkaföldfémek, fenntartható kinyerésének egyik legnagyobb kihívását mutatta be. Ezek az anyagok nélkülözhetetlenek az akkumulátorok, elektromos járművek, napelemek és számos modern elektronikai eszközök gyártásához, miközben a növekvő kereslet és a korlátozott lelőhelyek egyre nagyobb gazdasági és geopolitikai jelentőséget adnak számukra. Előadása rávilágított arra, hogy a bányászati hulladékokból, ipari melléktermékekből és elhasznált akkumulátorokból történő fém-visszanyerés a jövő egyik kulcsterülete lehet. A megfelelő tisztaságú fémek előállítása azonban rendkívül összetett feladat, mivel az oldatok számos, egymáshoz hasonló tulajdonságú iont tartalmaznak. Ebben a folyamatban a membrántechnológia kiemelt szerepet játszik, ugyanakkor további fejlesztésekre van szükség a membránok szelektivitásának és elválasztási mechanizmusainak jobb megértése érdekében.

Prof. Van der Bruggen kutatócsoportja olyan új, membránalapú eljárásokat fejleszt, amelyek elektro- és nyomásvezérelt membráneljárások kombinálásával hatékonyabbá tehetik a kritikus fémek szétválasztását. Különösen figyelemre méltó eredményeket mutatott be a lítium és a magnézium elválasztása területén, amely napjaink egyik legnagyobb kihívása a lítiumkitermelés során. Az új megközelítés nemcsak ezen két elem szétválasztását teheti gazdaságosabbá, hanem hosszabb távon más értékes fémek, például a lantán, diszprózium, gallium, germánium vagy indium visszanyerésében is új lehetőségeket nyithat. Az előadás jól szemléltette, hogy a membrántechnológia nemcsak a víz- és szennyvízkezelésben, hanem a körforgásos gazdaság és a kritikus nyersanyagok fenntartható újrahasznosításában is egyre meghatározóbb szerepet tölt be.

A meghívott előadók közül kiemelkedett Prof. Dr. João Crespo, a Lisszaboni NOVA Egyetem Természettudományi és Technológiai Kara (NOVA FCT) vegyészmérnöki professzorának előadása is. Prof. Crespo a membrántechnológiák és az elválasztási műveletek nemzetközileg elismert kutatója, aki tudományos munkássága mellett jelentős szerepet töltött be a kutatás-fejlesztés és a felsőoktatás irányításában is. Korábban a NOVA Egyetem kutatási és innovációs rektorhelyetteseként, valamint a Portugál Nemzeti Tudományos Alapítvány alelnökéeként is dolgozott.

*„Gyógyszeripari vegyületek membrántechnológiás feldolgozása: a gyógyszerhatóanyagoktól a cukrokig”* című előadásában egy olyan innovatív membrántechnológiai eljárást mutatott be, amely jelentősen egyszerűsítheti a gyógyszeripari hatóanyagok előállítását. Az általa ismertetett PerX (permembrános kristályosítás) technológia egyetlen integrált folyamatban egyesíti a kristályosítást, a szűrést, a szárítást és a részecskeméret szabályozását. Ennek köszönhetően a hagyományosan több különálló technológiai lépésből álló gyártási folyamat egyszerűbbé, gyorsabbá és gazdaságosabbá válhat. Az előadás rávilágított arra is, hogy a membránalapú kristályosítás nemcsak csökkenti a gyártóberendezések helyigényét és az anyagmozgatásból eredő veszteségeket, hanem alacsonyabb üzemi hőmérsékleten működik, ezáltal mérsékli a hőérzékeny gyógyszerhatóanyagok károsodásának kockázatát is. A kevesebb technológiai lépés egyúttal kisebb szennyeződésveszélyt és nagyobb termékbiztonságot eredményez.

A bemutatott kutatás ugyan elsősorban ibuprofen és két cukorszármazék-modellel alapult, azonban az eredmények azt mutatják, hogy a megfelelő folyamatmodellezési eszközök alkalmazásával a technológia számos más gyógyszeripari vegyület előállítására is adaptálható. A moduláris felépítésnek és a membránok egyszerű cserélhetőségének köszönhetően a rendszer nagyfokú rugalmasságot biztosít, ami hosszú távon új lehetőségeket nyithat a korszerű gyógyszergyártási technológiák fejlesztésében.

A sűrű szakmai program mellett azonban Nápoly egy másik, világhírű arcát is lehetőségünk nyílt megismerni: a tradicionális déli gasztronómiát. A helyi konyha legfontosabb szimbólumait megkóstoltuk, például a klasszikus, fatüzelésű kemencében sült nápolyi Margherita pizzát, amely egyszerű, ámde tökéletes a friss mozzarellaival és bazsalikommal. A helyiek másik nagy kedvencét is kipróbáltuk, az olajban kisütött töltött pizzát (Pizza Fritta), amely egy ikonikus étel. A gasztronómiai élményeinket tetőzte a város híres édessége, a fenséges Sfogliatella, amelynek szupervékony, ropogós tésztarétegei és krémes ricottás tölteléke ellenállhatatlannak bizonyult számunkra is (5. ábra).



**5. ábra:** Olasz gasztronómia csodái balról jobbra: töltött pizza (Fritta); ropogós édesség (Sfogliatella); nápolyi klasszikus mozzarella pizza (Margherita) (saját felvételek)

Köszönetnyilvánítás:

A konferencián bemutatott kutatási eredmények a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) NKFI-FK-142414 és 2022-1.2.6-TÉT-IPARI-TR-2022-00011 azonosító számú projektjeinek támogatásával valósultak meg.



Szeged, 2026.06.30.

Dr. habil. Kertész Szabolcs  
egyetemi docens  
SZTE MK BRMI

## KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

### ***International Congress on Separation and Purification Technology***

2026. szeptember 6-9., Sitges, Barcelona, Spanyolország

<https://www.wa-ms.org/event-details/international-congress-on-separation-and-purification-technology>

### ***MELPRO 2026***

2026. október 4-7., Prága, Csehország

<https://melpro.cz/>

### ***5th International Congress of African Membrane Society (AMSIC 5)***

2026. november 2-6., Casablanca, Marokkó

<https://amsic5.sciencesconf.org/>

### ***20th Aachener Membrane Kolloquium (AMK) 2026***

2026. december 1-3., Aachen, Németország

<https://conferences.avt.rwth-aachen.de/AMK/>

### ***DGMT Kassel Membrane Days 2027***

2027. február 24-25., Kassel, Németország

<https://www.emsoc.eu/dgmt-kassel-membrane-days-2027-24-25-february-2027-kassel-germany/>

### ***Membrane Technology Conference 2027 (AMTA)***

2027. március 22–25., Denver, CO, USA

<https://amtaorg.com/event/membrane-technology-conference-2027/>

### ***EDS Congress 2027 – Water Resilience: Desalination, Reuse, and Clean Water Solutions***

2027. május 4–7., Liverpool, Egyesült Királyság

<https://congress.edsoc.com/>

***16th Conference of Aseanian Membrane Society (AMS16)***

2027. augusztus 17., Suwon, Dél-Korea

<https://www.wa-ms.org/event-details/16th-conference-of-aseanian-membrane-society-ams16>

***Euromembrane 2027***

2027. szeptember 6-9., Gdańsk, Lengyelország

<https://euromembrane2027.pl/>

***12th IWA MEMBRANE TECHNOLOGY CONFERENCE & EXHIBITION  
FOR WATER/WASTEWATER TREATMENT AND REUSE***

2027. október 4-8., İstanbul, Törökország

<https://iwa-mtc2027.org/>

**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](mailto: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.